

Научная статья

УДК 332.024

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16508>



## МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0

Ю.В. Вертакова<sup>1</sup> ✉, И.Н. Булгакова<sup>2</sup>, Дин Ш.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Курский филиал Финансового университета при Правительстве  
Российской Федерации, г. Курск, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет,  
г. Воронеж, Российская Федерация;

<sup>3</sup> Шаньдунский университет, Цзинань, КНР

✉ [vertakova7@yandex.ru](mailto:vertakova7@yandex.ru)

**Аннотация.** Актуальность. В условиях Индустрии 4.0 предприятия АПК пытаются найти способы повышения их эффективности и конкурентоспособности. Организации должны быть готовы использовать новые технологии и новые методы управления производством, чтобы повысить его эффективность, гибкость и качество. Одним из способов достижения этой цели является следование глобальным трендам, одним из которых является цифровизация управленческой деятельности. Цифровизация такой недостаточно часто упоминаемой в современной литературе сферы, как АПК, является приоритетной и требует дополнительных исследований и разработок. Цель исследования – рассмотреть методы и инструменты цифровой трансформации предприятий агропромышленного комплекса и предложить инструментарий выбора наиболее подходящей по комплексу выделенных критериев, учитывающих специфические требования предприятий АПК, цифровой платформы. В процессе исследования были использованы общенаучные методы анализа и синтеза, а также специальные методы экономико-статистических исследований (метод дискретной оптимизации). В статье рассмотрены основные изменения, которые происходят под воздействием цифровых преобразований Индустрии 4.0, методы и инструменты цифровой трансформации предприятий различных сфер деятельности, критерии выбора инструментов цифровизации, виды цифровых платформ. Прикладные исследования проведены для предприятий АПК. Рассмотрены самые известные цифровые платформы, показано как встроить в них «сквозные» технологии. Показано как сформировать критерии выбора инструментов цифровизации для принятия digital-решений в управлении предприятиями агропромышленного комплекса. Апробирован метод дискретной оптимизации, решена комбинаторная задача о покрытии множества. Проведенный анализ позволил обобщить, какие требования предъявляют потребители к функциональным возможностям цифровых платформ и доказать, что комбинации платформ FarmLogs и Climate FieldView или FarmLogs и John Deere Operations Center могут полноценно обеспечить потребности предприятия агропромышленного комплекса на настоящем этапе его цифровой трансформации. Выводы: Доказано, что для агропромышленного комплекса выбор цифровой платформы и применяемых в них «сквозных» технологий может быть осуществлен методом дискретной оптимизации путем решения задачи о покрытии. Направления дальнейших исследований: развитие предложенного подхода, адаптация его к специфическим условиям различных подсистем АПК.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, цифровая платформа, агропромышленный комплекс, дискретная оптимизация

**Для цитирования:** Вертакова Ю.В., Булгакова И.Н., Дин Ш. (2023) Методы и инструменты цифровой трансформации предприятий агропромышленного комплекса в условиях индустрии 4.0. П-Economy, 16 (5), 109–122. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16508>



## METHODS AND TOOLS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF AGRO-INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

Yu.V. Vertakova<sup>1</sup> ✉, I.N. Bulgakova<sup>2</sup>, Din S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kursk branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Kursk, Russian Federation;

<sup>2</sup> Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation;

<sup>3</sup> Shandong University, Jinan, People's Republic of China

✉ [vertakova7@yandex.ru](mailto:vertakova7@yandex.ru)

**Abstract.** Relevance. In the context of Industry 4.0, agricultural enterprises are trying to find ways to increase their efficiency and competitiveness. They must be ready to use new technologies and adopt new production management methods in order to increase efficiency, flexibility and quality of production. One of the ways to achieve this goal is to follow global trends, one of which is the digitalization of management activities. Digitalization of such an area, which is not often mentioned in modern literature, as the agro-industrial complex, is a priority and requires additional research and development. The purpose of the study is to consider methods and tools of digital transformation of agro-industrial enterprises and to offer tools for choosing the most suitable digital platform according to a set of selected criteria that take into account the specific requirements of agro-industrial enterprises. In the course of the research, general scientific methods of analysis and synthesis were used, as well as special methods of economic and statistical research (the method of discrete optimization). The article discusses the main changes that occur under the influence of digital transformations of Industry 4.0, methods and tools of digital transformation of enterprises in various fields of activity, criteria for choosing digitalization tools, types of digital platforms. Applied research was conducted for agricultural enterprises. The most famous digital platforms are considered, it is shown how to integrate "end-to-end" technologies into them. It is shown how to form criteria for choosing digitalization tools for making digital decisions in the management of enterprises of the agro-industrial complex. The method of discrete optimization is tested, the combinatorial set cover problem is solved. The analysis made it possible to summarize what requirements consumers have for the functionality of digital platforms and to prove that combinations of FarmLogs and Climate FieldView platforms or FarmLogs and John Deere Operations Center can fully meet the needs of an agro-industrial complex enterprise at the present stage of its digital transformation. Conclusions: It is proved that for the agro-industrial complex, the choice of a digital platform and the "end-to-end" technologies used in them can be carried out by the method of discrete optimization by solving the set cover problem. Directions for further research: development of the proposed approach, its adaptation to the specific conditions of various subsystems of the agro-industrial complex.

