

ЭЛЕКТРОННОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, ОСНОВАННОЕ НА ИСКУССТВЕННОМ ИНТЕЛЛЕКТЕ И ИНТЕРНЕТЕ ВЕЩЕЙ

E-AGRICULTURE BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE INTERNET OF THINGS

V. Cherepenin
V. Serkezyuk
S. Vorobyov

Summary. This study thoroughly examines the foundational elements of Internet of Things (IoT) technology, with a focus on analyzing the potential economic benefits that can be achieved through its implementation in the agricultural sector. Modern agriculture faces the necessity of maximizing production efficiency and optimal use of available resources, and IoT offers unique opportunities to achieve these goals. Technologies based on the concept of the Internet of Things provide farmers with forward-looking solutions that contribute to a significant increase in production volumes and improvement in the quality of agricultural products. The integration of IoT into the agro-industrial complex signifies the creation of a network of interconnected devices and systems that automate the collection and analysis of data about soil conditions, weather conditions, crop health, and animal health. Thanks to this, farmers can timely make informed decisions about managing agricultural processes, such as irrigation, fertilization, pest and disease control, which directly contributes to increased yield and reduced operational costs.

Keywords: agriculture, Internet of things, smart technologies, agriculture, devices, sensors, smart agriculture.

Черепенин Валентин Анатольевич

Аспирант, Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова (Новочеркасск)
cherept2@gmail.com

Серкезюк Виктор Русланович

Аспирант, Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова (Новочеркасск)
jakxid@gmail.com

Воробьев Сергей Петрович

Доцент, Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова (Новочеркасск)
vsp1999@yandex.ru

Аннотация. В данном исследовании подробно исследуются основополагающие элементы технологии Интернета вещей, с акцентом на анализ потенциальных экономических выгод, которые могут быть реализованы благодаря её внедрению в аграрный сектор. Современное сельское хозяйство стоит перед необходимостью максимизации производственной эффективности и оптимального использования доступных ресурсов, при этом Интернет вещей предоставляет уникальные возможности для достижения этих целей. Технологии, базирующиеся на концепции Интернета вещей, предлагают аграриям перспективные решения, способствующие значительному увеличению производственных объемов и улучшению качества агропродукции. Интеграция Интернета вещей в агропромышленный комплекс означает создание сети взаимосвязанных устройств и систем, автоматизирующих сбор и анализ данных о почве, погодных условиях, состоянии культур и здоровье животных. Благодаря этому, фермеры могут своевременно принимать взвешенные решения по управлению процессами в сельском хозяйстве, такие как полив, внесение удобрений, борьба с вредителями и заболеваниями, что напрямую содействует увеличению урожайности и снижению операционных расходов.

Ключевые слова: сельское хозяйство, Интернет вещей, умные технологии, земледелие, аппараты, датчики, умное сельское хозяйство.

Введение

В эпоху цифровизации сельское хозяйство сталкивается с рядом вызовов, требующих инновационных решений. Интеграция искусственного интеллекта (далее ИИ) и Интернета вещей (далее IoT) открывает новые возможности для повышения эффективности и устойчивости аграрного сектора. Настоящее исследование посвящено анализу потенциала электронного сельского хозяйства, основанного на применении ИИ и IoT, для решения актуальных проблем агроиндустриального комплекса.

Для преодоления глобальных проблем, связанных с предстоящим ростом населения планеты, необходима радикальная трансформация подходов к аграрной деятельности. Прогнозы указывают на то, что в ближайшие три десятилетия потребность в продовольствии возрастет на 70 %, однако уменьшение площади плодородных земель, изменение климатических условий и рост цен на энергоресурсы становятся значительными барьерами для удовлетворения этого спроса. В этих условиях ключевую роль начинает играть концепт умного агрохозяйства, который открывает возможности для увеличения производительности сельскохозяйственных культур и минимизации затрат.

В современном сельском хозяйстве активно исследуются и внедряются технологии ИИ и *IoT*, что открывает новые горизонты для повышения урожайности, оптимизации использования ресурсов и автоматизации процессов. Обзор литературы показывает, что ИИ способствует разработке прогнозных моделей для анализа климатических данных, в то время как *IoT* обеспечивает сбор и обработку реальных данных с поля, облегчая мониторинг и управление сельскохозяйственными операциями. Эти технологии вместе способствуют созданию умного сельского хозяйства, где принятие решений основывается на точных данных, что повышает эффективность и устойчивость аграрной отрасли.

