

# Мультибиометрическое распознавание с использованием изображений лица и уха

Дедков С.В. 63501/3

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

*<https://github.com/dsvgit/recognition>*

23 сентября 2015 г.

- 1 Основные понятия
- 2 Слияние в мультибиометрии
- 3 Варианты слияния
- 4 Метод Главных Компонент - Principal Component Analysis (PCA)
- 5 Алгоритм PCA
- 6 Принцип выбора базиса из первых лучших собственных векторов
- 7 2D распознавание уха
- 8 3D распознавание лица
- 9 3D распознавание уха
- 10 Совместное применение

- Место: часть тела, которую необходимо распознать (например, ухо)
- Сенсор: механизм для получения биометрической информации (например, камера)
- Алгоритм: процедура сопоставления между биометрическими сигнатурами
- Режим: комбинация места, сенсора и алгоритма
- Мульти-экземпляр: использование нескольких наборов данных полученных используя какое-либо место, сенсор и режим
- Мульти-сенсор: использование нескольких сенсоров(и возможно, алгоритмов) для захвата данных какого-либо места
- Мульти-алгоритм: использование нескольких алгоритмов сопоставления на одних и тех же данных

# Слияние в мультибиометрии

Мультибиометрия подразумевает слияние данных на одном из уровне распознавания. Способ комбинации будет влиять на качество распознавания системы.



Рис. 1: Элементарный (универсальный) биометрический процесс

- объединение на уровне принятия решения
- уровень степеней схожести
- уровень признаков
- уровень образцов

