

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4: МЕТОДЫ СЕГМЕНТАЦИИ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ

**Цель работы:** Изучение методов сегментации изображений и морфологических операций, а также их применение для выделения и анализа структур на биомедицинских изображениях.

### 1. Методы сегментации изображений

#### 1.1. Пороговая сегментация

Пороговая сегментация основана на следующем принципе:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } f(x, y) \geq T \\ 0, & \text{если } f(x, y) < T \end{cases}$$

где  $f(x, y)$  – значение яркости пикселя в точке  $(x, y)$ ,  $T$  – пороговое значение,  $g(x, y)$  – бинарное изображение, где 1 соответствует объекту, а 0 – фону.

Метод Оцу выбирает пороговое значение  $T$ , минимизирующее внутриклассовую дисперсию  $\sigma_w^2$ :

$$\sigma_w^2(T) = q_1(T)\sigma_1^2(T) + q_2(T)\sigma_2^2(T)$$

где  $q_1(T)$  и  $q_2(T)$  – вероятности попадания пикселя в классы 1 и 2,  $\sigma_1^2(T)$  и  $\sigma_2^2(T)$  – дисперсии яркости в этих классах.

#### 1.2. Сегментация на основе кластеризации

Метод  $k$ -средних делит изображение на  $k$  кластеров. Для каждого пикселя вычисляется евклидово расстояние до центра кластера  $c_i$ :

$$d(p, c_i) = \sqrt{(p_x - c_{ix})^2 + (p_y - c_{iy})^2 + (p_z - c_{iz})^2}$$

где  $p = (p_x, p_y, p_z)$  – цветовое значение пикселя, а  $c_i = (c_{ix}, c_{iy}, c_{iz})$  – координаты центра кластера. Пиксель относится к тому кластеру, для которого это расстояние минимально.

#### 1.3. Региональные методы сегментации

Для метода “региона нарастания” используется следующий критерий:

Если  $\varepsilon \geq |f(x, y) - f(x_0, y_0)|$ , то пиксель  $(x, y)$  добавляется в регион, начатый в  $(x_0, y_0)$ , где  $(x_0, y_0)$  – координаты начального пикселя (семени),  $\varepsilon$  – пороговое значение для однородности региона.

#### 1.4. Методы на основе активных контуров

Активные контуры минимизируют функционал энергии  $\mathcal{E}$ , который включает внутреннюю и внешнюю энергию:

$$E = \int_0^1 \left[ \alpha \left| \frac{dC(s)}{ds} \right|^2 + \beta \left| \frac{d^2C(s)}{ds^2} \right|^2 + P(C(s)) \right] ds$$

где  $C(s)$  – параметрическое уравнение контура,  $s$  – параметр длины,  $\alpha$  и  $\beta$  – весовые коэффициенты, а  $P(C(s))$  – потенциал изображения (внешняя энергия), основанный на градиенте изображения.

## 2. Морфологические операции

### 2.1. Эрозия и дилатация

Пусть  $A$  – бинарное изображение, а  $B$  – структурный элемент. Тогда эрозия  $A$  по  $B$  определяется как:

$$A \ominus B = \{z | B_z \subseteq A\}$$

где  $B_z$  – множество  $B$ , сдвинутое на  $z$ .

Дилатация  $A$  по  $B$  определяется как:

$$A \oplus B = \{z | (B^s)_z \cap A \neq \emptyset\}$$

где  $B^s$  – симметрическое отражение множества  $B$  относительно его центра.

### 2.2. Открытие и закрытие

Открытие  $A$  по  $B$  – это последовательное применение эрозии и дилатации:

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

Закрытие  $A$  по  $B$  – это последовательное применение дилатации и эрозии:

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B$$

### 2.3. Морфологический градиент

Морфологический градиент изображения  $A$  по структурному элементу  $B$  вычисляется как разница между дилатацией и эрозией:

$$\text{Grad}(A) = (A \oplus B) - (A \ominus B)$$

Этот оператор позволяет выделить контуры объектов на изображении.

