

ПЕРСПЕКТИВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА УМНОГО ГОРОДА

Бурый А.С., д-р техн. наук, директор департамента ФГБУ «РСТ»

Ловцов Д.А., д-р техн. наук, профессор, АО «ИТМиВТ им. С.А. Лебедева РАН»

В статье рассматриваются концепции развития умных городов как основного тренда современного градостроительства, направленного на повышение качества жизни населения за счет широкого внедрения информационно-коммуникационных технологий в социальную сферу, отрасли производства, бизнес-процессы. Анализ динамики смены поколений парадигмы умного города показывает нацеленность на обеспечение устойчивости к вызовам, связанным с экологией, безопасностью, ресурсосбережением. Формируемое единое информационное пространство цифрового города обеспечивает взаимодействие пользователей, работников и организационных подсистем в процессе производства и применения продукции. Нормативно-правовую и информационно-программную совместимость, соответствие конструктивным требованиям интегрируемых в масштабах города технологий обеспечивает система стандартов.

Интероперабельность подсистем и элементов предлагается рассматривать на информационно-техническом и семантическом уровнях благодаря совместной разработке стандартов смежными для данной области знаний техническими комитетами.

Целью работы является совершенствование научной и методической базы при разработке концептуального подхода к формированию иерархических функциональных городских систем, интегрированных в структуру умного города как продукта цифровой трансформации, обеспечивающего решение основной задачи – повышения качества жизни горожан.

Ключевые слова: умный город, цифровая трансформация, устойчивое развитие, единое информационное пространство, информационный агент.

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие эффективной цифровой инфраструктуры городов должно основываться на применении новых информационных технологий (ИТ), направленных на экономию ресурсов, снижение затрат на обслуживание, повышение комфорта городской среды, решение экологических проблем, реагирование на такие вызовы, как изменение климата, быстрый рост населения, политическая и экономическая нестабильность [1]. Комплексное развитие системы городского управления, транспорта, образования, здравоохранения, жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) получило название «Умный город», модель которого, по аналогии с моделями облачных вычислительных сервисов [2], можно представить в виде SaaS (*City-as-a-Service*), поскольку использование цифровых сервисов позволяет гражданам напрямую влиять на работу городских служб,

государственных органов. Город, задуманный как услуга, основывается:

- на применении умных технологий, создающих качественно новую среду [3] за счет эмерджентных свойств динамических распределенных организационных структур управления и переработки информации [4, 5];
- интеграции разнообразных информационных систем (ИС) [6, 7], определяющих структуру современного города;
- развитии человеческого капитала [8] в масштабе организаций и городской среды (общества) в целом;
- обеспечении максимальных коммуникационных возможностей и открытого доступа к услугам, информационным ресурсам города и результатам интеллектуальной деятельности [9], непосредственно определяющим качество жизни граждан.

Однако пока, по мнению экспертов Центра стратегических разработок [10], проекты умного города в российских городах не носят комплексного характера и сводятся к модернизации отдельных систем.

Цель данной работы – совершенствование научной и методической базы при оптимизации концептуального подхода к формированию иерархических функциональных городских систем, интегрируемых в структуру умного города как продукта цифровой трансформации, основное назначение которого – повышение качества жизни горожан.

КОНЦЕПЦИЯ «УМНЫЙ ГОРОД»

Понятия «умный город», «цифровой город» (англ. digital city), «беспроводной город» (англ. web city), «город, основанный на знаниях», «город с хорошими условиями для проживания» (англ. livable city) и «город будущего» (англ. future city) иногда используются учеными-экономистами в качестве синонимов, что может привести к путанице [11].

Концепция умного города может включать в себя цифровые или беспроводные города, отражая как временной аспект развития компьютерной терминологии и способов применения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), так и предметный подход – в рамках формирования терминосистемы рассматриваемого стан-

дарта. Последнее актуально при разработке требований к ИТ-инфраструктуре, технологии или подсистеме умного города (транспортной, энергетической, жилищно-коммунальной и т. д.), обеспечивающих их функциональность, то есть доступность сервисов и ресурсов пользователями городского информационного пространства.

