ИНТЕГАРЛЬНОЕ ИЗОБАЖЕНИЕ. МАГНИТНОЕ ЛАССО. Лекция 4.

Преподаватель: Сибирцева Елена
elsibirtseva@gmail.com

В предыдущих сериях…

Dilation and Erosion

0	1	0
1	1	1
0	1	0

Two basic operations:

- A is the image, B is the “structural element”, a mask akin to a kernel in convolution

Dilation :

$$A \oplus B = \{z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \phi\}$$

$$A \oplus B = \{z \mid [(\hat{B})_z \cap A] \subseteq A\}$$

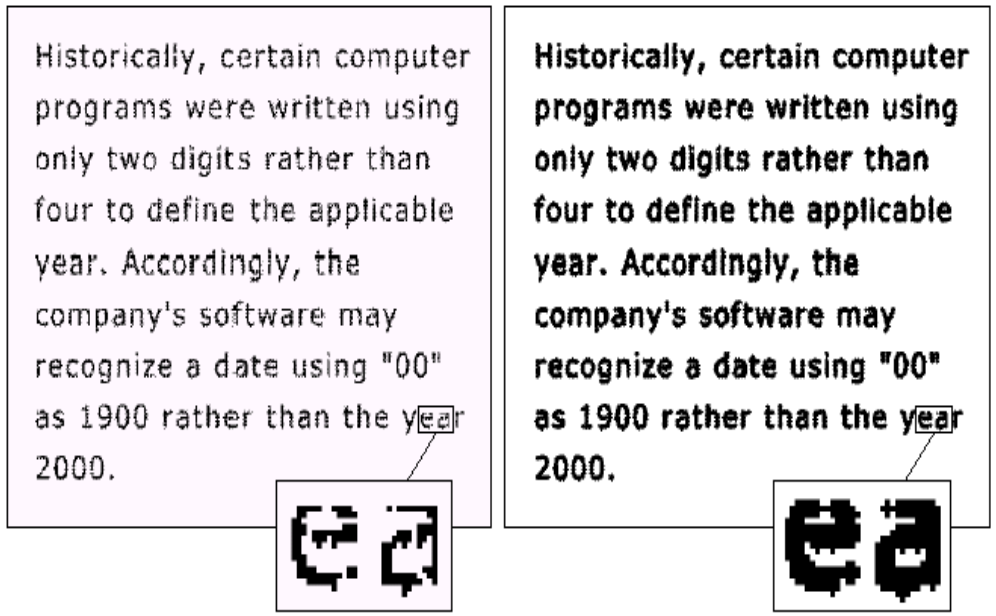
(all shifts of B that have a non-empty overlap with A)

Erosion :

$$A \Theta B = \{z \mid (B)_z \subseteq A\}$$

(all shifts of B that are fully contained within A)

Dilation



a c
b

FIGURE 9.5
(a) Sample text of poor resolution with broken characters (magnified view). (b) Structuring element. (c) Dilation of (a) by (b). Broken segments were joined.

0	1	0
1	1	1
0	1	0

Erosion

Original image

Eroded image

Erosion

Eroded once

Eroded twice

Opening and Closing

Opening : smoothes the contour of an object, breaks narrow isthmuses, and eliminates thin protrusions

$$A \circ B = (A \Theta B) \oplus B$$

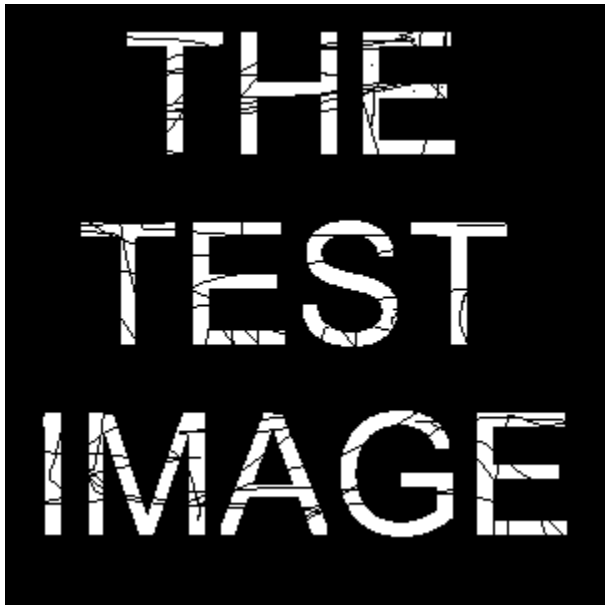
Closing : smooth sections of contours but, as opposed to opening, it generally fuses narrow breaks and long thin gulfs, eliminates small holes, and fills gaps in the contour

$$A \bullet B = (A \oplus B) \Theta B$$

Prove to yourself that they are not the same thing. Play around with `bwmorph` in Matlab.

Opening and Closing

OPENING: The original image eroded twice and dilated twice (opened). Most noise is removed



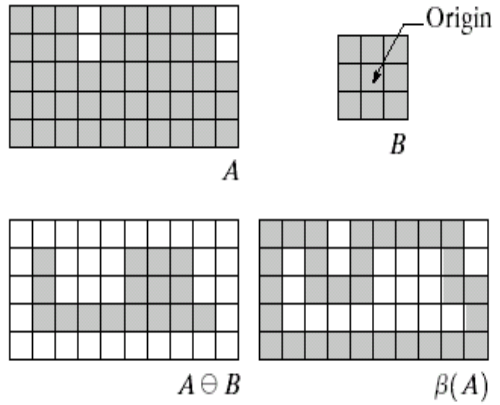
CLOSING: The original image dilated and then eroded. Most holes are filled.

Boundary Extraction

$$\beta(A) = A - (A \Theta B)$$

a b
c d

FIGURE 9.13 (a) Set A. (b) Structuring element B. (c) A eroded by B. (d) Boundary, given by the set difference between A and its erosion.



Boundary Extraction

a b

FIGURE 9.14
(a) A simple binary image, with 1's represented in white. (b) Result of using Eq. (9.5-1) with the structuring element in Fig. 9.13(b).

