



Балтийский государственный
технический университет
«ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова

Разработка прототипа интеллектуальной системы безопасности для определения сонливости водителя с помощью видеонаблюдения за лицом

Труфанов Глеб Евгеньевич

Студент группы И584

Руководитель: к.пед.н., доцент Снижко Е.А.





Цель и задачи ВКР

Цель работы – разработать прототип интеллектуальной системы безопасности для определения сонливости водителя с помощью видеонаблюдения за лицом.

Задачи:

- изучить существующие системы безопасности водителя
- рассмотреть методы автоматического мониторинга и оценки поведения водителя
- разработать систему требований к прототипу
- выбрать модель обнаружения объектов
- спроектировать прототип
- выполнить программную реализацию прототипа
- описать результат разработки
- протестировать прототип





Детектирование сонливости

- PERCLOS (PERcentage of CLOSure)
- продолжительность моргания век
- частота моргания век
- степень открытости рта человека

*AR (Aspect Ratio) – соотношение сторон





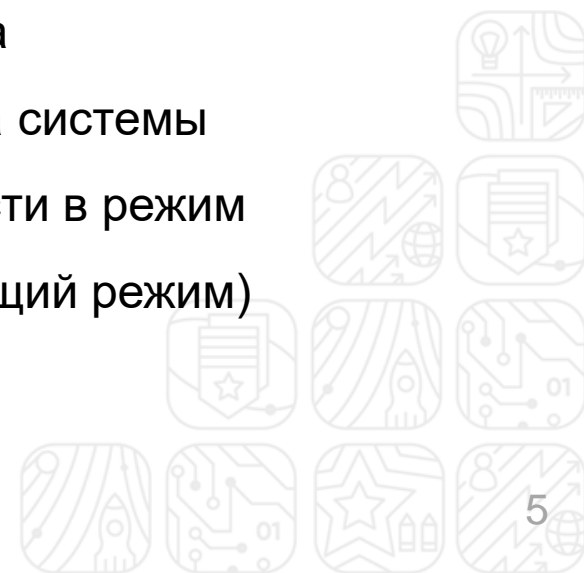
Сравнение аналогов

Название системы	Время срабатывания обнаружения сонливости	Технология управления на основе жестов руки	Место установки
AVS525CPR	1,5 с	+	Закрепляется в салоне автомобиля
Dunobil Insomnia	1,5-2 с	-	Закрепляется в салоне автомобиля
MDSM-7	1,5-2 с	-	Закрепляется в салоне автомобиля
DS DRIVER ATTENTION MONITORING	1,75-2 с	-	Бортовой компьютер автомобиля



Функциональные требования

- запуск/остановка работы системы распознавания
- взаимодействие с видеокамерой (непрерывное получение изображений)
- обработка изображений, полученных с камеры
- распознавание глаз и анализ их состояния открытости/закрытости
- детектирование состояния сонливости водителя и оповещение о потенциальной аварийной ситуации при помощи предупредительного звукового сигнала
- распознавание следующих жестов руки: жест «Кулак» (перезагрузка системы распознавания), жест «Ладонь» (ввод системы распознавания сонливости в режим оповещения), «V-жест» (ввод системы распознавания сонливости в спящий режим)





Сравнение распространённых моделей обнаружения объектов

Модель обнаружения объектов	Основа (нейронная сеть)	Средняя точность обнаружения	Размер модели	Время обработки одного изображения
Faster RCNN	ResNet50	87,2 %	333,5 Мб	0,217 с
Faster RCNN	MobileNet	62,5 %	162,5 Мб	0,125 с
Cascade RCNN	ResNet50	90,1 %	552,6 Мб	0,238 с
Cascade RCNN	MobileNet	78,0 %	384,9 Мб	0,164 с
YOLOv3	Darknet53	84,9 %	234,1 Мб	0,066 с
YOLOv4	CSPDarknet53	86,0 %	256,0 Мб	0,019 с
YOLOv5	YOLOv5s	86,2 %	14,9 Мб	0,005 с
EXTD	MobileFaceNet	85,1 %	696,9 Кб	0,274 с

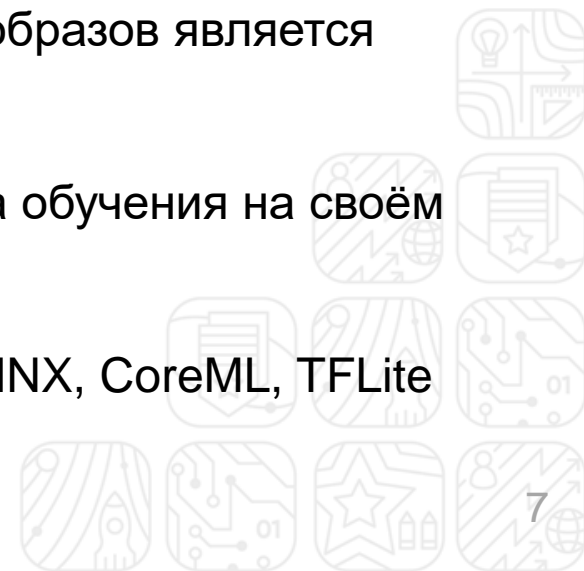


Модель обнаружения объектов YOLOv5

YOLOv5 (англ. You Only Look Once) является одноступенчатым детектором объектов на основе глубокого обучения.

