



Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии  
Выпускная квалификационная работа

# Сервис распознавания лиц для идентификации личности

Студент: Константиновский Н.О. БПИ 143  
Научный руководитель: д.т.н., профессор ДПИ, Александров Д.В.

iOS приложение, позволяющее  
идентифицировать человека по  
фотографии лица

# Основные понятия и термины

- Нейронная сеть – Математическая модель, а также ее программное воплощение, построенное по принципу биологических нейронных сетей.
- Сверточная нейронная сеть – Специальная архитектура нейронных сетей, нацеленная на эффективное распознавание изображений.
- CoreML – Фреймворк для интеграции моделей машинного обучения в iOS устройства, представленный Apple в 2017 году.
- SVM – Набор алгоритмов машинного обучения с учителем, предназначенных для классификации и регрессионного анализа.
- API – Набор готовых функций предоставляемых приложением для использования во внешних программах.

# Актуальность

Распознавание образов при помощи машинного обучения является на данный момент одной из наиболее актуальных задач. Оно может использоваться в при разработке приложений в дополненной реальности, для социальных сетей и прочих подобных приложений. Распознавание людей по лицам является одной из наиболее важных частей распознавания образов.



FaceLock



True Key



FindFace

# Цели и задачи

# Цель

Разработать сервис распознавания лиц для идентификации личности, выполняющий вычисления по извлечению признаков лица на мобильном устройстве на платформе iOS и предоставляющий возможность идентифицировать личность в локальной или удаленной базе данных.

# Задачи

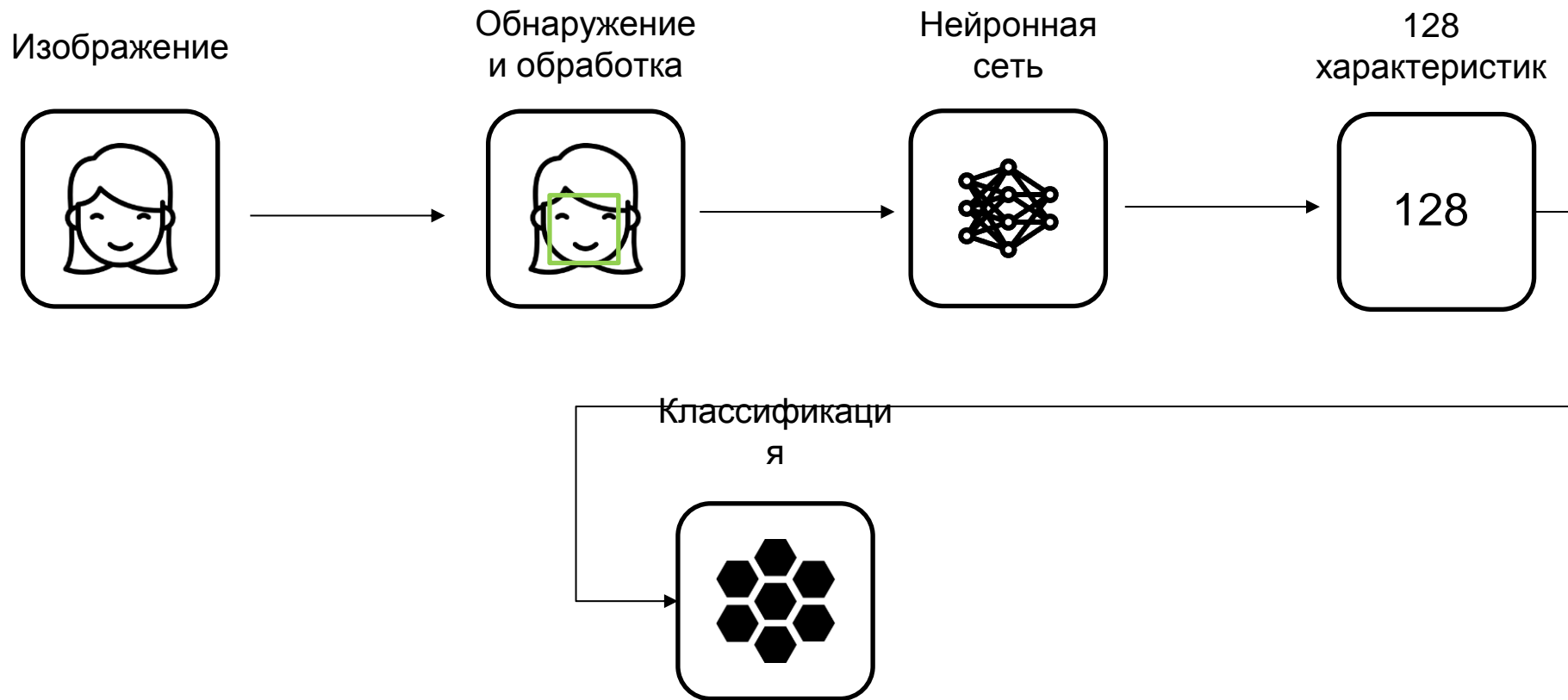
- Изучить подходы распознавания лиц;
- Выбрать наиболее подходящий подход распознавания лиц для реализации на мобильном устройстве;
- Изучить подходы поиска личности по лицу в базе данных;
- Выбрать наиболее подходящий подход для поиска личности по лицу в базе данных для реализации на мобильном устройстве;
- Разработать необходимые для реализации сервиса модели для распознавания лиц на языке Python;
- Разработать серверную часть сервиса распознавания лиц для идентификации личности на языке Python;
- Разработать API сервиса;
- Разработать SDK сервиса для платформы iOS;
- Разработать тестовое iOS приложение, использующее SDK сервиса, демонстрирующее работу сервиса распознавания лиц для идентификации личности.

