

Междисциплинарные исследования / Interdisciplinary Research

Научная статья

Original article

DOI: [10.12731/2658-6649-2026-18-2-1450](https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-2-1450)EDN: [WHTXDK](https://www.edn.ru/WHTXDK)

УДК 338.43:004.9



Оценка влияния цифровой трансформации на результативность сельского хозяйства

А.Ю. Анисимов¹, П.Н. Машегов^{1,2}, А.Е. Трубин¹, И.О. Трубина¹¹Университет «Синергия», Москва, Российская Федерация²Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
Москва, Российская Федерация

Аннотация

Обоснование. Результативность сельскохозяйственного производства является важнейшим аспектом повышения продовольственной безопасности и обеспечения устойчивого роста в условиях значительного влияния внешних факторов. Ее повышение возможно на основе цифровой трансформации, которая является важным стратегическим императивом сельскохозяйственных предприятий для адаптации к современным трендам инновационного и технологического развития.

Цель исследования. Оценка влияния затрат на внедрение и использование цифровых технологий на результативность сельского хозяйства.

Материалы и методы. Для оценки влияния затрат на внедрение и использование цифровых технологий на показатели результативности сельскохозяйственных предприятий использовались вторичные статистические данные за период с 2016 г. по 2023 г. В качестве индикаторов результативности сельского хозяйства использовались валовая добавленная стоимость и прибыль сельскохозяйственных организаций. В качестве методов исследования использованы: библиометрический анализ, методы описательной статистики и предиктивно-каузальные методы. Для выявления причинно-следственных взаимосвязей между затратами на цифровые технологии и результативностью сельскохозяйственного производства использован статистический показатель Transfer Entropy, позволяющий определить как наличие, так и направления связи между переменными.

Результаты. Результаты исследования показали наличие причинно-следственных связей между затратами на внедрение цифровых технологий и расширение инновационной деятельности и результативности сельскохозяйственного произ-

водства. При этом установлено, что зависимость между уровнями затрат и результативностью носит нелинейный характер. На начальных этапах вложения в цифровизацию приводят к ограниченному эффекту из-за недостаточной адаптации инфраструктуры, однако по мере достижения определённого уровня инвестиций наблюдается более выраженное увеличение производительности и эффективности отрасли. При этом сделан вывод, что на данный момент уровень внедрения цифровых технологий остаётся недостаточным для значительного влияния на эффективность отрасли. В долгосрочной перспективе увеличение вложений в цифровизацию может существенно повысить производительность труда и экономический рост сельского хозяйства.

Ключевые слова: сельское хозяйство; цифровые технологии; затраты на внедрение цифровых технологий; инновационные технологии; государственная поддержка

Для цитирования. Анисимов, А. Ю., Машегов, П. Н., Трубин, А. Е., & Трубина, И. О. (2026). Оценка влияния цифровой трансформации на результативность сельского хозяйства. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 18(2), 605–626. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-2-1450>

Assessing the impact of digital transformation on agricultural performance

A.Yu. Anisimov¹, P.N. Mashegov^{1,2}, A.E. Trubin¹, I.O. Trubina¹

¹Synergy University, Moscow, Russian Federation

²Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation

Abstract

Background. Agricultural production efficiency is a critical aspect of improving food security and ensuring sustainable growth in the face of significant external factors. This improvement is possible through digital transformation, which is a key strategic imperative for agricultural enterprises to adapt to modern trends in innovative and technological development.

Purpose. Assessing the impact of digital technology implementation costs on agricultural performance.

Materials and methods. Secondary statistical data for the period from 2016 to 2023 were used to assess the impact of digital technology implementation costs on agricultural enterprise performance. Gross value added and profit of agricultural organizations were used as indicators of agricultural performance. Research methods included bibliometric analysis, descriptive statistics, and predictive-causal methods. To identify causal relationships between digital technology expenditures and agricultural production efficiency,

the Transfer Entropy statistical indicator was used, allowing one to determine both the presence and direction of relationships between variables.

Results. The study's results revealed a cause-and-effect relationship between the costs of implementing digital technologies and expanding innovation and agricultural production performance. Furthermore, it was found that the relationship between costs and performance is nonlinear. Initially, investments in digitalization have a limited impact due to insufficient infrastructure adaptation. However, as a certain level of investment is reached, a more pronounced increase in productivity and efficiency is observed. It was concluded that the current level of digital technology adoption remains insufficient to significantly impact the sector's performance. In the long term, increased investment in digitalization could significantly improve labor productivity and economic growth in agriculture.

Keywords: agriculture; digital technologies; costs of implementing digital technologies; innovative technologies; government support

For citation. Anisimov, A. Yu., Mashegov, P. N., Trubin, A. E., & Trubina, I. O. (2026). Assessing the impact of digital transformation on agricultural performance. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 18(2), 605–626. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-2-1450>

Введение

Сельское хозяйство играет ключевую роль в глобальном производстве продовольствия и постоянно адаптируется к влиянию различных внутренних и внешних факторов [26]. Среди наиболее значительных факторов, оказывающих влияние на необходимость трансформации производственных и управленческих процессов в сельском хозяйстве, выступает глобальная тенденция цифровой трансформации [13]. Внедрение цифровых сельскохозяйственных технологий стало важным аспектом этого трансформационного процесса. Цифровые технологии сельского хозяйства включают широкий набор технологий, который сочетает в себе различные цифровые инструменты и платформы, направленные на преобразование традиционных методов ведения сельского хозяйства, позволяющие сельхозтоваропроизводителям эффективно планировать, контролировать и управлять как операционными, так и стратегическими аспектами своих производственных систем. Помимо устоявшихся технологий, таких как полевые датчики, глобальные системы позиционирования, телеметрия и автоматизация, процессы внедрения цифровых сельскохозяйственных технологий (ЦСТ) также характеризуются интеграцией Интернета и связи, облачных вычислений, больших данных, блокчейна и криптографии [1; 6; 12; 17]. Представленный набор цифровых

технологий обеспечивает не только процесс принятия решения, но и способствуют большей устойчивости производственных систем, обеспечивая доступ к дифференцированным рынкам [27].