Типовые подходы к представлению дефиниции «умный город» приведены в табл. 1. Анализ концепции и динамика его изменения показывают, что ключевые элементы понятия – ИКТ, направленные на повышение эффективности городских услуг (п. 1 в табл.1). В п. 2 отмечается усиление роли интеллектуальных технологий в повышении эффективности городского развития и в управлении городскими ресурсами, включая участие граждан (п. 3 в табл.1), например, проект «Активный гражданин» на электронной площадке Правительства г. Москвы (ag-mos-site.ru). Дальнейшая разработка концепции умного города связана с понятием устойчивого развития (англ. Smart Sustainable City, SSC) [12] в условиях экологических вызовов, кризисных и чрезвычайных ситуаций. Повышение эффективности решения городских проблем, улучшение условий и качества жизни горожан, предоставляемых городских услуг, укрепление их конкурентоспособности (п. 4, 5 в табл. 1) достигается путем сбалансированности социально-экономической и экологической сфер деятельности за счет рационального использования городских ресурсов.

Таблица 1

Дефиниции понятия «Умный город»

№	УМНЫЙ ГОРОД (УГ)	АВТОРЫ, ИСТОЧНИКИ
1	– это город, который использует информационно-коммуникационные (ИКТ) и другие технологии для повышения качества жизни, конкурентоспособности, эффективности городских услуг при одновременном обеспечении <i>доступности ресурсов</i> для нынешнего и будущих поколений с точки зрения социальных, экономических и экологических аспектов	Silva B.N., Khan M., Han K. [13]
2	– это город, прошедший глубокую трансформацию и реинжиниринг, в инфраструктуру которого интегрированы новейшие интеллектуальные технические решения для более качественных условий жизни горожан, для максимально удобного предоставления услуг и повышения <i>эффективности управления</i> городскими ресурсами	Сайт: МирДоступа [1]
3	– это город, в котором сбалансированы экономическое, социальное и экологическое развитие, а также <i>демократические процессы</i> , основанные на широком участии граждан. УГ предполагает внедрение и развертывание инфраструктуры ИКТ для поддержки социального и городского роста за счет улучшения экономики, вовлечения граждан и <i>эффективности государственного управления</i>	Yeh H. [14]
4	– это адаптивный, способный быстро восстанавливаться и <i>устойчивый</i> в развитии город, который предлагает его гостям и жителям высокий уровень жизни, работы и развлечений при минимальном влиянии на окружающую среду	Г. Ржевский и др. [15]
5	– это инновационный город, который внедряет комплекс технических решений и организационных мероприятий, направленных на достижение максимально возможного в настоящее время качества управления ресурсами и предоставления услуг, в целях создания <i>устойчивых благоприятных условий проживания</i> и пребывания, деловой активности нынешнего и будущих поколений	ПНСТ 439-2020, п. 2.14

Мировая практика позволяет выделить четыре условные фазы развития (поколения) умных городов, отражающие изменения в описанных выше составляющих [10, 16]:

