

Цифровые инструменты управления инновационной инфраструктурой*

Алена А. Ступина^{a, ID¹}; Татьяна И. Берг^{a, @, ID²}; Лариса Н. Корпачева^{a, ID³}; Александра В. Федорова^a

^a Сибирский федеральный университет, Россия, г. Красноярск

@ tatiyana.berg@gmail.com

ID¹ <http://orcid.org/0000-0002-5564-9267>

ID² <https://orcid.org/0000-0002-2427-3754>

ID³ <https://orcid.org/0000-0003-3373-9752>

Поступила в редакцию 23.03.2020. Принята к печати 09.06.2020.

Аннотация: Цифровая трансформация экономики, концептуальные изменения создания новой потребительной ценности предопределили новые типы взаимодействия участников инновационной деятельности. Данные изменения внесли коррективы в элементный состав инновационной инфраструктуры, призванной обеспечить эффективное производство и продвижение открытых инноваций. Одной из проблем результативности инновационной инфраструктуры является повышение коммуникативности участников инновационного процесса, что требует развития форм и конфигураций, основанных на цифровых платформенных решениях. Внедрение современных информационно-коммуникационных технологий в деятельность элементов инновационной инфраструктуры обеспечит снижение инвестиционных затрат на создание и содержание физических объектов, сократит время поиска, обмена, обработки информации участников инновационного процесса. Инновационная инфраструктура рассматривается как система взаимодействия подсистем, основанных на цифровых платформах, результатом связей которой является загруженная или полученная информация, решаемые задачи поиска инновационных решений. Особое значение придается информационной подсистеме инновационной инфраструктуры, составным элементам, цифровым платформам и сервисам. Авторами определены распределенно-интегрированные технологии управления инновационной инфраструктурой, обеспечивающие коммуникации в единой экосистеме информационных гетерогенных сетевых сервисов участников инновационного процесса. Предложен эффективный математический аппарат модифицированных GERT-сетей моделирования вычислительных процессов обработки данных гетерогенных сред цифровых сервисов объектов инновационной инфраструктуры.

Ключевые слова: инновационная экосистема, цифровые платформы, информационно-коммуникационные технологии, распределенно-интегрированные технологии, гетерогенные сетевые сервисы, GERT-сети

Для цитирования: Ступина А. А., Берг Т. И., Корпачева Л. Н., Федорова А. В. Цифровые инструменты управления инновационной инфраструктурой // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2020. Т. 5. № 3. С. 408–416. DOI: <https://doi.org/10.21603/2500-3372-2020-5-3-408-416>

Введение

Приоритетным направлением современного развития России является создание эффективной инновационной среды, где особую значимость приобретает инновационная инфраструктура, посредством которой осуществляется трансфер информации, идей, новшеств, технологий, товаров, взаимодействие между всеми ее объектами. Степень развития инновационной инфраструктуры напрямую зависит от скорости освоения нововведений, а динамичное развитие ее институтов (подсистем) связывается с высоким мультипликативным эффектом увеличения спроса на услуги, низкой чувствительностью к циклическому развитию реального сектора экономики.

Однако в большинстве регионов России (за исключением Республики Татарстан, Томской и Новгородской

областей, г. Москвы и г. Санкт-Петербурга) сформировавшаяся инновационная экосистема инфраструктуры имеет отдельные объекты. В некоторых субъектах (Республики Алтай, Калмыкия, Карачаево-Черкессия, Хакасия, Крым, Камчатский край, Ненецкий и Чукотский автономные округа, г. Севастополь)¹ выявлено их отсутствие или минимальная фрагментарность, что оказывает отрицательное влияние на развитие территорий и национальной экономики в целом.

Кроме этого, существуют проблемы выхода уже произведенных и готовых к продаже инноваций, обусловленные низкой эффективностью развития трансфертной сети и коммуникаций. Учитывая, что в условиях глобализации происходит конкурентная борьба не на рынках, а за рынки, требуются новые подходы воздействия

* Статья написана в рамках III Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 300-летию освоения Кузбасса, «Управление организациями в современной экономике». Специальная тема: «Цифровая трансформация управления».

¹ Карта инновационной России // Инновации в России. Режим доступа: <http://innovation.gov.ru/map> (дата обращения: 19.06.2020).

на барьеры входа на рынки новшеств и нововведений, более гибкое и быстрое реагирование на запросы конечных потребителей.