Исследование основано на комбинации качественных и количественных методов. Был проведен анализ научной литературы и кейсов внедрения ИИ и *IoT* в сельском хозяйстве. Дополнительно, использовались данные опросов и интервью с аграриями, уже применяющими данные технологии. Анализ данных осуществлялся с помощью статистического программного обеспечения, что позволило оценить эффективность и выявить основные тенденции использования ИИ и *IoT* в аграрной сфере.

Интеллектуальное сельское хозяйство

Умное агрохозяйство, интегрирующее технологии ИИ, периферийных вычислений (*Edge Computing*) и *IoT*, представляет собой инновационную модель для достижения устойчивого развития в аграрной сфере [1]. Эта модель включает в себя использование *IoT*-приложений, современных аналитических методов и передовых вычислительных технологий для оптимизации аграрного процесса, предотвращения заболеваний растений и почвы, что способствует повышению урожайности и прибыльности [2]. Изложение охватывает аспекты, такие как интеллектуальные методы орошения, прецизионное садоводство, применение *IoT* в теплицах, управление животноводством, создание экосистемы *IoT* для аграрного сектора, использование мобильных роботов для прецизионного земледелия, мониторинг потребления энергии, управление складскими запасами и развитие умного земледелия. Особое внимание в материале уделяется поддержанию устойчивости окружающей среды и способствованию устойчивому экономическому развитию через применение инновационных агротехнологий [3].

Аграрный сектор в скором времени столкнется с значительными вызовами в связи с необходимостью обеспечить продовольствием предполагаемое население Земли в размере 9,6 миллиардов человек к 2050 году. Для удовлетворения этой потребности объем производства продовольствия должен возрасти на 70 %, в условиях ограниченного количества обрабатываемых земель, высокого спроса на пресную воду (аграрный сектор использует около 70 % мировых ресурсов пресной воды)

и воздействия других, менее предсказуемых факторов, включая климатические изменения [4].

В ответ на существующие вызовы аграрной отрасли, интеграция технологий интеллектуального сельского хозяйства открывает перспективы для преобразования традиционных ферм в высокоэффективные, взаимосвязанные экосистемы с использованием принципов «Умного фермерства». Этот подход вносит инновации в повышение уровня урожайности и качества агропродукции, обеспечивая глубокую информированность и гибкость в управлении сельскохозяйственными операциями в соответствии с динамикой окружающей среды.

Аграрные предприятия аккумулируют массивы данных, касающихся урожайности, состояния почв, использования удобрений, погодных условий, работы оборудования и здоровья скота. Применение интеллектуальных датчиков уже позволяет в реальном времени отслеживать состояние здоровья животных, предупреждая о возможных проблемах заблаговременно [5].

Основные параметры, отслеживаемые при мониторинге состояния животных, включают измерение температуры тела, уровня активности, частоты пульса, а также местоположение с использованием *GPS*-технологий. На основе предварительно заданных критериев могут генерироваться уведомления для фермеров, что позволяет своевременно реагировать на изменения состояния животных.

Реально доступная информация о циклах выращивания урожая, включая данные о посадке и урожайности, предоставляет аграрным компаниям уникальную возможность с высокой точностью оценивать стоимость фермерских активов и получать глубокое понимание рыночных тенденций.

IoT оказывает значительное влияние на современный мир, облегчая развитие интеллектуального транспорта и умных городов. Однако внедрение *IoT* в аграрный сектор может принести революционные изменения, предлагая новые горизонты для повышения эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства.

Интеллектуальное фермерство, основанное на технологиях *IoT*, позволит фермерам сократить отходы и повысить производительность, начиная от количества используемых удобрений и заканчивая количеством поездок, совершенных сельскохозяйственными машинами.

IoT-платформы

В настоящее время рынок пополняется компаниями, предлагающими инновационные решения в сфере *IoT*,

в частности, специализированное программное обеспечение для эффективной обработки данных, собираемых с датчиков. Эксперты уверены, что перспективы развития умного агрохозяйства неразрывно связаны с платформами *IoT*, где ключевую роль играют профессионалы, квалифицированные для анализа данных и принятия стратегически обоснованных решений по оптимизации аграрных процессов [6].

