

# Определение точек поворотов пальцев при создании шаблона ладони

Бакина Ирина Геннадьевна

Факультет Вычислительной Математики и Кибернетики  
Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова

Техническое зрение в системах управления, 15-17 марта  
2011

# Содержание

Предпосылки

Модель ладони

Определение точек

поворотов

Эксперименты

# Содержание

Предпосылки

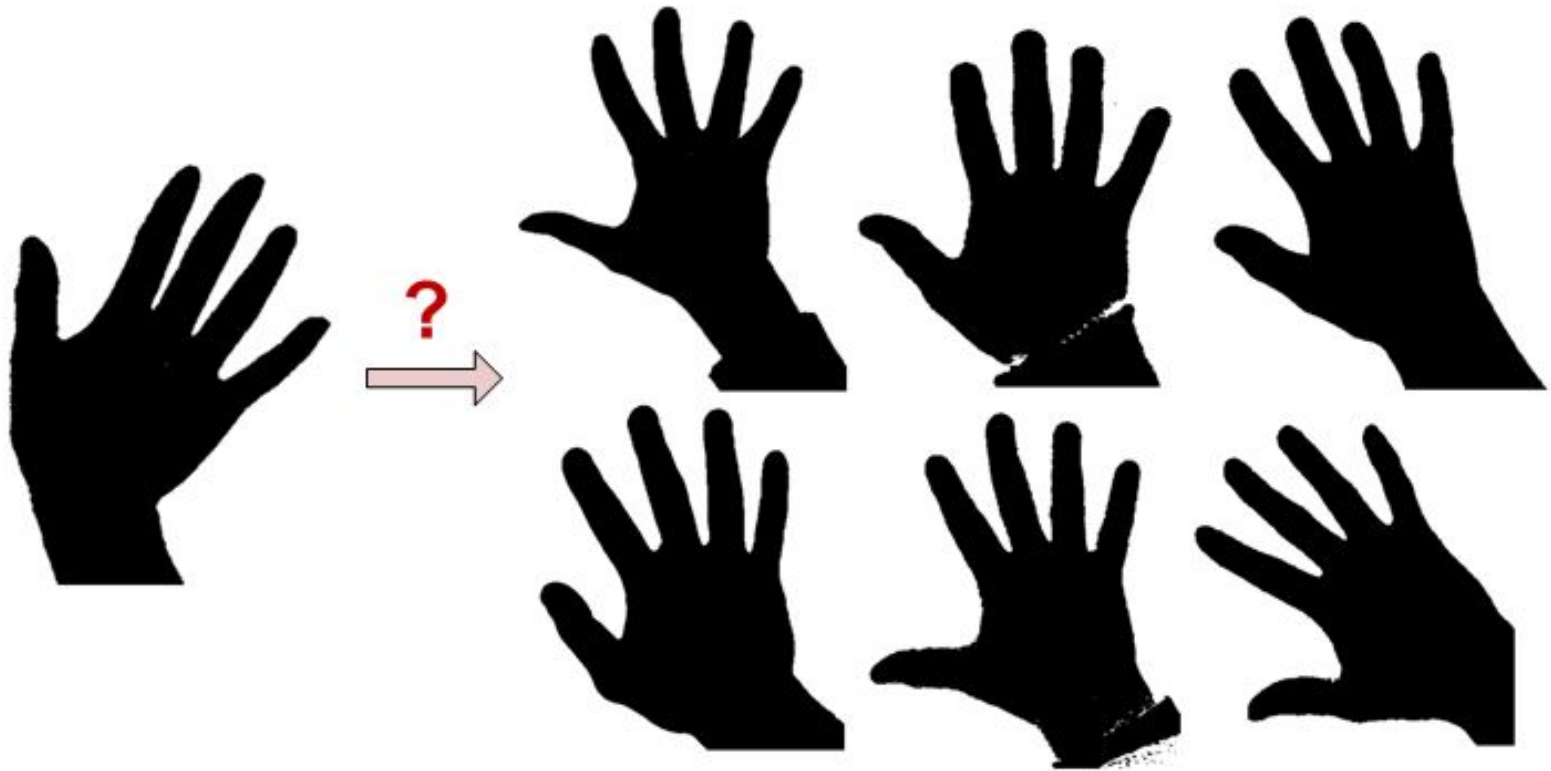
Модель ладони

Определение точек

поворотов

Эксперименты

# Задача распознавания формы ладони



- бинарное изображение ладони
- граничное представление
- ...

