

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРСПЕКТИВА ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА****Сильванович Валерий Иванович, к.э.н., доцент****Гродненский государственный университет имени Янки Купалы**

Silvanovich Valery Ivanovich, PhD in Economics,

Yanka Kupala State University of Grodno, silvanv@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые аспекты технологического прогресса в цифровом сельском хозяйстве. Приемы, базирующиеся на искусственном интеллекте, и анализ больших массивов данных способны существенно повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: аграрный сектор экономики, сельское хозяйство, цифровизация, информационно-коммуникационные технологии, дистанционное зондирование, роботизированные системы.

Цифровая революция трансформирует аграрный сектор экономики посредством применения прогрессивных техники и оборудования, компьютерного инструментария и информационно-коммуникационных технологий для улучшения процесса принятия решений и роста эффективности сельскохозяйственного производства. Диффузия ряда высоких технологий в сельском хозяйстве, таких как, к примеру, GPS, дистанционное зондирование, большие массивы данных, искусственный интеллект, машинное обучение, робототехника и интернет вещей, ведет к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных, снижению затрат на производство, уменьшению его негативного воздействия на окружающую среду. Решения на основе данных способствуют реализации производственного потенциала аграрных предприятий устойчивым и ресурсоэффективным способом.

Важно отметить, что системы управления точным земледелием позволяют сельскохозяйственным производителям извлекать выгоды из сбора, обработки и применения потока данных. Данные системы собирают, классифицируют и анализируют огромный массив данных с целью выявления закономерностей производства и принятия оптимальных управленческих решений. Они позволяют аграрным производителям управлять вариативностью собственных производственных систем, адаптируя ресурсы для получения запланированных результатов. Тракторы с GPS-управлением могут функционировать круглосуточно: вспахивать почву, сеять и собирать урожай, параллельно собирая данные с географической привязкой «на ходу». Эти беспилотные транспортные средства могут выполнять точные операции с помощью GPS, географических информационных систем и технологии переменного или дифференцированного внесения удобрений и других материалов.

Следует также указать, что метеостанции предоставляют разнообразные данные о климатических условиях для сельского хозяйства. Эти данные поступают в пул больших массивов данных и способствуют принятию управленческих решений, касающихся, в частности, орошения на базе определения потребности растений в воде и точного прогноза сроков сбора урожая. Дистанционное и проксимальное зондирование применяется для сбора данных о почве и сельскохозяйственных культурах посредством гиперспектральных, мультиспектральных и тепловизионных сенсоров или камер. Беспилотные летательные аппараты сельскохозяйственного назначения потенциально могут использоваться для анализа и проектирования трехмерных моделей полей, сбора данных и

мониторинга роста сельскохозяйственных культур, а также в приложениях для опрыскивания или посадки [1]. Данные аппараты предоставляют перманентно обновляемые высококачественные данные для формирования представления о жизненном цикле сельскохозяйственных культур; выявления неэффективных методов отслеживания изменений в состоянии их здоровья и зрелости; определения участков поля, испытывающих так называемый «водный стресс». Беспилотные летательные аппараты также хорошо зарекомендовали себя для опрыскивания сельскохозяйственных культур, поскольку они могут вносить удобрения, гербициды и пестициды быстрее, точнее и с большей эффективностью. Наконец, в настоящее время разрабатываются системы посадки семян с помощью беспилотных летательных аппаратов, использующих сжатый воздух для запуска семенного материала непосредственно в почву.

Важно, что в странах с высокими информационно-коммуникационными технологиями цифровизация позволяет аграрным производителям удаленно контролировать свои фермы и более эффективно управлять сельскохозяйственной активностью. В ближайшем будущем интернет вещей позволит автоматически взаимодействовать в режиме реального времени, контролировать и принимать управленческие решения, так как сельскохозяйственные сенсоры, актуаторы и девайсы будут интегрированы друг с другом. Как результат, минимизируются усилия человека и временные затраты, и повысятся урожайность и прибыль [2]. Наряду с этим в технологически развитых странах получили распространение облачные платформы управления фермами, такие как Smart Farm (Умная ферма), относящаяся к менеджменту сельхозугодий с применением высоких информационных технологий; AGRIVI, которая ориентирована на управление сельскохозяйственными данными, поступающими из нескольких источников, и бизнес-процессами, и включающая в себя системы поддержки принятия решений. Это позволяет всем аграрным производителям получать всестороннюю информацию для динамического планирования управления сельскохозяйственным производством, которая традиционно была доступна только крупным корпоративным фермам.