Из особенностей YOLOv5:

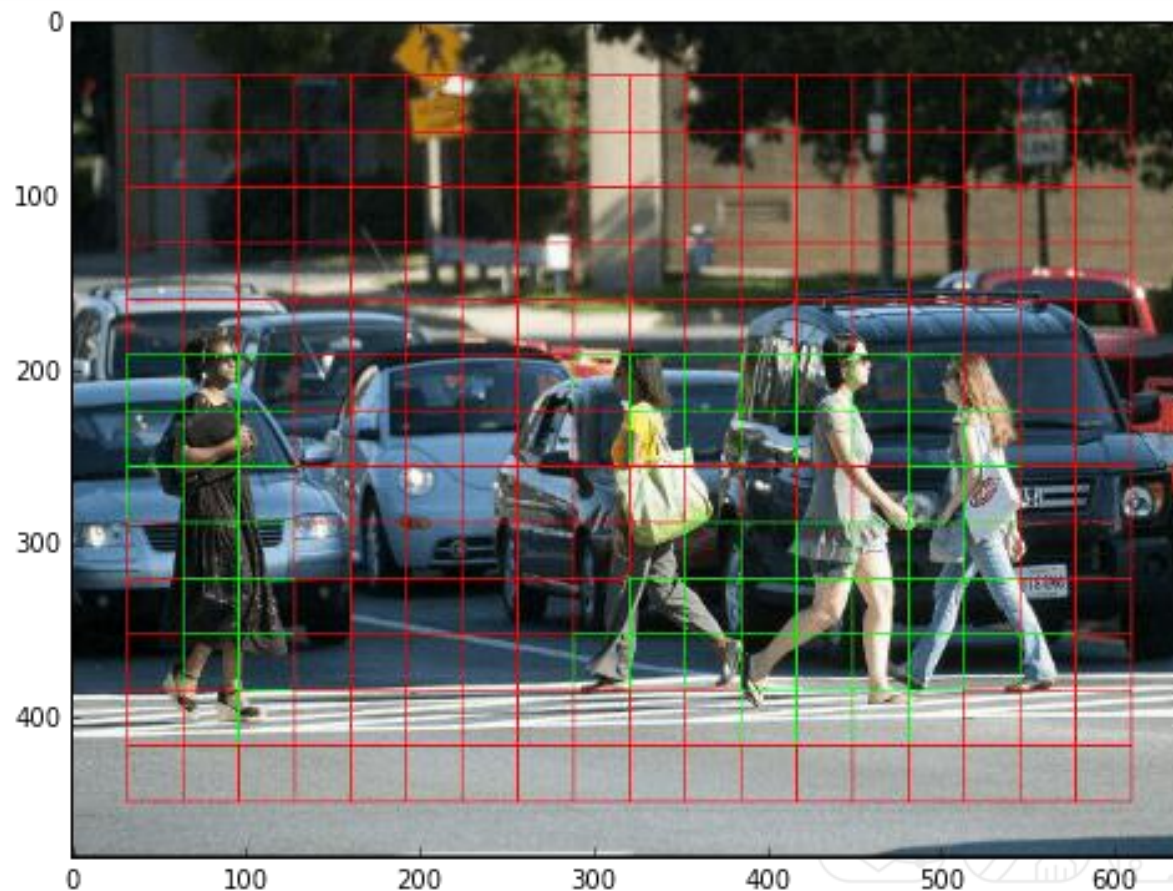
- очень высокие точность и скорость обнаружения
- маленький объём занимаемой памяти у обученной модели нейронной сети
- улучшение точности распознавания или добавление новых распознаваемых образов является тривиальной задачей
- наличие множества предварительно обученных контрольных точек для старта обучения на своём наборе данных
- возможность экспорта обученной модели в различные форматы, такие как ONNX, CoreML, TFLite





Остаточные блоки

- входное изображение делится на сетки одинаковой размерности
- каждая сетка отвечает за обнаружение объекта или части объекта, который появляется внутри сетки
- если центр объекта появляется в определённой ячейке сетки, то эта ячейка будет отвечать за его обнаружение



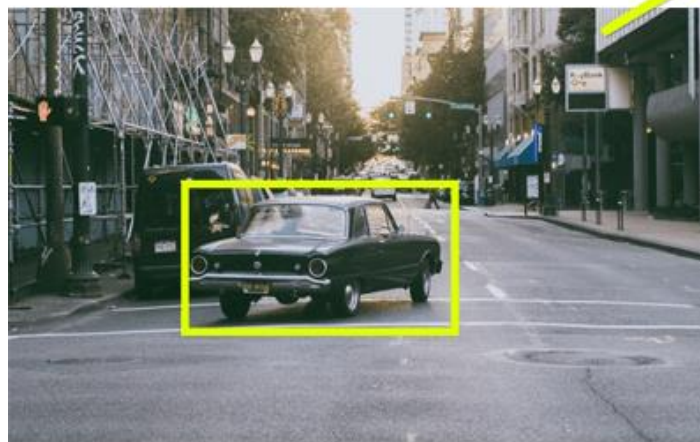


Регрессия ограничивающих рамок

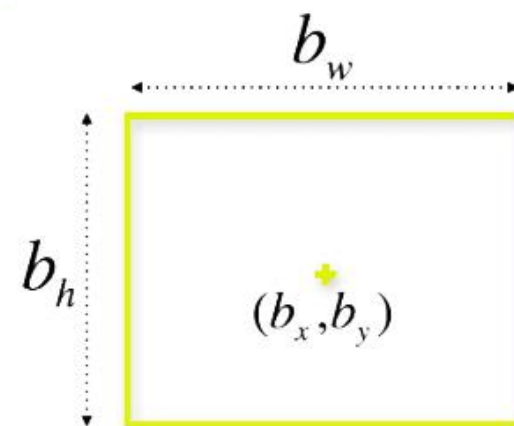
Ограничивающая рамка (Bounding Box или BBox) – контур, выделяющий объект на изображении.

Атрибуты области обнаружения объектов:

- ширина, высота
- класс объекта
- центр ограничительной рамки
- доверительное значение для класса



$$y = (p_c, b_x, b_y, b_h, b_w, c)$$

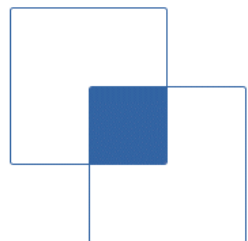




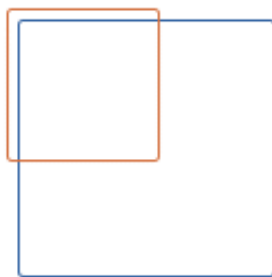
Пересечение над объединением

Пересечение над объединением (IoU – Intersection over Union) гарантирует, что предсказанные рамки соответствуют реальным.

