Цифровая экосистема региона как форма межорганизационного взаимодействия государства, бизнеса и науки

Лиман Ирина Александровна
Заведующий кафедрой менеджмента и бизнеса, д.э.н., профессор, Тюменский государственный университет, i.a.liman@utmn.ru,

Осатюк Владислав Игоревич
Начальник отдела организационного и методического сопровождения реформы контрольной (надзорной) деятельности Департамента государственной политики в сфере лицензирования, контрольно-надзорной деятельности, аккредитации и саморегулирования, Министерство экономического развития Российской Федерации, vladosatyuk@gmail.com

В статье рассмотрена цифровая экосистема региона как форма межорганизационного взаимодействия самостоятельных акторов регионального развития. В качестве субъектной основы использована модель пятерной спирали (государство, бизнес, науку и образование, гражданское общество и экологический контур). Раскрыты функциональные направления взаимодействия участников цифровой экосистемы, систематизированы цифровые механизмы реализации соответствующих связей (платформенные решения, интеграция информационных систем, совместные информационно-аналитические пространства, механизмы открытых данных и цифровой обратной связи, цифровые аналитико-управленческие инструменты). Определены условия и барьеры результативного межорганизационного взаимодействия. Предложена авторская модель цифровой экосистемы региона. Показано, что формирование цифровой экосистемы связано с переходом к системе межорганизационных связей при совместном использовании данных, знаний, технологий, ресурсов и компетенций.
Ключевые слова: цифровая экосистема региона, межорганизационное взаимодействие, пятерная спираль, цифровая платформа, цифровая трансформация, региональное развитие, государство, бизнес, наука, гражданское общество, экологический контур.

Распространение цифровых технологий заметно меняет характер взаимодействия участников региональной экономики с учетом усложнения формирования организационных конструкций. В этих условиях экосистемный подход представляет интерес как теоретическая база исследования новых форм межорганизационного взаимодействия на региональном уровне.

По мнению А. А. Егоровой, «экосистемный подход подразумевает рассмотрение социо-эколого-экономической системы региона как динамично развивающегося социально экономического сообщества, состоящего из акторов (игроков), действующих в различных секторах системы. <…> Экосистема региона характеризуется системой отношений по поводу распределения ресурсов, технологий, информации, опыта, продукции, координации решения совместных задач, которые распределяются между акторами экосистемы» [1, С. 134]. Таким образом, данная трактовка экосистемы базируется на взаимосвязи экономических субъектов и согласовании их интересов в рамках территориальной системы.

Близкую позицию занимают А. В. Райхлина и Е. Г. Патрушева, рассматривающие экосистему в контексте региональных институтов развития [2]. С данной точки зрения региональная экосистема может позиционируется в качестве организационной среды, в которой участники сохраняют собственные цели, однако их деятельность оказывается связанной потоками ресурсов, информации и результатов. Особенностью подобной конструкции выступает отсутствие полноценного организационного объединения участников. Экосистемный эффект возникает за счет развития связей между ними.

Цифровая составляющая дополняет данную модель новым способом организации взаимодействия и фактически становится инфраструктурной основой экосистемных связей.

М. Кох определяет цифровую (с точки зрения инфраструктуры) экосистему (с точки зрения организации) как социотехническую систему, которая объединяет множество, как правило, независимых поставщиков и потребителей активов в целях получения взаимной выгоды, и функционирует посредством цифровых платформ [3].

В. И. Абрамов и В. Д. Андреев дают следующее определение цифровой экосистемы региона: «цифровая макросреда для взаимодействия граждан, бизнеса и органов власти, способствующая стабильному и устойчивому социально-экономическому развитию региона путем повышения качества управленческих решений за счет организации механизма сбора и обработки информации об инфраструктуре региона в режиме реального времени с использованием сквозных цифровых технологий» [4, с. 251]. К ее структурным компонентам авторы относят «сквозные цифровые технологии, цифровую платформу, данные, участников, сетевые взаимодействия, сервисы, права и обязанности участников» [4, с. 251]. При этом экономическое содержание экосистемы определяют участники и их связи, а технологические решения обеспечивают возможность такого взаимодействия.

