

# Распознавание двух- и трехмерных жестов ладони на основе анализа скелетного представления ее силуэта

Куракин Алексей Владимирович  
*Московский Физико-Технический Институт*  
[alekseyvk@yandex.ru](mailto:alekseyvk@yandex.ru)

Местецкий Леонид Моисеевич  
*Московский Государственный Университет  
им. Ломоносова*  
[//.l.mestl.mest@l.mest@ru.l.mest@ru.l.mest@ru.n  
et](mailto://.l.mestl.mest@l.mest@ru.l.mest@ru.l.mest@ru.n<br/>et)

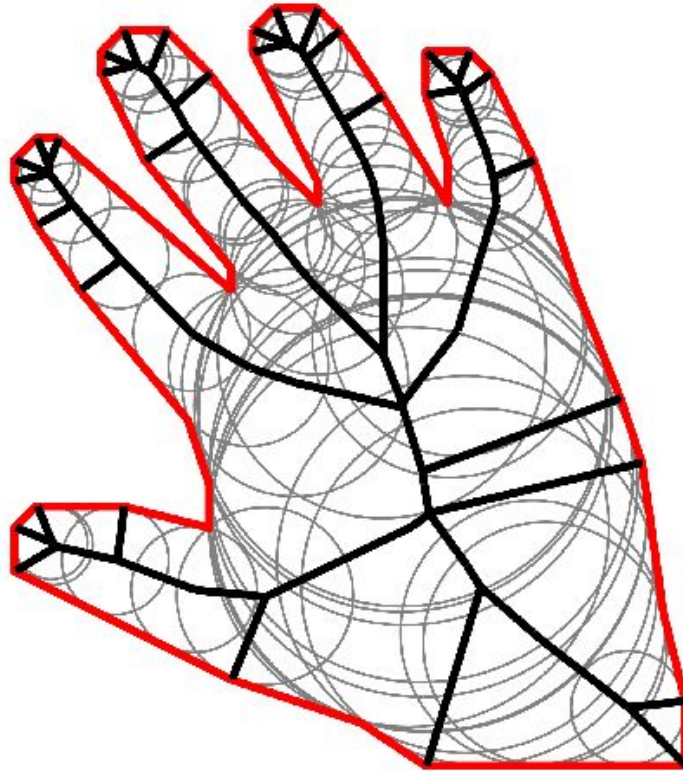
# План презентации

- Понятие скелета
- Анализ формы руки посредством скелета
  - Выделение пальцев
  - Распознавание жестов
- Анализ формы в 3д
  - Восстановление 3д модели трубчатых объектов
  - Трекинг 3д положения руки

# План презентации

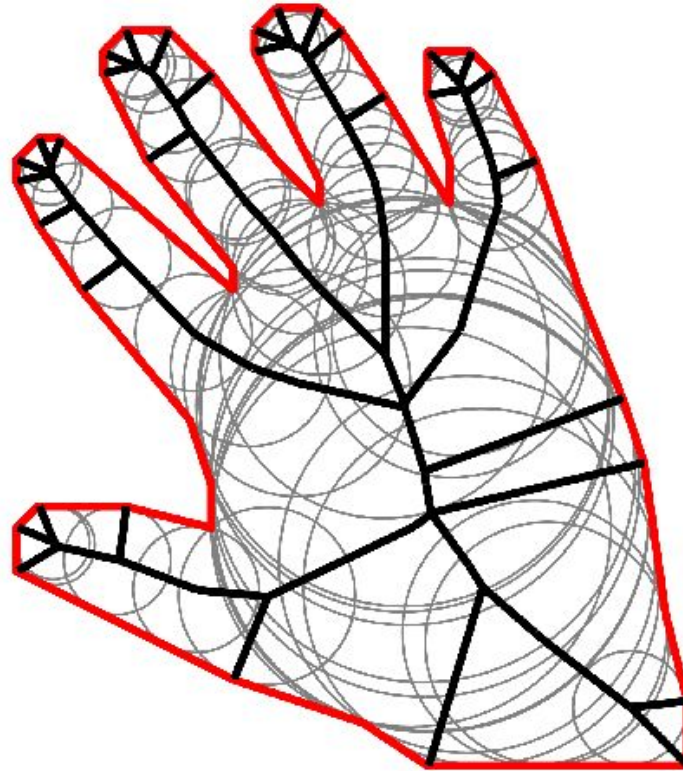
- **Понятие скелета**
- Анализ формы руки посредством скелета
  - Выделение пальцев
  - Распознавание жестов
- Анализ формы в 3д
  - Восстановление трубчатых объектов
  - Трекинг 3д положения руки

# Скелет фигуры



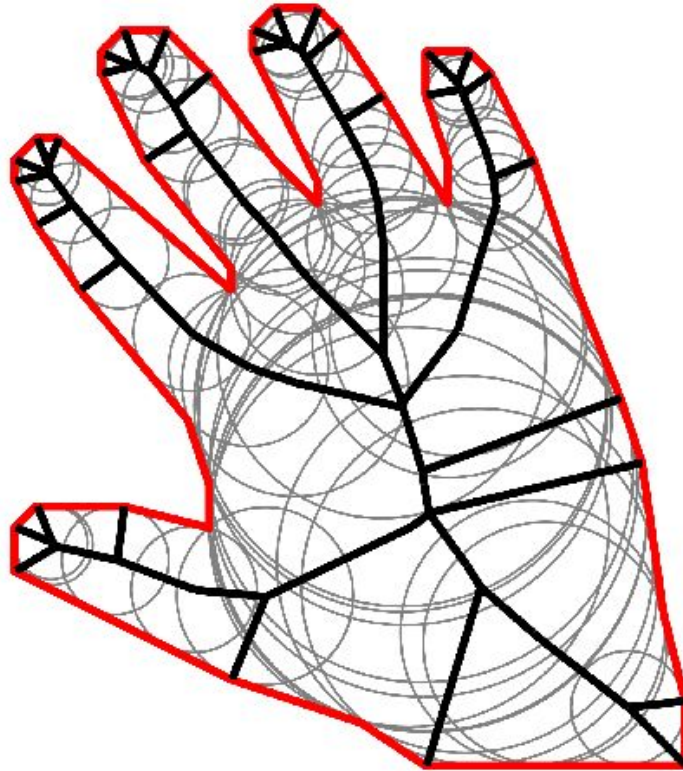
**Скелет (или **серединные оси**)** фигуры – множество центров и радиусов вписанных в фигуру кругов.

# Скелет фигуры



**Скелет = центры и радиусы максимальных вписанных кругов**

# Скелет фигуры



Рассматриваем только скелеты  
многоугольников

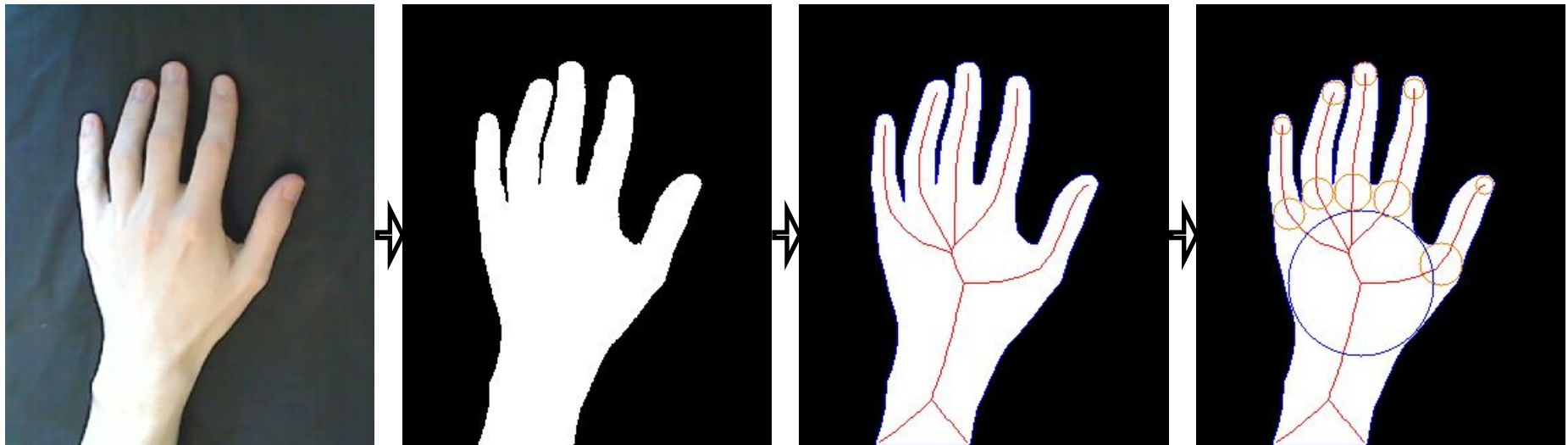
Эффективный алгоритм имеет  
вычислительную сложностью  $O(N \log N)$  где  $N$

