
Распознавание лиц на основе фрактальной геометрии



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 $\neq$ 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

Искусственны
е 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



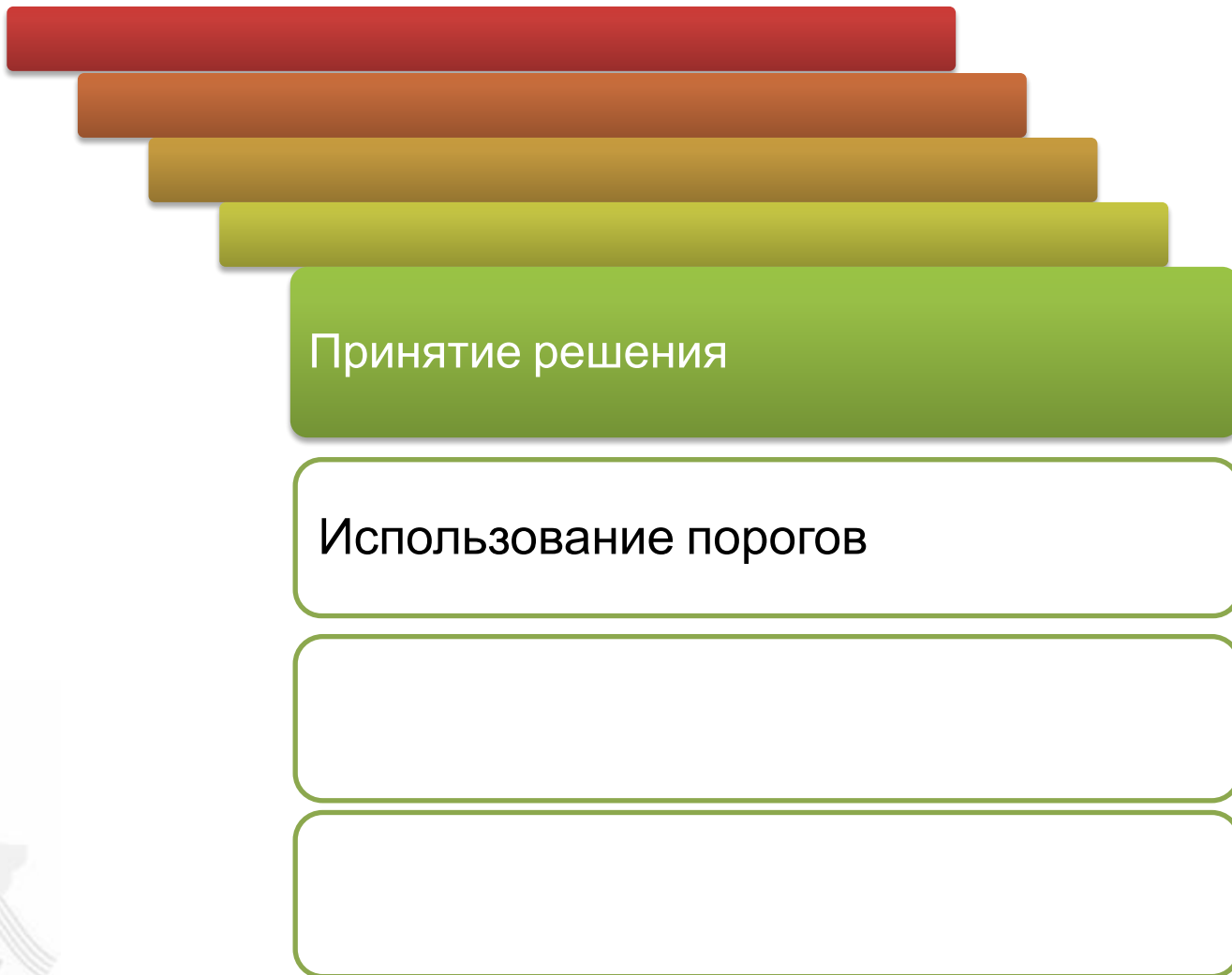
- $$\rho(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } x = y, \\ 1, & \text{если } x \neq y. \end{cases}$$

