

Теоретико-методологический подход к информационному обеспечению управления зерновым производством

И. В. Ариничев[✉], В. А. Сидоров

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

[✉]E-mail: iarinichev@gmail.com

Аннотация. Цель исследования заключается в определении роли участников, занимающихся подготовкой данных в контролируемых и неконтролируемых условиях, для разработки интеллектуальных систем диагностики фитосанитарного мониторинга, а также предложении архитектуры их взаимодействия на различных уровнях зернового производства. **Методологической базой** исследования выступили процессный и системный подходы. **Научная новизна** состоит в обосновании рациональной взаимосвязи участников процесса сбора и подготовки данных в различных условиях. **Результаты.** Представлено соотнесение основных задач мониторинга с моделями машинного обучения. Разработана архитектура взаимодействия агентов подготовки данных на индивидуальном, региональном и национальном уровнях зернового производства. Перечислены достоинства и недостатки реализации процесса на каждом из уровней. Рекомендовано создание единой национальной базы данных, в которой концентрируется информация с региональных хранилищ, для обеспечения эффективного мониторинга зернового производства и принятия научно обоснованных решений по управлению зерновым полем. Показано, что наличие центральной базы позволит масштабировать интеллектуальные системы диагностики и отслеживать фитосанитарные риски зернового производства в разных частях страны. Предложен ряд концептуальных элементов методологии информационного обеспечения управления зерновым производством, включающих методику сбора данных, регламенты конфиденциальности, стандарты доступности, формата, качества и безопасности. Заполнение и постоянное обновление национальной информационной базы требует значительных усилий специалистов и выступает важным элементом эффективного мониторинга и принятия решений по управлению зерновым производством на национальном уровне. Отмечена необходимость налаживания взаимодействия и коммуникации между специалистами из разных областей, а также наличие информационной инфраструктуры для обеспечения надежности, масштабируемости, безопасности и доступности данных.

Ключевые слова: мониторинг зернового производства, национальная база данных, условия получения данных, бизнес-процесс.

Для цитирования: Ариничев И. В., Сидоров В. А. Теоретико-методологический подход к информационному обеспечению управления зерновым производством // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 12. С. 111–121. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-12-111-121.

Дата поступления статьи: 22.05.2023, **дата рецензирования:** 26.06.2023, **дата принятия:** 10.11.2023.

Theoretical and methodological approach to information support for grain production management

I. V. Arinichev[✉], V. A. Sidorov

Kuban State University, Krasnodar, Russia

[✉]E-mail: iarinichev@gmail.com

Abstract. The **purpose** of the research is to determine the role of participants involved in data preparation under controlled and uncontrolled conditions for the development of intelligent systems for phytosanitary monitoring diagnostics, as well as to propose an architecture for their interaction at different levels of grain production

The methodological basis of the study was the process and system approaches. The **scientific novelty** lies in substantiating the rational interrelation of participants in the process of data collection and preparation under different conditions. **Results.** The correlation between the main monitoring tasks and machine learning models is presented. An architecture for the interaction of data preparation agents at the individual, regional, and national levels of grain production has been developed. The advantages and disadvantages of implementing the process at each level are listed. The creation of a unified national database is recommended, where information from regional repositories is consolidated to ensure effective monitoring of grain production and make scientifically grounded decisions regarding grain fields management. It is shown that the existence of a central database will allow for scaling of intelligent diagnostic systems and tracking phytosanitary risks in different parts of the country. A number of conceptual elements of the information support methodology for grain production management are proposed, including data collection methods, confidentiality regulations, accessibility standards, data format, quality, and security. The filling and continuous updating of the national information database require significant efforts from specialists and serve as an important element of effective monitoring and decision-making in grain production at the national level. The need for interaction and communication between specialists from different fields is emphasized, as well as the importance of having an information infrastructure to ensure reliability, scalability, security, and accessibility of data.

Keywords: grain production monitoring, national database, data acquisition conditions, business-process.

For citation: Arinichev I. V., Sidorov V. A. Teoretiko-metodologicheskii podkhod k informatsionnomu obespecheniyu upravleniya zernovym proizvodstvom [Theoretical and methodological approach to information support for grain production management] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 12. Pp. 111–121. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-12-111-121. (In Russian.)

Date of paper submission: 22.05.2023, **date of review:** 26.06.2023, **date of acceptance:** 10.11.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Зерновое производство играет ключевую роль в сельском хозяйстве России, устойчивое развитие которого выступает гарантом продовольственной безопасности страны, обеспечивая население необходимыми продуктами питания, промышленность – важными сырьевыми ресурсами, а животноводство – качественными кормами. В 2022 году Россия достигла рекордного уровня урожая зерна, который составил 157,7 млн тонн, превывсив аналогичный показатель предыдущего года на 29,9 %, когда было собрано 121,4 млн тонн¹.

Одним из преимуществ зерна является его способность к длительному хранению благодаря созданию запасов и резервов. Это обеспечивает хеджирование рисков и гарантированное снабжение страны в случае неблагоприятных агрометеорологических, макроэкономических, внешнеторговых и других событий. Зерно становится надежным страховым инструментом для сохранения стабильности в зерновой отрасли и экономики в целом.

В соответствии с «Долгосрочной стратегией развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года»², принятой 10 августа 2019 года, положительное развитие зерновой отрасли может быть ослаблено влиянием ряда рисков, среди которых особое место занимает фитосанитарное состояние посевов зерновых культур. Одним из ключевых компонентов создания научно обоснованной, конкурентоспособной и инвестиционно привлекательной инновационной системы в зерновом производстве, обеспечивающей продовольственную безопасность

России, является мониторинг зернового производства. Мониторинг играет важную роль в обеспечении сохранности, безопасности и качества зерна и его переработки, а непрерывный контроль фитосанитарного состояния посевов зерновых культур является оперативной мерой для такого отслеживания. В условиях цифровой трансформации АПК и его подкомплексов разработка инструментов для контроля фитосанитарного состояния посевов зерновых культур должна соответствовать основным принципам и положениям, установленным Постановлением Правительства Российской Федерации от 13.05.2022 г. № 872 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996»³. Главная цель данного постановления заключается в обеспечении стабильного роста сельскохозяйственной продукции, в том числе путем разработки современных систем диагностики патогенов сельскохозяйственных растений. В рамках данной научно-технической программы развития сельского хозяйства ожидается, что к 2030 году будет разработано и введено в эксплуатацию не менее 15 современных средств диагностики болезней сельскохозяйственных культур.

