


Аутентификация личности по изображению отпечатка пальца

Machine learning engineer at AltexSoft

Шкловец Артем



Биометрическая аутентификация и идентификация

- Биометрическая аутентификация – процесс доказательства и проверки подлинности заявленного пользователем имени, через предъявление пользователем своего биометрического образа и путем преобразования этого образа в соответствии с заранее определенным протоколом
- Биометрическая идентификация – процесс распознавания пользователя автоматизированной системой, для чего он сообщает ей свои уникальные биометрические данные.

Обзор биометрических признаков

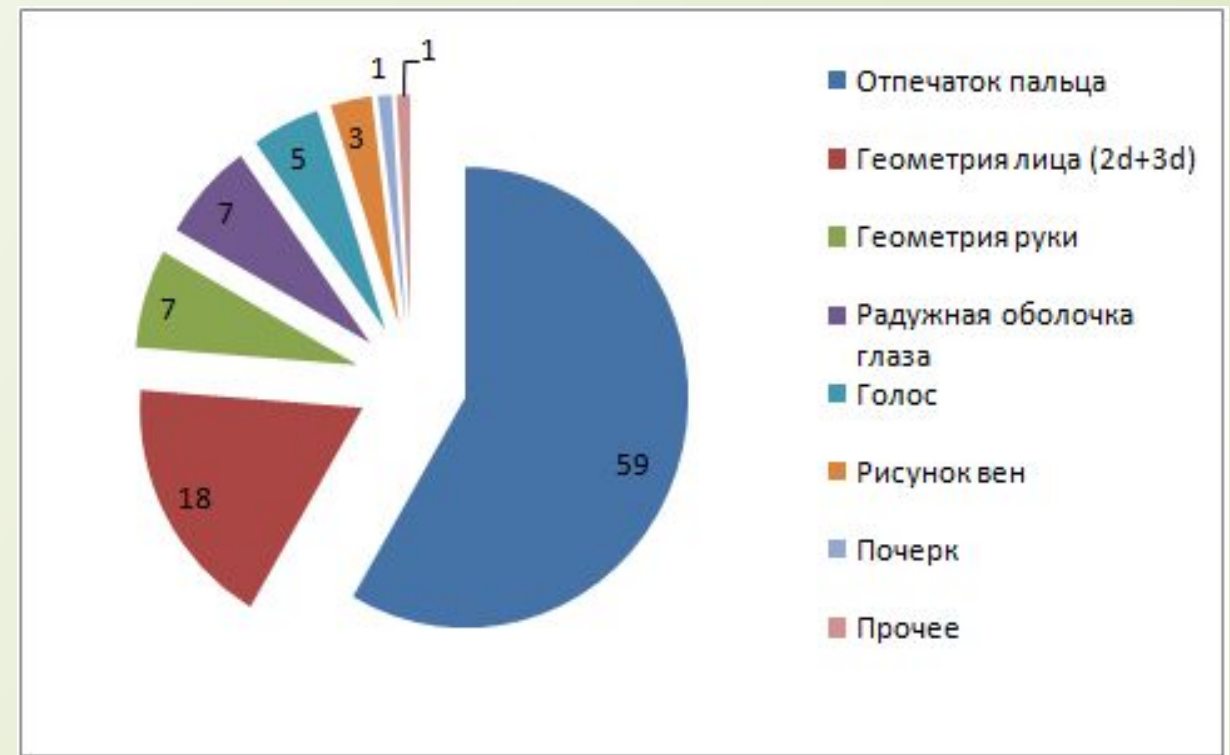
□ Статические

- Отпечатки пальцев
- Геометрия лица
- Геометрия руки
- Рисунок вен руки
- Сетчатка глаза
- ДНК

