

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОСАДОК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТ БОЛЕЗНЕЙ, ВРЕДИТЕЛЕЙ И СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

М.А. КАНОКОВА

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360002, Россия, Нальчик, ул. Балкарова, 2

Аннотация. При выращивании культурных растений и плодовых деревьев одним из самых главных показателей эффективности используемой аграрной техники и различного рода химических веществ и минеральных удобрений является сбор урожая без количественных и качественных потерь. Правильный выбор технологий, механизмов и технических средств при проведении мероприятий по защите растений от вредителей, болезней и сорняков может уберечь посевы и сады от значительных потерь урожая, привести к повышению урожайности и увеличению доходов. В статье были рассмотрены и проанализированы самые перспективные и более завершённые проекты по защите растений с использованием роботизированной автономной техники и технологий искусственного интеллекта.

Ключевые слова: защита растений, точное земледелие, аппаратно-программные комплексы, робототехнические комплексы, интеллектуальные системы, сельское хозяйство, сельхозтоваропроизводители, растения

Статья поступила в редакцию 14.11.2021

Принята к публикации 04.12.2021

Для цитирования. Канокова М.А. Анализ эффективности применения программных и робототехнических комплексов для защиты посадок сельскохозяйственных культур от болезней, вредителей и сорной растительности // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6 (104). С. 126–136. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-126-136

Актуальность темы статьи обусловлена необходимостью совершенствовать методы и способы защиты растений для повышения урожайности и экологичности выращиваемой продукции, а также сохранения плодородия почвы для будущих поколений. Ведь в настоящее время в сравнении со странами ЕС в России на производство единицы продукции расходуется в 2–2,5 раза больше топлива, в 1,2–1,5 раза семенного материала и почти в 2 раза больше удобрений. Причинами тому являются, во-первых, расположение территории нашей страны в зоне так называемого неустойчивого земледелия, во-вторых, сравнительно невысокий уровень агротехнологической дисциплины, а также отсутствие автоматизированных и роботизированных сельскохозяйственных машин и интеллектуальных систем по их управлению, способных реализовать высокопроизводительные инновационные приемы [1]. С 1980 года развитые страны поставили главной задачей в сельском хозяйстве разработку систем координационного, или точного, земледелия. Координационное, или точное, земледелие является одним из самых перспективных и эффективных методов увеличения урожая, повышения экологичности продукции и снижения затрат, при котором защита растений происходит с помощью автономных аппаратно-программных комплексов, беспилотных летательных аппаратов, а также интеллектуальных систем, способных

своевременно обнаружить и защитить растение от вредных микроорганизмов, болезней и сорной растительности.

Объектом исследования являются современные аппаратно-программные комплексы и системы искусственного интеллекта, направленные на защиту культурных растений, выращиваемых в условиях как открытого, так и закрытого грунта, от болезней, вредителей и сорной растительности.

Предметом исследования является способность современных аппаратно-программных комплексов и систем искусственного интеллекта защитить урожай от вредителей, болезней и сорной растительности.

Цель работы – выявление преимуществ и недостатков защиты растений с использованием современных аппаратно-программных комплексов и систем искусственного интеллекта, направленных на защиту культурных растений, выращиваемых в условиях как открытого, так и закрытого грунта, от болезней, вредителей и сорной растительности по сравнению с используемыми технологиями при традиционных методах защиты растений.

ВВЕДЕНИЕ

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций, если сельхозтоваропроизводители прекратят применять методы защиты растений, они сразу потеряют около 40 процентов урожая из-за вредителей и болезней.

В настоящее время для предотвращения пагубного влияния болезней, вредителей и сорной растительности на урожай при традиционной земледелии используются различные методы защиты растений, основными из которых являются:

- 1) химические – использование химических веществ, способных погубить вредителей, болезни и сорную растительность, а также предотвратить появление новых негативных факторов;
- 2) агротехнические – использование агротехнических методов защиты, обусловленных обеспечением неблагоприятных условий для развития болезней и вредных микроорганизмов, а также повышение сопротивляемости самих культур к негативным факторам;
- 3) биологические методы – базируются на биологическом антагонизме, т. е. используются насекомые, способные защитить растение от вредителей, при этом не нанося вред самим посадкам. Данный метод набирает популярность за счет своей экологичности;
- 4) физико-механические – использование радиоактивного и теплового излучения, ультразвука и света¹.