Наличие серьезных проблем, касающихся функционирования зернопродуктового подкомплекса, требует современных подходов к их решению, и немаловажную роль в этом процессе играет развитие инфраструктуры, элементом которой являются цифровые технологии [1]. Цифровизация превращает зерновое производство в высокотехнологичный кластер агропродовольственного рынка, где про-

блемы его диагностики и мониторинга могут быть решены с помощью интеллектуальных технологий. Основная цель использования искусственного интеллекта (ИИ) в мониторинге – создание адаптивных информационных систем, способных частично или полностью выполнять функции человека. Реализация таких интеллектуальных систем позволит сельскохозяйственным организациям эффективно контролировать состояние посевов, своевременно реагируя на возможные угрозы и проблемы в зерновом производстве? способствуя тем самым повышению продуктивности и конкурентоспособности зернового сектора [2; 3].

Несмотря на широкое проникновение искусственного интеллекта в производственные процессы, в зерновом производстве информационные технологии осваиваются неравномерно. В работе [4] одной из основных причин, препятствующих полномасштабному распространению интеллектуальных технологий, названо отсутствие методологии сбора и подготовки данных для обучения и настройки интеллектуальных систем. По мнению многих исследователей агробизнеса, именно в цифровизации агропродовольственной сферы следует искать главный источник эффективности зернового производства [5–8]. Ее достижение становится невозможным вне качественной подготовки данных. По сути, это наиболее критический этап в процессе разработки интеллектуальных информационных систем. Для обучения нейронных сетей и других алгоритмов машинного обучения требуется большой объем разнообразных данных, которые должны быть собраны, обработаны и представлены в определенном формате. Недостаток структурированных и слабоструктурированных данных, их несовершенство могут препятствовать эффективному обучению моделей и приводить к низкой точности и непригодности системы для реальных задач.

Таким образом, оптимизация производственных процессов в зерновом производстве требует разработки и внедрения комплексной системы, включающей сбор и анализ данных, использование алгоритмов машинного обучения, принятие информированных решений и учет человеческого фактора. Это позволит повысить эффективность, качество и устойчивость зернового производства в условиях быстро меняющейся среды.

Цель настоящей работы – выявить участников процесса подготовки данных в контролируемых и неконтролируемых условиях для разработки интеллектуальных систем диагностики фитосанитарного мониторинга и предложить архитектуру их взаимодействия на разных уровнях зернового производства.

Методология и методы исследования (Methods)

Теоретическим базисом исследования послужили работы по использованию цифровых техно-

логий управления зерновым полем [9–15] в контексте задач, поставленных ведомственным проектом «Цифровое сельское хозяйство» в части цифровых агрорешений (продукты и технологии) в АПК. В качестве методологической основы исследования взят системный подход, определяющий участников подготовки данных и их взаимосвязь как систему, которая не может быть полностью объяснена путем изучения ее отдельных частей, а также процессный подход, поскольку подготовка данных может рассматриваться как последовательность связанных операций, действий или шагов, которые выполняются для достижения конкретной бизнес-цели, в данном случае – разработка интеллектуальных систем.

Результаты (Results)

Многообразие задач диагностики определяет различные типы адаптивных моделей машинного обучения для их решения, некоторые из которых относятся к категории компьютерное зрение (рис. 1). Качественные данные в контексте мониторинга зернового производства представляют собой информацию, которая отражает все возможные виды изменчивости объектов, подлежащих изучению. Идеальная ситуация предполагает наличие изображений всех видов болезней, полученных на различных культурах при различных условиях. Однако такой полный набор недоступен и не требуется, так как искусственный интеллект способен обобщать структуры и находить закономерности в них. Авторами предложен алгоритм соотнесения задач мониторинга зернового поля с задачами машинного обучения (рис. 1).

Миссия заключается в предоставлении искусственному интеллекту (ИИ) примеров внутренней организации и информационного содержания выборки. Путем демонстрации образцов знания и структуры данных внутри выборки мы позволяем искусственному интеллекту узнать, как они устроены и какие закономерности содержат. Таким образом, хотя полный идеальный набор данных недостижим, использование методов машинного обучения дает возможность эффективно работать с ограниченными выборками, обобщая и находя закономерности в них.

Для достижения удовлетворительных результатов подходы, основанные на машинном обучении, обычно требуют больших объемов данных, сбор и разметка которых – трудоемкий и дорогостоящий процесс, выполняемый вручную квалифицированными специалистами.

Обучение интеллектуальной системы «на все случаи жизни» в настоящее время невозможно из-за ограничений в технологиях. Однако есть четкое представление об условиях использования модели. В авторской интерпретации они дифференцированы на контролируемые и неконтролируемые. Кон-

тролируемые условия идентифицируются в ситуации, когда объект помещается в среду с однородным фоном и контролируемым освещением, а неконтролируемые условия – с акцентом на конкретный орган растения, где фон может быть сложным, но интересующий объект занимает большую часть изображения. Возможны также полевые условия, когда изображения получаются в естественной среде. Поэтому перед началом мониторинга необходимо задать общие условия фотосъемки, такие как ракурс, влияние теней и фона, диапазоны яркости и контрастности и т. д. Чтобы повысить качество работы окончательного алгоритма, необходимо ограничить условия получения изображений и потребовать от пользователей их соблюдения. В противном случае ни один алгоритм не сможет гарантировать достигнутую точность при обучении.

Предварительная апробация возможностей мониторинга позволила выделить три основных уровня функционирования процесса подготовки данных для интеллектуального мониторинга зернового производства: индивидуальный, региональный и национальный.

На индивидуальном уровне данные собираются в отдельных хозяйствах, где предоставляется информация о состоянии выращиваемых растений, наличии или отсутствии заболеваний. Важно учитывать, что данные, предоставляемые на уровне отдельных хозяйств, могут быть неполными, ненадежными или недостоверными, поэтому очень важно организовать сотрудничество с экспертным сообществом, способным верифицировать полученные оценки (рис. 2).

