

Изучение динамики связей в предпринимательских экосистемах и их эффектов для инновационной деятельности

Дамарис Кьерегато Вичентин

Постдокторант, научный сотрудник, Школа прикладных наук (School of Applied Sciences)^a, damarisyv@unicamp.br

Густаво Эрминьо Салати Маркондес де Мораэш

Доцент, Школа прикладных наук^a; приглашенный научный сотрудник, Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ)^b, salati@unicamp.br

Нажела Бьянка ду Прадо

Аспирант (PhD), Школа прикладных наук^a, nagelabianca.prado@gmail.com

Бруно Брандао Фишер

Доцент, Школа прикладных наук^a; приглашенный научный сотрудник, ИСИЭЗ^b, bfisher@unicamp.br

Бетания Силва Карнейро Кампелло

Профессор, Школа прикладных наук^a, betaniac@unicamp.br

Росли Анхолом

Профессор, Школа машиностроения (School of Mechanical Engineering)^a, rosley@unicamp.br

^a Университет Кампинаса (State University of Campinas, UNICAMP), Бразилия, Pedro Zaccaria street, 1300, Limeira – SP 13484-350, Brazil

^b Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000 Москва, Мясницкая ул., 11

Аннотация

В статье исследуется специфика взаимодействия ключевых факторов предпринимательской экосистемы (ПЭ) в условиях экономической турбулентности. Системная динамика ПЭ проанализирована на примере России через призму теории сложных адаптивных систем. На основе метода fuzzy DEMATEL и опроса экспертов, изучающих ПЭ в российских городах, выявлены ключевые движущие силы, определяющие устойчивость экосистемы. Установлены причинно-следственные связи и специфика механизма адаптивности предпринимательских экосистем в

контексте повышенной сложности и нестабильности. Главными факторами их реконфигурации оказались нормативная среда, человеческие ресурсы и доступ к капиталу, тогда как инновационная деятельность в значительной степени определяется внешними условиями. Полученные результаты подчеркивают необходимость адаптивной политики, направленной на повышение устойчивости предпринимательских экосистем. Предложена новая методологическая структура для изучения адаптивности ПЭ в странах с развивающейся экономикой.

Ключевые слова: предпринимательские экосистемы; сложные адаптивные системы; стратегии; сложное взаимодействие; человеческий капитал; инновации; самоорганизация; экономическая турбулентность; fuzzy DEMATEL; Россия

Цитирование: Vicentin D.B., Marcondes de Moraes G.H.S., Bianca do Prado N., Fischer B.B., Campello B.S.C., Anholon R. (2025) Exploring the Relationship Dynamics in Entrepreneurial Ecosystems and Their Impact upon Innovation. *Foresight and STI Governance*, 19(2), pp. 43–53. <https://doi.org/10.17323/fstig.2025.25819>

Exploring the Relationship Dynamics in Entrepreneurial Ecosystems and Their Impact upon Innovation

Damaris Chieregato Vicentin

Postdoctoral Researcher, School of Applied Sciences^a, damariv@unicamp.br

Gustavo Hermínio Salati Marcondes de Moraes

Associate Professor, School of Applied Sciences^a; Guest Researcher, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge (ISSEK)^b, salati@unicamp.br

Nágela Bianca do Prado

PhD Applicant, School of Applied Sciences^a, nagelabianca.prado@gmail.com

Bruno Brandão Fischer

Associate Professor, School of Applied Sciences^a; Guest Researcher, ISSEK^b, bfischer@unicamp.br

Betania Silva Carneiro Campello

Professor, School of Applied Sciences^a, betaniac@unicamp.br

Rosley Anholon

Professor, School of Mechanical Engineering^a, rosley@unicamp.br

^a University of Campinas (UNICAMP), Pedro Zaccaria street, 1300, Limeira – SP 13484-350, Brazil

^b National Research University Higher School of Economics, 11, Myasnitskaya str., Moscow 101000, Russian Federation

Abstract

This study investigates how key entrepreneurial ecosystem (EE) factors interact and are reconfigured in response to economic turbulence. Using Russia as a case study, we analyze the systemic dynamics of EE through the lens of the Complex Adaptive Systems (CAS) theory, identifying the most influential factors driving ecosystem resilience. A quantitative approach was employed using the fuzzy Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) method. Data were collected from highly experienced experts, including academics and market professionals with extensive knowledge of urban EEs in Russia. Their

evaluations provided a robust understanding of causal relationships and the adaptability of EE factors under economic instability. The regulatory environment emerged as the primary driver of EE reconfiguration, significantly influencing other factors. Human capital and access to capital were also critical for sustaining entrepreneurship in turbulent contexts, whereas innovation was highly dependent on external conditions rather than acting as an independent driver. These findings highlight the need for adaptive policies to enhance EE resilience, offering a novel methodological framework for understanding EE adaptability in emerging economies.

Keywords: entrepreneurial ecosystems; complex adaptive systems; strategies; complex interaction; human capital; innovation; self-organization; economic turbulence; fuzzy DEMATEL; Russia

Citation: Vicentin D.B., Marcondes de Moraes G.H.S., Bianca do Prado N., Fischer B.B., Campello B.S.C., Anholon R. (2025) Exploring the Relationship Dynamics in Entrepreneurial Ecosystems and Their Impact upon Innovation. *Foresight and STI Governance*, 19(2), pp. 43–53. <https://doi.org/10.17323/fstg.2025.25819>

Концепция предпринимательской экосистемы (ПЭ) широко используется для всестороннего изучения сложного взаимодействия бизнес-субъектов между собой и средой их деятельности (Vedula, Kim, 2019). Ее динамика определяется прежде всего характером и интенсивностью коммуникаций, а также институциональными аспектами (Audretsch et al., 2019; Stam, 2015). В условиях текущей геополитической напряженности российская ПЭ сталкивается с уникальными вызовами и возможностями. В подобном контексте ключевым фактором экономического развития становится инновационная деятельность (Aeeni, Saedikiya, 2019; Arici, Gok, 2024). Рассмотрение переходных процессов сквозь линзу ПЭ позволит предпринимателям оптимизировать стратегии дальнейшего развития с учетом сложности и неопределенности, с которыми они сталкиваются (Altshuller, 2017; Ansell et al., 2017; Brondoni, 2022). Эти свойства естественны для сложных адаптивных систем (САС), к которым относится и ПЭ, поэтому за счет интеграции структурных и динамических подходов станет возможным лучше понять специфику их развития. В таком ключе становится очевидным, что интенсивность взаимодействия участников делает поведение системы непредсказуемым (Daniel et al., 2022). По мере реагирования на внешние воздействия такие игроки совместно развиваются и, адаптируясь к переменам, трансформируют себя и свою среду.

