УДК 332.1:338.43:631.15:004

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы экономики (физико-математические науки, экономические науки)

НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ПО МАТЕРИАЛАМ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ)

Долгополюк Эрика Эриковна
ассистент кафедры управления и маркетинга
РИНЦ SPIN-код: 7711-7432
erika.dolgopolyuk@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

В статье представлены результаты исследования текущего состояния растениеводства Краснодарского края. На основе разработанной авторской методики оценки цифровой эффективности, включающей систему количественных показателей, которые оценивают техническую оснащенность и уровень использования цифровых технологий и элементов точного земледелия. Проведен анализ 30 сельскохозяйственных организаций региона, различающихся по масштабу производства и специализирующихся на выращивании полевых культур. Рассчитанные интегральные индексы позволили дифференцировать предприятия по уровню цифровой эффективности и выделить группы с различной степенью внедрения цифровых решений. Для количественной оценки влияния цифровых технологий на результативность производства построена регрессионная модель, которая продемонстрировала статистическую значимость цифровых технологий и подтвердила наличие прямого эффекта – рост урожайности и косвенного, выражающегося в снижении эксплуатационных затрат за счет оптимизации расхода ресурсов и повышения точности агротехнических операций. Полученные результаты обосновывают цифровые технологии как ключевое направление повышения эффективности растениеводства в регионе, а предложенная методика может служить инструментом для мониторинга и управления технологической модернизацией сельскохозяйственных организаций

Ключевые слова: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕМЕНТЫ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, ЦИФРОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-222-009

UDC 332.1:338.43:631.15:004

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods of economics (physical and mathematical sciences, economic sciences)

DIRECTIONS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS USING DIGITAL TECHNOLOGIES (BASED ON MATERIALS FROM THE KRASNODAR REGION)

Dolgopoluk Erika Erikovna
Assistant Professor of Management and Marketing Department
RSCI SPIN code: 7711-7432
erika.dolgopolyuk@mail.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

The article presents the results of a study on the current state of crop production in the Krasnodar region. The research is based on the author's developed methodology for assessing digital efficiency, which includes a system of quantitative indicators that evaluate technical equipment and the level of use of digital technologies and elements of precision agriculture. An analysis was carried out of 30 agricultural organizations in the region, differing in production scale and specializing in the cultivation of field crops. The calculated integral indices made it possible to differentiate enterprises by the level of digital efficiency and to identify groups with varying degrees of implementation of digital solutions. To quantitatively assess the impact of digital technologies on production performance, a regression model was constructed, which demonstrated the statistical significance of digital technologies and confirmed the presence of a direct effect – an increase in crop yields – as well as an indirect effect, expressed in a reduction in operating costs due to the optimization of resource consumption and increased accuracy of agrotechnical operations. The obtained results substantiate digital technologies as a key direction for improving the efficiency of crop production in the region, and the proposed methodology can serve as a tool for monitoring and managing the technological modernization of agricultural organizations

Keywords: EFFICIENCY, CROP PRODUCTION, AGRICULTURAL ORGANIZATIONS, DIGITAL TECHNOLOGIES, ELEMENTS OF PRECISION AGRICULTURE, DIGITAL EFFICIENCY

Введение

Эффективность сельскохозяйственного производства представляет собой сложную экономическую категорию, отражающую результативность использования производственных ресурсов (земельных, трудовых, материальных) и характеризующуюся системой показателей, таких как урожайность, себестоимость продукции, производительность труда и рентабельность [6]. В условиях современного аграрного сектора достижение устойчивого роста эффективности невозможно без технологической модернизации, где ключевую роль играют цифровые технологии и инструменты точного земледелия.

Теоретические и прикладные аспекты влияния цифровизации на результативность АПК находят отражение в работах многих ученых.

Так А. И. Алтухов, И. С. Санду и В. И. Нечаев подчеркивают, что инновационная активность организаций напрямую коррелирует с показателями их финансовой устойчивости и конкурентоспособности. Также авторы доказывают, что цифровые технологии способствуют снижению производственных затрат в растениеводстве [1, 5].

Е. В. Худякова в своих исследованиях отмечает, что применение цифровых технологий и инструментов точного земледелия создает возможности для сокращения операционных издержек растениеводства. По приведенным ею оценкам, рационализация использования ресурсов за счет таких решений способна обеспечить снижение затрат на 15–25 % [7].

По данным D. Schimmelpfennig и R. Ebel, полученным на основе материалов USDA, использование систем параллельного вождения и карт урожайности связано с положительным экономическим результатом. Вместе с тем авторы обращают внимание на неодинаковую отдачу от цифровых решений: она определяется, в частности, масштабом производства и конкретными почвенно-климатическими условиями хозяйств [8].