# Анализ существующих решений

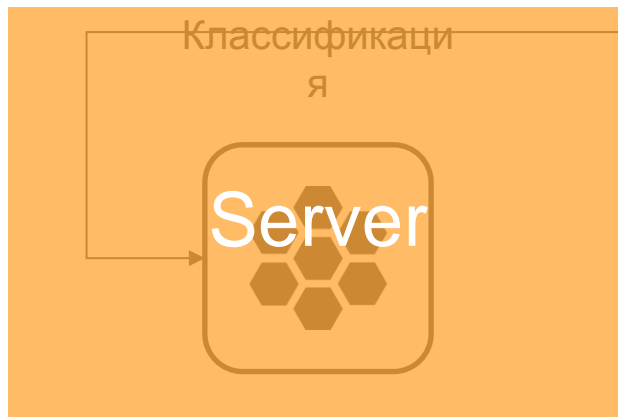
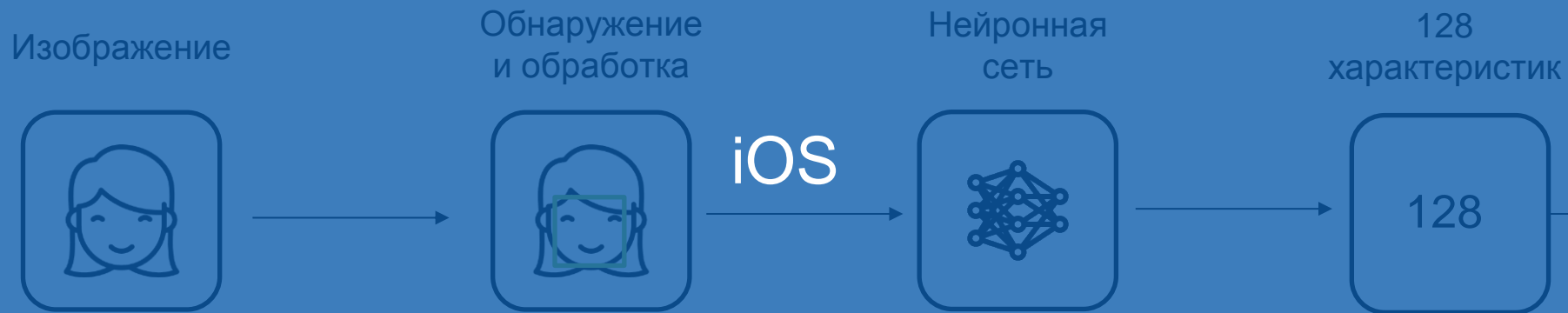
	Kairos	Amazon	Google	Microsoft	IBM	Affectiva
Обнаружение лиц	+	+	+	+	+	+
Распознавание лиц, изображение	+	+	-	+	-	-
Распознавание лиц, видео	+	-	-	-	-	-
API	+	+	+	+	+	+
Мобильное SDK	+	-	-	-	-	+
Оффлайн работа	-	-	-	-	-	-



