

КОМП'ЮТЕРНИЙ СИНТЕЗ та ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ

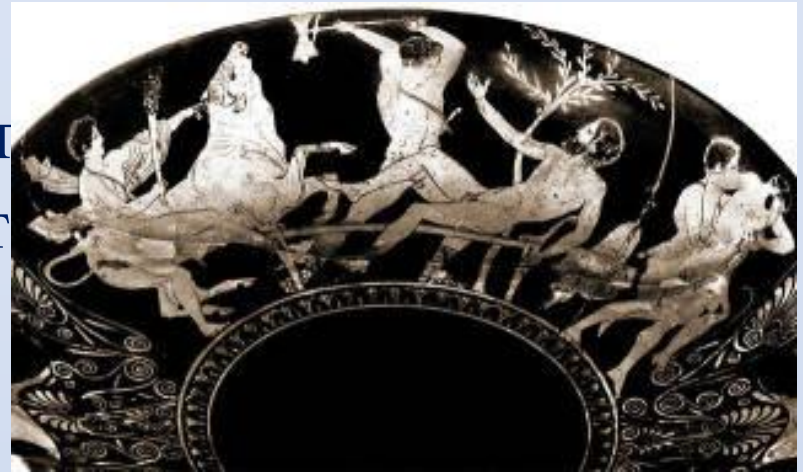
2020 / 2021 навчальний рік

НАЛОЖЕННЯ ПРОКРУСТУ

1. Перетворення Прокрусту.