Также представляется целесообразным несколько расширить субъектный состав цифровой экосистемы региона, так как ограничение взаимодействия государством, бизнесом и гражданами недостаточно отражает современные условия регионального развития. В частности, необходимо выделить научно-образовательные организации ввиду их роли в разработке технологий, кроме того, тенденцией современной региональной политики выступает усиление связи с экологическими ограничениями. Таким образом, цифровая экосистема региона должна рассматриваться как более широкая система взаимодействия акторов регионального развития.

Процесс формирования цифровой экосистемы региона предлагается рассматривать в виде перехода к цифровой связанности отдельных субъектов в соответствии с данными рисунка 1.

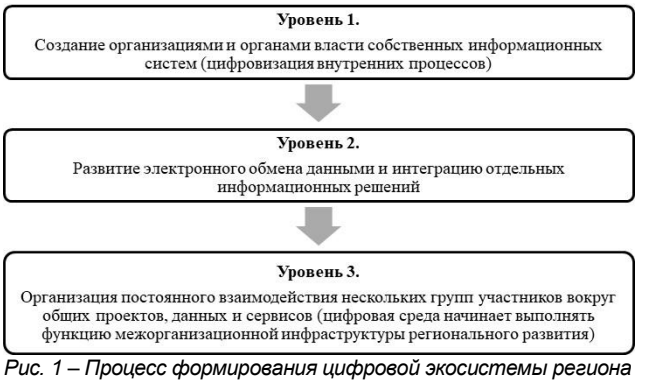


Рис. 1 – Процесс формирования цифровой экосистемы региона
Источник: Составлено автором на основании [3], [4]

В рамках настоящего исследования цифровую экосистему региона предлагается понимать как территориально локализованную систему взаимодействия самостоятельных участников, основанную на использовании цифровой инфраструктуры, данных, цифровых сервисов и платформ (как технологической среды объединения) в целях обеспечения совместной реализации региональных задач.

В качестве базовых признаков цифровой экосистемы региона можно выделить следующие:

субъектная множественность;

необходимость цифровой связанности участников, т.е. возможности постоянного обмена данными и использования совместимых информационных решений;

сетевой характер взаимодействия при условии отсутствия ограничения отношений с единым административным центром;

совместное создание результата.

наличие общей территориальной проблематики.

В качестве теоретической основы определения состава участников цифровой экосистемы региона с позиции межорганизационного взаимодействия целесообразно использовать концепцию спиралей инновационного развития, в частности, пятерную спираль (государство, наука и образование, бизнес, гражданское общество и экология) как наиболее комплексную на текущий момент конструкцию [5].

Характеристика субъектной структуры цифровой экосистемы региона представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика субъектной структуры цифровой экосистемы региона

Контур пятерной спирали	Основные участники региональной цифровой экосистемы	Функция в экосистеме
Государство	Органы государственной власти Органы местного самоуправления Государственные учреждения Институты развития	Формирование институциональных условий цифровой трансформации определение стратегических приоритетов Участие в создании цифровой инфраструктуры
Бизнес	Крупные предприятия, субъекты малого и среднего предпринимательства, технологические компании Операторы цифровых платформ Инфраструктурные организации	Внедрение цифровых решений в хозяйственную деятельность, формирование технологического спроса. Предоставлении частных ресурсов, которые могут быть использованы в совместных проектах с органами власти и научными организациями
Наука и образование	Университеты, НИИ, исследовательские, центры трансфера технологий и иные структуры, связанные с созданием и распространением знаний	Разработка технологий и экспертное сопровождение цифровой трансформации. Формирование кадровой основы цифрового развития региона
Гражданское общество	Население, общественные организации, профессиональные сообщества и иные объединения граждан	Формирование общественного запроса на цифровые сервисы и обратная связь цифровой трансформации
Экологический контур	Природная среда и представляющие экологические интересы организации	Установление экологических условий и ограничений цифрового развития. Реализация проектов экологической направленности

Источник: Составлено автором на основании [5], [6], [7].

Касательно данных, представленных в таблице, следует отметить, что в отдельных моделях цифрового развития население может участвовать в проектировании сервисов и тестировании технологических решений [8].

В отношении пятой спирали требуется некоторое терминологическое уточнение. Природная среда в строгом смысле не обладает свойствами организационного субъекта и, как следствие, самостоятельно не вступает в экономические отношения. Поэтому применительно к межорганизационному взаимодействию корректнее говорить об экологическом контуре цифровой экосистемы региона, цифровая инфраструктура которого обеспечивает передачу информации о состоянии среды.

