



Волгоградский государственный технический
университет
Кафедра САПРиПК

Выпускная квалификационная работа бакалавра
“Разработка системы управления манипулятором с
применением технологии компьютерного зрения”

Исполнитель: студент группы ИВТ-465 Гусынин Дмитрий Алексеевич

Руководитель работы: ст. пр. Драгунов Станислав Евгеньевич

Актуальность работы

**Количество промышленных роботов,
установленных крупнейшими
российскими интеграторами
в 2018-2022 годах, шт.**



Разработка системы автоматического управления манипулятором с применением технологии компьютерного зрения представляет собой современное направление в области робототехники и автоматизации производственных процессов.

Разработка такой системы имеет высокий потенциал, так как сейчас в нашей стране взят курс на развитие промышленных роботов. По статистике лишь в 15,8% промышленных предприятий - высокий уровень автоматизации и внедрения робототехники, а средний уровень в 36,8%, поэтому данная система может найти себе применение при должном спросе на нее.

(Источник: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Промышленные роботы в России](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Промышленные_роботы_в_России))

Цель и задачи работы

Целью работы является разработка программно-аппаратной платформы для автоматического управления роботом-манипулятором с 4-мя степенями свободы с применением технологии компьютерного зрения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ аналогов системы и методов управления манипуляторами;
2. Провести проектирование системы;
3. Создать датасет и обучить модель нейронной сети;
4. Сделать стенд с моделью робота-манипулятора, камерой и объектами;
5. Разработать ПО для управления роботом-манипулятором;
6. Провести тестирование разработанной системы.

