

# Поиск изображений

## Лекция 9

# История вопроса

- Термин «Content-based image retrieval» (CBIR ) впервые был введен в употребление в 1992 году Т. Като
- Компания [Picsearch](#) выпустила первую публичную версию поиска по изображениям в сентябре 2001 года.
- В июле того же года запустил свой [поиск по картинкам Google](#).
- [Яндекс.Картинки](#) официально открылись в июле 2002 года, став первым российским поисковиком, ищущим изображения.
- В ноябре 2003 г. Yahoo! добавил справа от поисковой строки меню с опцией [поиска по изображениям](#) в том числе.

# Яндекс 2015



Исходная картинка  
379×567

Таких же картинок не найдено

## Похожие картинки



# Яндекс 2016




# Яндекс 2017



# Яндекс 2018

Яндекс

 Загруженная картинка



Найти

Поиск **Картинки** Видео Карты Маркет Новости Переводчик Музыка Ещё

Моя лента Мои коллекции Темы  Мне нравится  Добавить карточку Ещё

[← Вернуться назад](#)



Исходная картинка  
379×567

Эта картинка в других размерах

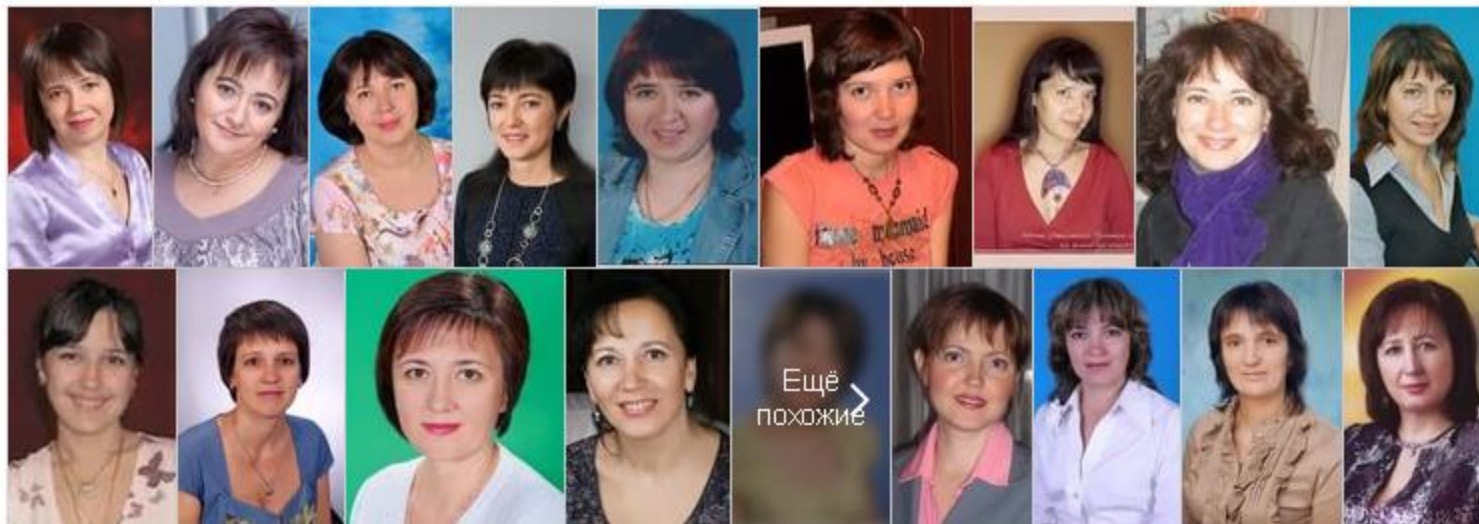
Средние	Маленькие
<a href="#">379×567</a>	<a href="#">200×200</a>
	<a href="#">200×200</a>
	<a href="#">200×200</a>
	<a href="#">180×240</a>
	<a href="#">130×129</a>
	<a href="#">100×100</a>

Кажется, на картинке

женщина

# Яндекс 2018 -- продолжение

## Похожие картинки



## Сайты, где встречается картинка



Демяненко Яна Михайловна, домашняя страница - Демяненко Яна Михайловна

[staff.mmcs.sfedu.ru](http://staff.mmcs.sfedu.ru)

Демяненко Яна Михайловна, домашняя страница - Демяненко Яна Михайловна



Исходная картинка  
667×1000

Эта картинка в других размерах

379×567

376×376

Кажется, на картинке

женщина

яна демьяненко

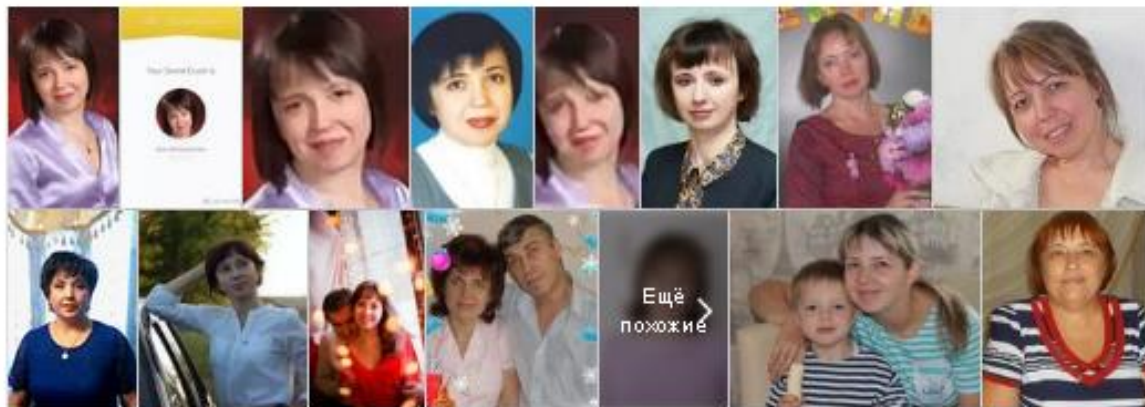
михайловна

самородова любовь анатольевна

маргарита колесникова белгород

# Яндекс 2019

Похожие картинки



2022

Демяненко Я.М. ЮФУ



# Яндекс 2019 -- продолжение

Сайты, где встречается картинка



[Демяненко Яна Михайловна, домашняя страница - Демяненко Яна Михайловна](#)

[staff.mmc.sfedu.ru](#)

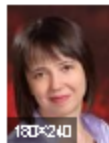
Демяненко Яна Михайловна, домашняя страница - Демяненко Яна Михайловна



[Demyanenko Yana, homepage - Demyanenko Yana](#)

[staff.mmc.sfedu.ru](#)

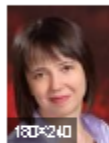
Demyanenko Yana, homepage - Demyanenko Yana



[Research](#)

[sfedu.ru](#)

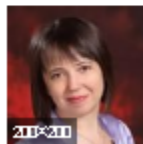
Yana M. Demyanenko



[Кафедра прикладной математики и программирования](#)

[sfedu.ru](#)

Демяненко Яна Михайловна



[4 курс ФИИТ\) Компьютерная графика - ФИИТ, 4 курс - Форум мехмата ЮФУ](#)

[forum.mmc.sfedu.ru](#)

4 курс ФИИТ) Компьютерная графика

# Яндекс 2020

Яндекс

Загруженная картинка



Будьте в Плюсе



Поиск **Картинки** Видео Карты Маркет Новости Переводчик Эфир Кью Услуги Музыка Все

Моя лента Мои коллекции Темы




Исходный размер изображения: 200×200

Это изображение в других размерах

Сайты, где встречается картинка

 [Yana Demyanenko, Ростов-на-Дону, Россия, ВКонтакте](#)  
[118.face-base.online](#)  
Анализ страницы Yana Demyanenko, Вк

 Вячеслав Цибулин, Ростов-на-Дону, Россия  
[lprofiles.ru](#)  
[vyacheslav cibulin](#)

 Олег Хачумов  
[Вконтакте24.pф](#)

Кажется, на картинке

Похожие картинки



# Яндекс 2021

Яндекс

Загруженная картинка x

Найти



Будьте в Плюсе



Регистрация

Войти

Поиск **Картинки** Видео Карты Маркет Новости Переводчик Кью Услуги Музыка Все

Размер v

Ориентация v

Цвет v

Файл v

Товары

Обои 2560x1440

На сайте v



Пригласите в Instagram друзей с Facebook



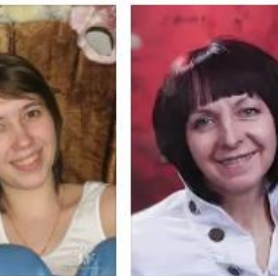
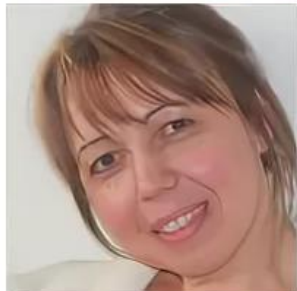
Yana Demyanenko

Пригласить



Alexey Kolesnikov

Пригласить



# Яндекс 2021— а так?

Яндекс

Загруженная картинка x

Найти



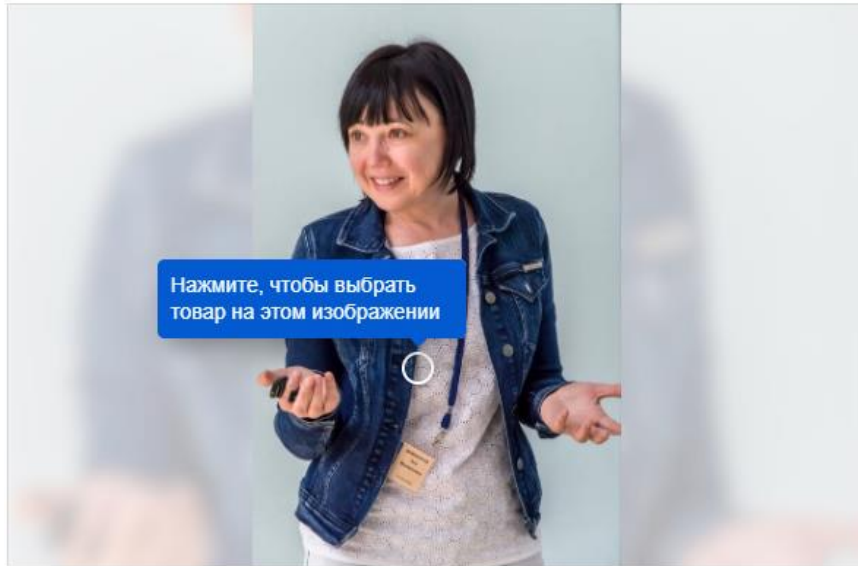
Будьте в Плюсе



Регистрация

Войти

Поиск **Картинки** Видео Карты Маркет Новости Переводчик Кью Услуги Музыка Все



Исходный размер изображения: 533x804

Выбрать фрагмент

## Другие размеры изображения

Таких же изображений не найдено

## Сайты с информацией про изображение



Валентина Воронина (Кобцева) ОК.RU

ok.ru

461x338 59 лет

## Кажется, на изображении

женщина

человек

андрева татьяна анатольевна



## Похожие изображения



Больше похожих

# Яндекс 2022

Кажется, на изображении

девушка

человек

фролова юлия васильевна

карпова ольга болхов

яна демьяненко

Похожие изображения



# Яндекс 2022— а так?

Яндекс

Загруженная картинка x Найти

Поиск **Картинки** Видео Карты Товары Переводчик Все

Будьте в Плюсе

Кажется, на изображении

девушка женщина человек анна бавтрук сериал скворцовы 8 сезон серия 12

Товары на изображении

Всё изображение Пиджак

Нажмите, чтобы выбрать товар на этом изображении

Выбрать фрагмент

Размер изображения: 533x804

Другие размеры изображения

Таких же изображений не найдено

Сайты с информацией про изображение

Людмила Мельникова-Матвеева - Фотографии OK.RU  
m.ok.ru  
Фотографии.

Людмила Мельникова-Матвеева OK.RU

Похожие изображения

ТОВАРЫ ГОРАЗДО БОЛЬШЕ  
Смотреть все

# Яндекс 2022

Кажется, на изображении

девушка

женщина

человек

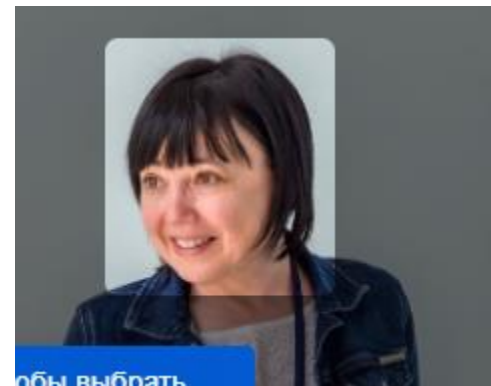
анна бавтрук сериал скворцовы 8 сезон серия 12

...

Похожие изображения

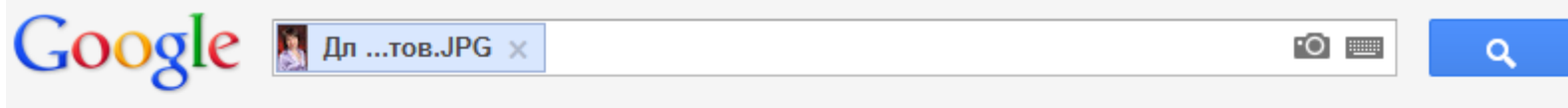


# Яндекс 2022





# Google 2014



Все результаты **Картинки** Карты Покупки Ещё ▾ Инструменты поиска

Совет: введите описание изображения в строке поиска.



Размер изображения:  
379 × 567

Изображения других размеров не найдены.

Похожие изображения - [Пожаловаться на картинки](#)





Размер изображения:  
379 × 567

Изображения других размеров не найдены.

# Google 2015

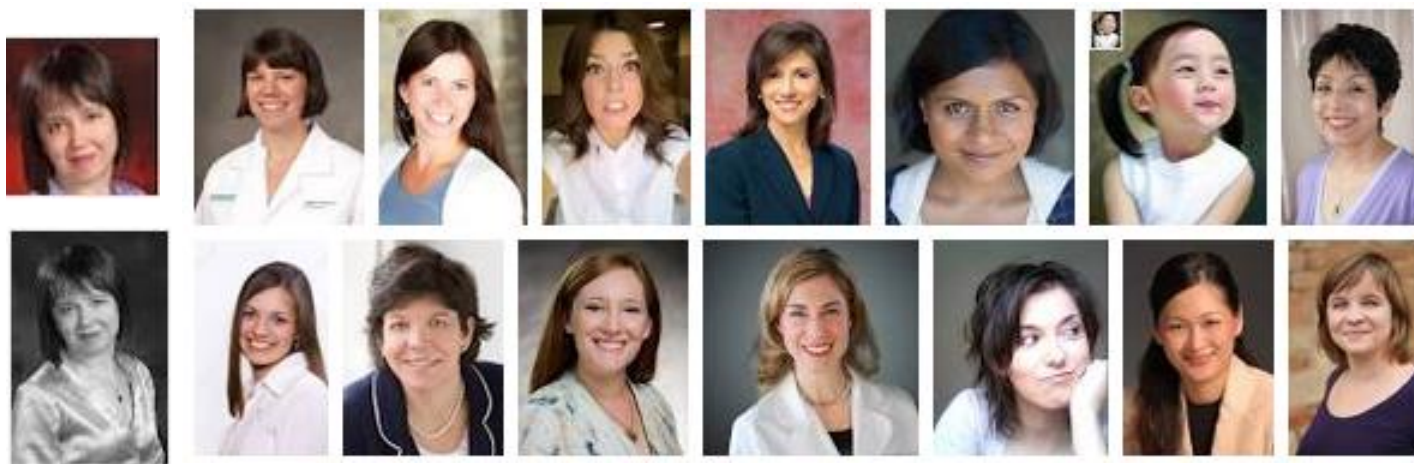
Совет: введите описание изображения в строке поиска.

## Похожие изображения

[Пожаловаться на картинки](#)



# Google 2016



# Google 2017



Размер изображения:  
379 × 567

Изображения других размеров не найдены.

