



Картинки, картинки, картинки!



Many slides adapted from Alexei Efros and Jean-François Lalonde



Общая информация

Microsoft
Research

Этот курс
подготовлен и
читается при
поддержке Microsoft
Research

Microsoft
Research

- Страница курса
<http://courses.graphicon.ru/main/vision>

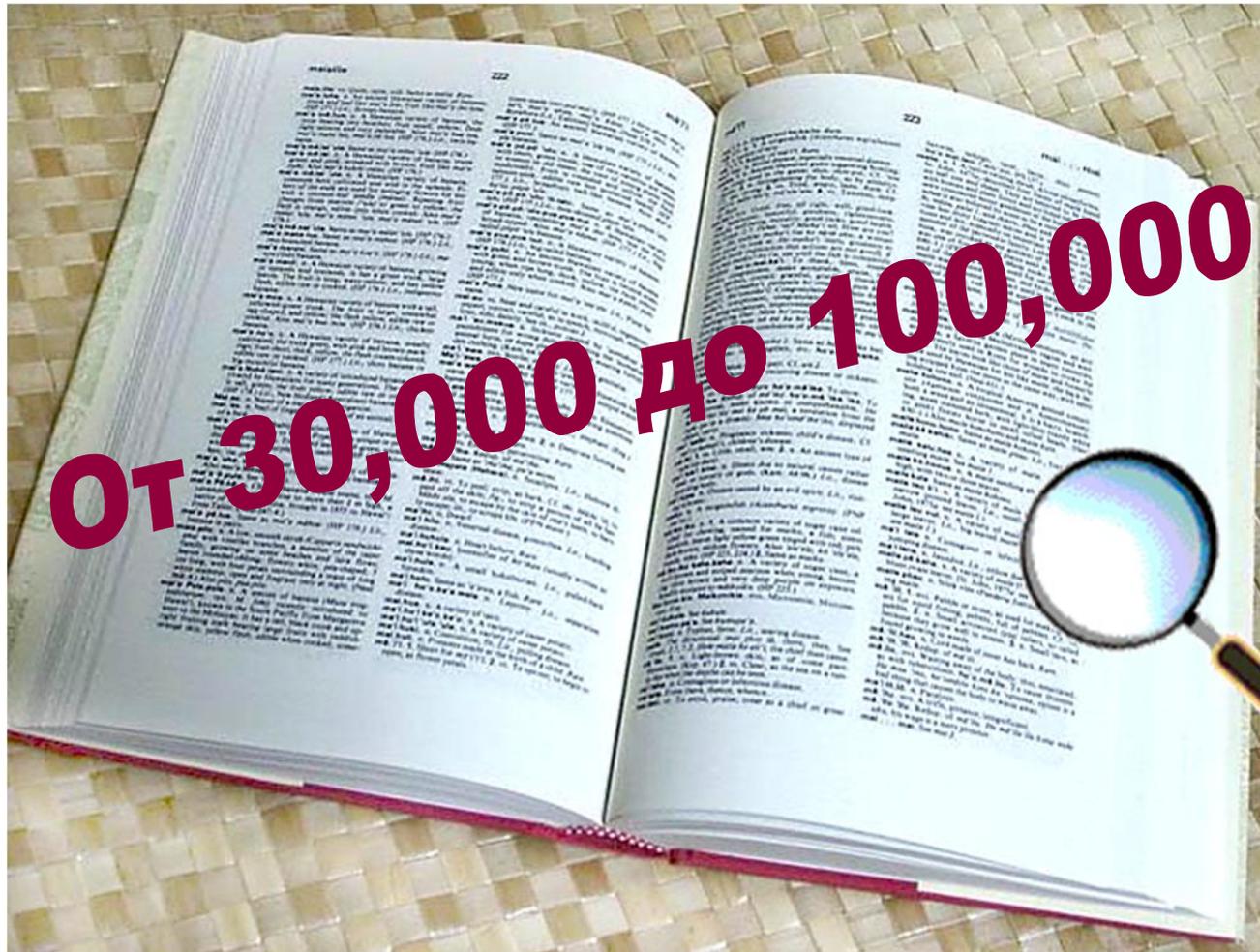


Данные

- Сколько есть классов объектов?
- Сколько вообще изображений в мире, которые нужно уметь распознавать?
- Сколько изображений нам доступно?
 - Что мы про них будем знать?
- Сколько нам нужно данных для обучения алгоритма для работы с классом?



Сколько всего классов объектов?



1500-3000 основных существительных, ~10 подкатегорий

Biederman 1987



10 в степени

Число картинок на диске:

10^4



Число картинок, виденных за 10 лет:

(3 images/second * 60 * 60 * 16 * 365 * 10 = 630720000)

10^8



Число картинок,

виденных всем человечеством:

106,456,367,669 humans¹ * 60 years * 3 images/second * 60 * 60 * 16 * 365 =
1 from <http://www.prb.org/Articles/2002/HowManyPeopleHaveEverLivedonEarth.aspx>

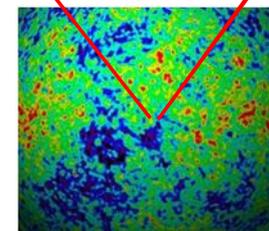
10^{20}



Число картинок во вселенной:

10^{81} atoms * 10^{81} * 10^{81} =

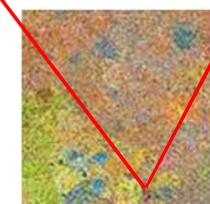
10^{243}



Число всех картинок 32x32 :

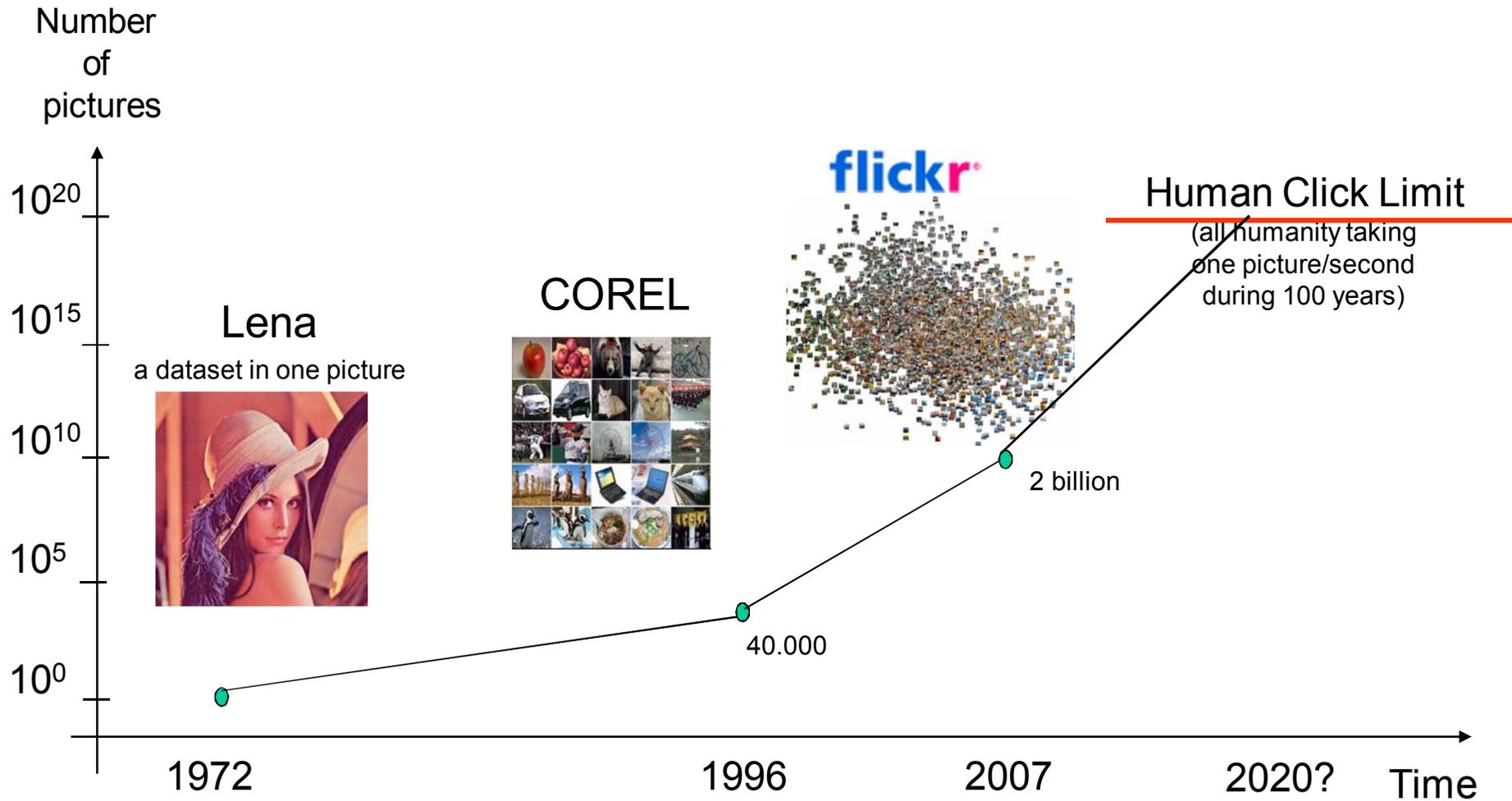
$256^{32*32*3} \sim 10^{7373}$

10^{7373}



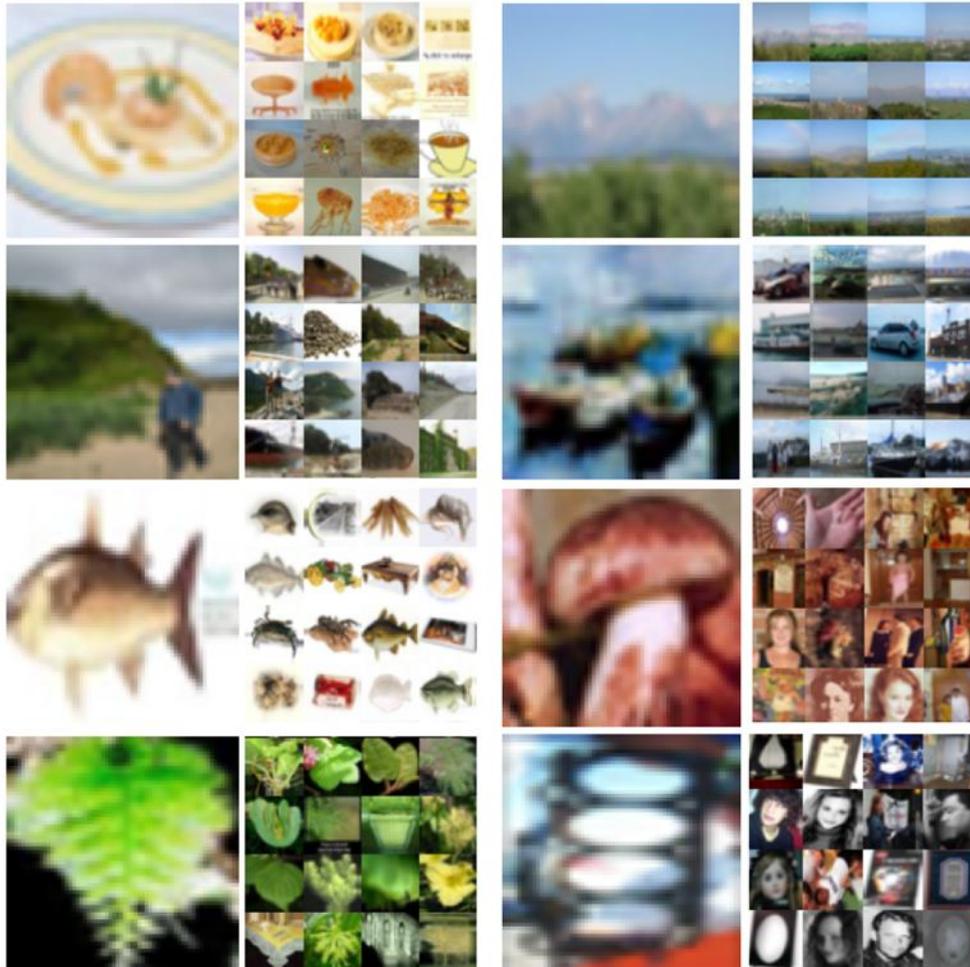


Доступные данные





Крошки-картинки (Tiny images)

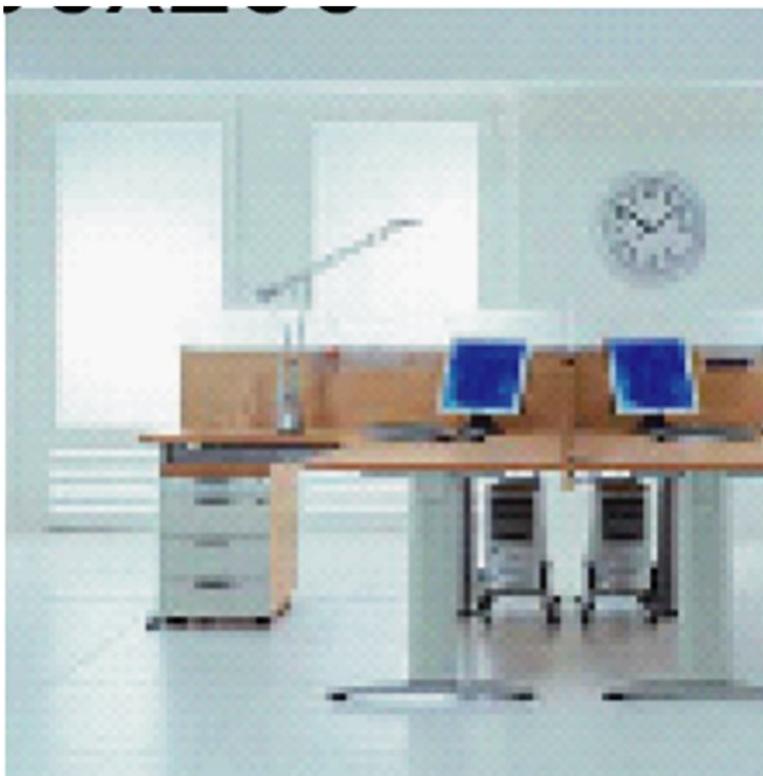


Что мы можем
сделать, если у нас
есть 80 миллионов
картинок?

A. Torralba, R. Fergus, W. T. Freeman [80 million tiny images: a large dataset for non-parametric object and scene recognition](#) IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.30(11), pp. 1958-1970, 2008.



Примеры изображений





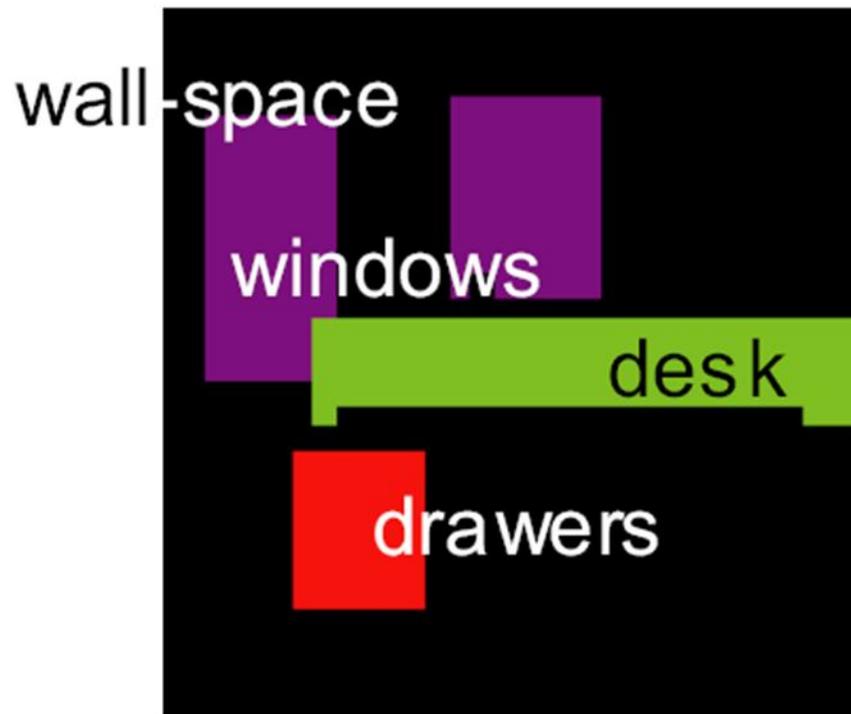
Примеры изображений



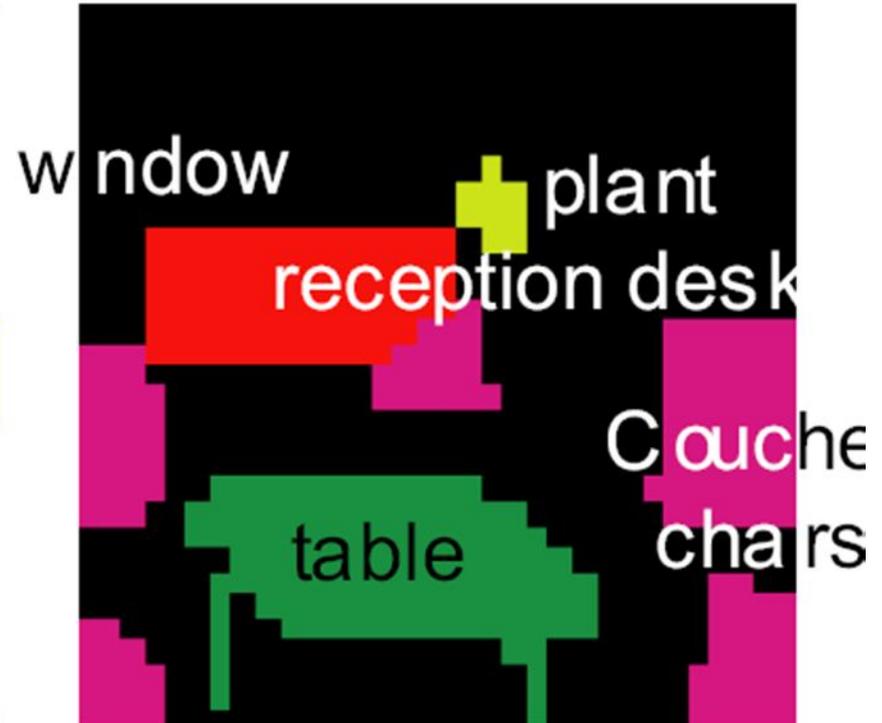


Сегментация

office

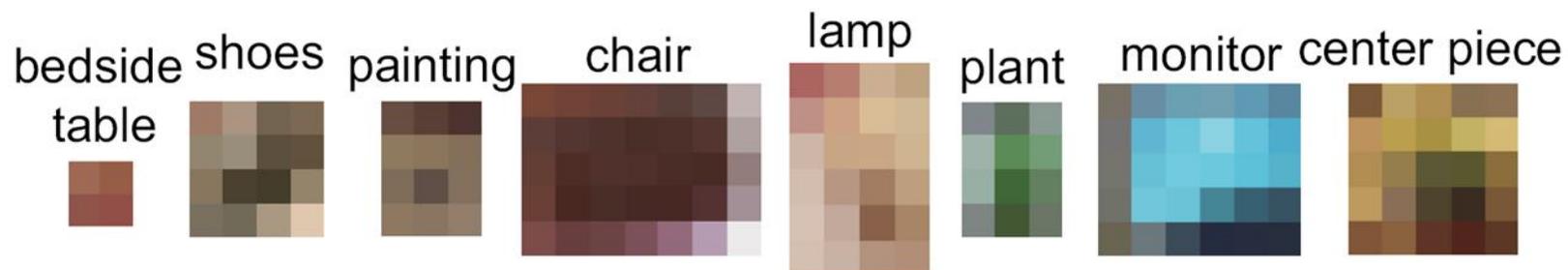


waiting area



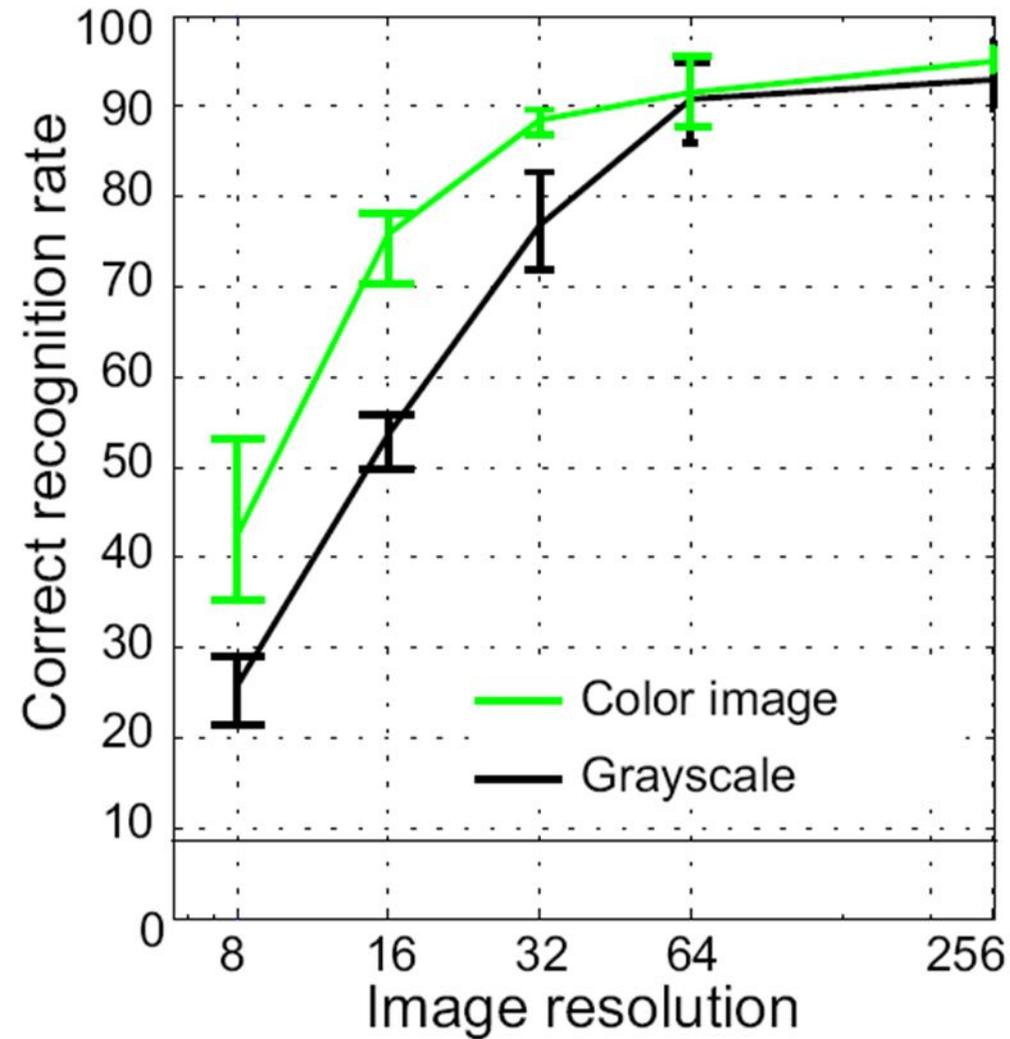


Отдельные объекты





Распознавание человеком





80 миллионов изображений



<http://people.csail.mit.edu/torralba/tinyimages/>



80 Million Tiny Images

6919) Mohammed ali Hide definition

Click on the image if you think it is correct (a green frame will appear), and twice if it is wrong. For images that you are not sure leave the black frame around the image.

Click to submit selection Next ▶

Definition (from Wordnet)
Mohammed Ali, Mehemet Ali, Muhammad Ali -- (Albanian soldier in the service of Turkey who was made viceroy of Egypt and took control away from the Ottoman Empire and established Egypt as a modern state (1769-1849))

Wikipedia: [open wikipedia page](#)

Average Image





Поиск по коллекции

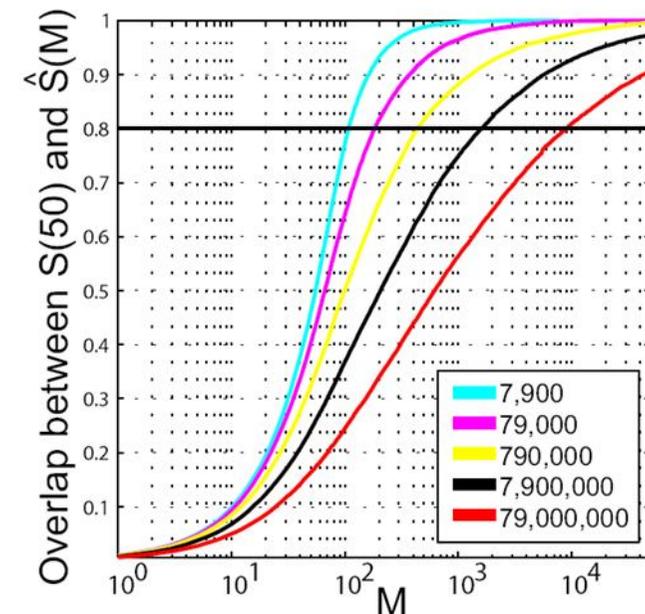
- SSD метрика для сравнения изображений

$$D_{SSD}^2 = \sum_{x,y,c} (I_1(x,y,c) - I_2(x,y,c))^2$$

- Для ускорения поиска используем индексацию по первым 19 главным компонентам всей коллекции 80М изображений

$$\hat{D}_{SSD}^2 = \sum_n (v_1(n) - v_2(n))^2$$

- Отдельно расчет, сколько приблизительных M изображений нужно выбрать, чтобы найти N=50 точных ближайших (график)
- Выбираем 16000 по приближенной метрики, внутри сравниваем точно





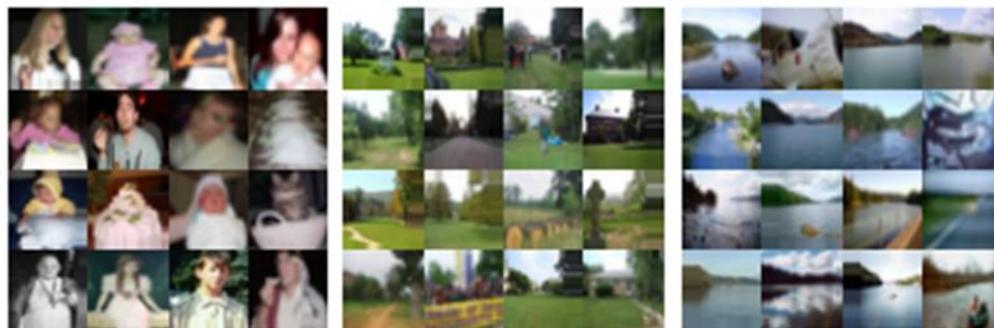
Target



7,900



790,000



79,000,000





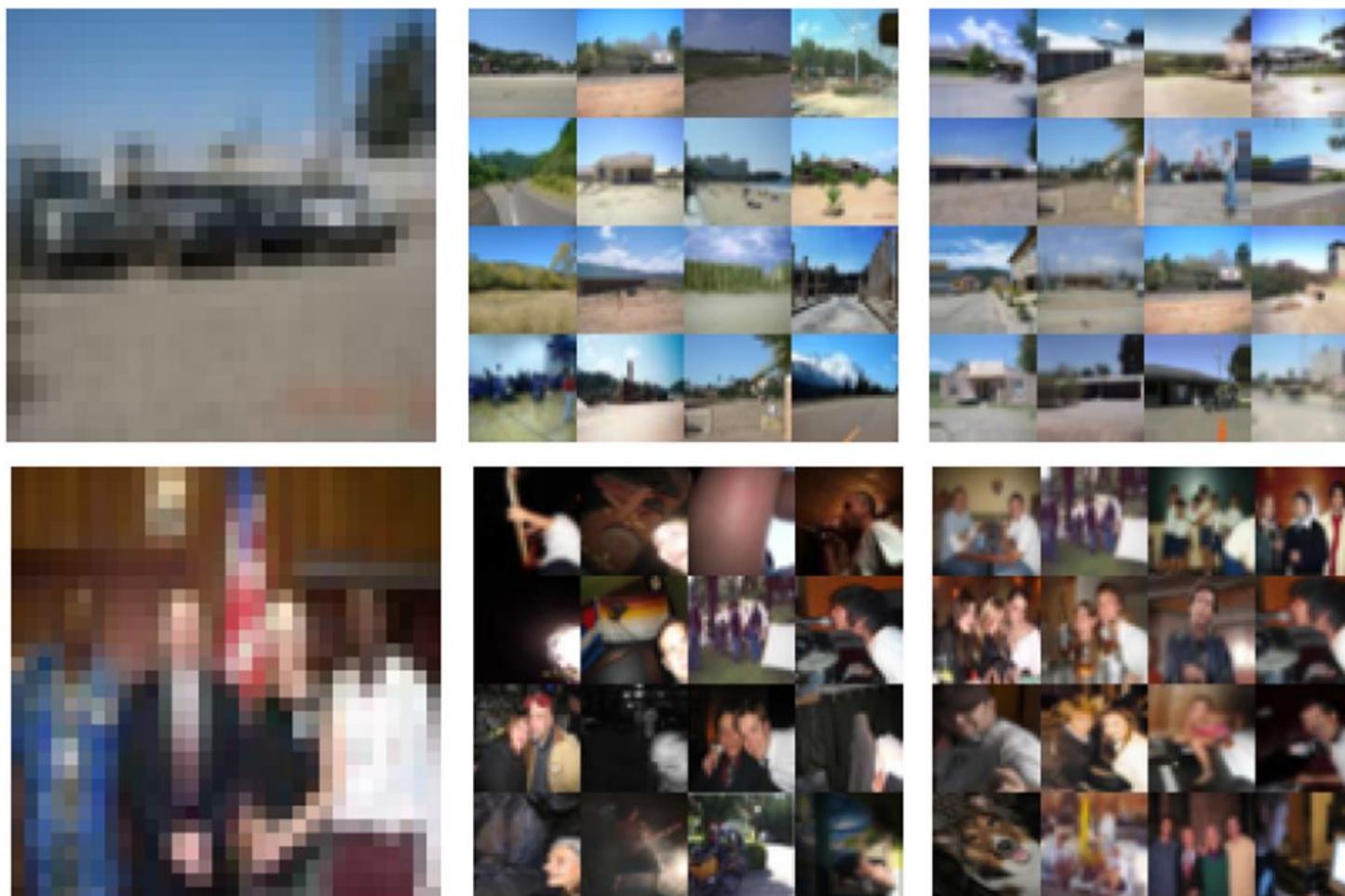
Более сложные метрики



$$D_{warp}^2 = \min_{\theta} \sum_{x,y,c} (I_1(x,y,c) - T_{\theta}I_2(x,y,c))^2$$