Во время кризисов преобразование системы ускоряется, что требует более быстрой адаптации к возникающим условиям. В этом случае глубина межагентских взаимосвязей становится определяющей (Cloutier, Messegheem, 2022; Phillips, Ritala, 2019). Не менее значимым фактором является «эффект колеи», поскольку при закреплении любого стратегического вектора для системы всегда есть риск утратить гибкость и способность к обновлению. Теория САС видится действенным инструментом для понимания работы этих механизмов и выработки соответствующих мер. Однако в данном направлении пока не накоплено необходимой литературной базы. Релевантных эмпирических данных по-прежнему недостаточно, а текущие исследования посвящены в основном ранним этапам развития ПЭ (Han et al., 2021; Carter, Pezeshkan, 2023). Большая часть таких работ ориентирована на оценку тех или иных измерений ПЭ как отдельных блоков. Между тем, их правильнее было бы рассматривать как взаимосвязанные элементы, которые влияют друг на друга, постоянно эволюционируют и создают динамические условия, способствующие (или препятствующие) предпринимательству.

В свете этих соображений настоящее исследование ставит задачу выявить основные факторы развития ПЭ в городах и (что важнее) проанализировать взаимосвязь между ними. Исследовательский вопрос формулируется следующим образом: как именно ключевые аспекты ПЭ взаимодействуют и меняются в условиях экономической турбулентности? Таким образом, подчеркивает-

ся системный характер ПЭ, а фокус смещается с отдельных компонентов на динамику их взаимосвязи.

Наше эмпирическое исследование выполнено на примере России. Выводы работы (Shirokova et al., 2022) показывают, что, несмотря на имеющиеся вызовы, контекст рассматриваемой страны предоставляет интересный материал для исследования предпринимательства. Подчеркивается необходимость нового подхода, учитывающего местную специфику, что расширит возможности использования концепции ПЭ в глобальном масштабе. В основе нашего анализа лежит нечеткий «Метод лаборатории принятия решений путем проб и оценки результатов» (fuzzy Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL). Первичные данные получены путем опроса 25 российских экспертов по ПЭ.

Теоретическая база исследования

Факторы развития предпринимательской экосистемы

ПЭ рассматривается как динамическое сообщество взаимозависимых субъектов, специфика отношений между которыми и характер принимаемых решений определяются контекстуальными факторами (Audretsch et al., 2019). Соответственно их изучение требует адаптированных исследовательских инструментов (Isenberg, 2010). В разных регионах в зависимости от состава заинтересованных сторон формируются ПЭ со своими особенностями, что позволяет выдвинуть гипотезы в отношении воспринимаемой надежности, устойчивости и гибкости экосистем (Spigel, Harrison, 2018). С точки зрения динамики развития и устойчивости выделяются шесть основных категорий ПЭ: нормативно-правовая среда, инфраструктура, рынок, инновационная деятельность, капитал, человеческие ресурсы и предпринимательская культура (Stam, van de Ven, 2021). Ключевую роль играет нормативно-правовая среда, влияющая на рыночные стратегии и создающая как риски, так и возможности (Zhao et al., 2023). Благоприятные условия для предпринимательства обеспечивает инфраструктура, которая, помимо материальных объектов, включает цифровые активы и различные сервисы (Audretsch, Belitski, 2017; Stam, van de Ven, 2021). Рыночный контекст определяется спросом на инновационные продукты. Для достижения успеха в таком контексте, развития новых компаний и альянсов в рамках ПЭ требуются правильный стратегический вектор (Stam, 2015; Zhao et al., 2023) и инновационная активность (Kuratko et al., 2017). Жизненную роль в обеспечении предпринимательской деятельности играет капитал — финансовые активы (пополняемые как из внутренних, так и из внешних источников), человеческие ресурсы, социальные связи и др. (Zhao et al., 2023). Человеческий капитал отвечает за интеллектуальное и креативное обеспечение в создании инноваций (Stam, van de Ven, 2021; Zhao et al., 2023). Наконец, предпринимательская культура определяет мотивацию, инновационность и готовность идти на риск (Audretsch, Belitski, 2017; Stam, van de Ven, 2021; Vicentin et al., 2024).

¹ <https://www.forbes.ru/tehnologii/366587-put-k-innovaciyam-rossiya-tratit-na-nauku-1-vvp-hvatit-li-etogo>, дата обращения 19.03.2025.

Сложные адаптивные системы

Теория САС впервые предложена в работе (Simon, 1962) как попытка оспорить механистические, основанные на равновесии представления об устройстве мира. Она была широко популяризирована многочисленными исследователями предпринимательских систем (van De Ven, 1993; Stam, van de Ven, 2021). По определению, САС представляют собой масштабные системы, характеризующиеся наличием многочисленных взаимодействующих элементов или субъектов, поэтому трудно предсказать развитие таких структур, наблюдая лишь за отдельными связями (Bone, 2016; Fredin, Lidén, 2020). Их поведение может меняться, эволюционировать или адаптироваться в ответ на те или иные воздействия, поэтому стабильное состояние поддерживается путем модификации характеристик как самой системы, так и внешней среды (Cloutier, Messegheem, 2022; Phillips, Ritala, 2019). Указанное обстоятельство обуславливает особую сложность ПЭ, в рамках которой многочисленные акторы (предприниматели, инвесторы, образовательные учреждения, государственные структуры и др.) находятся в многогранных, взаимозависимых отношениях (Daniel et al., 2022), причем единый централизованный механизм управления отсутствует (Aeeni, Saeedikiya, 2019). Во время кризиса эти взаимосвязи только усложняются (Fredin, Lidén, 2020). Например, экономические санкции, политическая нестабильность и изменения государственной политики напрямую влияют на компании, инвесторов и потребителей в рамках ПЭ (Khurana et al., 2022).

Теория САС синтезирует структурные и динамические подходы, учитывающие постоянную эволюцию субэкосистем. Тем самым она восполняет пробелы в изучении стратегий развития ПЭ, основанных на интеграции (Roundy et al., 2018; Carter, Pezeshkan, 2023; Malecki, 2018). Эти подходы помогают понять процесс развития ПЭ, состоящий из трех фаз (импульс, формирование и структурирование), с учетом внутренней сложности, присущей их функционированию и эволюции (Cantner et al., 2021). Однако, как отмечалось, они пока не подкреплены эмпирической базой и фокусируются преимущественно на ранних стадиях ПЭ (Han et al., 2021). Турбулентность в контексте ПЭ определяется как состояние напряженности и трансформации, охватывающее широкий спектр дискретных событий: не только кризисы, но и социальные, экономические и политические трансформации. Эту концепцию можно использовать как линзу для изучения постоянно возникающих в рамках ПЭ рисков и возможностей, находить ориентиры для навигации в сложности, неопределенности, которые рассматриваются как ключевые детерминанты коллективного будущего участников меняющихся экосистем (Aeeni, Saeedikiya, 2019; Arici, Gok, 2024).

