

<https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-3-1440>

Индекс интегральной эффективности цифровой платформенной бизнес-экосистемы

Е.В. Попов , В.Л. Симонова , А.С. Зырянов  

Уральский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте Российской Федерации,
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 66, Российская Федерация

 zyrianov.info@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрен метод оценки потенциала цифровой платформенной экосистемы промышленного предприятия, что является актуальным направлением в условиях цифровой трансформации экономики. Введение цифровых технологий изменяет традиционные принципы создания и потребления ценности, способствуя переходу к многоуровневой модульной архитектуре бизнес-экосистем. Основной целью исследования является разработка мультикритериального интегрального подхода к оценке эффективности цифровых бизнес-экосистем, учитывающего базовые ключевые аспекты потенциала цифровизации. Представлена методика расчета индекса интегральной эффективности (*Index Integral Efficiency*, ИЕ), который позволяет количественно измерить и сравнить влияние цифровизации на бизнес-экосистему в разрезе экономических, операционных, технических, социальных и рыночных эффектов, что определяет необходимость и достаточность такой оценки. В основу методики положены показатели, характеризующие ключевые аспекты экосистемного взаимодействия, включая рентабельность инвестиций, уровень автоматизации, вовлеченность участников, конкурентные преимущества, рыночную долю и др. Применение аналитического иерархического процесса позволило объективно определить весовые коэффициенты каждого критерия, минимизируя субъективный фактор в оценке. Методологическая база исследования включает библиографический обзор, системный анализ и многокритериальное моделирование. В работе проведен сравнительный анализ существующих подходов к оценке эффективности цифровых бизнес-экосистем, выявлены их ограничения и предложена обобщенная методика, обеспечивающая комплексную оценку интегральных эффектов цифровизации. Результаты исследования позволяют предположить, что предложенный индекс ИЕ обладает высокой прогностической ценностью для оценки динамики цифровизации предприятий и их конкурентные позиции в цифровых бизнес-экосистемах. Научная новизна полученного результата заключается в разработке индекса интегральной эффективности цифровой платформенной бизнес-экосистемы, развивающей методы оценки целесообразности формирования цифровых бизнес-экосистем.

Ключевые слова: цифровизация промышленности, цифровые платформы, цифровая платформенная экосистема, бизнес-экосистема, методы анализа цифровых платформ, цифровая трансформация бизнеса, интегральный индекс эффективности, многокритериальное моделирование

Благодарности: Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда и Правительства Свердловской области, № 24-18-20036, <https://rscf.ru/project/24-18-20036/>

Для цитирования: Попов Е.В., Симонова В.Л., Зырянов А.С. Индекс интегральной эффективности цифровой платформенной бизнес-экосистемы. *Экономика промышленности*. 2025;18(3):405–420. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-3-1440>

Index of integral efficiency of the digital platform business ecosystem

E.V. Popov , V.L. Simonova , A.S. Zyrianov ✉

Ural Institute of Management at the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,
66 8 Marta Str., Yekaterinburg 620144, Russian Federation

✉ zyrianov.info@gmail.com

Abstract. The article considers a method for assessing the potential of a digital platform ecosystem of an industrial enterprise, which is a relevant area in the context of the digital transformation of the economy. The introduction of digital technologies changes the traditional principles of creating and consuming value, facilitating the transition to a multi-level modular architecture of business ecosystems. The main objective of the study is to develop a multi-criteria integration approach to assessing the effectiveness of digital business ecosystems, taking into account the basic key aspects of the digitalization potential. The article presents a methodology for calculating the Index of Integral Efficiency (IIE), which allows for quantitative measurement and comparison of the impact of digitalization on the business ecosystem, in terms of economic, operational, technical, social and market effects, which determines the necessity and sufficiency of such an assessment. The methodology is based on indicators characterizing key aspects of ecosystem interaction, including return on investment level of automation, participant involvement, competitive advantages, market share and others. The use of the analytical hierarchical process made it possible to objectively determine the weighting coefficients of each criterion, minimizing the subjective factor in the assessment. The methodological basis of the study includes system analysis, multi-criteria modeling and a bibliographic review. The paper presents a comparative analysis of existing approaches to the effectiveness of digital business ecosystems, identifies their limitations, and proposes a generalized methodology that provides a comprehensive assessment of the integration effects of digitalization. The results of the study suggest that the proposed IIE index has high predictive value, allowing one to assess the dynamics of digitalization of enterprises and their competitive positions in digital business ecosystems. The scientific novelty of the obtained result lies in the development of an index of the integral efficiency of a digital platform business ecosystem, which develops methods for assessing the feasibility of forming digital business ecosystems.

Keywords: digitalization of industry, digital platform ecosystem, business ecosystem, methods of digital platform analysis, digital business transformation, integration efficiency index, multi-criteria modeling

Acknowledgments: The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Government of the Sverdlovsk Region No. 24-18-20036, <https://rscf.ru/project/24-18-20036/>

For citation: Popov E.V., Simonova V.L., Zyrianov A.S. Index of integral efficiency of the digital platform business ecosystem. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(3):405–420. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-3-1440>

數位平台商業生態系統綜合效率指數

E.V. 波波夫 , V.L. 西蒙诺娃 , A.S. 济里亚诺夫 ✉

乌拉尔管理学院——俄罗斯联邦总统直属国民经济与行政学院分校,
620144, 俄罗斯联邦叶卡捷琳堡三八路8号66栋

✉ zyrianov.info@gmail.com

摘要：本文探讨了一种评估工业企业数字平台生态系统潜力的方法，这是经济数字化转型背景下的一个重要方向。数字技术的引入改变了传统的价值创造和消费原则，促进了商业生态系统向多层次模块化架构的转变。本研究的主要目标是开发一种多目标综合方法，用于评估数字商业生态系统的效率，并考虑了数字化潜力的基本关键方面。本文提出了综合效率指数（IIE）的计算方法，该方法可以定量衡量和比较数字化对商业生态系统在经济、运营、技术、社会和市场效应方面的影响，这决定了评估的必要性和充分性。该方法基于表征生态系统互动关键方面的指标，包括投资回报率（ROI）、自动化水平、参与者参与度、竞争优势、市场份额等。使用层次分析法（AHP）可以客观地确定每个标准的权重系数，从而最大限度地减少评估中的主

观因素。该研究的方法论基础包括文献综述、系统分析和多目标建模。本文对现有的评估数字商业生态系统效率的方法进行了比较分析,指出了它们的局限性,并提出了一种综合方法,可以全面评估数字化的整体效应。研究结果表明,所提出的IIE指数具有较高的预测价值,可用于评估企业数字化动态及其在数字商业生态系统中的竞争地位。本研究成果的科学新奇是开发了数字平台商业生态系统的综合效率指数,拓展了评估构建数字商业生态系统可行性的方法。

关键词: 工业数字化、数字平台、数字平台生态系统、商业生态系统、数字平台分析方法、企业数字化转型、综合效率指数、多目标建模

致谢: 本研究由俄罗斯科学基金会和斯维尔德洛夫斯克州政府资助, 编号: 24-18-20036, <https://rscf.ru/project/24-18-20036/>

Введение

Бизнес-экосистемы – это сложные, динамические, сетевого характера экономические системы, характеризующиеся множеством сущностей, включая компании, технологии, процессы, а также различного рода взаимодействия и тенденции, сотрудничество компаний в экосистеме позволяет коллективно распознавать возможности в бизнес-среде [1]. Понимание состояния бизнес-экосистем становится все более важной стратегической необходимостью для многих лиц, принимающих решения, особенно когда такие экосистемы находятся в состоянии ускоряющегося процесса цифровизации, что становится ресурсоемкой деятельностью, поскольку соответствующие источники информации разбросаны, часто неструктурированы и не интегрированы или не курируются для предоставления действенных идей.