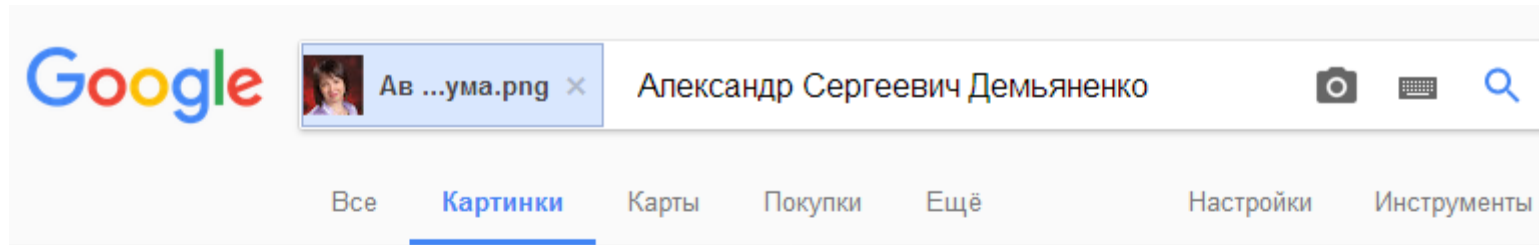
Скорее всего, на картинке *[Александр Сергеевич Демьяненко](#)*

## Похожие изображения



[Пожаловаться на картинки](#)

# Google 2017



Результатов: примерно 25 270 000 000 (0,91 сек.)



Размер изображения:  
379 × 376

Изображения других размеров не найдены.

Скорее всего, на картинке [Александр Сергеевич Демьяненко](#)

## Похожие изображения



[Пожаловаться на картинки](#)

# Google 2018



Дл ...тов.JPG x

Математика



Все

**Картинки**

Карты

Покупки

Ещё

Настройки

Инструменты

Результатов: примерно 3 (0,87 сек.)



Размер изображения:  
379 × 567

Изображения других размеров не найдены.

Скорее всего, на картинке **Математика**

## Похожие изображения



# Google 2018 -- продолжение

Страницы с подходящими изображениями

## Виталий Брагилевский (@\_bravit) | Twitter



[https://twitter.com/\\_bravit](https://twitter.com/_bravit) ▼

73 × 73 - The latest Tweets from Виталий Брагилевский (@\_bravit). Преподаватель в #ОФУ, читаю курсы по ФП (Haskell, Idris) и теоретической информатике, пишу разное, иногда шучу (не очень). Ростов-на-Дону, Россия.

## Белоконь (@Katamarinaki) | Twitter



<https://twitter.com/katamarinaki> ▼

73 × 73 - The latest Tweets from Белоконь (@Katamarinaki). русские оказались неуязвимы перед генетическим оружием. Ростов-на-Дону.

## Распределение по научным руководителям 2016/2017 ...



[docplayer.ru/48342556-Raspredelenie-po-nauchnym-rukovoditelyam-201...](https://docplayer.ru/48342556-Raspredelenie-po-nauchnym-rukovoditelyam-2016-2017) ▼

379 × 567 - Распределение по научным руководителям 2016/2017 Руководство для студентов направления «Фундаментальная информатика и информационные технологии» Содержание 1 Введение Научно-исследовательская работа.

# Google 2019

The screenshot shows a Google search interface. At the top, the search bar contains the text 'girl' and a small image thumbnail labeled 'IMG\_1268.jpg'. Below the search bar, navigation tabs include 'Все', 'Картинки', 'Карты', 'Покупки', 'Ещё', 'Настройки', and 'Инструменты'. The 'Картинки' tab is selected. Below the tabs, it says 'Результатов: примерно 2 (0,87 сек.)'. A single image result is shown, with a thumbnail of a young girl and the text 'Размер изображения: 1260 × 1690' and 'Изображения других размеров не найдены.' Below this, a suggestion reads 'Запрос, который может быть связан с изображением: [girl](#)'. On the right side, a knowledge panel is visible with the title 'Девочка' and a share icon. The panel contains the text: 'Девочка — ребёнок женского пола до юношеского возраста, примерно до 14—16 лет. [Википедия](#)'. At the bottom right of the panel, there is a link that says 'Оставить отзыв'.



# Google 2019 -- продолжение

## Похожие изображения



[Пожаловаться на картинки](#)

Россия

● **Советский р-н, Ростов-на-Дону** - Из вашей истории поиска - Учитывать мое местоположение - Подробнее...

# Google 2020



ав ...рка.jpg ×

hair design



🔍 Все

Картинки

Карты

Покупки

⋮ Ещё

Настройки

Инструменты

Результатов: примерно 3 (0,79 сек.)



Размер изображения:  
200 × 200


Изображения других размеров не найдены.

Запрос, который может быть связан с изображением: *hair design*

yandex.ru > ... > Парикмахерские ▾

[Hair design, парикмахерская, ул. Адмирала Октябрьского ...](#)

**Hair design** ★, ул. Адмирала Октябрьского, 12, Севастополь, Россия: ✓ фотографии, адрес и 📞 телефон, часы работы, фото и отзывы посетителей ...

 Похожие изображения



[Пожаловаться на картинки](#)

Google  
2020 --  
продол  
жение

Страницы с подходящими изображениями

[docplayer.ru](#) > [48342556-Raspredelenie-po-nauchnym-...](#) ▾

[Распределение по научным руководителям 2016/2017 ...](#)



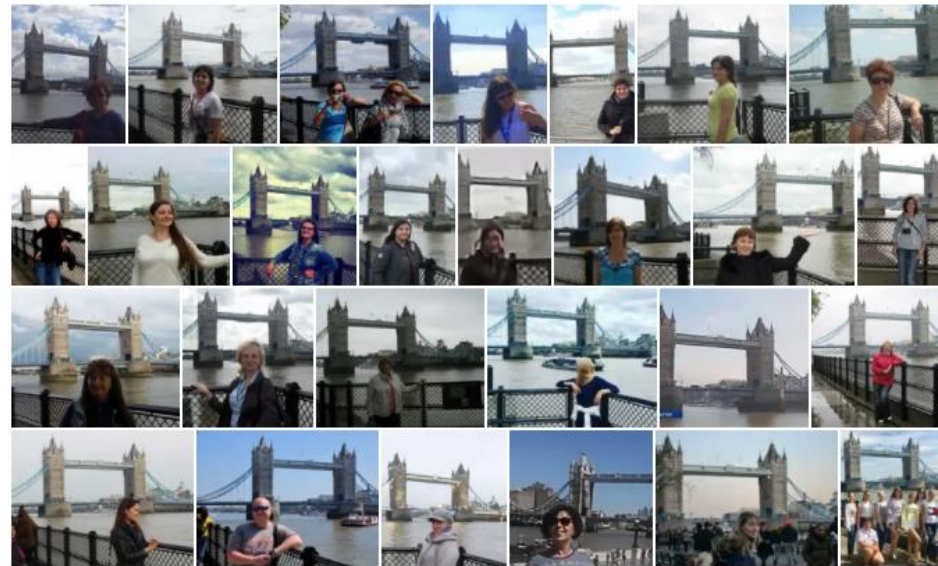
379 x 567 — [Распределение по научным руководителям 2016/2017](#) Руководство для студентов направления «Фундаментальная информатика и информационные ...»


# 2020



женщина

## Похожие картинки




 Выбрать фрагмент

Исходный размер изображения: 504×618

Это изображение в других размерах

Таких же картинок не найдено

Сайты, где встречается картинка

 [Дмитрий Субботин, Пермь, Россия](#)

Результатов: примерно 303 (1,26 сек.)



Размер изображения:  
504 × 618

Изображения других размеров не найдены.

Запрос, который может быть связан с изображением: [tower bridge](#)

ru.wikipedia.org > wiki > Тауэрский\_мост ▾

## Тауэрский мост — Википедия

Тауэрский мост, или Тауэр-бридж (англ. **Tower Bridge**, дословный перевод — Башенный мост), — комбинированный подвесной (висячий) и разводной ...

en.wikipedia.org > wiki > Tow... ▾ [Перевести эту страницу](#)

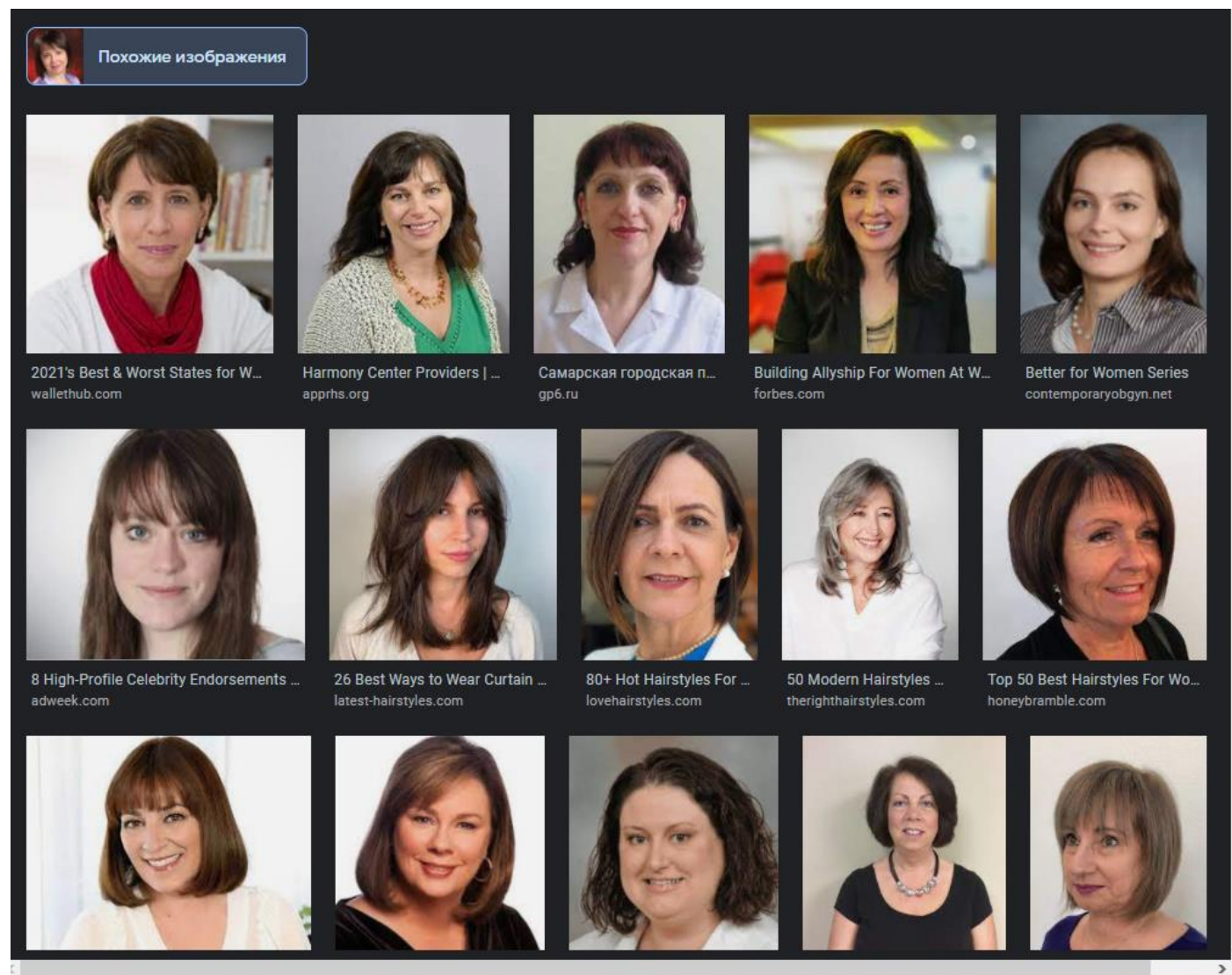
## Tower Bridge - Wikipedia

**Tower Bridge** is a combined bascule and suspension bridge in London, built between 1886 and 1894. The bridge crosses the River Thames close to the Tower ...

### Похожие изображения



# Google 2021



# Google 2021



Размер изображения:  
533 × 804

Изображения других размеров не найдены.

Запрос, который может быть связан с изображением: **boyfriend**

<https://www.youtube.com> > w... ▾ [Перевести эту страницу](#)

## Justin Bieber - Boyfriend (Official Music Video) - YouTube

3 мая 2012 г. — Music video by Justin Bieber performing **Boyfriend**. ©: 2012 The Island Def Jam Music Group#VEVOCertified on July 11, ...

<https://context.reverso.net> > английский-русский > boy... ▾

## Перевод "boyfriend" на русский - Reverso Context

Or laughing about how your **boyfriend** kissed your best friend. Или смеются о том, что твой парень поцеловал твою лучшую подругу.

## Похожие изображения



## Boyfriend <



Переведено с английского языка. - В модном дизайне, в первую очередь в линиях прет-а-порте, бойфрендом является любой стиль женской одежды, который был модифицирован из соответствующей мужской одежды.

[Википедия \(Английский язык\)](#)

[Оригинал описания](#) ▾

[Отзыв](#)

# Google 2022

Google

Найти источник изображения



Поиск

Текст

Переводчик

Совпадения



sfedu.ru

Университет





Размер изображения:  
200 × 200

Изображения других размеров не найдены.

Совет: введите описание изображения в строке поиска.

### Похожие изображения




# Google 2022

# Google 2022

Google








Загрузить

Найти источник изображения



Поиск Текст Переводчик

### Совпадения

-   
x-moda.ru  
Жакет s.Oliver  
размер 40 цвет
-   
shafa.ua  
Джинсовая курточка  
— цена 200 грн в...
-   
jhu.edu  
Украина #16603743 |  
Джинсовая куртка...
-   
izi.ua  
Короткий прямой  
белый жакет из...
-   
300,00 грн.
-   
xn—ctbfikcfzfk...  
купить женские
-   
micangelina fr

Эти результаты были полезны?


Да Нет

# Google 2022

Google









Загрузить

Найти источник изображения



Поиск Текст Переводчик

### Совпадения

 <p>yasno.live Валентина Черкай</p>	 <p>4000,00 P ambaraba.ru Пиджак Ambaraba джинсовый для...</p>	 <p>1500,00 P livemaster.ru Винтаж: Крутая джинсовка...</p>	 <p>47662,95 P aliexpress.ru Индийский Аватар, мужские... 2.5 ★★★★★ (5)</p>
 <p>3299,00 грн. answear.ua Джинсовая рубашка</p>	 <p>1250,00 грн. kasta.ua Темно-синяя</p>	 <p>550,00 грн. shafa.ua Стильна джинсова,</p>	 <p>210,00 грн. izi.ua Джинсова куртка, джинсовка</p>

Эти результаты были полезны?

Да Нет

1710,00 грн.



Размер изображения:  
533 × 804

Изображения других размеров не найдены.

Совет: введите описание изображения в строке поиска.

### Похожие изображения



# Google 2022

# Реверсивный поиск изображений

**Основными целями** использования такого поиска являются:

- поиск владельца или источника изображения;
- поиск такого же изображения, но в лучшем качестве;
- поиск персоны на изображении;
- поиск ресурсов, на которых опубликовано изображение.