Помимо всего вышеперечисленного, необходим постоянный мониторинг состояния поля. Без своевременного обнаружения вредителя, сорной растительности или болезни, а лучше предпосылок к их появлению, применение вышеперечисленных методов защиты растений будет иметь малую эффективность. В настоящее время сельхозтоваропроизводители каждый день не менее 3 часов проверяют свои угодья на наличие негативных факторов и угроз будущему урожаю. При наличии у сельхозтоваропроизводителя достаточного опыта он может в какой-то мере спрогнозировать будущую опасность. Но если это начинающий фермер, без использования современных интеллектуальных программ ему будет достаточно сложно, а в некоторых случаях и вовсе невозможно выявить и предотвратить надвигающуюся опасность.

Кроме агрономических причин потери урожая, существуют и другие организационные причины. К ним можно отнести низкий уровень квалификации нанимаемых работников, отсутствие прогнозирования будущего, отсутствие оценки погодных рисков и масштаба последствий для урожая, использование системы оплаты труда, которая не может заинтересовать всех работников и мотивировать на качественный мониторинг состояния поля и

¹ Методы защиты растений в сельском хозяйстве // EOS Data Analytics. Ноябрь 2020. Эл. ресурс: <https://eos.com/ru/blog/metody-zashhity-rastenij/>

сбор урожая². Одним из способов исключения организационных причин потери урожая является использование аппаратно-программных комплексов с системой искусственного интеллекта, предназначенных для активной защиты растений.

Все перечисленные меры защиты растений, применяемые в традиционном земледелии, при правильном и своевременном использовании могут предотвратить большую потерю урожая. Но они имеют ряд недостатков. К недостаткам химического метода защиты растений можно отнести следующие:

- 1) убивая вредных насекомых, химические средства защиты способны нанести вред полезным;
- 2) чрезмерное использование химических средств защиты снижает экологичность продукции;
- 3) при изменении конечной формулы раствора средство может нанести ожоги растению;
- 4) химические вещества оставляют запах на растениях.

Агротехническому методу отдают первое место, т. к. агротехнические мероприятия по защите растений основываются на технологиях возделывания, а технология возделывания, естественно, во многом зависит от выбираемых технических средств, с помощью которых это возделывание будет реализовано. Эти технические средства должны учитывать структуру земли и особенности вегетации растений [2]. Но данный метод имеет свои недостатки. Перечислим основные из них:

- 1) данный метод не может уберечь урожай от всех видов опасностей;
- 2) имеет малую эффективность при сильном разрастании вредителей;
- 3) применение используемой при традиционном земледелии тяжелой агротехники приводит к механическому нарушению структуры почвы и т.д.

Биологический метод защиты растений также наряду с достоинствами имеет свои недостатки. Основным недостатком является относительно медленное получение результата по сравнению с химическим методом защиты растения [3].

Одним из самых перспективных и эффективных методов увеличения урожая, повышения экологичности продукции и снижения затрат, а также исключения ряда недостатков методик защиты растений, используемых при традиционном земледелии, является координационное, или точное, земледелие, при котором защита растений происходит с помощью автономных аппаратно-программных комплексов, беспилотных летательных аппаратов, а также интеллектуальных систем, способных своевременно обнаружить и защитить растение от вредных микроорганизмов, болезней и сорной растительности [4].

Координационное, или точное, земледелие – это не только качественно новая система земледелия, но и новая стратегия ведения сельскохозяйственного производства, которая использует информационные технологии, извлекая данные из множества различных источников, обеспечивая принятие оптимальных решений по управлению сельскохозяйственным предприятием [5].