- **Smart City 1.0** – технологически ориентированный город. Цели: повышение устойчивости, жизнеспособности и управляемости. Подсистемы: учета электроснабжения (физическая инфраструктура); изолированные ИТ-решения; формируется полуавтоматическая инфраструктура. Основными заинтересованными лицами (ОЗЛ) являются компании – поставщики технологических решений и услуг;
- **Smart City 2.0** – высокотехнологичный управляемый город. Цели: повышение качества жизни и решение проблем в области здравоохранения, транспорта, окружающей среды и экологии. Подсистемы: первичной цифровой инфраструктуры города, реализующей технологии интернета вещей, 3G/4G сети широкополосного и мобильного доступа в Интернет. ОЗЛ – городские власти и жители;
- **Smart City 3.0** – высокоинтеллектуальный интегрированный город. Цели: интеграция технологий, стимулирующих развитие предпринимательства и наращивание социального капитала. Подсистемы: полностью интегрированная интеллектуальная инфраструктура, позволяющая в режиме реального времени управлять всеми процессами во всех инфраструктурных секторах городского хозяйства (5G сети доступа в Интернет; инфраструктура реального времени для сбора и аналитики данных; облачные вычисления, сенсорные сети в комбинации с Web 2.0 и социальными сетями). ОЗЛ – единая интегрированная экосистема, способствующая вовлечению граждан в процессы развития города;
- **Smart City 4.0** – город сетевой самоорганизации коммуникаций на основе интеграции online и off-line в рамках O2O-платформ. Цели: конвергенция реального и виртуального позволяет оптимизировать необходимые экономические и информационные ресурсы, переходя от планирования интеграций к планированию возможностей [17]. На уровне подсистем это комплексная программа разработки технологий цифровой трансформации, включающей следующие направления:
 - a. формирование и трансформация данных [6, 18] (от сенсоров, систем IoT – интернета вещей (англ. Internet of Thing) и систем IoB – контроля поведения и социальной среды);
 - b. развитие технологий больших данных (Big Data) и облачных вычислений [2], переход от услуг предоставления пользователям программных средств – SaaS (Software-as-a-Service) к реализации ИТ-сервиса как услуги – EaaS (Environment-as-a-Service);
 - c. внедрение процедур и алгоритмов искусственного интеллекта [5, 9];
 - d. виртуализация процессов управления и принятия решений.

Развитие указанных направлений позволит осуществить переход к новому поколению умных городов – Smart City 5.0, основанных на распределенных ресурсах и знаниях, многоаспектность которых диктуется многообразием предметных областей, ряд из них интегрируются под новые задачи. Организационное представление структур взаимодействия сложных городских подсистем требует разработки аналитических моделей на основе функционально-структурного подхода, инфраструктурной согласованности обмена данными. Под *данными* будем понимать «интерпретируемое формализованным способом представление информации, пригодное для коммуникации, интерпретации или обработки» (п. 3.1.5 ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546–2021).

Формирование структуры умного города, организация технологических процессов рассматриваемых подсистем связаны с детальным изучением объектов управления, разработкой соответствующих стандартов информационного взаимодействия, обеспечивающих эффективные коммуникации в информационной среде. Активизация устойчивого развития проявляется в бизнес-процессах в рамках ESG-трансформации, направленной на повышение устойчивости коммерческих структур в условиях экологических вызовов (англ. E – environment), ориентацию на социальные приоритеты (англ. S – social) и обеспечение прозрачности и качества управления (англ. G – governance) [19]. Все факторы ESG-трансформации связаны с идеями развития умных городов.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОДСИСТЕМЫ УМНОГО ГОРОДА

В концептуальном плане формирование организационной структуры умного города следует рассматривать с позиций системного анализа информационных процессов [6, 9], составляющих суть цифровой трансформации городских подсистем, в различных секторах социально-экономической сферы: государственного управления; здравоохранения; образования; городского хозяйства и строительства; общественного транспорта; энергетики; экологии и безопасности. Решаемые отдельными подсистемами разнородные задачи должны быть интегрированы в единое информационное пространство (ЕИП) на основе сетцентрического принципа [20], обеспечивать полную интероперабельность элементов в ходе информационного взаимодействия. ЕИП представляет собой виртуальную реальность, в которой взаимодействуют пользователи, работники и организационные подсистемы, связанные процессами производства и применения продукции, а также правовым, информационно-программным, метрологическим и техническим обеспечением информационных систем, используемых для выполнения функциональных задач [2].

Международная организация по стандартизации (ИСО) – инструментальный орган поддержки развития безопас-

ных и устойчивых городов. Развивая подходы и дефиниции, представленные в табл. 1, стандарты обеспечивают:

- согласование интерфейсов в зависимости от уровней взаимодействия ИС (см. стандарты ISO 7498), разделение технологии протоколов передачи данных (на техническом уровне) от семантического уровня при обработке данных в формате XML [18];
- облегчают обслуживание и ремонт городской инфраструктуры;

- позволяют разрабатывать определенные решения, адаптированные к конкретным условиям города.