# Метод решения

1. Построение эталонной модели ладони человека
2. Сравнение ладоней путём подгонки эталонной модели под тестовое изображение



# Содержание

Предпосылки

**Модель ладони**

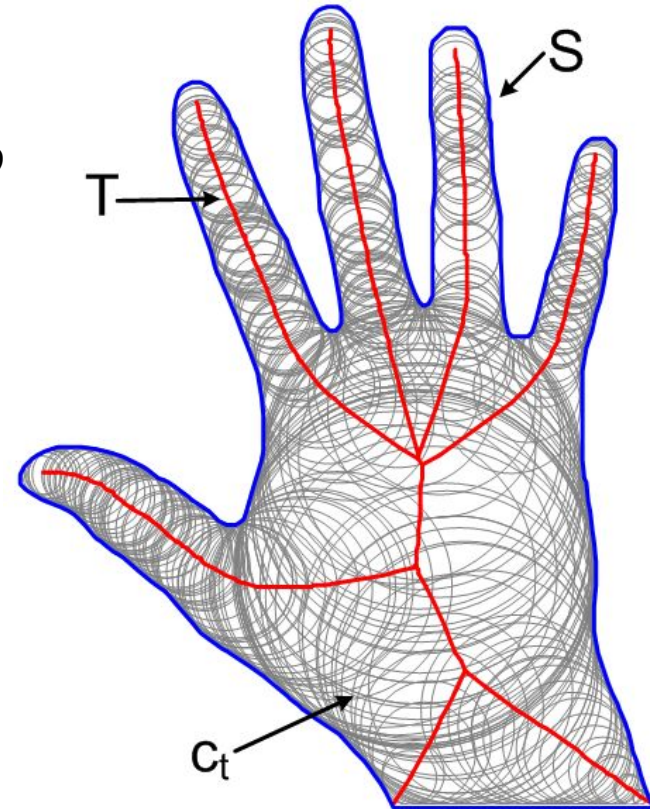
Определение точек

поворотов

Эксперименты

# Гибкий объект

- **Осевой граф (скелет)**  $T \subset \mathbb{R}^2$  – связный планарный граф с конечным числом вершин и непрерывными рёбрами
- Семейство кругов  $C = \{c_p, t \in T\}$  – **циркулярный граф**
- Объединение кругов (как точечных множеств)  
 $S = \cup c_p, t \in T$  – **силуэт** циркулярного графа
- Множество трансформаций циркулярного графа, сохраняющих его топологическую структуру и образующих группу – **деформации**  $V = \{v(\alpha)\}_{\alpha \in A}$
- **Гибкий объект**  $G = \{C, V\}$  – циркулярный граф и множество допустимых деформаций



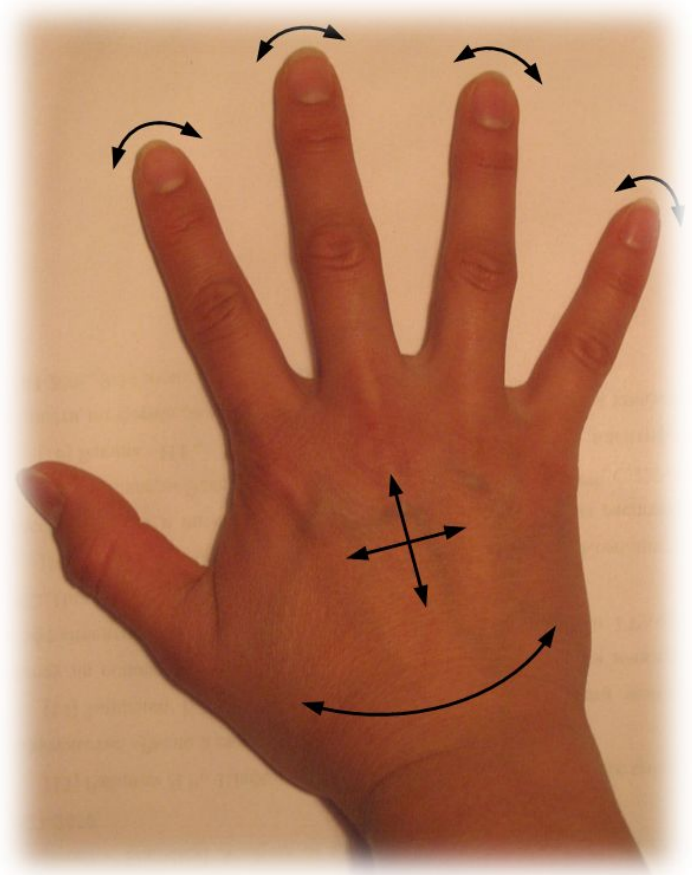
# Трансформации

## Основные движения

- сдвиг ладони
- поворот ладони
- поворот пальцев

## Допустимые трансформации

- сдвиг циркулярного графа
- поворот циркулярного графа
- поворот ветвей циркулярного графа





