

Генезис и прогнозный потенциал экосистемного подхода в образовании

Диана Королева

Заведующая Лабораторией инноваций в образовании, dkoroleva@hse.ru

Татьяна Хавенсон

Главный эксперт, доцент, tkhavenson@hse.ru

Дарья Томасова

Научный сотрудник Лаборатории инноваций в образовании, dtomasova@hse.ru

Институт образования Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), 101000, Москва, ул. Мясницкая, 20

Аннотация

В последние десятилетия образовательное пространство во всем мире становится все более разнообразным, привлекая новых участников, порождая новые продукты, технологии и институциональные формы. Эта тенденция носит глобальный характер и провоцирует дискуссию о появлении комплексных образовательных экосистем, понимание которых остается фрагментарным и неструктурированным, затрудняя как обоснованную дискуссию, так и реализацию прогнозного потенциала экосистемного подхода. Цель статьи состоит в выявлении признаков, характеристик и закономерностей функционирования экосистемы для формирования экосистемного подхода к исследованию и моделированию процессов трансформации и перехода к устойчивому развитию в образовании.

Результатом исследования выступает концепция образовательной экосистемы, построенная на основе закономерностей открытой и динамичной социальной системы, характеризующейся коэволюцией участников, высоким уровнем комплементарности ресурсов и компетенций, партисипативностью и коопетицией в

создании новых образовательных продуктов. Для достижения цели статьи проанализирован генезис понятия образовательной экосистемы, прослежена его преемственность моделям тройной, четверной и пятерной спирали, а также концепции инновационной экосистемы. Представлена методология применения экосистемного подхода к организации Форсайт-исследований и сопроектирования стратегии, направленной на достижение целей устойчивого развития в области образования, соответствующая основным принципам программы ООН по реализации целей устойчивого развития в области образования до 2030 года — Sustainable Development Goal 4 (SDG4).

Экосистемный подход применяется в том числе к отбору баз источников, интерпретации сигналов будущего и характеристике предмета Форсайта. Сделан вывод об исследовательской обоснованности экосистемного подхода к моделированию новых типов взаимодействия акторов, описанию коэволюции социальных, экономических, технологических и культурных трендов и выявлению справедливых и коллективно значимых приоритетов в развитии образовательной среды.

Ключевые слова: образовательная экосистема; инновации; платформенность; акторы образования; Форсайт образования

Цитирование: Koroleva D., Khavenson T., Tomasova D. (2023) Genesis and Predictive Ability of Ecosystem Approach in Education. *Foresight and STI Governance*, 17(4), pp. 93–109. DOI: 10.17323/2500-2597.2023.4.93.109

Genesis and Predictive Ability of Ecosystem Approach in Education

Diana Koroleva

Head, Laboratory of Educational Innovation Research, dkoroleva@hse.ru

Tatiana Khavenson

Chief Expert and Associate Professor, tkhavenson@hse.ru

Daria Tomasova

Research Fellow, Laboratory of Educational Innovation Research, dtomasova@hse.ru

Institute of Education, National Research University Higher School of Economics (HSE University), 20, Myasnikskaya str., Moscow 101000, Russian Federation

Abstract

The landscape of education is progressively diversifying, characterized by an influx of various new participants, products, technologies, and institutional configurations. The concept of a comprehensive educational ecosystem is increasingly invoked. Yet, our understanding of the educational ecosystem phenomenon remains fragmented and lacking structure. This limitation poses obstacles to both engaging in a scholarly discourse and fully harnessing the predictive potential inherent in the ecosystem approach. The objective of this article is to delineate the practices involving interaction, knowledge exchange, and the diffusion of innovation among participants and strata within the educational realm. These practices serve as the foundation for the processes underpinning its development and transformation, culminating in the educational sphere acquiring ecosystemic attributes. This paper contributes to the conceptualization of an educational ecosystem founded upon the principles of an open and dynamic social system. It emphasizes the coevolution of stakeholders, a high degree of resource and competency complementarity, and collaborative competition in the creation of novel educational products. We expound upon the

evolutionary origins of the educational ecosystem concept, attributing its development to the emergence of new actors and the expansion of communication capabilities for information dissemination and interactive linkages. We also underscore the continuity of the educational ecosystem concept concerning the triple, quadruple, and five helix models. Consequently, we propose a methodology for applying the ecosystem approach to conduct foresight studies and engage in co-design endeavors aimed at realizing the Sustainable Development Goals within the realm of education. This methodology aligns with the foundational principles articulated in the UN Sustainable Development Goals for Education until 2030 (Strategic Development Goal 4 – SDG4). The ecosystem approach is harnessed in the selection of source materials, the interpretation of prospective indicators, and the description of foresight subjects. In doing so, we affirm the predictive capacity of the ecosystem approach in modeling novel forms of stakeholder interactions, delineating the coevolution of social, economic, technological, and cultural trajectories, and identifying equitable and collectively significant priorities for the advancement of the educational milieu.

Keywords: educational ecosystem; platform; actors in education; Foresight in education

Citation: Koroleva D., Khavenson T., Tomasova D. (2023) Genesis and Predictive Ability of Ecosystem Approach in Education. *Foresight and STI Governance*, 17(4), pp. 93–109. DOI: 10.17323/2500-2597.2023.4.93.109

Введение

На протяжении последних десятилетий во всем мире наблюдаются процессы расширения, усложнения и роста внутреннего разнообразия образовательной системы. Усиливается вариативность как содержания образовательных программ, наборов навыков и специальностей (OECD, 2021), так и форм их предоставления. В дополнение к устоявшимся, относительно замкнутым и формализованным институциям (школа, вуз, учреждения среднего профессионального и дополнительного образования) произошла значительная диверсификация институциональных форм и технологий донесения образовательного контента до расширяющихся групп слушателей: акселераторы, обучающие ресурсы разнообразных тематических сообществ, бизнес-школы, платформы коллективного сотрудничества (Томасова и др., 2021).

Ростом указанных тенденций обусловлена востребованность биологической и экономической метафоры экосистемы в сфере образования для научного осмысления ее характеристик и особенностей. Начиная с 2015 г. резко возрастает число публикаций, посвященных экосистемным характеристикам образовательного пространства. Основными темами исследований выступают новые формы организации процессов подготовки и форматов взаимодействия образовательных учреждений с учащимися с точки зрения их гибкости, универсальности (De Souza Rodrigues et al., 2021), достижения устойчивости (Aguilar-Forero, Cifuentes, 2020) и социальной справедливости (Niemi, 2021). Существенное внимание исследователей привлекают также вопросы включения социальных сообществ и предпринимательских структур в образовательные экосистемы (Belitski, Heron, 2017), развития платформенности (Kerres, Heinen, 2015) и децентрализации образовательных институций (Stensaker, Maassen, 2015; Niedlich et al., 2021). Расширяется дискуссия вокруг оптимальной конфигурации образовательной экосистемы, отвечающей на запросы и вызовы меняющегося мира, развивающей новые компетенции и навыки при соблюдении принципов эффективности, инклюзивности и доступности (Wu, 2021).

Ряд исследователей в области устойчивого развития образования расширяют представления о рисках неэкосистемного подхода к трансформации образования. К ним относят поверхностные и краткосрочные эффекты без фундаментального повышения качества образовательного опыта, нерационального расходования человеческих ресурсов (педагогических кадров и учащихся) в условиях сверхинтенсивной трансформации и ломки традиционных процессов без необходимой ценностной, компетентностной и психологической подготовки (Hargreaves, 2007). Наряду с этим исследователи указывают на противоречия узконаправленных подходов к трансформации образовательной сферы: поиск быстрых решений и неэкологичное перенесение лучших практик (инструменталистский подход), оценка образования через призму экономического роста в ущерб поддержанию справедливого социального контракта во взаимос-

вязи социальных, экологических и экономических проблем (Wulff, 2020).

Несмотря на высокий интерес исследователей к экосистемным процессам в образовании, условия и пределы применимости экосистемной оптики в рассматриваемой сфере слабо проработаны. Понимание принципов и характеристик взаимодействия участников экосистемы, сопряжения ее компонентов и уровней остается недостаточным. Это приводит к фрагментарности знаний об образовательной экосистеме, затрудняет анализ соответствия запросов обучающихся интересам провайдеров образовательных услуг и потребностям сообществ. Исследовательский и прогнозный потенциал экосистемного подхода к изучению проблем трансформации и перехода к устойчивому развитию в образовании не может быть реализован в отсутствие необходимого понятийного аппарата.

В соответствии с исследовательской повесткой, представленной в докладах и рабочих отчетах ЮНЕСКО, лишь расширенное понимание образования как взаимосвязи формального, неформального и информального секторов и всех вовлеченных стейкхолдеров обеспечит достижение целей устойчивого развития через создание новых социальных практик и синергию между образованием и другими сферами жизни (Sousa, 2021). Программа ООН по реализации целей устойчивого развития в области образования до 2030 года — Sustainable Development Goal 4 (SDG4) содержит экосистемное видение учебного процесса, предполагающее устойчивые формы взаимодействия с окружением через рефлексивность при создании личных знаниевых конструктов, поддержание общих смыслов и социально-образовательных ценностей в локальном сообществе, повышение социальной ответственности и осознанности граждан и сохранение целостного подхода к преодолению глобальных вызовов (Inayatullah, 2020).

С учетом стратегии ЮНЕСКО и признания ценности экосистемного взгляда и сбалансированной концепции образования в достижении целей устойчивого развития задача исследования состоит в том, чтобы раскрыть существенные характеристики всех этих элементов. Принципиальным представляется осмыслить разрозненный набор понятий в дискуссии об экосистемах, смягчить фрагментарность изучения параметров, признаков и сигналов инноваций в экосистеме, раскрыть различные линии понимания этого феномена и зафиксировать одну из них как основу для дальнейшего анализа.

Цель статьи заключается в выявлении характеристик и закономерностей функционирования экосистемы для построения соответствующего подхода к исследованию и моделированию процессов трансформации образования на базе комплексного обзора литературы и публикаций по критериям, описанным в следующем разделе. Для достижения поставленной цели статья организована следующим образом:

- в первом разделе описан генезис экосистемного подхода и понятия образовательной экосистемы в контексте исследований в сфере образования, инновационных процессов и современного общества;

- во втором разделе рассмотрены свойства образования как сложной и нелинейной социальной системы, а также принципы взаимодействия акторов, обмена, сотрудничества, управления и лидерства в образовании в соответствии с закономерностями развития сложных систем;
- третий раздел обобщает возможности и пределы применимости концепции экосистемы в образовательной сфере и предлагает комплексное определение образовательной экосистемы для уточнения общего языка ее описания;
- в четвертом разделе предложена система принципов экосистемного подхода к анализу и прогнозированию трансформационных процессов и сопроктированию принципов устойчивого развития в образовательном пространстве.

