

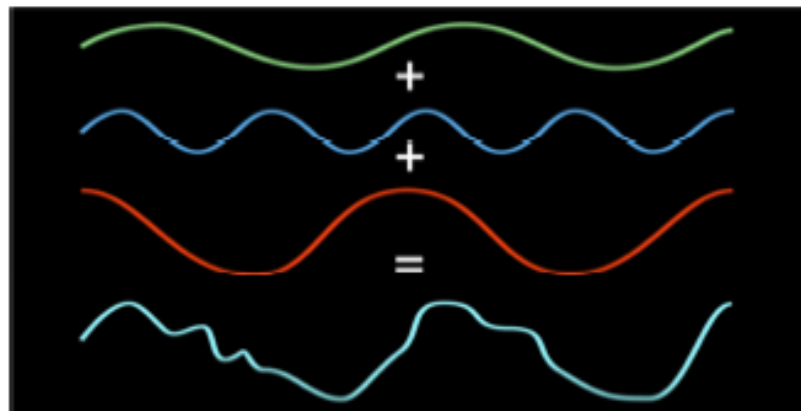
ОБРАБОТКА И РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Леонид Моисеевич Местецкий
профессор

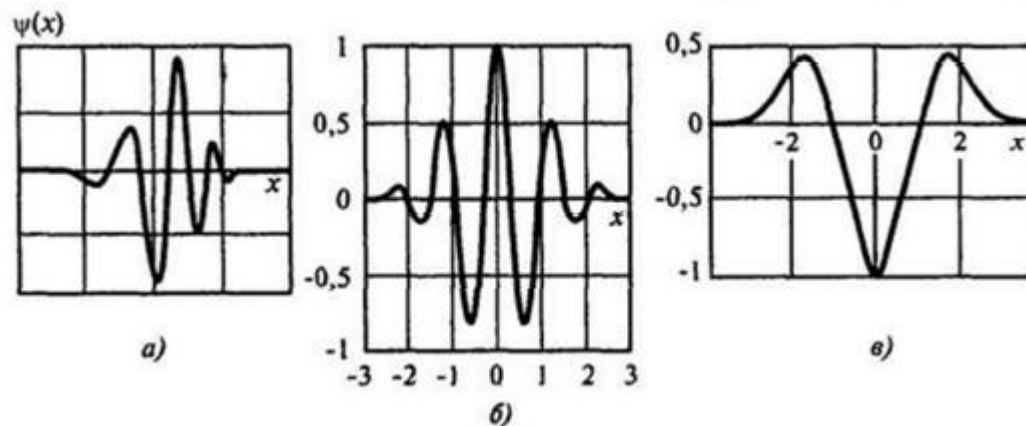
кафедра математических методов
прогнозирования ВМК МГУ

кафедра интеллектуальных систем МФТИ

Генерация признаков на основе вейвлетов



Синусоидальная волна – основа Фурье-преобразования



Wavelet - короткая волна, волнишка, всплеск

Генерация признаков на основе вейвлетов Габора

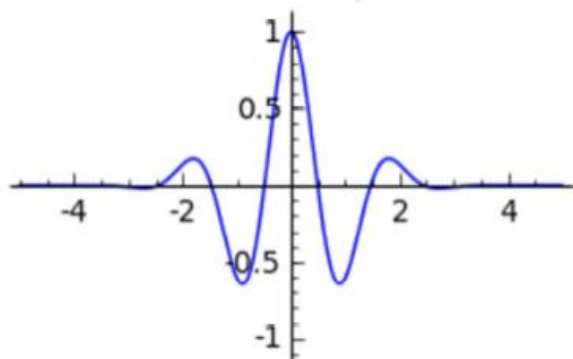


Дéнеш Гáбор (1900 – 1979) — венгерский физик, лауреат Нобелевской премии по физике в 1971 году «за изобретение и развитие голографического метода»

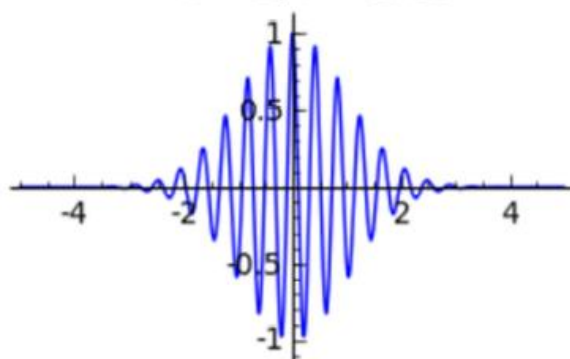
Одномерный вейвлет Габора

$$f(x) = \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \cos(2\pi\theta x)$$

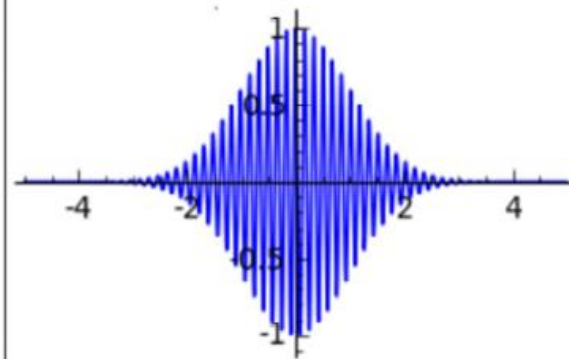
$\sigma = 1; \theta = 0.51$



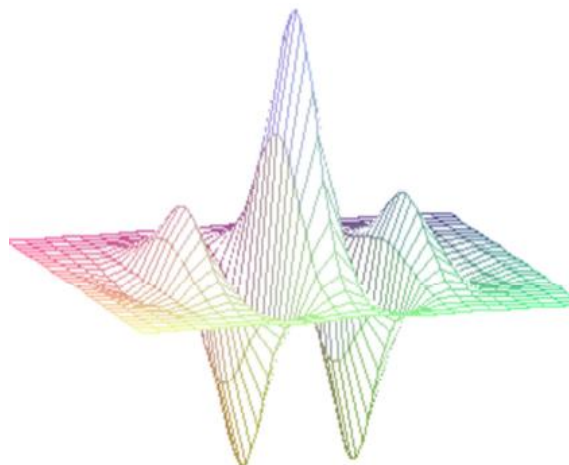
$\sigma = 1; \theta = 2.41$



$\sigma = 1; \theta = 5.91$



Двумерный вейвлет Габора



$$G(x, y) = \exp \left(-\frac{1}{2} \left[\frac{x_\phi^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_\phi^2}{\sigma_y^2} \right] \right) \cos(2\pi\theta x_\phi)$$