# Сервисы для реверсивного поиска

- **Google** – не первая компания, предложившая открытый универсальный реверсивный поиск изображений.
- До запуска гугловского проекта лидерами в этой области были, пожалуй, онлайн-сервисы канадской компании **Idee**.
  - Базовая технология данной службы – поисковая машина Piximilar, на базе которой и разрабатываются конкретные продукты. Соответствующий API на коммерческих условиях предлагается и для сторонних проектов.
- Лучшими универсальными машинами для реверсивного поиска изображений на сегодняшний день являются сервисы
  - Google Images
  - Google Lens
  - Bing
  - Яндекс изображения

# Системы поиска изображений по содержанию

- Порядка 50 (подробный список)  $\approx$  25 коммерческие + 25 открытые
- [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_CBIR\\_Engines](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_CBIR_Engines)

# Потенциальные области применения алгоритмов поиска по содержанию:

- Поиск изображений в сети интернет
- Каталогизация изображений произведений искусства
- Организация работы с архивами фотографических снимков
- Организация каталогов розничной продажи товаров
- Медицинская диагностика заболеваний
- Предотвращение преступлений и беспорядков
- Военно-оружейное применение
- Вопросы контроля за распространением интеллектуальной собственности
- Получение информации о местоположении удаленных зондов и географическое позиционирование
- Контроль за содержимым массивов изображений



# Что запрашивает пользователь?

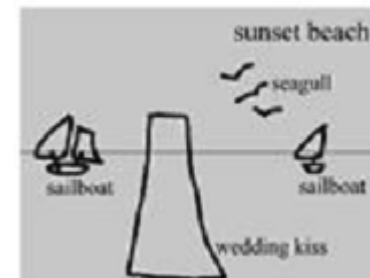
- Запрос в виде атрибутов/текстового описания изображения



- Запрос в виде некоторой характеристики содержимого  
Гистограмма цветов

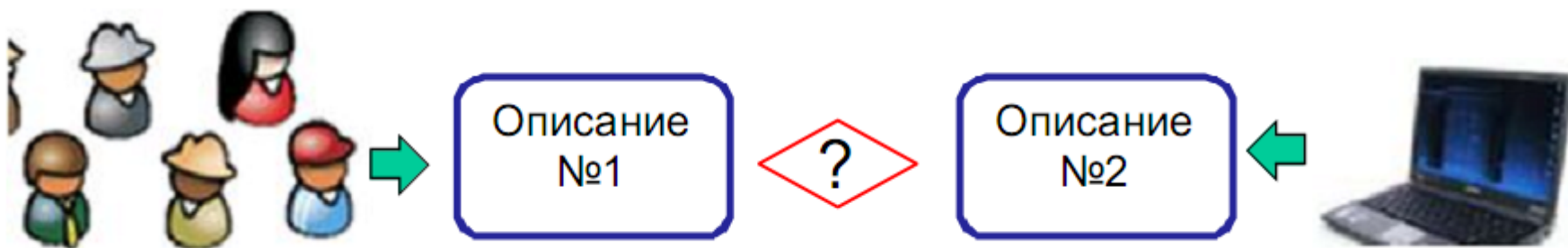


- Запрос в виде рисунка-наброска



# Semantic Gap – Семантический Разрыв

- Запрос в виде изображения-примера («найди то же самое», «найди похожее изображение»)
- Что имел пользователь в виду?
- Что значит «похожее изображение»?
- «Семантический разрыв» – несовпадение информации, которую можно извлечь из визуальных данных, и интерпретацией тех же самых данных со стороны пользователя



# Что значит похожее?

- Похожее по каким-то характеристикам, например, по цвету

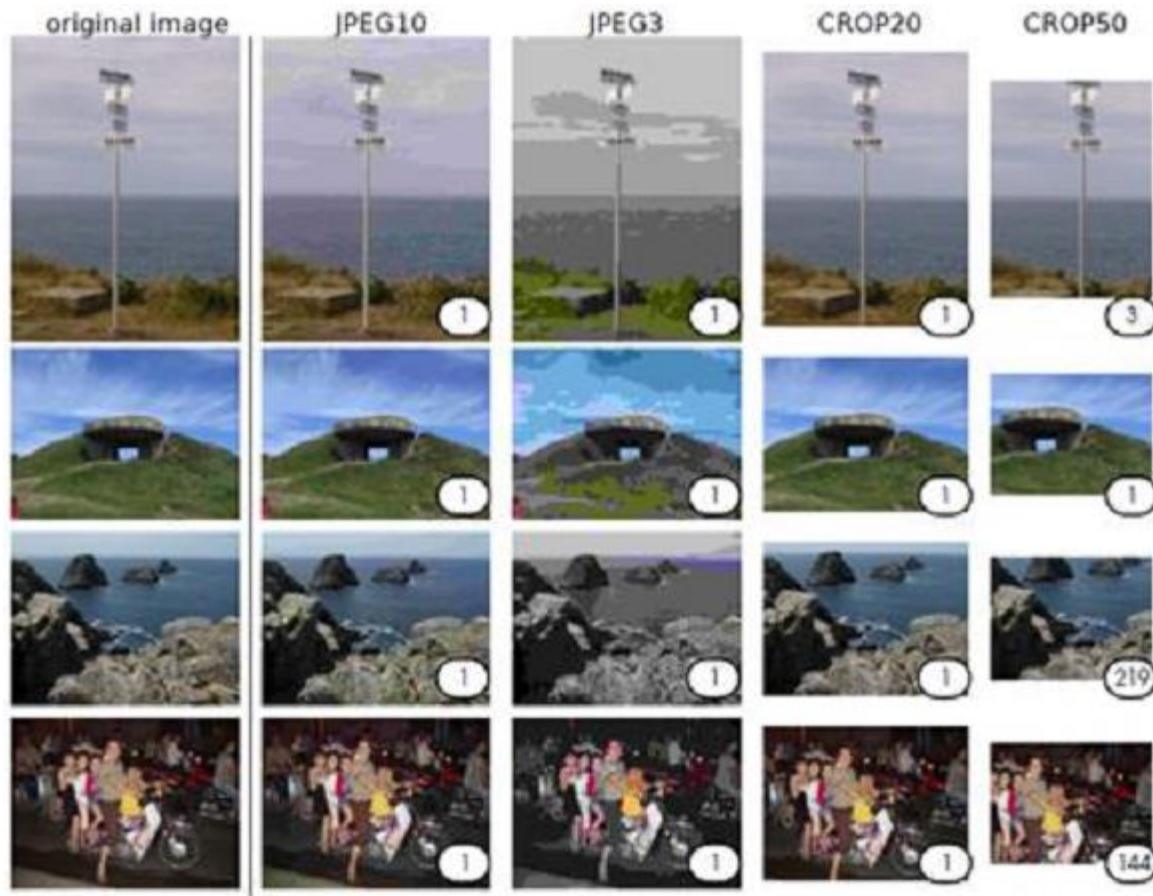


Запрос



# Что значит похожее?

- **Полудубликаты (Near-duplicates)** – слегка измененная версия изображения (ракурс, цвета)



# Что значит похожее?

- Тот же самый объект или сцена («**Object retrieval**»)  
Большие вариации ракурсов, фона, и т.д., чем при поиске полудубликатов



# Что значит похожее?

- Похожие визуально по геометрии сцены с учетом ракурса (могут быть разные по назначению)



Кухня



Приемная



Бар



Автобус



Самолет



Зал

# Что значит похожее?

- «Category-level classification» - изображения одного класса



Пример – банкетный зал.

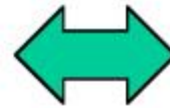


Например, 256 классов из  
базы Caltech 256

# Анализ постановок задач



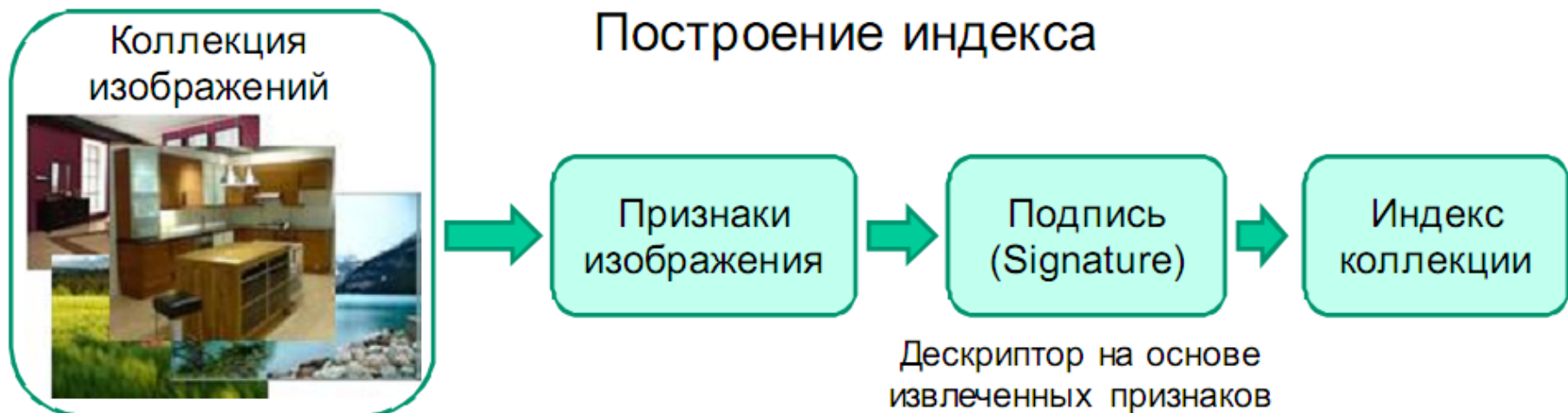
Визуальное подобие



Семантическое подобие



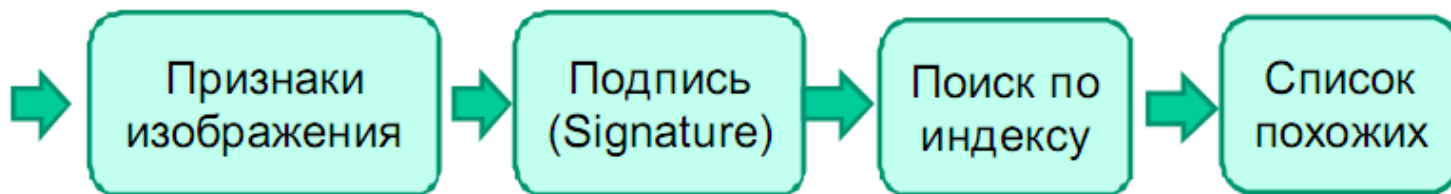
# Общая схема поиска изображений



Тестовое изображение



Тестирование



Ищем ближайших соседей по выбранной метрике

# Какие картинки более схожи между собой?



# Характеристики сходства изображений

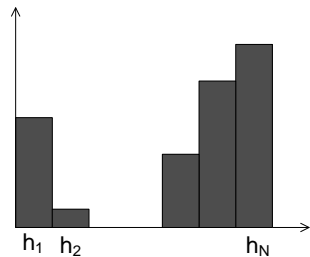
Основные группы:

1. Цветовое сходство
2. Текстурное сходство
3. Сходство формы
4. Дескрипторы изображений
5. Сходство объектов и отношений между объектами

# Цвет

Признаки цвета  
(color features)

Гистограммы



$$F(I) = (h_1^I, h_2^I, \dots, h_N^I)$$

Метрики:  $L_1, L_2, L_\infty$

Статистическая модель

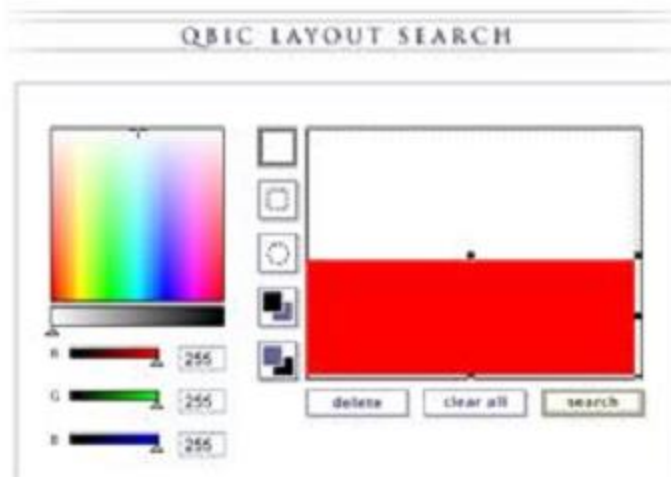
Мат. ожидание, дисперсия, 3-й момент:  
для каждого цветового канала

$$F(I) = (E_1^I, E_2^I, E_3^I, \\ \sigma_1^I, \sigma_2^I, \sigma_3^I, \\ s_1^I, s_2^I, s_3^I)$$

Метрики:  $\sim L_1$

Stricker M., Orengo M. Similarity of Color Images. Proceedings of the SPIE Conference, vol. 2420, p. 381-392, 1995

# QVIC: Пример использования



1) Vase of Flowers

Huijsum, Jan van Early 13th century



2) Seascape with Venice in the Distance

Cottet, Charles Circa 1896



3) Boats on a Sea Shore

Goyen, Jan Jozefsz van 1641



4) Avenue in a Park

Watteau, Antoine Circa 1715



5) Bird Perching on a Rose Twig

UNKNOWN 18th century



6) Old Woman with a Spindle

Watteau, Antoine 1710s



7) Interiors of the New Hermitage, The Room of Russian Sculpture

Premazzi, Luigi 1854

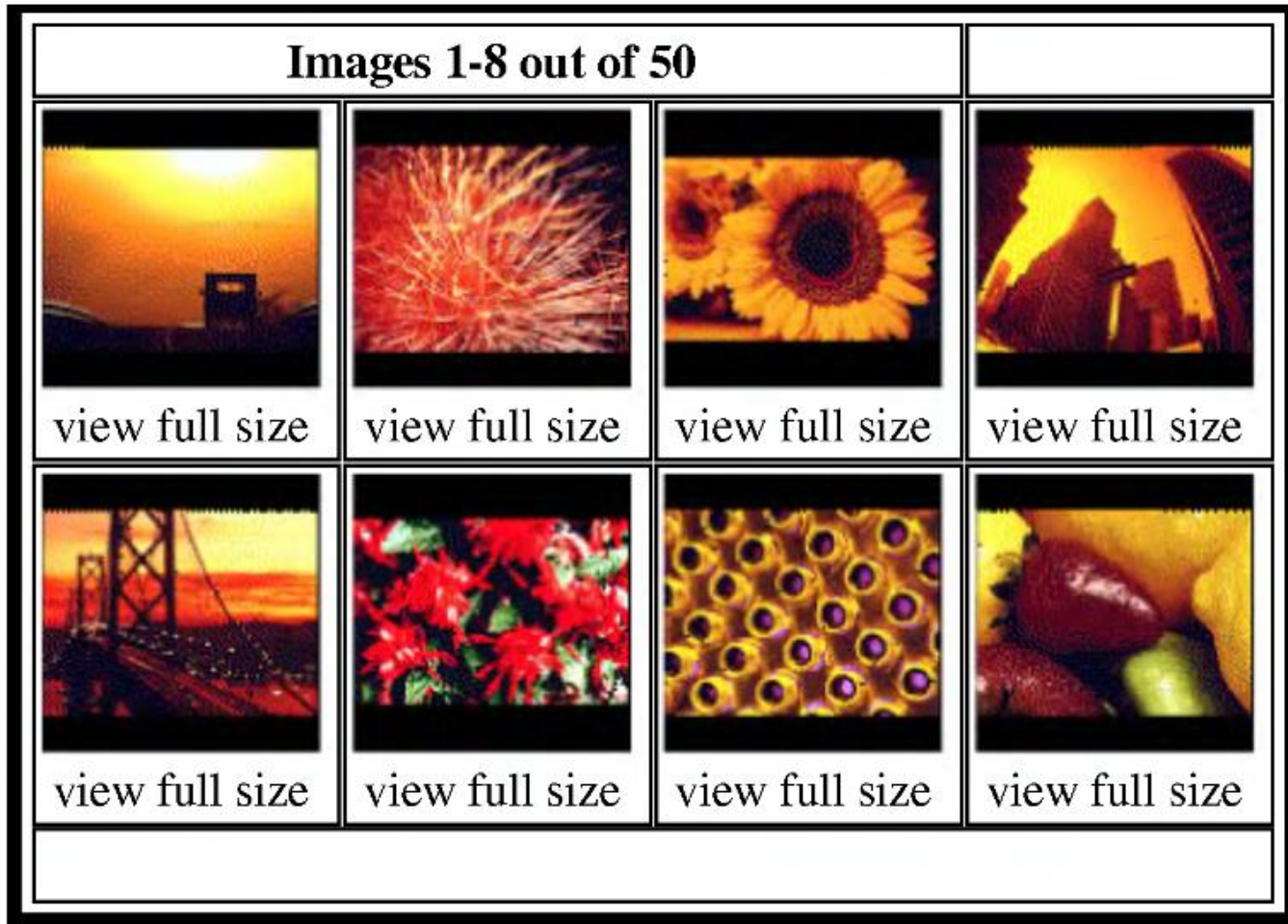


8) Allegory of George I, King of England

Vanloo, Carle (Charles-Andre) 1736

Качество работы системы понятно. Но первая!