Методология

В соответствии с целями исследования использовалась методология с поисковыми, экспликативными и пропозициональными характеристиками. Для системного выявления и анализа основных факторов развития ПЭ в урбанизированных районах применялся количественный подход на основе метода fuzzy DEMATEL, с акцентом на российском контексте. Изучалась взаимосвязь этих аспектов, оценивался их эффект, выявлялись наиболее значимые для ПЭ.

Российский контекст

В современных российских условиях, сложившихся под влиянием масштабных политических процессов и международных конфликтов, возникают уникальные вызовы и возможности для предпринимательства. Динамика глобальной турбулентности напрямую влияет на внутреннюю политику и экономические системы, формируя среду, в которой инновационная деятельность становится важным фактором развития (Altshuller, 2017; Ansell et al., 2017; Brondoni, 2022).

С 2000 г. Россия проводит реформы для усиления государственного контроля и уточнения бюрократических норм, зачастую посредством введения неоднозначных правил (Yakovlev, 2006). Чтобы сохранить операционную легитимность в этой сложной и постоянно меняющейся нормативной среде, предприниматели должны уметь находить пути преодоления многочисленных юридических и бюрократических ограничений. Одновременно правительство пытается стимулировать экономику путем наращивания инновационного потенциала, диверсификации и конкурентных преимуществ (Shakib et al., 2023). Около 70% совокупного финансирования инноваций поступает из государственного сектора.¹ Благодаря этим мерам Россия в последние годы улучшает свои позиции в Индексе глобальной конкурентоспособности (достигнут прогресс по ряду инновационных показателей) (Shakib et al., 2023). В обзорном исследовании (Shirokova et al., 2022) отмечается, что, несмотря на проблемы, российский контекст предлагает уникальные возможности для изучения предпринимательства с учетом географических, социально-экономических и этнических различий. Отмечена необходимость «третьей волны» контекстуализации исследований в этом направлении, что позволит лучше понять локальную специфику, совершенствовать теоретическую базу и развивать диалог между национальными и международными исследователями.

Сбор данных

Для того чтобы выяснить значимость различных аспектов, определяющих развитие городских ПЭ в России, в 2024 г. проводился электронный опрос 25 местных экспертов (с использованием Google Forms).²

² Из 25 опрошенных экспертов 60% были женщинами, 40% мужчинами. В среднем стаж их профессионального опыта составлял 6.9 лет. В отношении специализации, 24% работают в области информационных технологий, по 12% — в сфере образования, бизнесе и инновационной деятельности. Остальные заняты в следующих сферах: трансфер технологий, государственная политика, разработка электронных устройств, энергетика, предпринимательство и маркетинг, управление проектами, бухгалтерский учет и аналитика.

Все респонденты имели ученые степени в области предпринимательства и инновационной деятельности или более шести лет опыта работы на рынке, что обеспечило высокий академический и профессиональный уровень. По итогам опроса, на основе структуры, описанной в исследовании (Stam, van de Ven, 2021), выявлено семь факторов: нормативно-правовая среда, инфраструктура, рынок, доступ к капиталу, инновационная деятельность, человеческие ресурсы и предпринимательская культура. Эксперты проанализировали их взаимовлияние и общую значимость для городских ПЭ.

Метод Fuzzy DEMATEL

Наш инструментариий синтезирует принцип нечеткой логики с моделью DEMATEL, преобразуя неоднозначные оценки экспертов в точные значения. Сначала специалисты оценивают взаимное влияние факторов посредством нечеткой лингвистической шкалы. Их суждения, несмотря на приблизительный характер, становятся основой для выявления причинно-следственных связей. Для оценки степени воздействия используются категории: «Отсутствует» (No), «Минимальное» (VLI), «Слабое» (LI), «Умеренное» (MI), «Сильное» (HI), «Максимальное» (VHI). Полученная матрица отражает вклад каждого эксперта (табл. 1). На рис. 1 показаны функции принадлежности лингвистических терминов и соответствующие им нечеткие числа. Следовательно, при наличии n факторов множества $F = \{F_1, F_2, \dots, F_n\}$, которые должны оценить l экспертов из совокупности $E = \{E_1, E_2, \dots, E_l\}$, каждому участнику предстоит охарактеризовать влияние фактора F_i на фактор F_j , попарно. По итогам этой процедуры формируется нечеткая матрица прямого индивидуального влияния $\tilde{Z}_k = [\tilde{z}_{ij}^k]_{n \times n}$ в которой $\tilde{z}_{ij}^k = (z_{ij1}^k, z_{ij2}^k, z_{ij3}^k)$ — нечеткая оценка эксперта k (Zhang et al., 2023).

На второй стадии экспертные оценки объединяют для построения совокупной нечеткой матрицы прямого влияния Z . После формирования индивидуальных матриц $\tilde{Z}_k$ ($k = 1, 2, \dots, l$) составная нечеткая матрица прямого влияния $\tilde{Z}_k = [\tilde{z}_{ij}^k]_{n \times n}$ получается путем объединения всех экспертных оценок. Здесь $\tilde{z}_{ij}$ рассматривается как нечеткое треугольное число (TFN) $(0,0,0)$ и рассчитывается как:

$$\tilde{z}_{ij} = (z_{ij1}^k, z_{ij2}^k, z_{ij3}^k) = (1/l) \sum_{k=1}^l \tilde{z}_{ij}^k = ((1/l) \sum_{k=1}^l z_{ij1}^k, (1/l) \sum_{k=1}^l z_{ij2}^k, (1/l) \sum_{k=1}^l z_{ij3}^k) \quad (1)$$

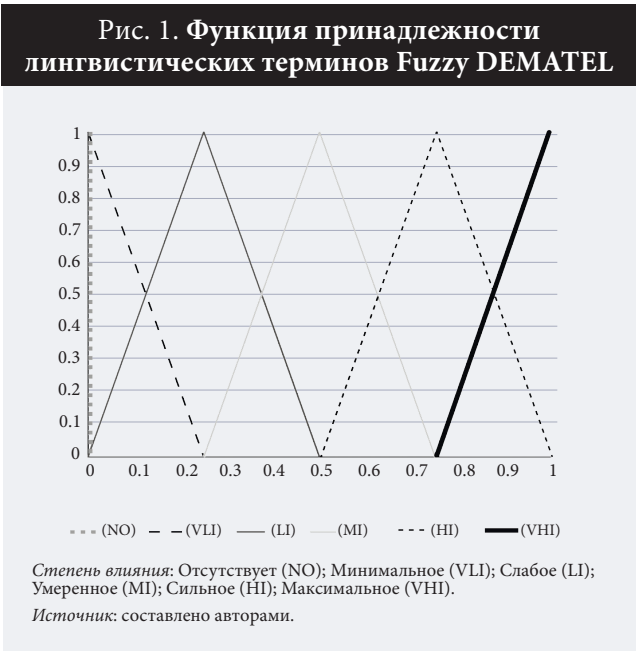
На третьем этапе нечеткие оценки уточняются с помощью метода CFCFS (Converting Fuzzy Data into Crisp Scores — преобразование нечетких данных в конкретные оценки) для формирования четкой матрицы прямого влияния Z .