Нивелирование выявленных проблем видится в развитии сотрудничества и стимулирования коммуникации между участниками инновационного процесса. Интеграция, координация и взаимодействие различных элементов инновационной инфраструктуры, основанные на цифровых платформенных решениях, позволят достичь синергетических и сетевых эффектов, динамики ее развития.

Методы и материалы. Теоретическое и методологическое исследование основано на научных работах, посвященных формированию инновационной инфраструктуры, научных и прикладных результатах трудов ученых по вопросам цифровых платформенных решений и их практическом применении участниками инновационного процесса. Применялись системный, интеграционный, сетевой подходы, общенаучные методы, методы сравнения, синтеза, логического анализа, имитационного и математического моделирования вычислительных процессов обработки данных гетерогенных сред цифровых сервисов. Использовалась информация Правительства РФ и его структур, открытые онлайн-источники, официальные сайты разработчиков программного обеспечения SAP, Microsoft, IBM, РТСофт. Применение указанных методов и систем позволило сформулировать научную гипотезу применения цифровых инструментов обработки данных объектов инновационной инфраструктуры, их взаимодействия.

Инновационная инфраструктура цифровой экономики

Особенности формирования, содержательного состава и функционирования инновационной инфраструктуры отражены в нормативных актах и программах развития РФ, работах С. А. Агаркова, Е. С. Кузнецовой и М. О. Грязновой [1], Н. В. Апатовой и О. Л. Королева [2], В. В. Иванова [3], Л. П. Королевой и М. А. Кандрашкиной [4], Е. А. Монастырного [5], Е. В. Сибирской, Л. В. Овешниковой и И. Ю. Кузовлевой [6], А. В. Райхлиной [7], Г. Ф. Деттера и И. Л. Туккеля [8] и др.

Существование различных дефиниций понятия *инновационная инфраструктура* обусловлено процессами трансформации мировых экономических систем и эволюцией экономической науки, связанных с кризисами роста, отрывом финансовой системы от реального сектора, циклическими колебаниями конъюнктуры, а также структурными изменениями, цифровизацией всех процессов экономики, появлением экосистемы инновационного развития и пространственного распределения ее подсистем, разнообразием взаимоотношений между ними.

Зарубежный исследователь П. К. Херст делает особый акцент на институты и сети взаимодействия как ключевые элементы управления и внедрения инноваций [9]. С. П. Лапаев рассматривает инновационную инфраструктуру как «связующее звено между институтами внедрения новшеств (университеты – бизнес – финансы) для снижения рисков взаимодействия и профессионального продвижения новшеств на рынках» [10, с. 145]. С. А. Агарков, Е. С. Кузнецова и М. О. Грязнова под инновационной инфраструктурой понимают «совокупность взаимосвязанных, взаимодополняющих производственно-технических систем, организаций, фирм и соответствующих организационно-управляющих систем, необходимых и достаточных для эффективного осуществления инновационной деятельности и реализации инноваций» [1, с. 111]; Л. П. Королева и М. А. Кандрашкина – часть инновационной системы, «включающую специально созданные для генерации наукоемкого бизнеса и коммерциализации научных разработок вузы и НИИ, образования (особые зоны, технопарки, бизнес-инкубаторы и др.), а также инновационно-ориентированные субъекты инфраструктуры основных видов рынка, обеспечивающих ресурсную поддержку и оказание услуг инновационному бизнесу с целью восполнения недостающих компетенций и формирования дополнительных конкурентных преимуществ» [4].

В призма трансформации и цифровизации государственной политики цифровой экономики РФ² меняются принципы проектирования и подход к конструкции, организации и функционалу инновационной инфраструктуры [11]. Построение и функционирование инновационной инфраструктуры базируется на парадигме «умной системы», принципе «удаленности связи объектов», киберзащите виртуального пространства, сохранности окружающей природной среды, социального равновесия и показателях качества жизни населения.

Особый статус в данном контексте приобретает информация не только как носитель знания, но и как средство коммуникации – связи объектов. Создание инновационной инфраструктуры (и поддержание информационной безопасности) является приоритетным направлением, т. к. она объединяет средства коммуникаций, центры обработки данных, государственную единую платформу облачного хранения данных и инфраструктуру пространственных данных. Кроме этого, выполняется программная задача: «информационная инфраструктура обеспечивает возможность оказания новых цифровых услуг на внутреннем рынке и на экспорт, удовлетворяя потребности государства, бизнеса и граждан в надежных, доступных, безопасных и экономически эффективных коммуникациях, вычислительных мощностях, информационных системах и сервисах, цифровых платформах, созданных с приоритетным использованием отечественных

² Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» // Экспертный центр электронного государства. Режим доступа: <https://d-russia.ru/wp-content/uploads/2017/05/programmaCE.pdf> (дата обращения: 19.03.2020).