Результат улучшенной метрики

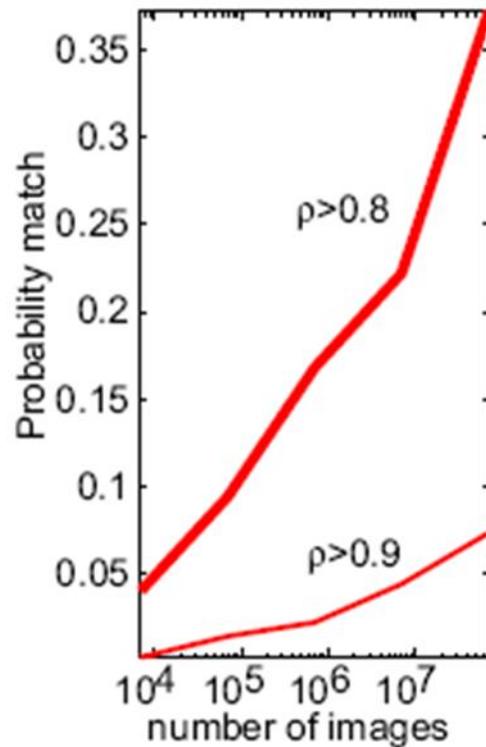


D_{ssd}

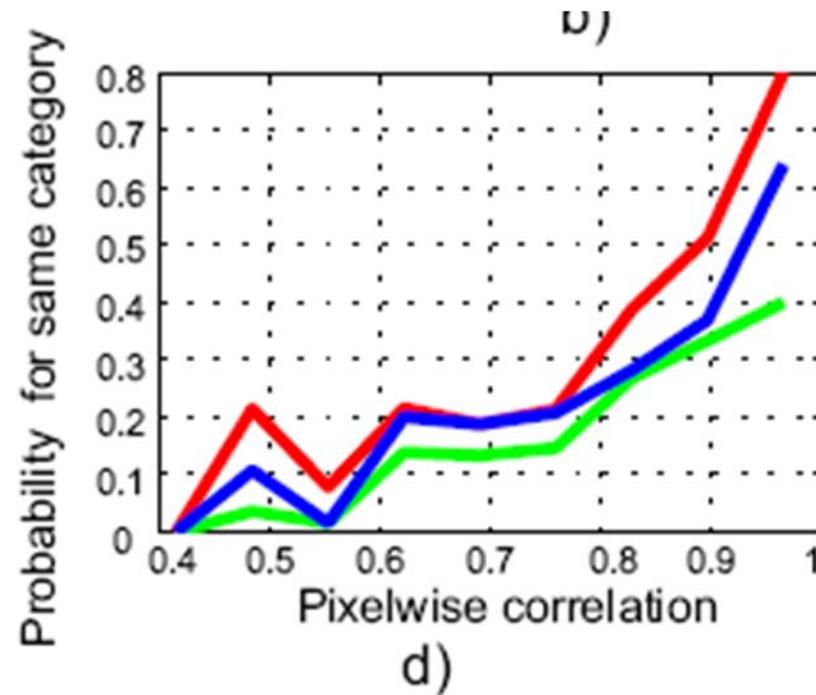
D_{shift}



Связь корреляции и класса



- Вероятность найти соседа, с корреляцией больше 0.8 или 0.9 в зависимости от размера коллекции



- Вероятность того, что изображения отнесены к одной категории в зависимости от корреляции



Поиск лиц на основе коллекции





25

27

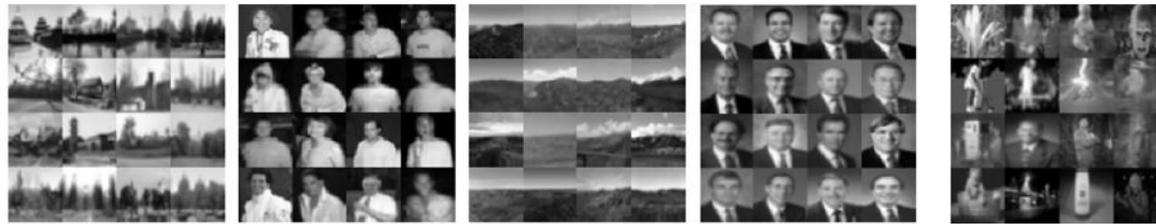
20



Gray scale
input



Gray level
32x32 siblings



High resolution
color siblings



Average color



Average
colorization



Proposed
colorizations





Большие коллекции

- Если у нас достаточно данных, то даже простыми методами мы можем решать сложные задачи
- Как нам получить достаточно данных?
 - Разметить самим...
 - Web 2.0
 - Глобальный капитализм
 - Синтезировать
 - Фильтровать мусор



LabelMe

<http://labelme.csail.mit.edu/>

LabelMe Please [contact us](#) if you find any bugs or have any suggestions.

Label as many objects and regions as you can in this image

[Show me another image](#)

Edit/delete object

window

Done Delete

Sign in (why?)

With your help, there are **91348** labelled objects in the database ([more stats](#))

Instructions (Get more help)

Use your mouse to click around the boundary of some objects in this image. You will then be asked to enter the name of the object (examples: car, window).

Good Bad

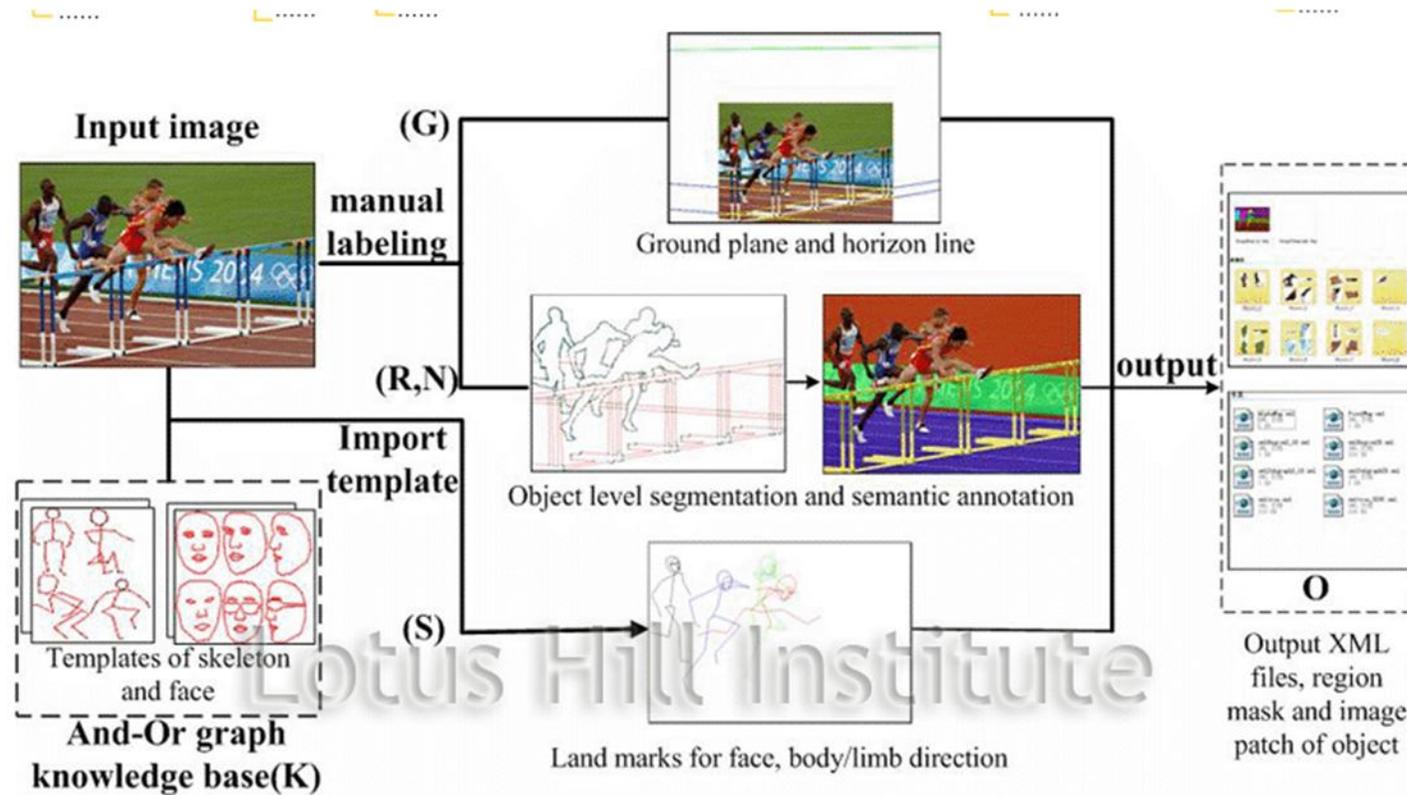
Labeling tools

Erase segment Zoom Fit Image

Polygons in this image (XML)

- [door](#)
- [door](#)
- [road](#)
- [stair](#)
- [window](#)
- [window](#)
- [sidewalk](#)
- [building region](#)
- [house](#)
- [window](#)
- [window](#)
- [window](#)

B. Russell, A. Torralba, K. Murphy, W. T. Freeman [LabelMe: a database and web-based tool for image annotation](#), IJCV, 2008

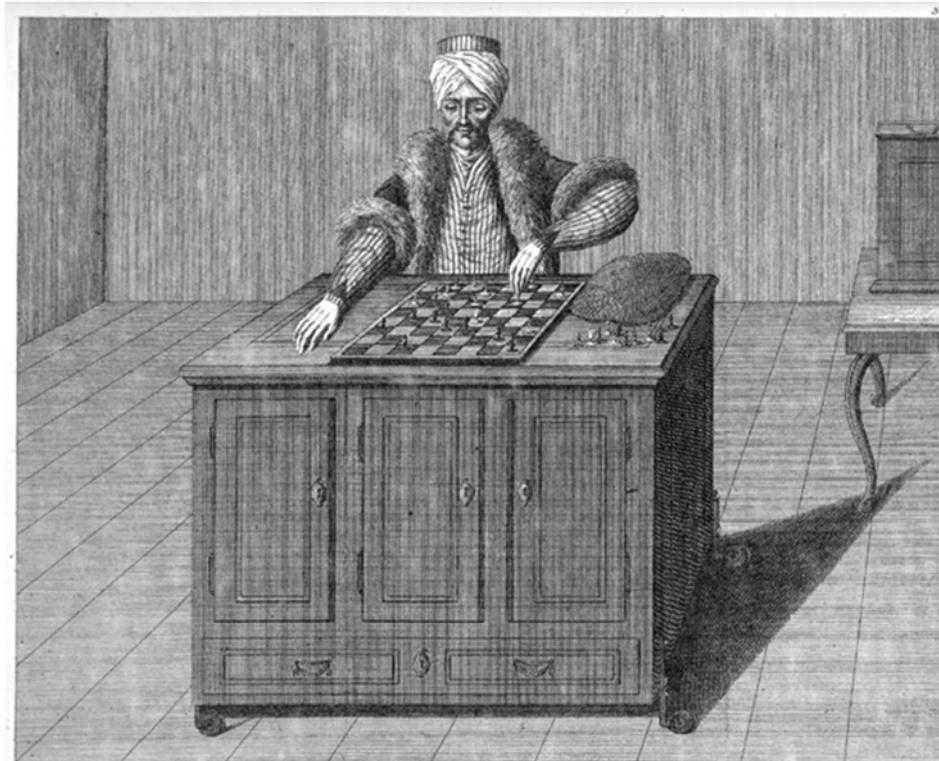


Около 4М отмеченных объектов, доступ за 1000\$

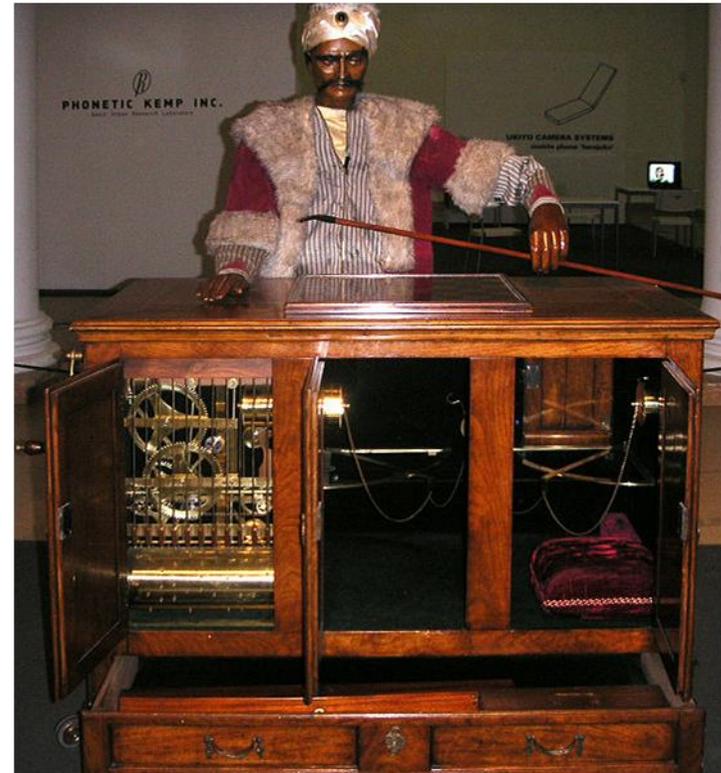
Z.Y. Yao, X. Yang, and S.C. Zhu, "Introduction to a large scale general purpose groundtruth dataset: methodology, annotation tool, and benchmarks", 6th Int'l Conf on EMMCVPR, August 2007.



Mechanical Turk (1770)



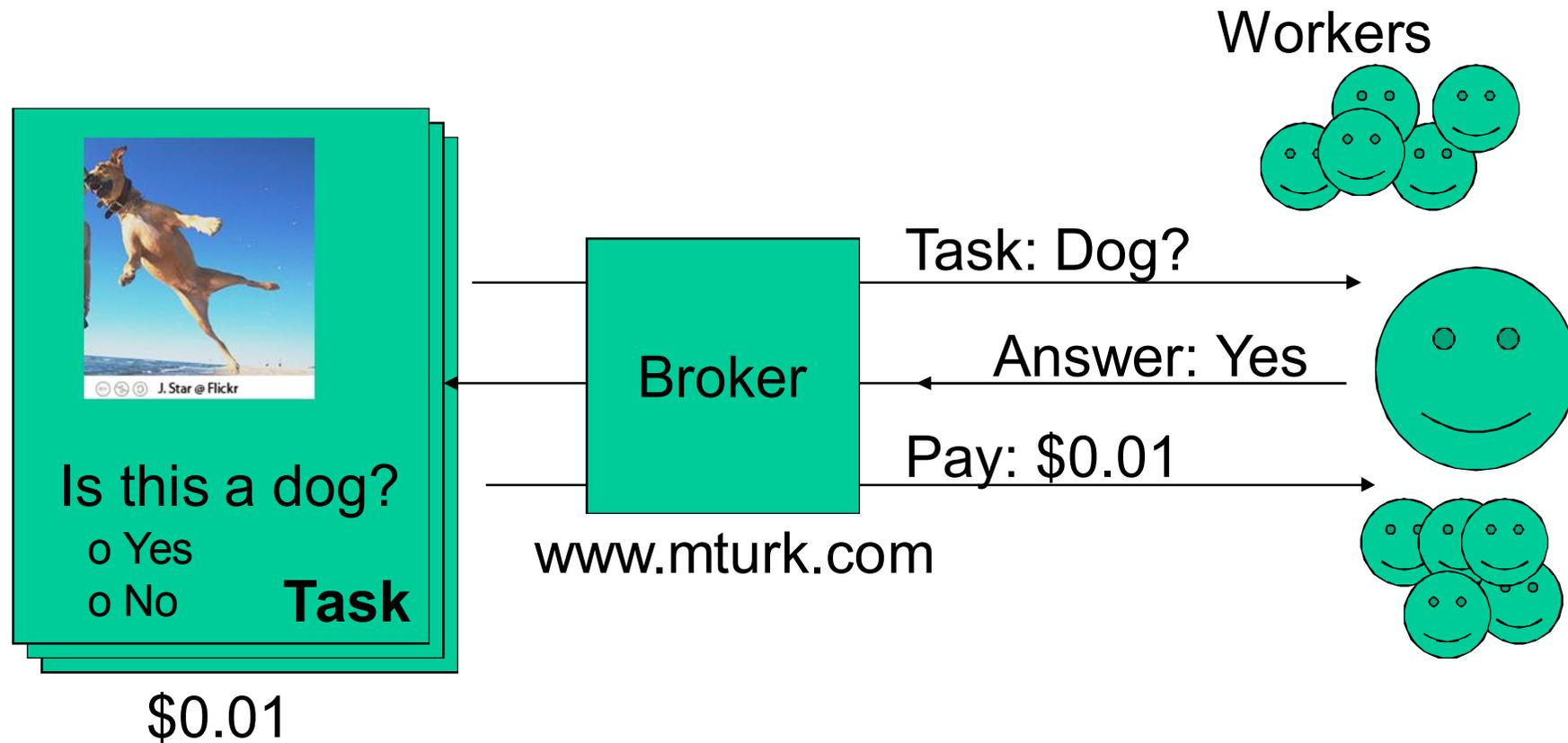
W. de Kempelen del. *Der Schachspieler im Spiele begriffen.* *Cher à Mirkel occid. Basilea.* *Le Joueur d'Échecs tel qu'on le voit pendant le jeu.* P. G. Pütz. sc.



- Automaton Chess Player – робот, игравший в шахматы
 - Автоматон двигает фигуры, говорит «Чек» и обыгрывает всех!
- С 1770 по 1854 развлекал публику, только в 1820 году раскрыли обман



Amazon Mechanical Turk

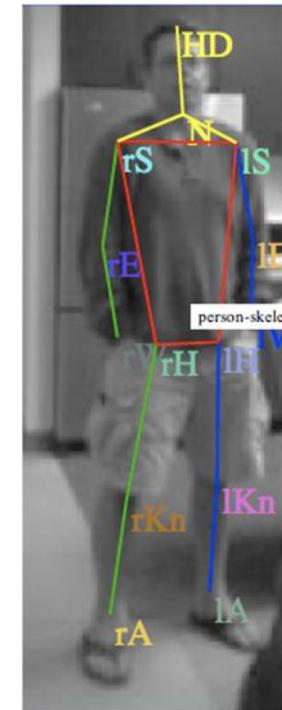
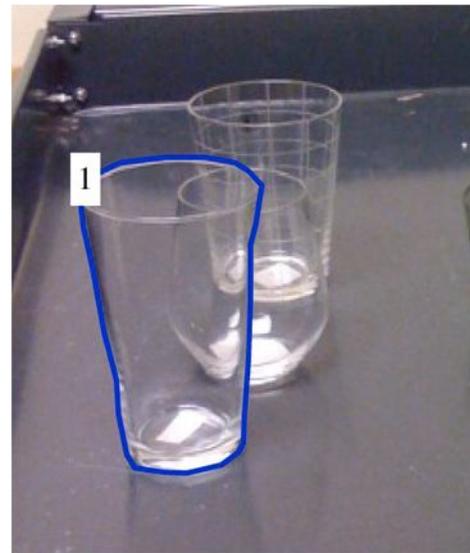


- Интернет-брокер для выполнения интеллектуальных заданий по анализу изображений



HIT

- Human Intelligence Task
- Это задача, очень простая для человека, но крайне сложная для компьютера
- Пример: разметка данных





Обеспечение надежности

- Квалификационные тесты для проверки понимания задания на заранее подготовленных данных
- Проверка согласования результатов от нескольких исполнителей



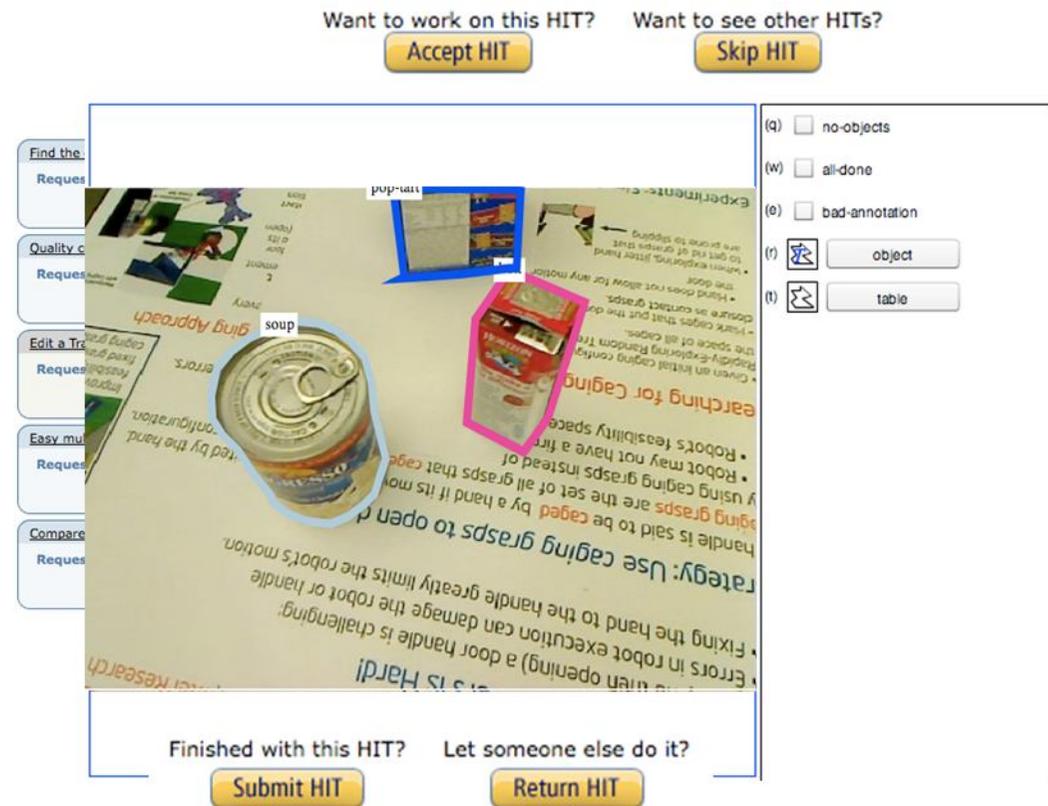
Task: Put a box around every head

- Please read the detailed instructions to learn how to perform the task. Please confirm that you understand the instructions by answering the following questions:
- Which of the following checkboxes are correct for this annotation?
 - No people
(there are people in the image)
 - > 20 people
(there are more than 20 people of appropriate size)
 - Small heads
(there are unmarked small heads in the image)



Жизнь Турка

1. Зайти на mturk.com
2. Найти HIT
3. Согласится на него
4. Поработать
5. Сдать работу
6. Дождаться одобрения
7. Получить деньги





Жизнь работодателя

1. Разработать интерфейс задания
2. Подготовить данные
3. Опубликовать НИТ
4. Дождаться выполнения работы
5. Принять (Отклонить) работу
6. Опубликовать новые НИТ

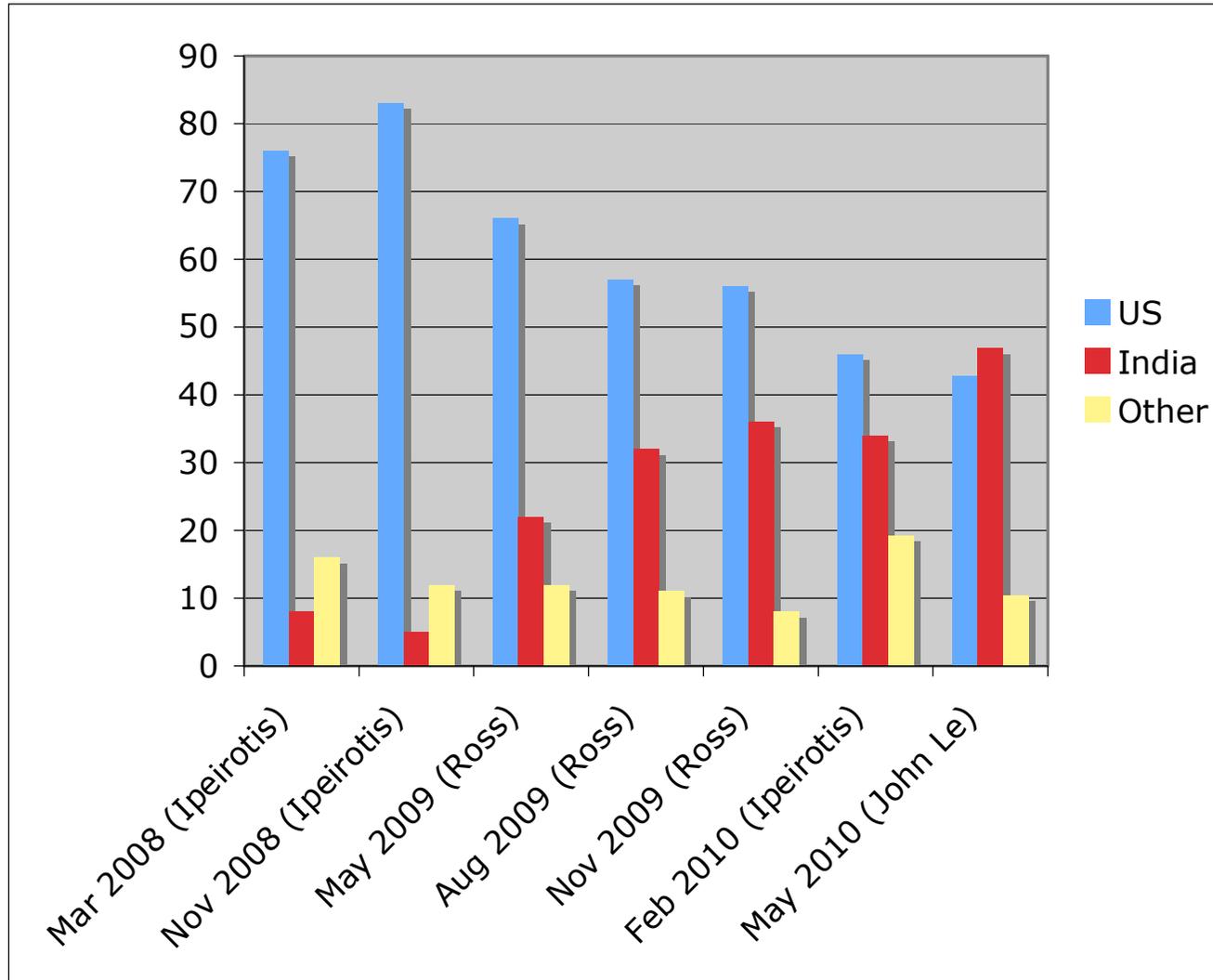


Идеальные свойства задания

- Простота задачи
 - Хорошо : Где машина? (bounding box)
 - Хорошо : Сколько машин? (3)
 - Плохо: Сколько машин? 132)
- Низкий объем взаимодействия с пользователем
 - Хорошо : несколько кликов, пара слов
 - Плохо : детальная разметка всех объектов (сотни точек)
- Четко определенное задание
 - Хорошо : Отметить уголки глаз.
 - Плохо : Отметить суставы (низкое разрешение, близкие изображения)
- Лаконичное описание
 - Хорошо: 1-2 абзаца, единое для всех задач
 - Хорошо : Много картинок
 - Плохо : 300 страниц руководства
 - Плохо : Похожие, но разные задачи



Кто выполняет НИТ?





Почему работает?