Однако, важно отметить, что на современном этапе, учитывая потребность в больших объемах инвестиций для цифровизации сельского хозяйства, необходимо оценить степень их влияния на обеспечение прогрессивных темпов его роста. Оценку затрат на цифровизацию сельского хозяйства целесообразно осуществлять во взаимосвязи с оценкой затрат на инновационную деятельность, поскольку цифровые технологии являются составной частью комплексного процесса инновационного преобразования аграрного сектора. Инновационные разработки формируют основу для устойчивого и адаптивного внедрения цифровых решений, особенно в условиях аграрной специфики, варьирующейся в зависимости от природно-климатических, экономических и социально-организационных факторов.

Целью исследования выступает оценка влияния затрат на внедрение и использование цифровых технологий на результативность сельского хозяйства. В качестве задач исследования поставлены: определение направлений влияния цифровых технологий на сельское хозяйство, а также оценка степени влияния их внедрения на результаты сельскохозяйственной деятельности. В качестве объекта исследования выступают факторы, обеспечивающие процессы эффективного развития сельскохозяйственного производства. Предметом исследования являются экономические механизмы, посредством которых инвестиции в цифровизацию воздействуют на результативность сельскохозяйственного производства.

В качестве гипотезы исследования выступает предположение о том, что рост затрат на внедрение цифровых технологий и расширение инновационной деятельности способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства, при этом указанная зависимость носит нелинейный характер, т.е. на начальных этапах вложения в цифровизацию могут давать ограниченный эффект вследствие недостаточной адаптации инфраструктуры, тогда как при достижении определённого порогового уровня вложений наблюдается более выраженное повышение результативности.

Материалы и методы

Подтверждение или опровержение выдвинутой нами в исследовании гипотезы и решение поставленных задач, в рамках достижения сформулированной цели, обеспечивается следующей методической дорожной картой, включающей в себя ряд этапов.

На первом этапе определен перечень отраслевых показателей, характеризующих результативность сельскохозяйственного производства, в качестве которых выбраны валовая добавленная стоимость (ВДС) и прибыль от продажи продукции сельскохозяйственных организаций. На втором этапе проведена оценка стационарности и линейности временных рядов и причинно-следственных связей с использованием нелинейного статистического показателя TE (Transfer Entropy), позволяющего учитывать сложные нелинейные взаимодействия между переменными.

В качестве зависимой переменной Y_1 выбрана НДС по подотрасли растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг. Этот показатель позволяет определить, степень зависимости экономического роста подотрасли от влияния независимых переменных. В качестве зависимой переменной Y_2 выступает прибыль от продажи организаций подотрасли растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг. Выбор прибыли от продажи в качестве переменной Y_2 обусловлен её высокой чувствительностью к изменению как внешнеэкономических условий, так и внутренних факторов эффективности хозяйствования, включая внедрение цифровых технологий, и позволяет оценить непосредственное воздействие инновационно-цифровых инвестиций на рентабельность и устойчивость функционирования сельскохозяйственных организаций.

В качестве независимых переменных выбраны: X_1 - объем средств государственной поддержки в рамках программ и мероприятий по развитию сельского хозяйства, млрд руб. (поскольку государственная поддержка имеет большое значение для внедрения инноваций в агропромышленном комплексе), X_2 - внутренние затраты на научные исследования и разработки, млрд, руб. X_3 - удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, %, X_4 - затраты организации на внедрение и использование цифровых технологий.

Результаты и обсуждение

Обеспечение качественного развития сельского хозяйства, укрепление продовольственной безопасности и инновации в сельскохозяйственных технологиях тесно взаимосвязаны. Приоритетным направлением развития аграрной науки и техники является рациональное развитие технологий, а технологический прогресс является важнейшей движущей силой устойчивого роста сельскохозяйственного производства.

Цифровизация сельского хозяйства на современном этапе становится важным направлением государственной политики, направленной на обе-

спечение продовольственной безопасности, импортозамещение основных продуктов питания, а также повышение эффективности функционирования сельхозпроизводителей.

Создание условий для цифровизации сельского хозяйства поставлено в качестве одной из важных задач Проекта «Цифровое сельское хозяйство» [3] посредством разработки и внедрения платформенных решений и цифровых технологий, направленных на повышение производительности сельскохозяйственных предприятий. Интеграция цифровых технологий в сельское хозяйство в условиях государственной поддержки будет способствовать переходу к следующему поколению индустриального сельского хозяйства, а именно сельского хозяйства 4.0, также называемого умным или цифровым сельским хозяйством.

На современном этапе вопросы влияния технологического прогресса на обеспечение сбалансированного роста сельского хозяйства широко обсуждаются в академической литературе. Среди наиболее приоритетных направлений исследования оценки влияния цифровых технологий выделяют: создание и поддержание платформ [1; 10], использование технологий точного земледелия [13; 15], внедрение технологий искусственного интеллекта и интернета вещей [4; 8; 14], механизмы государственной поддержки цифровой трансформации сельского хозяйства [6; 7], повышение эффективности функционирования сельскохозяйственных предприятий [2; 9; 18; 24].

В результате исследования [1; 2; 13; 15; 23] сделан вывод о том, что внедрение цифровых технологий может способствовать экономическому развитию и росту результативности сельского хозяйства. Однако результаты исследований [9; 18; 24] противоречивы. Так, С.А. Банниковым [2], И.Г. Паршутиной [9] установлено, что внедрение цифровых технологий способствует изменению в методах сельскохозяйственного производства, качестве управления и эффективности производства, а также приводит к повышению производительности факторов производства в сельском хозяйстве. Однако Б. Мэттьюс [24] отметил, что для реализации полного потенциала цифровых технологий в экономике сельского хозяйства и сельских территорий необходим значительный временной горизонт. В отсутствие зрелых систем цифрового развития и механизмов регулирования это может привести к новым рискам для развития сельскохозяйственной отрасли. Как и другие ресурсы, цифровые технологии ориентированы на получение прибыли. Однако, ограниченность маневра для поиска источника в сельской местности, низкий технический порог цифрового развития

сельского хозяйства, отсутствие ИКТ инфраструктуры делают цифровизацию значительно менее активной.