# План презентации

- Понятие скелета
- Анализ формы руки посредством скелета
  - Выделение пальцев
  - Распознавание жестов
- Анализ формы в 3д
  - Восстановление трубчатых объектов
  - Трекинг 3д положения руки

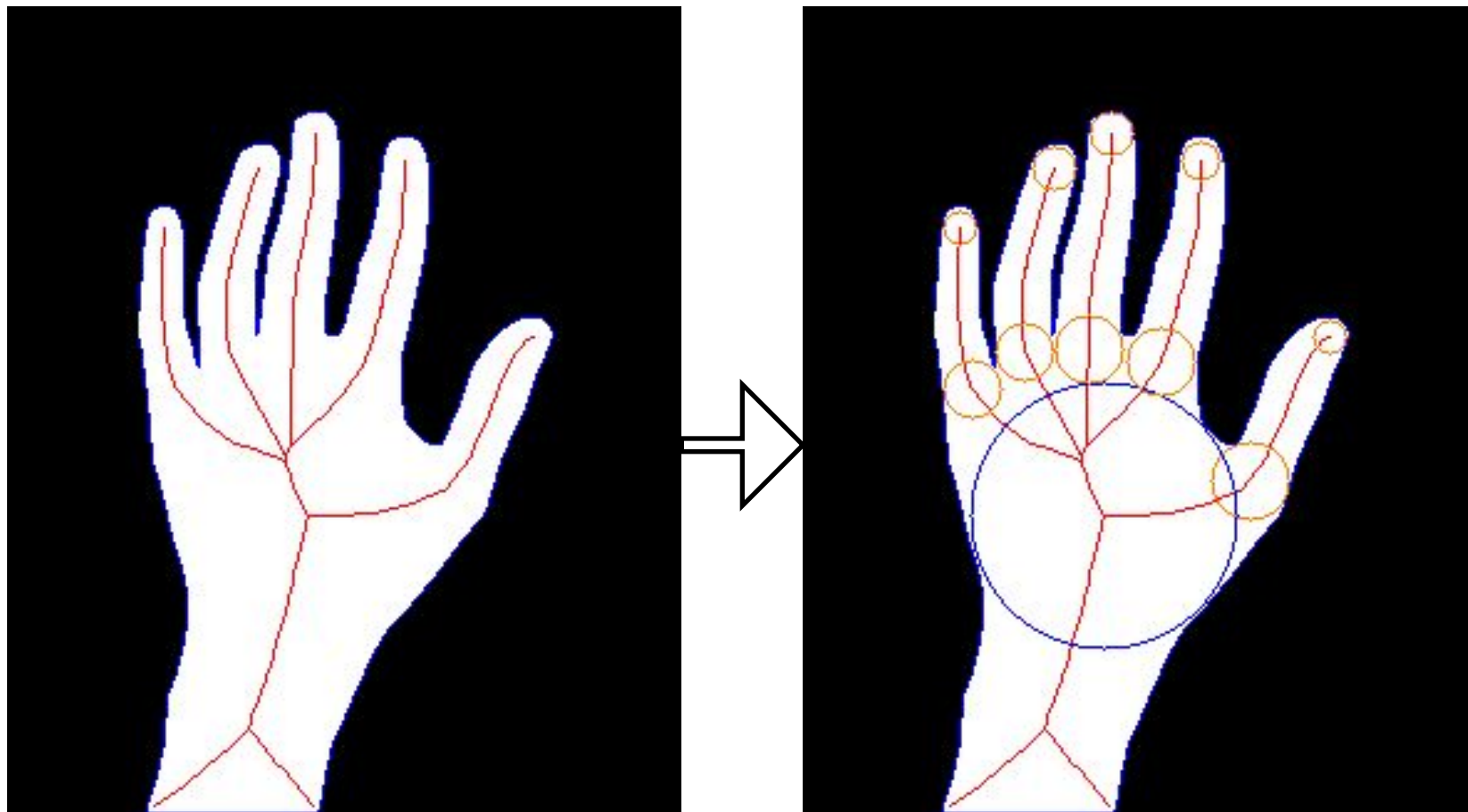
# Анализ формы руки

1. Бинаризация исходной картинки
2. Построение скелета
3. Анализ скелета и выделение пальцев