В области информационных технологий ИСО сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (МЭК) для разработки стандартов умных городов. В таблице 2 представлены основные технические комитеты по стандартизации (ТК), участвующие в разработке стандартов информационных технологий умного города, а также их подкомитеты (ПК) и рабочие группы.

Таблица 2

Российские технические комитеты по стандартизации разработки технологий умного города

НОМЕР ТК	НАЗВАНИЕ ТК И ГОД ОСНОВАНИЯ	ОСНОВНЫЕ ПК И РАБОЧИЕ ГРУППЫ
TK 022	Информационные технологии (1995, обновлен в 2019)	Телекоммуникации и обмен информацией между системами Информационные технологии для интернета вещей Системная и программная инженерия Менеджмент данных и обмен данными Управление ИТ и услугами ИТ ИТ в государственном управлении
TK 115	Устойчивое развитие административно-территориальных образований (2012, обновлен в 2017)	Разработка методологии системного подхода к управлению качеством в административно-территориальных образованиях Показатели эффективности и методы оценки деятельности
TK 164	Искусственный интеллект (2019)	Искусственный интеллект в здравоохранении Данные Искусственный интеллект на транспорте
TK 194	Киберфизические системы (2017)	Интернет вещей Умные города Большие данные Умное производство Искусственный интеллект Умная энергетика
TK 355	Технологии автоматической идентификации и сбора данных (1993, обновлен в 2020)	Применение автоматической идентификации и сбора данных (АИСД) в товарных цепях поставок Применение технологий АИСД в здравоохранении
TK 461	ИКТ в образовании (2004, обновлен в 2017)	Системы управления образованием и образовательными ресурсами Обеспечение качества электронного обучения
TK 468	Информатизация здоровья (2005, обновлен в 2017)	Архитектура и структура медицинских информационных и робототехнических систем, модели процессов деятельности и информационные модели Информационная безопасность и конфиденциальность в медицинских информационных и робототехнических системах

Отдельные направления стандартизации для исключения дублирования могут разрабатываться несколькими ТК совместно, например, ГОСТ Р ИСО/МЭК 29161–2019¹ подготовлен ТК 355 и ТК 194. Ряд стандартов, посвященных ИТ и устойчивому развитию умного города, гармонизированных со стандартами 37-й серии ИСО (например, ИСО 37120 «Устойчивое развитие сообщества. Показатели городских услуг и качества жизни»), внесены ТК 194 в форме предварительных национальных стандартов (ПНСТ).

¹ ГОСТ Р ИСО/МЭК 29161–2019. Информационные технологии. Структура данных. Уникальная идентификация для интернета вещей. М., 2019. IV, 19 с.

В частности, в ПНСТ 442–2020 (ИСО 37156:2020)² *умная инфраструктура* города определяется как комплекс взаимосвязанных организационно-экономических институтов (ОЭИ) и систем инженерно-технического оснащения (СИТО) городских объектов, обеспечивающих условия реализации систем умного города. Указанные составляющие – ОЭИ и СИТО – будем включать в понятие подсистемы умного города, акцентируя внимание на информационном взаимодействии

² ПНСТ 442–2020 (ИСО 37156:2020). Информационные технологии. Умный город. Руководство по обмену и совместному использованию данных. М., 2020. IV, 18 с.

между ними в процессе развития системы городского управления.

Основные принципы развития умных городов в условиях взаимодействия разнородных предметных областей (ПО) городского информационного пространства [1–3, 7, 10]:

- человекоцентричность – ориентация на жителей, бизнес, образование, туризм, здравоохранение, городской транспорт;
- технологичность городской инфраструктуры;
- повышение эффективности управления городскими ресурсами;
- комфортная (открытый доступ к информации) и безопасная среда;
- интеграция служб и инфраструктуры;
- проактивность обучения и развития граждан с применением методов вариативного компьютерного обучения и использования электронных образовательных ресурсов.

