

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

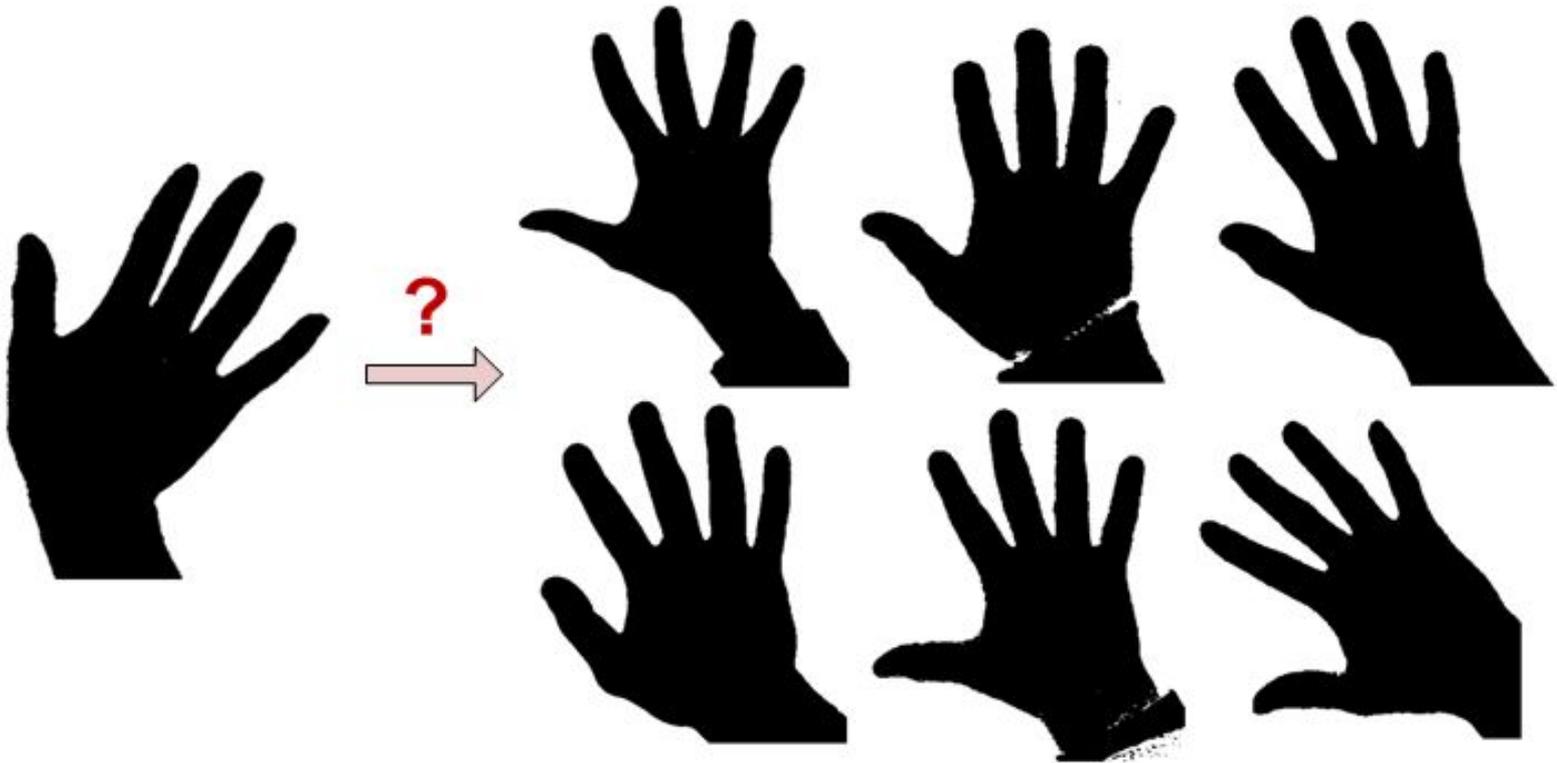
Модель ладони

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

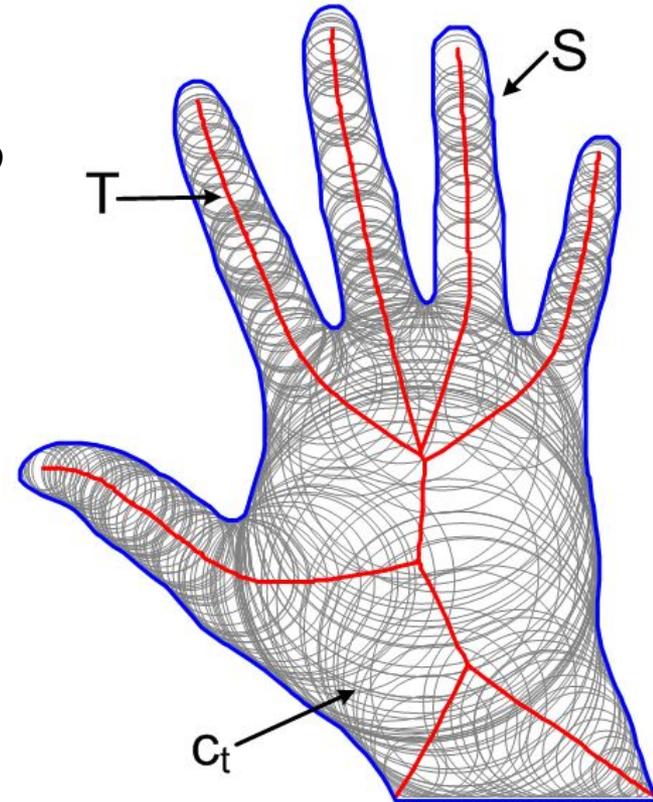
Определение точек

