

DOI: 10.15838/ptd.2019.5.103.3

УДК 332.1 | ББК 65.49

© Попов Е.В., Семячков К.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЦИФРОВИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ¹



ПОПОВ ЕВГЕНИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук
Россия, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29
E-mail: epopov@mail.ru
ORCID: 0000-0002-5513-5020; ResearcherID: H-3358-2015



СЕМЯЧКОВ КОНСТАНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ

Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук
Россия, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29
E-mail: k.semyachkov@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0998-0183; ResearcherID: F-6974-2017

Целью настоящего исследования является совершенствование инструментов выбора проектов по внедрению цифровых технологий в условиях концепции «умного города». Новизна работы заключается в развитии подходов к оптимизации процессов цифровизации городской среды. Выявлены основные особенности и проанализированы условия эффективного функционирования «умных городов». Среди основных компонент, рассматриваемых при формировании «умных городов», выделены такие аспекты, как экологический, социальный, экономический, институциональный. В работе систематизированы основные направления внедрения цифровых технологий, представлены принципы институционального моделирования. Показано, что уровень технологичности и интеграции цифровых платформ зависит от ряда направлений, наиболее ресурсоемкими из которых в настоящее время являются нормативное регулирование, цифровая инфраструктура, кадры и образование, информационная безопасность. Предложена модель оптимизации выбора приоритетных проектов в рамках цифровизации городской среды. Данная модель предполагает выбор проектов по цифровизации исходя из рассмотрения уровня их технологичности, а также выгод от их реализации. В рамках модели показано, что оптимальными вариантами

Для цитирования Попов Е.В., Семячков К.А. Оптимизация процессов цифровизации городской среды // Проблемы развития территории. 2019. № 5 (103). С. 53–63. DOI: 10.15838/ptd.2019.5.103.3

For citation: Popov E.V., Semyachkov K.A. Optimization of the urban environment digitalization processes. *Problems of Territory's Development*, 2019, no. 5 (103), pp. 53–63. DOI: 10.15838/ptd.2019.5.103.3

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 18-00-00665.

являются такие проекты, которые максимальным образом снижают транзакционные издержки, а также относительно дешевы во внедрении. На основе теоретической модели цифровизации нами предложена матрица проектов в координатах уровень «технологичности (затраты на внедрение) / выгоды от внедрения (снижение транзакционных издержек)». В результате с помощью указанной матрицы систематизированы проекты по цифровизации на примере города Екатеринбурга.

«Умный город», цифровая экономика, модель, транзакционные издержки, матрица проектов.

Ряд факторов технологического и общественного характера, таких как цифровизация и урбанизация, трансформировал принципы функционирования социально-экономических систем в начале нового столетия. Изменения наблюдаются на разных уровнях и в различных сферах, в том числе и в вопросах развития современных городов. Сейчас известен широкий спектр концепций развития городов («умный город», «цифровой город», «город знаний»), которые учитывают принципы развития территорий в условиях ограниченных ресурсов, неблагоприятной экологической обстановки, демографических вызовов и других ограничений [1]. Технологическим базисом развития таких систем являются цифровые технологии, способствующие развитию информационных процессов, содействующие творчеству и инновациям. Особенности территориального развития в таких условиях предполагают глубокие изменения в социально-экономических отношениях, при этом сами являются источником изменений в различных сферах, таких как экономика, политика, культура.

Эра цифровых технологий коренным образом меняет принципы функционирования городских сообществ. Социальное развитие в новых условиях связывается прежде всего с созданием социальных инноваций, развитием партнерских отношений и устойчивых социальных сообществ, вовлечением граждан в решение общественных проблем. Новые вызовы современности, экономические, демографические и экологические проблемы заставляют создавать сообщества на принципах открытости, вовлеченности, информированности. Инструментами общественного развития в таких условиях выступают интеллектуальные системы на

основе облачных вычислений и удаленных хранилищ данных, системы онлайн-сотрудничества и социальные сети [2].

Концепция «умного города» (smart city) отражает идею эффективной социально-экономической организации на основе цифровых технологий. Тем не менее проблемы усложняющихся социально-экономических систем не могут быть решены только за счет повышения уровня цифровизации. Поэтому социальные и экологические аспекты также являются важными элементами концепции «умного города». Зачастую выделяют [3] четыре направления развития, являющихся ключевыми в процессах создания «умных» городов: экологический аспект связан с необходимостью сохранения окружающей среды; социальный аспект связан с удовлетворением потребностей общества; экономический аспект связан с эффективностью производственных процессов; институциональный аспект связан с развитием институциональной среды, формальных и неформальных институтов.