Полученная матрица в сочетании с методом DEMATEL используется для создания нормализованной матрицы прямого влияния X и матрицы полного влияния T . На их основе создается карта отношений влияния (Influential Relation Map, IRM). Нормализованная матрица прямого влияния X выводится следующим образом:

Табл. 1. Нечеткие лингвистические термины и их значения

Лингвистические термины (степень влияния)	Нечеткие треугольные числа
Отсутствует (No)	(0, 0, 0)
Минимальное (VLI)	(0, 0, 0.25)
Слабое (LI)	(0, 0.25, 0.5)
Умеренное (MI)	(0.25, 0.5, 0.75)
Сильное (HI)	(0.5, 0.75, 1)
Максимальное (VHI)	(0.75, 1, 1)

Источник: адаптировано по (Singh, Sarkar, 2020; Zhang et al., 2023).



$$X = Z/s, s = \max(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij}), \quad (2)$$

где все элементы соответствуют условию $0 \leq x_{ij} < 1.0 \leq \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1$, и, по крайней мере, для одного $i \sum_{j=1}^n z_{ij} \leq s$.

Затем формируется матрица полного влияния T , которая имеет вид:

$$T = X + X^2 + \dots + X^h = X(I - X)^{-1}, \quad (3)$$

где $h \rightarrow \infty$, а I — единичная матрица (Rouhani et al., 2013).

Наконец, строится IRM с использованием горизонтальной оси ($R + C$) и вертикальной оси ($R - C$), отображающих сумму строк и столбцов матрицы полного влияния T , определяемых по следующим формулам, соответственно:

$$R = [r_i]_{n \times 1} = \sum_{j=1}^n t_{ij}, C = [c_j]_{1 \times n} = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad (4)$$

Где r_i — совокупное влияние фактора F_i на другие факторы, а c_j — совокупное влияние, испытываемое фактором F_j . Эти расчеты показывают центральность каждого фактора как вектора горизонтальной оси ($R + C$)

Рис. 2. Порядок использования метода Fuzzy DEMATEL



(«значимость») и его чистый эффект (оказанный либо полученный) как вектор вертикальной оси ($R - C$) («связь») в рамках сети. Эти значения визуализируются в IRM путем построения массива данных ($R + C, R - C$), показывающего суммарные значения влияния для поддержки принятия решений.

Порядок использования метода Fuzzy DEMATEL

Алгоритм работы fuzzy DEMATEL представлен на рис. 2. Вначале выполнялся сбор данных для выявления факторов, определяющих развитие ПЭ (IT_n). Затем изучались мнения экспертов по городским ПЭ о взаимосвязи этих факторов. За определением ключевых критериев последовало построение матриц влияния с использованием лингвистических терминов и нечетких числовых значений, чтобы проиллюстрировать выявленные сложные взаимосвязи. На основе экспертных мнений принимающие решения лица провели количественную оценку факторов ПЭ.

С использованием метода CFCS была сконструирована матрица влияния факторов Z, после чего задействован традиционный метод DEMATEL. Нормализованная матрица Z служила основой для формирования новой

матрицы X. Наконец, последовало построение IRM-матрицы T, представившей сводную картину влияния факторов ПЭ. Для визуализации и анализа их прямых и косвенных эффектов определялись векторы вертикальной оси R и C (связи). В совокупности, представленные расчеты обеспечивают углубленное понимание динамики ПЭ в российском контексте.

Результаты

Изначально в качестве переменных нечеткой модели DEMATEL использовались оценки и описания факторов ПЭ, в соответствии с положениями работы (Stam, van de Ven, 2021) (табл. 2). Напомним, что эмпирические данные собирались в отношении семи факторов ПЭ (категории $IT_1 - IT_7$) с привлечением 25 экспертов.

Затем с помощью метода CFCS экспертные мнения были преобразованы в точные величины. Оценки указанных измерений отражены в Приложениях 1 и 2, соответствующие им нечеткие числа — в табл. 1.

По итогам применения предложенного метода в Приложении 3 представлены попарные причинно-следственные связи и значения важности факторов ПЭ

Табл. 2. Основные факторы развития ПЭ	
Фактор	Описание
IT_1	Нормативно-правовая среда
IT_2	Инфраструктура
IT_3	Рынок
IT_4	Доступ к капиталу
IT_5	Инновационная деятельность
IT_6	Человеческие ресурсы
IT_7	Предпринимательская культура

Источники: составлено авторами.

Табл. 3. Матрица связей Z							
	IT_1	IT_2	IT_3	IT_4	IT_5	IT_6	IT_7
IT_1	0.000	0.670	0.663	0.640	0.623	0.557	0.583
IT_2	0.293	0.000	0.513	0.417	0.660	0.630	0.443
IT_3	0.500	0.513	0.000	0.680	0.677	0.550	0.717
IT_4	0.440	0.623	0.687	0.000	0.653	0.467	0.517
IT_5	0.400	0.527	0.720	0.573	0.000	0.427	0.720
IT_6	0.547	0.407	0.553	0.460	0.737	0.000	0.683
IT_7	0.637	0.477	0.687	0.497	0.750	0.650	0.000

Источники: составлено авторами.

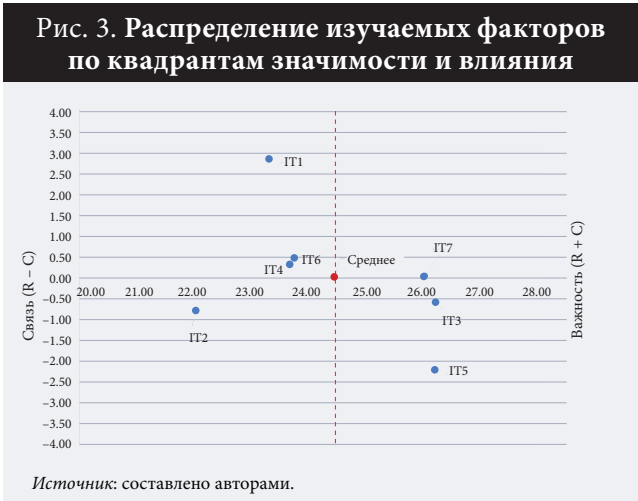


Табл. 4. Матрица связей Т

	IT ₁	IT ₂	IT ₃	IT ₄	IT ₅	IT ₆	IT ₇
IT ₁	1.461	1.780	2.062	1.812	2.167	1.790	1.986
IT ₂	1.263	1.320	1.673	1.453	1.795	1.493	1.613
IT ₃	1.553	1.716	1.875	1.788	2.138	1.755	1.978
IT ₄	1.445	1.635	1.908	1.527	2.004	1.633	1.820
IT ₅	1.441	1.617	1.918	1.663	1.859	1.628	1.863
IT ₆	1.483	1.605	1.900	1.652	2.039	1.536	1.871
IT ₇	1.605	1.736	2.062	1.780	2.186	1.803	1.849

