

**УДК 681.3  
DOI 10. 56525/YDDS3514**

## **РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИКИ ПАРНИКОВОГО ЭФФЕКТА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**Гончаров Д. В.**

Белгородский государственный университет, г. Белгород, Россия  
e-mail: goncharov\_dv@bsu.edu.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются разработка прототипа специализированного научного программно-аппаратного комплекса, который может применяться для изучения воздействия парникового эффекта на рост и развитие растений. Данный комплекс поддерживает автоматизированное выращивание растений с возможностью воссоздания требуемых параметров произрастания, таких как: метеорологические; почвенные; климатические. В работе предложено программное обеспечение, которое может применяться для автоматизированного накопления параметров произрастания, снимков для дальнейшего цифрового фенотипирования и изучения элементов культуры. Сформированные банки данных могут использовать для обучения/переобучения сверточных нейронных сетей для визуализации роста и развития растений в текущих/прогнозных условиях произрастания. Это необходимо для формирования научно обоснованных решений по формированию агротехнических планов выращивания культур в реальных условиях и обеспечения высокой урожайности и экономической выгоды для растениеводческих комплексов.

**Ключевые слова:** программно-аппаратный комплекс; прототип; воздействие климата; парниковый эффект; урожайность.

**Введение.** Развитие и рост сельскохозяйственных растений зависят от процесса фотосинтеза: листья поглощают углекислый газ из нижних слоев атмосферы и, в сочетании с водой, преобразуют его в органические вещества, необходимые для роста. Таким образом, нехватка CO<sub>2</sub> является одним из ключевых факторов, ограничивающих рост, развитие и урожайность растений. Эту проблему можно эффективно решить, определив территории с необходимыми уровнями концентрации CO<sub>2</sub> для различных сельскохозяйственных культур, учитывая динамику парникового эффекта (ПЭ). Важно отметить, что в этом контексте также открывается возможность управления гумусовым слоем почвы, который играет значительную роль в её плодородии и урожайности.

Создание адаптационных сценариев и научное обоснование зонирования сельскохозяйственных территорий с учетом динамики ПЭ требует сбора и обработки больших объемов разнообразных данных. Это включает одновременное внимание к контролируемым параметрам, которые имеют значительное распределение по обширной территории и случайный характер, а также участие живых организмов в производственных процессах [1]. Все это подчеркивает необходимость применения цифровых технологий, активно развивающихся в рамках Индустрии 4.0.

На уже реализованных этапах научного исследования авторским коллективом была представлена схема формирования адаптационных сценариев по зонированию территорий для повышения урожайности сельскохозяйственных культур в условиях внешнего природно-климатического и техногенного воздействия, которая включает: этапы моделирования, интеллектуальные поддержки принятия решений; определение оптимальных параметров природно-сельскохозяйственного и агроэкологического зонирования исследуемых территорий, их качественную и количественную структуру [2]. Разработаны необходимые методы и интеллектуальные модели [3], реализованы алгоритмы для создания программного

обеспечения и автоматизированного формирования адаптационных сценариев зонирования сельскохозяйственных территорий (рисунок 1) [4].

На сегодняшний момент наблюдается увеличение интереса к ситуационному подходу, который применяется в различных сферах человеческой деятельности с соответствующим созданием ситуационных центров [4, 5].



**Рисунок 1 – Схема автоматизированного формирования адаптационных сценариев по зонированию территорий в условиях внешнего природно-климатического и техногенного воздействия**

В настоящей работе представлены результаты формирования основных аспектов и ситуационных моделей для создания прототипа регионального ситуационного центра, основной функцией которого является разработка научно обоснованных сценариев зонирования сельскохозяйственных территорий в условиях динамики ПЭ, что должно привести к постепенному увеличению урожайности культур и производительности территорий.

Принятие решений в области сельскохозяйственного растениеводства сталкивается с серьезными трудностями, обусловленными недостатком информации, конфликтами интересов и целей, а также быстрыми и множественными изменениями в окружающей среде и техногенным воздействием производственного сектора [6]. В таких условиях требования к гибкости сельскохозяйственного сектора и скорости принятия управлеченческих решений значительно возрастают, что, в свою очередь, делает необходимым внедрение интеллектуальных и информационных технологий в процессы управления.