**Keywords:** digital transformation, digital platform, agro-industrial complex, discrete optimization

**Citation:** Vertakova Yu.V., Bulgakova I.N., Din S. (2023) Methods and tools of digital transformation of agro-industrial enterprises in the context of Industry 4.0. *П-Economy*, 16 (5), 109–122. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16508>

### Введение

В условиях Индустрии 4.0 цифровизация экономической деятельности организаций стремительно развивается и всеобъемлюще влияет на все сферы социально-экономического развития. Например, в <sup>1</sup> подробно рассмотрено как активное внедрение и применение цифровых платформ обуславливает трансформацию явлений и процессов общественной жизни, организаций различных сфер деятельности. Рассмотрению различных аспектов цифровой эпохи, драйверов цифровой трансформации посвящён ряд работ [4, 11, 13, 15, 19].

<sup>1</sup> Дин Ш. Цифровая трансформация управления организациями с использованием платформенного подхода: дис. ... канд. экон. наук. Курск, 2023. 168 с.

Цифровая трансформация определила активное развитие и внедрение технологических решений в сферу АПК. Цифровые инновации становятся основным инструментом развития сельскохозяйственных компаний и перерабатывающих предприятий. При этом основным инструментом такой трансформации может стать внедрение платформенных экосистем, что доказывает актуальность исследования.

*Цель исследования* – изучить методы и инструменты цифровой трансформации предприятий агропромышленного комплекса в условиях Индустрии 4.0

*Объектом настоящего исследования* являются предприятия АПК, внедряющие сквозные технологии и цифровые платформенные решения.

*Предметом исследования* являются организационно-экономические отношения, возникающие в процессе цифровой трансформации управления организациями АПК.

#### *Литературный обзор*

Проблема цифровой трансформации управления послужила предметом исследования множества ученых.

Вопросы цифровизации и цифровой трансформации рассмотрены в работах отечественных и иностранных ученых, таких как Алексеев А.Н., Бабкин А.В., Биль И., Бреннер С., Валендук Г., Вертакова Ю.В., Вендрамин П., Виггедал А., Вырковский А.В., Грибанов Ю.И., Данилова Л.Н., Крамерс А., Крейсс Д., Маккуэйл Д., Никулина Т.В., Плотников В.А., Шкарупета Е.В., Фомичева Т.В., Хагберг Дж., Хазас М., Хойер М., Шатров А.А., Юй Ш. и др.

Несмотря на значительное число научных исследований, проблема цифровой трансформации управления организациями с использованием платформенного подхода требует дальнейшей теоретико-методической и научно-практической проработки и рассмотрения применительно к различным сферам экономики, в частности к АПК.

#### **Результаты и обсуждения**

Цифровые преобразования оказывают значительное влияние на бизнес-среду организаций. Они изменяют способы работы, взаимодействия с клиентами и конкурентами, а также требуют новых навыков и знаний у сотрудников. В условиях Индустрии 4.0 организации должны быть готовы к использованию новых технологий и принимать новые методы управления производством, чтобы повысить эффективность, гибкость и качество производства. Некоторые из основных изменений, которые происходят под воздействием цифровых преобразований Индустрии 4.0, включают:

1. Изменение моделей бизнеса: цифровые технологии позволяют предприятиям создавать новые модели бизнеса и менять существующие. Например, появление электронной коммерции позволило компаниям продавать свои товары и услуги через интернет, что раньше было невозможно.
2. Увеличение скорости и эффективности процессов: автоматизация и цифровизация процессов позволяют сократить время на выполнение задач и увеличить производительность.
3. Улучшение взаимодействия с клиентами: цифровые технологии позволяют предприятиям лучше понимать потребности своих клиентов и предоставлять им персонализированные услуги и продукты.
4. Повышение конкурентоспособности: предприятия, которые успешно используют цифровые технологии, могут быть более конкурентоспособными на рынке и привлекать больше клиентов.
5. Необходимость новых навыков и знаний: цифровые преобразования требуют от сотрудников новых навыков и знаний, таких как умение работать с различными программными продуктами и понимание цифровых процессов.

В целом, цифровые преобразования изменяют бизнес-среду организаций, делая ее, по нашему мнению, более эффективной, конкурентоспособной и ориентированной на клиента. При этом, цифровизация развивается дифференцировано, неравномерно.

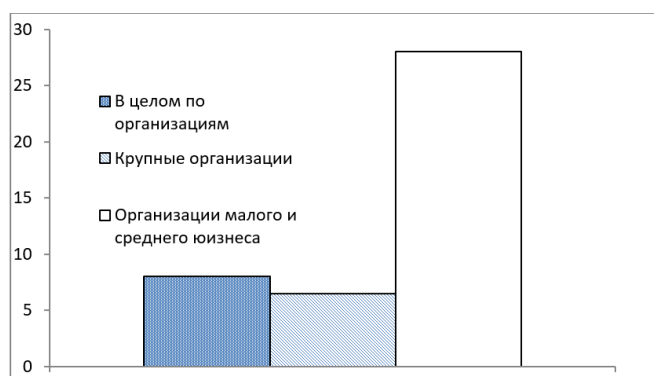


Рис. 1. Использование в 2021 г. технологий искусственного интеллекта в разбивке по размерам предприятий (% предприятий)  
составлено по [1]

Fig. 1. Use of artificial intelligence technologies in 2021 by enterprise size (% of enterprises)  
compiled from [1]

Так, крупные предприятия чаще внедряют цифровые технологии. В [1] приводится статистика по странам ЕС, в соответствии с которой обмен электронной информацией с помощью программного обеспечения для планирования ресурсов предприятия (ERP) гораздо чаще встречается на крупных предприятиях (81%), чем на малых и средних предприятиях (37%). В социальных сетях более чем в два раза больше представлены предприятия крупные (61%) по сравнению с МСП (28%). МСП используют возможности электронной коммерции лишь в ограниченной степени: только 18% этих предприятий осуществляют продажи через Интернет (по сравнению с 38% крупных предприятий) и только 9% осуществляют трансграничные онлайн-продажи (по сравнению с 24% крупных предприятий). МСП еще предстоит использовать множество других технологических возможностей, таких как облачные сервисы и большие данные. При этом наблюдается такой интересный факт, что организации МСП значительно в большей степени, чем крупные организации и чем в целом по экономике, используют технологии искусственного интеллекта (рис. 1).