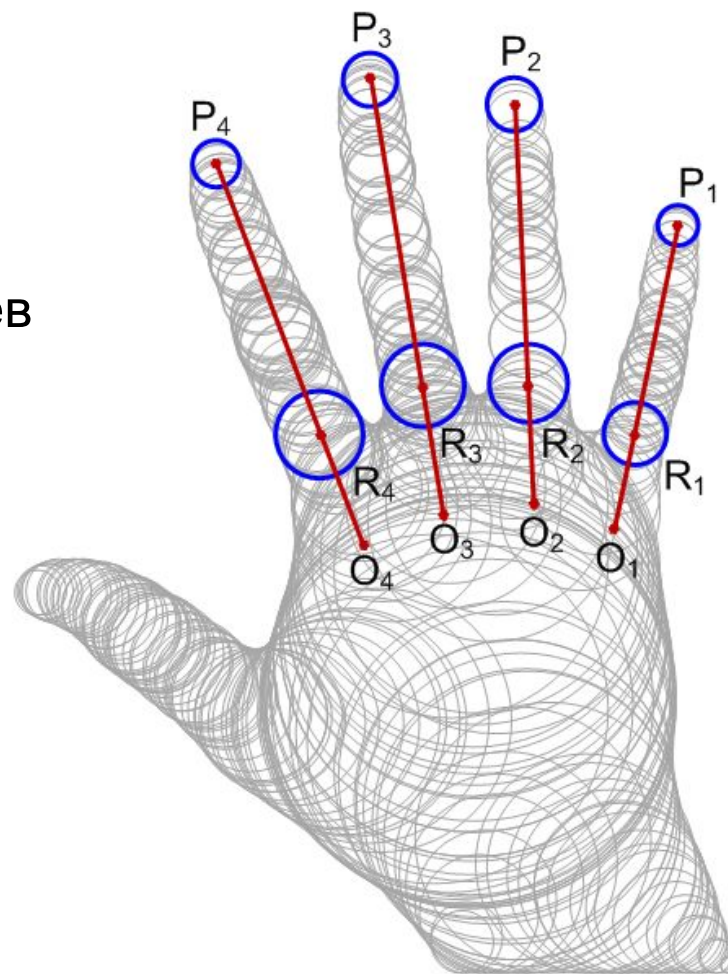
# Разметка ладони

## Основные шаги

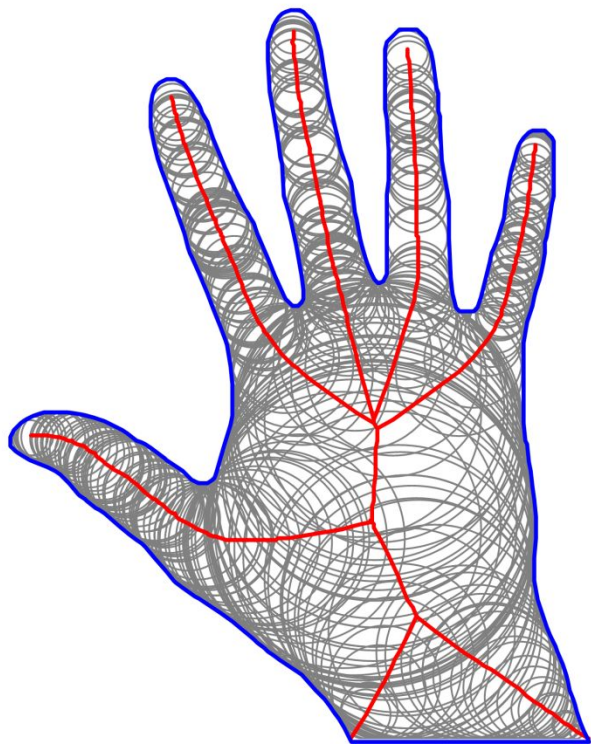
1. Выделение пальцев
2. Определение точек поворотов пальцев

## Обозначения

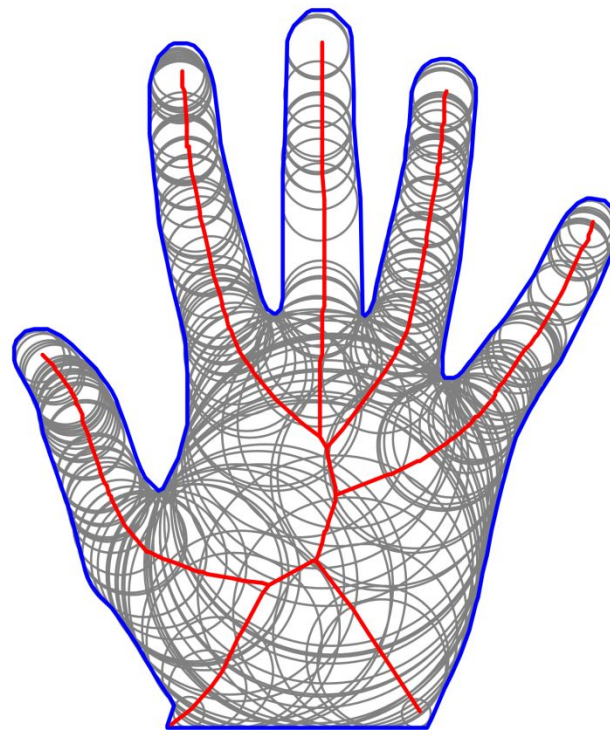
- кончики:  $P_1, P_2, P_3, P_4$
- основания:  $O_1, O_2, O_3, O_4$
- точки поворотов:  $R_1, R_2, R_3, R_4$
- оси:  $P_1R_1, P_2R_2, P_3R_3, P_4R_4$