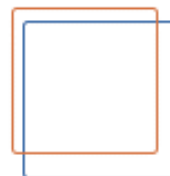
$$\text{IoU} = \frac{\text{Область перекрытия}}{\text{Область объединения}}$$



IoU: 0.4034 IoU: 0.7330 IoU: 0.9264



Плохой результат
обнаружения



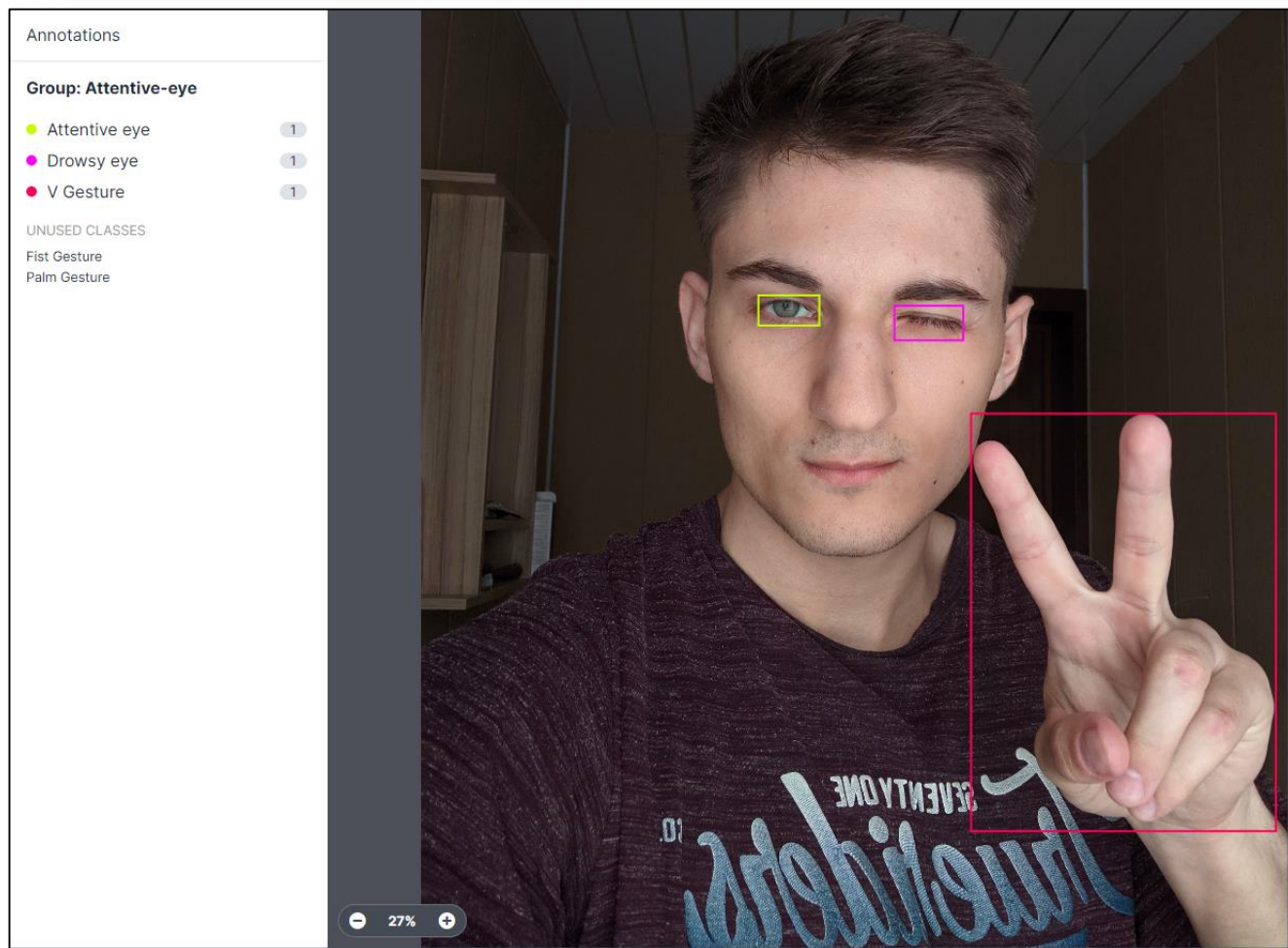
Хороший результат
обнаружения



Отличный результат
обнаружения



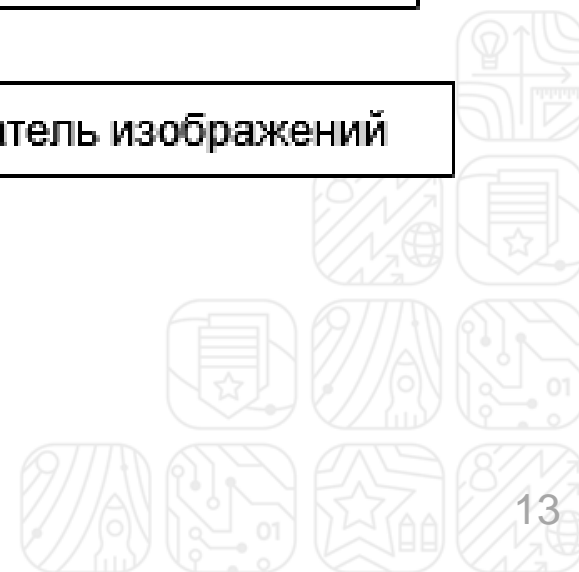
Создание набора данных в Roboflow Annotate



✓	Source Images	Images: 4,667 Classes: 5 Unannotated: 0
✓	Train/Test Split	Training Set: 3.5k images Validation Set: 906 images Testing Set: 399 images
✓	Preprocessing	Auto-Orient: Applied Resize: Stretch to 640×640
✓	Augmentation	Bounding Box: Brightness: Between -20% and +20% Bounding Box: Exposure: Between -20% and +20% Bounding Box: Blur: Up to 6px Bounding Box: Noise: Up to 2% of pixels
5	Generate	<p>Review your selections and select a version size to create a moment-in-time snapshot of your dataset with the applied transformations.</p> <p>Larger versions take longer to train but often result in better model performance. See how this is calculated »</p> <p>Maximum Version Size</p> <div>11,808 images (3x) ▼</div> <div>Generate</div>