# Уровень принятия решения

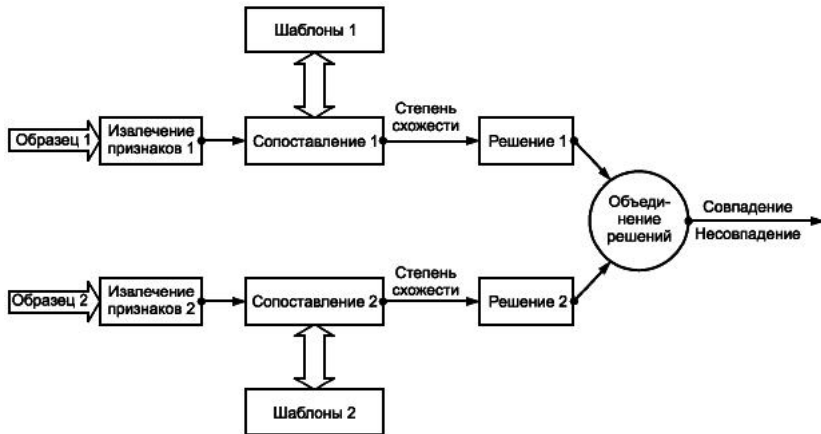


Рис. 2: объединение на уровне принятия решения

# Уровень степеней схожести

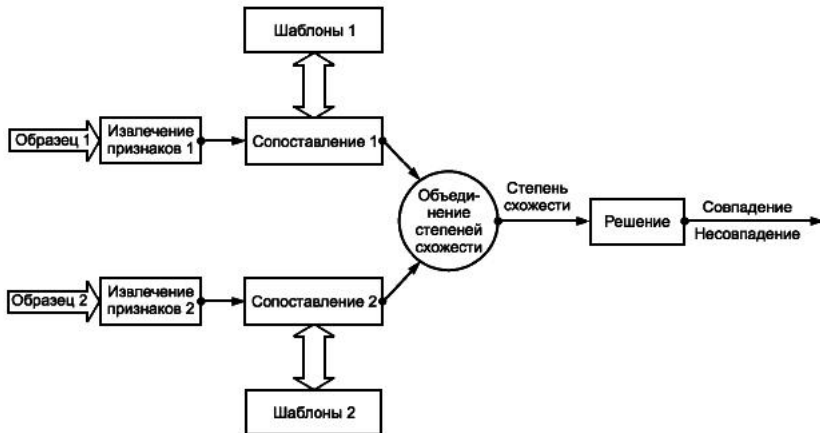


Рис. 3: объединение на уровне степеней схожести

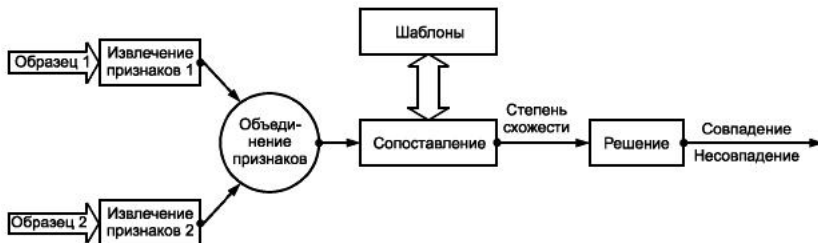


Рис. 4: объединение на уровне признаков



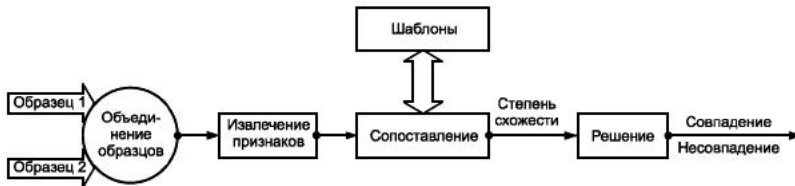


Рис. 5: объединение на уровне образцов

# Метод Главных Компонент - Principal Component Analysis (PCA)

В задаче распознавания лиц PCA применяют для представления изображения лица вектором малой размерности (главных компонент), который сравнивается затем с эталонными векторами, заложенными в базу данных.

- обучающий набор лиц преобразуется в одну общую матрицу данных, где каждая строка представляет собой один экземпляр изображения лица, разложенного в строку
- нормировка данных и приведение строк к 0-му среднему и 1-й дисперсии, вычисляется матрица ковариации.
- Для полученной матрицы ковариации решается задача определения собственных значений и соответствующих им собственных векторов (собственные лица)
- Далее производится сортировка собственных векторов в порядке убывания собственных значений и оставляют только первые  $k$  векторов

## Principal Component Analysis

### Covariance Algorithm

1. Zero mean:  $x_{ij} = x_{ij} - \mu_i$   $\mu_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}$
2. Unit variance:  $x_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sigma_j}$   $\sigma_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \mu_i)^2$
3. Covariance matrix:  $\Sigma = \mathbf{X}\mathbf{X}^T$
4. Compute eigenvectors of  $\Sigma$ :  $\mathbf{W}^T$
5. Project  $\mathbf{X}$  onto the  $k$  principal components

$$\begin{array}{|c|} \hline \mathbf{Y} \\ \hline k \times n \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \mathbf{W}^T \\ \hline k \times d \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \mathbf{X} \\ \hline d \times n \end{array}$$

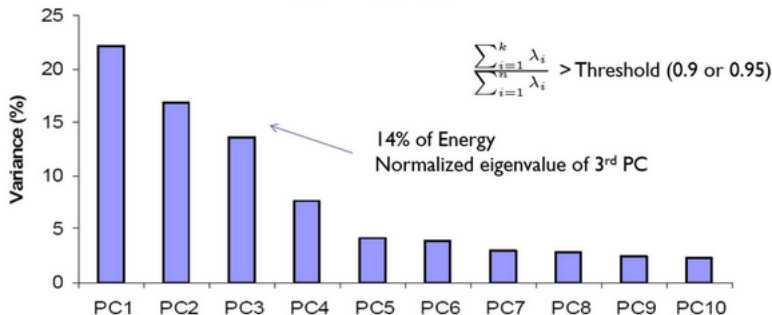
$k < d$

Рис. 6: Алгоритм PCA

# Принцип выбора базиса из первых лучших собственных векторов

► How many PCs?

$$\mathbf{Y}_{k \times n} = \mathbf{W}_{k \times d} \mathbf{X}_{d \times n}$$



There are  $d$  eigenvectors

Choose first  $p$  eigenvectors based on their eigenvalues

Final data has only  $k$  dimensions

Рис. 7: Принцип выбора базиса из первых лучших собственных векторов

## 2D распознавание уха

Основные методы для распознавания ушей - PCA, преобразование силового поля(force field transformation), диаграммы Вороного, нейронные сети и генетические алгоритмы.



Рис. 8: В системе идентификации Янарелли используются 12 геометрических измерений, центральным элементом которых является ножка завитки

# 3D распознавание лица

Сенсорные технологии:

- Стерео.
- Структурированный свет.
- Лазерное сканирование.

Способы получения трехмерной информации о лице:

- Восстановление формы по теням (shape from shading, SFS)
- Восстановление формы по стереопаре (shape from stereo)
- Восстановление формы по движению (shape from motion, SFM)

Подходы 3D распознавания:

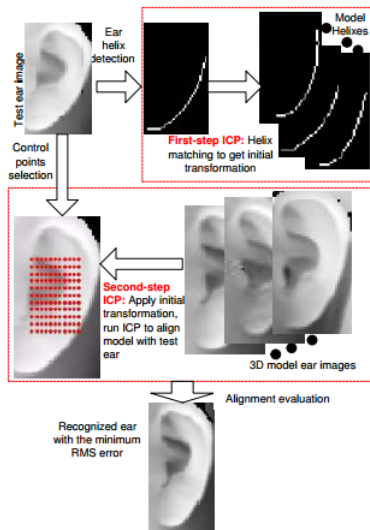
- Анализ формы 3D поверхности.
- Статистические методы.
- Использование параметрической модели лица.