# Сравнение формы ладоней



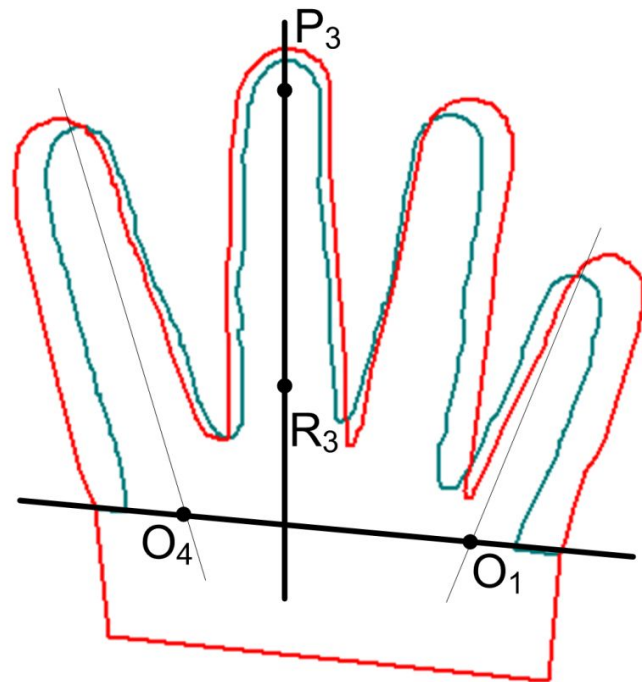
Эталонная ладонь  $G_1$



Тестовая ладонь  $G_2$

# Сравнение формы ладоней

1. Совмещение кончиков средних пальцев (точка  $P_3$ )
2. Совмещение осей средних пальцев (прямая  $P_3R_3$ )
3. Исключение большого пальца
4. Исключение области запястья (ниже прямой  $O_1O_4$ )
5. Применение трансформаций с целью наилучшего совмещения силуэтов ладоней (минимизация  $\mu$ )
6. Вычисление меры схожести ладоней  $\mu^* = \min \mu$