# Подход



# Подход

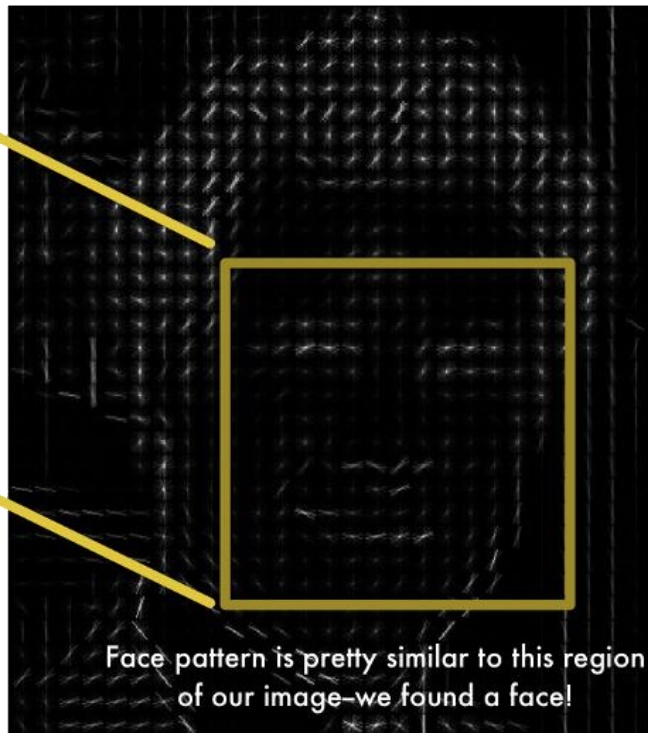


# Обнаружение лица

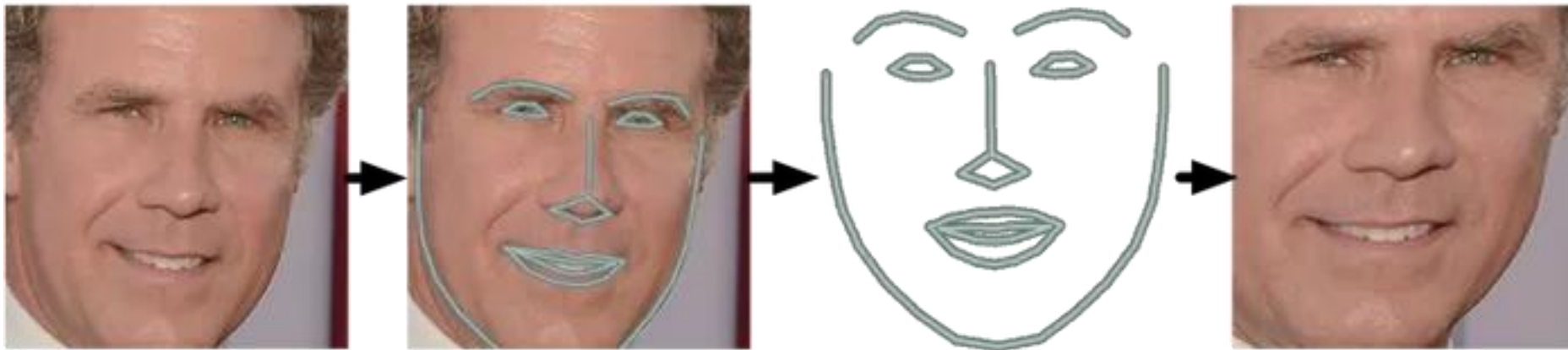
HOG face pattern generated  
from lots of face images



