

# ОЦІНКА ЯКОСТІ АНОТАЦІЇ В ЗАДАЧАХ СЕГМЕНТАЦІЇ КРІОМІКРОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Харківський національний університет радіоелектроніки

**Анотація** У роботі проаналізовано якість анотацій для сегментації кріомікроскопічних зображень. Розглянуто основні метрики оцінки (IoU, Dice, Precision, Recall) та проведено експеримент порівняння ручної, напівавтоматичної й автоматичної розмітки. Показано, що автоматизовані методи наближаються за якістю до ручних, значно зменшуючи витрати часу.

**Ключові слова:** Кріомікроскопічні зображення, Сегментація, Анотація, Якість розмітки, Глибоке навчання, Метрики оцінки, CVAT

Анотація є критично важливим етапом у підготовці даних для задач сегментації кріомікроскопічних зображень. Від її якості безпосередньо залежить точність, стійкість та ефективність моделей глибокого навчання. Наявність точних, послідовних і повних розміток дозволяє нейронним мережам коректно навчатися і забезпечувати якісну сегментацію клітинних структур. Натомість помилки, дублювання, пропуски або неточні межі призводять до зниження якості сегментації та хибних результатів аналізу.

Для оцінки якості розмітки застосовуються кількісні метрики, які дозволяють порівнювати анотовані зображення з еталонними (ground truth) рис. 1.

Назва метрики	Опис	Формула
IoU (Intersection over Union)	Відношення площі перетину масок до площі їх об'єднання	$IoU = TP / (TP + FP + FN)$
Dice coefficient	Подвійне відношення площі перетину до суми площ двох масок	$Dice = 2TP / (2TP + FP + FN)$
Precision (Точність)	Частка коректно анотованих пікселів серед усіх передбачених	$Precision = TP / (TP + FP)$
Recall (Повнота)	Частка коректно анотованих пікселів серед усіх реальних	$Recall = TP / (TP + FN)$

Рис.1. Якісні метрики

У межах дослідження було порівняно три набори анотацій:

1. Ручна анотація експерта
2. Напівавтоматична анотація в CVAT
3. Автоматична сегментація за допомогою моделі Mask R-CNN

Результати порівняння наведено на рис. 2

Метод	IoU	Dice	Precision	Recall
Ручна анотація експерта	0.92	0.95	0.96	0.94
Напівавтоматична (CVAT)	0.85	0.89	0.91	0.86
Mask R-CNN	0.88	0.91	0.93	0.89

Рис.1. Результати порівняння

Як видно з результатів, найвищу якість забезпечує ручна анотація експерта. Напівавтоматичні та автоматичні методи демонструють хороші результати, але все ще поступаються в точності та повноті.

Оцінка якості анотацій є необхідною процедурою для контролю достовірності розмітки даних у задачах сегментації кріомікроскопічних зображень. Навіть при використанні сучасних автоматичних алгоритмів важливо перевіряти результати анотації за допомогою кількісних метрик. Подальший розвиток напівавтоматичних систем анотації та інтеграція AI-допоміжних інструментів допоможе значно підвищити продуктивність дослідників і зменшити людський фактор у біомедичних проектах.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Самохін Ю. В. Аспекти сегментації кріомікроскопічних зображень / Ю. В. Самохін // Сучасні технології біомедичної інженерії : матеріали II міжнародної науково-технічної конференції 17–19 травня 2023 р. / за заг. ред. І. В. Прокоповича, Н. В. Манічевої ; Нац. ун-т «Одеська політехніка». — Вінниця : ТОВ «Торговий дім «Альфа і Омега», 2023. — С. 110 - 112.
2. Самохін Ю. В. Виявлення клітин на зображенні за допомогою CVAT AI / Ю. В. Самохін // Сучасні технології біомедичної інженерії : матеріали III міжнародної науково-технічної конференції, 8–10 травня 2024 р. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – С. 24-26.
3. Самохін Ю. В. Знаходження зображень клітин на кріомікроскопічних зображеннях за допомогою згорткових нейронних мереж / Ю. В. Самохін // Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії : ма-теріали Міжнар. наук.-прак. конф., присвяченої 125-річному ювілею Національного технічного університе-ту України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 13-14 грудня 2023 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – С. 194-195.
4. M. Tymkovych, O. Avrunin, O. Gryshkov, V. Semenets and B. Glasmacher, "Ice crystals microscopic images segmentation based on active contours", \*2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 493-496, 2019.
5. M. Tymkovych, O. Gryshkov, O. Avrunin, K. Selivanova, Y. Nosova, V. Mutsenko, et al., "Application of SOFA framework for physics-based simulation of deformable human anatomy of nasal cavity", IFMBE Proceed-ings, vol. 80, pp. 112-120, 2021.
6. M. Tymkovych, O. Avrunin, O. Gryshkov, V. Semenets and B. Glasmacher, "Ice crystals microscopic im-ages segmentation based on active contours", \*2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nan-otechnology (ELNANO) - Proceedings, pp. 493-496, 2019.

**Самохін Юрій Вікторович – аспірант Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, e-mail: yurii.samokhin@nure.ua**