Рост сельского хозяйства в основном являются функцией взаимодействия между такими показателями как климатические условия, площадь сельскохозяйственных угодий, численность работников, количество сельскохозяйственных предприятий, а также величина имеющихся финансовых ресурсов. Внедрение цифровых и инновационных производственных технологий способно привести к крупномасштабной изменчивости урожайности, фенологии и типа сельскохозяйственных культур. В большинстве случаев окружающая среда не может быть изменена, однако, внедрение цифровых технологий способно привести к прогрессивным изменениям, особенно в сложных экономических и климатических условиях [24]. Например, С. Цзяо и соавторы [27] обосновали, что темпы роста производства зерна превысили темпы роста потребления удобрений, отчасти благодаря технологическим инновациям.

Х. Дэн и соавторы [20], взяв в качестве объекта исследования 13 основных зернопроизводящих регионов, проанализировал пространственно-временную корреляционную реакцию уровня экстенсивного сельского хозяйства и внедрения цифровых технологий в зернопродуктовый комплекс. В результате этим автором было установлено, что всестороннее развитие научно-технических инноваций характеризуется устойчивой тенденцией к росту, а уровень скоординированного развития сельского хозяйства значительно улучшился. М. Херреро и др. [19] на основе оценки масштабов инноваций в производстве зерна, землепользовании и выбросах предложили направления совершенствования использования инновационных технологий. Л. Луо и др. [23] обосновали, что при различных моделях управления сельским хозяйством сельхозтоваропроизводители будут демонстрировать различные технологические достижения, чтобы соответствовать производственным факторам и достигать оптимальных условий производства. Соответственно, можно отметить, что сельское хозяйство, основанное на цифровых технологиях, представляет собой одну из форм модернизации аграрного сектора.

Систематизируя влияние цифровых и инновационных технологий на сельскохозяйственное производство, можно выделить два ключевых аспекта. С одной стороны, использование передовых цифровых технологий, таких как интернет вещей, большие данные и технологии дистанционного зондирования, позволило оптимизировать распределение существующих факторов производства, а также повысить эффективность их использова-

ния и производительность сельского хозяйства за счет технологического прогресса. С другой стороны, развитие и применение цифровых технологий превратили данные в новый фактор производства, способствуя изменению структуры факторов производства и инновациям методов производства. Различия в распределении факторов производства между отраслями могут объяснять вариации в эффективности производства.

Применение цифровых и инновационных технологий добавило к традиционным факторам сельскохозяйственного производства, таким как земля, труд и капитал, новый элемент – информацию. По мере того, как информация входит в функцию сельскохозяйственного производства в качестве нового элемента, зависимость и структуры соответствия различных ресурсных элементов коренным образом меняются. Поток информации может быть обработан с помощью цифровых технологий, что создает предпосылки для автоматизации технологии сельскохозяйственного производства. Цифровые технологии, такие как интернет вещей и облачные вычисления, улучшают структуру элементов сельскохозяйственных ресурсов, усиливают совершенствование управления производственными процессами и достигают цели повышения эффективности распределения элементов ресурсов и снижения затрат на управление в процессах сельскохозяйственного производства. Также важно учитывать, что сельскохозяйственные производители стремятся максимизировать собственную выгоду при принятии решений о внедрении цифровых технологий в производство, рассчитывая получить максимально возможную выгоду при наименьшей сумме затрат на внедрение и использование цифровых технологий. Соответственно основными мотивами их внедрения выступает снижение производственных затрат и повышения рентабельности производства [8]. В связи с чем требуют более детальной экономической оценки следующие вопросы: во-первых, основные технологии, активно применяемые в аграрном секторе (рисунок 1), во-вторых – какова степень их влияния на результативность сельскохозяйственного производства.

Как видно на рисунке 1, в условиях цифровой трансформации агропромышленного комплекса прослеживается тенденция изменения структуры используемых цифровых технологий. Так, заметный рост можно отметить в использовании таких технологий, как цифровые платформы, технологии искусственного интеллекта и цифровые двойники. Технологии интернета вещей (IoT) и технологии больших данных также демонстрируют значительный рост. В 2023 году облачные сервисы применялись 1285 организациями, что на 10,5% больше по сравнению с 2021 годом (1162) и на 75%

больше по сравнению с 2022 годом (733). Технологии RFID использовались 770 организациями в 2023 году, что на 28% больше по сравнению с 2022 годом (602).



Рис. 1. Динамика цифровых технологий, используемых в сельском хозяйстве

Источник: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

Fig. 1. Trends in Digital Technologies Used in Agriculture

Source: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

Промышленные роботы и аддитивные технологии показывают меньшую степень распространённости, но также демонстрируют рост. В 2023 году промышленные роботы использовались 344 организациями, что на 6% меньше по сравнению с 2021 годом (366), но на 4,5% больше по сравнению с 2022 годом (329). Снижение числа организаций, использующих промышленных роботов, может быть обусловлено совокупностью таких факторов, как ухудшение экономической конъюнктуры, ограничения и перебои в поставках оборудования и комплектующих вследствие санкционного давления. Применение аддитивных технологий увеличилось до 88 организаций в 2023 году, что в два раза больше по сравнению с 2022 годом и на 2,3% больше по сравнению с 2021 годом. Соответственно, можно отметить, что в аграрном секторе наблюдается рост применения цифровых технологий. Особенно значительно увеличилось использование технологий интернета вещей, обработки больших данных и цифровых платформ.

Внедрение указанных технологий направлено на формирование высокоэффективных, устойчивых и адаптивных аграрных систем, позволяющих оперативно реагировать на различные внешние вызовы, в том числе

изменение климатических условий, колебания рыночных цен на сельскохозяйственную продукцию, а также изменяющиеся требования потребителей (таблица 1).

Таблица 1.