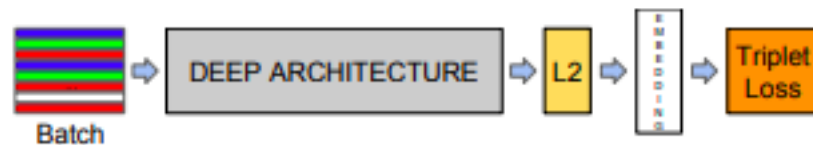
HOG version of our image



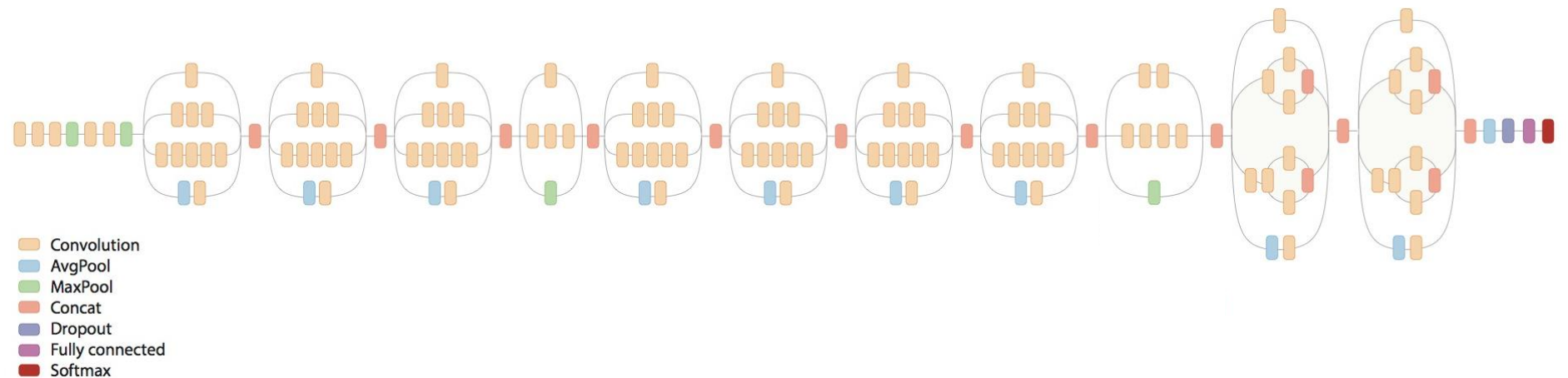
# Нормализация лица



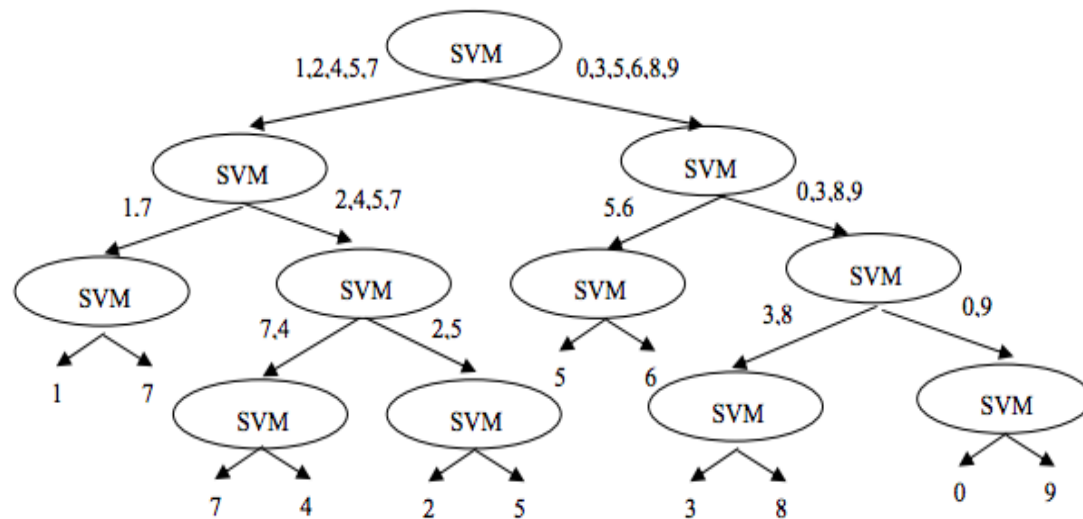
# Алгоритм кодирования лица



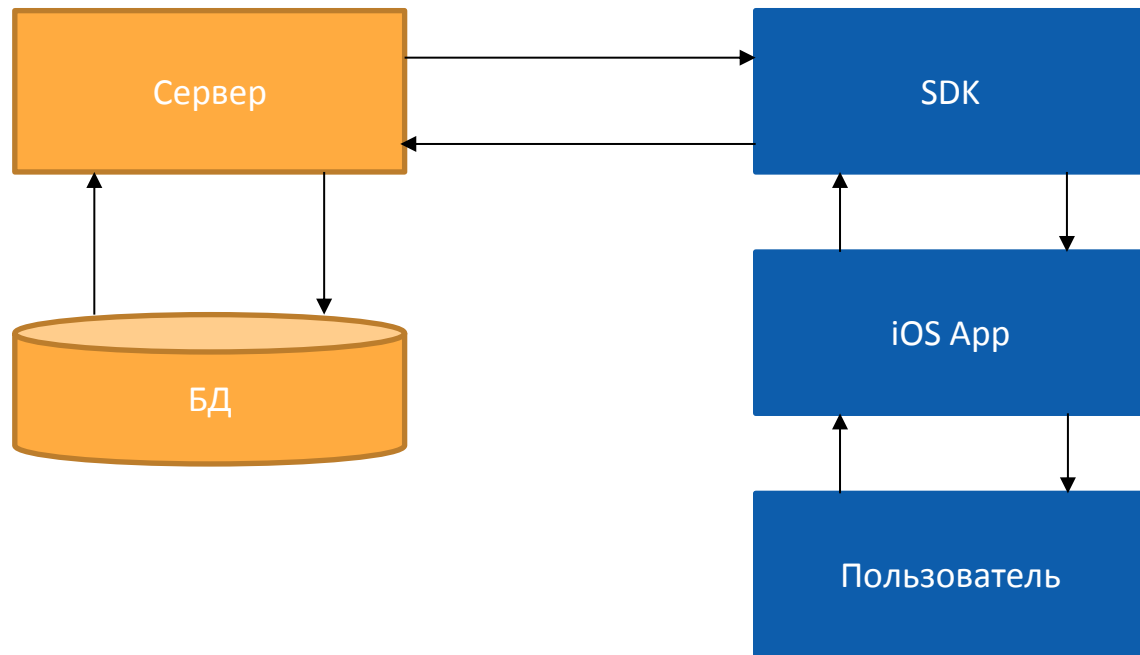
# Inception v3



# Алгоритм классификации

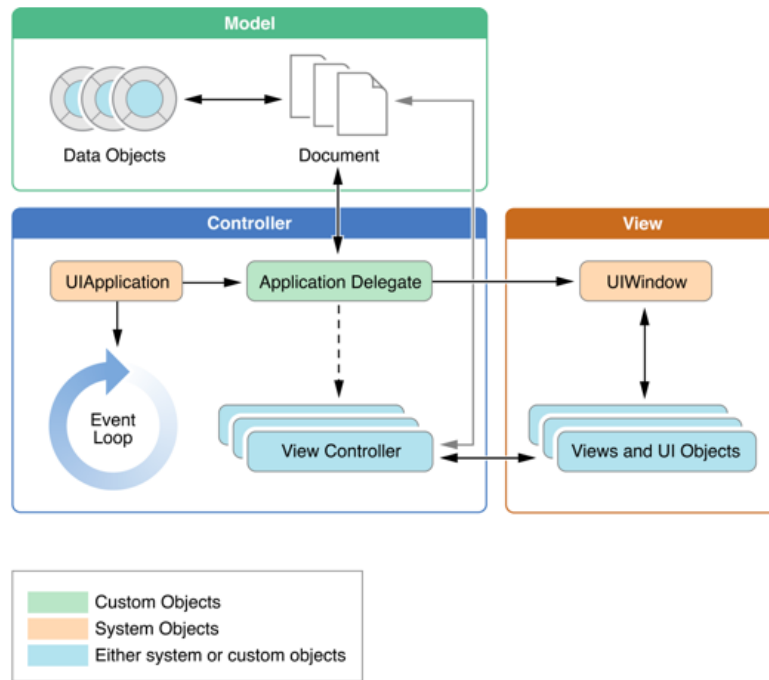


# Архитектура. Клиент-сервер.

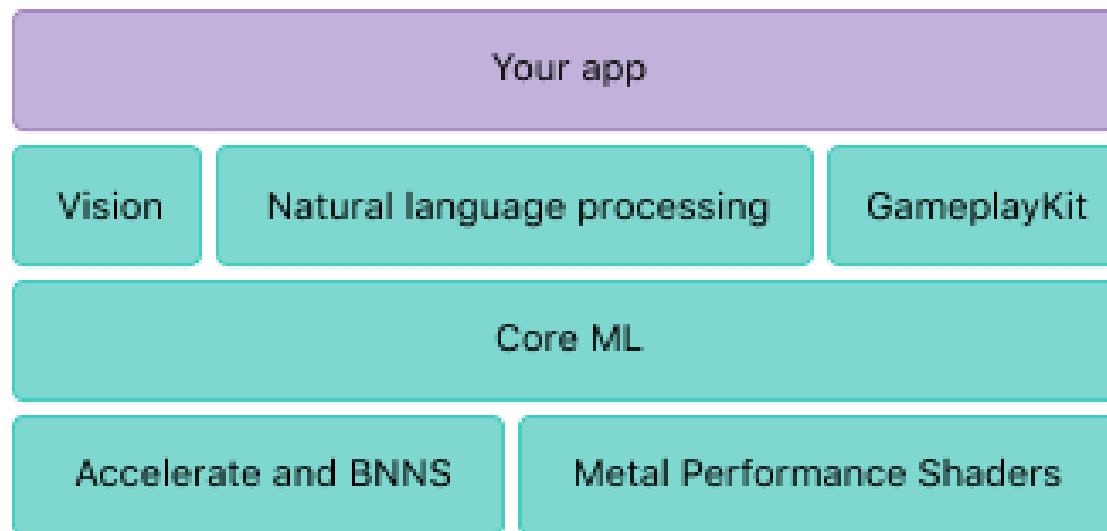




# Архитектура. SDK



# Архитектура. CoreML



# Архитектура. CoreML

Тип модели	Поддерживаемые модели	Фреймворки
Нейронные сети	Прямого распространения, сверточные, рекуррентные	Caffe v1 Keras 1.2.2+
Древовидные ансамбли	Случайный лес, усиленные деревья, деревья решений	scikit-learn 0.18 XGBoost 0.6
SVM	Скалярная регрессия, многоклассовая классификация	scikit-learn 0.18 LIBSVM 3.22
Обобщенные линейные модели	Линейная регрессия, логистическая регрессия	scikit-learn 0.18
Feature engineering	Разреженная векторизация, плотная векторизация, категориальная обработка	scikit-learn 0.18
Pipeline models	Последовательные модели	scikit-learn 0.18

# Архитектура. CoreML. Дополнительные слои

- Square – возведение в квадрат
- Sqrt – квадратный корень
- MulConstant – умножение на константу
- LRN – Local Response Normalisation
- L2Normalize

