



# Актуальность темы

- Анализ цифровых изображений – монотонная, трудоёмкая работа, требующая длительного зрительного напряжения. В работе искусствоведа одним из возможных вариантов анализа является поиск символов и их семантики на художественном изображении.
- Решение по автоматизации данной задачи поддерживается федеральным музеем искусств.



# Цели и задача работы



- **Цель** – автоматизация поиска символов и их семантики на цифровых изображениях голландских натюрмортов
- **Задачи:**
  - Сегментирование и распознавание символов на цифровом изображении
  - Определение семантики найденных символов
  - Разработка пользовательского интерфейса
- **Требования и условия:**
  - Интуитивно понятный интерфейс
  - Приемлемая точность сегментации
- **Необходимо** (образ результата):

Разработать на основе нейросетевых моделей и нереляционной базы данных веб-приложение, автоматизирующее поиск символов и их значений на цифровых изображениях голландских натюрмортов. Результаты анализа данным приложением должны иметь приемлемую точность.



# Порядок выполнения работы

- Создание выборки из цифровых изображений голландских натюрмортов
- Разметка собранных данных – создание сегментационных масок изображений
- Поиск наиболее результативной архитектуры нейросети и стартовых весов
- Создание аугментации, расширяющей выборку
- Подключение необходимых метрик качества при обучении
- Обучение нейросетевых моделей
- Создание и заполнение нереляционной базы данных
- Разработка пользовательского интерфейса веб-приложения
- Разработка серверной части веб-приложения
- Контейнеризация веб-приложения

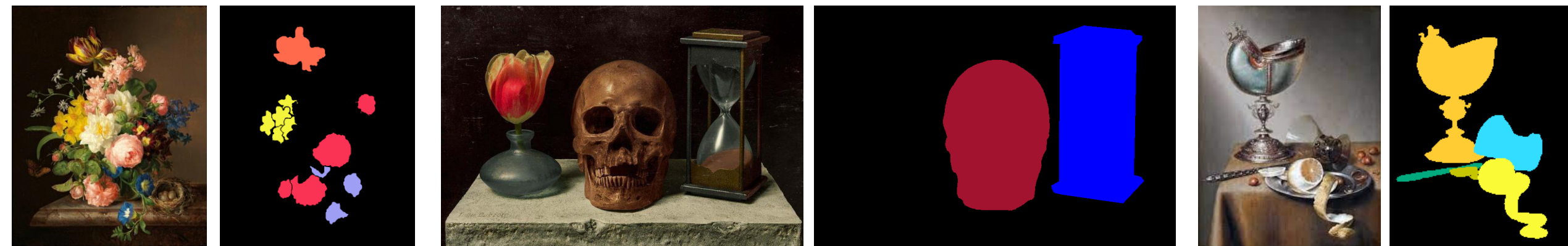


# Работа с данными

В качестве выборки для обучения были отобраны цифровые изображения картин голландских натюрмортов трёх направлений:

- Натюрморты застолья
- Учёные натюрморты
- Цветочные натюрморты

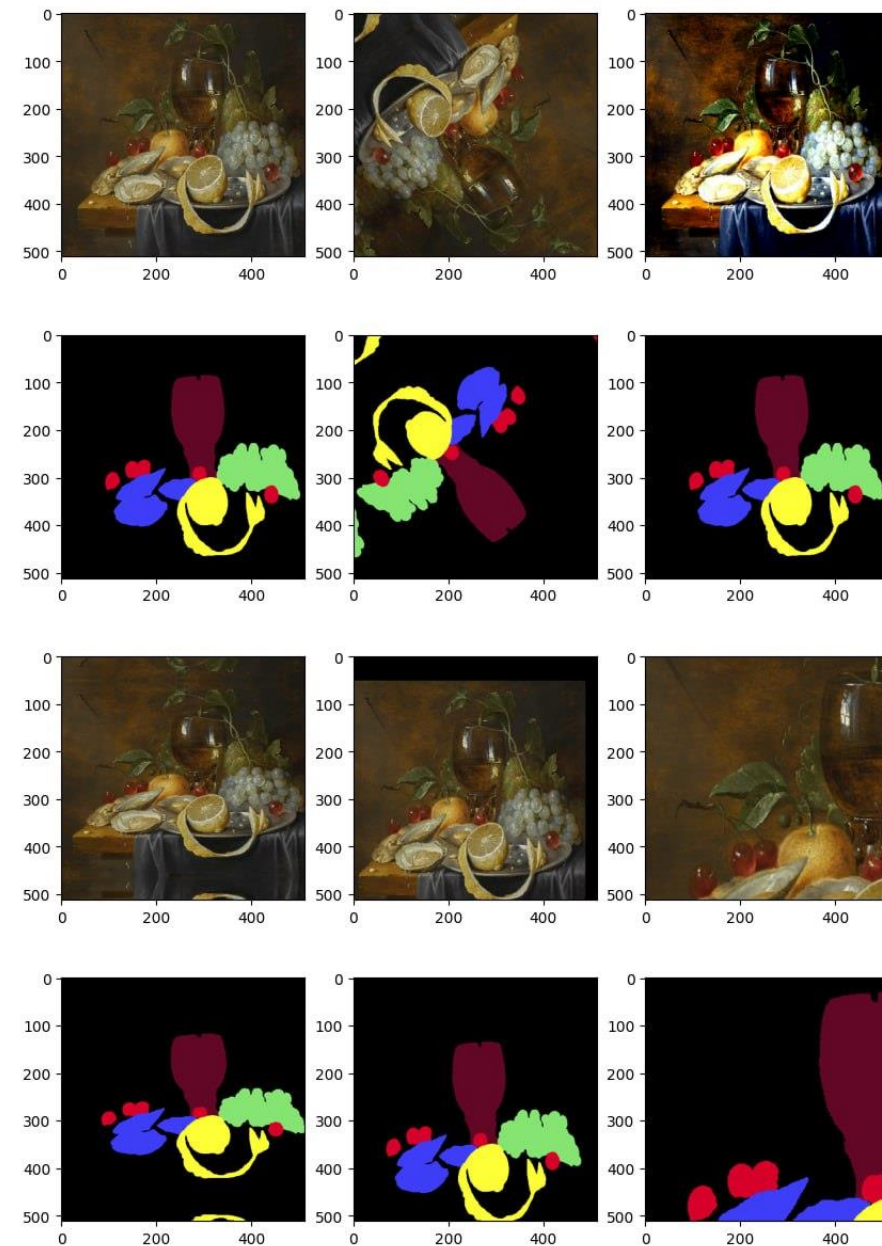
Для каждого направления было отобрано около 100 изображений. Для всех изображений была проведена разметка





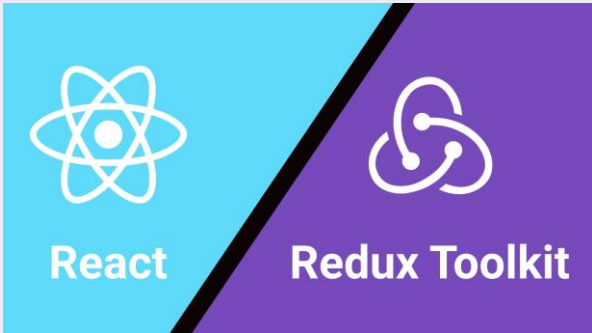






Для каждого изображения была применена аугментация, расширяющая выборку следующих видов:

- Поворот на случайный градус
- Повышение контрастности изображения
- Растягивание на случайный коэффициент
- Смещение по осям
- Приближение на случайное значение



# Стек технологий

	Клиентская часть	Серверная часть
Языки программирования	Javascript(Typescript) 	Python 
Библиотеки, фреймворки и технологии		  
Программа контейнеризации		

