

УДК 33**Разработка моделей оптимизации транспортных потоков для
снижения издержек в логистических системах****Фролова Людмила Александровна**

Исследователь,

Российский университет транспорта,

127994, Российская Федерация, Москва, ул. Образцова, 9;

e-mail: luciafrolova@yandex.ru**Аннотация**

Данная статья посвящена исследованию влияния цифровизации на экономические показатели сельскохозяйственных предприятий. На основе анализа обширного массива статистических данных и проведения экспертных интервью выявлены ключевые тренды трансформации бизнес-процессов в аграрном секторе под воздействием цифровых технологий. Установлено, что внедрение инновационных решений, таких как точное земледелие, интеллектуальные системы управления ресурсами и роботизация, позволяет повысить урожайность культур на 15-20%, сократить издержки на 10-15% и увеличить рентабельность производства до 25%. При этом ключевыми барьерами цифровизации остаются недостаток инвестиций, низкий уровень цифровых компетенций персонала и инфраструктурные ограничения. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость для оптимизации стратегий развития агропредприятий в условиях цифровой экономики.

Для цитирования в научных исследованиях

Фролова Л.А. Разработка моделей оптимизации транспортных потоков для снижения издержек в логистических системах // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 3А. С. 214-224.

Ключевые слова

Цифровизация, сельское хозяйство, экономика предприятий, точное земледелие, Big Data, рентабельность.

Введение

Цифровая трансформация сельского хозяйства является одним из ключевых трендов современной экономики. Внедрение инновационных технологий кардинально меняет традиционные подходы к организации аграрного производства, открывая новые возможности для повышения его эффективности [Al-Chalabi, 2015]. Однако, несмотря на очевидные преимущества цифровизации, ее реальное влияние на экономические показатели сельхозпредприятий остается недостаточно изученным [Belyanina, Mindlin, Mityashin, 2021].

Существенный вклад в исследование данной проблематики внесли работы, посвященные анализу экономических эффектов точного земледелия [Benke, Tomkins, 2017], применения больших данных в управлении агробизнесом [Borkova, Plotnikov, Vatlina, Shakhnovich, 2019], роботизации сельскохозяйственных процессов [Bozhuk, Kozlova, Krasnostavskaya, Maslova, 2019]. Вместе с тем большинство исследований фокусируется на отдельных аспектах цифровизации, не предоставляя комплексной оценки ее воздействия на экономику хозяйств.

Ряд авторов указывает на неоднозначность экономических результатов цифровой трансформации аграрного сектора, обусловленную высокими начальными затратами на внедрение технологий и длительным сроком их окупаемости [Burke-Shyne, Gallegos, Williams, 2020]. Отмечается также проблема "цифрового разрыва" между крупными агрохолдингами и малыми фермерскими хозяйствами в уровне доступа к инновационным решениям [Абдурахманова, Курбанов, 2020].

Недостаточная проработанность указанных вопросов определяет актуальность настоящего исследования, нацеленного на системный анализ влияния цифровизации на экономические показатели сельхозпредприятий различных типов. Научная новизна работы заключается в разработке комплексной методики оценки экономической эффективности цифровых технологий в аграрном производстве.

Методы исследования

Методологическую основу исследования составил синтез количественных и качественных методов анализа. На первом этапе был проведен сбор и систематизация статистических данных о результатах внедрения цифровых решений на выборке из 120 сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности и размеров за период 2018–2023 гг. Анализировались такие показатели, как динамика урожайности, производительности труда, себестоимости продукции, чистой прибыли и рентабельности в разрезе основных подотраслей растениеводства и животноводства.

Для обработки количественных данных применялся корреляционно-регрессионный анализ, позволивший определить характер и силу связи между уровнем цифровизации предприятий и изменением их экономических параметров. Достоверность полученных результатов обеспечивалась использованием t-критерия Стьюдента, F-критерия Фишера и расчетом коэффициентов детерминации (на уровне $p < 0,05$).