технологий, а также обеспечивает системный сбор, передачу, хранение и обработку данных с учетом прав и законных интересов субъектов данных и владельцев данных»³.

Анализ понятийного аппарата с учетом трансформации процессов в цифровой экономике позволил дать авторское определение изучаемого термина: *инновационная инфраструктура* – это распределенно-интегрированная система, структурными элементами которой являются материально-технические, ресурсные, институциональные, общесистемные и коммуникативные условия (подсистемы), основанные на платформенных решениях цифрового взаимодействия участников инновационной деятельности.

Инновационная инфраструктура в системном аспекте, по мнению авторов, состоит из двух элементов:

- совокупность подсистем, создающих условия ведения научных исследований, правовой охраны, ресурсного

обеспечения, продвижения результатов инновационной деятельности;

- совокупность объектов (агентов, организаций) подсистем, обеспечивающих взаимосвязи движения потоков ресурсов и результатов (товаров, услуг, транзакций) инновационной деятельности.

Таким образом, инновационная инфраструктура, с одной стороны, создает условия, а с другой, обеспечивает взаимосвязь участников, ресурсов, процессов и результатов инновационной деятельности. Схематично кросс-платформа инновационной инфраструктуры как системы, ее подсистем и объектов, представлена на рисунке. Она состоит из подсистем: научно-исследовательской, кадровой, производственной (технологической), информационной, нормативно-правовой, институциональной, финансовой, экспертно-консалтинговой и сбытовой.



Рис. Кросс-платформа системы инновационной инфраструктуры цифровой экономики
 Fig. Cross-platform of the digital economy innovation infrastructure system

³ Там же.

Цифровые инструменты управления информацией инновационной инфраструктуры

Представленная модель инновационной инфраструктуры позволяет обеспечить целевой ориентир – создать условия для производства и продвижения конкурентоспособной высокотехнологичной продукции на внутренних и внешних рынках. Принимая во внимание, что объекты инновационной инфраструктуры находятся в территориально распределенной среде, их «связка» производится на основе цифровых платформ. Цифровые платформы являются инструментами недискриминационного доступа к элементам инновационной инфраструктуры, обеспечивая взаимодействие объектов (агентов) и результаты взаимного сотрудничества. Среди ключевых платформ цифровой инновационной экономики РФ можно выделить две: Промышленность будущего и Интерактивная карта инновационной экосистемы России (табл.)⁴.

Важным элементом инновационной инфраструктуры является сеть, позволяющая осуществлять деятельность виртуальных объектов и способствовать генерированию новых идей для их последующей материализации в инновационных процессах и продуктах. Базовыми параметрами цифровых платформ цифровой инновационной экономики России являются консолидация, механизмы

кооперации, навигация, конструирование моделей взаимодействия участников инновационного процесса. Эти параметры должны обеспечить подготовку высококвалифицированных кадров цифровой экономики, производство высокотехнологичной, наукоемкой продукции (услуг), интеллектуализировать и сервитизировать процессы и бизнес-процессы, жизнеобеспеченность населения.

Аналитические исследования [12–16] позволили определить, что построение функционирования цифровых платформ инновационной инфраструктуры должно базироваться на распределенном формировании данных. Необходимость создания распределено-интегрированных, интеллектуальных баз данных нового поколения, общих IT-платформ, диктуется, с одной стороны, большим объемом информации объектов подсистем инновационной инфраструктуры, которая должна храниться в репозиториях, с другой – географической распределенностью участников инновационного процесса, разнообразием бизнес-моделей сотрудничества, моделей взаимодействия. Создание общих IT-платформ позволит синхронизировать цифровые решения [17], создаст возможности появления новых объектов инновационной инфраструктуры и форм объединения, заинтересованных в качественно иных технологических решениях.