Цифровые технологии в сельском хозяйстве**Table 1. Digital Technologies in Agriculture**

Блок технологии	Сельскохозяйственные технологии	Эффекты от внедрения
Геоинформационные системы (ГИС)	GPS-картирование, дроны, спутниковый мониторинг	Оптимизация использования ресурсов, повышение урожайности
Цифровые платформы	ERP-системы (1C:Агро), Cropio, Climate FieldView, агро-маркетплейсы	Централизация управления, аналитика, оптимизация логистики
Большие данные	Анализ урожайности, поведенческий анализ потребителей, прогнозирование урожая	Принятие решений на основе данных, снижение издержек
Искусственный интеллект	Диагностика заболеваний растений по фото, роботы-сборщики, предиктивная аналитика	Автоматизация и повышение точности агропроцессов
Облачные сервисы	Хранение данных, онлайн-CRM, удалённый мониторинг	Повышение оперативности обработки данных, снижение IT-затрат
Интернет вещей (IoT)	Умные поливочные системы, сенсоры температуры, GPS-ошейники	Автоматизация мониторинга, точное управление ресурсами
RFID (радиочастотная идентификация)	Метки на скот, логистика, учёт семян и ресурсов	Прослеживаемость, контроль запасов
Цифровой двойник	Виртуальные модели ферм, симуляция урожайности, цифровое тестирование	Моделирование и оптимизация производства
Промышленные роботы и линии	Роботы для дойки, сбора урожая, автоматизация упаковки	Снижение ручного труда, повышение производительности
Аддитивные технологии (3D-печать)	Печать запчастей, изготовление индивидуальных деталей, прототипирование	Быстрые ремонты, снижение затрат на производство

Источник: составлено авторами на основе [1-25]

Source: Compiled by the authors based on [1-25]

Для проверки выдвинутой гипотезы о нелинейном влиянии инвестиций в цифровые технологии и инновации на повышение эффективности

сельскохозяйственного производства проведем графическое представление динамики темпов прироста прибыли, ВДС, а также затрат на внедрение и использование цифровых технологий (рисунок 2).

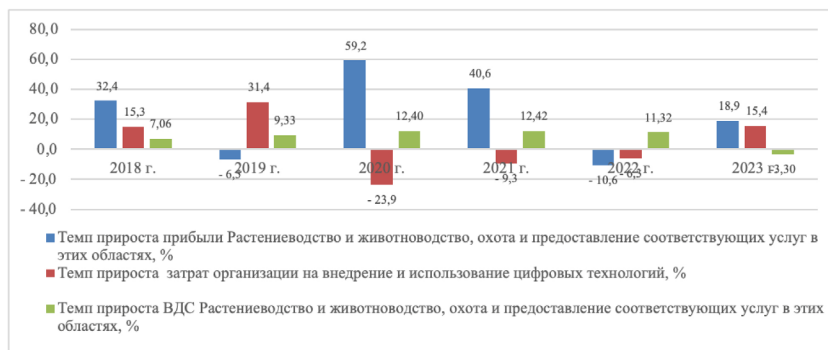


Рис. 2. Темпы прироста ВДС, прибыли организаций растениеводства и животноводства, охоты и предоставления соответствующих услуг и темпы прироста затрат организации на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: составлено авторами на основе данных <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>

Fig. 2. Growth rates of gross domestic product (GDP), profits of organizations engaged in crop production, livestock production, hunting, and related services, and growth rates of organizations' expenditures on the implementation and use of digital technologies

Source: Compiled by the authors based on data from <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>

Оценка темпов прироста прибыли в сельскохозяйственном секторе, а также темпов прироста затрат организаций на внедрение и использование цифровых технологий в период с 2018 по 2023 год позволяет выявить ряд значимых закономерностей, свидетельствующих о взаимодействии экономических и технологических факторов в аграрной экономике. В целом, темпы прироста прибыли в сельском хозяйстве демонстрируют выраженную волатильность, колеблясь в диапазоне от -10,6 % (2022 г.) до 59,2 % (2020 г.). При этом наиболее высокие значения зафиксированы в 2020 (59,2 %) и 2021 годах (40,6 %), что связано с адаптацией аграрных предприятий к вызовам, вызванным пандемией COVID-19, а также с переориентацией на внутренний рынок, стабилизацией ценовой конъюнктуры и, возможно, усилением цифровой трансформации. Однако в 2022 году наблюдается резкое снижение прибыли, что может быть связано с геополитическими факторами, инфляционным давлением и ростом издержек на фоне нестабильности логистических цепочек. В 2023 году зафиксирован частичный рост до 18,9 %, В рассматриваемом периоде отмечается ряд разнонаправ-

ленных изменений, так, в 2018 году темп прироста составил 15,3 %, в 2019 году достиг максимального значения в 31,4 %, что отражает начальную фазу активной цифровизации аграрного сектора. В 2020 и 2021 годах наблюдается спад на 23,9% и 9,3% соответственно, что может быть обусловлено перераспределением финансовых ресурсов в условиях пандемии и повышенной экономической неопределённости. Однако уже в 2022 году темп прироста затрат стабилизируется, а в 2023 году вновь демонстрирует рост на 15,4 %, указывая на возобновление инвестиционной активности в цифровые технологии и укрепление стратегического курса на цифровую трансформацию отрасли. Сопоставление двух показателей позволяет выдвинуть предположение о наличии опосредованной, но положительной корреляции между технологической модернизацией и экономическими результатами сельхозпредприятий. Анализ динамики темпов прироста прибыли в сельскохозяйственном секторе и темпов прироста затрат на цифровизацию в период с 2018 по 2023 год позволяет выдвинуть предположение о нестационарности временных рядов, что обусловлено значительной волатильностью, наличием резких скачков, разнонаправленные изменений и отсутствием устойчивого тренда, что свидетельствует о влиянии внешних экономических, геополитических и институциональных факторов, а также указывают на нестабильность математических ожиданий и дисперсий во времени, типичных для нестационарных процессов. Нестационарность данных обуславливает, для оценки причинно-следственных связей, использовать метод TE (Transfer Entropy, метод переноса энтропии) позволяющий выявлять направленные и потенциально нелинейные зависимости между временными рядами путём измерения снижения неопределённости о будущем состоянии одной переменной при условии знания прошлого другой.

Результаты оценки причинно-следственных связей между переменными, представлены в таблице 2.