Методы и источники исследования

Круг источников концептуального обзора формировался по принципу снежного кома и теоретического насыщения. В него вошли статьи, содержащие экспериментальную базу (сравнительные и типологические исследования в образовании, кейс-стади), результаты обработки вторичных данных, а также концептуальные изыскания. На первом этапе исследования на основе ресурсов поисковых систем Scopus, Web of Science, ScienceDirect и ResearchGate был произведен поиск источников, в названии или списке ключевых слов которых вместе содержались термины «education/educational» и «ecosystem». Используемые базы данных позволили получить международную перспективу изучения концепции образовательной экосистемы с ориентацией на высококачественные публикации. Поиск был дополнен выборкой статей с высоким уровнем цитирования из системы eLibrary, чтобы охватить русскоязычные публикации по теме.

Ко всем отобраным в перечисленных базах данных публикациям (статьям, монографиям, материалам конференций) были применены критерии включения и исключения. Ограничения в отношении страны, языка и даты выхода отсутствовали. Кроме того, отсеивались реферативные материалы, включая редакционные статьи и ответы авторов, а также статьи без полнотекстового доступа. После просмотра аннотации были исключены публикации, не относящиеся к образовательной системе, в том числе статьи, сфокусированные на естественных, экологических и биологических экосистемах. Таким образом, были получены первые 23 публикации.

При изучении выявленных публикаций были выделены основные характеристики, отражающие экосистемный вектор развития образования, а также сопряженные понятия, которые позволили продолжить отбор источников. В силу тесной взаимосвязи понятий образовательной экосистемы и спиральной модели дальнейший поиск осуществлялся с использованием вновь выделенных ключевых слов («Triple Helix», «Quadruple Helix», «Quintuple Helix»), что обеспечило еще 14 публикаций.

Поскольку был выявлен генезис понятия образовательной экосистемы из понятия сложной и динамичной

социальной системы, для изучения взаимосвязи этих концепций был предпринят поиск источников по сочетаниям ключевых слов «complex system in education / complex educational system», а также «dynamic social systems / adaptive social systems» (32 источника). Дополнительный поиск по выявленным выше свойствам и закономерностям развития сложных систем для оценки их применимости к образовательным процессам — горизонтальности (ключевые слова «horizontal ties», «hyperconnectivity»), распределенному управлению («distributed leadership», «distributed responsibility»), эмерджентности («emergence», «emergent system») — принес еще 28 источников.

Другое направление отбора источников формировалось на основе выявленной преемственности образовательной и инновационной экосистемы с помощью ключевых слов «innovative ecosystem». Изучение этих источников продолжалось до тех пор, пока выделяемые предпосылки обоснования экосистемной метафоры в инновационной экономике не стали повторяться. Всего в обзор были включены 14 источников. Изучение данного блока публикаций завершило комплектование базы для изучения экосистемного подхода в образовании, в совокупности составившей 111 источников.

Генезис экосистемного подхода в образовании

Концепция образовательной экологии и экологического подхода к анализу образовательных процессов возникла в 1960-е гг. в рамках разработки теории адаптивных самоорганизующихся систем и проблем поиска их стабильности (Ashby, 1956; Gardner, Ashby, 1970). Подобные системы нестационарны по своей природе и смещаются в своем развитии к выбору более оптимальных поведенческих стратегий. Динамика таких систем описывается законом необходимого разнообразия, который предписывает, что для эффективного решения новых задач и преодоления вызовов система должна быть более диверсифицированной, чем исходная проблема (Klir, Ashby, 1991).

В 1975 г. был предложен термин «образовательная экология» для описания исследований взаимосвязи между образовательными организациями, основными стейкхолдерами и окружающим их социумом (Cremin, 1975). В рамках данного подхода образовательная система рассматривается как сложный интегрированный феномен, включающий ряд экологических ниш. Подобно всем живым и развивающимся системам, она находится в динамическом равновесии между нестабильными состояниями. Инновационные преобразования, появление новых акторов, конфликты и взаимодействия в системе выводят ее из равновесного состояния и подталкивают к поиску устойчивой траектории. Внезапные скачкообразные переходы системы из одного состояния в другое порождают множественные точки бифуркации и аттракторов.

Детальное и структурированное описание экологии образовательной системы изнутри, из перспективы обучающегося, представлено в работах (Bronfenbrenner,

1976, 1979). В них были выделены четыре вложенные друг в друга системы: микросистема — ядро непосредственной реализации образовательного процесса, сконцентрированное на интересах обучающихся; мезосистема — совокупность пространств, в которых протекает жизнь обучающихся; экосистема — формальные и неформальные структуры, функционирующие на уровне местных сообществ и задающие социальный контекст образовательного процесса; макросистема — политические, социально-экономические и культурные институты (Bronfenbrenner, 1976). В фокусе образовательной экологии — как взаимодействие обучающихся с четырьмя подсистемами, так и взаимодействие последних между собой. Для глубокого и корректного понимания происходящего в образовательной системе требуется учет экологического единства всех элементов, составляющих ситуацию обучения: ее эволюционных механизмов, субъектов и объектов, их связи с социально-культурным контекстом, обоюдное влияние всех ее подсистем на каждом уровне. Речь идет не об изменении значений отдельных переменных в образовательной системе, а о ее качественной комплексной трансформации и обретении ею новых свойств, взаимосвязей и облика. Совокупность этих условий формирует экологический подход к исследованию и соответствующую модель развития образования, интегрирующую процесс, персоналий, контекст и время (Bronfenbrenner, 1979).

Представления о связанных подсистемах образовательного процесса развиваются далее на базе заимствованной из экономики концепции EPM (Enterprise Performance Management). Выделяют три измерения образовательной экосистемы: макроизмерение — национальный и региональный культурный контекст; мезоизмерение — платформы и организации, инкубаторы и центры развития предпринимательских навыков, обеспечивающие техническую поддержку работы экосистемы; микроизмерение — индивидуальные акторы, приносящие в систему новые инициативы, включая реализующих низовые инновации преподавателей, предпринимателей и наставников (McAdam, Debackere, 2018).

Поиск устойчивых и значимых взаимосвязей между элементами образовательного пространства и внешней средой привел к появлению моделей институционального взаимодействия. В середине 1990-х гг. была предложена модель тройной спирали (Triple Helix Model) — концепция, раскрывающая, каким образом университеты, государство и бизнес действуют сообща, сохраняя свои традиционные функции (Etzkowitz, Leydesdorff, 1995). Одной из ключевых особенностей этого процесса выступает встречное проникновение функций, при котором каждый актор берет на себя часть функций других. Роль образовательных институтов в инновационной экосистеме не ограничивается производством знаний, консультированием и формированием человеческого капитала, но также связана с рыночными инициативами, которые подразумевают создание новых венчурных предприятий, коммерциализацию полезных изобретений, развитие инновационной инфраструктуры и запуск инвестиционного и технологического мультипликаторов. Тем самым университеты стано-

вятся драйверами предпринимательской активности в регионе (Schaeffer et al., 2018), что влечет за собой эволюцию их организационных институциональных форм и рост разнообразия новых связей: нетворкинг, лидерство, конфликт и сотрудничество (Etzkowitz, Leydesdorff, 2000). Так, большинство новых венчурных предприятий, созданных университетами, возникают именно из социального контекста, т. е. порождаются взаимодействием университетов с локальными акторами. Ключевую роль в достижении эффективности спирали и создании устойчивых кооперационных связей играет синхронизация целей и уровней развития всех трех компонентов (De Castro et al., 2000).

Наряду с пространством институциональной коллаборации в рамках модели тройной спирали формируется пространство мобильности человеческого капитала (Dolfsma, Soete, 2006), стирая грань между профессиональной и образовательной сферами. Модель предполагает, что в смешанной реальности образование должно делить среду, инструменты, навыки и продукты с пространством профессиональной активности. Получение образования для индивида смешивается с профессиональным развитием и реализацией его исследовательских или предпринимательских интересов. Микросистема, т. е. непосредственное окружение образовательного процесса, становится разнообразнее и интегрирует в себя элементы, принадлежавшие ранее сферам досуга или социального взаимодействия. Так, компьютерные игры и симуляции, дискуссионные клубы и мейкерспейсы, экскурсии и путешествия, волонтерские инициативы и краудсорсинг рассматриваются как элементы и формы обучения.

Встречное проникновение и усложнение связей между различными измерениями образовательной экосистемы, обмен ролями между институтами (Cai, Amaral, 2021) происходят по мере того, как образование задействует не только физические, но и виртуальные пространства, предоставляет возможности индивидуального и коллективного обучения для широкого спектра видов деятельности. Образовательный процесс становится непрерывным во времени и распределенным в пространстве, обеспечивая высокий уровень гибкости, персонализации и функциональности (Пичугина, 2015). Образовательное пространство настраивается и адаптируется под конкретные нужды и запросы обучающегося и локального контекста, тем самым существенно расширяя и микро- и мезоизмерения образовательной экосистемы.

В дальнейших исследованиях были раскрыты приложения модели тройной спирали к региональным особенностям. В частности, было отмечено, что роль и значимость отдельных компонентов модели может варьировать от одной региональной системы к другой: в одних системах ведущим драйвером становятся усилия государства по коммерциализации исследований и разработок (ИиР), в других — развивается эндогенная стратегия с преобладанием восходящих (снизу вверх) инициатив (Хамидулин, 2018).

Со временем развиваются представления об обращенности образования к актуальным общественным

задачам и вводятся социальные переменные модели, ранее в явном виде не упоминаемые (Afonso et al., 2012). Это выражается в вовлечении глобальных вызовов (*grand challenges*) в образовательный контент и в активное формирование практико-ориентированного опыта обучающихся (Yun, Liu, 2019). После накопления первого опыта (Berger et al., 2013) наблюдается возрастающий интерес к интеграции педагогических стратегий с деятельностью по решению глобальных проблем современности. Это способствует развитию социальных связей и погружению обучающихся в сложную динамику реального мира (Nowell et al., 2020). Те явления, которые в исходной модели (Bronfenbrenner, 1976, 1979) принадлежали к макросистеме и влияли на образовательный процесс лишь опосредованно, через взаимодействие с восприятием и ценностями обучающихся, становятся неотъемлемой частью окружающей реальности «в пределах одного клика», интегрируются в образовательный контент и вплетаются в повседневную коммуникацию.

