

DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2025.3(56).106-115

УДК 004.9:33.01

JEL D81, O32, P51



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ЭНТРОПИЙНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНИЗАЦИЯХ

М.Л. Быкова, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

Аннотация. Цифровизация организаций напрямую влияет на развитие регионов, так как внедрение современных технологий повышает эффективность бизнеса, стимулирует инновации и создает высокотехнологичные рабочие места. Это привлекает инвестиции, улучшает инфраструктуру и качество жизни, формируя цикл устойчивого развития. Регионы с высоким уровнем цифровизации компаний становятся центрами экономического роста, усиливая конкурентоспособность всей территории. Таким образом, цифровая трансформация бизнеса служит драйвером регионального прогресса. Статья посвящена анализу процессов цифровой трансформации в организациях на основе энтропийного подхода, который позволяет оценить степень неупорядоченности систем и проанализировать прогнозируемость процессов. Актуальность исследования обусловлена стремительной цифровизацией экономики, которая, наряду с преимуществами, порождает новые вызовы. Цель работы – оценка диспропорций цифровизации организаций в регионах России с использованием энтропийного подхода. В исследовании применяется комплексная методика, включающая статистический анализ, нормализацию данных и расчет интегральных показателей, основанных на семи ключевых параметрах цифрового развития. Проведенные расчеты позволили выявить значительные региональные различия. Максимальная энтропия имеет место в Северо-Западном федеральном округе, что указывает на высокую неоднородность в вопросах цифровизации организаций на данной территории, а минимальная – в Дальневосточном федеральном округе. Практическая значимость работы заключается в возможности разработки дифференцированных стратегий государственного регулирования, направленных на сокращение цифрового разрыва, оптимизацию распределения ресурсов и стимулирование трансфера технологий между регионами. Перспективы исследования связаны с углубленным анализом динамики энтропийных показателей и разработкой прогнозных моделей, учитывающих устойчивость регионов к технологическим вызовам. Полученные результаты вносят вклад в теорию управления цифровой трансформацией и предлагают дополнительный инструментарий для повышения эффективности региональной политики в условиях растущей неопределенности.

Ключевые слова: неопределенность, управление в условиях неопределенности, уровень цифровизации, цифровизация организаций, цифровизация регионов, цифровое неравенство, энтропийный подход

Для цитирования: Быкова М.Л. Энтропийный подход к анализу использования цифровых технологий в организациях // BENEFICIUM. 2025. № 3(56). С. 106-115. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2025.3(56).106-115

ORIGINAL PAPER

AN ENTROPY-BASED APPROACH TO ANALYZING THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN ORGANIZATIONS

M.L. Bykova, Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia

Abstract. The digitalization of organizations has a direct impact on the development of regions, as the implementation of modern technologies increases business efficiency, stimulates innovation, and creates high-tech jobs. This attracts investment, improves infrastructure, and enhances the quality of life, creating a cycle of sustainable development. Regions with a high level of digitalization in their companies become centers of economic growth, enhancing the competitiveness of the entire territory. Thus, the digital transformation of businesses serves as a driver for regional progress. This article focuses on analyzing the processes of digital transformation in organizations using an entropy-based approach, which allows for assessing the degree of disorder in systems and analyzing the predictability of processes. The relevance of the study is due to the rapid digitalization of the economy, which, along with its advantages, creates new challenges. The purpose of the work is to assess the digitalization disparities of organizations in Russian regions using an entropy approach. The study uses a comprehensive methodology that includes statistical analysis, data normalization, and the calculation of integral indicators based on seven key parameters of digital development. The

calculations revealed significant regional differences. The maximum entropy is observed in the North-Western Federal District, indicating high heterogeneity in the digitalization of organizations in this region, while the minimum entropy is observed in the Far Eastern Federal District. The practical significance of the study lies in the possibility of developing differentiated government regulation strategies aimed at reducing the digital divide, optimizing resource allocation, and promoting technology transfer between regions. Research prospects are associated with an in-depth analysis of the dynamics of entropy indicators and the development of predictive models that take into account the resilience of regions to technological challenges. The results contribute to the theory of digital transformation management and offer new tools for improving the effectiveness of regional policies in an increasingly uncertain environment.

Keywords: uncertainty, management in conditions of uncertainty, level of digitalization, digitalization of organizations, digitalization of regions, digital inequality, entropy approach

For citation: Bykova M.L. An Entropy-based Approach to Analyzing the Use of Digital Technologies in Organizations // BENEFICIUM. 2025. Vol. 3(56). Pp. 106-115. (In Russ.). DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2025.3(56).106-115

Введение

Сегодня ключевым фактором преобразований в управлении организациями выступают цифровые технологии, которые кардинально меняют структуру компаний, бизнес-процессы и механизмы взаимодействия с заинтересованными сторонами. Цифровая трансформация приносит в организацию множество изменений: автоматизацию процессов, внедрение искусственного интеллекта, использование больших данных, переход на облачные решения [1]. Однако наряду с преимуществами возникают и новые вызовы: фрагментация информационных потоков, киберриски, перегрузка сотрудников данными, необходимость постоянного обучения [2]. Эти факторы увеличивают энтропию системы, то есть степень её хаотичности и дезорганизованности. Чем выше энтропия, тем сложнее организации адаптироваться к изменениям и поддерживать эффективность функционирования [3].

Анализ использования цифровых технологий через призму теории энтропии предоставляет уникальный инструмент для измерения и управления сложностью современных организаций. Этот подход особенно актуален в условиях цифровой трансформации, когда традиционные методы оценки эффективности часто оказываются недостаточными. Применение энтропийного подхода может быть использовано для оценки прогнозируемости процессов, что позволяет не только диагностировать проблемы, но и разрабатывать стратегии снижения хаотичности, обеспечивая долгосрочную конкурентоспособность бизнеса.

Традиционные методы оценки эффективности зачастую не учитывают растущую сложность и нелинейность изменений, вызванных цифровой трансформацией. Энтропийный подход предлагает принципиально новый инструмент для измерения и управления этой сложностью, позволяя количественно оценить степень неопределённости и прогнозируемости ключевых метрик. Его применение особенно актуально для исследования использования цифровых технологий в организациях, поскольку позволяет выявить узкие места, где хаотичность процессов снижает эффективность управления.