Систему межорганизационного взаимодействия в цифровой экосистеме региона целесообразно рассматривать в рамках двух направлений:

по функциональному содержанию взаимодействия;

по субъектной конфигурации взаимодействия.

Функциональное содержание взаимодействия представляет совокупность направлений совместной деятельности акторов цифровой экосистемы региона в контексте предмета и характера обмена. Ключевые векторы такого взаимодействия представлены ниже.

1. Информационное взаимодействие – включает предоставление доступа к данным (как основным ресурсам цифровой экосистемы), их передачу между информационными системами, обработку, совместное использование в целях последующего формирования цифровых сервисов:

государство выступает владельцем статистических данных;

бизнес формирует массивы производственной информации;

научные организации обеспечивают аналитическую обработку данных;

граждане одновременно являются пользователями цифровых сервисов и источником пользовательской информации;

экологический контур аккумулирует данные об экологических параметрах территории.

Таким образом, государственные открытые данные могут применяться коммерческими организациями и разработчиками, однако простой их публикации недостаточно. Необходимо развитие отношений между поставщиками данных, разработчиками, инфраструктурными организациями и пользователями в области использования информации [8].

2. Инновационное взаимодействие – разработка, апробация и внедрение новых технологических решений. Наиболее тесные связи формируются между бизнесом, научно-образовательным сектором и государством.

Представляет интерес модель «пятерная спираль – дизайн-мышление», предложенная С. Бартолони. Пятерная спираль в ней определяет состав взаимодействующих акторов, а дизайн-мышление задает механизм их совместного участия в создании и внедрении технологического решения. Достоинством модели выступает включение различных участников уже на стадии проектирования решения и, как следствие, снижение разрыва между разработкой технологии и последующим использованием [9].

3. Инвестиционное взаимодействие. Реализация цифровых проектов предполагает использование ресурсов государства (бюджетные и институциональные возможности), бизнеса (частные инвестиции), научных организаций (инфраструктура и интеллектуальный капитал). При реализации конкретных проектов соответствующие ресурсы объединяются в рамках грантовых механизмов, программ поддержки, государственно-частного партнерства, консорциумов и иных организационных форм.

4. Кадровое взаимодействие. В данном случае научно-образовательный сектор выступает основным поставщиком кадров и компетенций, а бизнес и органы власти формируют запрос на содержание соответствующей подготовки с возможностью обратной связи. Формы реализации обмена – совместные образовательные программы, проектное обучение, стажировки, корпоративные кафедры, участие специалистов организаций в образовательном процессе.

5. Управленческо-проектное взаимодействие – необходимо в ситуациях, когда проблема выходит за организационные границы одного субъекта (например, участие нескольких организаций предполагается при создании цифрового сервиса в сфере транспорта).

Практический механизм подобного взаимодействия хорошо раскрывается в исследованиях по «живым лабораториям» – реальной или приближенной к реальной среде совместного проектирования с участием их будущих пользователей и других заинтересованных сторон. Отличием такой площадки от обычной лаборатории выступает возможность апробации решения в условиях, максимально близких к его последующему практическому использованию [10].

Реализация такой модели с использованием пятерной спирали показано в исследовании Б. Мерино-Барбанчо на примере проекта LifeSpace. В модели выделены три уровня:

лаборатория – первоначальное проектирование решений;

клуб – контролируемое тестирование постоянными пользователями;

городская среда («район»), где уже проверенные решения используются и оцениваются в реальных условиях [10].

Субъектная конфигурация межорганизационного взаимодействия отражает конкретные связи между государством, бизнесом, наукой и образованием, гражданским обществом и экологическим контуром. Она может быть представлена в виде соответствующей матрицы в таблице 2.

