

Устенко В.Ю.¹, Бондаренко В.И.²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк,
283048, г. Донецк, ул. Артема, 118 б

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Донецкий государственный университет», г. Донецк,
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АННОТИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ: ОБЪЕКТНО- ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД НА ОСНОВЕ WINFORMS*

Ustenko V.Y.¹, Bondarenko V.I.²

¹Federal State Budgetary Scientific Institution «Institute of Artificial Intelligence Problems», 283048,
Donetsk, Artema str, 118-b

²Federal State Educational Institution of Higher Education «Donetsk State University» 283001,
Donetsk, University st, 24

SOFTWARE DEVELOPMENT DATA ANNOTATION FOR COMPUTER VISION TASKS: AN OBJECT-ORIENTED APPROACH BASED ON WINFORMS

Данная работа посвящена разработке программного обеспечения для аннотирования данных в форматах COCO и YOLO для задачи компьютерного зрения. Создание высококачественных аннотированных наборов данных напрямую влияет на производительность моделей машинного обучения, что делает эффективное программное обеспечение для аннотирования данных важным компонентом исследований и разработок в области искусственного интеллекта. В работе выбраны основные критерии классификации инструментов аннотирования, проанализированы возможности современных инструментов аннотирования данных, разработана архитектура и модуль взаимодействия системы.

Ключевые слова: системы аннотирования, программная инженерия, компьютерное зрение, обработка изображений, метаданные, машинное обучение, наборы данных.

This work focuses on the development of software for data annotation in COCO (Common Objects in Context) and YOLO (You Only Look Once) formats for computer vision tasks. The creation of high-quality annotated datasets directly impacts the performance of machine learning models, making efficient data annotation software a crucial component of research and development in artificial intelligence. The study identifies key criteria for classifying annotation tools, analyzes the capabilities of modern data annotation tools, and develops the architecture and interaction module of the system.

Keywords: annotation systems, software engineering, computer vision, image processing, metadata, machine learning, datasets.

* Поддержка исследований. Исследование выполнено в рамках темы «Извлечение семантической информации из изображений для автономных систем навигации беспилотных летательных аппаратов» молодежной лаборатории ЛИСАД ФГБНУ «ИПИИ» (регистрационный номер проекта в ЕГИСУ НИОКТР 102311200001-6-2.2.1), финансируемого из федерального бюджета в рамках национального проекта «Наука и университеты».

Введение

В последние годы наблюдается стремительный прогресс в сфере компьютерного зрения, который обусловлен развитием методов машинного обучения, а также аппаратного обеспечения [1-3]. Данные системы способны анализировать и интерпретировать визуальную информацию, они имеют широкое применение в различных областях: от автономного вождения и медицинской диагностики до мониторинга окружающей среды и территорий. Стоит отметить, что эффективность работы алгоритмов компьютерного зрения напрямую зависит от качества и объема обучающих и тестовых данных.

Одним из ключевых этапов подготовки данных является аннотирование изображений – процесс, в ходе которого формируются метаданные различных объектов для входного набора изображений. Т.е. аннотация данных подразумевает процесс разметки данных для создания структурированных наборов, которые используются для обучения алгоритмов, таких как те, что применяются в обнаружении объектов [4-6].

Актуальность разработки собственной системы аннотирования изображений обусловлена следующими факторами: обеспечение конфиденциальности и безопасности для аннотируемых данных, обеспечение возможности адаптации системы аннотирования под специфические задачи и условия. Кроме того, системы аннотирования позволяют быстро и точно маркировать данные в соответствии с индивидуальными требованиями, что делает возможным создание специализированных приложений для узконаправленных задач.

Таким образом, разработка собственной системы аннотирования изображений является не только актуальной, но и необходимой задачей, способствующей повышению качества и безопасности в задачах компьютерного зрения, а также их адаптации к потребностям пользователей. Большинство современных инструментов для аннотирования изображений предоставляют полезные функции, такие как многопользовательская поддержка, управление проектами и базовые инструменты аннотирования. Однако, их функционал часто ограничен применением конкретных форматов или алгоритмов, что снижает гибкость их использования в специализированных задачах, например, для генерации графов сцен (SGG). Многофункциональные решения, такие как Label Studio и CVAT, зачастую требуют значительных ресурсов, обладают сложным интерфейсом и могут представлять проблемы с интеграцией в специфические рабочие процессы [7].

Таким образом, разработка собственной системы аннотирования может обеспечить лучшую адаптацию под уникальные требования проекта, а также более гибкое управление процессом аннотирования для дальнейшего использования данных в SGG и связанных задачах.

Постановка задачи исследования

Цель данной работы заключается в разработке собственного программного комплекса аннотирования данных, который обеспечит автоматизацию и улучшение процесса маркировки изображений для задач компьютерного зрения. Рассмотрим ключевые аспекты проектирования системы, включая выбор алгоритмов аннотирования, интерфейса пользователя и интеграции с существующими инструментами.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

- 1) Выбрать основные критерии классификации инструментов аннотирования.

2) Проанализировать возможности современных инструментов аннотирования данных:

- поддерживаемые типы данных и форматы в системе аннотирования;
- интерфейс и функциональные возможности систем аннотирования;
- управление проектами и многопользовательская работа;
- преимущества и недостатки инструментов аннотирования;
- отличительные особенности систем аннотирования.