$$x_\phi = x \cos(\phi) + y \sin(\phi)$$

$$y_\phi = -x \sin(\phi) + y \cos(\phi)$$

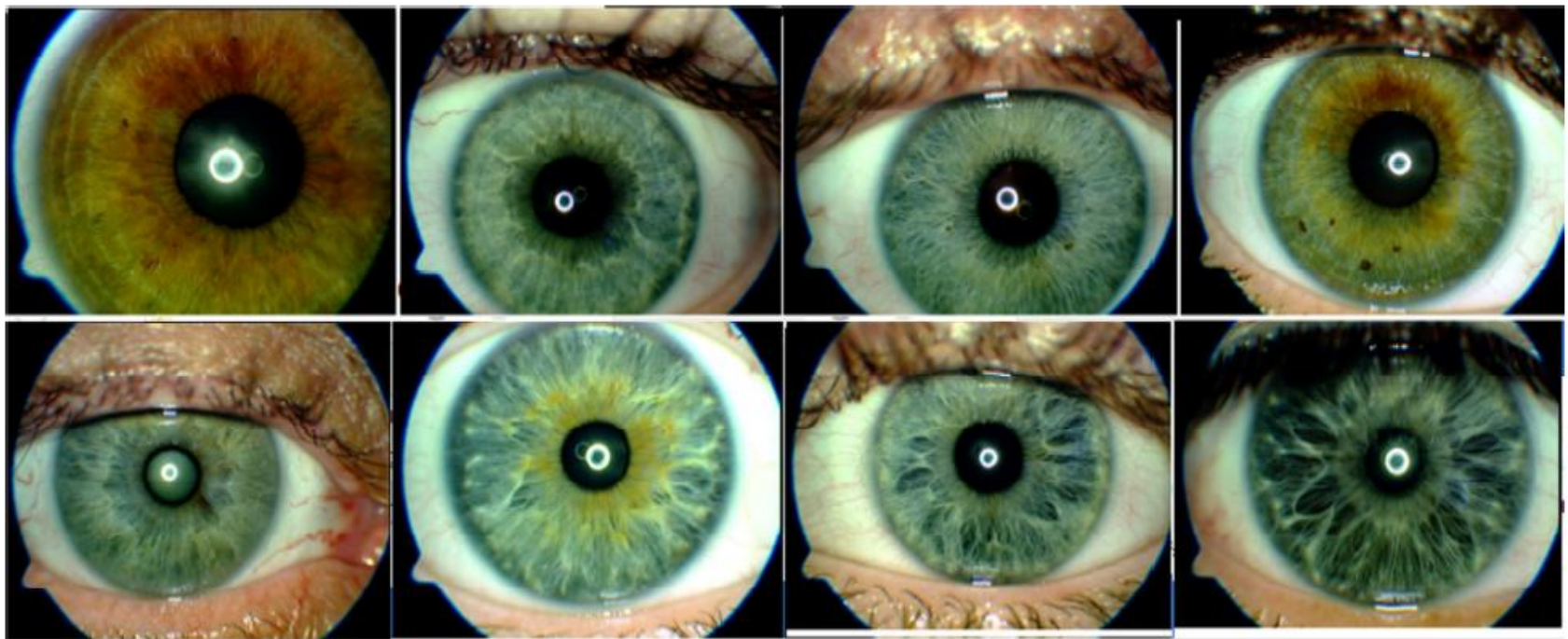
где:

σ_x, σ_y - стандартные отклонения гауссова ядра, по осям x и y ,
определяющие растянутость фильтра по осям,

θ - частотная модуляция фильтра,

ϕ - пространственная направленность фильтра, определяющая его
ориентацию относительно главных осей.

Биометрическая идентификация по радужной оболочке глаза



История

- Франк Бурш, американский глазной хирург, 1936 год. Гипотеза о том, что человеческий глаз и его радужную оболочку можно использовать для распознавания личности.
- Леонард Флом и Аран Сафир – офтальмологи, не имеющие собственных разработок, запатентовали его идею в 1987 году.
- В 1989 году они обратились за помощью к Джону Даугману, чтобы тот разработал теорию и алгоритмы распознавания.
- В 1990 году Джон Даугман впервые разработал практический метод кодирования структур радужной оболочки. Запатентован метод был в 1993 году.
- Джона Даугмана принято считать родоначальником этого метода биометрической аутентификации.

Джон Даугман

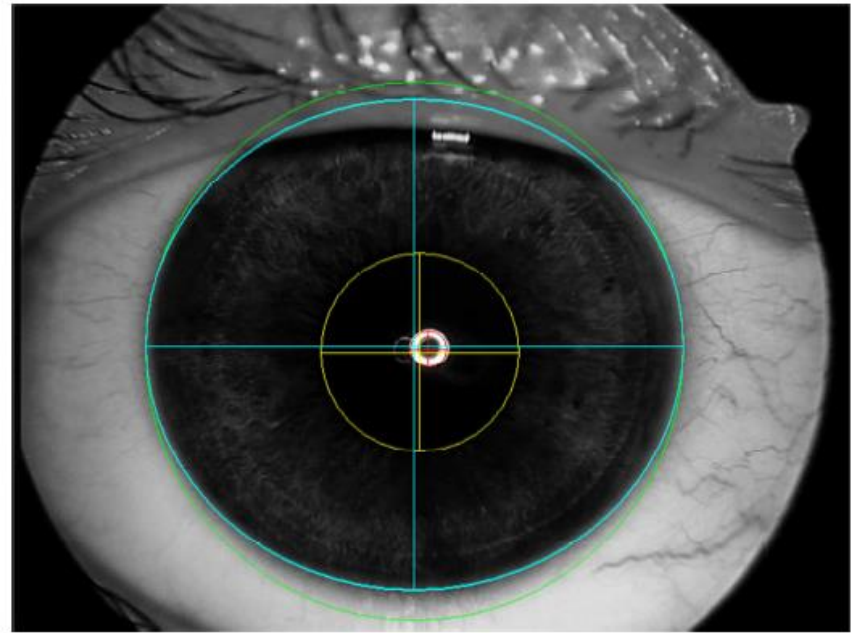
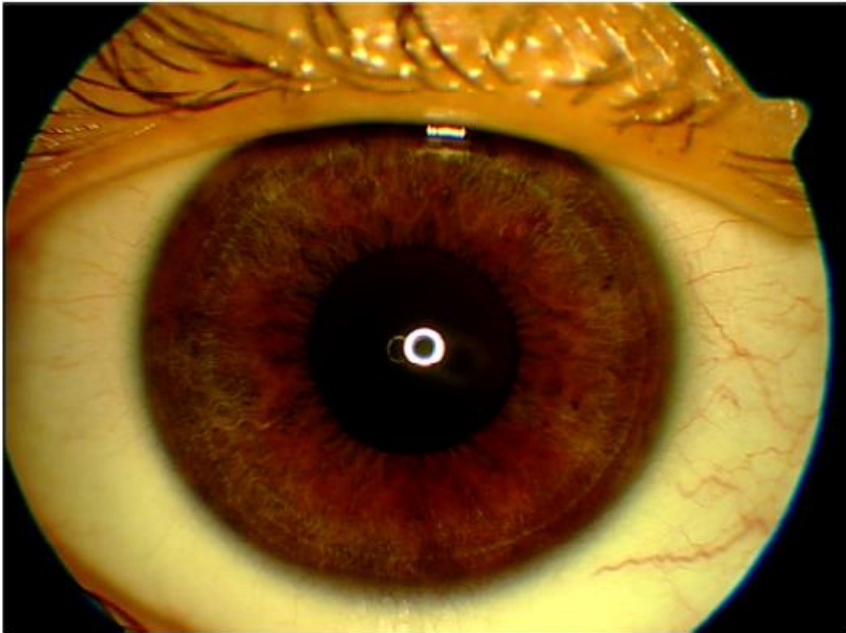