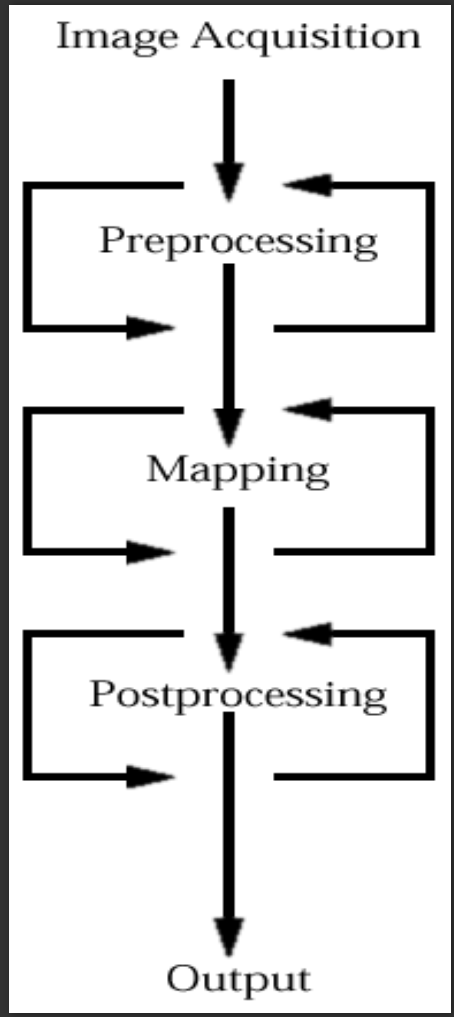
КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ… КАК ЭТО ДЕЛАЕТСЯ?

Идеальный процесс обработки, 5 шагов

- **Получение изображения** – как мы, в первую очередь, получаем изображение
- **Предобработка** – любые преобразования, которые применяются до отображения (обрезка, маска, фильтр)
- **Отображение (mapping)** – всеохватывающий этап с участием преобразования или композицию изображений
- **Постобработка** – любые преобразования, которые применяются после отображения (e.g., текстуризация, изменение цветов)
- **Вывод**– вывод на печать, экран и т.п.

*Часто на практике некоторые стадии пропускают

*Промежуточные шаги часто пересекаются



Этап 1: Получение изображения

- Image Synthesis
  - Images created by a computer
  - Painted in 2D
    - Corel Painter (website)
    - Photoshop (website)
  - Rendered from 3D geometry
    - Pixar's RenderMan (website)
    - Autodesk's Maya (website)
    - Your CS123 projects
  - Procedurally textured
    - Generated images intended to mimic their natural counterparts
    - e.g., procedural wood grain, marble
- Image Capture
  - Images from the "real world"
  - Information must be digitized from an analog signal
  - Common capture methods:
    - Digital camera
    - Satellite data from sensors (optical, thermal, radiation,…)
    - Drum scanner
    - Flatbed photo scanner
    - Frames from video

Этап 2: Препроцессинг

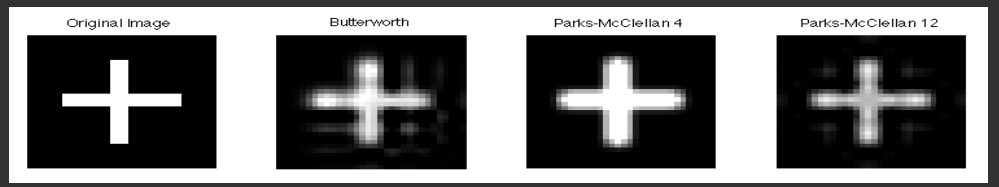
- Каждое исходное изображение преобразовывается таким образом, чтобы подходить по тону, цвету, размеру, форме для данной конкретной задачи
- Можно привести разные изображения к одинаковому отображению и, наоборот, одинаковые изображения сделать различными

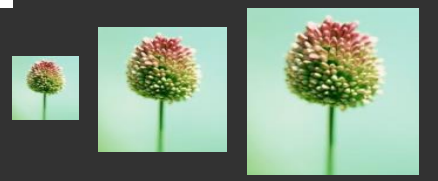
Original

Adjusted grayscale curve

Этап 2: Препроцессинг

- Техники препроцессинга:
  - Преобразование гистограмм
  - Обрезка
  - Маска
  - Размытие и резкость
  - Выявление краев
  - Фильтрация и антиалисинг
  - Увеличение (super sampling) или уменьшение (sub sampling)





Этап 3: Отображение

- Может включать в себя:
  - Поворот
  - Масштабирование
  - Warping
  - Feature-based morphing
- Композиция:
  - Наложение изображений
  - Гладкое наложение с альфой
  - Poisson blending

Image Warping

Poisson Image Blending

Этап 4: Постпроцессинг

- Art effects
  - Posterizing
  - Faked “aging”
  - Faked “out-of-focus”
  - “Impressionist” pixel remapping
  - Texturizing
- Technical effects
  - Color remapping for contrast enhancement
  - Color to B&W conversion
  - Color separation for printing (RGB to CMYK)
  - Scan retouching and color/contrast balancing

Posterizing

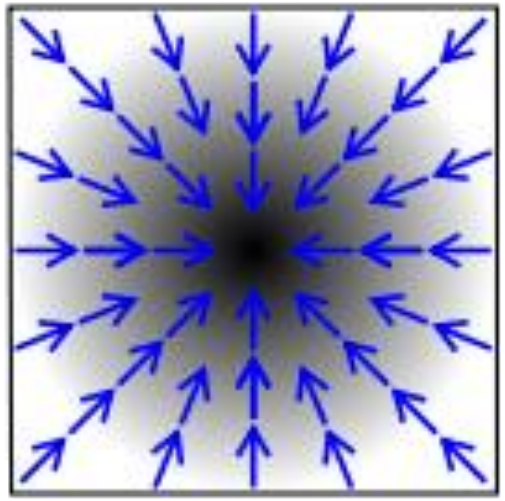
Aging

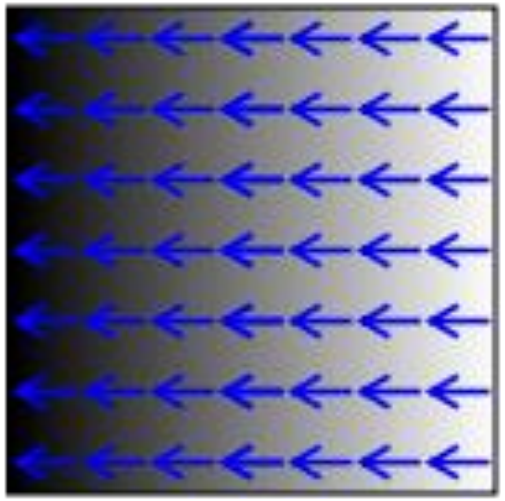
Impressionist

НУЖНО БОЛЬШЕ ФИЛЬТРОВ!