Цель исследования – оценка диспропорций цифровизации организаций в регионах России с использованием энтропийного подхода. В условиях стремительной цифровой трансформации, охватившей все сферы экономической деятельности, особую актуальность приобретает вопрос измерения и управления организационной сложностью. Энтропийный анализ позволяет количественно оценить степень хаотичности и неопределённости, возникающих при цифровизации бизнес-процессов в регионах, что даёт принципиально новые возможности для прогнозирования динамики организационных изменений.

Научная новизна исследования заключается в разработке и апробации методики оценки энтропийных характеристик цифровой трансформации организаций в различных регионах. Особую ценность представляет предложенный инструмент прогнозирования адаптационных возможностей, который учитывает степень использования цифровых технологий в организациях на территории различных федеральных округов Российской Федерации.

Цифровизация организаций и развитие регионов, в которых они расположены, тесно взаимосвязаны и взаимно усиливают друг друга. Внедрение цифровых технологий в бизнес-процессы повышает эффективность компаний, способствует созданию высокотехнологичных рабочих мест и росту конкурентоспособности региона [4]. В свою очередь, развитая цифровая инфраструктура региона (интернет, облачные сервисы, центры обработки данных) ускоряет цифровую трансформацию местных организаций.

Регионы с активной цифровизацией привлекают инвестиции, стимулируют инновации и улучшают качество жизни населения. Например, умные города используют данные организаций для оптимизации транспортных потоков, энергопотребления и госуслуг [5]. Одновременно компании, работающие в таких регионах, получают доступ к квалифицированным кадрам, современным технологиям и поддержке властей [6].

Таким образом, цифровизация организаций и регионов формирует цикл устойчивого развития: бизнес становится драйвером технологического

прогресса, а региональные власти создают условия для его реализации. Этот симбиоз ведет к экономическому росту, повышению уровня жизни и укреплению позиций территории в глобальной цифровой экономике [7].

Пандемия оказала двойственное воздействие: с одной стороны, она заморозила цифровую трансформацию в наиболее пострадавших отраслях (туризм), с другой – ускорила внедрение удаленных технологий [8].

Санкционный режим создал дополнительные барьеры: ограничил доступ к иностранным технологиям, сократил инвестиции в цифровые проекты и нарушил международное сотрудничество. Это негативно сказалось на инновационном потенциале регионов и конкурентоспособности российских компаний. Однако следует отметить, что кризисные явления одновременно создали и новые возможности, к которым можно отнести рост онлайн-коммерции, развитие удаленных сервисов [9].

В зарубежных исследованиях цифровизация рассматривается как комплексный процесс изменения бизнес-моделей под влиянием новых технологий. В некоторых исследованиях [10] отмечается необходимость дополнения данного определения, при этом акцентируется внимание на организационно-управленческих аспектах трансформации.

С развитием цифровых технологий появились инструменты для более эффективной работы предприятий в современных условиях, автоматизации учета, анализа и хранения данных, что позволило оптимизировать управление клиентскими отношениями. Для этого были созданы системы управления взаимоотношениями (CRM-системы), представленные на рынке десятками решений – от универсальных до узкоспециализированных. В современных исследованиях отмечается, что цифровые сервисы сокращают затраты на ведение баз клиентов [11], улучшают планирование и структурируют работу с заказчиками [12].

Современное региональное развитие напрямую зависит от того, насколько успешно предприятия и учреждения внедряют и используют цифровые технологии. В условиях глобальной цифровизации организации, применяющие передовые IT-решения, получают значительные конкурентные преимущества: повышают производительность, оптимизируют затраты и улучшают качество услуг. Это, в свою очередь, стимулирует экономический рост региона, привлекает инвестиции и создает новые рабочие места [13].

Таким образом, цифровизация трансформирует деятельность организаций и социально-экономическое развитие регионов, однако ее распространение в России характеризуется значительной неравномерностью. Разрыв в уровне цифровизации между субъектами Российской

Федерации приводит к дисбалансам в производительности, инвестиционной привлекательности и качестве жизни. В этой связи актуальным становится анализ энтропии как меры неоднородности внедрения цифровых технологий в организациях на региональном уровне.

Понятие энтропии, введенное Рудольфом Клаузиусом (Rudolf Clausius) в 1865 году, как меры термодинамической неупорядоченности претерпело значительную эволюцию и нашло применение в различных научных областях. Особенно важным стало использование этого термина в теории информации Клода Шеннона (Claude Shannon), где энтропия стала характеризовать степень неопределенности в информационных системах и их устойчивость к внешним воздействиям. В последующие десятилетия энтропийный подход доказал свою эффективность в таких разнообразных сферах, как биомеханика [14], где он помогает анализировать сложные двигательные системы, и педагогика [15], где применяется для оценки образовательных процессов.

Такой подход позволяет количественно оценить степень диспропорций, выявить ключевые факторы, тормозящие цифровую трансформацию, и определить приоритетные направления государственного регулирования. Исследование энтропии особенно значимо в условиях реализации национальных проектов, таких как «Цифровая экономика» [16], поскольку помогает оптимизировать распределение ресурсов и минимизировать цифровое неравенство. Кроме того, анализ энтропии дает возможность прогнозировать устойчивость регионов к технологическим вызовам и сравнивать их развитие с мировыми трендами. Таким образом, изучение энтропийных показателей использования цифровых технологий в организациях субъектов РФ является важным инструментом для формирования эффективной региональной политики и обеспечения сбалансированного цифрового развития страны.

В ходе работы был применен комплексный методологический подход, сочетающий традиционные научные методы и специализированные методики анализа. К общенаучным методам исследования относятся логические операции синтеза, анализа и обобщения теоретического материала и эмпирических данных. Для более глубокого изучения проблемы были задействованы специальные методы количественного анализа, включая статистическую обработку данных и энтропийный анализ, позволяющий оценить уровень неопределенности в исследуемых процессах.