Таблица 2

Матрица межорганизационного взаимодействия акторов цифровой экосистемы региона

Акторы	Бизнес	Наука и образование	Гражданское общество	Экологический контур
Государство	Создание цифровой инфраструктуры, ГЧП, реализация региональных проектов, обмен данными	Экспертное сопровождение региональной политики, подготовка кадров, разработка цифровых новых решений	Электронные услуги, открытые данные, цифровая обратная связь, участие граждан	Экологический мониторинг, регулирование, природоохранные информационные системы
Бизнес	×	НИОКР, процессы трансфера технологий, подготовка кадров, апробация решений	Отношения в области использования цифровых сервисов и совместного тестирования решений. Получаемая информация может использоваться для последующего изменения цифровых продуктов	Экологический мониторинг предприятий, ресурсо-сбережение, экологические технологии и данные
Наука и образование	-	×	Экспериментальные площадки, участие пользователей в исследованиях и апробации технологий	Исследования состояния среды, экологическое моделирование, разработка технологий мониторинга

Гражданское общество	-	-	×	Гражданский экологический мониторинг, экологические инициативы, общественная обратная связь

Источник: Составлено автором на основании [8], [9], [10].

Таким образом, межорганизационное содержание цифровой экосистемы региона определяется способностью переводить распределенные ресурсы отдельных акторов в совместно создаваемый результат посредством цифрового взаимодействия.

Важно акцентировать, что межорганизационное взаимодействие значительно шире факта простого обмена ресурсами, так как предполагает наличие совместной цели, распределения функций, каналов связи и механизма получения результата. При этом, последний должен иметь значение более чем для одного участника. Поток знаний между различными акторами пятерной спирали должен быть встроен в процесс проектирования.

Реализация межорганизационного взаимодействия в рамках цифровой экосистемы региона требует наличия соответствующих цифровых механизмов – «цифровой макросреды для взаимодействия граждан, бизнеса и органов власти» [4, с. 264].

В. И. Абрамов и В. Д. Андреев отмечают, что «основой региональной цифровой экосистемы является цифровая платформа / несколько платформ / единая цифровая платформа с определенными сервисами, ориентированная на конкретные сферы деятельности регионального правительства и обеспечивающая удобное взаимодействие между гражданами, бизнесом и властью» [4, с. 264]. Авторы дают следующее определение цифровой платформы: «единая цифровая система для взаимодействия граждан, бизнеса и органов власти, в которой обрабатываются полученные с помощью сквозных цифровых технологий данные, а сформированные на их основе управленческие решения отражаются в инфраструктуре региона с помощью панели команд цифровой платформы. Данная система может обеспечивать доступ к цифровому двойнику, если он имеется» [4, с. 261].

Т. Н. Тополева рассматривает цифровую платформу как основу формирования инновационной производственной экосистемы региона и отмечает, что «взаимодействие акторов на основе совместного использования ресурсов, согласование интересов в рамках ИПЭР с перспективой платформизации направлено как на достижение их индивидуальных целей, так и на повышение устойчивости всей экосистемы, с проекцией на региональное развитие и укрепление позиций на национальном и международном уровнях» [11, с. 135].

Вторым механизмом выступает интеграция информационных систем участников. С позиции межорганизационного взаимодействия данный механизм актуален ввиду возможности перехода к цифровой связанности отдельных организаций и мультисервисности цифровой экосистемы. Последняя «позволяет гражданам, органам власти и бизнесу с помощью сетевого эффекта увеличивать количество направлений деятельности в экосистеме, что положительным образом сказывается на социальных и экономических результатах региона» [4, с. 261].

Технически такая интеграция может обеспечиваться посредством API –«набора способов и правил, по которым различные программы общаются между собой и обмениваются данными. Взаимодействие между компонентами обеспечивается с помощью специальных методов, классов, программ» [12, с. 637].

Помимо перечисленных механизмов межорганизационного взаимодействия в рамках цифровой экосистемы региона необходимо выделить следующие:

совместные информационно-аналитические пространства на основе больших данных социальных медиа, которые позволяют проводить сбор данных, их агрегацию, впоследствии анализировать и представлять результаты для принятия различных управленческих решений, в том числе для поддержки регионального развития [13, с. 15];

механизмы открытых данных и цифровой обратной связи. В этом случае владелец информации предоставляет машиночитаемые данные другим участникам которые могут использовать их для решения собственных задач в пределах установленного режима доступа. Касательно цифровой обратной связи, И. М. Виноградова справедливо отмечает: «трансформация государственных услуг и взаимодействия власти с гражданами в электронный формат предоставляет большие возможности для оптимизации политических процессов. <…> Внедрение цифровых экосистем в общественно-политическую сферу является необходимым условием эффективного развития государственного управления» [14, с. 7-8].