Табл. Параметры ключевых платформ цифровой инновационной экономики России

Tab. Parameters of the key platforms of the digital innovation economy in Russia

Платформа	Назначение	Элементы
Промышленность будущего	<ul style="list-style-type: none"> консолидация науки, образования и бизнеса и их ресурсов на создания высокотехнологичных систем; выстраивание механизмов научно-производственной кооперации 	<ul style="list-style-type: none"> новые высокотехнологичные производства, в том числе с участием зарубежных фирм, основанные на интеллектуализации бизнес-процессов и процессов, связанных с производством и эксплуатацией высокотехнологичных систем; интеллектуализация выхода России на новые рынки; новые направления развития информационных технологий (в том числе компьютерного моделирования); взаимодействие с профильными вузами; технологии и комплексная система подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов; взаимодействие с инвесторами, модели притока частных, в том числе иностранных, инвестиций в разработку прогрессивных технологий
Интерактивная карта инновационной экосистемы России	навигация в субъектах инновационной экосистемы России участников инфраструктуры поддержки инноваций	<ul style="list-style-type: none"> категорирование участников (организаций) инфраструктуры поддержки инноваций; сервисы инфраструктуры
	конструкция моделей взаимодействия инфраструктуры поддержки инноваций	<ul style="list-style-type: none"> построение моделей взаимодействия для организаций-участников; достаточность инфраструктурных связей для работы с инновациями полного цикла

⁴ Составлено по источникам: Технологическая платформа «Моделирование и технологии эксплуатации высокотехнологичных систем» (Промышленность будущего) // МТЭВС. Режим доступа: <http://mtevs.org> (дата обращения: 09.03.2020); Стратегия развития страны 2018–2024 // Центр стратегических разработок. Режим доступа <https://strategy.csr.ru> (дата обращения: 09.03.2020).

Эффективным инструментом исследований в сложной системе инновационной инфраструктуры видится применение имитационных моделей, размещенных на распределенной архитектуре [18, с. 11]. В настоящее время развитие распределенного имитационного моделирования идет по двум направлениям: монолитные и готовые системы моделирования, объединенные с помощью специального программного обеспечения.

Исследования [17–22] доказали, что при создании новых высокоэффективных монолитных систем, в которых поддерживается параллельное дискретно-событийное моделирование (*Parallel Discrete Event Simulation, PDES*) используют спецпроцессоры для параллельного моделирования, сопутствующие языки, библиотеки и инструментальные средства⁵. К таким интеллектуальным информационным системам, обеспечивающим координированное управление в распределенной среде и отказоустойчивость и доказавшим свою адекватность в различных областях науки, можно отнести TeD/GTW, SPEEDES, Task-Kit, Мера, DiAna, AMIGO, технология SD-WAN, SAP HANA и др. Преимущество указанных моделей объясняется теснотой связи со средой взаимодействия, для которой они разработаны. Однако при смене среды взаимодействия возникают проблемы переноса системы на другую платформу, что является их недостатком.

Рассмотрение готовых систем имитационного моделирования показало, что компонентами являются не объекты, а имитационные модели, в отличие от последовательного моделирования. К наиболее распространенным можно отнести DIS-system (*Double Information Stream System* – система двойного потока информации), которая позволяет объектам взаимодействовать друг с другом, связывает аналитические и обучающие объекты (*Aggregate Level Simulation Protocol*); HLA (*High Level Architecture* – архитектура высокого уровня для моделирования и имитирования), производящая типирование однородных взаимозаменяемых объектов инновационной инфраструктуры. Задача готовых систем – создать окружение для взаимодействия ранее созданных имитационных моделей. В данном подходе федераты являются компонентами имитационного моделирования, а их объединение – федерацией [16]. Федерация состоит из разнородных федератов, например программ сбора данных, имитационных моделей взаимодействия участников инновационного процесса, объектов инновационной инфраструктуры. Обмен информацией, ее координация и синхронизация между федератами происходит через программное обеспечение RTI в едином модельном времени.

Кроме этого, в зависимости от имитационной модели, системы моделирования, доказавшие адекватность в практическом применении, могут быть процессно-,

событийно-, объектно-ориентированными и агентными⁶. Интеграция данных из разных источников и обработка масштабных информационных потоков осуществляется информационными сервисами. Современные информационные сервисы, функциональность и автономность компьютеров позволяют синхронно и удаленно взаимодействовать с объектами различных подсистем инновационной инфраструктуры. Сервисная модель (*Product as a Service*) является центральной концепцией цифровой экономики. Сервисизация способствует расширению использования таких бизнес-моделей, как модели подписки и модели услуги.

Одним из результативных инструментов цифрового управления инновационной инфраструктурой, как было отмечено выше, являются распределенно-интегрированные технологии в единой экосистеме информационных гетерогенных сетевых сервисов. Как показывает практика, технологии высокопроизводительных гетерогенных вычислений, используемые в ходе решения управленческих, исследовательских и производственных задач, обладают высокой пропускной способностью и надежностью, однако значительно снижают отказоустойчивость системы в случае использования цифровых гетерогенных системных сервисов. Снижение отказоустойчивости систем гетерогенных цифровых сервисов обусловлено рядом факторов, связанных со спецификой функционирования гетерогенной вычислительной платформы и особенностями инструментов моделирования и управления процессами обработки гетерогенных данных [23].

