

Мультимодальная регистрация изображений

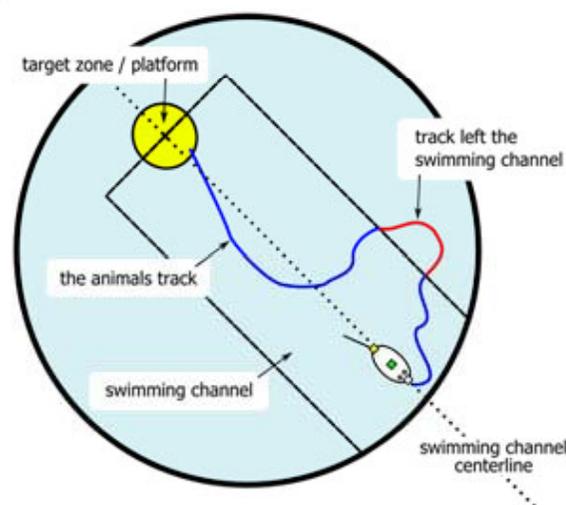
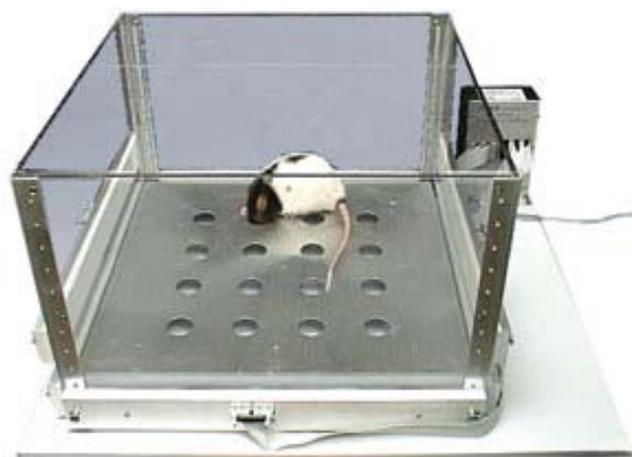
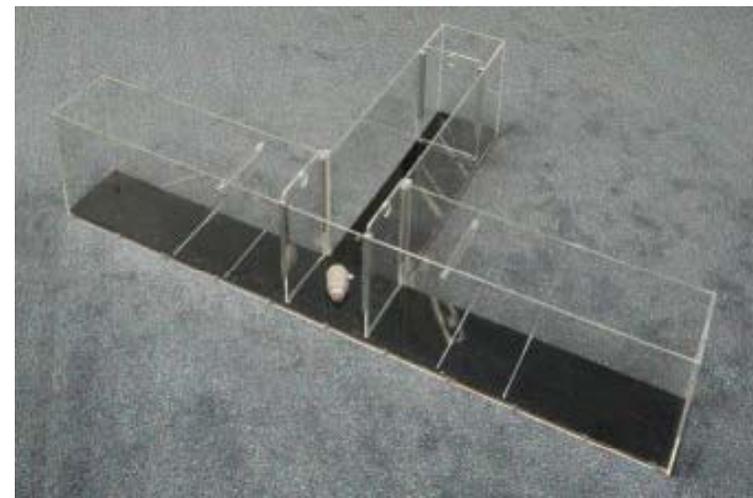
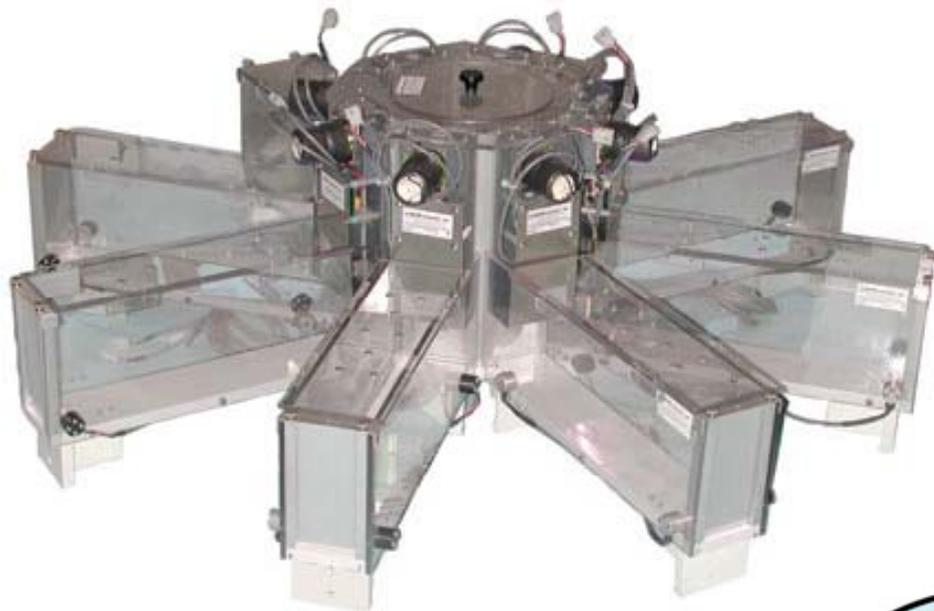
Павел Воронин