3) Разработать архитектуру и модуль взаимодействия компонентов системы аннотирования наборов изображений для задач компьютерного зрения:

- модуль интерфейса пользователя;
- модуль преобразования данных между форматами библиотеки и наборами данных;
- модуль взаимодействия разрабатываемой программы аннотации с файловой системой Windows;
- модуль для проверки целостности структуры проекта;
- модуль для редактирования наборов данных;
- модуль для взаимодействия с графической оболочкой.

1. Основные критерии классификации инструментов аннотирования

Современные инструменты аннотирования данных можно классифицировать по 5 ключевым критериям (рис. 1):

1) Тип аннотации:

- Вычислительная аннотация (метаданные): дополнительная информация, уточняющая свойства и семантику существующего контента.
- Когнитивная аннотация (трек чтения): аннотация, требующая когнитивных и интеллектуальных усилий человека для интерпретации.

2) Категория системы аннотации:

- Приложения и вебсайты, поддерживающие аннотирование различных данных.

3) Вид аннотативной деятельности:

- Ручная, полуавтоматическая и автоматическая аннотация.

4) Тип аннотируемого ресурса:

- Разнообразные типы ресурсов, включая текст, веб-страницы, изображения, видео, аудио, базы данных и веб-сервисы.

5) Область применения:

- Сферы, такие как семантические и социальные сети, цифровые библиотеки, базы данных, компьютерная лингвистика и биоинформатика.

2. Анализ возможностей современных инструментов аннотирования данных

Системы аннотирования данных различаются в зависимости от поддерживаемых форматов и типов данных для импорта и экспорта [8]. Среди поддерживаемых форматов для импорта и экспорта данных можно выделить JSON, XML, CSV, COCO и др. Эти форматы обеспечивают интеграцию аннотированных данных с различными инструментами и облегчают их последующую обработку.

Системы аннотирования данных имеют стандартизированный интерфейс, включающий следующие элементы:

- 1) поле с инструментами для аннотирования;
- 2) поле для управления метаданными и переключения между объектами;
- 3) рабочая область для аннотирования изображений и объектов;
- 4) отображение размеченных классов и параметров объектов.

Основные функции систем аннотирования:

- 1) создание учётных записей, управление правами пользователей (например, чтение или аннотирование);
- 2) настройка и редактирование проектов (загрузка данных, редактирование метаданных, создание классов);
- 3) использование нескольких типов аннотаций, включая линии, полилинии, полигоны и точки;
- 4) масштабирование изображения и отображение выбранных классов.

Системы аннотирования данных также позволяют управлять несколькими проектами и обеспечивают многопользовательский доступ. Проектный менеджмент поддерживается функциями для распределения задач, контроля выполнения и проверки корректности. Многопользовательская работа с системой включает различные роли пользователей и доступы, что улучшает процесс аннотирования и управления проектом в командной работе.

Таким образом, современные инструменты аннотирования имеют следующие функциональные возможности:

- 1) интеллектуальная разметка: некоторые инструменты используют предобученные модели для полуавтоматической разметки объектов [9-11];
- 2) разнообразие инструментов аннотирования: широкая поддержка аннотативных инструментов, таких как рамки и полигоны [12];
- 3) поддержка популярных форматов разметки: обеспечивает гибкость использования данных [13];
- 4) анализ метаданных: ведение статистики и анализ данных проекта [14-17];
- 5) многопользовательский режим работы: структура ролей для улучшения эффективности команды.

Можно выделить следующие проблемы, встречающиеся в системах аннотирования:

- 1) сложность установки: многие системы требуют больших усилий для локальной настройки;
- 2) проблемы с конфиденциальностью и безопасностью при работе с веб-сервисами;
- 3) высокая стоимость некоторых инструментов, что может затруднить их доступность для небольших компаний или научно-образовательных учреждений.

3. Архитектура системы аннотирования наборов изображений для задач компьютерного зрения

3.1. Модуль интерфейса пользователя

Модуль интерфейса пользователя взаимодействует с визуальной и функциональной структурой интерфейса программы, и обеспечивает взаимодействие пользователя с остальными компонентами (модулями) системы.

Модуль интерфейса пользователя обеспечивает следующую функциональность:

1) отображение списка проектов и наборов данных (рис. 1);