- $$\rho(x, y) = |x - y|.$$

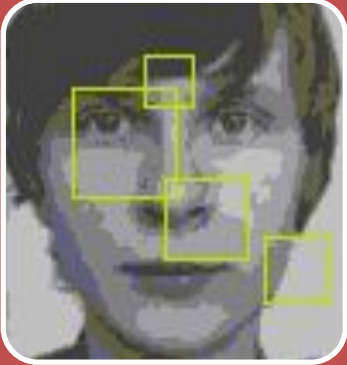
- $$\rho(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^2}.$$

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

Принятие решения



Выделение признаков фрактальным методом



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

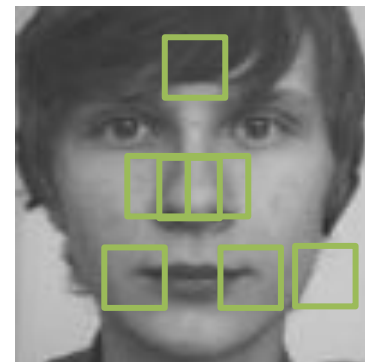


Ранговые блоки – это фрагменты исходного изображения, меньшие чем доменные блоки, и покрывающие все изображение без пересечения

Выделение признаков фрактальным методом(2)

Построение доменных блоков:

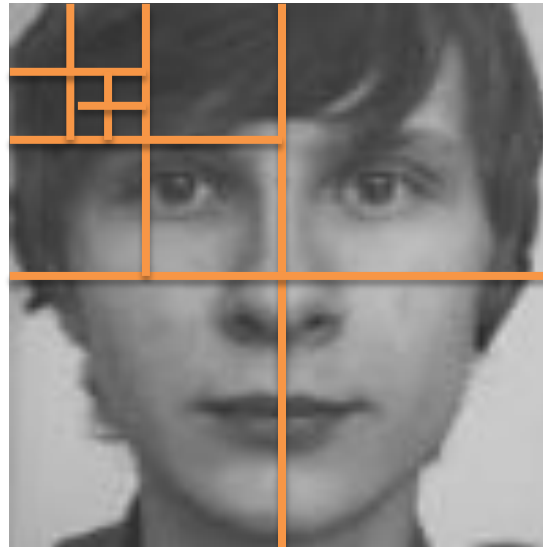
- Поиск ключевых точек
- Выделение областей, центр которых – ключевые точки
- Вырезание областей, для последующей работы с ними



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



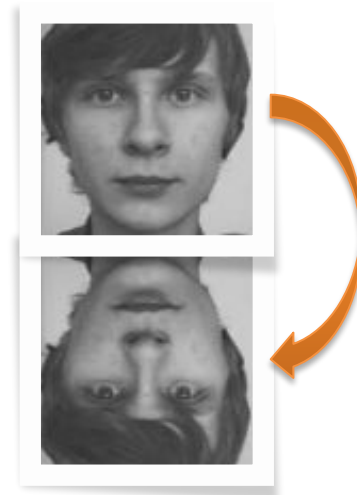
?
=



Выделение признаков фрактальным методом(5)

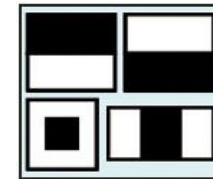
Используемые аффинные преобразования:

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

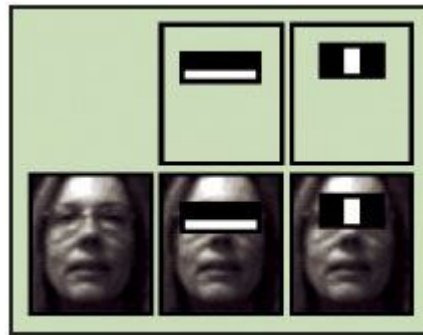


Вейвлет Хаара

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



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



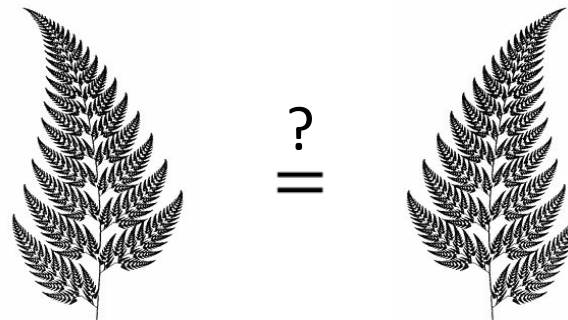


Алгоритмы распознавания

- 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



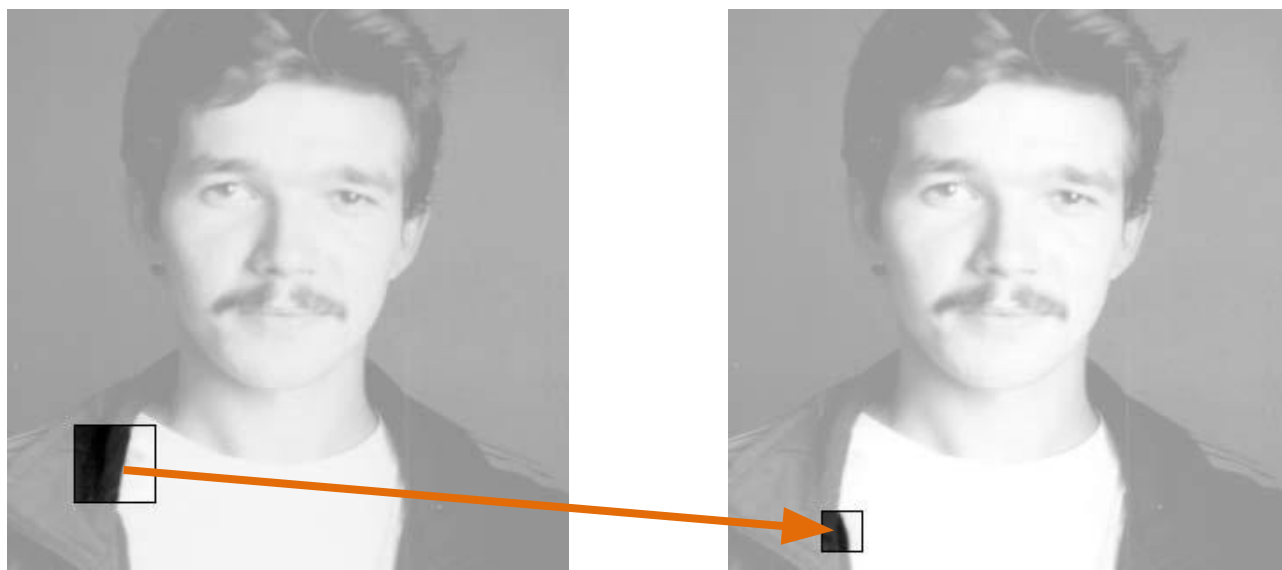
Фракталы

- 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



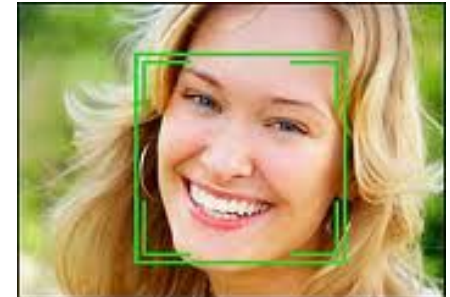
Этапы обучения

- 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

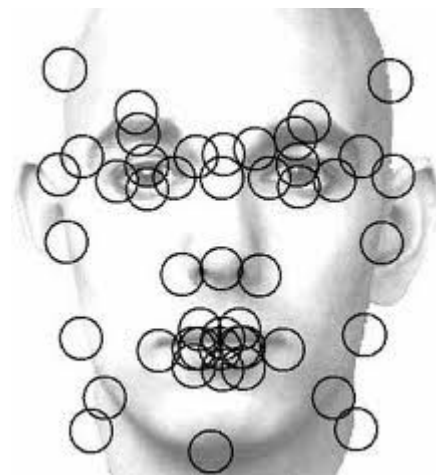
- Поиск лица осуществляется по уже заготовленным каскадам Хаара, обученным на поиск лиц
- Поиск происходит моментально
- Алгоритм взят из библиотеки OpenCV