- Джон Даугман в 1990 году впервые разработал практический метод кодирования структур радужной оболочки. Запатентован метод был в 1993 году.

Системы биометрической идентификации по радужке



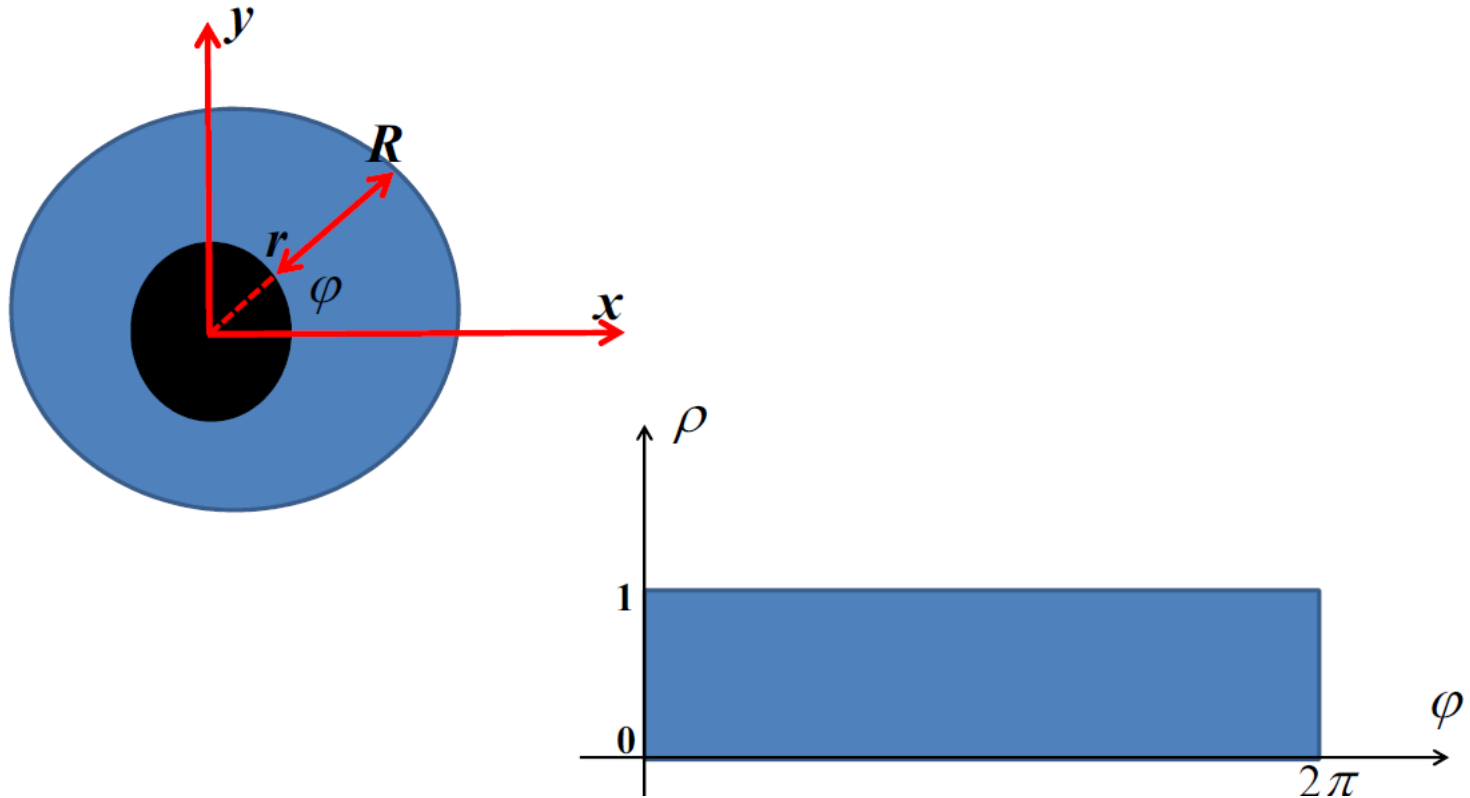
Выделение радужки



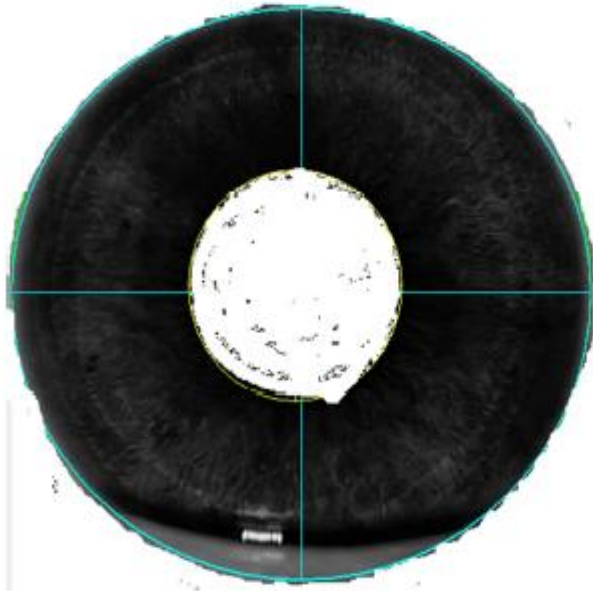
$$\max_{(\rho, x_0, y_0)} \left| \frac{\partial}{\partial \rho} \oint \frac{f(x, y)}{2\pi\rho} ds \right|$$

(ρ, x_0, y_0) – окружность с центром (x_0, y_0) и радиусом ρ .

