Распознавание лиц на основе фрактальной геометрии

НОВЫЕ БЕЗОПАСНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

НЕОБИТ

Цель и задачи

- Цель:
  - Разработка метода и оценка эффективности фрактального сжатия при распознавании изображений человеческих лиц
- Задачи:
  - Построение структуры системы распознавания лиц на основе фрактального сжатия
  - Увеличение скорости работы алгоритма фрактального сжатия
  - Сравнение с другими методами распознавания лиц

Актуальность

Распознавание

- Обнаружение - установление наличия на изображении объекта, обладающего некоторыми определенными характеристиками
- Распознавание = Обнаружение + Классификация

Recognition ≠ Detection

Алгоритм распознавания лиц:

- Поиск лица
- Выделение признаков изображения лица
- Выделение признаков на сравниваемом изображении лица
- Сравнение признаков
- Принятие решения

Существующие методы поиска лиц

Поиск лица

Метод главных компонент

Метод опорных векторов

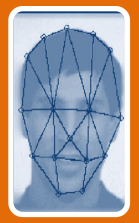
Искусственные нейронные сети

Метод Виолы-Джонса

Выделение признаков

Выделение признаков изображения лица

~~Выделение признаков на сравниваемом изображении лица~~



Известные методы:

- Сравнение геометрических характеристик лица
- Метод главных компонент
- Сравнение эластичных графов

- Новый предложенный метод:
  - Основывается на фрактальном сжатии
  - Обеспечивает компактный набор признаков

Сравнение признаков

Сравнение признаков

-
- $$\rho(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } x = y, \\ 1, & \text{если } x \neq y. \end{cases}$$
- $$\rho(x, y) = |x - y|.$$
- $$\rho(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (x_k - y_k)^2}.$$

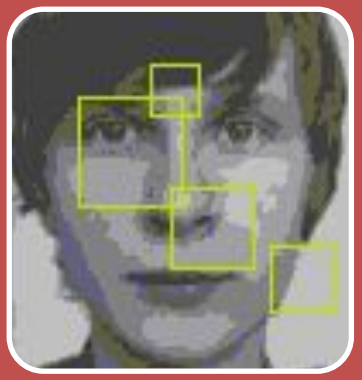
$$\rho(x, y) = \max_{a \leqslant t \leqslant b} |x(t) - y(t)|$$

Принятие решения

Принятие решения

Использование порогов

Выделение признаков фрактальным методом



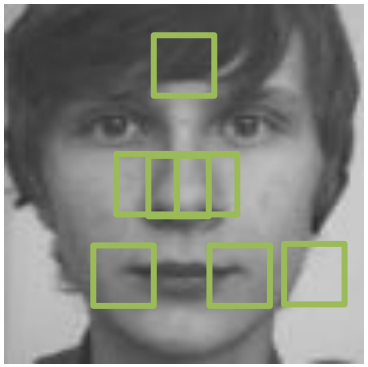
Доменные блоки – это фрагменты исходного изображения, границы которых могут пересекаться

Ранговые блоки – это фрагменты исходного изображения, меньшие чем доменные блоки, и покрывающие все изображение без пересечения

Выделение признаков фрактальным методом(2)

Построение доменных блоков:

- Поиск ключевых точек
- Выделение областей, центр которых – ключевые точки
- Вырезание областей, для последующей работы с ними



Выделение признаков фрактальным методом(3)