Принятие научно обоснованных решений по зонированию становится возможным благодаря применения аппарата искусственных нейронных сетей, функционирование которых требует предварительного обучения на большом массиве данных [7]. Накопление данной информации возможно при проведении лабораторных исследований и воссоздания различных условий произрастания. Выращивание сельскохозяйственных культур в закрытом грунте – технически трудоемкий процесс, который невозможно реализовать без специального технического оснащения [8]. Ошибки, допущенные при контроле параметров произрастания, могут приводить к: неравномерной всхожести, бледному цвету растений, слабой устойчивости к вредителям [9].

Для решения данных проблем был использован гроубокс (PROBOX ECOPRO) – это закрытая конструкция, предназначенная для создания оптимального микроклимата для роста и развития сельскохозяйственных культур. Внешний вид разрабатываемого лабораторного инструментария представлен на рисунке 3.

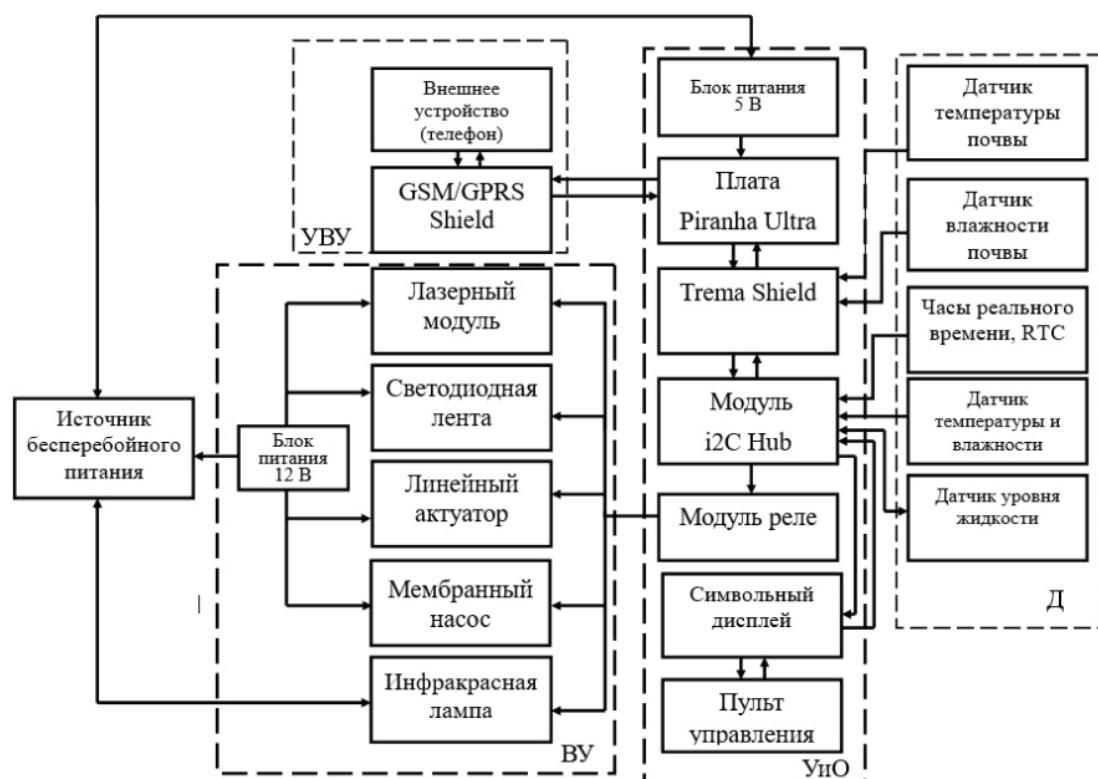
Техническое оснащение лабораторного комплекса состоит из следующих компонентов:

- светодиодное освещение с контролем яркости;
- система микроклимата (тепловой вентилятор, приточно-вытяжная система, рекуператорно-охладительная установка, система подачи углекислого газа);
- система контроля влажности почвы;
- система контроля фотосинтетической активности;
- система автоматизированного управления параметрами лабораторного комплекса.