□ Динамические

- Подпись
- Голос
- Походка
- Набор на клавиатуре
- Почерк

Распределение биометрического рынка



Сканеры отпечатков пальцев

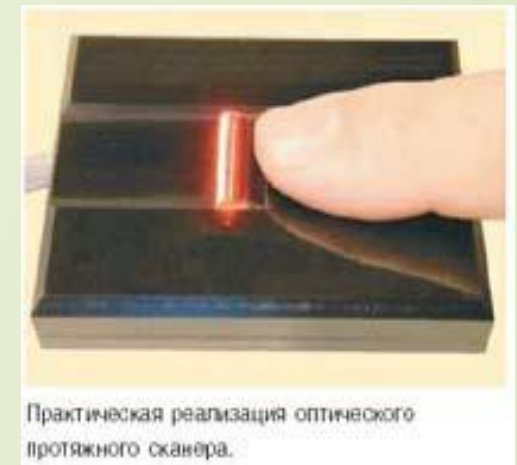
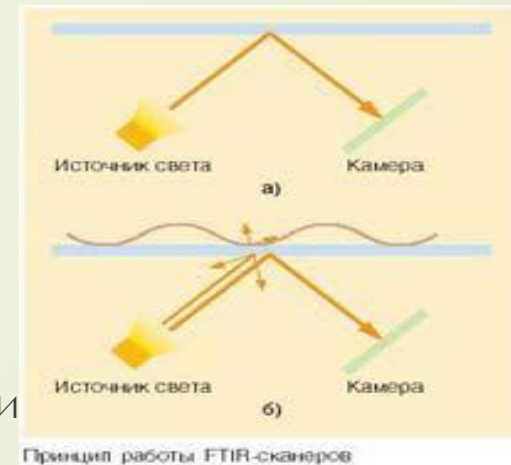
□ **Оптические:**

- FTIR-сканеры
- Волоконные
- Оптические протяжные
- Роликовые
- Бесконтактные

□ **Полупроводниковые** (полупроводники меняют свойства в местах контакта):

- Ёмкостные
- Чувствительные к давлению
- Термо-сканеры
- Радиочастотные
- Протяжные термо-сканеры
- Ёмкостные протяжные
- Радиочастотные протяжные

□ **Ультразвуковые** (ультразвук возвращается через различные промежутки времени, отражаясь от бороздок или линий).



Проблемы сравнения отпечатков пальцев

- Различное качество изображений, интенсивность, зашумленность
- “Похожесть” всех отпечатков пальцев один на другой
- Различная ориентация отпечатков на изображениях
- Отсутствие изображения частей отпечатков пальцев



Особенности отпечатка пальца

▣ 1 уровень (глобальные признаки)



Ядро - точка отпечатка пальца, которую огибает максимальное количество папиллярных линий



Дельта - точка отпечатка пальца, вокруг которой папиллярные линии расходятся в трех разных направлениях

Виды отпечатков пальцев



Петля

Спираль
(завиток)

Дуга
(арка)

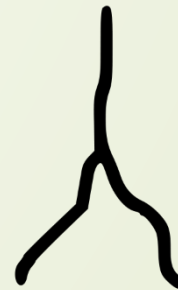
Особенности отпечатка пальца

□ 2 уровень (локальные признаки)

- **Минуции** - такие точки отпечатка пальца, где папиллярные линии обрываются или разделяется на две



Окончание



Разветвление
(бифуркация)



Островок

- **Текстурные признаки** – признаки, основанные на папиллярном рисунке (вейвлет преобразование, частотные признаки и т.п.)

Особенности отпечатка пальца

- 3 уровень

- поры



Повышения качества изображения



Оригинал



Выравнивание по
интенсивности

Фильтры Габора

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi\frac{x'}{\lambda} + \psi\right)$$