В качестве эффективного инструмента моделирования вычислительных процессов обработки данных гетерогенных сред цифровых сервисов предлагается математический аппарат модифицированных GERT-сетей. GERT-сети позволяют проводить анализ временных характеристик работы узлов распределенной гетерогенной системы и перераспределять вычислительную нагрузку гетерогенных сетей без использования в системе дополнительных трудоемких методов снижения нагрузки [24; 25]. Основу математического аппарата модифицированных GERT-сетей составляет произвольное количество чисел дополнительных вещественных и стохастических параметров узла этой сети. Произвольные функции вычисляются в момент активации узла сети условные вероятности выполнения исходящей дуги узла GERT-сети [25].

В соответствии с предложенной кросс-платформой системы инновационной инфраструктуры цифровой экономики как единой экосистемы (рис.), определяется совокупность архитектур подсистем и объектов с различными функциональными образами элементов. Для повышения эффективности цифрового взаимодействия агентов инновационной инфраструктуры каждую возможную

⁵ Миков А. И., Замятина Е. Б. Распределенные системы и алгоритмы: Информация // ИНТУИТ. Режим доступа: <https://www.intuit.ru/studies/courses/1146/238/info> (дата обращения: 02.03.2020).

⁶ Там же.

вариацию этого взаимодействия можно представить в виде стохастической GERT-сети.

Основная гипотеза моделирования процессов взаимодействия агентов инновационной инфраструктуры на основе GERT-сетей видится в следующем:

1. GERT-сеть рассматривается как стохастическая структура, граф которой состоит из множества дуг (y) весом (i, j), имеющих различные вероятности выполнения (p_{ij}), и множества узлов (V). При этом по дугам сети осуществляется цифровое взаимодействие агентов инновационной инфраструктуры, а в узлах сети происходит обработка событий подключения любого агента к другим агентам, что в конечном итоге дает возможность определять множество возможных дальнейших траекторий взаимодействия и выбирать оптимальные траектории цифрового взаимодействия.

2. Определенный узел GERT-сети активируется с некоторой вероятностью (p_{ij}) в ходе обработки событий (связанных, например, с подключением любого агента к другим агентам или с выполнением совокупности работ по входящей дуге и т. д.) для выполнения работы текущей дуги (y_{ij}) (например, обработки информации о подключениях агентов, подбора агента инновационной инфраструктуры при решении определенных прикладных задач и т. п.).

3. GERT-сеть обладает распределенными источниками (R) информации, которая поступает от каждого агента, и стоками (S) вида «работа на дуге».

4. В качестве критерия оценки эффективности цифрового взаимодействия агентов инновационной инфраструктуры на основе принципов GERT-моделирования может использоваться критерий локальной устойчивости сети в каждой конкретной реализации взаимодействия (r_k) по стоку (s_k) (для узла (i) и путей взаимодействия, заканчивающихся дугами (i, j), (k, i)).

Предложенный подход моделирования процессов взаимодействия агентов инновационной инфраструктуры на основе GERT-сетей позволяет выбрать альтернативу цифрового взаимодействия участников инновационной инфраструктуры в условиях разветвленной топологии вероятностных взаимоотношений, а также с учетом

неактуальных на текущей дуге действий и потенциальных отказов в обслуживании в связи с загрузкой сети.

Количественные оценки вероятностей активации стока узлов сети процессов гетерогенной системы, по мнению авторов, позволяют прогнозировать состояние системных процессов и управлять распределенными процессами гетерогенных сервисов на основе перераспределения вычислительной нагрузки сети в ходе обработки данных.

Заключение

В настоящее время результативность инновационной инфраструктуры зависит от создания условий и повышения коммуникативности участников инновационной деятельности. Кросс-платформенный состав объектов, подсистем распределенно-интегрированной системы инновационной инфраструктуры в цифровой экономике обеспечивается цифровыми инструментами сбора, обработки, обмена информации. Основными параметрами представленной системы являются коммуникативные условия, основанные на платформенных решениях цифрового взаимодействия участников инновационной деятельности. Управление инновационной инфраструктурой обеспечивается коммуникациями в единой экосистеме информационных гетерогенных сетевых сервисов участников инновационного процесса. Интеграция данных позволяет сократить экспортно-импортные расходы хранения, использовать системные сервисные решения.