Процедура оценки неопределенности развития научно-инновационной сферы на региональном уровне реализовывалась поэтапно. Последовательность стадий исследования наглядно представлена в виде схемы на *рис. 1*.

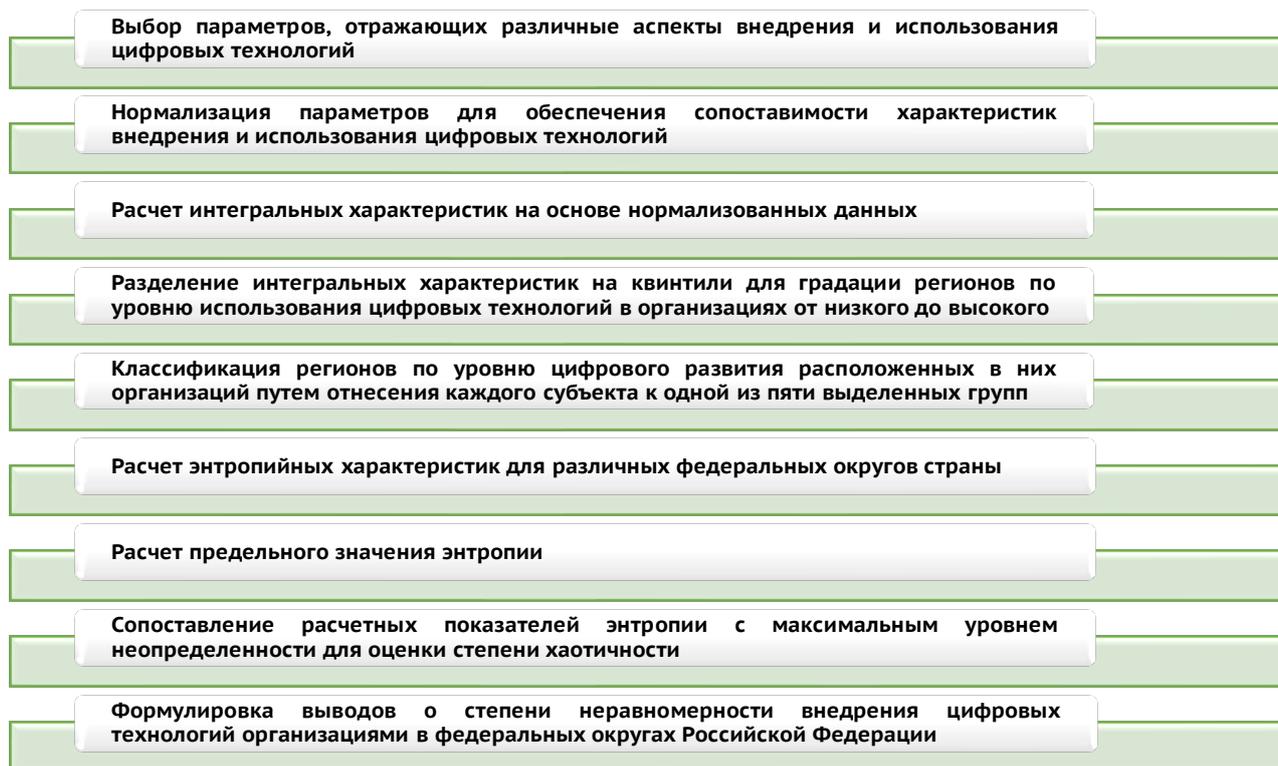


Рис. 1. Этапы оценки цифрового развития организаций в федеральных округах Российской Федерации на основе теории энтропии / Fig. 1. Stages of Assessing the Digital Development of Organizations in the Districts of the Russian Federation Based on Entropy Theory

Источник: составлено автором / *Source:* compiled by the author

В качестве параметров, характеризующих цифровое развитие организаций, были выбраны следующие характеристики:

- X_1 – доля организаций, использовавших персональные компьютеры;
- X_2 – доля организаций, использовавших серверы;
- X_3 – доля организаций, использовавших «облачные» сервисы;
- X_4 – доля организаций, использовавших технологии сбора, обработки и анализа больших данных;
- X_5 – доля организаций, использовавших Интернет вещей;
- X_6 – доля организаций, использовавших технологии искусственного интеллекта;
- X_7 – доля организаций, использовавших цифровые платформы.

Выбор указанных показателей для оценки цифрового развития организаций обусловлен необходимостью комплексного подхода, охватывающего все ключевые аспекты цифровой трансформации. Показатель X_1 (доля организаций, использовавших персональные компьютеры) отражает базовый уровень технологической оснащенности, являясь фундаментальным индикатором цифровизации. Параметр X_2 (использование серверов) демонстрирует уровень развития собственной ИТ-инфраструктуры и способность организаций к самостоятельному хранению и обра-

ботке данных. Показатель X_3 (применение облачных сервисов) характеризует переход на современные модели ИТ-обеспечения и гибкость цифровой инфраструктуры. Параметры X_4 (большие данные), X_5 (Интернет вещей) и X_6 (искусственный интеллект) отражают уровень внедрения передовых цифровых технологий, определяющих инновационный потенциал организаций. Показатель X_7 (использование цифровых платформ) свидетельствует о степени интеграции в цифровую экосистему и зрелости бизнес-процессов. Данный набор индикаторов позволяет оценить как текущий уровень цифровизации, так и перспективы технологического развития, обеспечивая всесторонний анализ цифровой трансформации. Все показатели основаны на статистически измеряемых параметрах, что гарантирует объективность оценки, и позволяют проводить как межрегиональные сравнения, так и анализ динамики цифровизации во временном разрезе. Такой комплексный подход обеспечивает репрезентативную оценку цифрового развития организаций на региональном уровне.

Нормализация осуществлялась относительно максимального элемента:

$$x_i^* = \frac{x}{x_{\max}}, \quad (1)$$

где x_{\max} – наибольшее значение переменной, описывающей применение цифровых технологий организациями, среди субъектов Российской Федерации; x – значение переменной, описыва-

ющей применение цифровых технологий организациями, в конкретном регионе Российской Федерации.