Концептуальная модель предметной области





Архитектурный шаблон «Трёхуровневая архитектура»

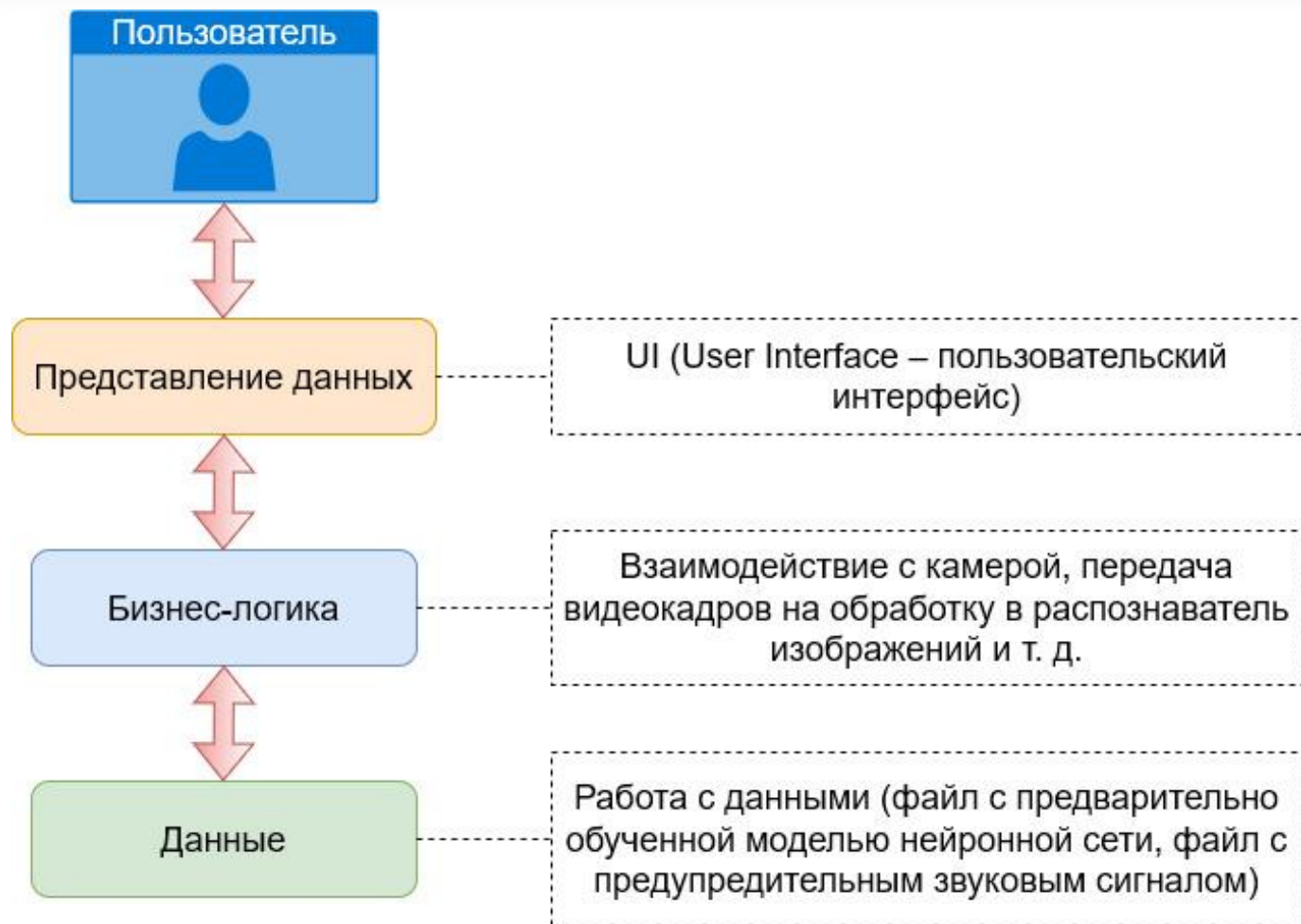




Диаграмма процесса распознавания объектов в видеокадре

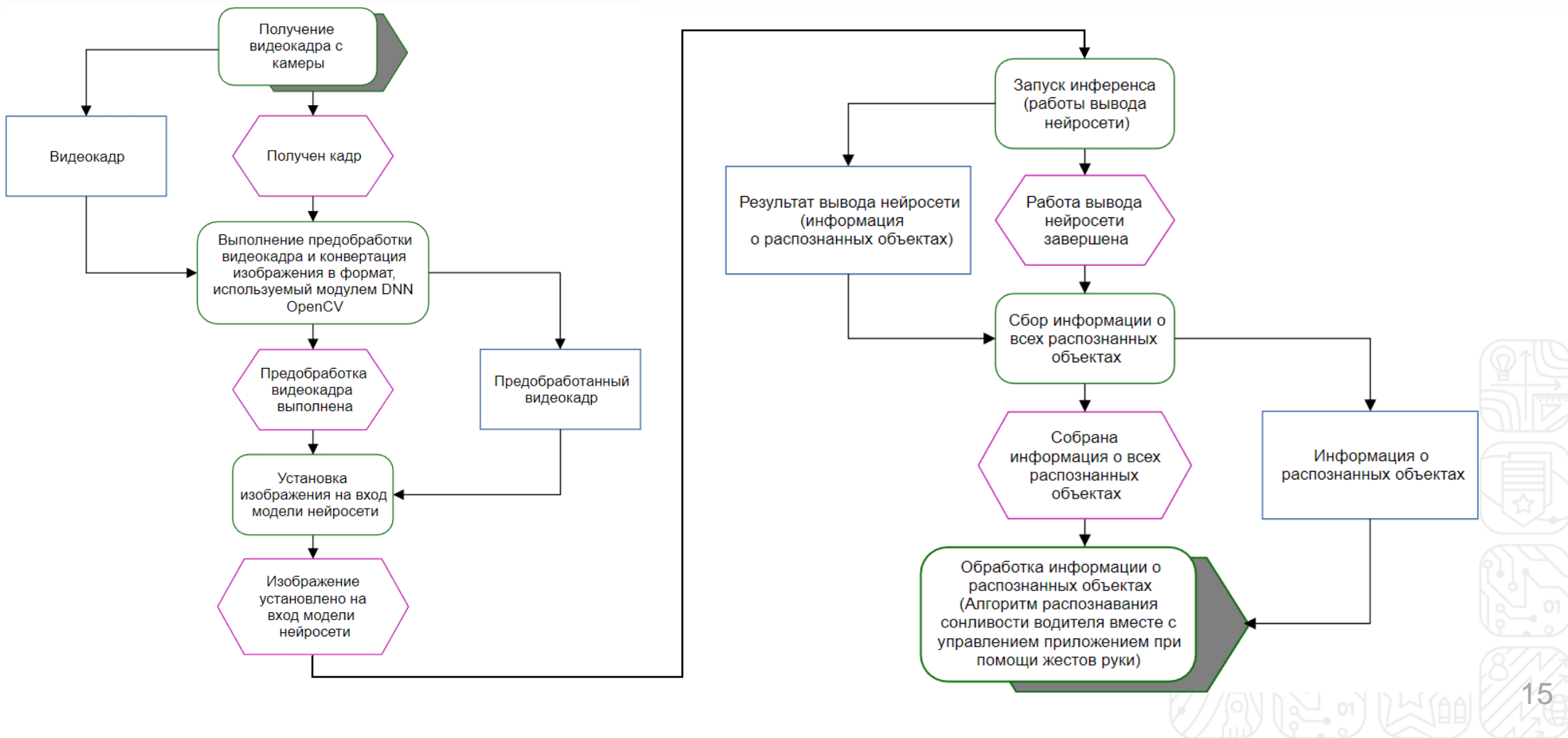




Диаграмма процесса обработки информации о распознанных объектах





Средства разработки