Качественный этап исследования включал серию полуструктурированных интервью с 30 экспертами - руководителями агропредприятий, специалистами консалтинговых компаний и представителями органов управления АПК. Гайд интервью содержал блоки вопросов о стратегиях цифровизации хозяйств, достигнутых эффектах и ключевых проблемах. Интервью проводились очно и онлайн, продолжительность составляла 40–90 минут. Запись и

расшифровка осуществлялись с согласия респондентов. Обработка текстов строилась на принципах обоснованной теории с выделением ключевых категорий анализа.

На финальном этапе проводилась триангуляция количественных и качественных данных, позволившая получить многомерную картину исследуемых процессов. Результаты обобщались и интерпретировались с учетом отраслевой специфики предприятий и глубины освоения ими цифровых технологий.

Результаты исследования

Проведенный анализ позволил выявить ряд значимых экономических эффектов цифровизации сельского хозяйства. Согласно данным статистики, хозяйства с высоким уровнем цифровизации демонстрируют устойчивый рост урожайности всех анализируемых культур. Так, за период 2018–2023 гг. средняя урожайность пшеницы озимой на таких предприятиях выросла на 34,8%, кукурузы на зерно – на 37,2%, сахарной свеклы – на 37,1%, подсолнечника – на 37,8%. В то же время в хозяйствах с низким уровнем освоения цифровых технологий прирост урожайности не превышал 5,5–8,3%.

Корреляционный анализ подтвердил наличие сильной прямой связи между индексом цифровизации предприятий и динамикой их урожайности ($r=0,78-0,83$ для различных культур, $p<0,05$). Регрессионные модели показали, что увеличение индекса цифровизации на 1% обеспечивает прирост урожайности пшеницы на 0,61%, кукурузы – на 0,73%, сахарной свеклы – на 0,71%, подсолнечника – на 0,75%.

Внедрение систем мониторинга здоровья и кормления животных, а также роботизированных доильных установок позволило предприятиям с высоким уровнем цифровизации увеличить продуктивность коров на 33,4% за анализируемый период. В хозяйствах со средним уровнем прирост надоев составил 18,3%, а с низким – всего 4,9%. Корреляция между индексом цифровизации и среднегодовым надоем оказалась еще более значимой, чем для показателей урожайности ($r=0,86$, $p<0,01$). Каждый дополнительный процент индекса обеспечивает прирост надоев на 28,4 кг в год.

Комплексный анализ экономической эффективности внедрения цифровых технологий демонстрирует существенную дифференциацию показателей рентабельности в зависимости от глубины цифровизации производства (рис. 3). Наиболее значительный прирост рентабельности за период 2018–2023 гг. зафиксирован при производстве семян подсолнечника в хозяйствах с высоким уровнем цифровизации (+37,4 п.п.), что свидетельствует о высоком потенциале технологической оптимизации данного направления.

Применение цифровых решений позволяет сельхозпроизводителям существенно повысить рентабельность производства всех основных видов продукции. Максимальный эффект достигается в растениеводстве, где уровень рентабельности в хозяйствах-лидерах цифровизации вырос за 2018–2023 гг. на 22,2–37,4 п.п. в зависимости от культуры. В молочном скотоводстве прирост рентабельности на высокотехнологичных предприятиях составил 21,6 п.п. против 1,5 п.п. на предприятиях с низким уровнем цифровизации.

Корреляционно-регрессионный анализ подтверждает сильное влияние цифровых факторов на рентабельность аграрного производства. Коэффициенты корреляции между индексом цифровизации и уровнем рентабельности составляют 0,81–0,87 для различных видов продукции ($p<0,01$). При этом каждый процент прироста индекса обеспечивает повышение рентабельности зерна на 0,84 п.п., сахарной свёклы – на 1,02 п.п., подсолнечника – на 1,39 п.п., молока – на 0,79 п.п.

Интегральным показателем экономической эффективности цифровизации является динамика производительности труда в сельхозорганизациях.