Наша задача: глобальная

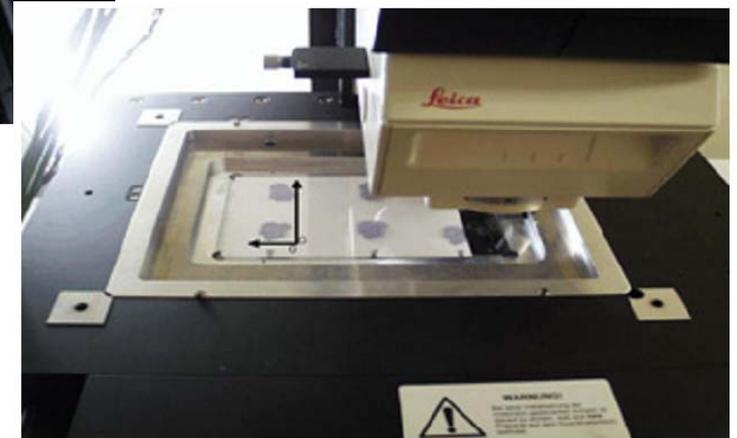
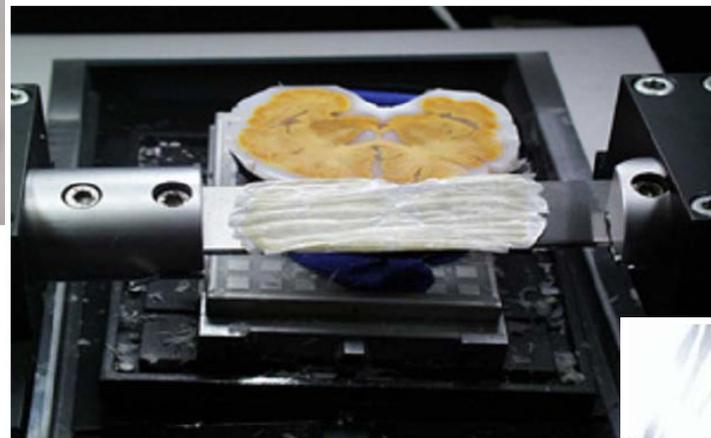
Исследование влияния экспрессии генов в нейронах на память и обучение.

- Какие гены отвечают за формирование памяти?
 - Чем отличаются и как связаны краткосрочная и долгосрочная память?
 - Можно ли подавить формирование воспоминаний?
 - Можно ли целенаправленно стирать воспоминания?
 - От чего зависит скорость \ точность \ объём запоминания?
-
- Как связаны обучение и память?
 - Чем отличаются процессы обучения в покое и в условиях стресса?
 - От чего зависит скорость обучения?

Что умеют биологи [1 / 3]



Что умеют биологи [2 / 3]



Что умеют биологи [3 / 3]