Организацию взаимодействия подсистем умного города на информационном уровне рассмотрим на основе многоагентного подхода. В качестве *агента* принято понимать некоторый метаобъект, способный манипулировать другими объектами, а в широком смысле формировать собственные программы действий, вызванные некоторыми (заданными) потребностями, направленными на достижение поставленной цели. Агент способен воспринимать информацию, обрабатывать ее на основе собственных или арендуемых ресурсов, взаимодействовать с другими агентами, воздействовать на среду в соответствии с на-

деленными целями (Ц). Варианты взаимодействия агентов представлены на рис. 1.

Рассматриваются агенты α , β , γ и ε , каждый из которых характеризуется собственным контекстом (К) и возможностью воспринимать контекст агента взаимодействия. Это может быть взаимодействие между разделами документации или отдельными документами в системах проектирования [18], информационное взаимодействие в ходе технологических операций при обработке или передаче данных. Семантическая интероперабельность взаимодействия агентов [20] обеспечивается, как правило, единой предметной областью (ПО) и семантической согласованностью моделей знаний [6]. Таким образом, семантическое взаимодействие когнитивных агентов задается тройкой [20]:

$$\alpha \leftrightarrow \gamma : \langle \text{Ц}, \text{ПО}, \text{К} \rangle,$$

где знак \leftrightarrow – обозначение взаимодействия агентов α и γ , которое осуществляется в предметной области ПО1 (см. рис. 1). Совместимость или целевая (Ц) согласованность агентов строится в контексте (К) выполняемых задач (место, время, сценарий активностей), например, для транспортной подсистемы (ПО1) города или любой другой подсистемы умного города, перечисленных выше.

Взаимодействие $\alpha \leftrightarrow \beta$ между агентами α и β осуществляется в рамках ПО2, например, подсистемы образования. Межсетевые агенты типа ε обеспечивают взаимодействие между предметными областями ПО1 и ПО2, каждая из которых является локальной сетью, реализует, напри-

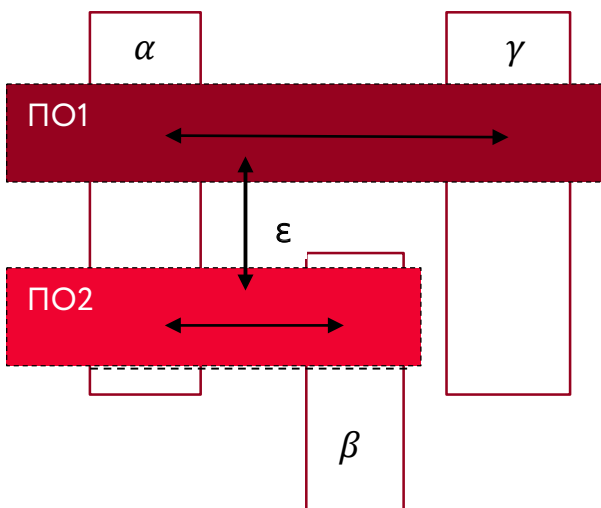


Рис. 1. Варианты взаимодействия агентов

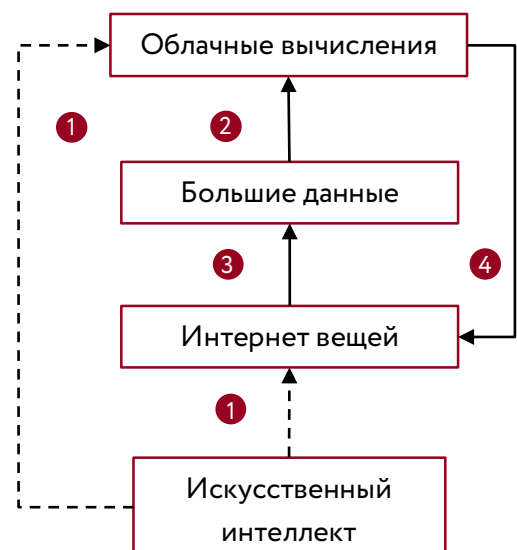


Рис. 2. Пример взаимодействия цифровых технологий

мер, заказы автотранспорта для перевозки школьников. Совместимость знаний агентов обеспечивается выбранной предметной областью.