Цифровая трансформация реальных секторов экономики, например переход от традиционного управления электросетевым хозяйством к цифровым интеллектуальным подстанциям, привела к изменению архитектуры продуктов и отраслевой архитектуры [2], влияющих на создание и потребление ценности [3; 4]. В индустриальную эпоху продукты проектировались на основе модульных архитектур, использовались в виде единого ценностного предложения; в цифровую эпоху продукты создаются на основе стека технологий, так называемой многослойной модульной архитектуры [5], и являются частью более широкой экосистемной ценности.

Учитывая переход к цифровым бизнес-экосистемам и многоуровневой модульной архитектуре отраслей, таких как энергетика, машиностроение, сельское хозяйство, электронная или химическая промышленность, а также важность оценки эффективности в цифровой бизнес-экосистеме, возникают вопросы: как фирмы устанавливают критерии такой эффективности, какая комбинация достижения уровня плановых или нормативных показателей эффективности приводит к превосходной позиции для получения прибыли от ин-

новаций и какова роль (компонентных и отраслевых) знаний в этом процессе, как со временем меняются позиции участников по мере перехода отраслей к цифровым бизнес-экосистемам?

Текущая рыночная ситуация в цифровой бизнес-экосистеме в среднем по промышленным отраслям – это переход от фазы 0 к фазе 1 [6]. На этапе перехода ценность по-прежнему в основном зависит от продажи физических продуктов, но с появлением цифровых технологий она все чаще создается за счет сбора данных и связанных с ними услуг. В результате в цифровой бизнес-экосистеме возникает многоуровневая модульная архитектура [7], где на нижнем уровне физические продукты, такие, например, как трансформаторы, тракторы или технологические линии, создают ценность для промышленности. На следующем уровне устройства выборки данных, такие как датчики, добавляют ценность, собирая данные. Только через связность слоев эти данные могут передаваться с физических устройств на цифровые уровни, что обеспечивается стандартами и интерфейсами [8]. Затем аналитический уровень, на котором, например, для прогнозирования износа оборудования или правильности режимов работы искусственный интеллект (ИИ) может использоваться в качестве системы поддержки принятия решений в форме точных рекомендаций по выводу оборудования в ремонт.

Наконец, на уровне цифровых услуг существуют информационные системы управления процессами, которые часто представляют собой веб-программные системы или приложения, управляющие промышленными данными, позволяющие легко обрабатывать записи и документировать производственные процессы.

Переход от индустриальных архитектур к цифровым бизнес-экосистемам меняет то, какие виды ресурсов являются ценными для получения прибыли от инноваций. В то время как традиционно контрольные точки определяли потенциал получения стоимости (например, дополнительные активы, такие как отдел продаж), все больше

новых контрольных точек (например, владение данными клиентов) в сочетании с традиционными влияют на то, кто получает прибыль от инноваций. Поэтому возникает вопрос: как компании в развивающихся цифровых бизнес-экосистемах устанавливают и оценивают показатели эффективности для оценки потенциала цифровизации, создания и получения стоимости?

В связи с этим целью исследования является создание унифицированного интегрального подхода к оценке эффективности развития цифровых бизнес-экосистем на базе многоуровневой модульной архитектуры. Ключевые задачи включают в себя определение критериев цифровизации промышленных экосистем, а также построение модели, способной учитывать экономические, операционные, технические, социальные и рыночные эффекты этого процесса.

Методология исследования

В настоящем исследовании центральное место уделено анализу критериев оценки эффективности бизнес-экосистем, находящихся в процессе цифровизации, которые рассматриваются как основополагающий элемент научного поиска. Особое внимание уделено комплексности подхода в сборе критериев, в том числе и объективности установления весовых характеристик. Для поддержки теоретической структуры исследования использовались ключевые постулаты специфической теории экономических экосистем, а также теории стейкхолдеров (заинтересованных сторон), заложившие теоретико-методологический фундамент анализа.

В целях установления оптимальных критериев оценки эффективности цифровизации в формирующейся цифровой бизнес-экосистеме применены как общенаучные, так и специализированные методы исследования, включая комплексный библиографический и системный анализ, компаративный анализ и синтез, в том числе методы математического многокритериального анализа, математического моделирования, описывающий состояние системы при различных условиях состояния критериев. Эти методологии обеспечили комплексность и глубину теоретических обобщений, представленных в работе.

Развитие подхода оценки потенциала платформенной экосистемы предприятия

Для определения того, как различные субъекты могут извлекать выгоду из инноваций во время появления и развития цифровых бизнес-экосистем, используется оценка потенциала цифровизации или оценка эффективности этот

процесса. Литература по бизнес-экосистемам и платформам дает некоторое представление о механизмах контроля. Основные элементы, которые следует учитывать при контроле в цифровых бизнес-экосистемах – это положение фирмы в экосистеме, управление экосистемой [9] и эволюция с течением времени. По положению в структуре фирмы могут быть либо ядром бизнес-экосистемы, либо комплементарными. В то время как центральные звенья бизнес-экосистемы выигрывают в контекстах, где доминируют восходящие вызовы (поставщики сталкиваются с инновационными вызовами), комплементарные компании выигрывают в контексте с более значительными нисходящими вызовами (покупателями и комплементарными компаниями сталкиваются с инновационными вызовами) [10]. В данной работе внимание сконцентрировано на фирмах, являющихся ядром бизнес-экосистемы.

В научной литературе в целом достаточно много подходов и направлений к определению понятия «экономических экосистем», при этом хоть эта тематика и находится сейчас на достаточно высоком уровне популярности, тем не менее литературы, описывающей методики расчета оценки эффективности экосистем, значительно меньше, особенно если говорить о цифровых бизнес-экосистемах как об отдельном типе экономических экосистем. При этом подавляющая часть таких работ предлагает в основном качественные подходы к оценке, которые сводятся чаще всего к проведению структурированных экспертных интервью и кластеризации типов критериев, так или иначе повлиявших на достижение результатов ядра бизнес-экосистемы (чаще такой метод присущ зарубежным авторам, исследующим вопросы бизнес-экосистем), или поиске факторов, влияющих на эффективность цифровизации, другая – небольшая часть работ – рассматривает количественные подходы к оценке, при этом говорить о существовании единых векторов в части выбора критериев оценки, позволяющих относить подходы к тем или иным типам (школам), пока не приходится.

Так, О.Е. Каленов в своей работе [11] выделяет комплексный подход к оценке эффективности бизнес-экосистем в цифровой экономике. Автор предлагает методику, основанную на интегральном показателе, который включает четыре основные группы критериев: операционно-синергетическую, финансово-инвестиционную, цифровую и регуляторную. Эти группы содержат различные показатели, которые могут

быть адаптированы в зависимости от специфики конкретной экосистемы.

В.И. Абрамов, В.В. Гордеев и А.Д. Столяров в своей статье [12] выделяют ключевые аспекты цифровой трансформации промышленных предприятий в контексте создания цифровых бизнес-экосистем. Исследование акцентирует внимание на структурных компонентах этих экосистем и принципах их формирования, включая использование таких технологий, как Интернет вещей, ИИ, большие данные и облачные вычисления, а также затрагивает вопросы факторов, влияющих на цифровую трансформацию.

Исследование О.В. Третьякова [13] посвящено анализу ключевых факторов успешности процесса создания, функционирования и развития цифровых бизнес-экосистем. Автор исследует различные аспекты и вызовы, связанные с интеграцией цифровых технологий в бизнес-процессы, а также рассматривает разнообразные стратегии формирования цифровых экосистем на базе ключевых факторов успеха.