Примечание: Жирным шрифтом выделены значения, превышающие средние для матрицы связей Т (1.743). Можно видеть, как изучаемые аспекты соотносятся друг с другом и какие из них в большей степени подвержены влиянию других. Например, величины факторов IT₃, IT₃ и IT₇ превышают среднее значение матрицы Т, что свидетельствует о значительном влиянии других сил.

Источник: составлено авторами.

Табл. 5. Традиционный метод DEMATEL

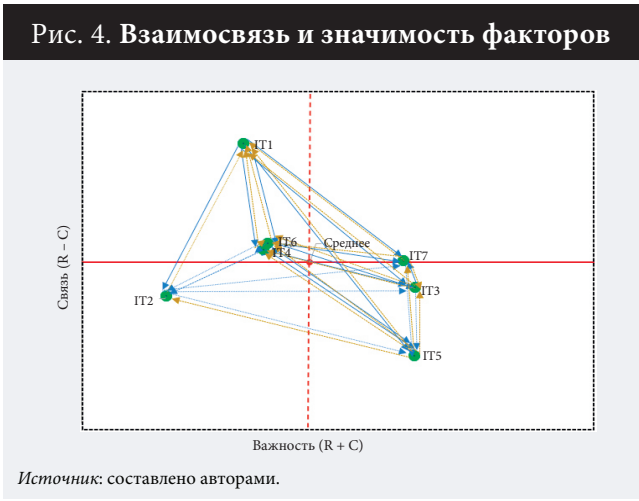
Фактор	R	C	R + C	R - C
IT ₁ – Нормативно-правовая среда	13.058	10.250	23.308	2.809
IT ₂ – Инфраструктура	10.610	11.409	22.019	-0.799
IT ₃ – Рынок	12.804	13.398	26.201	-0.594
IT ₄ – Доступ к капиталу	11.972	11.675	23.647	0.297
IT ₅ – Инновационная деятельность	11.987	14.189	26.176	-2.202
IT ₆ – Человеческие ресурсы	12.085	11.636	23.722	0.449
IT ₇ – Предпринимательская культура	13.020	12.980	26.000	0.040

Источник: составлено авторами.

Табл. 6. Ранжирование факторов

Позиция	Фактор	R - C
1	IT ₁	2.809
2	IT ₆	0.449
3	IT ₄	0.297
4	IT ₇	0.040
5	IT ₃	-0.594
6	IT ₂	-0.799
7	IT ₅	-2.202

Источник: составлено авторами.



в разных перспективах, а также их усредненное влияние. Полученные оценки сводились в единую матрицу Z. Рассчитывались простые среднеарифметические значения с последующей генерацией соответствующих нечетких чисел (табл. 3). После уточнения их величин выполнялись традиционные шаги метода DEMATEL с использованием уравнений (1–4) (см. табл. 4 и 5).

Данные табл. 5 и 6 показывают, что главным фактором влияния является нормативная среда; далее следуют человеческие ресурсы, доступ к капиталу и предпринимательская культура. Инновационная деятельность оказалась наиболее подверженной воздействию других сил. Для упрощения оценки на рис. 3 визуализированы причинно-следственные связи факторов развития ПЭ в российском контексте. Их ранжирование по силе влияния на другие факторы и по степени взаимной подверженности, согласно занимаемым позициям на нечетком графике связей DEMATEL, позволило подробно охарактеризовать каждый фактор (см. диаграмму IRM, рис. 4).

Так, нормативная среда (IT₁) оказалась в квадранте I, что говорит об определяющей роли этого фактора и его способности существенно влиять на другие аспекты. Помимо него здесь оказались компоненты «человеческие ресурсы» (IT₆) и «доступ к капиталу» (IT₄), хотя их влияние заметно слабее. Предпринимательская культура (IT₇), попавшая в квадрант II, также признана центральным аспектом, несмотря на то что ее значение уступает величинам факторов из квадранта I. Фактор инновационной деятельности (IT₅), находящийся в квадранте III, также признан весьма значимым, но слабо связан с другими. Это свидетельствует как о важности инновационной деятельности, так и о ее подверженности влиянию других сил. Стратегии по ее стимулированию должны предусматривать совершенствование нормативной среды, развитие человеческих ресурсов, расширенный доступ к капиталу и сильную предпринимательскую культуру, поскольку все они напрямую влияют на создание инноваций.

На рис. 4 синие стрелки отображают влияние конкретного фактора на другие компоненты. Например, составляющая IT₁ влияет на все остальные, поскольку находится в первом квадранте. Желтые стрелки ил-

люстрируют воздействие, которому рассматриваемые аспекты подвержены со стороны других. Так, на ИТ₅ влияют все прочие силы.

Обсуждение

Целью настоящего исследования было выявить основные факторы, определяющие развитие ПЭ в российском контексте, и их взаимосвязь с помощью метода fuzzy DEMATEL. Согласно нашей теоретической предпосылке, через призму теории САС можно получить целостное комплексное представление о географии и эволюции предпринимательства как процесса взаимодействия системы с внешней средой (Fredin, Lidén, 2020). ПЭ считается сложной системой, включающей разнобразие субъектов, социальные контекстные факторы и многогранное взаимодействие между ними (Carter, Pezeshkan, 2023). Она также характеризуется открытостью, нелинейностью, петлями обратной связи (Fredin, Lidén, 2020) и «эффектом колеи», обусловленным как постоянным функционированием системы, так и непрерывающимся потоком перемен (Cloutier, Messegheem, 2022). На этом основании многие ученые относят ПЭ к категории САС (Fredin, Lidén, 2020; Cloutier, Messegheem, 2022; Carter, Pezeshkan, 2023). Предприниматели рассматриваются как агенты, развивающие свою экосистему одновременными действиями (Carter, Pezeshkan, 2023), обуславливая ее самоорганизующееся поведение (Fredin, Lidén, 2020). Однако системных оценок взаимосвязи различных измерений ПЭ существует немного, что затрудняет углубленное изучение контекстуальных условий, стимулирующих предпринимательство. Также следует упомянуть о самоорганизации — процессе, посредством которого агенты спонтанно корректируют поведение — как собственное, так и других участников экосистемы, чтобы правильно реагировать на меняющиеся внутренние или внешние условия среды (Fredin, Lidén, 2020).