Модель обнаружения объектов YOLOv5

Онлайн-сервис с инструментом аннотирования изображений Roboflow Annotate

Облачный сервис для разработки и эксплуатации моделей машинного обучения Yandex

DataSphere

Язык программирования C++

Среда разработки CLion

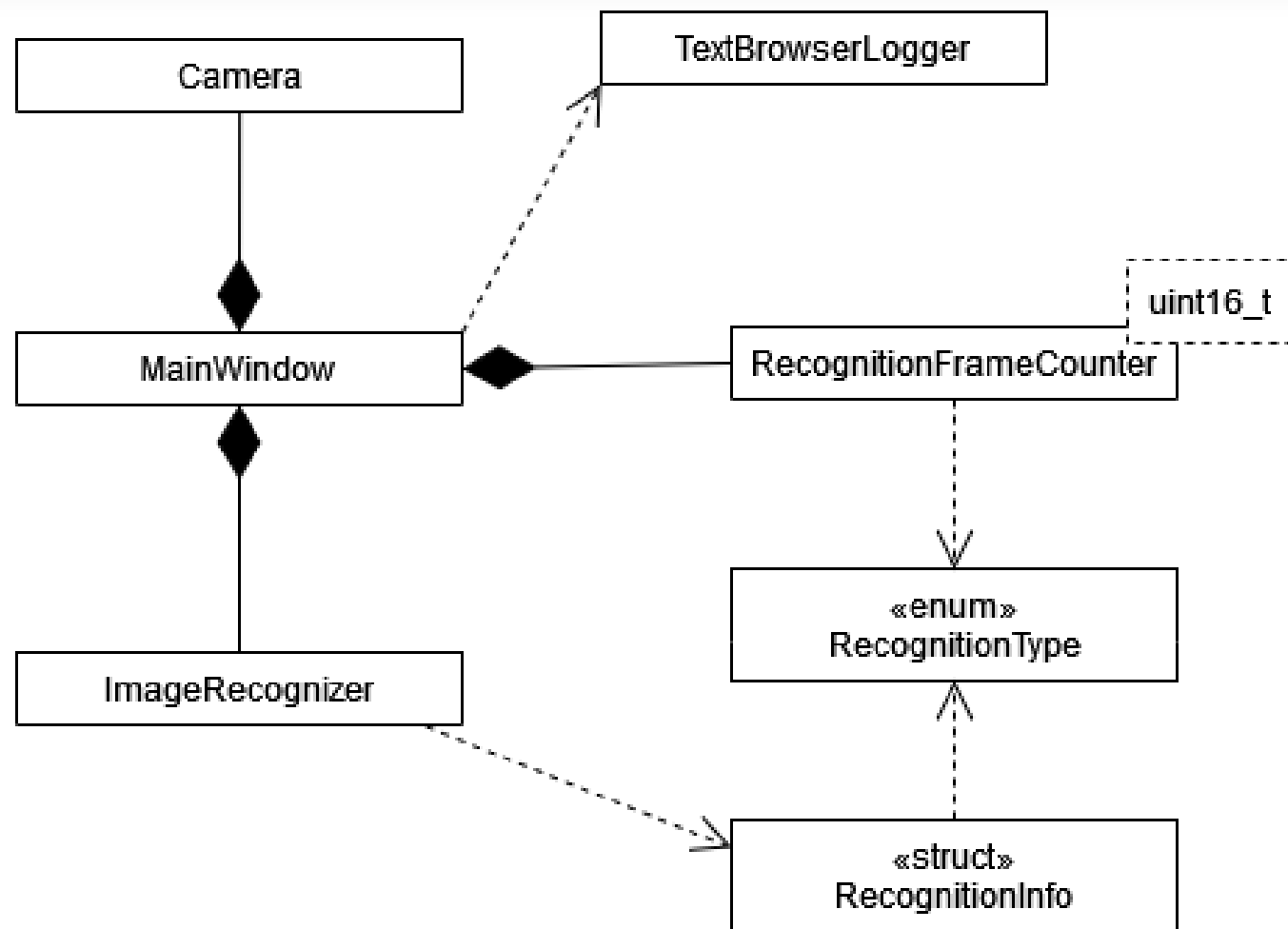
Библиотека Qt

