

Библиографический список

1. Бузылёв А.В. Агроэкологическая оценка высоко окультуренных пахотных угодий на выщелоченных чернозёмах башмаковского района пензенской области / Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию А.В. Леонтовича. – М.: Издательство Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2019. – стр. 108-110.

2. Тихонова М.В. / Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона. – М.: Издательство Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2020. – 528 с.

УДК 519 : 631.58

РАЗВИТИЕ IoT СИСТЕМ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА СОРТОВ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ

Васенев Иван Иванович, заведующий кафедрой экологии, ФБГОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Ярославцев Алексей Михайлович, доцент кафедры экологии, ФБГОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Валентини Риккардо, профессор департамента инноваций в биологических, агропромышленных и лесных системах, Университет Тушия

Курашов Михаил Юрьевич, менеджер, Barilla Rus LLC

Сильвестри Марко, менеджер по исследованиям и развитию, BARILLA G. e R. FRATELLI – Societa' per Azioni Socio Unico

Аннотация. Разработаны методология и принципиальное техническое решение развития IoT систем мониторинга агроэкологического состояния посевов и почв для оперативного информационного обеспечения регионально адаптируемых систем поддержки принятия решений по оптимизации выбора сортов и агротехнологий с минимизацией неопределенности планирования в условиях глобальных изменений климата и повышенной неоднородности земель.

Ключевые слова: агроэкологический мониторинг, посевы, IoT системы мониторинга, системы поддержки принятия решений, оптимизация выбора сортов, корректировка агротехнологий, твердая пшеница.

Экспортный сельскохозяйственный потенциал России будет укрепляться благодаря нарастающему увеличению высокорентабельного производства товарной продукции растениеводства высокого технологического качества, традиционно востребованной на мировом рынке и внутри страны. В условиях характерных для XXI века быстрых глобальных

изменений климата и агротехнологий, для устойчивого нарастания экономически эффективного производства востребованных на рынке качественных и доступных продуктов питания необходимо применять наилучшие для конкретных почвенно-агроэкологических условий и доступные по удельным затратам технологии.

На фоне часто меняющихся запросов рынка, регулярного обновления районированных сортов, сортимента удобрений и средств защиты растений, их дифференцированной по погодным условиям, регионам и почвам потенциальной урожайности и окупаемости необходимо развитие интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР) по агроэкологической оптимизации адаптивных систем земледелия и гибких агротехнологий.

Разработаны и частично ретроспективно апробированы агроэкологическая методология и рамочные информационно-методические решения поэтапного развития, верификации и локализации реализуемых в «облаке» интеллектуальных СППР по агроэкологической оптимизации адаптивно-ландшафтных систем земледелия и гибких элементов агротехнологий, с элементами нейросетей и функциями частично самостоятельного обучения в процессе локализации.

После настройки на биоклиматические условия конкретного региона, генетический потенциал и агроэкологические требования выращиваемых в нем культур и сортов, агроэкологические особенности регионального ряда почв и распространенные проблемные агроэкологические ситуации применение таких СППР позволит более эффективно планировать размещение новых культур и сортов – с учетом анализа вариативно прогнозируемых по погодным и технологическим условиям их урожайности и качества товарной продукции.

Исследование по проекту НЦМУ «Агротехнологии будущего» включает глубокую модификацию существующего прототипа СППР ЛИССОЗ и программного обеспечения его информационно-аналитических модулей, с по-стадийно дифференцированным моделированием производственного процесса для прогнозирования урожайности с учетом сезонной динамики погодных условий текущего года, обратной связи с конечным пользователем и контролируемой самонастройкой системы по учетным данным каждого сезона.

Развиваемая СППР будет состоять из следующих модульных блоков:

1. Системы онлайн ввода агроэкологической информации от локальных пользователей. Стек используемых технологий – docker, nginx, gunicorn, flask, plotly dash, postgresql.

2. Реляционной базы данных хранения агрономических, почвенно-агрохимических и агроклиматических данных с полей апробации-верификации СППР. Стек технологий – postgresql.

3. Блок моделирования урожайности культур с учетом агроэкологических особенностей сортов. Стек технологий – R, Pytorch, Keras.

4. Блоки анализа эффективности применения различных вариантов агротехнологий по заказу от компаний-партнеров.

5. Блок визуализации и представления результатов, генерации отчетов, рекомендаций и карт онлайн. Стек технологий – docker, nginx, gunicorn, flask, plotly dash, postgresql, Arcgis Arcpy.