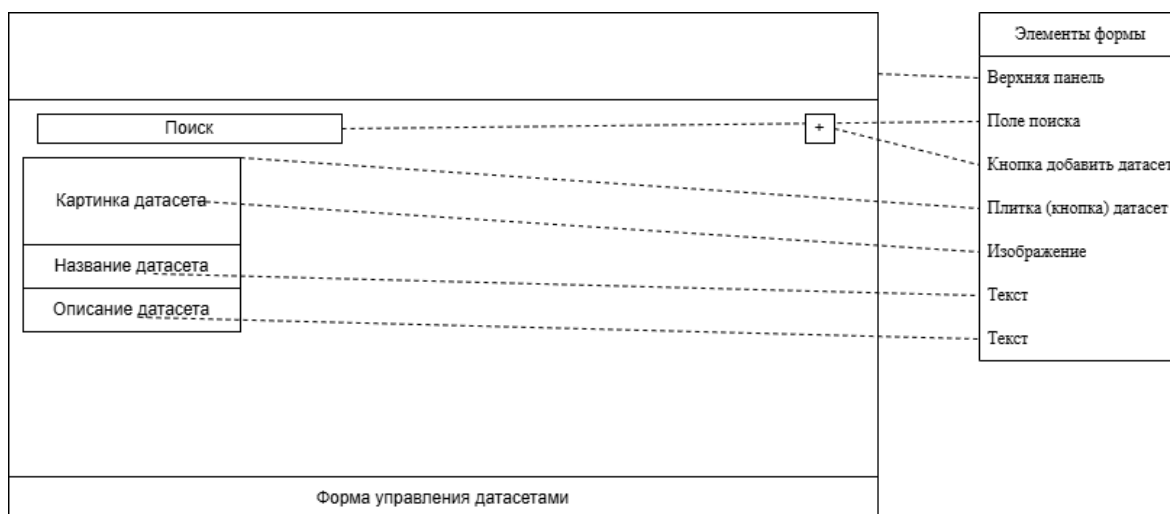


Рисунок 1 - Форма управления датасетами

- 2) управление проектами и аннотациями в виде метаданных (рис. 2);
- 3) поле поиска для быстрой навигации по проектам и наборам данных;
- 4) редактирование аннотаций, включая создание, удаление и изменение разметки (рис. 3);
- 5) панель работы с классами (добавление, удаление, настройка свойств классов, скрытие объектов, изменение цвета рамок).

Визуальная структура:

- 1) рабочая область (холст) для отображения и аннотирования изображений;
- 2) панели инструментов с кнопками для редактирования границ объектов, переключения между изображениями, масштабирования;
- 3) интерактивные элементы, такие как кнопки масштабирования, управление слоями, поиск.

3.2. Модуль аннотирования

Модуль аннотирования обеспечивает следующие возможности:

- 1) добавление аннотаций с использованием примитивов (точка, линия, блок, полигон);
- 2) изменение и удаление аннотаций.
- 3) добавление текстовых описаний и метаданных для объектов.
- 4) использование предобученных нейросетей для анализа изображений и автоматической генерации аннотаций;
- 5) взаимодействие с пользователем для подтверждения или коррекции автоматически сгенерированных метаданных.

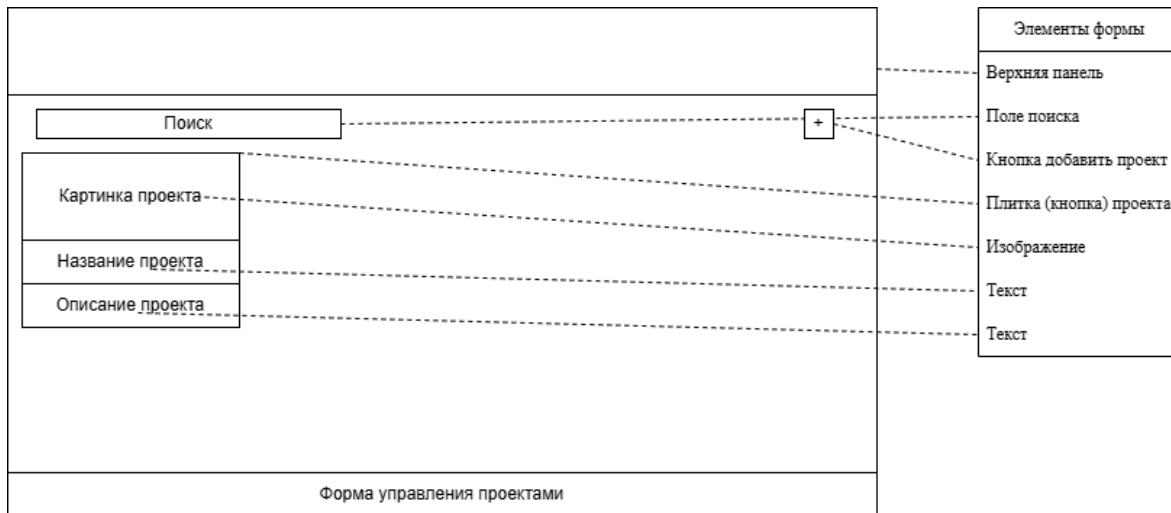


Рисунок 2 - Форма управления проектами

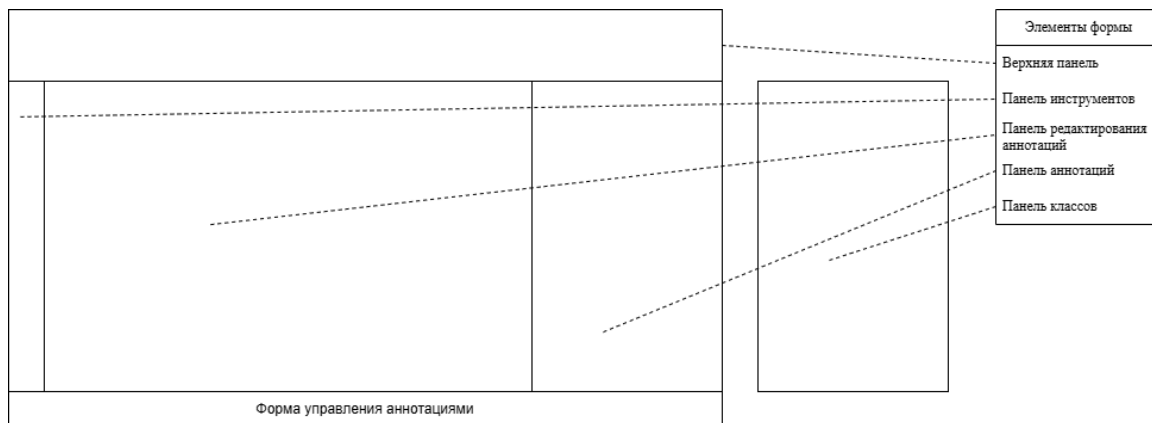


Рисунок 3. Форма управления аннотациями

Работа модуля аннотирования отображена на рис.4а, где labels.txt – перечень классов в текстовом формате, YoloVbox – класс для работы с данными в формате YOLO, GdiVbox – класс для представления объектов в формате координат, более удобном для визуализации, Editor – функционал для изменения метаданных.