Библиотека OpenCV



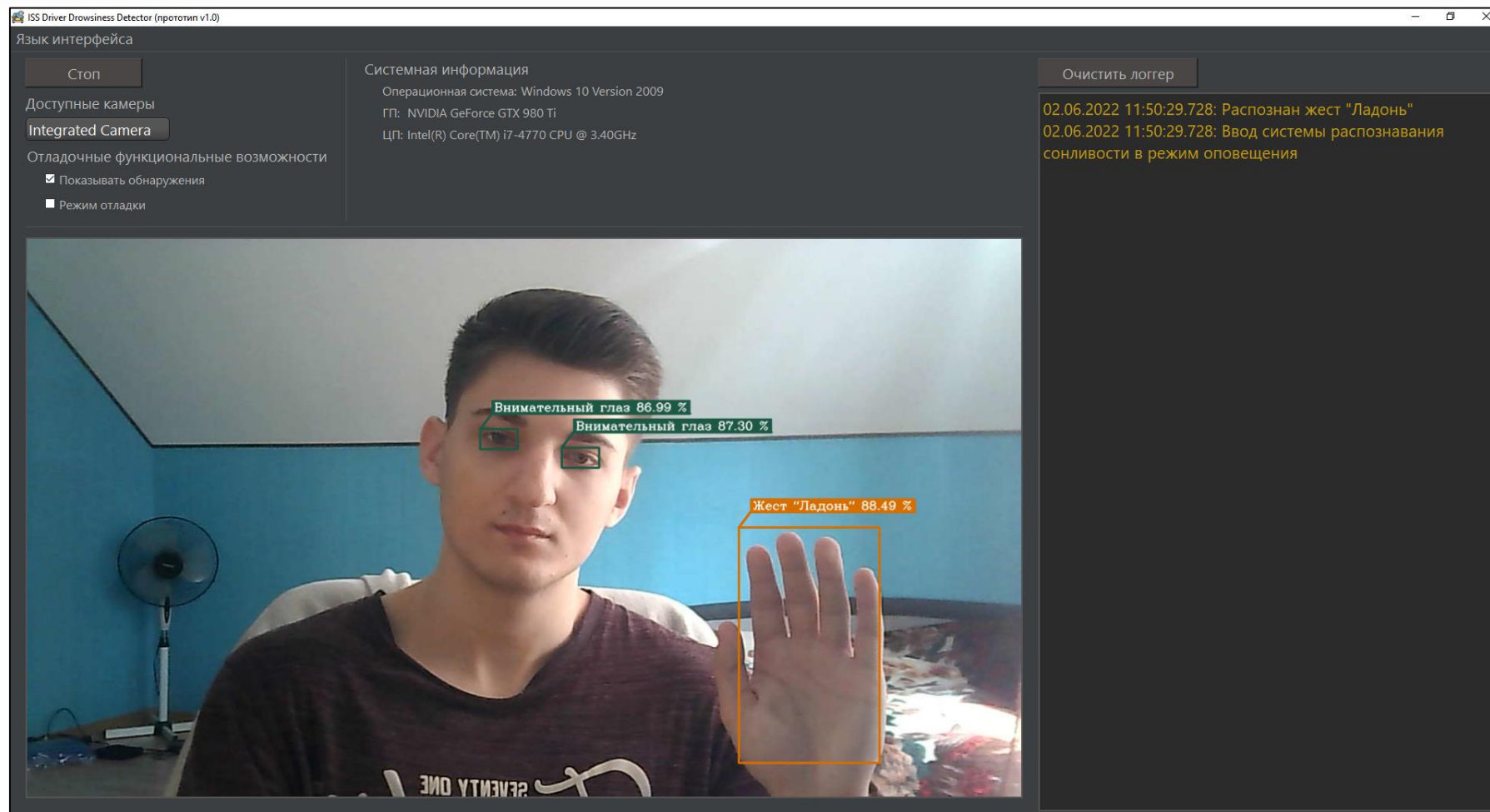


Диаграмма классов



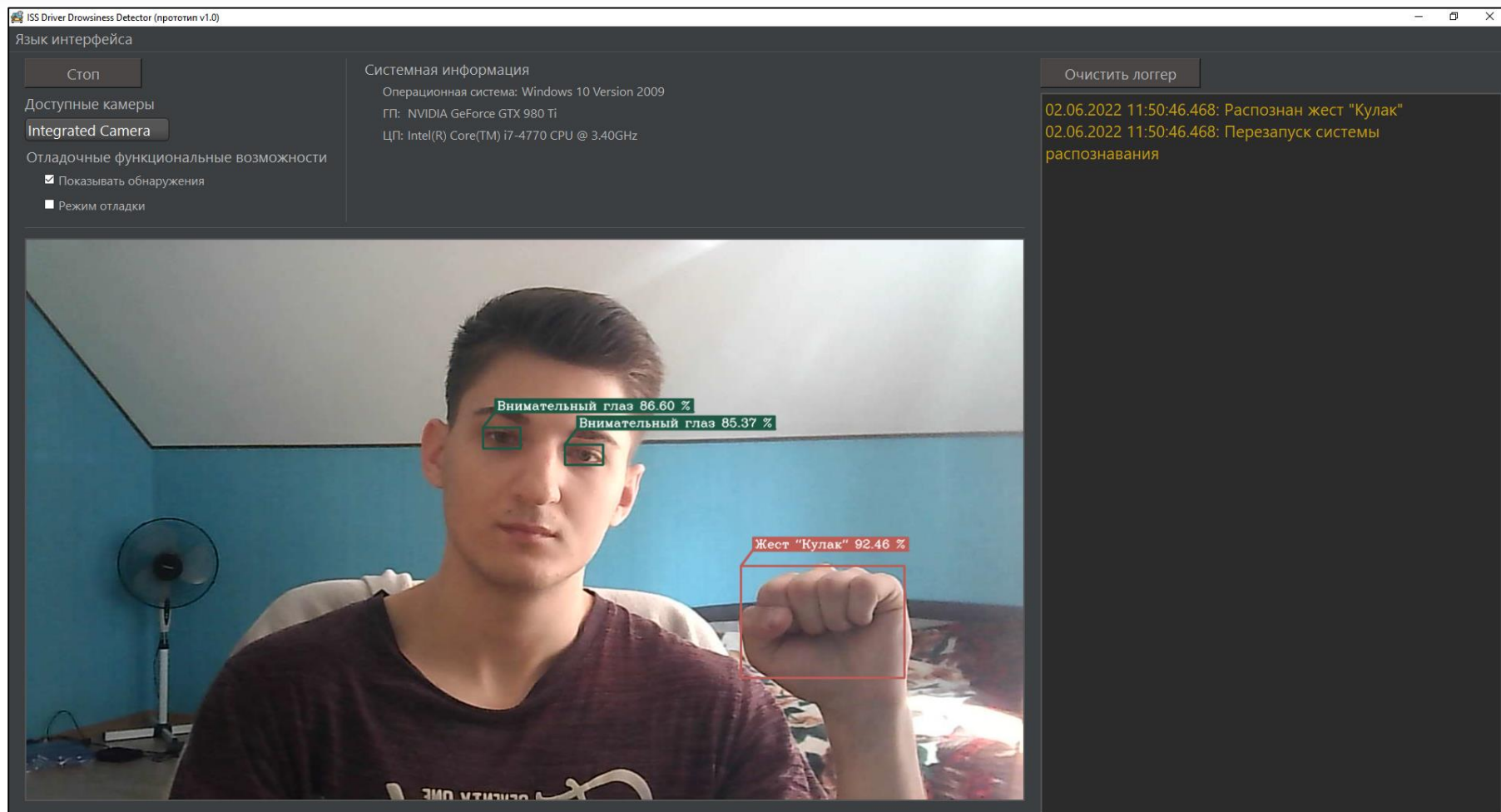


Пример распознавания жеста «Ладонь»



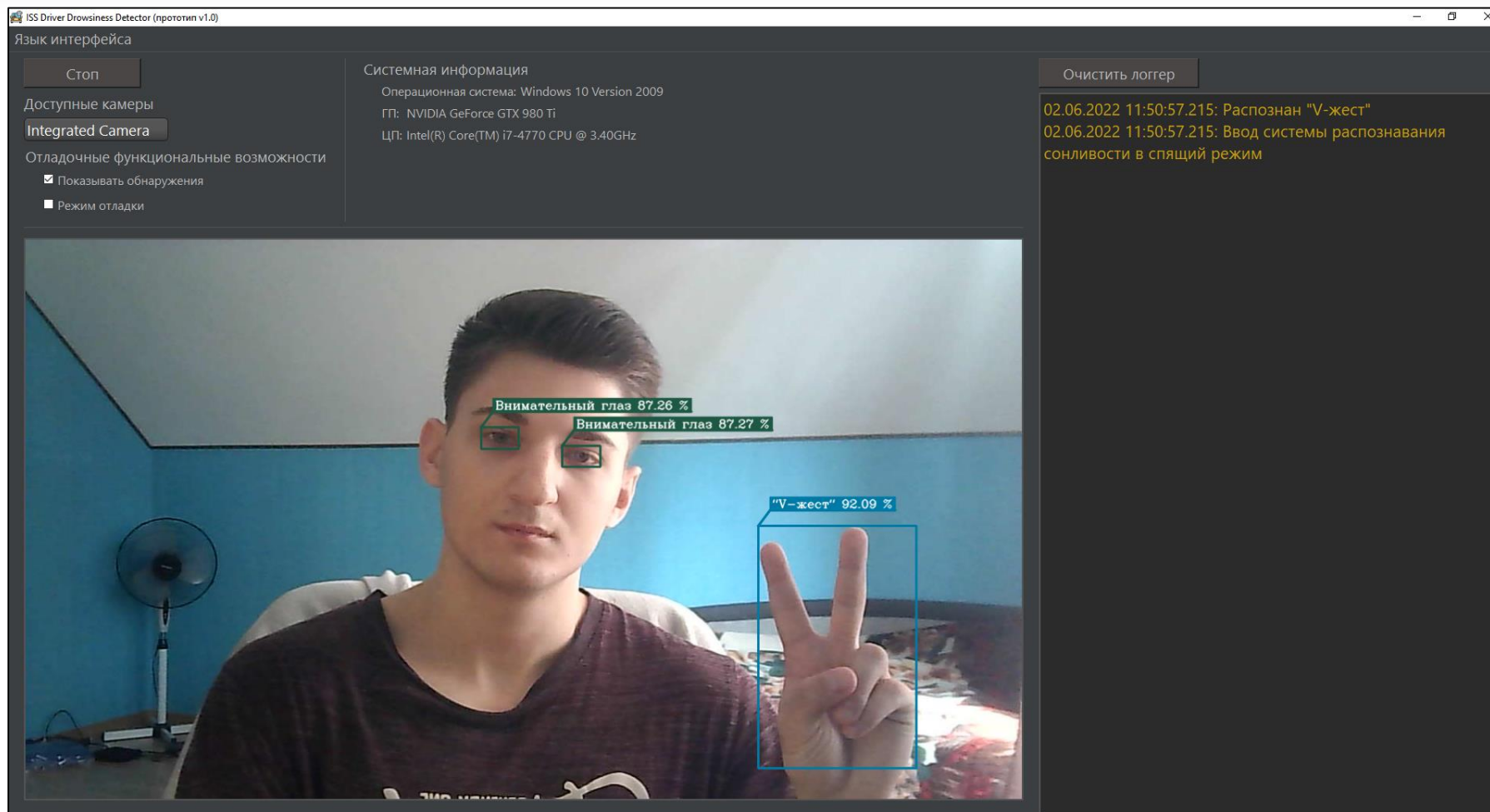


Пример распознавания жеста «Кулак»





Пример распознавания «V-жеста»





Пример распознавания сонливости

ISS Driver Drowsiness Detector (прототип v1.0)

Язык интерфейса

Стоп

Доступные камеры

Integrated Camera

Отладочные функциональные возможности

- ☒ Показывать обнаружения
- ☐ Режим отладки

Системная информация

Операционная система: Windows 10 Version 2009
ГП: NVIDIA GeForce GTX 980 Ti
ЦП: Intel(R) Core(TM) i7-4770 CPU @ 3.40GHz