Использование цифровых технологий может рассматриваться и как организационная проблема, и как движущая сила, которая меняет социальную среду. При этом необходимо отметить, что цифровые инновации – это инструмент для достижения цели, а не самоцель.

В связи с этим возникает ряд вопросов, как следует понимать конечную цель создания «умного города». В ряде случаев под этим вопросом может пониматься улучшение функциональности городской среды, повышение эффективности транспортной системы, вовлечение жителей в решение общественных проблем посредством цифровых платформ, решение экологических проблем. Иногда такие аспекты могут быть взаимодополняющими и поэтому осуществ-

вляться одновременно, при этом усиливая друг друга. После этого они могут стать взаимоисключающими, если улучшение качества в краткосрочной перспективе происходит за счет нарушения устойчивости в долгосрочной перспективе [4]. На практике, однако, большие города должны управлять портфелем из многих видов инноваций. Большое разнообразие цифровых проектов осложнило их выбор, т. к. не все они оказываются эффективными с точки зрения их освоения и использования, поскольку граждане и пользователи услуг часто имеют неоднородные демографические, социально-экономические, культурные характеристики. Другой проблемой может стать слишком одномерное восприятие элементов «умного города» в стратегии развития, поскольку использование цифровых технологий, организационные и другие нововведения не обязательно приводят к прямому повышению социально-экономических показателей [5].

Несмотря на достаточное количество исследований в области развития городской среды в условиях цифровизации, большинство из них носит узкоспециализированный характер. При этом в общественных науках до сих пор не существует общепризнанных теоретических подходов к развитию «умных городов». С нашей точки зрения, одной из важнейших задач при таком развитии является определение приоритетов для тех или иных направлений в рамках концепции «умной» городской среды и развитие подходов к оптимизации процессов цифровизации городской среды, чем и обосновывается новизна настоящего исследования. В целом можно отметить, что именно правильная расстановка приоритетов ввиду ограниченности ресурсов является фактором достижения эффективности при реализации концепции «умного города». На основании этого целью настоящего исследования является совершенствование инструментов выбора проектов по внедрению цифровых технологий в условиях концепции «умного города».

В настоящее время данная концепция привлекает внимание исследователей широкого круга дисциплин, таких как ком-

пьютерные науки, телекоммуникационная инженерия, городское планирование, экономика. При этом выделяют несколько направлений цифровизации городской среды, наиболее заметными из которых являются «умный образ жизни», «умные люди», «умная экономика», «умная мобильность», «умное управление», «умная среда» [6]. Тем не менее глубоких междисциплинарных исследований в этой области пока недостаточно.

Цифровизация социально-экономических систем тесно связана с распространением интернета. Увеличение пропускной способности каналов связи, развитие языков программирования и баз данных ознаменовали радикальные изменения в веб-среде и «цифровых городах», сформировав идею Web 2.0. Набор принципов Web 2.0 представил перспективу сетевого сотрудничества, и во многих отношениях такой подход можно рассматривать как социальную инновацию, а не технологическое решение. Сеть стала средой, в которой пользователи взаимодействуют и сотрудничают, обмениваются информацией, объединяют совместные усилия, создают виртуальные сообщества на базе цифровых платформ. Такой тип веб-приложений намного лучше имитирует фундаментальную концепцию города как социального пространства для взаимодействий. Основными принципами функционирования таких платформ являются принципы открытости, вовлеченности пользователей и повышения их возможностей при разработке новых решений [7].

В настоящее время системы «умных городов» основываются на трех составляющих: инструментальной, коммуникационной, интеллектуальной. Инструментальная составляющая предполагает, что измерить эффективность работы городских систем можно с помощью датчиков и других устройств. Коммуникационная составляющая подразумевает, что все системы обмениваются данными посредством проводных и беспроводных систем. Интеллектуальная часть включает программное обеспечение для моделирования, прогнозирования и обоснования принимаемых решений [8].

Современный этап развития умных городов основывается на формировании цифрового пространства, встроенного в физическое пространство городов [9]. В таких условиях «умные города» становятся объектом будущих исследований в области социотехнологических инноваций, предлагая широкий спектр экспериментов по взаимодействию человека с технологиями в условиях цифровизации.