На Рис. 1 представлена схема *IoT*-платформы. Умные приборы используют технологии *LoRa* и *NB-IoT* для передачи данных на сетевой сервер через протоколы *UDP* и базовую станцию оператора связи соответственно. Сервер обрабатывает данные, используя процессор, базу данных и протокол *MQTT* для обмена сообщениями. Информация интегрируется с *IoT*-платформами, такими как *Huawei OceanConnect*, *ThingWorx* и *Nokia Impact*, предоставляя внешние интерфейсы через *REST API*. Конечные пользователи могут взаимодействовать с системой через пользовательские внешние приложения и систему биллинга, которая визуализирует данные для анализа и отчетности.

Среди ведущих отечественных игроков, предоставляющих аграрным предприятиям комплексные *IoT*-решения с уникальным программным обеспечением, стоит отметить *Rigtech* и *kSense*.

Компания *Rigtech* разработала уникальную платформу *Rigtech IoT Cloud*, основываясь на новейших технологических достижениях и эксклюзивных запатентованных решениях. Отличительной особенностью платформы

является её способность выдерживать международную конкуренцию, опережая аналоги благодаря превосходным характеристикам обработки данных в больших объемах. Это обеспечивает беспрецедентную эффективность в реализации комплексных проектов, направленных на автоматизацию и применение *IoT*, сохраняя при этом высокую скорость обработки и общую производительность системы.

Платформа *kSense* предлагает глубокую интеграцию с разнообразными источниками данных, от базовых датчиков до высокопроизводительных вычислительных устройств. За основу её создания легли 25 лет опыта в сфере сложного статистического анализа и инновационных разработок компании. *kSense* обладает уникальной способностью к эффективному взаимодействию с широким спектром промышленных технологий, поддерживая различные коммуникационные стандарты и интерфейсы. Особенностью платформы является её автономность: для её функционирования не требуется вмешательство программистов или технических специалистов благодаря возможностям самонастройки и адаптации к меняющимся условиям среды, что достигается за счет использования алгоритмов искусственного интеллекта и предиктивной аналитики.

Применение *IoT*-платформ *Rigtech* и *kSense* открывает новые горизонты для автоматизации в аграрном секторе, включая комплексный мониторинг транспортных средств и сельскохозяйственной техники. Фермеры обретают возможность в режиме реального времени отслеживать параметры работы своего транспорта,