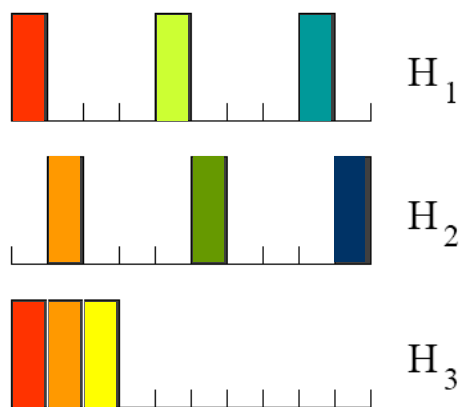
# ЦВЕТОВОЕ СХОДСТВО



Результат выполнения запроса системой QBIC (1995):  
40% красного, 30% жёлтого, 10% чёрного

# Цветовые гистограммы – недостатки

## 1. Не учитывается схожесть цветов:



$$d(H_1, H_2) > d(H_1, H_3)$$

$$d(H_1, H_2) = \sqrt{(H_1 - H_2) \cdot A \cdot (H_1 - H_2)^T}$$

A – матрица с коэффициентами  
«схожести» цветов

Niblack W., Barber R., et al. The QBIC project: Querying images by content using color, texture and shape. In IS&T/SPIE International Symposium on Electronic Imaging: Science & Technology, Conference 1908, Storage and Retrieval for Image and Video Databases, Feb. 1993

# QBIC (1995)

- «Query By Image Content»
- Самая первая система CBIR
- Изображения сравниваются по набору признаков
  - Цветовая гистограмма
  - Выделенные вручную объекты и признаки их формы (размер, площадь, количество)
- ~10000 изображений в базе

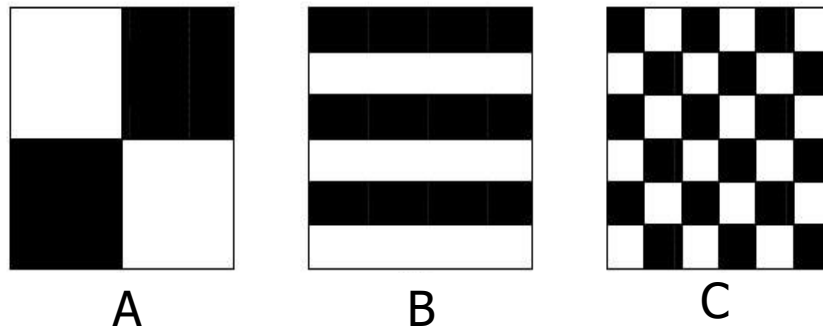
$$d_{hist}(I, Q) = (h(I) - h(Q))^T A(h(I) - h(Q))$$

M. Flickner, H. Sawhney, W. Niblack, J. Ashley, Q. Huang, M. Gorkani, J. Hafner, D. Lee, D. Petkovic, D. Steele, and P. Yanker. Query by image and video content: the QBIC system. IEEE Computer, 28(9):23–32, 1995.



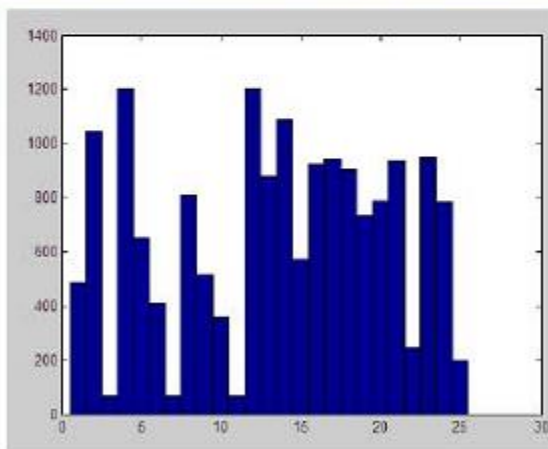
# Цветовые гистограммы – недостатки

2. Не учитывается пространственное расположение цветов:

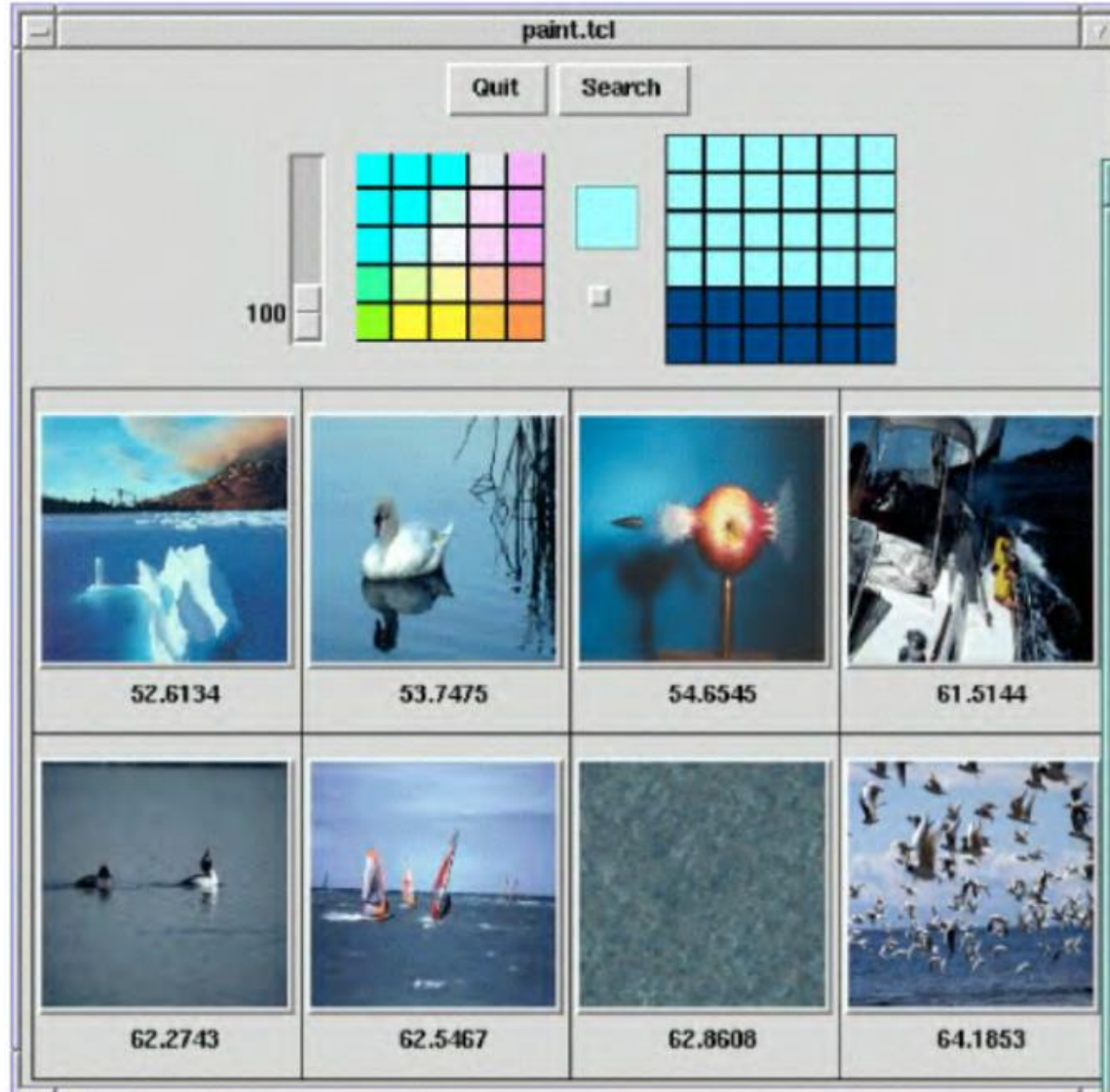


$$H_A = H_B = H_C$$

# Чья гистограмма?



# Запрос на основе закрашенной сетки











# Мера расстояния на основе цветового макета (color layout) для закрашенной сетки

$$d_{gridded\_color}(I, Q) = \sum_g \hat{d}_{color}(C^I(g), C^Q(g))$$

Способы представления цветов клеток сетки

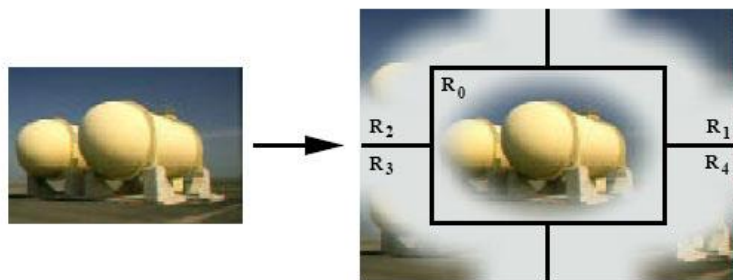
- Среднее значение цвета в пределах клетки сетки
- Среднее значение и среднеквадратическое отклонение цвета
- Многоразрядная цветовая гистограмма

# Результаты поиска, выполненного системой QVIS с использованием меры расстояний на основе цветового макета

Images 1-8 out of 41				
				
<a href="#">view full size</a>	<a href="#">view full size</a>	<a href="#">view full size</a>	<a href="#">view full size</a>	
				
<a href="#">view full size</a>	<a href="#">view full size</a>	<a href="#">view full size</a>	<a href="#">view full size</a>	
<b>Columns:</b>				<b>Rows:</b>

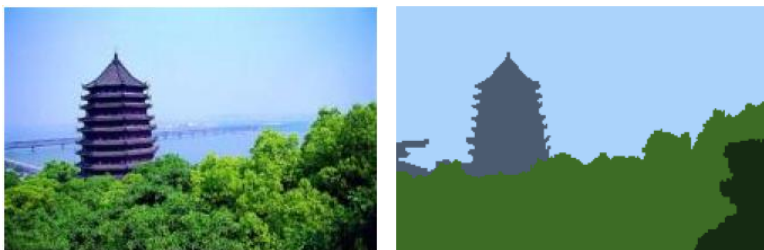
# Пространственное расположение цветов

- Разбиение изображения на фиксированные блоки
- «Нечеткие области»

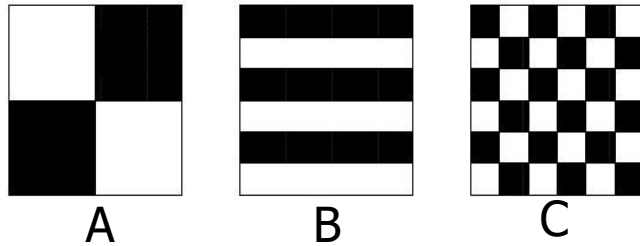


Stricker M., Dimai A. Spectral Covariance and Fuzzy Regions for Image Indexing. Machine Vision and Applications, vol. 10., p. 66-73, 1997

- Сегментация



# Ещё одно решение проблемы



$$H_A = H_B = H_C$$



img239

```

(160, 160, 160, 0.2425520833333333,77,99);
(224, 224, 224, 0.2184895833333333,60,65);
(32, 32, 96, 0.2080208333333333,81,13);
(32, 96, 160, 0.1088541666666666,78,41);
(32, 96, 96, 0.0799479166666666,78,30);
(96, 96, 96, 0.0706770833333333,120,78);
(160, 160, 224, 0.0302604166666666,64,87);
(32, 32, 32, 0.0139583333333333,126,83);
(160, 224, 224, 0.0107291666666666,67,77);
    
```

$$f_i^A = (a_i, b_i, c_i, weight_i^A, x_i^A, y_i^A)$$

$i = 1..N$  – число цветов;

$(a_i, b_i, c_i)$  – параметры цвета  $i$ ;

$weight_i$  – количество цвета  $i$  на изображении  $A$ ;

$(x_i, y_i)$  – координаты центра цветового пятна.

Васильева Н., Новиков Б. Построение соответствий между низкоуровневыми характеристиками и семантикой статических изображений. Труды RCDL'2005.

# Характеристики сходства изображений

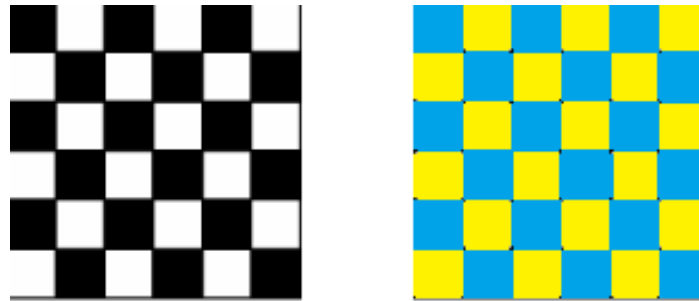
Основные группы:

1. Цветовое сходство
2. Текстурное сходство
3. Сходство формы
4. Дескрипторы изображений
5. Сходство объектов и отношений между объектами



# Текстурное сходство

- Одинаковое пространственное распределение цветов
- Значения цветов изображений могут не совпадать



# Рассматриваемые характеристики

- Представление текстуры -- Вектор текстурного описания
  - **Пятикомпонентный вектор Харалика (Энергия, Энтропия, Контраст, Однородность, Корреляция)**
  - Девятикомпонентный вектор, соответствующий энергетическим текстурным характеристикам Лавса
- Определение сходства с учетом выбранного представления текстуры
  - Признаки Тамуга
  - Определение структуры изображения с помощью блоков фильтров (Фильтры Габора)

# Матрицы вхождений (смежности) co-occurrence matrix

$C(i,j)$  – элемент матрицы – сколько раз встречалось  $i$  в отношении с  $j$

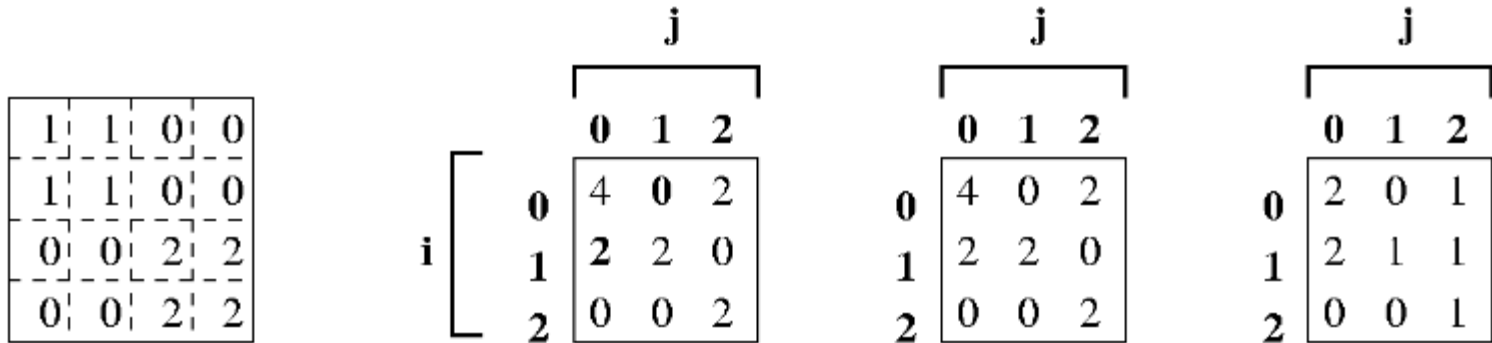
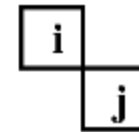
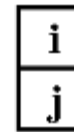
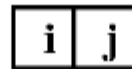


Image I

$C_{(0,1)}$

$C_{(1,0)}$

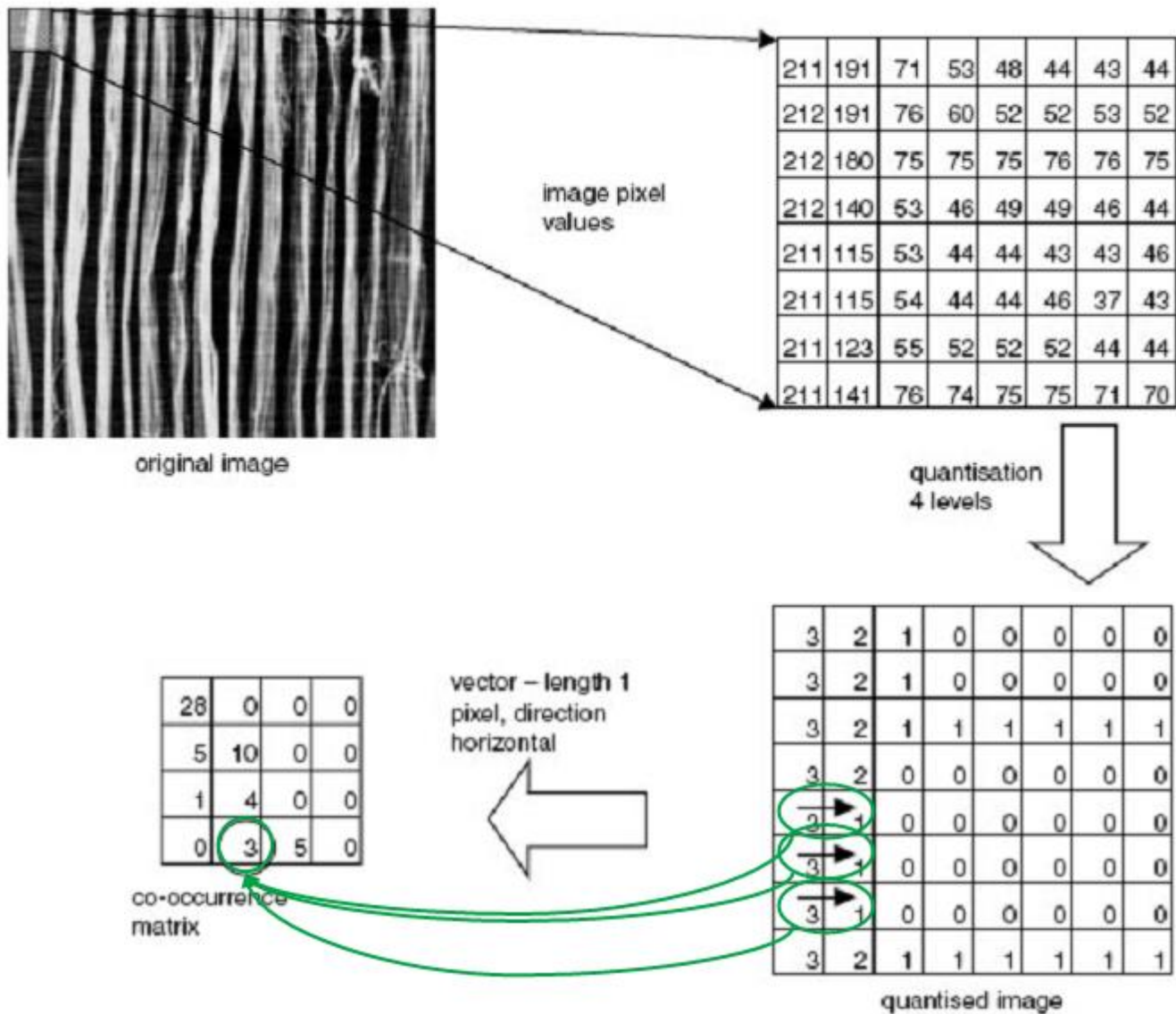
$C_{(1,1)}$



Полутоновая матрица вхождений

$$C(i, j) = \sum_{p=1}^N \sum_{q=1}^M \begin{cases} 1, \text{ если } I(p, q) = i, I(p + \Delta x, q + \Delta y) = j \\ 0, \text{ иначе} \end{cases}$$