3.3. Модуль управления данными

Модуль управления данными обеспечивает следующую функциональность (рис. 4б):

- 1) импорт изображений в проект из локальной папки;
- 2) сохранение аннотаций в форматах COCO/YOLO;
- 3) экспорт аннотированных изображений для использования в других проектах;
- 4) автоматическая обработка структуры проекта при загрузке новых изображений;
- 5) возможность обновления аннотаций и классов объектов.

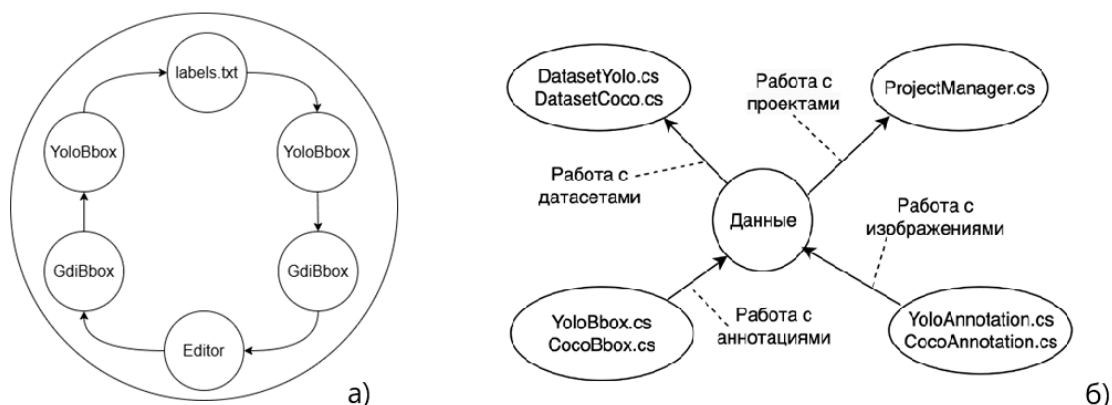


Рисунок 4. Типовая схема модуля аннотирования данных и работы с ними на примере формата YOLO

4. Особенности работы с форматами YOLO/COCO

В разрабатываемой системе аннотаций используются форматы метаданных YOLO и COCO. Для согласования с выбранным форматом происходит преобразование данных. Преобразование между форматами выполняется через соответствующие реализации конструкторов классов для этих метаданных. Для этого была спроектирована схема обмена данными, отображаемая на диаграмме последовательности, которая показывает шаги от загрузки изображения до сохранения результата. На представленных диаграммах классов (рис. 5) показана структура и функционал основных объектов системы.

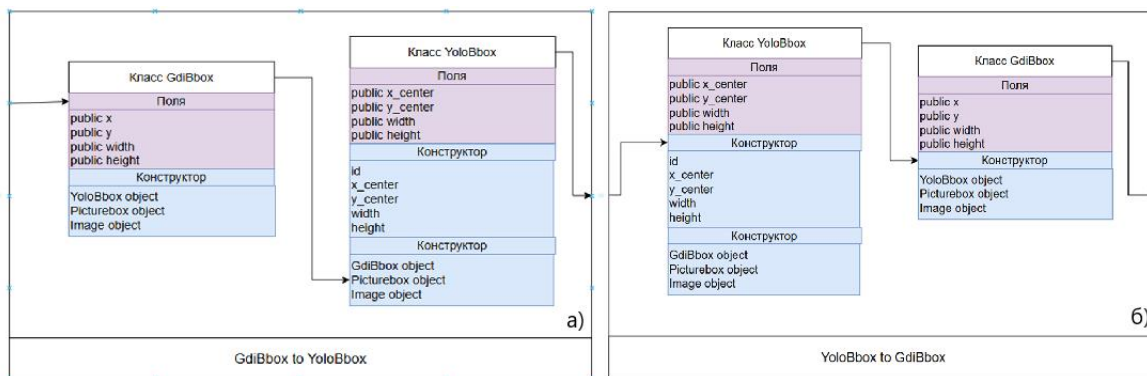


Рисунок 5. Схема обмена данными в процессе преобразования данных

GdiBBox → **YoloBBox** (рис. 5a): Обратное преобразование используется для передачи результатов разметки в формате YOLO, применяя абсолютные координаты x , y , $width$, $height$. Данный процесс включает шаги:

- загрузка изображения;
- обработка ИИ-моделью для прогнозирования объектов;
- преобразование прогнозов в выбранный формат;
- сохранение результата аннотации.

Эти шаги обеспечивают гибкость работы системы с различными форматами и упрощают визуализацию объектов.

YoloBBox → **GdiBBox** (рис. 5б): Этот процесс преобразует YOLO-координаты в координаты для визуализации, используя поля x_center , y_center , $width$, $height$.

5. Описание программной реализации системы аннотирования изображений

Для работы приложения определены аппаратные, системные и программные требования.