$$x' = x \cos(\theta) + y \sin(\theta)$$

$$y' = -x \sin(\theta) + y \cos(\theta)$$

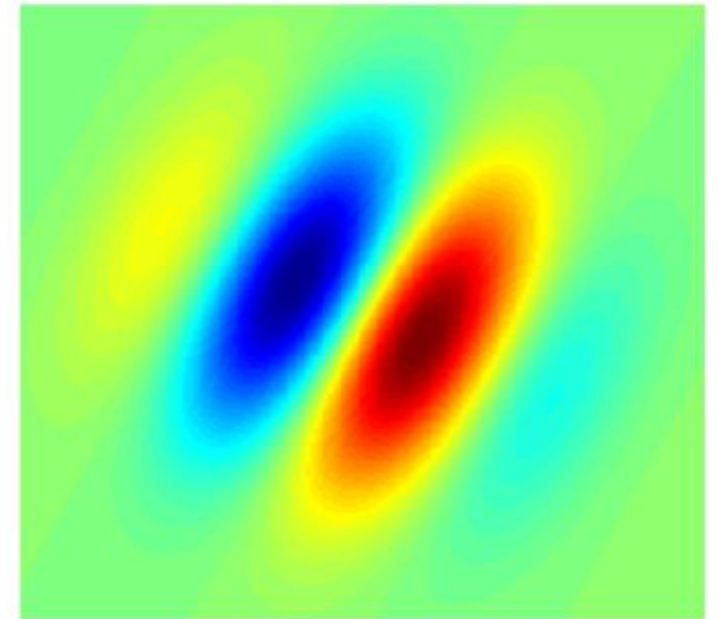
θ - ориентация

λ - длина волны

σ - сигма гауссиана

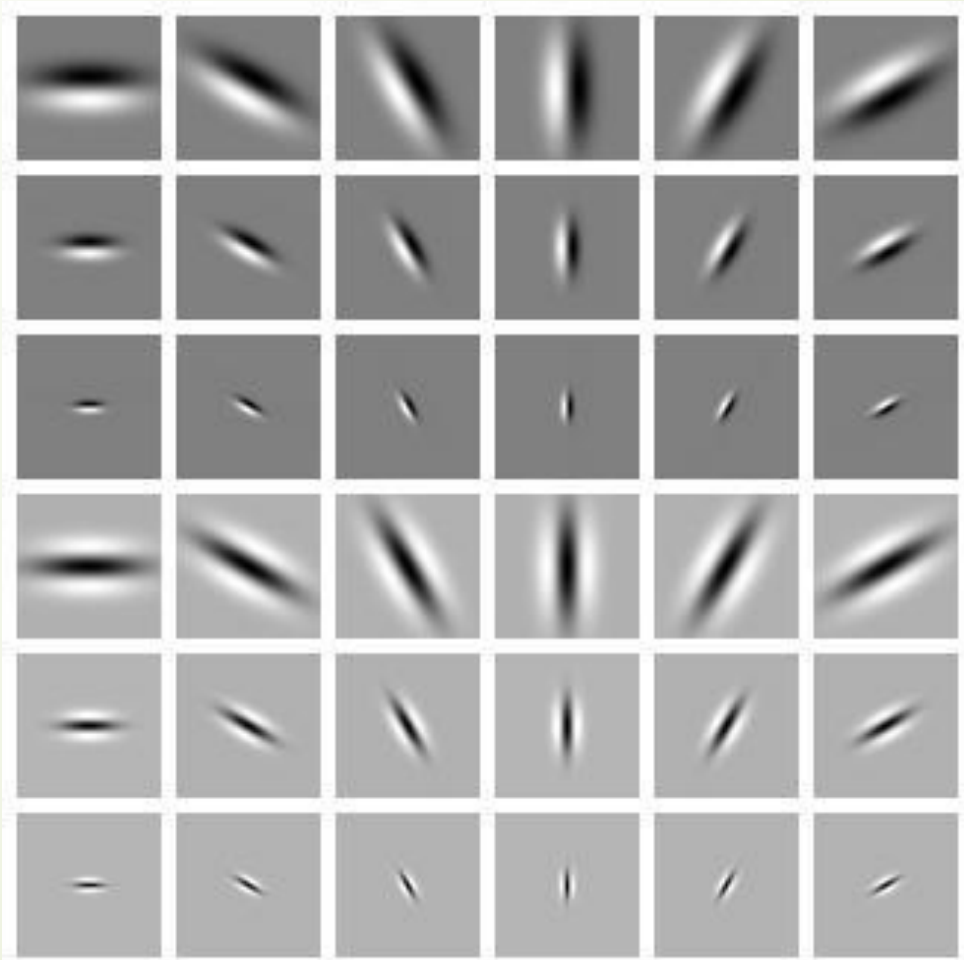
γ - соотношение размеров (aspect ratio), «эллиптичность фильтра»

ψ - сдвиг фазы



- 2D фильтр Габора – ядро гауссиана, домноженное на синусоиду
- Предложены в 1947 Денисом Габором (нобелевским лауреатом), независимо переоткрыты в 1980 году