Градиентное изображение

- Градиент изображения - направленное изменение интенсивности или цвета в изображении. Градиенты изображения могут быть использованы для извлечения информации из изображений.
- Хороши для распознавания границ…





Крест Робертса

- Лоуренс Роберт предложил это еще в 1963 году. Один из первых алгоритмов поиска краев.

$$y_{i,j} = \sqrt{x_{i,j}}$$

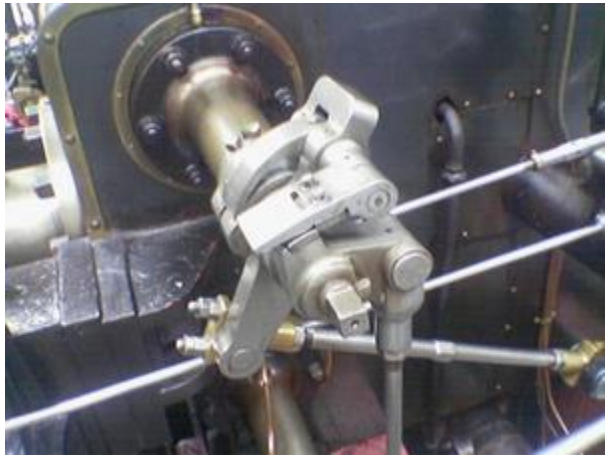
$$z_{i,j} = \sqrt{(y_{i,j} - y_{i+1,j+1})^2 + (y_{i+1,j} - y_{i,j+1})^2}$$

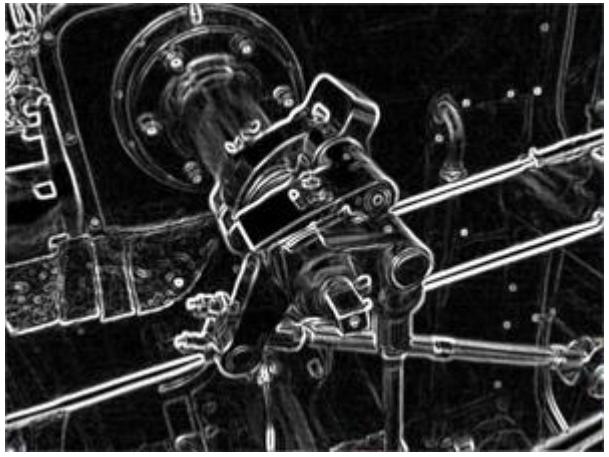
$$\begin{bmatrix} +1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{and} \quad \begin{bmatrix} 0 & +1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}.$$

$$\nabla I(x,y) = G(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}.$$

Оператор Собеля

- Оператор Собеля используется в области обработки изображений. Часто его применяют в алгоритмах выделения границ. Это дискретный дифференциальный оператор, вычисляющий приближенное значение градиента
- Результатом применения оператора Собеля в каждой точке изображения является либо вектор градиента яркости в этой точке, либо его норма.
- Оператор Собеля основан на свёртке изображения небольшими сепарабельными целочисленными фильтрами в вертикальном и горизонтальном направлениях, поэтому его относительно легко вычислять.





Оператор Собеля

- Пусть **A** исходное изображение, а $\mathbf{G}_x$ и $\mathbf{G}_y$ — два изображения, где каждая точка содержит приближенные производные по x и по y. Они вычисляются следующим образом:

$$\mathbf{G}_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * \mathbf{A} \quad \text{and} \quad \mathbf{G}_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * \mathbf{A}$$

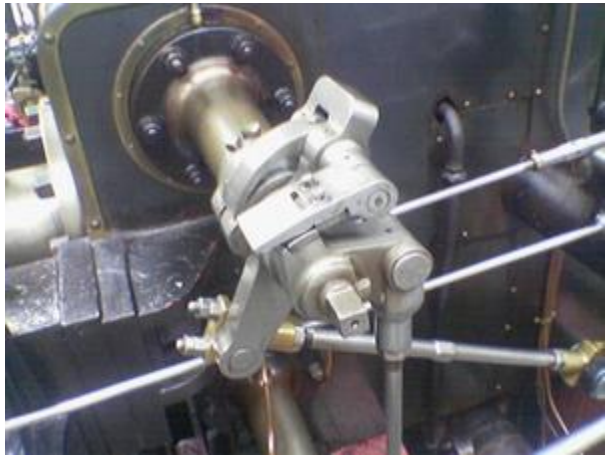
где * обозначает двумерную операцию свертки.

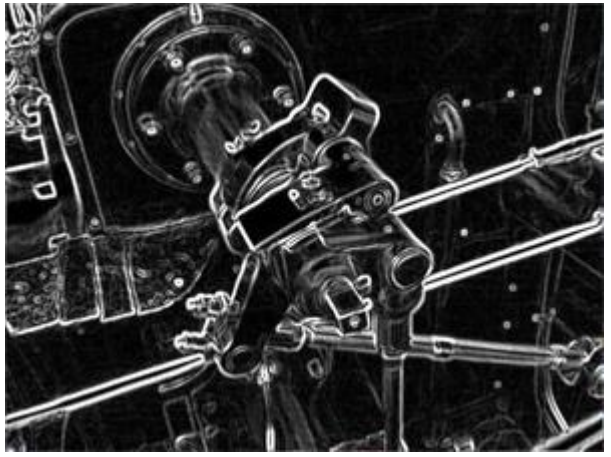
- В каждой точке изображения приближенное значение величины градиента можно вычислить, используя полученные приближенные значения производных:

$$\mathbf{G} = \sqrt{\mathbf{G}_x^{\,2} + \mathbf{G}_y^{\,2}}$$

- Используя эту информацию, также можно вычислить направление градиента:

$$\Theta = \arctan\left(\frac{\mathbf{G}_y}{\mathbf{G}_x}\right)$$





Оператор Собеля

Полутоновое изображение кирпичной стены и стойки для велосипеда

Нормализованный Собелев градиент изображения кирпичной стены и стойки велосипеда

Нормализованный Собелев градиент изображения по x

Нормализованный Собелев градиент изображения по y

$$\Theta = \arctan\left(\frac{\mathbf{G}_y}{\mathbf{G}_x}\right)$$

И ЧТО?