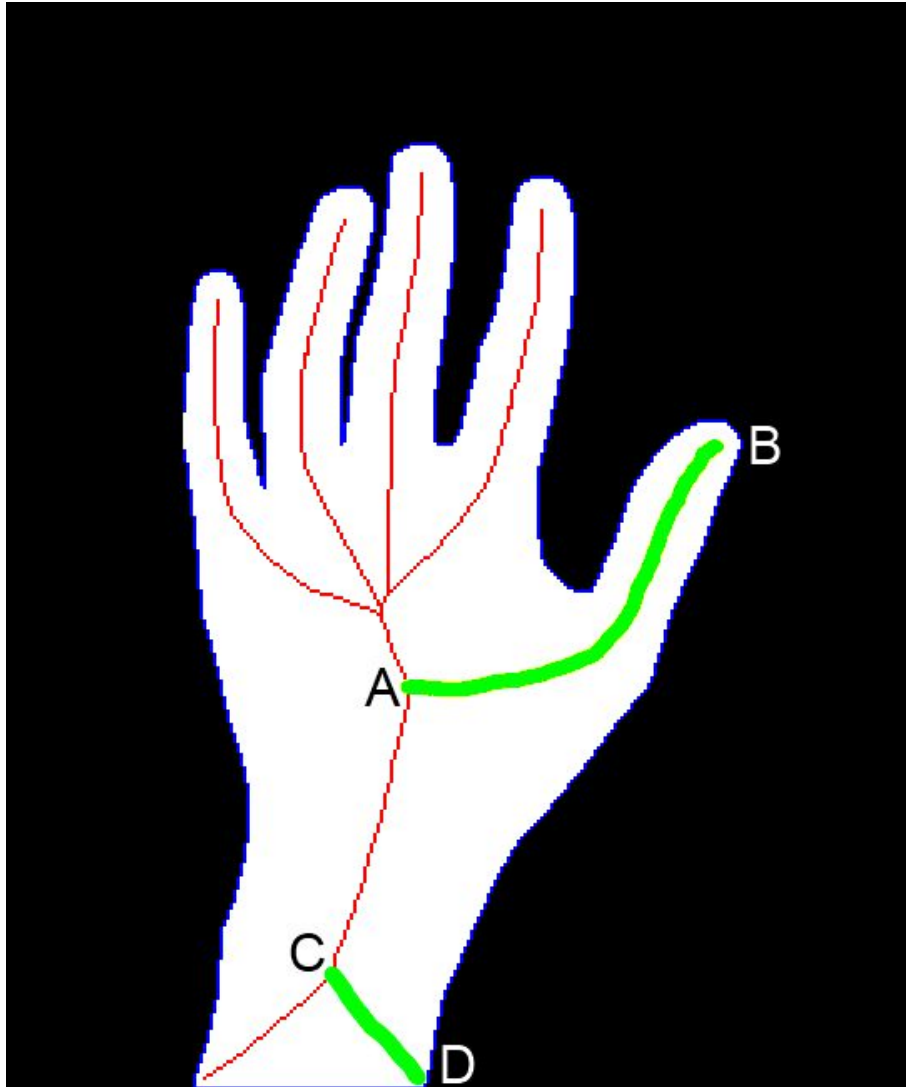


# Анализ скелета



**Цель: выделить пальцы и центр  
руки**

# Ветвь скелета

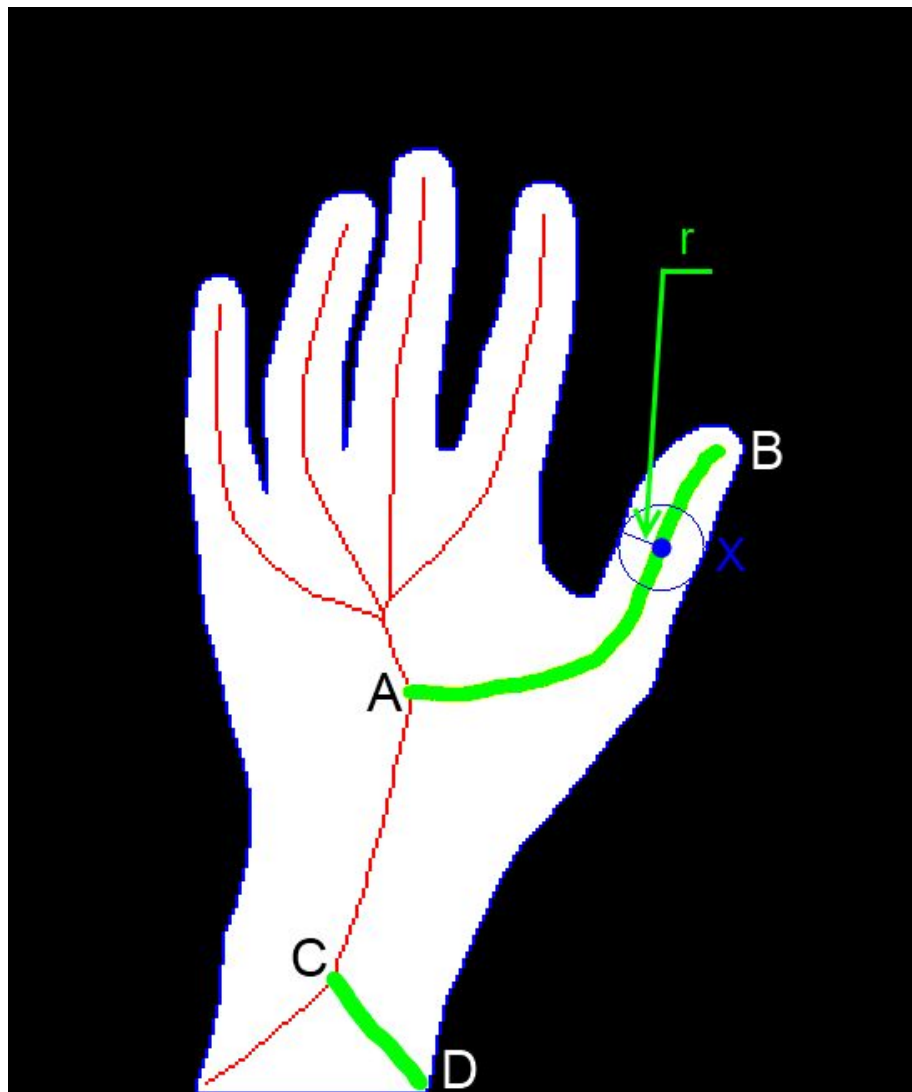


**Ветвь скелета** – часть скелета составляющая непрерывную кривую

Ветвь AB ->  
палец

Ветвь CD -> не  
палец

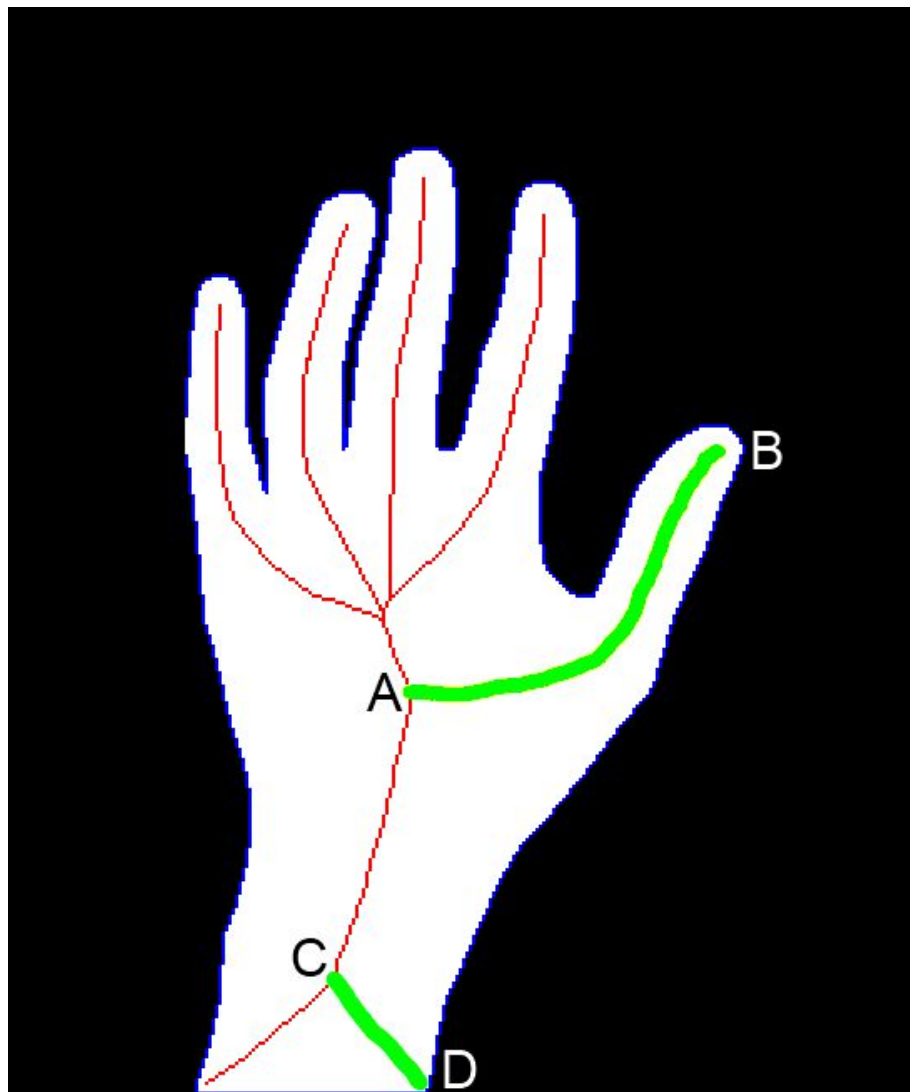
# Функция радиуса вдоль ветви



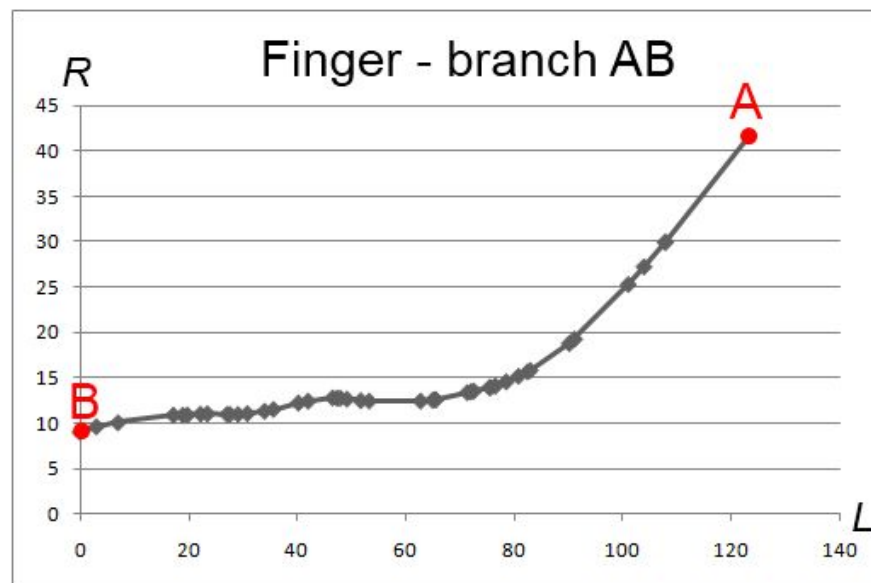
**Функция радиуса  
вдоль ветви –**  
зависимость радиуса  
вписанного круга от  
расстояния до конца  
ветви

