

*Ж. А. Грудинина<sup>1\*</sup>, С. А. Чунарева<sup>1</sup>, М. С. Климака<sup>1</sup>, А. А. Шаронов<sup>1</sup>*

## **Применение технологий искусственного интеллекта при мониторинге состояния строительных конструкций зданий и сооружений**

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

\* e-mail: GrudininaZhanna2212@gmail.com

**Аннотация.** В данной работе рассматривается применение технологий искусственного интеллекта для мониторинга состояния строительных конструкций зданий и сооружений. Особое внимание уделяется выявлению и наглядному обозначению дефектов различных строительных объектов, включая кирпичные здания. Использование искусственного интеллекта позволяет своевременно обнаруживать деформации и другие структурные проблемы в проблемных местах, что обеспечивает возможность более углубленного анализа и принятия оперативных мер по их устранению. Такой подход значительно повышает эффективность процессов обследования и ремонта сооружений, позволяя минимизировать риски, связанные с потенциальными повреждениями и аварийными ситуациями. Применение и исследование данных технологий также способствует автоматизации мониторинга состояния строительных конструкций, снижая необходимость привлечения специалистов для регулярных осмотров и тем самым экономя время и ресурсы. Это исследование демонстрирует, как применение современных методов искусственного интеллекта, интегрированных в практику мониторинга и обслуживания зданий, способствует улучшению их безопасности и долговечности.

**Ключевые слова:** определение деформаций, YOLO, точность распознавания, искусственный интеллект, компьютерное зрение, дефекты сооружений

*J. A. Grudinina<sup>1\*</sup>, S. A. Chunareva<sup>1</sup>, M. S. Klimaka<sup>1</sup>, A. A. Sharapov<sup>1</sup>*

## **Application of Artificial Intelligence Technologies for Monitoring the Condition of Building Structures and Constructions**

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

\* e-mail: GrudininaZhanna2212@gmail.com

**Annotation.** This paper examines the application of artificial intelligence technologies for monitoring the condition of building structures and constructions. Special attention is given to identifying and visually marking defects in various construction objects, including brick buildings. The use of artificial intelligence enables timely detection of deformations and other structural problems in critical areas, providing the opportunity for more in-depth analysis and prompt measures for their elimination. This approach significantly enhances the efficiency of inspection and repair processes for constructions, allowing the minimization of risks associated with potential damages and emergency situations. The application and study of these technologies also contribute to the automation of monitoring the condition of building structures, reducing the need for specialists for regular inspections and thereby saving time and resources. This research demonstrates how modern artificial intelligence methods, integrated into the practice of monitoring and maintaining buildings, contribute to improving their safety and durability.

**Keywords:** deformation detection, YOLO, recognition accuracy, artificial intelligence, computer vision, structural defects

## *Введение*

В последние годы компьютерное зрение и искусственный интеллект стали значимыми направлениями в развитии современных технологий, находя применение в различных областях, включая инженерное дело и строительство. Однако, основной проблемой в обследовании и поддержании инфраструктуры зданий и сооружений стала необходимость частого контроля и отслеживания изменений в конструкции, особенно в случае кирпичных сооружений, где деформации и дефекты могут возникать незаметно и приводить к серьезным последствиям.

Предметом исследования является разработка программного комплекса, основанного на технологиях компьютерного зрения и искусственного интеллекта, для автоматизированного обнаружения и визуализации деформаций и дефектов на изображениях и видео зданий и сооружений кирпичного типа. Наш программный комплекс представляет собой новаторский подход к мониторингу состояния зданий и сооружений, использующий передовые методы компьютерного зрения и искусственного интеллекта для автоматизации процесса обнаружения дефектов и деформаций.

Целью исследования является разработка и реализация программного комплекса, основанного на технологиях компьютерного зрения и искусственного интеллекта, для автоматизированного обнаружения и визуализации деформаций и дефектов на изображениях и видео зданий и сооружений кирпичного типа. Технология компьютерного зрения – это область искусственного интеллекта, которая занимается обработкой и анализом изображений и видео с использованием компьютерных алгоритмов. Ее цель состоит в том, чтобы обучить компьютерные системы «видеть» и понимать содержимое изображений так же, как это делают люди. Процесс компьютерного зрения включает в себя несколько этапов, начиная от предварительной обработки изображений до распознавания объектов.