Для 3D распознавания уха применяют ICP алгоритм. Итеративный алгоритм ближайших точек (англ. Iterative Closest Point — ICP) — алгоритм, использующийся для сведения к минимуму разницы между двумя облаками точек.

3 этапа распознавания:

- автоматическое определение спирали уха
- первый шаг ICP алгоритма для выравнивания спирали модели уха со спиралью тестового уха и получение изометрии
- второй шаг ICP алгоритма для получения результата трансформации

# Подход к 3D распознаванию уха





Для каждой модели запускается ICP алгоритм для сравнения ее с тестовыми данными. При этом облаком точек является облако точек спирали. После этого мы имеем набор изометрий для каждой пары модель-тест. На втором шаге ICP алгоритма для лучшего распознавания сравнение производится по контрольным точкам для каждой пары модель-тест. Вычисляется среднее квадратичное (root mean square, RMS) зарегистрированных ошибок для каждой такой пары. Модель из пары с наименьшим RMS ошибок считается распознанным ухом

- PCA алгоритм
- Ранжировка расстояния косинусом Махаланобиса
- Слияние результатов

# Таблица расстояний эксперимента

Исследуется образец 02463.

gallery subject	distance
02463	-0.426
04201	-0.197
04202	-0.024
04203	0.106
04213	0.008
04217	0.020
04221	0.034

Рис. 10: Таблица дистанций

Можно выбрать разные способы слияния. Например, суммировать расстояния, можно выставить вес скажем 0.7 для уха и 0.3 для лица или наоборот. Так же можно выбирать минимальное значение. В данном эксперименте результативность распознавания составила 100%. В свою очередь индивидуальное сопоставления при использовании РСА удавалось не во всех случаях.

# Пример сравнения индивидуального распознавания и слиянием

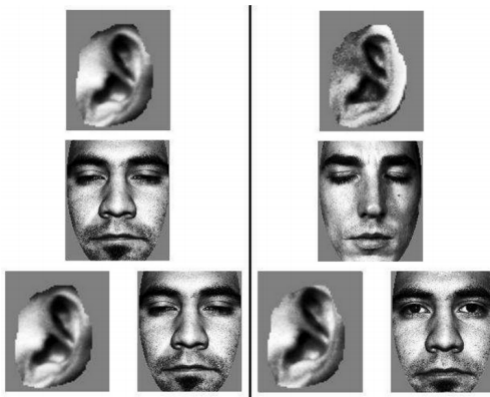


Рис. 11: Пример со слиянием и индивидуальное распознавание. Слева - образцы, справа найденные изображения из галереи

- мульти-экземпляр - ухо и лицо
- мульти-сенсор - 2D и 3D
- мульти-алгоритм - PCA и ICP

# Слияние результатов

Для ICP результаты могут быть в диапазоне от 0 до бесконечности. Для PCA от -1 до 1. Для обоих случаев чем меньше, тем лучше. Для нормализации результатов используется метод min-max. Показатель вычисляются по формуле:  $s'_i = \frac{s_i - \min_i}{\max_i - \min_i}$ , где  $\min_i$  и  $\max_i$  - соответственно минимальные и максимальные значения из наборов. Таким образом результирующий показатель будет в диапазоне от 0 до 1.

gallery subject	distance
02463	0.38
04201	1.05
04202	1.05
04203	1.28
04213	1.28
04217	1.14
04221	0.94

# Сравнение вариантов слияния

Так же, как и в предыдущем примере возможны различные варианты слияния.

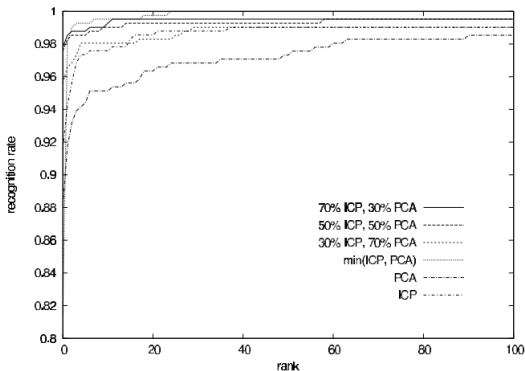


Рис. 13: Таблица дистанций