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



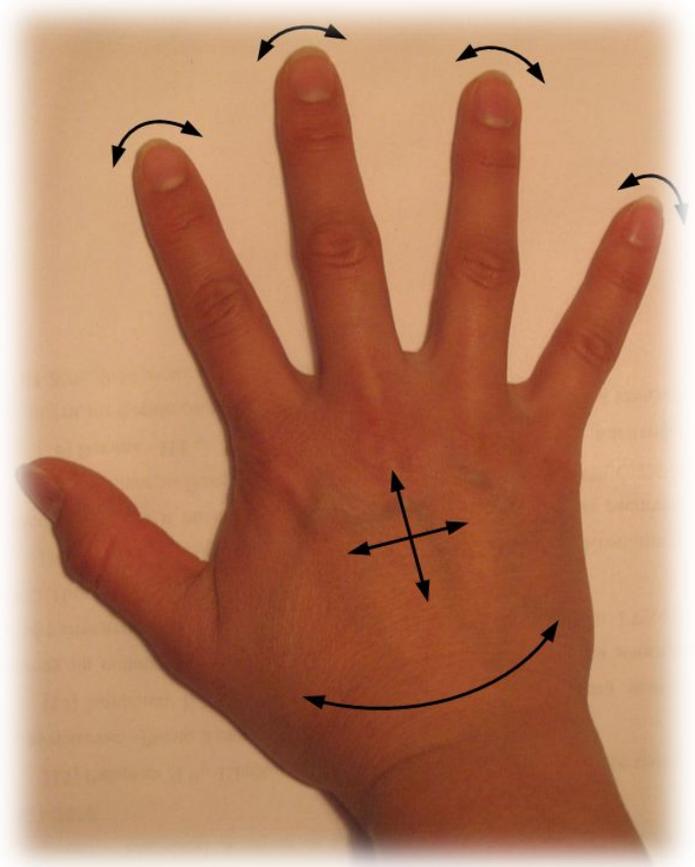
Трансформации

Основные движения

- сдвиг ладони
- поворот ладони
- поворот пальцев

Допустимые трансформации