Проанализируем новейшие программные системы и роботизированные комплексы, направленные на защиту растений.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ПО ЗАЩИТЕ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ПОЛЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ И ВРЕДИТЕЛЕЙ

В настоящее время самыми яркими представителями программных продуктов, способных обнаружить и определить болезни и вредителей, а также дать рекомендации по защите растения от выявленных негативных факторов являются следующие интеллектуальные системы:

² Причины возникновения потерь урожая зерновых культур // Официальный сайт ООО "Агротехника-Плюс" Эл. ресурс: <https://selhoztehnika.com.ua/sovety/prichiny-vozniknoveniya-poter-urozhaya-zernovykh-kultur.html>

1. Plantix от компании Peat. Страна-разработчик – Германия. Plantix позиционируется разработчиками как «врач-растениевод». Используемой данной программой технологией распознавания вредителей и болезней является искусственная нейронная сеть. Plantix диагностирует болезнь методом сравнения полученной фотографии растения с загруженной в базу данных фотографией пораженной культуры. Объем базы данных пораженных культур составляет 500 000 фотографий. С помощью данного программного продукта возможно проанализировать культурные растения поля. Общее количество определяемых заболеваний составляет 60. Программа является платной, необходимо оформить подписку³ (табл. 1).

2. DoctorP от компании PDD.JINR – новейший программный продукт российских разработчиков, также использующий для своей работы искусственные нейронные сети. Способом диагностики растения является сравнение полученной фотографии с имеющимся примером картинки пораженной культуры. Разработчики конкретно указывают, с какими культурами может работать интеллектуальная система: огурцы, томаты, яблоки, виноград, клубника, пшеница, кукуруза, хлопчатник. После проведенной диагностики программа не только определяет наличие болезни или вредителя, но и дает рекомендации по борьбе с данным негативным фактором. У подписчиков DoctorP есть возможность самостоятельно пополнять базу определяемых болезней и вредителей с помощью загрузки фотографий и описания к ним (рис. 1). Пример работы программы во время пополнения базы болезней и вредителей⁴. Подписка на данную программу является платной⁵ [6, 7, 8] (табл. 1).

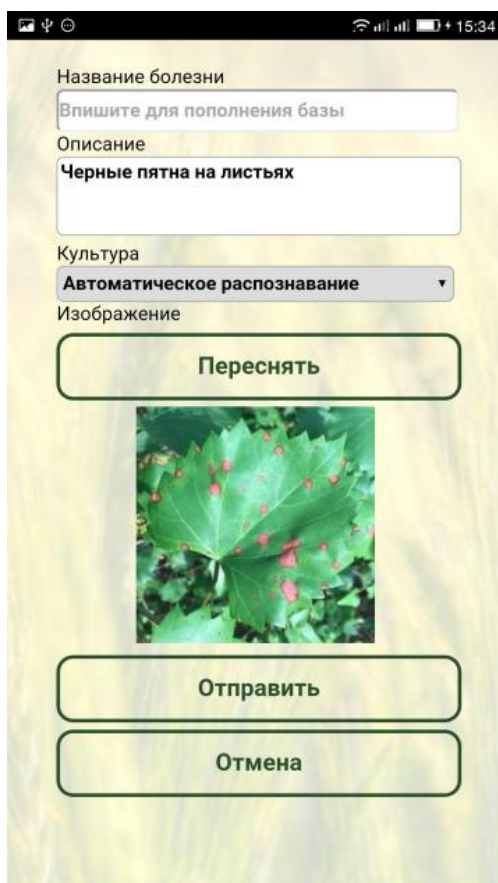


Рис. 1.

фотографий, в данный момент программа совершенствуется и база данных определяемых болезней расширяется. В настоящее время количество определяемых заболеваний проводится по 8 видам отклонений. Работает программа только с культурными растениями поля⁶ (табл. 1).

3. xPLNet. Страна-разработчик – США. Использует технологию распознавания болезней и вредителей с помощью искусственных нейронных сетей. Диагностика проводится с помощью сравнения поступающего видеопотока с имеющимися базами данных фотографий пораженных культур (рис. 2). Объем базы данных – 25 000

³ Официальный сайт компании Plantix. Эл. ресурс: <https://plantix.net/en/>

⁴ <https://apkpure.com/it/pddapp-plant-disease-detection/pdd.jinr.ru#pdd.jinr.ru-2>

⁵ Официальный сайт компании PDD.JINR. Эл. ресурс: <http://pdd.jinr.ru/>

⁶ ResearchGate GmbH <https://apkpure.com/it/pddapp-plant-disease-detection/pdd.jinr.ru>

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОСАДОК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТ БОЛЕЗНЕЙ, ВРЕДИТЕЛЕЙ И СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