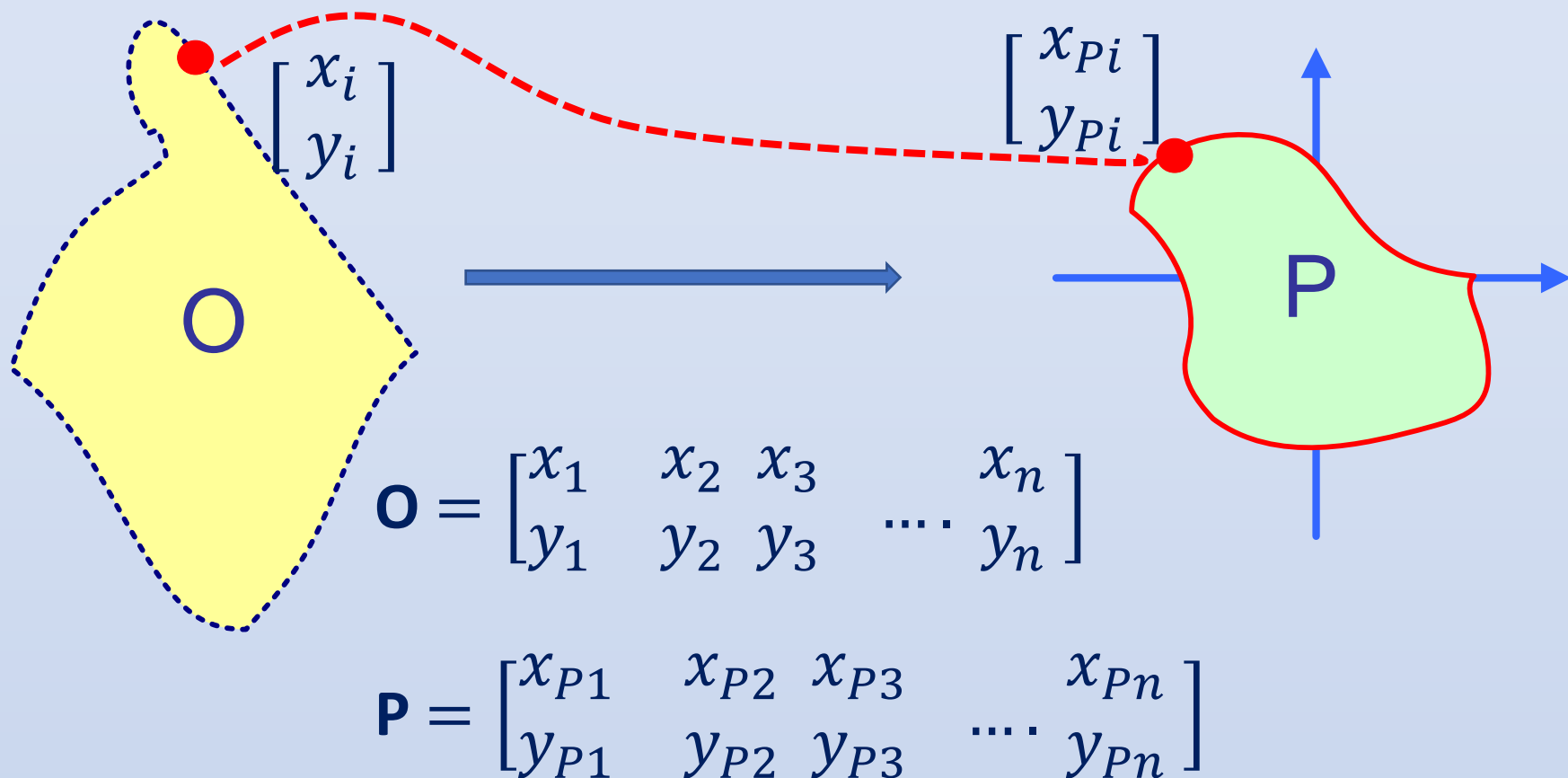
Наложение Прокруста

Имя **Прокруст** относится к бандиту из греческой мифологии, который заставлял своих жертв укладываться в его постели, растягивая конечности или отрезая их.



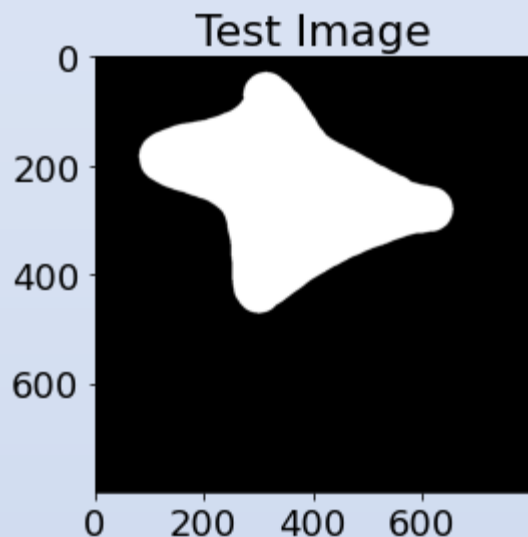
Анализ Прокруста (PS) - суть сравнение форм объектов, для чего необходимо некоторым **оптимальным** образом наложить один объект на другой и **оценить** их совпадение.

Наложение Прокруста 2D

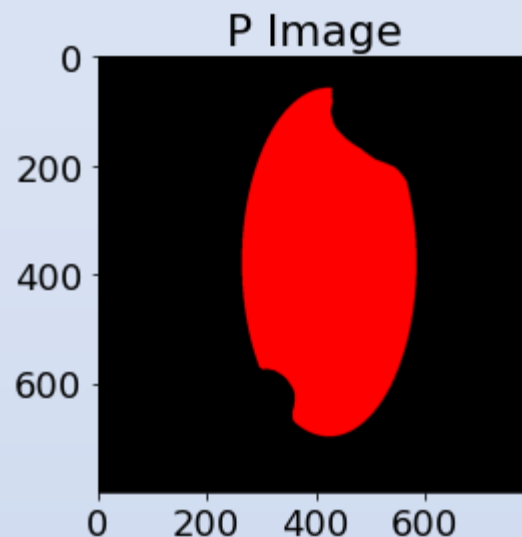


Задача: преобразовать O так, чтобы O “вмещалось” в P
(совпадало как можно «лучше»)