6. Блока сбора и экстраполяции климатических данных, полученных из открытых источников и коммерческих поставщиков. Будет состоять из блоков алгоритмов микро- и мезо-климатической экстраполяции самостоятельной разработки, верифицируемых по данным локально устанавливаемых метеостанций и апробированным открытым/коммерческим моделям (LES, ENVIMET).

На периоды региональной адаптации, верификации и последующего периодического тестирования-корректировки СППР должна взаимодействовать с отдельным 7-м блоком – IoT системой оперативного агроэкологического мониторинга лимитирующих показателей эффективного плодородия почв. Это позволит более адекватно оценивать экологические риски, связанные с сезонной динамикой и значительным разнообразием почвенно-агрохимических условий выращивания культур, и оперативно решать возникающие проблемные агроэкологические ситуации, повышая эффективность адаптивно применяемых агротехнологий, окупаемость дифференцированно применяемых удобрений и, в целом, рентабельность растениеводства и качество получаемой продукции.

Исследование по проекту НЦМУ «Агротехнологии будущего» включает глубокую модификацию и диверсификацию существующих прототипов IoT датчиков «CropTalker», программного обеспечения работы с ними и создание рамочных агроэкологических баз знаний для оперативной прикладной интерпретации больших массивов первичной информации мониторинговых наблюдений за состоянием посевов и режимами почв.

Базовый вариант «CropTalker» оснащается датчиками температуры и влажности воздуха, ИК датчиком расстояния (для измерения динамики роста растений) и радиометром, измеряющим интенсивность солнечной радиации и отраженного посевом света в 12 диапазонах длин волн. Развиваемые и верифицируемые в рамках проекта варианты «CropTalker» комбинируются с датчиками температуры и влажности почв, с элементами агроэкологического мониторинга лимитирующих развитие растений процессов сезонной агрогенной деградации почв (подщелачивания, подкисления, растрескивания, образования корки или сезонной агрогенно цементации по Ф.И. Козловскому [1]).

Вегетационные индексы, ежечасно рассчитываемые по значениям интенсивности отраженного света в различных диапазонах, характеризуют количество хлорофилла и других пигментов в листьях и позволяют оперативно диагностировать ранние стадии физиологические отклонения (до их визуального проявления). Сбор и передача данных осуществляется по-кластерно каждый час на устройства ST-Cloud с использованием технологии

передачи данных LoRa. Одно устройство ST-Cloud собирает, хранит и передает данные от кластера до 20 устройств «CropTalker», расположенных на расстоянии до 200 м друг от друга. Передача данных с устройства ST-Cloud осуществляется с использованием стандартных протоколов GSM и 4G (мобильный интернет) и хранится на сервере. Для визуализации данных разрабатывается программный интерфейс, позволяющий как наблюдать за значениями датчиков в режиме реального времени, так и проводить анализ накопленных данных.

Проведенный ранее системный анализ влияния сезонной динамики погодных условий на производственный процесс [2], урожайность и качество твердой пшеницы [3] в засушливых регионах России показывает хорошие перспективы совместного развития агроэкологических СППР и IoT систем.

Библиографический список

1. Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. – М.: ГЕОС, 2003. – 536 с.
2. Di Paola, A. The expansion of wheat thermal suitability of Russia in response to climate change / Di Paola A., Caporaso L., Bombelli A., Di Paola F., Vasenev I., Nesterova O.V., Castaldi S., Valentini R. // Land Use Policy – V. 33. – 2018. – P. 70-77.
3. Васенев, И.И. Анализ лимитирующих агроэкологических факторов урожайности и качества твердой пшеницы в засушливых условиях / И.И. Васенев, И.Н. Бесалиев, П.Н. Мальчиков, Г.И. Шутарева, Т.М. Джанчаров, Д.В. Морев, А.М. Ярославцев, М.Ю. Курашов // Достижения науки и техники АПК. – Т. 33. – № 12. – 2019. – С. 30-37.

УДК 631.459.01.631.61

ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ВОДОСБОРАХ ДОНО-ЧИРСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Кочкарь Максим Михайлович, доцент кафедры агроэкологии и лесомелиорации ландшафтов, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

Воробьева Ольга Михайловна, доцент кафедры агроэкологии и лесомелиорации ландшафтов, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

***Аннотация.** На основании агроэкологической группировки водосборов Доно-Чирского междуречья с учетом показателей распаханности, расчлененности и защитной лесистости составлена карта-схема и выявлены территории с умеренной, напряженной и критической агроэкологической ситуацией*

***Ключевые слова:** агроэкологическая группировка, водосбор, лесистость распаханность, экологическое состояние, эрозия почв*