В отличие от метода минимакса, использование такого подхода позволило исключить в процессе нормализации нулевые значения, что особенно важно для расчета интегральной характеристики:

$$I = \sqrt[7]{x_1^* * x_2^* * x_3^* * x_4^* * x_5^* * x_6^* * x_7^*} \tag{2}$$

Интегральные показатели были распределены на квинтили, что позволило создать пятиуровневую шкалу оценки: от низкого до высокого уровня развития научно-инновационной сферы. Такой подход обеспечил наглядную классификацию регионов по степени цифровизации. Дальнейшее исследование базировалось на принципах теории неопределенности, что дало возможность количественно оценить уровень хаотичности и неравномерности процессов в регионах. Применение энтропийного анализа позволило выявить степень отклонения фактического состояния системы от максимально возможной упорядоченности, обеспечив тем самым глубину интерпретации результатов.

В контексте настоящего исследования энтропийный подход был избран в связи с его уникальной способностью количественно оценивать степень упорядоченности сложных открытых систем, каковыми являются региональные научно-инновационные комплексы. Ключевое условие применимости энтропийного анализа – открытость системы и наличие взаимодействия между её элементами – полностью соблюдается при изучении регионального развития, где субъекты постоянно взаимодействуют как между собой, так и с внешней средой. Энтропийная оценка позволяет выявить и измерить степень неоднородности в развитии научно-инновационного потенциала между регионами в рамках федеральных округов России [17].

Сущность применяемого подхода заключается в том, что энтропия служит количественной мерой, характеризующей уровень упорядоченности или хаотичности распределения инновационных характеристик по территории страны. Чем выше значение энтропии, тем более неравномерным является развитие научно-инновационной сферы между регионами в пределах округа. Такой анализ даёт возможность не только констатировать

текущее состояние, но и выявлять тенденции развития, определять проблемные зоны и разрабатывать адресные меры региональной политики, направленные на снижение диспропорций в инновационном развитии территорий.

На основе выявленных интегральных показателей научно-инновационного развития регионов была определена энтропийная мера для каждого федерального округа [17]:

$$E(W) = - \sum_{s \in S} p(W_s) * \log_2(p(W_s)) \tag{3}$$

где $p(W_s)$ – вероятность отнесения региона округа к конкретной категории по уровню использования цифровых технологий в расположенных в них организациях; s – количество категорий, характеризующих использование цифровых технологий в организациях.

Вероятность того, что регион округа W относится к категории S , вычисляется по формуле:

$$p(W_s) = \frac{n(W_s)}{n(W)} \tag{4}$$

где $n(W_s)$ – количество субъектов округа W , отнесенных к группе S по уровню научно-инновационного развития; $n(W)$ – общее число регионов в округе W .

Чем ниже значение энтропийного коэффициента, тем выше однородность регионов округа в контексте использования цифровых технологий в расположенных в нем организациях. Для таких территорий процессы стратегического планирования и прогнозирования оказываются более эффективными. В то же время округа с повышенными значениями энтропии сильнее подвержены воздействию внешних факторов, что снижает точность управленческих решений и затрудняет формирование устойчивых траекторий цифровизации бизнеса в условиях геополитической нестабильности.

Результаты и их обсуждение

Результаты расчета интегральной характеристики использования цифровых технологий в организациях приведены в *табл. 1*. Ввиду отсутствия необходимых данных по Донецкой и Луганской народным республикам, Запорожской и Херсонской областям, анализ проводился для 85 субъектов Российской Федерации.

Таблица 1 / Table 1

Результаты расчета интегральной характеристики цифрового развития организаций / Results of Calculating the Integral Characteristic of Digital Development of Organizations

Регион / Region	I	Регион / Region	I	Регион / Region	I	Регион / Region	I	Регион / Region	I
Белгородская область	0.726	г. Москва	0.607	Волгоградская область	0.568	Кировская область	0.566	Красноярский край	0.486
Брянская область	0.491	Республика Карелия	0.545	Ростовская область	0.609	Нижегородская область	0.692	Иркутская область	0.578
Владимирская область	0.761	Республика Коми	0.497	г. Севастополь	0.532	Оренбургская область	0.669	Кемеровская область	0.693
Воронежская область	0.697	Ненецкий автономный округ	0.420	Республика Дагестан	0.502	Пензенская область	0.524	Новосибирская область	0.664

Ивановская область	0.647	Архангельская область	0.612	Республика Ингушетия	0.415	Самарская область	0.644	Омская область	0.525
Калужская область	0.756	Вологодская область	0.656	Кабардино-Балкарская Республика	0.414	Саратовская область	0.634	Томская область	0.716
Костромская область	0.667	Калининградская область	0.624	Карачаево-Черкесская Республика	0.652	Ульяновская область	0.629	Республика Бурятия	0.618
Курская область	0.641	Ленинградская область	0.713	Алания	0.628	Курганская область	0.696	Республика Саха (Якутия)	0.610
Липецкая область	0.643	Мурманская область	0.619	Чеченская Республика	0.917	Свердловская область	0.732	Забайкальский край	0.598
Московская область	0.896	Новгородская область	0.701	Ставропольский край	0.698	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	0.643	Камчатский край	0.590
Орловская область	0.558	Псковская область	0.642	Республика Башкортостан	0.600	Ямало-Ненецкий автономный округ	0.607	Приморский край	0.601
Рязанская область	0.597	г. Санкт-Петербург	0.697	Республика Марий Эл	0.627	Тюменская область (без автономных округов)	0.653	Хабаровский край	0.522
Смоленская область	0.533	Республика Адыгея	0.795	Республика Мордовия	0.534	Челябинская область	0.608	Амурская область	0.618
Тамбовская область	0.680	Республика Калмыкия	0.621	Республика Татарстан	0.633	Республика Алтай	0.546	Магаданская область	0.686
Тверская область	0.647	Республика Крым	0.562	Удмуртская Республика	0.587	Республика Тыва	0.336	Сахалинская область	0.716
Тульская область	0.700	Краснодарский край	0.656	Чувашская Республика	0.706	Республика Хакасия	0.595	Еврейская автономная область	0.644
Ярославская область	0.730	Астраханская область	0.648	Пермский край	0.700	Алтайский край	0.596	Чукотский автономный округ	0.479

Источник: составлено автором / Source: compiled by the author

Наибольший уровень цифровизации демонстрируют Чеченская Республика (0.9169), Московская область (0.8960) и Республика Адыгея (0.7952), что свидетельствует о высоком уровне внедрения цифровых технологий в этих субъектах. Вместе с тем к регионам с высоким уровнем цифровизации относятся Владимирская (0.7697), Калужская (0.7555), Белгородская (0.7258), Ярославская (0.7298), Свердловская (0.7317), Ленинградская (0.7126), Томская (0.7163), Сахалинская (0.7159), Новгородская (0.7011) и Тульская (0.6999) области, а также Чувашская Республика (0.7063).