Фильтры Габора



Алгоритм нахождения ядра и дельты

□ Поиск градиентов



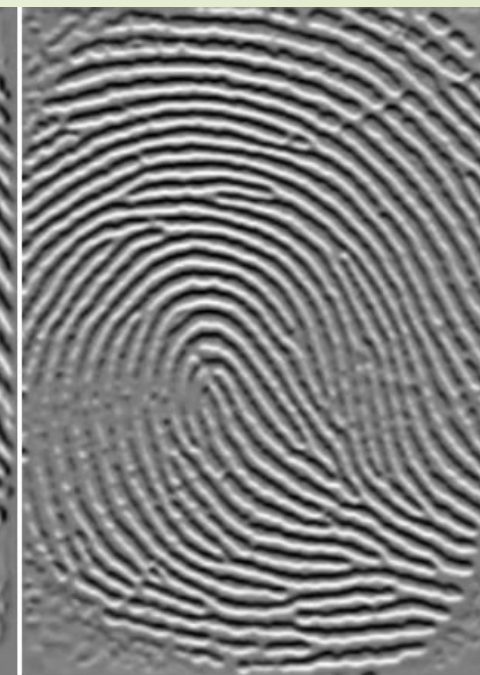
Оригинал

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix}$$

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix}$$



G_x



G_y

Nilsson K., Bigun J. Localization of corresponding points in fingerprints by complex filtering, 2003

Алгоритм нахождения ядра и дельты

$$\theta_{ij} = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \left(\frac{2G_{xx}}{G_{xx} - G_{yy}} \right) \quad \theta_{ij} \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right]$$

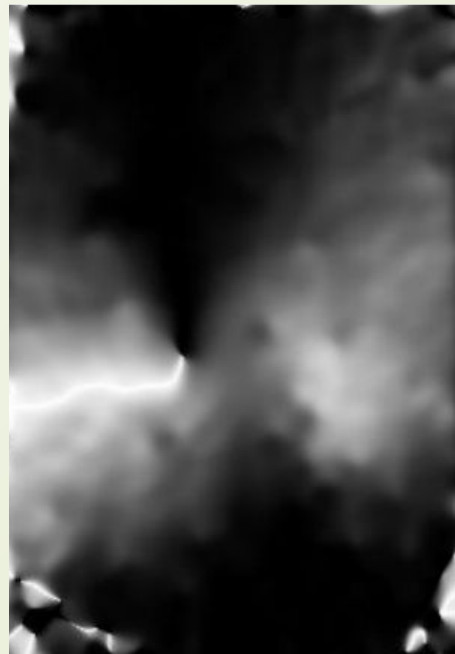
$$G_{xx} = G_x * G_x, \quad G_{yy} = G_y * G_y, \quad G_{xy} = G_x * G_y,$$

$$\tilde{\theta}_{ij} = 2\theta_{ij}^2$$

$$J_x = \frac{\partial \tilde{\theta}_{ij}}{\partial x} \quad J_y = \frac{\partial \tilde{\theta}_{ij}}{\partial y}$$