Наиболее известные крупные организации, которые широко применяют цифровые технологии в управлении и IoT-технологии, это – IBM, Microsoft, Amazon, Google, Siemens, Schneider Electric, Honeywell и др. Они разрабатывают и предлагают свои собственные продукты и решения для управления производством, энергосистемами, транспортом, зданиями и др. Также существуют специализированные компании, которые предоставляют услуги по разработке и внедрению систем управления и IoT-технологий для конкретных отраслей, например, PrecisionHawk для сельского хозяйства или Cognizant для здравоохранения. При этом цифровые технологии распространяются неравномерно по секторам экономики (рис. 2).

Существует множество методов и инструментов цифровой трансформации предприятия, которые могут помочь организации стать более эффективной и конкурентоспособной в условиях стремительной цифровизации экономики. Некоторые из них включают:

1. Использование облачных технологий для хранения и обработки данных.
2. Внедрение систем управления ресурсами предприятия (ERP) для автоматизации бизнес-процессов.
3. Применение искусственного интеллекта (AI) и машинного обучения (ML) для анализа данных и прогнозирования трендов.
4. Внедрение систем управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) для улучшения взаимодействия с клиентами.
5. Использование интернета вещей (IoT) для сбора и анализа данных о производственных процессах и оборудовании.

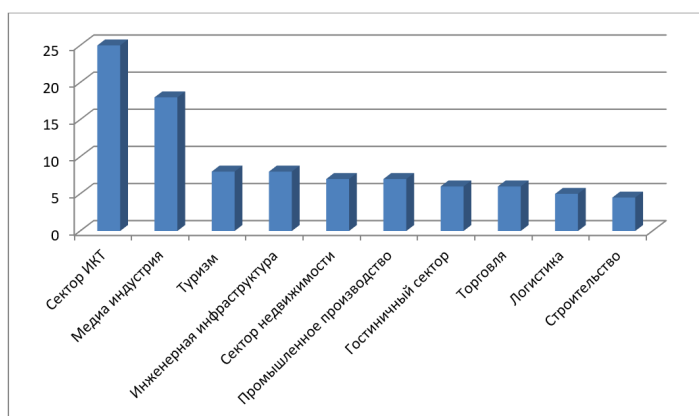


Рис. 2. Использование цифровых технологий по секторам экономики  
составлено по [1]

Fig. 2. Use of digital technologies by economic sector  
compiled from [1]

6. Создание цифровых платформ для управления бизнес-процессами и взаимодействия с клиентами.

7. Внедрение системы электронной коммерции для расширения рынка сбыта.

8. Разработка мобильных приложений для улучшения взаимодействия с клиентами и повышения мобильности сотрудников.

9. Использование блокчейн-технологии для обеспечения безопасности и целостности данных.

10. Внедрение аналитики данных для принятия обоснованных управленческих решений.

В отчете Еврокомиссии «Индекс цифровой экономики и общества» [1, с. 62] показано, что наибольшее число стартапов, направленных на цифровую трансформацию, активно работают в области искусственного интеллекта и больших данных, и в будущем их число, будет динамично расти еще больше. Три другие области потенциально могут наверстать упущенное: передовое производство и робототехника; блокчейн; сельскохозяйственные технологии и новые продукты питания.

На последний момент в нашем исследовании мы хотим обратить основное внимание. Мы полагаем, что инструменты цифровой трансформации предприятий агропромышленного комплекса (АПК) имеют в настоящее время особый интерес.

В АПК широкое распространение получили различные инструменты для автоматизации процессов и управления данными [12, 19], такие как:

1. Системы управления фермой (Farm Management Systems) – позволяют собирать и анализировать данные о производстве, управлять ресурсами и улучшать эффективность работы.

2. Геоинформационные системы (GIS) – используются для анализа и управления геоданными, что помогает улучшить планирование посевов, определить оптимальные зоны для выращивания растений, а также оценить риски и прогнозировать урожайность.

3. Датчики и IoT-технологии – позволяют собирать данные о погоде, почве, уровне влажности и других параметрах, что помогает оптимизировать производственные процессы и повышать качество продукции.

4. Системы автоматизации складов и логистики – позволяют управлять запасами, отслеживать движение грузов и оптимизировать доставку продукции.

5. Аналитические инструменты и бизнес-интеллект (BI) – позволяют анализировать данные о производстве, продажах и клиентах, что помогает улучшить стратегию продаж и принимать более эффективные управленческие решения.

Эти системы могут быть, как интегрированы в программные продукты, так и быть автономными. Например, система управления фермой может быть частью программного комплекса для управления агропроизводством, а датчики и IoT-технологии могут использоваться как отдельные устройства для сбора данных и передачи их на компьютер или облачную платформу для дальнейшей обработки. Каждая конкретная система может иметь свою специфическую реализацию и интеграцию с другими системами.