Для интерпретации результатов использована нормализованная форма показателя Transfer Entropy (TE), значения которого приведены к диапазону $[0;1]$. Нормализация позволяет рассматривать TE как долю снижения неопределённости относительно будущего состояния результирующей переменной при учёте информации о прошлом значении фактора. Величина TE характеризует объём информации, который передаётся от одной переменной к другой в значениях условной энтропии. Значения показателя, приближающиеся к нулю, указывают на отсутствие направленного влияния, а значения, стремящиеся к единице на полное объяснение динамики результирующего

показателя зависимой переменной [7; 14]. Значения Transfer Entropy для всех предикторов к переменной $Y1$ составляют 0,4056, что свидетельствует о наличии устойчивой причинно-следственной связи и указывает на наличие значимого предиктивного потенциала в отношении изменения валовой добавленной стоимости в аграрной отрасли.

Таблица 2.

Результаты оценки причинно-следственных связей**Table 2. Results of the Causal Analysis**

Фактор	Описание	TE	
		$Y1$ Валовая добавленная стоимость	$Y2$ Прибыль от продажи продукции сельскохозяйственных организаций
X1	Объем средств государственной поддержки в рамках программ и мероприятий по развитию сельского хозяйства	0,4056	0,4056
X2	Внутренние затраты на научные исследования и разработки, млрд руб.	0,4056	0,1556
X3	Удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, %	0,4056	0,4056
X4	Затраты организации на внедрение и использование цифровых технологий, млрд руб.	0,4056	0,4056

Источник: рассчитано авторами на основе <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>, <https://www.fedstat.ru/indicator/58039>

Source: Calculated by the authors based on <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>, <https://www.fedstat.ru/indicator/58039>

Значения Transfer Entropy для оценки влияния $X1$, $X3$, $X4$ на $Y2$ также свидетельствует о существенной причинной зависимости. Полученные значения в результате оценки методом переноса энтропии демонстрируют, что финансовые показатели сельского хозяйства (в частности, прибыль) в большей степени обусловлены мерами прямой экономической поддержки ($X1$), инновационной активностью ($X3$) и цифровой трансформацией ($X4$), нежели фундаментальными научными исследованиями ($X2$), эффект от которых может проявляться с временным лагом. Резюмируя результаты оценки, можно отметить наличие значимых и потенциально причинных связей между затратами на внедрение и использование цифровых технологий и ключевыми макроэкономическими показателями аграрного сектора

(Y1 и Y2). Однако, учитывая, что в предшествующие периоды объем этих затрат был незначительным, их влияние на ВДС и прибыль до недавнего времени оставалось ограниченным. Следовательно, при продолжении тенденции увеличения затрат можно ожидать более выраженного положительного эффекта на ВДС.

Заключение

Результаты проведенной оценки влияния цифровой трансформации на результативность сельскохозяйственного производства позволяют сделать следующие выводы. Цифровизация сельского хозяйства представляет собой важное направление модернизации аграрного сектора, выступающее неотъемлемой частью инновационного развития. Цифровые технологии трансформируют традиционные формы ведения сельского хозяйства, способствуя переходу от экстенсивной к интенсивной модели за счёт включения информации в качестве нового фактора производства. Это ведёт к реорганизации ресурсной структуры: информация, обработанная с помощью цифровых инструментов, становится ключевым элементом в цепочке принятия решений, управления производственными процессами и распределения ресурсов. Статистические данные свидетельствуют о стабильной тенденции роста применения цифровых решений в аграрном секторе. Так, в 2023 году облачные сервисы использовались 1285 организациями, что на 10,5% больше по сравнению с 2021 годом (1162 организации) и на 75% больше по сравнению с 2022 годом (733 организации). Технологии интернета вещей продемонстрировали рост до 770 организаций, что на 28% больше по сравнению с 2022 годом. Существенный рост наблюдается также в использовании цифровых платформ и технологий искусственного интеллекта. Несмотря на то, что такие технологии, как промышленные роботы и аддитивное производство, применяются реже, они демонстрируют положительную динамику.

Результаты количественной оценки на основе статистического показателя Transfer Enthropy подтвердили наличие устойчивых и направленных причинно-следственных связей между затратами на внедрение цифровых технологий, мерами государственной поддержки, инновационной активности и показателями результативности сельскохозяйственного производства. В частности, можно отметить, что прямые меры государственной поддержки (X1), инновационная активность (X3) и затраты на цифровизацию (X4) обладают наиболее выраженным направленным влиянием на прибыль и валовую добавленную стоимость, затраты на фундаментальные научные исследования (X2) демонстрируют более слабое влияние на при-

быть, что может быть связано с временным лагом реализации эффектов от внедрения результатов научных исследований в деятельность сельскохозяйственных организаций.

Анализ с использованием ТЕ подтверждает, что цифровая трансформация и инновации являются значимыми драйверами результативности сельскохозяйственных организаций, продолжение тенденции роста инвестиций в цифровизацию и инновации, при условии эффективного управления проектами и инфраструктурной поддержки, вероятно, будет способствовать дальнейшему укреплению производственных показателей. Вместе с тем, наблюдаемая волатильность временных рядов свидетельствует о высокой чувствительности показателей отрасли к внешним экономическим, геополитическим и институциональным факторам, что требует системного подхода при планировании политики цифровой трансформации.

Полученные результаты также позволяют сделать вывод о необходимости поэтапного расширения внедрения цифровых и инновационных технологий, интеграции краткосрочных мер государственной поддержки с долгосрочными стратегиями развития, а также системного мониторинга и управления процессом их реализации для создания предпосылки для стабильного улучшения производственной эффективности и финансовой устойчивости аграрных организаций. При этом, именно прямые меры государственной поддержки ($X1$) выступают доминирующим инструментом воздействия на результативность сельскохозяйственного производства, что подтверждается максимальными значениями Transfer Entropy к валовой добавленной стоимости ($Y1$) и прибыли ($Y2$), равными 0,4056. Полученные показатели указывают на наличие устойчивой и направленной причинно-следственной связи, отражающей способность государственных субсидий и программ стимулирования обеспечивать ресурсы для модернизации производственных процессов, внедрения цифровых технологий и реализации инновационных проектов, а также создавать условия для повышения финансовой устойчивости и предсказуемости экономических результатов организаций в условиях высокой волатильности отрасли.