Следует отметить, что в аграрном секторе экономики используются различные технологии дистанционного зондирования, начиная от проксимальных сенсоров (на расстоянии 1 м от объекта мониторинга) и до беспилотных летательных аппаратов и спутников, которые позволяют справиться с неопределенностями, возникающими из-за изменений погодных условий и стратегий менеджмента. Сенсоры используют отражательные свойства растительности и дают возможность оценить биомассу, урожайность, посевные площади, силу растений, стресс от засухи и фенологическое развитие, что позволяет принимать своевременные и эффективные решения по внесению удобрений, орошению и борьбе с вредителями. В настоящее время коммерческая доступность спутниковых данных очень высокого разрешения, которые различаются по технологии (активный / пассивный режимы, радиометр / рефлектометр), пространственному разрешению (от субметра до километров), спектральному диапазону и геометрии обзора, открыла ряд новых перспектив в использовании продуктов наблюдения Земли в сельскохозяйственном мониторинге как на больших, так и на малых территориях [3]. Подобного рода информацию также можно получить с помощью систем дистанционного зондирования, инсталлированных на беспилотных летательных аппаратах, которые часто работают на очень малой высоте. В данных системах используются мультиспектральные, гиперспектральные и тепловизионные камеры, которые могут измерять уровень тепла, излучения или света для захвата разнообразного электромагнитного спектра. Хотя поиск данных в этой ситуации в меньшей степени зависит от погодных условий, упрощая или даже исключая атмосферную коррекцию, эти изображения охватывают гораздо меньшую площадь по сравнению со спутниковыми продуктами.

Важно указать, что такие результаты технологического прогресса, как аналитические платформы, мультиспектральные и гиперспектральные сенсоры, а также хабы спутниковых данных, которые обеспечивают открытый доступ к спутниковым продуктам, например, Copernicus Open Access Hub, EarthExplorer (Геологическая служба США), Национального управления океанических и атмосферных исследований (Министерство торговли США)], могут выступать в качестве инструментария для проектирования надежных агрономических моделей на базе имеющихся данных, полученных посредством инновационных мониторинговых приложений. Кроме того, для повышения качества и эффективности сельскохозяйственного мониторинга необходимо развитие сетей аграрной инфраструктуры, которые позволяют быстрее и полнее получать сельскохозяйственную информацию с помощью спутниковых данных. Это также может ускорить предоставление аграр-

ным производителям платформ сельскохозяйственных данных, которые могли бы обеспечить их своевременной и исчерпывающей информацией для принятия агрономических и экономических решений. Однако ограниченный доступ сельскохозяйственных организаций к наземной информации является барьером для оценки состояния урожая в различных условиях окружающей среды. Следовательно, необходимы усилия по созданию сети сайтов валидации при поддержке космических агентств и / или природоохранных институций.

Следует отметить, что ряд проблем дистанционного зондирования в сельском хозяйстве связан со стандартизацией данных, поступающих из разных типов источников и различных систем, имеющих географическую привязку, что вызывает сложности с проецированием изображений и картографированием. В этой связи космическая, воздушная и наземная интегрированная структура сбора сельскохозяйственных данных для управления несколькими источниками дистанционно измеряемых параметров урожая может быть ключом к точной визуализации и мониторингу состояния урожайности с разных позиций. Наряду с этим неоднородность спутниковой продукции с точки зрения пространственных, спектральных, временных и радиометрических параметрических характеристик также может вызывать проблемы с точностью и объективностью. Наконец, передовые технологии дистанционного зондирования генерируют огромное количество данных большого объема и сложности, что делает проблематичным их хранение и использование вычислительной мощности и приводит к серьезным проблемам в управлении данными. Потенциальных аграрных пользователей может дезориентировать большое разнообразие продуктов. Кроме того, анализ полученных сельскохозяйственных данных может быть слишком сложным.