### *Методы и материалы*

Разработка программного комплекса для мониторинга состояния строительных конструкций зданий и сооружений кирпичного типа велась с использованием интегрированной среды разработки PyCharm.

Для реализации компьютерного зрения в программном комплексе использовалась библиотека с открытым исходным кодом OpenCV, которая предоставляет широкий спектр инструментов для работы с изображениями и видео.

Для разработки и обучения модели использовалась библиотека PyTorch, которая предоставляет мощные инструменты для создания и обучения нейронных сетей. PyTorch был выбран за его гибкость и производительность, что делает его идеальным для задач глубокого обучения.

Модель YOLO (You Only Look Once) была использована для автоматического обнаружения деформаций и дефектов на изображениях. Для подготовки и аннотирования данных использовалась платформа RoboFlow, что позволило эффективно организовать процесс обучения.

## *Результат*

Программа для обнаружения деформаций сооружений основана на методах компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Принцип ее работы заключается в использовании нейронных сетей для обработки изображений и видео с целью выявления потенциальных деформаций и дефектов на поверхности зданий и сооружений кирпичного типа.

Для обнаружения объектов на изображениях и видео используется архитектура YOLO (You Only Look Once). Архитектура нейронной сети YOLO является примером гибкого решения задач по распознаванию и анализу дефектов [2]. Принцип работы YOLO заключается в том, что он разделяет изображение на сетку фиксированного размера и для каждой ячейки этой сетки предсказывает координаты и класс объекта. Таким образом, алгоритм осуществляет обнаружение объектов одновременно и независимо для каждой ячейки сетки.

Программа начинает работу с предварительной обработки изображений или видео, включая улучшение качества, уменьшение шума. Затем YOLO необходимо проанализировать каждый кадр изображения или видео и определить координаты и класс различных объектов изображения, в том числе и потенциальных деформаций на поверхности зданий. Благодаря этому предоставляется возможность точно локализовать местоположение деформаций и провести анализ их характеристик.

Обучение модели на основе YOLO происходит на большом объеме разнообразных данных, собранных и обработанных с помощью RoboFlow в ручном режиме, что предусматривает определение границ различных интересующих объектов и присвоение им необходимого нам класса путем собственноручного анализа каждого изображения.

Первым шагом к получению готовой обученной модели является подготовка данных. Этот набор данных должен содержать изображения, а также разметку, которая указывает на местоположение и классы объектов на этих изображениях. Разметка может быть представлена в формате, который может прочитать модель YOLO, например, в формате COCO или VOC.

Для обучения модели YOLO необходимо выбрать одну из доступных архитектур. В качестве этой архитектуры была выбрана YOLOv3. YOLOv3 (You Only Look Once version 3) – это третья версия алгоритма обнаружения объектов YOLO, которая претерпела значительные улучшения в сравнении с предыдущими версиями. Одноэтапные алгоритмы в данной версии используют единую сеть для прямого прогнозирования различных рамок объекта и оценки вероятности класса изображения [3].

В качестве базовой архитектуры используется нейронная сеть Darknet-53, которая является более глубокой и мощной по сравнению с предыдущими версиями. Это позволяет модели извлекать более высокоуровневые признаки из изображений и повышает ее точность обнаружения объектов.

После подготовки данных и настройки параметров модели можно приступить к обучению. Обучение модели YOLO может занять длительное время в за-

висимости от объема данных и вычислительных ресурсов. В процессе обучения модель постепенно улучшает свои предсказательные способности, выявляя закономерности в данных и корректируя параметры в соответствии с этими закономерностями. В результате обучения были достигнуты хорошие результаты в точности обнаружения, показанные на рис. 1.