Нормализация



Вейвлет-разложение



$$c = \iint_{\rho \varphi} f(\rho, \varphi) \cdot \left[e^{-i \cdot 2\pi(\varphi - \varphi_0)} \cdot e^{-(\rho - \rho_0)^2 / \alpha^2} \cdot e^{-(\varphi - \varphi_0)^2 / \beta^2} \right] \cdot \rho \cdot d\rho \cdot d\varphi$$

$$b_{real} = \begin{cases} 1, & \text{если } Re(c) \geq 0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$b_{img} = \begin{cases} 1, & \text{если } Im(c) \geq 0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

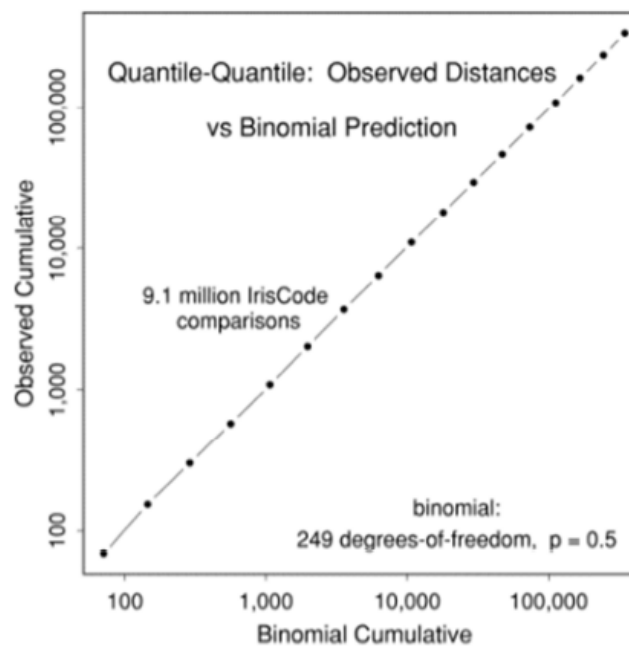
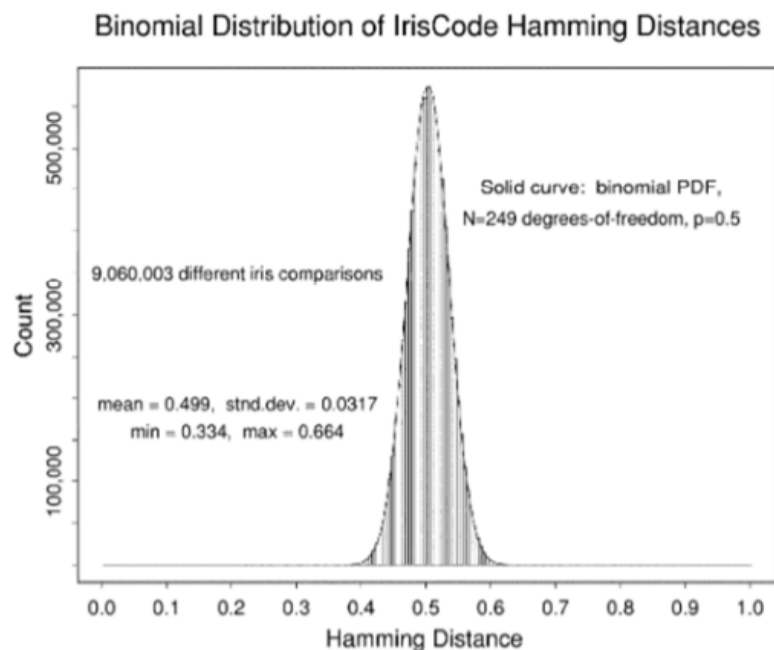
Построение вектора признаков

1. Четыре эпохи вейвлетов – 1.2 мм, 0.6 мм, 0.3 мм, 0.15 мм.
2. Всего комплексных коэффициентов – 1024
3. Каждый коэффициент даёт 2 бита информации – знаки действительной и мнимой частей
4. Общая длина вектора признаков – 2048

Измерение сходства и различия

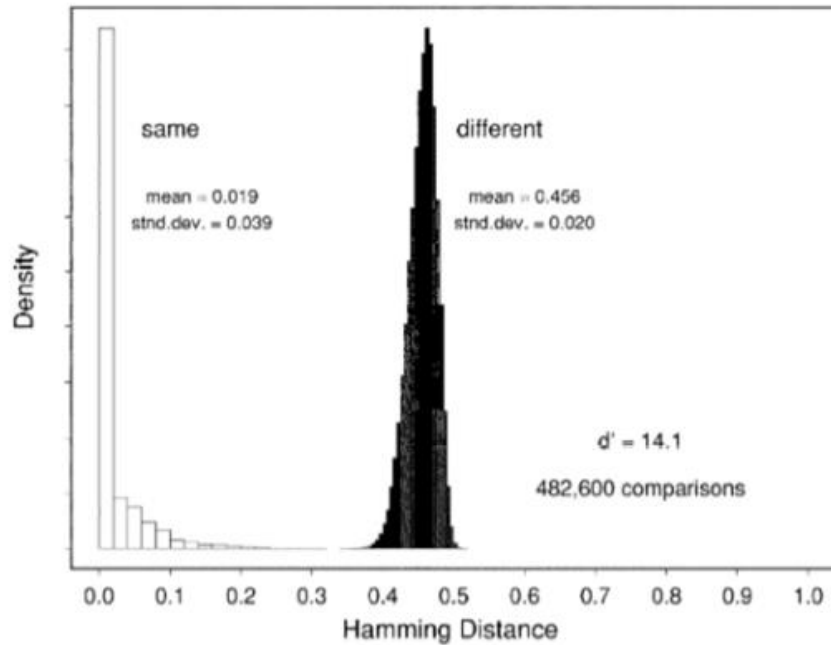
$B = (b_1, \dots, b_{2048})$ – вектор IrisCode