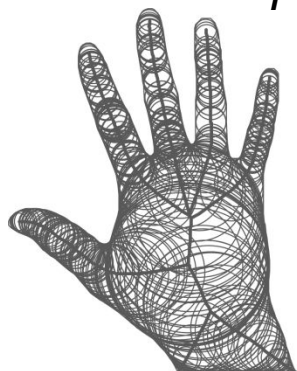


$$\mu(G_1, G_2) = Area(G_1 \setminus G_2) + Area(G_2 \setminus G_1)$$

# Подгонка

Площадь ладони в среднем – 40000 пикселей

Эталонная ладонь  $G_1$



Тестовая ладонь  $G_2$



+

→

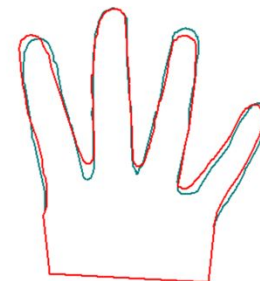
Начальное совмещение



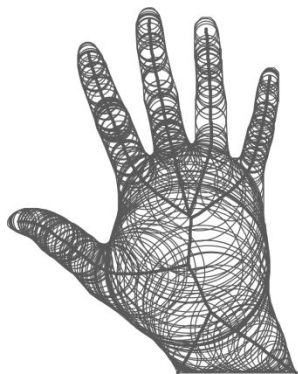
$\mu = 3191$

→

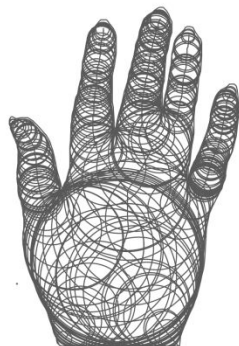
Наилучшее совмещение



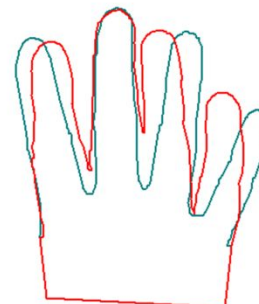
$\mu = 1714$



+



→



$\mu = 10663$

→



$\mu = 2467$

# Содержание

Предпосылки

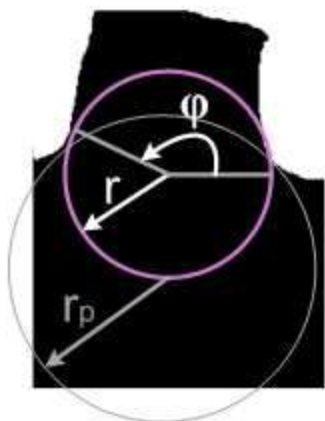
Модель ладони

**Определение точек**

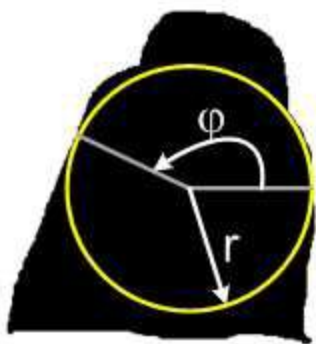
**поворотов**

Эксперименты

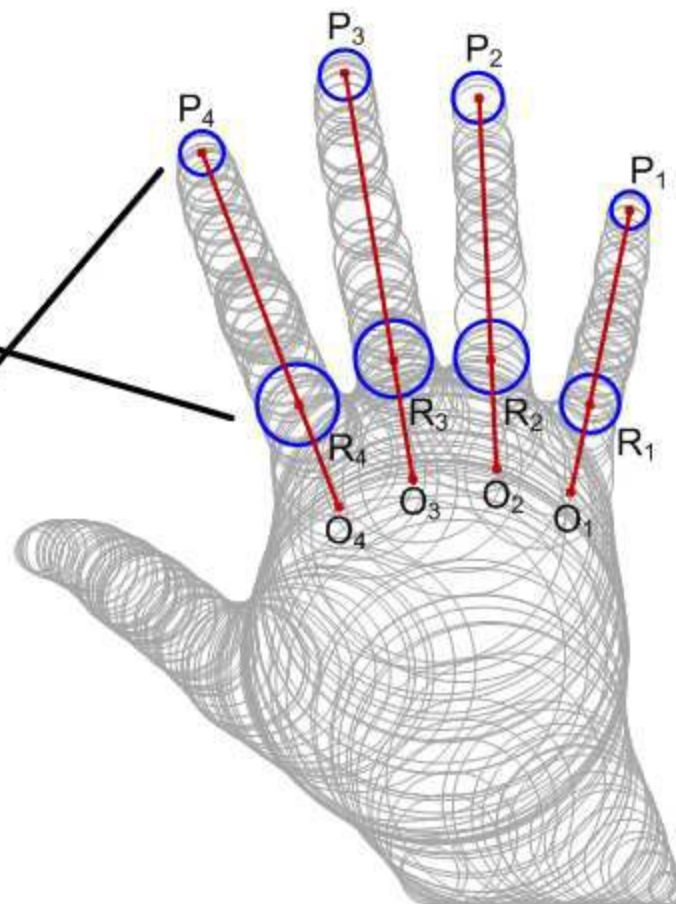
# Выделение пальцев



$$\begin{cases} r < r_0 \\ r - r_p < 0 \\ \varphi > \varphi_0 \end{cases}$$



$$\begin{cases} \varphi > \varphi_0 \\ r > R(r_{\text{root}}) \end{cases}$$





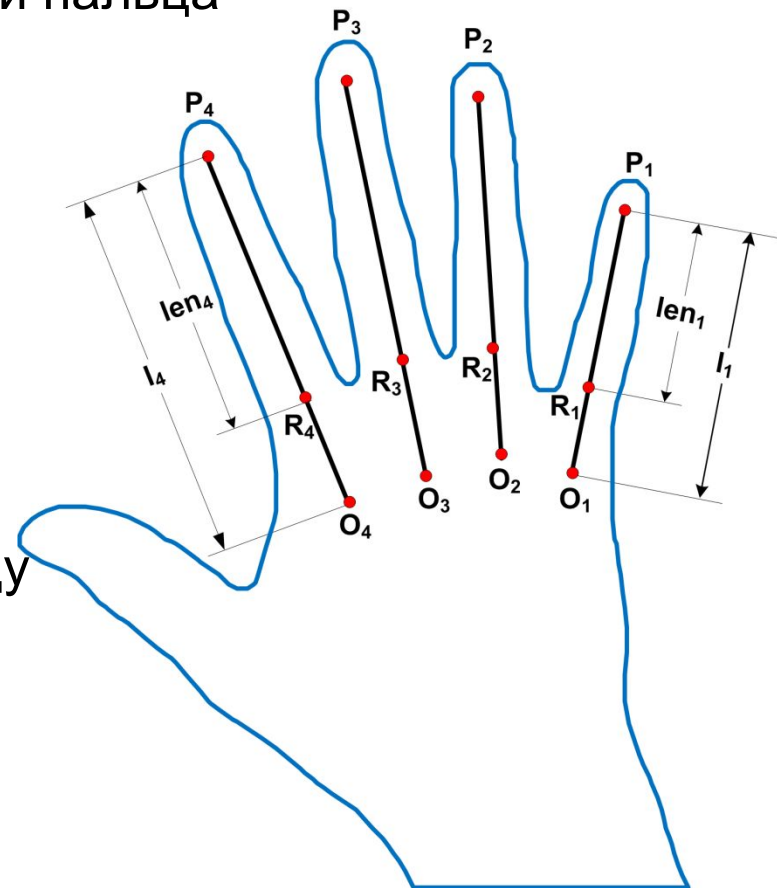
# Точки поворотов пальцев

## Предположение

Точка поворота пальца находится на оси пальца