Наложение Прокруста 2D



$$I_o = \{I_o(i, j)\}$$



$$I_P = \{I_P(i, j)\}$$

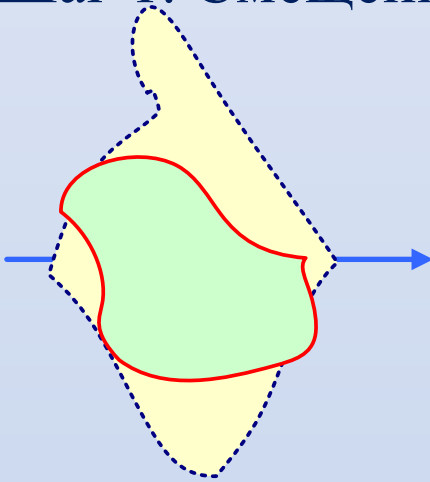
Задача: преобразовать **O** так, чтобы **O** “вмещалось” в **P**
(совпадало как можно «лучше»)

Некоторая метрика (норма) расстояния между **O и **P** должна быть минимальной.**

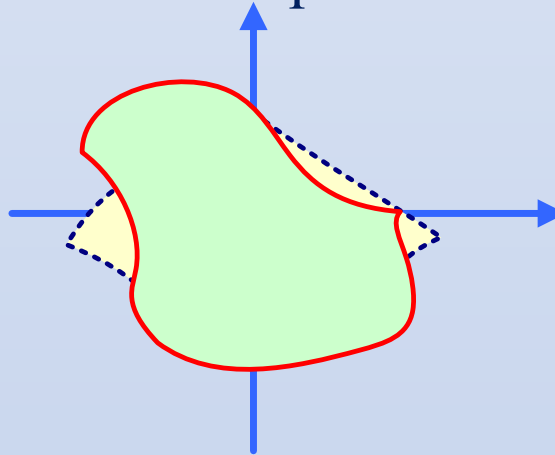
Наложение Прокруста

Последовательность операций : смещения, масштабирования, вращения (и, м.б., отражения)

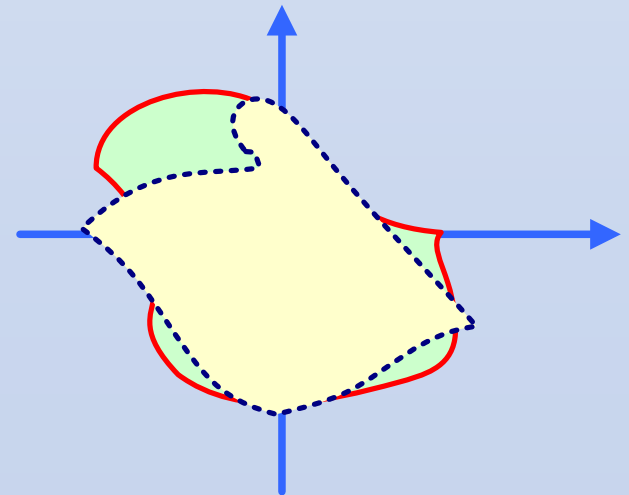
Шаг 1. Смещение



Шаг 2.
Масштабирование

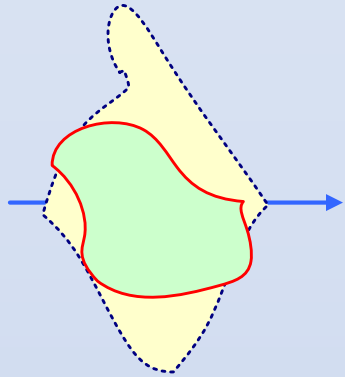


Шаг 3. Вращение



Наложение Прокруста

Шаг 1. Смещение (совмещение центров)



$$\begin{bmatrix} O_{xtr} \\ O_{ytr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} O_{xi} \\ O_{yi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta_x \\ \Delta_y \end{bmatrix}$$

$$O + \begin{bmatrix} \Delta_x \\ \Delta_y \end{bmatrix} = O + T = O_T ; \mathbf{T} = ?$$

Оценочная функция

$$Q(T) = \sum_1^n (O + T - P)^2$$

Ищем такое T^* , что $Q^* = Q(T^*) = \min_T Q(T)$

Вектор T^* - «оптимальный» вектор смещения.