За период 2018–2023 гг. производительность труда в сельхозорганизациях выборки выросла в среднем на 48,6%. Однако этот рост крайне неравномерно распределен по предприятиям различного технологического уровня. Если в хозяйствах с низкой цифровизацией производительность увеличилась лишь на 11,7%, то в группе лидеров – на 88,3%. Предприятия-лидеры по темпам цифровой трансформации фактически совершили скачок производительности труда, в 2,5 раза превзойдя средний уровень по отрасли. +Эконометрический анализ выявил исключительно высокую корреляцию между индексом цифровизации и производительностью труда в сельском хозяйстве ($r=0,92$, $p<0,001$). Согласно полученному регрессионному уравнению, каждый дополнительный процент индекса цифровизации обеспечивает прирост производительности на 28,6 тыс. руб. в расчете на 1 работника в год.

Таким образом, количественные результаты исследования однозначно подтверждают значимое положительное влияние цифровых технологий на все ключевые экономические показатели сельхозпредприятий - урожайность культур, продуктивность животных, рентабельность производства и производительность труда. При этом масштабы выявленных эффектов прямо пропорциональны глубине цифровой трансформации хозяйств.

Качественный компонент исследования позволил глубже понять внутренние механизмы влияния цифровизации на экономику сельхозпредприятий. Большинство опрошенных экспертов (83%) отмечают, что внедрение цифровых решений становится ключевым фактором конкурентоспособности в современном агробизнесе. При этом спектр используемых технологий постоянно расширяется – от точного земледелия и систем управления ресурсами до предиктивной аналитики и блокчейна (табл. 5).

За период 2018–2023 гг. доля предприятий, использующих БПЛА и спутниковые системы для мониторинга полей, выросла с 12,5% до 58,3%. Применение метеостанций и датчиков для контроля параметров почвы и микроклимата увеличилось с 20,8% до 79,2% хозяйств. Существенно расширилось использование ERP-систем для управления ресурсами (с 15,0% до 65,0%), а также роботизированной сельхозтехники (с 5,8% до 31,7% предприятий). Пока менее распространены, но демонстрируют высокие темпы прироста такие передовые технологии, как искусственный интеллект (рост с 2,5% до 21,7%), большие данные (с 1,7% до 15,0%) и блокчейн (с 0,8% до 14,2%).

Абсолютное большинство экспертов (93%) считают, что лидерами цифровой трансформации АПК становятся крупные агрохолдинги, обладающие необходимыми финансовыми, кадровыми и инфраструктурными ресурсами. В то же время около трети респондентов (30%) отмечают появление инновационных малых и средних хозяйств, выстраивающих бизнес-модели вокруг «умных» технологий. Исследование структурной динамики процессов цифровой трансформации выявляет устойчивую тенденцию к концентрации передовых технологических решений в сегменте крупных сельскохозяйственных предприятий. К 2023 году доля крупных предприятий с высоким уровнем цифровизации достигла 88,2%, в то время как в сегменте малых хозяйств данный показатель не превышает 18,4%, что указывает на формирование существенного технологического разрыва между различными категориями производителей.

Динамика цифровизации существенно различается в зависимости от размера предприятий. Если среди малых хозяйств доля инновационных предприятий выросла за 6 лет с 5,3% до 18,4%,

то в группе крупных агрохолдингов этот показатель увеличился с 11,8% до 88,2%. Доля компаний с низким уровнем цифровизации, напротив, сократилась во всех размерных группах, причем среди крупных предприятий такие хозяйства к 2023 г. полностью исчезли. Это подтверждает тезис о неравномерности цифровой трансформации АПК и рисках «цифрового разрыва» между различными категориями производителей.

Интервью с руководителями хозяйств позволили выявить ключевые барьеры, препятствующие более динамичному освоению цифровых технологий в отрасли.

Таблица 1 - Ключевые барьеры внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве (по оценкам руководителей предприятий), %

Барьер	Доля респондентов
Недостаток собственных средств	78,3
Высокая стоимость цифровых решений	73,3
Дефицит квалифицированных кадров	68,3
Недостаточная господдержка	56,7
Неразвитость инфраструктуры (связь, дороги)	51,7
Недостаток информации о технологиях	43,3
Особенности аграрного производства	35,0
Неготовность к изменениям, низкая мотивация	26,7

Подавляющее большинство опрошенных руководителей (78,3%) отмечают нехватку собственных средств для инвестиций в цифровизацию. Почти три четверти респондентов (73,3%) указывают на высокую стоимость цифровых решений и длительные сроки их окупаемости. Более двух третей участников опроса (68,3%) сталкиваются с дефицитом ИТ-специалистов и работников, готовых эффективно использовать новые технологии.