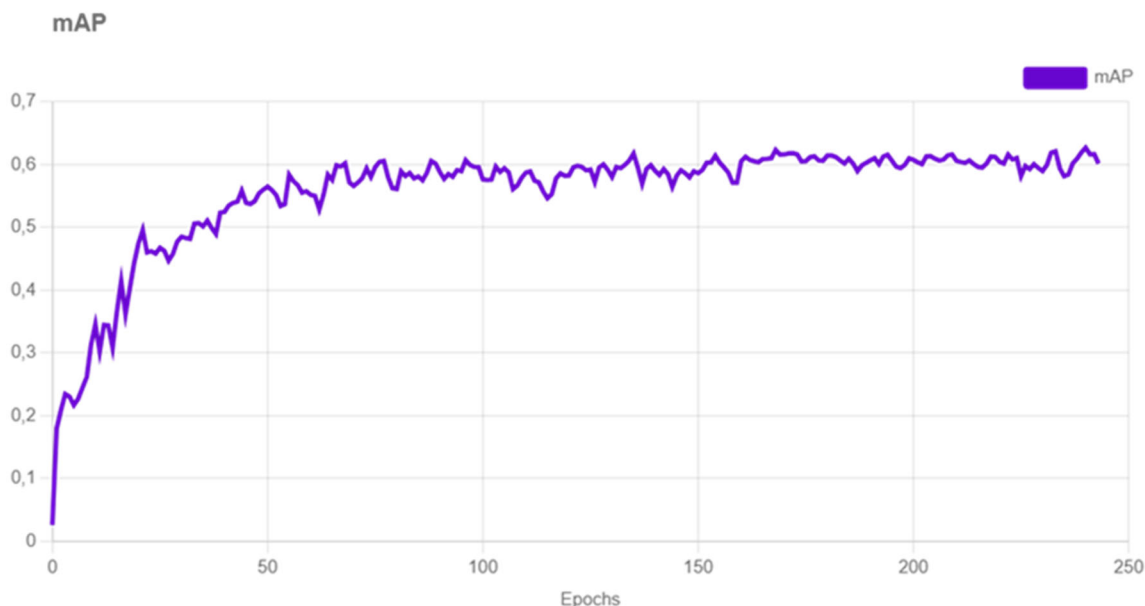


Рис. 1. Прогресс обнаружения в результате обучения

Датасет в любое время можно расширить для достижения большей точности обнаружения и эффективности работы программы, в которую данная модель будет внедрена.

Для внедрения нейросети YOLOv3 в программу обнаружения деформаций были использованы две ключевые библиотеки Python: PyTorch и OpenCV.

OpenCV был использован для обработки изображений в программе. OpenCV также предоставил функционал для отображения результатов обнаружения деформаций на изображениях и сохранения этих результатов для дальнейшего анализа.

Графический интерфейс пользователя обеспечивает удобное взаимодействие с программой, позволяя загружать, просматривать и анализировать изображения и видео, а также просматривать результаты обнаружения деформаций.

Главное окно программы состоит из двух панелей для отображения изображений: первая панель показывает изображение до обработки, а вторая – после. Это позволяет пользователю наглядно сравнивать изображения до и после обработки и оценивать эффективность работы алгоритма, а также необходимость изменения коэффициента обработки при необходимости.

Для удобства навигации по загруженным изображениям в программе предусмотрен лист для прокрутки и выбора необходимого к просмотру изображения.

Пользователь может просматривать загруженные изображения и выбирать те, которые необходимо обработать.

Программа также предоставляет возможность сохранить результаты обработки и загрузить новые изображения для дальнейшей обработки.

Одной из ключевых особенностей программы является возможность настройки коэффициента точности обнаружения. Этот параметр позволяет пользователю установить пороговое значение от 0 до 100 %, которое влияет на отброс деформаций, обнаруженных алгоритмом, если их степень не соответствует установленному коэффициенту. Таким образом, пользователь может настраивать чувствительность алгоритма к деформациям в соответствии с требованиями конкретной задачи. Основное окно приложения представлено на рис. 2.