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

$$G_{i+1}(x, y) = \text{Reduce}(G_i(x, y))$$



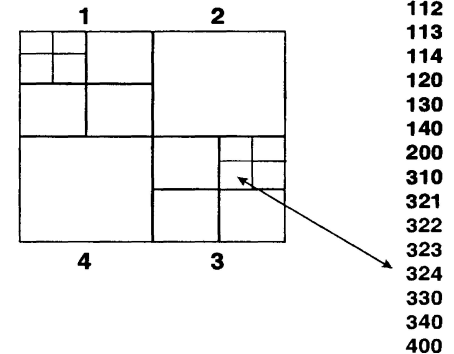
Построение доменных областей

- 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 методом 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

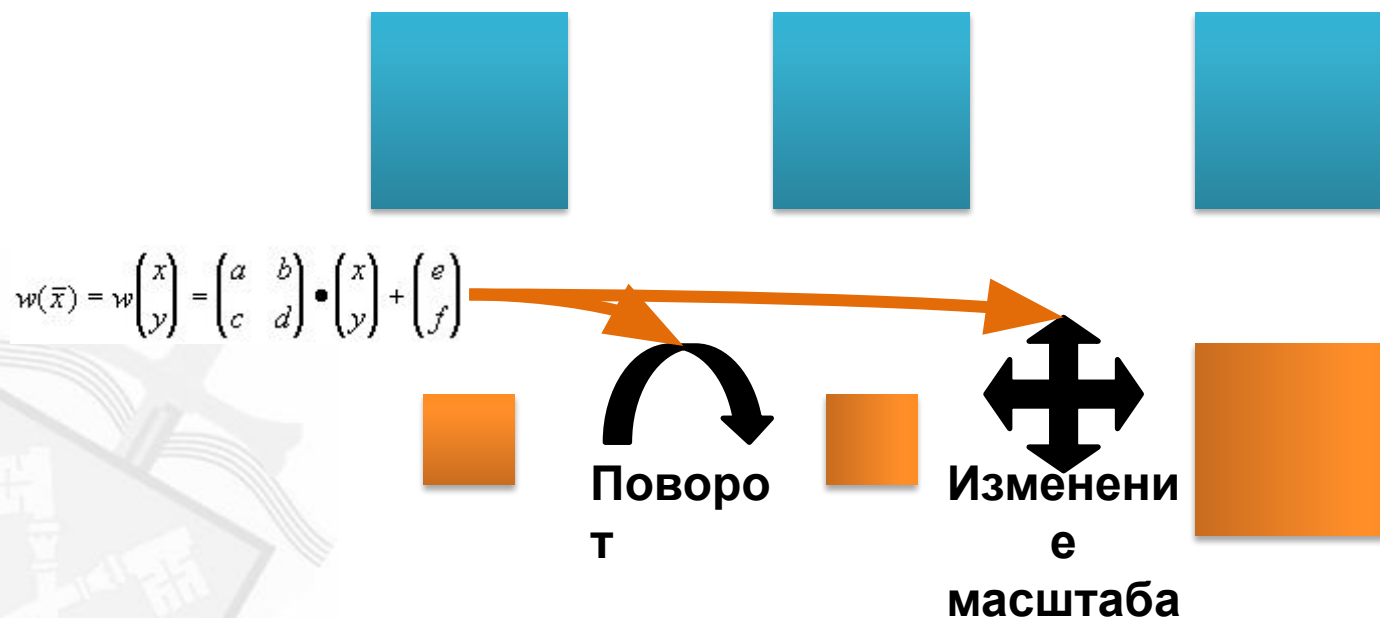
- Для увеличения скорости предложен следующий метод сравнения:
 - Выбирается пара $(D_i; R_i)$
- В доменной области D_i вычисляется:

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

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





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!