Мы считаем, что при цифровизации управленческой деятельности организаций АПК связующим процессом являются «цифровые платформы». В [2] была предпринята попытка теоретического осмысления и уточнения понятия цифровой платформы. Цифровые платформы подробно рассмотрены в [14, 16, 18].

Мы разделяем подход Дин Шуи, что цифровая платформа – система взаимоотношений как внутри организаций, так и со стейкхолдерами, которые реализованы в единой информационной цифровой среде, что приводит к снижению как производственных, так и транзакционных издержек за счёт применения новых цифровых технологий работы с данными, изменения системы разделения труда и генерации сетевых эффектов при удовлетворении взаимных потребностей контрагентов [2]. По сути цифровые платформы выступают экосистемами и драйверами усиленного цифрового развития предприятий различных сфер деятельности [20, 21, 23].

Функциональные возможности цифровой платформы могут включать следующее:

1. Предоставление доступа к информации и ресурсам: цифровая платформа может предоставлять доступ к различным типам информации, таким как тексты, изображения, видео, аудио и т.д., а также к различным ресурсам, таким как базы данных, приложения и т.д.

2. Обработка данных [22]: цифровая платформа может обрабатывать большие объемы данных, используя аналитические инструменты, машинное обучение и другие технологии.

3. Коммуникация: цифровая платформа может обеспечивать коммуникацию между пользователями, например, с помощью чатов, форумов, социальных сетей и т.д.

4. Управление процессами [24]: цифровая платформа может автоматизировать различные бизнес-процессы, такие как управление проектами, управление заказами, управление персоналом и т.д.

5. Разработка и развертывание приложений: цифровая платформа может предоставлять инструменты для разработки и развертывания приложений, таких как средства разработки, хостинг и т.д.

6. Безопасность: цифровая платформа может обеспечивать безопасность данных и пользователей, используя различные механизмы защиты, такие как шифрование, аутентификацию и т.д.

7. Интеграция с другими системами: цифровая платформа может интегрироваться с другими системами и приложениями, обеспечивая более эффективную работу и управление большими данными.

Самыми известными и эффективными цифровыми платформами в настоящее время являются [3]:

1. Amazon Web Services (AWS);
2. Microsoft Azure;
3. Google Cloud Platform (GCP);
4. Alibaba Cloud;
5. Tencent Cloud;
6. Huawei Cloud;
7. Baidu Cloud.

Некоторые из наиболее известных цифровых платформ, применяемых в АПК, включают в себя:

1. AgroWebLab – цифровая платформа для анализа почвы и растительности, которая позволяет собирать и обрабатывать данные для принятия решений по управлению земельными ресурсами.

2. FarmLogs – цифровая платформа для управления фермой, которая предоставляет инструменты для мониторинга посевов, управления запасами и планирования работ.

3. Climate FieldView – цифровая платформа для управления агрокультурами, которая позволяет собирать и анализировать данные о почве, погоде и растительности, чтобы помочь фермерам принимать более эффективные решения.

4. John Deere Operations Center – цифровая платформа для управления сельскохозяйственными операциями, которая предоставляет инструменты для мониторинга оборудования, управления посевами и уборкой урожая.

5. MyFarm – цифровая платформа для управления фермой, которая предоставляет инструменты для планирования работ, мониторинга урожая и управления запасами.

Достаточно часто цифровые платформы по содержанию подразделяются на децентрализованные (на которой данные и функциональность распределены между множеством участников без единого контролирующего органа, объединяет агентов и осуществляет транзакции за комиссию), централизованные (на которой все данные и функциональность хранятся и контролируются одним центральным участником, она обычно имеет высокую степень контроля и безопасности, но может быть менее гибкой и масштабируемой) и гибридная.

Некоторые примеры централизованных цифровых платформ: социальные сети Facebook, Twitter, Instagram; поисковые системы Google, Bing, Yahoo; онлайн-магазины Amazon, Alibaba, eBay; платежные системы PayPal, Visa, Mastercard; облачные хранилища данных Dropbox, Google Drive, iCloud.

Примеры децентрализованных цифровых платформ: блокчейн-платформы Ethereum, EOS, TRON, Cardano; децентрализованные биржи Binance DEX, Uniswap, PancakeSwap; децентрализованные социальные сети Steemit, Minds, Mastodon; децентрализованные хранилища данных IPFS, Storj, Sia.

В АПК наибольшую популярность получили централизованные цифровые платформы из-за высокой степени контроля и безопасности, которые они обеспечивают. Кроме того, такие платформы обычно более просты в использовании и требуют меньше усилий для обслуживания и поддержки.

По нашему мнению, для принятия digital-решений в управлении предприятиями агропромышленного комплекса можно применять следующие критерии выбора инструментов цифровизации:

1. Совместимость с существующими системами: выбранные инструменты цифровизации должны быть легко интегрируемы с уже используемыми системами и программным обеспечением.

2. Гибкость и масштабируемость: инструменты цифровизации должны быть гибкими и масштабируемыми, чтобы соответствовать изменяющимся потребностям АПК.

3. Надежность и безопасность: инструменты цифровизации должны быть надежными и обеспечивать высокий уровень безопасности, чтобы защитить данные и системы от внешних угроз.

4. Цена: выбранные инструменты цифровизации должны быть доступны по цене для АПК, чтобы они могли получить максимальную отдачу от своих инвестиций.