А.В. Шелепов [14] подробно анализирует влияние цифровых платформ и экосистем на экономическое развитие и рассуждает о факторах и тенденциях их роста. Основываясь на тенденциях цифровизации мировой экономики, автор предлагает концептуальные рекомендации по улучшению регулирования цифровых платформ в России.

Статья Л.А. Раменской [15] посвящена определению показателей развития экосистем бизнеса на основе цифровых платформ. В работе систематизированы финансовые и нефинансовые показатели, используемые для формализации подхода к оценке эффективности таких экосистем, и акцентируется внимание на необходимости комплексного подхода к оценке эффективности. Особенное внимание уделяется экосистемам, формируемым крупнейшими российскими цифровыми платформами, такими как «Сбер», «Яндекс» и др.

Статья Р.С. Басоле и его коллег (R.C. Basole et al.) [16] посвящена использованию визуального аналитического инструмента для изучения сложных бизнес-экосистем с помощью технологий ИИ и визуализации сетей. В исследовании продемонстрировано, как с помощью данных подходов можно систематизировать и улучшить процесс оценки и принятия решений в бизнесе, обеспечивая глубокое понимание динамических взаимосвязей между различными участниками экосистемы.

На примере анализа нескольких фирм Р. Бонсак, М. Реннингс, К. Блок и С. Брёринг

(R. Bohnsack, M. Rennings, C. Block, S. Bröring) оценили возможно извлечения прибыли из инноваций в условиях возникновения цифровых бизнес-экосистем с точки зрения контрольных точек [17]. Основной фокус работы направлен на изучение трансформации продуктов и отраслевых архитектур в эпоху цифровизации, влияющей на создание и усвоение ценности в таких экосистемах. Авторы выявили набор конкретных контрольных точек, которые в зависимости от фазы цифровизации бизнес-экосистемы тем или иным образом оказывают влияние на эффективность ее цифровизации.

Анализируя подобную мировую научную литературу, авторы статьи пришли к выводу, что метод оценки потенциала цифровизации бизнес-экосистем должен носить комплексный характер, т.е. учитывать различные аспекты и факторы, влияющие на эффекты процесса цифровизации (не только финансовую часть вопроса). Таким образом, общая оценка потенциала цифровизации может иметь вид интегральной характеристики всех составляющих ее критериев, которые в свою очередь должны иметь весовые характеристики, зависящие от стадии развития бизнес-экосистемы и нюансов рассматриваемой отрасли, рассчитанные максимально объективно. Помимо этого, должна просматриваться взаимосвязь критериев интегральной оценки со всеми ключевыми стейкхолдерами (участниками) цифровой бизнес-экосистемы.

Таким образом, в качестве направлений, составляющих комплексную основу для оценки эффективности бизнес-экосистем, используются следующие аспекты, которые рассматривались в работе о потенциале цифровизации экосистем [18]:

- производственно-технологический потенциал;
- инновационный потенциал;
- финансовый потенциал;
- рыночный потенциал;
- кадровый потенциал.

Эти направления в итоге легли в основу формирования интегральных критериев оценки эффектов цифровизации бизнес-экосистем. При этом набор показателей каждого из данных критериев выбирался на основе соответствия набору контрольных точек (технических и стратегических), разработанных Р. Бонсаком, М. Реннингсом, К. Блоком и С. Брёрингом (R. Bohnsack, M. Rennings, C. Block, S. Bröring [17]). В **табл. 1** представлен анализ соответствия контрольных точек и показателей критериев оценки эффектов индекса интегральной эффективности.

Таблица 1 / Table 1

Таблица соответствия контрольных точек и показателей критериев оценки эффектов индекса интегральной эффективности

Table of correspondence between control points and indicators of criteria for assessing the effects of the integral efficiency index

Показатель	Критерий	Контрольная точка	Соответствие
ROI	Экономический эффект (<i>E</i>)	Стратегическая: захват ценности	Частично соответствует. Отражает финансовую эффективность, но не учитывает владение данными
NPV	Экономический эффект (<i>E</i>)	Стратегическая: долгосрочная выгода	Соответствует. Учитывает долгосрочные финансовые эффекты, важные для стратегической устойчивости
CS	Экономический эффект (<i>E</i>)	Техническая: оптимизация затрат	Соответствует. Отражает экономию, связанную с технической оптимизацией процессов
DV (захват данных)	Экономический эффект (<i>E</i>)	Стратегическая: владение данными	Полностью соответствует. Учитывает ключевую стратегическую контрольную точку
ЕМ (монетизация экосистемы)	Экономический эффект (<i>E</i>)	Стратегическая: доходы экосистемы	Полностью соответствует. Учитывает доходы от участников экосистемы
R (эффективность ресурсов)	Операционный эффект (<i>O</i>)	Техническая: использование ресурсов	Соответствует. Отражает оптимизацию использования ресурсов
СТ (сокращение времени)	Операционный эффект (<i>O</i>)	Техническая: модульность	Полностью соответствует. Ускорение цикла связано с модульностью и гибкостью процессов
IT (оборачиваемость запасов)	Операционный эффект (<i>O</i>)	Техническая: масштабируемость	Соответствует. Отражает способность платформы поддерживать гибкость цепочки поставок
A (уровень автоматизации)	Технический эффект (<i>T</i>)	Техническая: автоматизация	Полностью соответствует. Уровень автоматизации напрямую связан с техническими контрольными точками
U (доступность платформы)	Технический эффект (<i>T</i>)	Техническая: надежность	Полностью соответствует. Отражает доступность платформы как ключевого технического аспекта
P (масштабируемость)	Технический эффект (<i>T</i>)	Техническая: масштабируемость	Полностью соответствует. Определяет способность платформы адаптироваться к росту нагрузки
E (вовлеченность участников)	Социальный эффект (<i>S</i>)	Институциональная: вовлеченность	Соответствует. Отражает институциональную контрольную точку, связанную с вовлеченностью участников
J (создание рабочих мест)	Социальный эффект (<i>S</i>)	Институциональная: занятость	Соответствует. Отражает влияние на рынок труда и социальное развитие
D (цифровая вовлеченность)	Социальный эффект (<i>S</i>)	Институциональная: образование	Соответствует. Учитывает цифровую грамотность участников
MS (прирост доли рынка)	Конкурентное предложение (<i>CP</i>)	Стратегическая: рыночная доля	Полностью соответствует. Отражает рыночное позиционирование
CR (удержание клиентов)	Конкурентное предложение (<i>CP</i>)	Стратегическая: доступ к клиентам	Полностью соответствует. Определяет удержание клиентов как стратегическую контрольную точку
TTM (ускорение вывода)	Конкурентное предложение (<i>CP</i>)	Техническая: скорость инноваций	Соответствует. Ускоряет внедрение новых продуктов, что связано с техническими точками
C2S (снижение затрат)	Конкурентное предложение (<i>CP</i>)	Техническая: снижение издержек	Соответствует. Подчеркивает снижение затрат как ключевую техническую точку.
NPS (лояльность клиентов)	Конкурентное предложение (<i>CP</i>)	Стратегическая: бренд	Полностью соответствует. Отражает силу бренда и его влияние на лояльность клиентов

Критерии и метод оценки платформенной экосистемы предприятия

Рассмотрим критерии подробнее.

1. Индекс интегральной эффективности (ИЕ). Здесь представлен авторский метод расчета потенциала цифровой платформенной экосистемы в виде многокритериальной (интегральной) модели оценки. Данная модель учитывает экономические, операционные, технические, социальные и рыночные эффекты одновременно и позволяет количественно измерить и сравнить комплексный эффект от внедрения экосистем в компаниях (**рис. 1**). Новизна подхода заключается в том, что в отличие от большинства существующих методик, сосредоточенных на экономике (ROI, NPV), в данном варианте не игнорируются более широкие эффекты экосистемного подхода, например:

- сетевые эффекты;
- социальные преимущества;
- рост инновационного потенциала участников экосистемы.