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



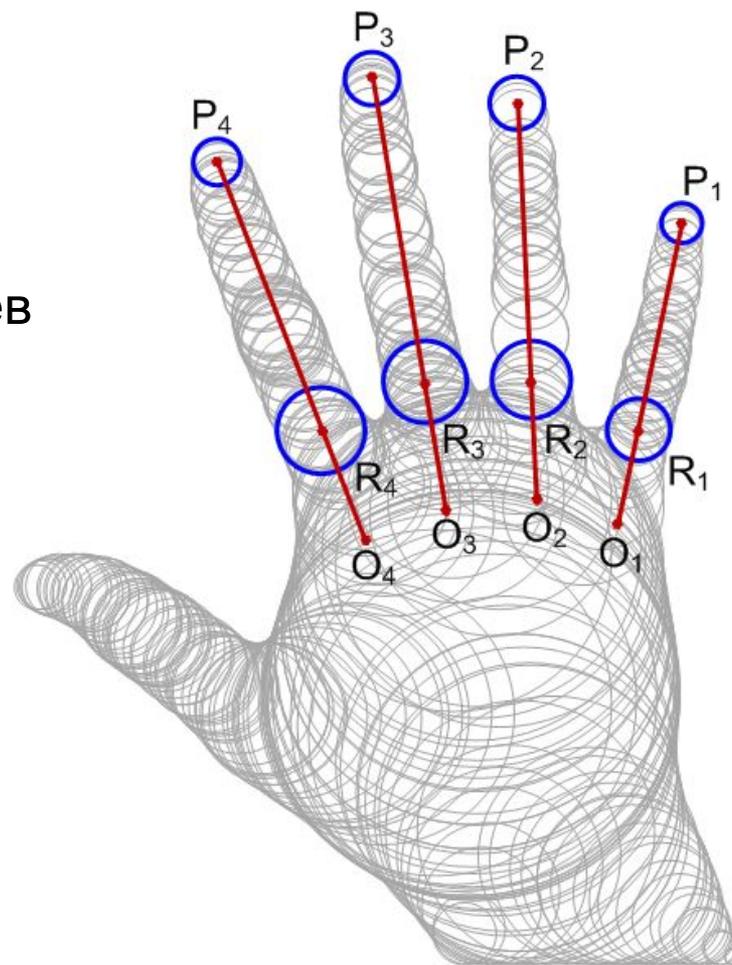
Разметка ладони

Основные шаги

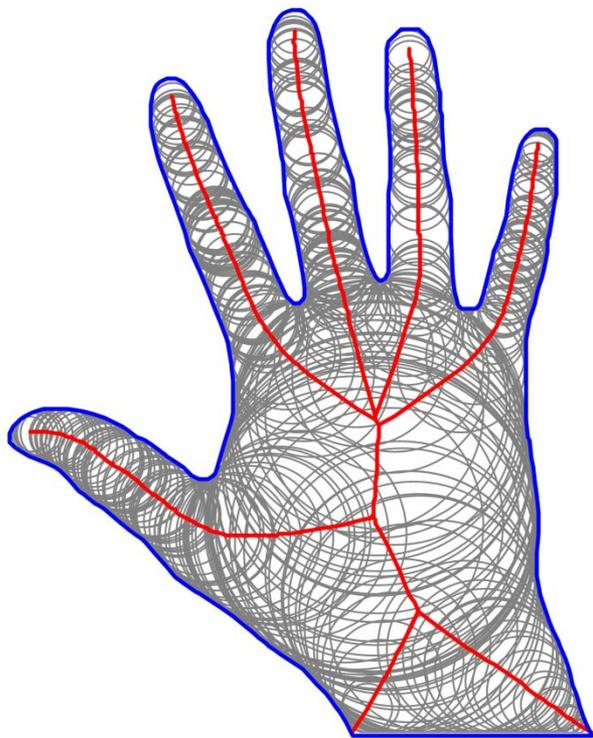
1. Выделение пальцев
2. Определение точек поворотов пальцев