5. Удобство использования: выбранные инструменты цифровизации должны быть легко понятными и удобными для использования, чтобы сотрудники АПК могли быстро освоить их и использовать в своей работе.

Мы считаем, что процедура выбора наиболее приемлемой централизованной цифровой платформы должна опираться на оптимизационные модели, в частности – модели дискретной оптимизации, и может быть сведена к решению комбинаторной задачи о покрытии множества.

В данном контексте задачу о покрытии можно представить в матричном виде. Введем обозначения:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-я цифровая платформа обладает необходимым функционалом} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если выбрана } j\text{-я цифровая платформа} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$a_{ij} = \{0,1\}; \quad (1)$$

$$x_j = \{0,1\}; \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1; \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j \rightarrow \min. \quad (4)$$

Матрица  $A = (a_{ij})$ , состоящая из нулей и единиц, носит название матрицы покрытий. Формально задача состоит в выборе минимального количества столбцов, объединение которых покрывает все строки матрицы (в каждой строке имеется, по крайней мере, одна единица).

Методы решения данной задачи в большинстве своем основаны на операциях с логическими функциями и подробно изложены в работах и подробно изложены в работах Еремеева А.В., Забияко Г.И., Максимова Ю.В. [5, 6, 7].

В соответствии с данными методами каждый столбец из совокупности столбцов  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  можно рассматривать как «простую импликанту», покрывающую совокупность строк  $M = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n\}$  и матрица  $A$  представима как импликантная таблица булевой функции. При такой интерпретации матрицы  $A$  для каждой строки  $\mu_i$  можно записать дизъюнкцию столбцов  $a_i$ , покрывающих рассматриваемую строку, в следующем виде:

$$\mu_1 = (X_l \vee X_k \vee \dots), \dots, \mu_n = (X_p \vee X_t \vee \dots).$$

Конъюнкция дизъюнкций по всем строкам  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$  матрицы  $A$  образует конъюнктивное представление матрицы  $A$ , содержащее в себе все покрытия совокупности строк.

Используя последовательно законы дистрибутивности

$$x \wedge (y \vee z) = (x \wedge y) \vee (x \wedge z),$$

$$x \vee (y \wedge z) = (x \vee y) \wedge (x \vee z),$$

идемпотентности

$$x \wedge x = x,$$

и правило поглощения

$$x \vee (x \wedge y) = x,$$

получаем дизъюнктивное представление матрицы  $A$ , образующее перечень всех возможных покрытий совокупности строк  $M = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m\}$ .

Рассмотрим решение задачи о покрытии, возникающую при выборе централизованной цифровой платформы для АПК с учетом функциональных возможностей цифровых платформ, применяемых в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности.

Проведенный анализ позволил обобщить, какие требования предъявляют потребители к функциональным возможностям цифровых платформ:



1. Предоставление доступа к информации и ресурсам: цифровая платформа может предоставлять доступ к различным типам информации, таким как тексты, изображения, видео, аудио и т.д., а также к различным ресурсам, таким как базы данных, приложения и т.д.
  2. Возможность применения технологии блокчейн: сохраняет информацию о всех транзакциях, что позволяет участникам системы просматривать и проверять все операции, ускоряет процесс транзакций и уменьшает затраты на обработку данных.
  3. Обработка данных: цифровая платформа может обрабатывать большие объемы данных, используя различные аналитические инструменты и способы вычислений.
  4. Встроенное машинное обучение, что уменьшает затраты на ручную обработку данных, может помочь в обработке большого объема и выявлении скрытых закономерностей, может использоваться для прогнозирования результатов.
  5. Использование международных баз данных, автоматическая идентификация данных – библиотеки и архивы.
  6. Интуитивно понятные и удобные инструменты для разработчиков.
  7. Коммуникация: цифровая платформа может обеспечивать коммуникацию между пользователями, например, с помощью чатов, форумов, социальных сетей и т.д.
  8. Интерфейс для мобильных и интернет приложений: цифровая платформа может предоставлять инструменты для разработки и развертывания приложений, таких как средства разработки, хостинг и т.д.
  9. Управление процессами: цифровая платформа может автоматизировать различные бизнес-процессы, такие как управление проектами, управление заказами, управление персоналом и т.д.
  10. Мультимедийные сервисы мультимедийный интегратор; комбинируя различные медиа-элементы, они могут создавать увлекательные истории, презентации и цифровой опыт.
  11. Безопасность: цифровая платформа может обеспечивать безопасность данных и пользователей, используя различные механизмы защиты, такие как шифрование, аутентификацию и т.д.
  12. Встроенный искусственный интеллект.
  13. Интеграция с другими системами: цифровая платформа может интегрироваться с другими системами и приложениями, обеспечивая более эффективную работу и управление данными.
- По нашему мнению, многие из этих функциональных возможностей реализуются в тех или иных «сквозных» технологиях, которые мы систематизировали в табл. 1, также мы провели оценку ведущих цифровых платформ для АПК на соответствие вышеприведенным требованиям.

