

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЗЕМНОЙ И АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ СОРНОЙ КОМПОНЕНТЫ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ**

*Зейлигер Анатолий Михайлович, профессор кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Ермолаева Ольга Сергеевна, старший преподаватель кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация.** *Разработаны методы ведения мониторинга агрофитоценозов в разные фазы вегетации с использованием современных цифровых технологий получения видеоданных на трех пространственной детализации: 1) миллиметровом с использованием наземной съемки; б) сантиметровом с использованием аэросъемки с БПЛА; 3) дециметровом и метровом с использованием космосъемки с космических платформ.*

**Ключевые слова:** *сорная компонента, культурная компонента агрофитоценоз, цифровая съемка, распознавание, сегментация, классификация, дифференцированное опрыскивание, гербициды.*

Цифровое развитие современного земледелия направлено на автоматизацию и роботизацию производственных процессов, с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур на основе применения новых технологий, позволяющих увеличить урожайность сельскохозяйственных посевов, эффективно использовать природные ресурсы, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Современный этап развития земледелия, характеризуется цифровизацией основных производственных процессов, с целью создания условий для получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции, а также повышения его устойчивости с приоритетом охраны земельных и водных ресурсов на сельских территориях от их деградации. Реализация такого тренда базируется на применении цифровых технологий ведения земледелия, основанных на триаде «Геоинформационные технологии – Дистанционное зондирование Земли – Глобальные навигационные спутниковые системы» (ГИС-ДЗЗ-ГНСС). Одно из направлений развития такого экологически дружелюбного цифрового земледелия направлено на снижение недружелюбной химической нагрузки на объекты окружающей среды за счет глубокой модернизации традиционных технологий управления сорной компонентой агрофитоценозов посредством прецизионной идентификации, локализации и дезактивации ее экземпляров. Для создания соответствующих технологии ведется разработка методов ведения автоматизированного оперативного мониторинга с использованием сенсоров, расположенных на аэрокосмических и/или мобильных наземных самодвижущихся платформах, и методов обработки

видеоданных, получаемых с этих сенсоров, с помощью технологий машинного обучения и интеллектуального анализ изображений.

Для разработки соответствующих технологий необходимо решить ряд фундаментальных задач, направленных на разработку новых методов мониторинга сельскохозяйственных посевов с использованием результатов проксимального и дистанционного зондирования. Одной из таких задач является разработка технологий управления сорной компонентой сельскохозяйственных посевов, основанного на видеоданных оперативного мониторинга.

Одним из важных направлений развития технологий точного (дифференцированного) земледелия является технология точного контроля и управления СК. Объектом исследований этого направления является точное (координатное) применение средств химической защиты сельскохозяйственных растений (ядохимикатов) для борьбы с сорной растительностью на сельскохозяйственных полях с целью минимизации затрат на их применение, а также снижения объемов их попадания в объекты окружающей среды.

В современных условиях научно-технического прогресса решение задачи по идентификации и пространственной локализации (точной координатной идентификации) на пространстве сельскохозяйственного посева сорной и культурной компонент (СиКК) становится возможным на основе применения методов машинного обучения и интеллектуального анализа цифровых изображений, получаемым с сенсоров, расположенных на аэрокосмических и мобильных наземных платформах.

В настоящее время для анализа цифровых изображений используются две основные группы методов распознавания сорной и культурной компонент. Первая из них основана на пространственных алгоритмах, оценивающих паттерны высевания культурной компоненты в параллельные ряды, и при этом ищущих экземпляры сорной компоненты на пространстве между соседними рядами. Вторая группа методов распознавания основана на использовании инструментов классификации и сегментации пикселей изображения в соответствии с спектральными сигнатурами, полученными в лабораторных условиях. При этом незначительная часть разработанных спектральных методов обеспечивают надежное распознавание СиКК агрофитоценозов, что во многом связано с влиянием характеристик систем сбора полевых данных на отличие спектральных многочисленных параметров сбора влияют на значения коэффициента отражения. Эти характеристики влияют на качество распознавания, которое во многом связано с качеством регистрируемого сигнала. Например, различное пространственное разрешение вызывает спектральное смешение в зависимости от размера отдельных элементов сцены. В ряде случаев существенным фактором, влияющим на качество распознавания, является соотношение размеров объектов СиКК, а также разрешающей способности съемочных систем. В

проведенных НИР были применены методы, относящиеся к обеим упомянутым группам.