$d=(\Delta x, \Delta y)$  – вектор пространственного отношения



# Основные разновидности стандартной полутоновой матрицы вхождений Gray Level Co-occurrence Matrices (GLCM)

- Нормированная полутоновая матрица вхождений

$$N_d(i, j) = \frac{C_d(i, j)}{\sum_i \sum_j C_d(i, j)}$$

- Симметричная полутоновая матрица вхождений

$$S_d(i, j) = C_d(i, j) + C_{-d}(i, j)$$

# Матрицы вхождений

- представляют свойства текстуры
- но не удобны для непосредственного применения при анализе изображений
- используются для вычисления числовых характерных признаков для более компактного представления текстуры

# Матрицы смежности: характеристики Харалика

Статистические параметры, вычисленные по матрицам:

$$Energy = \sum_i \sum_j C^2(i, j) \quad - \text{минимален, когда все элементы равны}$$

$$Entropy = - \sum_i \sum_j C(i, j) \log_2 C(i, j) \quad - \text{мера хаотичности, максимален, когда все элементы равны}$$

$$Contrast = \sum_i \sum_j (i - j)^2 C(i, j) \quad - \text{мал, когда большие элементы вблизи главной диагонали}$$

$$Inverse\ Difference\ Moment = \sum_i \sum_j \frac{C(i, j)}{1 + (i - j)^2} \quad - \text{мал, когда большие элементы далеки от главной диагонали}$$

$$Correlation = \frac{\sum_i \sum_j (i - \mu_i)(j - \mu_j) N_d(i, j)}{\sigma_i \sigma_j}$$

# Проблема

- Выбор вектора смещения  $d$
- Zucker, Terzopoulos (1980) предложили использовать статистическую проверку  $\chi^2$  для выбора значений  $d$

$$\max \chi^2(d) = \left( \sum_i \sum_j \frac{N_d^2(i, j)}{N_d(i)N_d(j)} - 1 \right)$$

$$N_d(i) = \sum_j N_d(i, j)$$

$$N_d(j) = \sum_i N_d(i, j)$$



# Рассматриваемые характеристики

- Представление текстуры -- Вектор текстурного описания
  - Пятикомпонентный вектор Харалика (Энергия, Энтропия, Контраст, Однородность, Корреляция)
  - **Девятикомпонентный вектор, соответствующий энергетическим текстурным характеристикам Лавса**
- Определение сходства с учетом выбранного представления текстуры
  - Признаки Тамуга
  - Определение структуры изображения с помощью блоков фильтров (Фильтры Габора)

# Энергетические текстурные характеристики Лавса (Laws)

- Обнаружение различных типов текстур с помощью локальных масок
- Энергетический подход, в котором оценивается изменение содержания текстуры в пределах окна фиксированного размера
- Для вычисления энергетических характеристик используется набор из девяти масок  $5 \times 5$
- Энергетические характеристики каждого пиксела представляются вектором из 9 чисел

# Векторы для вычисления масок

Для вычисления симметричного  
взвешенного локального среднего  
значения

$$L5 \text{ (Level)} : [ 1 \ 4 \ 6 \ 4 \ 1 ]$$

Для обнаружения краев

$$E5 \text{ (Edge)} : [ -1 \ -2 \ 0 \ 2 \ 1 ]$$

Для обнаружения пятен

$$S5 \text{ (Spot)} : [ -1 \ 0 \ 2 \ 0 \ -1 ]$$

Для обнаружения образа в виде ряби

$$R5 \text{ (Ripple)} : [ 1 \ -4 \ 6 \ -4 \ 1 ]$$

## Получение двумерных масок

$$E5 \times L5 = E5L5$$

$$\begin{bmatrix} -1 \\ -2 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \times [ 1 \quad 4 \quad 6 \quad 4 \quad 1 ] = \begin{bmatrix} -1 & -4 & -6 & -4 & -1 \\ -2 & -8 & -12 & -8 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 8 & 12 & 8 & 2 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

# Метод Лавса (шаг 1)

## Устранение влияния интенсивности освещения

По изображению перемещается окно и из каждого пиксела вычитается локальное среднее значение.

Формируется изображение, на котором средняя интенсивность каждой пиксельной окрестности близка к 0.

Размер окна зависит от типа изображений.

Для естественных сцен окно – 15x15

## Метод Лавса (шаг 2)

**Применение каждой из 16 масок 5x5**

Формируются профильтрованные изображения

**Энергетическая текстурная карта –**

полноразмерное изображение

$$E_k[r, c] = \sum_{j=c-7}^{c+7} \sum_{i=r-7}^{r+7} | F_k[i, j] |$$

$F_k [i, j]$  – результат фильтрации пиксела  $k$ -ой маской

## Метод Лавса (шаг 3)

Каждая симметричная пара карт заменяется усредненной картой

Например, можно усреднить:

E5L5 – горизонтальные края

L5E5 – вертикальные края

Среднее – края обоих типов

16 карт → 9 карт

# Девять окончательных энергетических карт

L5E5/E5L5

E5R5/R5E5

L5S5/S5L5

S5S5

L5R5/R5L5

S5R5/R5S5

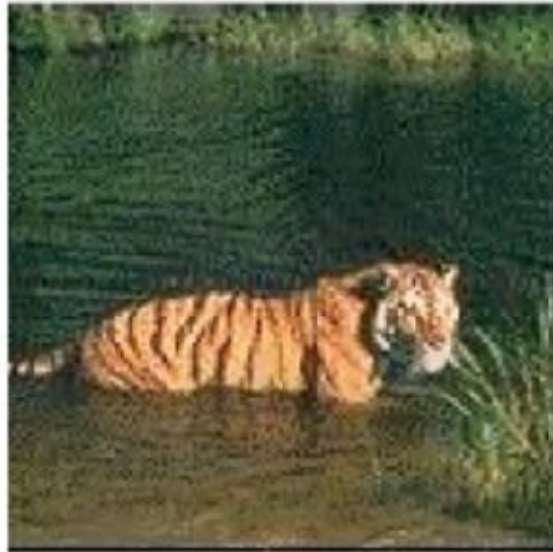
E5E5

R5R5

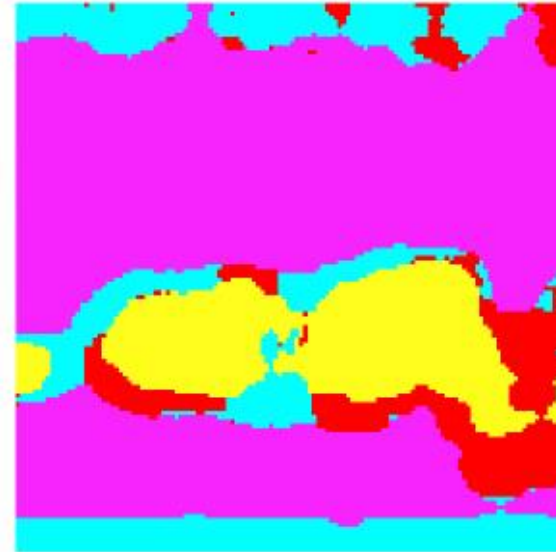
E5S5/S5E5



# Сегментация (характеристики Лавса)



(a) Original image



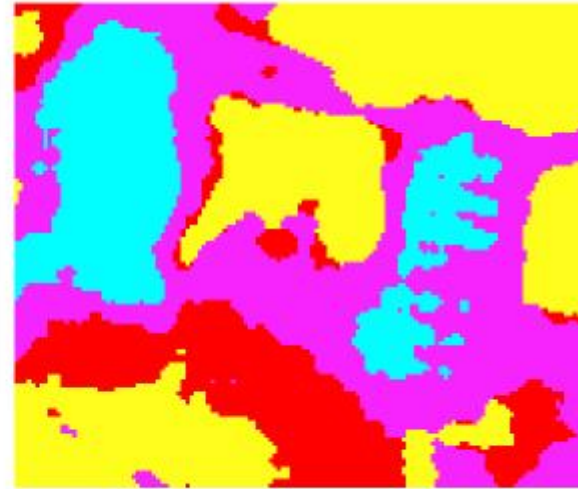
(b) Segmentation into 4 clusters

Region	E5E5	S5S5	R5R5	E5L5	S5L5	R5L5	S5E5	R5E5	R5S5
Tiger	168.1	84.0	807.7	553.7	354.4	910.6	116.3	339.2	257.4
Water	68.5	36.9	366.8	218.7	149.3	459.4	49.6	159.1	117.3
Flags	258.1	113.0	787.7	1057.6	702.2	2056.3	182.4	611.5	350.8
Fence	189.5	80.7	624.3	701.7	377.5	803.1	120.6	297.5	215.0
Grass	206.5	103.6	1031.7	625.2	428.3	1153.6	146.0	427.5	323.6
Small flowers	114.9	48.6	289.1	402.6	241.3	484.3	73.6	158.2	109.3
Big flowers	76.7	28.8	177.1	301.5	158.4	270.0	45.6	89.7	62.9
Borders	15.3	6.4	64.4	92.3	36.3	74.5	9.3	26.1	19.5

# Сегментация (характеристики Лавса)



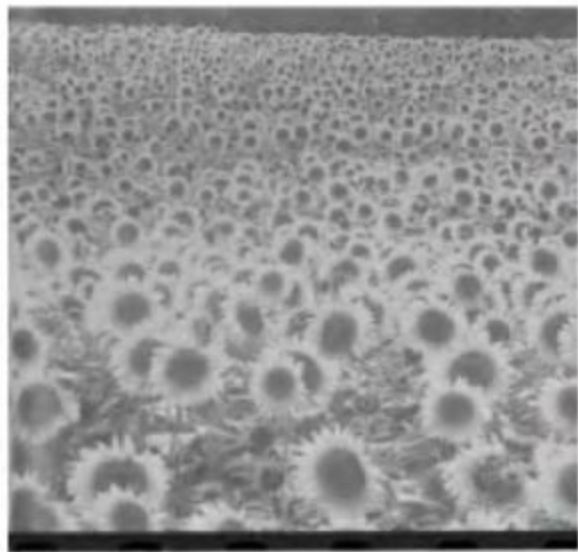
(c) Original image



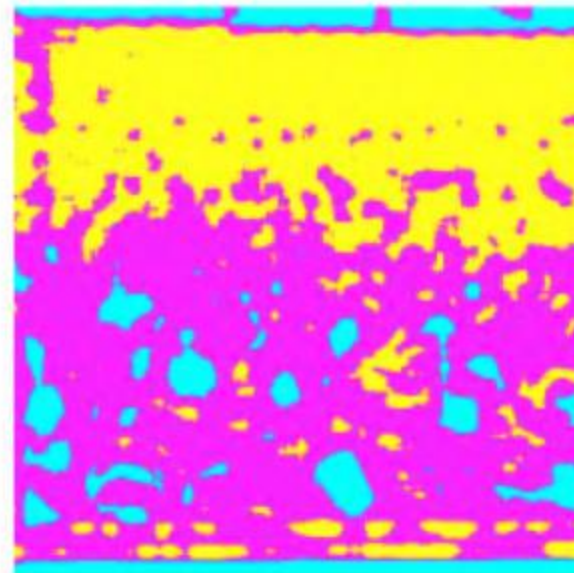
(d) Segmentation into 4 clusters

Region	E5E5	S5S5	R5R5	E5L5	S5L5	R5L5	S5E5	R5E5	R5S5
Tiger	168.1	84.0	807.7	553.7	354.4	910.6	116.3	339.2	257.4
Water	68.5	36.9	366.8	218.7	149.3	459.4	49.6	159.1	117.3
Flags	258.1	113.0	787.7	1057.6	702.2	2056.3	182.4	611.5	350.8
Fence	189.5	80.7	624.3	701.7	377.5	803.1	120.6	297.5	215.0
Grass	206.5	103.6	1031.7	625.2	428.3	1153.6	146.0	427.5	323.6
Small flowers	114.9	48.6	289.1	402.6	241.3	484.3	73.6	158.2	109.3
Big flowers	76.7	28.8	177.1	301.5	158.4	270.0	45.6	89.7	62.9
Borders	15.3	6.4	64.4	92.3	36.3	74.5	9.3	26.1	19.5

# Сегментация (характеристики Лавса)



(e) Original image



(f) Segmentation into 3 clusters

Region	E5E5	S5S5	R5R5	E5L5	S5L5	R5L5	S5E5	R5E5	R5S5
Tiger	168.1	84.0	807.7	553.7	354.4	910.6	116.3	339.2	257.4
Water	68.5	36.9	366.8	218.7	149.3	459.4	49.6	159.1	117.3
Flags	258.1	113.0	787.7	1057.6	702.2	2056.3	182.4	611.5	350.8
Fence	189.5	80.7	624.3	701.7	377.5	803.1	120.6	297.5	215.0
Grass	206.5	103.6	1031.7	625.2	428.3	1153.6	146.0	427.5	323.6
Small flowers	114.9	48.6	289.1	402.6	241.3	484.3	73.6	158.2	109.3
Big flowers	76.7	28.8	177.1	301.5	158.4	270.0	45.6	89.7	62.9
Borders	15.3	6.4	64.4	92.3	36.3	74.5	9.3	26.1	19.5