Важнейшим ресурсом развития умных городов в условиях цифровизации являются большие данные [10; 11]. Определяющее значение приобретают системы по сбору, хранению, передаче данных. В таких условиях становится необходимым предоставлять данные точно в срок, обеспечивать обработку данных и получение результата в режиме реального времени. Данные становятся ресурсом для создания инноваций в городской среде (data-driven innovations). При этом необходимо создание открытых инновационных моделей, способствующих превращению идей в конкретные услуги и решения. Примером реализации такого подхода являются концепции LivingLab, Citilab, кластерного развития городской среды. Такие решения уже зарекомендовали себя в успешных городах ЕС, США, Японии. При этом развитие таких систем, как правило, происходит в несколько этапов (рис. 1).

Ожидается, что большие данные повысят прозрачность и подотчетность государственных учреждений, снизят транзакционные издержки взаимодействий экономических агентов, а также способствуют снижению уровня оппортунизма [13].

Непрерывная эволюция веб-технологий в ближайшем будущем существенно расширит возможности построения цифрового пространства городов. Появляется все более сложный ландшафт технологий, приложений, данных, бизнес-моделей и электронных услуг, который значительно превосходит управленческий потенциал городских властей. Эффективное решение этой проблемы стало ключевым вопросом развития большинства современных городов. Каким образом осуществлять отбор проектов в рамках развития, какие приоритеты должны учитываться, как

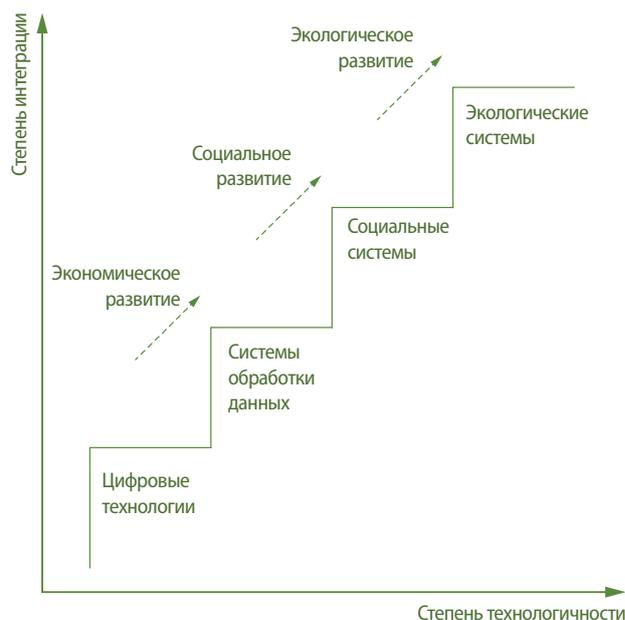


Рис. 1. Этапы цифровизации городской среды

Источник: Anttiroiko A.V., Valkama P. & Bailey S.J. Smart cities in the new service economy: building platforms for smart services. *AI & Society*, 2014, vol. 29, iss. 3, pp. 323–334 [12].

повысить эффективность инвестиций в рамках коротких циклов инноваций, когда каждая волна веб-технологий в конечном итоге делает предыдущие цифровые решения устаревшими – эти вопросы становятся основными при планировании и реализации проектов городского развития [14].

Ряд условий помогает преодолеть подобные трудности в развитии умных городов. Во-первых, важным условием успешного развития в рамках цифровизации является формирование культуры обмена и сотрудничества. Такая идея нашла отражение в концепции долевой экономики (sharing economy). Второе условие заключается в необходимости создания долгосрочного плана развития на основе прогнозных исследований. Необходимо изучить лучшие практики развития «умных городов», проанализировать плюсы и минусы тех или иных решений, применить инструменты моделирования с целью снижения рисков при инвестировании. Третье условие заключается в том, что необходимо минимизировать затраты на внедряемые решения. Минимизация издержек, повторное использование, поэтап-

ное внедрение являются основами наиболее безопасной стратегии. Стандартизация применяемых решений ускоряет распространение технологий и их адаптацию для пользователей. Совместное развитие приложений, использование существующих и проверенных решений, открытость данных являются отправной точкой для решения проблемы создания цифрового пространства городов [15].