цифровые аналитические и управленческие инструменты. Их роль в экосистемной модели заключается в возможности работать с информацией, поступающей одновременно от нескольких участников, и использовать результаты анализа для согласования последующих действий. В наиболее развитом варианте такие инструменты могут включать панели мониторинга, прогнозные модели, технологии искусственного интеллекта и системы поддержки решений.

В итоге, на основании проведенного исследования, модель цифровой экосистемы региона как формы межорганизационного взаимодействия можно представить в виде рисунка 2.

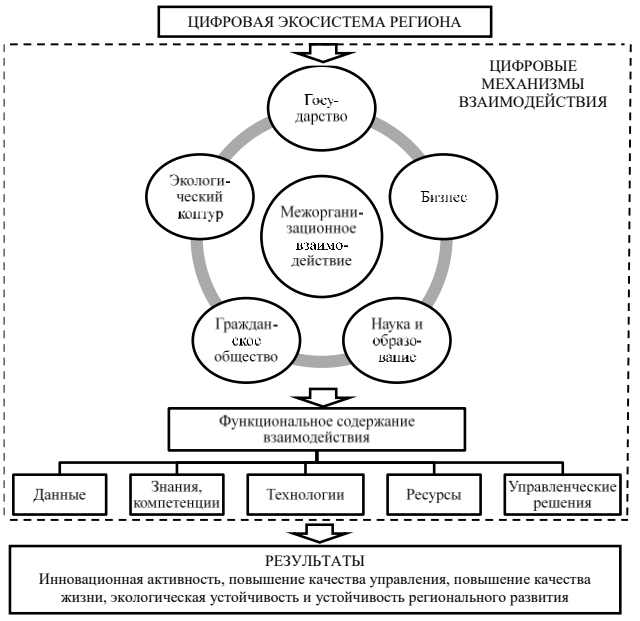


Рис. 2 – Модель цифровой экосистемы региона как формы межорганизационного взаимодействия
Источник: Составлено автором

Результативность представленной на рисунке модели зависит следующих факторов:

наличие согласованных целей взаимодействия между участниками;

распределение ролей и ответственности;

интероперабельность систем – в ГОСТ Р 70992-2023 определяется как «способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена» [15].

качество и актуальность данных;

доверие между участниками в цифровой экосистеме.

институциональная определенность взаимодействия;

заинтересованность участников в сохранении взаимодействия.

Основными барьерами межорганизационного взаимодействия выступают организационная разобщенность участников, несовместимость информационных систем, дефицит цифровых и управленческих компетенций, недостаточный уровень информационной безопасности.

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Цифровая экосистема региона выступает формой межорганизационного взаимодействия самостоятельных акторов, объединенных цифровой средой и совместными процессами. Субъектной основой такой экосистемы является модель пятерной спирали (государство, бизнес, науку и образование, гражданское общество и экологический контур).

2. Систему межорганизационного взаимодействия в цифровой экосистеме региона целесообразно рассматривать в рамках двух направлений: по функциональному содержанию взаимодействия (информационное, инновационное, инвестиционное, кадровое и управленческо-проектное направления) и по субъектной конфигурации взаимодействия.

3. Предложенная авторская модель цифровой экосистемы региона как формы межорганизационного взаимодействия объединяет субъектные контуры, функциональное содержание взаимодействия, цифровые механизмы и результаты регионального развития в целостную организационно-технологическую конструкцию.

Литература

1. Егорова, А. А. Экосистемный подход к сбалансированному региональному развитию / А. А. Егорова, Ю. Г. Мальцев, Е. С. Банникова, Д. Ю. Двинин // Вестник Челябинского государственного университета. – 2022. – № 6 (464). – С. 131–144. – DOI: 10.47475/1994-2796-2022-10614.

2. Райхлина, А. В. Модернизация региональных институтов развития. Экосистемный подход / А. В. Райхлина, Е. Г. Патрушева // ЭКО. – 2024. – Т. 54, № 2. – С. 201–215. – DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2024-2-201-215.

3. Koch, M. A Matter of Definition: Criteria for Digital Ecosystems / M. Koch, D. Krohmer, M. Naab, D. Rost, M. Trapp // Digital Business. – 2022. – Vol. 2, No. 2. – Art. 100027. – DOI: 10.1016/j.digbus.2022.100027.