В периоды кризисов и турбулентности САС (с ее внутренним взаимодействием, процессами обратной связи, обучением и адаптивностью) поддерживается механизмами внутреннего контроля. Иными словами, подобной системе присуща самоорганизация, благодаря чему она способна достигать порядка без внешнего управления (Fredin, Lidén, 2020).

В настоящем исследовании на примере российского контекста проиллюстрировано одновременное наличие стимулов как к развитию предпринимательской деятельности, так и к укреплению конкурентного преимущества страны. Предприниматели сталкиваются со значительными нормативными и бюрократическими проблемами для сохранения операционной легитимности. В соответствии с теорией САС это повышает важность самоорганизующегося потенциала ПЭ.

На протяжении всей истории российские предприниматели постоянно имели дело с экономической нестабильностью и турбулентностью. Однако в настоящее время правительство предпринимает целенаправленные шаги по формированию более благоприятного делового климата для ведения бизнеса. Данный факт

отражен в результатах нашего исследования применительно к нормативной среде, выявленной в качестве главной силы, определяющей развитие российской ПЭ. Как отмечено, например, в работе (Fredin, Lidén, 2020), нормы более высокого уровня зачастую принимаются в результате введения оптимизированных правил и локального взаимодействия на нижнем уровне.

Хотя российские стимулы к предпринимательству направлены преимущественно на стимулирование инновационной деятельности (Shakib et al., 2023), наш анализ показывает, что создание инноваций является менее важным драйвером развития ПЭ. Для повышения инновационного потенциала российским предпринимателям прежде всего необходимо участвовать в адаптивных процессах, поскольку указанный фактор подвержен влиянию всех элементов экосистемы. Благодаря этому они смогут ее формировать, развивать, корректировать, реструктурировать чтобы обновляться и приспосабливаться к переменам. Самоорганизующееся поведение российской ПЭ позволяет ее участникам сохранять устойчивую жизнеспособность и конкурентное преимущество даже в турбулентные периоды благодаря участию в коэволюционном процессе выявления, использования и создания новых возможностей (Carter, Pezeshkan, 2023).

Настоящее исследование вносит значимый вклад по ряду направлений. Так, использование преимуществ метода fuzzy DEMATEL позволило аккумулировать важнейшую информацию на всех стадиях анализа взаимосвязи факторов ПЭ в российском контексте.

Стало возможным проанализировать причинно-следственную связь факторов в разных перспективах с учетом опыта и знаний экспертов. Можно констатировать, что в условиях повышенного давления (которые сейчас наблюдаются в России) нормативно-правовая среда, человеческие ресурсы, доступ к капиталу и предпринимательская культура влияют на инновационную деятельность в ПЭ более существенно, чем в относительно стабильном экономическом контексте, что подтверждает гипотезу 1 настоящего исследования. Указанный метод решает проблему неопределенности экспертной информации, которая неизбежна в реальных ситуациях (особенно в турбулентности). Анализ выявил не описанную ранее в литературе взаимосвязь факторов ПЭ в российском контексте. Установлено, что в кризисные периоды для стимулирования инновационной деятельности в ПЭ приоритетами государственной политики должны быть как совершенствование нормативно-правовой среды, так и развитие человеческих ресурсов, особенно в российских реалиях. Кроме того, интеграция теоретических характеристик САС и ПЭ позволила выявить важную роль самоорганизующегося поведения системы (Carter, Pezeshkan, 2023). С точки зрения управления, настоящее исследование способствует укреплению потенциала для анализа и принятия решений в ПЭ в переходные периоды. Оно также обеспечивает более глубокий и комплексный учет значимости нормативной среды, человеческих ресурсов, доступа к капиталу и предпринимательской культуры для стимулирования инновационной деятельности.

Заключение

Настоящее исследование способствует получению новых научных знаний в соответствующей области и представляет ценную информацию профессионалам, специализирующимся на ПЭ. Предложен инновационный подход к пониманию основных факторов развития предпринимательских экосистем в городах и связей между ними с помощью метода fuzzy DEMATEL. Выявление нормативной среды, человеческих ресурсов, доступа к капиталу и предпринимательской культуры как наиболее влиятельных факторов стимулирования инновационной деятельности в ПЭ обуславливает эффективность и надежность использования предложенного подхода в турбулентные времена.

В практическом плане можно предположить значительную взаимозависимость этих аспектов в рамках ПЭ. Однако важно отметить, что выборка настоящего исследования отличается от традиционного многомерного анализа, поскольку основана на мнениях экспертов. Кроме того, работа ограничена конкретным географическим и предметным контекстом. В ходе дальнейших исследований было бы полезно изучить аналогичные проблемы с использованием метода fuzzy DEMATEL и выполнить сравнительный анализ для разных стран или с использованием разных моделей.

Статья подготовлена в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Библиография