Сложность экосистемы «умного города» обеспечивает богатый контекст для потенциальных исследований. Тем не менее большинство исследований в области умных городов концентрирует свое внимание на технических и инженерных аспектах, таких как инженерные модели, проекты прототипов. Исходя из этого, с нашей точки зрения, в качестве междисциплинарного поля, затрагивающего технологии, социум и организационные вопросы, нетехнические (особенно социальные, культурные, политические, управленческие, организационные и человеческие) аспекты «умных городов» должны отвечать интересам исследователей из разных областей. Зачастую по мере того как уровень зрелости интеллектуальных технологий увеличивается, а интеллектуальные решения переходят к этапам широкомасштабного развертывания и фактического использования, нетехнические аспекты начинают играть все более важную роль [16].

Исследования проблем развития «умных городов» включают несколько направлений [17; 18].

Во-первых, это исследование традиционных компонент, присущих каждому городу. Это важный фактор готовности городов к освоению функций на основе цифровых технологий.

Во-вторых, это направление исследований в области цифровых технологий и сетей передачи данных, объединяющих экономику как начальный шаг к «умному городу».

В-третьих, это вопросы прикладных технологических возможностей. Зачастую в систему вовлечены взаимосвязанные системы управления реального времени, такие как

интеллектуальные энергосистемы, интеллектуальный транспорт, электронные платежи и электронное правительство.

В-четвертых, особое внимание привлекают возможности инновационной среды для бизнеса. «Умные города» образуют инновационную экосистему с обширными социальными взаимодействиями, которая создает экономическую ценность за счет сбора, обработки и использования данных. Формирование инфраструктуры «умного города» через социальные сети и сообщества, правовые и культурные системы и различные формы социальных взаимодействий создает условия для развития «умного города» на основе социальной устойчивости [19].

В последние годы увеличивается число исследований, которые в качестве основной причины социально-экономического развития отмечают институциональную составляющую [20]. Основная задача при этом заключается в выборе траектории – последовательности институтов, удовлетворяющей определенным требованиям [21]. Определяющее условие перспективности траектории заключается в том, что составляющие ее промежуточные институты должны быть согласованы с ресурсными, технологическими, культурными, политическими и другими ограничениями. Рассмотрение траектории развития «умных городов» можно назвать перспективным, если она согласована с ресурсными, технологическими и институциональными ограничениями и предусматривает встроенные механизмы, стимулирующие запланированные изменения институтов и предотвращающие возникновение дисфункций и институциональных ловушек.

Процедура исследования

Цифровизация городской среды требует определенных ресурсов, зачастую являющихся дефицитными. Таким образом, стратегия ресурсного обеспечения «умных городов» должна учитывать ряд ограничений. Наиболее ресурсоемкими направлениями цифровизации в настоящее время являются нормативное регулирование, цифровая ин-

фраструктура, кадры и образование, информационная безопасность [22].

Нормативное регулирование. Внедрение тех или иных смарт-решений зависит от существующей нормативной правовой среды. Важным является работа по двум направлениям: 1) совершенствование нормативной правовой базы регионального уровня; 2) инициирование подготовки федеральных нормативных правовых актов и их обсуждение на законодательном уровне. Последнее является критичным для развития умных технологий в таких сферах, как строительство, энергетика, транспорт.

Цифровая инфраструктура. Центральными задачами в данном направлении являются следующие: устранение цифрового неравенства, рост проникновения широкополосного доступа в интернет (в том числе мобильного); развитие сотовых сетей пятого поколения; развитие цифровой инфраструктуры организаций образования, здравоохранения, культуры, социального обслуживания, общественного транспорта, а также органов государственной власти и органов местного самоуправления; увеличение объема открытых государственных и муниципальных данных, доступных для населения, компаний и исследователей; развитие систем накопления и обработки данных [23].

Кадры и образование. Для подготовки специалистов в таких быстроразвивающихся и междисциплинарных направлениях, как «smart city», необходимо создание образовательной среды, базирующейся на открытых образовательных ресурсах; активном использовании проектного обучения; системе внешней оценки результатов достижений; участии высокотехнологичных компаний в формировании стратегий развития учреждений, ведущих подготовку специалистов для цифровой экономики [24].

Информационная безопасность. Потребители сервисов должны быть уверены, что их данные будут использоваться только по назначению, а взаимный обмен безопасен и гарантирует достоверность передаваемой информации. Безопасность потребителей сервисов является ключевым фактором,

обеспечивающим доверие сервисам и лояльность к самой идее «умного города», высокую скорость внедрения и распространения инноваций.