Обозначения

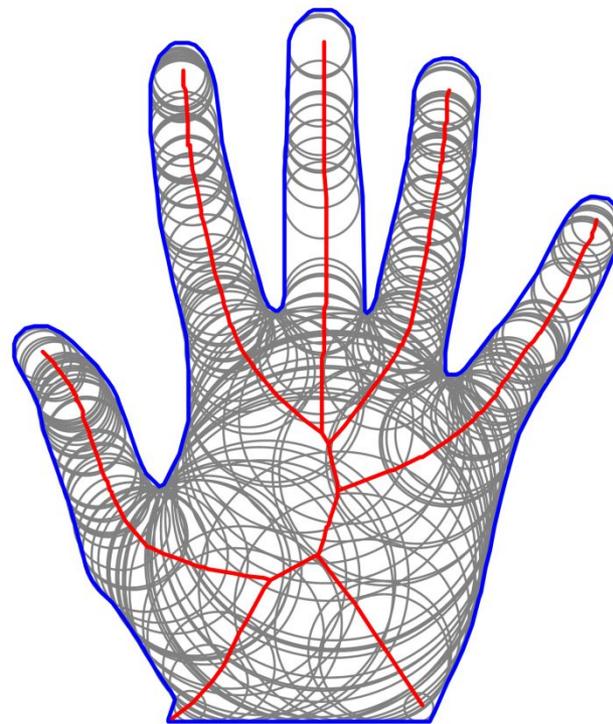
- кончики: P_1, P_2, P_3, P_4
- основания: O_1, O_2, O_3, O_4
- точки поворотов: R_1, R_2, R_3, R_4
- оси: $P_1R_1, P_2R_2, P_3R_3, P_4R_4$



Сравнение формы ладоней



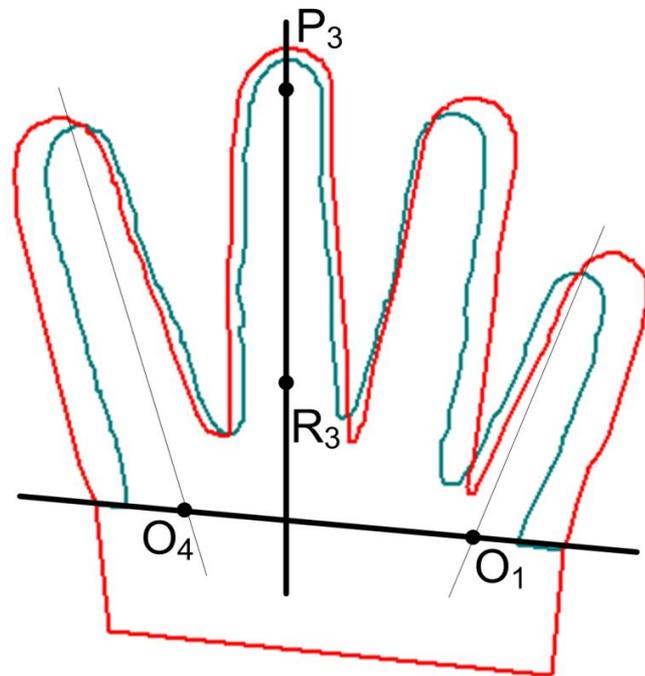
Эталонная ладонь G_1



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 μ)
6. Вычисление меры схожести ладоней $\mu^* = \min \mu$