- Зарплата «Турка» ~ \$2/час
- Минимальная ЗП в Индии ~ \$6/день
- Максимальная рабочая неделя в Индии ~ 48 hrs

$2 * 48 * 48 = \$4608$ на рабочего

Среднегодовой доход в Индии - \$1733



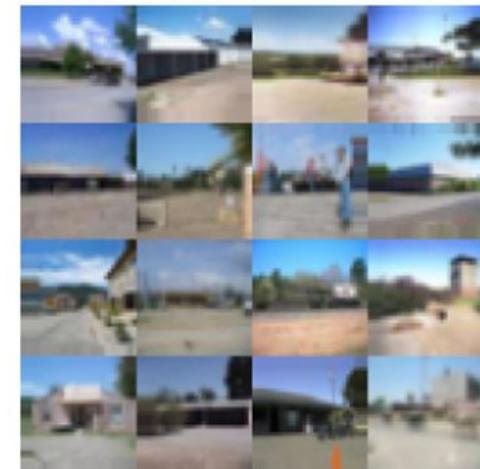
Резюме

- Очень удобный и дешевый инструмент для подготовки обучающей выборки
- Примеры:
 - Разметка и аннотация людей
 - 3861 аннотация для 982 изображений за \$59
 - Задание атрибутов объектам
 - 500000 атрибутов за \$600



Образ сцены

- А как человек сравнивает изображения?
- Вопрос всё ещё открытый, но есть много интересных результатов





Mary Potter (1976)

- Мэри Поттер (1975, 1976) продемонстрировала, что при скоростном показе серии изображений (100 мсек на изображение), человек успеваем извлечь и запомнить много визуальной информации из каждого изображения





Демо

- Автор: Aude Oliva
- Инструкция: 9 фотографий будут показаны по полсекунды на каждую. Задача **запомнить все изображения!**





Тест на память

- Какие из фотографий вы запомнили?
- **Если вы видели эту фотографию, нужно хлопнуть в ладоши (один раз)**
- Если вы не видели эту фотографию, тогда ничего не нужно делать



























Анализ теста

Запомнить нужно было вот эти изображения:



А показывали вот эти:





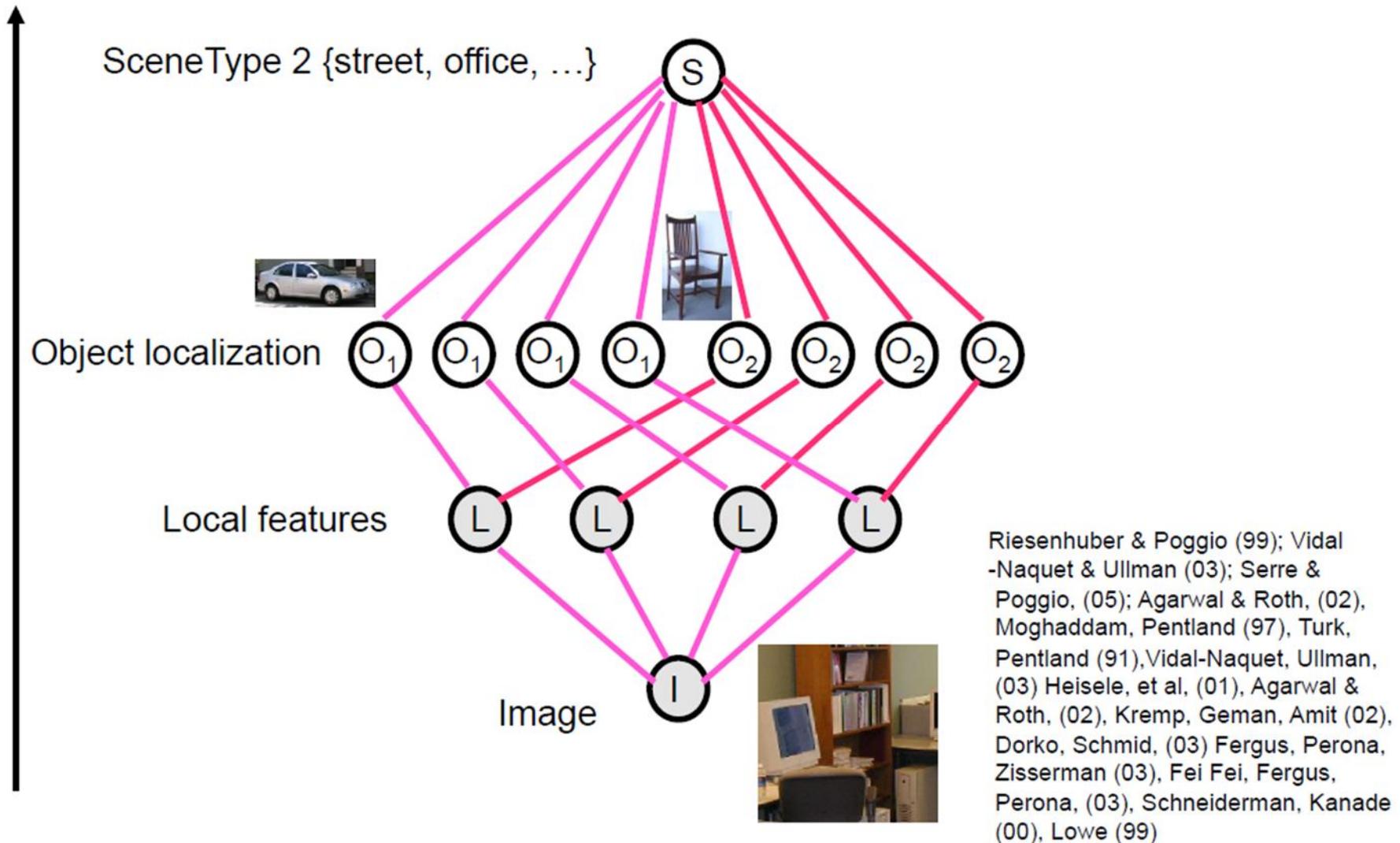
«Образ» (GIST) сцены

- Взглянув на изображение, человек запоминает смысл изображения, категории объектов и примерный план сцены(global layout)
- Отдельные детали объектов забываются и не фиксируются





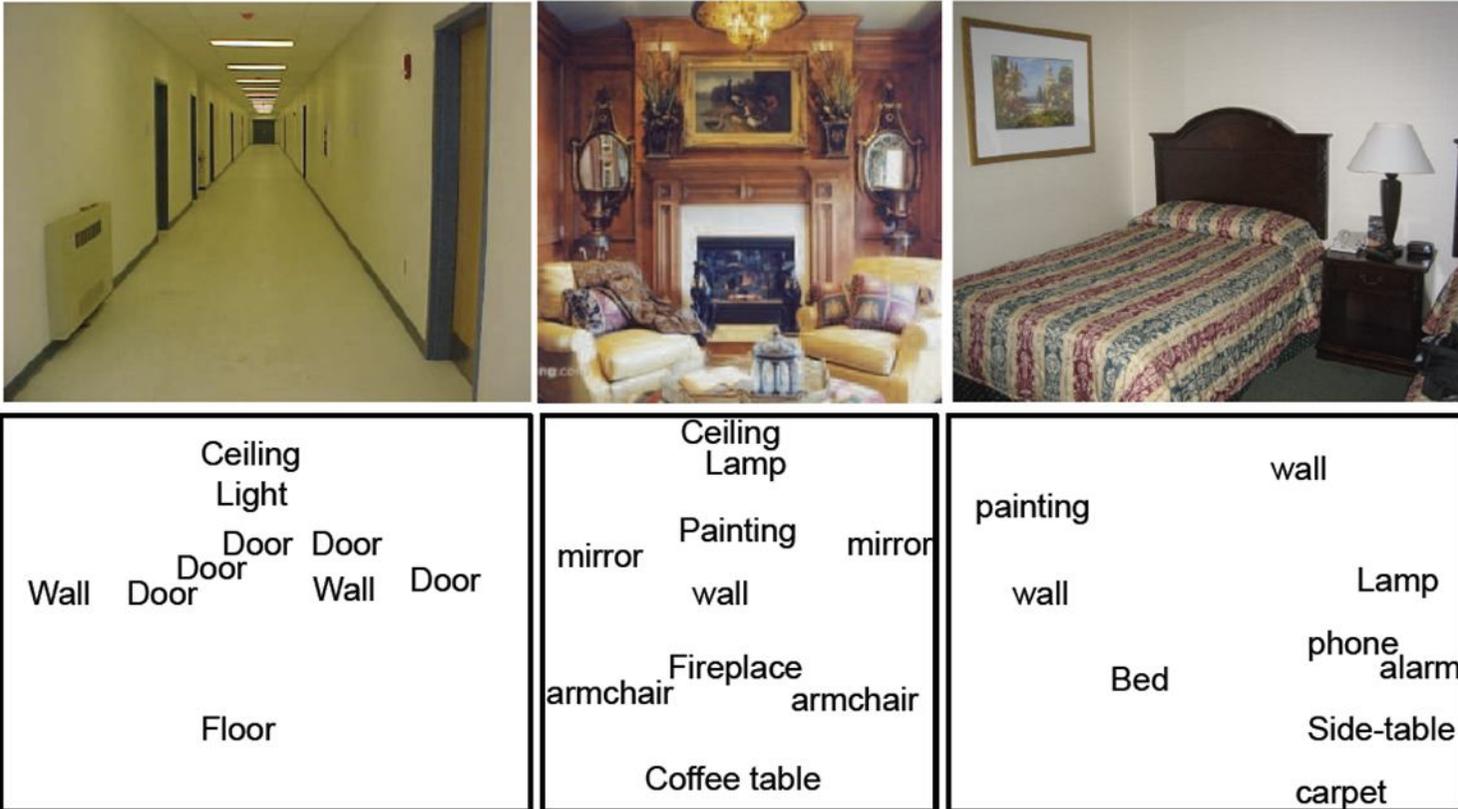
Представление сцены





Чем сцены отличаются?

- Что делает их разными?



- Разные объекты, разные пространственные конфигурации



Чем сцены отличаются?



cabinet
Window
dishes faucet sink counter
cabinet cabinet



ceiling
mirror shelves mirror wall
faucet sink soap counter sink towel
cabinet cabinet



lamp mirror lamp
glasses beer counter
stool

- Разные объекты, похожие пространственные конфигурации изображений



Чем сцены отличаются?



ceiling
window wall window
bottle table chair
chair table chair

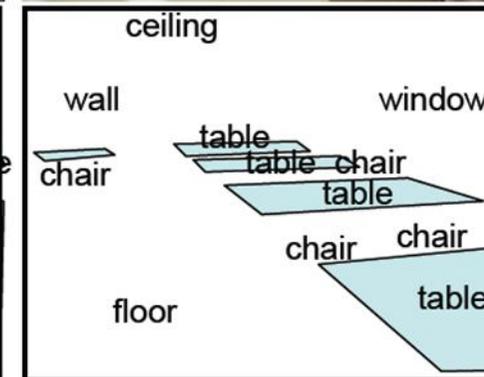
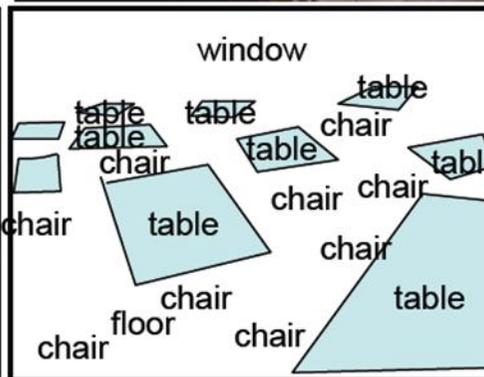
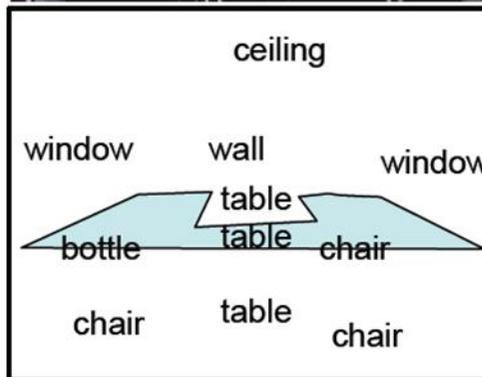
window
table table table
table chair
chair table chair
chair chair
chair chair
chair table
chair floor chair

ceiling
wall window
chair table chair
table chair
chair chair
floor table

- Похожие объекты, разная пространственная конфигурация изображения



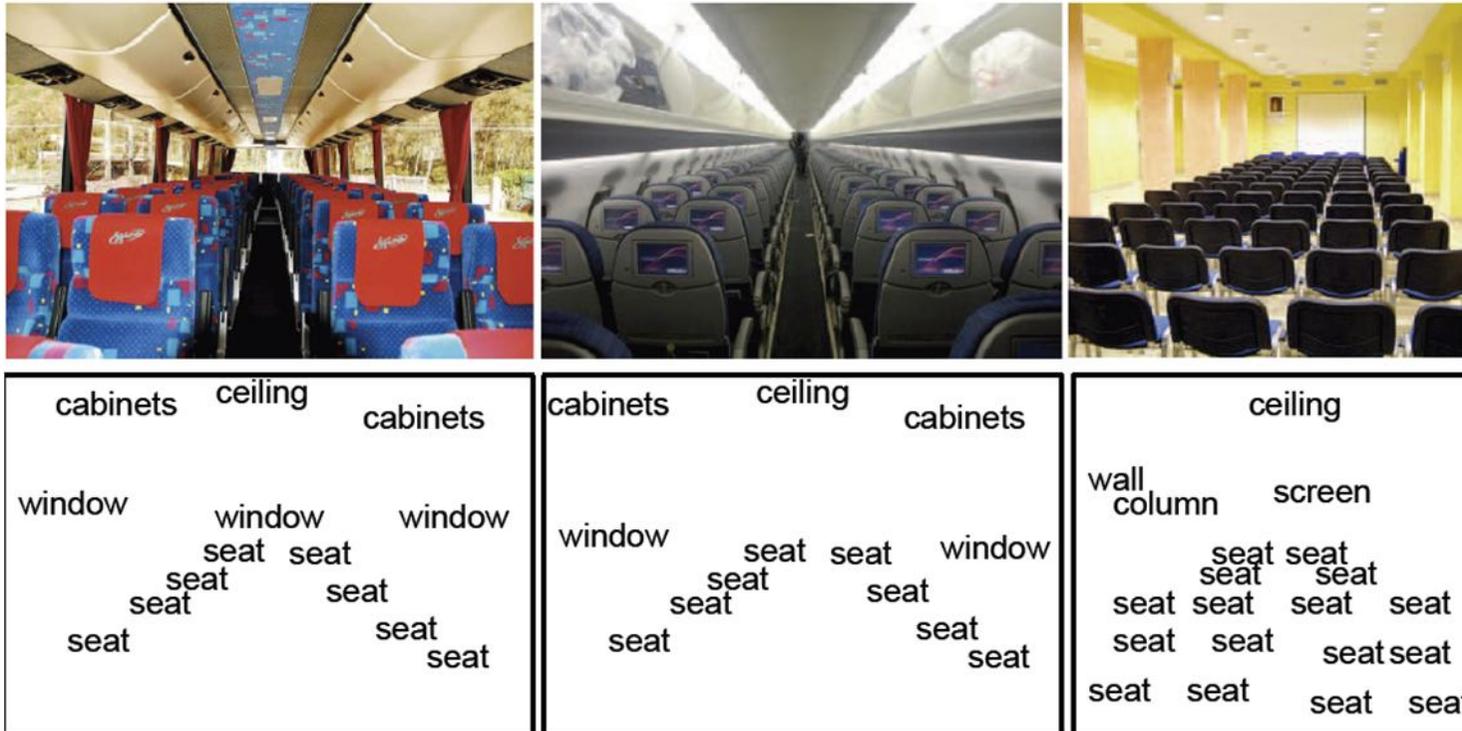
Чем сцены отличаются?



- Похожие объекты, разная пространственная конфигурация изображения



Чем сцены отличаются?



- Похожие объекты, похожая пространственная конфигурация
- Разное освещение, разные материалы



Какая альтернатива объектам?



Порождающие особенности

- «Emergent features»
- “Recognition via features that are not those of individual objects but “emerge” as objects are brought into relation to each other to form a scene.” – Biederman 81

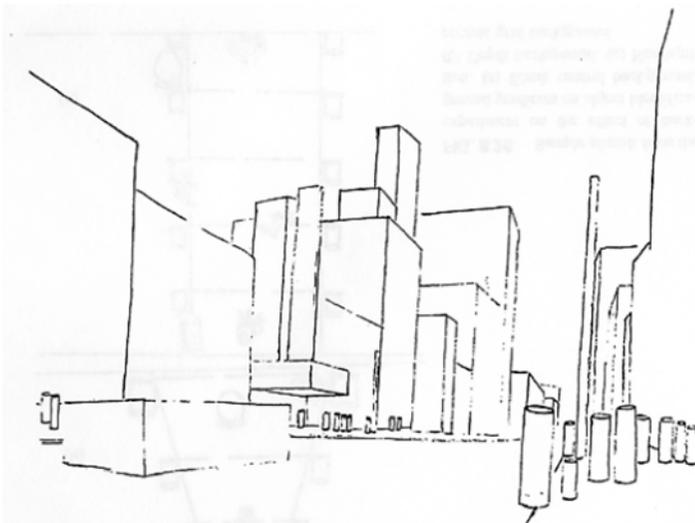


FIG. 8.23. *Downtown Buffalo*. Drawn by Robert Mezzanotte by converting objects in a photograph to basic rectilinear or cylindrical bodies.

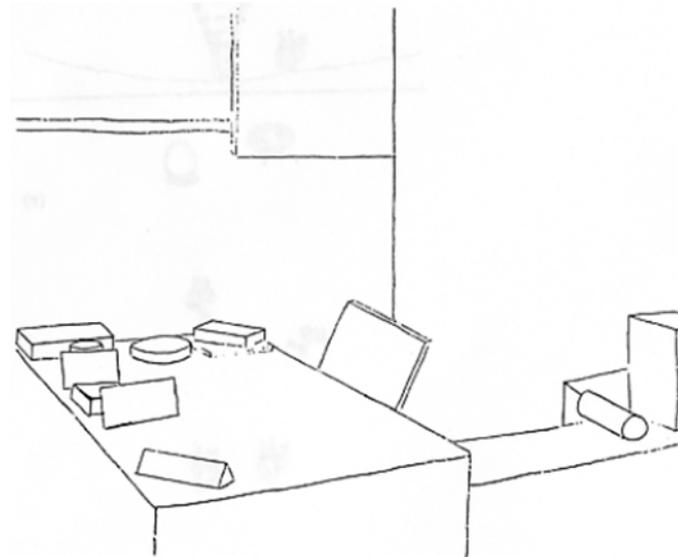
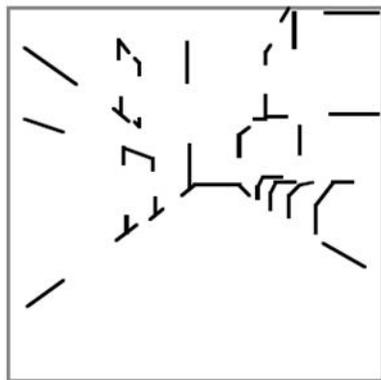


FIG. 8.24. *Office*, drawn by Robert Mezzanotte.

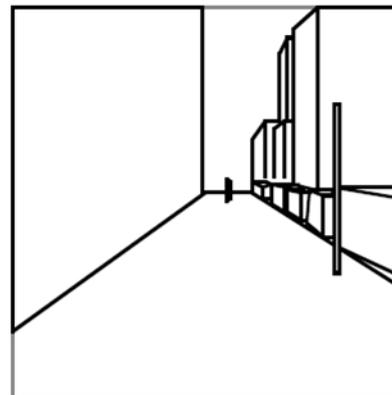
- Из “семантика взгляда на сцену”, Biederman, 1981



Примеры



Края и пересечения краёв



Простые геометрические формы



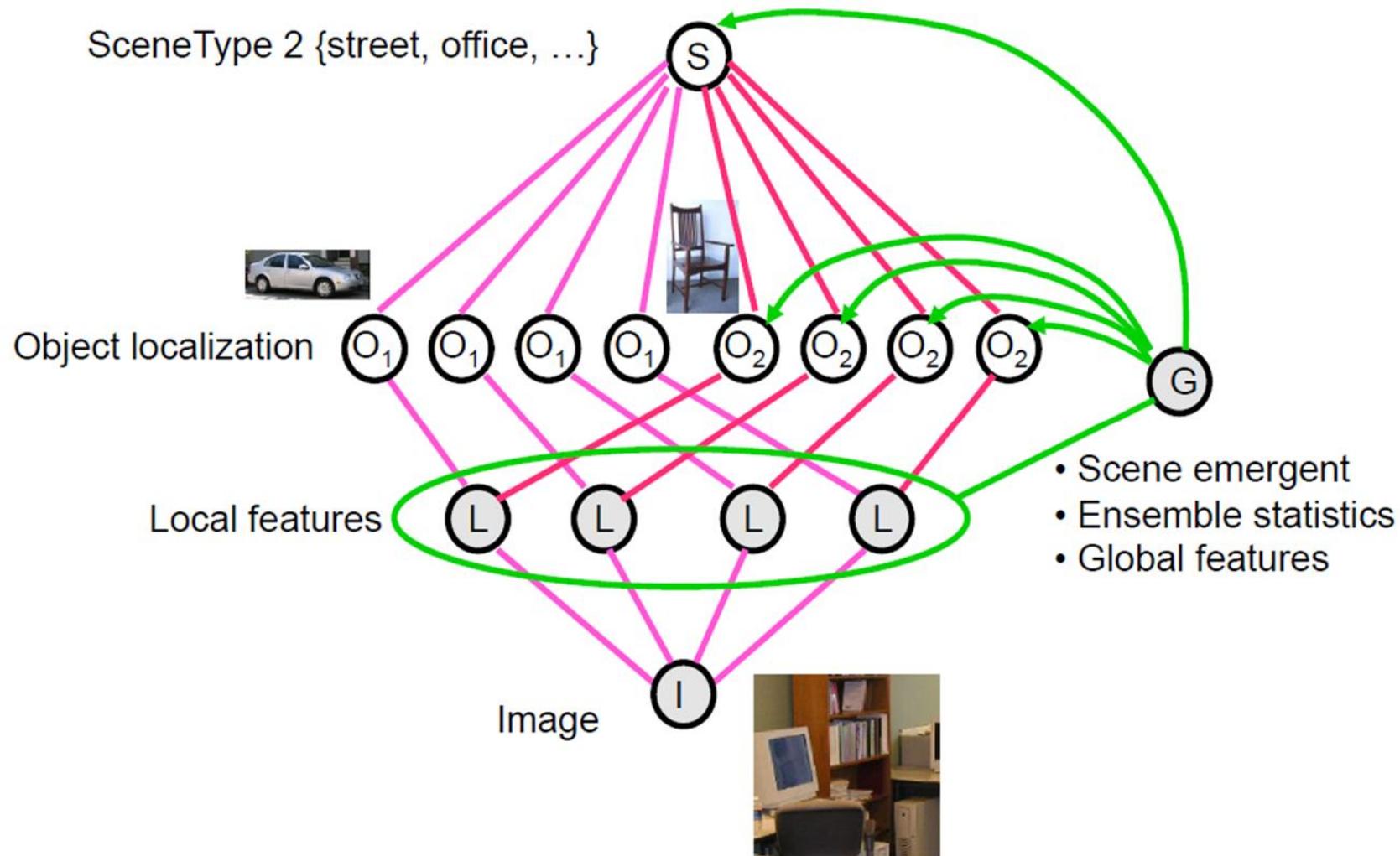
Блобы



Текстуры

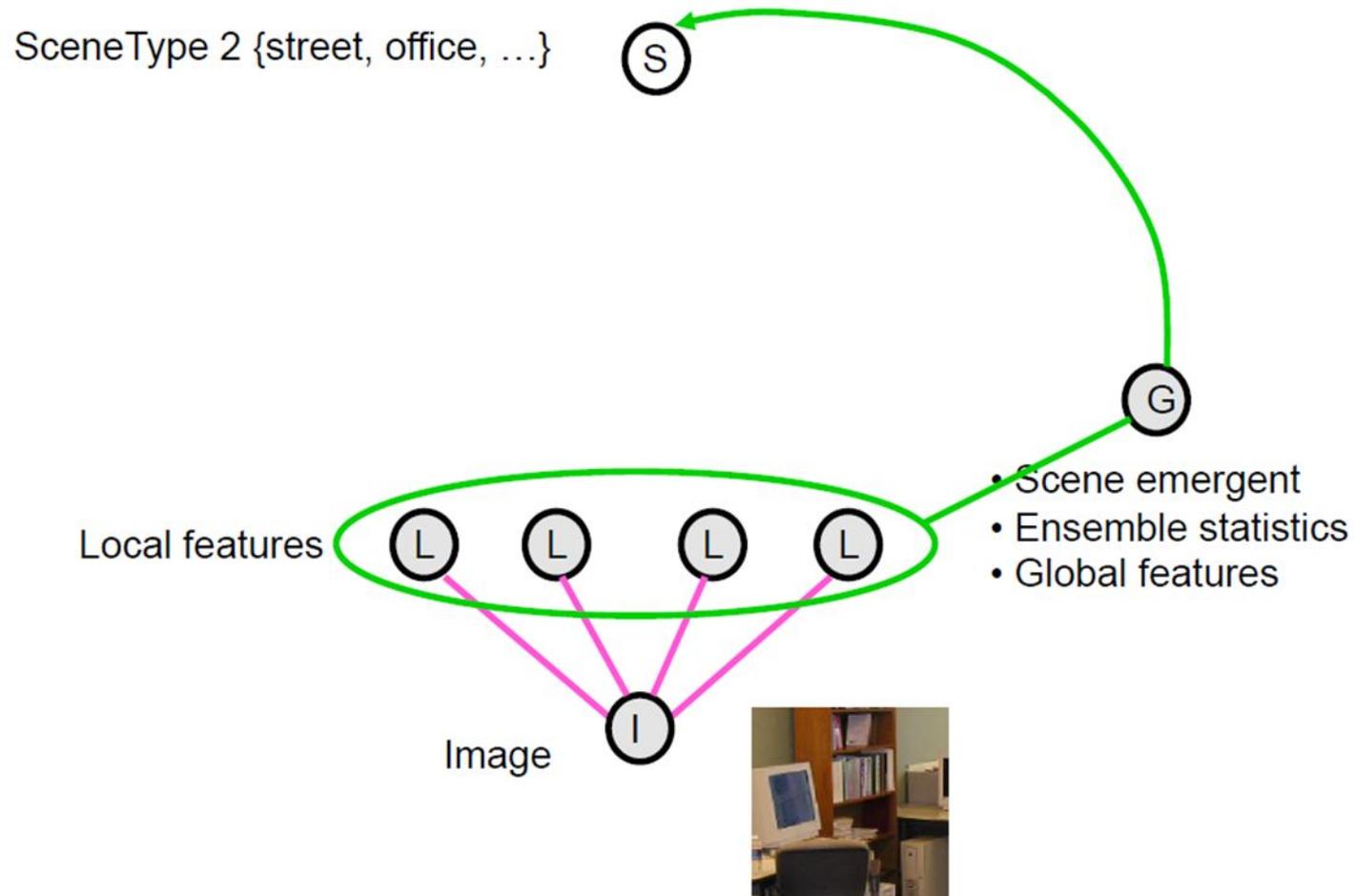


Модель сцены



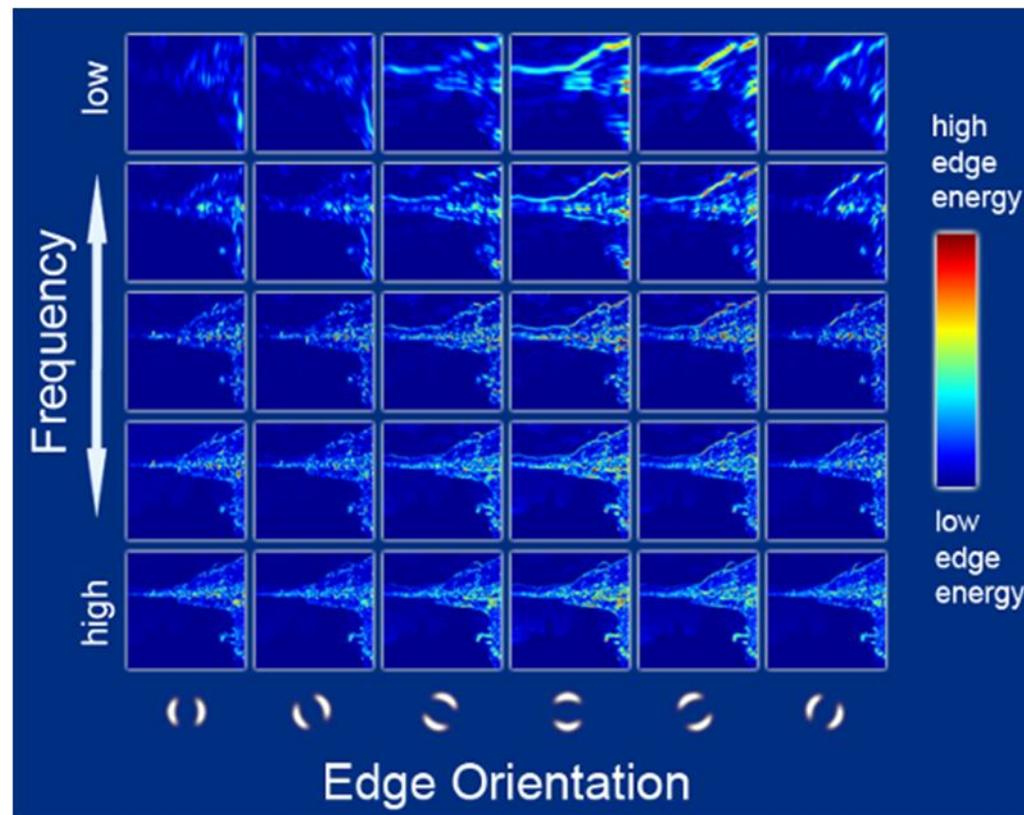


Что мы можем без объектов?