С другой стороны, использование цифровых технологий в городской среде предполагает получение эффектов сетевого взаимодействия, способствующих снижению транзакционных издержек и созданию дополнительных социально-экономических эффектов.

Подход, основанный на рассмотрении издержек по внедрению цифровых технологий (FC), необходимых для развития «умных городов», и определении снижения транзакционных издержек (TC), получаемых в результате развития процессов цифровизации, дает возможность сформировать теоретическую модель оптимального выбора проектов по цифровизации городской среды (рис. 2).

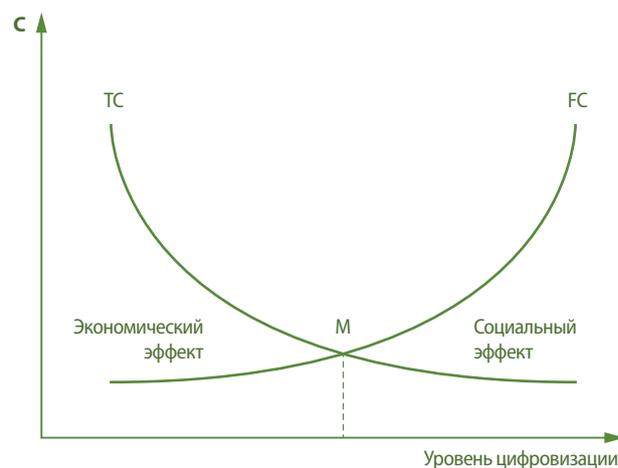


Рис. 2. Модель цифровизации городской среды в координатах «издержки/выгоды»

Как показано на рис. 2, оптимальным вариантом при выборе проектов по цифровизации является тот, который обеспечивает максимальное снижение транзакционных издержек при минимальных затратах ресурсов. При этом существует такой уровень цифровизации (точка M), при котором экономический эффект от цифровизации исчезает за счет увеличивающихся издержек на внедрение цифровых технологий (FC). Дальнейшее повышение уровня цифровизации необходимо для получения социально-

го эффекта (например, подключение малых городов к сети интернет или цифровому телевидению достаточно затратно и не несет экономических эффектов, однако приносит ощутимый социальный эффект).

Систематизация проектов «умного города»

В основе предлагаемого подхода лежат оценки сервисов в рамках координат «уровень ресурсозатратности / снижение транзакционных издержек». По данным критериям производится ранжирование сервисов по убыванию интегрального показателя, таким образом, пространство сервисов упорядочивается с точки зрения приоритетности внедрения. В целом возможно распределение сервисов в рамках четырех групп: высокая экономическая эффективность / высокая ресурсозатратность; высокая экономическая эффективность / низкая ресурсозатратность; низкая эффективность / высокая ресурсозатратность; низкая эффективность / низкая ресурсозатратность.

Этот подход может использоваться на различных уровнях (муниципальном, региональном) при определении приоритетов развития на данной территории. На примере города Екатеринбурга подход позволяет сформировать матрицу проектов для определения приоритетных направлений цифровизации (рис. 3).

Обсуждение полученных результатов

Систематизация проектов по цифровизации городской среды позволяет сформировать приоритеты развития г. Екатеринбурга и выделить первоочередные сервисы для внедрения, позволяющие добиться наибольшего результата в рамках ограниченных ресурсов. В рамках первой стадии развития Екатеринбурга планируется реализация проектов в области транспортной системы («умная» мобильность), повышения качества управления («умное» управление), повышения качества жизни («умный» образ жизни, «умные» люди, «умная»

<p>Высокие эффекты Низкие затраты (Экономический эффект)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Электронный документооборот – Системы автоматизированного учета информации о потреблении ресурсов в сфере ЖКХ – Системы автоматизированного управления производством 	<p>Высокие эффекты Высокие затраты</p> <ul style="list-style-type: none"> – Платформы межведомственного взаимодействия – Единый портал государственных услуг – Системы всеобщей компьютерной грамотности – Системы компьютерного анализа и обработки медицинских изображений – Технологии персонализации лечения
<p>Низкие эффекты Низкие затраты</p> <ul style="list-style-type: none"> – Планирование проверок объектов городского хозяйства – Технологии персонализированной доставки – Система контроля доступа в образовательные организации – Системы учета посещаемости – Технологии мониторинга чрезвычайных ситуаций посредством социальных медиа 	<p>Низкие эффекты Высокие затраты (Социальный эффект)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Технологии дополнительной реальности в сфере G2C – Сервисы виртуальных примерочных – Системы прогнозирования поломок домовой инфраструктуры – Мобильные приложения быстрого реагирования – Мониторинг утомляемости сотрудников на предприятии