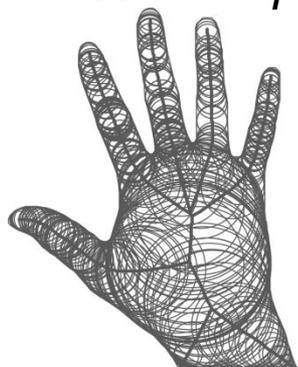


$$\mu(G_1, G_2) = Area(G_1 \setminus G_2) + Area(G_2 \setminus G_1)$$

Подгонка

Площадь ладони в среднем – 40000 пикселей

Эталонная ладонь G_1



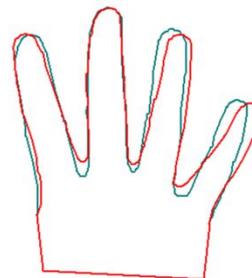
Тестовая ладонь G_2



+

→

Начальное совмещение



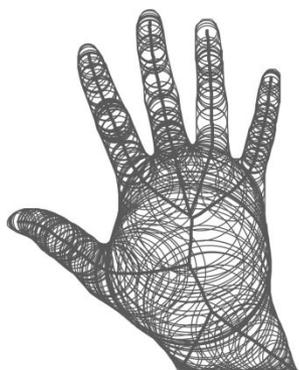
$\mu = 3191$

→

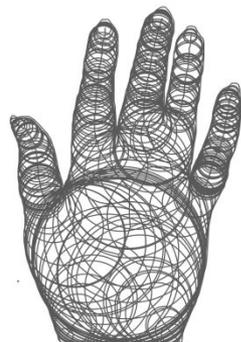
Наилучшее совмещение



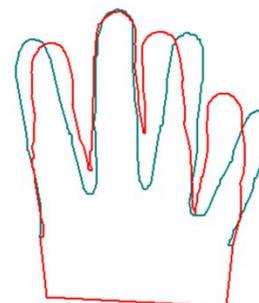
$\mu = 1714$



+

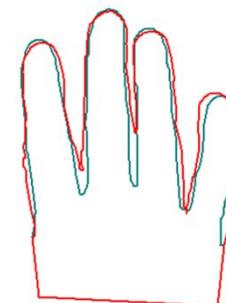


→



$\mu = 10663$

→



$\mu = 2467$

Содержание

Предпосылки

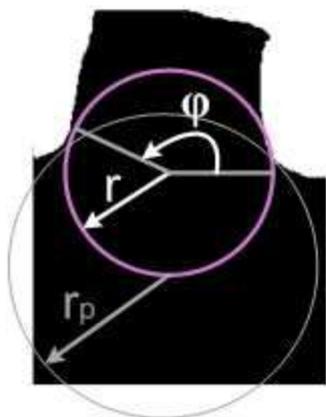
Модель ладони

Определение точек

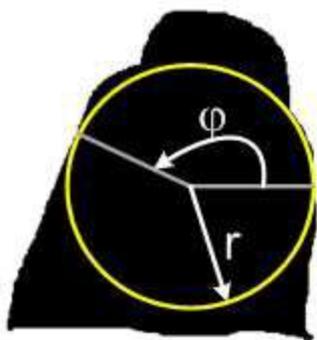