$R_{AB}(|BX|) = r$  -  
значение функции  
радиуса вдоль  $AB$  в  
точке  $X$

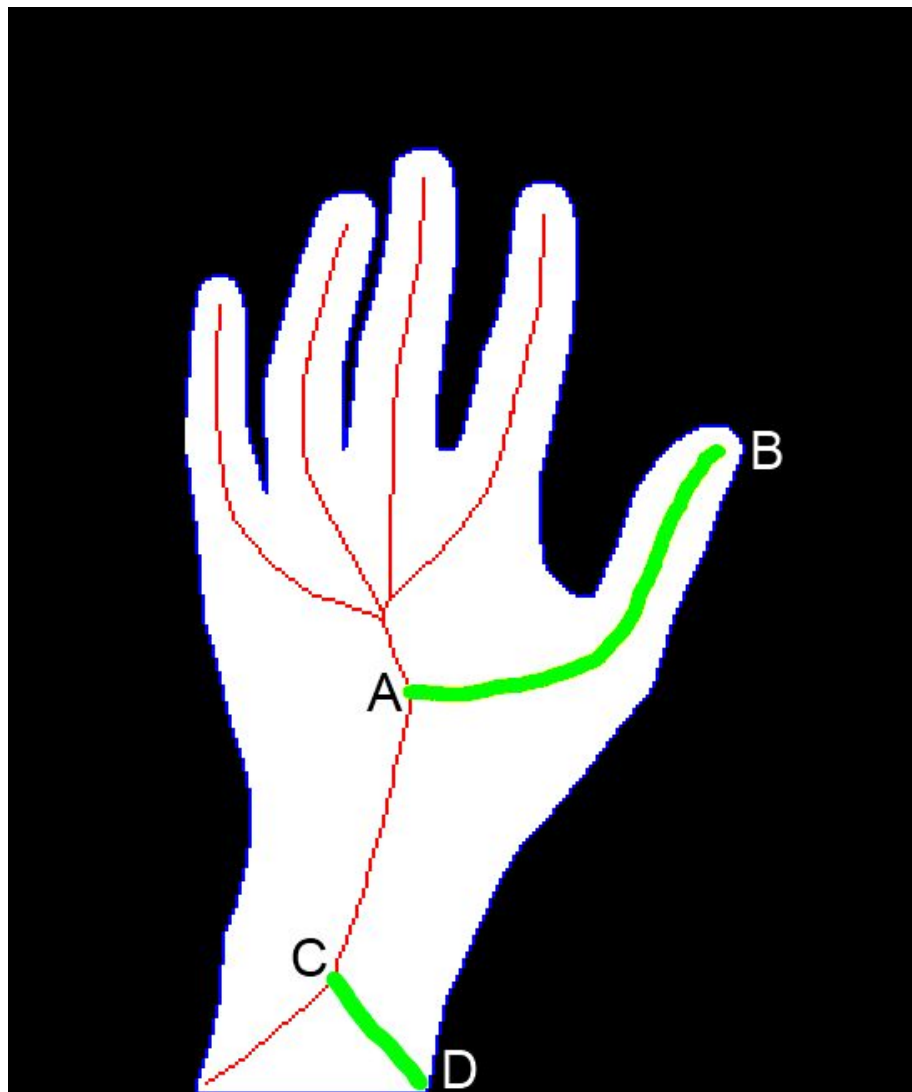
# Функция радиуса вдоль ветви



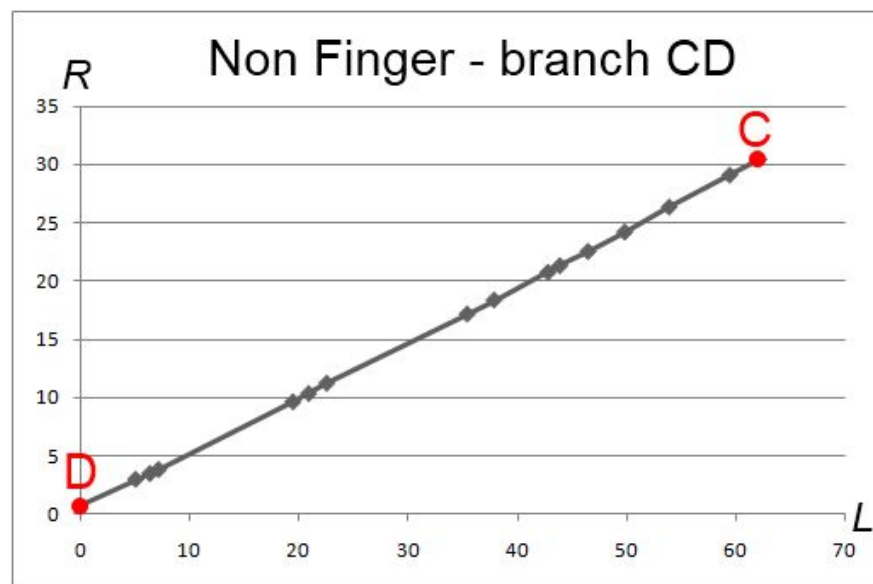
Функция радиуса для  
ветви-пальца



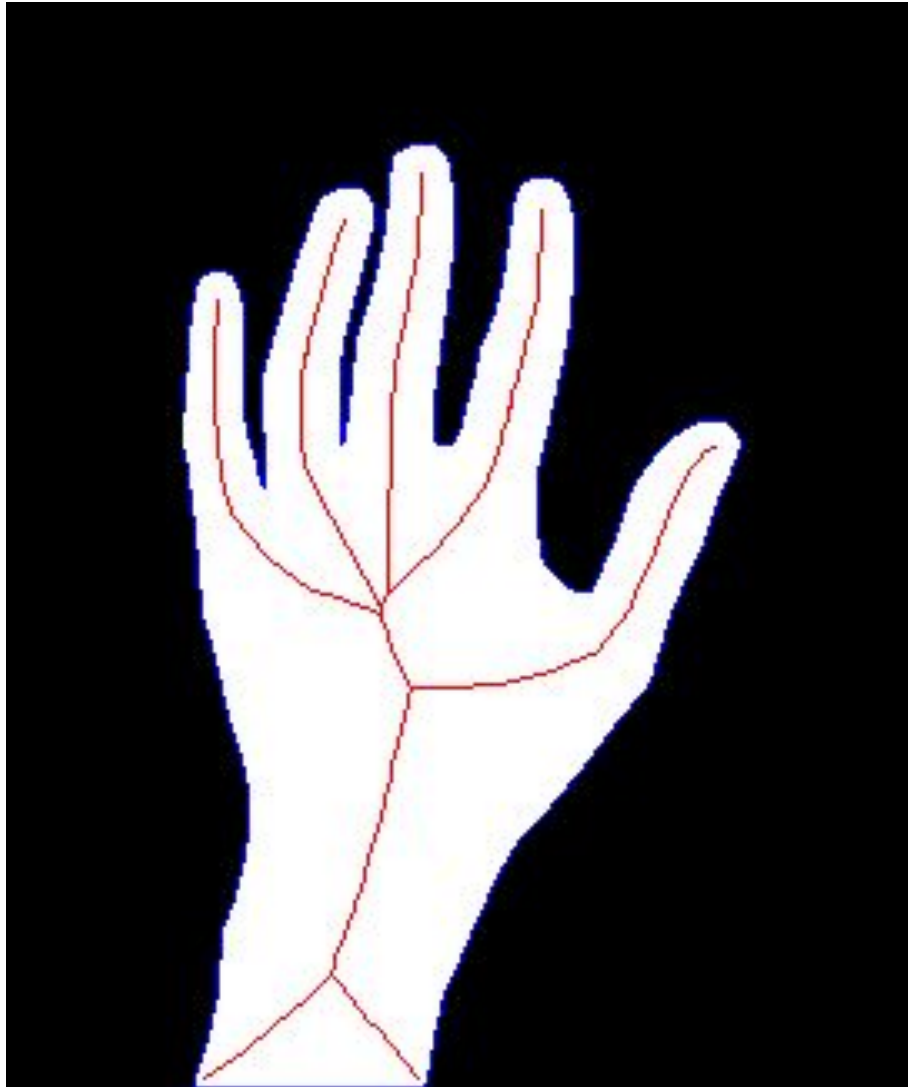
# Функция радиуса вдоль ветви



Функция радиуса для  
ветви не пальца



# Анализа форми на основе скелета



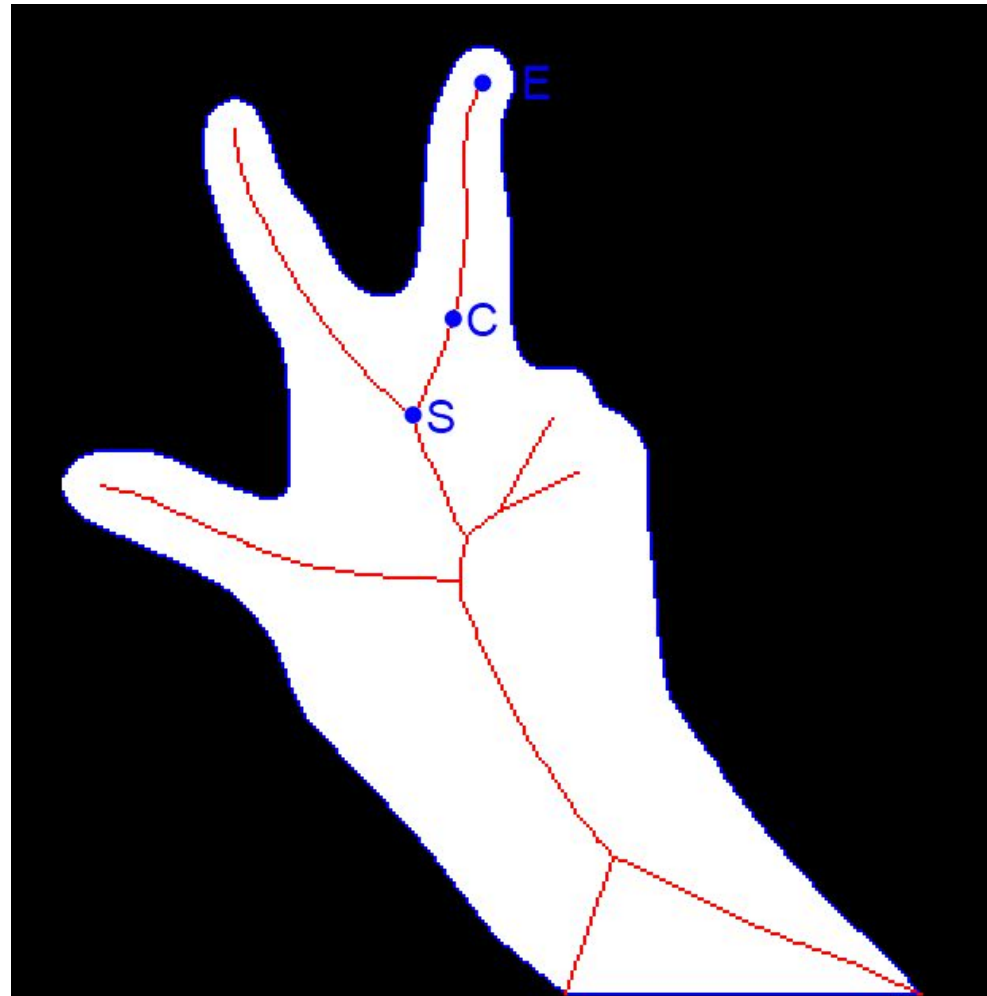
Инструменты анализа формы:

- Структура и топология скелета