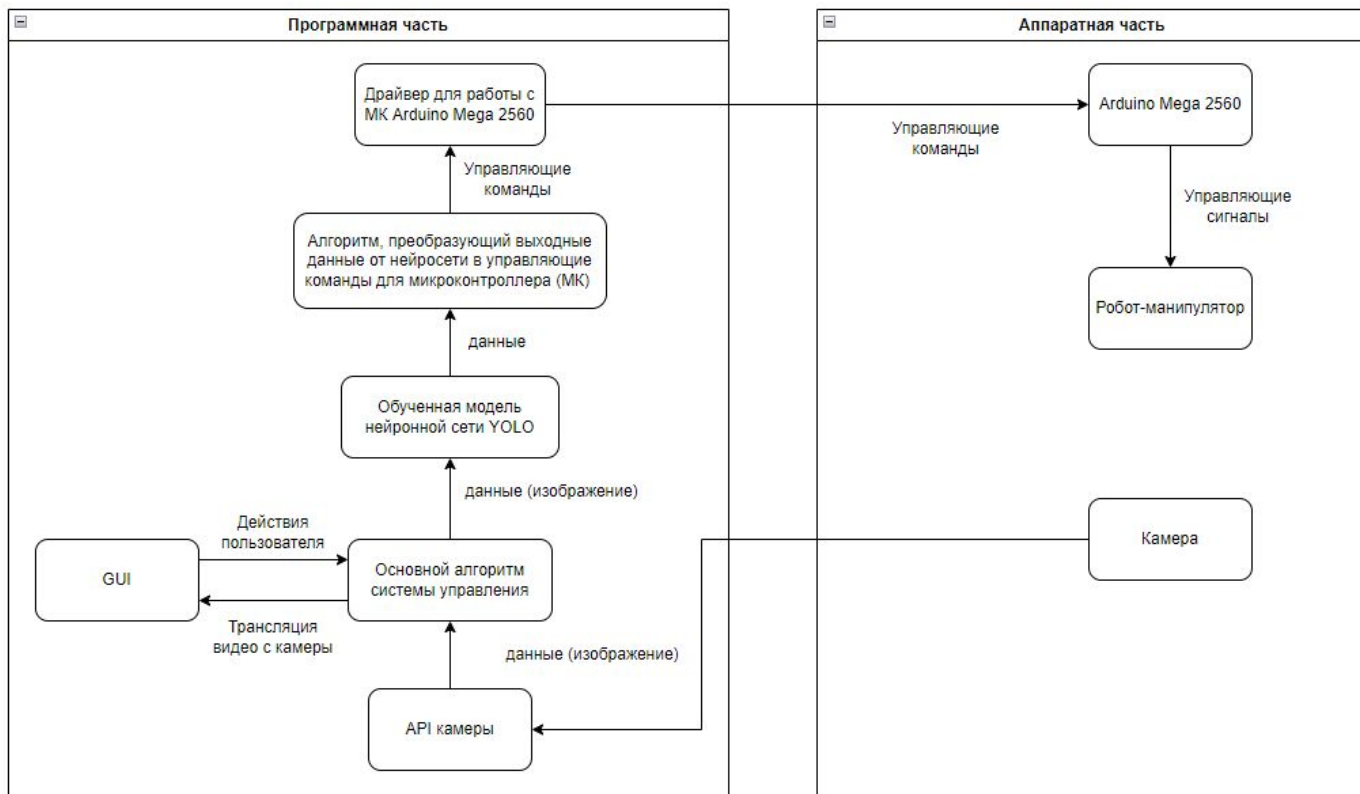
Анализ аналогов разрабатываемой системы

	FANUC iRVision	Universal Robots PolyScope 5	Yaskawa Motoman's MotoSight 2D Vision System	ABB RobotStudio
Наличие системы компьютерного зрения	да	да	да	нет
Работа с манипуляторами других производителей	нет	нет	нет	нет
Распознавание объектов	да	да	да	нет
Выполнение задач позиционирования	да	да	да	да
Обнаружение дефектов	да	нет	нет	нет
Измерение объектов	нет	нет	да	нет
Программирование и управление роботами	да	да	да	да
Определение положения объекта и его ориентации	да	да	да	нет
Доступность в РФ на официальной основе	нет	нет	нет	нет

Функциональные требования к системе

1. Распознавание объектов на рабочем пространстве;
2. Определение типа и положения объекта на рабочем пространстве;
3. Выбор одного из 3-х доступных алгоритмов действий манипулятора;
4. Генерация и отправка управляющих команд на микроконтроллер манипулятора в зависимости от выбранного алгоритма;
5. Отображение в GUI изображения с камеры и выделение распознанных объектов;
6. Отображение в GUI схематичного представления и текстового описания выбранного алгоритма.

Архитектура системы



Архитектура системы

Схема подключения
сервоприводов
манипулятора к
микроконтроллеру Arduino
Mega2560

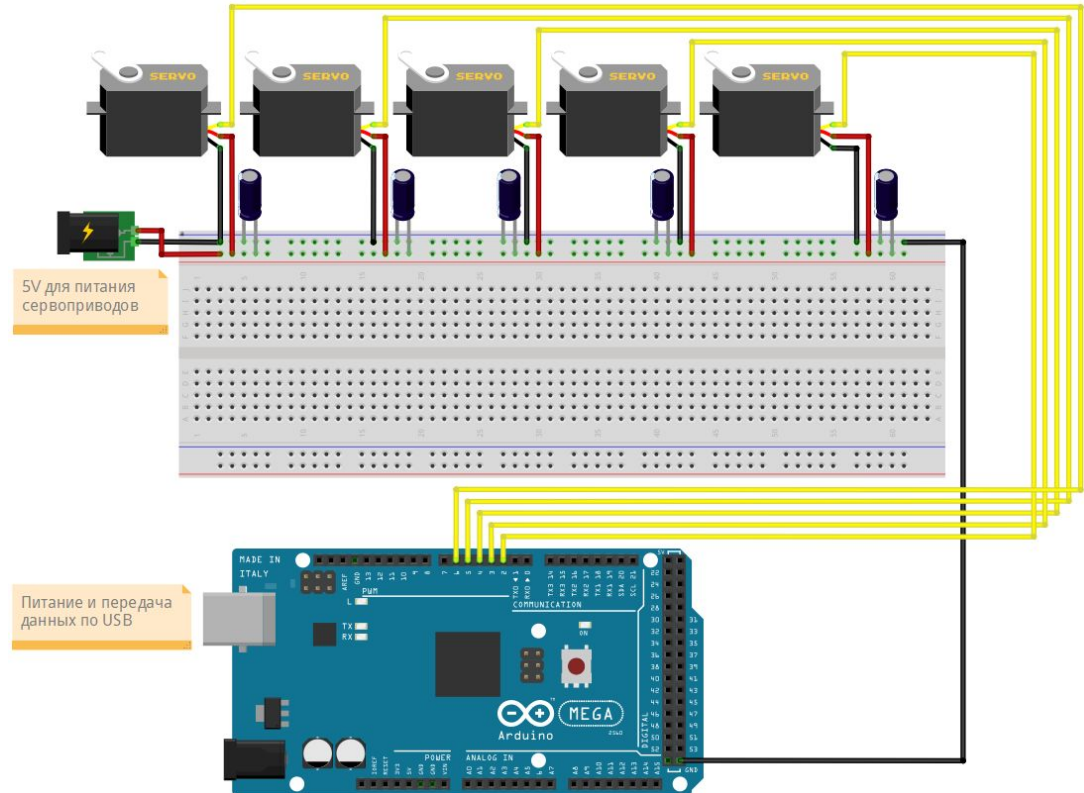


Диаграмма вариантов использования



Средства разработки

Языки программирования:

Python 3.11 - основная управляющая программа

Arduino C - прошивка микроконтроллера

Atmega2560

IDE (интегрированная среда разработки):

PyCharm CE 2023.2.1

Arduino IDE 2.2.1

ПО и библиотеки для работы с нейросетью

YOLOv8:

Nvidia Cuda Toolkit 12.1, cuDNN 9.0.0, PyTorch,
Ultralytics

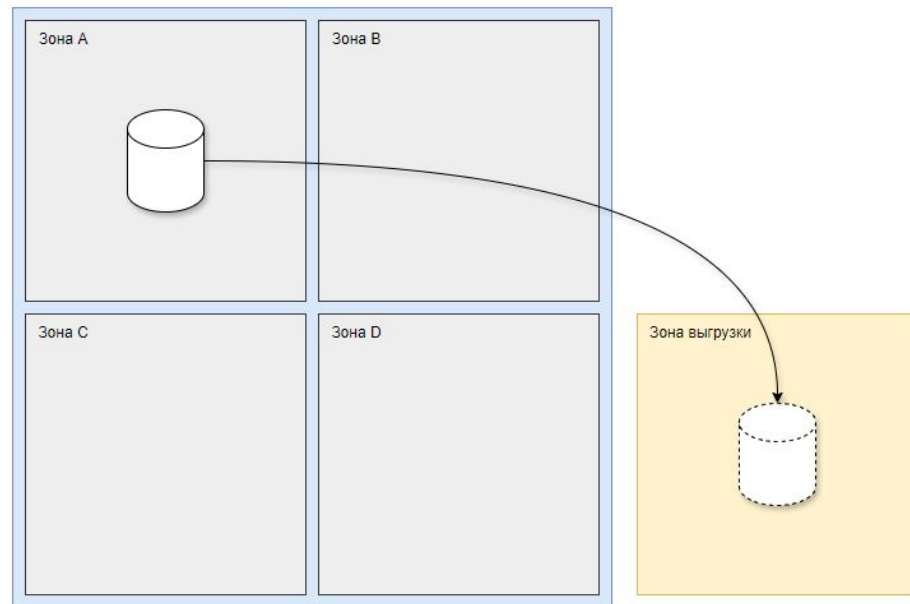
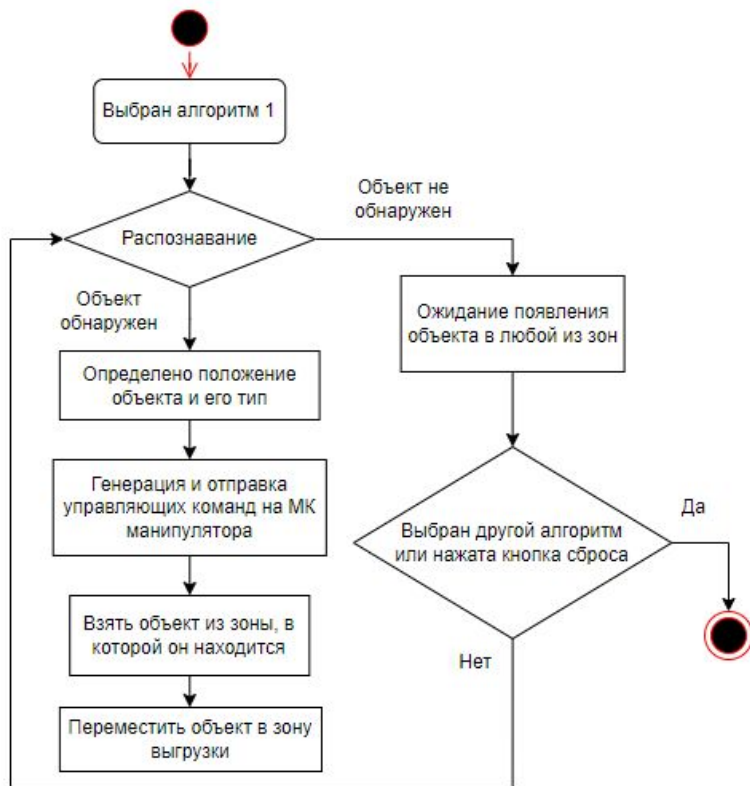
Создание и разметка датасета: Roboflow