$HD(B_1, B_2)$ – расстояние Хэмминга

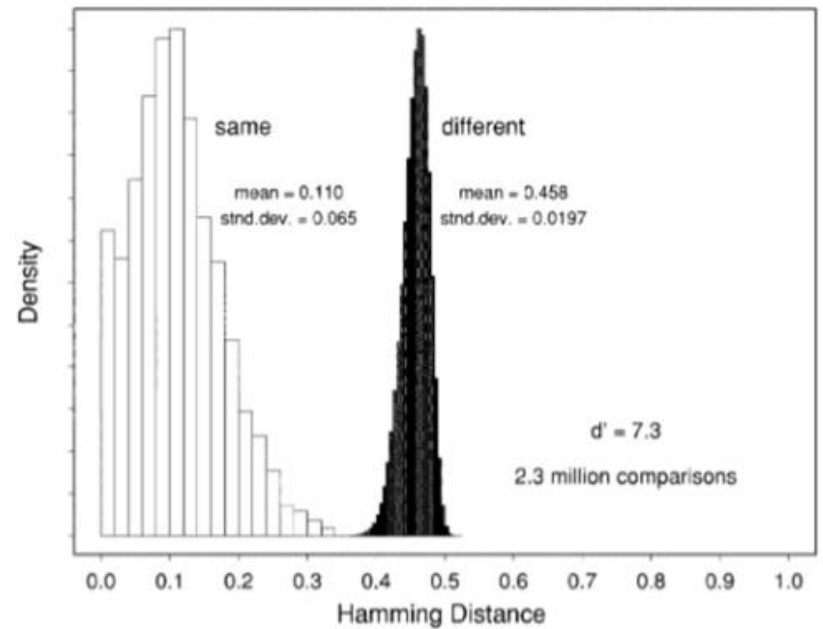


Классификатор

Decision Environment for Iris Recognition: Ideal Imaging



Decision Environment for Iris Recognition: Non-Ideal Imaging



Идентификация «афганской девушки»

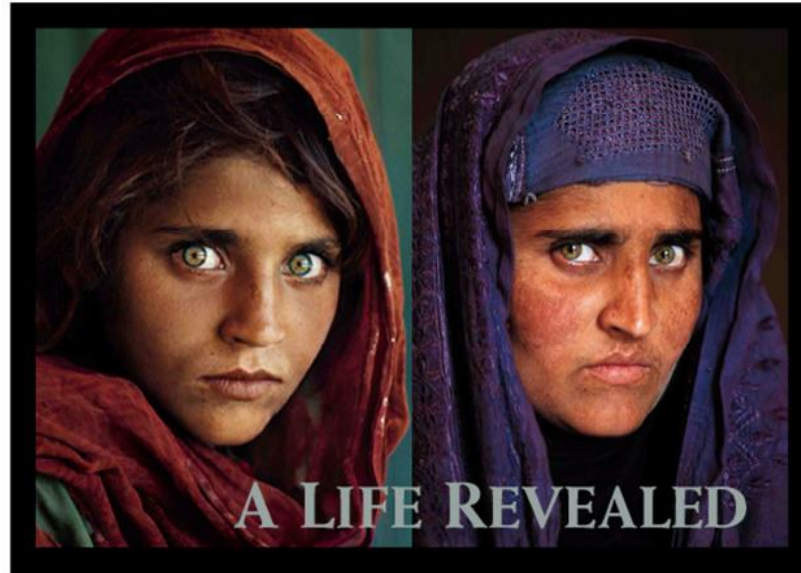
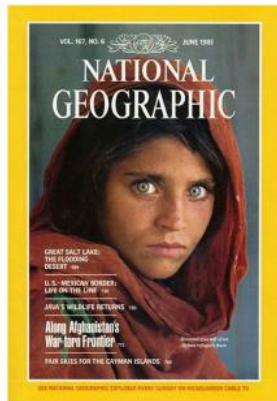


фото 1984 года – фото 2002 года

Шарбат Гула «Цветочный шербет», родилась ок. 1972 — афганская женщина, ставшая известной благодаря фотографии, которая была сделана журналистом во время Афганской войны.

Фотография появилась на обложке журнала "National Geographic" в июне 1985 года. В то время Гуле было приблизительно двенадцать лет.

До того, как личность Гулы была установлена в 2002 году, её называли просто «Афганской девочкой» (Afghan Girl).

Биометрическая идентификация по радужной оболочке глаза



Сканер



Контроль в аэропорту Гонконга

Чернышов Виктор Геннадьевич
ВМК МГУ, кафедра ММП

**Биометрическая идентификация личности по
изображению внешней стороны ладони на базе
мобильного устройства**

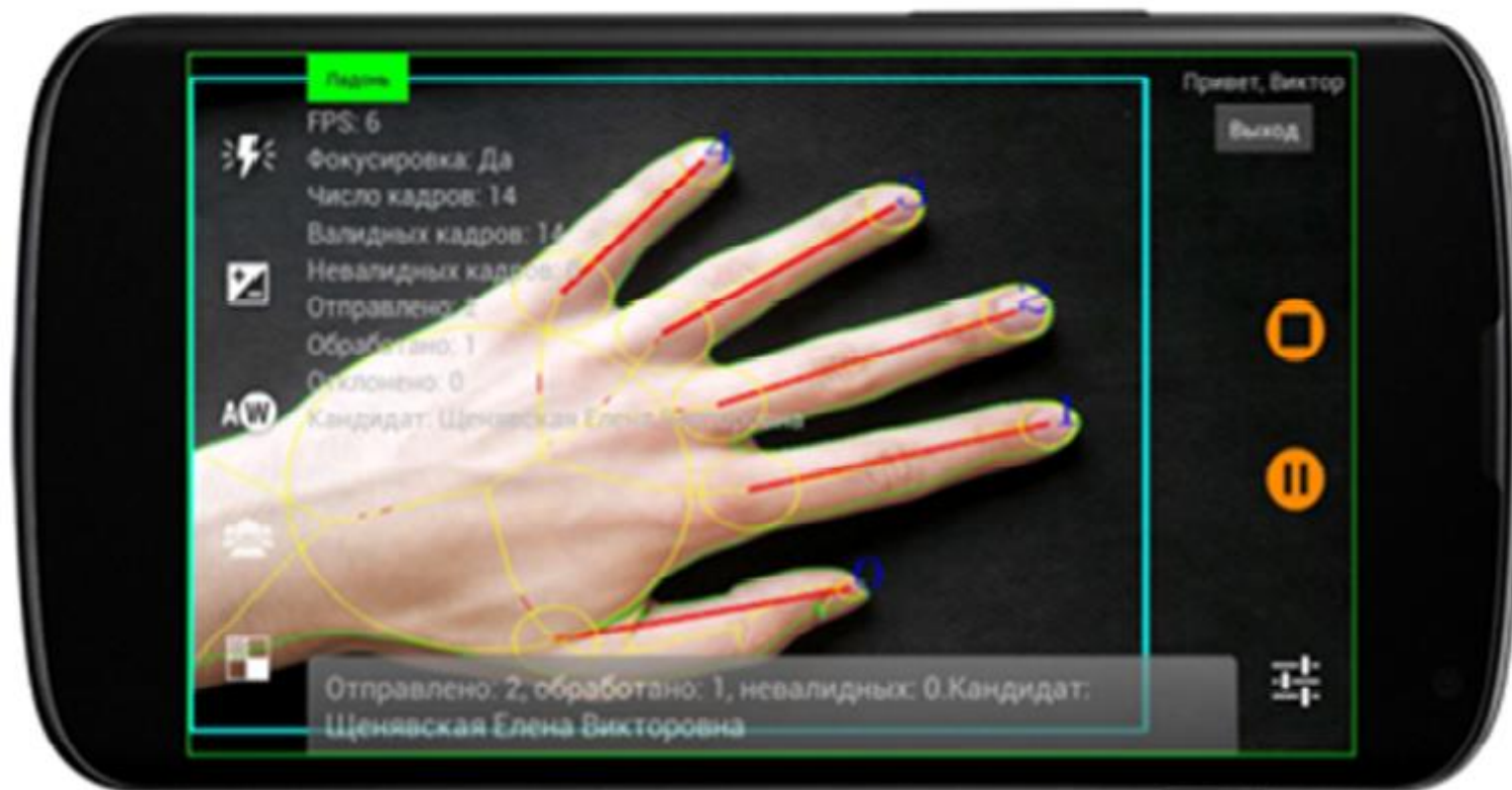
Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Специальность 05.13.17 – «Теоретические основы информатики»