Наша задача: локальная

Картрирование экспрессии гена



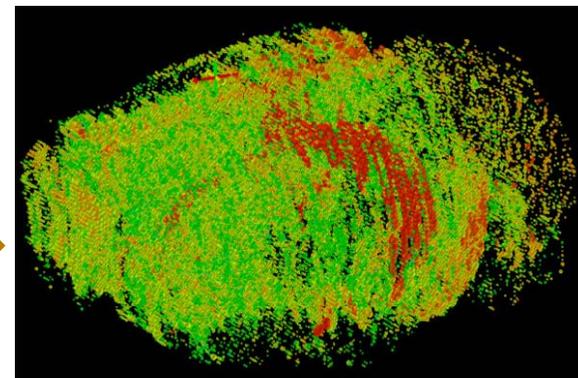
обучение



контроль



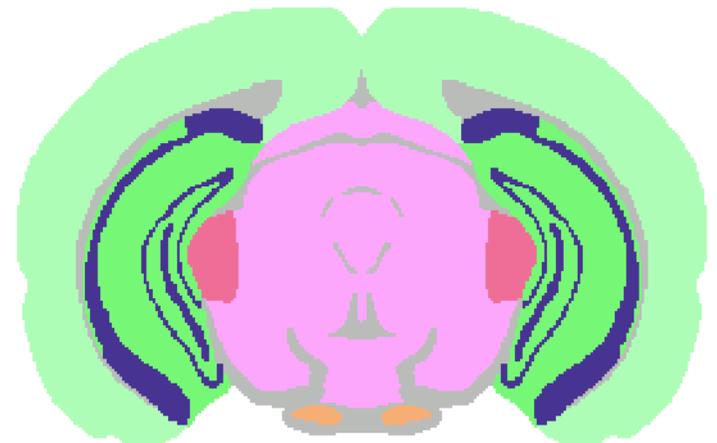
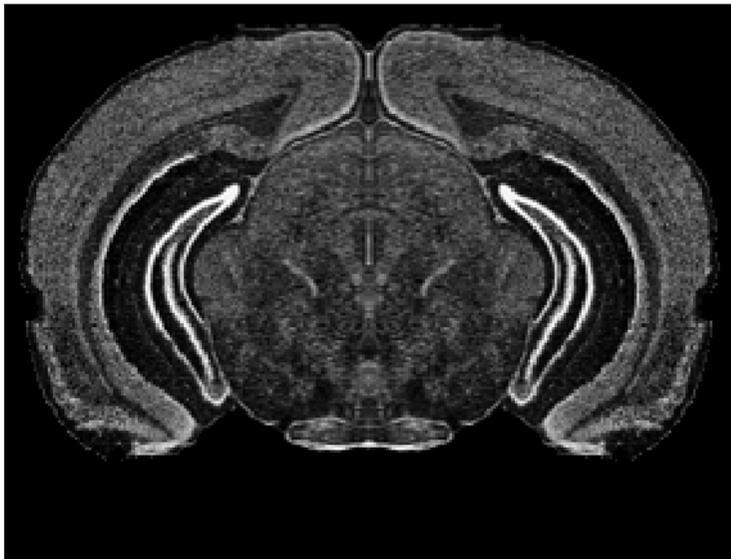
срезы



трёхмерная
карта

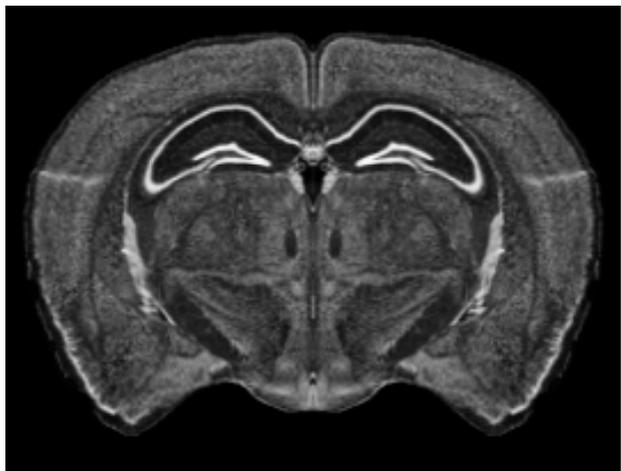
Наша задача: техническая

Сегментация изображений срезов мозга

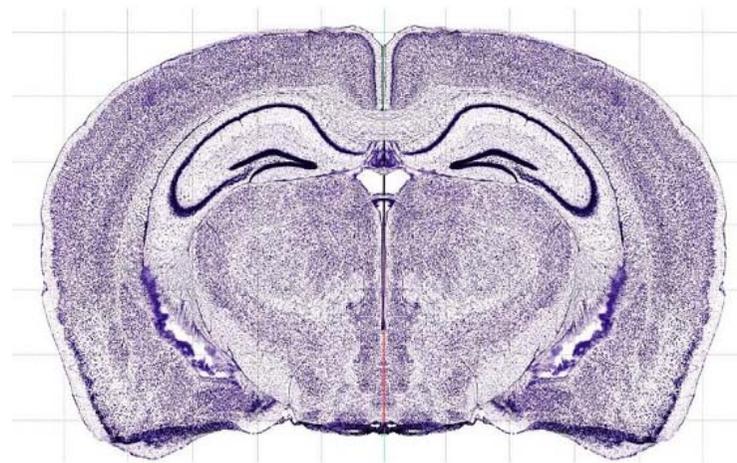


Подход к решению [1 / 2]