**Таблица 1. Оценка возможностей использования «сквозных» технологий в цифровых платформах для АПК (составлено авторами)**  
**Table 1. Assessment of the possibilities of using “end-to-end” technologies in digital platforms for the agro-industrial complex (compiled by the authors)**

«Сквозные» цифровые технологии	Цифровые платформы для АПК						
	AgroWebLab	Агропоиск	FarmLogs	Climate FieldView	John Deere Operations Center	MyFarm	Linkas
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$
1. Большие данные Технологии сбора, обработки и хранения структурированных и неструктурированных массивов информации, характеризующихся значительным объемом и быстрой скоростью изменений (в том числе в режиме реального времени)	+	+	+	+	+		

Окончание таблицы 1

2. Системы распределенного реестра (блокчейн) Алгоритмы и протоколы децентрализованного хранения и обработки транзакций, структурированных в виде последовательности связанных блоков без возможности их последующего изменения				+	+		
3. Новые производственные технологии Технологии цифровизации производственных процессов, обеспечивающие повышение эффективности использования ресурсов, проектирования и изготовления индивидуализированных объектов, стоимость которых сопоставима со стоимостью товаров массового производства	+		+	+		+	+
4. Промышленный Интернет Сети передачи данных, объединяющие устройства в производственном секторе, оборудованные датчиками и способные взаимодействовать между собой и (или) внешней средой без вмешательства человека	+	+		+	+	+	+
5. Компоненты робототехники и сенсорики Производственные системы, обладающие тремя или более степенями подвижности (свободы), построенные на основе сенсоров и искусственного интеллекта, способные воспринимать окружающую среду, контролировать свои действия и адаптироваться к ее изменениям	+	+	+			+	
6. Технологии беспроводной связи Технологии передачи данных посредством стандартизированного радиointерфейса без использования проводного подключения к сети. 5G-технологии беспроводной связи пятого поколения	+	+	+	+	+	+	+
7. Технологии виртуальной и дополненной реальностей Технологии компьютерного моделирования трехмерного изображения или пространства, посредством которых человек взаимодействует с синтетической («виртуальной») средой с последующей сенсорной обратной связью			+	+			

На основе табл. 1 составим матрицу покрытий:

$$A = \begin{array}{c|ccccccc} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 & x_7 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 4 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 5 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 6 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 7 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

и соответствующее логическое выражение

$$\begin{aligned} & (x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_4 \vee x_5) \wedge (x_4 \vee x_5) \wedge (x_1 \vee x_3 \vee x_4 \vee x_5 \vee x_6 \vee x_7) \wedge \\ & \wedge (x_1 \vee x_2 \vee x_4 \vee x_5 \vee x_6 \vee x_7) \wedge (x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_6) \wedge \\ & \wedge (x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_4 \vee x_5 \vee x_6 \vee x_7) \wedge x_3, \end{aligned}$$



которое, после применения законов дистрибутивности, идемпотентности и правила поглощения, будет иметь вид:

$$(x_4 \vee x_5) \wedge x_3 = (x_3 \wedge x_4) \vee (x_3 \wedge x_5).$$

Таким образом, комбинации платформ FarmLogs и Climate FieldView или FarmLogs и John Deere Operations Center могут полноценно обеспечить потребности предприятия агропромышленного комплекса на настоящем этапе его цифровой трансформации.

### Заключение

Проведенное нами исследование не только подчеркивает важность и приоритетность цифровизации такой недостаточно часто упоминаемой в современной литературе сферы, как АПК, но и предлагает инструментарий выбора наиболее подходящей по комплексу выделенных критериев, учитывающих специфические требования предприятий АПК, цифровой платформы.

Рассмотрены основные изменения, которые происходят под воздействием цифровых преобразований Индустрии 4.0 – изменение моделей бизнеса; увеличение скорости и эффективности процессов; улучшение взаимодействия с клиентами; повышение конкурентоспособности и необходимость новых навыков и знаний.

Существует множество методов и инструментов цифровой трансформации предприятия, которые могут помочь организации стать более эффективной и конкурентоспособной в условиях стремительной цифровизации экономики.

Показано, почему инструменты цифровой трансформации предприятий агропромышленного комплекса имеют в настоящее время особый интерес.

Доказано, что для принятия digital-решений в управлении предприятиями агропромышленного комплекса можно применять ряд критериев выбора инструментов цифровизации и применять методы оптимизации для выбора «сквозных» технологий Индустрии 4.0.

### Направления дальнейших исследований

Предлагаемый нами подход может быть легко адаптирован к выбору платформ с учетом так называемых субплатформ [10], связанных с рынками продукции АПК (растениеводство, садоводство, овощеводство, кормопроизводство и животноводство, агрохимическое обслуживание и мелиорация, земельные рынки, рынки минеральных удобрений, средств защиты растений, сельскохозяйственной техники и материального обеспечения сельского хозяйства и т.д.). В этой связи, развитие предложенного подхода, адаптация его к специфическим условиям различных подсистем АПК, представляет собой направление дальнейших авторских исследований.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Digital Economy and Society Index (DESI) 2022* [online] Available at: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022> [Accessed: 20.07.2023]
2. Дин Ш., Вертакова Ю.В. (2021) Демаркация категории «цифровая платформа». *Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития: сборник научных статей 11-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Курск: Юго-Западный государственный университет*, 187–192.
3. Worldwide Public Cloud Services, 2021, *Market Shares*.
4. Володин В.М., Надькина Н.А. (2020) Теоретические аспекты цифровой эпохи: этапы развития, важнейшие тенденции, необходимость создания цифровой платформы аграрно-промышленного комплекса. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки*, 3 (55), 100–112.