# Использование меры расстояния на основе энергетических текстурных характеристик Лавса

L5E5/E5L5

L5S5/S5L5

L5R5/R5L5

E5E5

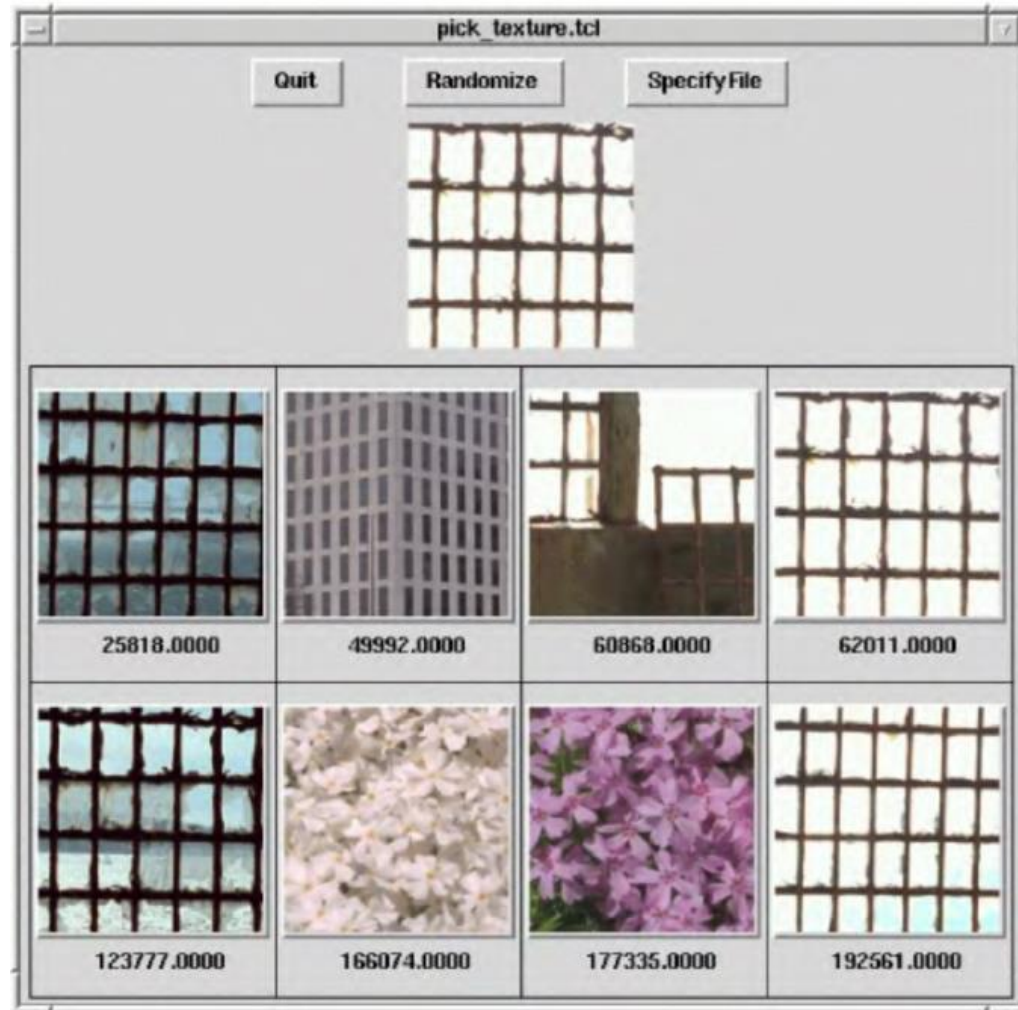
E5S5/S5E5

E5R5/R5E5

S5S5

S5R5/R5S5

R5R5



# Рассматриваемые характеристики

- Представление текстуры -- Вектор текстурного описания
  - Пятикомпонентный вектор Харалика (Энергия, Энтропия, Контраст, Однородность, Корреляция)
  - Девятикомпонентный вектор, соответствующий энергетическим текстурным характеристикам Лавса
- Определение сходства с учетом выбранного представления текстуры
  - **Признаки Tamura**
  - Определение структуры изображения с помощью блоков фильтров (Фильтры Габора)

# Признаки Тамуры

Имеются 6 признаков, признанных существенными для зрительного восприятия в результате психологического эксперимента

Все они вычисляются по эвристическим процедурам и никак не масштабируются.

Tamura, H. Textural Features Corresponding to Visual Perception / H. Tamura, Sh. Mori, T. Yamawaki // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1978. – June, Vol. SMC-8. – P. 460-473.

# Признаки Тамуры

- **Зернистость** – это признак, связанный с расстоянием между заметными пространственными колебаниями оттенков серого, то есть с размером примитивных элементов (текселей), формирующих текстуру.
- **Контраст Тамуры** – это мера того, насколько сильно и резко может меняться цвет на изображении.
- **Направленность** – это признак, измеряемый с помощью гистограммы локальных направлений контуров.

# Признаки Тамуры

- **Линейность** – это признак, показывающий, насколько прямолинейны контуры на изображении.
- **Регулярность** – это общая изменчивость первых четырёх признаков между различными частями изображения.
- **Грубость** – субъективная оценка грубости переходов на изображении



# Признаки Tamura

Характеристики, существенные для зрительного восприятия:

- Зернистость (coarseness)
- Контрастность (contrast)
- Направленность (directionality)
- Линейность (line-likeness)
- Регулярность (regularity)
- Грубость (roughness)

Tamura image:

Coarseness-coNtrast-Directionality – точки в трехмерном пространстве CND

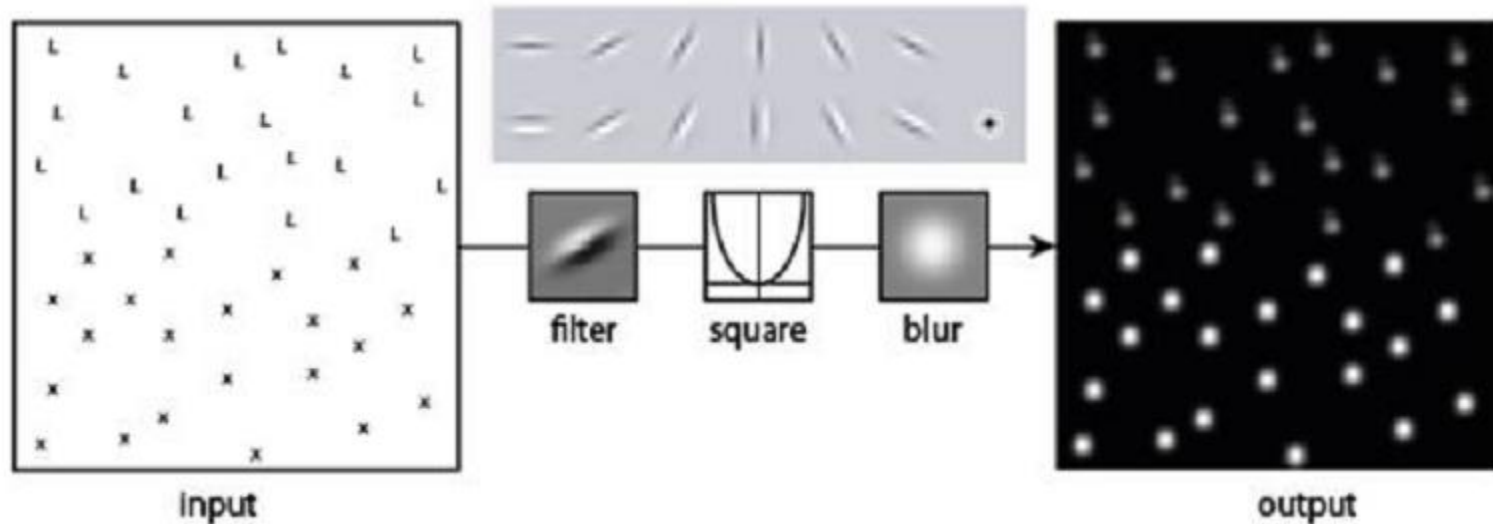
Признаки:

- Евклидово расстояние в 3D (QBIC)
- 3D гистограмма (Mars)

# Рассматриваемые характеристики

- Представление текстуры -- Вектор текстурного описания
  - Пятикомпонентный вектор Харалика (Энергия, Энтропия, Контраст, Однородность, Корреляция)
  - Девятикомпонентный вектор, соответствующий энергетическим текстурным характеристикам Лавса
- Определение сходства с учетом выбранного представления текстуры
  - Признаки Tamura
  - **Определение структуры изображения с помощью блоков фильтров (Фильтры Габора)**

# Банки текстурных фильтров



- Выберем набор (банк) фильтров, каждый из которых чувствителен к краю определенной ориентации и размера
- Каждый пиксель изображения после обработки банком фильтров даёт вектор признаков
- Этот вектор признаков эффективно описывает локальную текстуру окрестности пикселя

Pietro Perona and Jitendra Malik «Detecting and Localizing edges composed of steps, peaks and roofs», ICCV 1990

# Банки текстурных фильтров

- **Фильтры Габора**
- Признаки Хаара

# Фильтры Габора

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

$\lambda$  — длина волны

$\theta$  — ориентация

$\sigma$  — сигма гауссиана

$\psi$  — сдвиг фазы

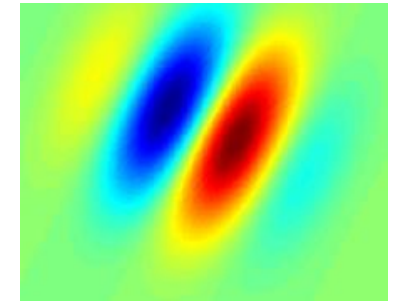
$\gamma$  — коэффициент сжатия

или соотношение размеров  
(aspect ratio),

«эллиптичность фильтра»

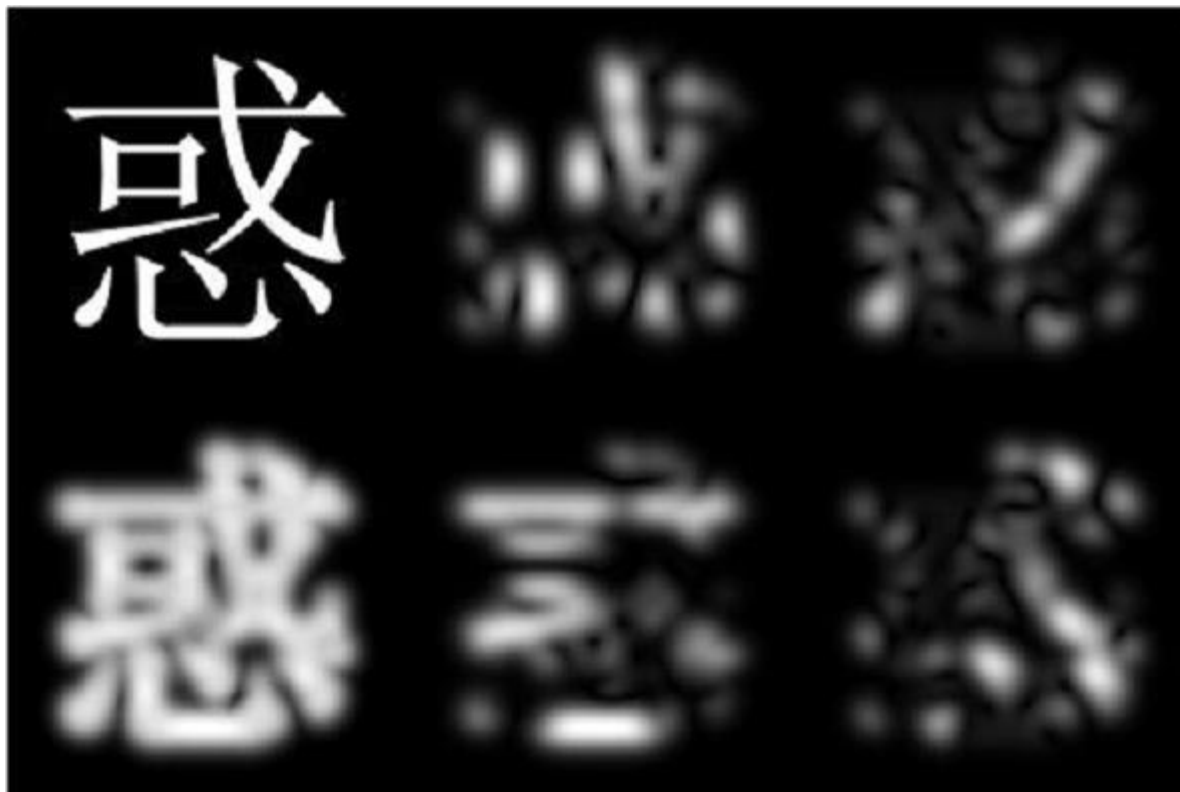
$$x' = x \cos(\theta) + y \sin(\theta)$$

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



- 2D фильтр Габора – ядро гауссиана, домноженное на синусоиду
- Предложены в 1947 Денисом Габором (нобелевским лауреатом), независимо переоткрыты в 1980 году
- Позволяет сделать банк фильтров, для выделения краёв разной ориентации, масштаба и положения в окрестности

## Поиск краёв с помощью Габора



- Слева вверху – иероглиф
- 4 справа – применение фильтров Габора с ориентациями 0, 45, 90 и 135 градусов
- Слева внизу – совмещение результатов фильтрации

Фильтр Габора эффективен при обработке изображений со структурной избыточностью, имеющих квазипериодическую структуру.

Дактилоскопические изображения, изображения кристаллограмм и интерферрограмм.

Окрас у зебр, различных кошачьих (тигры, рыси, дымчатые коты), птиц (тетерева), рыб (лепоринус полосатый).

Исходное  
дактилоскопическое  
изображение



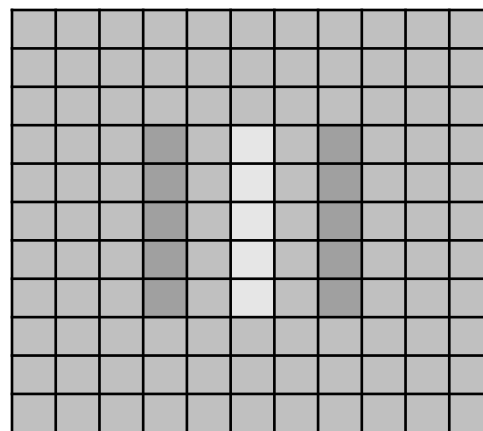
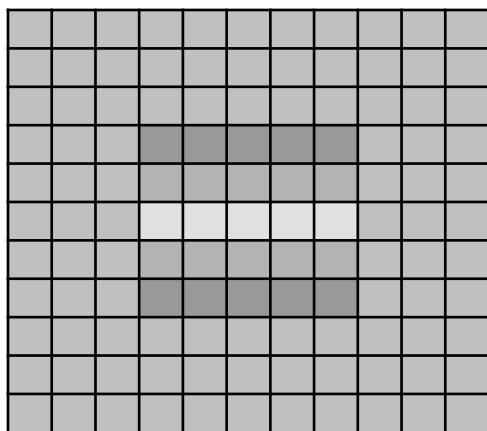
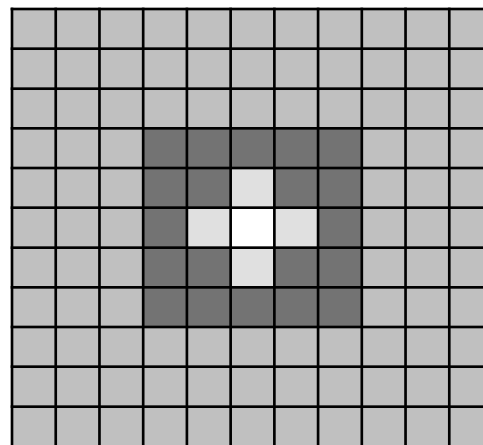
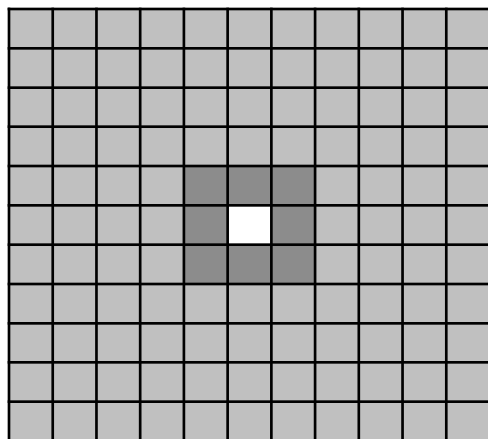
Дактилоскопическое  
изображение,  
обработанное  
фильтром Габора