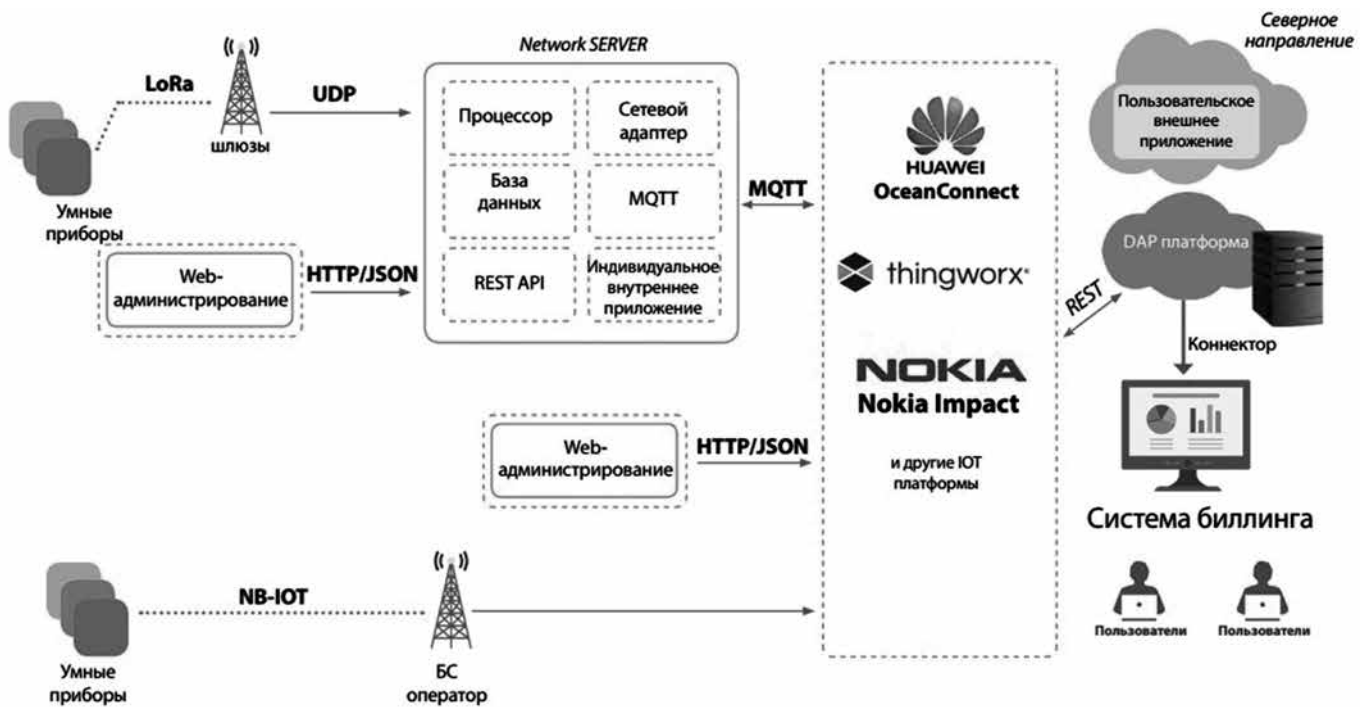


Рис. 1. Схема *IoT*-платформы

включая скорость передвижения, потребление топлива, а также часы работы операторов, что способствует оптимизации процессов управления и повышению эффективности использования ресурсов.

Автоматизация процессов хранения и обработки сельскохозяйственной продукции открывает перед фермерами возможности для оптимизации расходов на рабочую силу и улучшения условий сохранности урожая. Благодаря современным технологиям, аграрии имеют возможность круглосуточного мониторинга и регулирования климатических условий в хранилищах, таких как температура, влажность, концентрация углекислого газа, а также ведения учета запасов продукции.

Прецизионное земледелие предоставляет инструменты для мгновенного мониторинга ключевых параметров агрокультур. Специализированное программное обеспечение дает возможность точно оценить влажность почвы, уровень ее минерализации, освещенность растений, а также планировать ирригационные мероприятия и график сбора урожая, представляя всю необходимую информацию на интерактивной карте.

В сфере животноводства автоматизация позволяет фермерам вести непрерывный контроль за состоянием своего хозяйства, отслеживая перемещения скота, мониторя состояние здоровья беременных и больных животных, оптимизируя процессы кормления и дойки. Такой подход обеспечивает более высокую производительность и благополучие животных, способствуя эффективному управлению ресурсами фермы.

Точное земледелие и умное сельское хозяйство

Прецизионное земледелие трансформирует аграрную отрасль, делая процессы выращивания культур и животноводства значительно более управляемыми и измеримыми. Этот современный подход к фермерству активно интегрирует информационные технологии и компоненты *IoT*, включая сенсоры, управленческие системы, роботизированное оборудование, беспилотные транспортные средства и автоматизированные системы, а также технологии с адаптивным регулированием скорости [7].

В рамках глобального аграрного сектора, прецизионное земледелие выделяется как одно из ключевых направлений применения *IoT*, получая широкое распространение и признание по всему миру. Инновационные продукты и услуги в области прецизионного земледелия, такие как датчики для мониторинга влажности почвы, системы для оптимизации орошения с переменной скоростью подачи воды, способствуют увеличению рентабельности земледелия. Они не только повышают урожайность и оптимизируют потребление водных ресур-

сов, но и предоставляют комплексную агрономическую поддержку, обеспечивая рекомендации для максимально эффективного использования доступных ресурсов.

Сельскохозяйственные беспилотные летательные аппараты

В настоящее время аграрный сектор активно интегрирует беспилотные аппараты как ключевой элемент умного агрохозяйства, применяя их для совершенствования разнообразных агротехнологических процессов. Использование как наземных, так и летающих дронов открывает новые возможности для детальной диагностики состояния посевов, эффективного управления ирригацией, точного мониторинга участков, оптимизации процессов внесения удобрений, посадки семян и комплексного анализа состояния почвы.