В то же время ряд регионов, таких как Республика Ингушетия (0.4145), Кабардино-Балкарская Республика (0.4135), Ненецкий автономный округ (0.4196), Республика Тыва (0.3356), Красноярский край (0.4862) и Чукотский автономный округ (0.4787), имеют крайне низкие показатели цифровизации, что указывает на значительное отставание в цифровом развитии.

Средний уровень цифровизации наблюдается в Вологодской (0.6563), Калининградской (0.6243), Астраханской (0.6477), Самарской (0.6440) областях, а также в Республике Северная Осетия – Алания (0.6277) и Ульяновской области (0.6285). При этом некоторые регионы, включая г. Москву (0.6074), Ростовскую (0.6092), Челябинскую (0.6077) области и Ямало-Ненецкий автономный округ (0.6072), демонстрируют уровень ниже среднего, что требует дополнительных мер для повышения цифровой зрелости организаций.

Значительная часть регионов, таких как

Брянская (0.4908), Смоленская (0.5329), Пензенская (0.5237), Омская (0.5253) области, Республика Мордовия (0.5336) и Хабаровский край (0.5224), остаются на низком уровне цифровизации, что может быть связано с недостаточным финансированием, слабой инфраструктурой или низкой активностью бизнеса в сфере цифровых преобразований.

Таким образом, цифровое развитие организаций в России характеризуется значительной региональной дифференциацией. В то время как одни субъекты активно внедряют цифровые технологии, другие существенно отстают, что требует разработки адресных программ поддержки и инвестиций в цифровую инфраструктуру для сокращения разрыва и обеспечения равномерного развития цифровой экономики по всей стране.

Существенный разброс значений интегрального коэффициента (от 0.336 до 0.917) указывает на региональную дифференциацию в цифровой трансформации бизнеса. Такой широкий диапазон вариации показателя подчеркивает наличие выраженного дисбаланса в развитии цифровых технологий между регионами страны.

На рис. 2 показано распределение регионов по уровню цифрового развития организаций, полученное путем деления интегральных показателей на квинтили. Визуализация демонстрирует, какое количество субъектов РФ относится к каждой из пяти выделенных групп, что позволяет наглядно оценить степень дифференциации регионов по данному критерию.

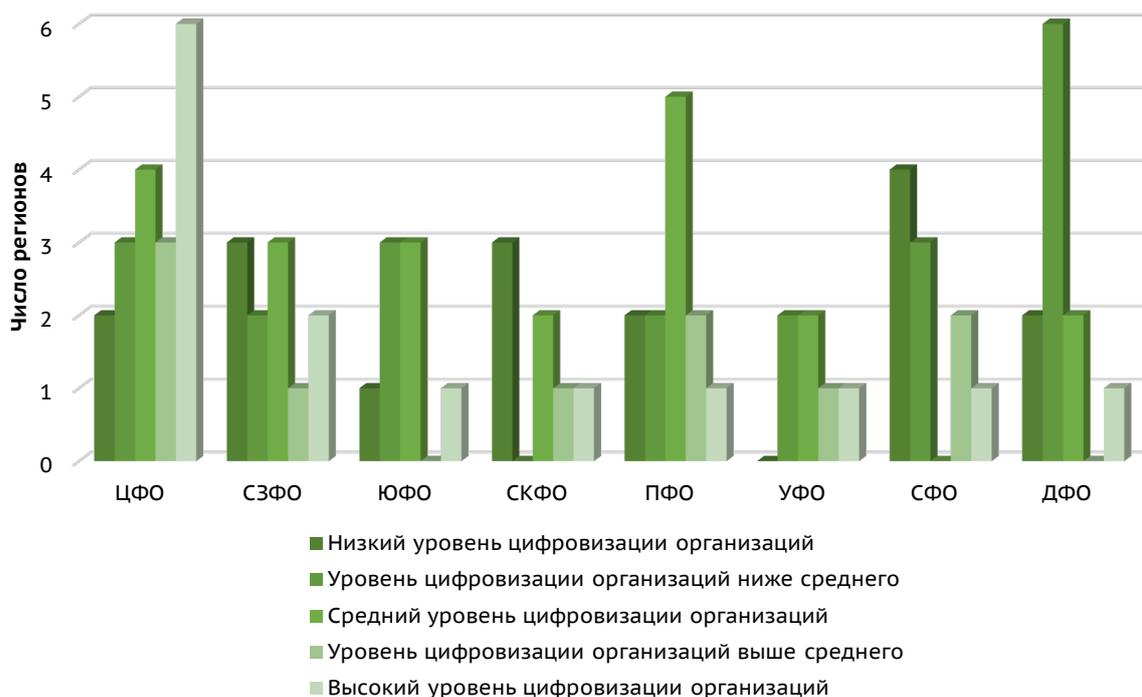


Рис. 2. Распределение регионов по уровню цифрового развития расположенных в них организаций в различных округах Российской Федерации / Fig. 2. Distribution of Regions by the Level of Digital Development of Organizations Located in Them in Various Districts of the Russian Federation

Источник: составлено автором / Source: compiled by the author

Проведенный анализ цифровизации организаций в разрезе федеральных округов выявил существенную региональную дифференциацию.

Наиболее благополучная ситуация сложилась в Центральном федеральном округе (ЦФО), где каждый третий регион (33%) демонстрирует высокий уровень цифровизации организаций. Это объясняется концентрацией финансовых и интеллектуальных ресурсов, близостью к столице и развитой инфраструктурой. Однако даже в ЦФО сохраняется 11% регионов с низким уровнем цифровизации фирм.

