

Управление образования города Пензы

МБОУ лицей №73 г. Пензы  
«Лицей информационных систем и технологий»



XXVI научно-практическая конференция  
школьников города Пензы  
«Я исследую мир»

*Разработка программного обеспечения распознавания лиц для обеспечения идентификации и контроля доступа учащихся образовательных учреждений.*

Секция «Информатика»

Работу выполнили:  
ученик 7 «В» класса Шмаранов Алексей Олегович

Научный руководитель:  
учитель технологии  
Пеганов Станислав Юрьевич

2021 г.

**Оглавление**

<b>Введение:</b> .....	<b>3</b>
<b>I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.</b> .....	<b>4</b>
<b>Принципы построения и функционирования систем распознавания лиц</b> .....	<b>4</b>
<b>II ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	<b>8</b>
<b>Состав системы распознавания лиц</b> .....	<b>8</b>
<b>Одноплатный компьютер RaspberryPi 3.</b> .....	<b>8</b>
<b>Алгоритм устройства:</b> .....	<b>12</b>
<b>Программное обеспечение для распознавания лиц</b> .....	<b>13</b>
<b>Назначение пользовательских функций</b> .....	<b>13</b>
<b>Заключение</b> .....	<b>15</b>
<b>Литература</b> .....	<b>15</b>
<b>Приложение №1</b> .....	<b>16</b>

**Введение:**

Распознавание лиц — это удобная и практичная функция идентификации без пароля. Сама технология относится к области применения теории распознавания образов, которая возникла значительно раньше современных компьютерных систем.

В связи с участвовавшими трагическими случаями применения насилия в школах и образовательных учреждениях остро стоит задача идентификации посетителей данных учреждений и контроля их доступа.

Во многих учреждениях установлены турникеты, обеспечивавшие проход через них с использованием пластиковых карт (пропусков). К сожалению, как показывает общероссийская и мировая практика, применение данной технологии идентификации и разграничения доступа не всегда оправдывает себя или вообще не работает, например в школах. Например, в нашем лицее за время введения системы электронных пропусков за январь-сентябрь 2021 года функционирования, было утрачено 30 пропусков, ученики проходят по пропускам других или вахтер пропускает их самостоятельно.

Идентификация и контроль доступа с использованием технологии дает возможность не только отказаться от часто теряющихся белых карточек и необходимости всегда их носить с собой, а всегда практически с 100% гарантией определить личность ученика и его принадлежность к данному образовательному учреждению.

В своём проекте я решил объединить систему распознавания лиц и автоматический турникет. Проход через турникет будет осуществляться без использования пластиковых карт, а с помощью камеры, которая будет фиксировать изображения лиц людей, проходящих через турникет, и идентифицировать с изображениями, имеющимися в базе данных.

**Цель:**

1. Разработать систему распознавания лиц на основе одноплатного компьютера Raspberry Pi.
2. Создать программное обеспечение для функционирования системы распознавания лиц.
3. Обеспечить сопряжение одноплатного компьютера Raspberry Pi с автоматическим турникетом лица.

**Задачи:**

1. Изучить порядок работы с одноплатным компьютером RaspberryPi.
2. Ознакомиться с принципами построения и функционирования систем распознавания лиц.
3. Изучить библиотеки OpenCV и FaceRecognition программного обеспечения Raspberry Pi.
4. Разработать программное обеспечение для распознавания и идентификации учащихся лица.
5. Создать схему сопряжения Raspberry Pi с турникетом-триподом TS1000M Pro.
6. Протестировать данное устройство.

**Актуальность:**

Учащиеся смогут проходить в учебные заведения, используя собственное лицо, и не использовать при этом пропуск. Это позволит решить следующие основные задачи:

1. Однозначно идентифицировать личность учащегося.
2. Исключить потерю пропусков и тем самым экономить денежных средств.
3. Уменьшить скученность детей во время массового прихода в школу.
4. Автоматический учет посещаемости учащихся.
5. Автоматическое оповещение родителей об отсутствии ребенка в образовательном учреждении.