Роль социума как отдельного компонента учитывается в модели четверной спирали (Quadruple Helix). Сообщество получает возможность проявить себя в образовательной экосистеме и выступает уже не только потребителем образовательных продуктов или стейкхолдером, чьи интересы учитываются при формировании образовательной политики, но и актором, предлагающим и распространяющим новые решения (Carayannis, Campbell, 2006). Социум непосредственно вовлечен в распространение культуры знаний и инноваций и поддержание инфраструктуры их создания, передачи и коммерциализации (Colapinto, Porlezza, 2012). На этом фоне происходит укрепление позиций образовательных организаций в реализации инноваций с опорой на ценности и запросы сообщества через ресурсы сетевого взаимодействия (García-Terán, Skoglund, 2019). Выступая одновременно как соразработчики и соавторы, сообщества закладывают основы пользовательского дизайна, выступают катализаторами и ускорителями динамических процессов и открытой инновационной политики. При этом на передний план выходят вопросы коллективной ответственности за совершенствование образовательной экосистемы: развитие общества на конкретной территории становится задачей партнерских сетей, включающих провайдеров образовательных услуг (Кремнева и др., 2020). Партнерский тип развития образовательной экосистемы сопровождается формированием таких ее значимых аспектов, как трансфер знаний в открытой среде и справедливое распределение результатов в пределах всей экосистемы (Karalash, Baumöl, 2019).

Одним из следствий участия социума становятся низовые инновации (*grassroots innovations*), или восходящие (снизу вверх) от индивидуальных акторов инициативы (*bottom-up initiatives*), отражающие персональные запросы, мотивы и интересы в образовательной сфере (Miller et al., 2018). Такие инициативы обогащают экосистему, обеспечивая более высокий уровень осведомленности о локальных запросах и способствуя вовлечению ресурсов и получению поддержки на уровне сообществ и локальных сетей. Для гармо-

ничного развития образовательной экосистемы необходимо синхронизировать и адаптировать друг к другу нисходящие и восходящие инициативы для придания ей динамичности, нелинейности и организационной целостности (Schophuizen, Kalz, 2020).

Таким образом, по сравнению с тройной спиралью и более ранними подходами, в модели четверной спирали фокус смещается с функционирования элементов системы на их взаимодействие и через это — на внедрение и диффузию инноваций.

Дальнейшее развитие институциональных моделей связано с включением окружающей среды в самом широком смысле в образовательную экосистему в форме экологических требований, запросов на устойчивое развитие биологической системы, учета интересов экологических организаций и активистов. Тем самым формируется модель пятерной спирали (Quintuple Helix) (Carayannis et al., 2012), в которой экологическая подсистема, не будучи компонентом образовательной экосистемы, в то же время интегрируется в механизм обучения и трансфера знаний в форме целей устойчивого развития внешнего (биологического) окружения и внутренней (социальной) среды (Crilly et al., 2020). Включением этой проблематики в программы обучения образовательная экосистема отвечает на усиление внимания общества к воздействию человека на экологию.

Развитие моделей спирали отражает стремительное расширение представлений о компонентах образовательной экосистемы. Если вначале она включала только трех наиболее очевидных акторов, непосредственно связанных с процессами создания, трансфера и коммерциализации знаний, то за несколько десятилетий модель интегрировала множество новых и неочевидных игроков, тем или иным образом заинтересованных в результатах инновационного образовательного процесса, желающих и стремящихся внести свой вклад в этот процесс. Рассмотренные принципы повышения экосистемного разнообразия позволяют предположить, что появление новых акторов имманентно образовательной экосистеме, а ее структура не может быть постоянной. В силу своей комплексности и вариативности образовательная система имеет тенденцию к росту разнообразия в ответ на меняющиеся запросы. Позиции, изначально принадлежавшие традиционным институтам, занимают новые акторы, которые с помощью цифровых образовательных платформ преобразуют механизмы обучения в сторону большей открытости и проницаемости. Нарастание спирали за счет механического добавления новых сторон образовательной экосистемы показывает свою ограниченность, поэтому требуется универсальный подход к описанию растущего числа ее участников.

Хотя модели спиралей сфокусированы на акторах, речь идет не только об усложнении их задач, ролей и функций, но и о произвольно возникающих (эмерджентных) связях между ними. Плотность их взаимодействий растет в n -мерной прогрессии, для описания которой необходимо моделирование n -мерного пространства взаимодействий, где n — неизвестное число элементов. Одним из подходов к описанию динамики

связей между заранее не заданными акторами выступает теория сложных систем, рассмотренная далее в контексте системы образования.

Сложность, эмерджентность и открытость в образовательных системах

Теория сложности доказала свою эффективность в объяснении новизны, порядка и эволюции в различных сферах и системах, в том числе социально-экономических (Eve et al., 1997). С ее помощью связи анализируются во всей их комплексности, взаимной обусловленности и эмерджентности, т. е. способности порождать новые явления и специфические организационные формы (Harvey, Reed, 1997; Wan, 2016). Для оценки применимости теории сложных систем к образованию рассмотрим их ключевые свойства и место в образовательном пространстве. Это позволит приложить закономерности развития таких систем к динамике изменений в образовании.

Первое свойство сложных систем — нелинейность, т. е. чувствительность к небольшим случайным колебаниям и способность кардинально менять траекторию развития в ответ на внешние воздействия. Состояние системы не может быть полностью предсказано исходя из начальных условий, поскольку в ней возникают такие нелинейные эффекты, как кризисы и бифуркации. Применительно к сфере образования на микроуровне можно говорить о нелинейности академической траектории и успехов индивида в силу так называемого эффекта бабочки в системе общей успеваемости (Akmansoy, Kartal, 2014). Незначительные отклонения в прохождении отдельных образовательных модулей в совокупности задают образовательную траекторию (Newell, 2008). На мезоуровне образовательные учреждения, реагируя на социальный контекст, меняют организационную форму и контуры своей деятельности таким образом, что их успех не может быть предсказан начальными условиями их функционирования. Так, механизмы финансирования университетов реагируют не только на непосредственные изменения в образовательной политике и системе аккредитаций, но и на динамику социально-экономического неравенства, студенческих долгов и рынка труда. На макроуровне распределение ресурсов между отдельными сегментами образования столь же неравномерно, поскольку некоторые из них получают преимущества от глобализации, международной кооперации и мобильности, новых медийных средств и запросов на компетенции со стороны общества (Navarro-Bringas et al., 2020).

Второе свойство сложных систем — информационная асимметрия, представляет собой неравномерное распределение знаний между частями системы, которые обладают различной информационной определенностью о предмете взаимодействия. Образовательная сфера дает множество примеров информационной асимметрии между организациями и целевой аудиторией, вызванной неравным доступом к источникам информации и возможностям самопрезентации в системе (Teichler, 2006). В частности, в треугольнике

«студент — университет — работодатель» последний не имеет полного представления о реальном соответствии диплома университета качеству подготовки его выпускников, что может демотивировать вузы прилагать усилия к совершенствованию навыков обучающихся. В результате университеты предпочитают инвестировать в развитие собственного статуса и бренда, которые более заметны работодателю и потому увеличивают шансы выпускников на трудоустройство (Тагаров, Тагаров, 2018).

Третье свойство сложных систем — открытость, то есть способность и склонность к непрерывному взаимодействию с внешней средой, обмену ресурсами и информацией на основе слабых связей с индивидами и организациями, принадлежащими к иным контекстам и сферам деятельности. Все это обеспечивает рост разнообразия, появление альтернативных и междисциплинарных подходов к решению задач. При этом внутрисистемные процессы становятся зависимы от взаимодействий ее элементов с внешней средой и не могут быть качественно объяснены в отрыве от происходящего вовне. Образовательные системы относятся к категории открытых, поскольку их границы проницаемы для внешнего окружения: они расширяются благодаря использованию поставщиками контента технологического инструментария, обращению к социальному контексту обучения, сферам досуга и профессионального развития и широкому кругу стейкхолдеров (Cunningham, 2001). Образовательные платформы принимают на себя часть функций по оценке и обеспечению обратной связи с обучающимися, а культурные пространства — по их социализации. Роль технологических образовательных платформ — эдтеха (от англ. *educational technology*) — в работе школ и университетов существенно возросла при массовом переходе на дистанционный формат обучения в период пандемии COVID-19.

Еще одним признаком открытости выступает активное взаимодействие образовательной системы с периферией — процессами, явлениями и объектами, которые не относятся напрямую к образовательной сфере, но могут влиять на происходящие в ней изменения (Данилина, Рыбачук, 2018). Так, сообщества практиков (работодатели, профессионалы) способны оказать быструю поддержку в совершенствовании новых навыков, а в рамках мейкерспейсов происходит обмен опытом между технологическими энтузиастами и заказчиками, спонтанная передача специализированных навыков и умений для творческого решения конкретных задач.

Четвертое свойство сложных систем — иерархичность и структурная сложность, т. е. множественность уровней, связанных элементов на каждом из них и протоколов их взаимодействия (Snowden, 2003). Иерархии и ступени подчинения в образовательной системе выражаются в субординации муниципальных, региональных и федеральных уровней управления, структур, таксономии формальных типов образовательных единиц, регулировании их деятельности на основе строгих образовательных стандартов. Образовательная система

пронизана взаимообусловленными алгоритмами рейтингования, сертификации, лицензирования и аккредитации, которые постоянно дополняются новыми протоколами совместной работы, нормирования, контроля и отчетности, чем и объясняется ее структурная сложность.

Таким образом, образовательная система относится к категории сложных в силу определенных ее свойств — нелинейности, открытости, информационной асимметрии и иерархичности. Это позволяет предположить, что она может развиваться в соответствии с закономерностями сложных систем, которые объясняют происходящие в ней трансформации.

Одна из ключевых закономерностей развития сложной системы состоит в постоянном нарастании гиперсвязности — быстрых прямых контактов между участниками. При этом множественность и вариативность слабых связей, зарождающихся в централизованной системе, добавляет ей устойчивости и гибкости (Osberg, 2002). Слабые связи проявляются во взаимодействии с периферийными частями образовательного поля, например, сообществами работодателей, мейкерспейсами, пространствами культуры, и сопряжены с неформальным или спорадическим возникновением общих инициатив. Основой гиперсвязности выступают качество горизонтальных информационных потоков, их содержательность и способность преодолевать границы сегментов и подсистем. Особое значение приобретают петли обратной связи между всеми акторами.

Гиперсвязность в образовательной системе предполагает многосторонний трансфер знаний, совместное обучение (Cai et al., 2020), постоянное вовлечение специалистов с уникальными компетенциями (Barokas, Barth, 2018). Благодаря этому рождается общее видение; обеспечивается формирование и прогнозирование развития образовательного пространства, создаются условия для обоюдного обучения (*peer coaching*), профессионального роста педагога и трансформации практик школы или университета; возникают коллективная рефлексия, обмен мнениями и исследование новых подходов. Причем такая деятельность необязательно реализуется в рамках методобъединений в одном образовательном учреждении, но может добровольно сводить вместе педагогов из разных институций. Гиперсвязность обеспечивает оперативное внедрение улучшений через сеть межличностных и межорганизационных взаимодействий (Koul, Nayag, 2021) и достижение быстрых результатов имплементации новых образовательных практик для скорейшей и эффективной коррекции возникающих проблем и принятия инноваций всеми участниками процесса — менеджментом, преподавателями и родителями (Lemke, Sabelli, 2008).