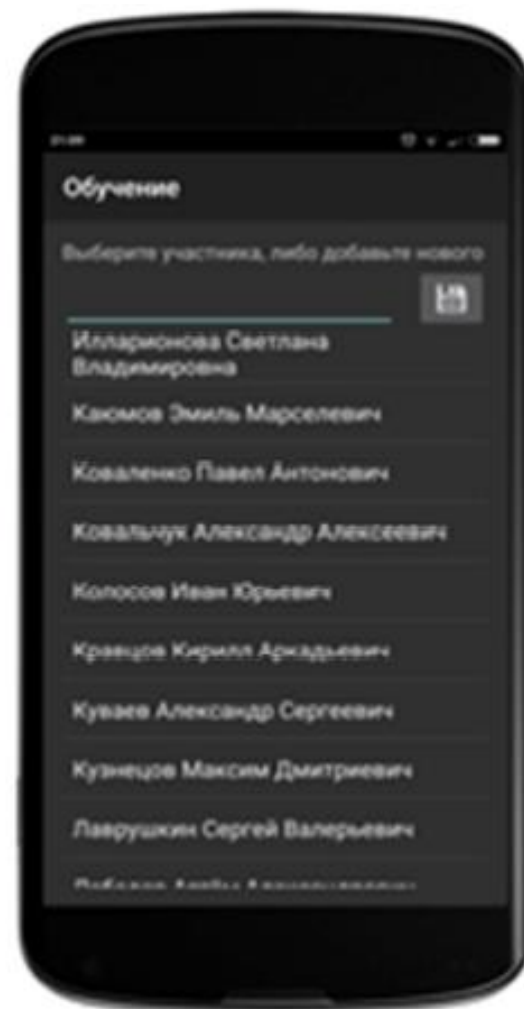
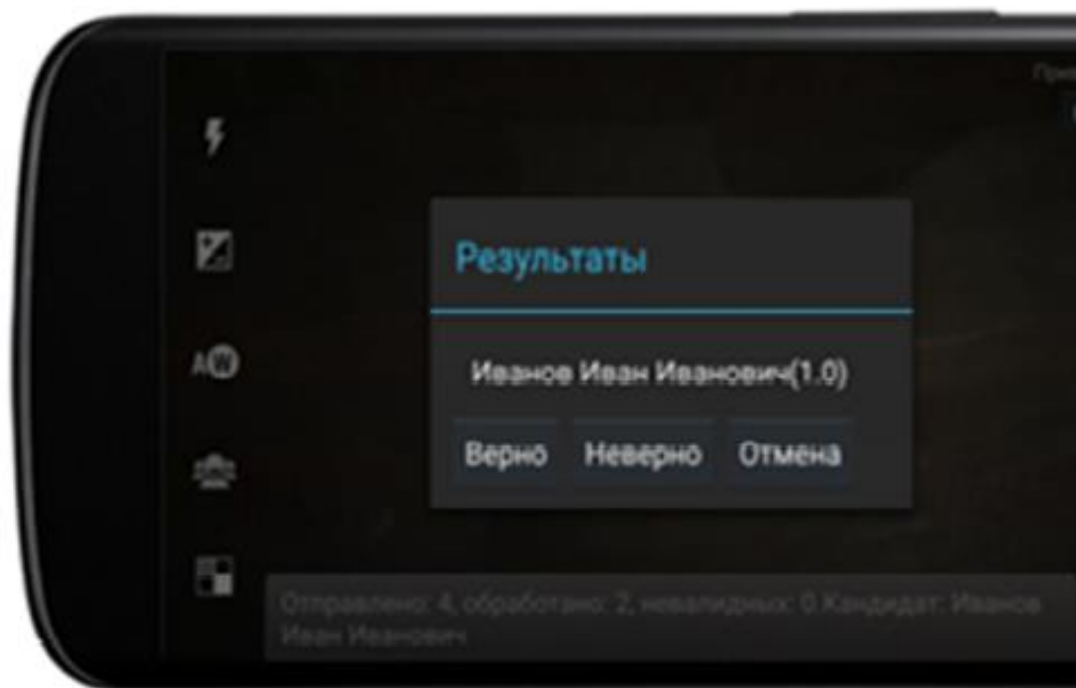
Научный руководитель:
д. т. н. проф. Местецкий Л.М.

Москва, 2020

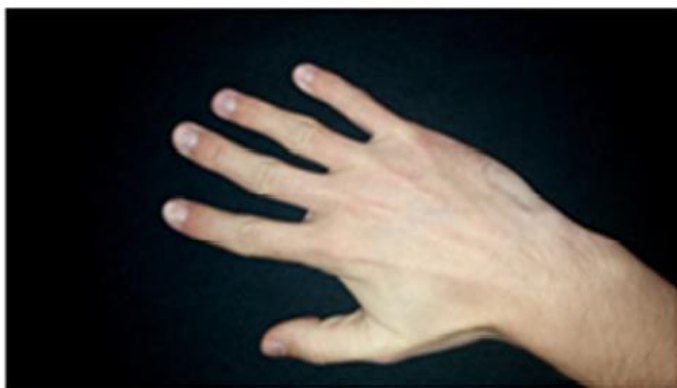
Экран мобильного приложения во время сессии идентификации