**I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.****Принципы построения и функционирования систем распознавания лиц**

Распознавание лиц (Face Recognition - англ.) — это один из наиболее перспективных методов биометрической бесконтактной идентификации человека по лицу.

Первые системы распознавания лиц были реализованы как программы, устанавливаемые на компьютер. В наше время технология распознавания лиц наиболее часто используется в системах видеонаблюдения, контроля доступа, на разнообразных мобильных и облачных платформах.

В принципе, система распознавания лиц может быть описана как процесс сопоставления лиц, попавших в объектив камеры с базой данных ранее сохраненных и идентифицированных изображений лиц эталонов.

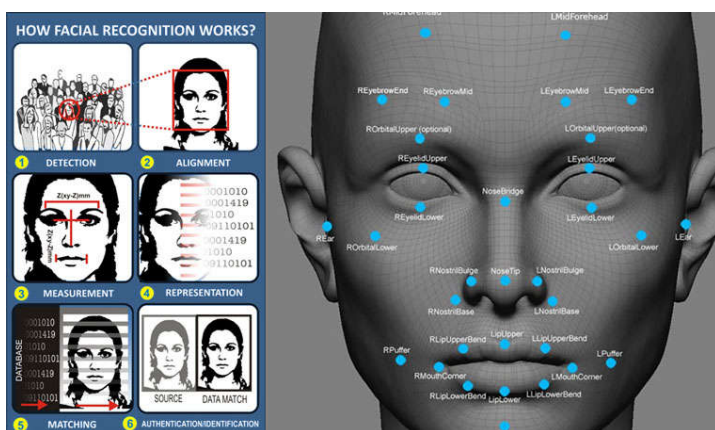
Как правило система состоит из камеры видеонаблюдения и программного обеспечения, которое выполняет анализ изображений. Программное обеспечение для распознавания лиц основано на обработке изображений и вычислениях сложных математических

алгоритмов, которые требуют более мощный сервер, чем обычно требуется для систем видеонаблюдения.

Алгоритм работы технологии распознавания лиц состоит из двух этапов: идентификация (кто этот человек?) и верификация (а тот ли это человек, за которого он себя выдает?). Последовательность действий обычно такова:

### 1 Face detection

Выделяется лицо человека на изображении.



### 2 Facial features detection

Вычисляются антропометрические точки. Система находит опорные точки на лице, которые определяют индивидуальные характеристики. Алгоритм вычисления характеристик различен для каждой из систем и является главным секретом разработчиков. Раньше основной опорной точкой для алгоритмов были глаза, но алгоритмы эволюционировали и стали учитывать минимум 68 точек на лице (расположены по контуру лица, определяют положение и форму подбородка, глаз, носа и рта, расстояние между ними).

определяют положение и форму подбородка, глаз, носа и рта, расстояние между ними).

### 3 Face normalization

Проводятся дополнительные преобразования изображения (устранение наклона головы, коррекция цвета лица и так далее) с целью получения четкого фронтального снимка.

### 4 Feature extraction and descriptor computation

Вычисляется дескриптор — набор характеристик, описывающих лицо независимо от посторонних факторов (возраст, прическа, макияж). Анализируются специальные локальные признаки, характеризующие, например, текстуру определенных областей на лице. Сопоставление разных дескрипторов позволяет оценить, относятся ли два полученных изображения лица к одному и тому же человеку.

### 5 Verification

Сравнивается полученный вектор лица (цифровой шаблон) с имеющимся в базе лицами.

## **Методы распознавания лиц**

Методы извлечения признаков условно делятся на две группы: использующие локальные и глобальные признаки лица. При использовании локальных — алгоритм выделяет отдельные части (глаза, нос, рот и др.) и уже по ним распознает лицо. При использовании глобальных — оперирует со всем лицом в целом. Количество существующих методов выделения признаков и их классификации велико, но одни и те же методы используются для выделения как локальных, так и глобальных признаков.