Оператор Прюитта

$$\mathbf{G_x} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * \mathbf{A} \quad \text{and} \quad \mathbf{G_y} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +1 & +1 \end{bmatrix} * \mathbf{A}$$

- Оператор Прюитт, в дисциплине компьютерного зрения — метод выделения границ в обработке изображений, который вычисляет максимальный отклик на множестве ядер свёртки для нахождения локальной ориентации границы в каждом пикселе.
- Для этой операции используются различные ядра. Из одного ядра можно получить восемь, переставляя вращательно коэффициенты. Каждый результат будет чувствителен к направлению границы от 0° до 315° с шагом в 45°, где 0° соответствует вертикальной границе.
- Ссоздан доктором Джудит Прюитт (Judith Prewitt) для обнаружения границ медицинских изображений

Оператор Прюитта

Grayscale image of a brick wall & a bike rack

Gradient with Prewitt operator of grayscale image of a brick wall & a bike rack

Сравнение операторов поиска краев

Grayscale test image of brick wall and bike rack

Gradient magnitude from Roberts cross operator

Gradient magnitude from Sobel operator

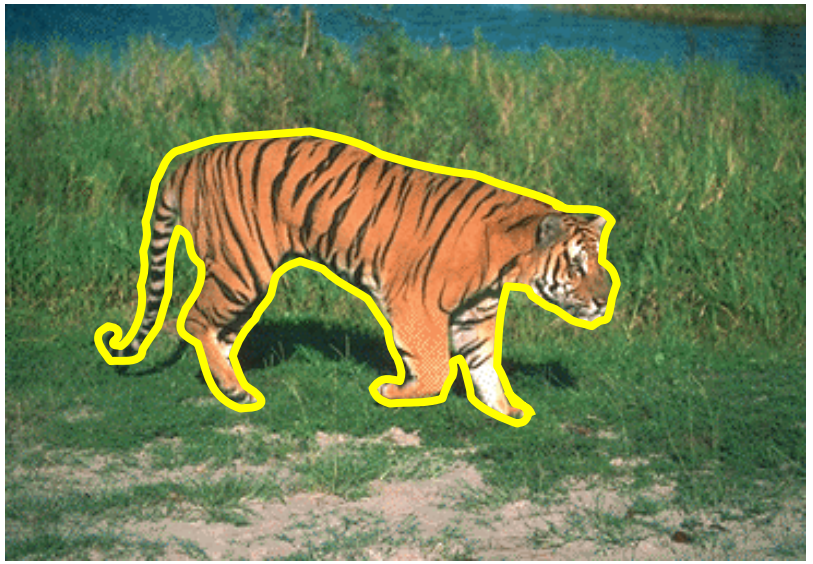
Gradient magnitude from Scharr operator

Gradient magnitude from Prewitt operator

МАГНИТНОЕ ЛАССО


CAUTION!
ZOMBIES!
AHEAD!!!

Выделение объектов



- Как это делается?
  - Сложно сделать автоматически
  - Сложно сделать вручную

КАК БЫТЬ?

Image Scissors

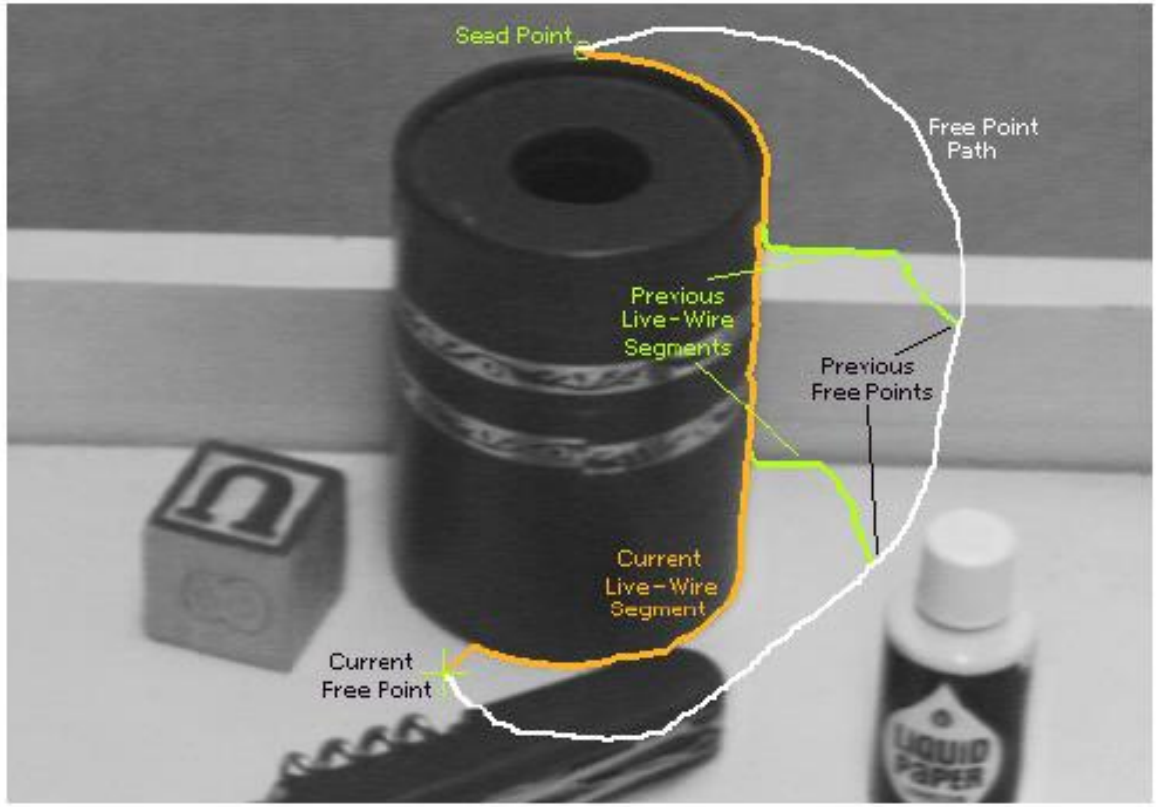
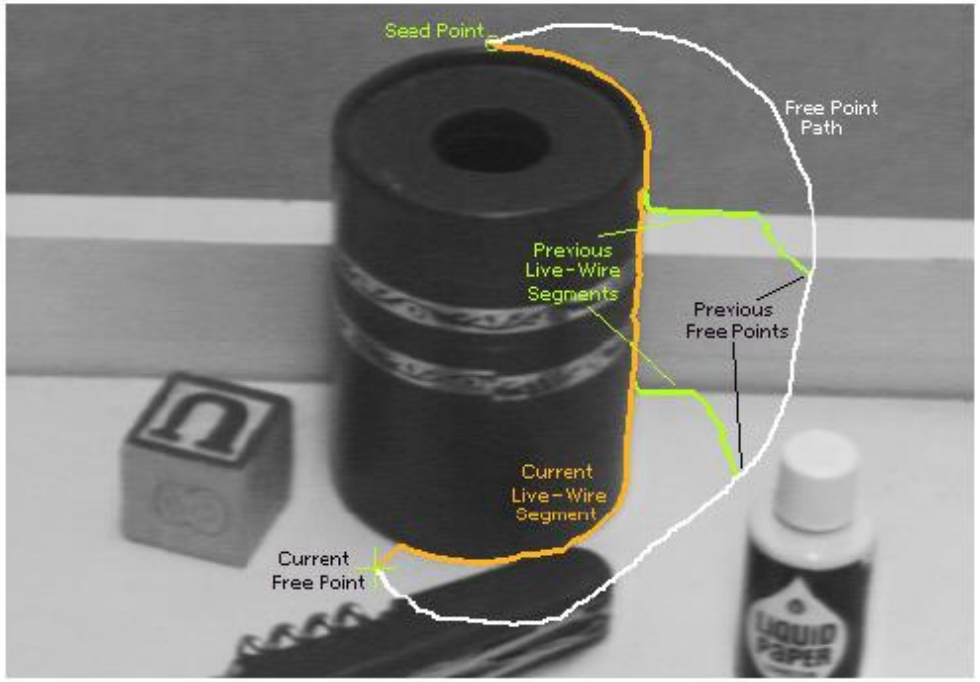