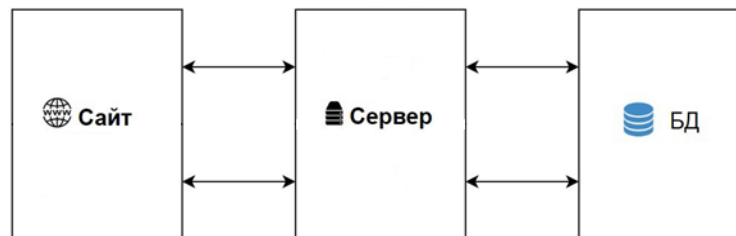


# Архитектура решения, алгоритм решения задачи

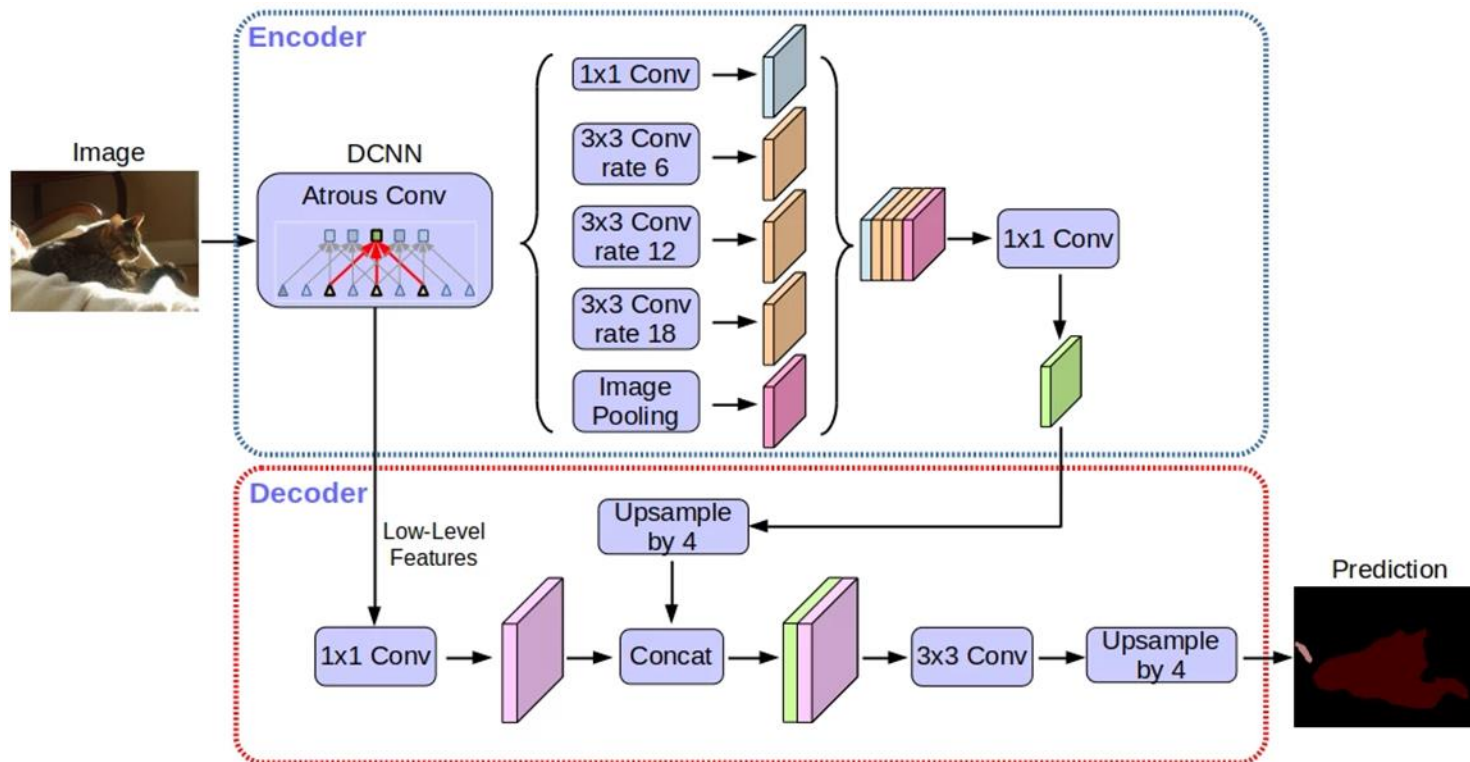
Веб-приложение работает по клиент-серверной архитектуре

Алгоритм работы представляет собой последовательные шаги анализа изображения

- Пользователь загружает на странице своего браузера изображение
- Изображение отправляется POST запросом по HTTP протоколу на сервер
- На сервере изображение проходит обработку нейросетевой моделью (формируется сегментационная маска)
- Найденным сегментам извлекается по ключу семантика из базы данных
- Полученная маска и список символов (с их значением) отправляются обратно клиенту



# Архитектура нейросети



Для обучения нейросети была выбрана архитектура **DeepLabv3+**.

В качестве предобученных весов были взяты веса после обучения на датасете **imagenet**.

Данная архитектура представляет собой две составные части: **encoder** и **decoder**.