Наложение Прокруста

Шаг 1. Смещение

Показано, что вектор T^* – вектор между координатами центров масс O и P .

Пусть: объекты – бинарные изображения – белый (1) объект на черном (0) фоне :

$$I = \{I(i, j): 0 \leq i \leq N - 1, 0 \leq j \leq M - 1\}$$
$$I(i, j) = \{0, 1\}$$

Для таких объектов центров масс может быть найден как:

$$i_c = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} i I(i, j) / S$$

$$j_c = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} j I(i, j) / S$$

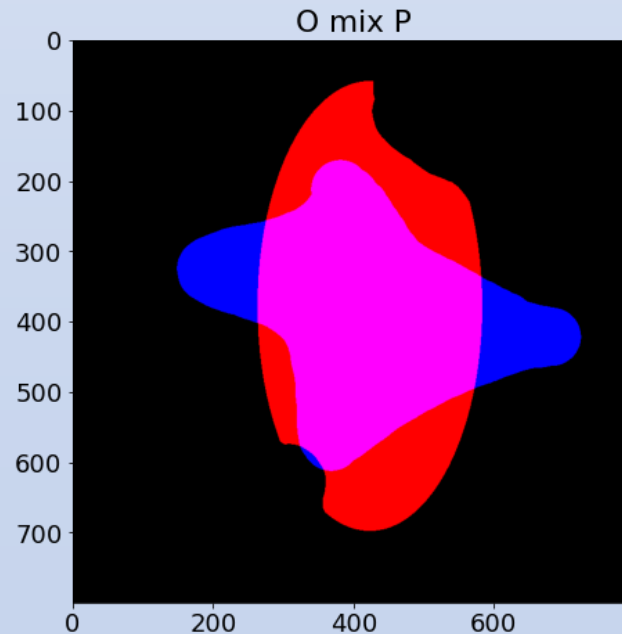
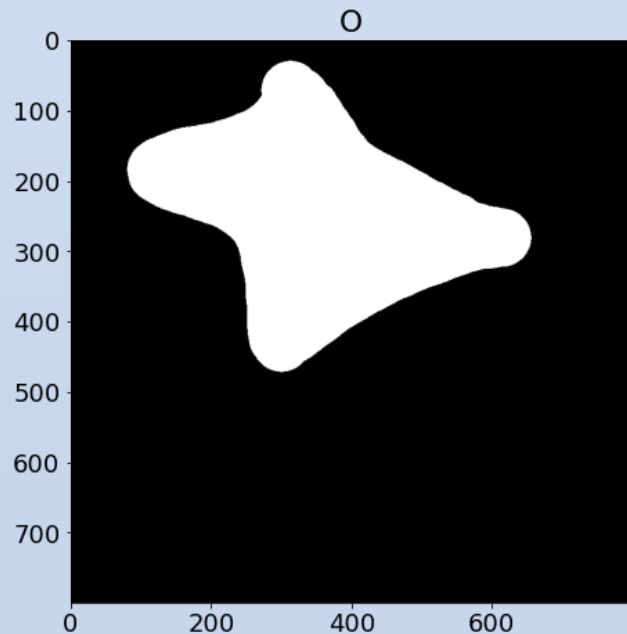
$$S = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} I(i, j)$$

Где S – площадь объекта.

Наложение Прокруста

Шаг 1. Смещение

1. Ищем координаты центра масс O .
2. Ищем координаты центра масс P .
3. Находим вектор T
4. Смещаем O на T



Наложение Прокруста

Шаг 2. Масштабирование

O и **P** заключаются в **AB box** (ограничивающий прямоугольник) и **O** масштабируется к размерам **P**.