Экран мобильного приложения при добавлении нового пользователя



Детектирование ладони в кадре



Исходное изображение



Результат быстрой сегментации



Результаты семантической разметки

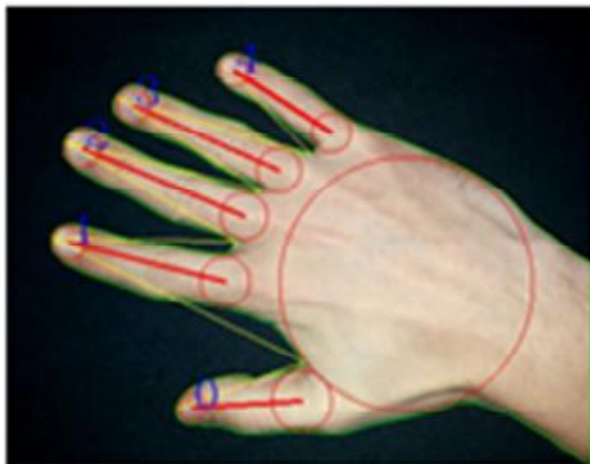


Зёрна (красные пиксели объекта и синие пиксели фона) для кач. сегмент.

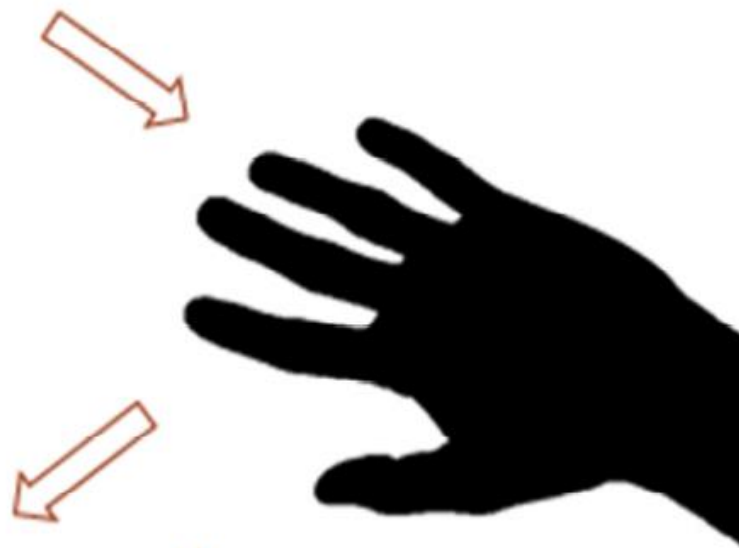
Сегментация и семантическая разметка



Зёрна с этапа детектирования

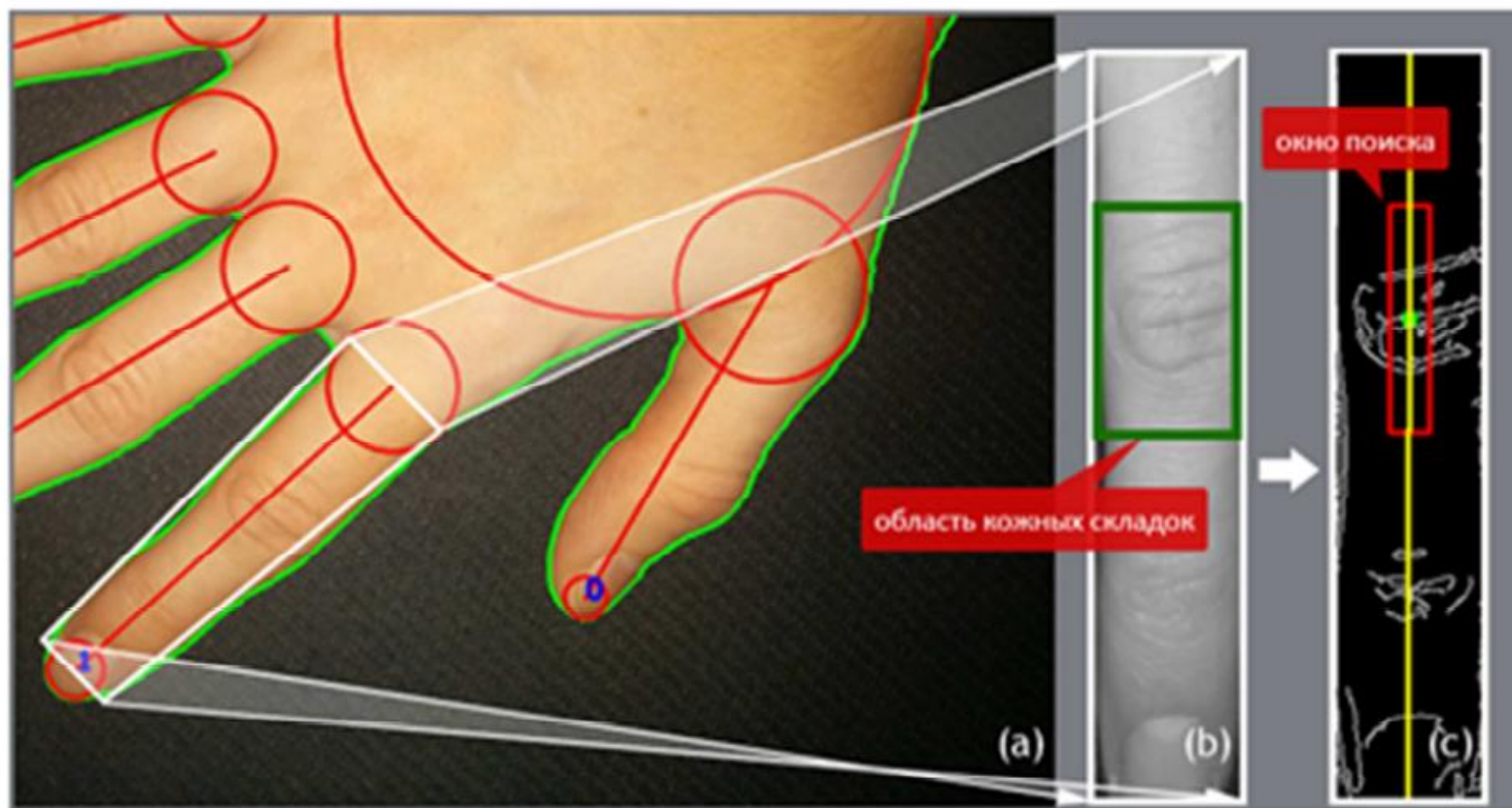


Результат семантической разметки



Качественная сегментация
методом разрезов в графах

Локализация области кожных складок

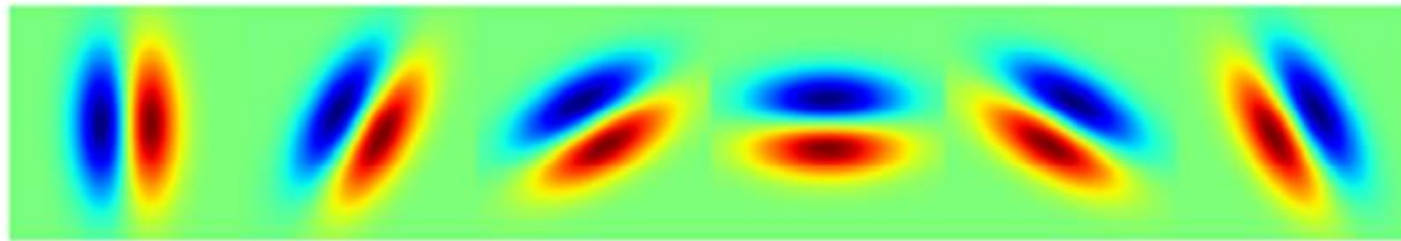


После проведения семантической разметки происходит выделение (a) и нормализация (b) области пальца. После предобработки и применения фильтра Канни скользящим окном ищется область наибольшей контрастности (c).

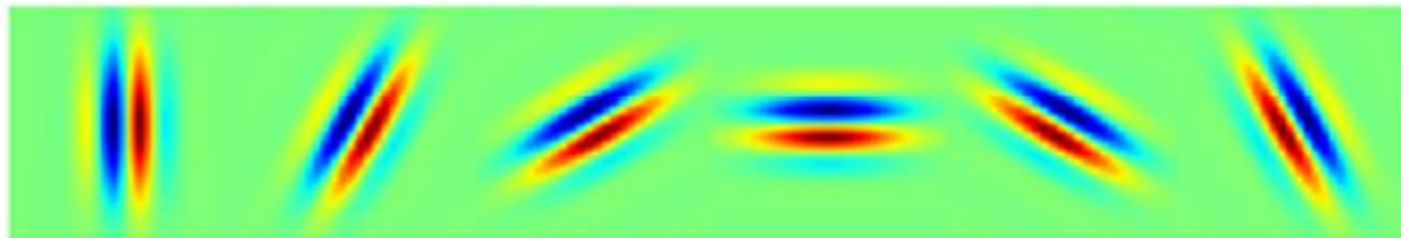
Вычисление текстурных признаков на основе вейвлетов Габора

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

$$\begin{aligned} x' &= x \cos \theta + y \sin \theta, & G_R(x, y, \theta_j, \dots) & & \gamma &= 0.25 \\ y' &= -x \sin \theta + y \cos \theta. & \theta_j &= j\pi/6, j \in \{0, \dots, 5\} & \phi &= 0 \end{aligned}$$



Семейство 1. Области между морщинами (2-3 мм). Фильтры с номерами j от 0 до 5



Семейство 2. Сами морщины (1-2 мм). Фильтры с номерами j от 0 до 5

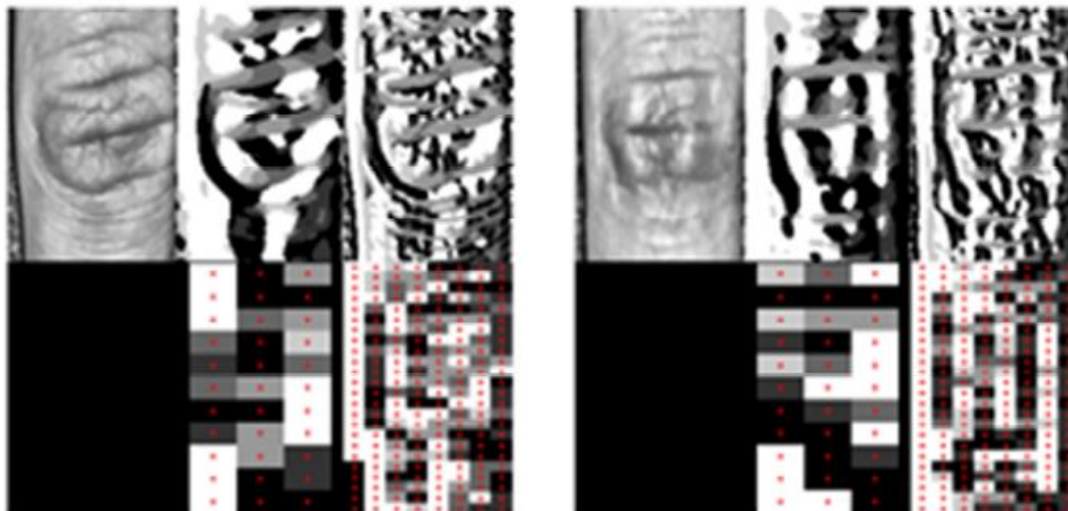
Кодирование признаков описания

$I(x, y)$ - окрестность изображения с центром в точке (x, y)

$$oriCode(x, y) = \operatorname{argmin}_j \{I(x, y) * G_R(x, y, \theta_j, \dots)\}$$