Вместе с тем анализ имеющихся исследований показывает, что применяемые подходы к оценке цифровой трансформации АПК не в полной мере учитывают особенности растениеводческого производства. В одних случаях основное внимание уделяется характеристикам технической оснащенности, в других – экономической отдаче от инвестиций, тогда как взаимосвязь технологического уровня, цифровизации и производственных результатов раскрывается недостаточно полно. Использование интегральных оценок также требует дальнейшего развития с учетом различий между хозяйствами по масштабу производства и уровню технологического развития [2].

В связи с этим, актуальность оценки цифровой эффективности сельскохозяйственных организаций Краснодарского края обусловлена необходимостью оценки эффективности цифровых технологий на основе формирования интегрального индекса, учитывающего не только наличие техники, но их потенциал в производственном процессе.

Материалы и методы исследования

С учетом указываемых недостатков, целесообразно разработать авторскую методику оценки цифровой эффективности на основе интегрального индекса. Для того чтобы его найти, необходимо количественно рассчитать десять показателей, которые будут оценивать количество и состояние техники – фондовооруженность, энергообеспеченность, доля обновленной техники, доля активной части основных средств, нагрузка пашни на 1 трактор.

Кроме того, необходимо выделить отдельно показатели, которые оценивают эффект цифровых технологий в сельскохозяйственном производстве – доля полей, применяющих дифференцированное внесение удобрений и опрыскивание средствами защиты растений (СЗР), доля сотрудников с цифровыми компетенциями, доля затрат, приходящихся на приобре-

тение цифровых технологий, индекс управления цифровыми платформами, доля техники, оснащенной датчиками контроля топлива и gps-трекерами.

Затем после их расчета по всем сельскохозяйственным организациям Краснодарского края, представленных выборке, необходимо привести их к нормализированному виду:

$$x_{ij}^{\text{норм}} = \frac{x_{ij} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}, \quad (1)$$

где x_{ij} – фактическое значение i-го показателя для j-го хозяйства;

x_{max} и x_{min} – максимальное и минимальное значения показателя по всей выборке.

После нормирования находим среднеарифметическое значение, суммировав найденные нормированные показатели, тем самым, определяя текущий уровень цифровой эффективности каждого хозяйствующего субъекта [3].

Для обоснования статистической значимости разработанного интегрального индекса цифровой эффективности важно построить регрессионную модель, которая на основе критерия Фишера, коэффициента детерминации и множественного коэффициента корреляции докажет наличие прямого эффекта на урожайность [4]. Составление уравнения регрессии, где результативным признаком являются эксплуатационные затраты на 1 га поможет сформировать наличие косвенного воздействия цифровых технологий на производственные затраты, что способствует повышению эффективности сельскохозяйственных организаций рассматриваемого региона.

Результаты и обсуждения

Для идентификации влияния уровня цифровой эффективности на результаты деятельности сельскохозяйственных организаций, выявления резервов экономического роста и обоснования направлений их рационального использования проведена комплексная интегральная оценка эффективности

цифровой трансформации 30 равнонаправленных организаций Краснодарского края, специализирующихся на выращивании полевых культур.

Для каждого показателя определены весовые коэффициенты, проведена нормализация и рассчитан групповой интегральный индекс как среднее геометрическое двух индексов (таблица 1).

Таблица 1 – Группировка сельскохозяйственных организаций Краснодарского края по уровню цифровой эффективности

Уровень	Интервал	Кол-во	Наименование	Характеристика
Низкий	< 0,295	7	ООО «Кавказ», ООО «КФХ ГАХ В.А.», ООО «Кореновскагрохимия», ООО «Агрокомплекс «Ейский»», ООО «Лебяжье-Чепигинское», ООО «Заречье», ООО «Агрокомплекс «Камышеватский»	МТБ сформирована, но цифровые технологии не внедрены. Разрыв между технологическим и цифровым развитием указывает на резерв повышения индекса за счет внедрения цифровых платформ без дополнительных вложений в технику
Средний	0,295–0,449	16	АО АФП «Нива», ООО «ФЛАГМАН», ООО СК «Восток», ООО «СХП «ДМИТРИЕВСКОЕ»», АО «Дружба», ООО «Урожай XXI век», ООО «Виктория+», ООО «АГРОТЭК», ООО «Племзавод «Дружба»», ООО «ЛОСЕВО», ООО «Новый путь», ООО «Колос», ООО «АФ им. Ильича», ОАО «СК имени М.И. Калинина», ООО «Агрофирма «Калининская»», ОАО «Степное»	Сбалансированное развитие МТБ и цифровизации, но внедрение цифровых инструментов носит фрагментарный характер. Соотношение индексов близко к единице. Масштабирование решений позволит перейти в высокую группу
Высокий	> 0,449	7	АО им. И.В. Мичурина, АО Колос, АО «МОК «Братковский»», ООО Агрофирма «Тысячный», АО «РАССВЕТ», АО «Агрофирма-племзавод «Победа»», ООО «СП КОЛОМЕЙЦЕВО»	Цифровая составляющая опережает технологическую. Ключевой фактор – оснащение техники элементами точного земледелия. Синергия современной техники и цифровых инструментов обеспечивает максимальную эффективность