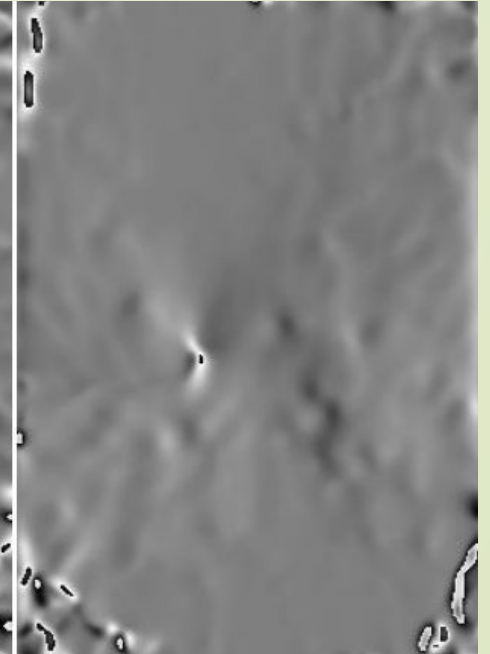
θ_{ij}



$\tilde{\theta}_{ij}$



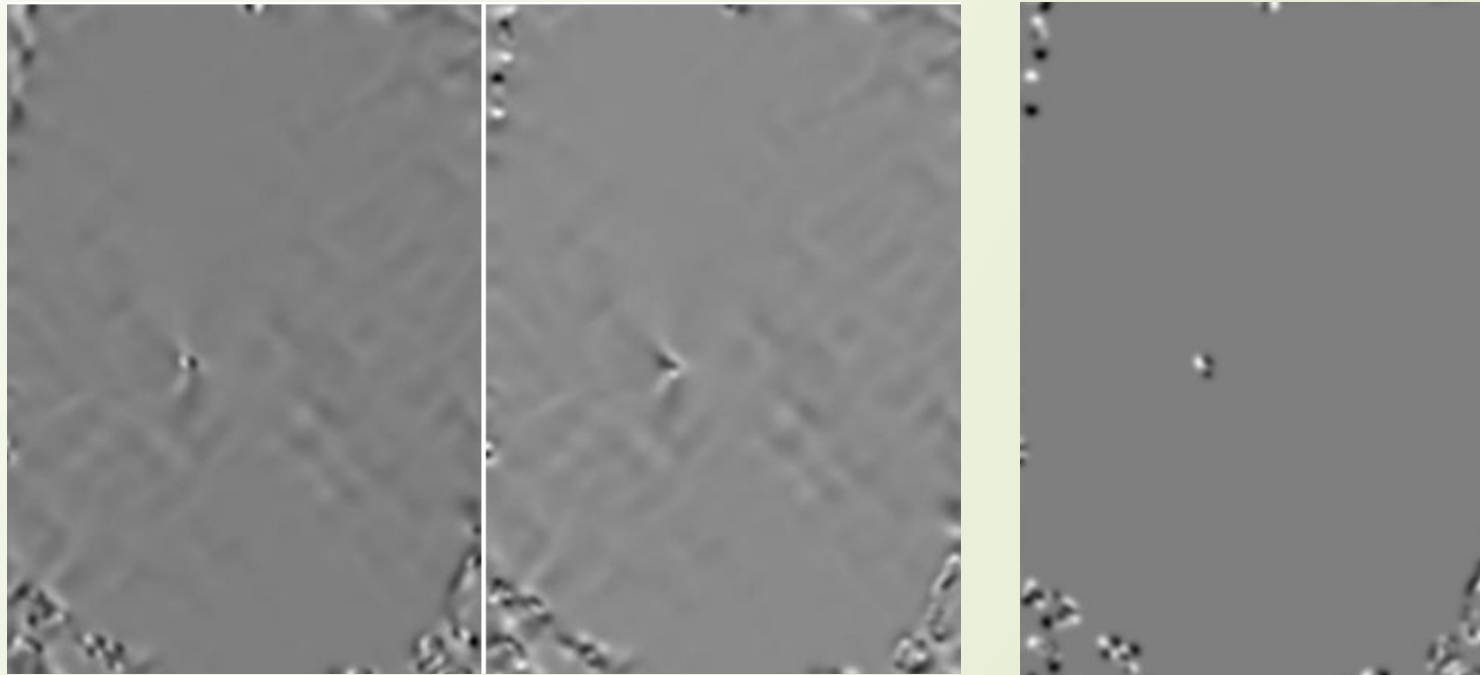
J_x



J_y

Алгоритм нахождения ядра и дельты

Индекс Пуанкаре $P_{ij} = \sum_A \left(\frac{\partial J_x}{\partial y} + \frac{\partial J_y}{\partial x} \right)$, A - поверхность