В качестве эффективного цифрового инструмента предложен математический аппарат модифицированных GERT-сетей моделирования вычислительных процессов обработки данных гетерогенных сред цифровых сервисов объектов инновационной инфраструктуры. Применение модифицированных GERT-сетей в организации процессов связи объектов позволит своевременно учитывать спрос на технологии и продукцию, ускорит выход новшеств и инноваций на рынки и тем самым повысит эффективность всех участников инновационной деятельности – объектов кросс-платформы системы инновационной инфраструктуры цифровой экономики.

Литература

1. Агарков С. А., Кузнецова Е. С., Грязнова М. О. Инновационный менеджмент и государственная инновационная политика. М.: Академия естествознания, 2011. 143 с.
2. Апатова Н. В., Королев О. Л. Проблемы формирования инновационной инфраструктуры региона в условиях цифровой экономики // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. 2017. Т. 3. № 1. С. 3-11.
3. Иванов В. В. Инновационная парадигма XXI. М.: Наука, 2011. 238 с.
4. Королева Л. П., Кандрашкина М. А. Инновационная инфраструктура: сущность и тенденции развития в республике Мордовия // Системное управление. 2014. № 3. Режим доступа: http://sisupr.mrsu.ru/2014-3/PDF/Koroleva_L_P_Kandraskina_M_A.pdf (дата обращения: 19.03.2020).
5. Монастырный Е. А. Методологическое обеспечение развития региональной инновационной системы в условиях современной экономики России: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. Томск, 2009. 46 с.

6. Сибирская Е. В., Овешникова Л. В., Кузовлева И. Ю. Сущностно-содержательная природа процесса проектирования сбалансированной инновационной инфраструктуры // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 10-11. С. 2514–2518.
7. Райхлина А. В. Формирование и развитие инфраструктуры инновационной деятельности // *Экономика, статистика и информатика*. Вестник УМО. 2013. № 2. С. 59–62.
8. Деттер Г. Ф., Туккель И. Л. «Умная» цифровизация локальных инновационных экосистем Арктической зоны РФ // *Инновации*. 2018. № 11. С. 30–35.
9. Hirst P. Q. *Associative democracy: new forms of economic and social governance*. Amherst, MA: University of Massachusetts Press, 1994. 222 p.
10. Лапаев С. П. *Управление формированием региональной инновационной системы*. Оренбург: ОГУ, 2014. 474 с.
11. Серебрякова Н. А., Петриков А. В. Принципы проектирования и организации функционирования инновационных инфраструктур в условиях Индустрии 4.0 // *Вестник ВГУИТ*. 2018. Т. 80. № 4. С. 384–387. DOI: 10.20914/2310-1202-2018-4-384-387
12. Цымблер М. Л. Обзор методов интеграции интеллектуального анализа данных в СУБД // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика*. 2019. Т. 8. № 2. С. 32–62. DOI: 10.14529/cmse190203
13. Куприяновский В. П., Соколов И. А., Талашкин Г. Н., Дунаев О. Н., Зажигалкин А. В., Распопов В. В., Намиот Д. Е., Покусаев О. Н. *Цифровая совместная экономика: технологии, платформы и библиотеки в промышленности, строительстве, транспорте и логистике* // *International Journal of Open Information Technologies*. 2017. Т. 5. № 6. С. 56–75.
14. Кузнецов С. Д. Управление данными: 25 лет прогнозов // *Труды ИСП РАН*. 2017. Т. 29. № 2. С. 117–160. DOI: 10.15514/ISPRAS-2017-29(2)-5
15. Parker G. G., Alstynе Van M. W., Choudary S. P. *Platform revolution: How networked markets are transforming the economy and how to make them work for you*. N. Y.: W. W. Norton & Company, 2016. 352 p.
16. Петриков А. В. Анализ сетевой структуры точек инновационного роста // *ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия*. 2018. Т. 15. № 12. С. 46–50.
17. Евсюков В. В., Пышный А. И. «Цифровая экономика» – новый этап информатизации общества // *Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки*. 2018. № 4-1. С. 11–19.
18. Тенденции развития экономики и промышленности в условиях цифровизации / под ред. А. В. Бабкина. СПб.: СПбПУ, 2017. 657 с. DOI: 10.18720/IEP/2017.6
19. Андиева Е. Ю., Фильчакова В. Д. Цифровая экономика будущего, Индустрия 4.0 // *Прикладная математика и фундаментальная информатика*. 2016. № 3. С. 214–218.
20. Смелянский Р. А., Бахмуrow А. Г., Волканов Д. Ю., Чемерицкий Е. В. Интегрированная среда для анализа и разработки распределенных встроенных вычислительных систем реального времени // *Программирование*. 2013. Т. 39. № 5. С. 35–52.
21. Зинкин С. А. Согласование и координация объектов и процессов в агентно-ориентированных системах и сетях хранения и обработки данных // *Вопросы радиоэлектроники*. 2009. Т. 4. № 4. С. 83–96.
22. Микляев И. А., Жирнова М. А. Гибридные облачные технологии на основе реляционной и объектной баз данных // *Объектные системы*. 2015. № 11. С. 58–63.
23. Gschwind M. The cell broadband engine: exploiting multiple levels of parallelism in a chip multiprocessor // *International Journal of Parallel Programming*. 2007. Vol. 35. P. 233–262. DOI: 10.1007/s10766-007-0035-4
24. Neumann K. *Stochastic project networks: Temporal analysis, scheduling and cost minimization*. N. Y.: Springer Science & Business Media, 1990. 237 p.
25. Цепкова М. И., Ступина А. А., Корпачева Л. Н., Федорова А. В., Джиоева Н. Н. Анализ работы узлов распределенных систем обработки информации с использованием GERT-сетей // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2-2. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21953> (дата обращения: 14.03.2020).