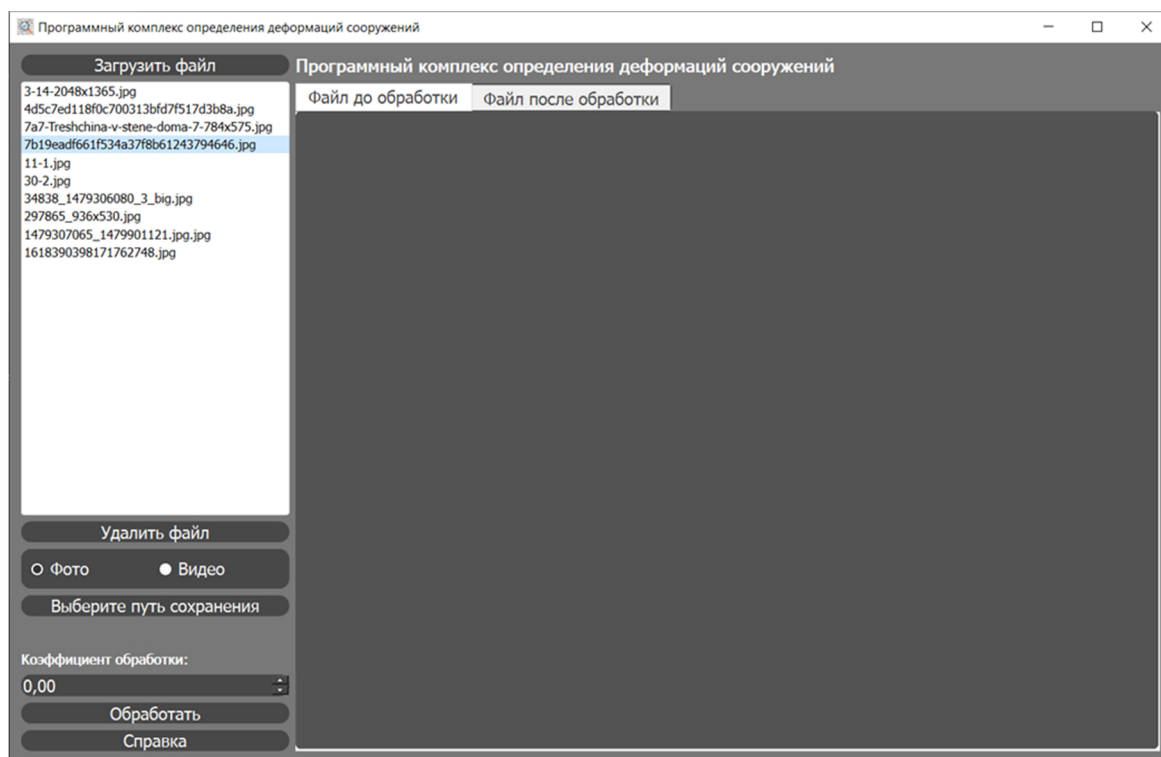


Рис. 2. Окно программы

### *Заключение*

В результате проведенного исследования и разработки программного комплекса для мониторинга состояния строительных конструкций зданий и сооружений кирпичного типа мы получили мощный инструмент, способный эффективно решать задачи обнаружения деформаций и дефектов. Программа предоставляет пользователям возможность оперативно выявлять проблемы на ранних стадиях, что позволяет предотвращать серьезные повреждения и снижать риски для безопасности обитателей.

Разработанный программный комплекс представляет собой важный шаг в области автоматизации и оптимизации процессов мониторинга и обслуживания строительных конструкций. Его применение может значительно повысить эф-

фективность работы строительных компаний, инженерных организаций, а также государственных и муниципальных структур, способствуя обеспечению безопасности и надежности наших городов.

Дальнейшая работа будет направлена на интеграцию в программу возможности распознавания дефектов сооружений в реальном времени с камер видеонаблюдения, а также генерацию отчета по полученным в результате мониторинга данным.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брюс М. Ван Хорн II, Куан Нгуен, PyCharm: профессиональная работа на Python. – Москва, 2024. – 37 с.
2. Э. А. Брехт, В. Н. Коншинина, Применение нейронной сети YOLO для распознавания дефектов. – Санкт- Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2022. – 41 с.
3. Е.И. Болохитова, Исследование моделей сверхточных нейронных сетей YOLOv3 и RETINAET для задачи детектирования лица человека на изображении. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2022. – 3 с
4. И. И. Смирнов, Применение библиотеки OpenCV при разработке программных средств обеспечения информационной безопасности. – Калуга: Калужский филиал Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, 2019. – 36 с

© Ж. А. Грудина, С. А. Чунарева, М. С. Климака, А. А. Шаранов, 2024