Рис. 3. Матрица проектов «умного города» в координатах «затраты/эффекты»

среда), а также развития экономики. Планируется реализация таких проектов, как «умные» остановки (1500 млн руб.), системы учета/контроля интенсивности транспортного потока, предсказания трафика (35–40 млн руб.), системы управления парковочным пространством (300–500 млн руб.), эквайринговое обслуживание на транспортных средствах (10–15 млн руб.), платформа межведомственного взаимодействия (30–40 млн руб.), система электронного документооборота (18 млн руб.), система электронных референдумов (10–15 млн руб.), видеонаблюдение в местах массового скопления людей (450 млн руб.), система управления землепользованием (15 млн руб.), система мониторинга земель с/х назначения (25 млн руб.), система быстрого реагирования «Активный гражданин» (20 млн руб.), системы учета посещаемости в учебных заведениях (50–60 млн руб.), единая электронная образовательная среда (900–1000 млн руб.), единая платформа интеллектуального управления энергетикой и ЖКХ СО (200 млн руб.), региональная информационная система ЖКХ (15 млн руб.)².

² «Умный регион» – smart region. Концепция построения на территории Свердловской области / Официальный сайт Правительства Свердловской области. URL: midural.ru/download.php?id=_2018611109.pdf

В целом развитие сервисов в г. Екатеринбурге на первоначальном этапе смещено в сторону развития транспортной системы, а также повышения интеллектуального капитала граждан (рис. 4).



Рис. 4. Направления цифровизации городской среды в Екатеринбурге

Как планируется, реализация мер по цифровизации станет фактором разработки и внедрения смарт-сервисов, развития центров смарт-компетенций, создания регионального бренда и формирования цифровой среды. Плановые показатели развития к 2024 году включают реализацию более 100 стартапов в год, 50 действующих смарт-сервисов, предоставление 100% госуслуг в электронном виде, регистрацию 100 патентов в год, переход на стандарт связи 5G, снижение доли иностранного программного обеспечения до 10%.

В целом, исследуя вопросы цифровизации городской среды в городах-лидерах, таких как Барселона, Сингапур, Копенгаген, Токио, Стокгольм, можно сделать вывод, что процессы по цифровизации этих городов начинались с создания базовой инфраструктуры, цифровизации транспортной системы, создания систем межведомственного взаимодействия [25–27]. Схожие процессы в настоящее время можно наблюдать и на примере Екатеринбурга.

Заключение

Анализ мирового опыта показывает, что уровень социально-экономического развития стран и городов на современном этапе тесно связан с уровнем их цифровизации. Внедрение цифровых технологий в социально-экономические процессы городской среды имеет потенциал для интеграции новых технологий, социальных систем и решения экологических проблем. Тем не менее это требует интегративного или целостного подхода к реализации самой идеи «умного города».

Во-первых, в работе рассмотрены основные аспекты концепции «умных городов» (экологический, социальный, экономический, институциональный), показано, что их развитие напрямую связано с уровнем цифровизации социально-экономической и экологической компонент городской среды. При этом мы опирались на предположение о том, что достижения в области цифровизации этих компонент зависят от степени технологичности и интеграции цифровых систем. Как показывает опыт, первым шагом в процессах цифровизации является разработка интеллектуальных решений для отдельных направлений, однако реальный потенциал заключается во втором шаге, который связан с управлением сервисами и интеграционными функциями, которые требуют создания цифровых платформ.

Во-вторых, показано, что уровень технологичности и интеграции цифровых платформ зависит от ряда направлений, наиболее ресурсоемкими из которых в настоящее время являются нормативное регулирование, цифровая инфраструктура, кадры и образование, информационная безопасность.

В-третьих, нами предложена теоретическая модель оптимизации выбора приоритетных проектов в рамках цифровизации городской среды. Данная модель предполагает выбор проектов по цифровизации исходя из рассмотрения их уровня цифровизации (технологичности), а также издержек (выгод) от их реализации. В рамках данной

модели показано, что оптимальным вариантом являются такие проекты, которые максимальным образом снижают транзакционные издержки, а также относительно дешевы во внедрении.