Формула расчета индекса интегральной эффективности потенциала цифровизации бизнес-экосистемы МСП B2B:

$$ИЕ = w_E \cdot E + w_O \cdot O + w_T \cdot T + w_S \cdot S + w_{CP} \cdot CP.$$

Данные веса можно устанавливать или корректировать в зависимости от стратегических

приоритетов. Для минимизации субъективного фактора в выборе весов предлагается их определять на основе экспертного консенсуса или с использованием методов анализа иерархий (*Analytic Hierarchy Process, AHP*) [19].

Метод АНР – это метод принятия решений, который используется для обоснованного и объективного выбора весов при многокритериальной оценке. Он помогает структурировать сложные задачи, включая субъективные факторы, и переводит их в численные значения. Данный метод состоит из следующих основных этапов:

1. Определение целей и критериев. Цель – определить веса компонентов интегрального эффекта, критерии – *E, O, T, S, CP*.

а) создание иерархической структуры:

- уровень 1 (цель): определить интегральный индекс эффективности (ИЕ);
- уровень 2 (критерии): *E, O, T, S, CP*;
- уровень 3 (показатели): например, ROI, NPV, CS для *E*.

б) построение матрицы попарного сравнения.

Для каждого уровня иерархии участники процесса (эксперты) оценивают относительную важность критериев, заполняя матрицу попарного сравнения.

Сравнения выполняются на основе шкалы Саати [20] (**табл. 2**), пример построения матрицы попарного сравнения представлен в **табл. 3**.



Рис. 1. Схема многокритериальной (интегральной) модели оценки эффективности цифровых бизнес-экосистем – индекс интегральной эффективности

Fig. 1. Scheme of a multi-criteria (integration) model for assessing the effectiveness of digital business ecosystems – the index of integration effectiveness

Таблица 2 / Table 2

Шкала Саати
Saaty scale

Значение	Описание
1	Равная важность
3	Умеренное превосходство
5	Сильное превосходство
7	Очень сильное превосходство
9	Абсолютное превосходство

Таблица 3 / Table 3

Пример матрицы попарного сравнения
для критериев *E, O, T, S, CP*

Example of a pairwise comparison matrix for criteria
E, O, T, S, CP

	<i>E</i>	<i>O</i>	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>CP</i>
<i>E</i>	1	3	5	7	5
<i>O</i>	1/3	1	3	5	3
<i>T</i>	1/5	1/3	1	3	1
<i>S</i>	1/7	1/5	1/3	1	1/3
<i>CP</i>	1/5	1/3	1	3	1

2. Расчет локальных и глобальных приоритетов (весов):

– нормализуем матрицу. Каждый элемент матрицы делится на сумму элементов своего столбца:

Нормализованное значение =
= Элемент / Сумма элементов столбца;

– рассчитываем средние значения по строкам. Для каждой строки матрицы:

Вес критерия = Сумма нормализованных значений строки / Количество критериев.

3. Проверка согласованности. Для проверки согласованности расчетов используется:

– индекс согласованности (CI):

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1},$$

где $\lambda_{\max}$ – максимальное собственное значение матрицы; n – размер матрицы (число критериев);
– отношение согласованности (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI},$$

здесь RI – табличное значение индекса случайной согласованности, представленное в том числе в статье Саати [20] (для $n = 5$, $RI = 1,12$), при этом если $CR < 0,1$, то матрица считается согласованной; если $CR > 0,1$, нужно пересмотреть сравнения.

Данный метод обладает всеми важными преимуществами для подбора весов компонентов: объективность (вес каждого компонента определяется не субъективно, а на основе структурированного анализа); прозрачность (процесс построения матрицы и расчетов может быть объяснен и обоснован); гибкость (легко адаптируется для пересмотра при изменении условий); многокритериальность (учитывает все аспекты оценки платформы).

2. Нормализация критериев экономического эффекта. Для корректного расчета критериев – экономического эффекта (*E*), операционного эффекта (*O*), технического эффекта (*T*), социального эффекта (*S*), конкурентного предложения (*CP*) необходимо привести показатели, из которых они состоят, выраженные в разных единицах измерения (проценты, денежные значения и т.д.), к единой системе измерения. Это делается с помощью процесса нормализации, чтобы значения были сопоставимы и корректно учитывались в итоговой формуле. Для нормализации используется метод мин-макс нормализации [21].

Формула нормализации каждого компонента

$$X_{\text{norm}} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}},$$

где X – фактическое значение показателя; $X_{\min}$ и $X_{\max}$ – минимальное и максимальное возможное значение рассматриваемого показателя в данной модели.

После нормализации значение каждого компонента будет находиться в диапазоне от 0 до 1. Если значения невозможно определить заранее, их можно установить на основе исторических данных, рыночных стандартов или экспертных оценок.

3. Показатели критерия «Экономический эффект» (*E*). Экономический эффект включает прямую и косвенную выгоду от внедрения платформы, а также снижение затрат:

$$E = w_{ROI} \cdot ROI_{\text{norm}} + w_{NPV} \cdot NPV_{\text{norm}} + w_{CS} \cdot CS_{\text{norm}},$$

где ROI_{norm} (*Return on Investment*) – нормализованное значение рентабельности от инвестиций; NPV_{norm} (*Net Present Value*) – нормализованное значение чистой приведенной стоимости; CS_{norm} (*Cost Savings*) – нормализованное значение экономии затрат на транзакции, логистику и управление; w_{ROI} , w_{NPV} , w_{CS} – веса показателей, отражающие их относительную важность (устанавливаются экспертно или аналитически (АНР)).

Показатель ROI_{norm} включен в расчет критерия, так как это базовый показатель, отражающий общий уровень эффективности вложений; позволяет понять, насколько выгодны затраты на создание

и развитие платформы в сравнении с альтернативными вложениями; универсальный индикатор, который учитывается инвесторами и руководством при принятии решений; отсутствие ROI делает оценку экономической эффективности неполной.

Показатель NPV_{norm} включен в расчет критерия, так как учитывает временную стоимость денег и долгосрочную выгоду, что важно для стратегических проектов, таких как цифровые экосистемы, показывает реальную ценность внедрения платформы, выраженную в текущих денежных единицах, в отличие от ROI, NPV учитывает динамику денежных потоков и временной горизонт, его отсутствие ограничивает понимание долгосрочного экономического эффекта.

Показатель CS_{norm} включен в расчет критерия, так как внедрение цифровых платформенных экосистем, в том числе направлено на снижение транзакционных издержек [22], расходов на логистику, автоматизацию операций [23]; этот показатель позволяет оценить операционную экономию, которая напрямую влияет на прибыль; снижение затрат является ключевым источником выгоды для большинства производственных компаний, внедряющих цифровые платформы.

Снижение затрат является ключевым источником выгоды для большинства производственных компаний, внедряющих цифровые платформы и рассчитывается следующим образом:

$$CS = \text{Текущие затраты} - \text{Затраты при использовании платформы.}$$

Таким образом, с позиции авторов данные показатели отвечают требованию необходимости и достаточности для расчета критерия «Экономический эффект», так как фокусируются на выгоде от вложений, учитывают долгосрочность перспективы вложений и оценивают экономию от затрат. Также во избежание избыточности показатели не дублируют друг друга и не отражают один и тот же аспект эффективности. Эти показатели обеспечивают объективность и простоту расчетов, что особенно важно для принятия управленческих решений.