Дескриптор изображения

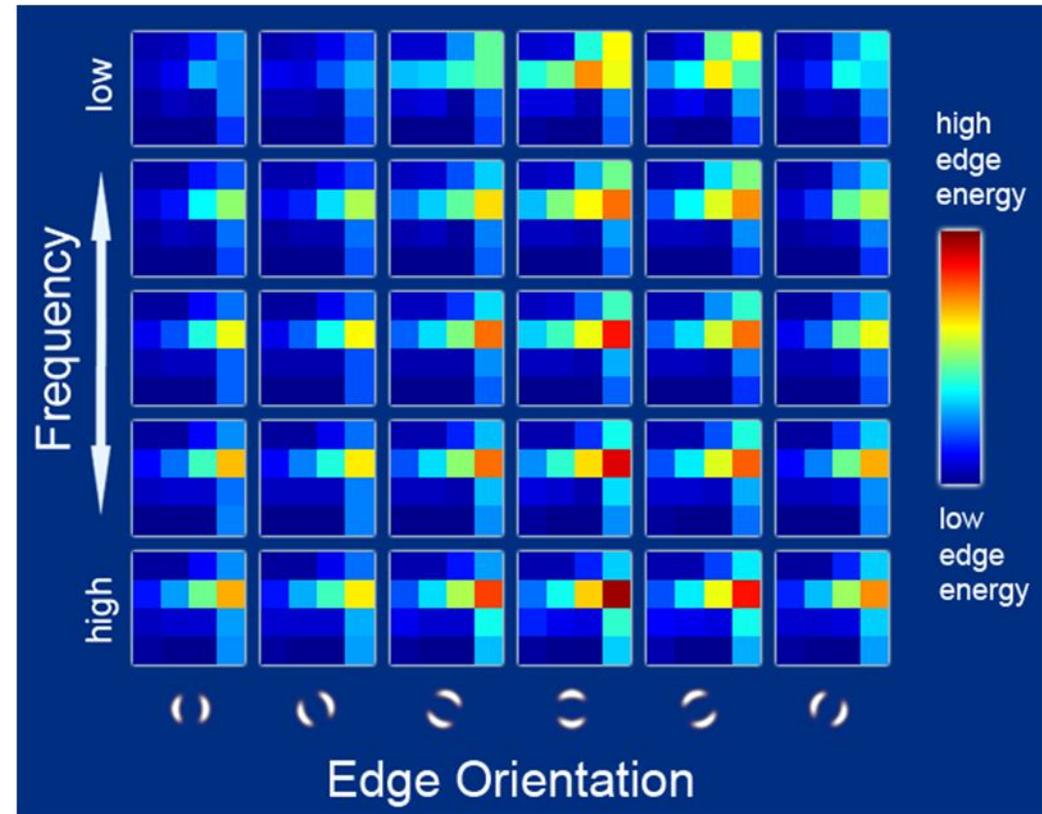
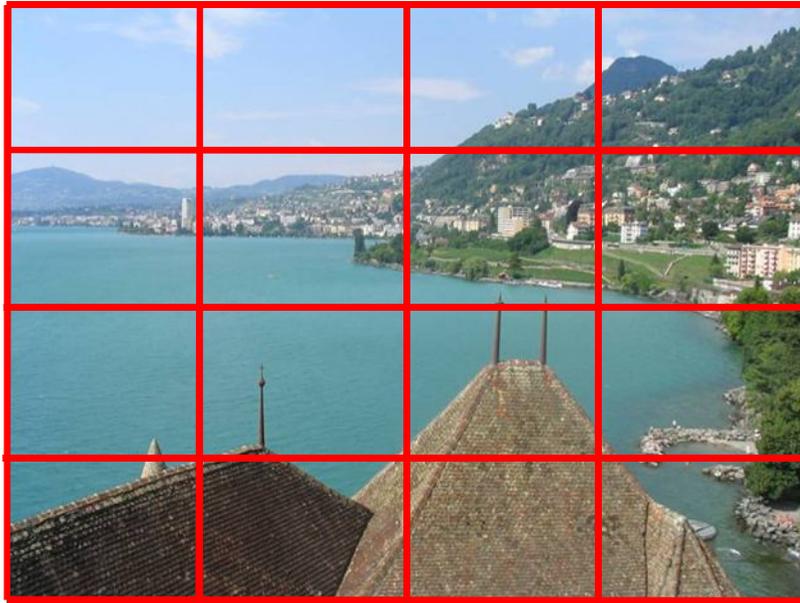


TORRALBA, A., MURPHY, K. P., FREEMAN, W. T., AND RUBIN. Context-based vision system for place and object recognition. In ICCV 2003

E. P. Simoncelli and W. T. Freeman. The steerable pyramid: a flexible architecture for multi-scale derivative computation. *IEEE Intl. Conf. on Image Processing*, 1995.



Дескриптор изображения

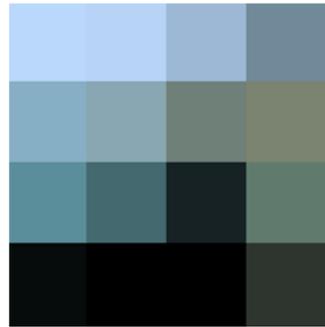


Усреднение каждого уровня пирамиды по решетке 4*4

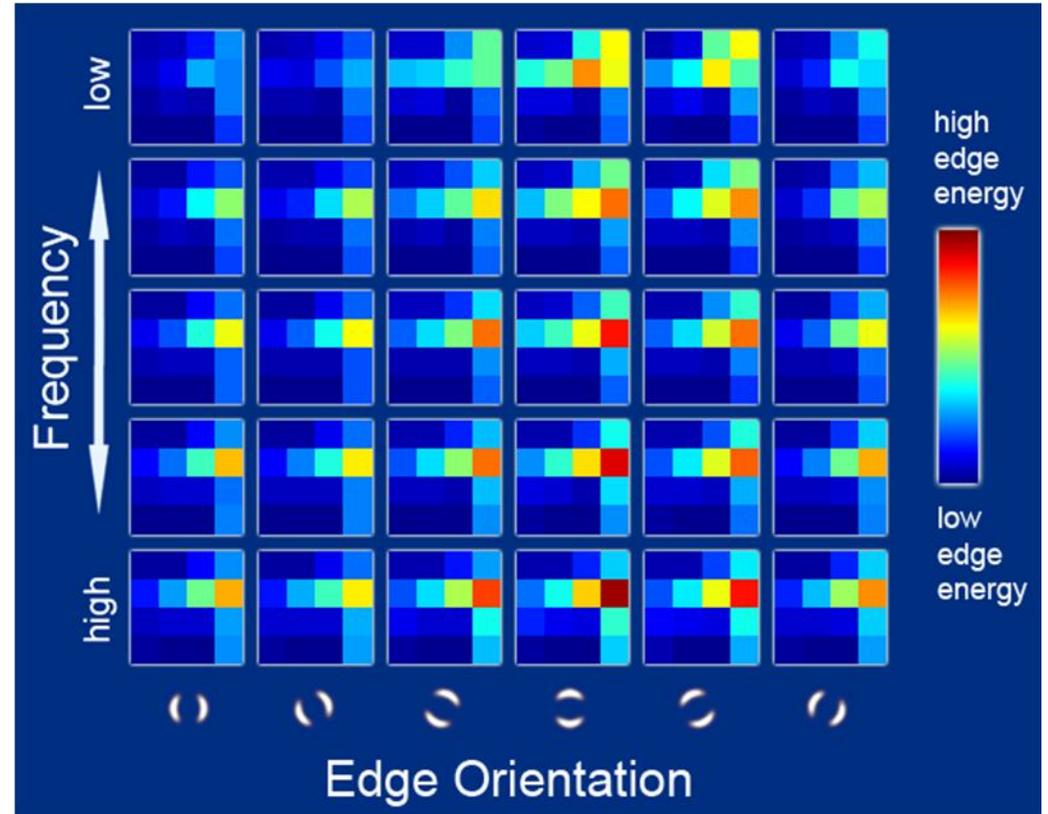
$$m_t(x) = \sum_{x'} |v_t^L(x')| w(x' - x)$$



Дескриптор изображения GIST



+



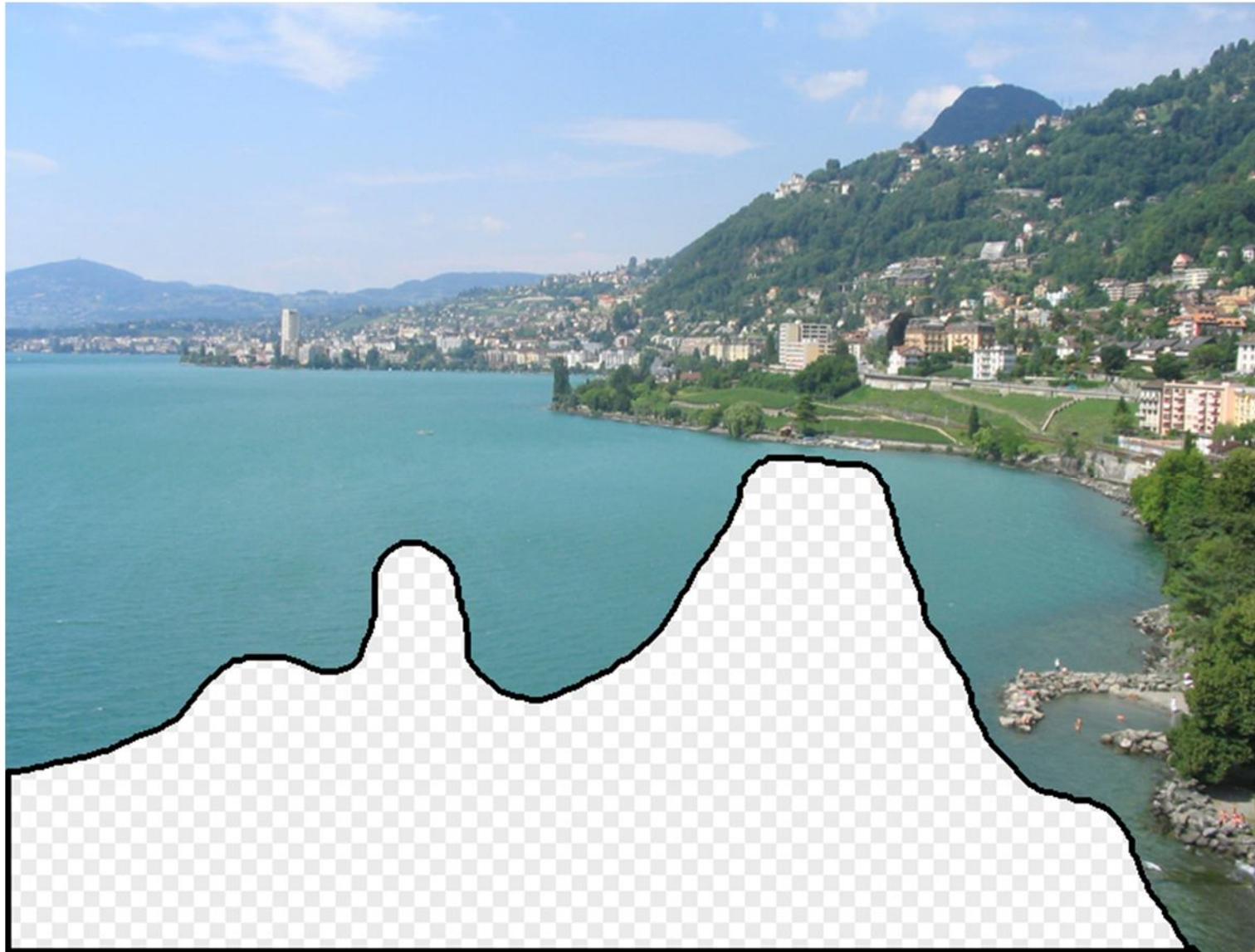
Добавление канала цвета для более точного описания цветных изображений



Inpainting



James Hays, Alexei A. Efros [Scene Completion using Millions of Photographs](#),
SIGGRAPH 2007.





alley

Search Images

Search the Web

[Advanced Image Search](#)
[Preferences](#)

Strict SafeSearch is on

Images

Showing:

All image sizes

Results 1 - 20 of about 908,000 for **alley** [definition] with Safesearch on. (0.07 seconds)



Change **Alley** Aerial Plaza with its The Printer's **Alley** sign looking ...
300 x 400 - 21k
en.wikipedia.org



Looking west past Printers **Alley**.
679 x 450 - 469k - jpg
franklin.thefuntimesguide.com



Looking west past Printers **Alley**.
679 x 450 - 464k - jpg
franklin.thefuntimesguide.com



More Bubble Gum **Alley** photos
can be ...
764 x 591 - 33k - gif
www.localinks.com



Gasoline **Alley** gang
692 x 430 - 177k - jpg
newcritics.com



2007 **Alley** Loop Sponsors
300 x 453 - 51k - jpg
www.cbnordic.org



Change **Alley** : interior
550 x 413 - 98k
infopedia.nlb.gov.sg



Earl G. **Alley** ...
321 x 383 - 19k - jpg
www.msstate.edu



Gun **Alley** 8.5x11 Full Color Ink
Wash ...
390 x 301 - 14k - jpg
www.rorschachentertainment.com



Grace Court **Alley**
732 x 549 - 98k - jpg
www.bridgeandtunnelclub.com



Grace Court **Alley**
732 x 549 - 80k - jpg
www.bridgeandtunnelclub.com



panoramic photo of Alligator **Alley**
4902 x 460 - 1048k - jpg
sflwww.er.usgs.gov



Richard B. **Alley**
450 x 361 - 29k - gif
www.ncdc.noaa.gov

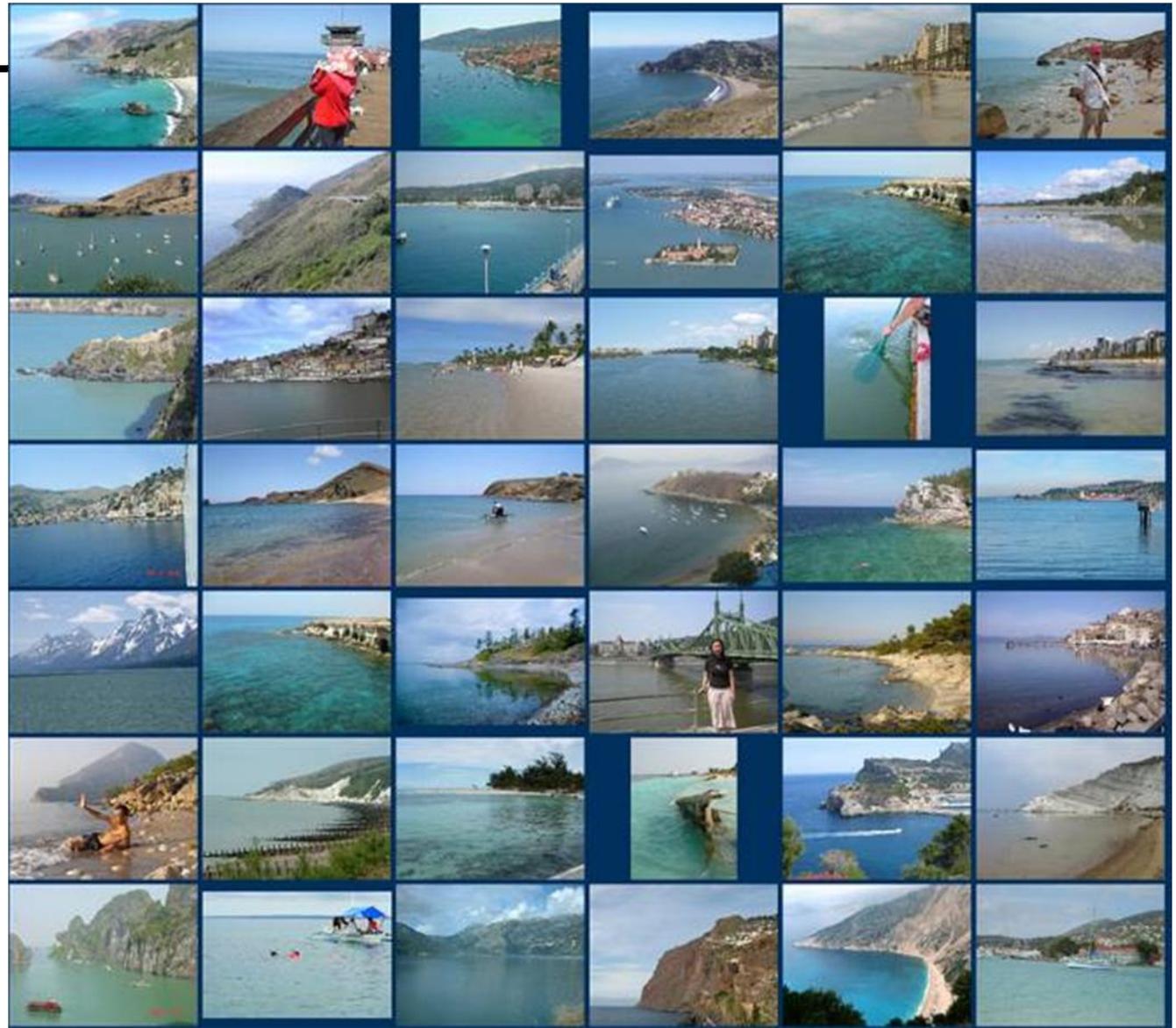
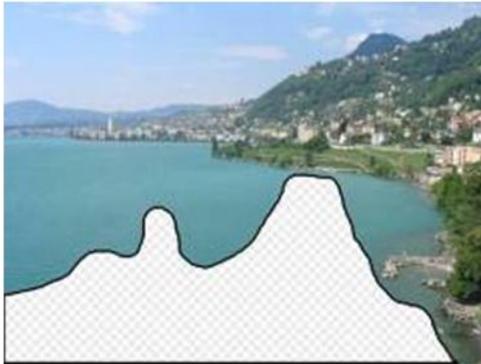


Also, Chicken **Alley** is reported to
...
450 x 337 - 82k
phidoux.typepad.com

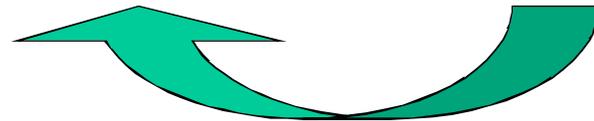
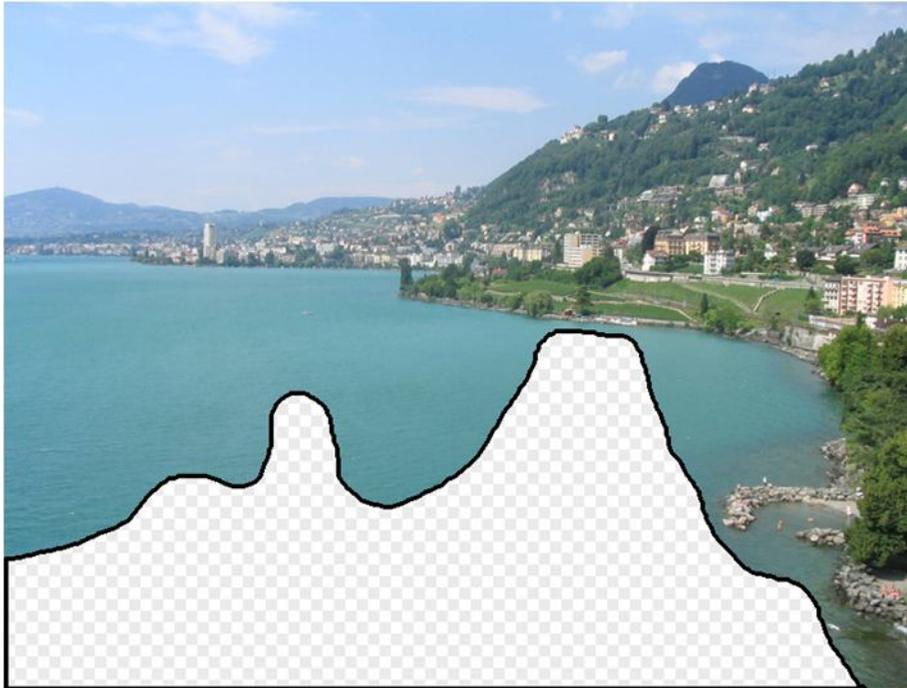


Ego **Alley**
500 x 375 - 48k - jpg
dc.about.com





... 200 изображений





Graph cut + Poisson blending

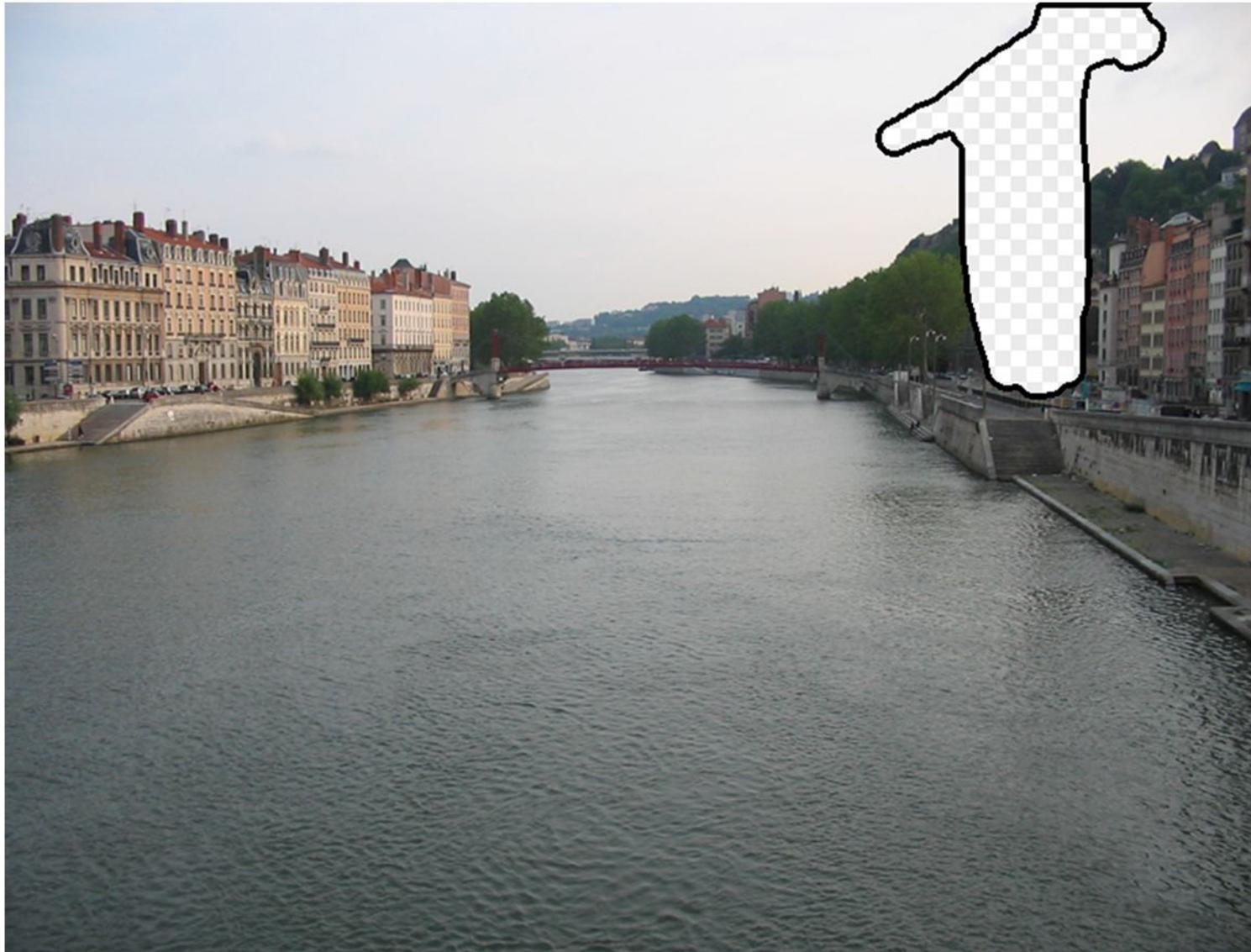


Пример





Пример



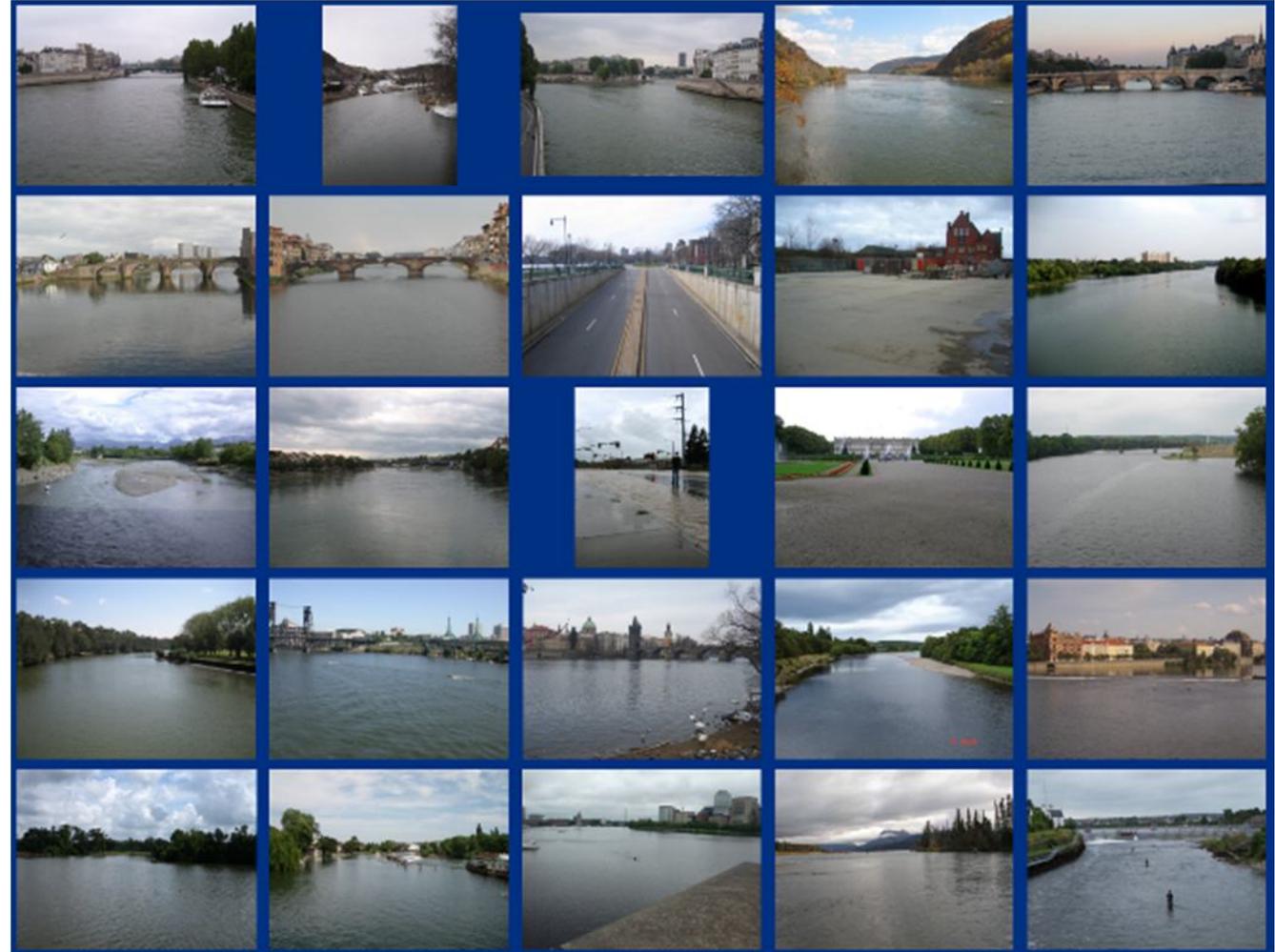
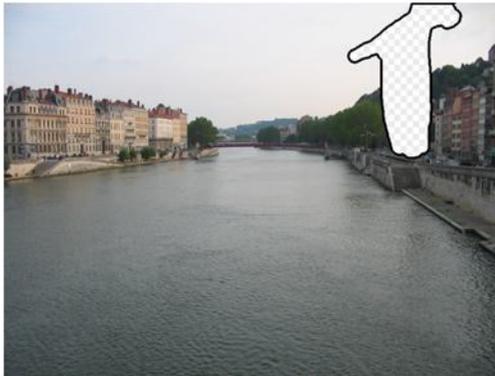