Ответственность за подготовку и наполнение базы рекомендуется разделить между заказчиком и экспертами в области сельскохозяйственной фитопатологии и информационных технологий. Заказчик определяет конечную цель моделирования, условия получения данных, культуру, предоставляет изображения. Эксперты занимаются верификацией и разметкой данных, отслеживают качество подготовленного материала, корректируют неточности в разметке и при необходимости предлагают производителю предоставить дополнительные изображения. Специалисты в области машинного обучения

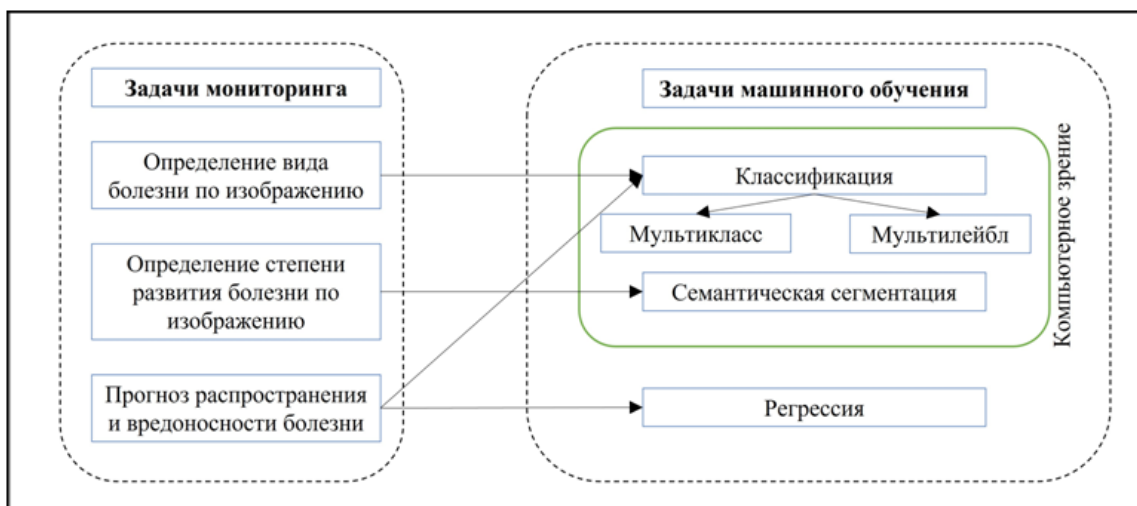


Рис. 1. Соотнесение задач мониторинга с задачами машинного обучения

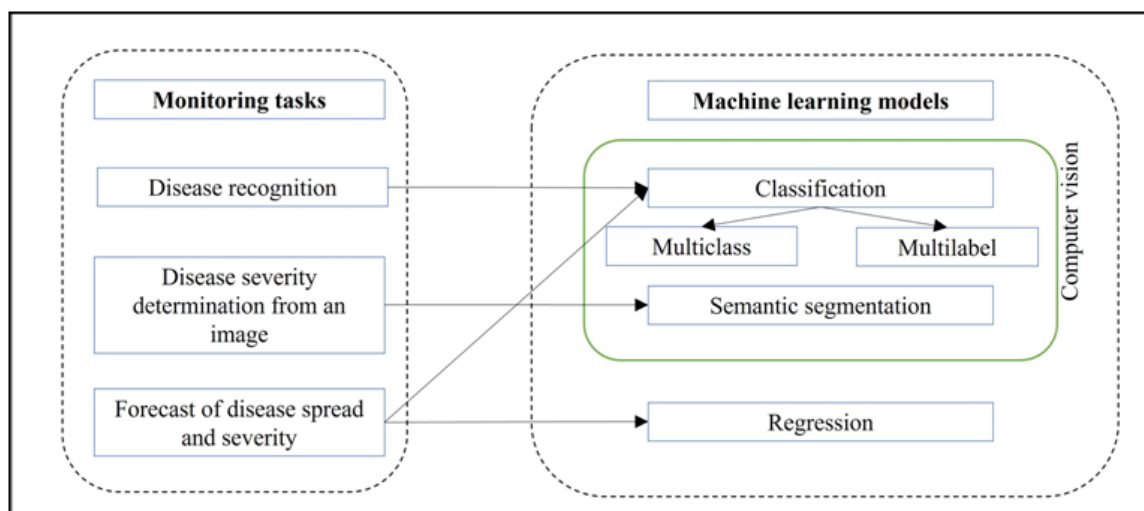


Fig. 1. Correspondence between monitoring tasks and machine learning tasks

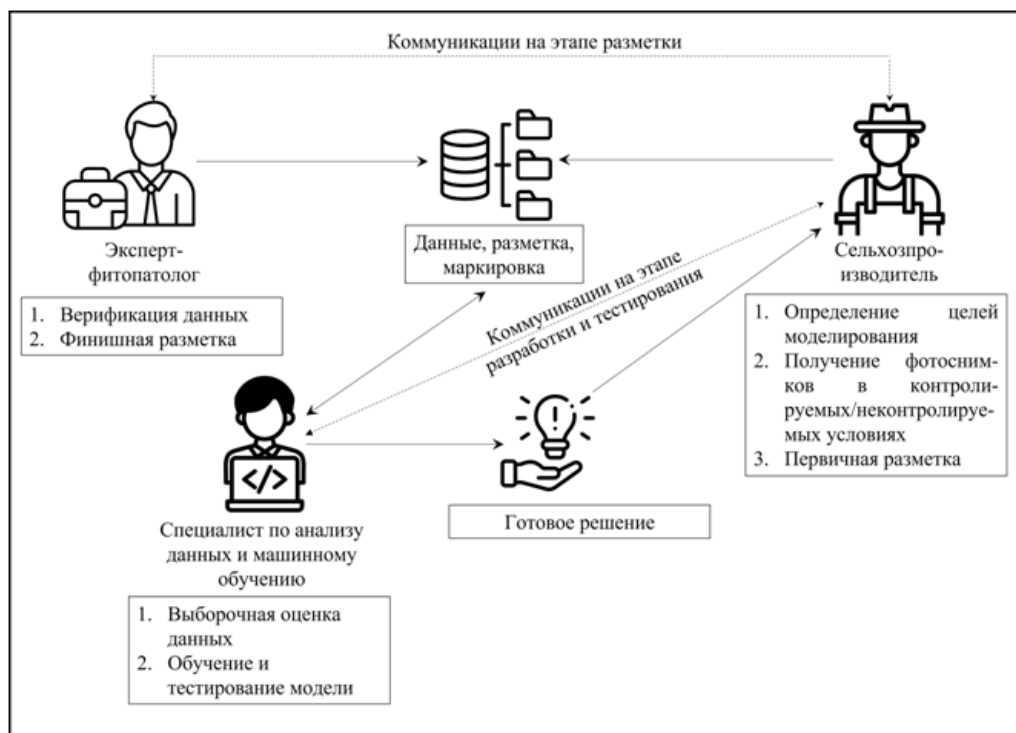


Рис. 2. Архитектура взаимодействия агентов обработки данных на индивидуальном уровне