Список литературы

1. Амирова, Э. Ф., Зокин, А. Л., Чистяков, М. С., & Косников, С. Н. (2021). Основные направления комплексного научно-технологического развития цифровой платформы аграрной экономики России. *Управленческий учет*, (4), 201–208.
2. Банников, С. А., Гарбузова, Т. Г., & Лосев, А. Н. (2023). Цифровая зрелость сельского хозяйства: результаты исследований и методика оценки. *Вестник*

- НГИЭИ, (10), 67–77. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2023-10-67-77>. EDN: <https://elibrary.ru/GHMGMG>
2. *Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание.* (2019). М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 48 с.
 3. Зацаринный, А. А., Меденников, В. И., & Райков, А. Н. (2023). Интеграция приложений искусственного интеллекта в единую цифровую платформу АПК. *Информационное общество*, (1), 127–138. https://doi.org/10.52605/16059921_2023_01_127. EDN: <https://elibrary.ru/NMKKLZ>
 4. Катаев, М. Ю., Пасько, О. А., & Карташов, Е. Ю. (2023). Анализ практических возможностей применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. *Вестник КрасГАУ*, (1), 54–62. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-1-54-62>. EDN: <https://elibrary.ru/EEAPOS>
 5. Макаров, Д. И. (2022). Развитие государственной поддержки отраслей агропромышленного комплекса в России. В *Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов* (с. 299–303).
 6. Мурашова, Н. В. (2021). Формирование механизма цифровой трансформации сельского хозяйства. *Вестник НГИЭИ*, (9), 129–138. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2021-9-129-138>. EDN: <https://elibrary.ru/KLGCHG>
 7. Осовин, М. Н. (2024). Внедрение технологий искусственного интеллекта на предприятиях агропродовольственного комплекса России: проблемы и направления их решения. *Продовольственная политика и безопасность*, 11(3), 553–568. <https://doi.org/10.18334/ppib.11.3.121322>. EDN: <https://elibrary.ru/DIHLTQ>
 8. Паршутина, И. Г., Солодовник, А. И., & Амелина, А. В. (2023). Анализ влияния цифровизации и интернета вещей на производительность труда в экономике. *Вестник аграрной науки*, (4), 155–163. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.4.155>. EDN: <https://elibrary.ru/WKJYIU>
 9. Райков, А. Н. (2021). Концепция цифровой платформы российского сельского хозяйства, обеспечивающая сходимость к целям. *Информатизация и связь*, (1), 64–73. <https://doi.org/10.34219/2078-8320-2021-12-1-64-73>. EDN: <https://elibrary.ru/KPVVRU>
 10. Сеитов, С. К. (2024). Распределение объемов поддержки среди субъектов агропромышленного комплекса в Красноярском крае. *Наука Красноярья*, 13(3), 65–86. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2024-13-3-258>. EDN: <https://elibrary.ru/PHRXAM>
 11. Стельмашонок, Е. В., & Стельмашонок, В. Л. (2021). Цифровая трансформация агропромышленного комплекса: анализ перспектив. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 13(2), 336–365. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-336-365>. EDN: <https://elibrary.ru/UUMMYD>

12. Такун, А., Макрак, С., & Такун, С. (2021). Методологические аспекты оценки эффективности цифровых технологий в точном земледелии. *Наука и инновации*, (3), 11–16. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-11-16>. EDN: <https://elibrary.ru/PBHOHQ>
13. Юрченко, И. Ф. (2021). Перспективы технологий Интернета вещей в агропроизводстве. *Мелиорация и гидротехника*, 11(1), 67–80. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2021-11-1-67-80>. EDN: <https://elibrary.ru/HZESEL>
14. Якушев, В. П. (2019). Цифровые технологии точного земледелия в реализации приоритета «умное сельское хозяйство» России. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*, (2), 11–15. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/2/11-15>. EDN: <https://elibrary.ru/ZBFLJJ>
15. Deng, H., Jing, X., & Shen, Z. (2022). Internet technology and green productivity in agriculture. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(54), 81441–81451. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21370-z>. EDN: <https://elibrary.ru/BRHGNN>
16. Dovganeva, Yu. A., Katrashova, Yu. V., & Kirillova, T. V. (2023). The ecosystem of vertical farms: A conceptual framework. *Food Systems*, 6(4), 504–511. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-504-511>. EDN: <https://elibrary.ru/KXMYUD>
17. Gao, Q., Cheng, C., Sun, G., & Li, J. (2022). The impact of digital inclusive finance on agricultural green total factor productivity: Evidence from China. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 905644. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.905644>. EDN: <https://elibrary.ru/HTRNEB>
18. Herrero, M., Thornton, P. K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Bodirsky, B. L., Pradhan, P., ... & Rockström, J. (2021). Articulating the effect of food systems innovation on the Sustainable Development Goals. *The Lancet Planetary Health*, 5(1), e50–e62. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30277-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30277-1). EDN: <https://elibrary.ru/KVVPPO>
19. Jiao, S., Lu, Y., & Wei, G. (2022). Soil multitrophic network complexity enhances the link between biodiversity and multifunctionality in agricultural systems. *Global Change Biology*, 28(1), 140–153. <https://doi.org/10.1111/gcb.15917>. EDN: <https://elibrary.ru/LEGTGX>
20. Liu, Z., & Xin, L. (2019). Has China's Belt and Road Initiative promoted its green total factor productivity? Evidence from primary provinces along the route. *Energy Policy*, 129, 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.045>.
21. Lungarella, M., Pitti, A., & Kuniyoshi, Y. (2007). Information transfer at multiple scales. *Physical Review E—Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 76(5), 056117.
22. Luo, L., Zhao, C., Wang, E., Raza, A., & Yin, C. (2022). *Bacillus amyloliquefaciens* as an excellent agent for biofertilizer and biocontrol in agriculture: An overview for its mechanisms. *Microbiological Research*, 259, 127016. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127016>. EDN: <https://elibrary.ru/YXDAFQ>