Пример





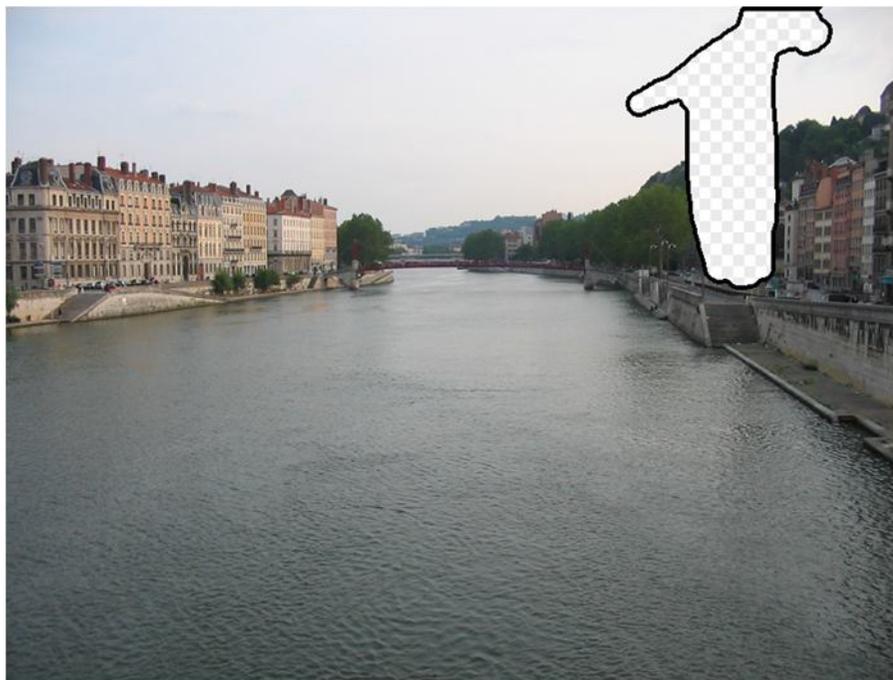
Пример



... 200 ближайших



Пример





Пример



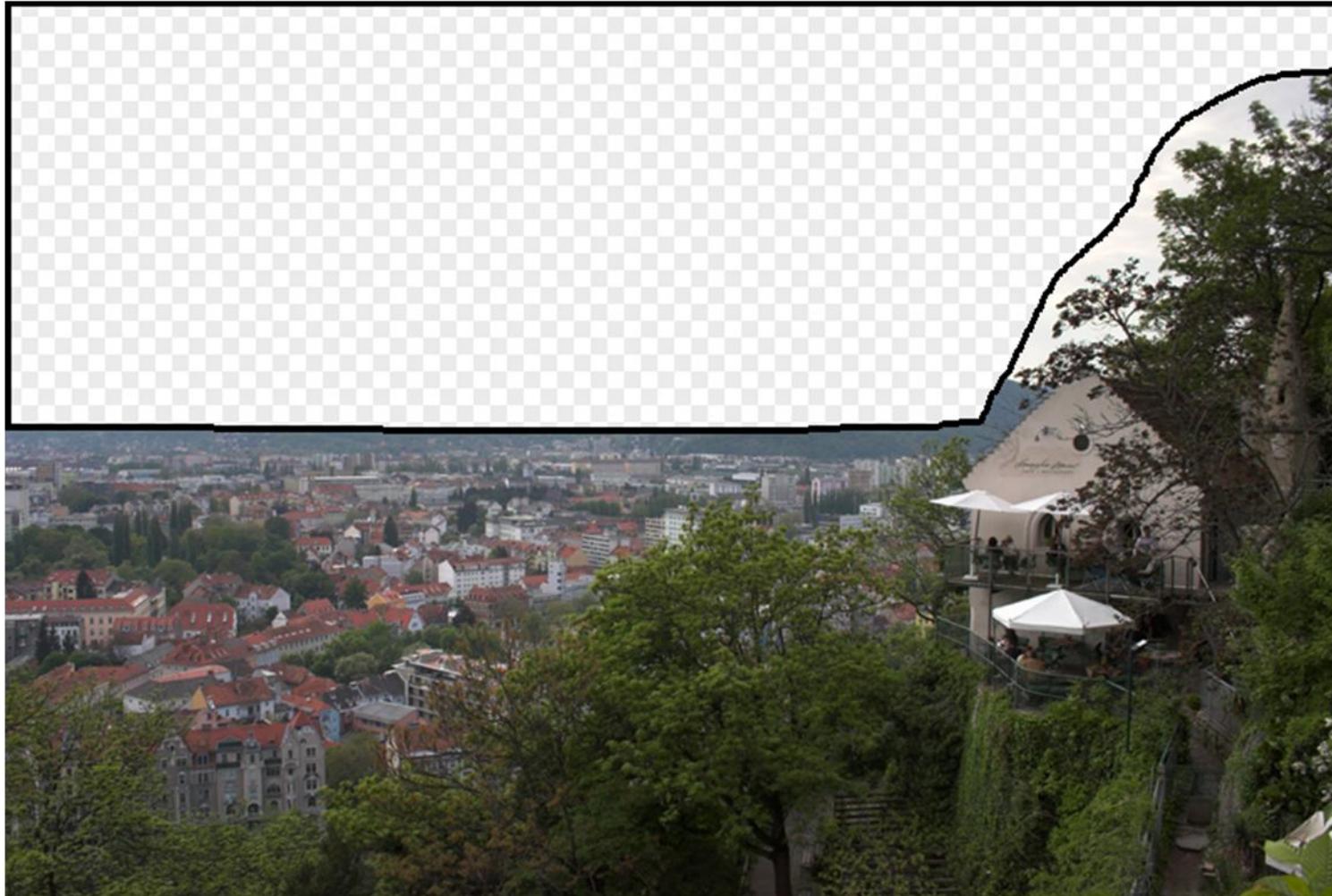


Пример





Пример





Пример





Пример





Пример

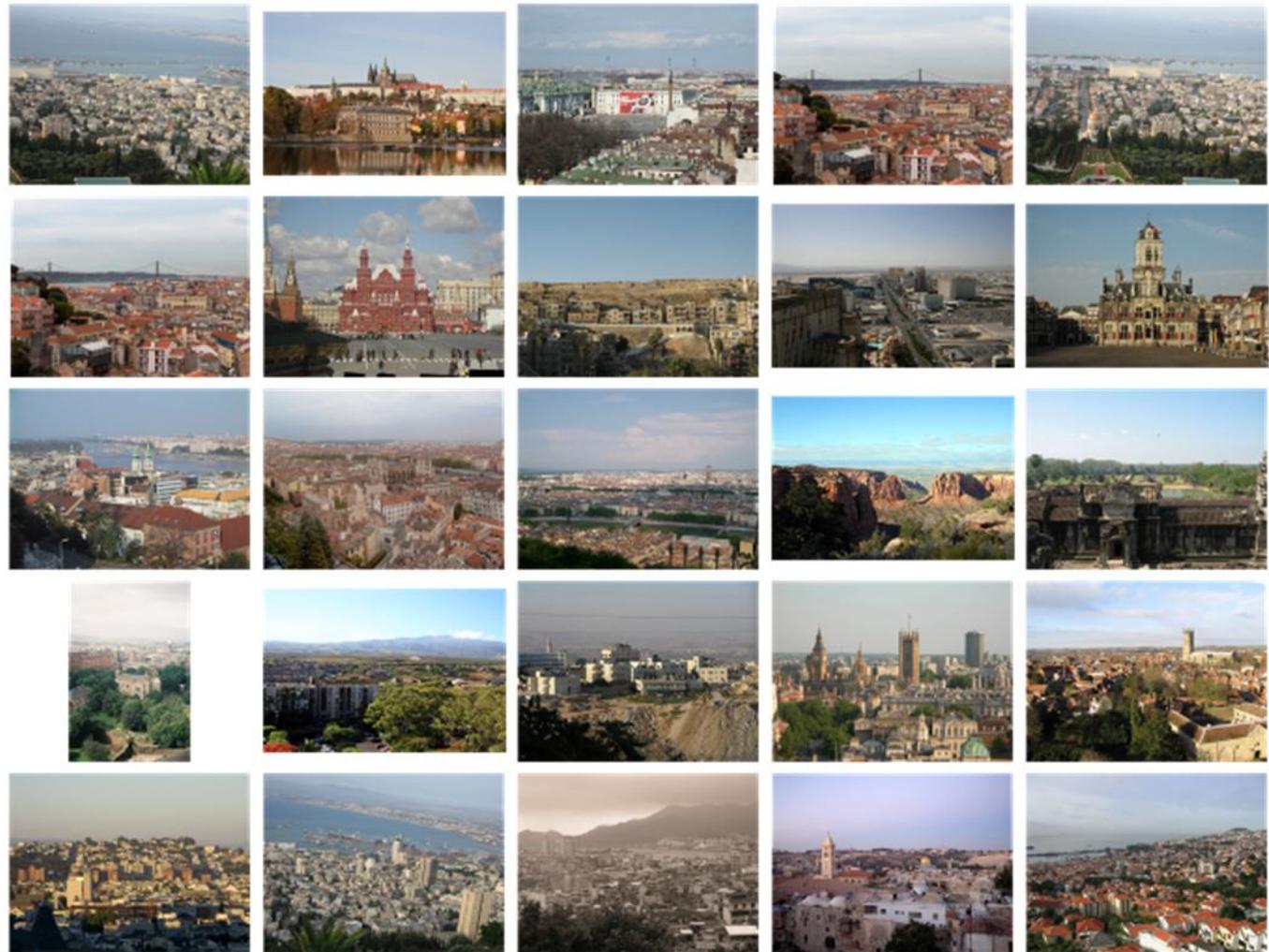
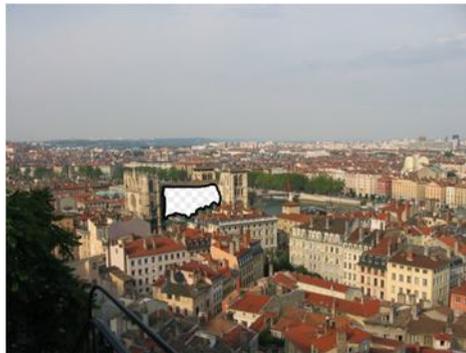




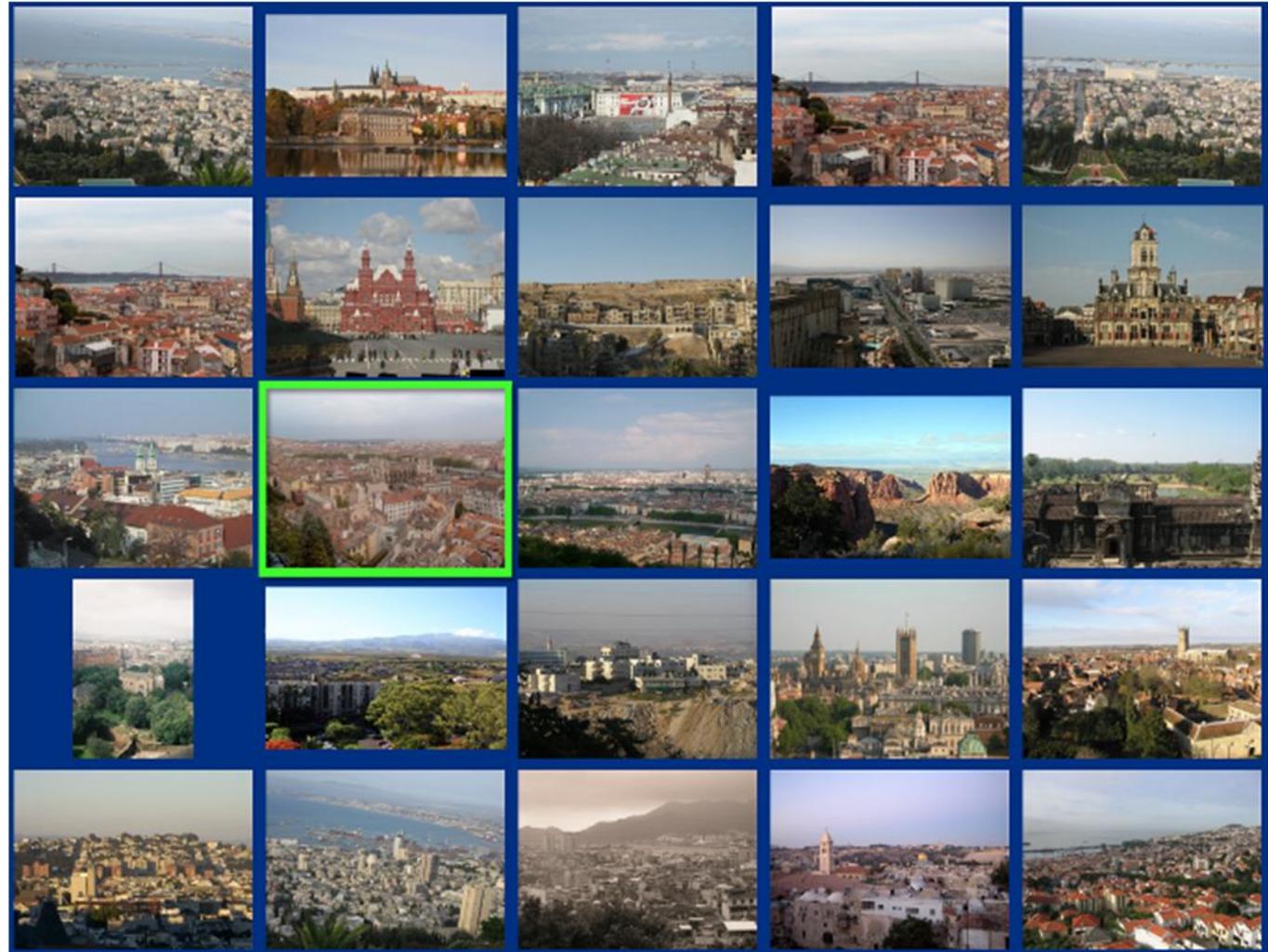
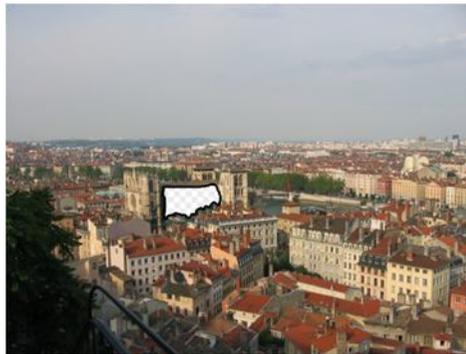
Пример







... 200 ближайших



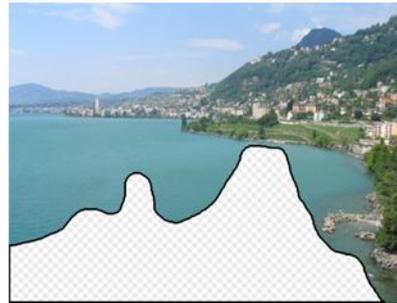
... 200 ближайших

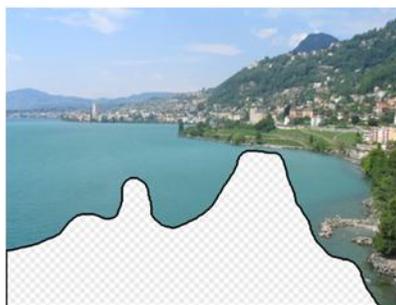




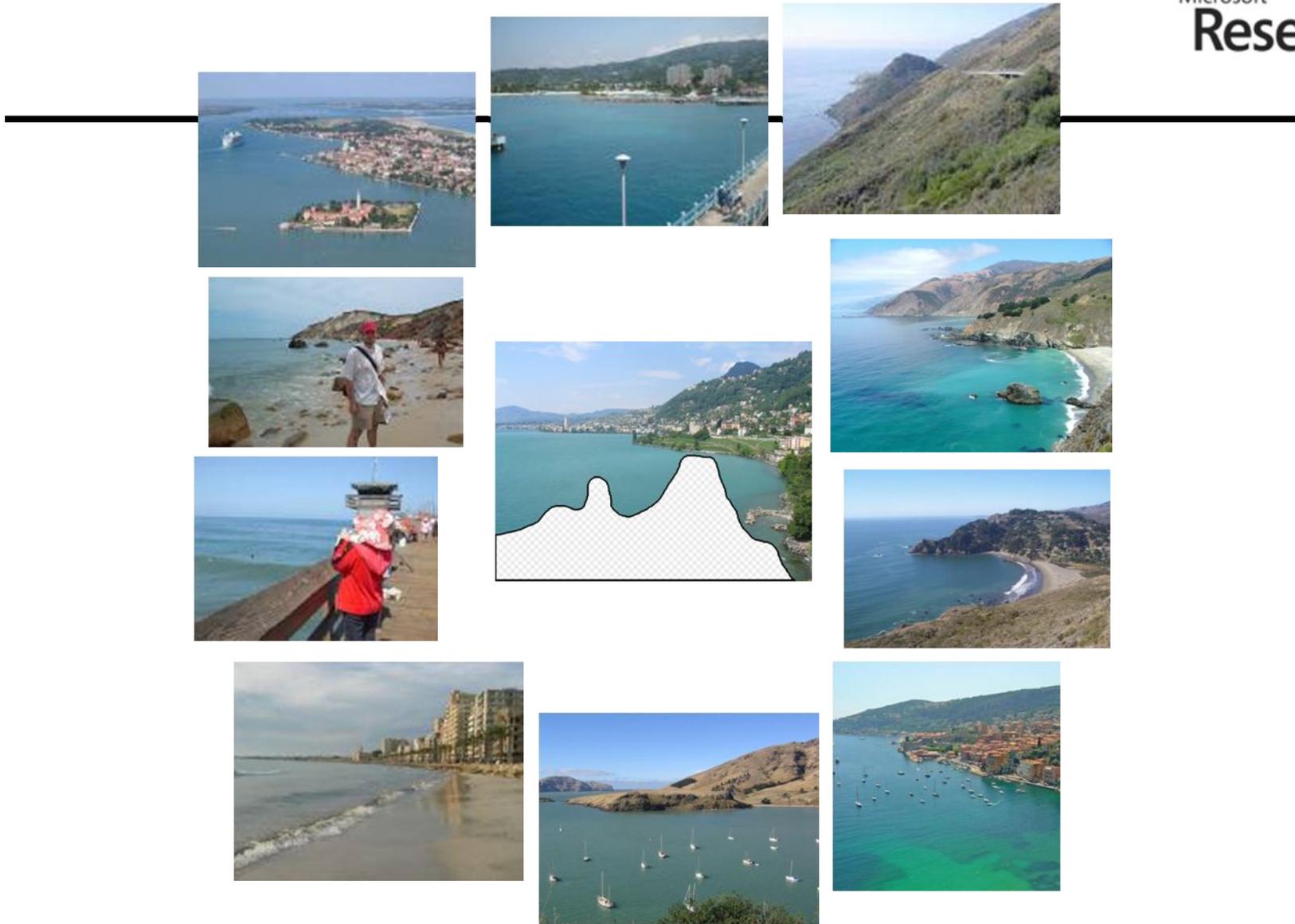


Почему это работает?





10 ближайших из 20,000 изображений



10 ближайших из 2х миллионов изображений



im2gps

- Собрали 6М картинок из Flickr с проставленными GPS-метками
- Умеем искать похожие изображения в большой базе
- Кластер из 400 машин для аннотации всех 6М изображений
- Найдем, вот эту картинку:



James Hays, Alexei A. Efros [im2gps: estimating geographic information from a single image](#), CVPR 2008.



Paris



Paris



Paris



Paris



Paris



Paris



Paris



Madrid



Rome



Paris



Cuba



Paris



Paris



Poland



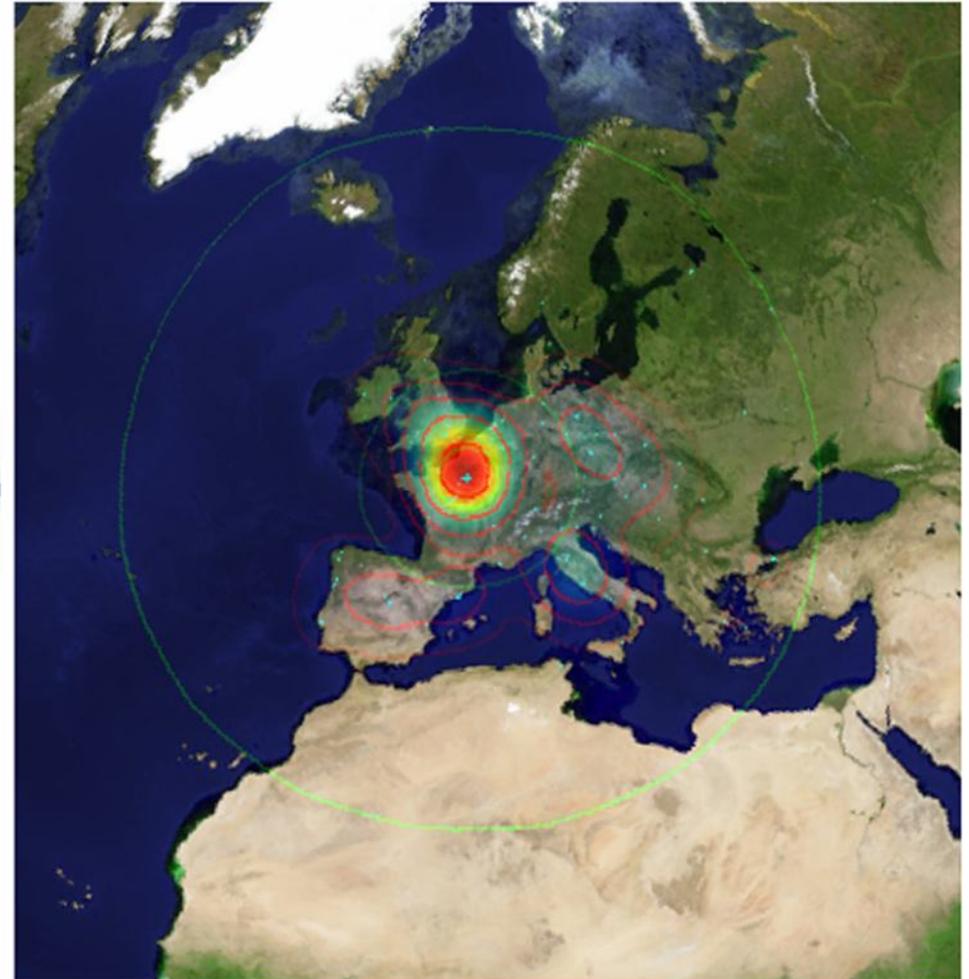
Paris



Paris



Отображение результатов на карте





Найдем теперь такую:





Что мы нашли:



Madrid



england



France



Paris



Croatia



heidelberg



Macau



Malta



Cairo



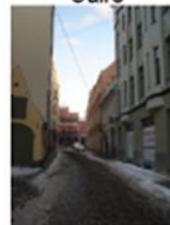
Italy



Italy



Italy



Latvia



europe



Barcelona

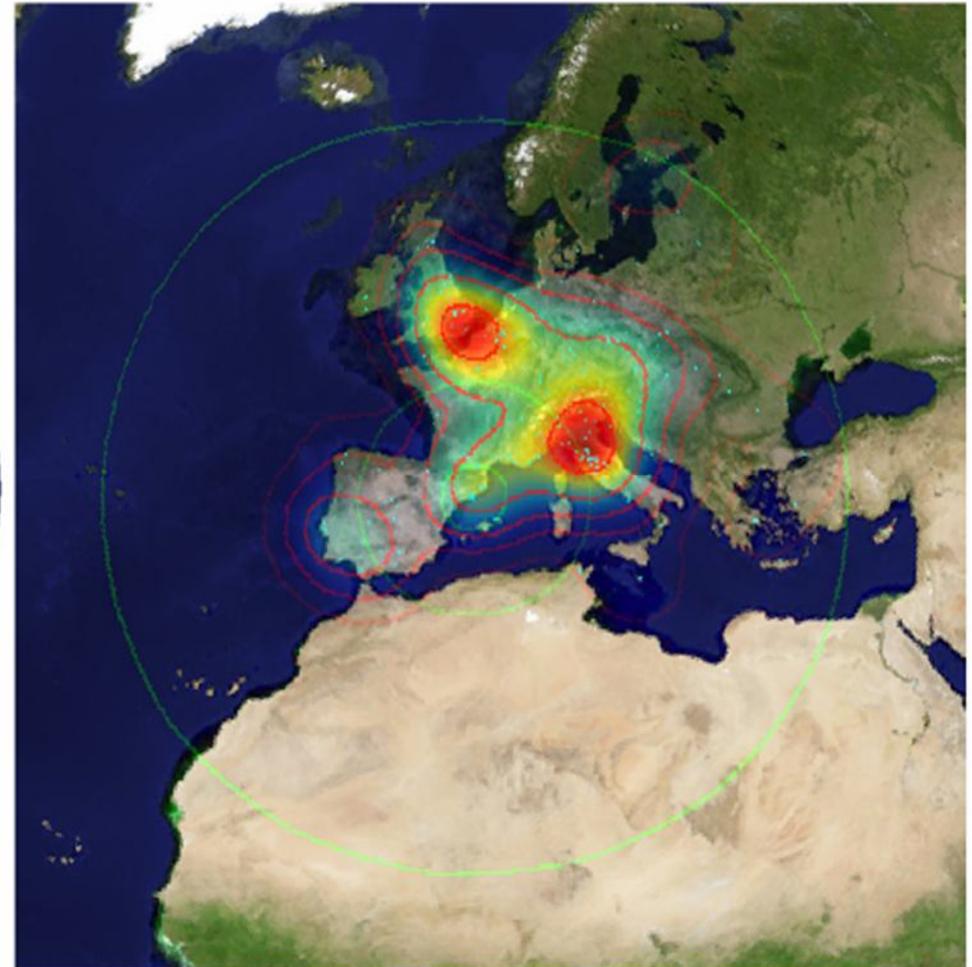
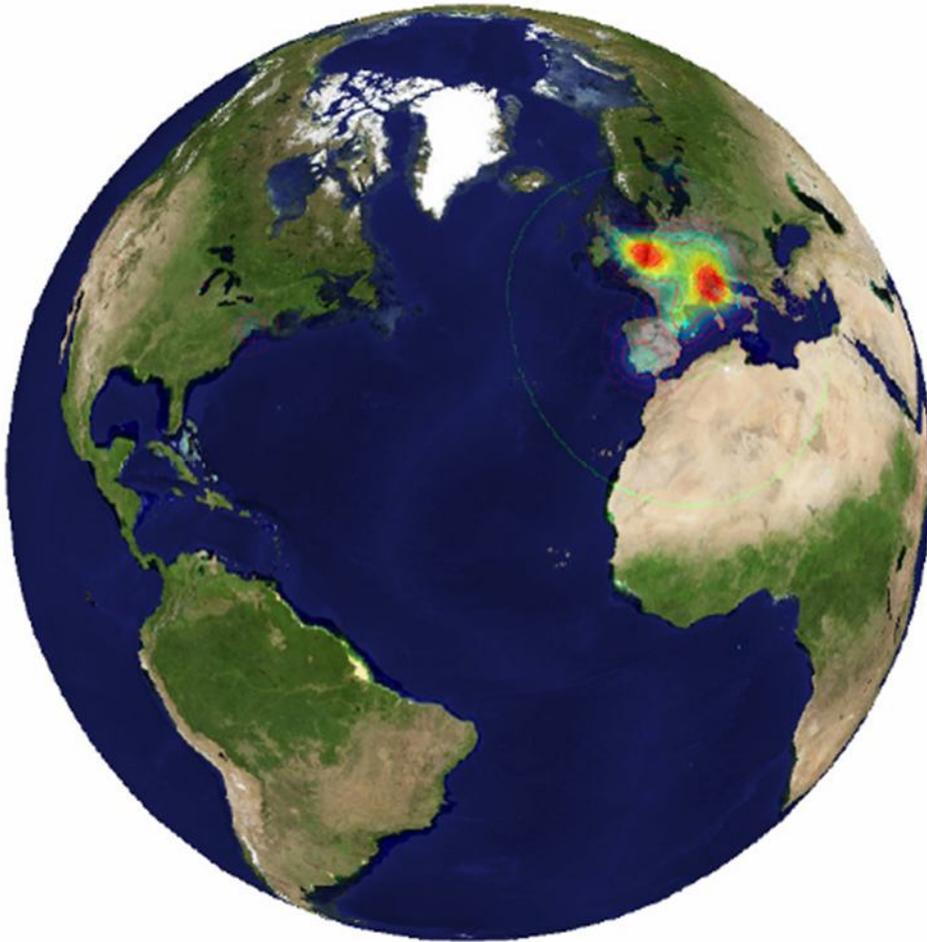