Так же различают 2D и 3D технологии распознавания лиц.

### **2D-распознавание лиц**

В основе технологии 2D (двумерного) распознавания лиц, лежат плоские двухмерные изображения. Алгоритмы распознавания лиц используют: антропометрические параметры лица, графы - модели лиц или эластичные 2D-модели лиц, а также изображения с лицами, представленные некоторым набором физических или математических признаков. Рейтинг популярности алгоритмов распознавания лиц мы рассмотрим ниже.

Распознавание 2D изображений одна из наиболее востребованных технологий на данный момент. Так как основные базы данных идентифицированных лиц, накопленные в мире - именно двухмерные.

Преимущества:

Огромным преимуществом 2D распознавания лиц является наличие готовых баз данных лиц эталонов, и готовой инфраструктуры. Максимальный спрос придется именно на этот сегмент, а спрос будет стимулировать разработчиков совершенствовать технологии.

Недостатки:

Более высокий процент ошибок по сравнению с 3D распознаванием лиц.

### **3D-распознавание лиц**

3D распознавание (Three-dimensional facerecognition - англ.) производится как правило по реконструированным трехмерным образам. Технология 3D распознавания лиц имеет более высокие качественные характеристики. Хотя, конечно, она не является идеальной.

Существует несколько разнообразных технологиях 3D сканирования. Это могут быть лазерные сканеры с оценкой дальности от сканера до элементов поверхности объекта, специальные сканеры со структурированной подсветкой поверхности объекта и математической обработкой изгибов полос, либо это могут быть сканеры, обрабатывающие фотограмметрическим методом синхронные стереопары изображений лиц.

3D технология от Apple единственная в мире использует - вертикально-излучающие лазеры (VCSEL)

### Преимущества 3D

Большая точность и меньшее количество ошибок пока недостижимое для 2D систем распознавания лиц.

### Недостатки 3D

Достаточно легко подделать для профессионалов

3D распознавание требует специальных камер для сканирования, которые в несколько раз дороже обычных камер видеонаблюдения которые используются в 2D распознавании.

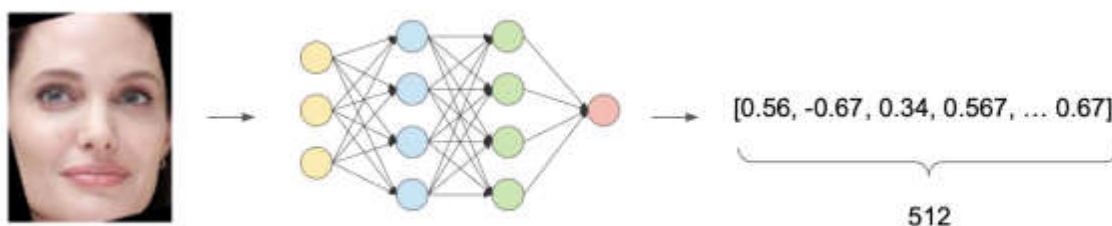
Отсутствие готовых баз данных идентифицированных лиц, по сравнению с 2D распознаванием

Основой 2D распознавания лиц являются две нейросети:

Первая — сеть-«выравниватель» (англ. aligner). Она берет картинку, которая поступает с камеры наблюдения, детектирует на ней лицо, «вырезает» и «выравнивает» его.



Вторая — сеть-«распознаватель». Она принимает на входе выровненное изображение, которое передала первая нейросеть, а на выходе выдает вектор лица — то есть, набор чисел фиксированной длины. У разных сетей эти векторы могут отличаться, но чаще всего это некая степень двойки.