С развитием гиперсвязности сопряжено такое свойство сложных систем, как эмерджентность — возникновение упорядоченных структур в результате самоорганизации агентов (Törnberg, 2017). Каждый элемент системы имеет текучую идентичность, когда его роль и поведение меняются при соприкосновении с другими элементами, запуская цепочку изменений в ответном поведении других звеньев и провоцируя появление изна-

чально незапланированных паттернов (Audouin et al., 2013). Самопроизвольно формируются подсистемы, кластеры элементов, которые вырабатывают собственные линии поведения (Kuosa, 2016). Эмерджентность представляет собой процесс упорядочивания хаоса — рождения свойств и структур, возникновения которых нельзя было ожидать и предсказать на основе известных атрибутов отдельных компонентов системы и внешних сил (Iansiti, Levien, 2004). В отличие от эмерджентности при обычной структурной сложности система может быть однозначно определена на любом уровне: каждый из ее элементов поддается точному описанию, а причинно-следственные связи между ними — моделированию и прогнозированию (Törnberg, 2017). Свидетельством эмерджентной сложности образовательных систем служит наличие в них множества самоорганизующихся групп, которые преследуют различные цели зачастую непредсказуемыми способами. Речь идет об индивидуальных акторах (обучающихся, преподавателях, управленцах), сообществах (классах, школах, университетах, ассоциациях педагогов и т. д.) и внешних структурах (исследовательских центрах, консалтинговых и других компаниях) (Rogers et al., 2013). Деятельность учащихся направляется не только учебным планом и системами оценивания, но также задается кооперацией с другими обучающимися. Из такого сотворчества рождаются новые идеи, незапланированные направления развития учебных проектов и даже смена образовательных траекторий или специальностей.

На более высоком уровне сложные системы характеризуются распределенностью лидерства и ответственности. Феномен распределенного управления связан с изменением принципов регулирования процессов в системе, чей потенциал трансформации сдерживается чрезмерной централизацией и однонаправленностью передачи инициатив, целей, установок и правил от руководящих к нижестоящим инстанциям. В сложной и гетерогенной среде именно элементы децентрализации способствуют усилению вовлеченности всех стейкхолдеров в процесс принятия значимых решений (García, 2019). В образовательной системе существуют, с одной стороны, каналы формальной трансляции кодифицированных знаний и установок «сверху-вниз» (*top-down*), с другой — учащиеся, преподаватели и руководители организаций выступают звеньями в социальной цепочке развития и пересборки образовательных форматов, способствуя приращению новизны и разнообразия (Erçetin et al., 2015). Тем самым достигаются равновесное распределение функций управления между разными уровнями системы и соблюдение баланса между национальными, региональными и локальными интересами.

Функцию распределенного управления выполняют также профильные негосударственные организации. Они создают сообщества поддержки и распространения инициатив с сильным социальным измерением, находят авторов общественно значимых образовательных проектов, предоставляют им финансовую или экспертную поддержку и объединяют их в сеть индивидуальных организаций, совместно создающих реше-

ния, которые меняют образовательное пространство. Подобные инициативы взаимодействуют со школами, университетами, корпорациями, общественными объединениями, медиасферой и другими инфлюенсерами, консультируют их, создавая разветвленную сеть лидеров и амбассадоров изменений (Wu, Lin, 2020). Баланс централизации и децентрализации важен при проведении образовательных реформ. Включение учителей в их планирование, расширение полномочий руководителей школ и местных властей позволяет адресно отвечать на запросы сообщества, способствуя динамичному и качественному сотрудничеству между стейкхолдерами и властями. Так, в Финляндии при регулярном пересмотре учебных планов на национальном уровне определяется только ядро куррикулума (фрейма для всех уровней иерархии), в то время как локальные управленцы (чаще всего города) формируют окончательные стандарты и процедуры в кооперации с учителями, родителями и другими стейкхолдерами и с учетом местного контекста (Niemi, 2021).

Распределение функций управления тесно связано с понятиями распределенной ответственности и распределенного лидерства. Первая возникает из наличия сложных и системных вызовов, преодоление которых требует не только мобилизации собственных ресурсов, но и распределения их в системе наиболее эффективным образом. В образовании к таким комплексным задачам можно отнести, к примеру, обеспечение справедливой и равной его доступности, которое предполагает предотвращение раннего отсева, привлекательность высшей школы и среднеспециальных треков, плавный переход между уровнями, т.е. повышение значимости и ответственности различных структур (Flynn, 2020). Распределенное лидерство базируется на взаимодействии формальных и неформальных руководителей на всех уровнях иерархии (Rikkerink et al., 2016), задавая эгалитарный вектор развития системы. Подобный принцип учитывает многообразие индивидов, обладающих лидерским потенциалом, пониманием сути происходящих изменений и способных принимать децентрализованные решения (Şentürk, Kılıçoğlu, 2016). В образовании распределенное лидерство формирует основы партисипативного подхода к участию сообщества в деятельности организаций (Hoppes, Holley, 2014). Оно может проявляться в реализации дополнительных мероприятий по обмену неявными знаниями и навыками, помощи в обустройстве пространств и оснащении процесса обучения, предоставлении площадок для реализации практико-ориентированных проектов (Hautamäki, 2006; Herselman et al., 2019). Исследователи уделяют особое внимание распределению ответственности за достижение стратегических целей устойчивого развития в области образования между индивидами, институциями и регулирующими органами (Voeren, 2019).

Таким образом, закономерности развития сложных систем дают ключ к описанию особенностей трансформации образовательной сферы. Вместе с тем, сложная система еще не является экосистемой, поскольку взаимодействие акторов в ней остается атомарным, уровень

их обоюдной адаптации может оставаться невысоким, а механизм коэволюции — недореализованным. В этом разделе были описаны проявления основных свойств и закономерностей сложных систем в образовании, далее будет рассмотрена природа экосистемного перехода, а именно — каковы признаки транзита от образовательной системы к образовательной экосистеме и, соответственно, пределы применимости экосистемной оптики к исследованиям в образовании.

Экосистемный переход в образовательной сфере

Ключ к комплексному и структурированному описанию экосистемы применительно к взаимодействиям в социально-экономической сфере дает инновационная экономика (Adner, Karoor, 2010). «Инновационная экосистема» сфокусирована на производстве новаций и базируется на связи сообщества с некоторой фокальной фирмой или платформой (Talmar et al., 2020). Эта связь возникает благодаря совместному участию акторов в создании ценности и влияет на структурирование ресурсов, информационных потоков и распределение ролей (Jacobides et al., 2018). Как следствие, углубляется специализация акторов, а их функционал адаптируется к задачам аффилированных структур. Происходит постоянное (в формате *test-and-trial*) уточнение формата взаимоотношений людей, знаний, ресурсов, как для инкрементальных изменений, так и для глубинных трансформаций (Oksanen, Hautamäki, 2015). Такая взаимная адаптация в определенном пространственном контексте выступает непременным условием существования экосистемы, обеспечивающим ускоренное развитие знаний и технологий и в конечном счете — совместное создание специализированными акторами инновационной ценности, которая не могла бы возникнуть вне коллективных усилий (Hage et al., 2013). При этом ценность каждого отдельного актора не реализует себя вне экосистемы, а их выживание зависит от других (сотворчество и совместное выживание) (Clarysse et al., 2014).

Эволюционирующие системы основаны на значительной модулярности, параллелизме ресурсов и компетенций, которые обеспечивают быструю подстройку акторов друг к другу (McKelvey et al., 2012), их комплементарность, т.е. сопряжение интересов и развитие полезных взаимодействий. Комплементарность подразумевает наличие, поддержание и формирование новых ко-специализированных активов в процессе создания ценностей. Комплементарность может быть универсальной (актор встраивается в функционирование широкого круга лиц) и специализированной (ресурсы и компетенции актора соответствуют запросам узкоспециализированной группы) (Karoor, 2018; Ganco et al., 2020). Примером универсальной комплементарности в образовании служат сервисы организации видеоконференций и вебинаров для образовательных мероприятий любой природы. Такие решения, как LMS-платформы (*learning management system*), могут быть адаптированы к задачам определенного уровня обучения или кастомизированы под запросы конкретного учреждения.

Высокий уровень разнообразия аффилиаций акторов и организаций и наличие специализированных комплементарностей способствуют ускорению эволюции экосистемы (Karoo et al., 2021). Благодаря свойству комплементарности каждый актор вовлекается в множество различных, частично пересекающихся структур, в разные типы отношений (*relational pluralism*) и играет одновременно несколько ролей. Знания и навыки, цели и паттерны поведения, присущие разным ролям, способствуют росту разнообразия акторов, а сама экосистема становится более гетерогенной благодаря представителям различных индустрий (Nambisan et al., 2019) — из сфер культуры, развлечений, технологических инноваций (эдтеха), открытых пространств. Ее дальнейшая трансформация направляется приобретенным ею институциональным, культурным, региональным разнообразием и множественностью коопераций.

Исследователи подчеркивают, что в инновационной экосистеме одновременно действуют процессы кооперации и конкуренции (Bogers et al., 2019), баланс между которыми определяется уровнем соответствия или противоречия личных целей акторов. Кооперативные взаимодействия происходят из комплементарности усилий по созданию ценности, а конкурентные мотивы обусловлены стремлением удержать рыночные ниши. Каждый актор в экосистеме, наряду с поиском способа внести вклад в создание общей ценности, должен найти механизмы извлечения своей части этой ценности (Radziwon et al., 2017; Chesbrough et al., 2018).

С учетом изложенных допущений термин «экосистема» применим к образовательной сфере, особое значение в которой приобретает взаимовыгодное сотрудничество индивидов, институций, образовательных структур, включенных в сети совместного творчества. Одновременно усиливаются конкуренция во всех сегментах образовательного рынка, разнообразие его участников и стратегий их поведения.

Представленный концептуальный анализ и оценка пределов применимости экосистемного подхода в образовании позволяют сформулировать авторское определение образовательной экосистемы. Итак, образовательная экосистема — это сложная динамичная и открытая социальная система, участники которой эволюционируют и объединяются для создания новых образовательных продуктов, благодаря высокому уровню разнообразия и взаимодополнению ресурсов и компетенций. Между включенными в нее на разных уровнях акторами возникает множество быстрых и прямых связей (гиперсвязность), обеспечивающих появление новых образовательных форматов и продуктов, которые преобразуют систему в целом (эмерджентность). В основе эффективного регулирования образовательной экосистемы лежит принцип распределенности — лидерства, ответственности и управления.