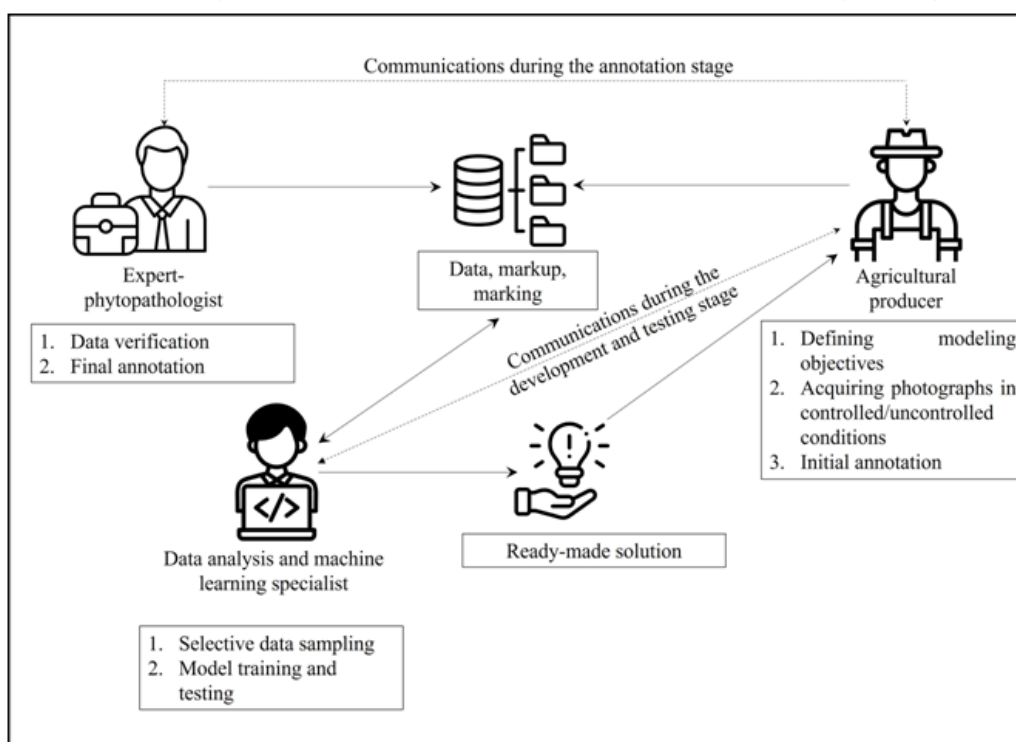


Fig. 2. Architecture of interaction between data processing agents at the individual level

также принимают участие в процессе наполнения базы, проводя выборочную оценку фотоснимков на ее соответствие поставленной цели и техническими регламентам.

Решения, разрабатываемые на индивидуальном уровне, имеют некоторые недостатки. Во-первых, такие системы часто ограничены недостаточным

объемом данных, что затрудняет полноценную аналитику и получение глубоких выводов о заболеваниях растений и их распространении. Во-вторых, индивидуальный уровень сбора данных ограничен территорией, где расположены посевы. Это может привести к упущению важных тенденций и паттернов заболеваний в других условиях и регионах.

На региональном уровне процесс мониторинга фокусируется на проблемах, связанных с опасными и вредоносными фитопатогенами, характерными для конкретной географической местности (области, края, республики). В данном случае информация должна предоставляться не только сельскохозяйственными организациями, но и специализированными учреждениями, такими как научно-исследовательские институты, учебные опытные хозяйства аграрных вузов, региональные центры фитосанитарного надзора и др., обладающими необходимыми производственными возможностями и экспертными знаниями, которые существенно влияют на качество и достоверность подготовленной информации.

Участие специализированных учреждений в сборе данных и комплектовании информационной базы значительно расширяет спектр источников данных и обеспечивает более высокую точность и полноту при региональном мониторинге и разработке моделей диагностики и прогнозирования заболеваний зерновых культур. Благодаря их производственным возможностям и экспертным знаниям мы можем получить более надежную и всестороннюю информацию о фитопатогенах, их распространении, а также разрабатывать более точные модели диагностики и прогнозирования.

Тесное взаимодействие между сельскохозяйственными организациями и специализированными учреждениями имеет большое значение для эффективного регионального мониторинга зернового

производства. Это позволяет объединить академические и практические знания, опыт и ресурсы для более точной и своевременной реакции на угрозы заболеваниям зерновых культур. Совместное участие в сборе данных и разработке моделей создает предпосылки реализации комплексной системы, способной эффективно бороться с вредоносными организмами, повысить качество и устойчивость зернового производства.

Архитектура взаимодействия стейкхолдеров в этих условиях должна быть организована другим способом. Для каждой зерновой культуры с актуальным для данного региона комплексом болезней формируется кластер, включающий как экспертные структуры, так и сельскохозяйственные организации. Внутри кластера определяется одна экспертная организация, обеспечивающая общее руководство процессом, включая планирование, контроль его выполнения, консультации других участников и коммуникации с сельхозпроизводителями по вопросам диагностики и разметки данных (рис. 3).

Из схемы ясно, что одна и та же организация может быть задействована в закладке опытов и наполнении выборок для нескольких зерновых культур и их болезней. Предложенное взаимодействие участников способствует достижению точной и полной картины для мониторинга заболеваний в данном регионе, создавая условия для разработки гибких моделей диагностики и прогнозирования заболеваний и обеспечивая своевременный и точный учет заболеваний в данном регионе и, при необхо-