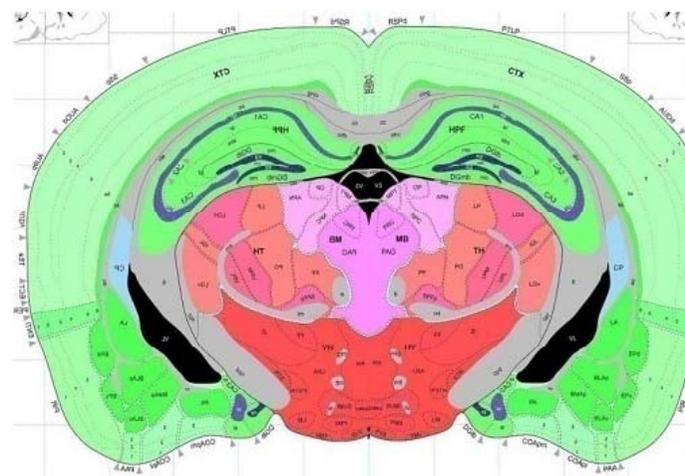
экспериментальный срез



Allen Brain Atlas



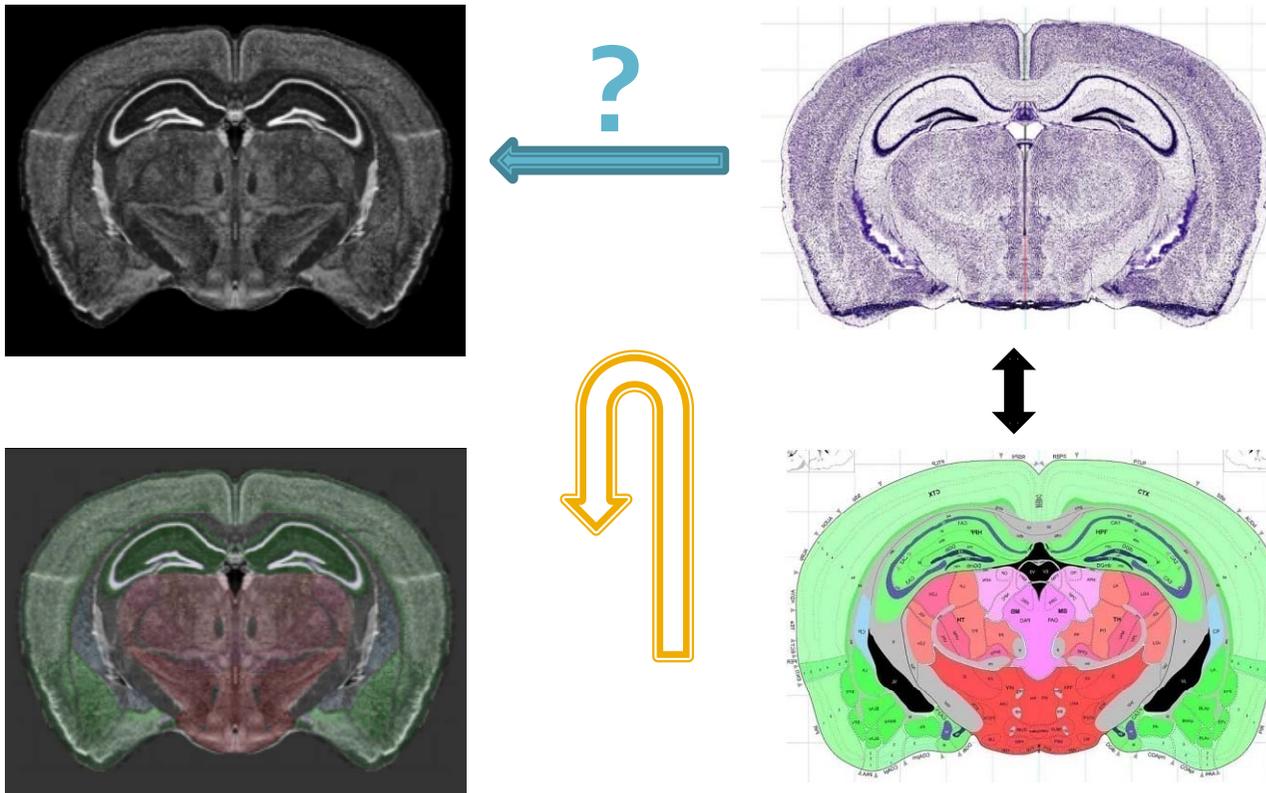
атласный срез



разметка

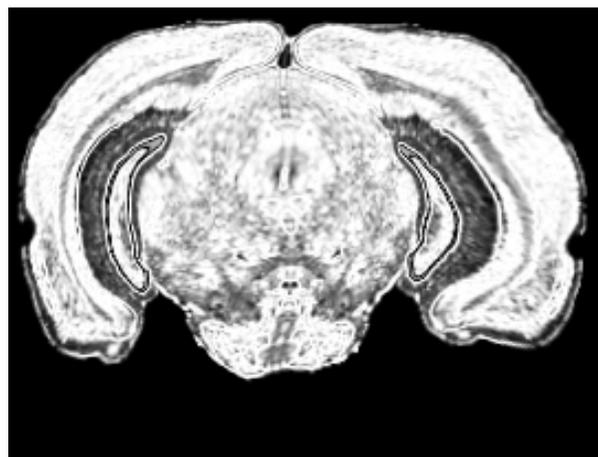
Подход к решению [2 / 2]

- Ищем преобразование, наилучшим образом совмещающее атласный срез с экспериментальным
- Применяем найденное преобразование к разметке



Задача совмещения

Задача: Найти преобразование, наилучшим образом совмещающее два изображения.