5. Еремеев А.В. (2000) Генетический алгоритм для задачи о покрытии. *Дискретный анализ и исследование операций. Сер. 2*, 7 (1), 47–60.
6. Забияко Г.И. (2007) Реализация алгоритмов решения задачи о покрытии множеств и анализ их эффективности. *Вычислительные технологии*, 6, 50–58.
7. Максимов Ю.В. (2015) Кратчайшие и минимальные дизъюнктивные нормальные формы полных функций. *Журнал вычислительной математики и математической физики*, 55 (7), 1266–1280. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0044466915070108>
8. Курбанов А.Х., Плотников В.А. (2020) Оценка перспектив развития логистики в условиях цифровизации экономики и трансформации социальной сферы. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*, 3, 94–101.
9. Огневцев С.Б. (2018) Концепция цифровой платформы агропромышленного комплекса. *Международный сельскохозяйственный журнал*, 2, 16–22.
10. Писарев И.В., Бывшев В.И., Пантелеева И.А., Парфентьева К.В. (2022) Исследование готовности регионов России к цифровой трансформации. *π-Economy*, 15 (2), 22–37.
11. Зайченко И.М., Козлов А.В., Шитова Е.С. (2020) Драйверы цифровой трансформации бизнеса: понятие, виды, ключевые стейкхолдеры. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 13 (5), 38–49.
12. Цифровая трансформация в России: итоги 2020 года и перспективы развития. (2020) *Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации*. [online] Available at: <https://ac.gov.ru/news/page/cifrova-a-transformacia-v-rossii-itogi-2020-goda-i-perspektivy-razvitiya-26801> [Accessed: 20.07.2023]
13. Халин В.Г., Чернова Г.В. (2018) Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски. *Управленческое консультирование*, 10, 46–63.
14. Наролина Т.С., Смотров Т.И., Некрасова Т.А. (2020) Анализ современного состояния цифровых платформ. *Наука Красноярья*, 9 (2), 184–205.
15. Ли Ц., Юй Ш. (2021) Актуальность внедрения процесса цифровизации в деятельность предприятий. *Universum: экономика и юриспруденция: электрон. научн. журн*, 11 (86). [online] Available at: <https://7universum.com/ru/economy/archive/item/12353> [Accessed: 15.07.2023]
16. Месропян В. (2018) *Цифровые платформы – новая рыночная власть* [online] Available at: <https://static.agriecommission.com/uploads/%D0%9C%D0%B5%D1%81%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%8F%D0%BD%20%D0%92.%D0%A0..pdf> [Accessed: 15.07.2023]
17. *Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»* [online] Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> [Accessed: 16.08.2023]
18. Ташенова Л.В. Цифровые платформы: наукометрический анализ ключевых тенденций и факторов идентичности. *Интеллектуальная платформенная экономика: тенденции развития, монография*. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 102–115.
19. *Цифровые тренды 2022 года: вся последняя статистика, которую надо знать каждому маркетологу* [online] Available at: <https://cra.rip/stati/digital-trends-2022/> [Accessed: 16.08.2023]
20. Алетдинова А.А. и др. (2021) *Экосистемы в цифровой экономике: драйверы устойчивого развития*, монография. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 778.
21. Шкарупета Е.В., Корягин С.И., Либерман И.В., Клачек П.М. (2023) Индустрия 5.0: концептуальное развитие системной тетрады киберсоциальных экосистем. *Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ИНПРОМ): Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 27–30 апреля 2023 года*, 171–174.
22. Вертакова Ю.В., Дин Ш., Лю Я. (2020) Применение технологии анализа больших данных в управлении финансовыми рисками инновационно-промышленного кластера. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*, 10 (3), 90–98.
23. Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М., Шкарупета Е.В. (2023) Индустрия 5.0: основы создания системной тетрады киберсоциальных экосистем. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*, 1, 103–120.
24. Толстых Т.О., Гамидуллаева Л.А., Шкарупета Е.В. (2019) Ключевые факторы развития промышленных предприятий в условиях Индустрии 4.0. *Экономика промышленности*, 11 (1), 11–19. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2018-1-11-19>