## Обозначения

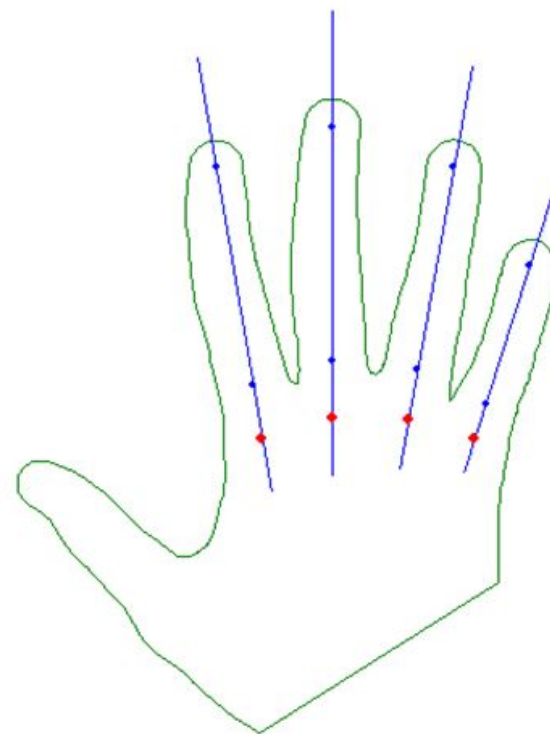
- $\vec{len} = (len_1, len_2, len_3, len_4)$ ,  $len_i = |P_i R_i|$  – расстояние между кончиком и основанием пальца  $i$
- $\vec{l} = (l_1, l_2, l_3, l_4)$ ,  $l_i = |P_i O_i|$  – расстояние между кончиком и точкой поворота пальца  $i$



# Подходы

## 1. Эвристический

- $l_i = 1.3 \text{ len}_i$
- достаточно одного изображения ладони для идентификации модели



## 2. Оптимизационный

по множеству эталонных изображений ладони в разных положениях



# Оптимизационный подход

Дано

$G_1, \dots, G_n$  – множество эталонных изображений ладони одного человека, где  $G_i = G_i(I)$

$\mu^*(G_1, G_2)$  – мера схожести ладоней  $G_1$  и  $G_2$  (несимметричная)

Средняя схожесть ладоней

$$\mu_{cp}(I) = \sum_{\substack{i,j=1,\dots,n \\ i \neq j}} \frac{\mu^*(G_i(I), G_j(I))}{n(n-1)}$$

Задача

$$I^* = \underset{I: l_i \geq len_j}{\operatorname{argmin}} \mu_{av}(I)$$

# Оптимизационный подход

## Решение

- перебор:  $l_i \in [1.25 \text{ len}_i, 1.5 \text{ len}_i]$
- численные методы
- ...