Очистить логгер

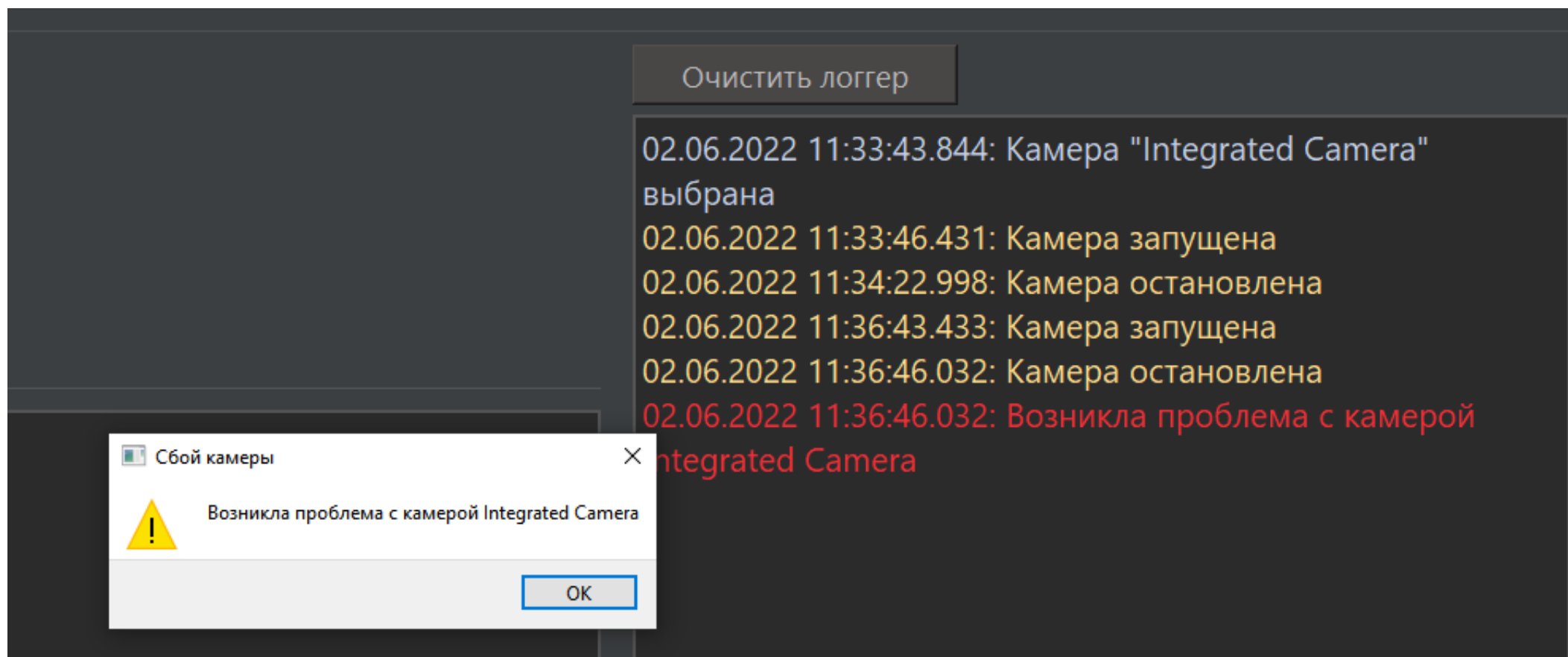
02.06.2022 17:48:42.056: Распознана сонливость
02.06.2022 17:48:42.059: Оповещение о сонливости при помощи предупредительного звукового сигнала

Сонный глаз 89.07 %

Сонный глаз 88.95 %



Пример сообщения об ошибке во время сбоя камеры





Результаты функционального тестирования

Тестовый сценарий	Действие пользователя	Фактический результат
Распознавание жеста «Ладонь»	Пользователь показал жест «Ладонь»	Система распознавания сонливости перешла в режим оповещения, также появились в журнале соответствующие сообщение о том, что распознан жест «Ладонь» и система распознавания сонливости перешла в режим оповещения
Распознавание сонливости (система распознавания сонливости включена)	Пользователь закрыл оба глаза	Распознали сонливость (в промежутке между 1 и 1,25 секунды после закрытия глаз) и появились соответствующие сообщения о том, что распознана сонливость и идёт оповещение при помощи предупредительного звукового сигнала



Заключение

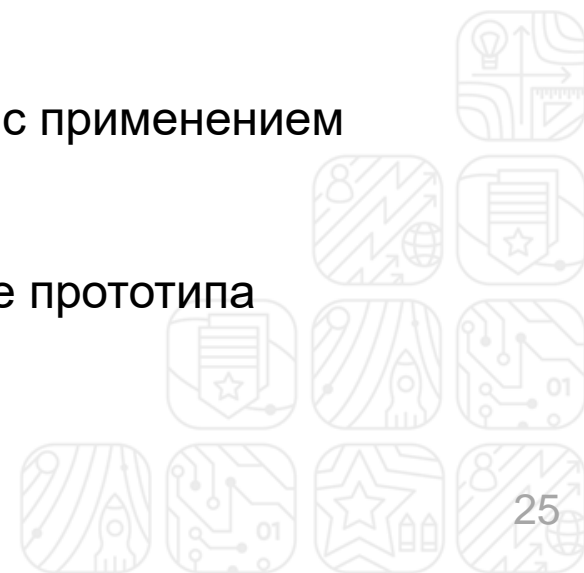
Изучены существующие системы безопасности водителя, на основании чего составлены функциональные и нефункциональные требования к программному продукту.

Проанализированы современные модели обнаружения объектов, в результате чего в качестве основы для распознавания выбрана YOLOv5.

Выбрана трёхуровневая архитектура. Разработаны концептуальная модель и алгоритмы функционирования прототипа.

Программная реализация выполнена на языке C++ в среде разработки CLion с применением библиотек Qt и OpenCV.

Проведено функциональное тестирование, которое подтвердило соответствие прототипа заявленным функциональным требованиям.





Балтийский государственный
технический университет
«ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова

Спасибо за внимание!