# Архитектура. CoreML. Дополнительные слои

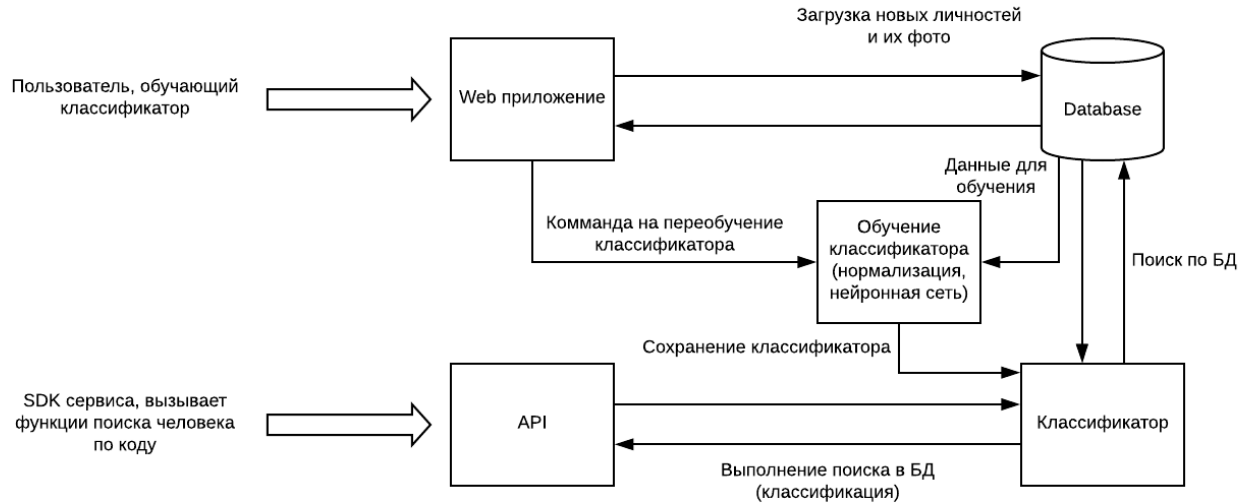
LRN

$$b_{x,y}^i = \frac{a_{x,y}^i}{\left( k + \alpha \sum_{j=\max(0, i-\frac{n}{2})}^{\min(N-1, i+\frac{n}{2})} (a_{x,y}^j)^2 \right)^\beta}$$