Основные доминирующие технологии цифровой трансформации показаны на рис. 2. Именно они задают векторы инновационных преобразований, разработки современных требований в области стандартизации, как следует из направлений деятельности ряда ТК (см. табл. 2), формируют ЕИП умного города, ядром которого, на наш взгляд, является подпространство качества. Именно слияние технологий облачных вычислений (ОВ), больших данных (БД), интернета вещей (ИВ) и искусственного интеллекта (ИИ) обеспечивает синергетический эффект, например, в транспортном планировании, градостроительстве, при выборе целевой аудитории. На рис. 2 условно показаны взаимосвязи между названными технологиями:

- 1 – формирование разумных машин, компьютерных программ на базе ИИ, способных самообучаться и решать проблемы без участия человеческого интеллекта, в открытом доступе к соответствующим сервисам ОВ, а также в процедурах и алгоритмах микро-ЭВМ в составе приборов ИВ;
- 2 – большие данные являются основой для реализации процедур машинного обучения из состава технологий ИИ в сервисах облачных вычислений;
- 3 – объекты ИВ или киберфизические системы организуют как автономное функционирование, так и снабжение данными хранилища данных, формируя массивы БД;
- 4 – формирование настроек устройств ИВ на основании данных точных вычислений (по БД) программными сервисами ОВ.

Таким образом, форсайт-исследования технологий городов будущего [17], благодаря стремительному развитию современных ИКТ, разработке и внедрению инноваций, повышению роли стандартизации, как в технологиях социальной сферы, так и в рамках программы «Индустрия 4.0», позволили «приблизить» перспективу построения умных городов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ приведенных дефиниций умного города, динамики их изменения позволяет выделить тенденции развития городской инфраструктуры. На первом этапе (*Smart City 1.0*) это предоставление отдельных сервисных услуг населению, в настоящее время – появление интегрированных технологий, призванных решать новые задачи, как в рамках программы «Индустрия 4.0» (умное производство, умная логистика и т. д.), так и в целях реализации идеи поколения *Smart City 4.0*. При этом в производственной и социальной сферах генераторами технологических прорывов выступают такие направления развития, как разработка аналитических инструментов больших данных и искусственного интеллекта; технологии интернета вещей, включая промышленный интернет вещей; облачные вычисления и предоставляемые облачные услуги.

Организационные структуры умного города развиваются в направлении сетевых образований, для которых характерны целостность, устойчивость к изменяемой среде, а также механизм гомеостатичности, обеспечивающий динамическое поддержание жизненно важных параметров системы.

Список использованных источников и литературы

1. Умные города в России: концепция, интеграция, технологии, примеры // МирДоступа: сайт. [Электронный ресурс]. – URL: <https://mirdostupa.ru/umnye-goroda-v-rossii-koncepciya-integraciya-texnologii-primery/> (дата обращения 11.03.2022).
2. Бурый А.С. Облачные вычисления в цифровой трансформации информационных технологий // Правовая информатика. 2021. № 2. С. 4–14. DOI: 10.21681/1994-1404-2021-2-04-14
3. Ерохина О.В. Перспективы создания "умных городов" в России // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Т. 12. №4. С. 17–22.
4. Бурый А.С. Структурная сложность распределенных информационно-управляющих систем // Известия РАН. Теория и системы управления. 1994. № 5. С. 160–167.
5. Бурый А.С., Шевкунов М.А. Интеллектуализация процессов принятия решений в эргатических системах // Транспортное дело России. 2015. № 4. С. 48–50.
6. Ловцов Д.А. Информационная теория эргасистем: монография. М.: РГУП, 2020. 314 с.
7. Лобан А.В., Ловцов Д.А. Модель компьютерного обучения с использованием электронного образовательного ресурса нового поколения // Открытое образование. 2017. Т. 21. № 2. С. 47–55. DOI: 10.21686/1818-4243-2017-2-47-55
8. Салихов Б.В. Проблемы формирования инновационного качества производственного сектора российской экономики // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 2 (60). С. 145–156.
9. Ловцов Д.А., Богданова М.В., Лобан А.В. Информационно-математическое обеспечение правового регулирования оборота результатов интеллектуальной деятельности // Правовая информатика. 2018. № 4. С. 15–23.