Рассмотрим далее, каким образом описанные свойства образовательной сферы и особенности взаимодействия ее акторов определяют продуктивность комплексного экосистемного подхода к изучению инновационных процессов в ней.

Экосистемный подход к исследованию и прогнозированию инновационных процессов в образовании

Взаимосвязь свойств и закономерностей в функционировании образовательной сферы предопределяет особенности протекания инновационных процессов в ней и необходимость развития экосистемного подхода к их изучению.

Во-первых, современные образовательные системы демонстрируют тенденцию к радикальным преобразованиям и преодолению своих пределов (Lane, Maxfield, 2018). Технологические и социальные инновации переопределяют границы секторов и подталкивают игроков к динамичной диверсификации их деятельности, например в формате эдьютейнмента (смешения обучающего и развлекательного контента), который способствует партнерству публичных пространств и культурных площадок с образовательными организациями, разработчиков мобильных приложений и VR-решений — с педагогами. Возникают новые механизмы «доставки» образовательных продуктов до обучающихся: арт-резиденции, движение кейс-чемпионатов, живые лаборатории (*living labs*), которые в свою очередь наделяют новыми ролями акторов образовательной экосистемы. Анализировать все эти процессы необходимо в динамике.

Во-вторых, новые образовательные решения часто рождаются снизу (*bottom-up*), а качественные преобразования происходят в результате накопления достаточного разнообразия на нижних уровнях системы (Vanhaverbeke, Cloudt, 2006; Zhai et al., 2021). Сочетание органического роста инноваций в низовых сообществах со структурированной поддержкой сверху обеспечивает устойчивое внедрение инициатив (Hung et al., 2019). Изучение инновационной динамики невозможно без рассмотрения обоих векторов движения («сверху-вниз» и «снизу-вверх») и их взаимосвязи.

В-третьих, в силу инерционного фактора в развитии сложных систем диффузия инноваций в образовании сопровождается формированием экологических ниш вокруг новых продуктов (West, Wood, 2013). Вокруг любой технологии или решения формируется система взаимосвязанных сервисов, провайдеров и стейкхолдеров. Чем устойчивые эти формирующиеся ниши, тем выше шансы инновации на укоренение в экосистеме (Civís, Díaz-Gibson, 2021). При изучении трансформаций в образовательной сфере необходимо рассмотреть, как подсистемы, состоящие из различных акторов, одновременно получили новый вектор развития.

В-четвертых, существует взаимосвязь партисипативности, устойчивости и решения комплексных инновационных задач в образовании. Невозможно добиться человекоцентричности принимаемых решений, если значимая часть стейкхолдеров исключена из процесса трансформации, а институциональная кооперация отсутствует (Schnack, 2008). Исследование комплексных инноваций в образовании подразумевает партисипативность как учет мнений и интересов отдельных акторов при реализации преобразований и принятии

решений (Mahoney et al., 2021). Многосторонние партнерства играют ключевую роль в операционализации образования для целей устойчивого развития, вовлекая сообщество в механизмы непрерывного обучения (*lifelong learning*) (Collective, 2020), а компании — в удовлетворение запросов зеленой экономики, повышение доступности практико-ориентированных образовательных программ (Bonal, Fontdevila, 2017) и разработки политики на базе фактических данных, прозрачности и подотчетности. Не меньшую роль партисипативность играет и в мониторинге уровня достижения целей устойчивого развития в образовании силами членов сообщества и наиболее активных его представителей по принципу «снизу вверх». Осуществляя такой мониторинг, сообщество выявляет сенситивные области, предоставляет прямые свидетельства реализации инициатив на местах, отслеживает положение маргинальных групп и привлекает внимание к уровню соблюдения прав человека (Krupar, Taneja, 2020).

Таким образом, изучение инновационных процессов в образовательной сфере сопряжено с анализом ее экосистемных характеристик и стимулирует имплементацию экосистемной оптики. Этот подход выступает одновременно и объектом исследования, и одним из принципов формирования базы его источников, и инструментом анализа, интерпретации выявленных закономерностей и оценки их социального значения. Вместе с тем познавательный потенциал экосистемного подхода имеет ряд ограничений.

Экосистемный подход к формированию источниковой базы исследования

Экосистемный подход предполагает привлечение экспертов, опытных пользователей, представителей сообщества и платформ к поиску, отбору и оценке сигналов о происходящих инновационных изменениях. Содержательность этой работы определяется не только объемом и достоверностью анализируемой информации, но и разнообразием ее источников и перспектив, из которых аккумулируются и отбираются данные. Ключом к решению сложных организационных проблем зачастую оказывается расширение контекстуальной информации об исследуемом объекте (Davis, Sumara, 2014). Продуктивным подходом с точки зрения разнообразия получаемых идей, признаков и сигналов изменений представляется также обращение к широкому сообществу практиков, в особенности акторам вне столичных городов (Kim et al., 2013). Обогащают исследование образовательных инноваций слабые связи, позволяющие обнаруживать неочевидные драйверы изменений и соединять сигналы из многочисленных смежных областей. Кроме того, важную роль в создании источниковой базы играет платформенный принцип, который позволяет проводить контролируемый и структурированный сбор наблюдений от участников, объединенных тем или иным признаком (Hiltunen, 2011).

Существенным с методологической точки зрения становится не только привлечение к исследованию стейкхолдеров с различным бэкграундом, но и выстраивание работы с ними таким образом, чтобы каждый

дополнял общую базу (Warnke, Schirrmeister, 2016). Эту задачу помогает решить принцип включенной структуры (*inclusive evidence*), предписывающий акторам самостоятельно определять свою позицию в экосистеме и очерчивающий круг третьих лиц со сходными интересами, взаимодействие с которыми представляется целесообразным. Общая структура разворачивается по мере обнаружения акторами новых связей, что позволяет постепенно преодолевать фрагментарность базы источников (Nugroho, Saritas, 2009).

Применение экосистемного подхода к отбору источников исследования имеет ряд ограничений, связанных с избытком информации, ее возможным дублированием и нерелевантностью данных и сигналов. Отсюда возникает проблема трудоемкости мониторинга и сложности фильтрации собранных материалов, когда массив входящих данных начинает превышать когнитивные способности исследователей. Кроме того, представления о достаточной выборке индивидуально и может привести к противоречию подходов к фильтрации сигналов разными исследователями.

Экосистемный подход к интерпретации закономерностей, трендов и сигналов

Экосистемный подход позволяет наметить контуры глубинного и многомерного анализа связей между изучаемыми тенденциями, сигналами и закономерностями, в том числе в форме социограмм, кластерного и сетевого анализа диффузии инноваций.

Глубинные изменения в образовании обусловлены не столько новыми продуктами и решениями, сколько отношением акторов к ним. Изменения затрагивают разные подсистемы, каждая из которых располагает собственным набором устоявшихся социальных практик, целей, стилей управления и своей перспективой (Carbonell et al., 2015). Те или иные инициативы реализуются через горизонтальные сообщества и неформальные взаимодействия. Одни и те же инновации, вписанные в разные системы отношений акторов, приводят к различному развитию событий, поэтому поступающие сигналы невозможно интерпретировать без понимания сплетения интересов, ресурсов и функций в образовательной экосистеме.

Экосистемный подход к интерпретации информации позволяет аккумулировать устремления и запросы сообществ, а также скрытые, но значимые мотивы противодействия трендам, установить связь поверхностных сигналов с глубинными мотивами и установками участников экосистемы (Milojević, Inayatullah, 2015). Кроме того, он обеспечивает разнообразие инструментов анализа, необходимое для адекватной реакции на внешнюю сложность. Согласно постулируемому принципу исследования сложных систем (McKelvey, 2022), лишь внутреннее разнообразие дает ответ на гетерогенность внешних условий, только внутренние степени свободы могут преодолеть внешние, внутренняя сложность уравнивает внешнюю, а внутренняя фрактальность компенсирует фрактальность внешней среды. Тем самым множественность интерпретаций поступающей извне информации позволяет устранить

и интегрировать в анализ ее противоречивость, избыточность и многозначность.

Основное ограничение экосистемного подхода к интерпретации сигналов состоит в сложности сплетения разнообразных мотивов, метафор и описаний в единый нарратив. Индивидуальный нарратив каждого участника напрямую зависит от занимаемой им экосистемной ниши, а формирование на их базе доминирующего фрейма чревато утратой уникальных инсайтов, тогда как полученный результат останется в основе своей субъективным. Наряду с этим, укоренившиеся, но устаревшие установки некоторых участников вступают в противоречие с актуальными социокультурными и технико-экономическими реалиями, также затрудняя процедуру интерпретации.

Экосистемный подход к описанию объекта исследования

Основным результатом исследования инновационных процессов выступает образ будущей образовательной экосистемы; тех экологических ниш (как совокупности сопутствующих сервисов, продуктов, проводников и дистрибьюторов), которые будут складываться вокруг новых образовательных решений; их потребителей и провайдеров; механизмов реагирования на запросы местных сообществ; эволюции ролей и связей между всеми акторами в случае реализации того или иного тренда. Различные сценарии порождают в экосистеме новые пространства взаимодействий, способы применения, адаптации и распространения новых решений, формирующиеся вокруг них платформы и сообщества, а также траектории их развития (Rogers, Euchner, 2022). Этот тезис раскрывается в ряде работ, авторы которых отмечают необходимость отслеживать динамику кластеров инновационной активности и картировать их взаимосвязи, включая визуализацию позиций и ролей акторов на системной карте изменений, новые ниши и коллаборации в экосистеме инноваций (Borch et al., 2013).

Ограничением экосистемного подхода к описанию объекта прогнозирования выступает его сиюминутный характер. Создаваемые сценарии будущего постоянно видоизменяются при столкновении друг с другом и не находятся в статике. Петли обратной связи ведут к рефреймингу проблем и переосмыслению стейкхолдерами своих будущих экосистемных ролей и ниш, они делают прогнозируемую картину крайне лабильной, требующей постоянного пересмотра и дополнения, что затрудняет принятие управленческих решений.