- Aeeni Z., Saeedikiya M. (2019) Complexity Theory in the Advancement of Entrepreneurship Ecosystem Research: Future Research Directions. In: *Eurasian Business Perspectives* (eds. B.M.H. Bilgin, H. Danis, E. Demir, U. Can), Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer International Publishing, pp. 19–37.
- Altshuller M. (2017) Another Forgotten War: The Lack of a Western Response to the Ukrainian Conflict. *Harvard International Review*, 38(S1), 7–8. <http://www.jstor.org/stable/26445588>
- Ansell C., Jarle T., Ogar M. (2017) *Governance in Turbulent Times*, Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198739517.001.0001>
- Arici T., Gok M. (2024) Ambiguous Effect of Environmental Turbulence on Innovation and Performance: Analyzing Technology Sectors. *Journal of Innovations in Business and Industry*, 2(1), 13–23. <https://doi.org/10.61552/jibi.2024.01.003>
- Audretsch D.B., Belitski M. (2017) Entrepreneurial ecosystems in cities: Establishing the framework conditions. *The Journal of Technology Transfer*, 42(5), 1030–1051. <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9473-8>
- Audretsch D.B., Cunningham J.A., Kuratko D.F., Lehmann E.E., Menter M. (2019) Entrepreneurial ecosystems: Economic, technological, and societal impacts. *The Journal of Technology Transfer*, 44(2), 313–325. <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9690-4>
- Bone C. (2016) A complex adaptive systems perspective of forest policy in China. *Technological Forecasting and Social Change*, 112, 138–144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.024>
- Brondoni S.M. (2022) Russian-Ukrainian War, Innovation, Creative Imitation & Sustainable Development. *Symphonya. Emerging Issues in Management*, 1, 4–9. <https://doi.org/10.4468/2022.1.02brondoni>
- Brown R., Mason C. (2017) Looking inside the spiky bits: a critical review and conceptualisation of entrepreneurial ecosystems. *Small Business Economics*, 49(1), 11–30. <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9865-7>
- Cantner U., Cunningham J.A., Lehmann E.E., Menter M. (2021) Entrepreneurial ecosystems: A dynamic lifecycle model. *Small Business Economics*, 57(1), 407–423. <https://doi.org/10.1007/s11187-020-00316-0>
- Carter W., Pezeshkan A. (2023) The complexity of entrepreneurial ecosystem evolution and new venture policy: The case of the U.S. commercial space ecosystem. *Technological Forecasting and Social Change*, 192, 122568. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122568>
- Cloutier L., Messegueh K. (2022) Whirlwind model of entrepreneurial ecosystem path dependence. *Small Business Economics*, 59(2), 611–625. <https://doi.org/10.1007/s11187-021-00553-x>
- Colovic A., Schruoffenegger M. (2022) Entrepreneurship for deprived urban communities: Exploring the role of micro-entrepreneurship. *European Management Review*, 19(3), 450–461. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/emre.12458>
- Daniel L.J., de Villiers Scheepers M.J., Miles M.P., de Klerk S. (2022) Understanding entrepreneurial ecosystems using complex adaptive systems theory: getting the big picture for economic development, practice, and policy. *Entrepreneurship & Regional Development*, 34(9–10), 911–934. <https://doi.org/10.1080/08985626.2022.2083691>
- Fredin S., Lidén A. (2020) Entrepreneurial ecosystems: Towards a systemic approach to entrepreneurship? *Geografisk Tidsskrift – Danish Journal of Geography*, 120(2), 87–97. <https://doi.org/10.1080/00167223.2020.1769491>
- Fuentelsaz L., Maicas J.P., Montero J. (2023) The social status of entrepreneurs: An analysis of informal and formal institutional determinants. *European Management Review*, 12616 (ahead-of-print). <https://doi.org/10.1111/emre.12616>
- Han J., Ruan Y., Wang Y., Zhou H. (2021) Toward a complex adaptive system: The case of the Zhongguancun entrepreneurship ecosystem. *Journal of Business Research*, 128, 537–550. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.077>
- Isenberg D. (2010) How to start an entrepreneurial revolution. *Harvard Business Review*, 88, 40–51.
- Khurana I., Dutta D.K., Singh Ghura A. (2022) SMEs and digital transformation during a crisis: The emergence of resilience as a second-order dynamic capability in an entrepreneurial ecosystem. *Journal of Business Research*, 150, 623–641. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.06.048>
- Kuratko D.F., Fisher G., Bloodgood J.M., Hornsby J.S. (2017) The paradox of new venture legitimization within an entrepreneurial ecosystem. *Small Business Economics*, 49(1), 119–140. <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9870-x>
- Malecki E.J. (2018) Entrepreneurship and entrepreneurial ecosystems. *Geography Compass*, 12(3), e12359. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/gec3.12359>
- Moraes G.H.S.M., Schaeffer P.R., Alves A.C., Heaton S. (2025) Exploring a link between faculty intrapreneurship, student entrepreneurship and ecosystem dynamism. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 17(2), 336–356. <https://doi.org/10.1108/JEEE-09-2023-0356>

Phillips M.A., Ritala P. (2019) A complex adaptive systems agenda for ecosystem research methodology. *Technological Forecasting and Social Change*, 148, 119739. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119739>

Rouhani S., Ashrafi A., Afshari S. (2013) Segmenting critical success factors for ERP implementation using an integrated fuzzy AHP and fuzzy DEMATEL approach. *World Applied Sciences Journal*, 22, 1066–1079. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.22.08.631>

Roundy P.T., Bradshaw M., Brockman B.K. (2018) The emergence of entrepreneurial ecosystems: A complex adaptive systems approach. *Journal of Business Research*, 86, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.01.032>

Shakib M., Sohag K., Mariev O., Samargandi N., Ferraris A. (2023) Innovation and credit market deepening: Evidence from Russian region. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(3), 100391. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100391>

Shirokova G., Beliaeva T., Manolova T.S. (2022) The Role of Context for Theory Development: Evidence From Entrepreneurship Research on Russia. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 47(6), 2384–2418. <https://doi.org/10.1177/10422587221138226>

Simon H.A. (1962) The Architecture of Complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106(6), 467–482.

Spigel B., Harrison R. (2018) Toward a process theory of entrepreneurial ecosystems. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 12(1), 151–168. <https://doi.org/10.1002/sej.1268>

Stam E. (2015) Entrepreneurial Ecosystems and Regional Policy: A Sympathetic Critique. *European Planning Studies*, 23(9), 1759–1769. <https://doi.org/10.1080/09654313.2015.1061484>

Stam E., van de Ven A. (2021) Entrepreneurial ecosystem elements. *Small Business Economics*, 56(2), 809–832. <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00270-6>

Valdez M.E., Richardson J. (2013) Institutional Determinants of Macro-Level Entrepreneurship. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37(5), 1149–1175. <https://doi.org/10.1111/etap.12000>

Van De Ven H. (1993) The development of an infrastructure for entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, 8(3), 211–230. [https://doi.org/10.1016/0883-9026\(93\)90028-4](https://doi.org/10.1016/0883-9026(93)90028-4)

Vedula S., Kim P.H. (2019) Gimme shelter or fade away: The impact of regional entrepreneurial ecosystem quality on venture survival. *Industrial and Corporate Change*, 28(4), 827–854. <https://doi.org/10.1093/icc/dtz032>

Vicentin D.C., Moraes G.H.S.M., Fischer B.B., Campello B.S.C., Prado N.B., Anholon R. (2024) The interdependence between the Entrepreneurial Ecosystem and Entrepreneurial Culture – An analysis with sustainable and traditional entrepreneurs. *Journal of Cleaner Production*, 466, 142821. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142821>

Yakovlev A. (2006) The Evolution of Business: State Interaction in Russia: From State Capture to Business Capture? *Europe-Asia Studies*, 58(7), 1033–1056. <http://www.jstor.org/stable/20451287>

Zhang Z.-X., Wang L., Wang Y.-M., Martínez L. (2023) A novel alpha-level sets based fuzzy DEMATEL method considering experts' hesitant information. *Expert Systems with Applications*, 213, 118925. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118925>

Zhao X., Xu Y., Vasa L., Shahzad U. (2023) Entrepreneurial ecosystem and urban innovation: Contextual findings in the lens of sustainable development from China. *Technological Forecasting and Social Change*, 191, 122526. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122526>

Приложение 1. Матрица нечетких связей (IT01)