Для разработки методических основ технологий точного контроля и управления СК проведены полевые и лабораторные исследования по оперативному мониторингу СиКК агрофитоценозов для 3-х уровней пространственной детализации (ПД): 1) миллиметровом с разрешением порядка 0,1—1 мм; 2) сантиметровом с разрешением порядка 0,5—2 см; 3) дециметровом и метровом с разрешением порядка 0,3-10,0 м.

Получение цифровых изображений СиКК для трех уровней ПД было реализовано с использованием: 1) на первом уровне наземной съемочной аппаратуры (камеры Canon, Nikon, Pentax IR, а также камеры смартфонов iPhone и Sony Experia), а также высокоточной антенны ГНСС; 2) на втором уровне съемочной аппаратуры двух дронов (Dji Phantom IV и Dji Phantom IV RTK Multi spectral с наземной станцией RTK); 3) на третьем уровне ПД съемочной аппаратуры группировки спутников Planet. Это позволило получить необходимые наборы геоданных (данных с пространственной координатной привязкой) в видимом диапазоне (RGB), а также 2-х диапазонов инфракрасного излучения (NIR, RedEdge). Полученные цифровые данные были использованы для аннотирования изображений на всех трех уровнях ПД, а также последующей сегментации и классификации.

В результате проведенных НИР для трех уровней ПД разработаны: а) алгоритмы преобразования изображений для выделения сорных и культурных компоненты агрофитоценозов на фоне почвенной поверхности; б) методики сбора цифровых изображений; в) наборы данных, необходимые для проведения аннотирования, идентификации и классификации сорных и культурных компонент агрофитоценозов; г) результаты тестирования разработанных методов аннотирования сорных компонент агрофитоценозов.

Результаты 1-го уровня ПД были получены при обработке цифровых изображений СК на основе специально разработанного алгоритма цветовой трансформации этих изображений. Это позволило выделять СиКК агрофитоценозов на фоне поверхности почвы.

Результаты 2-го уровня ПД получены при совместной обработке: а) цифровых изображений агрофитоценозов, которые были получены съемочными системами двух БПЛА; б) цифровых геореференцированных изображений с использованием наземной съемочной аппаратуры и ГНСС-антенны. В результате были получены результаты, свидетельствующие о возможности обнаружение объектов СК в межрядном пространстве.

Результаты 3-го уровня ПД получены при совместной обработке геоданных полевого фитосанитарного обследования посевов озимой пшеницы на поле №4, проведенного в 2018 г. а также цифровых изображений на момент проведения этого мониторинга группировкой Planet Lab (Red, NIR). С помощью проведенной совместной обработки выявлены устойчивые паттерны вегетационного индекса NDVI, которые статистически связаны с

пространственной неоднородность развития всходов озимой пшеницы, зависящую от суммарного количества СК.

### **Благодарности**

Исследование выполнено при финансовой поддержке ФАСИ в рамках научного проекта № 62ГС1ЦТС10-D5/56006 «Оперативный анализ и управление сорным компонентом агрофитоценозов на основе компьютерного зрения».

УДК 631.171:338.43:004.9:63

## **СИСТЕМА ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВЫХ ЦЕПОЧЕК В АПК**

*Кушнарёва Марина Николаевна, доцент кафедры прикладной информатики РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация.** В процессе производства, дистрибуции и реализации продукция АПК проходит множество промежуточных этапов. Всем участникам производственно-сбытовой цепочки необходима информация о происхождении сырья, материалов и продуктов на всех этапах жизненного цикла, так как это позволит в значительной мере повысить эффективность и обеспечить безопасность производителей и потребителей продукции.*

***Ключевые слова:** прослеживаемость, цифровая трансформация, стандарты производства, растениеводство, эффективность АПК.*

В настоящее время научно-технический прогресс в сельском хозяйстве является объективной необходимостью. Современные достижения науки и техники, реализуемые в рамках концепции «Сельское хозяйство 4.0», дают возможность перевода сельскохозяйственного производства на цифровые рельсы [1,2].

Опыт зарубежных стран с высокоразвитым аграрным сектором показывает, что производство безопасных и экологически чистых продуктов питания основывается на нескольких основных правилах [3,4]:

- минимизация загрязнения на всех стадиях производства;
- соблюдение требований стандартов (технология, техника, персонал);
- отслеживание продуктов (фиксирование информации на всех этапах жизненного цикла);
- информирование покупателей (предоставление расширенной информации о продукции покупателям, проведение её обязательной сертификации).