Figure 2: *Image demonstrating how the live-wire segment adapts and snaps to an object boundary as the free point moves (via cursor movement). The path of the free point is shown in white. Live-wire segments from previous free point positions (t_0, t_1, and t_2) are shown in green.*

Умные ножницы (магнитное лассо)

- Подход отвечает на следующий вопрос
  - Q: как найти путь от мышки, который соответствует краю объекта как можно точно?
  - A: определить путь, наиболее близкий краю.



Умные ножницы

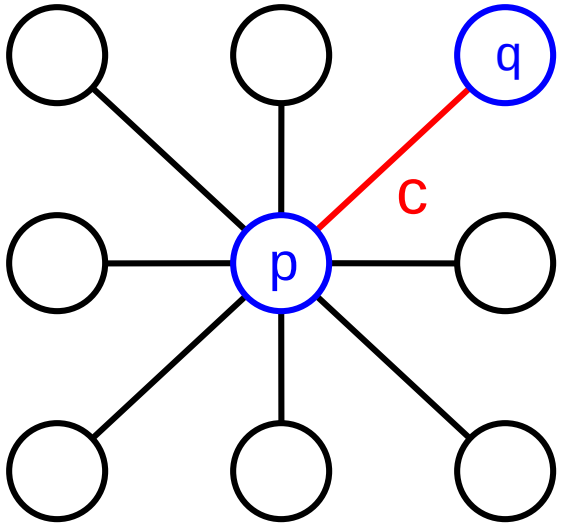
- Суть:
  - Определить веса области края для каждого пикселя
    - Пиксели края имеют маленький вес
  - Найти путь с наименьшим весом

Вопросы

- Как определить вес?
- Как найти этот путь?

Посмотрим поближе...

- Сначала, нужно представить изображение

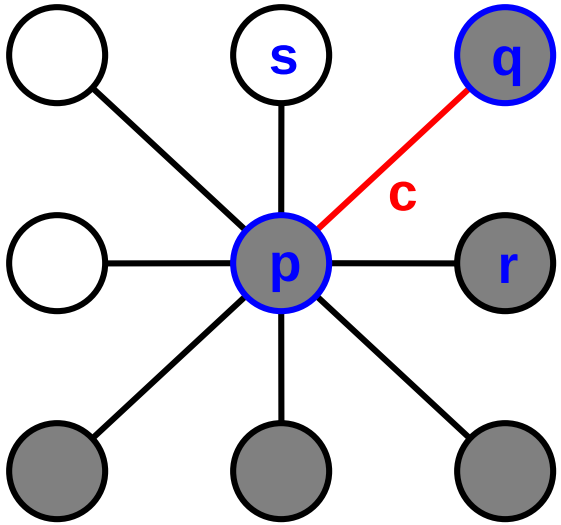


Граф

- Узел - каждый пиксель p
- Ребро между ними p,q имеет вес c

Note: у каждого ребра есть вес

Определение весов

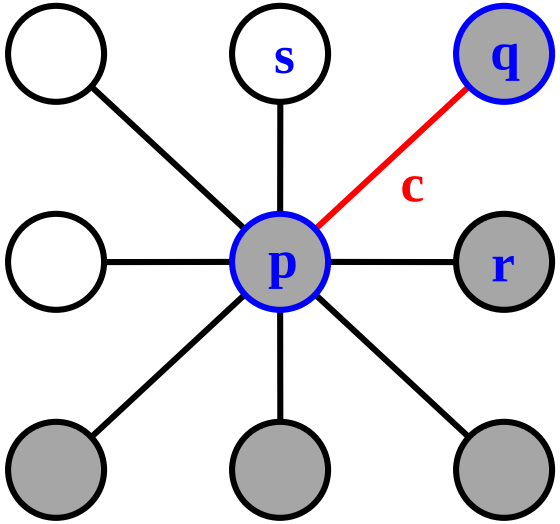


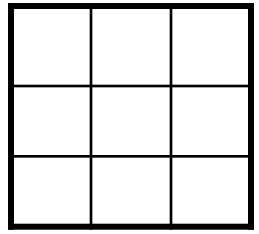
Как определить вес ребра?