Аппаратные средства:

- 1) процессор: не менее 1,8 ГГц;
- 2) оперативная память: не менее 2 ГБ;
- 3) свободное место на жестком диске: не менее 100 МБ;
- 4) монитор с разрешением не менее 1024x768 пикселей;
- 5) клавиатура, мышь или другое устройство ввода.

Программные средства:

- 1) операционная система Windows 10 и выше;
- 2) библиотека классов .NET Core 8 и выше;

Эксплуатация приложения:

- 1) приложение должно быть установлено на компьютере пользователя;
- 2) пользователи могут взаимодействовать с приложением через графический интерфейс;
- 3) приложение не требует постоянного подключения к интернету;
- 4) приложение должно обеспечивать сохранение данных в файловой системе компьютера пользователя.

Программа является десктопным приложением для ОС Windows, которое используется на локальной рабочей станции.

На рисунке 6 приведен пользовательский интерфейс приложения.

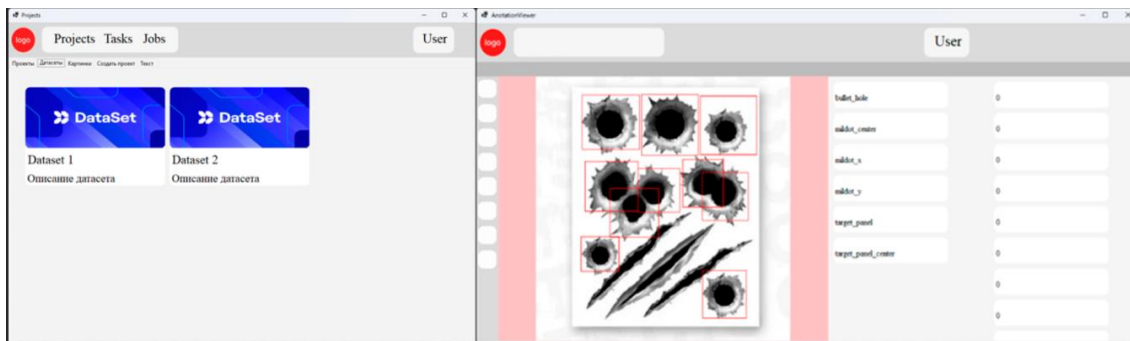


Рисунок 6. Интерфейс программы аннотации изображений (слева – начальное окно с проектами, справа – окно редактирования изображения).

Интерфейс для работы с проектами состоит из:

- навигационной панели;
- вкладки («проекты», «задания», «работы»);
- основное поле;
- карточки проектов (картинка, название, описание);
- кнопок для редактирования, добавления и удаления проекта;
- поисковой строки;
- переключения между страницами с проектами.

Выводы

Выбор подходящих инструментов для аннотирования значительно влияет на эффективность и результативность процесса аннотирования. Инструменты должны быть выбраны в зависимости от их совместимости с конкретными типами данных, которые необходимо аннотировать, будь то изображения, текст или аудио. Также важно обращать внимание на такие функции, как возможность пакетной обработки и модули, поддерживающие искусственный интеллект, которые могут помочь автоматизировать задачи аннотирования [18-20].

В работе были выбраны основные критерии для систем аннотирования: 1) тип аннотации; 2) категория системы аннотации; 3) вид аннотативной деятельности; 4) тип аннотируемого ресурса; 5) область применения. Выполнен анализ возможностей современных систем аннотирования, следуя которому можно сделать вывод, что современные инструменты аннотирования имеют следующие функциональные возможности: 1) интеллектуальная разметка; 2) разнообразие инструментов аннотирования; 3) поддержка популярных форматов разметки: обеспечивает гибкость использования данных; 4) анализ метаданных: ведение статистики и анализ данных проекта; 5) многопользовательский режим работы: структура ролей для улучшения эффективности команды. Выделены следующие проблемы, встречающиеся в системах аннотирования: 1) сложность установки: многие системы требуют больших усилий для локальной настройки; 2) проблемы с конфиденциальностью и безопасностью при работе с веб-сервисами; 3) высокая стоимость некоторых инструментов, что может затруднить их доступность для небольших компаний или научно-образовательных учреждений.

Спроектирована архитектура системы аннотирования наборов изображений для задач компьютерного зрения, состоящая из следующих модулей: 1) модуль интерфейса пользователя, который взаимодействует с визуальной и функциональной структурой интерфейса программы, и обеспечивает взаимодействие пользователя с остальными компонентами; модуль аннотирования для добавления, изменения и удаления аннотаций с использованием примитивов (точка, линия, блок, полигон); модуль управления данными для импорта изображений, сохранения и экспорта аннотаций в форматах COCO/YOLO. Спроектирована диаграмма последовательности для преобразования между форматами метаданных через соответствующие реализации конструкторов. Программный комплекс для аннотирования изображений реализован на языке C#, и для него определены аппаратные, системные и программные требования.