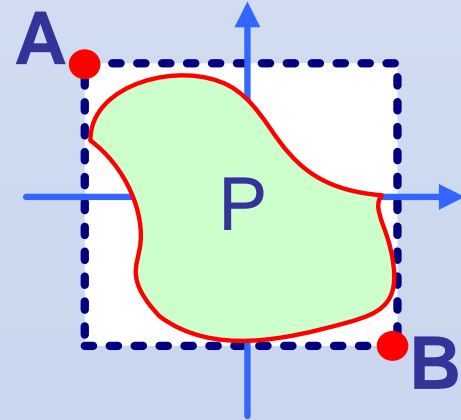
Определяются по 2 точки (координаты пикселя), для которых интенсивность == 1:

Для **O**

$$A_o = \begin{bmatrix} Oi_{min} \\ Oj_{min} \end{bmatrix}; B_o = \begin{bmatrix} Oi_{max} \\ Oj_{max} \end{bmatrix}$$

Для **P**

$$A_p = \begin{bmatrix} Pi_{min} \\ Pj_{min} \end{bmatrix}; B_p = \begin{bmatrix} Pi_{max} \\ Pj_{max} \end{bmatrix}$$



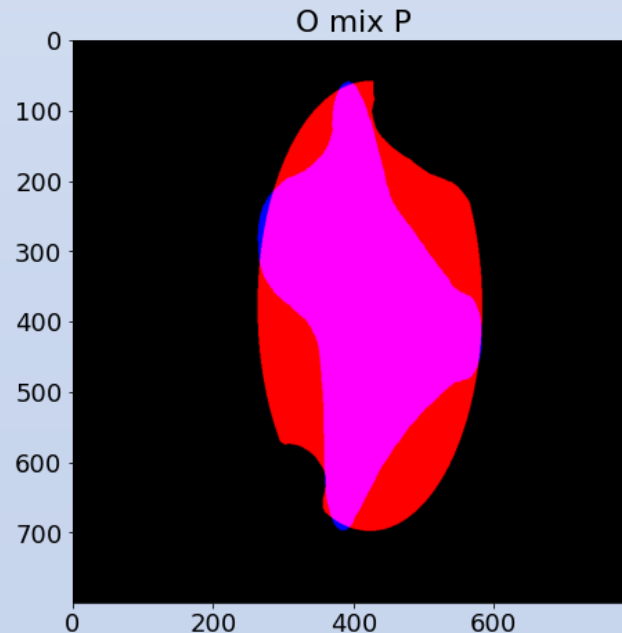
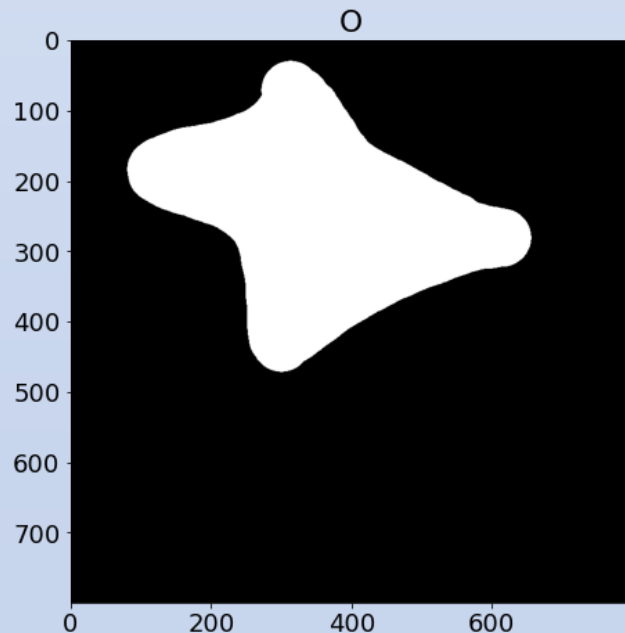
Наложение Прокруста

Шаг 2. Масштабирование

Определяются коэффициенты масштабирования
(масштабируем O к P)

По горизонтали $S_h = \frac{Oj_{max} - Oj_{min}}{Pj_{max} - Pj_{min}}$

По вертикали $S_v = \frac{Oi_{max} - Oi_{min}}{Pi_{max} - Pi_{min}}$



Наложение Прокруста

Шаг 3. Вращение

! Оценка «расстояния» между **O** и **P**. **O** уже смещен и масштабирован.

