

# ТЕХНОЛОГИИ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ В ЦИФРОВОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: БАРЬЕРЫ И УСЛОВИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

## TECHNOLOGIES FOR DATA COLLECTION AND ANALYSIS IN DIGITAL AGRICULTURE: BARRIERS AND CONDITIONS FOR IMPLEMENTATION AND USE

**A. Koshkarov  
T. Koshkarova**

*Summary.* Increasing the efficiency of agriculture in the context of the world population growth and increasing the requirements for the ecological compatibility of products is an important task facing the agricultural sector in many countries. Data collection and analysis techniques in agriculture can be one of the mechanisms for solving the problem, and this provides farmers with tools to support more accurate decisions. The article is devoted to the study of barriers and conditions for the implementation of data collection and analysis techniques in the agricultural industry.

*Keywords:* digital agriculture, data science, data mining, data collection, soil sensors, agricultural drones.

**Кошкаргов Александр Васильевич**

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский  
государственный университет»  
avkoshkarov@gmail.com*

**Кошкаргова Татьяна Александровна**

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский  
государственный университет»*

*Аннотация.* Повышение эффективности сельского хозяйства в рамках процессов роста численности населения Земли и повышения требований к экологичности продукции является важной задачей, стоящей перед аграрным сектором многих стран. Технологии сбора и анализа данных в сельском хозяйстве могут стать одним из механизмов решения проблемы и предоставить фермерам инструменты поддержки принятия более точных решений. Статья посвящена исследованию барьеров и условия внедрения технологий сбора и анализа данных в сфере сельского хозяйства.

*Ключевые слова:* цифровое сельское хозяйство, наука о данных, интеллектуальный анализ данных, сбор данных, почвенные датчики, сельскохозяйственные дроны.

### Введение

Сельское хозяйство играет важнейшую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН [10], население мира достигнет 9,1 млрд. человек к 2050 году по сравнению с 7,6 млрд. человек в 2018 году [5]. В то же время уровень миграции населения в города возрастает. Повышение эффективности сельского хозяйства является одним из решений проблемы. Это может быть достигнуто с использованием методов научных исследований, которые могут помочь фермеру более эффективно использовать сельскохозяйственные поля в рамках концепции точного земледелия. Уровень солей (удобрений) в почве, вымывание почвы водой (или, наоборот, отсутствие влаги) и состояние плодородного слоя почвы могут напрямую влиять на качество урожая.

Технологии сбора данных и методы интеллектуального анализа данных являются основой цифрового сельского хозяйства, ориентированного на данные. Методы сбора и исследования данных позволяют повысить эф-

фективность бизнеса на разных этапах развития [20]. Это актуально и в индустрии сельского хозяйства (в частности, в сфере растениеводства). На основе анализа данных можно отслеживать состояние полей, выявлять и прогнозировать проблемы, проверяя результаты анализа на экране компьютера или смартфона, а также прогнозировать урожайность по итогам сезона.

### Обзор литературы

В последнее десятилетие использование датчиков для сбора данных из сельскохозяйственных полей привлекло большое внимание со стороны исследовательских групп. Группа ученых из Испании [18] проводила исследование технологии применения беспроводных датчиков в сельском хозяйстве. Работа авторов затрагивает аспекты беспроводных сетей датчиков и радиочастотной идентификации, а также описывает последние разработки и примеры приложений с использованием данных технологий. Исследования других ученых дополнительно подтверждают, что беспроводные сенсорные сети стали доминирующим способом мониторинга различных параметров урожая благодаря относительно