**Рисунок 3 – Внешний вид лабораторного инструментария для контролируемого произрастания сельскохозяйственных культур**

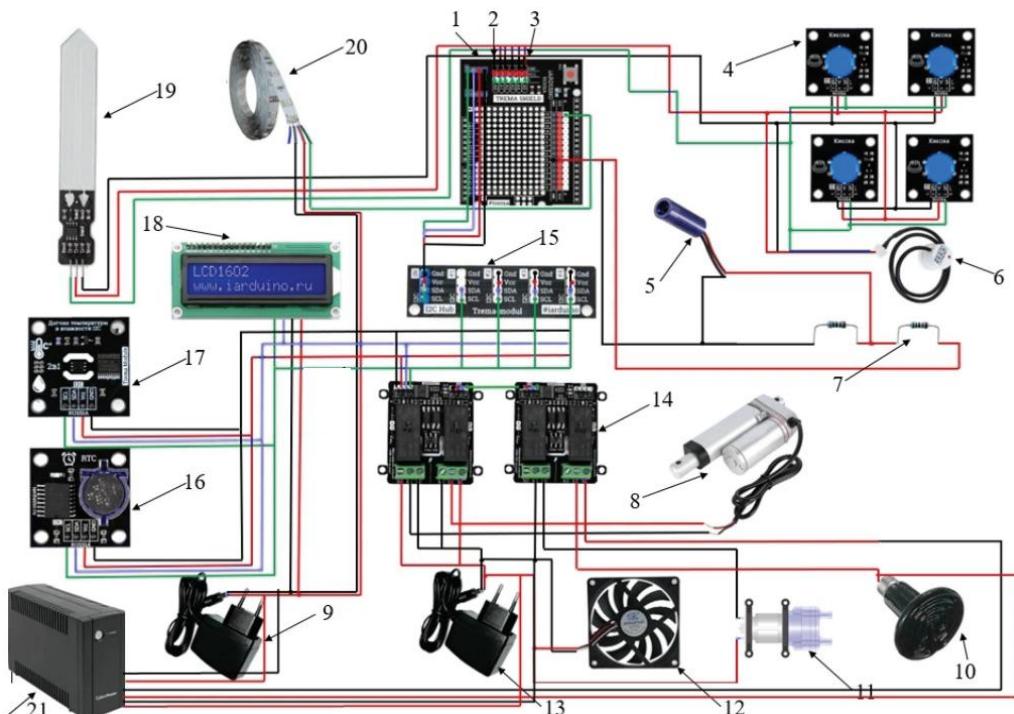
Для контроля элементов лабораторного комплекса предложена система управления, структурная диаграмма которой показана на рисунке 4 [10].



**Рисунок 4 – Структурная схема технических компонентов лабораторного комплекса**

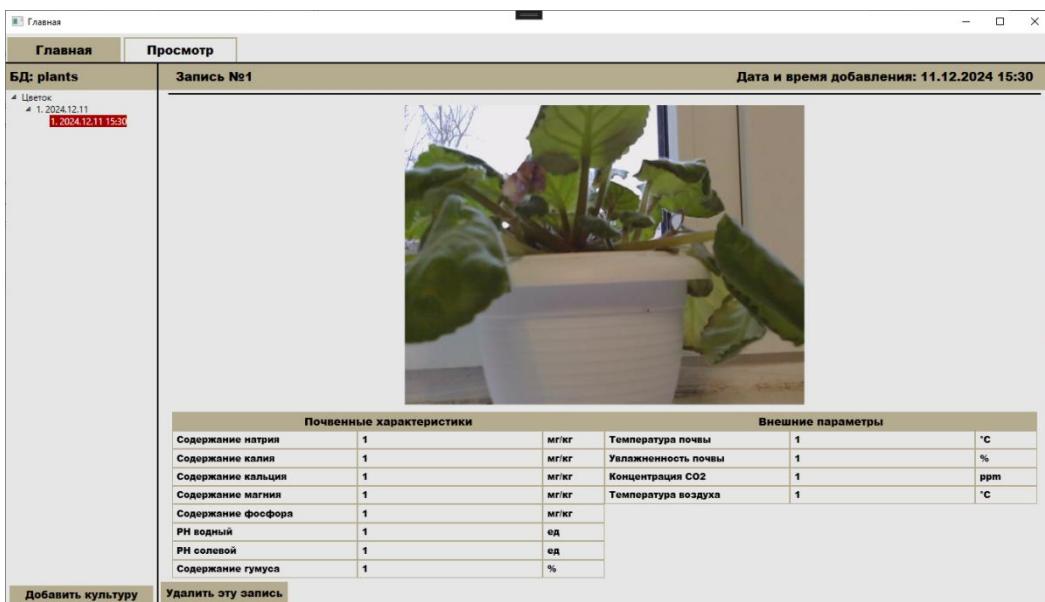
Для описания принципов соединения различных электрических и электронных компонентов в единую систему была разработана следующая спецификация, соответствующая структурной схеме (см. рисунок 5). В данной схеме подключения представлены следующие элементы:

1. Плата управления Piranha Ultra R3;
2. Устройство для подключения Trema Shield;
3. GSM/GPRS Shield для интеграции с мобильным устройством;
4. Кнопки управления;
5. Лазерный модуль;
6. Бесконтактный датчик уровня жидкости XKC-Y25-V;
7. Набор резисторов;
8. Линейный актуатор XDHA12-50;
9. Источник питания на 12В (2А);
10. ИК-лампа;
11. Мембранный насос 385;
12. Вентиляторы на 12 В;
13. Источник питания на 5 В;
14. Двухканальный модуль реле FLASH-I2C;
15. i2C Hub для подключения периферийных устройств;
16. Часы реального времени (RTC);
17. Датчик температуры и влажности FLASH-I2C;
18. Символьный дисплей LCD1602 IIC/I2C;
19. Емкостной датчик влажности почвы;
20. Светодиодный светильник ФОТОН ПРОМ;
21. ИБП Cyberpower UTC650E.
- 22.



**Рисунок 5 – Схема подключения элементов лабораторного комплекса**

Для фиксации параметров произрастания и визуального состояния культур используется специализированное программное обеспечение [11, 12]. Оконная форма главного окна представлена на рисунке 6.



**Рисунок 6 – Интерфейс главного окна программного обеспечения для сбора параметров произрастания культур**

**Заключение.** В результате исследования был представлен прототип программно-аппаратного комплекса для использования в научных исследованиях. Авторами получены данные и фотоснимки сельскохозяйственных культур на разных этапах и условиях произрастания. Полученные данные позволили выполнить обучение сверточной нейронной сети для цифрового фенотипирования растений и визуализации их роста и развития.

## ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов И. С., Иващук О. А. Автоматизированная система управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса //Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – №. 8. – С. 44-49.
2. O.A. Ivashchuk, V.I. Fedorov, D.V. Goncharov, “Approaches to the Development of an Automated Control System for the Adaptation of Agricultural Areas under the Changing Greenhouse Effect”, Mathematical Statistician and Engineering Applications, vol. 71, №3s2, pp. 948, 2022.
3. Гончаров, Д. В. Моделирование автоматизированной системы управления урожайностью сельскохозяйственных культур в условиях динамики парникового эффекта / Д. В. Гончаров, О. А. Иващук, В. И. Федоров // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2023) : Сборник трудов IX Международной научно-технической конференции, Белгород, 31 мая – 02 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – С. 147-152.
4. Ivashchuk O. A., Konstantinov I. S. Supporting ecological safety adaptive management in industrial and transport complex //Upravlenie Bol'shimi Sistemami. – 2009. – Т. 25. – С. 96-115.
5. Федоров В. И., Иващук О. А., Ужаринский А. Ю. Разработка модели оценки и прогнозирования состояния почв сельско-городских территорий на основе искусственной нейронной сети //Научный результат. Информационные технологии. – 2017. – Т. 2. – №. 4. – С. 3-9.
6. Цифровые технологии для оценки и прогнозирования влияния пространственно-временного распределения парниковых газов на фотосинтетическую активность сельскохозяйственных культур / О. А. Иващук, О. Р. Кузичкин, Д. В. Гончаров, В. А. Дунаева // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2023. – Т. 27, № 1. – С. 38-56.