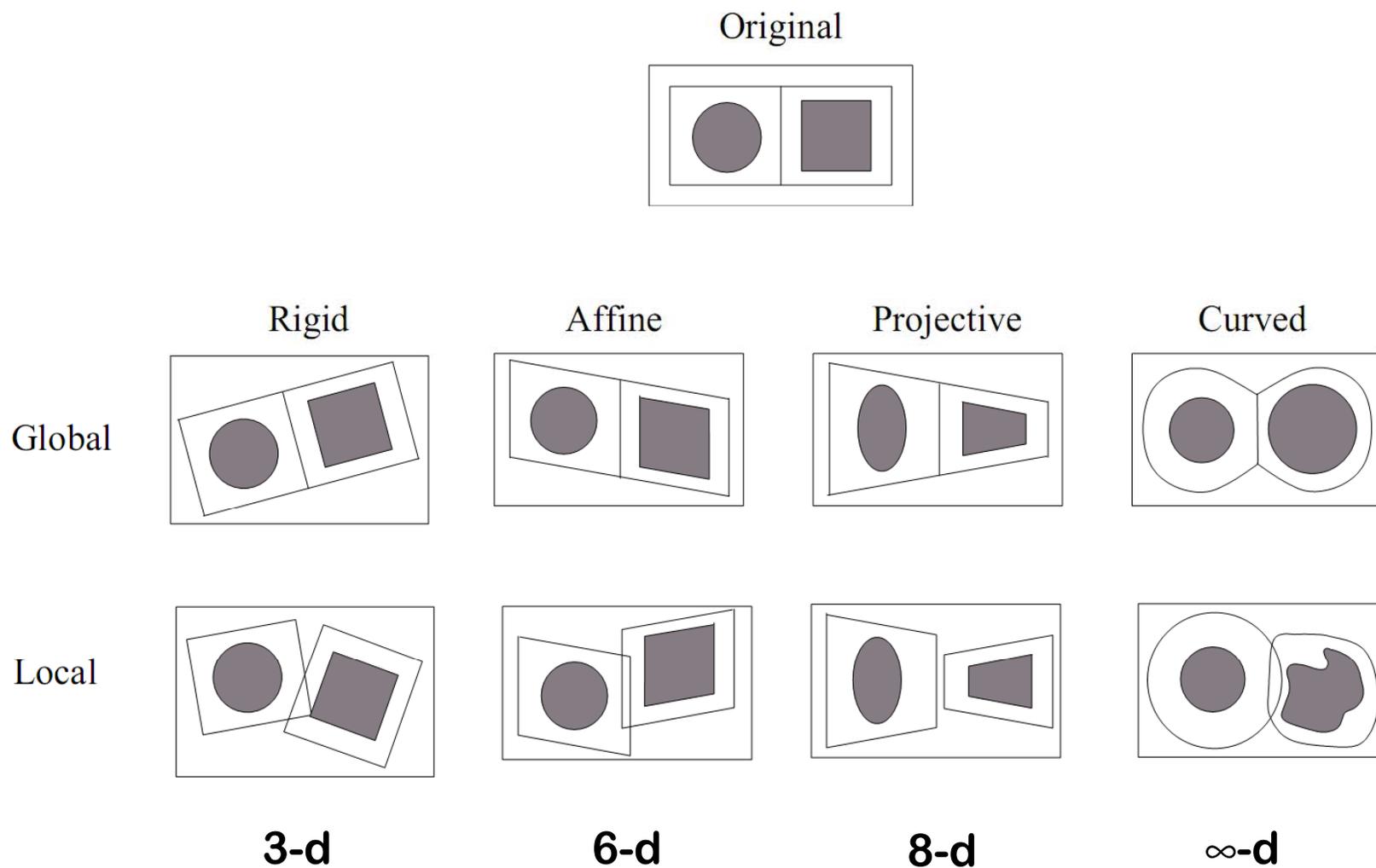
- Что понимается под «преобразованием»?
- Что значит «наилучшим образом»?
- Как найти?

Задача совмещения

Задача: Найти преобразование, наилучшим образом совмещающее два изображения.

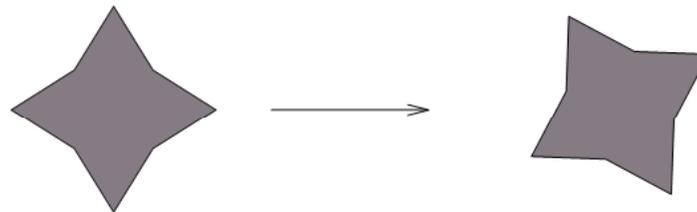
- Что понимается под «преобразованием»?
- Что значит «наилучшим образом»?
- Как найти?

Типы преобразований [1 / 3]

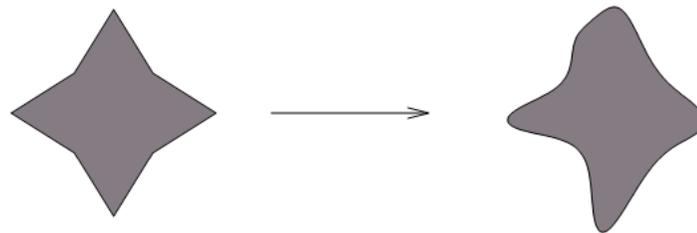


Типы преобразований [2 / 3]