Метрики сходства. Известны реперные точки

Расстояние Эвклида между реперными точками **O** и **P**

$$Q = \sqrt{\sum_i^n (x_{O1} - x_{P1})^2 - (y_{O1} - y_{P1})^2}$$

Наложение Прокруста

Шаг 3. Вращение

Метрики сходства. Пиксельные

$$Q = \max_{i,j} |O(i,j) - P(i,j)|$$

$$Q = \sum_{i,j} |O(i,j) - P(i,j)|$$

$$\text{SSD} \rightarrow Q = \sum_{i,j} (O(i,j) - P(i,j))^2$$

$$\text{Correlation} \rightarrow Q = \sum_{i,j} O(i,j) * P(i,j)$$

Наложение Прокруста

Шаг 3. Вращение

Метрики сходства. Пиксельные

В простейшем случае: количество несовпадающих пикселей **O** и **P**.

$$Q = \sum_i \sum_j \text{таких, что } I_O(i, j) \neq I_P(i, j)$$

В любом случае : $Q(\alpha) = \mathbf{O}(\alpha) - P$

Ищем такое α^* , что $Q^* = Q(\alpha^*) = \min_{\alpha} Q(\alpha)$

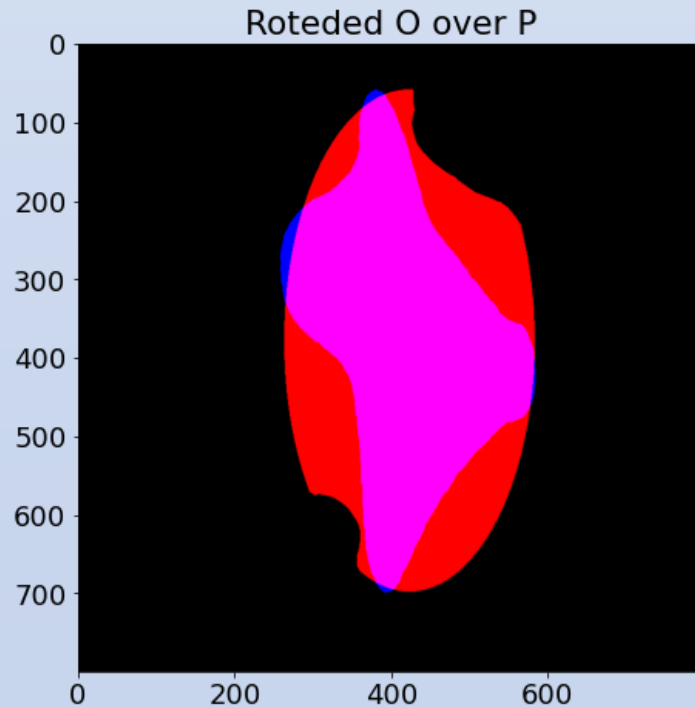
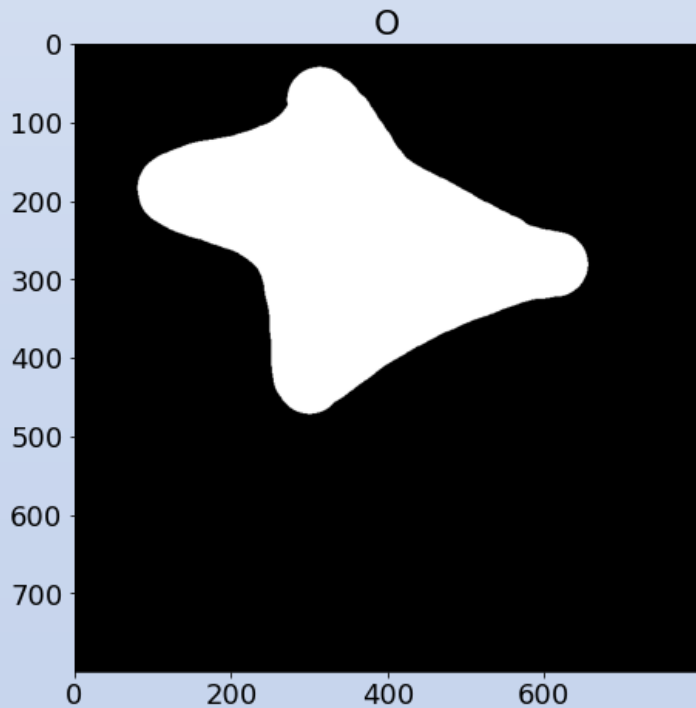
Наложение Прокруста