Организации Северо-Западного (СЗФО) и Приволжского (ПФО) федеральных округов демонстрируют поляризованную картину: при наличии отдельных успешных регионов (18% и 9% с высоким уровнем соответственно) здесь сохраняется значительное количество отстающих территорий (27% и 14% с низким уровнем). Такая диспропорция требует разработки дифференцированных подходов, учитывающих специфику каждого субъекта.

Критическая ситуация сложилась в Северо-Кавказском (СКФО), Сибирском (СФО) и Дальневосточном федеральных округах (ДФО). В СКФО треть регионов (33%) имеют низкий уровень цифровизации организаций, при этом только 22% достигли среднего уровня. В Сибирском округе ситуация еще более тревожная – в 70% регионов округа уровень цифровизации организаций низкий и ниже среднего. На Дальнем Востоке проблема усугубляется географическими и инфраструктурными ограничениями – 60% регионов

показывают результаты ниже среднего, а каждый пятый (20%) находится в группе аутсайдеров.

Южный и Уральский округа занимают промежуточное положение, демонстрируя как потенциал для роста (30% и 33% регионов со средним уровнем соответственно), так и наличие проблемных зон. Особенно показателен пример Уральского федерального округа (УФО), где при наличии одного региона-лидера (20%) треть субъектов (33%) отстают по уровню цифровизации фирм.

Обобщая полученные данные, можно констатировать, что только 15% российских регионов достигли высокого уровня цифровизации организаций, тогда как более четверти (25%) значительно отстают в этом процессе. Такая диспропорция создает риски для равномерного социально-экономического развития страны и требует реализации комплексных мер, включающих разработку индивидуальных программ цифровизации для отстающих регионов, создание механизмов межрегионального трансфера успешных практик, целевое финансирование цифровой инфраструктуры в проблемных округах, а также стимулирование частно-государственного партнерства в сфере цифровых технологий.

В рамках исследования для расчета энтропийных характеристик была определена вероятность принадлежности каждого из регионов округа к конкретной группе по уровню цифрового развития расположенных в них организаций (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Результаты расчета вероятности принадлежности регионов к группам по уровню цифрового развития организаций / Results of Calculating the Probability of Regions Belonging to Groups Based on the Level of Digital Development of Organizations

	Низкий уровень цифровизации организаций / Low Level of Digitalization in Organizations	Уровень цифровизации организаций ниже среднего/ Below-Average Level of Organizational Digitalization	Средний уровень цифровизации организаций / Average Level of Organizational Digitalization	Уровень цифровизации организаций выше среднего / Above-Average Level of Organizational Digitalization	Высокий уровень цифровизации организаций / High Level of Organizational Digitalization
ЦФО	11.11%	16.67%	22.22%	16.67%	33.33%
СЗФО	27.27%	18.18%	27.27%	9.09%	18.18%
ЮФО	12.50%	37.50%	37.50%	0.00%	12.50%
СКФО	42.86%	0.00%	28.57%	14.29%	14.29%
ПФО	16.67%	16.67%	41.67%	16.67%	8.33%
УФО	0.00%	33.33%	33.33%	16.67%	16.67%
СФО	40.00%	30.00%	0.00%	20.00%	10.00%
ДФО	18.18%	54.55%	18.18%	0.00%	9.09%

Источник: составлено автором / Source: compiled by the author

Для определения верхней границы энтропии системы была использована формула (5):

$$E(W)_{\max} = \log_2 S, \tag{5}$$

где S – число уровней цифровизации организаций в регионах.

Предельное значение энтропии системы составляет 2.322, так как в исследовании применялось пятиуровневое деление по уровню цифровизации организаций. Максимальная неопределенность системы наблюдается при равномерном

распределении признака, то есть, когда энтропия достигает наибольшего значения. Это происходит, если регионы равномерно распределены по всем уровням цифрового развития расположенных в них организаций. В данном исследовании, где используется пятиуровневая шкала, энтропия системы варьируется в диапазоне от 0 до 2.322.

Результаты расчета энтропии представлены на рис. 3.

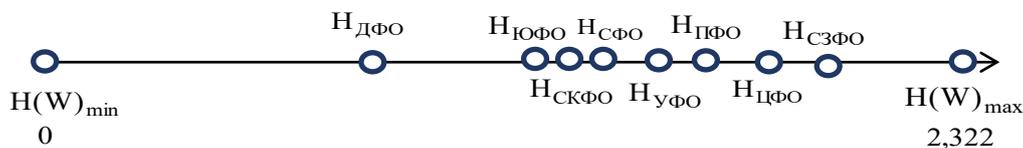


Рис. 3. Графическое отображение энтропии цифровизации организаций для округов Российской Федерации / Fig. 3. Graphical Representation of the Entropy of Organization Digitalization for the Districts of the Russian Federation

Источник: составлено автором / Source: compiled by the author

Расчеты показали, что максимальная энтропия научно-инновационного развития регионов наблюдается в СЗФО, что отражает значительную неоднородность в распределении уровней развития. Напротив, минимальные значения зафиксированы в ДФО, свидетельствуя о высокой однородности и эффективности применения традиционных методов планирования цифрового развития организаций в этом округе.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что энтропийный подход является эффективным инструментом для оценки неоднородности цифрового развития организаций в регионах России. Результаты расчетов выявили значительные диспропорции: максимальная энтропия зафиксирована в Северо-Западном федеральном округе, что свидетельствует о высокой степени хаотичности и неравномерности внедрения цифровых технологий, тогда как минимальные значения в Дальневосточном федеральном округе указывают на относительную

однородность и устойчивость процессов цифровизации. Наибольший уровень цифровой зрелости организаций наблюдается в Центральном федеральном округе, где треть регионов демонстрирует высокие показатели, однако даже здесь сохраняются территории с отставанием. Критическая ситуация сложилась в Северо-Кавказском, Сибирском и Дальневосточном округах, где значительная часть субъектов остается на низком уровне цифровизации. Полученные данные подчеркивают необходимость разработки дифференцированных мер государственной поддержки, направленных на сокращение цифрового неравенства, включая целевое финансирование инфраструктуры, стимулирование частного-государственного партнерства и трансфер успешных практик между регионами. Применение энтропийного анализа открывает новые возможности для прогнозирования устойчивости регионов к технологическим вызовам и оптимизации управления цифровой трансформацией в условиях растущей неопределенности.