- Значение функции радиуса

# Анализ формы руки

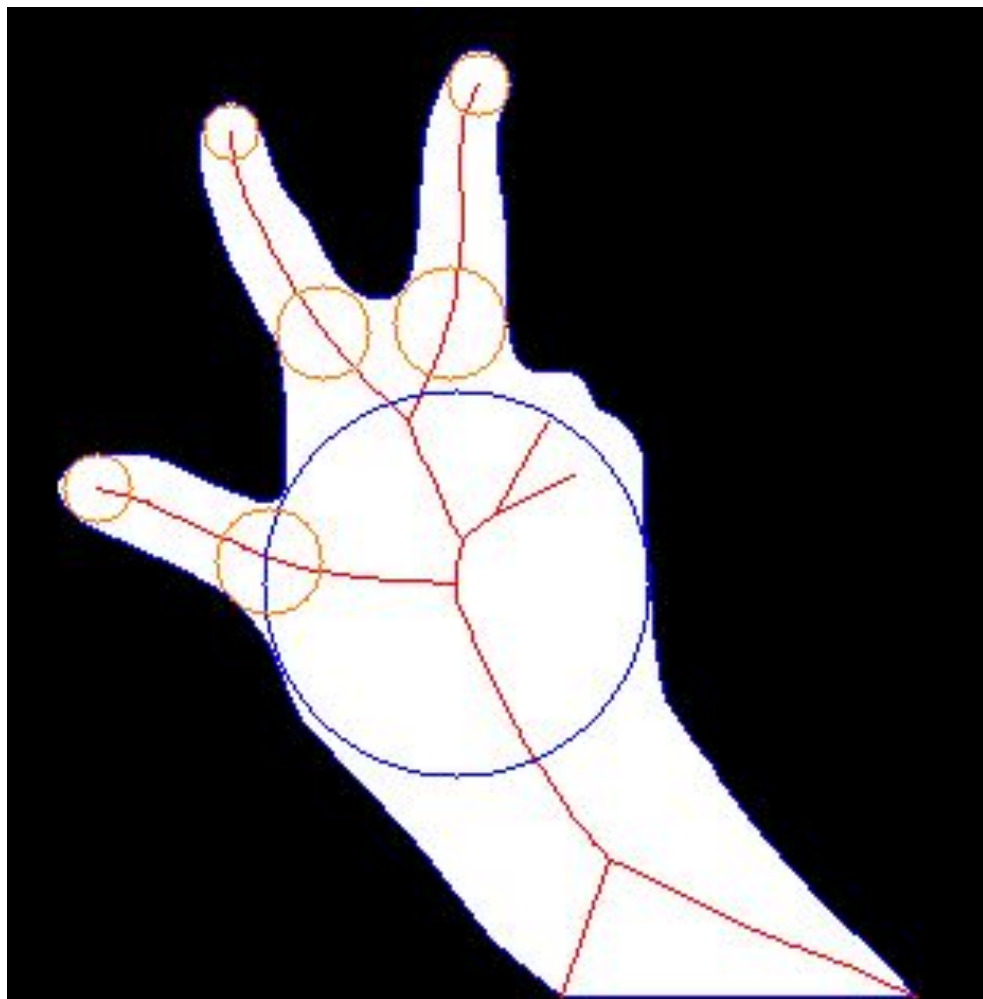
Для каждой терминальной ветви скелета:

- Поиск наиболее вероятной точки С – соединения пальца и пясти
- Проверка условий на геометрические параметры ветви



# Пример результата анализа

Найдены все 3  
пальца

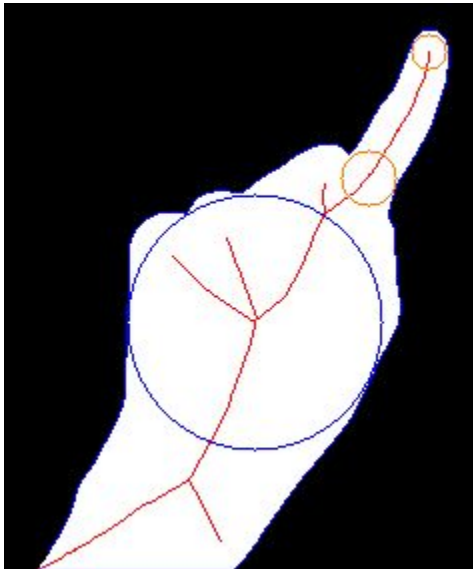
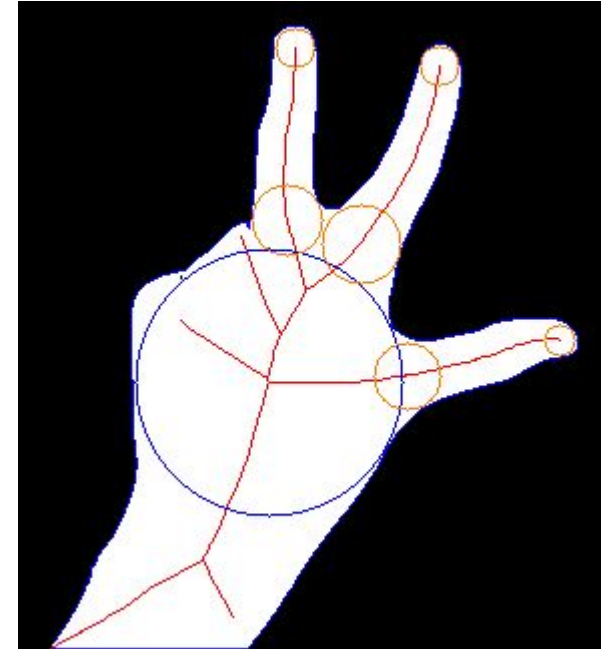
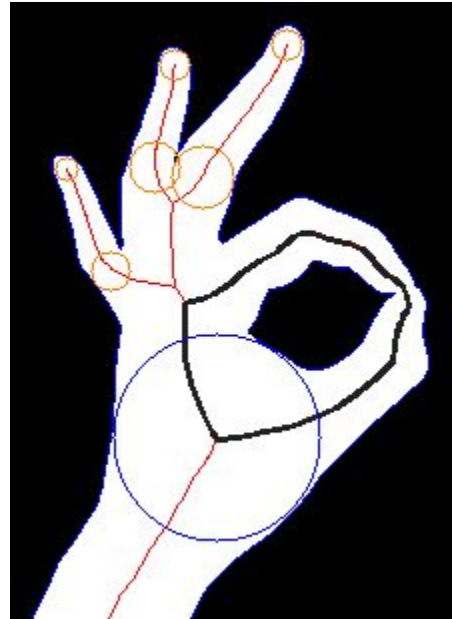
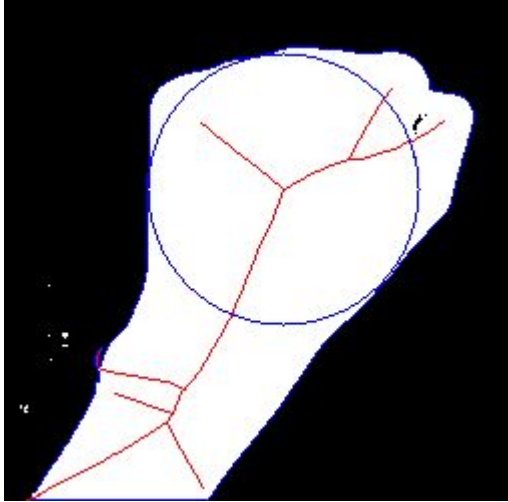