Шаг 3. Вращение

! Оценка «расстояния» между **O** и **P**. **O** уже смещено и промасштабировано.

$$Q(\alpha) = \mathbf{O}(\alpha) - \mathbf{P}$$

Ищем такое α^* , что $Q^* = Q(\alpha^*) = \min_{\alpha} Q(\alpha)$



Наложение Прокруста

ЗАДАНИЕ

На Teams выложено два изображения **P** (**p_im.png**) и изображения **O** - семь вариантов **o_im_1.png**, **o_im_2.png**, ..., **o_im_7.png**.

Изображения монохромные, размер 1000 X 1000 пикселей.

Разработать программу, которая выполняет операцию наложения Прокруста.

Результат – изображение совмещенных **P** и **O** и оценка расстояния.

Любой язык программирования.

Рекомендована ЛІТЕРАТУРА

- **Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В.** Методи обробки зображень та комп'ютерний зір: навчальний посібник. - Д.: Ліра, 2016 — 148 с.
- **Красильников Н.Н.** Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб.пособие.- СПб.: БХВ-Петербург, 2011.- 608 с.: ил.
- **Гонсалес Р.С., Вудс Р.Э.** Цифровая обработка изображений. - М. : Техносфера, 2005. -1070 с.
- **Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю. и др.** Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения.-М.: Физматкнига, 2010.-672 с.

Рекомендована ЛІТЕРАТУРА

- **Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В.** Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. - 384 с.
- **Творошенко І.С.** Конспект лекцій з дисципліни «Цифрова обробка зображень» / І.С.Творошенко : І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 75 с.
- Методы компьютерной обработки изображений: Учебное пособие для ВУЗов/ Под ред.: **Сойфер В.А.** - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2003. - 780 с.
- **Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю.** Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.

Додаткова ЛІТЕРАТУРА

- **Грузман И.С., Киричук В.С.** Цифровая обработка изображений в информационных системах. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2002. — 352 с.: ил.
- **Solomon C., Breckon T.** Fundamentals of Digital Image Processing. — Willey-Blackwell, 2011 - 344 p.
- **Павлидис Т.** Алгоритмы машинной графики и обработки изображений: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1986. — 400 с.
- **Яншин В. В., Калинин Г. А.** Обработка изображений на языке Си для IBM PC: Алгоритмы и программы. — М.: Мир, 1994. — 240 с.

Інформаційні ресурси

- Компьютерная обработка изображений. Конспект лекций. http://aco.ifmo.ru/el_books/image_processing/
- Цифрова обробка зображень [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / НТУУ «КПІ» ; уклад.: В. С. Лазебний, П. В. Попович. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,41 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 73 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21035>
- <https://www.youtube.com/watch?v=CZ99Q0DQq3Y>
- <https://www.youtube.com/watch?v=FKTLW8GAdu4>

The END

Modulo 3. Lec 7