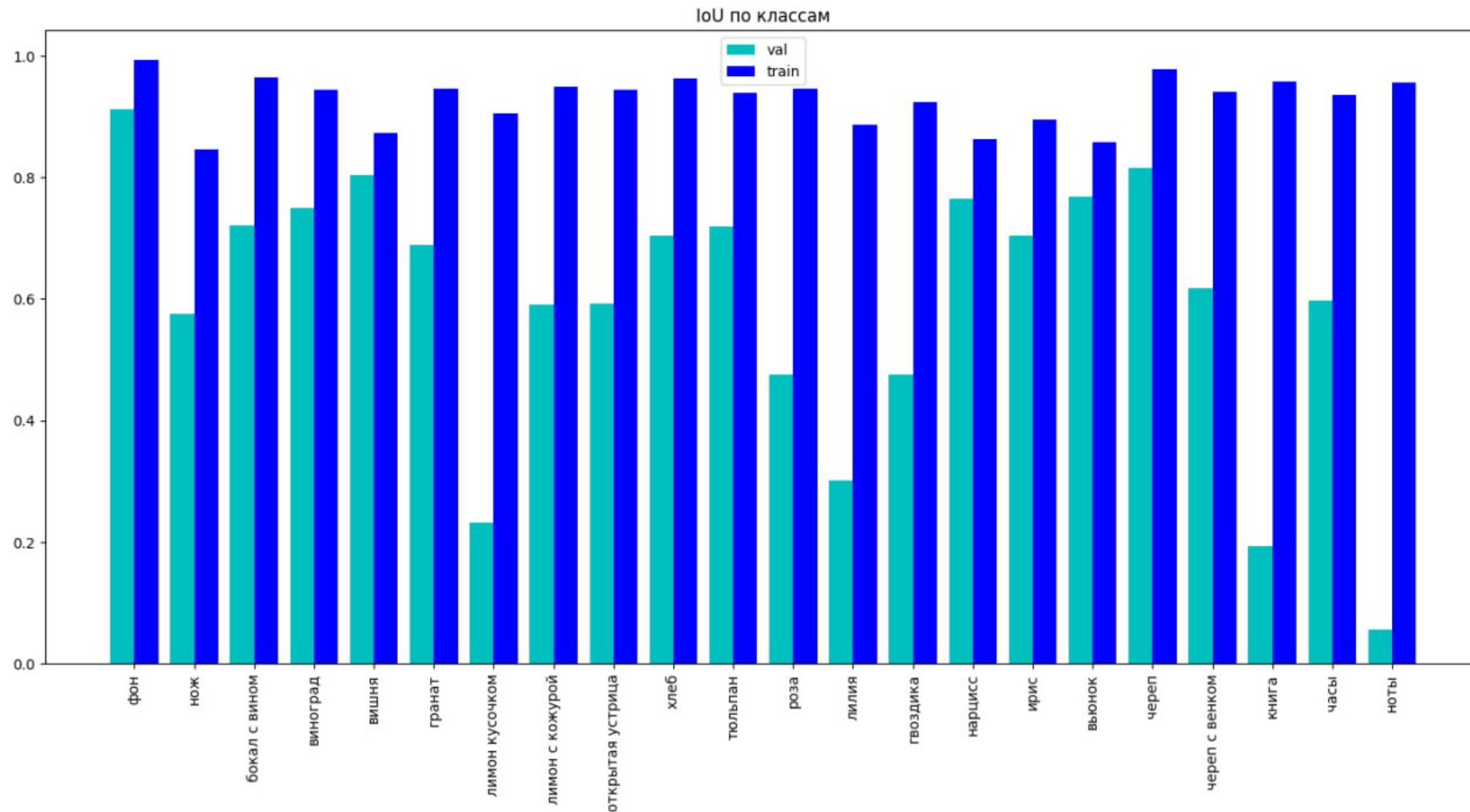
# Результаты обучения

Обучены нейросетевые модели с точностью MIoU:

Ученые натюрморты:	0.95 на тренировке	0.52 на валидации
Цветочные натюрморты:	0.91 на тренировке	0.64 на валидации
Натюрморты застолья:	0.93 на тренировке	0.66 на валидации

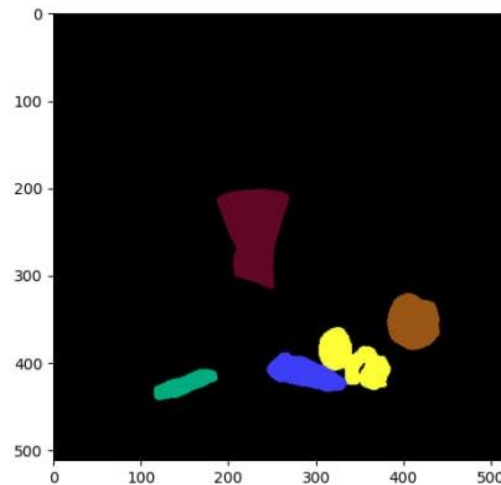
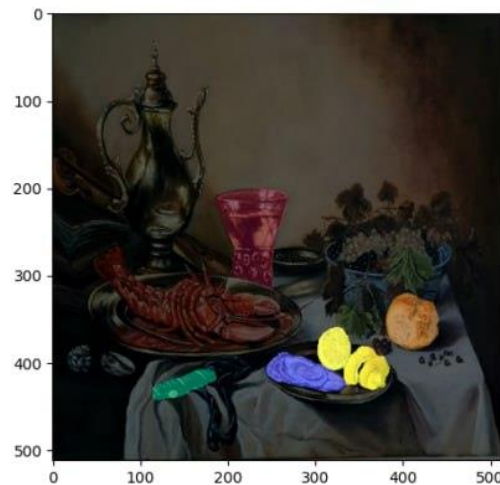
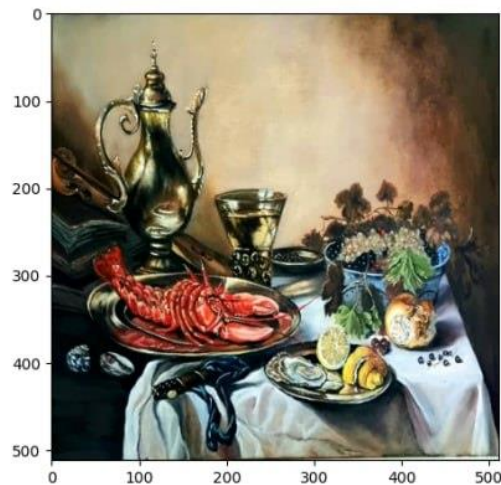