# Банки текстурных фильтров

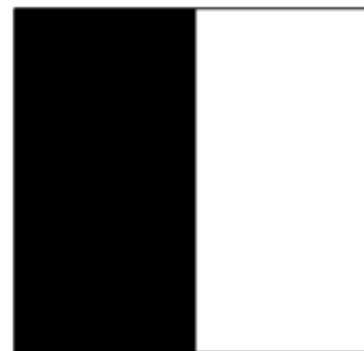
- Фильтры Габора
- **Признаки Хаара**



# Признаки Хаара



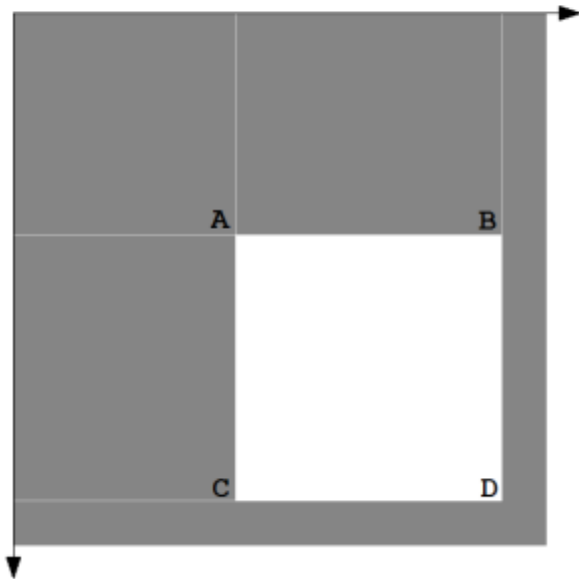
# Признаки Хаара



Интегральное изменение яркости

# Интегральное представление изображения

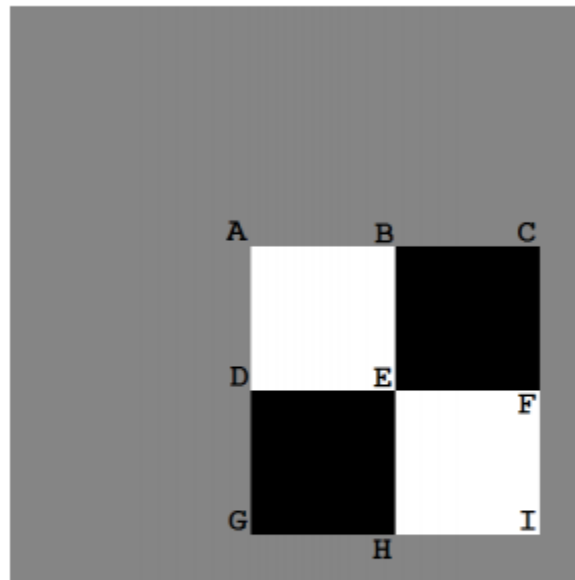
$$L(x, y) = \sum_{i=0}^{i \leq x} \sum_{j=0}^{j \leq y} I(i, j)$$



$$I_{ABCD} = L_D - L_B - L_C + L_A$$

$$L(x, y) = I(x, y) - L(x-1, y-1) + L(x, y-1) + L(x-1, y)$$

# Интегральное представление



$$S_{ACGI} = L_A - 2L_B + L_C - 2L_D + 4L_E - 2L_F + L_G - 2L_H + L_I$$

# Меры текстурного сходства

- Расстояние от выбранного образца

$$d_{pick\_and\_click}(I, Q) = \min_{i \in I} \|T(i) - T(Q)\|^2$$

- Обобщение на случай текстурных характеристик на основе закрасенных сеток

$$d_{gridded\_texture}(I, Q) = \sum_g \hat{d}_{texture}(T^I(g), T^Q(g))$$

- Расстояние между текстурными гистограммами

# Характеристики сходства изображений

Основные группы:

1. Цветовое сходство
2. Текстурное сходство
3. Сходство формы
4. Дескрипторы изображений
5. Сходство объектов и отношений между объектами

# Требования к признакам формы

- Инвариантность к параллельному переносу
- Инвариантность к изменению масштаба
- Инвариантность к повороту
- Устойчивость к незначительным изменениям формы
- Простота вычисления
- Простота сравнения

# Сходство формы

- Сравнение двух областей:
  - Гистограммы формы
  - Методы сопоставления границ
  - Эскизное сопоставление
  - С помощью методов статистического распознавания образов



# Гистограмма формы

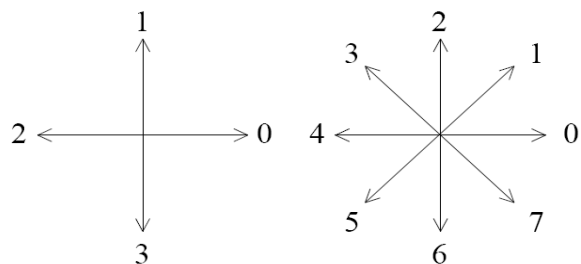
- Способы построения:
  - Проекционное сопоставление
  - По значению угла наклона касательной в каждом граничном пикселе области

# Сопоставление границ

- Представление границ:
  - В виде последовательности символов
  - В виде многоугольника методом полигональной аппроксимации
  - Эластичное сопоставление

# Цепные коды

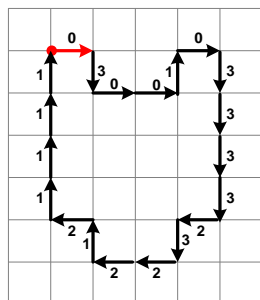
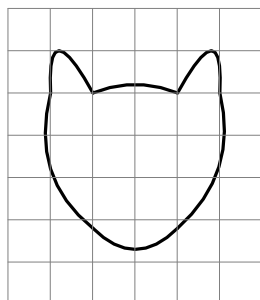
Нумерация направлений для 4-связного и 8-связного цепных кодов:



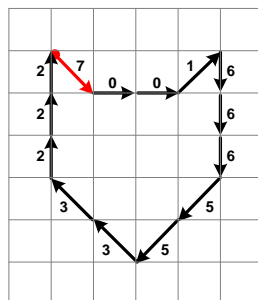
А: 03001033332322121111

Б: 70016665533222

Пример:



А



Б



Инвариантность к выбору начальной точки: минимальный код



Инвариантность к повороту: разности цифр кода

# Представление границ в виде последовательности символов (Коэффициенты Фурье)

$\langle \tilde{V}_0, V_1, \dots, \tilde{V}_{m-1} \rangle$  Набор точек

$$v_k = \frac{V_{k+1} - V_k}{|V_{k+1} - V_k|} \quad \text{Единичные вектора}$$

$$l_k = \sum_{i=1}^k |V_i - V_{i-1}|, \quad k > 0 \quad \text{Кумулятивные разности}$$

$$l_0 = 0$$

$$a_n = \frac{1}{L \left(\frac{n2\pi}{L}\right)^2} \sum_{k=1}^m (v_{k-1} - v_k) e^{-jn(2\pi/L)l_k}$$

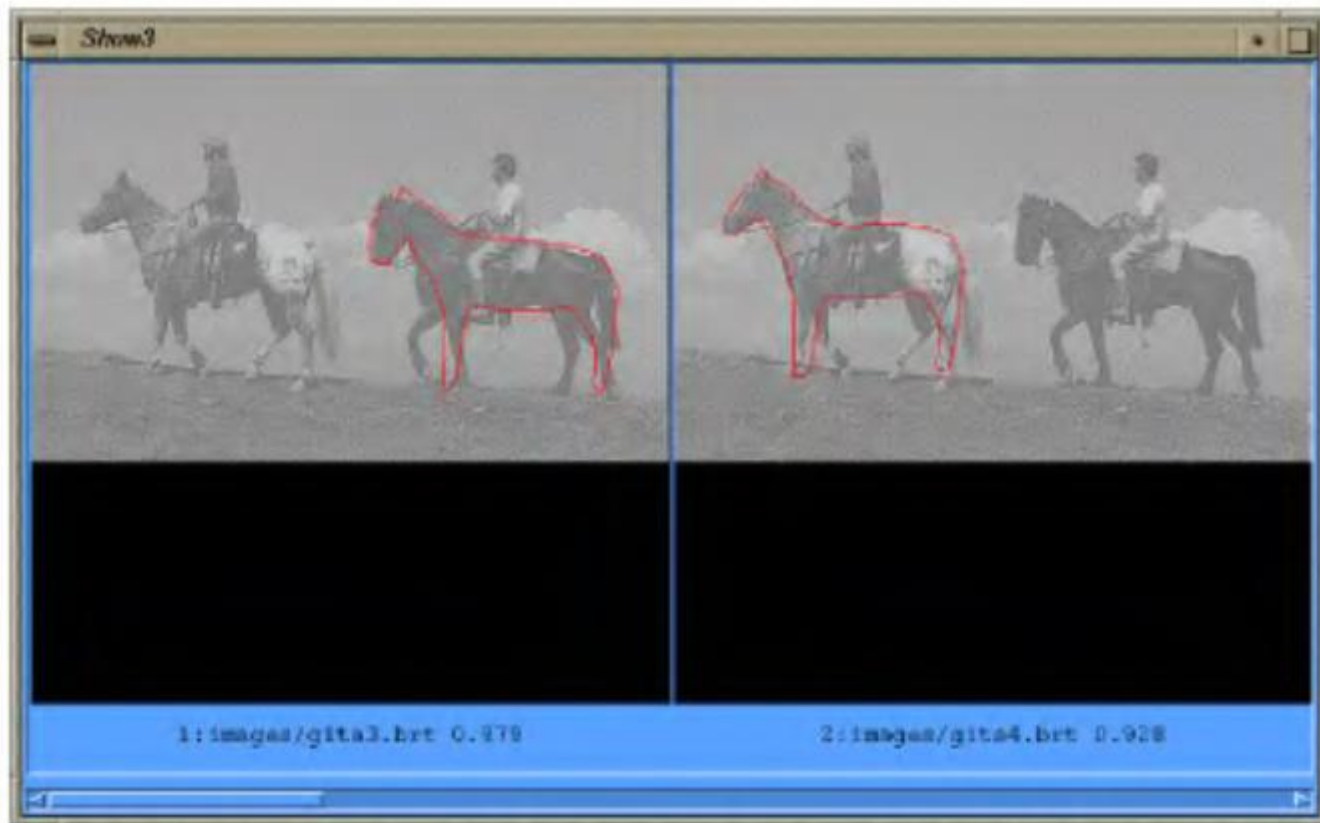
$$d_{\text{Fourier}}(I, Q) = \left[ \sum_{n=-M}^M |a_n^I - a_n^Q|^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

# В виде многоугольника методом полигональной аппроксимации

- Форма представляется в виде последовательности областей стыка

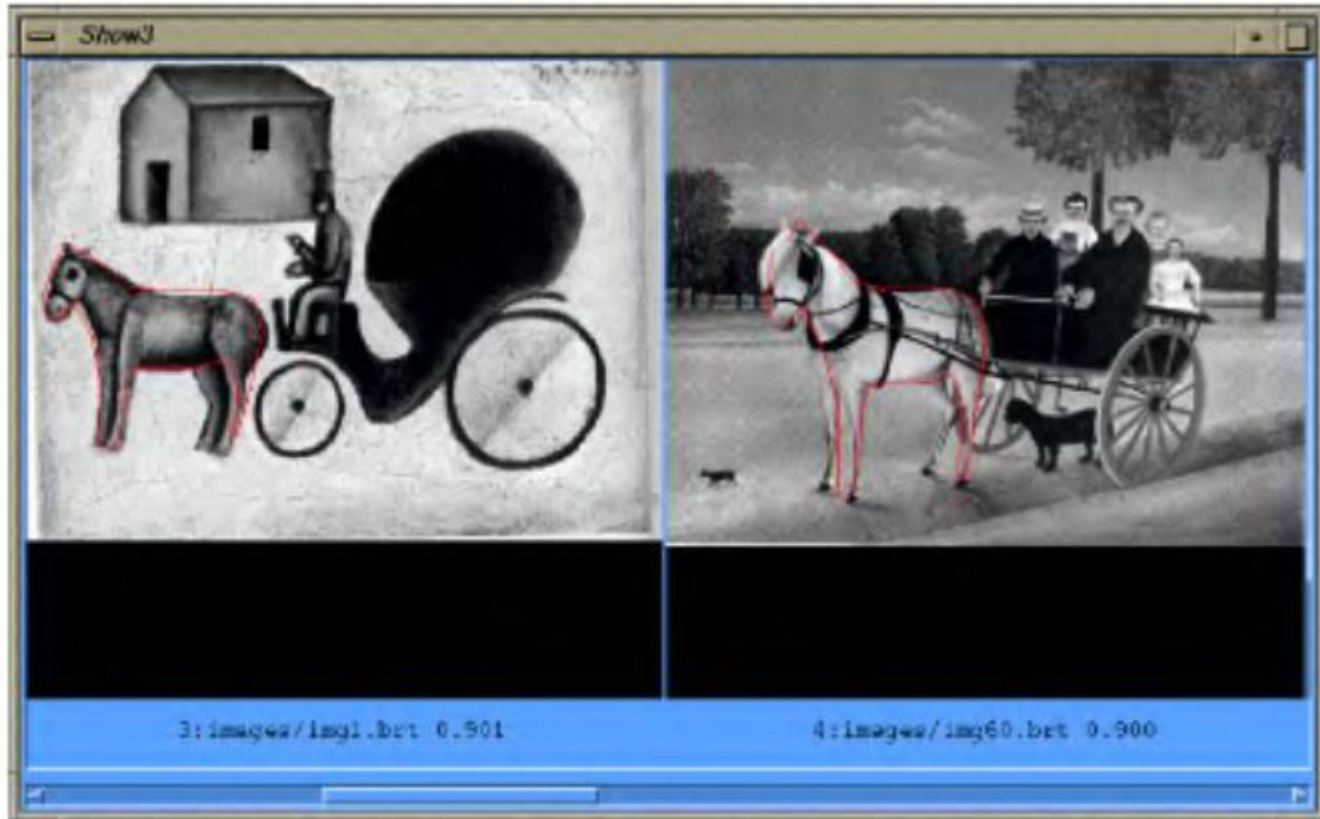
$$\langle X_i, Y_i, \alpha_i \rangle$$

# Эластичное сопоставление



Описание формы на основе контура

# Эластичное сопоставление



# Эскизное сопоставление. Система ART MUSEUM

Предварительная обработка:

1. Уменьшение изображения до заданного размера и удаление шумов с помощью медианного фильтра
2. Обнаружение границ. Во-первых, с помощью глобального порога, затем с помощью локального порога. В результате получается очищенное контурное изображение.
3. На очищенном контурном изображении производится скелетизация и удаляются избыточные контуры. Полученное изображение ещё раз очищается от шумов, и мы получаем требуемое абстрактное представление.

Над эскизом производятся такие же операции обработки.



# Эскизное сопоставление. Система ART MUSEUM

изображение делится на клетки, и для каждой клетки вычисляется корреляция с аналогичной клеткой изображения из базы данных

процедура выполняется несколько раз для разных значений сдвига линейного эскиза

Мера расстояния для эскизного сопоставления

$$d_{sketch}(I, Q) = \frac{1}{\sum_g \max_n [\hat{d}_{correlation}(shift_n(A^I(g)), L^Q(g))]}$$


Home About Retrievr | System One Labs | Flickr

Welcome in 2006!

# retrievr


## All images










Search by: **Sketch** • [Image](#)



Undo Redo Clear

● 20 30 50



 From <a href="#">hog</a>	 From <a href="#">G.H.</a>	 From <a href="#">lazen</a>	 From <a href="#">Hooned.</a>
 From <a href="#">henrik</a>	 From <a href="#">cub in the bucket</a>	 From <a href="#">lool</a>	THIS PHOTO IS CURRENTLY UNAVAILABLE. <a href="#">flickr</a> From <a href="#">biscola72</a>
 From <a href="#">mavda</a>	From <a href="#">Meme1</a>	 From <a href="#">coenbode</a>	THIS PHOTO IS CURRENTLY UNAVAILABLE. <a href="#">flickr</a> From <a href="#">lrry</a>

# Инвариантные моменты

Момент порядка (p+q) двумерной непрерывной функций:

$$m_{pq} = \iint x^p y^q f(x, y) dx dy$$

Центральные моменты для f(x,y) – дискретного изображения:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y), \quad \bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

Вектор признаков:

С использованием нормированных центральных моментов был выведен набор из 7 инвариантных к параллельному переносу, повороту и изменению масштаба моментов.