4. Показатели критерия «Операционный эффект» (O). Операционный эффект отражает оптимизацию процессов и снижение времени выполнения операций:

$$O = w_R \cdot R_{norm} + w_{CT} \cdot CT_{norm} + w_{IT} \cdot IT_{norm},$$

где R_{norm} (*Resource Utilization Efficiency*) – нормализованное значение эффективности использования ресурсов; CT_{norm} (*Cycle Time Reduction*) – нормализованное значение сокращения времени выполнения операций; IT_{norm} (*Inventory Turnover*) –

нормализованное значение оборачиваемости запасов; w_R , w_{CT} , w_{IT} – веса показателей, отражающие их относительную важность (устанавливаются экспертно или аналитически (АНР)).

Показатель R_{norm} оценивается на основе его критической важности для операционного эффекта и включен в расчет критерия, так как отражает, насколько эффективно используются производственные мощности, материалы и рабочая сила, что является одной из ключевых задач цифровой платформы [24]; без его учета невозможно измерить, улучшилась ли эффективность после внедрения экосистемы. Показатель выражается формулой

$$R = \frac{\text{Фактическое использование ресурсов}}{\text{максимально возможное использование}} \cdot 100 \, \%.$$

Показатель CT_{norm} оценивается на основе его критической важности для операционного эффекта и включен в расчет критерия, так как платформы часто направлены на оптимизацию времени выполнения заказов, что критически важно для повышения конкурентоспособности [25]; временной фактор напрямую влияет на удовлетворенность клиентов и сокращение транзакционных издержек. Его формула

$$CT_{norm} = \frac{\text{Текущее время цикла} - \text{Новое время цикла}}{\text{Текущее время цикла}} \cdot 100 \, \%.$$

Показатель IT_{norm} оценивается на основе его критической важности для операционного эффекта и включен в расчет критерия так как это один из ключевых операционных аспектов производственных компаний [26], высокая оборачиваемость означает эффективное использование оборотного капитала; без учета оборачиваемости запасов невозможно оценить, влияет ли платформа на управление материальными потоками. Формула расчета:

$$IT_{norm} = \frac{\text{Себестоимость проданных товаров}}{\text{Средние запасы}}.$$

С точки зрения необходимости и достаточности данные показатели покрывают ключевые аспекты операционного эффекта и дополнительные показатели не добавляют значимой информации, чтобы оправдать усложнение модели.

5. Показатели критерия «Технический эффект» (T). Технический эффект измеряет надежность, масштабируемость и уровень автоматизации платформы:

$$T = w_A \cdot A_{norm} + w_U \cdot U_{norm} + w_P \cdot P_{norm},$$

где A_{norm} (*Automation Rate*) – нормализованное значение уровня автоматизации операций; U_{norm}

(Uptime) – нормализованное значение доступности платформы; P_{norm} (Platform Scalability) – нормализованное значение масштабируемости платформы; w_A , w_U , w_P – веса показателей, отражающие их относительную важность (устанавливаются экспертно или аналитически (АНР)).

Показатель A_{norm} включен в оценку критерия, так как уровень автоматизации показывает, насколько эффективно используются цифровые технологии для сокращения ручных операций и ошибок; без учета A нельзя оценить степень цифровизации процессов, что является ключевым аспектом любой платформы; платформы с низким уровнем автоматизации теряют конкурентоспособность. Рассчитывается по формуле

$$A_{\text{norm}} = \text{Количество автоматизированных операций} / \text{Общее количество операций} \cdot 100 \, \%. \quad (1)$$

Показатель U_{norm} включен в оценку критерия, так как доступность платформы определяет ее надежность и стабильность, высокая доступность критически важна для промышленной экосистемы, где сбои могут привести к значительным потерям; отражает техническую устойчивость платформы; без учета U нельзя оценить стабильность работы системы, особенно для высоконагруженных промышленных платформ. Формула расчета

$$U_{\text{norm}} = \text{Время работы платформы} / \text{Общее время} \cdot 100 \, \%. \quad (2)$$

Показатель P_{norm} включен в оценку критерия, так как масштабируемость показывает способность платформы справляться с увеличением нагрузки и количеством участников (например, клиентов, поставщиков); платформы с низкой масштабируемостью ограничивают рост экосистемы и ее ценность для участников; этот показатель важен для оценки потенциала платформы в долгосрочной перспективе, рассчитывается следующим образом:

$$P_{\text{norm}} = \text{Производительность при новой нагрузке} / \text{Производительность при старой нагрузке} \cdot 100 \, \%. \quad (3)$$

В целом дополнительные показатели (например, безопасность) могут быть полезны для уточнения, но текущая совокупность метрик отвечает критериям «необходимо и достаточно» с учетом сложности количественной оценки других показателей, в том числе кибербезопасности.

6. Показатели критерия «Социальный эффект» (S). Социальный эффект учитывает вовлеченность участников платформы, влияние на рынок труда и цифровую грамотность участников экосистемы:

$$S = w_E \cdot E_{\text{norm}} + w_J \cdot J_{\text{norm}} + w_D \cdot D_{\text{norm}}, \quad (4)$$

где E_{norm} – нормализованное значение коэффициент вовлеченности участников платформы; J_{norm} – нормализованное значение числа созданных рабочих мест, отражает вклад платформы в создание новых возможностей на рынке труда; D_{norm} – нормализованное значение уровня цифровой обученности; w_E , w_J , w_D – веса показателей, отражающие их относительную важность (устанавливаются экспертно или аналитически (АНР)).

E_{norm} показывает, насколько пользователи активно используют платформу, что отражает ее ценность для них. Активные участники – те, кто совершает транзакции, использует услуги или взаимодействует через платформу в течение определенного периода. Это объективный и измеримый показатель, который можно отслеживать через логи платформы. Рассчитывать его значение необходимо следующим образом:

$$E_{\text{norm}} = \text{Количество активных участников} / \text{Общее количество зарегистрированных участников} \cdot 100 \, \%. \quad (5)$$

Показатель J_{norm} один из важных социальных аспектов внедрения платформы – ее влияние на занятость. Данный показатель включен в оценку критерия, так как отражает создание новых рабочих мест для обслуживания экосистемы; влияет на рынок труда, включая новые компетенции и возможности; гипотетически позволяет оценить вклад платформы в экономическое развитие региона или отрасли, и рассчитывается по формуле

$$J_{\text{norm}} = \text{Число рабочих мест после внедрения платформы} - \text{Число рабочих мест до внедрения платформы}. \quad (6)$$

Показатель D_{norm} демонстрирует влияние платформы на повышение цифровой грамотности участников. Это доля пользователей, которые прошли обучение или сертификацию по работе с платформой или цифровыми технологиями, благодаря внедрению платформы. Данный показатель подчеркивает вклад платформы в развитие компетенций; важен для социальных целей компании, связанных с повышением уровня образования в части цифровизации. Если платформа требует обучения пользователей для эффективного использования, этот показатель становится важным для оценки ее социальной значимости. Формула его расчета:

$$D_{\text{norm}} = \text{Количество обученных участников} / \text{Общее количество участников} \cdot 100 \, \%. \quad (7)$$

Данные показатели охватывают ключевые аспекты социального эффекта, и дополнительные показатели могут быть полезны для репутационного анализа, но не являются критически важными для оценки интегральной эффективности.

7. Показатели критерия «Конкурентное предложение» (CP). Добавление рыночных факторов для оценки влияния платформы на конкурентное предложение (стоимость, инновации, скорость и т.п.) существенно усилит интегральную модель [27]. Рассмотрим, какие показатели необходимо включить, чтобы объективно измерить влияние платформы на конкурентоспособность предприятия, и для этого рассмотрим предлагаемую авторами формулу

$$CP = w_{MS} \cdot MS_{norm} + w_{CR} \cdot CR_{norm} + w_{C2S} \cdot C2S_{norm},$$

где MS_{norm} (*Market Share Growth*) – прирост доли рынка; CR_{norm} (*Customer Retention Rate*) – уровень удержания клиентов; $C2S_{norm}$ (*Cost-to-Serve Reduction*) – снижение затрат на обслуживание клиента; w_{MS} , w_{CR} , w_{C2S} – веса показателей, отражающие их относительную важность (устанавливаются экспертно или аналитически (АНР)).