- good (low-cost) links follow intensity edges
  - want intensity to change rapidly ⊥ to the link

- $\mathbf{c} \propto -\frac{1}{\sqrt{2}}$ |intensity of **r** – intensity of **s**|

Определение весов



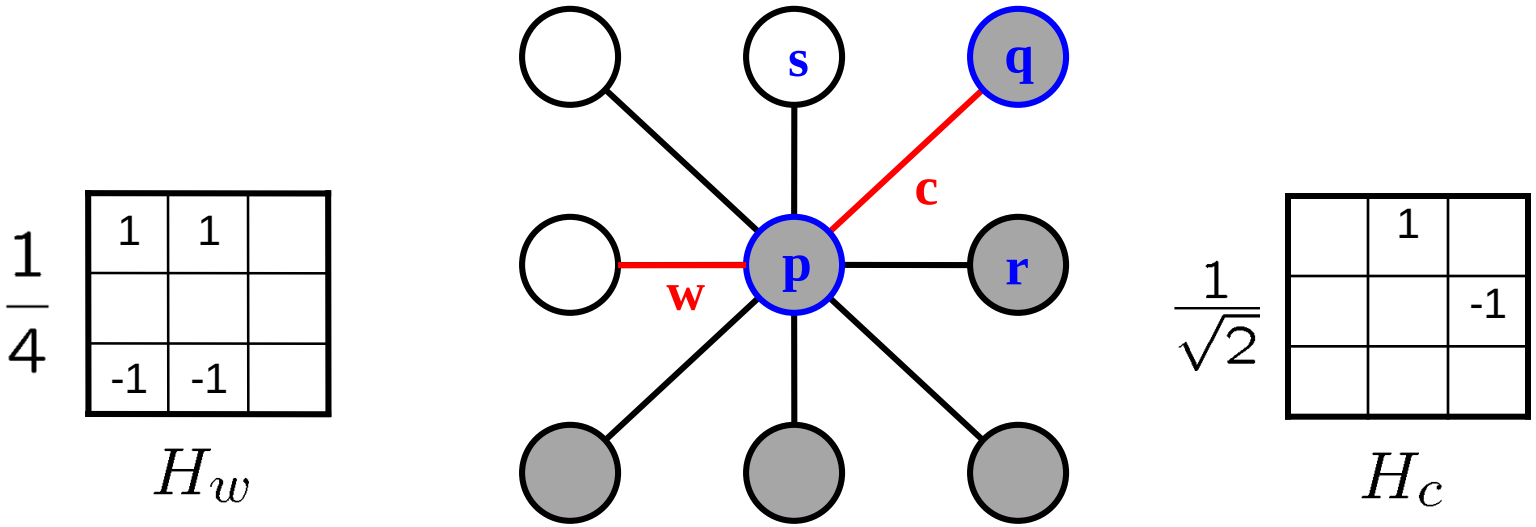


H_c

c можно подсчитать кросскорелляционным фильтром

- Предположим, что начало в p

Определение весов



c можно подсчитать кросскорелляционным фильтром

- Предположим, что начало в p

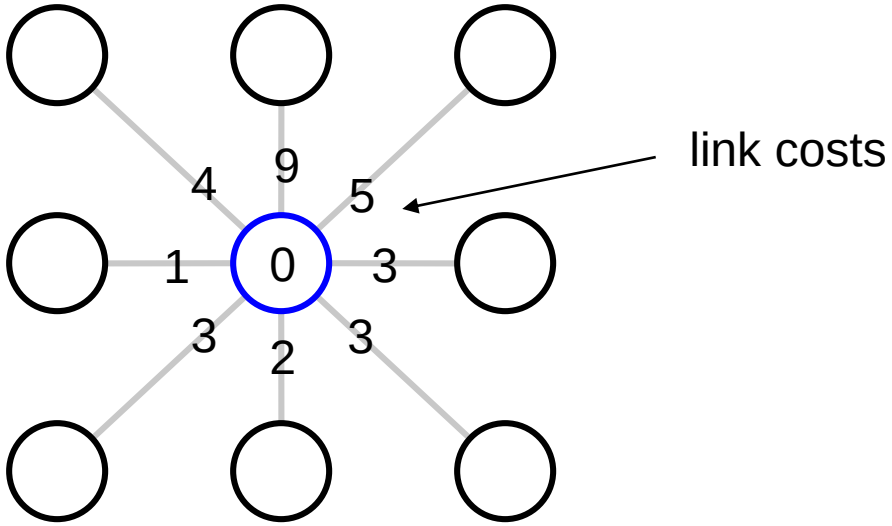
Нужно еще чуть-чуть причесать:

- Нормализовать веса c. Зачем?
- Сделать c положительным

  c = (max-|filter response|*length)

– Где max = maximum |filter response|*length по всем пикселям изображения

Дейкстра. Кратчайший путь.



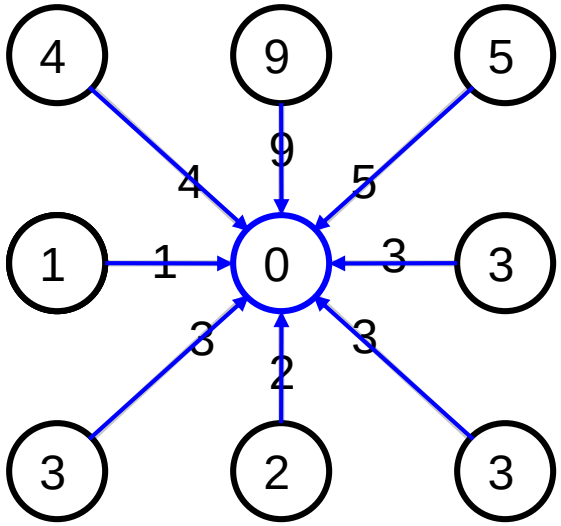
Алгоритм

1. init node costs to ∞, set p = seed point, cost(p) = 0
2. expand p as follows:

   for each of p's neighbors q that are not expanded

   set cost(q) = min(cost(p) + c_{pq}, cost(q))

Дейкстра. Кратчайший путь.