Важно также указать, что важным инструментом реализации сельскохозяйственных целей являются роботизированные системы как результат развития информационно-коммуникационных технологий, главным образом, прогрессивных сенсоров и систем искусственного интеллекта. Растущий спрос на точные полевые операции при одновременном снижении затрат на производство сельскохозяйственной продукции и его негативного воздействия на окружающую среду делает роботизированные платформы позитивной альтернативой традиционным транспортным средствам, машинам и оборудованию. Так, небольшие платформы с электрическим приводом применяются для выполнения широкого круга задач, таких как легкая вспашка земли, опрыскивание, внесение удобрений и сбор урожая. В первую очередь, это касается тепличного производства. Благодаря контролю условий окружающей среды и структурированным параметрам выращивания в настоящее время существуют коммерческие решения, предлагающие значительные преимущества, главным образом, для сбора фруктов. Кроме того, робототехника нашла ряд применений в животноводстве, а именно в: автономных доильных роботах, уборке навоза, платформах для кормления животных, индивидуальном уходе и мониторинге их здоровья с использованием технологий идентификации, таких как RFID-метки.

Не смотря на технологические преимущества, которые данные платформы могут предложить сельскому хозяйству, существуют серьезные проблемы, которые мешают робототехнике полностью реализовать свой потенциал в этом секторе экономики: имеющиеся прототипы и коммерческие платформы ограничены выполнением конкретных задач, в то время как их масштабируемость для различных сельскохозяйственных культур или природной среды вызывает ряд вопросов. Кроме того, когда речь идет об аграрной робототехнике, существует множество проблем с их функциональной совместимостью и стандартизацией, а взаимодействие платформ и вопросы безопасности создают значительные препятствия для производительности. Расширение возможностей роботов, начиная от лабораторных и тепличных до внешних условий, имеет решающее значение, когда речь идет о зондировании в суровом климате и работе в непредсказуемой окружающей среде.

При этом имеется значительный скептицизм относительно социальных, экономических и этических последствий применения сельскохозяйственной робототехники. Прогнозируется, что транзит рабочей силы в направлении от выполнения рутинных задач к высококвалифицированной инженерии, а также несбалансированное внедрение агротехнологий производителями сельскохозяйственной продукции может привести к негативным социальным последствиям. Развитый интеллект и способность роботов принимать решения приводят к спорам о моральных аспектах. Более того, дорогие технологии и потребность в ресурсах и инфраструктуре для запуска робототехники

в полевых условиях могут препятствовать эффективному внедрению робототехники с точки зрения осуществимости этой задачи.

Тем не менее, на пути к эпохе интеллектуальных систем роботизированные платформы станут краеугольным камнем сельскохозяйственных операций. Беспилотные летательные аппараты будут выполнять ряд задач, таких как, в частности, опрыскивание растений и проверка состояния их здоровья; наблюдение за флотом наземных роботов, работающих в полевых условиях. В будущем роботы смогут сотрудничать с людьми без ущерба для безопасности при выполнении таких задач, как сбор урожая. Прогнозируется, что интеллект роботов достигнет такого уровня, что их системы смогут полностью осознавать окружающую среду и четко обосновывать принятые решения, например, как обрабатывать гнилые фрукты во время сбора урожая или прерывать опрыскивание, когда люди находятся на близком расстоянии.

Список использованных источников

1. Miranda, J. Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0 / J. Miranda [and etc.] // Computer Industry. – 2019. – Vol. 108. – pp. 21–36.
2. Khanna, A. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture / A. Khanna, S. Kaur // Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Vol. 157. – pp. 218–231.
3. Oza, S.R. Concurrent use of active and passive microwave remotesensing data for monitoring of rice crop / S.R. Oza, S. Panigrahy, J.S. Parihar // International Journal Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2008. – Vol. 10. – pp. 296–304.