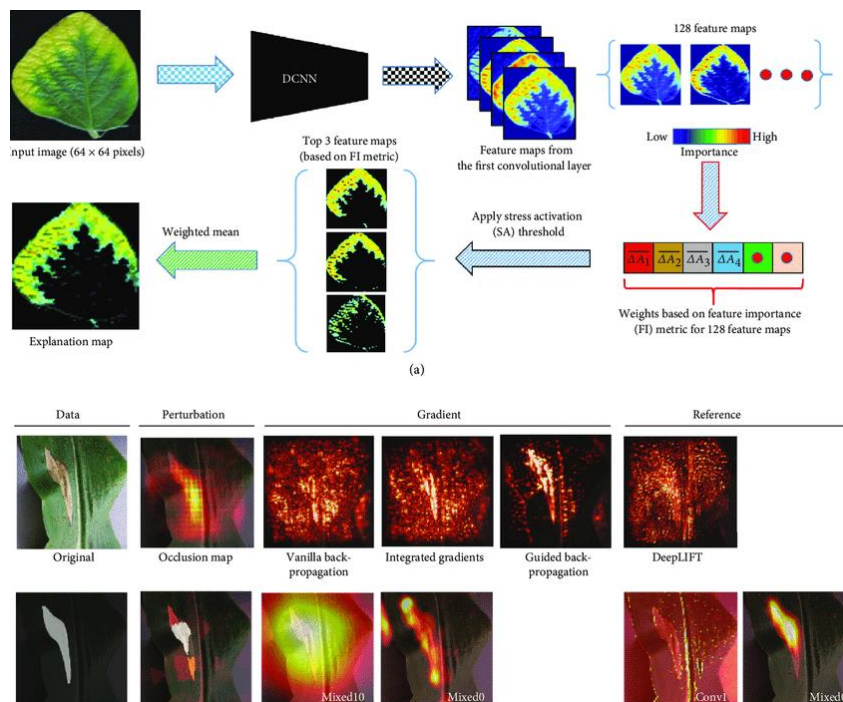


Рис. 2. Процесс работы интеллектуальной системы xPLNet⁷

Таблица 1

ПРОГРАММЫ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ БОЛЕЗНЕЙ И ВРЕДИТЕЛЕЙ

№ п/п	Технико-экономические характеристики продукта	Plantix (Peat)	DoctorP (PDD.JINR)	xPLNet
1.	Технология распознавания	с помощью искусственных нейронных сетей	с помощью искусственных нейронных сетей	с помощью искусственных нейронных сетей
2.	Способ диагностики	фото пораженных культур	фото пораженных культур	фото пораженных культур
3.	Объем базы данных	500 000 фото	1 731 фото	25 000 фото
4.	Поддерживаемые культуры	культурные растения поля	огурцы, помидоры, яблоки, виноград, клубника, пшеница, кукуруза, хлопчатник	культурные растения поля
5.	Количество определяемых заболеваний	60 + библиотека патогенов	-	8 видов отклонений

Рассмотренные программные решения позволяют определять такие угрозы, как вредители и болезни, даже если владелец поля является начинающим растениеводом и не имеет опыта сельхозтоваропроизводителя. Однако у них нет возможности ответить на вопрос о масштабности угроз, причинах их появления и сценариях развития сложившейся ситуации. Данное ограничение связано с фундаментальными ограничениями, которыми обладают системы на основе статистического подхода и машинного обучения, связанного с

⁷Источник: https://www.researchgate.net/figure/Key-concept-and-results-of-xPINet-for-plant-stress-detection-a-diagram-of-the_fig3_340568542

отсутствием у таких систем модели семантики здравого смысла. К основным недостаткам можно отнести и отсутствие активной защиты растений.

АНАЛИЗ АВТОНОМНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ СОРНЯКОВ

Сорная растительность является серьезной угрозой полноценному развитию растения, т. к. способна лишить его необходимой влаги и минеральных веществ [9, 10, 11]. По словам Дага Коллинза, почвовед из исследовательского центра при Вашингтонском университете, фермеры могут тратить от \$1,2 до \$1,6 тыс. долларов на 40 соток, если нанимают рабочих для уничтожения сорняков вручную. Даже фермеры, использующие гербициды, вынуждены нанимать бригады рабочих. Очень ощутимые расходы⁸. В настоящее время для достижения наибольшей эффективности в борьбе с сорной растительностью и снижения пагубного влияния на урожай разрабатываются роботы, использующие следующие технологии воздействия на объект:

- 1) уничтожение с помощью гербицида;
- 2) вдавливание сорняка глубоко в почву;
- 3) выжигание с помощью тепловой энергии.