Критерий MS_{norm} показывает, насколько внедрение платформы увеличивает долю компании на рынке. Рост доли рынка напрямую отражает конкурентоспособность. Платформа может привлекать новых клиентов, улучшать лояльность и повышать конкурентоспособность за счет формирования новых ценностей [28]. Показатель рассчитывается следующим образом:

$$MS_{norm} = (\text{Доля рынка после внедрения платформы} - \text{Доля рынка до внедрения}) / \text{Доля рынка до внедрения} \cdot 100 \, \%.$$

Критерий CR_{norm} показывает процент клиентов, которые продолжают использовать продукцию или услуги компании после внедрения платформы. Высокий CR говорит о том, что платформа создает дополнительную ценность для существующих клиентов, повышая их лояльность. Рассчитывается по формуле

$$CR_{norm} = \text{Количество клиентов, оставшихся на платформе} / \text{Общее количество клиентов в начале периода} \cdot 100 \, \%.$$

Показатель $C2S_{norm}$ измеряет, насколько платформа снижает издержки на обслуживание клиентов (например, автоматизация сервисов или сокращение времени обработки заказов). Снижение издержек позволяет компании быть более ценной и конкурентоспособной. Формула расчета

$$C2S = (\text{Средние затраты на обслуживание клиента до платформы} - \text{Средние затраты после}) / \text{Средние затраты на обслуживание клиента до платформы} \cdot 100 \, \%.$$

Данные показатели являются необходимыми и достаточными для расчета критерия «Конкурентное предложение» и возможности его использования для обоснования бизнес-решений, связанных с конкурентной стратегией развития цифровой платформенной бизнес-экосистемы.

Интерпретация значения индекса интегральной эффективности ИЕ

Результат расчета интегральной модели (интегрального индекса эффективности, ИЕ) представляет собой нормированное значение, которое объединяет все аспекты анализа: экономический, операционный, технический, рыночный и социальный эффекты. Однако, чтобы это число стало действительно полезным для принятия решений, его необходимо интерпретировать и анализировать в контексте бизнес-целей и условий ядра бизнес-экосистемы. В этом случае ИЕ становится сильным инструментом для принятия решений (подходит ли платформа для внедрения или требуется доработка), сравнения альтернатив (оценка нескольких вариантов платформы), определения зон для улучшения (анализ вклада компонентов E , O , T , S , CP), динамического контроля (отслеживание прогресса внедрения платформы). Рассмотрим, как это можно сделать.

Нормализованное значение ИЕ в диапазоне от 0 до 1 (или от 0 до 100 %) отражает степень соответствия цифровой платформы ключевым целям и ожиданиям предприятия:

- ближе к 0 – платформа требует значительных доработок или ее внедрение нецелесообразно;
- ближе к 1 – платформа полностью соответствует ожиданиям и обеспечивает высокий уровень эффективности во всех ключевых аспектах.

Примеры возможной интерпретации:

1. $ИЕ < 0,4$: платформа имеет низкий потенциал. Внедрение требует значительных доработок и пересмотра стратегии.

2. $0,4 \leq ИЕ < 0,7$: средний потенциал. Платформа может быть полезной, но требует улучшений в отдельных аспектах (например, автоматизация процессов или расширение функциональности).

3. $0,7 \leq ИЕ \leq 1$: высокий потенциал. Платформа имеет высокий КПД и является важным стратегическим активом для компании.

Для глубокого анализа важно рассмотреть вклад каждого компонента модели (E , O , T , S , CP) в итоговом значении ИЕ. Это позволит выявить

сильные и слабые стороны платформы и определить приоритетные направления для улучшений.

Для оценки потенциала цифровой платформы можно использовать следующие варианты:

1. *Сравнение с целевыми значениями.* Определяется минимально приемлемое значение ПЕ, которое оправдывает внедрение платформы. Например, если пороговый уровень для инвестиций в проект равен 0,7, то платформа с результатом 0,6 потребует доработок перед внедрением.

2. *Сравнение альтернативных вариантов.* Рассчитывается ПЕ для нескольких сценариев или вариантов платформы. Например:

– вариант 1 (минимальная функциональность): ПЕ = 0,5;

– вариант 2 (расширенная функциональность): ПЕ = 0,75.

Интерпретация: вариант 2 имеет больший потенциал, но требует дополнительных инвестиций. Сравнение ПЕ помогает выбрать оптимальный вариант с учетом соотношения затрат и выгоды.

3. *Мониторинг динамики показателей.* Показатель используется для оценки прогресса платформы на разных стадиях разработки или эксплуатации. Например, на этапе пилотного внедрения ПЕ = 0,6, после доработок и масштабирования ПЕ = 0,8.

В практическом смысле ПЕ цифровой бизнес-экосистемы может дать базу для принятия решений следующих вопросов:

1. Обоснование бизнес-решений:

– стоит ли внедрять платформу?

– какие аспекты нужно доработать перед запуском?

– какую стратегию выбрать для максимизации эффективности?

2. Выявление ключевых рисков.

Если какой-то компонент (*E*, *O*, *T*, *S*, *CP*) имеет низкий вклад в ПЕ, это может свидетельствовать о потенциальных рисках:

– *E* – экономическая нецелесообразность;

– *O* – неоптимизированные процессы;

– *T* – технические ограничения платформы;

– *S* – низкая социальная значимость или невовлеченность участников;

– *CP* – низкий уровень ценностного предложения.

3. Определение зон для улучшения. Анализ каждого компонента позволяет разработать план действий:

– если *O* низкий – фокус на автоматизацию процессов и сокращение времени выполнения операций;

– если *T* низкий – внимание на масштабируемость и техническую надежность и т.п.

Связь критериев эффективности с акторами цифровой бизнес-экосистемы

Критерии эффективности цифровых бизнес-систем платформенного типа были подобраны авторами, в том числе исходя из необходимости оценки связи между различными акторами. Это полезный подход для анализа, который помогает понять, как эффективность экосистемы влияет на ее участников и какие именно показатели наиболее релевантны для каждого из них. Разберем связь (табл. 4) выбранных критериев эффективности (*E*, *O*, *T*, *S*, *CP*) с ключевыми акторами цифровой платформенной экосистемы:

1. **Ядро бизнес-экосистемы:** компании, создающие и управляющие платформой.

2. **Поставщики материалов:** участники цепочки поставок, обеспечивающие ресурсами.

3. **Покупатели:** конечные потребители продукции или услуг экосистемы.

4. **Поставщики цифровых технологий:** партнеры, предоставляющие ИТ-решения, инфраструктуру, программное обеспечение.

5. **Рынок труда:** работники, вовлеченные в производство, управление и поддержку экосистемы.

6. **Регуляторы и общество:** влияют на экологическую, социальную и экономическую устойчивость экосистемы.

На основе табл. 4 можно детализировать и описать логику связей:

1. **Ядро бизнес-экосистемы.** Основная цель: максимизация прибыли, развитие платформы, контроль взаимодействий в экосистеме. Связанные показатели:

– *E*: финансовая отдача, снижение затрат;

– *O*: Улучшение внутренних процессов;

– *T*: надежность и масштабируемость платформы;

– *CP*: удержание и привлечение клиентов.

2. **Поставщики материалов.** Основная цель: оптимизация взаимодействия с ядром бизнес-экосистемы, доступ к новым рынкам. Связанные показатели:

– *O*: сокращение времени цикла, автоматизация процессов интеграции (например, поставок);

– *E*: стабильность и снижение транзакционных издержек, что важно для бизнеса.