Обсуждение

Целью настоящей статьи было внести вклад в развитие экосистемной оптики при анализе трансформаций, претерпеваемых образовательной сферой. Заимствование экосистемной метафоры обусловлено комплексным взглядом на преобразования в образовании на фоне роста его связности, горизонтальности и адаптивности. Вместе с тем изучение перехода

сложной адаптивной системы к экосистеме остается нетривиальной задачей — под вопрос зачастую ставится сама научная целесообразность применения термина «образовательная экосистема» как частного случая экосистемы инновационной. Критики данного подхода указывают на неопределенность содержания и использования этого термина при описании различных объектов — от корпоративных и университетских экосистем до региональных инновационных кластеров и цифровых платформ (Isenberg, 2016). В частности отмечается, что понятие «инновационной экосистемы» проникает в области, которые традиционно успешно описывались в терминах кластеров, тройных спиралей или инновационных систем не в ущерб ни смыслу, ни исследовательской продуктивности (Oh et al., 2016).

Тем не менее представляется, что осознанное конструирование социально-экономических систем не противоречит их уподоблению произвольно развивающимся биологическим экосистемам, направляемым лишь естественным отбором, где инновации случайны и оцениваются исключительно с точки зрения личного блага особи (Kuckertz, 2019). В социальных системах, напротив, конкуренция регулируется нормами, ценностями и институтами, смещающими эффекты от взаимодействий акторов в сторону большей выгоды для системы в целом (Mars, Bronstein, 2018). Наконец, если в биосистеме инженерные решения всегда локальны, то в социальной удачные практики и инновации могут быть распространены и адаптированы в интересах других институтов, масштабированы с локального на глобальный уровень или реконфигурированы для иного социокультурного контекста (Papaioannou et al., 2007).

Отмеченная неполнота метафоры и размытость понятий делают спорной познавательную ценность концепции экосистемы для сферы образования, тогда как нашей задачей было выделить те составляющие экосистемной оптики, которые способствуют совершенствованию исследовательского инструментария. Мы утверждаем, что экологическая аксиома может быть частично модифицирована и приспособлена для целей описания искусственных экосистем (Ritala, Almpantopoulou, 2017), а образовательная экосистема может быть в равной мере оторвана как от классической сложной системы, так и от биологической экосистемы и описана как самостоятельный феномен (Peltoniemi, 2006). Промежуточное положение между осознанным конструированием и эволюционной природой делают концепцию инновационной экосистемы продуктивным инструментом изучения социальных феноменов при наличии четкого представления о том, какие ее элементы могут быть спроектированы, а какие несут самоорганизующийся характер и развиваются в логике коэволюции. Необходимо также понимать, какие характеристики экосистемы целесообразно сохранить в новой концепции и вшить в ее инструментарий как отражающие актуальные тенденции в образовании. К таким свойствам экосистемы относятся, в первую очередь, высокое разнообразие и горизонтальность.

Рост горизонтальности находит выражение в развитии системы открытых инноваций в образовании: краудсорсинга, открытых лицензий, различных соглашений, позволяющих комбинировать разные идеи при разработке новых продуктов и услуг (Megahed, Ghoneim, 2022). Сюда можно также включить и нацеленность акторов на поиск внешних партнеров для создания ценности, укрепление горизонтальных связей в формате коллабораций, обмена опытом, личного бренда и т. д. (Nadler, 2019). При осмыслении роли образования в достижении целей устойчивого развития также делается акцент на горизонтальных локальных взаимодействиях — как с точки зрения вовлечения обучающихся в решение социальных задач peer-to-peer (Westheimer, 2020), так и через совместную реализацию инновационных образовательных инициатив, нацеленных на достижение устойчивости в локальном сообществе (Raj et al., 2022).

Повышение разнообразия приобретает ключевое значение в условиях высокой неопределенности и резких социально-экономических и технологических сдвигов, а также на ранних стадиях реализации новых проектов, когда сохраняется многообразие альтернатив и точек притяжения, т. е. в условиях, характерных для трансформации образовательной сферы. В соответствии со структурой модели пятерной спирали на инновационные процессы в образовании влияют не только акторы, непосредственно вовлеченные в процессы создания, трансфера и коммерциализации знаний (университеты, государство и бизнес). Другие игроки (сообщества, создатели социальной инфраструктуры, представители культуры и т. д.) вносят свой вклад и заинтересованы в появлении новых решений для образовательной сферы. Такая сеть взаимодействий способствует увеличению разнообразия и ускорению изменений. Последние, в свою очередь, препятствуют работе механизмов отбора — быстрое появление инноваций не позволяет ни одной из них закрепиться в качестве парадигмальной, стать частью рутинного процесса и сформировать устойчивые и эффективные паттерны деятельности. Поскольку функционирование в условиях разнообразия и новизны становится нормой для любого исследователя, экосистемные свойства, проявляющиеся в образовании, порождают множество противоречий как на уровне изучения и понимания, так и на уровне управления и развития.

В описанной ситуации задачей экосистемного подхода становится ответ на ряд сложных вопросов. Насколько образовательная экосистема чувствительна к разнообразию в текущем положении и состоянии? Достаточно ли наращивания разнообразия на низовом уровне для (пере)запуска эволюционных механизмов либо требуется активная политика стимулирования и поддержки? Какие структуры обмена необходимы для акселерации инновационных процессов? Каковы издержки чрезмерной поддержки определенных направлений в ущерб другим? Можно ли определить благоприятный уровень проницаемости образо-

вательной среды и интенсивности интеграции в систему акторов с ее периферии? Каким образом может быть обеспечена необходимая партисипативность при проведении образовательных реформ и внедрении инноваций?

Заключение

Современные модели отводят большую роль в инновационном образовательном процессе не только акторам, непосредственно вовлеченным в создание, трансфер и коммерциализацию знаний (университетам, государству и бизнесу), но и другим игрокам (сообществам, создателям социальной инфраструктуры, представителям культуры), которые вносят свой вклад в этот процесс и заинтересованы в развитии новых явлений в образовании. Образовательное пространство все в большей мере приобретает черты сложной социальной системы, подчиняющейся закономерностям развития аналогичных систем, таким как нелинейность, информационная асимметрия, эмерджентность, структурная сложность, открытость внешней среде, распределенная ответственность и гиперсвязность. В то же время образовательной сфере присущи экосистемные свойства, которые проявляют себя во взаимодействии ее участников: коэволюция акторов и явно выраженная комплементарность ресурсов и компетенций, низовая динамика и высокая проницаемость границ, усиление партисипативности и формирование экологических ниш.

В совокупности все эти характеристики определяют трансформационный вектор развития образовательной системы и глубоко преобразуют принципы взаимодействия участников инновационной деятельности: их агентность возрастает, а географические и дисциплинарные границы теряют свое значение, что требует новых исследовательских подходов. Необходимо понимать, во-первых, какую конфигурацию приобретает современная образовательная экосистема, чтобы спроецировать ее в будущее для повышения ценности для всех стейкхолдеров, а во-вторых — как экосистемный взгляд на процессы трансформации образовательной сферы способствует предсказанию ее будущего состояния и активному сопроектированию траекторий устойчивого развития.

В качестве нового инструментария предложен экосистемный подход к исследованию инновационных процессов и прогнозированию изменений в образовании, который выражается в триединстве принципов формирования базы источников исследования, принципов интерпретации закономерностей, трендов, сигналов изменений и описания объекта изучения. При этом необходимо стремиться к повышению разнообразия источников и инструментов анализа за счет вовлечения периферии, более глубокой контекстуализации и многослойности, усиления механизма включенной структуры, учета слабых связей. Поддержание разнообразия становится ключевым принципом исследования, позволяющим выявить глубинные и неочевидные зависимости между отдельными, институционально

автономными явлениями в образовании. Разнообразие не создает, а, напротив, преодолевает фрагментарность образов будущего, поскольку позволяет проследить коэволюцию социальных, экономических, технологических и культурных трендов.

Выводом из проведенного исследования может стать признание продуктивности экосистемного подхода для установления справедливых и общезначимых приоритетов развития образовательной экосистемы, более комплексного понимания инновационной повестки.

Он способствует большей вовлеченности участников в моделирование альтернативных сценариев будущего, в конечном счете повышая вероятность и достижимость последних.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФ научного проекта № 22-18-00687 «Исследование трансформации институционального дизайна российской образовательно-инновационной системы в условиях постпандемической реальности: экосистемный анализ и картографирование ландшафта».

Библиография

- Данилина Я.В., Рыбачук М.А. (2018) Системный подход к формированию эффективной национальной инновационной системы. В кн.: *Системные проблемы отечественной мезоэкономики, микроэкономики, экономики предприятий* (ред. Г.Б. Клейнер), М.: ЦЭМИ РАН, с. 101–108.
- Кинеева Л.В., Заведенский К.Е., Рабинович П.Д., Апенько С.Н. (2020) Стратегирование образования: экосистемный переход. *Интеграция образования*, 24(4), с. 656–677. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.101.024.202004.656-677>
- Пичугина В.К. (2015) Педагогическая антропология XXI в.: Проблемы и перспективы образовательной заботы о себе. *Грани познания*, 7, с. 1–8.
- Тагаров Б.Ж., Тагаров Ж.З. (2018) Особенности информационного неравенства в современной экономике. *Креативная экономика*, 12(5), с. 543–554.
- Томасова Д.А., Хавенсон Т.Е., Королева Д.О. (2021) Образовательные экосистемы: традиционные и нетрадиционные акторы в развитии территорий. В кн.: *Города будущего: пространственное развитие, соучастующее управление и творческие индустрии* (ред. Д.П. Соснин), М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, с. 349–373.
- Хамидулин В.С. (2018) Модель тройной спирали и региональное экономическое развитие: роль университета. *Ars Administrandi*, 10(4), с. 598–609.
- Adner R., Kapoor R. (2010) Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*, 31(3), 306–333. <https://doi.org/10.1002/smj.821>
- Afonso O., Monteiro S., Thompson M. (2012) A growth model for the quadruple helix. *Journal of Business Economics and Management*, 13(5), 849–865.
- Aguilar-Forero N., Cifuentes G. (2020) Tracing assemblages and controversies in an ecosystem for educational innovation. *Sociedade e Estado*, 35, 935–956.
- Akmansoy V., Kartal S. (2014) Chaos Theory and its Application to Education: Mehmet Akif Ersoy University Case. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(2), 510–518.
- Ashby W.R. (1956) *An Introduction to Cybernetics*, London: Chapman and Hall.
- Audouin M., Preiser R., Nienaber S., Downsborough L., Lanz J., Mavengahama S. (2013) Exploring the implications of critical complexity for the study of social-ecological systems. *Ecology and Society*, 18(3), 12. <http://www.jstor.org/stable/26269372>
- Barokas J., Barth I. (2018) Multi-stakeholder ecosystems in rapidly changing educational environments. In: *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) Proceedings*, Piscataway, NJ: IEEE, pp. 1934–1938.
- Belitski M., Heron K. (2017) Expanding entrepreneurship education ecosystems. *Journal of Management Development*, 36(2), 163–177. <http://dx.doi.org/10.1108/JMD-06-2016-0121>
- Berger M., Scott E., Axe J.B., Hawkins I.W. (2013) World Challenge: Engaging Sophomores in an Intensive, Interdisciplinary Course. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 25(3), pp. 333–345.
- Bogers M., Sims J., West J. (2019) What is an ecosystem? Incorporating 25 years of ecosystem research. *Academy of Management Annual Meeting Proceedings*, 2019(1), 11080 <https://doi.org/10.5465/AMBPP.2019.11080abstract>
- Boeren E. (2019) Understanding Sustainable Development Goal (SDG) 4 on “Quality Education” from Micro, Meso and Macro Perspectives. *International Review of Education*, 65, 277–294. <https://doi.org/10.1007/s11159-019-09772-7>
- Bonal X., Fontdevila C. (2017) Is Education for Sustainable Development the means to bring about inclusive development? Between idealist and alternative positions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 24, 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.02.002>
- Borch K., Dingli S.M., Jørgensen, M.S. (eds.) (2013) *Participation and interaction in foresight: Dialogue, dissemination and visions*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Bronfenbrenner U. (1976) The experimental ecology of education. *Educational Researcher*, 5(9), 5–15. <https://doi.org/10.2307/1174755>
- Bronfenbrenner U. (1979) *The ecology of human development: Experiments by nature and design*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Cai Y., Amaral M. (2021) The triple helix model and the future of innovation: A reflection on the triple helix research agenda. *Triple Helix*, 8(2), 217–229.
- Cai Y., Ma J., Chen Q. (2020) Higher education in innovation ecosystems, *Sustainability*, 12(11), 4376. <https://doi.org/10.3390/su12114376>
- Carayannis E.G., Barth T.D., Campbell D.F. (2012) The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(2), 1–12. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>
- Carayannis E.G., Campbell D.F. (2006) *Knowledge creation, diffusion, and use in innovation networks and knowledge clusters: A comparative systems approach across the United States, Europe, and Asia*, London: Praeger.
- Carbonell J., Sánchez-Esguevillas A., Carro B. (2015) Assessing emerging issues. The external and internal approach. *Futures*, 73, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.07.015>