10. Приоритетные направления внедрения технологий умного города в российских городах. Экспертно-аналитический доклад Центра стратегических разработок «Северо-Запад». 2018. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.csr.ru/> (дата обращения 10.03.2022).
11. Тетерятников К.С., Камолов С.Г., Каунов Е.Н. "Умные" города как драйвер социально-экономического развития: опыт России и Китая // Международная экономика. 2019. № 9. С. 43–62.
12. Федоненко М.В. Опыт развития "умных" городов в современном мире // Социально-экономические явления и процессы. 2019. Т. 14. № 2(106). С. 61–72. DOI: 10.20310/1819-8813-2019-14-2(106)-61-72
13. Silva B.N., Khan M., Han K. Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities // Sustainable Cities and Society. 2018. Vol. 38. P. 697–713.
14. Yeh H. The effects of successful ICT-based smart city services: From citizens' perspectives // Government Information Quarterly. 2017. 34 (3). Pp. 556–565.
15. Ржевский Г., Кожевников С.С., Свитек М. Умный город как сложная адаптивная система // Онтология проектирования. 2020. Т. 10. № 1(35). С. 7–21. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-7-21
16. Yun Y., Lee M. Smart city 4.0 from the perspective of open innovation // Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity. 2019. 5(4): 92. DOI: 10.3390/joitmc5040092
17. Бурый А.С. Картирование технологий как метод в форсайт-исследованиях // Транспортное дело России. 2014. № 5. С. 155–157.
18. Бурый А.С., Слепынцева Л.И. Цифровизация контента документов по стандартизации. Часть 2. Трансформация данных // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 6 (64). С. 12–18.
19. Ломакин М.И., Докукин А.В. Стандарты в парадигме устойчивого развития: потенциал в предотвращении и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 4(62). С. 18–20.
20. Макаренко С.И., Соловьева О.С. Основные положения концепции семантической интероперабельности сетевых систем // Журнал радиоэлектроники. 2021. № 4. DOI: 10.30898/1684-1719.2021.4.10

PROSPECTS FOR STANDARDIZATION OF THE INFORMATION SPACE OF A SMART CITY

Buryi A.S., Doctor of Technical Sciences, Director of the Department, FSBI «RST»

Lovtsov D.A., Doctor of Technical Sciences, prof., Lebedev Institute of Precise Mechanics and Computer Engineering, Russian Academy of Sciences

The concepts of smart cities development are considered as the main trend of modern urban planning aimed at improving the quality of life of the population, due to the widespread introduction of information and communication technologies into the social sphere, industries, business processes. The analysis of the dynamics of the generation change of the smart city paradigm shows the focus on ensuring sustainability to such challenges as ecology, security, resource conservation. The formed single information space of the digital city ensures the interaction of users, employees and organizational subsystems in the process of production and application of products. Regulatory and information-software compatibility, compliance with the design requirements of technologies integrated on a city scale is provided by a system of standards.

It is proposed to consider the interoperability of subsystems and elements both at the information-technical and semantic level, due to the joint development of standards by technical committees related to this field of knowledge.

The aim of the work is to improve the scientific and methodological base in the development of a conceptual approach to the formation of hierarchical functional urban systems integrated into the structure of a smart city, considered as a product of digital transformation, providing a solution to the main task – improving the quality of life of citizens.

Keywords: smart city, digital transformation, sustainable development, single information space, information agent.