В-четвертых, на основе теоретической модели цифровизации нами предложена матрица проектов в координатах уровень «технологичности (затраты на внедрение) / выгоды от внедрения (снижение транзакционных издержек)». В результате с помощью указанной матрицы систематизированы проекты по цифровизации на примере города Екатеринбурга.

Теоретическая значимость проведенного исследования состоит в развитии подходов к моделированию процессов цифровизации городской среды. Практическая значимость

исследования заключается в формировании возможных будущих исследований разумного хозяйствования в условиях цифрового общества.

В заключение отметим, что многоаспектная и многогранная концепция «умных городов» требует разработки целого ряда целей, которые должны быть достигнуты в процессе социально-экономического развития, при этом в процесс конструирования «умных городов» должны быть включены все заинтересованные стороны. Для мониторинга эффективности реализации проектов и инициатив все цели должны быть поддающимися изменению. Граждане должны участвовать во всех этапах создания «умного города», начиная с обсуждения концепции и заканчивая этапом тестирования конкретных решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Trindade E.P., Hinnig M.P.F., da Costa E.M. et al. Sustainable development of smart cities: a systematic review of the literature. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2017, vol. 3, pp. 1–11.
2. D'Asaro F., Di Gangi M., Perticone V. et al. Computational Intelligence and Citizen Communication in the Smart City. *InformatikSpektrum*, 2017, vol. 40, iss. 1, pp. 25–34.
3. Carter D. Urban Regeneration, Digital Development Strategies and the Knowledge Economy: Manchester Case Study. *Journal of the Knowledge Economy*, 2013, vol. 4, iss. 2, pp. 169–189.
4. Cagáňová D., Stareček A., Hornáková N. et al. The Analysis of the Slovak Citizens' Awareness about the Smart City Concept. *Mobile Networks and Applications*, 2019, pp. 1–9.
5. Jadoul M. Smart practices for building smart cities. *Elektrotechnik und Informationstechnik*, 2016, vol. 133, iss. 7, pp. 341–344.
6. Branchi P.E., Fernandez-Valdivielso C., Matias I.R. An Analysis Matrix for the Assessment of Smart City Technologies: Main Results of Its Application. *Future Internet*, 2014, vol. 6, pp. 61–75.
7. Reforgiato Recupero D., Castronovo M., Consoli S. et al. An Innovative, Open, Interoperable Citizen Engagement Cloud Platform for Smart Government and Users' Interaction. *Journal of the Knowledge Economy*, 2016, vol. 7, iss. 2, pp. 388–412.
8. Curry E., Dustdar S., Sheng Q.Z. et al. Smart cities – enabling services and applications. *Journal of Internet Services and Applications*, 2016, vol. 7, pp. 6–9.
9. Liu Z. Research on the Internet of Things and the development of smart city industry based on big data. *Cluster Computing*, 2018, vol. 21, iss. 1, pp. 789–795.
10. Orzeł A. The Legal Aspects of Intelligent Cities. In: Brdulak A., Brdulak H. (eds.). *Happy City – How to Plan and Create the Best Livable Area for the People. EcoProduction (Environmental Issues in Logistics and Manufacturing)*. Springer, Cham, 2017. 258 pp.
11. Gupta A., Deokar A., Iyer L. et al. Big Data & Analytics for Societal Impact: Recent Research and Trends. *Information Systems Frontiers*, 2018, vol. 20, iss. 2, pp. 185–194.
12. Anttiroiko A.V., Valkama P. & Bailey S.J. Smart cities in the new service economy: building platforms for smart services. *AI & Society*, 2014, vol. 29, iss. 3, pp. 323–334.