# План презентации

- Понятие скелета
- Анализ формы руки посредством скелета
  - Выделение пальцев
  - Распознавание жестов
- Анализ формы в 3д
  - Восстановление трубчатых объектов
  - Трекинг 3д положения руки

# 2Д жесты руки



С помощью скелета легко определить:

- Количество видимых пальцев
- Положения кончиков пальцев
- Наличие копыца

# Экспериментальная установка

- Веб-камера над однородной темной поверхностью
- Однородная поверхность для упрощения бинаризации

Алгоритм обработки:

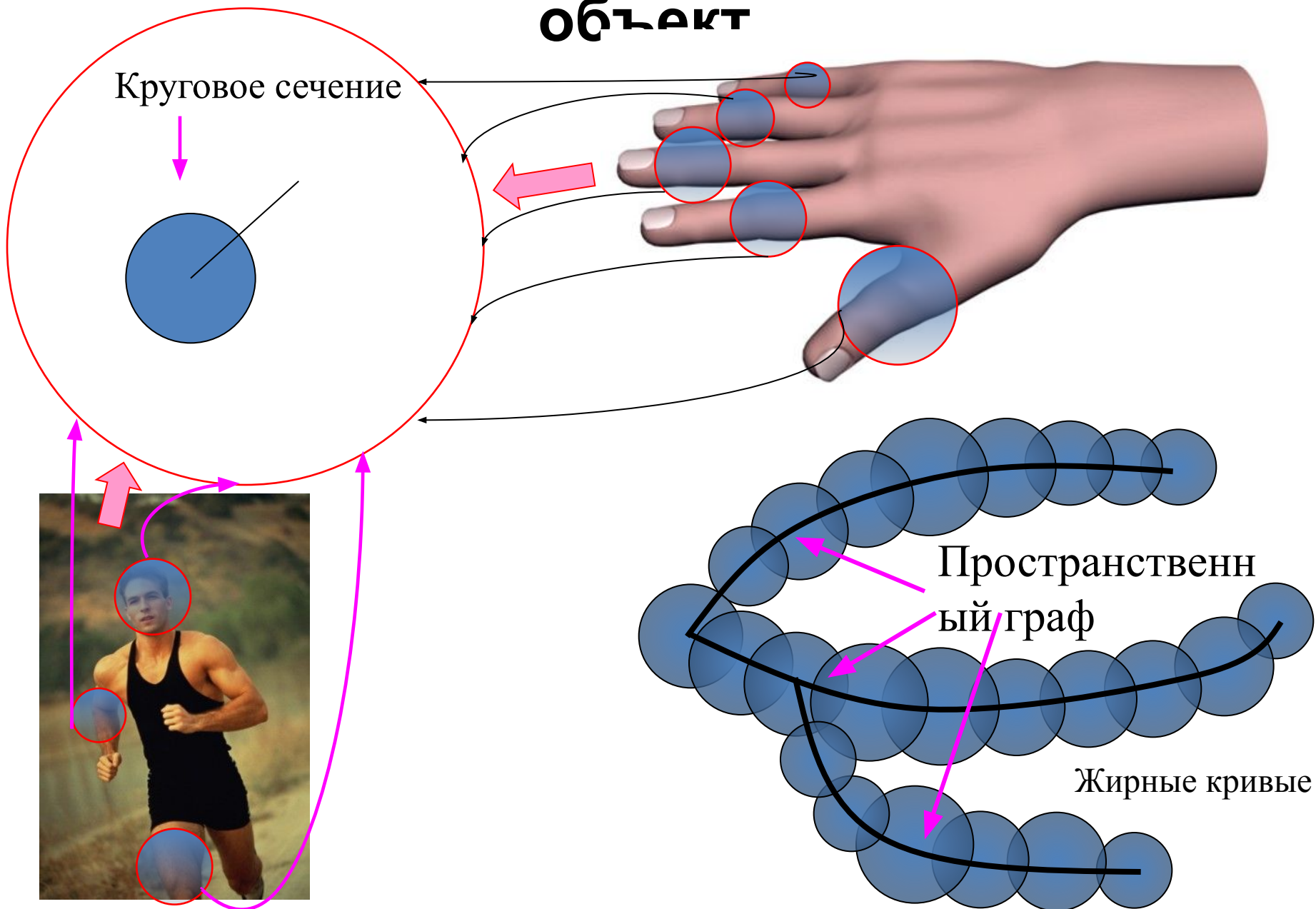
- Бинаризация картинки
- Анализ формы ладони
- Распознавание жестов



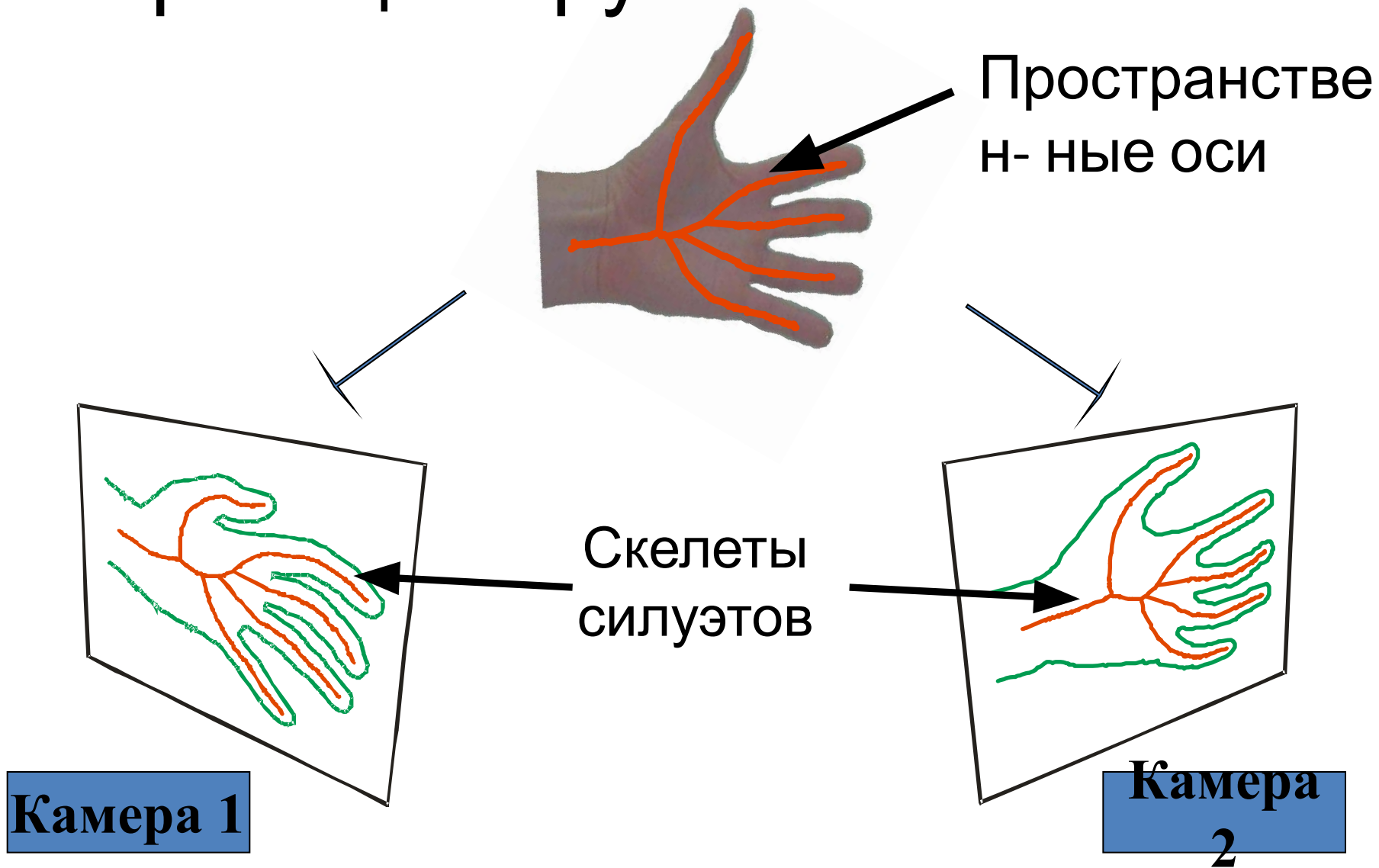
# План презентации

- Понятие скелета
- Анализ формы руки посредством скелета
  - Выделение пальцев
  - Распознавание жестов
- Анализ формы в 3д
  - Восстановление трубчатых объектов
  - Трекинг 3д положения руки