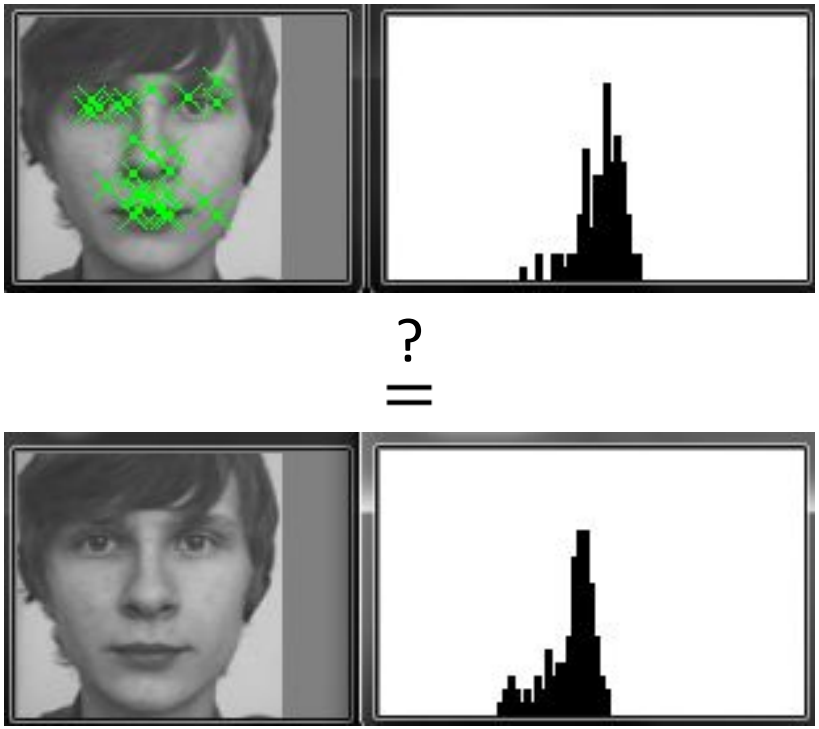
Построение ранговых блоков:

- Методом квадродерева

Выделение признаков фрактальным методом(4)

Поиск аффинно-зависимых доменных и ранговых блоков:

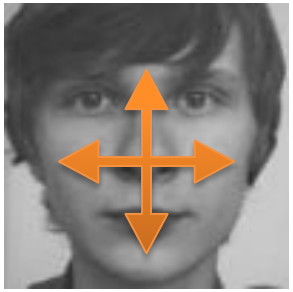
- На основе гистограмм яркости областей

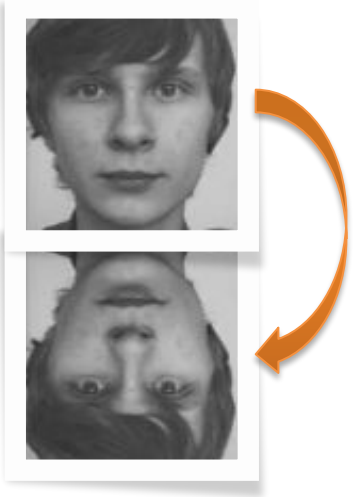


Выделение признаков фрактальным методом(5)

Используемые аффинные преобразования:

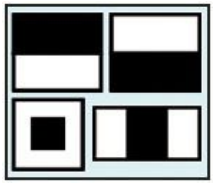
- Поворот на 90°, 180°, 270°
- Изменение масштаба
- зеркальное отражение относительно вертикальной/горизонтальной оси





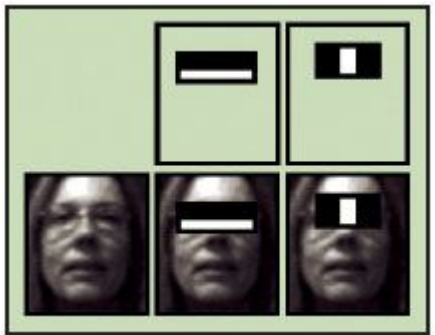
Вейвлет Хаара

- Особенности, которые использовали Виола и Джонс, базируются на вейвлетах Хаара
- Вейвлет Хаара — один из первых и наиболее простых вейвлетов
- Двумерное представление:



- Функциональное представление:

$$\chi_{00}(x) = \begin{cases} 1, & x \in \left[0, \frac{1}{2}\right), \\ -1, & x \in \left[\frac{1}{2}, 1\right), \\ 0, & x \notin [0, 1). \end{cases}$$