При использовании традиционных методов уничтожение сорной растительности происходит с помощью химических средств – гербицидов.

Наиболее завершенными и доступными для заказа роботами по борьбе с сорной растительностью являются:

1. AVO от компании EcoRobotix (рис. 3). Страна-производитель – Швейцария. Данный продукт является полностью автономным. Производительность робота – 0,6 га/ч. Время автономной работы составляет около 8 часов (10 га в день). Максимальная скорость движения робота – 1 м/с. Способом воздействия на объект является использование гербицида. Производители указывают, что в сравнении с традиционными способами борьбы с сорняками робот способен экономить на расходе гербицида до 95 % (табл. 2).

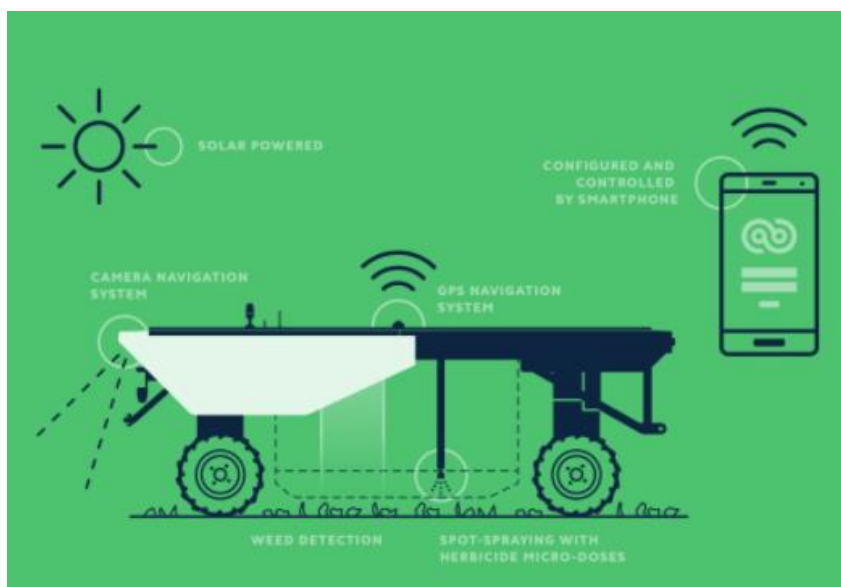


Рис. 3. Схема работы AVO (EcoRobotix)⁹

⁸ Cook J. Bishop T. Isilon founder lifts the hood on farming startup Carbon Robotics and its weed zapping machine // Seattle National News Site GeekWire. April 2021. Эл. ресурс: <https://habr.com/ru/news/t/552756/>

⁹ Официальный сайт компании EcoRobotix. <https://www.ecorobotix.com/en/avo-autonomous-robot-weeder/>

2. BoniRob от компании Deepfield Robotics. Дочерняя компания немецкой компании Bosch. Робот является полностью автономным. Его производительность составляет 1,75 сорняка в секунду. Заявленная максимальная скорость движения – 9 см/с. С сорняками борется механическим способом – вдавливают их глубоко в почву. Робот доступен для заказа (табл. 2).

3. Weeder от компании Carbon Robotics. Страна-производитель – США. Робот полностью автономен. Производительность составляет около 0,8 га/ч. Время автономной работы – 20 га в день. Максимальная скорость движения – 2 м/с. С помощью тепловой энергии робот выжигает сорняк. Данный робот доступен для заказа (табл. 2).

Преимуществами представленных робототехнических средств являются полная автономность – одно из первых требований перехода к безлюдному сельскому хозяйству, увеличение экологичности продукции за счет уменьшения используемых химических средств (а в некоторых случаях полное исключение) до 95 % в сравнении с традиционными методами защиты растений. Важным значением для фермеров является способность робота выполнять свои функции и в ночное время, что увеличивает производительность и экономию на затратах оплаты труда (по сравнению с традиционным земледелием). Основным недостатком перечисленных выше роботов – отсутствие полного функционала, необходимого для активной защиты растений.