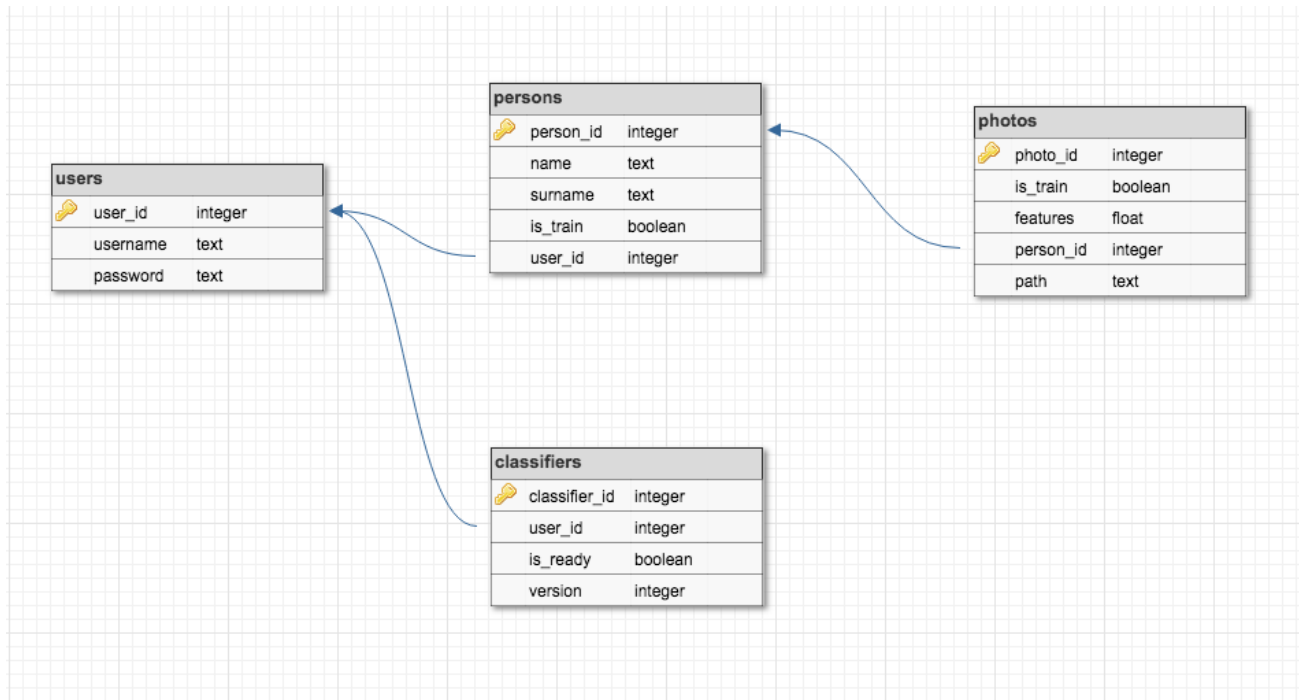
L2Normalize

$$b_i = a_i / \sqrt{\sum_{j=1}^N (a_j)^2}$$

# Архитектура. Сервер



# База данных



Функция	Входные параметры	Выходные параметры	Описание
vector	vector – массив из 128 значений в формате float	person – строка с именем и фамилией искомого человека	По коду лица возвращает имя и фамилию искомого человека
load	load – числовой параметр, указывает что необходимо загрузить классификатор	Ссылка на скачиваемый классификатор	Скачать актуальный классификатор
image	image – файл-картинка, на котором распознается лицо	person – строка с именем и фамилией искомого человека	По фото возвращает имя и фамилию искомого человека



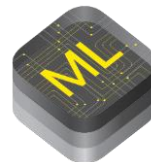
# Технологии

## Клиент

- iOS
- Swift
- Core ML

## Сервер

- Python
- Flask



# Результаты работы

- Изучены различные подходы к распознаванию лиц
- Выбраны подходящие подходы для распознавания лиц на устройстве iOS
- Реализована клиентская часть по обнаружению и нормализации лица
- Разработан конвертер для интеграции модели нейронной сети на устройство iOS
- Разработаны дополнительные слои для нейронной сети на iOS
- Разработан механизм загрузки обученного классификатора

# Результаты работы

- Разработано Web-приложение для управления данными о личностях и их фото
- Разработан обучатель классификатора, позволяющий обучать классификаторы на новых личностях и фотографиях
- Разработано API сервиса, позволяющее клиенту отправлять запросы на распознавание лиц в базе данных

# Дальнейшая работа

- Провести измерения точности различных подходов к распознаванию лиц
- Провести оптимизацию с точки зрения энергопотребления
- Использовать рекуррентные слои в нейронной сети для увеличения точности распознавания на видео

# СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Core ML; [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://developer.apple.com/documentation/coreml>, свободный.
2. Core ML API; [Электронный ресурс]: Режим доступа: [https://developer.apple.com/documentation/coreml/core\\_ml\\_api](https://developer.apple.com/documentation/coreml/core_ml_api), свободный.
3. Dlib; [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://dlib.net/python/index.html>, свободный.
4. Face Recognition Program for Person Identification; Aleksei A. Riabov, Faculty of Computer Science Higher School of Economics
5. OpenFace; [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://cmusatyalab.github.io/>, свободный.



Спасибо  
за  
внимание!

101000, Россия, Москва, Мясницкая ул., д. 20  
Тел.: (495) 621-7983, факс: (495) 628-7931  
[www.hse.ru](http://www.hse.ru)