3. **Покупатели.** Основная цель: удобство взаимодействия, стоимость, доступность сервиса. Связанные показатели:

– *CP*: увеличение удержания (*CR*), снижение издержек на обслуживание (*C2S*);

– *T*: надежность и быстрота работы платформы;

– *S*: участие в цифровом обучении, улучшение клиентского опыта.

Таблица 4 / Table 4

Связь показателей эффективности с акторами бизнес-экосистемы

Linking performance indicators to business ecosystem actors

Показатель	Ключевые акторы	Обоснование
Экономический эффект (E)	Ядро бизнес-экосистемы, покупатели, поставщики материалов	Экономическая эффективность (ROI, NPV, CS) отражает выгоды ядра бизнес-экосистемы, снижает стоимость для покупателей и повышает стабильность работы поставщиков
Операционный эффект (O)	Ядро бизнес-экосистемы, поставщики материалов	Оптимизация процессов (например, сокращение времени цикла) облегчает интеграцию с поставщиками и улучшает работу ядра бизнес-экосистемы
Технический эффект (T)	Поставщики цифровых технологий, ядро бизнес-экосистемы	Уровень автоматизации, масштабируемость и надежность платформы важны для IT-поставщиков и компании, внедряющей платформу
Социальный эффект (S)	Рынок труда, общество	Повышение цифровой грамотности и создание рабочих мест положительно влияет на рынок труда и локальные сообщества
Конкурентное предложение (CP)	Ядро бизнес-экосистемы, покупатели	Рост доли рынка, улучшение удержания клиентов и снижение издержек увеличивают привлекательность экосистемы для покупателей

4. Поставщики цифровых технологий. Основная цель: развитие платформы, долгосрочные контракты с ядром бизнес-экосистемы. Связанные показатели:

– T: масштабируемость, автоматизация и интеграция с платформой;

– O: совместная оптимизация процессов.

5. Рынок труда. Основная цель: создание рабочих мест, развитие навыков. Связанные показатели: S: уровень цифровой обученности (D), создание рабочих мест (J).

6. Регуляторы и общество. Основная цель: социальная ответственность, устойчивое развитие. Связанные показатели: S: влияние на цифровую грамотность и занятость.

Таким образом, критерии и показатели эффективности можно отнести к различным акторам цифровой платформы. Это добавляет ценность модели, позволяя углубить анализ – рассмотреть влияние на конкретных участников экосистемы; сфокусироваться на приоритетах – определить, где платформа наиболее эффективна, а где требуется доработка; принять целевые решения, например, сосредоточить усилия на улучшении технических эффектов для IT-поставщиков или операционных для поставщиков материалов. Такой подход поможет выстроить долгосрочные стратегии взаимодействия с каждым актором экосистемы.

Выводы и направления развития цифровой платформенной экосистемы предприятия

В данном исследовании предпринята попытка разработать способ, с помощью которого действующие компании, диверсифицирующиеся участники и новые участники соперничают за вы-

годное создание стоимости и захват позиций для получения прибыли от инноваций в рамках развивающихся цифровых бизнес-экосистем путем контроля уровня эффективности на многоуровневой модульной архитектуре. Интерес к контролю в экосистемах в целом вырос в последние годы [29; 30]. Предыдущие исследования были бесценны для понимания того, как фирмы в цифровых бизнес-экосистемах влияют на потенциал захвата стоимости, например, через роль открытости, снижения транзакционных затрат, позиционирования, настройки или сетевых эффектов и в результате стремятся к дальнейшему контролю.

Исследование имело цель создания интегрального подхода к оценке эффективности цифровых бизнес-экосистем на базе многоуровневой модульной архитектуры. Ключевые задачи состояли в изучении критериев цифровизации и построение моделей, способных учитывать экономические, операционные, технические, социальные и рыночные эффекты. В результате анализа литературы, а также комплексного подхода в формировании потенциала цифровизации, был разработан метод интегральной оценки эффективности (IIE), основанный на нормализованных компонентах, таких как экономическая, операционная, техническая, социальная и рыночная эффективность. Данный подход обеспечивает комплексное измерение и сравнительный анализ эффектов цифровизации для предприятий в контексте бизнес-экосистем.

Проведенное исследование показало, что критерии оценки цифровизации бывают нескольких типов. Результаты показывают, что различные группы участников (например, действующие

участники, диверсифицирующие участники и новые участники) в цифровой бизнес-экосистеме могут следовать разным стратегиям создания и захвата стоимости и установления различных весовых характеристик в расчете эффективности.

Математическая модель демонстрирует, что предложенный индекс ПЕ обладает высоким потенциалом для применения в управленческих решениях. Он позволяет выявить ключевые области для улучшений управления цифровизацией бизнес-экосистем, сравнивать альтернативные сценарии и оценивать прогресс внедрения платформ. Важным моментом является соответствие критериев контрольным точкам [17], их связь с выбранными показателями эффективности, что повышает универсальность и точность модели. Также в исследовании подчеркивается значение взаимодействия между участниками экосистемы (ядром бизнес-экосистемы, поставщиками, клиентами и т.д.) и влияние их динамики на общую эффективность цифровизации.

Тем не менее данная работа дает возможность проведения дальнейших исследований. Одним из направлений развития является углубленное изу-

чение влияния качественных факторов, таких как организационная культура или инновационная среда, на цифровую трансформацию.

Статья может представлять значимый практический вклад в развитие методов оценки цифровых бизнес-экосистем, предлагая структурированную и обоснованную модель, которая будет полезна для анализа экономических состояний экосистем в процессе цифровизации и принятия управленческих решений. Как дополнение в части описанных результатов, модель интегральной оценки эффективности в части пилотного проекта внедряется на электромашиностроительном предприятии «ЭНСОНС», что уже на первых этапах позволило сделать управленческие выводы о необходимости наращивания интенсивности инвестирования в цифровые технологии, инициировать процесс постепенной роботизации производства, внедрив подобные решения в первую очередь на заготовительных участках (механообработка, сварка, покраска), формировать цифровую площадку на основе интернета вещей (*Internet of Things*, IoT), что позволит более гибко управлять цепочками поставок.

Список литературы / References

1. Tolstykh T., Gamidullaeva L., Shmeleva N., Gro-mov S., Ermoolenko A. Megapolis as a symbiosis of socio-economic ecosystems: the role of cooperation. *Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity*. 2022;8(3):126. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030126>
2. Jacobides M.G., Knudsen T., Augier M. Benefiting from innovation: value creation, value appropriation and the role of industry architectures. *Research Policy*. 2006;3(8):1200–1221. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.09.005>
3. Pisano G.P., Teece D.J. How to capture value from innovation: Shaping intellectual property and industry architecture. *California Management Review*. 2007;50(1):278–296. <https://doi.org/10.2307/41166428>
4. Teece D.J. Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world. *Research Policy*. 2018;47(8):1367–1387. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.01.015>
5. Yoo Y., Henfridsson O., Lyytinen K. Research commentary – the new organizing logic of digital innovation: an agenda for information systems research. *Information Systems Research*. 2010;21(4):724–735. <https://doi.org/10.1287/isre.1100.0322>
6. Попов Е.В., Симонова В.Л., Зырянов А.С. Эволюция бизнес-экосистем в промышленности – от классического типа к цифровым. *Информатизация в цифровой экономике*. 2024;5(3):341–360. <https://doi.org/10.18334/ide.5.3.121748>
7. Bohnsack R., Pinkse J., Kolk A. Business models for sustainable technologies: exploring business model evolution in the case of electric vehicles. *Research Policy*. 2014;43(2):284–300. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.014>
8. Fleisch E., Weinberger M., Wortmann F. Business models and the internet of things (extended abstract). In: Žarko I. P., Pripužić K., Serrano M. (eds.). *Interoperability and open-source solutions for the internet of things. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Cham; 2015. Vol. 9001. P. 6–10. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16546-2_2
9. Wareham J., Fox P.B., Cano Giner J.L. Technology ecosystem governance. *Organization Science*. 2014;25(4):1195–1215. <https://doi.org/10.1287/orsc.2014.0895>
10. Adner R., Kapoor R. Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*. 2010;31(3):306–333. <https://doi.org/10.1002/smj.821>