Austria



Отображение результатов на карте

200 результатов, кластеризуем и покажем центры
и распределение картинок





im2gps

Microsoft
Research





Philippines



Houston



Thailand



Houston



Maldives



Philippines



NewZealand



Bermuda



Palau



Mexico2



Brazil



Mendoza



Brazil



Thailand



Arkansas



Hawaii





Switzerland



SouthAfrica



California



Barcelona



Italy



Italy



Nevada



Washington



Paris



Madrid



California



Oregon



SouthDakota



USA



Bangkok



Italy





USA



Utah



Arizona



Utah



Utah



Utah



Tunisia



Kenya



Utah



LosAngeles



Burundi



NewMexico



Utah



Utah

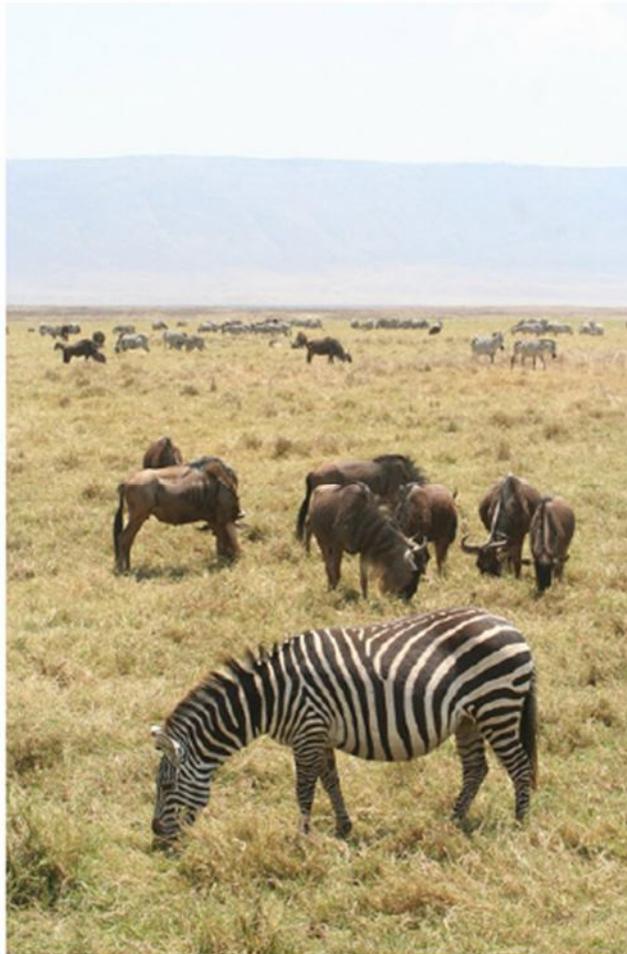


Utah



Mendoza





California



Oklahoma



SouthAfrica



Zambia



Kenya



Hyderabad



Mongolia



SouthAfrica



Kenya



Kenya



Zambia



Ethiopia



Nevada



africa



Morocco



Tennessee





Toronto



Florida



NewYork



Boston



Boston



Oregon



Oregon



Oregon



NewYork



Barcelona



Oregon



Chicago



Ohio



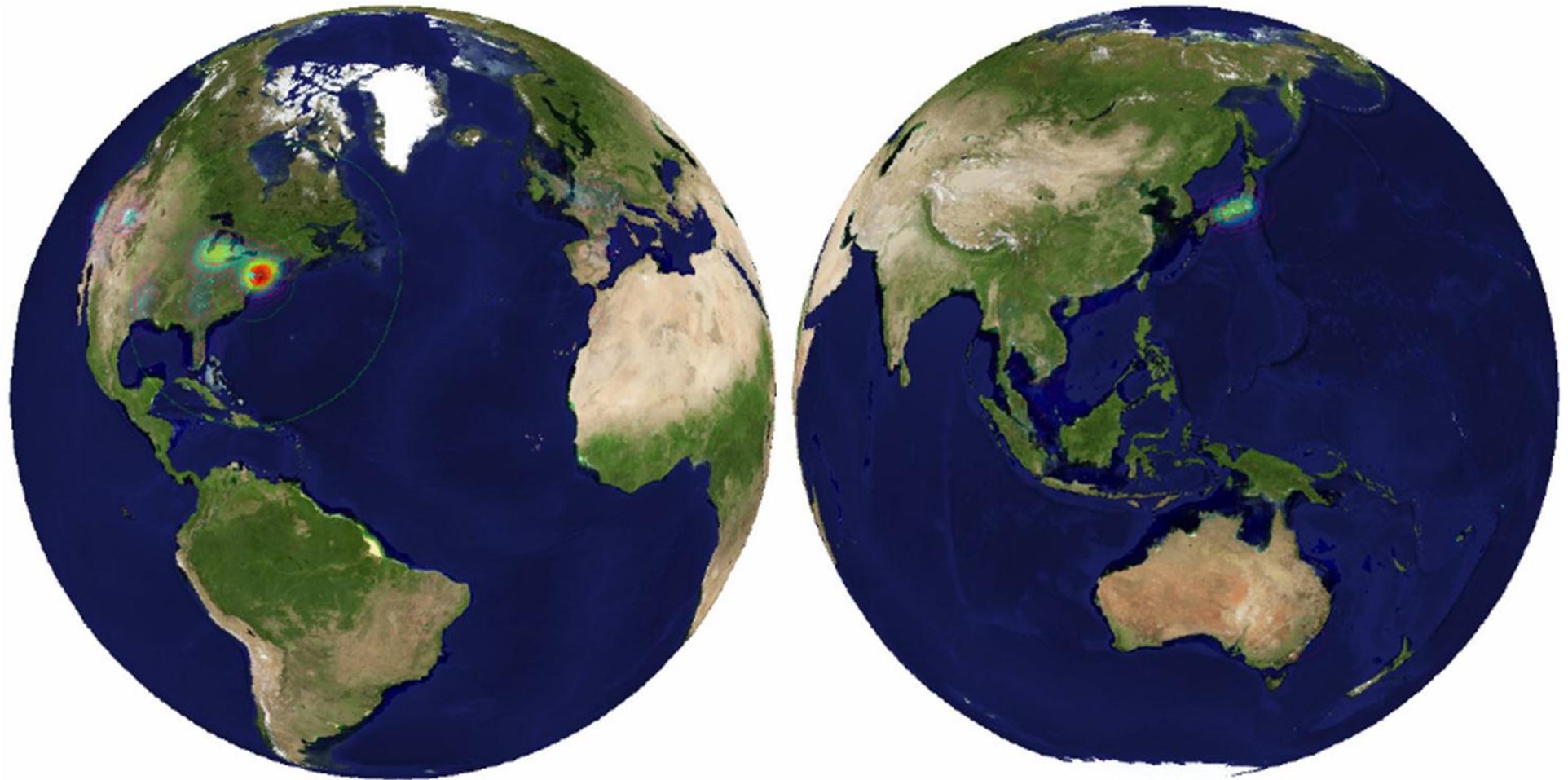
Philadelphia



NewYorkCity



Boston





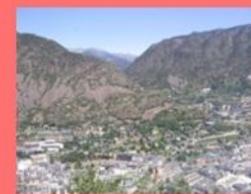
Категории данных



Argentina



Andorra



Andorra



Iceland



Idaho



Switzerland



Argentina



Bolivia



Nevada



Hawaii



Hawaii



Egypt



China



Arizona



Peru

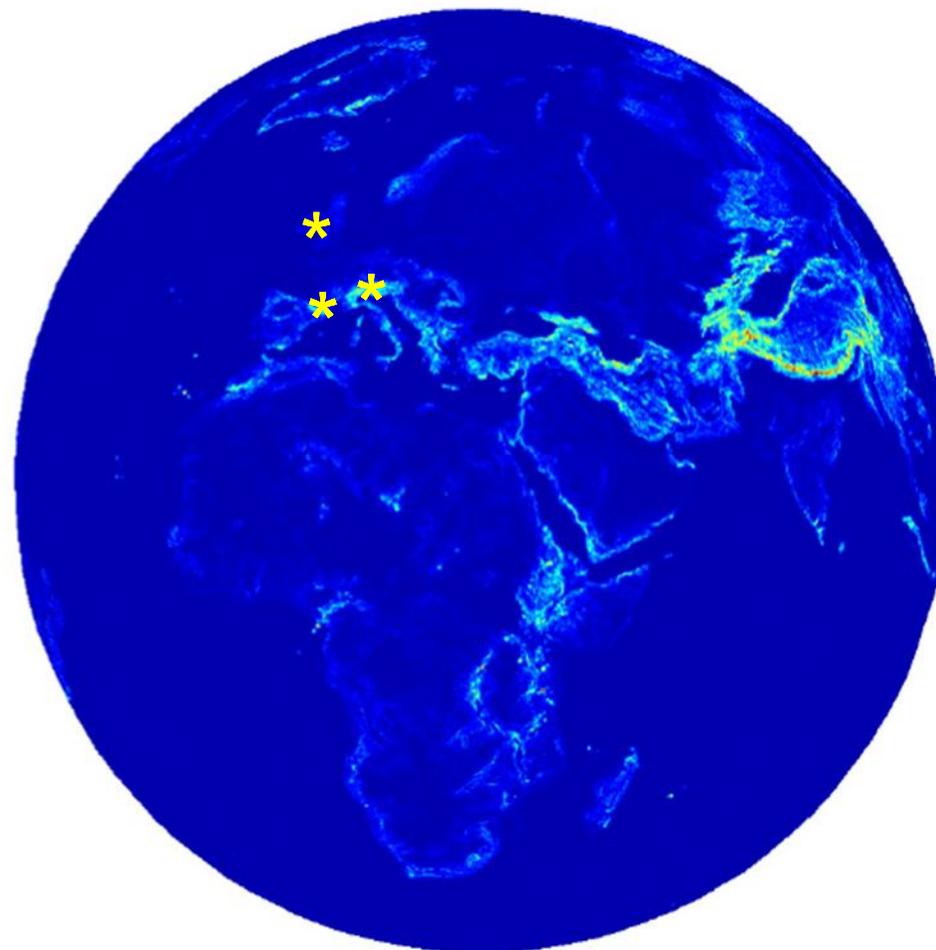
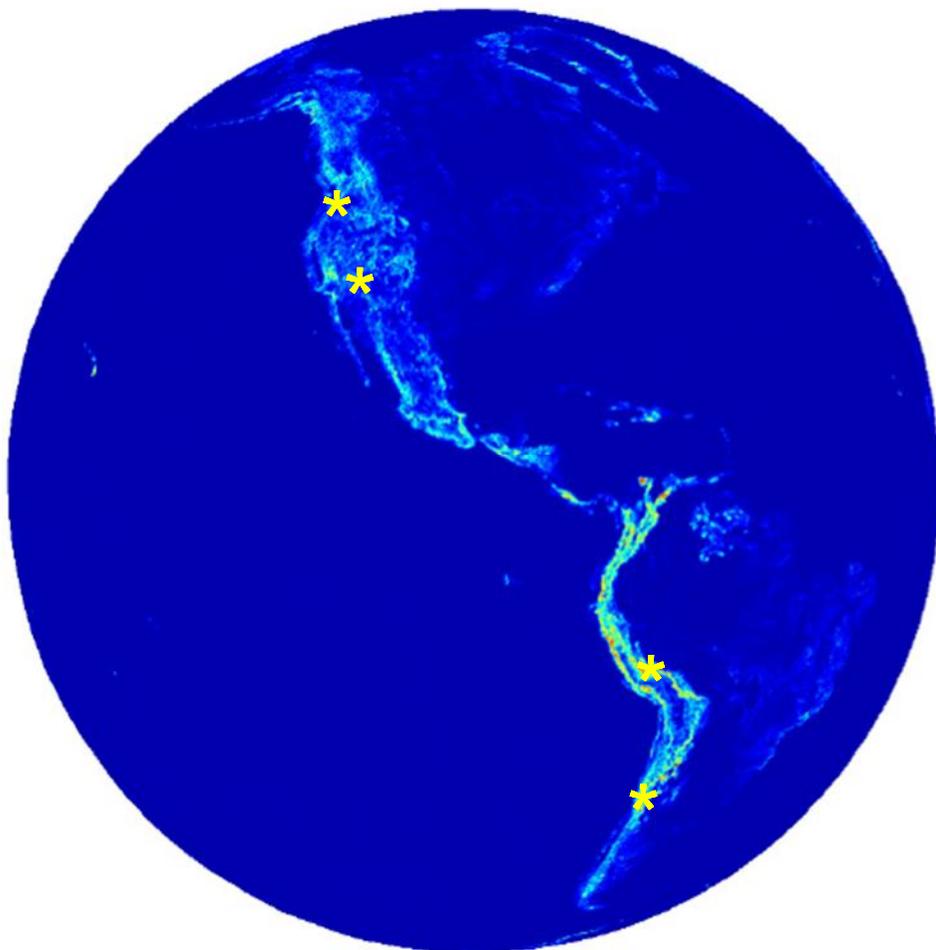


Oregon





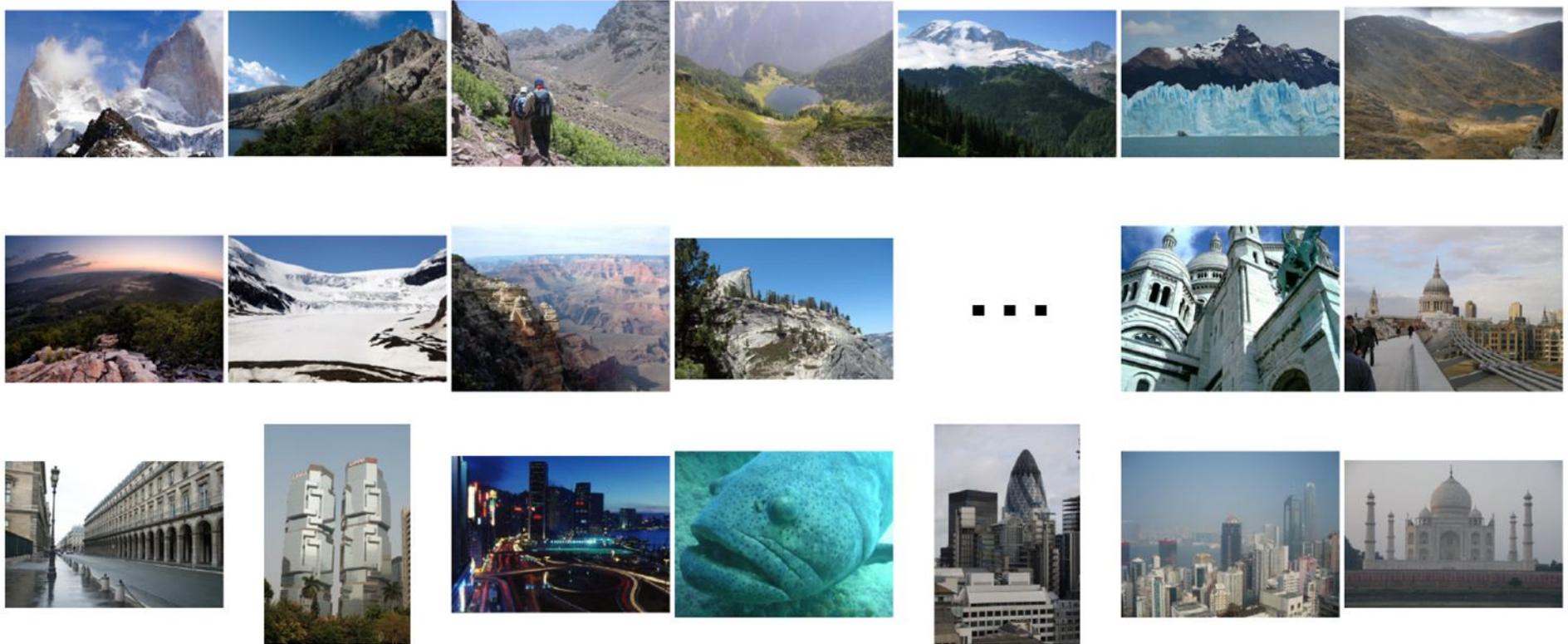
Скорость = 112 м / км





Уклон

Ранжирование изображений по уклону (от макс к мин)



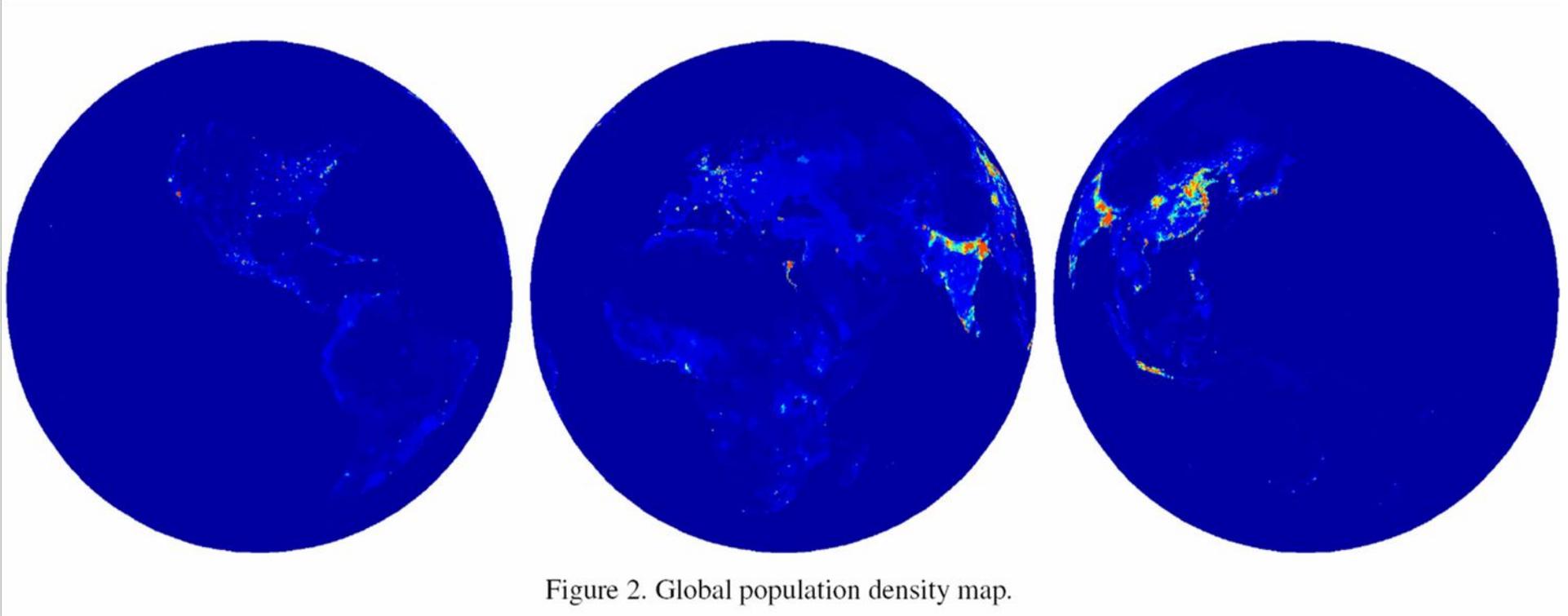
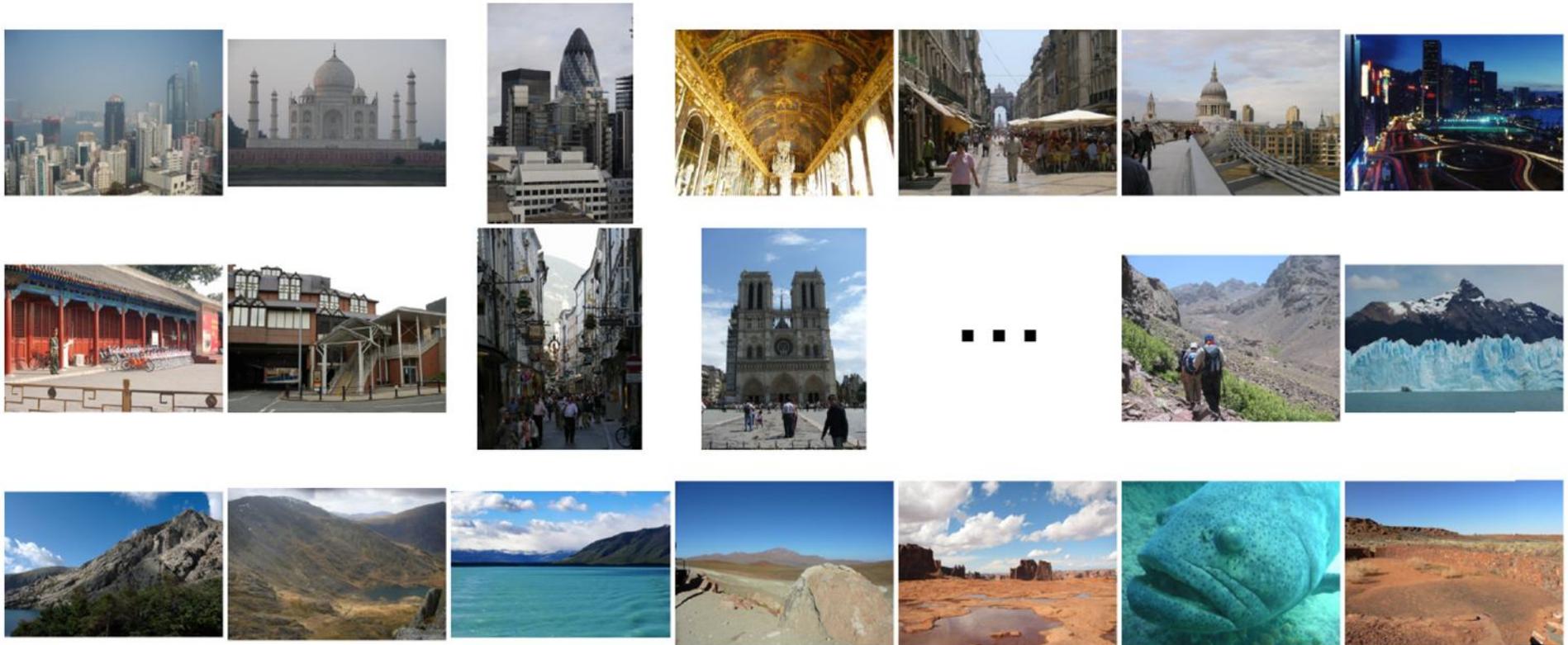


Figure 2. Global population density map.



Ранжирование по плотности населения



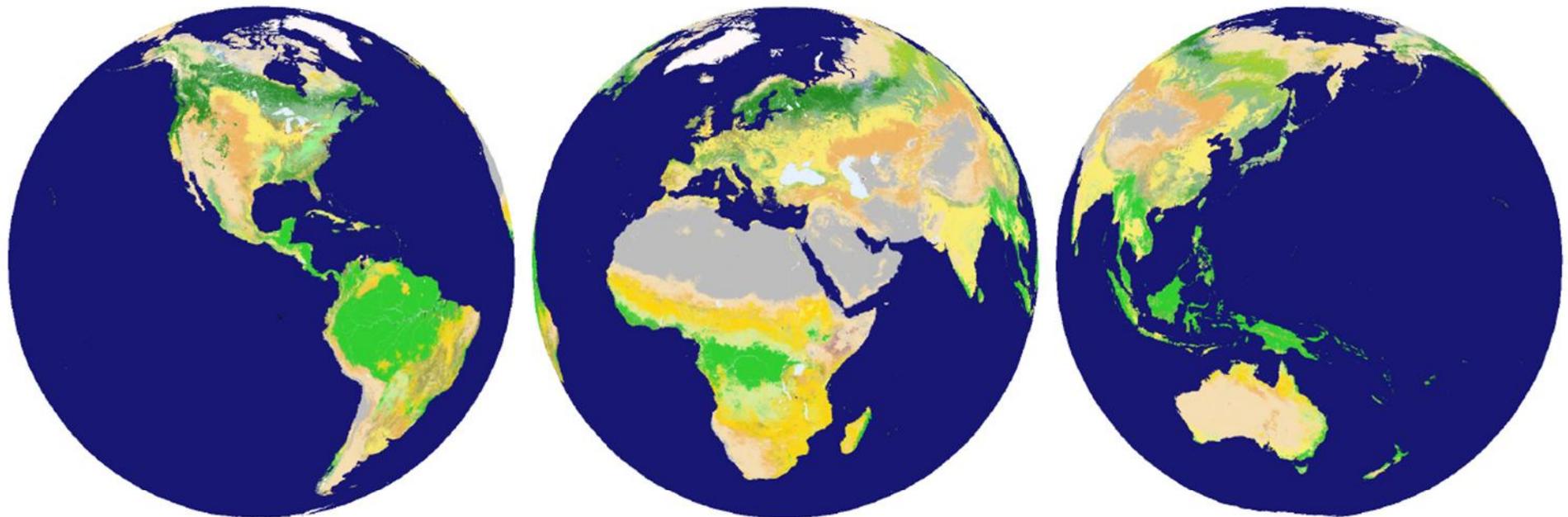
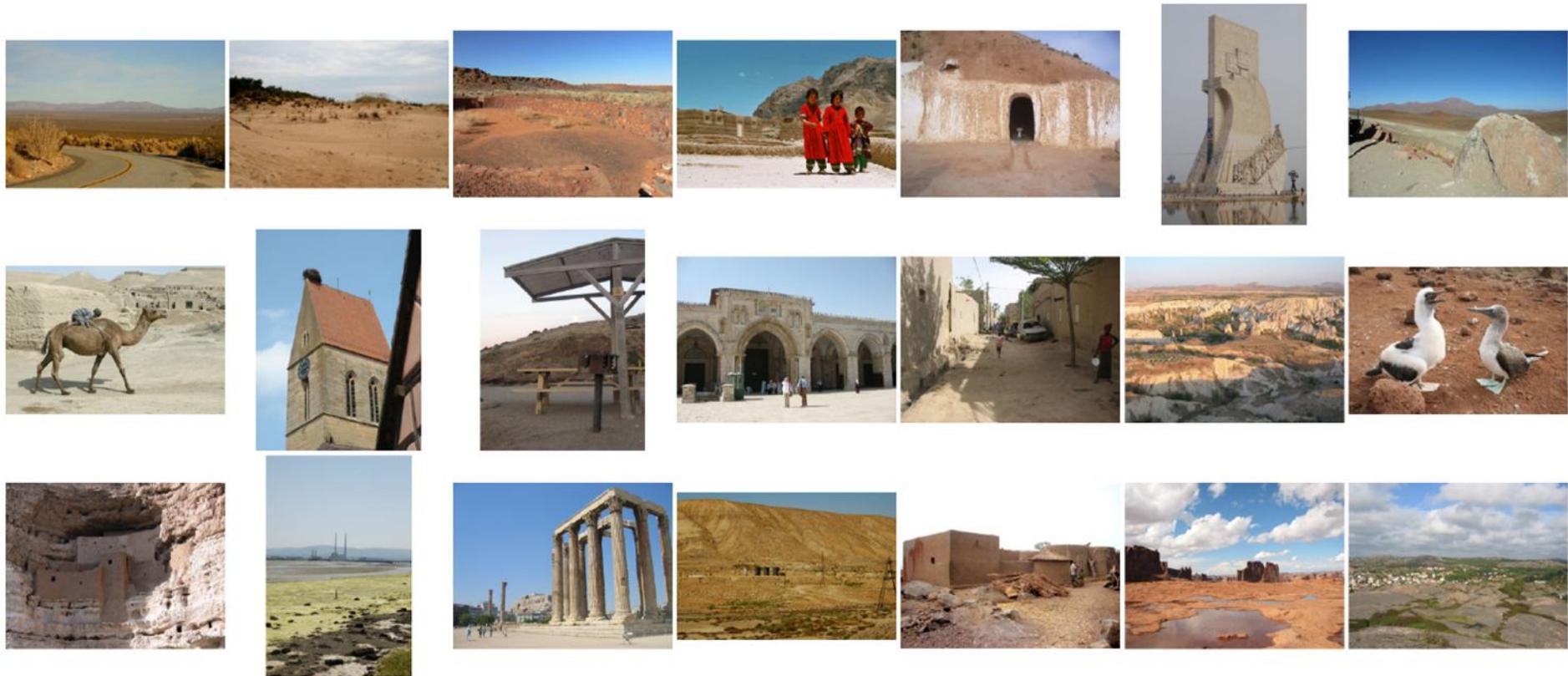


Figure 4. Global land cover classification map.