23. Matthews, B. H. (2019). Hidden constraints to digital financial inclusion: The oral-literate divide. *Development in Practice*, 29(8), 1014–1028.
24. Plotnikov, V., Nikitin, Y., Maramygin, M., & Ilyasov, R. (2021). National food security under institutional challenges (Russian experience). *International Journal of Sociology and Social Policy*, 41(1–2), 139–153. <https://doi.org/10.1108/IJSSP-03-2020-0074>. EDN: <https://elibrary.ru/FFRHYZ>
25. Papadopoulos, G., Arduini, S., Uyar, H., Psiroukis, V., Kasimati, A., & Fountas, S. (2024). Economic and environmental benefits of digital agricultural technologies in crop production: A review. *Smart Agricultural Technology*, 8, 100441. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100441>. EDN: <https://elibrary.ru/BVIYEL>
26. Potgieter, A. B., Zhao, Y., Zarco-Tejada, P. J., Chenu, K., Zhang, Y., Porker, K., & Chapman, S. (2021). Evolution and application of digital technologies to predict crop type and crop phenology in agriculture. *In Silico Plants*, 3, diab017. <https://doi.org/10.1093/insilicoplants/diab017>. EDN: <https://elibrary.ru/CGRRCY>
27. Schreiber, T. (2000). Measuring information transfer. *Physical Review Letters*, 85(2), 461. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.85.461>. EDN: <https://elibrary.ru/LOIRFJ>
28. Dudkin, I. V., Dolgoplova, N. V., Zhilyakov, D. I., et al. (2023). Substantiation of the weed control system when placing grain production in microzones of the Central Chernozem region. *E3S Web of Conferences*, 390, 02011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339002011>. EDN: <https://elibrary.ru/UXLTRV>

References

1. Amirova, E. F., Zokin, A. L., Chistyakov, M. S., & Kosnikov, S. N. (2021). Main directions of comprehensive scientific and technological development of the digital platform of Russia's agrarian economy. *Management Accounting*, (4), 201–208.
2. Bannikov, S. A., Garbuzova, T. G., & Losev, A. N. (2023). Digital maturity of agriculture: Research results and assessment methodology. *Bulletin of NGIEI*, (10), 67–77. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2023-10-67-77>. EDN: <https://elibrary.ru/GHMGMG>
3. *Departmental project "Digital Agriculture": Official publication*. (2019). Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh». 48 p.
4. Zatsarinny, A. A., Medennikov, V. I., & Raikov, A. N. (2023). Integration of artificial intelligence applications into the unified digital platform of the agro-industrial complex. *Information Society*, (1), 127–138. https://doi.org/10.52605/16059921_2023_01_127. EDN: <https://elibrary.ru/NMKKLZ>
5. Kataev, M. Yu., Pasko, O. A., & Kartashov, E. Yu. (2023). Analysis of practical possibilities of using unmanned aerial vehicles in agriculture. *Bulletin of KrasGAU*, (1), 54–62. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-1-54-62>. EDN: <https://elibrary.ru/EEAPOS>

6. Makarov, D. I. (2022). Development of state support for the sectors of the agro-industrial complex in Russia. In *Current problems of society, economy and law in the context of global challenges* (pp. 299–303).
7. Murashova, N. V. (2021). Formation of the mechanism of digital transformation of agriculture. *Bulletin of NGIEI*, (9), 129–138. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2021-9-129-138>. EDN: <https://elibrary.ru/KLGCHG>
8. Osovin, M. N. (2024). Implementation of artificial intelligence technologies at enterprises of the agro-food complex of Russia: Problems and directions for their solution. *Food Policy and Security*, 11(3), 553–568. <https://doi.org/10.18334/ppib.11.3.121322>. EDN: <https://elibrary.ru/DIHLTQ>
9. Parshutina, I. G., Solodovnik, A. I., & Amelina, A. V. (2023). Analysis of the impact of digitalization and the Internet of Things on labor productivity in the economy. *Bulletin of Agrarian Science*, (4), 155–163. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.4.155>. EDN: <https://elibrary.ru/WKJYIU>
10. Raikov, A. N. (2021). The concept of a digital platform for Russian agriculture ensuring convergence to goals. *Informatization and Communication*, (1), 64–73. <https://doi.org/10.34219/2078-8320-2021-12-1-64-73>. EDN: <https://elibrary.ru/KPVVRU>
11. Seitov, S. K. (2024). Distribution of support volumes among subjects of the agro-industrial complex in the Krasnoyarsk Territory. *Science of Krasnoyarsk*, 13(3), 65–86. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2024-13-3-258>. EDN: <https://elibrary.ru/PHPXAM>
12. Stelmashonok, E. V., & Stelmashonok, V. L. (2021). Digital transformation of the agro-industrial complex: Analysis of prospects. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 13(2), 336–365. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-336-365>. EDN: <https://elibrary.ru/UUMMYD>
13. Takun, A., Makrak, S., & Takun, S. (2021). Methodological aspects of evaluating the effectiveness of digital technologies in precision agriculture. *Science and Innovation*, (3), 11–16. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-11-16>. EDN: <https://elibrary.ru/PBHOHQ>
14. Yurchenko, I. F. (2021). Prospects of Internet of Things technologies in agricultural production. *Melioration and Hydraulic Engineering*, 11(1), 67–80. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2021-11-1-67-80>. EDN: <https://elibrary.ru/HZESEL>
15. Yakushev, V. P. (2019). Digital technologies of precision agriculture in implementing the priority of “smart agriculture” in Russia. *Bulletin of the Russian Agricultural Science*, (2), 11–15. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/2/11-15>. EDN: <https://elibrary.ru/ZBFLJJ>
16. Deng, H., Jing, X., & Shen, Z. (2022). Internet technology and green productivity in agriculture. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(54), 81441–81451. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21370-z>. EDN: <https://elibrary.ru/BRHGNN>