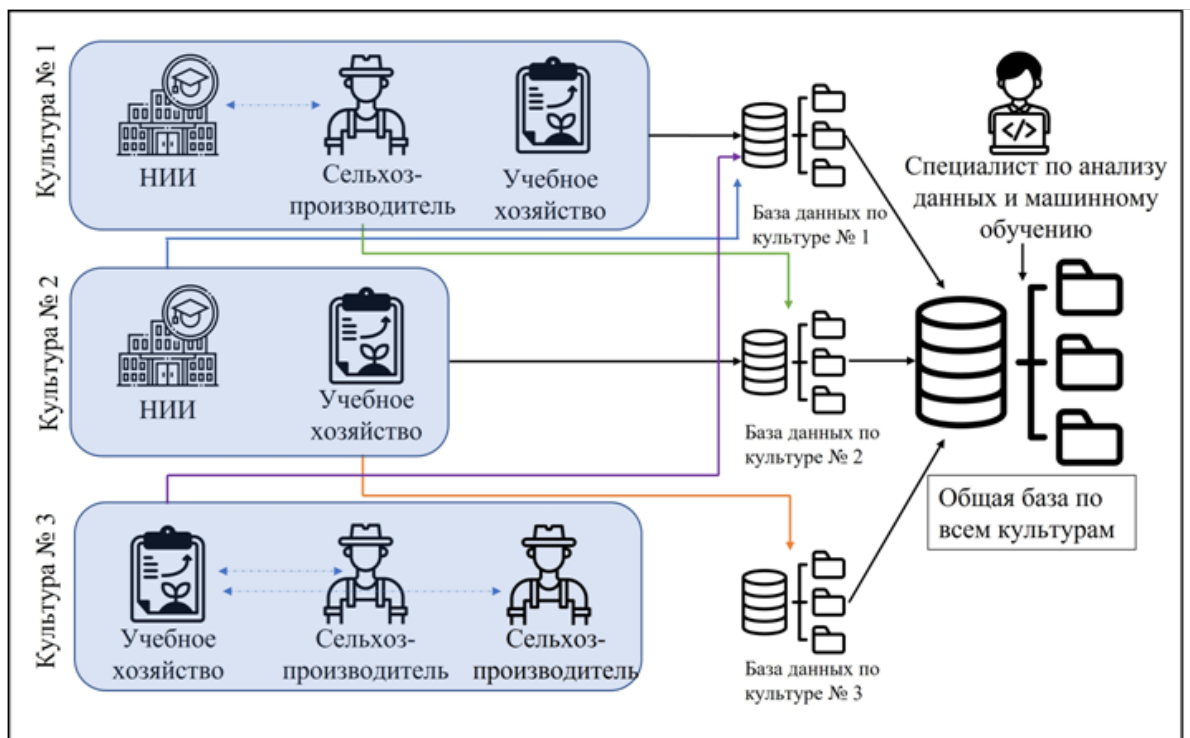


Рис. 3. Архитектура взаимодействия стейкхолдеров сбора данных регионального уровня

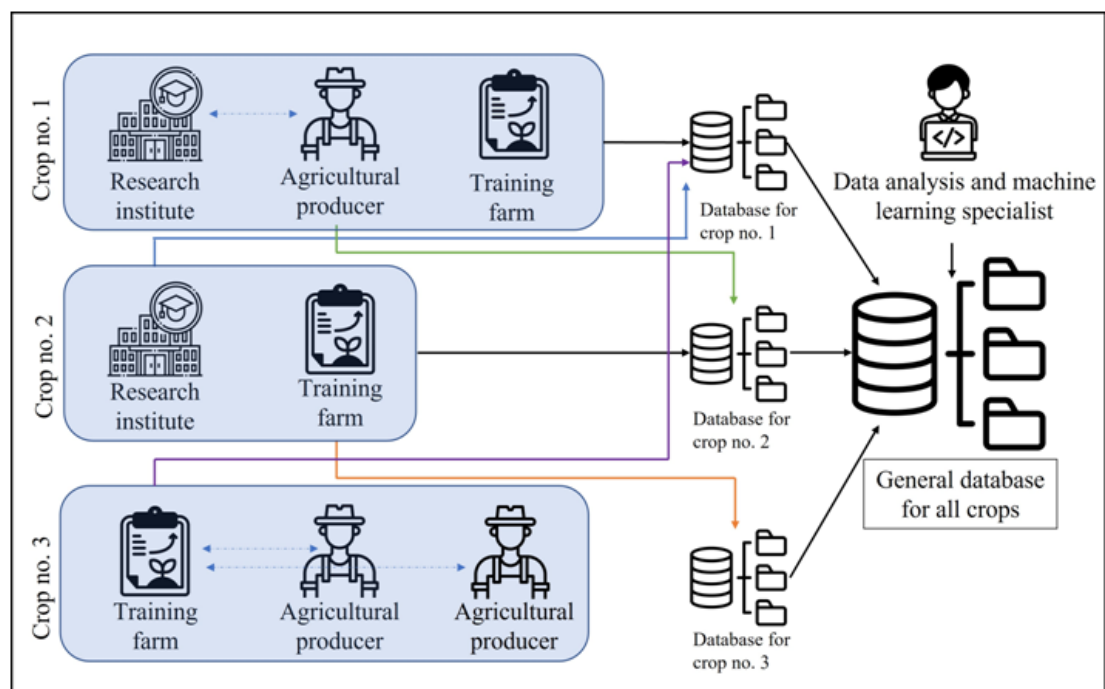


Fig. 3. Architecture of stakeholders' interaction in regional data collection

димости, оперативную реакцию на возможные эпидемии. При этом, несмотря на гибкость и адаптивность интеллектуальных систем, существует риск низкой масштабируемости региональных систем на другие географические области и даже смежные территории. Ограниченный доступ к ресурсам и экспертам, необходимый для создания точных и достоверных моделей и систем, также является дополнительным недостатком сбора данных на региональном уровне. Кроме того, важно учитывать вопросы конфиденциальности и необходимость защиты персональной информации о фермерах и сельскохозяйственных организациях, что представляет дополнительные сложности при сборе и использовании данных.

На национальном уровне данные собираются в масштабах всей страны. Для организации этой работы необходимо предусмотреть создание распределенной сети наблюдателей – специалистов зернового производства, включая сотрудников агрофирм и фермерских хозяйств, национальных организаций по изучению заболеваний растений, аграрных университетов, обладающих специализированными площадками для проведения соответствующих опытов и т. д. Логичным подходом в организации сбора информации на национальном уровне является распространение имеющегося опыта получения данных по принципу горизонтальной масштабируемости (рис. 4).

Горизонтальная масштабируемость предполагает расширение сети наблюдателей и участников процесса сбора данных на национальном уровне. Вовлечение дополнительных участников и организаций, таких как аграрные университеты, научные центры и фермерские хозяйства, способствует фор-

мированию полной и объективной картины состояния зернового производства в стране.