Digital Tools for Managing Innovative Infrastructure*

Alena A. Stupina ^{a, ID1}; Tatiana I. Berg ^{a, @, ID2}; Larisa N. Korpacheva ^{a, ID3}; Aleksandra V. Fedorova ^a

^a Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk

@ tatiyana.berg@gmail.com

ID1 <http://orcid.org/0000-0002-5564-9267>

ID2 <https://orcid.org/0000-0002-2427-3754>

ID3 <https://orcid.org/0000-0003-3373-9752>

Received 23.03.2020. Accepted 09.06.2020.

Abstract: The digital transformation of the economy and the conceptual changes in developing new consumer value predetermined new types of interaction between participants in innovation activities. These changes affected the elements of innovative infrastructure, which ensures effective production of open innovations. The increasing communication of innovation process participants remains a problem of innovative infrastructure performance, which requires new forms and configurations based on digital platform solutions. Modern information and communication technologies and their implementation in the innovative infrastructure will reduce investment costs for creation and maintenance of physical objects and decrease the time spent on searching, exchanging, and processing information of innovation process participants. The article considers the innovative infrastructure as an interaction system of subsystems based on digital platforms. The system provides downloadable information and innovative solutions. The paper focuses on the information subsystem of innovative infrastructure, its components, digital platforms, and services. The authors define distributed and integrated technologies for managing innovative infrastructure that provide communications in a single ecosystem of heterogeneous information network services of innovation process participants. The authors introduce effective mathematical tools of modified GERT networks for modeling computational data processing in heterogeneous environments of digital services of innovative infrastructure.

Keywords: innovation ecosystem, digital platforms, information and communication technologies, distributed-integrated technologies, heterogeneous network services, GERT networks

For citation: Stupina A. A., Berg T. I., Korpacheva L. N., Fedorova A. V. Digital Tools for Managing Innovative Infrastructure. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politicheskie, sotsiologicheskie i ekonomicheskie nauki*, 2020, 5(3): 408–416. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21603/2500-3372-2020-5-3-408-416>

References

1. Agarkov S. A., Kuznetsova E. S., Gryaznova M. O. *Innovation management and state innovation policy*. Moscow: Akademiia estestvoznaniia, 2011, 143. (In Russ.)
2. Apatova N. V., Korolev O. L. Problems of region innovative infrastructure formation in digital economy. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Ekonomika i upravlenie*, 2017, 3(1): 3-11. (In Russ.)
3. Ivanov V. V. *Innovation paradigm XXI*. Moscow: Nauka, 2011, 238. (In Russ.)
4. Koroleva L. P., Kandrashkina M. A. Innovation infrastructure: essence and tendencies of development in the Republic of Mordovia. *Sistemnoe upravlenie*, 2014, (3). Available at: http://sisupr.mrsu.ru/2014-3/PDF/Koroleva_L_P_Kandrashkina_M_A.pdf (accessed 19.03.2020). (In Russ.)
5. Monastyrny E. A. *Methodological support for the development of a regional innovation system in the modern economy of Russia*. Dr. Econ. Sci. Diss. Abstr. Tomsk, 2009, 46. (In Russ.)
6. Sibirskaya E. V., Oveshnikova L. V., Kuzovleva I. Yu. Essentially-substantial nature of balanced design innovation infrastructure. *Fundamentalnye issledovaniia*, 2013, (10-11): 2514–2518. (In Russ.)
7. Raikhlina A. V. Formation and development of infrastructure of innovation activity. *Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO*, 2013, (2): 59–62. (In Russ.)
8. Detter G. F., Tukkel I. L. "Smart" digitalization of local innovation ecosystems of the Arctic zone of the Russian Federation. *Innovatsii*, 2018, (11): 30–35. (In Russ.)
9. Hirst P. Q. *Associative democracy: new forms of economic and social governance*. Amherst (MA): University of Massachusetts Press, 1994, 222. (In Russ.)
10. Lapaev S. P. *Management of the formation of a regional innovation system*. Orenburg: OGU, 2014, 474. (In Russ.)