Ключевые преимущества применения дронов в аграрной отрасли включают точное картографирование сельскохозяйственных угодий, упрощенный доступ к информации о здоровье растений, значительное сокращение временных затрат на обследование полей, а также потенциал для значительного повышения продуктивности сельскохозяйственного производства. Эффективный сбор и анализ данных с дронов в реальном времени позволяют осуществлять стратегическое планирование и оперативное управление, направленное на технологическое обновление и усовершенствование агропромышленного сектора [8].

Данные, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов, предоставляют ценную информацию о таких параметрах, как здоровье и плотность растительности, прогноз урожайности, высота растений, анализ влагообеспеченности полей, составление карт потенциальных дренажных систем, мониторинг сорнякового давления, а также содержание хлорофилла и азота в культурах. Мультиспектральные, тепловые и визуальные снимки, собранные дронами в процессе полета, после посадки позволяют провести всесторонний анализ состояния агроэкосистем для принятия обоснованных решений по управлению земледелием.

Мониторинг домашнего скота

Владельцы крупных агрохозяйств ныне имеют возможность значительно повысить эффективность управления своими поголовьями с помощью инновационных беспроводных решений в сфере *IoT*. Эти технологии предоставляют возможность дистанционно собирать и анализировать данные о расположении, общем состоянии и здоровье животных, что облегчает раннее выявление и изоляцию особей, показывающих признаки заболевания. Такой подход не только способствует предотвращению распространения инфекций внутри стада, но и вно-

сит существенный вклад в сокращение ручного труда. Благодаря IoT-датчикам, установленным на животных, фермеры могут точно и без лишних усилий отслеживать перемещения каждой особи, оптимизируя тем самым процессы ухода и обеспечения безопасности стада.

Использование подобных технологий преобразует традиционные методы ведения животноводства, делая их более цифровизированными и ориентированными на данные. Это позволяет аграриям не только улучшить условия содержания животных, но и повысить общую продуктивность и рентабельность своих хозяйств. Кроме того, сбор и анализ информации в режиме реального времени дает фермерам ключевые инсайты для принятия обоснованных решений, например, по оптимизации кормления, планированию разведения и прогнозированию урожайности молока или мяса [9].

Умные теплицы

Тепличное хозяйство представляет собой передовую методику, направленную на увеличение производительности выращивания овощей, фруктов и других агрокультур. Традиционно, регулирование условий внутри теплицы осуществляется либо вручную, либо через системы пропорционального управления, что часто приводит к избыточным затратам энергии, увеличению трудозатрат и потерям в производственном процессе. Внедрение концепции умной теплицы на основе IoT позволяет перейти к автоматизированному и точному контролю климатических условий, минимизируя необходимость в ручном управлении [10].

Использование IoT-датчиков в теплицах предоставляет ценные данные об освещенности, давлении, влажности и температуре окружающей среды. Эта информация используется для автоматического управления различными системами: от регулирования вентиляции за счет открытия или закрытия окон до контроля за освещением, обогревом и системами орошения, причем все операции могут осуществляться удаленно посредством Wi-Fi сигналов. Такая автоматизация позволяет не только оптимизировать условия для роста растений, но и значительно снижает затраты на электроэнергию и уменьшает объем необходимого физического труда.

IoT-платформы в сельском хозяйстве

Перспективы умного агрохозяйства тесно связаны с развитием и внедрением платформ IoT, которые предоставляют аграриям возможность принятия обоснованных решений, направленных на улучшение и инновацию в сельском хозяйстве. Интеллектуальные сельскохозяйственные приложения, нарастающие мощностью, предлагают революционные возможности для непрерывного мониторинга состояния почв, роста сельскохозяйственных

культур, эффективности работы агротехники, условий хранения урожая, поведения животных, а также уровней энергопотребления.

Синтезируя в единое целое разнообразные датчики, подключенные устройства и аграрные объекты, IoT-платформы способствуют созданию сложных интеллектуальных систем управления агрохозяйством. Они предоставляют уникальную возможность для гибкой настройки архитектуры систем в соответствии с индивидуальными потребностями предприятий. Это ключевое преимущество открывает широкие перспективы для агрокомпаний, стремящихся к расширению своих IoT-экосистем и последующему интегрированию инновационных решений в области умного сельского хозяйства.