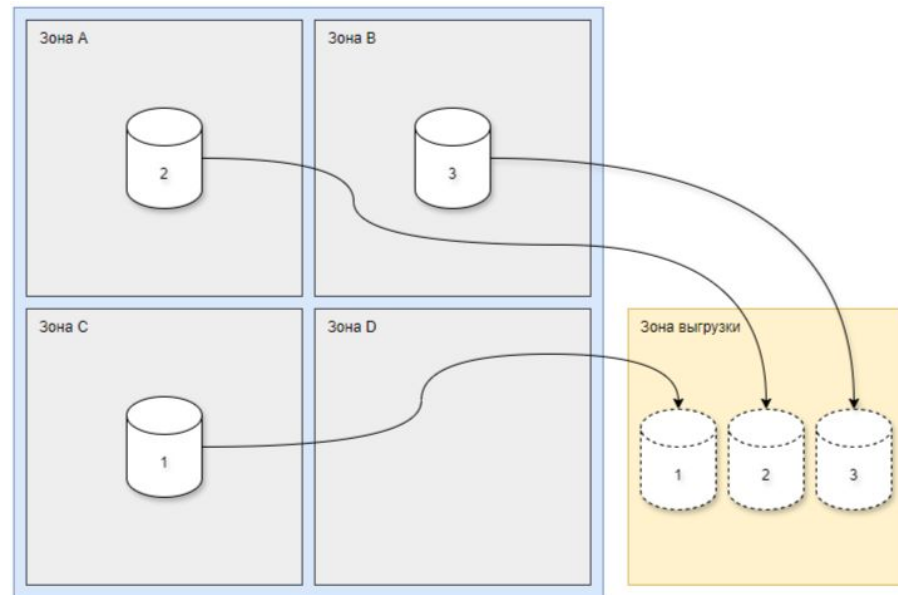
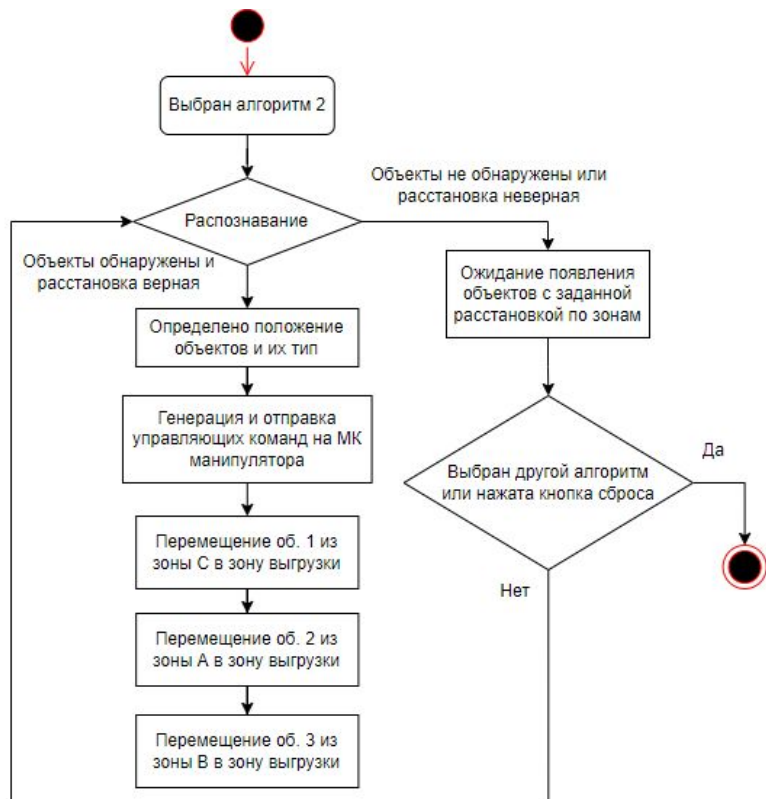
Общий алгоритм работы системы