С помощью современных информационных технологий, таких как мобильные приложения и облачные хранилища данных, наблюдатели смогут систематически и эффективно передавать информацию о состоянии зернового производства, включая данные о фитопатогенах, климатических условиях, применяемых агротехниках и других факторах, влияющих на урожайность и качество зерна.

Организация централизованного хранения и обработки собранных данных в единой национальной базе открывает дополнительные возможности проведения анализа и мониторинга зернового производства на уровне всей страны, выявляя в нем тенденции и проблемные области.

Кроме того, горизонтальная масштабируемость способствует обмену опытом и передаче знаний между различными участниками сети. Фермеры и сотрудники аграрных университетов могут обмениваться в применении новых агротехник, лучших практик по борьбе с болезнями и другими аспектами зернового производства. Этот обмен опытом поможет улучшить знания и навыки всех участников, способствуя повышению уровня профессионализма и эффективности в отрасли.

Таким образом, создание распределенной сети наблюдателей и применение принципа горизонтальной масштабируемости в сборе данных на национальном уровне позволяет создать более комплексную и надежную систему мониторинга и прогнозирования зернового производства, повышая устойчивость отрасли, а также способствуя развитию сельского хозяйства в целом.

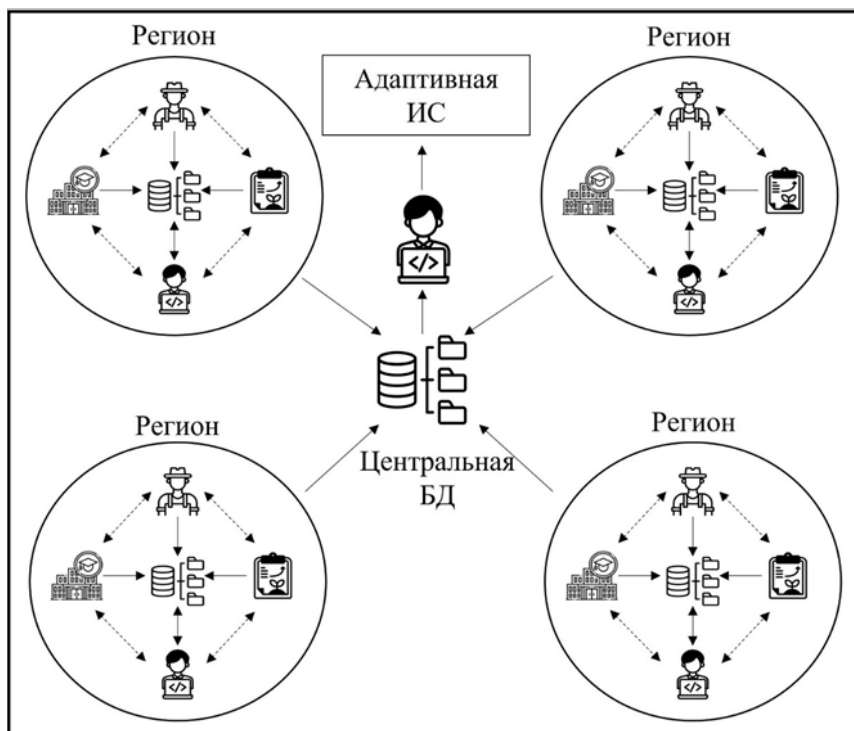


Рис. 4. Алгоритм горизонтальной масштабируемости участников национальной мониторинговой системы

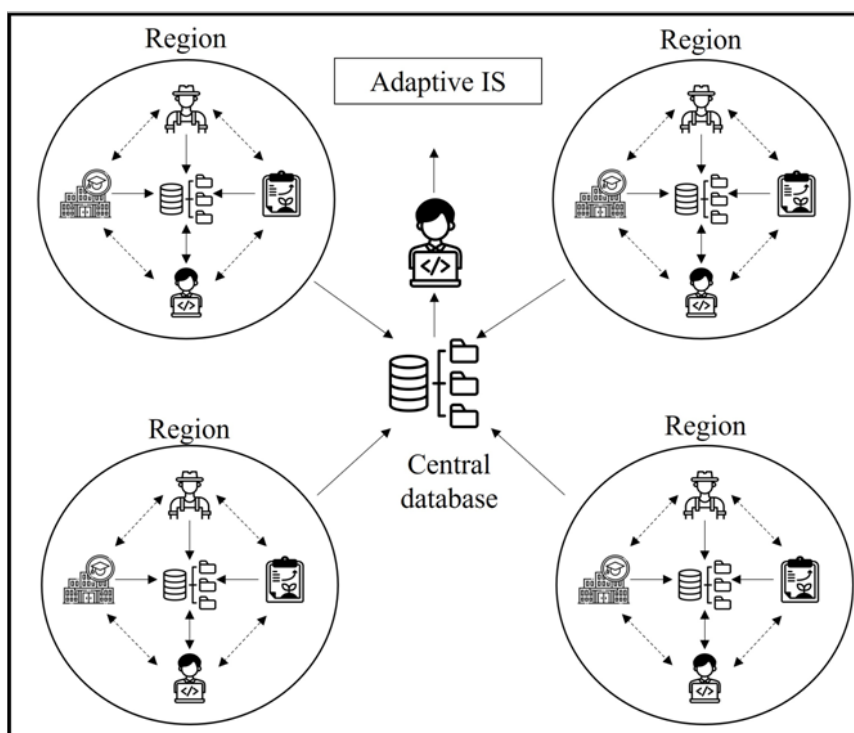


Fig. 4. The algorithm for horizontal scalability of participants in the national monitoring system

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В этой статье рассмотрены возможные подходы к организации мониторинга зернового поля в целях повышения эффективности его управлением. В настоящее время эта работа проводится в основном инициативно отдельными хозяйствующими субъектами. На уровне научно-исследовательских организаций опытным путем установлены методы выяв-

ления болезней растений, вызываемых различными патогенами, такими как бактерии, вирусы и грибы. Хотя многие методы уже доступны и относительно широко используются для выявления заболеваний растений, они сложны в эксплуатации, требуют высокой квалификации технических специалистов и отнимают много времени на анализ данных. Помимо этого, многие из данных методов не могут

обеспечить обнаружение в режиме реального времени, что делает их менее подходящими для систем раннего предупреждения, столь необходимых в организации эффективного управления зерновым полем. В связи с этим в статье продекларирована возможность использования технологий микроуровня в сочетании с задачами машинного обучения для формирования разноуровневой системы информационного обеспечения управлением зерновым производством.