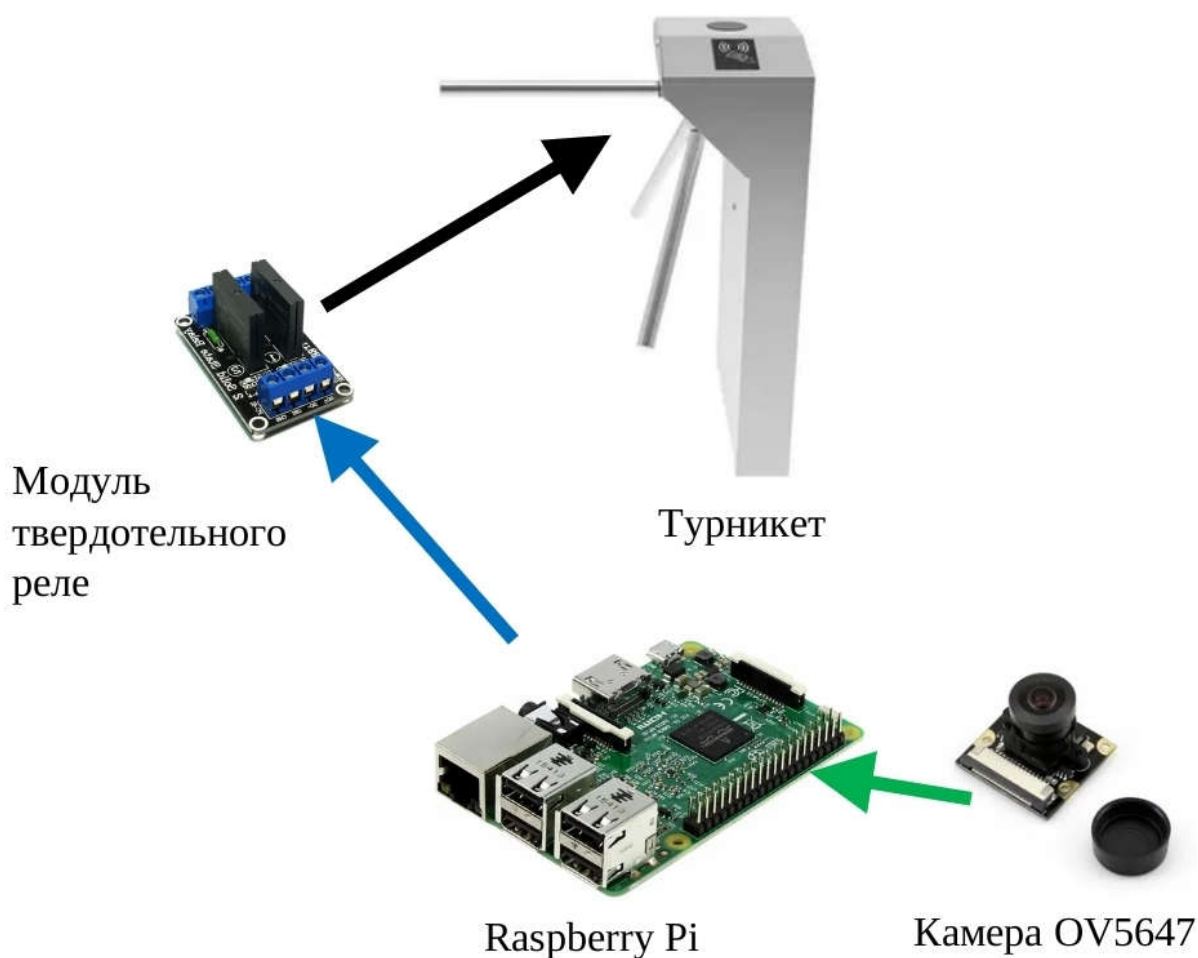
Чтобы обучить нейросети, используют огромные базы данных с лицами людей. Нейросети на входе сообщают, кому принадлежит это лицо, а затем, в ходе обучения, добиваются, чтобы она выдавала максимально точные результаты. Обучившись на миллионах разных людей, нейросеть начинает распознавать и новые лица — те, которых не было в базе.