# Гистограммы или моменты?



Stricker M., Orengo M. Similarity of Color Images. ... (3000 изображений)



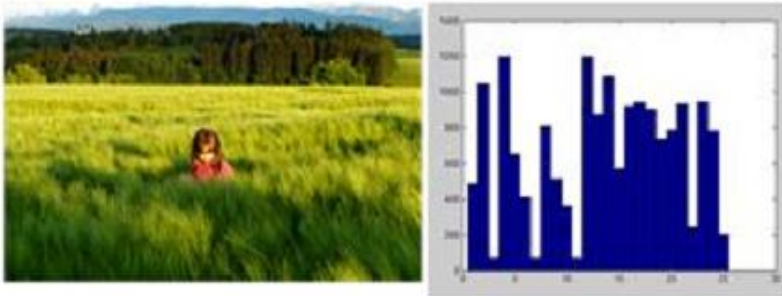
	Полнота	Точность
<u>ColorHist</u>	56,77 %	23,02 %
<u>ColorMoment</u>	55,98 %	25,06 %

# Характеристики сходства изображений

Основные группы:

1. Цветовое сходство
2. Текстурное сходство
3. Сходство формы
4. Дескрипторы изображений
5. Сходство объектов и отношений между объектами

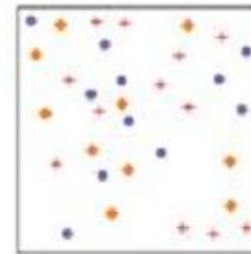
# Дескрипторы изображений



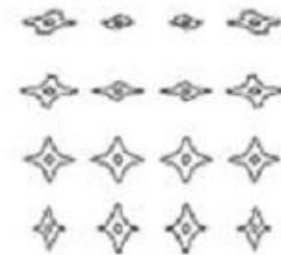
Гистограммы цветов (1995)



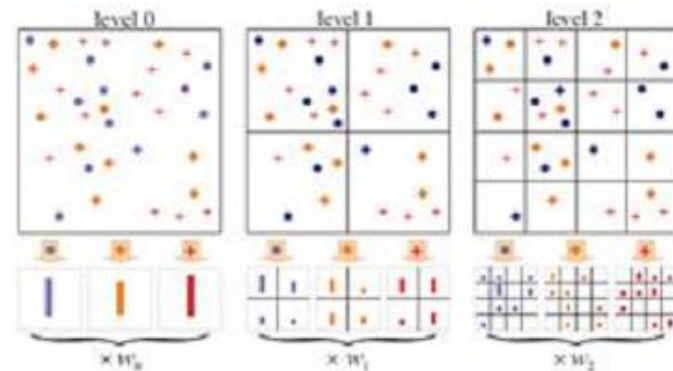
Мешок слов (2003)



Отдельные особенности (2003)

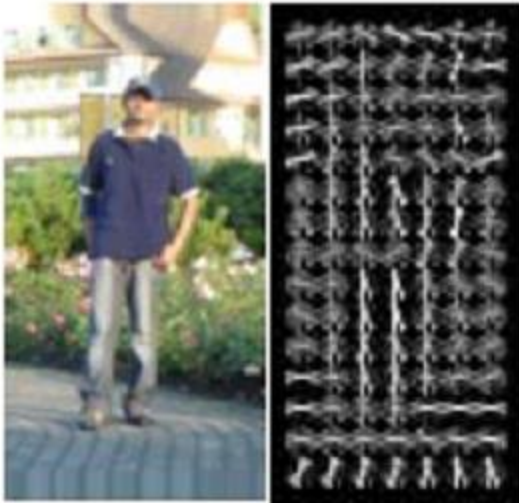


Гистограммы градиентов (2005)



Мешок слов и пирамида (2006)

# Гистограммы градиентов



HOG (2003)

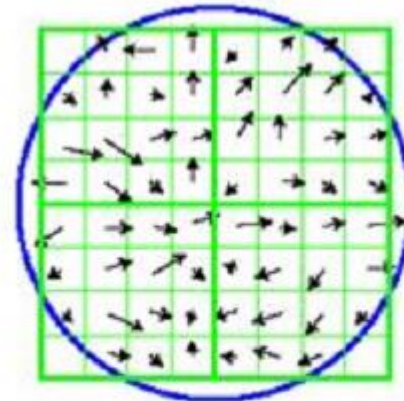
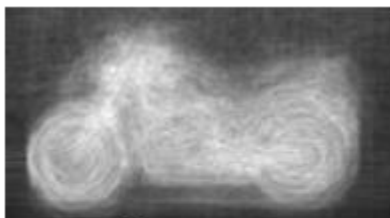


Image gradients

SIFT (2003)

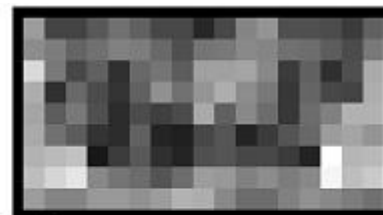
# Дескрипторы: Мотоциклы



Градиенты



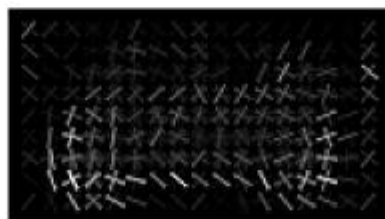
Взвешенные + веса



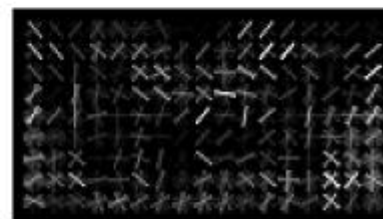
Взвешенные - веса



Окно



Доминирующие +  
ориентации



Доминирующие -  
ориентации

## Примеры работы





# Применение дескрипторов



Запрос



Похожие по GIST + цвету

Дескриптор GIST вычисляется

1. Сверните изображение с помощью 32 фильтров Габора в 4 масштабах, 8 ориентациях, создавая 32 карты характеристик того же размера, что и входное изображение.
2. Разделите каждую карту функций на 16 регионов (сеткой 4x4), а затем усредните значения функций в каждом регионе.
3. Объедините 16 усредненных значений всех 32 карт функций, в результате получится дескриптор GIST размером  $16 \times 32 = 512$ .

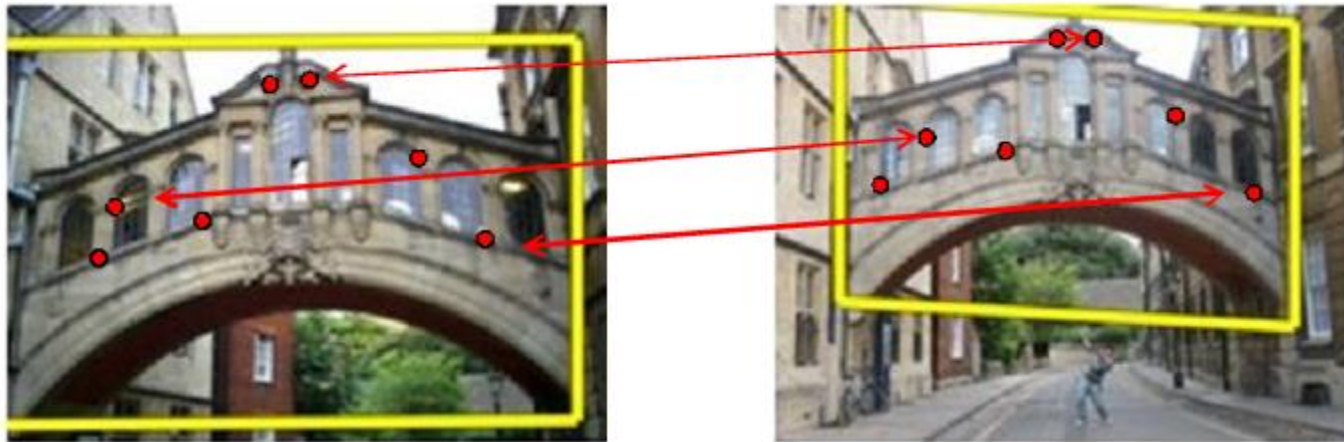
Интуитивно GIST суммирует информацию о градиенте (масштабы и ориентацию) для различных частей изображения, что дает приблизительное описание (суть) сцены.

# Ограничения дескрипторов



- Как с этой задачей справятся дескрипторы?
- Не очень хорошо, т.к. размеры и ориентация объектов могут значительно меняться
- Может помочь сопоставление изображений по ключевым точкам

# Геометрическое сопоставление



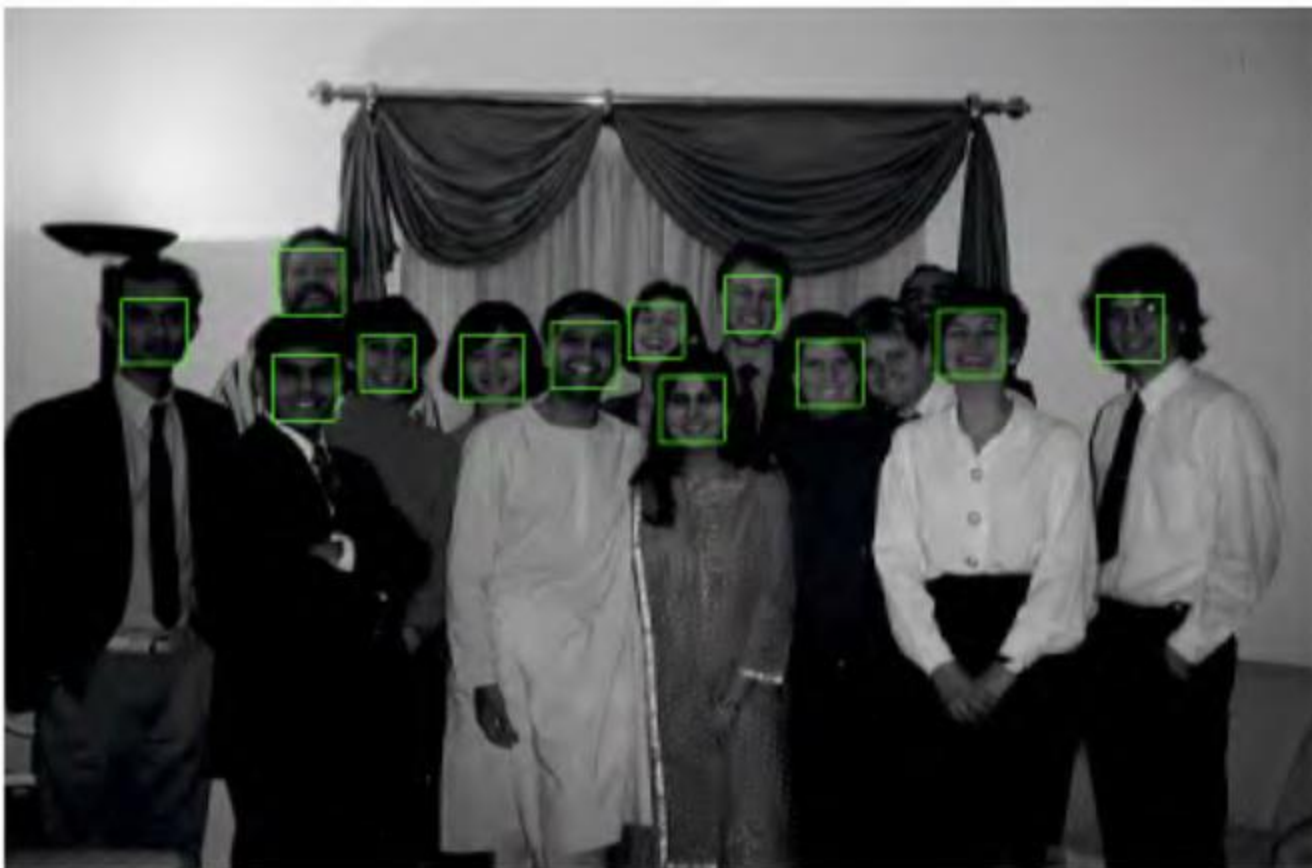
# Характеристики сходства изображений

1. Цветовое сходство
2. Текстурное сходство
3. Сходство формы
4. Дескрипторы изображений
5. Сходство объектов и отношений между объектами

# Обнаружение человеческих лиц

- Существующие алгоритмы обнаружения лиц можно разбить на две широкие категории:
  - Эмпирическое распознавание
  - Моделирование изображения лица
- Обнаружение элементов и особенностей которые характерны для изображения лица
  - Края
  - Яркость
  - Цвет
  - Характерная форма черт лица

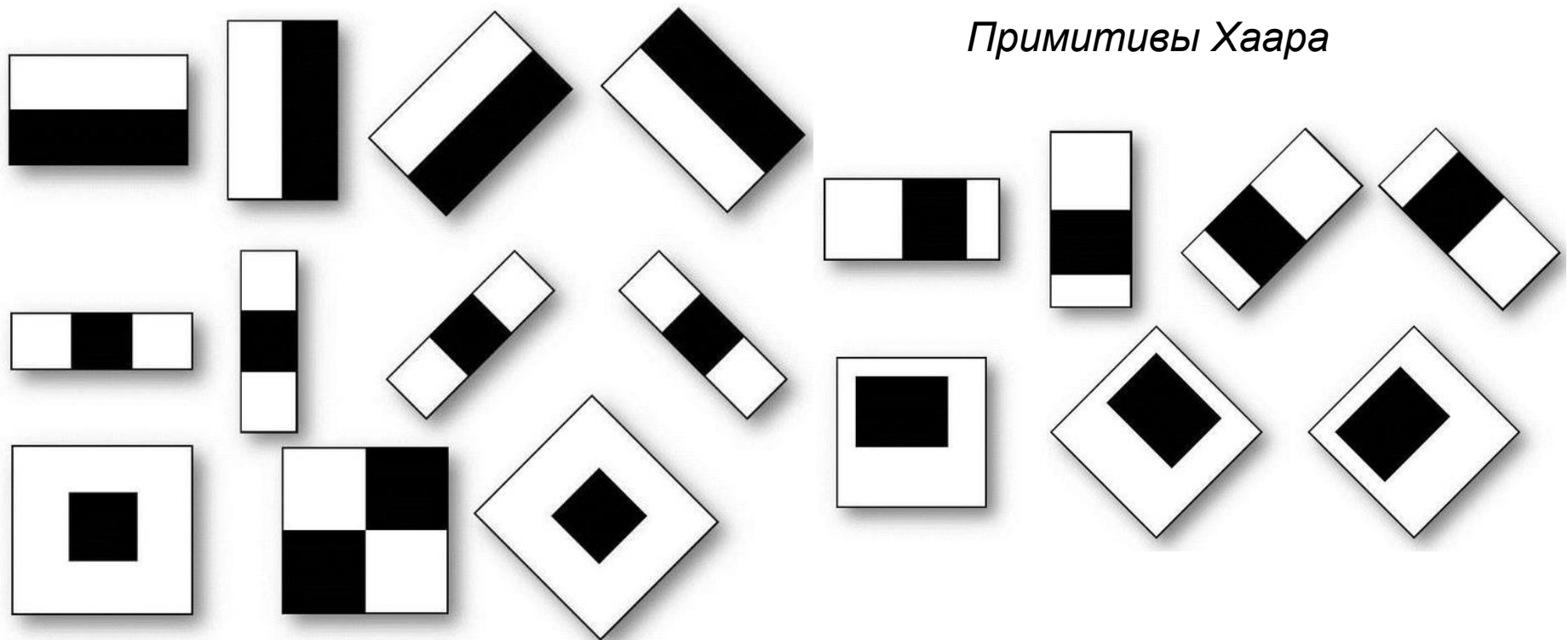
# Обнаружение человеческих лиц, на основе нейронной сети (16000 изображений)



Система из университета Карнеги-Мелон

# Метод Виолы — Джонса

- Предложен в 2001 году Paul Viola и Michael Jones
- Существует множество реализаций, в том числе в составе OpenCV (функция `cvHaarDetectObjects()`)





# How-Old.net

HOW OLD DO I LOOK? #HowOldRobot



Sorry if we didn't quite get the age and gender right – [we are still improving this feature.](#)



**Try Another Photo!**

[Read the story behind this demo](#)



# Обнаружение образов человеческих тел

Исходное RGB-изображение → Логарифмическое цветовое пространство

$$I = L(G)$$

$$R_g = L(R) - L(G)$$

$$B_y = L(B) - \frac{L(G) + L(R)}{2}$$

$$L(x) = 105 \log_{10}(x + 1 + n)$$

$$hue = atan(R_g, B_y)$$

$$texture = med_2(|I - med_1(I)|)$$

$$saturation = \sqrt{R_g^2 + B_y^2}$$

1.  $texture < 5$ ,  $110 < hue < 150$ ,  $20 < saturation < 60$

2.  $texture < 5$ ,  $130 < hue < 170$ ,  $30 < saturation < 130$

[Fleck, Forsyth, Bregler, 1996]

# Признаки в системах поиска

	Цвет	Текстура	Форма
QBIC	Гистограммы (HSV) $dist^2 = H_1 A H_2^T$	Tamura Image, Euclid dist	Геометрические для границ + моменты
VisualSEEk	Гистограммы (HSV), Color Sets, Location info		
Netra	Гистограммы (HSV), Color codebook, кластеризация	Фильтры Габора	Fourier-based (Фурье)
Mars	Гистограммы, HSV $dist = 1 - \sum_{i=1}^N \min(H_1(i), H_2(i))$	Tamura Image, 3D Histo	MFD (Фурье)

# Заключение

- Большой выбор различных способов представления изображений
- Цвет: гистограммы или статистическая модель?
- Текстура: фильтры Габора, фильтры ИСА
- Форма: дескрипторы Фурье, инвариантные моменты
- При сравнении изображений часто необходимо комбинировать различные признаки

# Алгоритмы

- Масштабно-инвариантное преобразование признаков - для извлечения локальных особенностей изображения (SIFT)
- Максимально устойчивые экстремальные области – для нахождения соответствия между элементами изображения из двух изображений с разных точек зрения (MSER)
- Дерево словарного запаса – для классификации или поиска изображений (мешок слов)