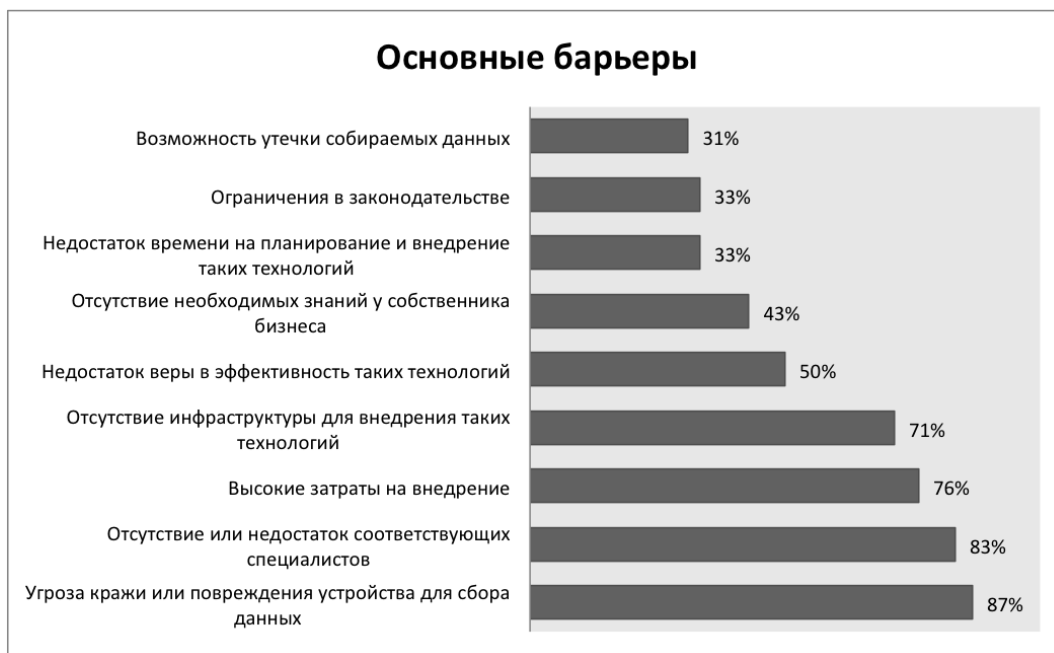


Рис. 1. Основные барьеры

низкой цене и низкому энергопотреблению [13]. Гибридные беспроводные сенсорные сети (датчики устанавливаются как в почве, так и на ее поверхности) могут использоваться для считывания параметров почвы и ее мониторинга в режиме реального времени [24].

Примеры и приложения использования беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве включают в себя мониторинг растительности [3; 6], построение карт полей [7; 26], классификацию урожая [16; 21], управление поливом [2; 12], борьбу с вредителями [25; 8], анализ лиственного покрова [27; 4], а также мониторинг сорняков [14; 22]. Обзор применения беспилотных летательных аппаратов для сельского хозяйства также был проведен в работе [28].

Спутниковые снимки из космоса дополнительно могут использоваться в качестве источника данных в сельском хозяйстве [11; 19]. Тем не менее, ряд исследователей указывает, что существуют препятствия и ограничения в использовании таких снимков в сельскохозяйственной индустрии. В [3] выявлено два главных ограничительных фактора в использовании космических снимков для мониторинга и управления урожайностью в режиме реального времени: отсутствие изображений с оптимальным спектральным и пространственным разрешением и отсутствие возможности для получения снимков в удобное время для мониторинга ситуации. Проблемой также может стать неудовлетворительное качество снимков из-за плохой видимости вследствие пасмурной (облачной) погоды.

## Методология

В рамках данного исследования был проведен анонимный опрос фермеров (случайная выборка). Для этого была разработана и использована анкета, затрагивающая вопросы осведомленности фермеров о методах и технологиях сбора и анализа данных в сельском хозяйстве, вопросы понимания фермерами этих подходов и их готовности использовать указанные технологии в своей деятельности. Дополнительно анкета содержала краткое описание возможностей сбора и аналитики данных для поддержки принятия решений в сельском хозяйстве. В исследовании приняли участие 42 фермера из Астраханской области (Россия) в возрасте 18 лет или старше.

## Барьеры и условия для внедрения

Фермеры, принявшие участие в исследовании, подчеркивают наличие барьеров для внедрения новых технологий (предусматривалась возможность выбора нескольких вариантов ответа). Основными препятствиями являются отсутствие инфраструктуры для внедрения технологий сбора и анализа данных, высокие затраты на внедрение, недостаток или отсутствие соответствующих специалистов, а также угроза кражи или повреждения устройств для сбора данных (Рис. 1).

Эти барьеры напрямую влияют на условия, при которых фермеры готовы внедрить и использовать технологии сбора и анализа данных в своем бизнесе (Рис. 2).