НОВЫЕ БЕЗОПАСНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

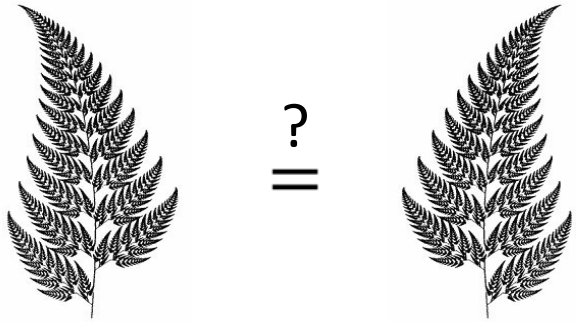
НЕОБИТ

Алгоритмы распознавания

- Попиксельное сравнение изображения
- Методы, основанные на сравнении характеристик
  - анализ геометрических характеристик лица
  - метод главных компонент
  - сравнение эластичных графов
  - анализ частотных характеристик
  - предложенный метод сравнения на основе фрактальных характеристик

Фрактальное сравнение

- Фрактальное сжатие – компактный набор признаков
- Долгое построение базы, но быстрое сравнение
- Точность не уступает более медленным аналогам

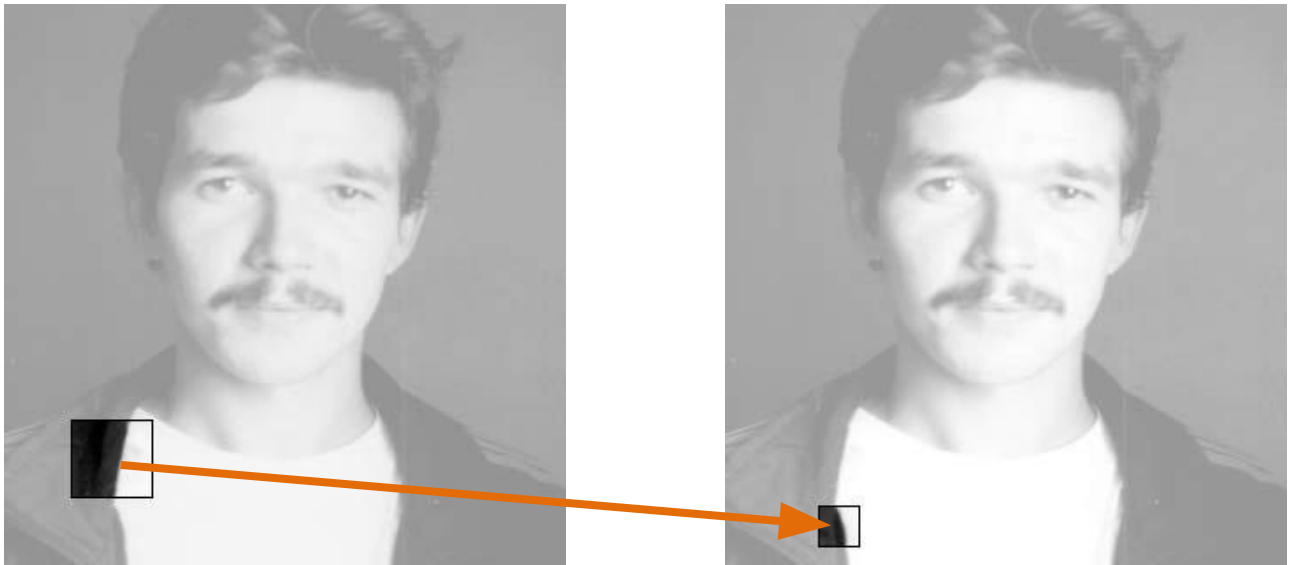


Фракталы

- Фрактал – это все, что мы видим вокруг
- Слово фрактал образовано от латинского fractus и в переводе означает *«состоящий из фрагментов»*
- Является самоподобной или приближённо самоподобной
- Обладает дробной метрической размерностью или метрической размерностью, превосходящей топологическую.