$$\frac{\partial J_x}{\partial y}$$

$$\frac{\partial J_y}{\partial x}$$

$$P_{ij}$$

ядро:
 $P_{ij} = 2\pi$

Дельта:
 $P_{ij} = -2\pi$

Примеры нахождения ядра и дельты



Алгоритм нахождения минуций

□ бинаризация

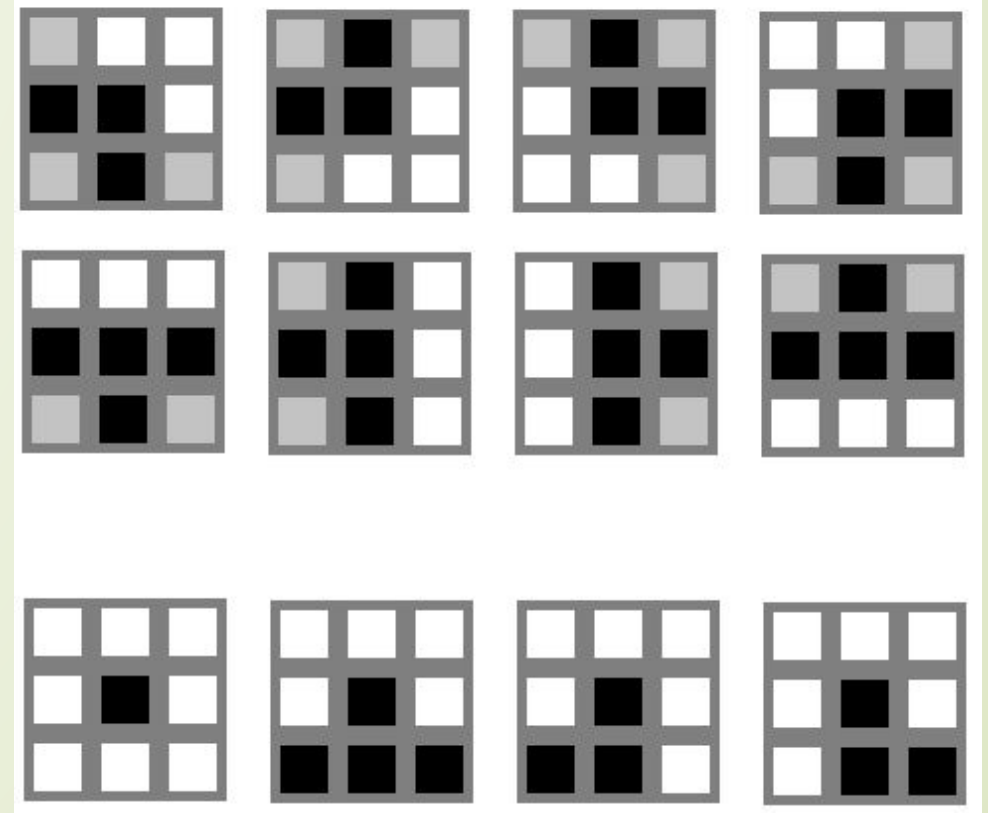


Скелетизация изображения

- - черный пиксель (0)
- - белый пиксель (255)
- - любой пиксель

- Для каждого шаблона
 - Проходим шаблоном по изображению
 - Если шаблон совпал с изображением в некоторой точке, то заменяем эту точку на белую
- Продолжаем процедуру пока изображение перестанет изменяться