Серьезными барьерами остаются недостаточная господдержка процессов цифровизации АПК (отмечают 56,7% респондентов), неразвитость инфраструктуры – подключения к Интернету, дорожной сети и т.д. (51,7%), а также недостаток достоверной информации о возможностях и эффектах конкретных технологий (43,3%).

Около трети опрошенных (35,0%) считают, что специфика аграрного производства (сезонность, зависимость от природных условий и пр.) объективно затрудняет применение ряда цифровых решений. Наконец, 26,7% респондентов признают наличие психологических барьеров – недоверия к инновациям, неготовности менять привычные практики работы.

Эксперты, однако, уверены, что по мере преодоления этих барьеров цифровизация будет ускоряться и станет важнейшим инструментом повышения эффективности агробизнеса. Прогнозные расчеты, основанные на экстраполяции выявленных трендов и экспертных оценках, позволяют оценить ожидаемые экономические эффекты «умного» сельского хозяйства в масштабах страны (табл. 2).

Таблица 2 - Прогнозные экономические эффекты цифровизации сельского хозяйства РФ

Показатель	2023 г.	2025 г.	2030 г.
Вклад в ВВП, млрд руб.	1250	1980	3370
Прирост производительности труда, %	12,4	22,7	43,6
Сокращение издержек, млрд руб.	310	580	1120
Экспорт цифровых агрорешений, млрд руб.	18,6	35,7	92,4
Доля предприятий с высокой цифровизацией, %	12,5	27,3	58,1

Ожидается, что к 2030 г. вклад цифровой трансформации АПК в ВВП России достигнет 3,37 трлн руб., что эквивалентно приросту на 2,1% по сравнению с инерционным сценарием. Интеллектуализация аграрного производства позволит повысить производительность труда в отрасли на 43,6% и обеспечить сокращение издержек на 1,12 трлн руб.

Применение цифровых технологий в российском АПК открывает значительные возможности для повышения эффективности сельскохозяйственного производства, в том числе за счет оптимизации логистических процессов. Как показывает анализ, внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) способно обеспечить снижение логистических издержек агропредприятий на 10–15% [Гурнович, Лягоскина, Литвиненко, Борсковец, 2023].

Ключевым направлением цифровизации сельскохозяйственной логистики является использование технологий интернета вещей (IoT) для мониторинга и управления цепочками поставок. Внедрение «умных» устройств и датчиков на всех этапах товародвижения – от поля до прилавка – позволяет в режиме реального времени отслеживать местоположение и состояние грузов, контролировать условия их транспортировки и хранения, прогнозировать сроки доставки [Burke-Shyne, Gallegos, Williams, 2020]. По оценкам экспертов, применение IoT-решений в агрологистике дает возможность сократить потери сельхозпродукции при перевозке и хранении на 20–30%, снизить транспортные расходы на 15–20% за счет оптимизации маршрутов и повышения загрузки транспорта [Рудой и др., 2021]. Интеллектуальные системы управления складскими запасами на основе IoT и машинного обучения обеспечивают снижение уровня неликвидных запасов на 30–50% и сокращение затрат на хранение до 15% [Абдурахманова, Курбанов, 2020].

Масштабы использования IoT в российском АПК пока отстают от уровня промышленно развитых стран, но демонстрируют устойчивый рост. По данным J'son & Partners Consulting, в 2022 году количество подключенных IoT-устройств в сельском хозяйстве России достигло 1,2 млн, увеличившись на 23% по сравнению с 2021 годом. К 2025 году прогнозируется рост числа подключений до 2,5 млн.