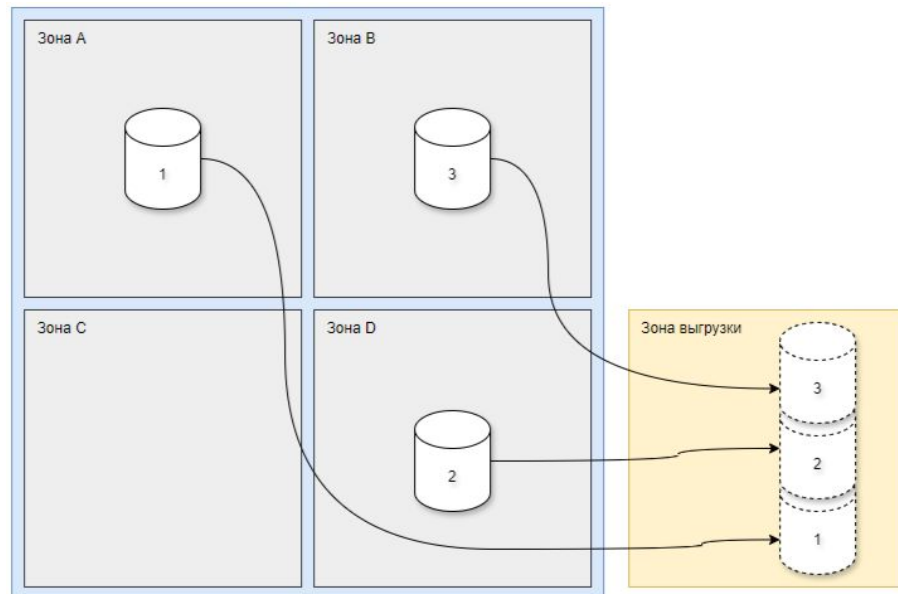
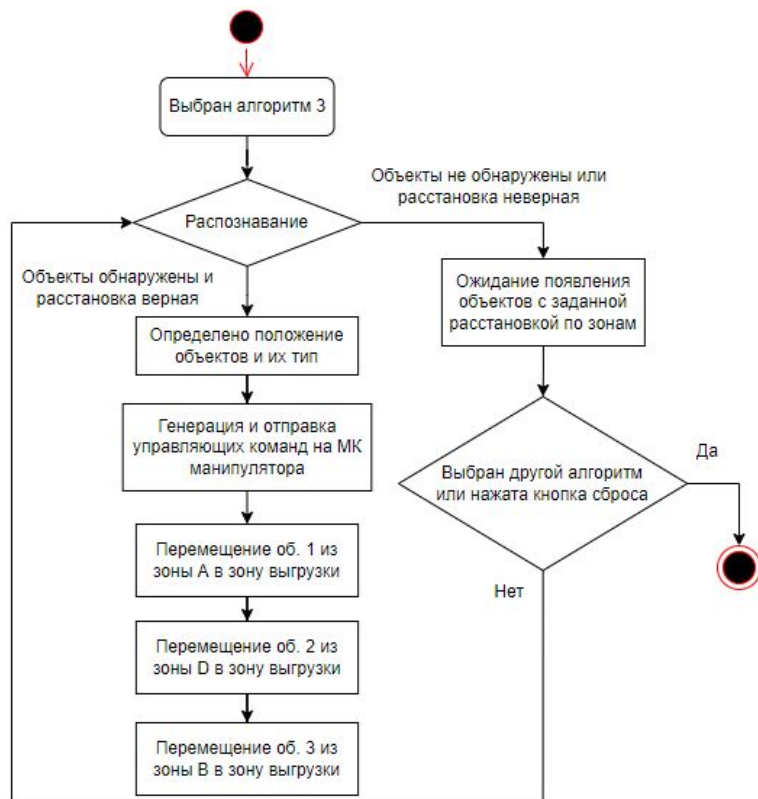
Алгоритм 1



Алгоритм 2



Алгоритм 3



Разметка датасета

Датасет состоит из 77 изображений, размером 640x640 пикселей.

Тренировочная выборка содержит 54 изображения, валидационная 15 и тестовая - 8.

Количество классов - 12.

Разметка датасета производилась на сайте Roboflow.