7. Прядкина Г. А. Пигменты, эффективность фотосинтеза и продуктивность пшеницы //Plant varieties studying and protection. – 2018. – Т. 14. – №. 1. – С. 97-108.
8. Албегов, Р.Б. Изменение климата Северного Кавказа. Возможные угрозы и ответные меры /Р.Б. Албегов, С.С. Гагиева //Вестник МАНЭБ, 2010, т. 15, № 4, С. 162-167.
9. Ашабоков, Б.А. Об одном подходе и некоторых результатах прогнозирования изменений температурного режима воздуха в приземном слое атмосферы в степной и предгорной зонах центральной части Северного Кавказа /Б.А. Ашабоков, Р.М. Бисчоков, Л.Б. Бисчокова //Доклады АМАН, № 1, 2008.
10. Полушкина Т. М. Устойчивое развитие сельских территорий через становление органического сельского хозяйства //Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2016. – №. 6 (339). – С. 22-32.
11. Климкина Е. В., Морозова Т. В. Реализация стратегии достижения углеродной нейтральности при устойчивом росте экономики аграрного производства // Управление инновационным развитием агропродовольственных систем на национальном и региональном уровнях – 2021. – С. 287-293.
12. Швецова А. А., Звягинцева А. В. Информационно-аналитическая система поддержки принятия решений для стратегического планирования развития регионов и городов //Мягкие измерения и вычисления. – 2020. – Т. 36. – №. 11. – С. 55-66.

## **DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF A SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR STUDYING THE IMPACT OF THE DYNAMICS OF THE GREENHOUSE EFFECT ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL CROPS**

**D.V. Goncharov**

Belgorod State University, Belgorod, Russia

e-mail: goncharov\_dv@bsu.edu.ru

The article discusses the development of a prototype of a specialized scientific software and hardware complex that can be used to study the effects of the greenhouse effect on plant growth and development. This complex supports automated plant cultivation with the ability to recreate the required growth parameters, such as: meteorological; soil; climatic. The paper proposes software that can be used for the automated accumulation of growth parameters, images for further digital phenotyping and the study of cultural elements. The formed data banks can be used for training/retraining convolutional neural networks to visualize plant growth and development under current/forecast growing conditions. This is necessary for the formation of scientifically sound decisions on the formation of agrotechnical plans for growing crops in real conditions and ensuring high yields and economic benefits for crop production complexes.

**Keywords:** software and hardware complex; prototype; climate impact; greenhouse effect; yield.

## **АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ДаҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨСҮІ МЕН ДАМУЫНА ПАРНИКТІК ӘСЕР ДИНАМИКАСЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ ҮШІН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ-АППАРАТТЫҚ КЕШЕННИҢ ПРОТОТИПІН ӘЗІРЛЕУ**

**Гончаров Д.В.**

Белгород мемлекеттік университеті, Белгород к., Ресей

e-mail: goncharov\_dv@bsu.edu.ru

**Андратпа.** Мақалада парниктік әсердің өсімдіктердің өсуі мен дамуына әсерін зерттеу үшін қолдануға болатын мамандандырылған ғылыми бағдарламалық-аппараттық кешенниң прототипін әзірлеу қарастырылады. Бұл кешен өсімдіктерді автоматтандырылған өсіруді

қолдайды, мысалы: метеорологиялық; топырак; климаттық. Жұмыста өсу параметрлерін автоматтандырылған жинақтау, одан әрі цифрлық фенотиптеу және мәдениет элементтерін зерттеу үшін суреттер үшін қолдануға болатын бағдарламалық қамтамасыз ету ұсынылған. Қалыптасқан деректер банктері ағымдағы/болжамды өсу жағдайында өсімдіктердің өсуі мен дамуын визуализациялау үшін конволюциялық нейрондық желілерді оқыту/қайта оқыту үшін пайдалана алады. Бұл нақты жағдайларда дақылдарды өсірудің агротехникалық жоспарларын қалыптастыру және Өсімдік шаруашылығы кешендері үшін жоғары өнімділік пен экономикалық пайданы қамтамасыз ету бойынша ғылыми негізделген шешімдерді қалыптастыру үшін қажет.

**Түйін сөздер:** бағдарламалық-аппараттық кешен; прототип; климаттың әсері; парниктік әсер; өнімділік.