## Задание по вариантам

### Вариант 1

Задание 1: Загрузите флуоресцентное изображение раковых клеток. Выполните предобработку изображения с помощью фильтрации и улучшения контраста, используя функции ``skimage.filters.gaussian`` и ``skimage.exposure.equalize_hist``.

Задание 2: Примените метод глобального порога с функцией ``skimage.filters.threshold_otsu`` для выделения раковых клеток. Отобразите результаты с помощью ``matplotlib``.

Задание 3: Используйте операцию открытия (``skimage.morphology.opening``) для удаления шумов после сегментации.

Задание 4: Примените метод активных контуров (``skimage.segmentation.active_contour``) для точного выделения границ раковых клеток. Сравните результаты с методом глобального порога и морфологической обработкой.

### Вариант 2

Задание 1: Загрузите флуоресцентное изображение ткани с раковыми клетками. Выполните предобработку изображения с использованием фильтра Гаусса (``skimage.filters.gaussian``) для уменьшения шума.

Задание 2: Примените метод Оцу для сегментации с функцией ``skimage.filters.threshold_otsu``. Отобразите результаты.

Задание 3: Используйте операцию закрытия (``skimage.morphology.closing``) для сглаживания контуров сегментированных клеток.

Задание 4: Примените метод кластеризации k-средних, используя функцию ``skimage.cluster.k_means`` для уточнения сегментации. Сравните результаты с методом Оцу и морфологической обработкой.

### ***Вариант 3***

Задание 1: Загрузите флуоресцентное изображение клеток в тканевой культуре. Выполните предварительную обработку изображения с использованием функции ``skimage.exposure.equalize_adapthist`` для улучшения контраста.

Задание 2: Используйте метод сегментации на основе региона нарастания (``skimage.segmentation.random_walker``) для выделения раковых клеток. Отобразите результаты.

Задание 3: Примените операции эрозии и дилатации (``skimage.morphology.erosion``, ``skimage.morphology.dilation``) для устранения мелких артефактов.

Задание 4: Примените метод активных контуров с помощью функции ``skimage.segmentation.active_contour`` для уточнения границ раковых клеток.

### ***Вариант 4***

Задание 1: Загрузите флуоресцентное изображение раковых клеток. Выполните предобработку, улучшив контраст с функцией ``skimage.exposure.equalize_hist``.

Задание 2: Примените метод локального порога с функцией ``skimage.filters.threshold_local`` для выделения отдельных клеток.

Задание 3: Используйте морфологическую операцию градиента (``skimage.morphology.morphological_gradient``) для выделения контуров клеток.

Задание 4: Примените метод кластеризации (``skimage.future.k_means``) для уточнения сегментации клеточных структур.

### ***Вариант 5***

Задание 1: Загрузите флуоресцентное изображение клеточной культуры. Выполните фильтрацию с помощью функции ``skimage.filters.median`` и улучшите контраст с функцией ``skimage.exposure.equalize_hist``.

Задание 2: Используйте метод пороговой сегментации с функцией ``skimage.filters.threshold_otsu`` для выделения раковых клеток.

Задание 3: Примените операции открытия и закрытия (``skimage.morphology.opening``, ``skimage.morphology.closing``) для улучшения выделения клеточных структур.

Задание 4: Используйте метод активных контуров с функцией ``skimage.segmentation.active_contour`` для уточнения границ клеток.

### ***Вариант 6***

Задание 1: Загрузите флуоресцентное изображение клеточной культуры. Выполните предварительную обработку, улучшив контраст с функцией ``skimage.exposure.equalize_adapthist``.

Задание 2: Примените метод активных контуров (``skimage.segmentation.active_contour``) для выделения раковых клеток.

Задание 3: Используйте операции эрозии и дилатации (``skimage.morphology.erosion``, ``skimage.morphology.dilation``) для улучшения выделения клеточных структур.

Задание 4: Примените метод кластеризации (``skimage.future.k_means``) для выделения различных типов клеток в изображении.