# Трубчатый (локально симметричный) объект



# Проекции трубчатого объекта



# Восстановление проволочной модели

- Получение стереопары силуэтов
- Построение скелетов для каждого силуэта
- Сопоставление ветвей скелетов
- Стереотриангуляция и восстановление 3д модели

# Восстановление проволочной модели

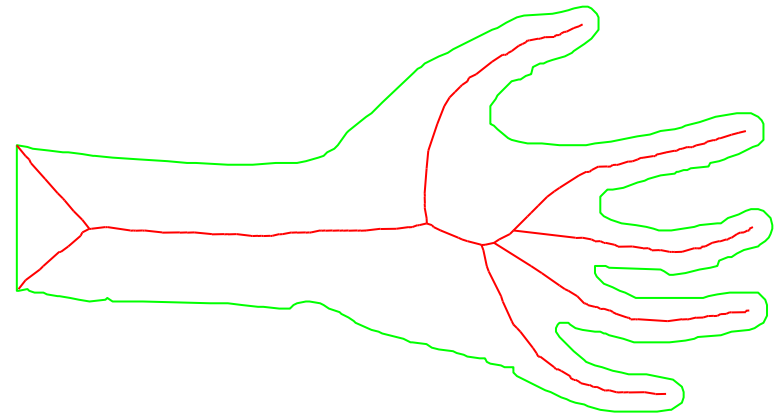
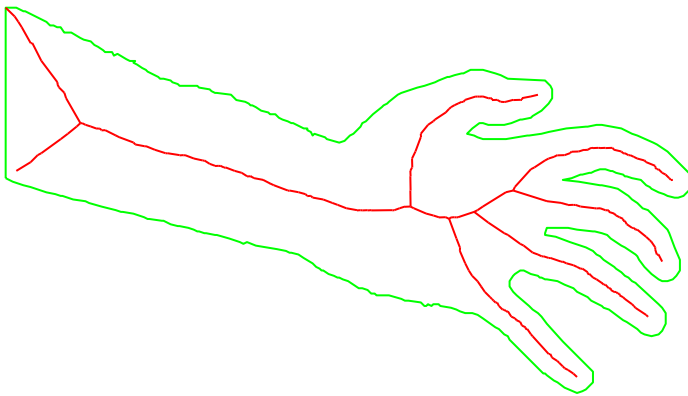
- Получение стереопары силуэтов
- Построение скелетов для каждого силуэта
- Сопоставление ветвей скелетов
- Стереотриангуляция и восстановление 3д модели





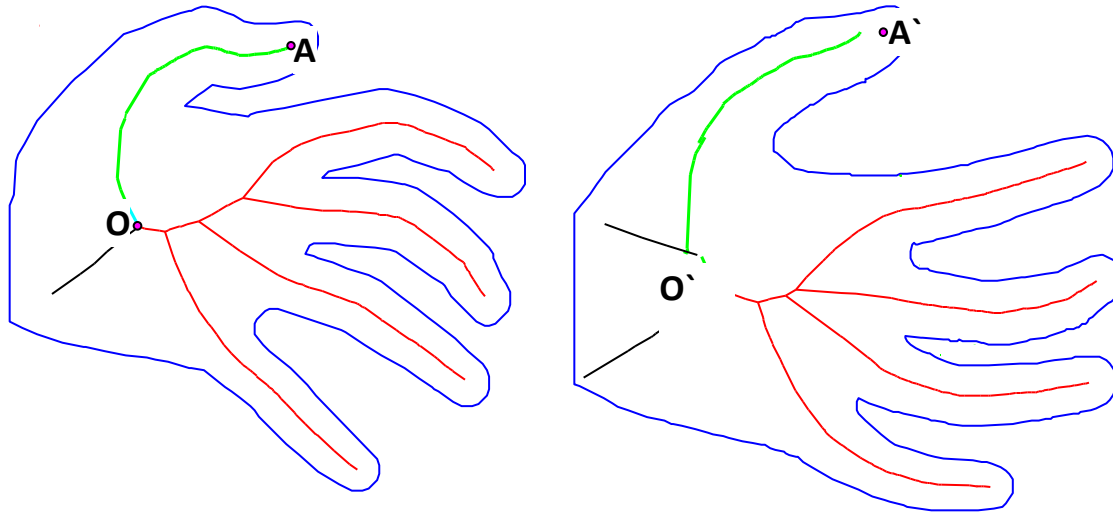
# Восстановление проволочной модели

- Получение стереопары силуэтов
- Построение скелетов для каждого силуэта
- Сопоставление ветвей скелетов
- Стереотриангуляция и восстановление 3д модели



# Восстановление проволочной модели

- Получение стереопары силуэтов
- Построение скелетов для каждого силуэта
- **Сопоставление ветвей скелетов**
- Стереотриангуляция и восстановление 3д модели