References

1. Umnye goroda v Rossii: koncepciya, integraciya, tekhnologii, primery. MirDostupa, available at: <https://mirdostupa.ru/umnye-goroda-v-rossii-koncepciya-integraciya-tekhnologii-primery/> (accessed 12 March 2022).
2. Buryi A.S. Sovershenstvovanie gosudarstvennykh informacionnykh sistem kak trend cifrovogo ob-shchestva. *Legal informatics*, 2021, no. 2, pp. 4–14. doi: 10.21681/1994-1404-2021-2-04-14
3. Erokhina O.V. Prospects for the creation of "smart cities" in Russia. *T-Comm*, 2018, vol. 12, no. 4, pp. 17–22.
4. Buryi A.S. Structure complexity of distributed information-control systems. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Teoriya i Sistemy Upravleniya*, 1994, no 5, pp. 160–167.
5. Buryi A.S., Shevkunov M.A. Intellectualizaciya processov prinyatiya reshenij v ergaticheskikh sistemah. *Transportnoe delo Rossii*, 2015, no. 4, pp. 48–50.
6. Lovtsov D.A. *Informacionnaya teoriya ergasistem: monografiya*. Moscow, Rossijskij gosudarstvennyj universitet pravosudiya Publ., 2020, 314 p.
7. Loban A.V., Lovtsov D.A. Model' komp'yuternogo obucheniya s ispol'zovaniem elektronno obrazovatel'nogo resursa novogo pokoleniya. *Otkrytoe obrazovanie*, 2017, vol. 21, no. 2, pp. 47–55. doi: 10.21686/1818-4243-2017-2-47-55
8. Salihov B.V. Problemy formirovaniya innovacionnogo kachestva proizvodstvennogo sektora Rossijskoj ekonomiki. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2021, no. 2(60), pp. 145–156.
9. Lovtsov D.A., Bogdanova M.V., Loban A.V. Informacionno-matematicheskoe obespechenie pravovogo regulirovaniya oborota rezul'tatov intellektual'noj deyatel'nosti. *Legal informatics*, 2018, no. 4, pp. 15–23.
10. *Prioritetnye napravleniya vnedreniya tekhnologij umnogo goroda v Rossijskikh gorodah. Ek-spertno-analiticheskij doklad Centra strategicheskikh razrabotok «Severo-Zapad»*. 2018. Available at: <https://www.csr.ru/> (accessed 14 March 2022).
11. Teteryatnikov K.S., Kamolov S.G., Kaunov E.N. "Umnые" goroda kak drayver social'no-ekonomicheskogo razvitiya: opyt Rossii i Kitaya. *Mezhdunarodnaya ekonomika*, 2019, no. 9, pp. 43–62.
12. Fedonenko M.V. Opyt razvitiya "umnyh" gorodov v sovremennom mire. *Social'no-ekonomicheskie yavleniya i process*, 2019, vol. 14, no. 2(106), pp. 61–72. doi: 10.20310/1819-8813-2019-14-2(106)-61-72
13. Silva B.N., Khan M., Han K. Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 2018, vol. 38, pp. 697–713.
14. Yeh H. The effects of successful ICT-based smart city services: From citizens' perspectives. *Government Information Quarterly*, 2017, 34 (3), pp. 556–565.
15. Rzevski G., Kozhevnikov S.S., Svitek M. Umnij gorod kak slozhnaya adaptivnaya sistema. *On-tologiya proektirovaniya*, 2020, vol. 10, no. 1(35), pp. 7–21. doi: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-7-21
16. Yun Y., Lee M. Smart city 4.0 from the perspective of open innovation. *Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity*, 2019, 5(4): 92. doi: 10.3390/joitmc5040092
17. Buryi A.S. Kartirovanie tekhnologij kak metod v forsajt-issledovaniyah. *Transportnoe delo Rossii*, 2014, no. 5, pp. 155–157.
18. Buryi A.S., Slepnyntseva L.I. Cifrovizaciya kontenta dokumentov po standartizacii. Part 2. Transformaciya dannyh. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2021, pp. 6(64), pp. 12–18.
19. Lomakin M.I., Dokukin A.V. Standarty v paradigme ustojchivogo razvitiya: potencial v predot-vrashchenii i likvidacii chrezvychajnykh situacij. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2021, no. 4(62), pp. 18–20.
20. Makarenko S.I., Solov'eva O.S. Osnovnye polozheniya koncepcii semanticheskoy in-teroperabel'nosti setecentricheskikh system. *ZHurnal radioelektroniki*, 2021, no. 4, doi: 10.30898/1684-1719.2021.4.10