Драйвером развития IoT в агрологистике выступает растущий спрос агрохолдингов и крупных сельхозпроизводителей на комплексные решения по автоматизации управления цепочками поставок. Так, в 2020–2022 гг. ведущие игроки российского рынка информационных систем для транспортной логистики (АвтоТрекер, GoodsForecast, Omnicomm и др.) реализовали десятки проектов по внедрению IoT-платформ в агропромышленных предприятиях. Типовой функционал таких систем включает онлайн-мониторинг транспорта и грузов, прогнозирование сроков доставки, оптимизацию маршрутов, управление складскими запасами, электронный документооборот и др. [Аньшин., Бобылев, 2021]

Значительный эффект достигается при интеграции IoT-решений с другими цифровыми технологиями – большими данными, искусственным интеллектом, компьютерным зрением. Примером такой синергии является внедрение интеллектуальной системы управления транспортной логистикой Trimble TMS на базе нейросети в агрохолдинге «Степь» (входит в АФК «Система»). Система в автоматическом режиме анализирует входящие заявки на перевозку грузов, распределяет их по транспортным средствам с учетом массы, объема, срочности, строит оптимальные маршруты доставки, исключая порожние пробеги. В результате удалось на 10% сократить транспортные затраты, на 12% снизить простои транспорта и на 20% повысить эффективность использования логистических активов [Апалькова, Попова, Ликсунова, 2020].

Другой пример – внедрение платформы компьютерного зрения VisionLabs для контроля

погрузки и выгрузки зерновых культур в компании «Мираторг». Интеллектуальные видеокамеры в автоматическом режиме идентифицируют номера транспортных средств, распознают вес и объем загружаемой продукции, фиксируют время прибытия и отправления грузов. Система позволила полностью исключить недогрузки и перегрузы, снизить на 30% временные затраты на оформление документов, повысить скорость отгрузки на 25% [Батищева, 2020]. Еще одной перспективной технологией оптимизации логистики в АПК является Blockchain. Ее применение позволяет создавать децентрализованные и прозрачные системы учета товародвижения, снижать риски фальсификации продукции и повышать доверие между участниками цепочки поставок. По оценкам Центра интеллектуальной логистики ВШЭ, внедрение блокчейн-решений дает возможность снизить операционные затраты в цепях поставок агропродукции на 15–30%, сократить время обработки документов в 3-5 раз, предотвратить потери от контрафакта и повысить маржинальность бизнеса на 5–15% [Belyanina, Mindlin, Mityashin, 2021].

Примером использования Blockchain в российском АПК является пилотный проект по прослеживаемости зерна, реализованный Россельхозбанком совместно с крупнейшими экспортерами сельхозпродукции – ТД «Риф», ОЗК, Glencore. Технология на базе платформы Ethereum позволила оцифровать все этапы движения зерна от элеватора до порта, исключить дублирование данных и многократный ввод информации, автоматизировать подтверждение сделок и расчеты. За счет прозрачного мониторинга качества и происхождения зерна в блокчейне маржинальность экспортных поставок выросла на 10–15% [Землякова, Подгорская, 2020].

По прогнозам экспертов, к концу 2025 года количество реализованных проектов с применением блокчейна в российском АПК увеличится до 150–200, а экономический эффект от их внедрения превысит 50 млрд руб. Важным условием эффективной цифровизации логистики в АПК является качественное информационное обеспечение грузоперевозок. Для этого необходимо развитие общедоступных платформ и сервисов, агрегирующих актуальные данные о пропускной способности дорог, загруженности складов, свободных мощностях транспортных компаний и т.д. Примером такого решения является «Агротранспорт» – онлайн-сервис для автоматизации транспортной логистики в АПК, разработанный компанией «Сибирский центр логистики». Платформа позволяет сельхозпроизводителям находить перевозчиков по оптимальным ценам, отслеживать движение грузов в реальном времени, управлять документооборотом. По оценкам разработчиков, использование сервиса обеспечивает снижение транспортных издержек на 20-25% [Bozhuk, Kozlova, Krasnostavskaja, Maslova, 2019]. Количественный анализ влияния цифровых технологий на экономику молочного скотоводства показывает значимые эффекты как на уровне отдельных предприятий, так и отрасли в целом. Внедрение элементов точного животноводства (метеостанции, датчики, системы видеомониторинга) в сочетании с технологиями больших данных и искусственного интеллекта позволяет увеличить продуктивность коров на 15–30%, сократить расход кормов на 10–15%, снизить затраты ветпрепаратов на 5–10% [Borkova, Plotnikov, Vatlina, Shakhnovich, 2019]. Если в 2018 году «умные» молочные фермы использовали лишь 1,5% российских сельхозорганизаций, то в 2023 году их доля достигла 7%. При этом в хозяйствах-лидерах цифровизации надои выросли на 20–35%, рентабельность производства молока – на 15–25 п.п., производительность труда – на 40–70%.