Рис. 2. Условия для внедрения

Данное исследование выявило 9 наиболее важных барьеров к внедрению технологий сбора и анализа данных в агробизнесе. Эти барьеры не являются непреодолимыми и существуют способы минимизации этих ограничений. Обсуждение барьеров производится в порядке уменьшения важности (на основании результатов опроса фермеров).

**1. Угроза кражи или повреждения устройства для сбора данных.** Эта проблема актуальна во многих странах и в разных сферах, а не только в области сельского хозяйства. Способы минимизации риска кражи устройств могут быть такими же, как защита урожая от кражи. Это может быть видеонаблюдение, охрана, установка ограждений по периметру поля или предупреждающие знаки. Кроме того, устройства могут быть застрахованы при наличии соответствующих программ, предлагаемых страховыми компаниями в регионе. Но стоит учесть, что это предполагает дополнительные финансовые затраты. Что касается повреждения устройств вследствие, например, обработки земли тракторами, то здесь необходимо учитывать расположение устройств и маркировать их идентификационными знаками. Кроме того, датчики должны устанавливаться в тех местах поля, где сельскохозяйственная техника, скорее всего, не будет механически взаимодействовать с ними.

**2. Отсутствие или недостаток соответствующих специалистов.** Эта проблема особенно актуальна для тех регионов, где связи между ВУЗами и бизнесом недостаточно развиты. В этом случае фермерам необходимо

более тесно сотрудничать с аграрными факультетами местных университетов, которые готовят специалистов для региональной экономики. Разработка новой программы обучения (с ориентацией на новые технологии) и подготовка специалистов нового профиля могут решить эту проблему. Если сельское хозяйство является ведущим сектором экономики региона, то повышение эффективности сельского хозяйства должно быть приоритетом региональной администрации. Кроме того, специалисты по профилю могут быть найдены в соседних регионах и предоставлять услуги и консультации для фермеров за пределами территории базирования. Стоит также отметить, что 57% респондентов ответили, что готовы участвовать во внедрении таких технологий, если есть соответствующие специалисты (среди прочих факторов).

**3. Высокие затраты на внедрение.** Затраты на внедрение новых технологий могут подразумевать значительные инвестиции, которые зависят от масштаба бизнеса. Необходимо рассчитывать доходность инвестиций и период окупаемости. Кроме того, датчики и беспилотные летательные аппараты в конечном итоге показывают динамику снижения цен [23]. Доступность финансовых ресурсов является наиболее важным критерием для внедрения технологий сбора и анализа данных в агропромышленном секторе, и 76% респондентов заявили, что готовы сделать это только при финансовой поддержке со стороны государства (субсидии, льготные кредиты). Региональные и федеральные гранты могут стать дополнительным

источником финансирования для внедрения инноваций.

**4. Отсутствие инфраструктуры для внедрения таких технологий.** Отсутствие необходимой инфраструктуры (например, линий электропередач и мобильного Интернета, которые необходимы для беспроводной передачи данных на сервер) может действительно усложнить использование технологий сбора и анализа данных в агробизнесе. Существуют решения для минимизации данных ограничений. Например, датчики, портативные метеостанции и беспилотные летательные аппараты могут питаться от батареи или использовать солнечные батареи в качестве источника энергии. Передача данных может выполняться, например, вручную [9]. Кроме того, фермер может принять участие в программах поддержки сельхозпроизводителей с проектом по улучшению инфраструктуры.

**5. Недостаток веры в эффективность таких технологий.** Внедрение любых инноваций всегда сопряжено с риском. Успешные бизнес-кейсы в этой области и более тщательное изучение соответствующих технологий могут повысить уровень уверенности в таких инновациях. В аграрных регионах региональное министерство сельского хозяйства может взять на себя инициативу в сотрудничестве с местными фермерами, университетами и аналитиками данных. Первые успешные бизнес-кейсы могут создать основу для будущих региональных программ поддержки и развития цифрового сельского хозяйства.