Фрактальное сжатие

- Основано на выделении малых областей (ранговых) и поиске больших областей (доменных), которые можно привести к ранговым путем аффинных преобразований
- Обеспечивает коэффициент сжатия ≈10000!
- Проблема – скорость сжатия
- Декомпрессия – моментальная

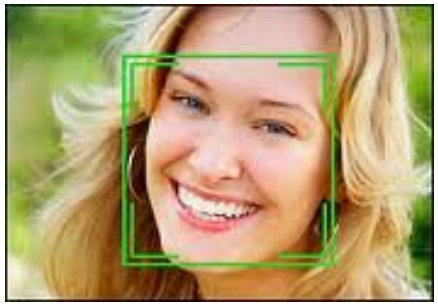


Этапы обучения

- Поиск лица методом Виолы-Джонса
- Выделение ключевых точек лица частью алгоритма SIFT
- Построение доменных и ранговых областей
- Поиск коэффициентов аффинных преобразований, переводящих доменные области в ранговые

Поиск лица методом Виолы-Джонса

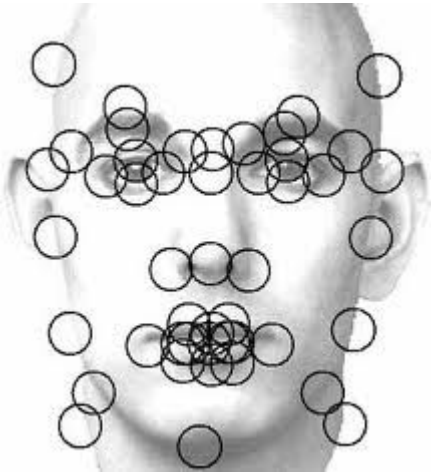
- Поиск лица осуществляется по уже заготовленным каскадам Хаара, обученным на поиск лиц
- Поиск происходит моментально
- Алгоритм взят из библиотеки OpenCV



Выделение ключевых точек

- Используется только часть алгоритма SIFT:
  - Не нарушаем патент
  - Не используем часть алгоритма, которая требует больше всего ресурсов – выделение дескрипторов ключевых точек
- Используются пирамиды Гаусса

$$G_{i+1}(x, y) = \mathrm{Re}\,duce(G_i(x, y))$$

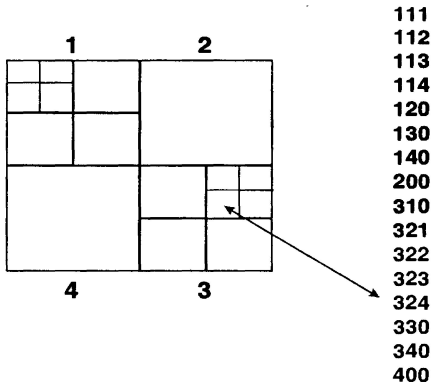


Построение доменных областей

- Доменные области строятся по следующим правилам:
  - Доменные области могут пересекаться
  - Доменные области содержат только 2 ключевые точки
  - Доменные области содержат только уникальные точки

Построение ранговых областей

- Ранговые области строятся метом квадродерева:
  - Изначально изображение делится на 4 блока
  - Каждый блок в зависимости от результатов сравнения делится еще на 4
  - Разбиение останавливается по достижению указанной глубины квадродерева
- Большой плюс – легко запомнить ранговую область по индексу