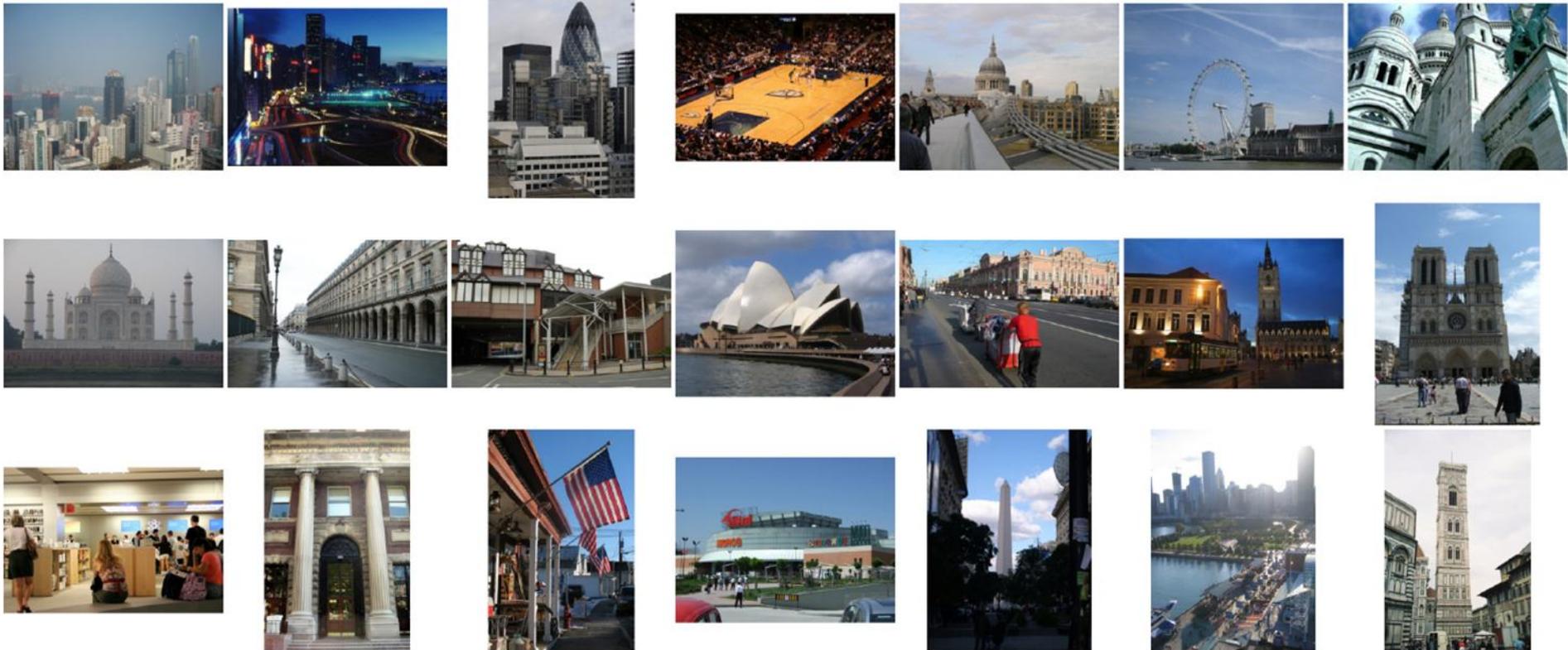


ПУСТЫНИ





Города и здания



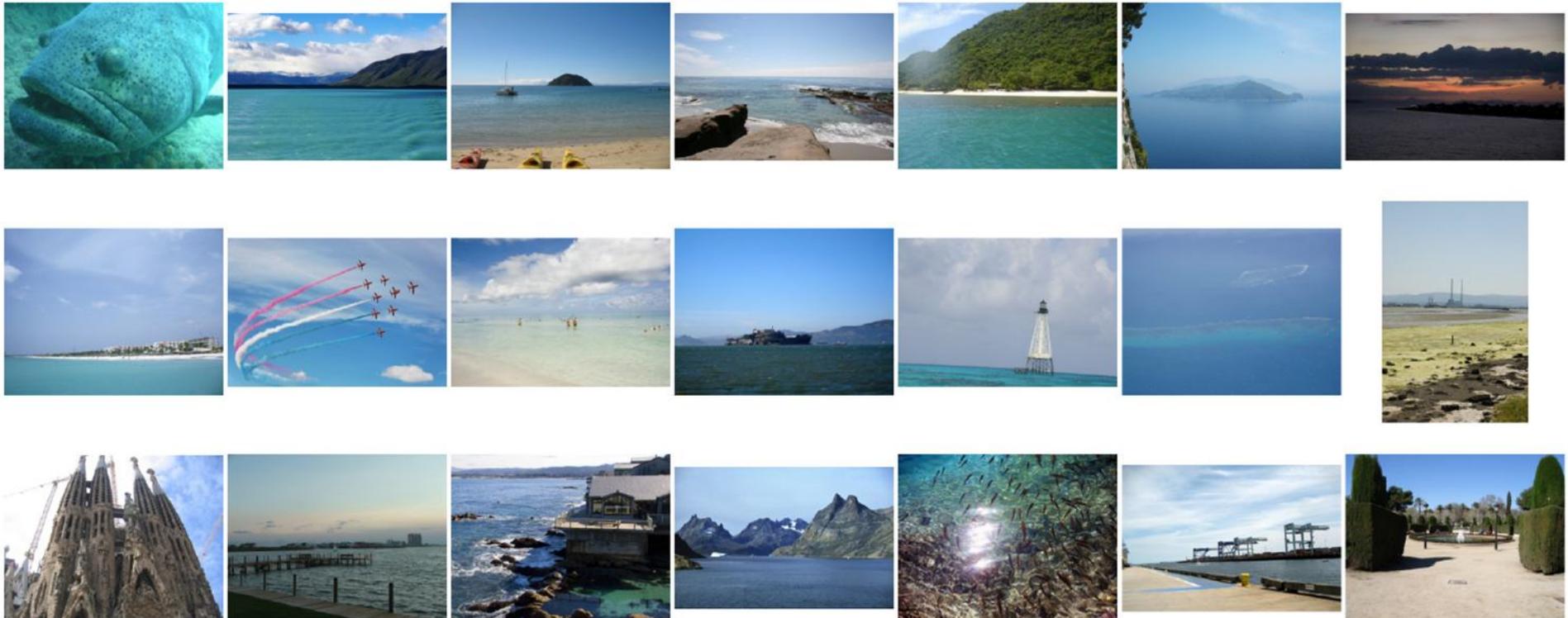


Саванна





Вода





Вода



Photo Clip Art

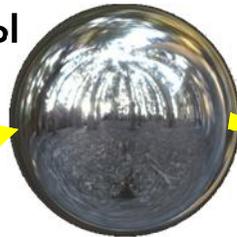
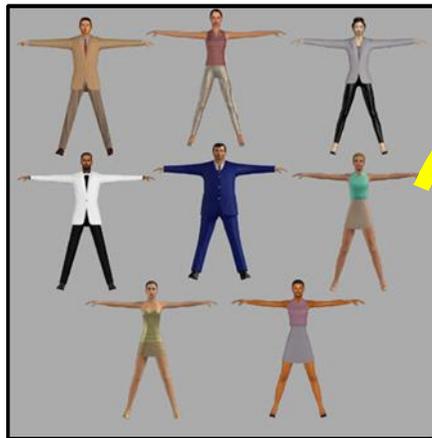


Jean-François Lalonde, Derek Hoiem, Alexei Efros, Carsten Rother, John Winn, Antonio Criminisi [«Photo Clip Art»](#), SIGGRAPH 2007.



Внедрение объектов в изображение

Высокодетализированная
модель
Качественные материалы



- Фотореалистичная визуализация
- Дорого и «домохозяйке» не под силу

Paul Debevec. Rendering Synthetic Objects Into Real Scenes: Bridging Traditional and Image-Based Graphics With Global Illumination and High Dynamic Range Photography, SIGGRAPH 1998



Альтернатива: картинки



- Быстро и дешево
- Далек от реальности....



Почему не получается?

- Вставим машинку с другой фотографии...



Ориентация и освещение
неправильные



Опять много-много данных...

- Возьмём подходящую картинку из коллекции...





Идея системы

Этап I: Аннотация (разметка) базы примеров



Name: person
Subgroup: person, standing
Height: 1.5m
Local context: in shadow
Illumination: sunny, bright day, no cloud
Segmentation quality: excellent, >40 points
Upsampling blur: low

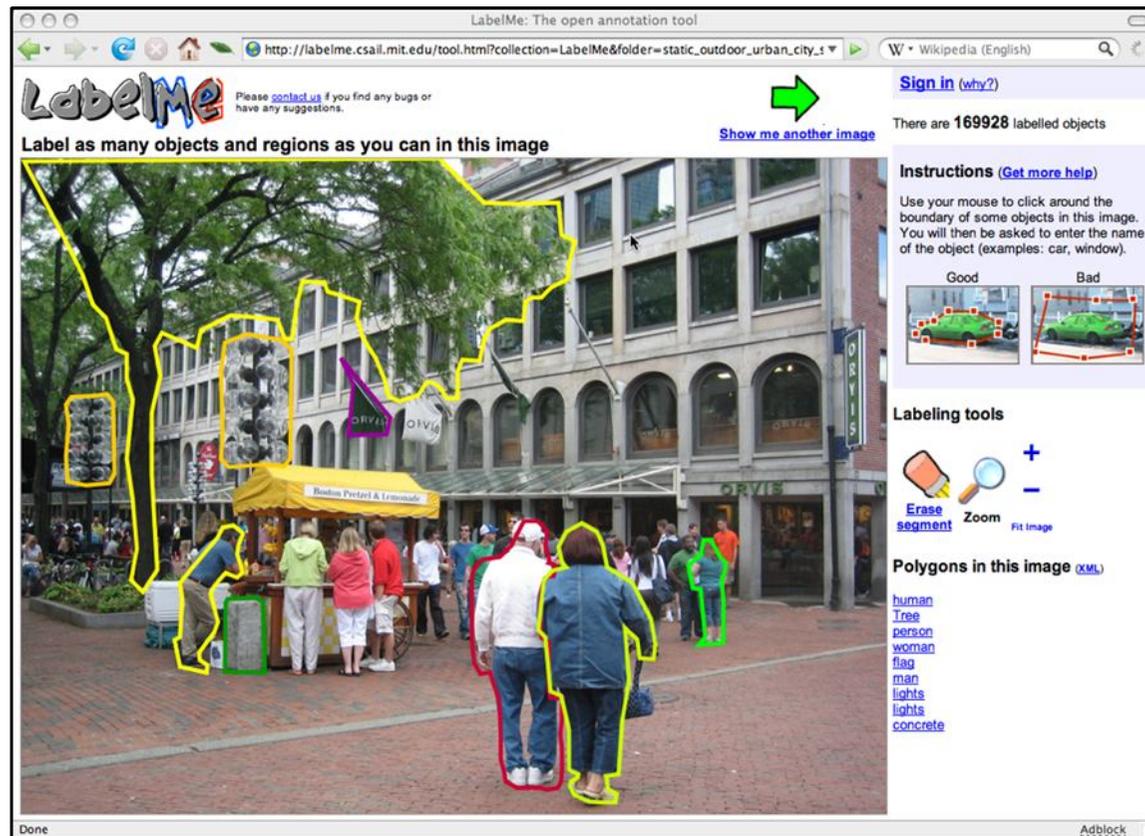
Этап II: Вставка объекта





Источник данных: LabelMe [Russell *et al.*, 2005]

- В сети (<http://labelme.csail.mit.edu>)
- 170,000 объектов в 40,000 изображениях
- Именованные полигоны

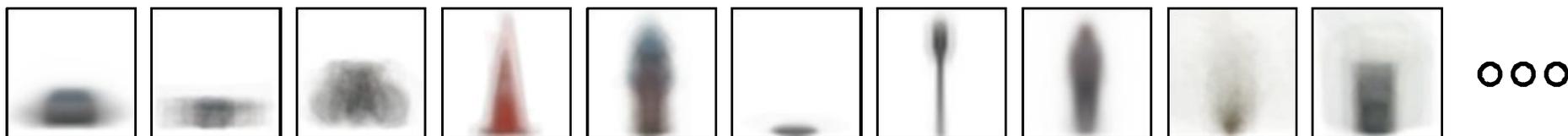




Кластеризация данных



16 вручную выбранных категорий

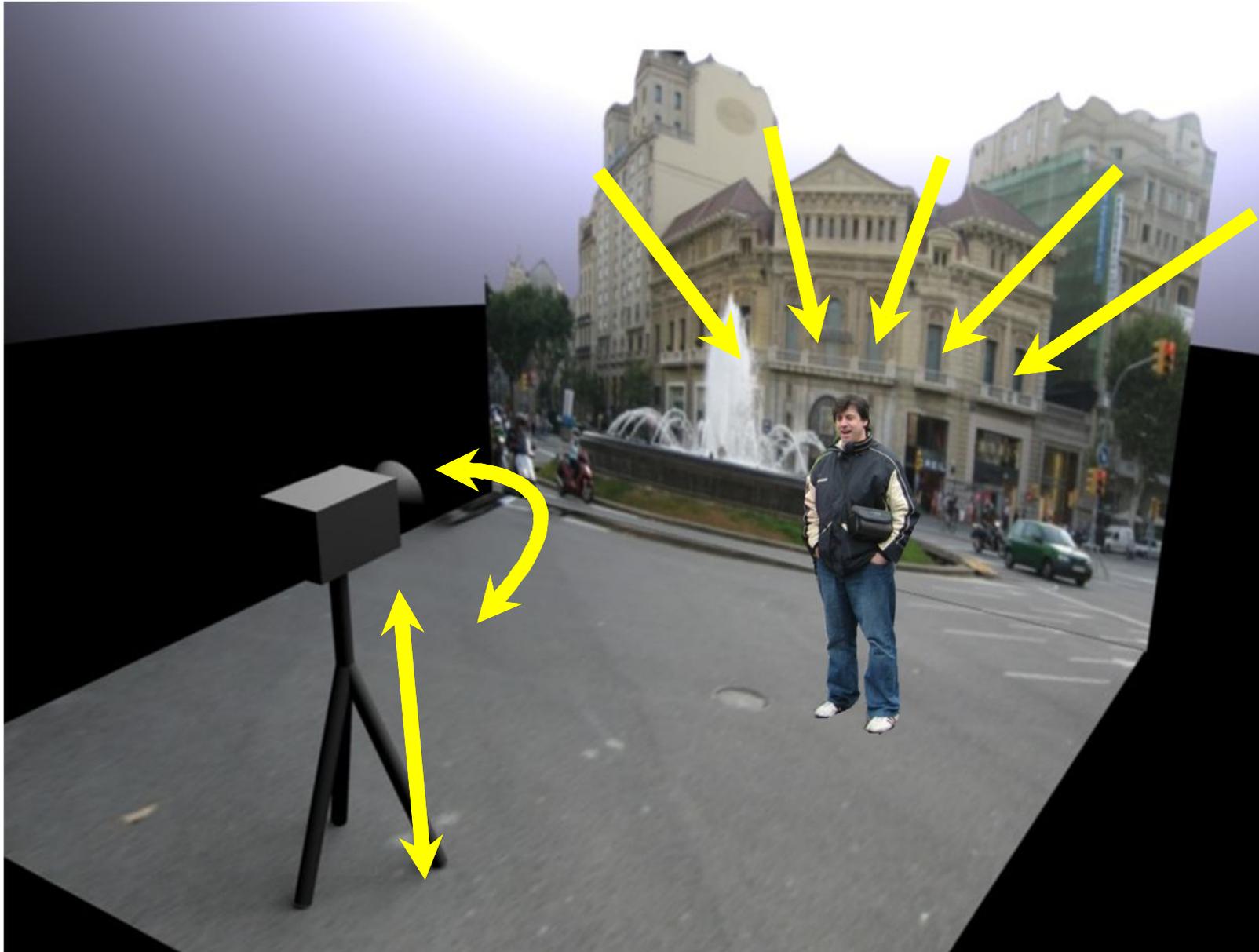


Подкатегории (кластеризация)



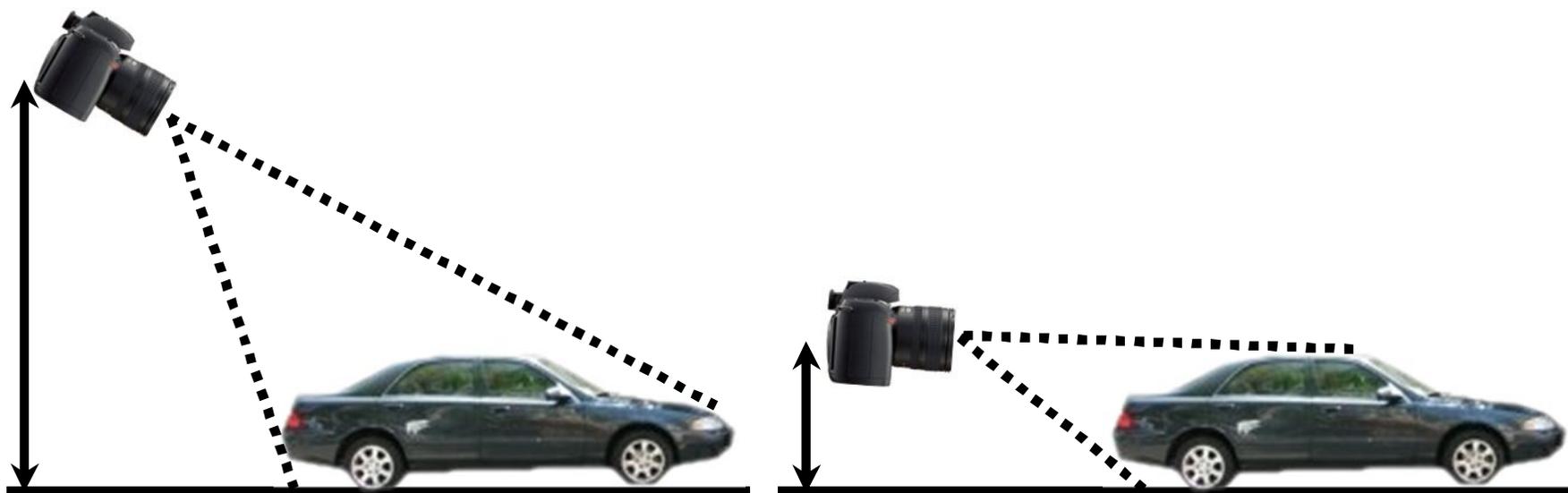


Параметры съёмки





Параметры камеры



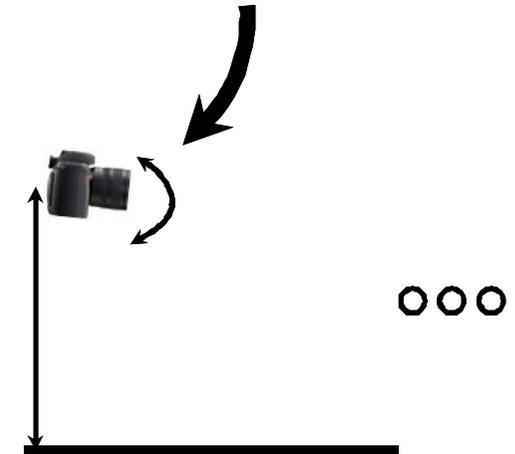
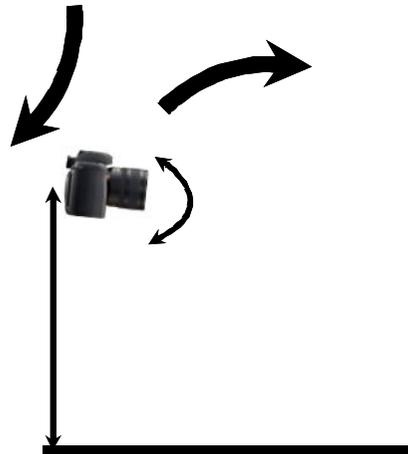
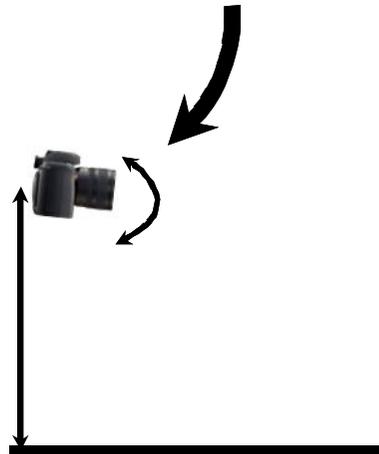
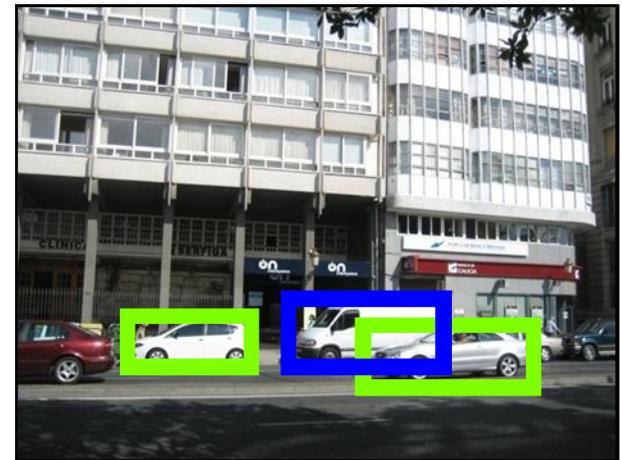
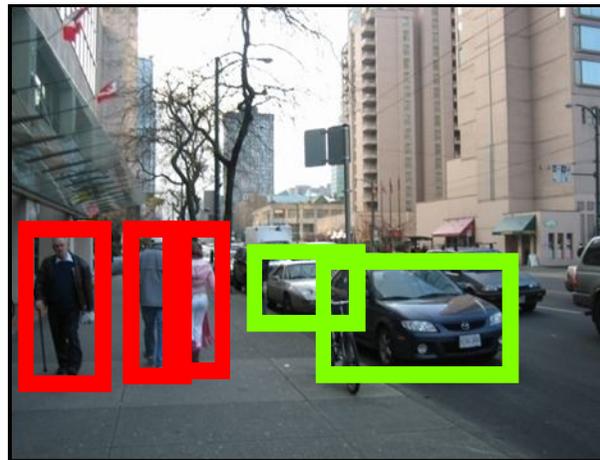
- Высота камеры
- Наклон камеры



Параметры камеры

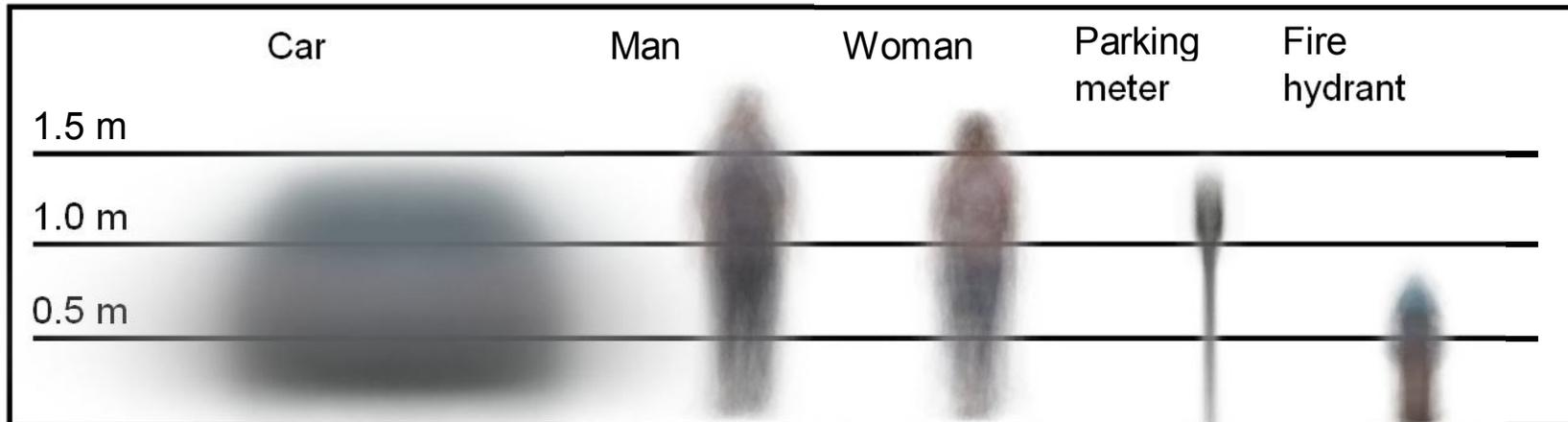
Рост человека
1.7 +/- 0.085 m
(National Center for Health Statistics)

Высота автомобиля
1.5 +/- 0.19 m
(automatically learned)





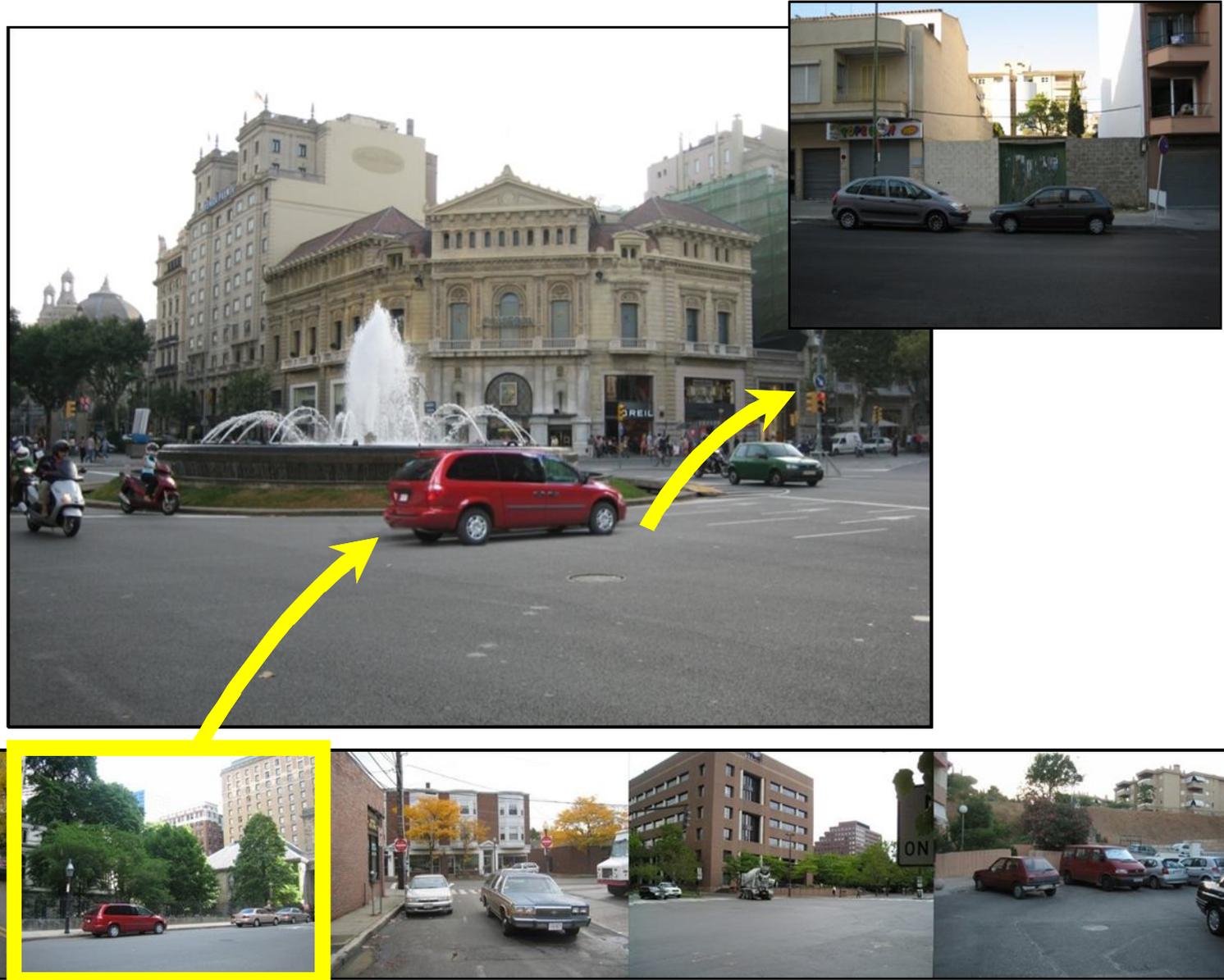
Оценка высоты объектов



Object	Estimated average height (m)
Car	1.51
Man	1.80
Woman	1.67
Parking meter	1.36
Fire hydrant	0.87



Одной камеры не хватает...