## II ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Состав системы распознавания лиц

Основой моей системы распознавания лиц является одноплатный компьютер Raspberry Pi, к которому подключена 5Мп камера и он сопряжен с турникетом-триподом TS1000M Pro. Также неотъемлемой частью данной системы является программное обеспечение установленное Raspberry Pi и разработанное мной.

#### Функциональная схема



Одноплатный компьютер Raspberry Pi 3.





Raspberry Pi 3 Model B+ - это одноплатный компьютер с 4-ядерным 64-битным процессором с частотой 1.4 ГГц, 2-полосной беспроводной LAN 2.4 ГГц и 5.0 ГГц, Bluetooth 4.2/BLE, Ethernet.

#### Характеристики:

- Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53, 64 бита, 4-ядерная SoC 1.4 ГГц;

- 1 Гб LPDDR2 SDRAM;
- 2.4 ГГц/5 ГГц IEEE 802.11 b/g/n/ac беспроводная LAN (WLAN);
- Bluetooth Low Energy v4.2 (BLE);
- Gigabit Ethernet через USB 2.0;
- 4 порта USB 2.0;
- Расширительный 40-контактный разъем GPIO;
- Полноразмерный HDMI, порт дисплея MIPI DSI, порт камеры MIPI CSI;
- Выходной 4-полюсный порт стереозвука/композитного видеосигнала;
- Разъем MicroSD карты для ОС и хранения данных;
- Требования к источнику питания - 5В/2.5А DC.

#### Технические параметры

Тип процессора bcm2387 4-х ядерный cortex-a53.

Частота процессора 1.4 ГГц.

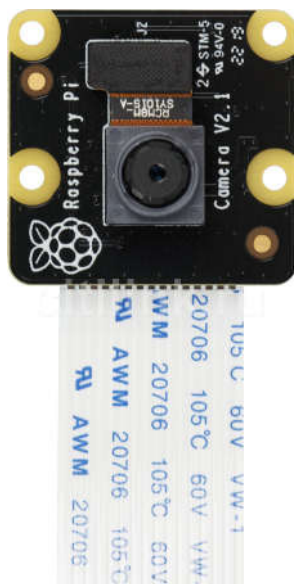
Оперативная память 1 гб.

Графический процессор 2-х ядерный Videocore iv.

Поддерживаемые операционные системы linux, windows 10 iot core.

Установленные интерфейсы usb, hdmi, eth, micro-sd, audio, dsi, csi, i/o.

#### Камера 5MP RPi камера Модуль OV5647



#### Технические характеристики:

1. 5-мегапиксельный датчик OV5647
2. Размер CCD: 1/4 дюйма
3. Диафрагма (F): 1,8
4. Фокусное расстояние: 3,6 мм регулируемый
5. Поле зрения: 72 градуса
6. Датчик лучшее разрешение: 1080p
7. Уровень выходного сигнала 3,3 В

## Турникет-трипод TS1000M Pro



Турникет с одиночной полосой движения для быстрого прохода и надёжного входного контроля. В режиме ожидания он находится в заблокированном положении, что препятствует доступу к охраняемой территории. Когда считыватель RFID карт и/или отпечатка пальца идентифицирует посетителя и проверит его допуск, турникет выйдет из заблокированного положения. Опционально встроенная кнопка выхода (REX) позволяет покинуть территорию без повторной идентификации. Во время экстренных ситуаций и отключения электроэнергии рукоятки турникета опускаются, чтобы позволить людям быстро и безопасно покинуть территорию. Корпус турникета из нержавеющей стали выполнен в современном компактном дизайне.