При разработке и внедрении систем искусственного интеллекта в зерновом производстве существует несколько важных аспектов, которые следует учитывать при оптимизации производственных процессов.

Во-первых, необходимо разработать и настроить систему сбора данных, содержащую информацию о различных параметрах, влияющих на зерновое производство. Она включает в себя данные о климатических условиях, почвенном состоянии, использовании удобрений и пестицидов, а также о росте и развитии растений. Сбор таких данных может осуществляться с помощью датчиков, автоматических систем мониторинга и других информационных технологий.

Во-вторых, необходимо обработать и проанализировать собранные данные с использованием алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта. Это позволит выявить скрытые закономерности, связи и тенденции, которые могут быть полезны для оптимизации производственных процессов. Алгоритмы машинного обучения могут использоваться для прогнозирования урожайности, определения оптимальных условий выращивания, раннего выявления заболеваний и вредителей, а также для автоматизации контроля и управления процессами.

В-третьих, на основе интеллектуальных моделей могут быть реализованы системы поддержки принятия решений. Это позволит принимать информированные решения, связанные с выращиванием, удобрением, орошением, борьбой с вредителями и другими аспектами зернового производства. Такая система может предоставлять рекомендации по оптимальному использованию ресурсов, предупреждать о потенциальных проблемах и предлагать стратегии для повышения эффективности и качества производства.

Наконец, важно учесть человеческий фактор в процессе внедрения искусственного интеллекта в зерновое производство. Обучение персонала работе с новыми технологиями, обеспечение доступа к необходимым обучающим материалам и обратная связь между искусственными системами и операторами являются ключевыми аспектами успешной интеграции и оптимизации производственных процессов.

Для обеспечения эффективного мониторинга зернового производства и принятия на его основе научно обоснованных решений по управлению зерновым полем целесообразно инициировать создание единой национальной базы, куда должна стекаться информация с региональных хранилищ, что позволит обеспечить ее объединение для анализа и мониторинга, сформировав таким образом единый источник данных. Это позволит создать беспрецедентную масштабируемость интеллектуальных систем диагностики (как вертикальную, так и горизонтальную), отслеживать тенденции в заболеваниях в разных частях страны, выявлять проблемные области и принимать обоснованные решения на основе надежной и всесторонней разнообразной информации.

Естественно, организация такого процесса требует разработки методологии, включающей в себя стандарты, регламенты и методики сбора, хранения и обработки данных. Помимо прочего, должны быть предусмотрены меры безопасности и конфиденциальности для защиты информации от несанкционированного доступа. В целях эффективного использования информации важно обеспечить доступность данных для заинтересованных сторон.

В качестве концептуальных элементов методологии формирования базы данных целесообразно предложить:

- методику сбора, обработки и анализа, устанавливающую конкретные методы и процедуры для подготовки данных, обеспечивая единый подход для разных регионов;
- стандарты качества данных, описывающие их критерии (например, точность, полнота, своевременность и надежность), выполнение которых должно выступить гарантом точности и надежности поступающих в центральную базу данных для использования в моделировании;
- стандарты формата, устанавливающие, в каком виде должны быть представлены и организованы данные для обеспечения их единого формата в целях упрощения хранения, обработки и анализа;
- стандарты безопасности, направленные на защиту данных от несанкционированного доступа, изменения или уничтожения, обеспечивающие конфиденциальность и защиту от внешних угроз;
- стандарты доступности, представляющие собой правила и процедуры для обеспечения доступности данных для широкого круга пользователей, в том числе научных исследователей, разработчиков моделей и других заинтересованных сторон.

Наполнение национальной информационной базы, а также ее постоянное обновление требуют значительных усилий специалистов из разных областей. Для успешной работы необходимы налаженное взаимодействие и коммуникация между ними, наличие соответствующей информационной

инфраструктуры, обеспечивающей надежность, масштабируемость и безопасность, а также доступность и обмен информацией между заинтересованными сторонами, что важно для эффективного

мониторинга и принятия обоснованных решений по управлению зерновым производством на национальном уровне.

Библиографический список

1. Зюкин Д. А., Латышева З. И., Скрипкина Е. В., Лисицына Ю. В. Роль цифровизации в развитии зернопродуктового подкомплекса АПК // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (385). С. 94–98. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_1_94.
2. Скворцов Е. А. Перспективы применения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве региона // Экономика региона. 2020. Т. 16. Вып. 2. С. 563–576. DOI: 10.17059/2020-2-17.
3. Смирнов Е. Н., Лукьянов С. А. Формирование и развитие глобального рынка систем искусственного интеллекта // Экономика региона. 2019. Т. 15. Вып. 1. С. 57–69. DOI: 10.17059/2019-1-5.
4. Ариничев И. В., Сидоров В. А., Ариничева И. В. Интеллектуальные технологии фитосанитарной диагностики экосистем: нейросетевой подход // Труды КубГАУ. 2022. Вып. 99. С. 66–70.
5. Петухова М. С., Агафонова О. В. Теоретико-методологический фундамент цифровой трансформации сельского хозяйства России: базовые понятия и этапы // Аграрный вестник Урала. 2023. № 04 (233). С. 79–89. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-79-89.
6. Генералов И. Г., Губанова Е. В., Лосев А. Н. Цифровая трансформация зернового хозяйства региона // Вестник НГИЭИ. 2022. № 5 (132). С. 104–112. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-5-104-112.
7. Альт В. В., Исакова С. П., Балушкина Е. А. Выбор технологий в растениеводстве: подходы и методы, применяемые в информационных системах // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. № 1. С. 52–58.
8. Труфляк Е. В., Курченко Н. Ю., Креймер А. С. Точное земледелие: состояние и перспективы. Краснодар: КубГАУ, 2018. 27 с.
9. Янишевская Н. А., Болодурина И. П. Применение технологий компьютерного зрения для разработки модели распознавания поражения культурных растений // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2021. Т. 21. № 3. С. 5–13.
10. Brahimi M., Arsenovic M., Sladojevic S., Laraba S. Deep learning for plant diseases: detection and daliency map visualization // Human and Machine Learning / J. Vanderdonckt, Q. Vera Liao (eds.). 2018. Pp. 93–117.
11. Fuentes A., Soon Y. Robust deep-learning-based detector for real-time tomato plant diseases and pests recognition // Sensors. 2017. No. 17 (9). DOI: 10.3390/s17092022.
12. Zhang S., Huang W., Zhang C. Three-channel convolutional neural networks for vegetable leaf disease recognition // Cognitive Systems Research. 2019. Vol. 53. Pp. 31–41.
13. Uzhinskiy A. V., Ososkov G. A., Goncharov P. V., Nechaevskiy A. V., Smetanin A. A. One-shot learning with triplet loss for vegetation classification tasks // Computer Optics. 2021. No. 45 (4). Pp. 608–614.
14. Arinichev I. V., Polyanskikh S. V., Volkova G. V., Arinicheva I. V. Rice fungal diseases recognition using modern computer techniques // IJFIS. 2021. Vol. 21. No. 1. DOI: 10.5391/IJFIS.2021.21.1.1
15. Polyanskikh S. V., Arinicheva I. V., Arinichev I. V., Volkova G. V. Autoencoders for semantic segmentation of rice fungal diseases // Agronomy Research. 2021. Vol. 19. No. 2. Pp. 574–585.