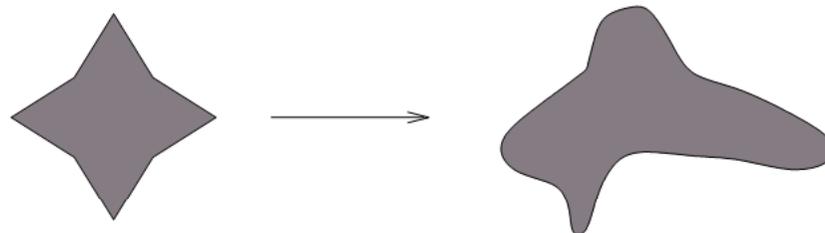
Rigid Transformation



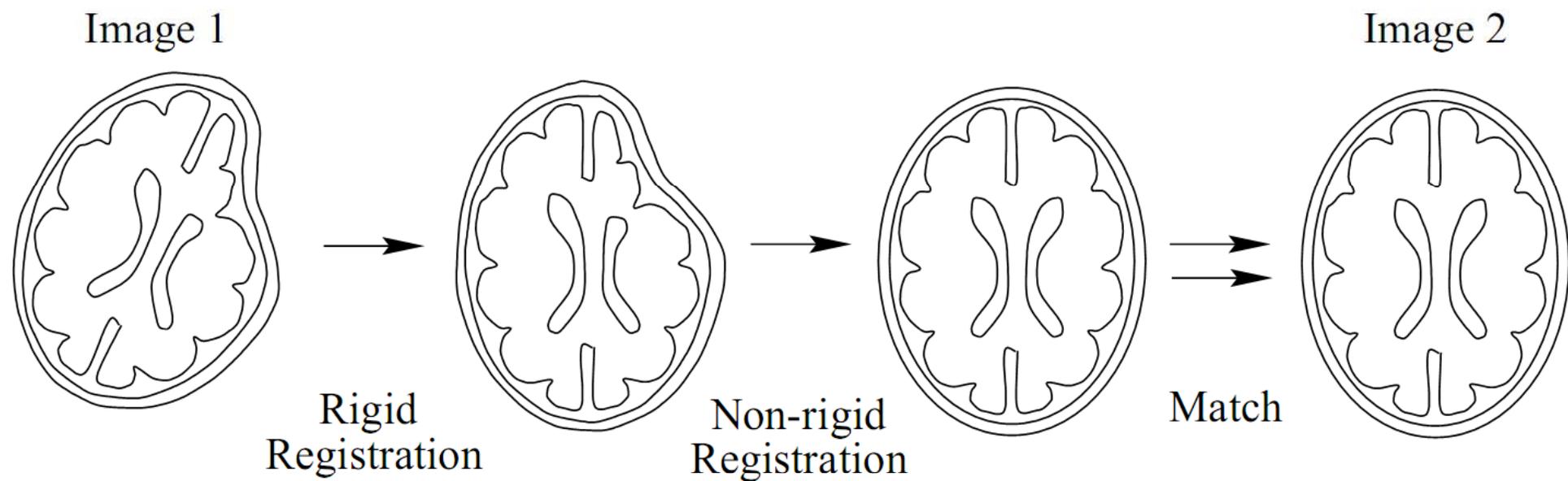
Elastic Deformation



Free Deformation



Типы преобразований [3 / 3]



Задача совмещения

Задача: Найти преобразование, наилучшим образом совмещающее два изображения.

- Что понимается под «преобразованием»?
- Что значит «наилучшим образом»?
- Как найти?

Что значит «наилучшим образом»?

Пусть A и B – изображения; Ω – семейство преобразований. Тогда:

Преобразование, наилучшим образом совмещающее два изображения



Преобразование, минимизирующее функционал различия

$$T^* = \arg \min_{T \in \Omega} \text{Diff}(A, T(B))$$



Преобразование, максимизирующее функционал сходства

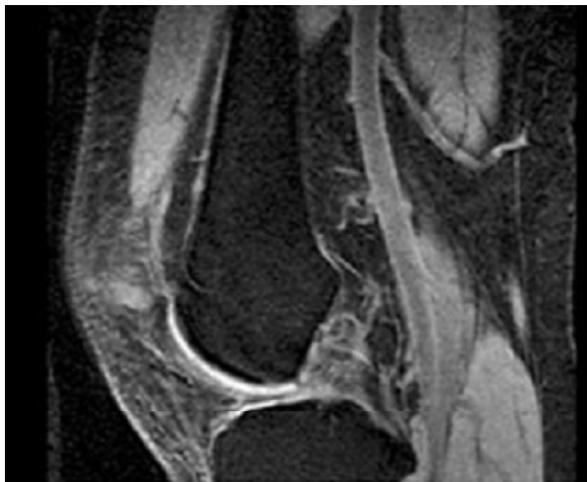
$$T^* = \arg \max_{T \in \Omega} \text{Sim}(A, T(B))$$

Функционалы [1 / 3]

Сумма квадратов разностей

$$SSD = \frac{1}{N} \sum_{i,j} (A_{ij} - B_{ij})^2$$

Совмещённые изображения отличаются не более чем на гауссов шум.