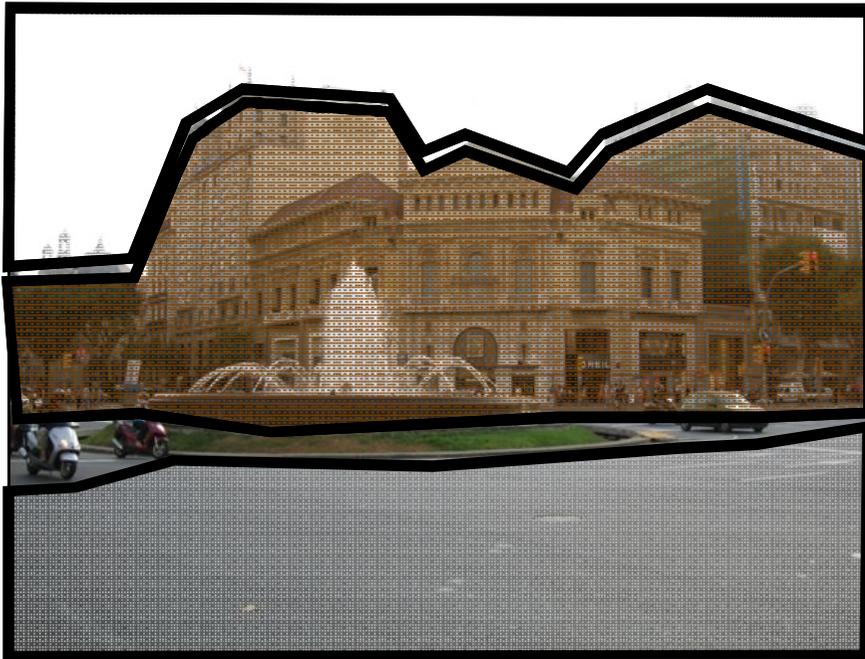




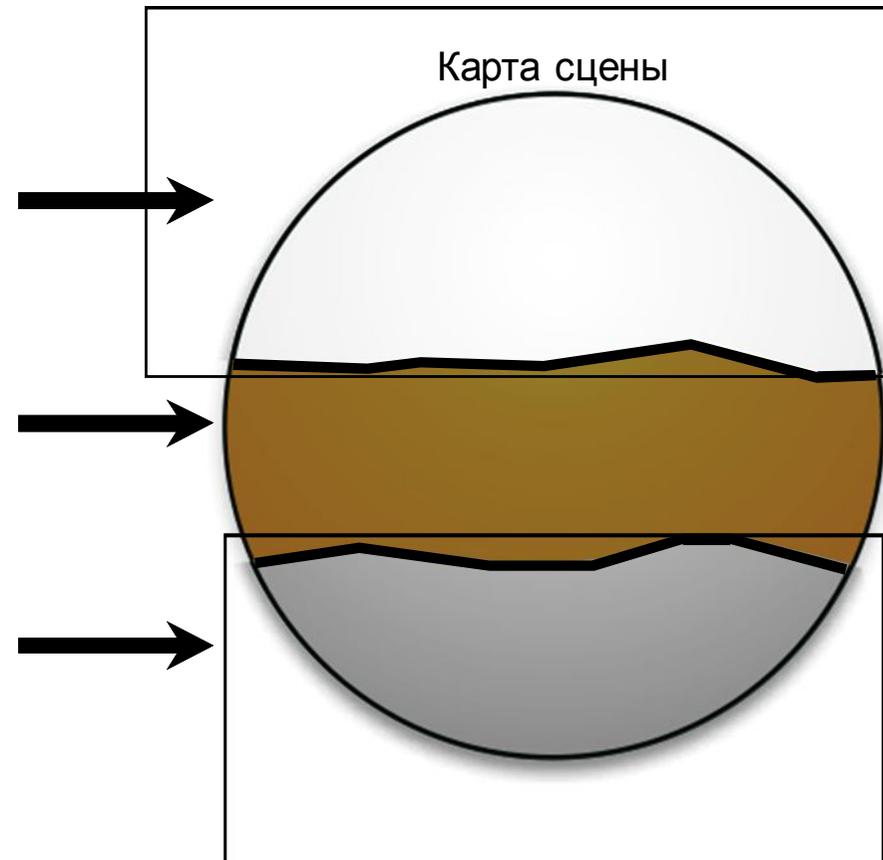
Освещенность сцены

- Можно оценить освещенность сцены
- Разные приближенные модели [Khan *et al.*, '06]

Изображение



Карта сцены





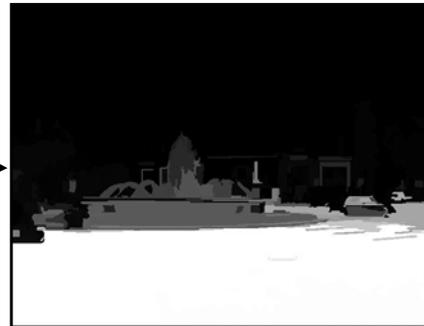
Оценка освещенности

Database image

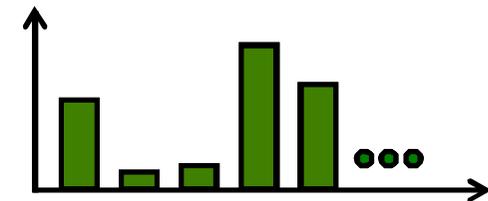
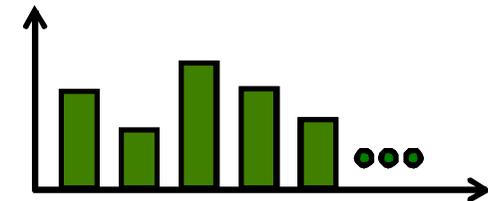
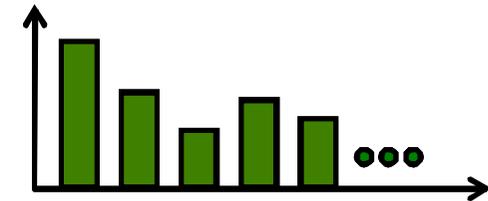


Automatic Photo Popup
Hoiem *et al.*, SIGGRAPH '05

$P(\text{pixel}|\text{class})$



CIE $L^*a^*b^*$ histograms



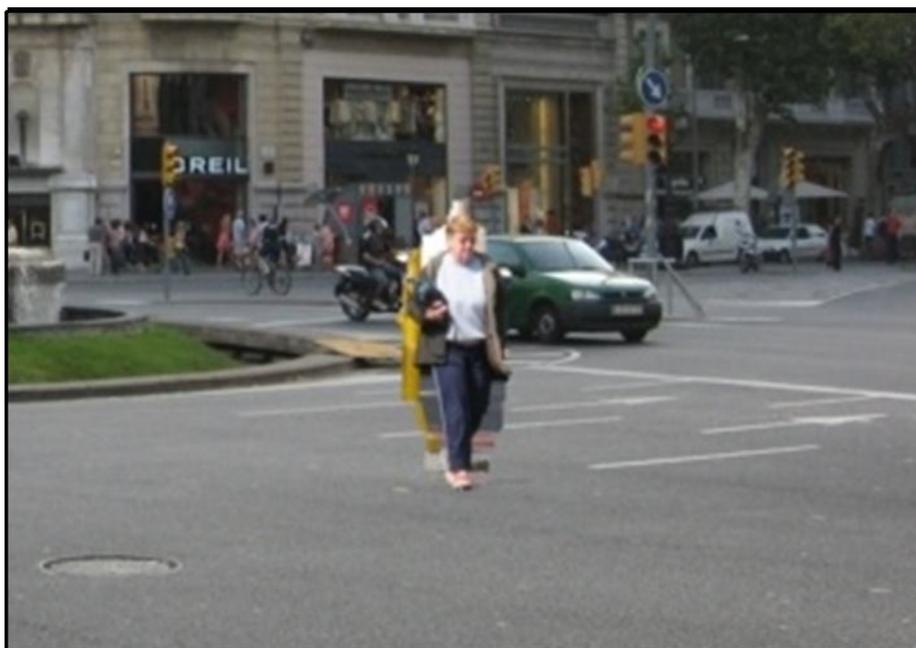


Поиск по освещенности





Локальный контекст





Качество сегментации

- Все размечают пользователи
- Качество сегментации разительно отличается

38 points / polygon



4 points / polygon

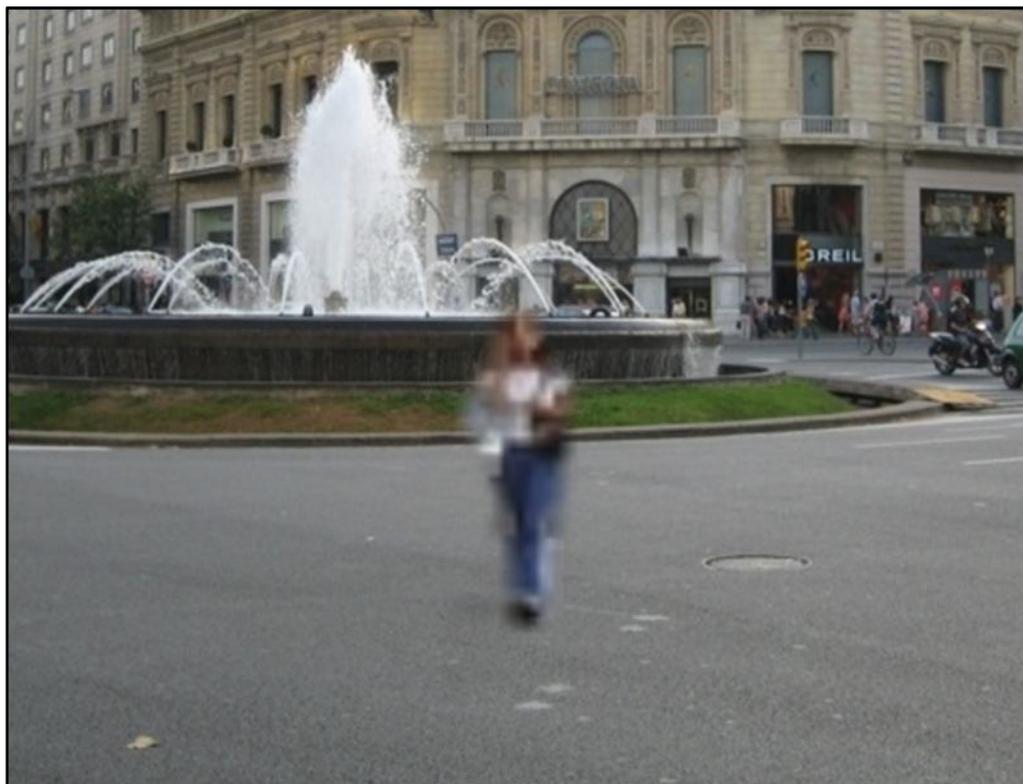




Резкость изображения

- Разрешения должны соответствовать!

x3 up-sampling

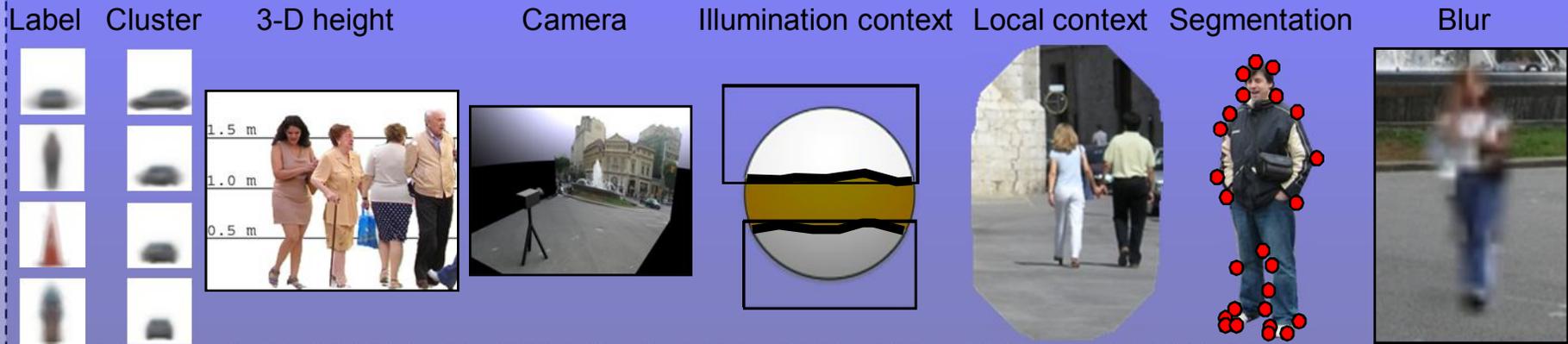




Текущая схема

Этап I: Разметка базы

Object properties (used for sorting the database)



Этап II: Вставка картинки





Вставка объекта

- Заметные границы склейки при использовании исходной сегментации





Сегментация

Сегментация

Graph cut segmentation
[Boykov and Jolly, '01]



GrabCut

[Rother et al., '04]



Lazy Snapping

[Li et al., '04]



Смешение

Spline blending
[Burt and Adelson, '83]



Poisson image editing
[Pérez et al., '03]



Объединение

Drag-and-Drop Pasting
[Jia et al., '06]



- Метод должен быть автоматическим!
- Работать со сложными объектами
- Рассмотрим на лекции по цифровому фотомонтажу...



Тени [Kersten *et al.*, '96]



- Будем для каждого объекта извлекать ещё и тень
- Есть методы...

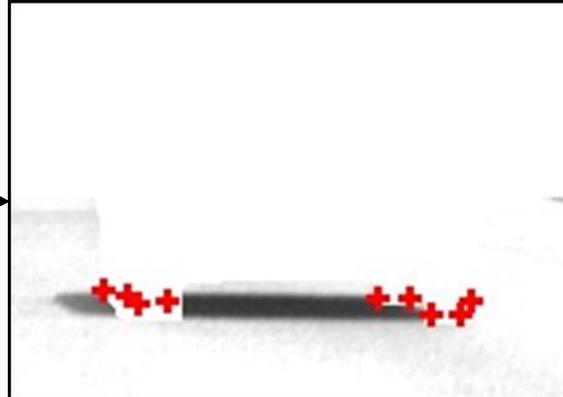


Перенос тени

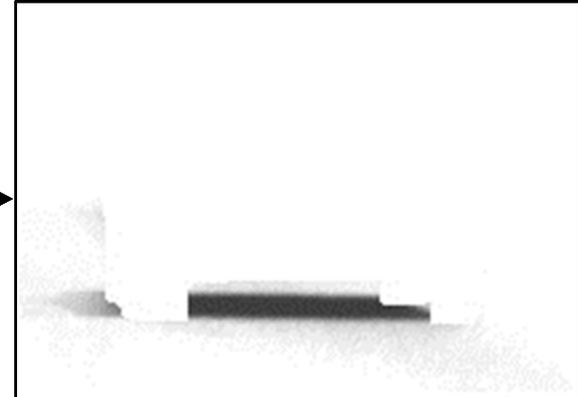
Изображение



Оценка тени



Уточнение тени



Перенос объекта



Перенос тени



Результат





Все вместе

Этап I: Аннотация базы

Object properties (used for sorting the database)

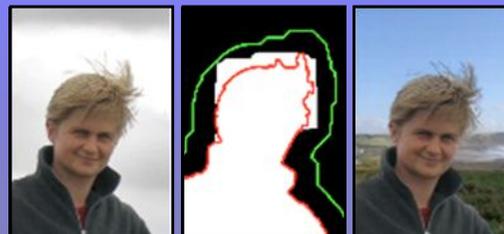
Label	Cluster	3-D height	Camera	Illumination context	Local context	Segmentation	Blur

Этап II: Вставка объекта

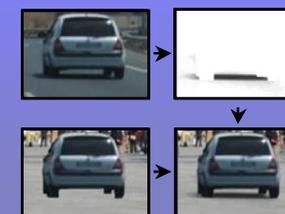
Segmentation



Blending



Shadow transfer





Авария





MoST





Картина



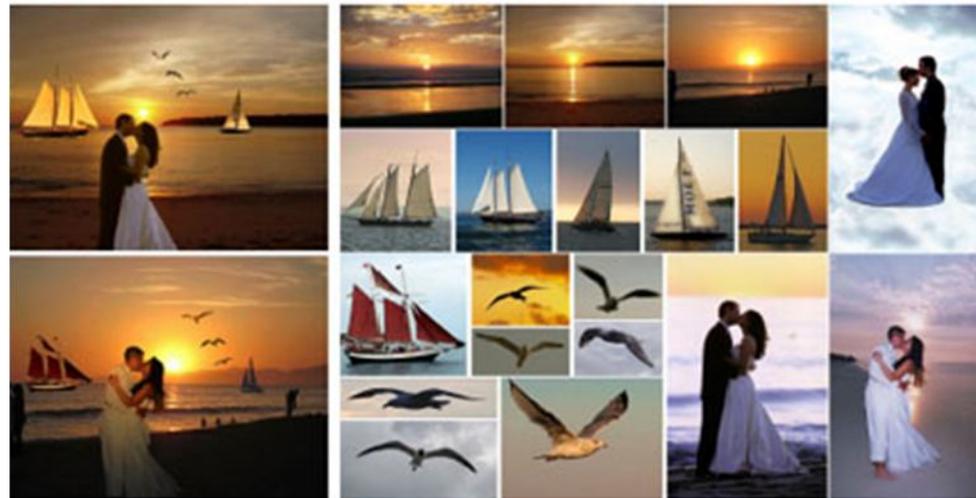


Улица





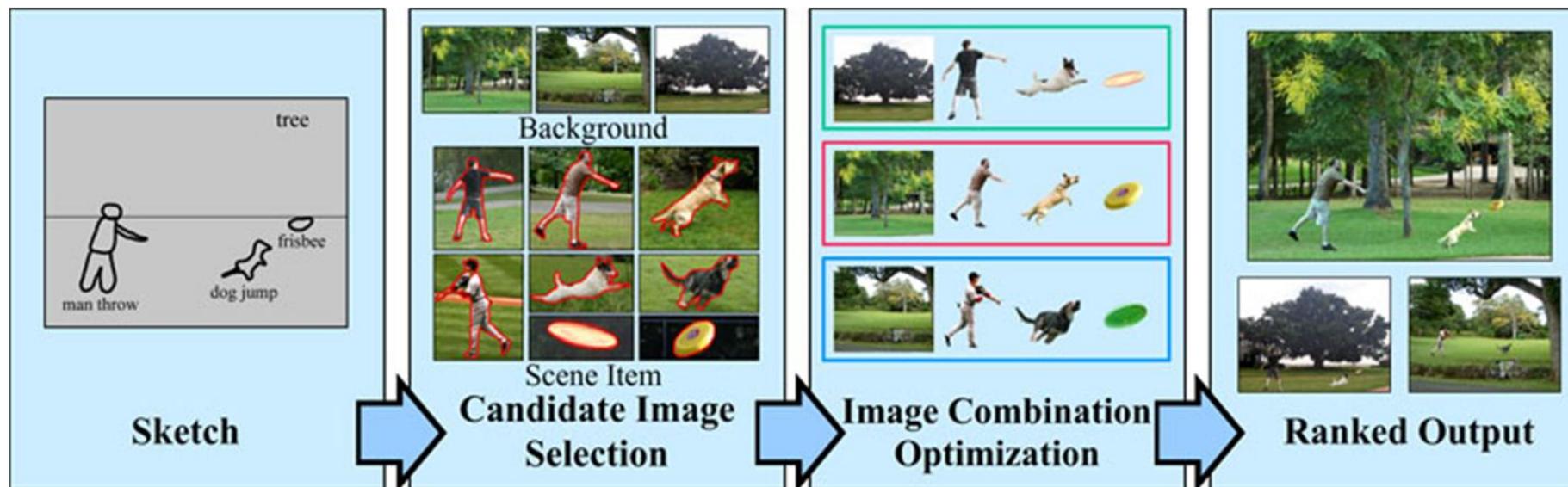
Sketch2photo



Tao Chen, Ming-Ming Cheng, Ping Tan, Ariel Shamir, Shi-Min Hu
[Sketch2Photo: Internet Image Montage](#) ACM SIGGRAPH ASIA 2009



Схема метода



- **Идея:**
 - Поиск в интернете подходящих для композиции изображений
 - 3000 кандидатов для каждого объекта (выбирается 100)
 - 1000 кандидатов для фона (выбирается 20)



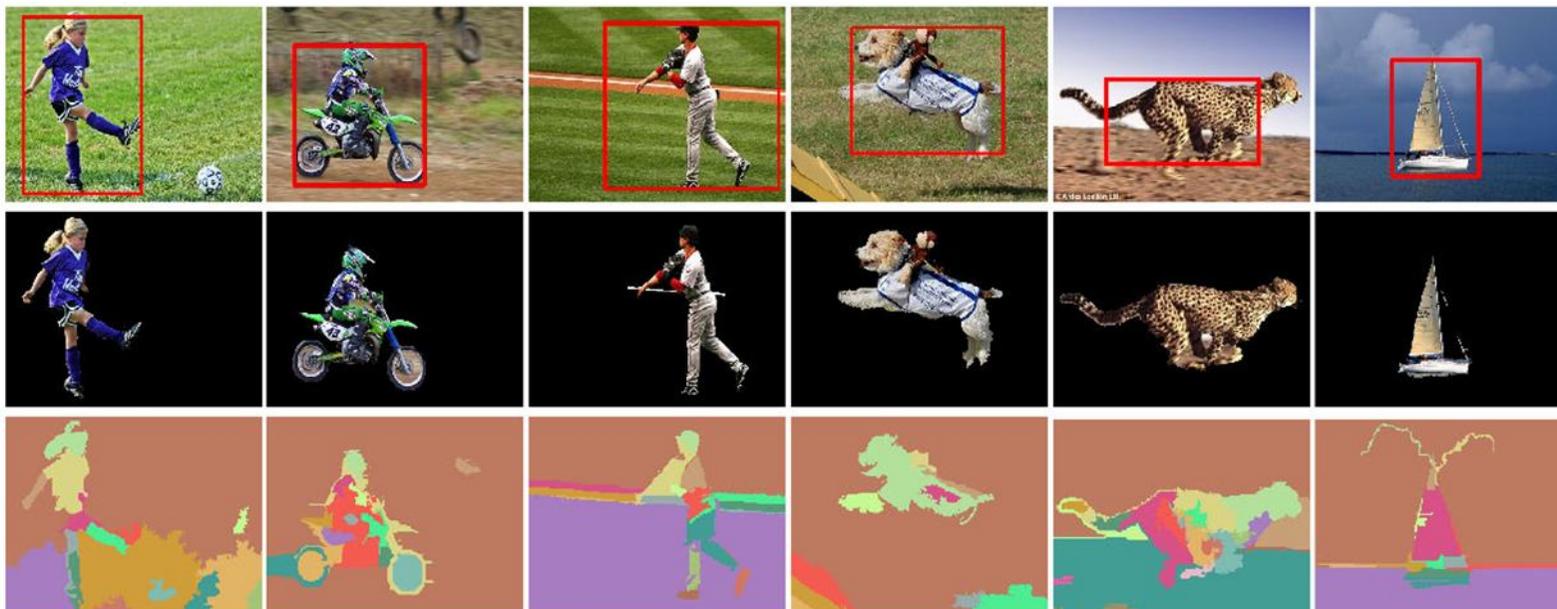
Выбор кандидатов на фон

- Фильтрация по ряду критериев
 - Согласование по содержанию
 - Для каждого изображения вычисляется гистограмма цветов
 - Ищем изображения похожие по цветам
 - Согласование по горизонту
 - Вычисление горизонта
 - Отбрасываем изображения со значительным $>30\%$ отклонением горизонта
 - Фон должен быть простым
 - Сегментация изображения
 - Считаем кол-во сегментов, в выпуклой оболочке объектов для размещения



Выбор кандидатов для объектов

- Для композиции лучше всего подходят такие изображения
 - Один значимый (salient) объект на чистом, простом фоне
 - Форма значимого объекта похожа на форму целевого
 - Используем salient-сегментацию

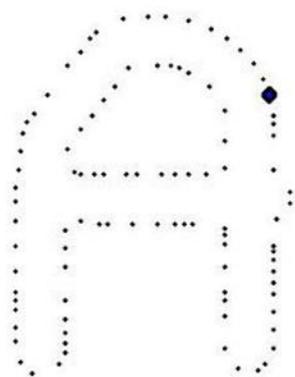


LIU, T., SUN, J., ZHENG, N.-N., TANG, X., AND SHUM, H.-Y.
Learning to detect a salient object. In Proc. of CVPR 2007



Выбор кандидатов для объектов (2)

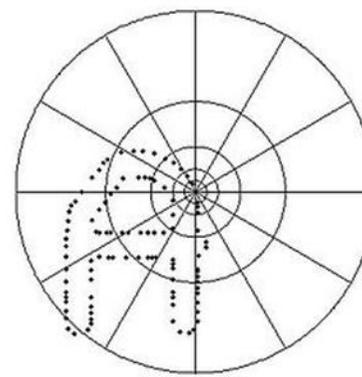
- Чистый, простой фон
 - Считаем количество сегментов в полосе вокруг найденного значимого объекта
 - Отбрасываем изображение, если сегментов больше 10
- Уточнение сегментации
 - Используем GrabCut (развитие Interactive Graph Cuts) с прямоугольной рамкой для инициализации
- Фильтрация по согласованию контуров
 - Считаем расстояние с помощью Shape Context



(a)



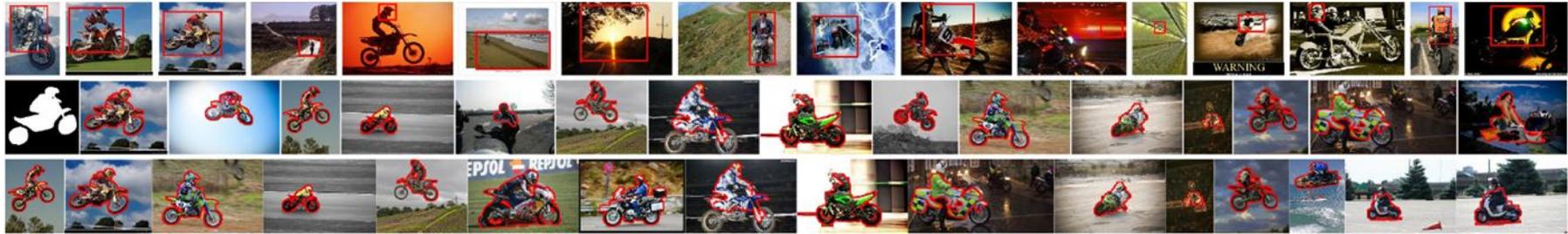
(b)



(c)



Примеры расчета кандидатов



Moto rider



Red car



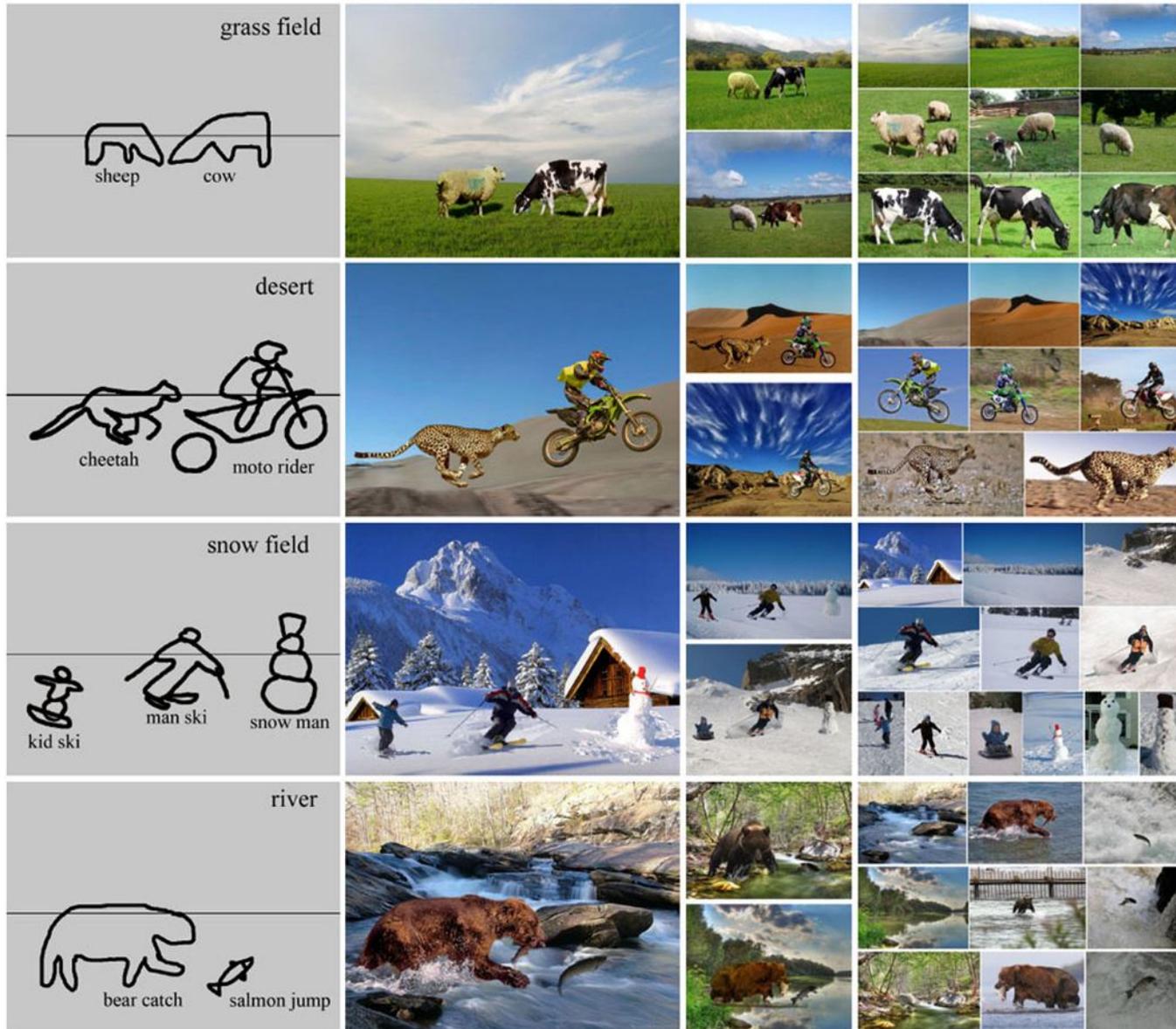
Композиция изображений



- Перебираем все возможные комбинации объектов и фонов из оставшихся кандидатов
 - Каждый объект можем проверять для всех фонов независимо от других объектов
 - Анализируем согласование по цветам и качество композиции около границы
 - Все занимаем $15 \text{ мин} * \text{число объектов} + 3 \text{ минуты на фон}$



Примеры работы





Резюме лекции

- Данные – один из краеугольных элементов для решения задачи компьютерного зрения
- Если данных очень много, то ряд задач можно решить «по аналогии»
- Нужно уметь собирать большие массивы данных и быстро искать в них
- Интернет и глобализация дают нам удобный инструмент для сбора и обработки данных