Алгоритм

1. init node costs to ∞, set p = seed point, cost(p) = 0
2. expand p as follows:

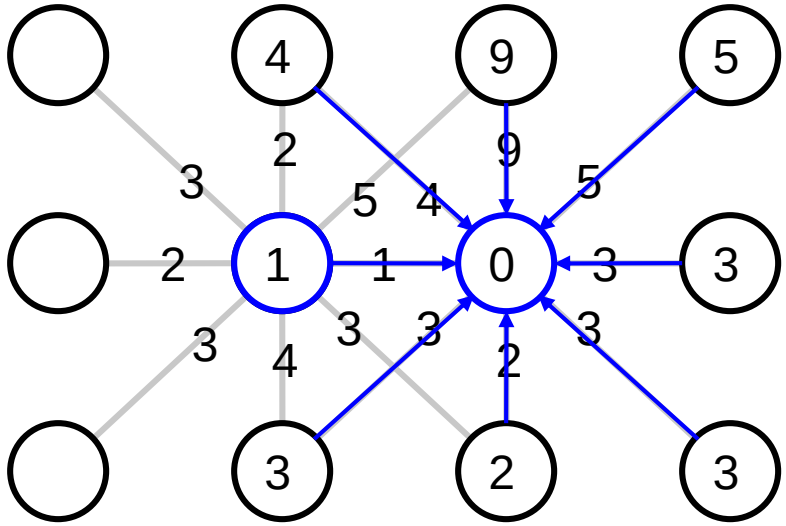
   for each of p's neighbors q that are not expanded

   set cost(q) = min(cost(p) + c_{pq}, cost(q))

   if q's cost changed, make q point back to p

   put q on the ACTIVE list (if not already there)

Дейкстра. Кратчайший путь.



Алгоритм

1. init node costs to ∞, set p = seed point, cost(p) = 0
2. expand p as follows:

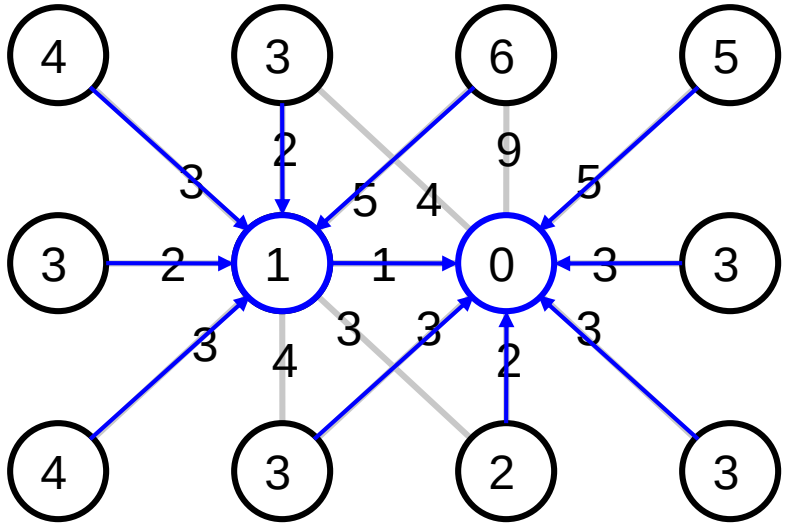
   for each of p's neighbors q that are not expanded

   set cost(q) = min(cost(p) + c_{pq}, cost(q))

   if q's cost changed, make q point back to p

   put q on the ACTIVE list (if not already there)
3. set r = node with minimum cost on the ACTIVE list
4. repeat Step 2 for p = r

Дейкстра. Кратчайший путь.



Алгоритм

1. init node costs to ∞, set p = seed point, cost(p) = 0
2. expand p as follows:

   for each of p's neighbors q that are not expanded

   set cost(q) = min(cost(p) + c_{pq}, cost(q))

   if q's cost changed, make q point back to p

   put q on the ACTIVE list (if not already there)
3. set r = node with minimum cost on the ACTIVE list
4. repeat Step 2 for p = r

Дейкстра. Кратчайший путь.

- Свойства
  - вычисляет минимальный по стоимости путь, от исходного значения к каждому узлу в графе. Этот набор минимальных путей представлен в виде дерева
  - Сложность, с N пикселей:
  - O (N^2), если используете ArrayList
  - O (N log N), если PriorityQueue
  - занимает доли секунды для типичного (640x480) изображения
  - После этого дерево вычисляется один раз, можно извлечь оптимальный путь от любой точки до изначальной за O(N).
  - он работает в режиме реального времени при движении мыши
- Что происходит, когда пользователь задает новое исходное значение?

Примеры

Kuan-chuan Peng

Le Zhang

В следующих сериях…

Введение в распознавание образов

Multipart Composition

- Image composition is popular in the art world, as well as in tabloid news
- Takes parts of several images and creates single image
  - Hard part is making all images fit together naturally
- Artists can use it to create amazing collages and multi-layered effects
- Tabloid newspaper artists can use it to create “News Photos” of things that never happened – “Fauxtography”.
  - There is no visual truth in media!

Famous Faked Photos

Chinese press photo of Tibet railway

Tom Hanks and JFK

Example image composition (1/5)

- Lars Bishop, former CS123 Head TA, created a news photo of himself "meeting" with former Russian President Boris Yeltsin
  - post-Gorbachev and Perestroika. He served 10 July 1991 – 31 December 1999, resigned in favor of Putin)
- Needless to say, Lars Bishop never met Mr. Yeltsin
- Had to get the images, cut out the parts he wanted, touch them up, paste them together, and retouch the end result

Image of Boris (from Internet)

Image of Lars (from video camera)

Example image composition (2/5)

- Cut the pictures we want out of the original images
  - Paint a region around important parts of images (outline of people) using Photoshop
  - Continue touching up this outline until no background at edge of people
  - Use a smart lasso tool that grows until it hit the white background, thus selecting subject. ("Magic Wand" tool in photoshop can accomplish this)

Example image composition (3/5)

- Filter the images to make them appear similar, and paste them together
  - Boris is blurred and brightened to get rid of the halftoning lines (must have been a magazine photo)
  - Lars is blurred and noise is added to match image quality to that of Boris
  - Images are resized so Boris and Lars are at similar scales

Example image composition (4/5)

- Finalize image
  - Created a simple, two-color background and added noise so it fit with the rest of the image, placed cutout of the two subjects on top of background
  - This left a thin white halo around the subjects, so used a “Rubber Stamp” tool to stamp background noise patterns over halo, making seams appear less obvious