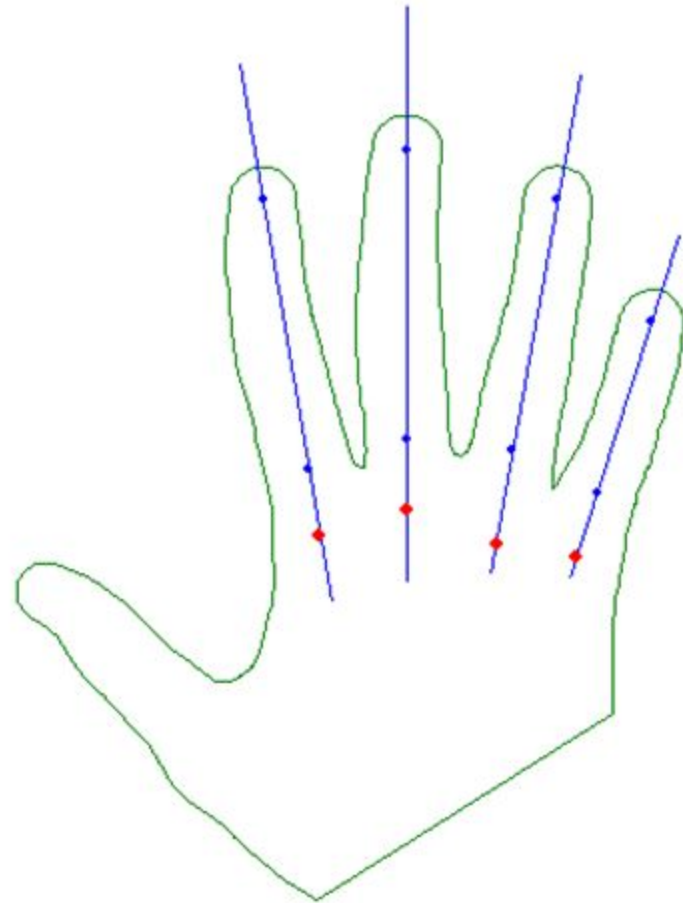
## Пример

$$l_1 = 1.25 \text{ len}_1$$

$$l_2 = 1.38 \text{ len}_2$$

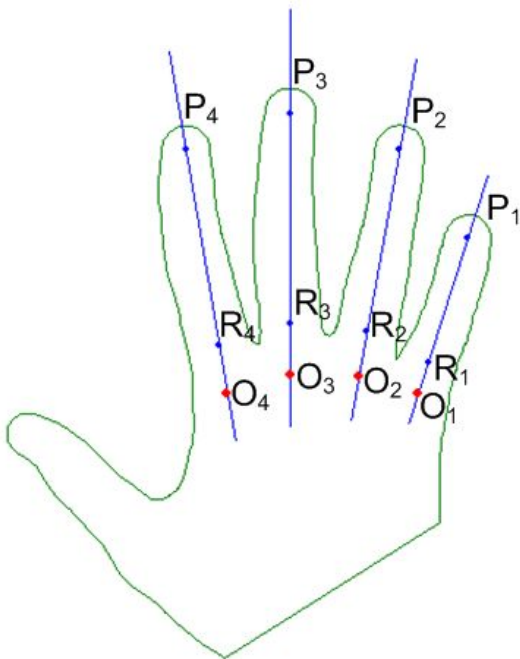
$$l_3 = 1.25 \text{ len}_3$$

$$l_4 = 1.38 \text{ len}_4$$

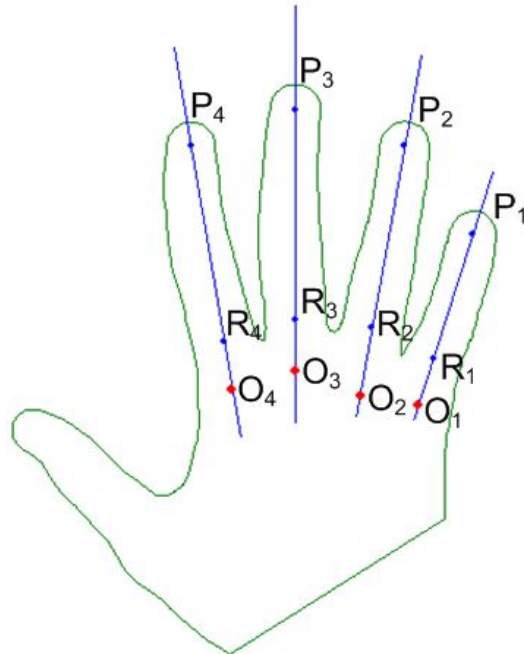


# Пример

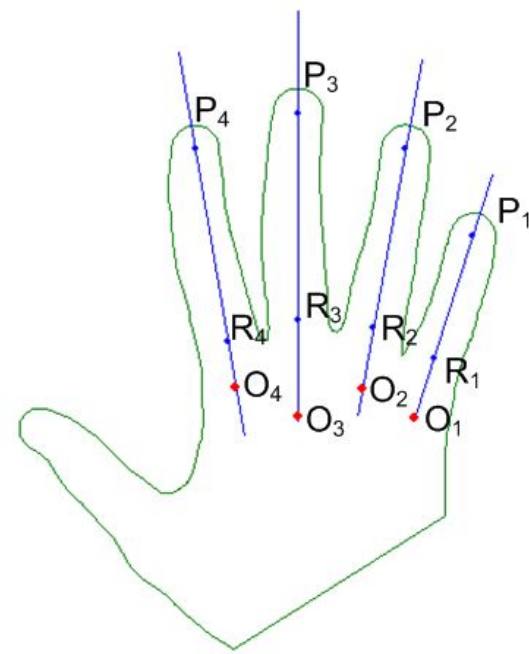
Эвристический подход



Оптимизационный  
подход: полный перебор



Оптимизационный подход:  
метод Нелдера-Мида



# Содержание

Предпосылки

Модель ладони

Определение точек

поворотов

Эксперименты

# Исходные данные

## База ладоней

22 человека

45 эталонных изображений  
(2-3 для каждого человека)