Энтропийный анализ, будучи качественным методом оценки, не предоставляет точных количественных характеристик изучаемых процессов. Его ключевая ценность заключается в способности измерять степень внутренней упорядоченности сложных региональных систем, что особенно актуально для управления цифровизацией организаций.

Такой подход позволяет выявлять структурные диспропорции и зоны нестабильности в макрорегионах, что крайне важно для формирования сбалансированных стратегий развития. Анализируя уровень энтропии, исследователи и управленцы получают возможность определять оптимальные направления инвестиций, прогнозировать эффективность внедрения инноваций и разрабатывать адресные программы поддержки для территорий с различным уровнем технологического развития. Особую значимость этот метод приобретает в условиях цифровой трансформации, когда традиционные экономические показатели часто не отражают реальную динамику изменений. Энтропийный подход служит своеобразным «индикатором стабильности», помогая выявлять как перспективные точки роста, так и потенциальные риски дезорганизации региональных инновационных систем. При этом он не заменяет, а дополняет количественные методы анализа, создавая комплексное представление о состоянии и перспективах научно-технологического развития территорий в условиях неопределенности современной экономической среды.

Проведённый анализ выявил существенные региональные диспропорции в уровне цифровизации организаций, что требует дифференцированного подхода к стратегическому планированию. Для достижения максимальной эффективности управленческих решений необходимо комплексно учитывать специфические факторы развития каждого региона, включая инфраструктурную обеспеченность, кадровый потенциал и инвестиционную привлекательность. Такой подход позволит минимизировать существующий цифровой разрыв и обеспечить сбалансированное технологическое развитие всех территорий страны. Особое внимание следует уделить разработке адресных программ поддержки для отстающих регионов, одновременно создавая условия для трансфера успешных практик из более развитых субъектов страны.

Перспективы исследования связаны с анализом динамики энтропийных характеристик, что позволит отслеживать эволюцию процессов цифровизации в регионах во временном разрезе. Полученные результаты планируется использовать для разработки прогнозных моделей научно-инновационного развития территорий, учитывающих степень упорядоченности региональных систем. Такой подход обеспечит более точное прогнозирование за счет учета не только текущего уровня цифровой трансформации, но и динамики изменений. Особое внимание будет уделено созданию методики, позволяющей оценивать устойчивость регионов к технологическим вызовам на основе анализа энтро-

пийных показателей. Это откроет новые возможности для формирования адресных стратегий развития с учетом специфики каждого макрорегиона.

Библиография

- [1] Поняева И.И. Референтная модель управления цифровой трансформацией организации // *π – Ecomomy*. 2024. Том 17. № 2. С. 27–43. DOI: 10.18721/E.17202
- [2] Граммова Е.А., Вандеева Д.С. Развитие системы управления организацией в условиях цифровой трансформации // *Вестник университета*. 2024. № 3(62). С. 738–742.
- [3] Грудина С.И., Авдоница С.Г., Подгорная А.И. Факторы развития энтропии социально-экономической системы // *Вестник экономики, права и социологии*. 2024. № 1. С. 13–16.
- [4] Фокина Н.А. Цифровизация как способ совершенствования бизнес-процессов // *Научный вестник: финансы, банки, инвестиции*. 2023. № 3(64). С. 110–120.
- [5] Кравцов А.В., Булгаров М.А. Цифровизация городского хозяйства на примере муниципального образования город Краснодар «умный город» // *Региональная и отраслевая экономика*. 2024. № 6. С. 146–152. DOI: 10.47576/2949–1916.2024.6.6.021
- [6] Кирилов К.О. Проблемы и направления совершенствования цифровизации промышленного производства // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право*. 2023. Том 23. № 3. С. 293–298. DOI: 10.18500/1994–2540–2023–23–3–293–298
- [7] Казанбиева А.Х. Оценка уровня цифровизации российских регионов // *Инновации и инвестиции*. 2023. № 4. С. 369–375.
- [8] Попова С.М., Яник А.А., Кашепов А.В. Особенности функционирования и правового регулирования рынка труда Республики Тыва в условиях пандемии COVID-19 и цифровой трансформации // *Новые исследования Тувы*. 2023. № 2. С. 17–33. DOI: 10.25178/nit.2023.2.2
- [9] Минченко О.С. Как COVID-19 изменил управленческие процессы в организациях частного и публичного секторов // *Вопросы государственного и муниципального управления*. 2023. № 1. С. 7–19. DOI: 10.17323/19995431-2023-0-1-7-19
- [10] Жерегеля А.В. Особенности управления современной организацией при реализации стратегии цифровой трансформации // *Вестник университета*. 2023. № 1. С. 5–13. DOI: 10.26425/1816-4277-2023-1-5-13
- [11] Афанасьева С.И., Чернышова К.В. Цифровая трансформация с использованием систем управления взаимоотношений с клиентами // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2024. № 1(77). С. 60–67. DOI: 10.6060/snt.20247701.0008
- [12] Быкова А.В., Капитанов А.В. Анализ CRM-систем и формирование структуры архитектурного решения автоматизированной CRM-системы для машиностроительного производства // *Вестник МГТУ «Станкин»*. 2024. № 1(68). С. 129–137.
- [13] Сомина И.В., Гавриловская С.П. Оценка влияния цифровизации на экономический рост стран Европы // *Вестник университета*. 2023. № 4. С. 138–148. DOI: 10.26425/1816-4277-2023-4-138-148
- [14] Кухарева А.Ю., Еськов В.В., Еськов В.М., Воронюк Т.В., Самойленко Т.В. Энтропийный подход в биомеханике // *Вестник новых медицинских технологий*. 2023. Том 30. № 4. С. 122–126. DOI: 10.24412/1609–2163–2023–4–122–126
- [15] Громенко В.М., Фаттахов Ф.Т., Трунова И.В., Ивашов А.В., Фаттахов А.Ф. Опыт применения энтропийного коэф-

фициента Шеннона к анализу физической подготовленности двух групп учеников четвертых классов // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2017. Том 3. № 69. С. 55-70.