4. Абрамов, В. И. Цифровая экосистема региона: практические аспекты реализации и структурные компоненты / В. И. Абрамов, В. Д. Андреев // Ars

Administrandi (Искусство управления). – 2023. – Т. 15, № 2. – С. 251–271. – DOI: 10.17072/2218-9173-2023-2-251-271.
5. Carayannis, E. G. Towards an Emerging Unified Theory of Helix Architectures (EUTOHA): Focus on the Quintuple Innovation Helix Framework as the Integrative Device / E. G. Carayannis, D. F. J. Campbell // Triple Helix. – 2022. – Vol. 9, No. 1. – P. 65–75. – DOI: 10.1163/21971927-bja10028.
6. Donati, L. The Evolutionary Emergence of Quintuple Helix Coalitions: A Case Study of Place-Based Sustainability Transition / L. Donati, G. Stefani, M. Bellandi // Triple Helix. – 2023. – Vol. 10, No. 1. – P. 125–155. – DOI: 10.1163/21971927-12340010.
7. Durán-Romero, G. Bridging the Gap between Circular Economy and Climate Change Mitigation Policies through Eco-Innovations and Quintuple Helix Model / G. Durán-Romero, A. M. López, T. Beliaeva, M. Ferasso, C. Garonne, P. Jones // Technological Forecasting and Social Change. – 2020. – Vol. 160. – Art. 120246. – DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120246.
8. Kitsios, F. Digital Entrepreneurship Services Evolution: Analysis of Quadruple and Quintuple Helix Innovation Models for Open Data Ecosystems / F. Kitsios, M. Kamariotou, E. Grigoroudis // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, No. 21. – Art. 12183. – DOI: 10.3390/su132112183.
9. Bartoloni, S. Towards Designing Society 5.0 Solutions: The New Quintuple Helix – Design Thinking Approach to Technology / S. Bartoloni, E. Calò, L. Marinelli, F. Pascucci, L. Dezi, E. Carayannis, G. M. Revel, G. L. Gregori // Technovation. – 2022. – Vol. 113. – Art. 102413. – DOI: 10.1016/j.technovation.2021.102413.
10. Merino-Barbancho, B. Innovation through the Quintuple Helix in Living Labs: Lessons Learned for a Transformation from Lab to Ecosystem / B. Merino-Barbancho, P. Abril Jiménez, I. Mallo, I. Lombroni, G. Cea, C. López Nebreda, M. F. Cabrera, G. Fico, M. T. Arredondo // Frontiers in Public Health. – 2023. – Vol. 11. – Art. 1176598. – DOI: 10.3389/fpubh.2023.1176598.
11. Тополева, Т. Н. Моделирование цифровой платформы инновационной производственной экосистемы региона / Т. Н. Тополева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4. – С. 135–143. – DOI: 10.12737/2073-0462-2024-135-143.
12. Мельник, А. А. Основные принципы построения и проектирования интерфейса API / А. А. Мельник // Вестник науки. – 2025. – №10 (91). – С. 637-643.
13. Федоров, А. М. Информационно-аналитическая система поддержки управления региональным развитием на основе открытых больших данных социальных медиа: концепция разработки и практика реализации / А. М. Федоров, И. О. Датьев, М. Г. Шишаев, С. С. Федотов, И. Г. Вишняков // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. – 2022. – Т. 13, № 2. – С. 5–22. – DOI: 10.37614/2949-1215.2022.13.2.001.
14. Виноградова, И. М. Создание и развитие цифровых экосистем в России как способа коммуникации власти и граждан / И. М. Виноградова // PolitBook. – 2024. – № 2. – С. 6–23.
15. ГОСТ Р 70992-2023. Цифровая промышленность. Интеграция и интероперабельность систем. Термины и определения. – М. : Российский институт стандартизации, 2023.

Digital ecosystem of a region as a form of interorganizational interaction between government, business, and science

Liman I.A., Osatyuk V.I.
University of Tyumen, Ministry of Economic Development of the Russian Federation

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The article examines the digital ecosystem of a region as a form of interorganizational interaction among autonomous actors of regional development. The Quintuple Helix model is used as the framework for the ecosystem's actor structure, including government, business, science and education, civil society, and the environmental dimension. The functional areas of interaction among digital ecosystem participants are identified, and the digital mechanisms supporting these relationships are systematized, including platform solutions, integration of information systems, shared information and analytical spaces, open data and digital feedback mechanisms, and digital analytical and management tools. The conditions and barriers affecting effective interorganizational interaction are determined. An authorial model of the regional digital ecosystem is proposed. It is shown that the formation of a digital ecosystem is associated with the transition to a system of interorganizational relationships based on the joint use of data, knowledge, technologies, resources, and competencies.