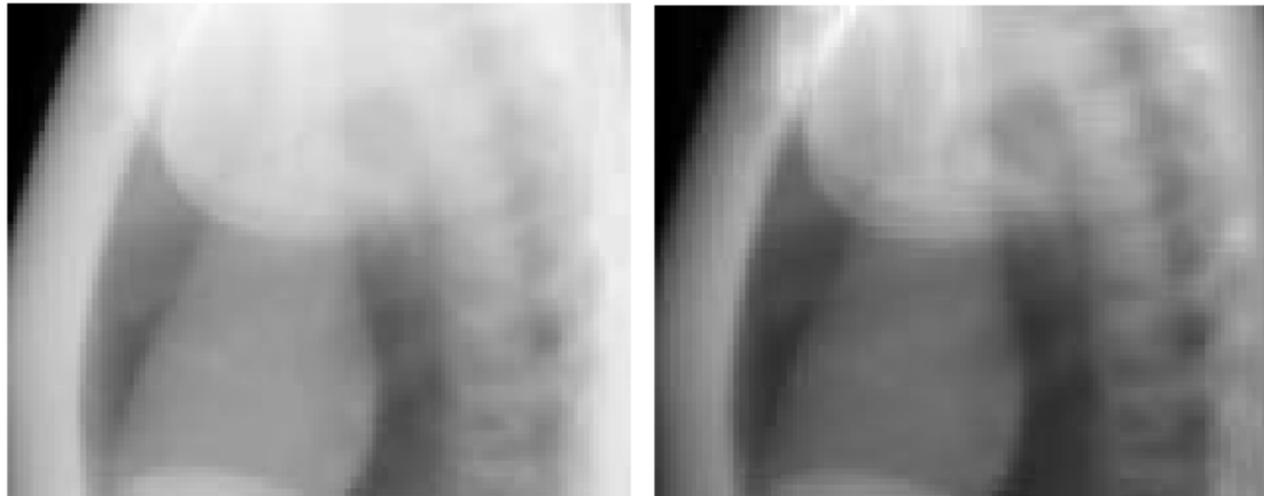


Функционалы [2 / 3]

Коэффициент корреляции

$$CC = \frac{1}{N\sigma_A\sigma_B} \sum_{i,j} (A_{ij} - \mu_A)(B_{ij} - \mu_B)$$

Яркости пикселей совмещённых изображений находятся в линейной зависимости.



Функционалы [3 / 3]

Взаимная информация

$$MI = \sum_{i,j=0}^n p_{AB}(i,j) \log \frac{p_{AB}(i,j)}{p_A(i)p_B(j)}$$

Когда между яркостями совмещённых изображений нет функциональной зависимости, будем работать с ними не напрямую, а через функции распределения.

$$0 \leq A_{xy}, B_{xy} \leq n$$

$$p_{AB}(i,j) = \frac{1}{N^2} \left| \left\{ (x,y) \mid A_{xy} = i, B_{xy} = j \right\} \right| \quad \text{– совместное распределение}$$

$$p_A(i) = \sum_{j=0}^n p(i,j), p_B(j) = \sum_{i=0}^n p(i,j) \quad \text{– частные распределения}$$

Взаимная информация [1 / 3]

$$MI = \sum_{i,j=0}^n p_{AB}(i,j) \log \frac{p_{AB}(i,j)}{p_A(i)p_B(j)}$$

A, B – независимые случайные величины

$$p_{AB} = p_A p_B$$

$$MI = \sum_{i,j=0}^n p_A(i)p_B(j) \log \frac{p_A(i)p_B(j)}{p_A(i)p_B(j)} = \sum_{i,j=0}^n p_A(i)p_B(j) \log 1 = 0$$

A, B – идентичные случайные величины

$$p_{AB} = p_A = p_B$$

$$MI = \sum_{i=0}^n p_A(i) \log \frac{p_A(i)}{p_A^2(i)} = - \sum_{i=0}^n p_A(i) \log p_A(i)$$

$$MI \geq 0$$

$$MI \leq - \sum_{i=0}^n p_A(i) \log p_A(i)$$

Взаимная информация [2 / 3]

$$MI = \sum_{i,j=0}^n p_{AB}(i, j) \log \frac{p_{AB}(i, j)}{p_A(i) p_B(j)}$$

энтропия

$$\left\{ \begin{array}{l} H(A) = -\sum_i p_A(i) \log p_A(i) \\ H(B) = -\sum_j p_B(j) \log p_B(j) \\ H(A, B) = -\sum_{i,j} p_{AB}(i, j) \log p_{AB}(i, j) \end{array} \right.$$

$$MI = H(A) + H(B) - H(A, B)$$

$$MI = H(A, B) - H(A|B) - H(B|A)$$

Взаимная информация [3 / 3]

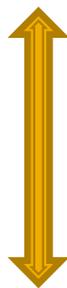
$$MI = \sum_{i,j=0}^n p_{AB}(i,j) \log \frac{p_{AB}(i,j)}{p_A(i)p_B(j)}$$

Kullback–Leibler divergence $D_{KL}(P||Q) = \sum_i P(i) \log \frac{P(i)}{Q(i)}$

$$MI = D_{KL}(p_{AB} || p_A p_B)$$

Что значит «наилучшим образом»?