17. Dovganeva, Yu. A., Katrashova, Yu. V., & Kirillova, T. V. (2023). The ecosystem of vertical farms: A conceptual framework. *Food Systems*, 6(4), 504–511. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-504-511>. EDN: <https://elibrary.ru/KXMYUD>
18. Gao, Q., Cheng, C., Sun, G., & Li, J. (2022). The impact of digital inclusive finance on agricultural green total factor productivity: Evidence from China. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 905644. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.905644>. EDN: <https://elibrary.ru/HTRNEB>
19. Herrero, M., Thornton, P. K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Bodirsky, B. L., Pradhan, P., ... & Rockström, J. (2021). Articulating the effect of food systems innovation on the Sustainable Development Goals. *The Lancet Planetary Health*, 5(1), e50–e62. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30277-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30277-1). EDN: <https://elibrary.ru/KVVPPO>
20. Jiao, S., Lu, Y., & Wei, G. (2022). Soil multitrophic network complexity enhances the link between biodiversity and multifunctionality in agricultural systems. *Global Change Biology*, 28(1), 140–153. <https://doi.org/10.1111/gcb.15917>. EDN: <https://elibrary.ru/LEGTXG>
21. Liu, Z., & Xin, L. (2019). Has China's Belt and Road Initiative promoted its green total factor productivity? Evidence from primary provinces along the route. *Energy Policy*, 129, 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.045>.
22. Lungarella, M., Pitti, A., & Kuniyoshi, Y. (2007). Information transfer at multiple scales. *Physical Review E—Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 76(5), 056117.
23. Luo, L., Zhao, C., Wang, E., Raza, A., & Yin, C. (2022). *Bacillus amyloliquefaciens* as an excellent agent for biofertilizer and biocontrol in agriculture: An overview for its mechanisms. *Microbiological Research*, 259, 127016. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127016>. EDN: <https://elibrary.ru/YXDAFQ>
24. Matthews, B. H. (2019). Hidden constraints to digital financial inclusion: The oral-literate divide. *Development in Practice*, 29(8), 1014–1028.
25. Plotnikov, V., Nikitin, Y., Maramygin, M., & Ilyasov, R. (2021). National food security under institutional challenges (Russian experience). *International Journal of Sociology and Social Policy*, 41(1–2), 139–153. <https://doi.org/10.1108/IJSSP-03-2020-0074>. EDN: <https://elibrary.ru/FFRHYZ>
26. Papadopoulos, G., Arduini, S., Uyar, H., Psiroukis, V., Kasimati, A., & Fountas, S. (2024). Economic and environmental benefits of digital agricultural technologies in crop production: A review. *Smart Agricultural Technology*, 8, 100441. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100441>. EDN: <https://elibrary.ru/BVIYEL>
27. Potgieter, A. B., Zhao, Y., Zarco-Tejada, P. J., Chenu, K., Zhang, Y., Porker, K., & Chapman, S. (2021). Evolution and application of digital technologies to predict crop type and crop phenology in agriculture. *In Silico Plants*, 3, diab017. <https://doi.org/10.1093/inilicoplants/diab017>. EDN: <https://elibrary.ru/CGRRCY>

28. Schreiber, T. (2000). Measuring information transfer. *Physical Review Letters*, 85(2), 461. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.85.461>. EDN: <https://elibrary.ru/LOIRFJ>
29. Dudkin, I. V., Dolgoplova, N. V., Zhilyakov, D. I., et al. (2023). Substantiation of the weed control system when placing grain production in microzones of the Central Chernozem region. *E3S Web of Conferences*, 390, 02011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339002011>. EDN: <https://elibrary.ru/UXLTRV>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Анисимов Александр Юрьевич, кандидат экономических наук, доцент, заместитель директора по учебно-методической работе факультета информационных технологий, доцент кафедры информационного менеджмента им. профессора В.В. Дика
Университет «Синергия»
ул. Мецанская, 9/14 стр. 1, г. Москва, 129090, Российская Федерация
anisimov_au@mail.ru

Машегов Петр Николаевич, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры информационного менеджмента им. профессора В.В. Дика; профессор кафедры информатики
Университет «Синергия»; Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова
ул. Мецанская, 9/14 стр. 1, г. Москва, 129090, Российская Федерация;
Стремянный пер., 36, г. Москва, 115054, Российская Федерация
yand-man@yandex.ru

Трубин Александр Евгеньевич, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой цифровой экономики
Университет «Синергия»
ул. Мецанская, 9/14 стр. 1, г. Москва, 129090, Российская Федерация
niburt@yandex.ru

Трубина Ирина Олеговна, кандидат экономических наук, доцент, заместитель декана факультета бизнеса, доцент кафедры информационного менеджмента им. профессора В.В. Дика
Университет «Синергия»
ул. Мецанская, 9/14 стр. 1, г. Москва, 129090, Российская Федерация
i-j-i@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Alexander Yu. Anisimov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Academic and Methodological Affairs at the Faculty of Information Technology, Associate Professor in the Professor V.V. Dik Department of Information Management

Synergy University

9/14, Bldg. 1, Meshchanskaya Str., Moscow, 129090, Russian Federation

anisimov_au@mail.ru

SPIN-code: 9732-9601

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8113-4523>

Scopus Author ID: 57194047333

Petr N. Mashegov, Doctor of Economics, Professor, Professor in the V.V. Dik Department of Information Management; Professor in the Department of Computer Science

Synergy University; Plekhanov Russian University of Economics

9/14, Bldg. 1, Meshchanskaya Str., Moscow, 129090, Russian Federation; 36,

Stremyanny Lane, Moscow, 115054, Russian Federation

yand-man@yandex.ru

SPIN-code: 3407-7189

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6984-010X>

Alexander E. Trubin, Ph.D. in Economics, Associate Professor, Chair of the Department of Digital Economy

Synergy University

9/14, Bldg. 1, Meshchanskaya Str., Moscow, 129090, Russian Federation

niburt@yandex.ru

SPIN-code: 5097-5521

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7189-5679>

Irina O. Trubina, Ph.D. in Economics, Associate Professor, Associate Dean of the School of Business, Associate Professor in the Professor V.V. Dik Department of Information Management

Synergy University

9/14, Bldg. 1, Meshchanskaya Str., Moscow, 129090, Russian Federation

i-j-i@yandex.ru

SPIN-code: 1231-9169

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8691-3999>

Поступила 21.09.2025

После рецензирования 17.11.2025

Принята 25.12.2025

Received 21.09.2025

Revised 17.11.2025

Accepted 25.12.2025