

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

В работе представлена разработка интеллектуальной системы для диагностики заболеваний сельскохозяйственных культур по цифровым изображениям. Рассмотрены особенности формирования локализованного датасета, характерного для агроклиматических условий Республики Беларусь. Проведен анализ архитектур сверточных нейронных сетей для задачи классификации изображений растений. Разработан прототип системы с интеграцией в Telegram-бот. Проведено тестирование модели и оценка точности распознавания. Полученные результаты подтверждают перспективность применения технологий глубокого обучения в аграрном секторе.

Введение

Цифровая трансформация аграрного сектора является одним из приоритетных направлений развития экономики Республики Беларусь. Существенной проблемой сельского хозяйства остаётся несвоевременная диагностика заболеваний растений, приводящая к потерям урожая, а следовательно к значительным экономическим убыткам. Традиционные методы мониторинга требуют участия квалифицированных специалистов и значительных временных затрат. Современные методы компьютерного зрения и глубокого обучения позволяют автоматизировать процесс распознавания заболеваний по изображениям листьев и стеблей растений. Существующие аналоги демонстрируют высокую востребованность на рынке, однако для белорусских культур зарубежные решения не представляют ценности

I. Формирование и анализ датасета

Ключевым этапом разработки системы является формирование специализированного набора изображений растений. Для решения задачи диагностики заболевания пшеницы *Septoria tritici blotch* был создан локализованный набор данных, основанный на полевых фотографиях сельскохозяйственных культур, полученных в сотрудничестве с аграрными хозяйствами. Разметка изображений осуществлялась с использованием платформы Roboflow, предназначенной для подготовки датасетов в задачах компьютерного зрения. В процессе разметки были сформированы два класса объектов: 1) *Septoria* – очаги поражения листа заболеванием *Septoria tritici*; 2) *Leaf* – листья пшеницы, включая как поражённые, так и здоровые участки растения. Каждое изображение проходило предварительную обработку, включающую проверку качества, нормализацию размеров и структурирование данных по обучающей, валидационной и тестовой выборкам. Такой подход позволил сформировать репрезентативный датасет, отражающий реальные агроклиматические условия Республики Беларусь. Использование полевых изображений обеспечивает более высокую прикладную ценность модели по сравнению с универсальными международными датасетами, поскольку учитывает локальные особенности проявления заболевания, типы почв и условия освещения.

Архитектура и методы обучения модели

Для решения задачи автоматической диагностики заболеваний растений был проведён сравнительный анализ архитектур сверточных нейронных сетей (CNN), применяемых в задачах анализа изображений. В качестве базовых архитектур рассматривались современные модели глубокого обучения, оптимизированные для задач детекции и классификации объектов. Критериями выбора архитектуры послужили точность распознавания объектов, устойчивость к вариациям освещения и масштаба, вычислительная эффективность. Обучение модели проводилось на сформированном локализованном датасете с использованием стандартных методов оптимизации градиентного спуска. Для оценки качества модели применялись метрики компьютерного зрения, включая: Training loss (потеря на обучении), Validation loss (потеря на валидации), Val mIoU (отношение площади пересечения предсказанной и истинной маски к площади их объединения).

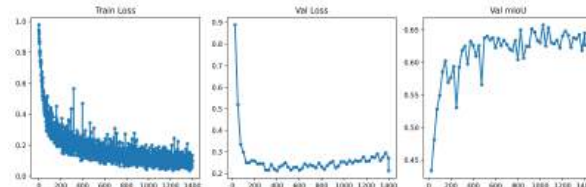


Рис. 1 – Итоговые метрики семантической сегментации

Результаты экспериментов показали, что использование локализованных данных значительно повышает точность классификации по сравнению с обучением на универсальных международных выборках, поскольку модель обучается на изображениях, отражающих реальные условия выращивания культур в регионе.

Результаты тестирования

Тестирование разработанной модели проводилось на независимой валидационной выборке, содержащей изображения растений, полученные в различных условиях съёмки. Результаты экспериментов показали высокую устойчивость модели к различным условиям освещения; вариациям ракурса съёмки; неоднородности фона изображения. Анализ оши-

бок позволил выявить затруднение распознавания в случае сильного повреждения листа, при котором характерные признаки заболевания частично утрачиваются. Для повышения точности распознавания в подобных ситуациях предложены следующие решения: расширение датасета изображениями с различными стадиями поражения растения; введение дополнительных классов заболеваний; применение методов data augmentation для повышения обобщающей способности модели.

Заключение

В работе разработана интеллектуальная система AgroVision AI для диагностики заболеваний растений на основе технологий компьютерного зрения и методов глубокого обучения. Создание локализованного датасета изображений растений, характерных для агроклиматических условий Республики Беларусь, позволило повысить точность распознавания заболеваний и адаптировать систему к реальным условиям сельскохозяйственного производства. Разработанный программный комплекс демонстрирует перспектив-

ность применения методов искусственного интеллекта в аграрной сфере. Внедрение подобных решений может способствовать повышению эффективности мониторинга сельскохозяйственных культур, снижению потерь урожая и развитию цифровых технологий в агропромышленном комплексе. Дальнейшее развитие проекта предполагает масштабирование системы на новые сельскохозяйственные культуры, расширение базы заболеваний, а также интеграцию с мобильными платформами и системами дистанционного мониторинга.

Список литературы

1. Бредихин, А. И. Алгоритмы обучения сверточных нейронных сетей : электрон. ресурс. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-obucheniya-svtochnykh-neyronnyh-setey/viewer> (дата обращения: 05.03.2026).
2. Santos, L., Santos, F. N., Oliveira, P. M., Shinde, P. Deep Learning Applications in Agriculture : A Short Review // Robot 2019: Fourth Iberian Robotics Conference. – Advances in Intelligent Systems and Computing. – Vol. 1092. – Springer, Cham, 2020. – P. 139–151. – DOI: 10.1007/978-3-030-35990-4_12.

Гарбар Александра Евгеньевна, студентка 1 курса факультета информационных технологий и управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Al.Harbar@proton.me.

Гусаревич Максим Денисович, студент 1 курса факультета информационных технологий и управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, maksimwwwq@gmail.com.

Научный руководитель: Навроцкий Анатолий Александрович, доцент кафедры информационных технологий автоматизированных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, кандидат физико-математических наук, Декан факультета информационных технологий и управления, dekitu@bsuir.by