Сопоставление ранговых и доменных областей

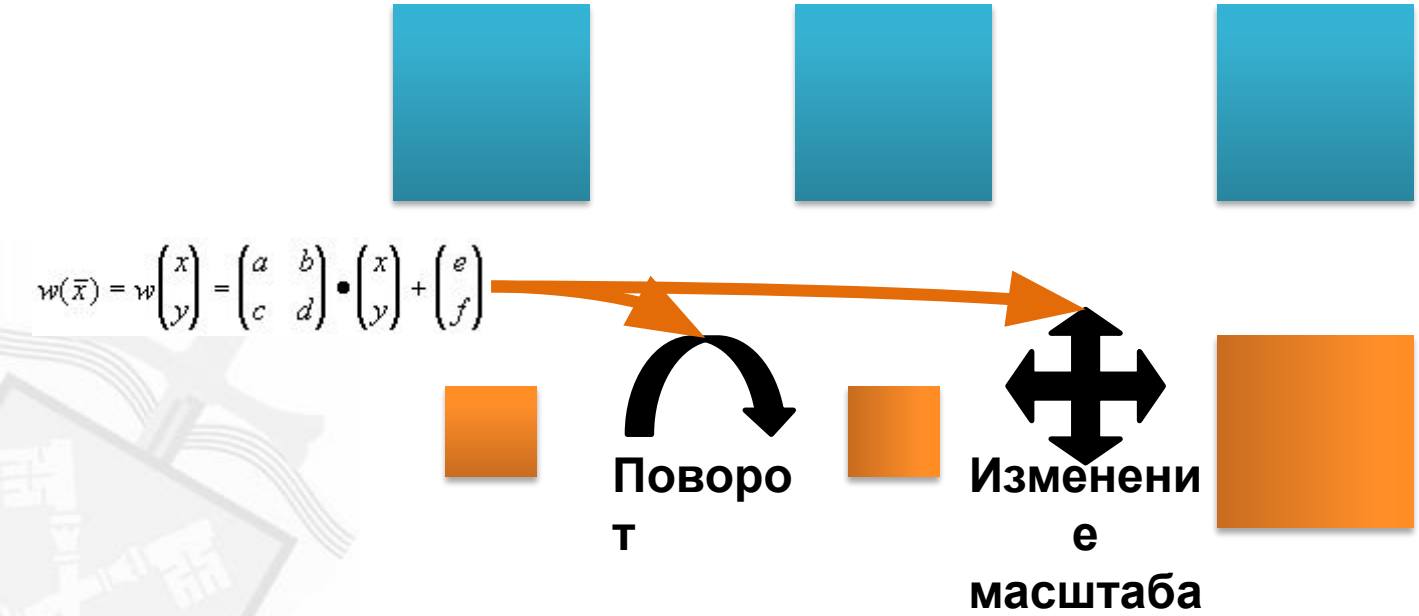
- Для увеличения скорости предложен следующий метод сравнения:
  - Выбирается пара $(D_i; R_i)$
- В доменной области D_i вычисляется:

$$L_i = Lum(a_i) - Lum(b_i)\ ,$$

где a_i и b_i – ключевые точки, относящиеся к доменной области D_i , а функция Lum() – функция, которая возвращает яркость данной точки

Сопоставление ранговых и доменных областей (2)

- Ранговая область подвергается одному из аффинных преобразований, а так же масштабируется в соответствии с доменной областью



Сопоставление ранговых и доменных областей (3)

- В измененной ранговой области также вычисляется значение

$$L_i^{'} = Lum(a_i) - Lum(b_i)$$

- Сравнивается отклонение $L_i^{'}$ от L_i

$$G = \sqrt{(L_i - L_i')^2}$$

- Если отклонение невелико области признаются эквивалентными
- Коэффициенты преобразования ранговой области в доменную сохраняются

Сравнение изображений

- Условимся, что для изображения с которым сравниваются остальные, есть обученная база
- Тогда схема сравнения выглядит следующим образом:
  - Из базы поочередно берутся параметры для каждой доменной и ранговой областей
  - По координатам областей и ключевых точек из базы строятся соответствующие области на втором изображении
  - Измеряются значения $L_i^{'}$ и L_i, которые сравниваются с результатом из базы
  - Если разница больше порогового значения, то считается, что эти области дали отрицательный ответ на вопрос о принадлежности этого изображения к классу изображений, для которого построена база
  - После подсчета голосов принимается окончательное решение

Применение

- Средства аутентификации пользователей
- Поиск людей по фотографии в Интернете или в БД
- Анализ изображений и видео данных в сетевом трафике

Сравнение с самым популярным методом

Название метода	Операций «+»	Операций «·»
Обучение (создание эталона)		
Фрактальное выделение признаков (глубина квадродерева 10)	≈ 1 073 472 424	≈ 1 073 472 424
Метод главных компонент (собственных лиц)	≈ 20 100	≈ 10 000 010
Сравнение с эталоном		
Фрактальное выделение признаков	≈ 60 000	≈ 6 291 456
Метод главных компонент	≈ 32 896	≈ 10 000 010
Итог (по сравнению с эталоном):	**+ 27104**	**- 3 708 554 (37%)**

Результаты

- Построена структура системы распознавания лиц на основе фрактального сжатия
- Увеличена скорость работы алгоритма фрактального сжатия
- Проведено сравнение с самым популярным на сегодняшний день методом собственных лиц

Проблемы

- База долго строится

НОВЫЕ БЕЗОПАСНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

НЕОБИТ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!