Keywords: regional digital ecosystem, interorganizational interaction, Quintuple Helix, digital platform, digital transformation, regional development, government, business, science, civil society, environmental dimension.

References

1. Egorova A.A., Maltsev Yu.G., Bannikova E.S., Dvinin D.Yu. Ecosystem approach to balanced regional development. *Bulletin of Chelyabinsk State University*, 2022, no. 6 (464), pp. 131–144. DOI: 10.47475/1994-2796-2022-10614.
2. Raikhlina A.V., Patrusheva E.G. Modernization of regional development institutions. Ecosystem approach. *ECO*, 2024, vol. 54, no. 2, pp. 201–215. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2024-2-201-215.
3. Koch M., Krohmer D., Naab M., Rost D., Trapp M. A matter of definition: Criteria for digital ecosystems. *Digital Business*, 2022, vol. 2, no. 2, art. 100027. DOI: 10.1016/j.digbus.2022.100027.
4. Abramov V.I., Andreev V.D. Digital ecosystem of the region: Practical aspects of implementation and structural components. *Ars Administrandi*, 2023, vol. 15, no. 2, pp. 251–271. DOI: 10.17072/2218-9173-2023-2-251-271.
5. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. Towards an Emerging Unified Theory of Helix Architectures (EUTOHA): Focus on the Quintuple Innovation Helix Framework as the integrative device. *Triple Helix*, 2022, vol. 9, no. 1, pp. 65–75. DOI: 10.1163/21971927-bja10028.
6. Donati L., Stefani G., Bellandi M. The evolutionary emergence of Quintuple Helix coalitions: A case study of place-based sustainability transition. *Triple Helix*, 2023, vol. 10, no. 1, pp. 125–155. DOI: 10.1163/21971927-12340010.
7. Durán-Romero G., López A.M., Beliaeva T., Ferasso M., Garonne C., Jones P. Bridging the gap between circular economy and climate change mitigation policies through eco-innovations and Quintuple Helix Model. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, vol. 160, art. 120246. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120246.
8. Kitsios F., Kamariotou M., Grigoroudis E. Digital entrepreneurship services evolution: Analysis of Quadruple and Quintuple Helix innovation models for open data ecosystems. *Sustainability*, 2021, vol. 13, no. 21, art. 12183. DOI: 10.3390/su132112183.
9. Bartoloni S., Calò E., Marinelli L., Pascucci F., Dezi L., Carayannis E., Revel G.M., Gregori G.L. Towards designing Society 5.0 solutions: The new Quintuple Helix – Design Thinking approach to technology. *Technovation*, 2022, vol. 113, art. 102413. DOI: 10.1016/j.technovation.2021.102413.
10. Merino-Barbancho B., Abril Jiménez P., Mallo I., Lombroni I., Cea G., López Nebreda C., Cabrera M.F., Fico G., Arredondo M.T. Innovation through the Quintuple Helix in living labs: Lessons learned for a transformation from lab to ecosystem. *Frontiers in Public Health*, 2023, vol. 11, art. 1176598. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1176598.
11. Topoleva T.N. Modeling a digital platform of the innovative production ecosystem of the region. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*, 2024, no. 4, pp. 135–143. DOI: 10.12737/2073-0462-2024-135-143.
12. Melnik A.A. Basic principles of API interface construction and design. *Vestnik Nauki*, 2025, no. 10 (91), pp. 637–643.
13. Fedorov A.M., Datyev I.O., Shishaev M.G., Fedotov S.S., Vishnyakov I.G. Information and analytical system to support regional development management based on open big data from social media: Development concept and implementation practice. *Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences*, 2022, vol. 13, no. 2, pp. 5–22. DOI: 10.37614/2949-1215.2022.13.2.001.
14. Vinogradova I.M. Creation and development of digital ecosystems in Russia as a means of communication between the authorities and citizens. *PolitBook*, 2024, no. 2, pp. 6–23.
15. GOST R 70992-2023. *Digital industry. Integration and interoperability of systems. Terms and definitions*. Moscow, Russian Institute for Standardization, 2023.