- Chesbrough H., Lettl C., Ritter T. (2018) Value creation and value capture in open innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 35(6), 930–938. <https://doi.org/10.1111/jpim.12471>
- Civís M., Diaz-Gibson J. (2021) Validation of micro-strategies in the NetEdu Tool: A tool to connect educational ecosystems (Validación de microestrategias en la NetEdu Tool: una herramienta para conectar ecosistemas educativos). *Culture and Education*, 33(3), 455–485.
- Clarysse B., Wright M., Bruneel J., Mahajan A. (2014) Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between, knowledge and business ecosystems. *Research Policy*, 43(7), 1164–1176. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.04.014>
- Colapinto C., Porlezza C. (2012) Innovation in Creative Industries: From the Quadruple Helix Model to the Systems Theory. *Journal of the Knowledge Economy*, 3(4), 343–353. <https://doi.org/10.1007/s13132-011-0051-x>
- UNESCO (2020) *Learning to become with the world: Education for future survival*. Education Research and Foresight Working Paper. Paris: UNESCO.
- Crilly M., Vemury C.M., Humphrey R., Rodriguez S., Crosbie T., Johnson K., Wilson A., Heidrich O. (2020) Common Language of Sustainability for Built Environment Professionals — The Quintuple Helix Model for Higher Education. *Energies*, 13(22), 5860. <https://doi.org/10.3390/en13225860>
- Cunningham R. (2001) *Chaos, complexity and the study of education communities*. Paper presented to the British Educational Research Association Annual Conference, University of Leeds, 13–15 September 2001.
- Davis B., Sumara D. (2014) *Complexity and education: Inquiries into learning, teaching, and research*, New York: Routledge.
- De Castro E.A., Rodrigues C., Esteves C., da Rosa Pires A. (2000) The triple helix model as a motor for the creative use of telematics. *Research Policy*, 29(2), 193–203. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00060-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00060-8)
- De Souza Rodrigues M.A., Chimenti P., Nogueira A.R.R. (2021) An exploration of eLearning adoption in the educational ecosystem. *Education and Information Technologies*, 26, pp. 585–615. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10276-3>
- Dolfsma W., Soete L. (2006) *Understanding the dynamics of a knowledge economy*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Erçetin Ş.Ş., Bisaso S.M., Saeed F. (2015) Understanding chaos and complexity in education systems through conceptualization of fractal properties. In: *Chaos, Complexity and Leadership 2013* (eds. S.S. Erçetin, S. Banerjee), Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, pp. 147–161. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09710-7_12
- Etzkowitz H., Leydesdorff L. (1995) The Triple Helix – University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. *EASST Review*, 14(1), 14–19.
- Etzkowitz H., Leydesdorff L. (2000) The Dynamics of Innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of University–Industry–Government Relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Eve R.A., Horsfall S., Lee M.E. (1997) *Chaos, complexity, and sociology: Myths, models, and theories*, Thousand Oaks, CA: Sage.
- Flynn S. (2020) Ecosystems of educational disadvantage: Supporting children and young people receiving child protection and welfare services in Ireland. *Social Work & Social Sciences Review*, 21(3), 45–69.
- Ganco M., Kapoor R., Lee G.K. (2020) From rugged landscapes to rugged ecosystems: Structure of interdependencies and firms’ innovative search. *Academy of Management Review*, 45(3), 646–674. <https://doi.org/10.5465/amr.2017.0549>
- García D.A. (2019) Building Ecosystems of Innovation in Humanities and Education. *International Journal of the Humanities: Annual Review*, 17(1), 1–13. <http://dx.doi.org/10.18848/1447-9508/CGP/v17i01/1-13>
- García-Terán J., Skoglund A. (2019) A Processual Approach for the Quadruple Helix Model: the Case of a Regional Project in Uppsala. *Journal of the Knowledge Economy*, 10(3), 1272–1296. <https://doi.org/10.1007/s13132-018-0521-5>
- Gardner M.R., Ashby W.R. (1970) Connectance of Large Dynamic (Cybernetic) Systems: Critical Values for Stability, *Nature*, 228(5273), 784–784. <https://doi.org/10.1038/228784a0>
- Hage J., Mote J.E., Jordan G.B. (2013) Ideas, innovations, and networks: A new policy model based on the evolution of knowledge. *Policy Sciences*, 46, 199–216. <https://www.jstor.org/stable/42636469>
- Harvey D.L., Reed M. (1997) *Social science as the study of complex systems*, Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press.
- Hautamäki A. (2006) Innovation ecosystem in city policy: The case of Helsinki. *Helsinki Quarterly*, 4(06), 17–21.
- Herselman M., Botha A., Maremi K. (2019) Evaluating a mobile tablet project in rural South Africa against criteria to comply with being an innovative educational ecosystem. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Education and Multimedia Technology, July 22–25, Nagoya Japan*, New York: Association for Computing Machinery, pp. 215–220.
- Hiltunen E. (2011) Crowdsourcing the future: The foresight process at Finpro. *Journal of Futures Studies*, 16(1), 189–196.
- Hoppes C.R., Holley K.A. (2014) Organizational trust in times of challenge: The impact on faculty and administrators. *Innovative Higher Education*, 39, 201–216. <https://doi.org/10.1007/s10755-013-9275-y>
- Hung D., Lee S.-S., Toh Y., Jamaludin A., Wu L. (2019) *Innovations in Educational Change. Cultivating Ecologies in Schools*, Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-6330-6>
- Iansiti M., Levien R. (2004) Strategy as ecology. *Harvard Business Review*, 82(3), 68–78.
- Inayatullah S. (2020) *Co-creating educational futures: Contradictions between the emerging future and the walled past* (Education Research and Foresight Working Paper), Paris: UNESCO.
- Isenberg D.J. (2016) Applying the ecosystem metaphor to entrepreneurship: Uses and abuses. *The Antitrust Bulletin*, 61(4), 564–573. <https://doi.org/10.1177/0003603X16676162>
- Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. (2018) Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39(8), 2255–2276. <https://doi.org/10.1002/smj.2904>
- Kapoor K., Bigdeli A.Z., Dwivedi Y.K., Schroeder A., Beltagui A., Baines T. (2021) A socio-technical view of platform ecosystems: Systematic review and research agenda. *Journal of Business Research*, 128, 94–108. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.01.060>
- Kapoor R. (2018) Ecosystems: Broadening the locus of value creation. *Journal of Organization Design*, 7(1), 1–16.
- Karalash M., Baumöl U. (2019) Stakeholder Relationships within Educational Ecosystems – A Literature Review. In: *BLLED 2019 Proceedings*. <https://doi.org/10.18690/978-961-286-280-0.7>
- Kerres M., Heinen R. (2015) Open informational ecosystems: The missing link for sharing educational resources. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 16(1), 24–39.