## REFERENCES

1. *Digital Economy and Society Index (DESI) 2022* [online] Available at: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022> [Accessed: 20.07.2023]
2. Din Sh., Vertakova Yu.V. (2021) Demarkatsiya kategorii «tsifrovaya platforma». *Issledovanie innovatsionnogo potentsiala obshchestva i formirovanie napravlenii ego strategicheskogo razvitiya: sbornik nauchnykh statei 11-i Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Kursk: Yugo-Zapadni gosudarstvennyi universitet*, 187–192.
3. Worldwide Public Cloud Services, 2021, *Market Shares*.
4. Volodin V.M., Nad'kina N.A. (2020) Teoreticheskie aspekty tsifrovoi epokhi: etapy razvitiya, vazhneishie tendentsii, neobkhodimost' sozdaniya tsifrovoi platformy agrarno-promyshlennogo kompleksa. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Obshchestvennye nauki*, 3 (55), 100–112.
5. Eremeev A.V. (2000) Geneticheskii algoritm dlya zadachi o pokrytii. *Diskretnyi analiz i issledovanie operatsii*. Ser. 2, 7 (1), 47–60.
6. Zabinyako G.I. (2007) Realizatsiya algoritmov resheniya zadachi o pokrytii mnozhestv i analiz ikh effektivnosti. *Vychislitel'nye tekhnologii*. 6, 50–58.
7. Maksimov Yu.V. (2015) Kratchaishie i minimal'nye diz'yunktivnye normal'nye formy polnykh funktsii. *Zhurnal vychislitel'noi matematiki i matematicheskoi fiziki*, 55 (7), 1266–1280. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0044466915070108>
8. Kurbanov A.Kh., Plotnikov V.A. (2020) Otsenka perspektiv razvitiya logistiki v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki i transformatsii sotsial'noi sfery. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 3, 94–101.
9. Ognitsev S.B. (2018) Kontseptsiya tsifrovoi platformy agropromyshlennogo kompleksa. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2, 16–22.
10. Pisarev I.V., Byvshev V.I., Panteleeva I.A., Parfent'eva K.V. (2022) Issledovanie gotovnosti regionov Rossii k tsifrovoi transformatsii.  *$\pi$ -Economy*, 15 (2), 22–37.
11. Zaichenko I.M., Kozlov A.V., Shitova E.S. (2020) Draivery tsifrovoi transformatsii biznesa: ponyatie, vidy, klyuchevye steikholdery. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki*, 13 (5), 38–49.
12. Tsifrovaya transformatsiya v Rossii: itogi 2020 goda i perspektivy razvitiya. (2020) *Analiticheskii tsentr pri Pravitel'stve Rossiiskoi Federatsii*. [online] Available at: <https://ac.gov.ru/news/page/cifrova-transformatsiya-v-rossii-itogi-2020-goda-i-perspektivy-razvitiya-26801> [Accessed: 20.07.2023]
13. Khalin V.G., Chernova G.V. (2018) Tsifrovizatsiya i ee vliyanie na rossiiskuyu ekonomiku i obshchestvo: preimushchestva, vyzovy, ugrozy i riski. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie*, 10, 46–63.
14. Narolina T.S., Smotrova T.I., Nekrasova T.A. (2020) Analiz sovremennogo sostoyaniya tsifrovyykh platform. *Nauka Krasnoyar'ya*, 9 (2), 184–205.
15. Li Ts., Yui Sh. (2021) Aktual'nost' vnedreniya protsessa tsifrovizatsii v deyatel'nost' predpriyatii. *Universum: ekonomika i yurisprudentsiya: elektron. nauchn. zhurn*, 11 (86). [online] Available at: <https://7universum.com/ru/economy/archive/item/12353> [Accessed: 15.07.2023]
16. Mesropyan V. (2018) *Tsifrovye platformy – novaya rynochnaya vlast'* [online] Available at: <https://static.agriecommission.com/uploads/%D0%9C%D0%B5%D1%81%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%8F%D0%BD%20%D0%92.%D0%A0..pdf> [Accessed: 15.07.2023]
17. *Programma «Tsifrovaya ekonomika Rossiiskoi Federatsii»* [online] Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7LVuPgu4bvR7M0.pdf> [Accessed: 16.08.2023]
18. Tashenova L.V. Tsifrovye platformy: naukoemicheskii analiz klyuchevykh tendentsii i faktorov identichnosti. *Intellektual'naya platformennaya ekonomika: tendentsii razvitiya*, monografiya. Sankt-Peterburg: POLITEKh-PRESS, 102–115.
19. *Tsifrovye trendy 2022 goda: vsya poslednyaya statistika, kotoruyu nado znat' kazhdomu marketologu* [online] Available at: <https://cpa.rip/stati/digital-trends-2022/> [Accessed: 16.08.2023]
20. Aletdinova A.A. i dr. (2021) *Ekosistemy v tsifrovoi ekonomike: draivery ustoychivogo razvitiya*, monografiya. Sankt-Peterburg: POLITEKh-PRESS, 778.
21. Shkarupeta E.V., Koryagin S.I., Liberman I.V., Klachek P.M. (2023) Industriya 5.0: kontseptual'noe razvitie sistemnoi tetrady kibersotsial'nykh ekosistem. *Intellektual'naya inzhenernaya ekonomika i Industriya 5.0 (INPROM): Sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Sankt-Peterburg, 27–30 aprelya 2023 goda*, 171–174.

22. Vertakova Yu.V., Din Sh., Lyu Ya. (2020) Primenenie tekhnologii analiza bol'shikh dannykh v upravlenii finansovymi riskami innovatsionno-promyshlennogo klastera. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment*, 10 (3), 90–98.

23. Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M., Shkarupeta E.V. (2023) Industriya 5.0: osnovy sozdaniya sistemnoi tetrady kibersotsial'nykh ekosistem. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 1, 103–120.

24. Tolstykh T.O., Gamidullaeva L.A., Shkarupeta E.V. (2019) Klyuchevye faktory razvitiya promyshlennykh predpriyatii v usloviyakh Industrii 4.0. *Ekonomika promyshlennosti*, 11 (1), 11–19. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2018-1-11-19>

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

**ВЕРТАКОВА Юлия Владимировна**

E-mail: [vertakova7@yandex.ru](mailto:vertakova7@yandex.ru)

**Yulia V. VERTAKOVA**

E-mail: [vertakova7@yandex.ru](mailto:vertakova7@yandex.ru)

**БУЛГАКОВА Ирина Николаевна**

E-mail: [mmio@amm.vsu.ru](mailto:mmio@amm.vsu.ru)

**Irina N. BULGAKOVA**

E-mail: [mmio@amm.vsu.ru](mailto:mmio@amm.vsu.ru)

**ДИН Шуи**

E-mail: [87418602@qq.com](mailto:87418602@qq.com)

**DIN Shui**

E-mail: [87418602@qq.com](mailto:87418602@qq.com)

*Поступила: 04.09.2023; Одобрена: 16.10.2023; Принята: 16.10.2023.*

*Submitted: 04.09.2023; Approved: 16.10.2023; Accepted: 16.10.2023.*