



## Анализ решений задачи кластеризации изображений лиц в сфере киберкриминалистики

**Автор:** Чернявский Олег Николаевич, группа 17.Б11-мм  
**Научный руководитель:** доцент кафедры СП СПбГУ, к. т. н.  
Ю.В. Литвинов  
**Консультант:** рук. отд. раз. ПО, ООО “Белкасофт” Н.М.  
Тимофеев

Санкт-Петербургский государственный университет  
Кафедра системного программирования

- Записи с камер и фотографии с мобильных устройств используются для **установления личности** подозреваемых
- Необходимо автоматизировать процесс **распознавания человеческих лиц**
- **Кластеризация лиц** – разбиение неразмеченного набора изображений лиц в кластеры, соответствующие отдельным личностям
- Практически нет работ, **сравнивающих современные решения**

# Постановка задачи

**Целью** работы является анализ и сравнение существующих решений задачи кластеризации лиц людей на фотографиях на основе двух ключевых факторов:

- качество сделанных предсказаний
- быстродействие при работе на CPU

**Задачи:**

- рассмотреть существующие архитектуры систем кластеризации лиц и выбрать наиболее удовлетворяющую приведенным выше критериям
- изучить применимые для работы с изображениями лиц алгоритмы кластеризации
- создать систему кластеризации лиц на основе выбранных алгоритмов и решений;
- провести детальное сравнение найденных решений на наборе данных Labeled Faces in the Wild

# Конвейер распознавания визуальных образов

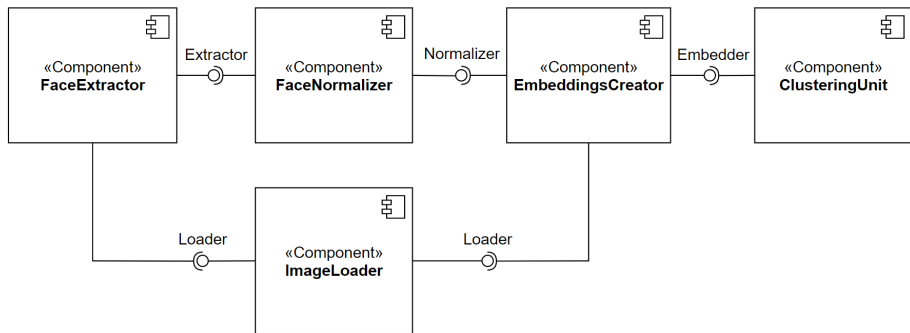


Рис. 1: Диаграмма компонентов UML системы

# Используемые библиотеки

- Обнаружение лиц: OpenCV, TensorFlow
- Нормализация изображений: dlib, OpenCV
- Создание векторных представлений: TensorFlow, Keras
- Кластеризация: scikit-learn, dlib, numpy, pyflann

- **Исследовательский вопрос:** какая комбинация реализаций компонентов конвейера покажет себя лучше всего с точки зрения качества предсказаний и времени работы?
- **Критерии отбора алгоритмов:** относительная новизна алгоритмов или популярность в индустрии
- **Набор данных для тестирования:** Labeled Faces in the Wild (LFW)
- **Измеряемые метрики:** Pairwise Precision, Recall, F1-score, среднее время работы

Методы создания векторных представлений лиц:

- FaceNet
- OpenFace
- VGGFace-16, VGGFace-ResNet50, VGGFace-SeNet50

Алгоритмы кластеризации:

- K-means
- Threshold Clustering
- DBSCAN
- Chinese Whispers
- Mean Shift
- Rank-Order Clustering
- Approximate Rank-Order Clustering

# Labeled Faces in the Wild

- Является стандартом в сфере экспериментов по распознаванию лиц
- Содержит 13223 фотографии 5749 людей
- Имеет неравномерное распределение количества фотографий по личностям
- Люди на фотографиях запечатлены под разными углами, в различных позах, головных уборах и т.д.