	IT ₁ - IT ₁	IT ₁ - IT ₂	IT ₁ - IT ₃	IT ₁ - IT ₄	IT ₁ - IT ₅	IT ₁ - IT ₆	IT ₁ - IT ₇
R1	[0,0,0,0,0]	[0,25,0,5,0,75]	[0,75,1,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,75,1,1]
R2	[0,0,0,0,0]	[0,75,1,1]	[0,0,0,25,0,5]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]
R3	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,75,1,1]
R4	[0,0,0,0,0]	[0,0,0,25,0,5]	[0,25,0,5,0,75]	[0,0,0,25,0,5]	[0,25,0,5,0,75]	[0,0,0,25,0,5]	[0,0,25,0,5]
R5	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,75,1,1]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]
R6	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,75,1,1]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]
R7	[0,0,0,0,0]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]
R8	[0,0,0,0,0]	[0,25,0,5,0,75]	[0,75,1,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,75,1,1]	[0,25,0,5,0,75]
R9	[0,0,0,0,0]	[0,75,1,1]	[0,0,0,25,0,5]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]
R10	[0,0,0,0,0]	[0,75,1,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,75,1,1]	[0,75,1,1]	[0,25,0,5,0,75]
R11	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,0,0,25,0,5]	[0,0,0,25,0,5]	[0,0,0,25,0,5]	[0,25,0,5,0,75]
R12	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,75,1,1]	[0,75,1,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,0,0,25,0,5]
R13	[0,0,0,0,0]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]
R14	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,75,1,1]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]
R15	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]
R16	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]
R17	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,0,0,25,0,5]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,0,0,25,0,5]	[0,0,0,25,0,5]
R18	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]
R19	[0,0,0,0,0]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]	[0,75,1,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,0,0,25,0,5]	[0,0,0,25,0,5]
R20	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]
R21	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,75,1,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]
R22	[0,0,0,0,0]	[0,0,0,0,25]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]
R23	[0,0,0,0,0]	[0,5,0,75,1]	[0,75,1,1]	[0,5,0,75,1]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,75,1,1]
R24	[0,0,0,0,0]	[0,75,1,1]	[0,0,0,25,0,5]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]	[0,5,0,75,1]
R25	[0,0,0,0,0]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]	[0,0,0,25,0,5]	[0,0,0,0,25]	[0,25,0,5,0,75]	[0,25,0,5,0,75]
Агрегат	[0,0,0,0,0]	[0,44,0,68,0,89]	[0,43,0,68,0,88]	[0,40,0,65,0,87]	[0,39,0,63,0,85]	[0,32,0,56,0,79]	[0,35,0,59,0,81]

Источник: составлено авторами.

Приложение 2. Матрица нечетких связей (IT07)							
	IT ₁ - IT ₁	IT ₁ - IT ₂	IT ₁ - IT ₃	IT ₁ - IT ₄	IT ₁ - IT ₅	IT ₁ - IT ₆	IT ₁ - IT ₇
R1	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.75,1,1]	[0.0,0.0,0.25]	[0.75,1,1]	[0.75,1,1]	[0.0,0.0,0.0]
R2	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.75,1,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.0]
R3	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.75,1,1]	[0.75,1,1]	[0.0,0.0,0.0]
R4	[0.0,0.0,0.25]	[0.0,0.0,0.25]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.25,0.5]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.0,0.0]
R5	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.0]
R6	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.0,0.0]
R7	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.0,0.0]
R8	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.75,1,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.75,1,1]	[0.75,1,1]	[0.0,0.0,0.0]
R9	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.75,1,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.0]
R10	[0.75,1,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.75,1,1]	[0.75,1,1]	[0.0,0.0,0.0]
R11	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.0,0.25,0.5]	[0.0,0.25,0.5]	[0.0,0.25,0.5]	[0.0,0.0,0.0]
R12	[0.75,1,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.75,1,1]	[0.0,0.0,0.0]
R13	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.0,0.0]
R14	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.0]
R15	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.0]
R16	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.0,0.0]
R17	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.75,1,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.0,0.0,0.0]
R18	[0.0,0.25,0.5]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.75,1,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.0]
R19	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.75,1,1]	[0.75,1,1]	[0.75,1,1]	[0.75,1,1]	[0.0,0.0,0.0]
R20	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.25]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.25,0.5]	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.0]
R21	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.0,0.0]
R22	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.25,0.5]	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.0]
R23	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.0,0.0]
R24	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.5,0.75,1]	[0.0,0.25,0.5]	[0.75,1,1]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.0]
R25	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.25,0.5,0.75]	[0.0,0.0,0.0]
Агрегат	[0.40,0.64,0.87]	[0.24,0.47,0.72]	[0.46,0.70,0.91]	[0.27,0.49,0.73]	[0.53,0.78,0.94]	[0.42,0.67,0.86]	[0.0,0.0,0.0]
Источник: составлено авторами.							

Приложение 3. Сводная матрица нечетких связей							
	IT ₁	IT ₂	IT ₃	IT ₄	IT ₅	IT ₆	IT ₇
IT ₁	[0.0,0.0,0.0]	[0.44,0.68,0.89]	[0.43,0.68,0.88]	[0.4,0.65,0.87]	[0.39,0.63,0.85]	[0.32,0.56,0.79]	[0.35,0.59,0.81]
IT ₂	[0.09,0.27,0.52]	[0.0,0.0,0.0]	[0.28,0.52,0.74]	[0.2,0.41,0.64]	[0.43,0.66,0.89]	[0.39,0.63,0.87]	[0.23,0.43,0.67]
IT ₃	[0.26,0.51,0.73]	[0.27,0.52,0.75]	[0.0,0.0,0.0]	[0.44,0.69,0.91]	[0.44,0.69,0.9]	[0.31,0.56,0.78]	[0.49,0.73,0.93]
IT ₄	[0.24,0.43,0.65]	[0.38,0.63,0.86]	[0.46,0.71,0.89]	[0.0,0.0,0.0]	[0.43,0.67,0.86]	[0.23,0.46,0.71]	[0.27,0.52,0.76]
IT ₅	[0.16,0.4,0.64]	[0.29,0.53,0.76]	[0.49,0.74,0.93]	[0.34,0.58,0.8]	[0.0,0.0,0.0]	[0.2,0.42,0.66]	[0.5,0.75,0.91]
IT ₆	[0.32,0.55,0.77]	[0.19,0.4,0.63]	[0.31,0.56,0.79]	[0.23,0.46,0.69]	[0.51,0.76,0.94]	[0.0,0.0,0.0]	[0.55,0.8,0.933]
IT ₇	[0.4,0.64,0.87]	[0.24,0.47,0.72]	[0.45,0.7,0.91]	[0.27,0.49,0.73]	[0.53,0.78,0.94]	[0.42,0.67,0.86]	[0.0,0.0,0.0]
Источник: составлено авторами.							