Annotations

Group: objects-NjY4

CLASSES LAYERS

● obj_1_red	1
● obj_2_blue	1
● obj_3_green	1

UNUSED CLASSES

obj_1_blue

obj_1_green

obj_1_yellow

obj_2_green

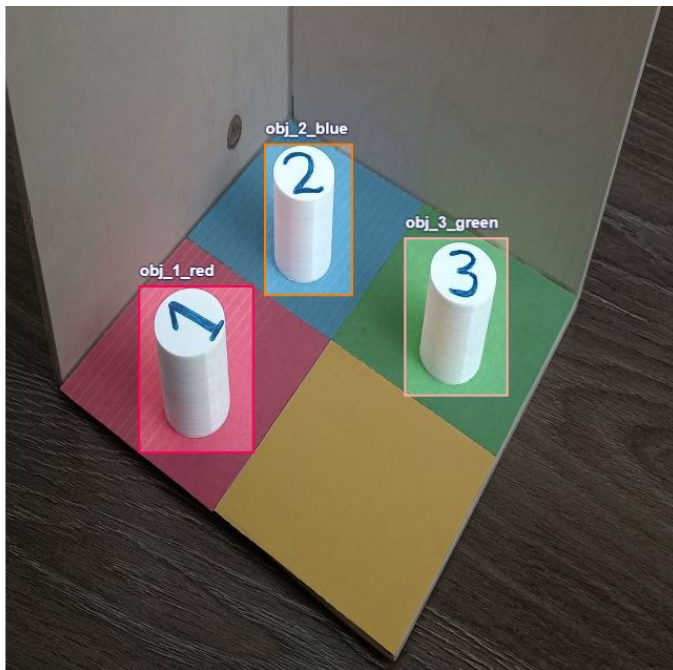
obj_2_red

obj_2_yellow

obj_3_blue

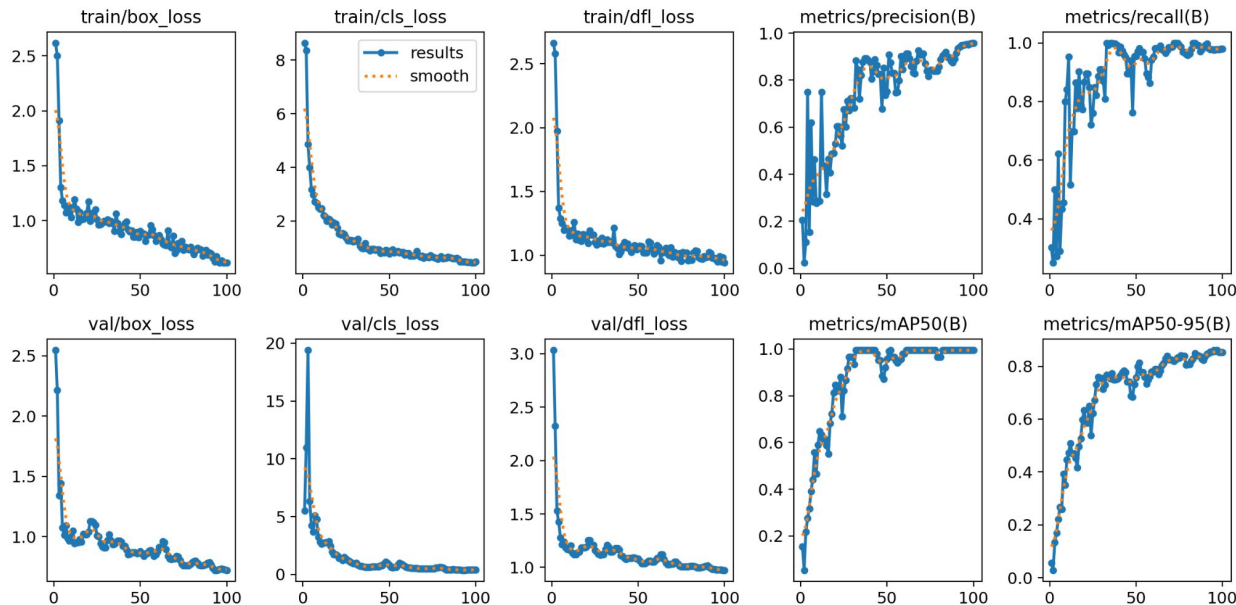
obj_3_red

obj_3_yellow



Обучение нейросети

Использовалась модель yolov8s со следующими параметрами при обучении:
кол-во эпох - 100, batch size - 8, размер изображений - 640x640, флаг pretrained в значении False.



Экранные формы разработанной программы

Robot control application

Выберите алгоритм действий:

Алгоритм 1

Алгоритм 2

Алгоритм 3

Сбросить выбор алгоритма

Описание выбранного алгоритма:

Из заданного расположения объектов по зонам произвести их перемещение в свободную зону и расставить друг на друга в определенном порядке.