* The article was written for the III All-Russian Scientific and Practical Conference "Management of organizations in the modern economy" dedicated to the 300th Anniversary of Kuzbass Exploration, topic: Digital Management Transformation.

11. Serebryakova N. A., Petrikov A. V. The principles of design and the organization of functioning of innovative infrastructures in the conditions of the Industry 4.0. *Vestnik VGUIT*, 2018, 80(4): 384–387. (In Russ.) DOI: 10.20914/2310-1202-2018-4-384-387
12. Zymbler M. L. Overview of methods for integrating data mining into DBMS. *Bulletin of South Ural State University. Series: Computational Mathematics and Software Engineering*, 2019, 8(2): 32–62. (In Russ.) DOI: 10.14529/cmse190203
13. Kupriyanovsky V. P., Sokolov I. A., Talashkin G. N., Dunaev O. N., Zazhigalkin A. V., Raspopov V. V., Namiot D. E., Pokusaev O. N. Digital sharing economy: technologies, platforms and libraries in industry, construction, transport, and logistics. *International Journal of Open Information Technologies*, 2017, 5(6): 56–75. (In Russ.)
14. Kuznetsov S. D. Data management: 25 years of forecasts. *Proc. ISP RAS*, 2017, 29(2): 117–160. (In Russ.) DOI: 10.15514/ISPRAS-2017-29(2)-5
15. Parker G. G., Alstynne Van M. W., Choudary S. P. *Platform revolution: How networked markets are transforming the economy and how to make them work for you*. N. Y.: W. W. Norton & Company, 2016, 352.
16. Petrikov A. V. Analysis of the network structure of the points of innovative growth. *FES: Finansy. Ekonomika. Strategiya*, 2018, 15(12): 46–50. (In Russ.)
17. Evsyukov V. V., Pyshny A. I. "The digital economy" – a new stage informatization of society. *Izvestia Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskie i iuridicheskie nauki*, 2018, (4-1): 11–19. (In Russ.)
18. *Economic and industrial development trends in the conditions of digitalization*, ed. Babkin A. V. St. Petersburg: SPbPU, 2017, 657. (In Russ.) DOI: 10.18720/IEP/2017.6
19. Andieva E. Yu., Filchakova V. D. The digital economy of the future, Industry 4.0. *Prikladnaia matematika i fundamentalnaia informatika*, 2016, (3): 214–218. (In Russ.)
20. Smelyansky R. L., Bakhmurov A. G., Volkanov D. Yu., Chemeritskii E. V. Integrated environment for the analysis and design of distributed real-time embedded computing systems. *Programmirovaniye*, 2013, 39(5): 35–52. (In Russ.)
21. Zinkin S. A. Alignment and coordination of objects and processes in agent-oriented systems and networks of storage and data processing. *Voprosy radioelektroniki*, 2009, 4(4): 83–96. (In Russ.)
22. Miklyaev I. A., Zhirnova M. A. Hybrid cloud technologies based on relational and object databases. *Obektnye sistemy*, 2015, (11): 58–63. (In Russ.)
23. Gschwind M. The cell broadband engine: exploiting multiple levels of parallelism in a chip multiprocessor. *International Journal of Parallel Programming*, 2007, 35: 233–262. DOI: 10.1007/s10766-007-0035-4
24. Neumann K. *Stochastic project networks: Temporal analysis, scheduling and cost minimization*. N. Y.: Springer Science & Business Media, 1990, 237.
25. Tsepikova M. I., Stupina A. A., Korpacheva L. N., Fedorova A. V., Dzhioeva N. N. Analysis of work units of the distributed information processing system using GERT-networks. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2015, (2-2). Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21953> (accessed 14.03.2020). (In Russ.)