### Операционная система Raspberry Pi.



Raspberry Pi OS

Raspbian – данная операционная система в 2015 году была представлена как основная для Raspberry Pi. Она по максимуму оптимизирована для процессоров с APM-архитектурой и достаточно активно продолжает развиваться. Основой операционной системы является Debian GNU/Linux. Среда рабочего стола состоит из LXDE (среда для UNIX и других POSIX-совместимых систем типа Linux и BSD), а также менеджера окон Openbox (бесплатный менеджер для X Window System). В состав дистрибутива входят: программа компьютерной алгебры Mathematica; модифицированная версия Minecraft PI; урезанная версия Chrome.

Для установки системы на компьютер я использовал образ операционной системы с официального сайта <https://www.raspberrypi.com> и программу RaspberryPiImager.

### Язык программирования Python



python™

Python — высокоуровневый язык программирования общего назначения с динамической строгой типизацией и автоматическим управлением

памятью, ориентированный на повышение производительности разработчика, читаемости кода и его качества, а также на обеспечение переносимости написанных на нём программ.



Язык является полностью объектно-ориентированным в том плане, что всё является объектами.

Python стал одним из самых популярных языков, он используется в анализе данных, машинном обучении, DevOps и веб-разработке, а также в других сферах, включая разработку игр.

Я использовал Python для написания программы распознавания лиц, с использованием библиотек OpenCV и Face Recognition.

### **Библиотека Python OpenCV**

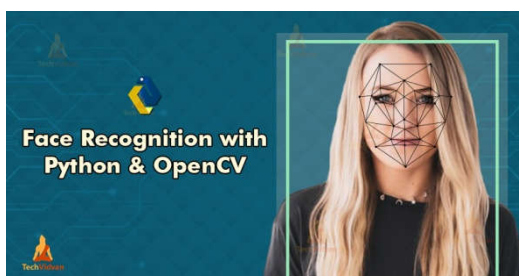


OpenCV (англ. OpenSourceComputerVisionLibrary, библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом) — библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. Реализована на C/C++, также разрабатывается для Python, Java, Ruby, Matlab, Lua и других языков. Может свободно использоваться в академических и коммерческих целях — распространяется в условиях лицензии BSD.

Данная библиотека позволяет реализовывать различные алгоритмы обработки видео и изображений, при помощи стандартных типов данных, функций и классов. Она имеет более 2500 оптимизированных алгоритмов - полный набор как классических, так и самых современных алгоритмов компьютерного зрения и машинного обучения. У неё много реализаций, включая Python, Java, C++.

Я использовал OpenCV для того, чтобы получить изображение с камеры и для дальнейшей обработки изображения.