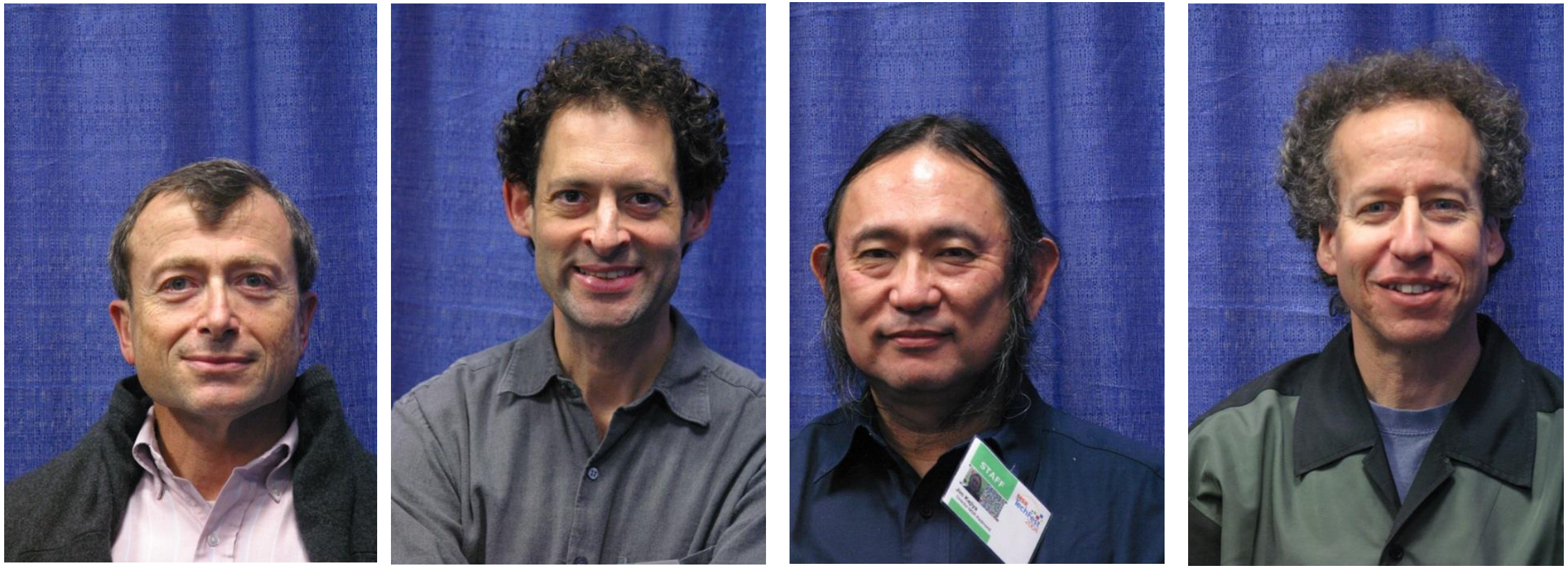
Example image composition (5/5)

- Final Image (with retouching at edges)

BISHOP AND YELTSIN TALK PEACE

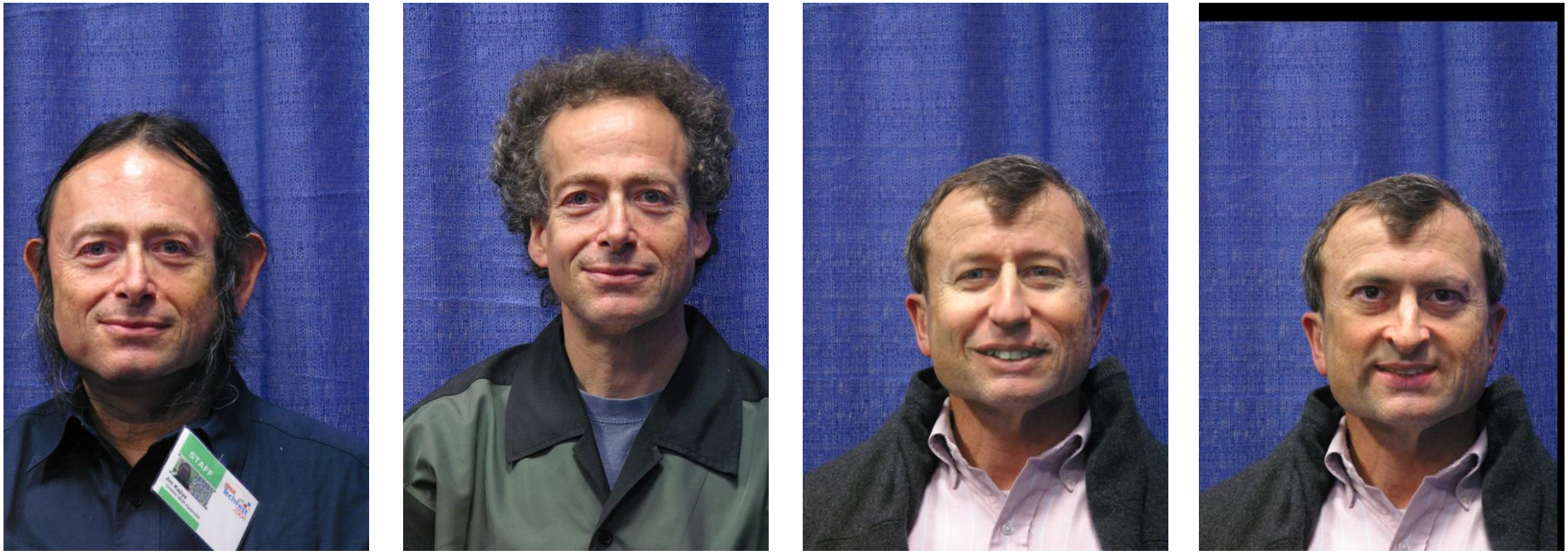
BISHOP: "I couldn't understand a single word he said!"

Image Composition – Frankenface



Aseem Agarwala, Mira Dontcheva, Maneesh Agrawala, Steven Drucker, Alex Colburn, Brian Curless, David Salesin, Michael Cohen. **Interactive Digital Photomontage**. *ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2004)*, 2004. http://grail.cs.washington.edu/projects/photomontage/

Image Composition – Frankenface



Aseem Agarwala, Mira Dontcheva, Maneesh Agrawala, Steven Drucker, Alex Colburn, Brian Curless, David Salesin, Michael Cohen. **Interactive Digital Photomontage**. *ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2004)*, 2004. http://grail.cs.washington.edu/projects/photomontage/