Таблица 2

РОБОТЫ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

№ п/п	Технико-экономические характеристики продукта	AVO (ecoRobotix)	BoniRob (Deepfield Robotics)	Weeder (Carbon Robotics)
1	Автономность	полная	полная	полная
2	Производительность	0,6 га/ч	1,75 сорняка в секунду при скорости движения 3,7 см/с	0,8 га/ч
3	Время автономной работы	8 час. (10 га в день)	-	20 га в день
4	Максимальная скорость движения	1 м/с	9 см/с	2 м/с
5	Экономия средств защиты	95 %	100 %	100 %
6	Воздействие на объект	гербицид	вдавливание	тепловая энергия

АНАЛИЗ АВТОНОМНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ
ПО ОПРЫСКИВАНИЮ РАСТЕНИЙ

Наиболее завершенными проектами, направленными на автоматизированную защиту растений, являются:

1. Micothon от Smart SPRAY technology. Страна-производитель – Нидерланды. Обладает частичной автономностью. При его использовании необходимо наличие одного оператора для выбора направления движения. Производители заявляют 80 % экономии средств защиты по сравнению с традиционными способами. Областью применения данного робота является защита растений, выращиваемых в теплицах. Максимальная скорость движения – до 0,6 м/с¹⁰ (табл. 3).

2. ARA от EcoRobotix. Страна-производитель – Швейцария. Данный робот также является частично автономным. Необходимо наличие трактора. 95 % экономии средств защиты растений в сравнении с традиционными способами. Робот используется исключительно в поле для опрыскивания культурных растений. Максимальная скорость движения – 2 м/с. Робот доступен для заказа¹¹ (табл. 3).

¹⁰ Официальный сайт компании Micothon. Эл. ресурс: <https://micothon.nl/spraying-robots/?lang=ru>

¹¹ Официальный сайт компании EcoRobotix. Эл. ресурс: https://www.ecorobotix.com/en/ara_mounted_sprayer/

Одним из основных преимуществ роботов по опрыскиванию растений является то, что они как минимум на 80 % меньше используют химических средств при проведении защитных мероприятий в сравнении с традиционными методами защиты растения, тем самым исключая перечисленные в начале статьи неблагоприятные последствия использования химических средств. Это происходит за счет точечной обработки, при этом исключаются те растения, которым опрыскивание не нужно. К основным недостаткам рассмотренных систем можно отнести их узкоспециализированность – борьба только с одним видом угроз и частичную автономность, которая препятствует переходу к полностью безлюдному сельскому хозяйству.

Таблица 3**РОБОТЫ ПО ОПРЫСКИВАНИЮ РАСТЕНИЙ**

№ п/п	Технико-экономические характеристики продукта	Micothon (Smart SPRAY technology)	EcoRobotix ARA
1.	Автономность	частичная: наличие 1 оператора	частичная: устанавливается в задней части трактора
2.	Экономия средств защиты	80%	95%
3.	Поддерживаемые культуры	растения, выращиваемые в теплицах	культурные растения поля
4.	Максимальная скорость движения	0,6 м/с	2 м/с

ОСНОВНОЙ НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научным результатом проведенного исследования является сравнение технико-экономических характеристик программных и робототехнических комплексов для защиты сельскохозяйственных культур от болезней, вредителей и сорной растительности, выявление преимуществ данных комплексов в сравнении с методиками и технологиями, используемыми в традиционном земледелии, определение способности программных и робототехнических комплексов выполнять свои функции по защите растений.

Исходя из проведенного исследования, мы можем сделать вывод, что проанализированные передовые технологии для проведения различных циклов активной защиты растений в разрезе точного (координационного) земледелия способны обеспечить надлежащий уход за растением и исключить недостатки методов защиты растений, используемых в традиционном земледелии по отдельно взятым направлениям.