### **Библиотека Python Face Recognition.**

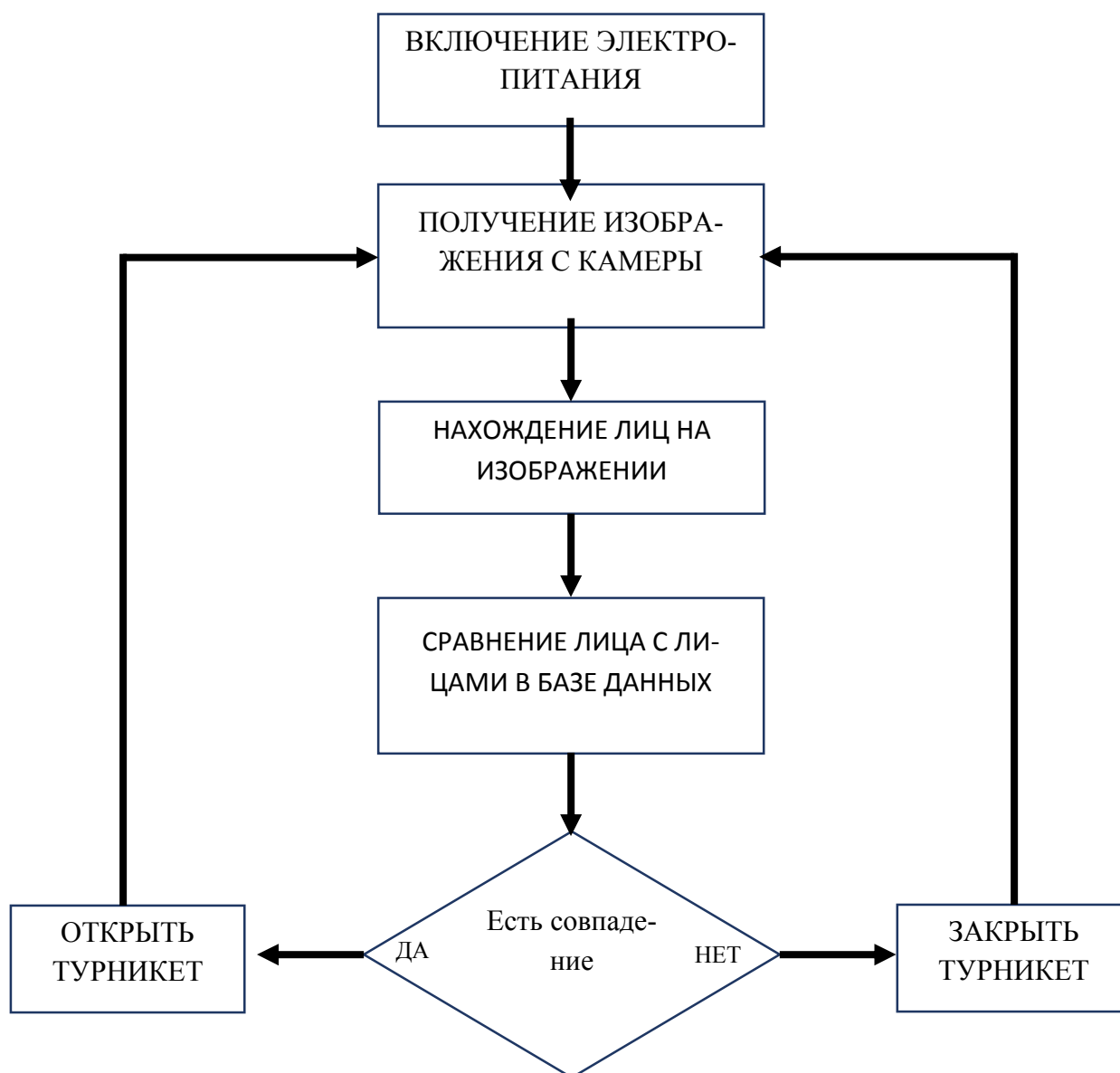


Face recognition - простая библиотека в использовании и установке. По факту является API инструментом, который устанавливается с этой библиотекой.

Сам инструмент выделяет черты лица на изображениях, и в случае, если нам нужен такой функционал, пытается по ним идентифицировать найденного человека.

Весь функционал написан на языке C++ и сформирован в библиотеку Dlib – наиболее продвинутого сборника, содержащего алгоритмы машинного обучения и имеющего открытый исходный код.

## Алгоритм устройства:



## Программное обеспечение для распознавания лиц

Полный листинг программы приведён в Приложении №1.

Программное обеспечение обеспечивает:

1. Получение изображения с камеры.
2. Распознавание лиц.
3. Идентификацию личности.
4. Открытие турникета.

Для функционирования системы распознавания лиц, мною была создана пробная база данных учащихся. В нее были включены с их согласия, учащиеся моего класса, и я использовал ее для обучения нейросети и тестирования программы.

Процент достоверности составил порядка 99%.