поворотов

Эксперименты

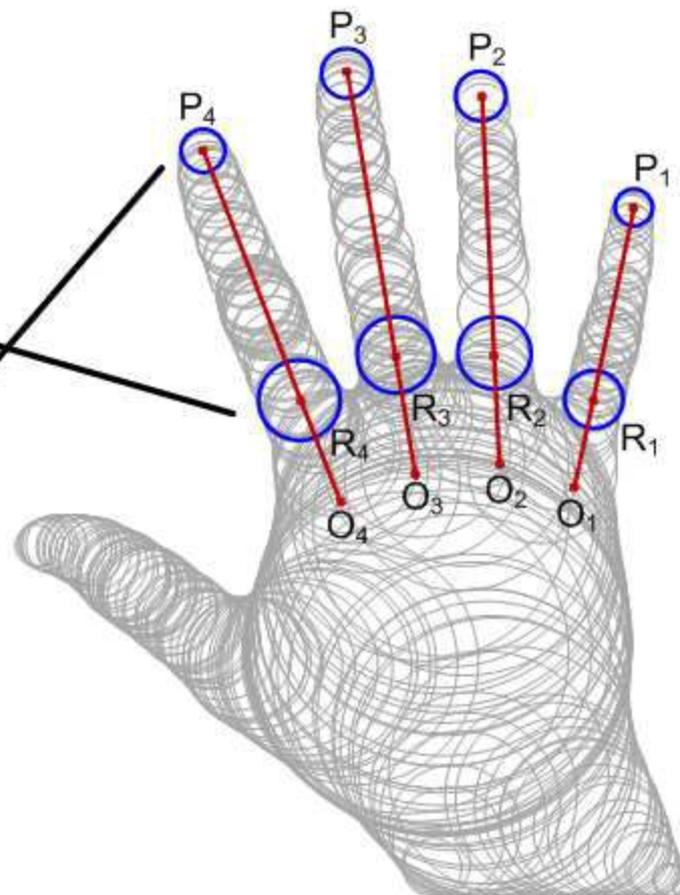
Выделение пальцев



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



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



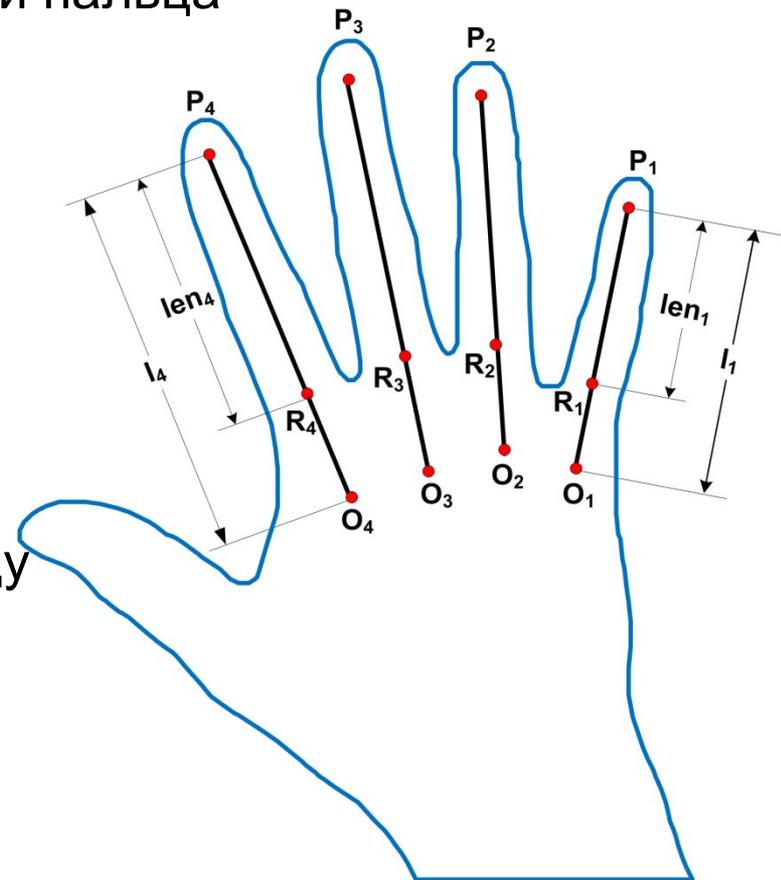
Точки поворотов пальцев

Предположение

Точка поворота пальца находится на оси пальца

Обозначения

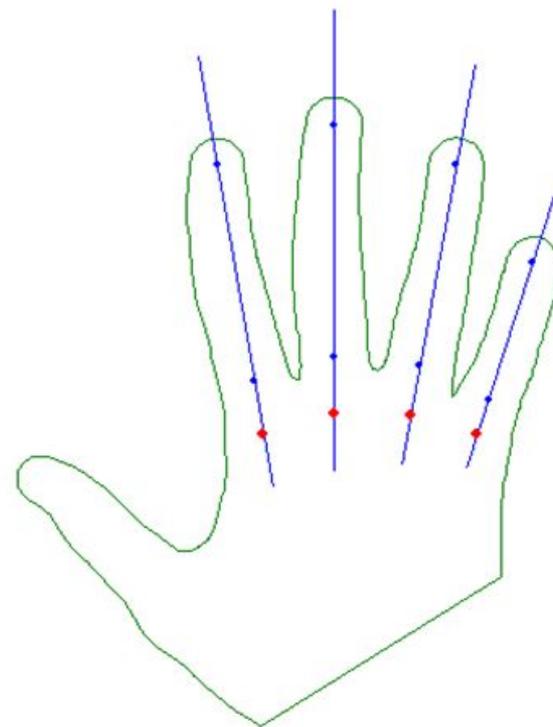
- $\vec{len} = (len_1, len_2, len_3, len_4)$, $len_i = |P_i R_i|$ – расстояние между кончиком и основанием пальца i
- $\vec{l} = (l_1, l_2, l_3, l_4)$, $l_i = |P_i O_i|$ – расстояние между кончиком и точкой поворота пальца i



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
- ...