Для каждого семейства пикселям изображения в узлах равномерной сетки ставится в соотв. номер фильтра этого семейства, дающего минимальный отклик.

$$P(j, i) = (O_x + j * S_x/2, O_y + i * S_y/2), i = 0, 1, \dots, \frac{2 * Height}{S_y}; j = 0, 1, \dots, \frac{2 * Width}{S_x} \quad \begin{array}{l} \text{- узлы} \\ \text{сетки} \end{array}$$



Сравнение признаков описаний

Расстояние между признаковыми описаниями пальцев i (без сдвигов) - лин. комб. расстояний по каждому из семейств:

$$GDist_i = GDist^1 + \alpha_{gabor} \times GDist^2, i = \{1, 2, 3\}$$

Итоговое расстояние между пальцами i определяется как **минимальное** расстояние между признаковыми описаниями пальцев i , достигаемое при **вертикальных сдвигах** узлов соотв. матриц признаков друг относительно друга.

* Используем 3 пальца - большой и мизинец не участвуют.

Экспериментальные установки



Статичная съёмка ранней версии установки



Съёмка «с руки» на Московском фестивале Науки

Заключение по системе идентификации

1. Обоснована возможность биометрической идентификации по внешней стороне ладони в малых группах при свободном положении руки в кадре, не выходя при этом за рамки возможностей современных мобильных устройств.
2. Создан программный комплекс, который удовлетворяет всем требованиям, предъявленным к системе биометрической идентификации.

Иными словами, любой человек со смартфоном или планшетом на базе ОС Android получает возможность за несколько минут внедрить для своего коллектива систему идентификации (контроля посещаемости).