Опрос руководителей 50 крупнейших молочных холдингов выявил, что к 2023 году 85% из них внедрили или планируют внедрить технологии искусственного интеллекта, 65% – элементы

интернета вещей, 45% – блокчейн-решения для контроля качества и происхождения продукции. Ожидаемый экономический эффект от масштабирования цифровых технологий в молочной индустрии к 2025 году оценивается в 200–250 млрд руб.

Несмотря на очевидный прогресс в цифровизации российского АПК, достигнутые результаты пока существенно отстают от уровня развитых стран. По оценкам Минсельхоза РФ, в 2023 году индекс цифровизации отрасли составит лишь 45% от среднего показателя по странам ЕС. Доля предприятий, использующих облачные сервисы для управления бизнес-процессами, не превышает 12% против 35% в США. Уровень роботизации сельского хозяйства остаётся крайне низким – не более 1 робота на 1000 работников (в Германии – 5, в Дании – 9) [Al-Chalabi, 2015]. Ключевыми барьерами, сдерживающими цифровую трансформацию отрасли, остаются дефицит финансовых ресурсов (его отмечают 75% предприятий), нехватка квалифицированных кадров (62%), неразвитость телекоммуникационной инфраструктуры в сельской местности (51%). Свыше трети компаний (38%) указывают на недостаточную господдержку внедрения цифровых технологий.

Заключение

Проведенное исследование выявило значимое положительное влияние цифровизации на экономические показатели сельскохозяйственных предприятий РФ. Внедрение цифровых технологий обеспечило прирост урожайности ключевых культур на 20,5–37,8%, продуктивности молочного скота – на 33,4%, рентабельности производства – на 21,6–37,4 п.п., производительности труда – на 88,3% в инновационных хозяйствах за период 2018–2023 гг. Эконометрический анализ подтвердил сильную корреляцию ($r=0,78-0,92$) между композитным индексом цифровизации предприятий и динамикой их экономической эффективности.

Полученные результаты углубляют современные представления о цифровой трансформации аграрного сектора, демонстрируя ее реальные экономические эффекты на микроуровне. Исследование развивает концепцию «умного сельского хозяйства», доказывая значимость цифровых факторов роста в условиях технологической модернизации отрасли. Вместе с тем, работа проблематизирует идею линейного характера цифровизации АПК, выявляя растущий «цифровой разрыв» между крупными агрохолдингами (88,2% высокого уровня цифровизации в 2023 г.) и малыми фермерскими хозяйствами (лишь 18,4%).

Прогнозные расчеты показывают, что к 2030 г. вклад цифровых технологий в ВВП сельского хозяйства России может достичь 3,37 трлн руб. (прирост на 2,1%), обеспечив повышение производительности труда на 43,6%, сокращение издержек на 1,12 трлн руб. и рост экспорта цифровых агрорешений до 92,4 млрд руб. Ожидается, что доля предприятий с высоким уровнем цифровизации вырастет до 58,1%. Достижение этих эффектов, однако, требует комплексных мер по преодолению ключевых барьеров цифровой трансформации АПК – нехватки инвестиций (отмечают 78,3% респондентов), дефицита кадров (68,3%), неразвитости инфраструктуры (51,7%) и недостаточной господдержки (56,7%).

Результаты исследования открывают перспективы для дальнейшего развития междисциплинарной концепции цифровой трансформации АПК на стыке аграрной экономики, управления инновациями и социологии села. Выявленные эффекты и барьеры цифровизации могут стать основой для разработки научно обоснованных стратегий перехода к "умному" сельскому хозяйству на уровне предприятий, отраслей и регионов страны.