Но также из проведенного анализа следует, что каждая технология, работая самостоятельно, не может проводить полный цикл защиты растений. Под полным циклом защиты растений мы имеем в виду мониторинг состояния сельскохозяйственных культур, обнаружение предпосылок появления опасных для данных культур факторов, прогнозирование возможных угроз, уничтожение выявленных в ходе мониторинга вредителей, болезней и сорной растительности. Обеспечение не только обнаружения проблемы, но и ее своевременного устранения возможно только при создании полноценного автономного робототехнического комплекса с системой распознавания болезней, вредителей или сорной растительности, а также возможностью устранения опасных для растения и урожая в целом ситуаций. Внедрение данного робототехнического комплекса даст возможность повысить урожайность и экологичность выращиваемой сельхозтоваропроизводителями продукции, а также сохранить плодородие почвы для будущих поколений. Одним из возможных путей создания такого комплекса является, например, использование перечисленных программ совместно с автономными робототехническими платформами или беспилотными летательными аппаратами.

Таким образом, использование автономного робототехнического комплекса с системой распознавания болезней, вредителей или сорной растительности, а также возможностью устранения опасных для растения факторов имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным земледелием:

- 1) частичное или полное исключение затрат на оплату труда;
- 2) возможность обнаружения предпосылок появления опасных для урожая ситуаций;
- 3) активная защита растений от болезней, вредителей, сорняков;
- 4) повышение производительности в сравнении с традиционными методами защиты растений;
- 5) повышение качества выращиваемой продукции;
- 6) минимизация пагубного влияния на состояние почвы в сравнении с агрономической техникой, используемой в традиционном земледелии;
- 7) экономия затрат на средства защиты до 95% в сравнении с традиционными методами защиты растений;
- 8) наличие круглосуточного мониторинга;
- 9) минимизация затрат времени сельхозтоваропроизводителя на защиту растений;
- 10) возможность получения информации о состоянии поля при нахождении в любой точке мира.

В заключение хотелось бы сказать, что разработка, производство и внедрение робототехнических комплексов, способных к проведению полного цикла активной защиты растений, является серьезным шагом на пути к безлюдному сельскому хозяйству, которое будет способствовать исключению тяжелого неквалифицированного труда и приведет к появлению новых высококвалифицированных рабочих мест.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ядченко В.* От механизации – к роботизации // Наука и инновации. 2021. № 3 (217). С. 17–20.
2. *Власенко Н.Г., Коротких Н.А.* Плюсы и минусы агротехнического метода защиты растений // Защита и карантин растений. 2012. № 2. С. 16–19.
3. *Савченко С.Д.* Использование биологического метода защиты растений от членистоногих-вредителей в Вологодской области // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2015. Т. 13. С. 4386–4390.
4. *Афанасьев Р.А., Ермолов И.Л.* О перспективах роботизации точного земледелия // Мехатроника, автоматизация, управление. Т. 17. № 12. 2016. С. 828–833. DOI:10.17587/mau.17.828-833.
5. *Балабанов В.И., Беленков А.И., Березовский Е.В., Егоров В.В., Железова С.В.* Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие: учебное пособие для высших учебных заведений. Москва: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2013. 117 с.
6. *Uzhinskiy A., Ososkov G., Goncharov P., Nechaevskiy A., Smetanin A.* One-shot learning with triplet loss for vegetation classification tasks // Компьютерная оптика. 2021. Т. 45. № 4. С. 608–614. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-856.
7. *Uzhinskiy A., Ososkov G., Goncharov P., Nechaevskiy A.* Multifunctional platform and mobile application for plant disease detection // Proceedings of the 27th Symposium on Nuclear Electronics and Computing. CEUR Workshop Proceedings 2507. 2019. Pp. 110–114.
8. *Goncharov P., Uzhinskiy A., Ososkov G., Nechaevskiy A., Zudikhina J.* Deep Siamese Networks for Plant Disease Detection // EPJ Web of Conferences. EDP Sciences. 2020. Vol. 226. 03010 p.

9. Лунева Н.Н. Сорные растения: происхождение и состав // Вестник защиты растений. 2018. № 1(95). С. 26–32.
10. Баздырев Г.И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии. Москва: Издательство МСХА, 1993. 242 с.
11. Савельев В.А. Сорные растения и меры борьбы с ними: учебное пособие. Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2018. 295 с.