13. Popov E.V., Semyachkov K.A. Problems of Economic Security for Digital Society in the Context of Globalization. *Economy of Region*, 2018, vol. 14 (4), pp. 1088–1101.
14. Streitz N. Beyond ‘smart-only’ cities: redefining the ‘smart-everything’ paradigm. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2019, vol. 10, iss. 2, pp. 791–812.
15. Peng G.C.A., Nunes M.B., Zheng L. Impacts of low citizen awareness and usage in smart city services: the case of London’s smart parking system. *Information Systems and e-Business Management*, 2017, vol. 15, iss. 4, pp. 845–876.
16. Cardullo P., Kitchin R. Being a ‘citizen’ in the smart city: up and down the scaffold of smart citizen participation in Dublin, Ireland. *GeoJournal*, 2019, vol. 84, iss. 1, pp. 1–13.
17. TekinBilbil E. The Operationalizing Aspects of Smart Cities: the Case of Turkey’s Smart Strategies. *Journal of the Knowledge Economy*, 2017, vol. 8, iss. 3, pp. 1032–1048.
18. Ingwersen P., Serrano-López A.E. Smart city research 1990–2016. *Scientometrics*, 2018, vol. 117, iss. 2, pp. 1205–1236.
19. Giatsoglou M., Chatzakou D., Gkatziaki V. et al. CityPulse: A Platform Prototype for Smart City Social Data Mining. *Journal of the Knowledge Economy*, 2016, vol. 7, iss. 2, pp. 344–372.
20. Сухарев О.С. Экономическая теория институционального моделирования: принципы и возможности // Журн. экон. теории. 2017. № 1. С. 102–116.
21. Полтерович В.М. Стратегии институциональных реформ. Перспективные траектории // Экономика и математические методы. 2006. Т. 42. № 1. С. 1–19.
22. Попов Е.В., Семячков К.А., Симонова В.Л. Индекс сетевой готовности федеральных округов Российской Федерации // Изв. Урал. гос. экон. ун-та. 2016. № 4 (66). С. 40–51.
23. Al Nuaimi E., Al Neyadi H., Mohamed N. et al. Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, 2015, vol. 6, pp. 25–40.
24. Zhuang R., Fang H., Zhang Y. et al. Smart learning environments for a smart city: from the perspective of lifelong and lifewide learning. *Smart Learning Environments*, 2017, vol. 4, pp. 6–27.
25. Putra Z., Кнаар W. Urban Innovation System and the Role of an Open Web-based Platform: The Case of Amsterdam Smart City. *Journal of Regional and City Planning*, 2018, vol. 29, no. 3, pp. 234–249.
26. Angelakis V., Tragos E., Pöhls H.C., Kapovits A., Bassi A. *Designing, Developing, and Facilitating Smart Cities: Urban Design to IoT Solutions*. New York: Springer, 2017. 368 p.
27. Anthopoulos L.G. *Understanding Smart Cities: A Tool for Smart Government or an Industrial Trick?* New York: Springer, 2017. 293 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Попов Евгений Васильевич – доктор экономических наук, член-корреспондент РАН, руководитель центра экономической теории. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук». Россия, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29. E-mail: erorov@mail.ru. Тел.: +7(343) 371-45-36.

Семячков Константин Александрович – кандидат экономических наук, младший научный сотрудник центра экономической теории. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук». Россия, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29. E-mail: k.semyachkov@mail.ru. Тел.: +7(343) 371-45-36.

Popov E.V., Semyachkov K.A.

OPTIMIZATION OF THE URBAN ENVIRONMENT DIGITALIZATION PROCESSES

The aim of this study is to improve the tools for selecting projects for digital technologies implementation in the context of a “smart city” concept. The novelty of the work is in the development of approaches to the optimization of the urban environment digitalization. The main features are identified and the conditions for the effective functioning of “smart cities” are analyzed. Among the main components considered during formation of “smart cities”, the following aspects have been highlighted: environmental, social, economic, and institutional. The paper systematizes the main directions of the digital technologies introduction, presents the principles of institutional modeling. It is shown that the level of technological effectiveness and integration of digital platforms depends on a number of areas, the most resource-intensive of which are currently regulations, digital infrastructure, human resources and education, information security. A model for optimizing the selection of priority projects in the framework of digitalization of the urban environment is proposed. This model involves the selection of digitalization projects based on a consideration of their technological effectiveness level, as well as the benefits of their implementation. Within the framework of the model, it was shown that the best options are those projects that minimize transaction costs, and are also relatively cheap to implement. Based on the theoretical model of digitalization, we proposed a matrix of projects in the coordinates of the level of “technological effectiveness (implementation costs) / benefits from implementation (reduction of transaction costs)”. As a result, using this matrix, we systematized digitalization projects using the example of the city of Yekaterinburg.

“Smart city”, digital economy, model, transaction costs, project matrix.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Popov Evgenii Vasilievich – Doctor of Economics, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Center for Economic Theory. Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences”. 29, Moskovskaya Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation. E-mail: epopov@mail.ru. Phone: +7(343) 371-45-36.

Semyachkov Konstantin Aleksandrovich – Ph.D. in Economics, Junior Research Associate, Center for Economic Theory. Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences”. 29, Moskovskaya Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation. E-mail: k.semyachkov@mail.ru. Phone: +7(343) 371-45-36.