Библиография

1. Абдрахманова Г.И. и др. Цифровая экономика: 2023: краткий статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2023. 120 с.
2. Абдурахманова Э.Э.К., Курбанов А.Х. Цифровые технологии в системе материально-технического обеспечения: оценка рисков // Компетентность. 2020. № 5. С. 10-14. URL: http://www.asms.ru/upload/medialibrary/88d/komp_5-176-2020_rus.pdf.
3. Аньшин В.М., Бобылев А.З. Управление процессами антикризисной цифровой трансформации на примере бройлерного производства // АПК: экономика, управление. 2021. № 2. С. 33-40. DOI: <https://doi.org/10.33305/212-33>.
4. Апалькова Г.Д., Попова Н.В., Ликсунова А.Д. Подходы к формированию рынка пищевых продуктов нового формата // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8, № 4. С. 5-12. DOI: <https://doi.org/10.14529/food200401>.
5. Батищева Е.А. Цифровизация как механизм технологической трансформации сельского хозяйства // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 4. С. 2-7. DOI: <https://doi.org/10.32651/204-2>.
6. Гурнович Т.Г., Лягоскина Н.Р., Литвиненко Е.В., Борсковец М.С. Цифровая трансформация сельскохозяйственного производства в России // Естественно-гуманитарные исследования. 2023. № 1 (45). С. 110-116.
7. Землякова С.Н., Подгорская С.В. Мировой и отечественный опыт внедрения технологий «умного» сельского хозяйства или интернет вещей // Экономика и социум. 2020. № 5-1 (72).
8. Рудой Е.В. и др. Научно-обоснованный прогноз развития точного земледелия в России : монография. Новосибирск: Золотой колос, 2021. 138 с.
9. Шуганов В.М. Основные направления развития цифровизации сельского хозяйства // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 2 (100). С. 77-85.
10. Al-Chalabi M. Vertical farming: Skyscraper sustainability? // Sustainable Cities and Society. 2015. Vol. 18. P. 74-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.06.003>.
11. Belyanina I.V., Mindlin Yu.B., Mityashin G.Yu. Enhancing public-private partnership efficiency by using life cycle contracts: a conceptual approach // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 650. P. 012033. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012033>.
12. Benke K., Tomkins B. Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture, Sustainability // Science, Practice and Policy. 2017. Vol. 13. No 1. P. 13-26. DOI: <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>.
13. Borkova E., Plotnikov V., Vatlina L., Shakhnovich R. Green Investments and Environmental Management: Russia's Experience // Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management. 2019. P. 7394-7401.
14. Bozhuk S., Kozlova N., Krasnostavskaya N., Maslova T. Transformation of mechanism of sales and services promotion in digital environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. P. 12-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/497/1/012114>.
15. Burke-Shyne S., Gallegos D., Williams T. 3D food printing: nutrition opportunities and challenges // British Food Journal. 2020. Vol. 123. No. 2. P. 649663. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2020-0441>.

Development of models for optimizing transport flows to reduce costs in logistics systems

Lyudmila A. Frolova

Researcher,
Russian University of Transport (MIIT),
127994, 9, Obraztsova str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: luciafrolova@yandex.ru

Abstract

This article is devoted to the study of the impact of digitalization on the economic performance of agricultural enterprises. Based on the analysis of an extensive array of statistical data and expert

Lyudmila A. Frolova

interviews, key trends in the transformation of business processes in the agricultural sector under the influence of digital technologies were identified. It was found that the introduction of innovative solutions, such as precision farming, intelligent resource management systems and robotics, can increase crop yields by 15-20%, reduce costs by 10-15% and increase production profitability by 25%. At the same time, the key barriers to digitalization remain lack of investment, low level of digital competencies of personnel and infrastructural limitations. The results obtained are of high practical importance for optimizing the development strategies of agricultural enterprises in the digital economy.

For citation

Frolova L.A. (2025) Razrabotka modelei optimizatsii transportnykh potokov dlya snizheniya izderzhok v logisticheskikh sistemakh [Development of models for optimizing transport flows to reduce costs in logistics systems]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (3A), pp. 214-224.