# Результаты сегментирования в развёрстке по классам

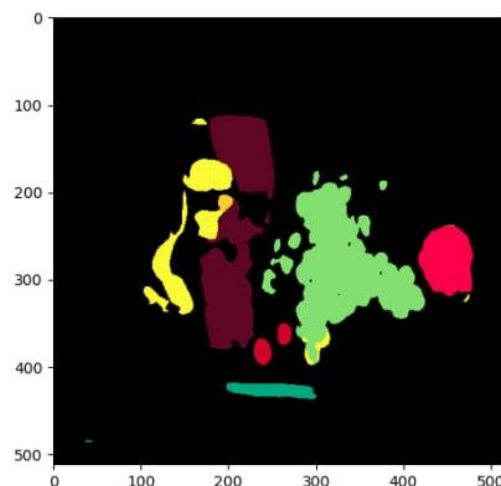
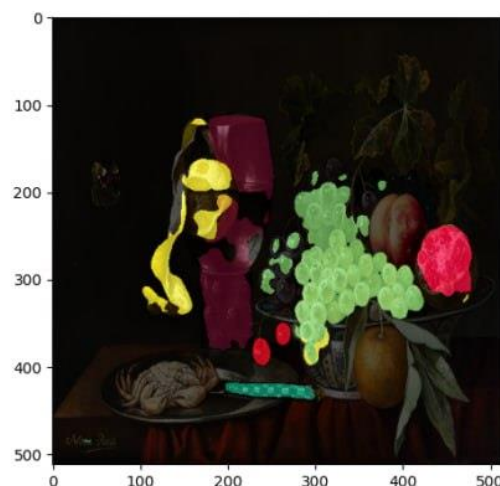
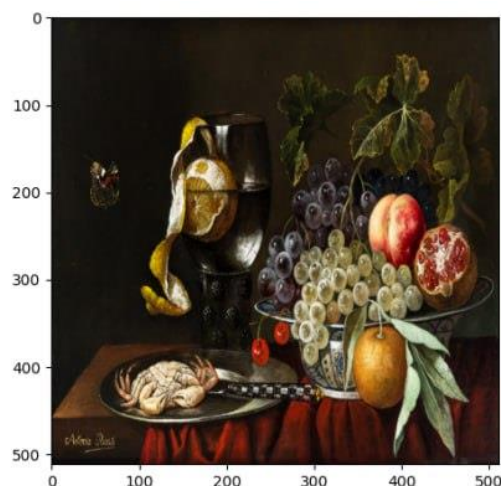


# Пример обработки изображения

На тренировочных данных



На тестовых данных





# Анализ результатов обучения

Точность сегментирования объектов коррелирует с некоторыми параметрами:

- Количество сегментов на тренировочной выборке
- Занимаемая сегментом площадь на изображении
- Сложность формы и схожесть с другими объектами





# Результаты разработки веб-приложения

- Разработан пользовательский интерфейс
- Создан сервер для обработки изображений и взаимодействия с базой данных
- Построено взаимодействие клиентской и серверных частей с помощью асинхронных запросов
- Приложение контейнеризировано для удобного развёртывания с помощью docker



# Демонстрация работы веб-приложения

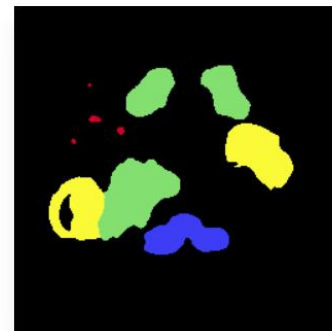
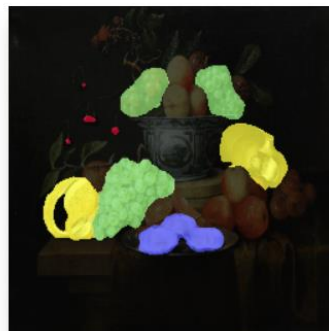
## Поиск символов на голландских натюрмортах