Бинарные шаблоны



Скелетизация изображения

Исходное изображение

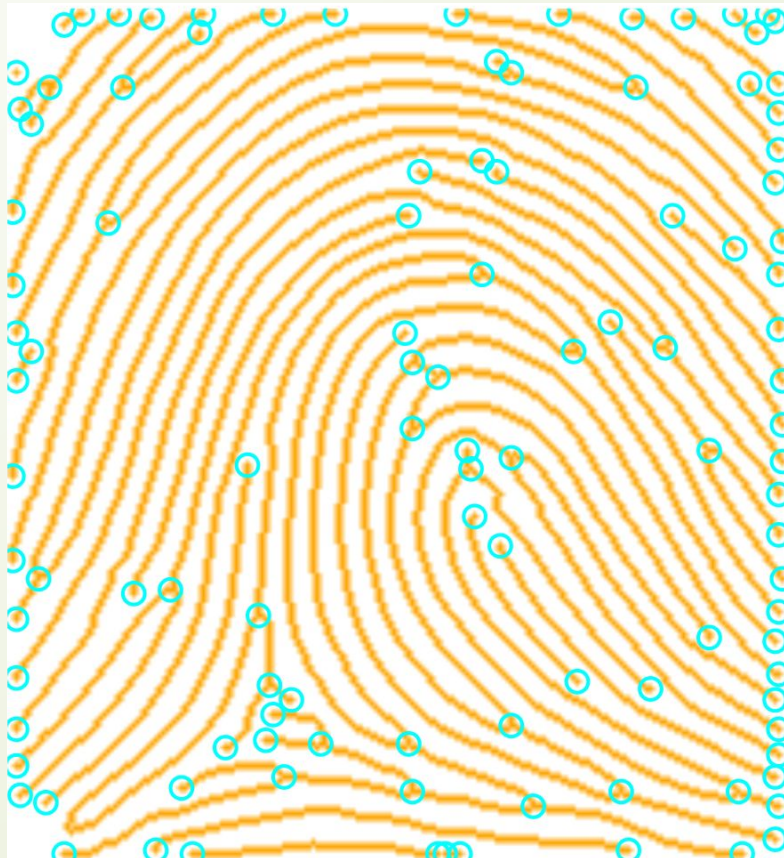


Результат скелетизации

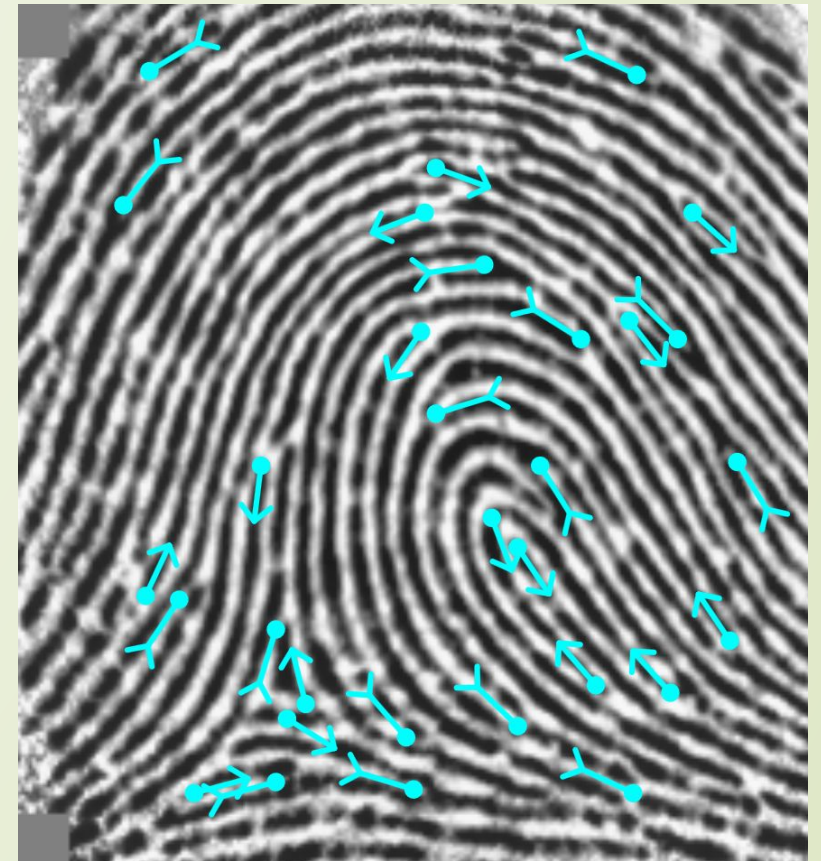


Алгоритм нахождения минуций

Поиск минуций и их фильтрация



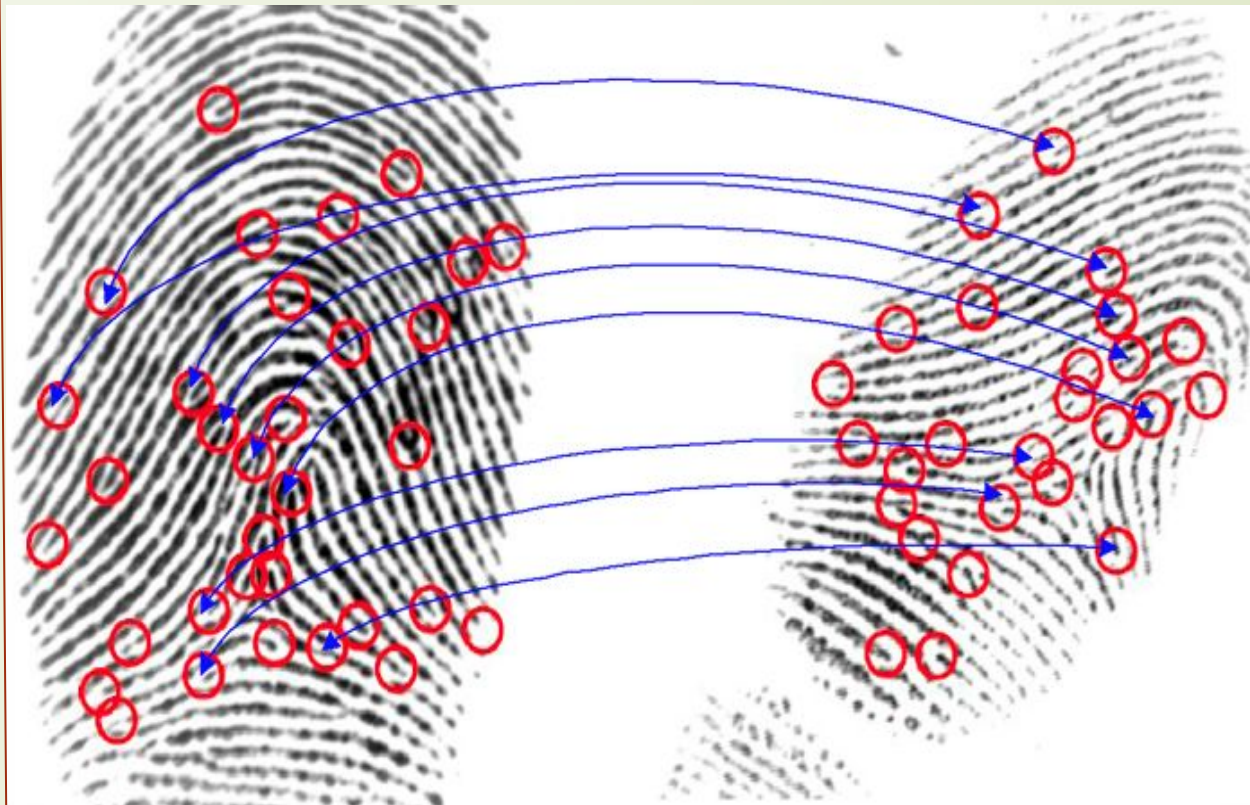
Найденные минуции



Окончательный результат

Сопоставление минуций

- Сопоставление ядер
- По всем парам минуций:
 - Сопоставление двух минуций
 - Проверка соответствия остальных минуций
- Выбор наилучшего сопоставления
- Принятие решения путем отсечения по порогу





Резюме алгоритма

- Улучшение качества исходного изображения отпечатка. Увеличивается резкость границ папиллярных линий. (выравнивание по освещённости, фильтры Габора)
- Поиск ядра и дельты. Используя например индекс Пуанкаре.
- Бинаризация изображения отпечатка. Приведение к чёрно-белому изображению.
- Скелетизация линий изображения отпечатка. Утончение производится до тех пор, пока линии не будут шириной 1 пиксель.
- Выделение минуций. Формирование дескрипторов минуций.
- Фильтрация минуций.
- Сопоставление ядер и минуций для аутентификации.



Литература

- Davide Maltoni, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar. Handbook of Fingerprint Recognition. ISBN: 0387954317, 2003.
- N. Ratha and R. Bolle (Eds.) Automatic Fingerprint Recognition Systems, ISBN: 0387955933, Springer , October 2003.
- Шаров В. Биометрические методы компьютерной безопасности // "BYTE". – 2005
- N. Yager, A. Amin, Fingerprint Verification Based on Minutiae Features: a Review, Pattern Analysis & Applications, vol. 7,2004, P. 94-113.
- Nilsson K., Bigun J. Localization of corresponding points in fingerprints by complex filtering, 2003