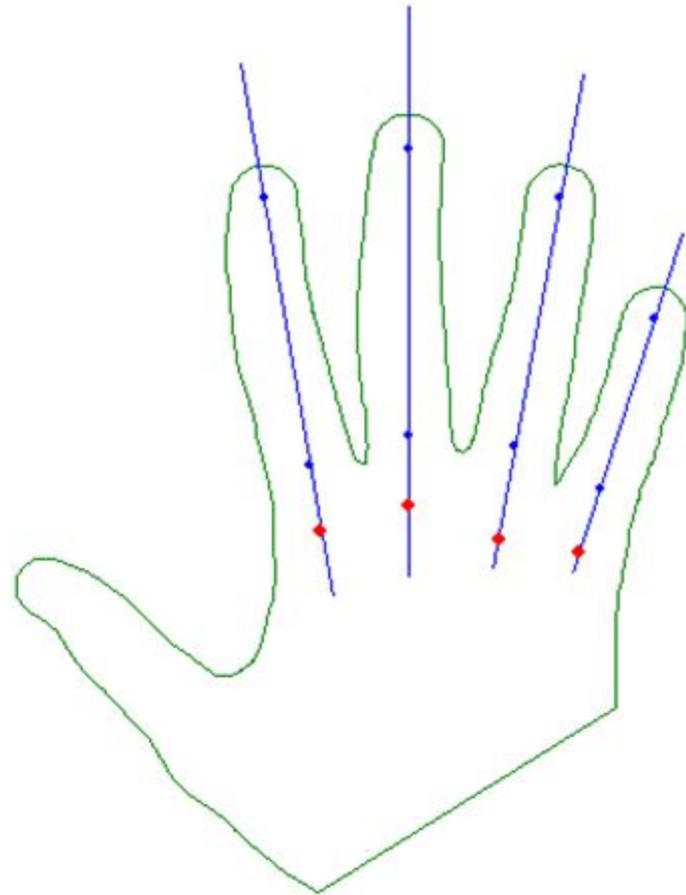
Пример

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

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

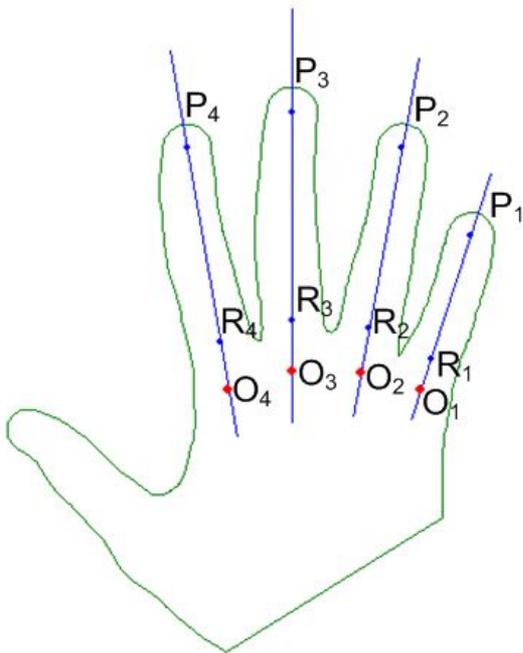
$$l_3 = 1.25 \text{ len}_3$$

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