Список литературы

1. Ронжин А. Л. Интеллектуализация и роботизация отечественного научного оборудования для междисциплинарных исследований // Проблемы искусственного интеллекта. 2023. №1 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualizatsiya-i-robotizatsiya-otechestvennogo-nauchnogo-oborudovaniya-dlya-mezhdistsiplinarnyh-issledovaniy> (дата обращения: 28.11.2024).
2. Зуев, В. М. Сравнение обнаружения объектов средствами искусственного интеллекта в сравнении с классическими методами [Текст] / Зуев В. М. // Проблемы искусственного интеллекта. – 2024. – № 3(34). – С. 4-10 – ISSN 2413-7383. – DOI 10.24412/2413-7383-2024-3-30-35.
3. Пикалёв, Я. С. О нейронных архитектурах извлечения признаков для задачи распознавания объектов на устройствах с ограниченной вычислительной мощностью [Текст] / Я.С. Пикалёв, Т.В. Ермоленко // Проблемы искусственного интеллекта.. – 2023. – № 3(30). – С. 44-54 – ISSN 2413-7383. – DOI 10.34757/2413-7383.2023.30.3.004
4. Павленко, Б. В. Интеллектуально-алгоритмический метод калибровки прицелов [Текст] / Б. В. Павленко, В. И. Бондаренко // Проблемы искусственного интеллекта. – 2024. – № 3 (34). – С. 55–63. – ISSN 2413-7383. – DOI 10.24412/2413-7383-2024-3-55-63

5. Ali Deeb, A. Image-Based Object Detection Approaches to be Used in Embedded Systems for Robots Navigation [Текст] / A. Ali Deeb, F. Shahhoud // Russian Journal of Nonlinear Dynamics. – 2022. – № 5 (19). – С. 787-802. – ISSN 2658-5324. – DOI:10.20537/nd221218.
6. Кришнан, Ш. Р. Улучшение обнаружения аномалий на видео с помощью усовершенствованной технологии UNET и техники каскадного скользящего окна. / Ш. Р. Кришнан, П. Амудха // Информатика и автоматизация интеллекта. – 2024. – № 23 (6). – С. 1899-1930. – ISSN 2713-3192. – DOI:10.15622/ia.23.6.12
7. Хахимов, Р. С. К вопросу о разработке системы аннотирования данных для задач компьютерного зрения [Текст] / Р. С. Хахимов, О. Л. Нижникова, М. В. Близно // Проблемы искусственного интеллекта. – 2024. – № 3 (34). – С. 70–79. – ISSN 2413-7383. – DOI 10.24412/2413-7383-2024-3-70-79
8. Зуев, В. М. Подготовка данных для обучения нейронной сети, управляющей движением механизма международного круглого стола «Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение. III – 2021». – Донецк : ГУ «ИПНИ», 27.05.2021 г. – С. 92–95.
9. Парингер Рустам Александрович, Мухин Артем Владимирович, Ильясова Наталья Юрьевна, and Демин Никита Сергеевич. "ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ГЛАЗНОГО ДНА" Компьютерная оптика, vol. 46, no. 4, 2022, pp. 596-602.
10. Ирина Александровна Канаева, and Владимир Григорьевич Спицын. "Сегментация дефектов дорожного полотна на основе нейросетевого ансамбля" Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика, no. 68, 2024, pp. 75-85. doi:10.17223/19988605/68/8
11. Беловодский В. Н. Об использовании нейронных сетей к построению областей притяжения периодических режимов нелинейных динамических систем // Проблемы искусственного интеллекта. 2023. №4 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-ispolzovanii-neyronnyh-setey-k-postroeniyu-oblastey-prityazheniya-periodicheskikh-rezhimov-nelineynyh-dinamicheskikh-sistem> (дата обращения: 28.11.2024).
12. Зуев В. М., and Иванова С.Б.. "Оценка собственного местоположения аппарата на основе анализа видеоизображения" Проблемы искусственного интеллекта, vol. 33, no. 2, 2024, pp. 21-28. doi:10.24412/2413-7383-2024-2-21-28
13. Фам Куанг Банг, Мурашов Павел Михайлович, Богатиков Валерий Николаевич НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ // Проблемы искусственного интеллекта. 2023. №3 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nечеткая-модель-диагностики-технологических-процессов> (дата обращения: 28.11.2024).
14. Хахимов, Р. С. Обзор расширенных техник аугментации для набора данных изображений [Текст] / Р. С. Хахимов, Б. В. Павленко, Я. С. Пикалев // Донецкие чтения 2024: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы IX Международной научной конференции (Донецк, 15–17 октября 2024 г.). – Т. 2: Физические, химические, технические и компьютерные науки. Часть 2 / Под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк : Изд-во ДонГУ, 2024. – 296 с. – С. 272–275. – ISSN 2664-7362 (Print); ISSN 2664-7370 (Online)
15. Дворников С.В., Васильева Д.В. Повышение достоверности выявления аномалий на изображениях при формировании их векторов признаков в базах вейвлетов // Информатика и автоматизация. 2024. № 6 (23). С. 1698-1729.
16. Сойфер В.А., Фурсов В.А., Харитонов С.И. Калмановская фильтрация одного класса изображений динамических объектов // Информатика и автоматизация. 2024. № 4 (23). С. 953-968.
17. Фаворская М.Н., Пахирка А.И. Восстановление аэрофотоснимков сверхвысокого разрешения с учетом семантических особенностей // Информатика и автоматизация. 2024. № 4 (23). С. 1047-1076.
18. Верхотуров А.Л., Степанов А.С., Илларионова Л.В. Использование радиолокационных данных для мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных культур на юге Дальнего Востока России // Информатика и автоматизация. 2024. № 4 (23). С. 1221-1245.
19. Ронжин Андрей Леонидович, Ле Ван Нгиа, Шувалов Никита Оптимизация технологической карты допустимых системотехнических решений задачи видеоаналитики аквакультуры // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математика. Механика. Физика. 2024. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-tehnologicheskoy-karty-dopustimyh-sistemotekhnicheskikh-resheniy-zadachi-videoanalitiki-akvakultury> (дата обращения: 28.11.2024).
20. Гончаренко В.А., Хомоненко А.Д., Абу Хасан Р. Композиционный подход к имитационному моделированию систем массового обслуживания со случайными параметрами // Информатика и автоматизация. 2024. № 6 (23). С. 1577-1608.