**6. Отсутствие необходимых знаний у собственника бизнеса.** Этот пункт пересекается с барьерами 2 и 5. Предполагается, что управленцы и владельцы бизнеса понимают принципы работы технологий, которые они намереваются внедрить в свою деятельность. В таких случаях часто прибегают к консультациям со специалистами (фирмами или учеными). В эпоху цифровых технологий очень важно иметь цифровые навыки, чтобы сделать бизнес конкурентоспособным [15]. Участие в тематических форумах, конференциях и выставках также могут помочь в получении новых представлений о современных технологиях. Если есть доверие к внедряемым технологиям от ключевого лица, принимающего решения, то вероятность внедрения инноваций повышается. Кроме того, университеты, исследовательские организации или специализированные компании могут выпускать бизнес-рекомендации и описание технологий сбора и анализа данных в цифровом сельском хозяйстве.

**7. Недостаток времени на планирование и внедрение таких технологий.** Планирование внедрения инноваций в бизнесе должно осуществляться владельцем бизнеса или генеральным директором. В то же вре-

мя ключевой человек должен доверять этим технологиям и иметь финансовые средства для их внедрения. Планирование может проводиться совместно с компаниями, которые работают в этой области и готовы оказывать услуги по внедрению технологий сбора и анализа данных в агробизнес. Такие компании могут также предоставлять услуги на основе подписки (периодически). Таким образом, вопросы планирования и реализации могут быть делегированы внешним организациям.

**8. Ограничения в законодательстве.** В некоторых странах (в частности, в России, США, Великобритании) требуется лицензия для управления беспилотным летательным аппаратом (российские ограничения обозначены в [1]). Это ограничение можно свести к минимуму, получив соответствующую лицензию и разрешение. Кроме того, закон может ограничивать использование беспилотных летательных аппаратов вблизи специальных зон, например, вблизи аэропортов. Но случаи наличия сельскохозяйственных полей в таких зонах не часто встречаются. Дополнительно стоит учитывать возможность использования альтернативы (например, спутниковые снимки). Законодательные ограничения в использовании датчиков почвы не выявлены.

**9. Возможность утечки собираемых данных.** Системы хранения и обработки данных могут быть надежно защищены паролем и ограничением прав доступа. Кроме того, данные могут быть зашифрованы с использованием современных протоколов шифрования [17]. Если фермер хранит данные в своем офисе или на домашнем компьютере, должны соблюдаться основные правила защиты информации. Консультации по вопросам защиты информации также могут предоставляться специализированными фирмами и исследователями в этой области.