Основываясь на производственной функции Кобба-Дугласа, целесообразно разработать логарифмическое уравнение эффективности сельскохозяйственных организаций, где рассчитанный нами интегральный индекс линеен. В усовершенствованной модели Кобба-Дугласа, данный индекс будет являться капиталом (К):

$$\ln Y = 3{,}11 + 0{,}61x_1 + 0{,}14 \ln x_2 + 0{,}49 \ln x_3 + 0{,}34 \ln x_4 - 0{,}16 \ln x_5 - 0{,}2 \ln x_6 , \quad (2)$$

где Y – урожайность культур, ц/га;

x_1 – интегральный индекс цифровой трансформации;

x_2 – затраты на оплату труда и социальные отчисления, тыс. руб./га;

x_3 – затраты на семена и посадочный материал, тыс. руб./га;

x_4 – затраты на минеральные и органические удобрения, тыс. руб./га;

x_5 – затраты на средства защиты растений и химические препараты, тыс. руб./га;

x_6 – эксплуатационные затраты (содержание основных средств, ГСМ, амортизация), тыс. руб./га.

Регрессионная статистика данного уравнения представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Регрессионная статистика полулогарифмического уравнения между факторами и результативным признаком

Показатель	Значение
Множественный R	0,800
R-квадрат	0,640
Нормированный R-квадрат	0,547
Стандартная ошибка	0,231
Наблюдения	30

Полученные значения характеризуют достаточно тесную совокупную связь между урожайностью и включенными в модель факторами: множественный коэффициент корреляции составляет R=0,800. Коэффициент детерминации R^2=0,640 означает, что рассматриваемая совокупность

факторов объясняет 64,0 % вариации результативного показателя. Скорректированный коэффициент детерминации R^2=0,547 ниже исходного значения, что связано с учетом количества включенных переменных и объема выборки, но при этом сохраняет удовлетворительную объясняющую способность модели.

Согласно составленному уравнению увеличение интегрального индекса на 0,1 п. сопровождается ростом урожайности на 6,3 %. Одновременно повышение эксплуатационных затрат и СЗР на 1 % связано со снижением результативного показателя на 0,2 и 0,16 % соответственно. Значение критерия Фишера, равное 6,83, превышает табличное: $F_{табл}$=2,53, что свидетельствует о статистической значимости модели.

Таблица 3 – Анализ множественной корреляции между урожайностью и факторами

Показатель	Y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
Урожайность (Y)	1						
Групповой интегральный индекс цифровой эффективности (x_1)	**0,410**	1					
Оплата труда с социальными отчислениями на 1 га (x_2)	0,382	-0,135	1				
Семена и посадочный материал на 1 га (x_3)	0,445	-0,083	0,279	1			
Удобрения на 1 га (x_4)	0,559	0,141	0,544	0,234	1		
Средства защиты растений на 1 га (x_5)	0,545	0,223	0,610	0,638	0,530	1	
Эксплуатационные затраты (ГСМ, содержание основных средств, амортизация) на 1 га (x_6)	-0,281	**-0,560**	0,355	-0,075	0,252	-0,067	1

Между интегральным индексом цифровой эффективности и эксплуатационными затратами установлена отрицательная связь средней тесноты (r_{x1x6}=-0,560), тогда как коэффициент корреляции индекса с урожайностью имеет положительный знак и составляет r_{yx1}=0,410 (таблица 3).

Исключение интегрального индекса из состава регрессионной модели сопровождается уменьшением коэффициента детерминации на 3,27 п. п. Полученный результат свидетельствует о том, что учет уровня цифровой эффективности в модели связан с изменением ее объясняющей способности, однако сам по себе данный факт не позволяет рассматривать индекс как самостоятельную причину изменения урожайности.