- [16] Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (2025). Министерство цифрового развития РФ.
URL: <https://digital.gov.ru/target/nacziionalnaya-programma-czifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federaczii> (дата обращения 26.06.2025).
- [17] Грачев С.А., Быкова М.Л. Энтропийный подход к оценке уровня цифровизации в Российской Федерации // Проблемы развития территории. 2022. Том 26. № 3. С. 42-55. DOI: 10.15838/ptd.2022.3.119.4

References

- [1] Ponyaeva I.I. Reference Model for Managing the Digital Transformation of an Organization // *π-Economy*. 2024. Vol. 17(2). Pp. 27-43. (In Russ.). DOI: 10.18721/IE.17202
- [2] Grammova E.A., Vandeeva D.S. Development of the Organization's Management System in the Context of Digital Transformation // *Vestnik Universiteta*. 2024. Vol. 3(62). Pp. 738-742. (In Russ.).
- [3] Grudina S.I., Avdonina S.G., Podgornaya A.I. Factors in the Development of Entropy of a Socio-Economic System // *The Review of Economy, the Law and Sociology*. 2024. Vol. 1. Pp. 13-16. (In Russ.).
- [4] Fokina N.A. Digitization as a Way to Improve Business Processes // *Scientific Bulletin: Finance, Banking, Investment*. 2023. Vol. 3(64). Pp. 110-120. (In Russ.).
- [5] Kravtsov A.V., Bulgarov M.A. Digitalization of City Economy on the Example of the Municipality of the City of Krasnodar Smart City // *Regional and Sectoral Economics*. 2024. Vol. 6. Pp. 146-152. (In Russ.). DOI: 10.47576/2949-1916.2024.6.6.021
- [6] Kirilov K.O. Problems and Directions of Improving the Industrial Production Digitalization // *Izvestiya of Saratov University. Economics. Management. Law*. 2023. Vol. 23(3). Pp. 293-298. (In Russ.). DOI: 10.18500/1994-2540-2023-23-3-293-298
- [7] Kazanbieva A.Kh. Assessment of the Level of Digitalization of Russian Regions // *Innovation & Investment*. 2023. Vol. 4. Pp. 369-375. (In Russ.).
- [8] Popova S.M., Yanik A.A., Kashenov A.V. Features of functioning and legal regulation of the labor market in the Republic of Tuva under conditions of the COVID-19 pandemic and digital transformation // *The New Research of Tuva*. 2023. Vol. 2. Pp. 17-33. (In Russ.). DOI: 10.25178/nit.2023.2.2
- [9] Minchenko O.S. How Covid-19 has Changed the Managerial Processes in Public and Private Organizations // *Public Administration Issues*. 2023. Vol. 1. Pp. 7-19. (In Russ.). DOI: 10.17323/19995431-2023-0-1-7-19
- [10] Zheregelya A.V. Features of Modern Organization Management when Implementing a Digital Transformation Strategy // *Vestnik universiteta*. 2023. Vol. 1. Pp. 5-13. (In Russ.). DOI: 10.26425/1816-4277-2023-1-5-13
- [11] Afanasyeva S.I., Chernysheva K.V. Digital Transformation using Customer Relationship Management Systems // *Modern High Technologies. Regional Application*. 2024. Vol. 1(77). Pp. 60-67. (In Russ.). DOI: 10.6060/snt.20247701.0008
- [12] Bykova A.V., Kapitanov A.V. Analysis of Crm Systems and Development of the Automated Crm System Architecture at the Machine-Building Enterprise // *Vestnik MSUT "Stankin"*. 2024. Vol. 1(68). Pp. 129-137. (In Russ.).
- [13] Somina I.V., Gavrilovskaya S.P. Digitalization Impact Estimation on the Economic Growth of the European Countries // *Vestnik Universiteta*. 2023. Vol. 4. Pp. 138-148. (In Russ.). DOI: 10.26425/1816-4277-2023-4-138-148
- [14] Kukhareva A.Yu., Eskov V.V., Eskov V.M., Voronyuk T.V., Samoilenko T.V. Entropy Approach in Biomechanics // *Journal of New Medical Technologies*. 2023. Vol. 30(4). Pp. 122-126. (In Russ.). DOI: 10.24412/1609-2163-2023-4-122-126
- [15] Gromenko V.M., Fattakhov F.T., Trunova I.V., Ivashov A.V., Fattakhov A.F. Experience of Application of Entropy Coefficient of the Shannon to the Analysis of Physical Fitness of Two Groups Of Fourth Grade Students // *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2017. Vol. 3(69). Pp. 55-70. (In Russ.).
- [16] Natsional'naya programma «Tsifrovaya ekonomika Rossiiskoi Federatsii» [National program "Digital Economy of the Russian Federation"] (2025). Ministry of Digital Development of the Russian Federation. (In Russ.). URL: <https://digital.gov.ru/target/nacziionalnaya-programma-czifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federaczii> (accessed on 26.06.2025).
- [17] Grachev S.A., Bykova M.L. Entropic Approach to Assessing the Level of Digitalization in the Russian Federation // *Problems of Territory's Development*. 2022. Vol. 26(3). Pp. 42-55. (In Russ.). DOI: 10.15838/ptd.2022.3.119.4

Информация об авторе / About the Author

Маргарита Леонидовна Быкова – канд. экон. наук; доцент, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия / **Margarita L. Bykova** – Cand. Sci. (Economics); Associate Professor, Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, Russia
E-mail: margarita93@bk.ru
SPIN РИНЦ 3256-9360
ORCID 0000-0002-0296-4781
Researcher ID AAB-8882-2022
Scopus Author ID 57220896383

Дата поступления статьи: 05 июля 2025
Принято решение о публикации: 25 сентября 2025

Received: July 05, 2025
Accepted: September 25, 2025