Зона A

Зона B

Зона C

Зона D

Зона выгрузки

Зона A: 1

Зона B: 3

Зона C: 2

Зона D: 2

Зона выгрузки: 3, 2, 1

obj_1_green 0.92

obj_3_red 0.99

Start settings

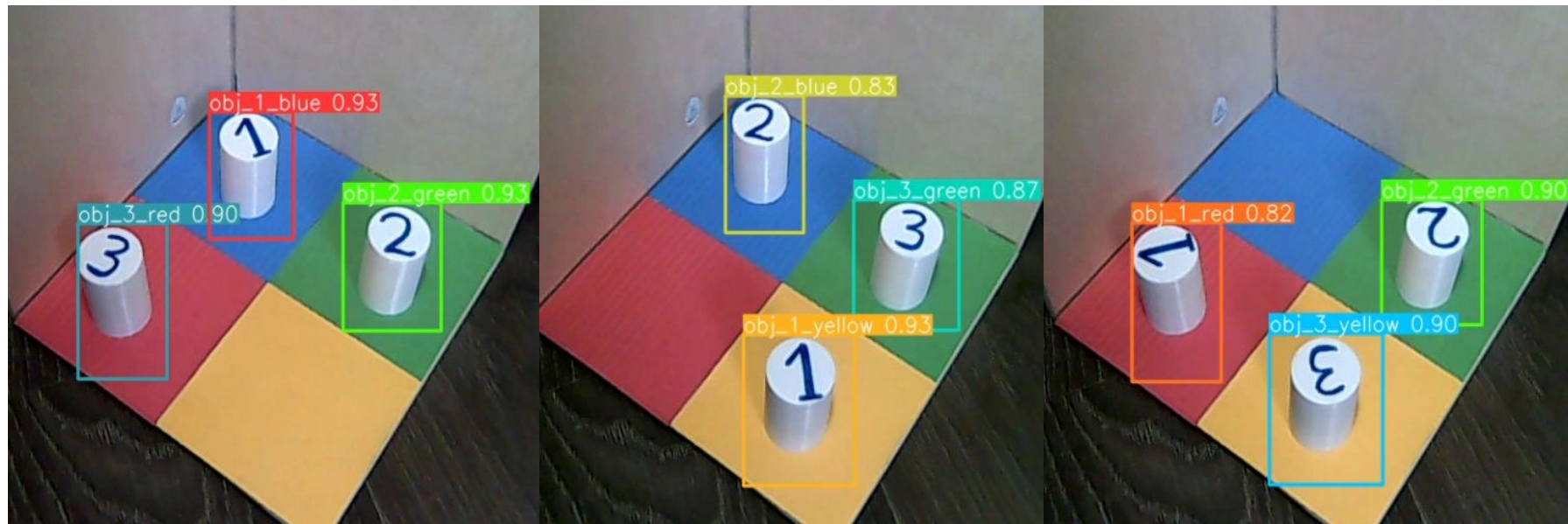
Выберите COM порт: COM3

Выберите Baud rate: 9600

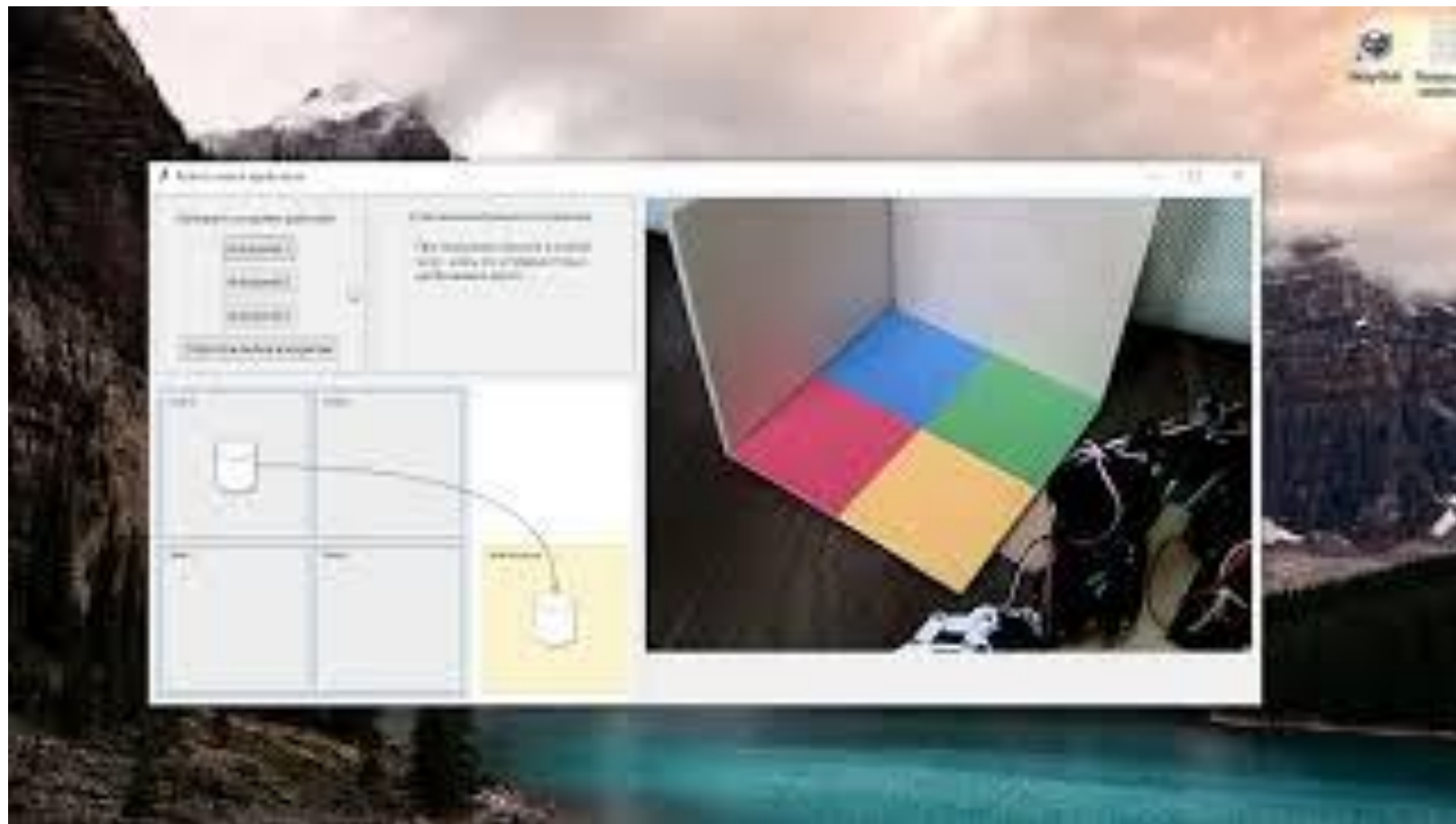
Сохранить выбранные значения

После нажатия кнопки сохранения данное окно закроется.

Тест точности распознавания объектов



Демонстрация работы



Тестирование на стабильность работы

Номер алгоритма	Количество действий выполненных корректно	Количество действий выполненных некорректно	Коэффициент ошибок
№ 1 (цилиндр в красном сегменте)	5	0	0
№ 1 (цилиндр в синем сегменте)	5	0	0
№ 1 (цилиндр в зеленом сегменте)	5	0	0
№ 1 (цилиндр в желтом сегменте)	4	1 (ложное распознавание)	0.2
№ 2 (цилиндр 1 - в желтом, цилиндр 2 - в красном, цилиндр 3 - в синем сегменте)	5	0	0
№ 3 (цилиндр 1 - в красном, цилиндр 2 - в зеленом, цилиндр 3 - в синем сегменте)	4	1 (ошибка позиционирования)	0.2

Результаты

1. Проанализированы аналоги системы и методы управления манипуляторами;
2. Проведено проектирование системы;
3. Создан и размечен датасет и обучена модель нейросети YOLOv8;
4. Сделан стенд с моделью робота-манипулятора, камерой и объектами;
5. Разработано ПО для управления роботом-манипулятором;
6. Проведено тестирование разработанной системы.
7. Отправлена заявка на публикацию статьи в сетевой журнал Успехи Кибернетики.



Волгоградский государственный технический
университет
Кафедра САПРиПК

Спасибо за внимание!

Выпускная квалификационная работа бакалавра
“Разработка системы управления манипулятором с
применением технологии компьютерного зрения”

Исполнитель: студент группы ИВТ-465 Гусынин Дмитрий Алексеевич

Руководитель работы: ст. пр. Драгунов Станислав Евгеньевич