Преобразование, наилучшим образом совмещающее два изображения

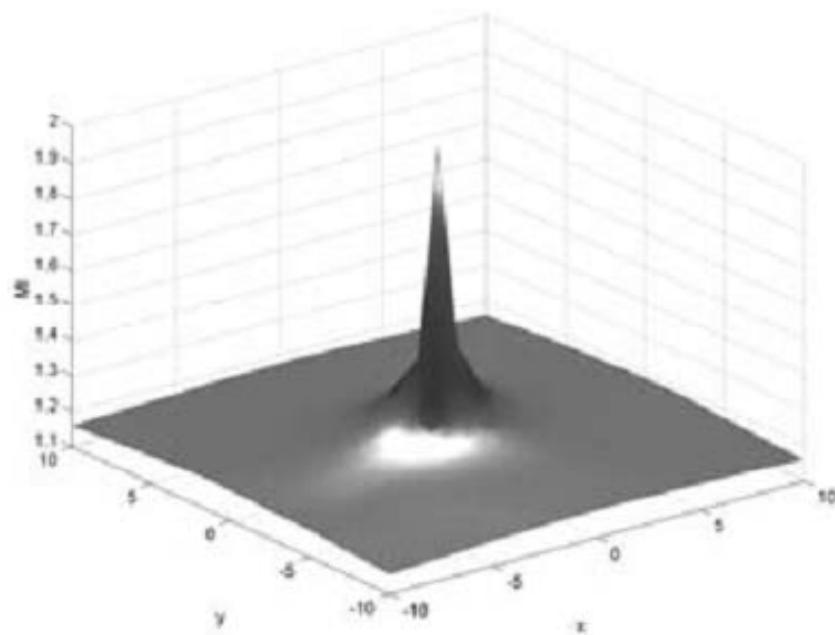


Преобразование, максимизирующее взаимную информацию

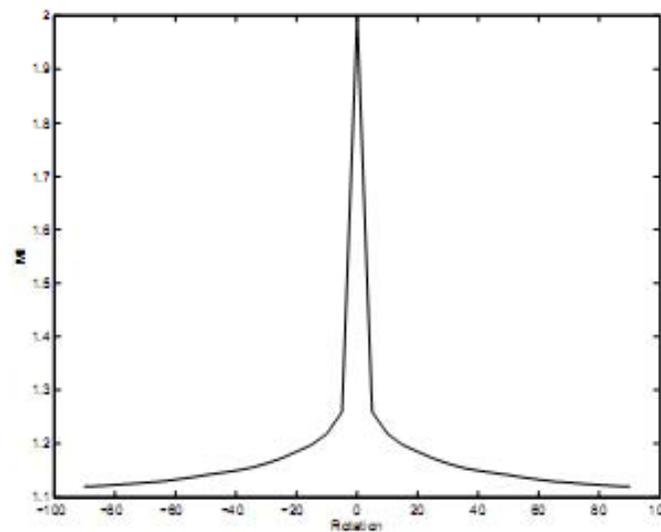
$$T^* = \arg \max_{T \in \Omega} MI(A, T(B))$$

Максимум взаимной информации [1 / 2]

Идентичные изображения



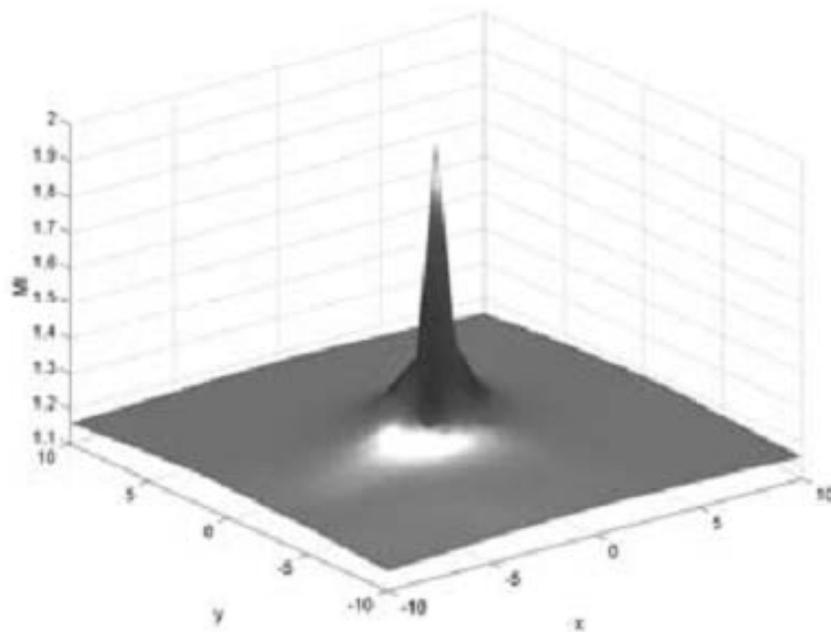
смещения



поворот

Максимум взаимной информации [2 / 2]

Идентичные изображения



Сходные изображения