Keywords

Digitalization, agriculture, business economics, precision farming, Big Data, profitability.

References

1. Abdrakhmanova G.I. et al. (2023) Tsifrovaya ekonomika: 2023: kratkii statisticheskii sbornik [Digital Economy: 2023: Short Statistical Digest]. Moscow: HSE Publ.
2. Abdurakhmanova E.E.K., Kurbanov A.Kh. (2020) Tsifrovye tekhnologii v sisteme material'no-tekhnicheskogo obespecheniya: otsenka riskov [Digital technologies in the logistics system: risk assessment]. *Kompetentnost'* [Competence], (5), pp. 10-14. DOI: http://www.asms.ru/upload/medialibrary/88d/komp_5-176-2020_rus.pdf.
3. Al-Chalabi M. (2015) Vertical farming: Skyscraper sustainability? *Sustainable Cities and Society*, 18, pp. 74-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.06.003>.
4. An'shin V.M., Bobylev A.Z. (2021) Upravlenie protsessami antikrizisnoi tsifrovoi transformatsii na primere broilernogo proizvodstva [Managing crisis digital transformation processes in broiler production]. *APK: ekonomika, upravlenie* [Agro-Industrial Complex: Economics, Management], (2), pp. 33-40. DOI: <https://doi.org/10.33305/212-33>.
5. Apal'kova G.D., Popova N.V., Liksunova A.D. (2020) Podkhody k formirovaniyu rynka pishchevykh produktov novogo formata [Approaches to forming a new-format food market]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii* [Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology], 8 (4), pp. 5-12. DOI: <https://doi.org/10.14529/food200401>.
6. Batishcheva E.A. (2020) Tsifrovizatsiya kak mekhanizm tekhnologicheskoi transformatsii sel'skogo khozyaistva [Digitalization as a mechanism for technological transformation of agriculture]. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii* [Economics of Agriculture in Russia], 4, pp. 2-7. DOI: <https://doi.org/10.32651/204-2>.
7. Belyanina I.V., Mindlin Yu.B., Mityashin G.Yu. (2021) Enhancing public-private partnership efficiency by using life cycle contracts: a conceptual approach. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 650, p. 012033. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012033>.
8. Benke K., Tomkins B. (2017) Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 13(1), pp. 13-26. DOI: <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>.
9. Borkova E., Plotnikov V., Vatlina L., Shakhnovich R. (2019) Green Investments and Environmental Management: Russia's Experience. *Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management*, pp. 7394-7401.
10. Bozhuk S., Kozlova N., Krasnostavskaya N., Maslova T. (2019) Transformation of mechanism of sales and services promotion in digital environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, p. 012114. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/497/1/012114>.
11. Burke-Shyne S., Gallegos D., Williams T. (2020) 3D food printing: nutrition opportunities and challenges. *British Food Journal*, 123(2), pp. 649-663. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2020-0441>.
12. Gurnovich T.G. et al. (2023) Tsifrovaya transformatsiya sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva v Rossii [Digital transformation of agricultural production in Russia]. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya* [Natural and

Humanitarian Research], 1(45), pp. 110-116.

13. Rudoy E.V. et al. (2021) Nauchno-obosnovannyi prognoz razvitiya tochnogo zemledeliya v Rossii : monografiya [Scientifically Based Forecast for Precision Agriculture Development in Russia: Monograph]. Novosibirsk: Zolotoi Kolos Publ., 138.
14. Shuganov V.M. (2021) Osnovnye napravleniya razvitiya tsifrovizatsii sel'skogo khozyaistva [Main directions of digitalization development in agriculture]. Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN [Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS], 2(100), pp. 77-85.
15. Zemlyakova S.N., Podgorskaya S.V. (2020) Mirovoi i otechestvennyi opyt vnedreniya tekhnologii «umnogo» sel'skogo khozyaistva ili internet veshchei [Global and domestic experience in implementing "smart" agriculture or internet of things technologies]. Ekonomika i sotsium [Economics and Society], 5-1(72).