Рис. 2: Примеры изображений из LFW



# Pairwise Precision, Recall, F1-score

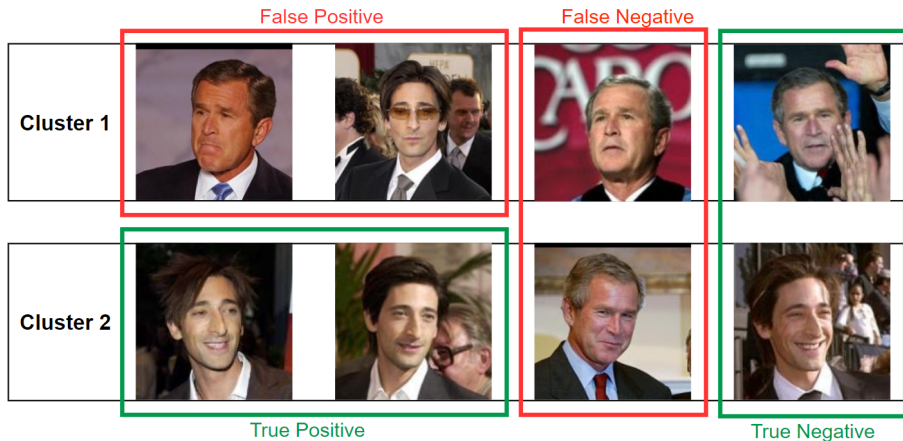


Рис. 3: Иллюстрация понятий True Positive, False Positive, False Negative, True Negative

## Pairwise Precision, Recall, F1-score

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

$$F1\text{-score} = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} \quad (3)$$

- Процессор : Intel Core i5-6200U @ 2.30GHz
- ОЗУ: 8 Гб
- ОС: Windows 10 Pro

# Время создания векторных представлений

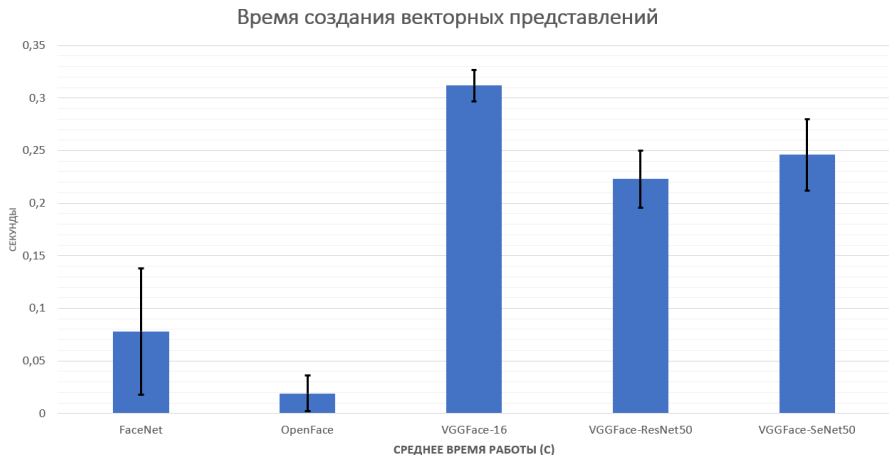


Рис. 4: Гистограмма замеров среднего времени работы

## Результаты кластеризации изображений из LFW

Модель	Алгоритм	Precision	Recall	F1-score	Время работы
FaceNet	Chinese Wh.	0.96	0.93	<b>0.94</b>	<b>00:00:40</b>
FaceNet	DBSCAN	0.94	0.88	0.91	00:01:22
ResNet50	Chinese Wh.	0.99	0.96	<b>0.98</b>	00:25:11
ResNet50	DBSCAN	0.99	0.93	0.96	00:35:25
SeNet50	Chinese Wh.	0.98	0.97	<b>0.97</b>	00:25:53
SeNet50	Mean Shift	0.99	0.94	0.97	01:37:25
VGG-16	Chinese Wh.	0.97	0.88	0.92	00:07:40
OpenFace	Chinese Wh.	0.72	0.53	0.61	<b>00:00:38</b>

Таблица 1: Лучшие полученные результаты кластеризации

# Результаты

- Был выполнен обзор алгоритмов для создания векторных представлений лиц на основе моделей FaceNet, OpenFace, VGGFace-16, VGGFace-ResNet50, VGGFace-SeNet50
- Был выполнен обзор алгоритмов Chinese Whispers, Mean Shift, K-means, DBSCAN, Threshold Clustering, Rank-Order Clustering и Approximate Rank-Order Clustering для кластеризации векторных представлений
- Реализован конвейер кластеризации лиц
- Проведены замеры среднего времени работы алгоритмов создания векторных представлений
- Проведено сравнение результатов работы выбранных алгоритмов кластеризации на наборе данных LFW

Ссылка на репозиторий:

<https://github.com/OlegChern/Face-Clustering-Test-System>