Заключение

В современном мире аграрный сектор сталкивается с серьезным вызовом: ограниченностью доступных ресурсов для расширения сельскохозяйственных площадей. Большая часть земель, пригодных для агрокультур, уже находится в эксплуатации, что делает задачу увеличения производственных объемов особенно актуальной. В этом контексте ключевую роль начинает играть не расширение земельных ресурсов, а повышение эффективности их использования. Именно здесь умное сельское хозяйство открывает новые горизонты, предлагая передовые решения для оптимизации сельскохозяйственного производства.

Умное сельское хозяйство включает в себя применение инновационных технологий и методик, таких как IoT, прецизионное земледелие, автоматизированные системы управления, которые способны существенно повысить урожайность и качество продукции без необходимости расширения земельных площадей.

Эти технологии обеспечивают более точное и рациональное использование водных, земельных ресурсов и удобрений, а также позволяют осуществлять мониторинг состояния посевов и здоровья животных в реальном времени, минимизируя потери и предотвращая распространение заболеваний.

Внедрение умных агротехнологий способствует не только улучшению экологической ситуации за счет сокращения излишнего использования химических средств защиты и оптимизации ресурсопотребления, но и повышению экономической эффективности фермерских хозяйств. Это достигается за счет снижения затрат на производство, увеличения производительности труда и повышения качества получаемой продукции.

Таким образом, умное сельское хозяйство открывает новые возможности для аграрного сектора, предлагая

решения, которые помогут преодолеть существующие ограничения и обеспечить устойчивое развитие агропромышленного производства в будущем. Это не толь-

ко путь к повышению производительности, но и к созданию более экологичного и экономически выгодного сельского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздева О.В. Применение «умного землепользования» в России и зарубежных странах / О.В. Гвоздева, Ю.С. Сеница, Е.Ю. Колбнева // Московский экономический журнал. 2020. № 10. URL: cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-umnogo-zemlepolzovaniya-v-rossii-i-zarubezhnyh-stranah Chiang M., Balasubramanian B., Bonomi F. Fog for 5G and IoT. Wiley, 2017. 305 pp. URL: books.google.ru/books?id=IWWODgAAQBAJ&hl=ru
2. Лиля В.Б. Алгоритм и программная реализация адаптивного метода обучения искусственных нейронных сетей // Инженерный вестник Дона. 2012. № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/626
3. Рассказова А.А. К вопросу о системе показателей эффективности сельскохозяйственного землепользования / А.А. Рассказова, Р.В. Жданова // Московский экономический журнал. 2017. № 4. URL: qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-4-2017-103/?print=print
4. Vychkova S.M., Zhidkova E.A., Andreeva O.O. Innovative controlling technologies. Food Processing: Techniques and Technology. 2019. № 49. URL: fptt.ru/en/issues/1988/2581/?ysclid=lpqx6ilrmk307796095
5. Mishra P.K. RFID in underground-mining service applications / P.K. Mishra, R.F. Stewart, M. Bolic, M.C.E. Yagoub // IEEE Pervasive Comput. 2014. № 1. URL: researchgate.net/publication/260526816_RFID_in_Underground-Mining_Service_Applications
6. Ordóñez F.J., Roggen D. Deep convolutional and LSTM recurrent neural networks for multimodal wearable activity recognition // Sensors. 2016. № 1. p. 115. URL: mdpi.com/1424-8220/16/1/115
7. Прощаева А.А., Синелобова С.В. Обзор программного обеспечения для построения распределенных веб-систем // Инженерный вестник Дона, 2017, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4597
8. Mabrouk I.B., Talbi L., Nedil M. Performance evaluation of a MIMO system in underground mine gallery. IEEE Antennas Wireless Propag. Lett. 2012. № 11. URL: durham-repository.worktribe.com/output/1171224/performance-evaluation-of-a-mimo-system-in-underground-mine-gallery
9. Alexandratos N., Bruinsma J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Rome: Food and Agriculture Organization. 2012. URL: fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf
10. Пучков Е.В. Сравнительный анализ алгоритмов обучения искусственной нейронной сети // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2135

© Черепенин Валентин Анатольевич (cherept2@gmail.com); Серкезюк Виктор Русланович (jakxid@gmail.com);
Воробьев Сергей Петрович (vsp1999@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»