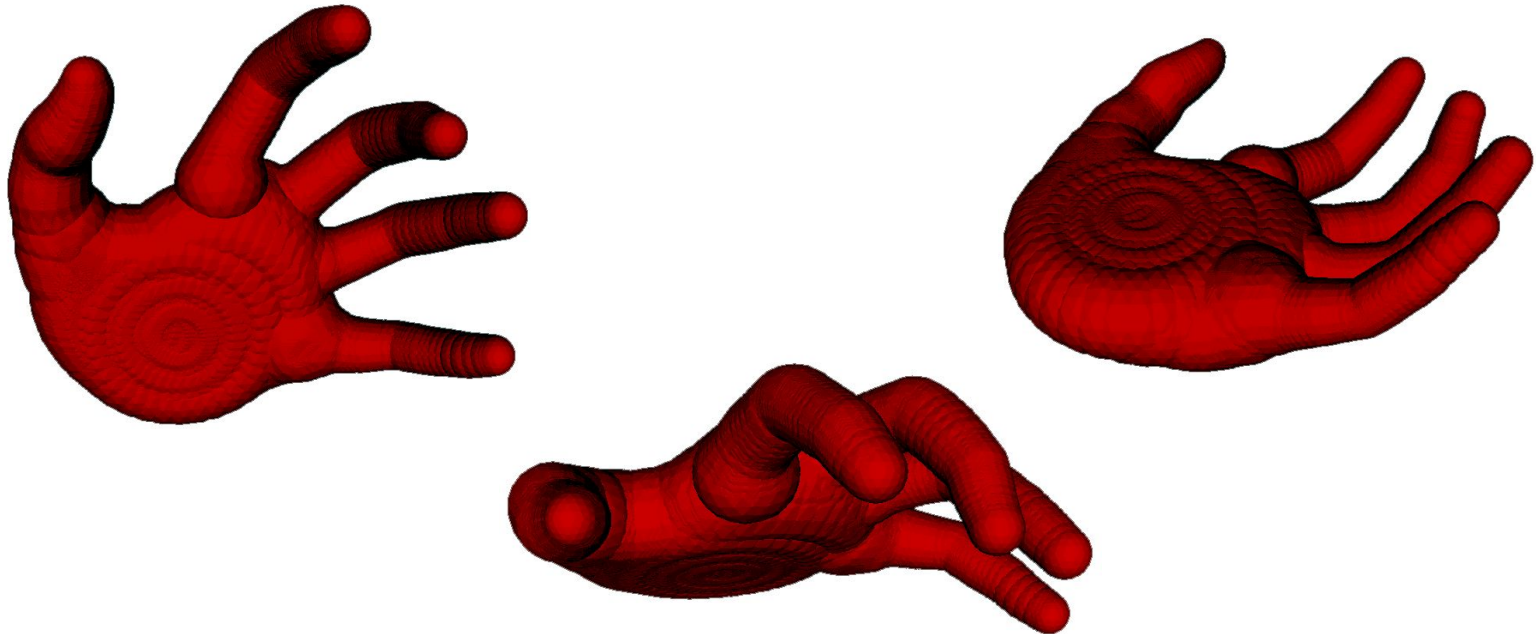


$OA \leftrightarrow$

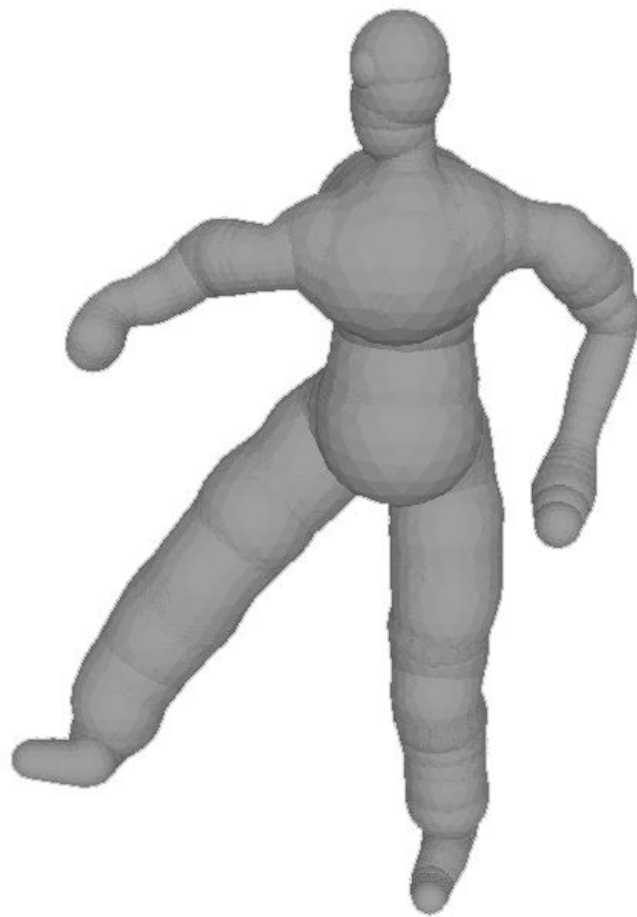
$O'A'$

# Восстановление проволочной модели

- Получение стереопары силуэтов
- Построение скелетов для каждого силуэта
- Сопоставление ветвей скелетов
- Стереотриангуляция и восстановление 3д модели

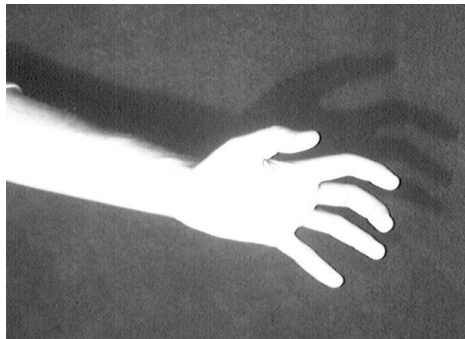


# Пример реконструкции



# Восстановление проволочной модели

- Не требуется построение карты глубины
- Скелет позволяет образовывать стереопары из невидимых точек
- Применимо для картинок низкого качества, где невозможно точное сопоставление по текстуре



# План презентации

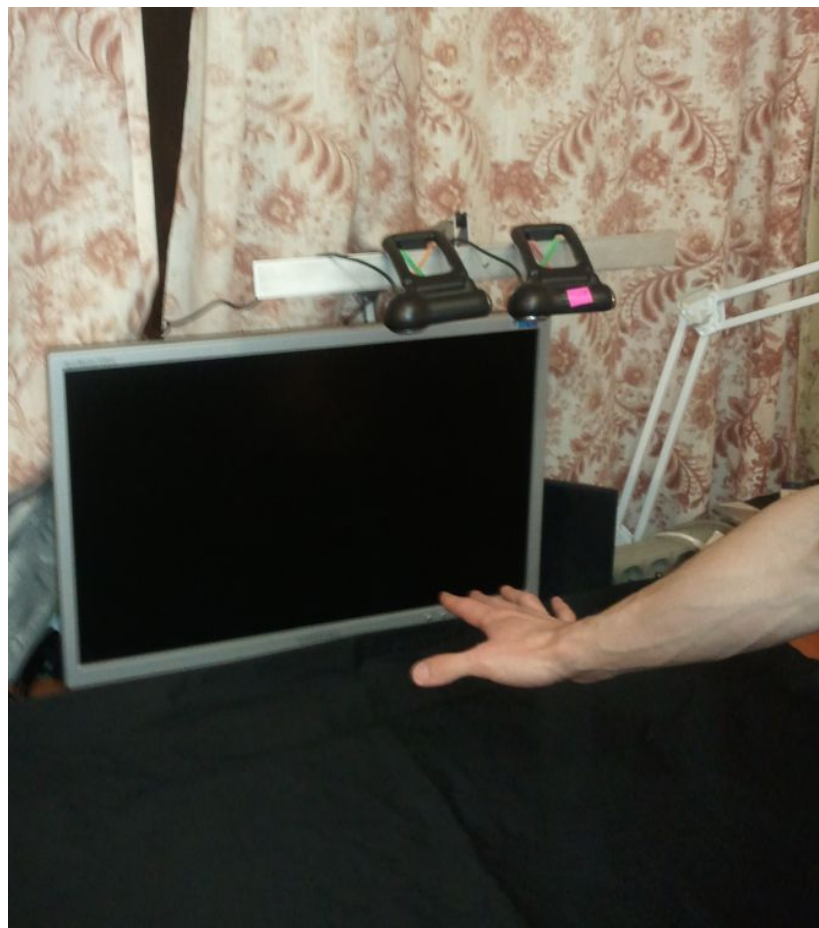
- Понятие скелета
- Анализ формы руки посредством скелета
  - Выделение пальцев
  - Распознавание жестов
- Анализ формы в 3д
  - Восстановление трубчатых объектов
  - Трекинг 3д положения руки

# Экспериментальная установка

- 2 откалиброванных веб-камеры над однородной темной поверхностью
- Однородная поверхность для упрощения бинаризации

Алгоритм обработки:

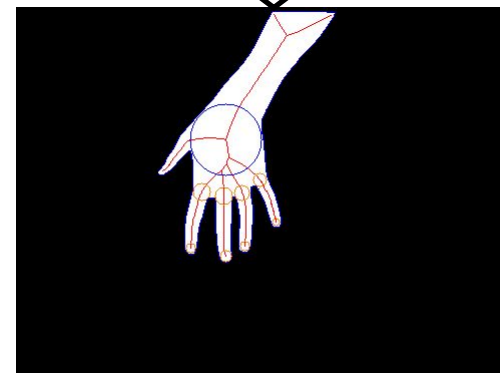
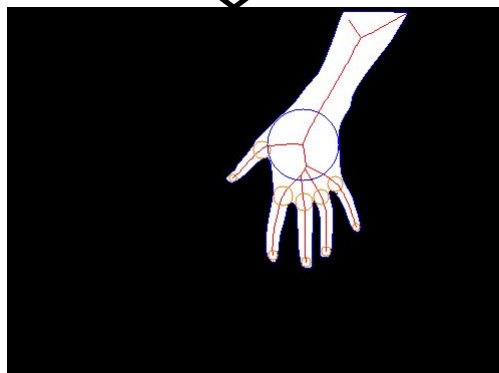
- Бинаризация картинки
- Анализ формы ладони
- Стереосопоставление
- Распознавание жестов



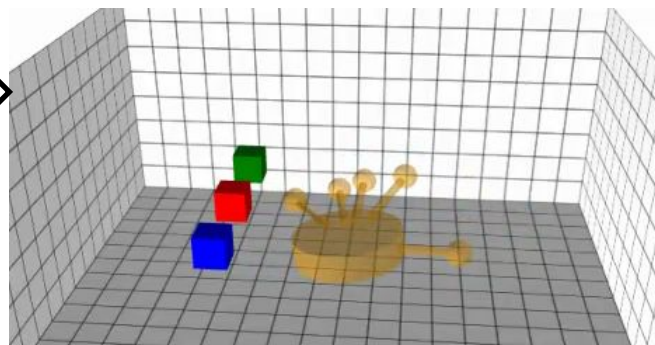
# Слежение за рукой в 3Д



Стереопара  
изображений



Бинаризация,  
построение и  
анализ скелета



Определени  
е 3д  
координат



# Заключение

- Скелет – богатый дескриптор формы
  - Легкий анализ 2Д формы руки
  - Распознавание жестов руки
- Анализ скелета на стереопаре
  - Восстановление 3д проволочной модели объекта, даже в тех случаях когда обычное стерео сопоставление затруднительно
  - Распознавание 3д жестов
- Все алгоритмы работают в реальном времени

**Спасибо за внимание!**

**Вопросы?**