## Заключение

Сбор и аналитика данных в сельском хозяйстве является важной основой для повышения эффективности ведения агробизнеса в условиях роста численности населения и проникновения цифровых технологий в различные сферы экономики. Тем не менее, фермеры не стремятся внедрять новые технологии точного земледелия в свою деятельность ввиду ряда ограничений. В число основных барьеров входят финансовые вопросы (вопросы финансирования внедрения инноваций), инфраструктурные аспекты, технические детали и доступ к профессиональным знаниям. Такие ограничения могут быть минимизированы, и совместная работа государства, научных учреждений и бизнеса может стать катализатором внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство для повышения его эффективности, экологичности и конкурентоспособности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Информационный бюллетень о порядке использования воздушного пространства Российской Федерации беспилотными воздушными судами [Электронный ресурс] // Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация). 2017. URL: <http://www.favt.ru/novosti-novosti?id=3884> (дата обращения: 26.02.2018).
2. Bellvert J. et al. Mapping crop water stress index in a 'Pinot-noir' vineyard: comparing ground measurements with thermal remote sensing imagery from an unmanned aerial vehicle // Precision agriculture. — 2014. — Т. 15. — №. 4. — С. 361–376.
3. Berni J. A. J. et al. Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. — 2009. — Т. 47. — №. 3. — С. 722–738.
4. Córcoles J. I. et al. Estimation of leaf area index in onion (*Allium cepa* L.) using an unmanned aerial vehicle // Biosystems engineering. — 2013. — Т. 115. — №. 1. — С. 31–42.
5. Current World Population [Электронный ресурс] // World Population Clock: 7.6 Billion People (2018) — Worldometers. URL: <http://www.worldometers.info/world-population/> (дата обращения: 22.02.2018).
6. d'Oleire-Oltmanns S. et al. Unmanned aerial vehicle (UAV) for monitoring soil erosion in Morocco // Remote Sensing. — 2012. — Т. 4. — №. 11. — С. 3390–3416.
7. Everaerts J. et al. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. — 2008. — Т. 37. — №. 2008. — С. 1187–1192.
8. Faïçal B. S. et al. The use of unmanned aerial vehicles and wireless sensor networks for spraying pesticides // Journal of Systems Architecture. — 2014. — Т. 60. — №. 4. — С. 393–404.
9. Fisher D. K., Kebede H. A low-cost microcontroller-based system to monitor crop temperature and water status // Computers and electronics in agriculture. — 2010. — Т. 74. — №. 1. — С. 168–173.
10. Food Production Must Double by 2050 to Meet Demand from World's Growing Population, Innovative Strategies Needed to Combat Hunger, Experts Tell Second Committee | Meetings Coverage and Press Releases [Электронный ресурс] // United Nations. United Nations. URL: <http://www.un.org/press/en/2009/gaef3242.doc.htm> (дата обращения: 22.02.2018).
11. Forster D., Buehler Y., Kellenberger T. Mapping urban and peri-urban agriculture using high spatial resolution satellite data // Journal of Applied Remote Sensing. — 2009. — Т. 3. — №. 1. — С. 033523.
12. Gago J. et al. UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture // Agricultural water management. — 2015. — Т. 153. — С. 9–19.
13. Garcia-Sanchez A. J., Garcia-Sanchez F., Garcia-Haro J. Wireless sensor network deployment for integrating video-surveillance and data-monitoring in precision agriculture over distributed crops // Computers and Electronics in Agriculture. — 2011. — Т. 75. — №. 2. — С. 288–303.
14. Göktoğın A. H. et al. A rotary-wing unmanned air vehicle for aquatic weed surveillance and management // Journal of Intelligent and Robotic Systems. — 2010. — Т. 57. — №. 1–4. — С. 467.
15. Kane G. C. et al. Is your business ready for a digital future? // MIT Sloan management review. — 2015. — Т. 56. — №. 4. — С. 37.
16. Park J. K., Park J. Crop classification using imagery of drone // International Conference on Environmental Engineering and Remote Sensing (EERS2015). — 2015.
17. Ramos A. et al. Sensor data security level estimation scheme for wireless sensor networks // Sensors. — 2015. — Т. 15. — №. 1. — С. 2104–2136.
18. Ruiz-Garcia L. et al. A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current trends // Sensors. — 2009. — Т. 9. — №. 6. — С. 4728–4750.
19. Schmedtmann J., Campagnolo M. L. Reliable crop identification with satellite imagery in the context of common agriculture policy subsidy control // Remote Sensing. — 2015. — Т. 7. — №. 7. — С. 9325–9346.
20. Schutt R., O'Neil C. Doing data science: Straight talk from the frontline. — «O'Reilly Media, Inc.», 2013.
21. Teke M., Yardımcı Y. Classification of crops using multitemporal hyperion images // Agro-Geoinformatics (Agro-geoinformatics), 2015 Fourth International Conference on. — IEEE, 2015. — С. 282–287.
22. Torres-Sánchez J. et al. Configuration and specifications of an unmanned aerial vehicle (UAV) for early site specific weed management // PloS one. — 2013. — Т. 8. — №. 3. — С. e58210.
23. Vacca J. R. (ed.). Handbook of sensor networking: advanced technologies and applications. — CRC Press, 2015.
24. Yu X. et al. A survey on wireless sensor network infrastructure for agriculture // Computer Standards & Interfaces. — 2013. — Т. 35. — №. 1. — С. 59–64.
25. Yue J. et al. The application of unmanned aerial vehicle remote sensing in quickly monitoring crop pests // Intelligent Automation & Soft Computing. — 2012. — Т. 18. — №. 8. — С. 1043–1052.
26. Zainuddin K. et al. Verification test on ability to use low-cost UAV for quantifying tree height // Signal Processing & Its Applications (CSPA), 2016 IEEE 12th International Colloquium on. — IEEE, 2016. — С. 317–321.
27. Zarco-Tejada P. J. et al. Estimating leaf carotenoid content in vineyards using high resolution hyperspectral imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) // Agricultural and forest meteorology. — 2013. — Т. 171. — С. 281–294.
28. Zhang C., Kovacs J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review // Precision agriculture. — 2012. — Т. 13. — №. 6. — С. 693–712.