- Kim S., Kim Y.E., Bae K.J., Choi S.-B., Park J.K., Koo Y.D., Park Y.W., Choi H.K., Kang H.M., Hong S.W. (2013) NEST: A quantitative model for detecting emerging trends using a global monitoring expert network and Bayesian network. *Futures*, 52, 59–73. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2013.08.004>
- Klir G.J., Ashby W.R. (1991) General systems theory as a new discipline. In: *Facets of Systems Science* (ed. G.J. Klir), Boston, MA: Springer, pp. 249–257. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0718-9_16
- Koul S., Nayar B. (2021) The holistic learning educational ecosystem: A classroom 4.0 perspective. *Higher Education Quarterly*, 75(1), pp. 98–112. <http://dx.doi.org/10.1111/hequ.12271>
- Krupar A., Taneja A. (2020) The right to education and SDG 4: Lessons from the field and next steps for civil society monitoring. In: *Grading Goal Four: Tensions, Threats, and Opportunities in the Sustainable Development Goal on Quality Education* (ed. A. Wulff). Leiden and Boston, MA: Brill, pp. 365–389.
- Kuckertz A. (2019) Let's take the entrepreneurial ecosystem metaphor seriously! *Journal of Business Venturing Insights*, 11, 00124. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2019.e00124>
- Kuosa T. (2016) Evolutionary Concepts. In: *The Evolution of Strategic Foresight* (ed. T. Kuosa), New York: Routledge, pp. 80–102.
- Cremin L.A. (1975) *Public Education*, New York: Basic Books.
- Lane D., Maxfield R. (2018) Foresight, complexity, and strategy. In: *The Economy as an Evolving Complex System II*, New York: CRC Press, pp. 169–198.
- Lemke J.L., Sabelli N.H. (2008) Complex systems and educational change: Towards a new research agenda. *Educational Philosophy and Theory*, 40(1), 118–129.
- Mahoney J.L., Weissberg R.P., Greenberg M.T., Dusenbury L., Jagers R.J., Niemi K., Schlinger M., Schlund J., Shriver T.P., VanAusdal K., Yoder N. (2021) Systemic social and emotional learning: Promoting educational success for all preschool to high school students. *American Psychologist*, 76(7), 1128. <https://doi.org/10.1037/amp0000701>
- Mars M.M., Bronstein J.L. (2018) The promise of the organizational ecosystem metaphor: An argument for biological rigor. *Journal of Management Inquiry*, 27(4), 382–391. <https://doi.org/10.1177/1056492617706546>
- McAdam M., Debackere K. (2018) Beyond 'triple helix' toward 'quadruple helix' models in regional innovation systems: Implications for theory and practice. *R&D Management*, 48(1), 3–6. <https://doi.org/10.1111/radm.12309>
- McKelvey B. (2022) *Organizational systematics: Taxonomy, evolution, classification*, San Diego, CA: University of California Press.
- McKelvey B., Lichtenstein B.B., Andriani P. (2012) When organisations and ecosystems interact: Toward a law of requisite fractality in firms. *International Journal of Complexity in Leadership and Management*, 2(1–2), 104–136.
- Megahed N.A., Ghoneim E.M. (2022) E-learning ecosystem metaphor: Building sustainable education for the post-COVID-19 era. *International Journal of Learning Technology*, 17(2), 133–153.
- Miller K., McAdam R., McAdam M. (2018) A systematic literature review of university technology transfer from a quadruple helix perspective: Toward a research agenda. *R&D Management*, 48(1), 7–24. <https://doi.org/10.1111/radm.12228>
- Milojević I., Inayatullah S. (2015) Narrative Foresight. *Futures*, 73, 151–162. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.08.007>
- Nadler A. (2019) Nature's Economy and News Ecology: Scrutinizing the News Ecosystem Metaphor. *Journalism Studies*, 20(6), 823–839. <https://doi.org/10.1080/1461670X.2018.1427000>
- Nambisan S., Zahra S.A., Luo Y. (2019) Global platforms and ecosystems: Implications for international business theories. *Journal of International Business Studies*, 50(9), 1464–1486. <https://doi.org/10.1057/s41267-019-00262-4>
- Navarro-Bringas E., Bowles G., Walker G.H. (2020) Embracing complexity: A sociotechnical systems approach for the design and evaluation of higher education learning environments. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 21(5), 595–613. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2020.1723037>
- Newell C. (2008) The class as a learning entity (complex adaptive system): An idea from complexity science and educational research. *SFU Educational Review*, 2. <https://doi.org/10.21810/sfuer.v2i.335>
- Niedlich S., Kallfaß A., Pohle S., Bormann I. (2021) A comprehensive view of trust in education: Conclusions from a systematic literature review. *Review of Education*, 9(1), 124–158. <https://doi.org/10.1002/rev3.3239>
- Niemi H. (2021) Education Reforms for Equity and Quality: An Analysis from an Educational Ecosystem Perspective with Reference to Finnish Educational Transformations. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 11(2), 13–35.
- Nowell L., Dhingra S., Kimberley A., Gospodinov J., Liu C., Hayden K.A. (2020) Grand challenges as educational innovations in higher education: A scoping review of the literature. *Education Research International*, 6653575. <https://doi.org/10.1155/2020/6653575>
- Nugroho Y., Saritas O. (2009) Incorporating network perspectives in foresight: A methodological proposal. *Foresight*, 11(6), 21–41. <https://doi.org/10.1108/14636680911004948>
- Oh D.S., Phillips F., Park S., Lee E. (2016) Innovation ecosystems: A critical examination. *Technovation*, 54, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2016.02.004>
- Oksanen K., Hautamäki A. (2015) Sustainable innovation: A competitive advantage for innovation ecosystems. *Technology Innovation Management Review*, 5(10), 24–30. <http://dx.doi.org/10.22215/timreview/934>
- OECD (2021) *Education at a Glance 2021*, Paris: OECD.
- Osberg D. (2002) *Complexity, science and adult education: Some insights and possibilities*. Paper presented at SCUTREA, 32nd Annual Conference, University of Stirling.
- Papaioannou T., Wiold D., Chataway J. (2007) *Knowledge ecologies and ecosystems? An empirically grounded reflection on recent developments in innovation systems theory*. Paper presented at the 6th International Triple Helix Conference on University-Government-Industry Relations, May 16–18, 2007, Singapore.
- Peltoniemi M. (2006) Preliminary theoretical framework for the study of business. *Emergence: Complexity and Organization*, 8(1), 10–19. <https://doi.org/10.17357.8bb81e60d0fa815f83002ae1f418068c>
- Radziwon A., Bogers M., Bilberg A. (2017) Creating and capturing value in a regional innovation ecosystem: A study of how manufacturing SMEs develop collaborative solutions. *International Journal of Technology Management*, 75(1–4), 73–96. <http://dx.doi.org/10.1504/IJTM.2017.10006145>

- Raj G., Feola G., Hajer M., Runhaar H. (2022) Power and empowerment of grassroots innovations for sustainability transitions: A review. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 43, 375–392. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.04.009>
- Rikkerink M., Verbeeten H., Simons R.-J., Ritzen H. (2016) A new model of educational innovation: Exploring the nexus of organizational learning, distributed leadership, and digital technologies. *Journal of Educational Change*, 17(2), 223–249. <https://doi.org/10.1007/s10833-015-9253-5>
- Ritala P., Almpanopoulou A. (2017) In defense of “eco” in innovation ecosystem. *Technovation*, 60–61, 39–42. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.01.004>
- Rogers D., Euchner J. (2022) Digital Transformation: An Interview with David Rogers. *Research-Technology Management*, 65(5), 11–17. <https://doi.org/10.1080/08956308.2022.2095759>
- Rogers K.H., Luton R., Biggs H., Biggs R., Blignaut S., Choles A.G., Palmer C.G., Tangwe P. (2013) Fostering complexity thinking in action research for change in social – ecological systems. *Ecology and Society*, 18(2), 31. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05330-180231>
- Schaeffer P.R., Fischer B., Queiroz S. (2018) Beyond education: The role of research universities in innovation ecosystems. *Foresight and STI Governance*, 12(2), 50–61. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.2.50.61>
- Schnack K. (2008) *Participation, education, and democracy: Implications for environmental education, health education, and education for sustainable development*, Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer.
- Schophuizen M., Kalz M. (2020) Educational innovation projects in Dutch higher education: Bottom-up contextual coping to deal with organizational challenges. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00197-z>
- Şentürk İ., Kılıçoğlu G. (2016) Social Justice Leadership in Education in the Axis of the Chaos Theory Does Social Justice Arise from Chaos? Social Justice Leadership with Chaos Approach in Educational Organizations. In: *Proceedings of the International Symposium on Chaos, Complexity and Leadership 2016* (ed. S.S. Ercetin), Cham: Springer, pp. 443–462. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64554-4_31
- Snowden D. (2003) Complex acts of knowing: Paradox and descriptive self-awareness. *Bulletin of the American Society for information Science and Technology*, 29(4), 23–28. <https://doi.org/10.1108/13673270210424639>
- Sousa M. (2021) *Reimagining our futures together. A new social contract for education*, Paris: UNESCO.
- Stensaker B., Maassen P. (2015) A conceptualisation of available trust-building mechanisms for international quality assurance of higher education. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 37(1), 30–40. <https://doi.org/10.1080/1360080X.2014.991538>
- Hargreaves A. (2007) Sustainable Leadership and Development in Education: Creating the Future, conserving the past. *European Journal of Education*, 42(2), 223–233. <https://doi.org/10.1111/j.1465-3435.2007.00294.x>
- Talmar M., Walrave B., Podoynitsyna K.S., Holmström J., Romme A.G.L. (2020) Mapping, Analyzing and Designing Innovation Ecosystems: The Ecosystem Pie Model. *Long Range Planning*, 53(4), 101850. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2018.09.002>
- Teichler U. (2006) Changing structures of the higher education systems: The increasing complexity of underlying forces. *Higher Education Policy*, 19(4), 447–461. <https://doi.org/10.1057/palgrave.hep.8300133>
- Törnberg A. (2017) *The wicked nature of social systems – A complexity approach to sociology* (PhD Thesis), Gothenburg: University of Gothenburg.
- Vanhaverbeke W., Cloudt M. (2006) Open innovation in value networks. In: *Open innovation: Researching a new paradigm* (eds. H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke, J. West), Oxford: Oxford University Press, pp. 258–281.
- Wan P.Y.Z. (2016) *Reframing the social: Emergentist systemism and social theory*, New York: Routledge.
- Warnke P., Schirrmeister E. (2016) Small seeds for grand challenges — Exploring disregarded seeds of change in a foresight process for RTI policy. *Futures*, 77, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.12.001>
- West J., Wood D. (2013) Evolving an Open Ecosystem: The Rise and Fall of the Symbian Platform. In: *Advances in Strategic Management*, vol. 30 (eds. R. Adner, J.E. Oxley, and B.S. Silverman), Bingley: Emerald, pp. 27–67. [https://doi.org/10.1108/S0742-3322\(2013\)0000030005](https://doi.org/10.1108/S0742-3322(2013)0000030005)
- Westheimer J. (2020) Can Education Transform Our World? Global Citizenship Education and the UN’s 2030 Agenda for Sustainable Development. In: *Grading Goal Four: Tensions, Threats, and Opportunities in the Sustainable Development Goal on Quality Education* (ed. A. Wulff), Leiden and Boston, MA: Brill, pp. 280–296.
- Wu C. (2021) Education and Social Trust in Global Perspective. *Sociological Perspectives*, 64(6), 1166–1186. <https://doi.org/10.1177/0731121421990045>
- Wu S., Lin C.Y.Y. (2020) *Innovation and entrepreneurship in an educational ecosystem: Cases from Taiwan*. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-32-9445-5>
- Wulff A. (ed.) (2020) *Grading Goal Four: Tensions, Threats, and Opportunities in the Sustainable Development Goal on Quality Education*, Leiden and Boston, MA: Brill: <https://doi.org/10.1163/9789004430365>
- Yun J.J., Liu Z. (2019) Micro-and macro-dynamics of open innovation with a quadruple-helix model. *Sustainability*, 11(12), 3301. <https://doi.org/10.3390/su11123301>
- Zhai X., Chu X., Li Y. (2021) Exploring the Construction of Innovative Educational Ecosystem Based on the “Internet+ Educational Crowd Funding. In: *2021 IEEE 24th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD) Proceedings*, Piscataway, NJ: IEEE, pp. 476–479.