References

1. Ronzhin A. L. Intellectualization and Robotization of Domestic Scientific Equipment for Interdisciplinary Research // Problems of Artificial Intelligence. 2023. №1 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualizatsiya-i-robotizatsiya-otechestvennogo-nauchnogo-oborudovaniya-dlya-mezhdistsiplinarnyh-issledovaniy> (accessed: 28.11.2024).
2. Zuev V. M. Comparison of Object Detection Using Artificial Intelligence Versus Classical Methods [Text] / Zuev V. M. // Problems of Artificial Intelligence. – 2024. – №3(34). – pp. 4–10. – ISSN 2413-7383. – DOI: 10.24412/2413-7383-2024-3-30-35.
3. Pikalyov Ya. S. On Neural Architectures for Feature Extraction in Object Recognition Tasks on Low-Power Devices [Text] / Ya. S. Pikalyov, T. V. Ermolenco // Problems of Artificial Intelligence. – 2023. – №3(30). – pp. 44–54. – ISSN 2413-7383. – DOI: 10.34757/2413-7383.2023.30.3.004.
4. Pavlenko B. V. Intellectually Algorithmic Method for Sight Calibration [Text] / B. V. Pavlenko, V. I. Bondarenko // Problems of Artificial Intelligence. – 2024. – №3(34). – pp. 55–63. – ISSN 2413-7383. – DOI: 10.24412/2413-7383-2024-3-55-63.
5. Ali Deeb A. Image-Based Object Detection Approaches for Embedded Systems in Robot Navigation [Text] / A. Ali Deeb, F. Shahhoud // Russian Journal of Nonlinear Dynamics. – 2022. – №5(19). – pp. 787–802. – ISSN 2658-5324. – DOI: 10.20537/nd221218.
6. Krishnan S. R. Enhancing Video Anomaly Detection with Advanced UNET Technology and Cascading Sliding Window Technique / S. R. Krishnan, P. Amudha // Informatics and Automation of Intelligence. – 2024. – №23(6). – pp. 1899–1930. – ISSN 2713-3192. – DOI: 10.15622/ia.23.6.12.
7. Khakimov R. S. On the Development of a Data Annotation System for Computer Vision Tasks [Text] / R. S. Khakimov, O. L. Nizhnikova, M. V. Blizno // Problems of Artificial Intelligence. – 2024. – №3(34). – pp. 70–79. – ISSN 2413-7383. – DOI: 10.24412/2413-7383-2024-3-70-79.
8. Zuev V. M. Data Preparation for Neural Network Training in Mechanism Motion Control [Text] / V. M. Zuev, O. A. Butov, A. A. Nikitina, S. I. Ulanov // Materials of the Donetsk International Round Table "Artificial Intelligence: Theoretical Aspects and Practical Applications. AI – 2021". – Donetsk: GPII, 27.05.2021. – pp. 92–95.
9. Paringer R. A., Mukhin A. V., Ilyasova N. Yu., Demin N. S. Application of Neural Networks for Semantic Segmentation of Fundus Images // Computer Optics. – 2022. – vol. 46, no. 4, pp. 596–602.
10. Kanaeva I. A., Spitsyn V. G. Road Defect Segmentation Based on Neural Network Ensemble // Bulletin of Tomsk State University. Management, Computer Engineering, and Informatics. – 2024. – no. 68, pp. 75–85. DOI: 10.17223/19988605/68/8.
11. Belovodskiy V. N. On the Use of Neural Networks to Construct Attraction Regions of Periodic Modes in Nonlinear Dynamic Systems // Problems of Artificial Intelligence. – 2023. – №4(31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-ispolzovanii-neyronnyh-setey-k-postroeniyu-oblastey-prityazheniya-periodicheskikh-rezhimov-nelineynyh-dinamicheskikh-sistem> (accessed: 28.11.2024).
12. Zuev V. M., Ivanova S. B. Self-Location Estimation Based on Video Image Analysis // Problems of Artificial Intelligence. – 2024. – vol. 33, no. 2, pp. 21–28. DOI: 10.24412/2413-7383-2024-2-21-28.
13. Pham Quang Bang, Murashov P. M., Bogatkov V. N. Fuzzy Model for Diagnosing Technological Processes // Problems of Artificial Intelligence. – 2023. – №3(30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nechetkaya-model-dagnostiki-tehnologicheskikh-protsessov> (accessed: 28.11.2024).
14. Khakimov R. S. Review of Advanced Augmentation Techniques for Image Data Sets [Text] / R. S. Khakimov, B. V. Pavlenko, Ya. S. Pikaliev // Donetsk Readings 2024: Education, Science, Innovation, Culture and Modern Challenges: Materials of the IX International Scientific Conference (Donetsk, October 15–17, 2024). – Vol. 2: Physical, Chemical, Technical, and Computer Sciences. Part 2 / Ed. by Prof. S. V. Bespalova. – Donetsk: DonSU Publishing, 2024. – 296 pp. – pp. 272–275. – ISSN 2664-7362 (Print); ISSN 2664-7370 (Online).
15. Dvornikov S. V., Vasileva D. V. Improving Anomaly Detection Accuracy in Images by Forming Feature Vectors in Wavelet Bases // Informatics and Automation. – 2024. – №6(23). pp. 1698–1729.
16. Soyfer V. A., Fursov V. A., Kharitonov S. I. Kalman Filtering for a Class of Images of Dynamic Objects // Informatics and Automation. – 2024. – №4(23). pp. 953–968.
17. Favorskaya M. N., Pakhirka A. I. Restoration of Ultra-High-Resolution Aerial Photographs Considering Semantic Features // Informatics and Automation. – 2024. – №4(23). pp. 1047–1076.
18. Verkhoturov A. L., Stepanov A. S., Illarionova L. V. Using Radar Data to Monitor the Condition of Agricultural Crops in the South of the Russian Far East // Informatics and Automation. – 2024. – №4(23). pp. 1221–1245.