- Символ предательства, чувственного наслаждения

### Мясной пирог ■

- Символ плотский утех

## 5b2270fc73e8a9cb241339f2-preview



### Виноград ■

- Напоминание об искупительной жертве Спасителя за грехи человечества и символ наступления осени

### Вишня ■

- Символ мягкости натуры, доброты человека

### Лимон с кожурой ■

- Символ предательства, чувственного наслаждения

### Открытая устрица ■

- Символизируют краткие и сомнительные плотские удовольствия

[Вернуться к выбору направления](#)



# Заключение

## Решены следующие задачи:

- Сегментирование символов на художественном изображении
- Сопоставление найденных символов и их семантики
- Разработано веб-приложения для удобства взаимодействия с API

## Недостатки разработки:

- Относительно медленная обработка изображения на клиентской части
- Низкая точность сегментации отдельных классов символов

## Перспективы:

- Расширение размеченной выборки для обучения как по количеству сегментов, так и по сегментируемым классам, а также повышение качества разметки
- Переход на единую нейросетевую модель сегментирования для всех направлений
- Оптимизация обработки изображения и переход к асинхронным ответам с сервера



# Оценка результата

Разработанное веб-приложение решает поставленные задачи, однако является первым шагом в полной автоматизации поиска символов, так как набор определяемых символов расширяем, а точность сегментирования не является максимальной

Разработка велась с перспективой дальнейшего расширения списка определяемых символов, повышения точностей, интеграций новых возможностей и развёртывания сервера на различных платформах





# Отзыв научного руководителя



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(национальный исследовательский университет)»

## О Т З Ы В РУКОВОДИТЕЛЯ

Обучающийся Стрыгин Денис Дмитриевич  
(фамилия, имя, отчество полностью)  
Институт (Филиал) № 8 «Компьютерные науки и прикладная математика» Кафедра 806  
Группа М8О-406Б-19 Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика  
Профиль Информатика  
Квалификация бакалавр  
Наименование темы Поиск символов на цифровых изображениях голландских натюрмортов с помощью машинного обучения  
Руководитель Лемтюжников Дарья Владимировна, к.ф.-м.н., доцент-совм. кафедры 806 МАИ  
(фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученое звание, должность и место работы)  
Выпускная квалификационная работа Стрыгина Д.Д. посвящена автоматизации поиска символов на цифровых изображениях голландских натюрмортов, а также созданию приложения для удобного взаимодействия с разработанным программным продуктом.  
Актуальность избранной для квалификационной работы темы предопределена монотонностью и трудоемкостью зрительного анализа цифрового художественного произведения.  
Работа состоит из введения, теоретической и практической части с заключением.  
Во введении автор обосновывает выбор темы выпускной работы, очерчивает круг проблем, подлежащих разрешению на страницах своей работы. В теоретической части обосновывается потребность в разработке, обобщаются существующие методы решения проблем, формулируются задачи. В практической части описывается разработанное решение, используемые технологии и анализируются результаты работы. Заключительная часть подводит итоги, а также рассматривает перспективы дальнейшего исследования.  
Структура работы логична, материал излагается последовательно, а его содержание свидетельствует о тщательном подходе автора к рассматриваемой проблеме. Тема работы, заявленная к рассмотрению на страницах выпускной работы, раскрыта надлежащим образом.  
Работа проверена на объем заимствования. % заимствования - 10,70  
Заключение: Выпускная квалификационная работа бакалавра заслуживает оценки «5», а Стрыгин Денис Дмитриевич – присвоения квалификации бакалавра по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

\_\_\_\_\_ 2023 г.

Руководитель \_\_\_\_\_

(подпись)