52 тестовых изображения  
(2-3 для каждого человека)

50 внутриклассовых и  
1094 межклассовых расстояния

## Оборудование

Web-камера Logitech QuickCam Pro 4000

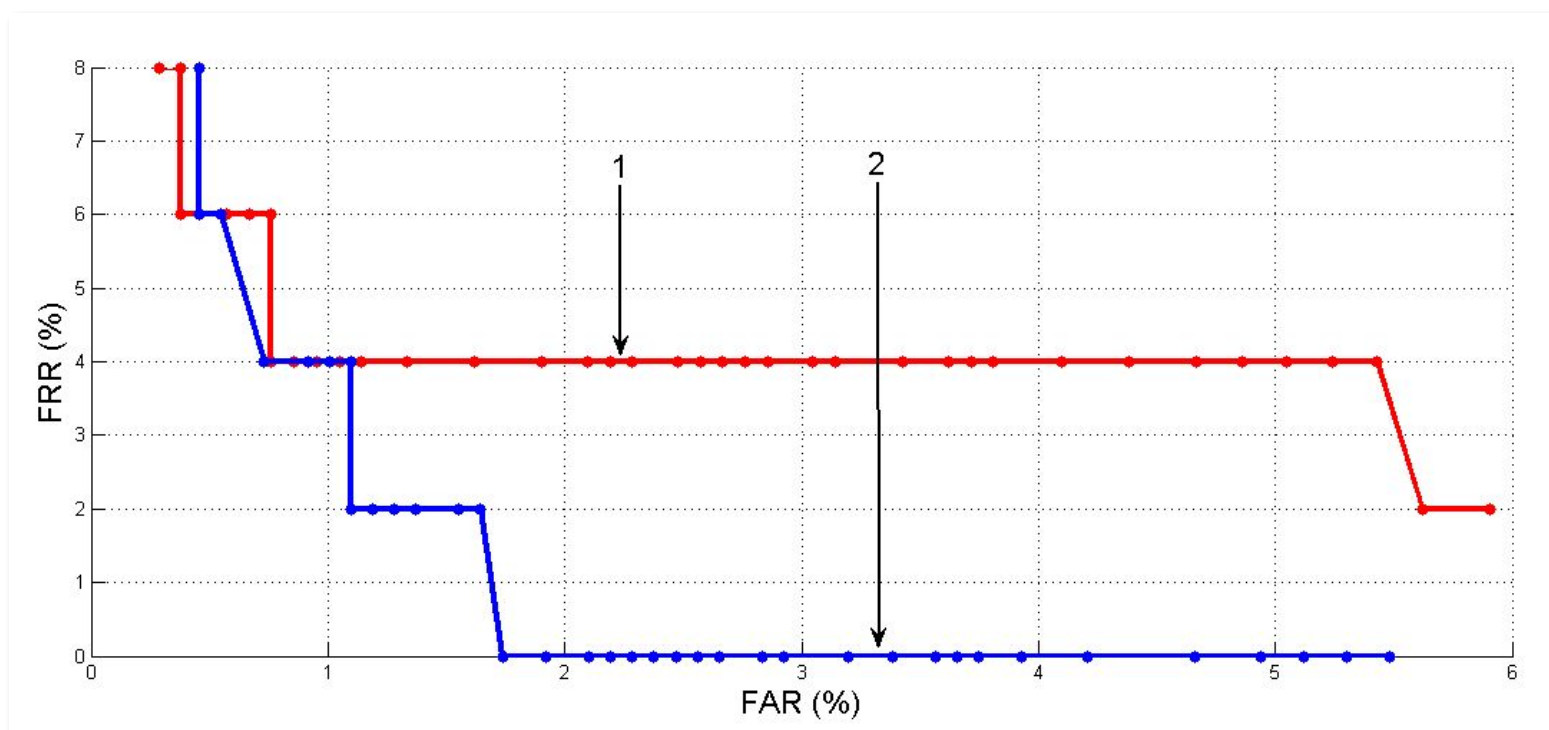
Размер 640x480 пикселей

1.3 млн. пикселей



# Верификация

- 1 – Эвристический подход
- 2 – Оптимизационный подход



*FRR (False Reject Rate)* – ошибка ложного отказа

*FAR (False Accept Rate)* – ошибка ложного узнавания