Информация об авторе

Каноква Мадина Аликовна, зав. лабораторией «Разработка моделей продвижения инновационных проектов» Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;
kanokova.madina@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5313-1360>

REFERENCES

1. Yadchenko V. From mechanization to robotization. *Nauka i innovatsii* [Science and innovation]. 2021. No. 3 (217). Pp. 17–20. (In Russian)
2. Vlasenko N.G., Korotkikh N.A. Pros and cons of the agrotechnical method of plant protection. *Zashchita i karantin rasteniy* [Journal of Plant Protection and Quarantine]. 2012. No. 2. Pp. 16–19. (In Russian)
3. Savchenko S.D. Using the biological method of plant protection from arthropod pests in the Vologda region. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal «Kontsept»* [Scientific and methodological electronic journal «Concept»]. 2015. No T13. Pp. 4386–4390. (In Russian)
4. Afanasyev R.A., Ermolov I.L. On the prospects of precision farming robotization. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravleniye* [Mechatronics, Automation, Control]. 2016. Vol. 17. No. 12. Pp. 828–833. DOI: 10.17587/mau.17.828–833. (In Russian)
5. Balabanov V.I., Belenkov A.I., Berezovsky E.V., Egorov V.V., Zhelezova S.V. *Navigatsionnyye tekhnologii v sel'skom khozyaystve. Koordinatnoye zemledeliye* [Navigation technologies in agriculture. Coordinate agriculture. Tutorial.]. Uchebnoe posobie. Moscow: Izdatel'stvo RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva. [Russian State Agrarian University n.a. Timiryazev Publishing House] 2013. 117 p. (In Russian)
6. Uzhinskiy A., Ososkov G., Goncharov P., Nechaevskiy A., Smetanin A. One-shot learning with triplet loss for vegetation classification tasks. *Computer Optics*. 2021. Pp. 608–614. DOI: 10.18287 / 2412-6179-CO-856.
7. Uzhinskiy A., Ososkov G., Goncharov P., Nechaevskiy A., Multifunctional platform and mobile application for plant disease detection. *Proceedings of the 27th Symposium on Nuclear Electronics and Computing. CEUR Workshop Proceedings 2507*. 2019. Pp. 110–114.
8. Goncharov P., Uzhinskiy A., Ososkov G., Nechaevskiy A., Zudikhina J. Deep Siamese Networks for Plant Disease Detection. *EPJ Web of Conferences. EDP Sciences*. 2020. Vol. 226. 03010 p.
9. Luneva N.N. Weeds: origin and composition. *Vestnik zashchity rasteniy* [Bulletin of plant protection]. 2018. No. 1 (95). Pp. 26–32. (In Russian)
10. Bazdyrev G.I. *Sornyye rasteniya i mery bor'by s nimi v sovremennom zemledelii* [Weed plants and measures to control them in modern agriculture]. Moscow: Izdatel'stvo MSKHA, 1993. 242 p. (In Russian)
11. Saveliev V.A. *Sornyye rasteniya i mery bor'by s nimi: uchebnoye posobiye* [Weed plants and measures to combat them: a tutorial]. Saint Petersburg: Izdatel'stvo «Lan». 2018. 295 p.

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF SOFTWARE AND ROBOTIC SYSTEMS FOR THE PROTECTION OF AGRICULTURAL CROPS FROM DISEASES, PESTS AND WEEDS

M.A. KANOKOVA

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360002, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

Annotation. When growing cultivated plants of the field and fruit trees of the garden, one of the most important indicators of the effectiveness of the agricultural equipment and various kinds of chemicals and mineral fertilizers used is harvesting without quantitative and qualitative losses. Choosing the right methods to protect plants from pests, diseases and weeds can save crops and orchards from significant crop losses, lead to higher yields and increased income.

Keywords: plant protection, precision farming, hardware and software systems, robotic systems, intelligent systems, agriculture, agricultural producers, plants

The article was submitted 14.11.2021

Accepted for publication 04.12.2021

For citation. Kanokova M.A. Analysis of the effectiveness of the use of software and robotic systems for the protection of agricultural crops from diseases, pests and weeds. News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS. 2021. No. 6 (104). Pp. 126–136. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-126-136

Information about the author

Kanokova Madina Alikovna, Head of Laboratory "Development of models for promoting innovative projects" of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street; kanokova.madina@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5313-1360>