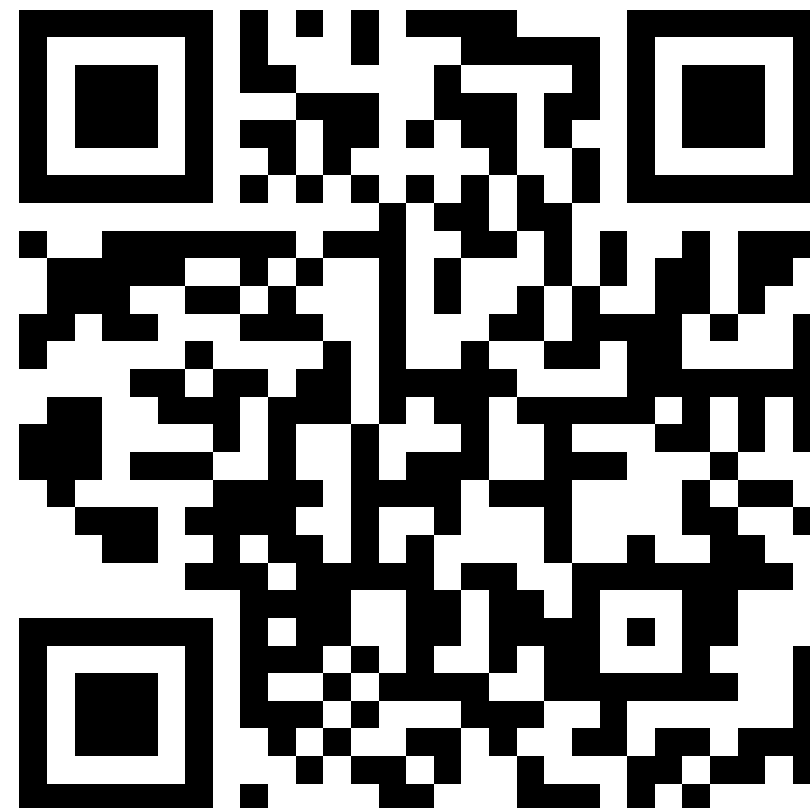
# Публикации

- Выступление на 49-й конференции «Гагаринские чтения». Тезисы доклада будут опубликованы в сборнике трудов



# Программный продукт

Исходный код выложен в  
публичный репозиторий github





# Спасибо за внимание!

Отдельно спасибо за помощь в разметке данных:

Шадай Дарье Евгеньевне  
(размечала выборку учёных натюрмортов)

Аксенову Александру Евгеньевичу  
(размечал выборку цветочных натюрмортов)





# Статистика размеченных сегментов

Направление	Наименование сегмента	Тренировочная часть	Тестовая часть
Учёные натюрморты	Череп	87	3
	Череп с венком	21	1
	Книга	131	3
	Часы	21	2
	Ноты	26	2
Цветочные натюрморты	Тюльпан	254	2
	Роза	383	18
	Лилия	82	4
	Гвоздика	125	1
	Нарцисс	60	5
	Ирис	88	2
	Вьюнок	154	3

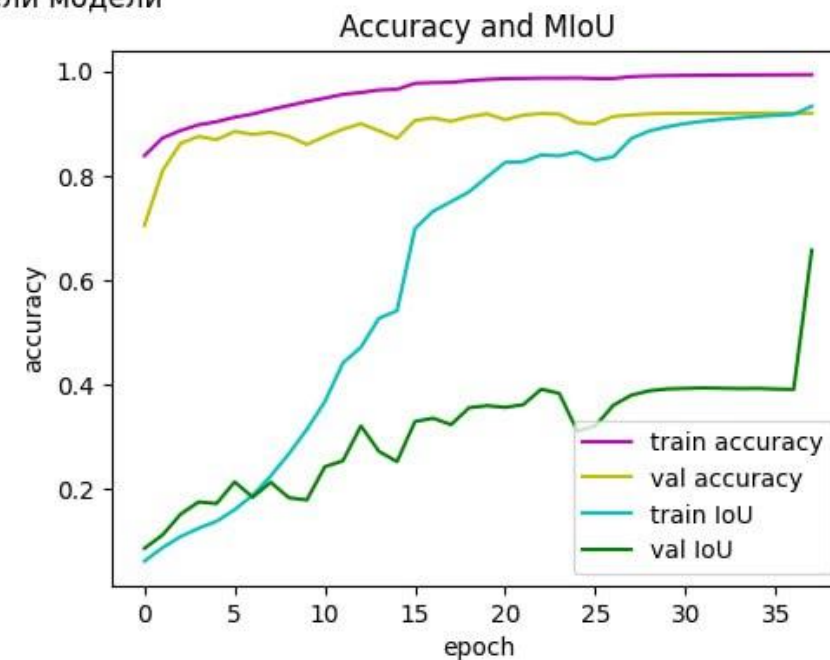
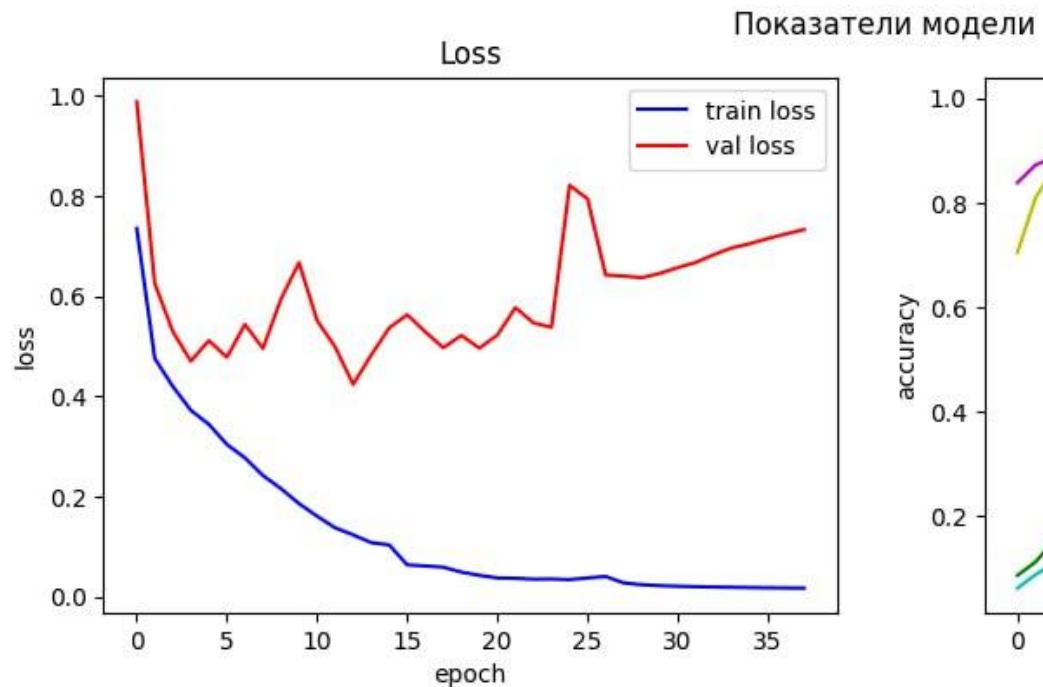
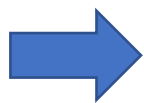