При этом выявленная отрицательная связь индекса с эксплуатационными затратами позволяет рассматривать затраты как один из возможных каналов, через который цифровая оснащенность связана с результативностью производства. Для количественной проверки данной зависимости дополнительно построена логарифмическая модель эксплуатационных затрат с оценкой статистической значимости коэффициента при интегральном индексе (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели регрессионной модели зависимости между эксплуатационными затратами и индексом цифровой эффективности

Показатель	Значение
Коэффициент при индексе (a)	-2,350
Стандартная ошибка	0,856
t-статистика	-2,746
p-значение	0,010 (значимо на уровне 1%)
R^2	0,212
Уравнение	$\ln(Y) = 3,06 - 2,35x_1$, где Y – эксплуатационные затраты н 1 га площади, тыс. руб./га; X_1 – интегральный индекс цифровой эффективности

Расчетная модель подтверждает наличие статистически значимой обратной зависимости между интегральным индексом цифровой эффективности и эксплуатационными затратами в расчете на 1 га посевной площади. Коэффициент при индексе равен –2,35; его стандартная ошибка составляет 0,856, а значение t-статистики –2,746. При p=0,010 зависимость

значима на 1 %-ном уровне. Таким образом, повышение значения индекса на 0,1 п. соответствует снижению эксплуатационных затрат в среднем на 20,9 %. При этом R^2=0,212 показывает, что около 21 % вариации логарифма эксплуатационных затрат связано с различиями в уровне цифровой эффективности хозяйств. Полученная зависимость имеет умеренную объясняющую способность, но статистически значимый коэффициент указывает на существенность выявленного направления связи.

Следовательно, полученные результаты позволяют рассматривать цифровую эффективность прежде всего как фактор, связанный с сокращением эксплуатационных затрат. Выявленный эффект может реализовываться посредством более точного контроля расхода ресурсов, рационального использования техники и повышения обоснованности выполнения отдельных технологических операций.

Заключение

Проведенная оценка позволила сопоставить сельскохозяйственные организации Краснодарского края по уровню цифровой эффективности с учетом состояния материально-технической базы и распространенности элементов точного земледелия. Расчет интегрального показателя обеспечил распределение 30 обследованных хозяйств по трем уровням цифровой эффективности. Распределение обследованных организаций по выделенным группам показывает, что процессы внедрения цифровых решений в регионе протекают неравномерно. При этом различия между хозяйствами позволяют говорить о возможности дальнейшего повышения уровня цифровой эффективности за счет более широкого применения инструментов, которые уже используются отдельными организациями Краснодарского края.

Эконометрическая оценка характеризует взаимосвязь цифровой эффективности с показателями результативности производства неоднозначно. Наиболее убедительно подтверждается связь интегрального индекса с экс-

плуатационными затратами: более высокий уровень цифровой эффективности сопровождается их сокращением. Следовательно, одним из основных каналов экономического эффекта цифровизации в рассматриваемых хозяйствах выступает более рациональное использование материально-технических ресурсов.

С учетом выявленной зависимости целесообразно сосредоточить дальнейшее внедрение цифровых решений на операциях, непосредственно связанных с расходованием и эксплуатацией ресурсов. К ним относятся автоматизированный контроль расхода ГСМ, отслеживание состояния и использования основных средств, а также дифференцированное внесение удобрений и средств защиты растений. Их применение позволяет точнее учитывать фактическую потребность в ресурсах и тем самым формирует условия для уменьшения эксплуатационных затрат на единицу площади. При этом повышение эффективности может достигаться не только посредством дополнительных капитальных вложений, но и за счет более полного использования уже имеющейся технической и цифровой инфраструктуры.

Литература

1. Алтухов, А. И. Технико-технологический потенциал сельского хозяйства и необходимость его модернизации / А. И. Алтухов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 2(38). – С. 28-37. – DOI 10.24412/2309-348X-2021-2-28-37. – EDN UTAGNC.

2. Великанова, Л. О. Способы совершенствования управления сельскохозяйственными предприятиями путем внедрения проекта "Цифровое сельское хозяйство" / Л. О. Великанова, Э. Э. Долгополюк // Бизнес. Образование. Право. – 2022. – № 3(60). – С. 59-66. – DOI 10.25683/VOLBI.2022.60.322. – EDN ZFCZKL.

3. Мороз, О. Н. Концептуально-методические подходы к оценке эффективности цифровой трансформации агропромышленного комплекса России в условиях технологических и институциональных рисков / О. Н. Мороз, Д. А. Медведский // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 325-344.