## Назначение пользовательских функций

Функция	Назначение
<pre>def findEncodings(images):     encodeList = []     for img in images:         img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2RGB)         encode = face_recognition.face_encodings(img)[0]         encodeList.append(encode)     return encodeList</pre>	<p>Создание массива.</p> <p>Цикл.</p> <p>Преобразование из BGR в RGB.</p> <p>Анализ лица.</p> <p>Добавление лица в массив.</p> <p>Вернуть массив.</p>

Основной цикл программы	Назначение
<pre> while True:     success, img = cap.read() imgS = cv.resize(img, (0, 0), None, 0.25, 0.25) imgS = cv.cvtColor(imgS, cv.COLOR_BGR2RGB) facesCurFrame = face_recognition.face_locations(imgS) encodeCurFrame = face_recognition.face_encodings(imgS, facesCurFrame) GPIO.output(pin, GPIO.HIGH)      for encodeFace in encodeCurFrame: mathes = face_recognition.compare_faces(encodeListKnow, encodeFace)  faceDis = face_recognition.face_distance(encodeListKnow, encodeFace) matchIndex = np.argmin(faceDis)      if mathes[matchIndex]:         name = classNames[matchIndex]         print(name) GPIO.output(pin, GPIO.HIGH) </pre>	<p>Чтение изображения с камеры.</p> <p>Изменение размеров изображения.</p> <p>Преобразование из BGR в RGB.</p> <p>Нахождение расположения лица.</p> <p>Анализ лица.</p> <p>Закреть турникет.</p> <p>Сравнение лица с лицами в базе данных.</p> <p>Насколько похоже лицо с лицами в базе данных.</p> <p>Возвращает индекс минимального значения.</p> <p>Если есть совпадение.</p> <p>Получение имени человека.</p> <p>Вывести имя.</p> <p>Открыть турникет.</p>

## **Заключение**

Разработанное мною система распознавания и идентификации лиц успешно прошла тестирование в объеме одного класса. В дальнейшем я планирую следующие работы:

1. Создание базы данных всех учащихся лица.
2. Создание программы автоматического учета посещений учащихся лица, с документированием и хранением журнала на сервере лица.
3. Передачу сообщений родителям об отсутствии их ребенка в лицее, с использованием различных Интернет - мессенджеров.
4. Дополнение системы малогабаритным дисплеем для вахтера, информирующим о причинах не пропуска учащегося.

## **Литература**

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
2. <http://wiki.amperka.ru>
3. <https://codius.ru>
4. <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-facial-recognition>
5. <https://face-recognition.readthedocs.io>

**Приложение №1**

```

import numpy as np
import face_recognition
import cv2 as cv
import os
import RPi.GPIO as GPIO

path = 'KnowFaces'
images = []
classNames = []
myList = os.listdir(path)
print(myList)

pin = 5
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(pin, GPIO.OUT)

for cls in myList:
    curImg = cv.imread(f'{path}/{cls}')
    images.append(curImg)
    classNames.append(os.path.splitext(cls)[0])

print(classNames)

def findEncodings(images):
    encodeList = []
    for img in images:
        img = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2RGB)
        encode = face_recognition.face_encodings(img)[0]
        encodeList.append(encode)
    return encodeList

encodeListKnow = findEncodings(images)
print("Декодирование закончено")
cap = cv.VideoCapture(0)

```



```
while True:
    GPIO.output(pin, GPIO.HIGH)
    success, img = cap.read()
    imgS = cv.resize(img, (0, 0), None, 0.25, 0.25)
    imgS = cv.cvtColor(imgS, cv.COLOR_BGR2RGB)
    facesCurFrame = face_recognition.face_locations(imgS)
    encodeCurFrame = face_recognition.face_encodings(imgS, facesCurFrame)

    for encodeFace in encodeCurFrame:
        mathes = face_recognition.compare_faces(encodeListKnow, encodeFace)
        faceDis = face_recognition.face_distance(encodeListKnow, encodeFace)
        matchIndex = np.argmin(faceDis)
        print(matchIndex)
        if mathes[matchIndex]:
            name = classNames[matchIndex]
            print(name)
    GPIO.output(pin, GPIO.LOW)
```