11. Каленов О.Е. Оценка эффективности деятельности бизнес-экосистем в цифровой экономике. *Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова*. 2023;20(1):162–174. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2023-1-162-174>
Kalenov O.E. Estimating Efficiency of business ecosystem functioning in digital economy. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*. 2023;20(1):162–174. (In Russ.). <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2023-1-162-174>
12. Абрамов В.И., Гордеев В.В., Столяров А.Д. Цифровая трансформация промышленных предприятий в цифровые бизнес-экосистемы: структурные компоненты и практические аспекты реализации. *Фундаментальные исследования*. 2024;(9):78–85. <https://doi.org/10.17513/fr.43680>
Abramov V.I., Gordeev V.V., Stolyarov A.D. Digital transformation of industrial enterprises into digital business ecosystems: structural components and practical aspects of implementation. *Fundamental Research*. 2024;(9):78–85. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/fr.43680>
13. Третьяков О.В. Анализ факторов успеха создания, функционирования и развития цифровых экосистем в бизнесе. *Московский экономический журнал*. 2022;7(2):49. https://doi.org/10.55186/2413046X_2022_7_2_105
Tretyakov O.V. Analysis of success factors of creation, functioning and development of digital ecosystems in business. *Moscow Economic Journal*. 2022;7(2):49. https://doi.org/10.55186/2413046X_2022_7_2_105
14. Шелепов А.В. Оценка роли цифровых платформ и экосистем в экономическом развитии. *Вестник международных организаций*. 2023;18(3):142–162. <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2023-03-08>
Shelepov A.V. Assessing the role of digital platforms and ecosystems in economic development. *International Organizations Research Journal*. 2023;18(3):142–162. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2023-03-08>
15. Раменская Л.А. К вопросу об определении показателей развития экосистем бизнеса на основе цифровых платформ. *Управленческий учет*. 2021;(11-1):92–99. <https://uprav-uchet.ru/index.php/journal/article/view/1210>
Ramenskaya L.A. To the question of determining indicators of development business ecosystems based on digital platforms. *Management Accounting*. 2021. 2021;(11-1):92–99. (In Russ.). <https://uprav-uchet.ru/index.php/journal/article/view/1210>
16. Basole R.C., Park H., Seuss C.D. Complex business ecosystem intelligence using AI-powered visual analytics. *Decision Support Systems*. 2024;178(11):114133. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2023.114133>
17. Bohnsack R., Rennings M., Block C., Bröring S. Profiting from innovation when digital business ecosystems emerge: A control point perspective. *Research Policy*. 2024;53(3):104961. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2024.104961>
18. Popov E.V., Simonova V.L., Zyrianov A.S. Potential of the industrial enterprise ecosystem. В: *Международ. науч.-практ. конф. «Умные города и устойчивое развитие регионов» (SMARTGREENS 2024). 29–30 апреля 2024 г., Екатеринбург*. Екатеринбург: Институт цифровой экономики и права; 2024. С. 827–835. <https://doi.org/10.63550/ICEIP.2025.1.1.004>
19. Saaty T.L. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill; 1980. 287 p.
20. Saaty T.L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. 1990;48(1):9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
21. Zavadskas E.K., Turskis Z., Kildienė S. State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technological and Economic Development of Economy*. 2014;20(1):165–179. <https://doi.org/10.3846/2024913.2014.892037>
22. Попов Е.В., Тихонова А.Д., Зырянов А.С. Трансакционная конфигурация инновационного развития бизнес-экосистемы. *Экономика науки*. 2024;10(4):35–51. <https://doi.org/10.22394/2410-132X.471>
Popov E.V., Tikhonova A.D., Zyrianov A.S. Transactional configuration of innovative development of business ecosystem. *Economics of Science*. 2024;10(4):35–51. (In Russ.). <https://doi.org/10.22394/2410-132X.471>
23. Radonjic-Simic M., Pfisterer D. A decentralized business ecosystem model for complex products. In: Patnaik S., Yang, X.S., Tavana M., Popentiu-Vlădescu F., Qiao F. (eds.). *Digital business. Lecture notes on data engineering and communications technologies*. Springer, Cham; 2019. Vol. 21. P.23–52. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93940-7_2
24. Zhao N., Ren J. Impact of enterprise digital transformation on capacity utilization: Evidence from China. *PLoS ONE*. 2023;18(3):e0283249. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283249>
25. Ahmad T., Van Looy A. Business process management and digital innovations: A systematic literature review. *Sustainability*. 2020;12(17):6827. <https://doi.org/10.3390/su12176827>
26. Singh Sh., Rawat A.K. Impact of digitalization on inventory management: A comparative study between traditional and E-commerce business. *International Journal For Multidisciplinary Research*. 2024;6(3). <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i03.22270>
27. Yin L.Y., Mohammad F. The impact of digitalization and resources on gaining competitive advantage in international markets: The mediating role of marketing, innovation and learning capabilities. *Technology Innovation Management Review*. 2019;9(11):26–38. <https://doi.org/10.22215/timreview/1281>
28. Jovanovic M., Sjödin D., Parida V. Co-evolution of platform architecture, platform services, and platform governance: expanding the platform value of industri-

- al digital platforms. *Technovation*. 2022;118:102218. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102218>
29. Dattée B., Alexy O., Autio E. Maneuvering in poor visibility: how firms play the ecosystem game when uncertainty is high. *Academy of Management Journal*. 2018;61(2). <https://doi.org/10.5465/amj.2015.0869>
30. Sandberg J., Holström J., Lyytinen K. Digitization and phase transitions in platform organizing logics: evidence from the process automation industry. *Management Information Systems Quarterly*. 2020;44(1a):129–153. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2020/14520>

Информация об авторах

Евгений Васильевич Попов – член-корреспондент РАН, д-р экон. наук, д-р физ.-мат. наук, профессор, директор Центра социально-экономических исследований, Уральский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 66, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5513-5020>; e-mail: epopov@mail.ru; popov-ev@ranepa.ru

Виктория Львовна Симонова – канд. экон. наук, зам. директора Центра социально-экономических исследований, Уральский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 66, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2814-464X>; e-mail: simonova4@yandex.ru; simonova-vl@ranepa.ru

Александр Сергеевич Зырянов – аспирант, Уральский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 66, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2015-6742>; e-mail: zyrianov.info@gmail.com

Information about the authors

Evgeny V. Popov – Corresponding Member RAS, Dr.Sci. (Econ.), Dr.Sci. (Phis.-Math.), Professor, Director of Center for Socio-Economic Investigations, Ural Institute of Management at the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 66 8 Marta Str., Yekaterinburg 620144, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2814-464X>; e-mail: epopov@mail.ru; popov-ev@ranepa.ru

Victoria L. Simonova – PhD (Econ.), Deputy Director of Center for Socio-Economic Investigations, Ural Institute of Management at the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 66 8 Marta Str., Yekaterinburg 620144, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2814-464X>; e-mail: simonova4@yandex.ru; simonova-vl@ranepa.ru

Aleksandr S. Zyrianov – Postgraduate Student, Ural Institute of Management at the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 66 8 Marta Str., Yekaterinburg 620144, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2015-6742>; e-mail: zyrianov.info@gmail.com

Поступила в редакцию 06.02.2025; поступила после доработки 27.08.2025; принята к публикации 31.08.2025
Received 06.02.2025; Revised 27.08.2025; Accepted 31.08.2025