4. Направления повышения экономической эффективности свекловодства в регионе / К. Э. Тюпаков, Н. В. Батракова, А. В. Моисеев, А. В. Логвинов. – Краснодар : ФГБОУ ВО "Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина", 2025. – 227 с. – ISBN 978-5-907976-61-0. – EDN EPDFGR

5. Санду, И. С. Государственная поддержка цифровой трансформации сельского хозяйства региона: методический подход / И. С. Санду, В. И. Нечаев, И. П. Войку //

Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2019. – № 12. – С. 66-70. – DOI 10.31442/0235-2494-2019-0-12-66-70. – EDN CSWOLF.

6. Цифровизация как фактор устойчивого развития сельского хозяйства Республики Узбекистан / М. Х. Саидов, К. Э. Тюпаков, Т. Н. Полутина [и др.] // Естественно-гуманитарные исследования. – 2025. – № 4(60). – С. 473-480. – EDN DPURIJ.

7. Цифровые технологии в сельском хозяйстве: состояние и перспективы внедрения / А. П. Королькова, Е. В. Худякова, А. В. Горячева, Т. Е. Маринченко // Инновационные технологии в науке: управление качеством, метрологическое обеспечение, новые подходы и цифровизация производства в сфере АПК : Сборник научных материалов I Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к Всемирному дню метрологии, Саратов, 28 апреля 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. – С. 579-586. – EDN INNSTB.

8. Schimmelpfennig D., Ebel R. On the Doorstep of the Information Age: Recent Adoption of Precision Agriculture // USDA ERS Economic Information Bulletin. – 2023. – № 234. – 32 p.

References

1. Altuhov, A. I. Tehniko-tehnologicheskij potencial sel'skogo hozjajstva i neobhodimost' ego modernizacii / A. I. Altuhov // Zernobobovye i krupjanye kul'tury. – 2021. – № 2(38). – S. 28-37. – DOI 10.24412/2309-348X-2021-2-28-37. – EDN UTAGNC.

2. Velikanova, L. O. Sposoby sovershenstvovanija upravlenija sel'skohozjajstven-nymi predprijatijami putem vnedrenija proekta "Cifrovoe sel'skoe hozjajstvo" / L. O. Velikanova, Je. Je. Dolgopoljuk // Biznes. Obrazovanie. Pravo. – 2022. – № 3(60). – S. 59-66. – DOI 10.25683/VOLBI.2022.60.322. – EDN ZFCZKL.

3. Moroz, O. N. Konceptual'no-metodicheskie podhody k ocenke jeffektivnosti cifrovoj transformacii agropromyshlennogo kompleksa Rossii v uslovijah tehnologi-cheskih i institucional'nyh riskov / O. N. Moroz, D. A. Medvedskij // Voprosy inno-vacionnoj jekonomiki. – 2024. – T. 14, № 1. – S. 325-344.

4. Napravlenija povyshenija jekonomicheskoj jeffektivnosti sveklovodstva v regione / K. Je. Tjupakov, N. V. Batrakova, A. V. Moiseev, A. V. Logvinov. – Krasnodar : FGBOU VO "Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I. T. Trubilina", 2025. – 227 s. – ISBN 978-5-907976-61-0. – EDN EPDFGR

5. Sandu, I. S. Gosudarstvennaja podderzhka cifrovoj transformacii sel'skogo hozjajstva regiona: metodicheskij podhod / I. S. Sandu, V. I. Nechaev, I. P. Vojku // Jeko-nomika sel'skohozjajstvennyh i pererabatyvajushhih predprijatij. – 2019. – № 12. – S. 66-70. – DOI 10.31442/0235-2494-2019-0-12-66-70. – EDN CSWOLF.

6. Cifrovizacija kak faktor ustojchivogo razvitija sel'skogo hozjajstva Respubli-ki Uzbekistan / M. H. Saidov, K. Je. Tjupakov, T. N. Polutina [i dr.] // Estestvenno-gumanitarnye issledovanija. – 2025. – № 4(60). – S. 473-480. – EDN DPURIJ.

7. Cifrovye tehnologii v sel'skom hozjajstve: sostojanie i perspektivy vnedrenija / A. P. Korol'kova, E. V. Hudjakova, A. V. Gorjacheva, T. E. Marinchenko // Innovacionnye tehnologii v nauke: upravlenie kachestvom, metrologicheskoe obespechenie, novye podho-dy i cifrovizacija proizvodstva v sfere APK : Sbornik nauchnyh materialov I Vseros-sijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, priurochennoj k Vsemirnomu dnju metrologii, Saratov, 28 aprelja 2023 goda. – Saratov: Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. N.I. Vavilova, 2023. – S. 579-586. – EDN INNSTB.

8. Schimmelpfennig D., Ebel R. On the Doorstep of the Information Age: Recent Adoption of Precision Agriculture // USDA ERS Economic Information Bulletin. – 2023. – № 234. – 32 p.