Об авторах:

Игорь Владимирович Ариничев, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры теоретической экономики, ORCID 0000-0002-6670-329X, AuthorID 686243, +7 906 187-83-59, iarinichev@gmail.com
 Виктор Александрович Сидоров, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической экономики, ORCID 0000-0002-7876-3935, AuthorID 643550, +7 989 211-64-20, sidksu@mail.ru
 Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

References

1. Zyukin D. A., Latysheva Z. I., Skripkina E. V., Lisitsyna Yu. V. Rol' tsifrovizatsii v razvitii zernoproduktovogo podkompleksa APK [The role of digitalization in the development of the grain product subcomplex of the agro-industrial complex] // International Agricultural Journal. 2022. No. 1 (385). Pp. 94–98. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_1_94. (In Russian.)
2. Skvortsov E. A. Perspektivy primeneniya tekhnologiy iskusstvennogo intellekta v sel'skom khozyaystve regiona [Perspectives of artificial intelligence technology application in the agriculture of the region] // Economy of regions. 2020. Vol. 16. Iss. 2. Pp. 563–576. DOI: 10.17059/2020-2-17. (In Russian.)

3. Smirnov E. N., Luk'yanov S. A. Formirovanie i razvitie global'nogo rynka sistem iskusstvennogo intellekta [Formation and development of the global market for artificial intelligence systems] // *Economy of regions*. 2019. Vol. 15. Iss. 1. Pp. 57–69. DOI: 10.17059/2019-1-5. (In Russian.)
4. Arinichev I. V., Sidorov V. A., Arinicheva I. V. Intellektual'nye tekhnologii fitosanitarnoy diagnostiki ekosistem: neyrosetevoy podkhod [Intelligent technologies for phytosanitary diagnosis of ecosystems: a neural network approach] // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022. Vol. 99. Pp. 66–70. (In Russian.)
5. Petukhova M. S., Agafonova O. V. Teoretiko-metodologicheskii fundament tsifrovoy transformatsii sel'skogo khozyaystva Rossii: bazovye ponyatiya i etapy [Theoretical and methodological foundation of the digital transformation of agriculture in Russia: basic concepts and stages] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023. No. 04 (233). Pp. 79–89. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-79-89. (In Russian.)
6. Generalov I. G., Gubanova E. V., Losev A. N. Tsifrovaya transformatsiya zernovogo khozyaystva regiona [Digital transformation of the grain agriculture in the region] // *Bulletin NGIEI*. 2022. No. 5 (132). Pp. 104–112. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-5-104-112. (In Russian.)
7. Al't V. V., Isakova S. P., Balushkina E. A. Vybor tekhnologiy v rastenievodstve: podkhody i metody, primenyaemye v informatsionnykh sistemakh [Technology selection in crop production: approaches and methods used in information systems] // *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2020. No. 1. Pp. 52–58. (In Russian.)
8. Truflyak E. V., Kurchenko N. Yu., Kreymer A. S. Tochnoe zemledelie: sostoyanie i perspektivy [Precision agriculture: state and prospects]. Krasnodar: KubGAU, 2018. 27 p. (In Russian.)
9. Yanishevskaya N. A., Bolodurina I. P. Primenenie tekhnologiy komp'yuternogo zreniya dlya razrabotki modeli raspoznavaniya porazheniya kul'turnykh rasteniy [Application of computer vision technologies for developing a model for plant disease recognition] // *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika*. 2021. Vol. 21. No. 3. Pp. 5–13. (In Russian.)
10. Brahimi M., Arsenovic M., Sladojevic S., Laraba S. Deep learning for plant diseases: detection and daliency map visualization // *Human and Machine Learning / J. Vanderdonckt, Q. Vera Liao (eds.)*. 2018. Pp. 93–117.
11. Fuentes A., Soon Y. Robust deep-learning-based detector for real-time tomato plant diseases and pests recognition // *Sensors*. 2017. No. 17 (9). DOI: 10.3390/s17092022.
12. Zhang S., Huang W., Zhang C. Three-channel convolutional neural networks for vegetable leaf disease recognition // *Cognitive Systems Research*. 2019. Vol. 53. Pp. 31–41.
13. Uzhinskiy A. V., Ososkov G. A., Goncharov P. V., Nechaevskiy A. V., Smetanin A. A. One-shot learning with triplet loss for vegetation classification tasks // *Computer Optics*. 2021. No. 45 (4). Pp. 608–614.
14. Arinichev I. V., Polyanskikh S. V., Volkova G. V., Arinicheva I.V. Rice fungal diseases recognition using modern computer techniques // *IJFIS*. 2021. Vol. 21. No. 1. DOI: 10.5391/IJFIS.2021.21.1.1
15. Polyanskikh S. V., Arinicheva I. V., Arinichev I. V., Volkova G. V. Autoencoders for semantic segmentation of rice fungal diseases // *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19. No. 2. Pp. 574–585.

Authors' information:

Igor V. Arinichev, candidate of economic sciences, associate professor of theoretical economy department, ORCID 0000-0002-6670-329X, AuthorID 686243; +7 906 187-83-59, iarinichev@gmail.com

Viktor A. Sidorov, doctor of economic sciences, professor, head of theoretical economy department, ORCID 0000-0002-7876-3935, AuthorID 643550; +7 989 211-64-20, sidksu@mail.ru

Kuban State University, Krasnodar, Russia