19. Ronzhin A. L., Le Van Nghiya, Shuvalov N. Optimization of the Technological Map of Acceptable System-Technical Solutions for Aquaculture Video Analytics Tasks // Bulletin of SUSU. Series: Mathematics. Mechanics. Physics. – 2024. – №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-tehnologicheskoy-karty-dopustimyh-sistemotekhnicheskikh-resheniy-zadachi-videoanalitiki-akvakultury> (accessed: 28.11.2024).
20. Goncharenko V. A., Khomonenko A. D., Abu Hasan R. Compositional Approach to Simulation Modeling of Queueing Systems with Random Parameters // Informatics and Automation. – 2024. – №6(23). pp. 1577–1608.

RESUME

V. Y. Ustenko, V. I. Bondarenko

Software development data annotation for computer vision tasks: an object-oriented approach based on WinForms

The development of machine learning methods and the growth of tasks in the field of computer vision require high-quality and large volumes of training data. The process of annotating images, which involves creating structured datasets for model training, is a key stage in data preparation. Existing solutions, such as Label Studio and CVAT, have extensive functionality but are often limited in adapting to specific tasks. This highlights the relevance of developing flexible software for data annotation that ensures security, convenience, and compliance with individual requirements.

An object-oriented approach was applied for software development using the WinForms platform. The system includes components for an intuitive user interface, data conversion between COCO and YOLO formats, and interaction with the Windows file system. A key feature is the module for checking the integrity of the project structure and editing datasets. Special attention was given to integrating the system with other tools to enhance user experience and improve annotation efficiency.

The architecture of the system and the interaction module for data annotation were developed. The software enables fast and accurate image labeling, data conversion between formats, and supports multi-user tasks.

A software package has been developed to automate the data annotation process in COCO and YOLO formats. The system meets requirements for confidentiality, task-specific adaptation, and seamless integration into workflows. Experiments confirmed the effectiveness of the proposed architecture and modular approach, making it a promising tool for computer vision tasks.

РЕЗЮМЕ

В. Ю. Устенко, В.И. Бондаренко

Разработка программного комплекса аннотирования данных для компьютерного зрения: объектно-ориентированный подход на основе WinForms

Развитие методов машинного обучения и рост задач в области компьютерного зрения требуют высокого качества и объема обучающих данных. Процесс аннотирования изображений, включающий создание структурированных наборов данных для обучения моделей, является ключевым этапом подготовки данных. Существующие решения, такие как Label Studio и CVAT, обладают обширным функционалом, но часто ограничены в адаптации к специфическим задачам. Это определяет актуальность разработки гибкого программного обеспечения для аннотирования данных, обеспечивающего безопасность, удобство и соответствие индивидуальным требованиям.

Для разработки программного обеспечения использован объектно-ориентированный подход на платформе WinForms. Система включает компоненты для удобного интерфейса пользователя, преобразования данных между форматами COCO и YOLO, а также взаимодействия с файловой системой Windows. Важным элементом является модуль для проверки целостности структуры проекта и редактирования наборов данных. Особое внимание уделено интеграции с другими инструментами для удобства работы пользователей и повышения эффективности аннотирования.

Разработана архитектура системы и модуль взаимодействия компонентов для аннотирования данных. Программное обеспечение позволяет быстро и точно маркировать изображения, преобразовывать данные между форматами и поддерживает задачи многопользовательской работы.

Представлен программный комплекс, обеспечивающий автоматизацию процесса аннотирования данных в форматах COCO и YOLO. Система удовлетворяет требованиям конфиденциальности, адаптации к специфическим задачам и интеграции в рабочие процессы. Эксперименты подтвердили эффективность предложенной архитектуры и модульного подхода, что делает разработку перспективным инструментом для задач компьютерного зрения.

Устенко Владимир Юрьевич – младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта». *Область научных интересов:* компьютерное зрение, машинное обучение, нейронные сети, эл. почта vovan200092@gmail.com, адрес: 283048, г. Донецк, ул. Артема, д. 118 б, телефон +7949 38 78 09.

Бондаренко Виталий Иванович – кандидат техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерных технологий физико-технического факультета ФГБОУ ВО "Донгу", старший научный сотрудник лаборатории, лаборатория интеллектуальных систем и анализа данных ФГБНУ "ИПИИ". *Область научных интересов:* математическое моделирование, процессы переноса, глубокое обучение, обработка естественного языка, интеллектуальный анализ данных. Число научных публикаций – более 100. Эл. почта: mail@vibondarenko.ru, адрес: 283001, РФ, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр. Театральный, д. 13.

Статья поступила в редакцию 03.06.2024.