Направление	Наименование сегмента	Тренировочная часть	Тестовая часть
Натюрморты застолья	Бокал с вином	112	7
	Виноград	115	6
	Гранат	13	1
	Вишня	119	9
	Лимон кусочком	53	3
	Лимон с кожурой	116	5
	Открытая устрица	69	5
	Хлеб	40	1
	Нож	58	3



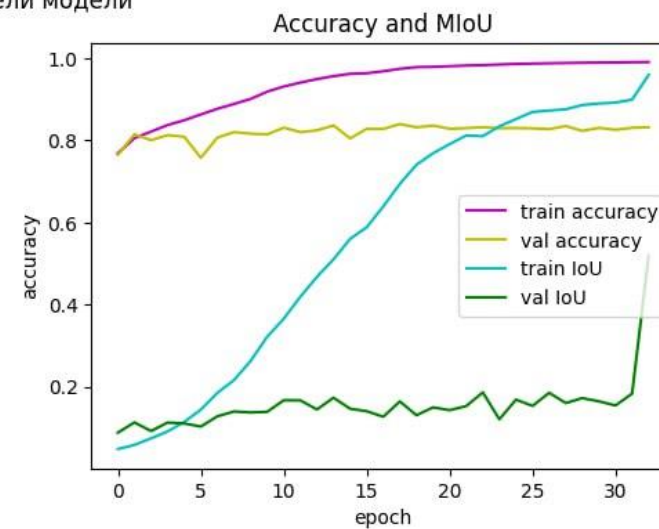
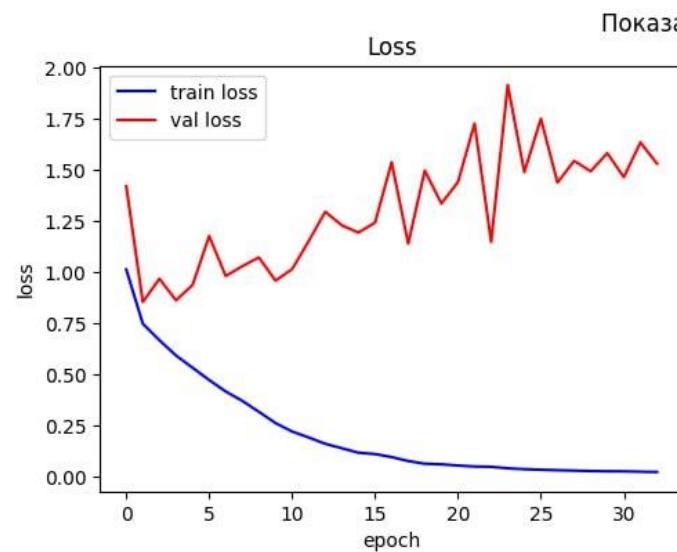
# Графики обучения моделей

натюрморты  
застолья





учёные натюрморты



цветочные натюрморты