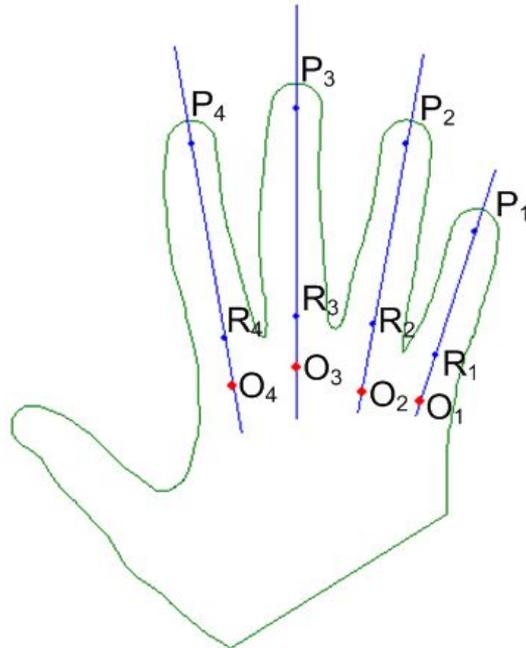


Пример

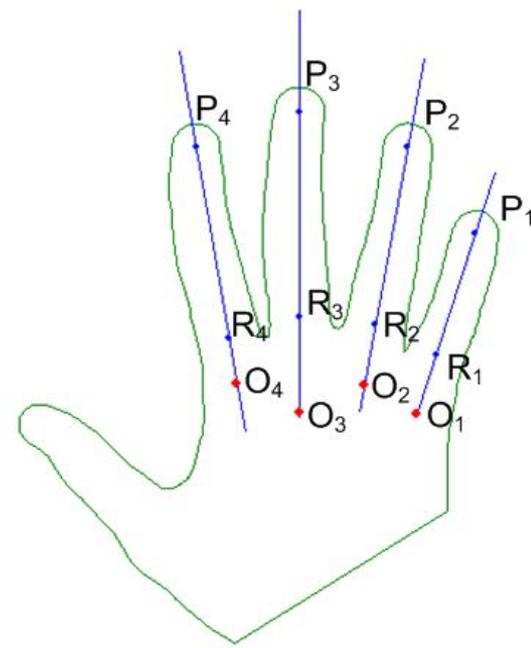
Эвристический подход



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

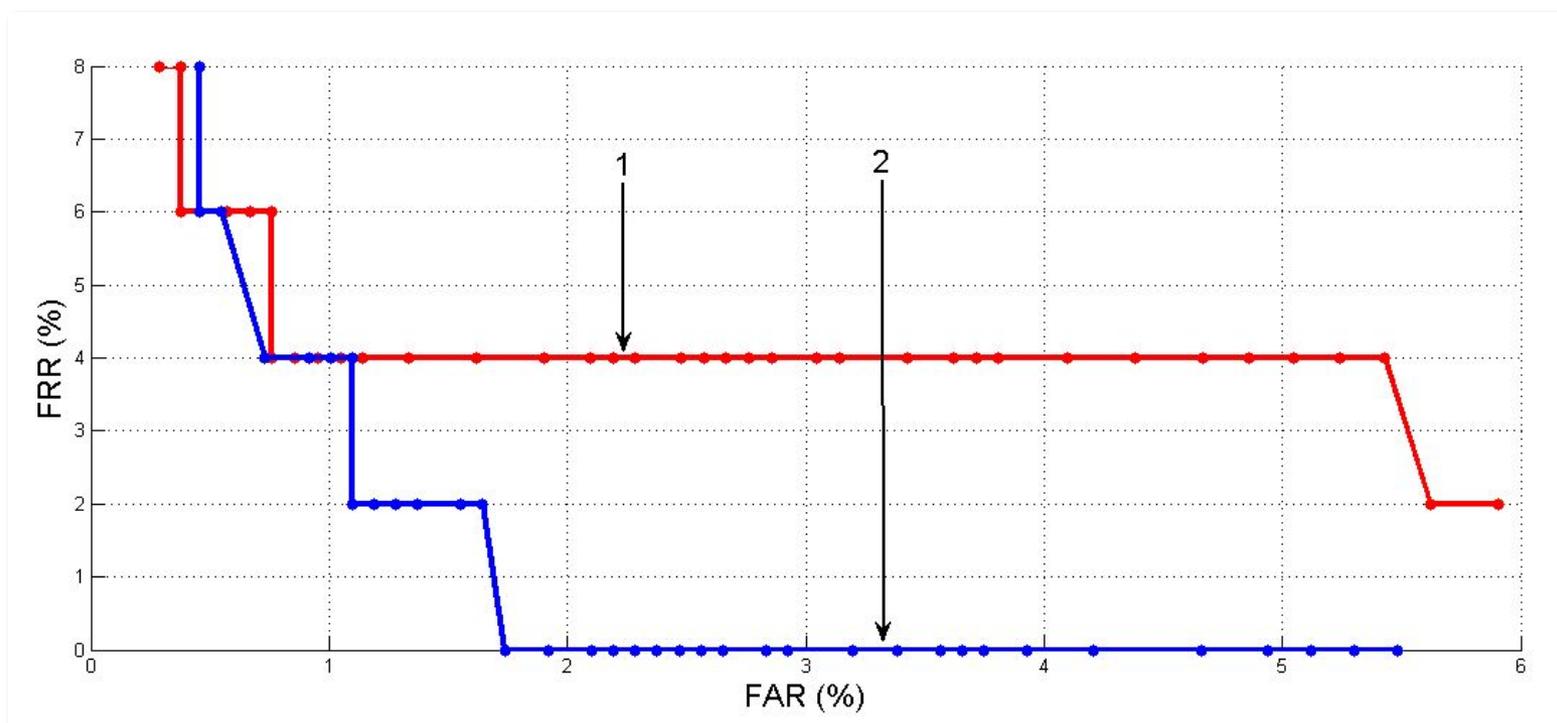
Размер 640x480 пикселей

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