

Кластеризація розмічених даних



Розмітка даних на основі кластерів і енкодера

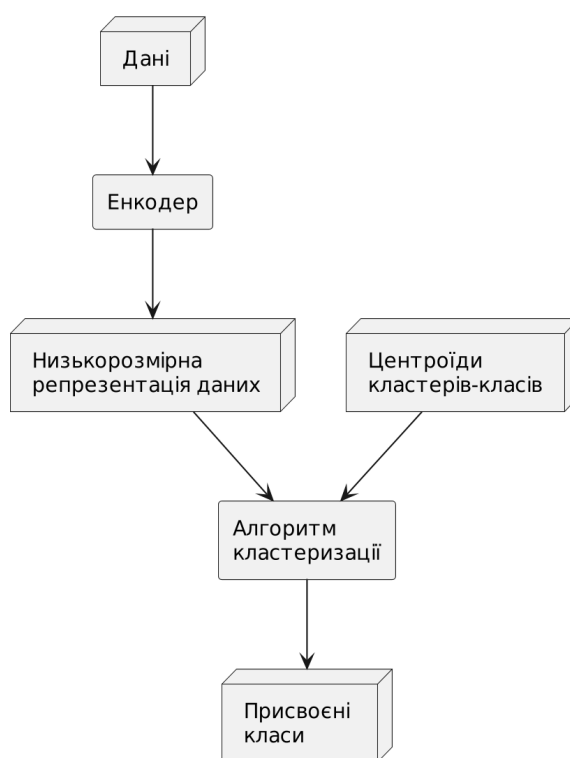


Рис. 2. Використання енкодера та алгоритму кластеризації для розмітки даних

Ключові слова: класифікація, часовий ряд, напівкероване навчання, автоенкодер, кластеризація.

Література

- [1] R. M. Schmidt, “Recurrent neural networks (rnns): A gentle introduction and overview”, arXiv preprint arXiv: 1912. 05911, 2019.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.05911>
- [2] F. A. Gers, J. Schmidhuber and F. Cummins, “Learning to forget: Continual prediction with LSTM”, *Neural computation*, vol. 12, no. 10, pp. 2451–2471, 2000.
- [3] A. Vaswani et al., “Attention is all you need”, *Advances in neural information processing systems*, vol. 30, 2017.

УДК 004.932:578.82

АВТОМАТИЗОВАНА СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ КЛІТИН

¹⁾Сметюх М. П., ¹⁾Момот А. С., ^{1,2)}Соловійов С. О., ²⁾Трохименко О. П.

¹⁾Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

²⁾Національний університет охорони здоров'я України ім. П.Л. Шупика, Київ, Україна

E-mail: msmetiuh@gmail.com

Культивування клітин *in vitro*, тобто в лабораторних умовах в пробірках, широко використовується в біотехнології, медицині та біології. Ці методи

уможливляють клітинну біологію, вивчення клітинної відповіді на подразник чи токсин, а також допомагають в доклінічних випробуваннях лікарських препаратів. Найпоширенішим методом роботи з живими клітинами є їх вирощування у посудинах для культивування, здебільшого культуральних планшетах, в яких клітини утворюють моношар. Оцінку клітинного моношару проводять здебільшого візуально аналізуючи розмір, морфологію та кількість клітин. Найбільш очевидним характеристикою клітинної культури візуально є саме кількість клітин.

Одним з найпоширеніших методів визначення кількості клітин у культурі є відокремлення клітин від субстрату, ресуспендування їх і підрахунок вручну в камері Горяєва за допомогою мікроскопа [1]. Однак цей метод є трудомістким, затратний в часі і менш відтворюваним. Це пов'язано з тим, що результати можуть залежати від суб'єктивної оцінки дослідника і є неточними через ручний підрахунок клітин.

Іншим методом підрахунку клітин є проточна цитометрія за допомогою цитометру, яка має високу точність отриманих результатів, проте є більш дороговартісною та вимагає досвідчених фахівців для проведення дослідження та обробки даних [2].

На сьогоднішній день найбільш доступним та зручним у застосуванні є метод обробки зображень культур клітин, який ґрунтується на використанні програмного забезпечення для автоматизованого підрахунку клітин на основі зображень отриманих за допомогою мікроскопів [3].

Метою даної роботи є автоматизація процесу підрахунку клітин у клітинних культурах із використанням штучного інтелекту. Зокрема, моделі глибокого навчання останніми роками демонструють високу ефективність в задачах автоматизованої сегментації зображень [4].

В даній роботі використовувалися зображення перещеплюваної клітинної лінії фібробластів L-929, які були отримані під час дослідження цитотоксичної дії декаметоксину авторами [5]. Зображення клітин оброблялися за допомогою авторської програми, розробленої на мові програмування Python, з використанням нейронної мережі для сегментації зображень Cellpose, представленої в роботі [6].

Розроблене програмне забезпечення дозволяє в автоматизованому режимі проводити сегментацію зображень з мікроскопу. На виході нейронної мережі отримуються піксельні маски для кожної розпізнаної клітини. Таким чином, можна підрахувати як кількість виявлених на зображенні клітин, так і їхню піксельну площу. Порівнюючи отримані значення з контрольним зображенням можна проаналізувати які зміни відбулися в клітинному моношарі у відповідь на токсин.

Ефективність роботи нейромережевої моделі Cellpose залежить від двох основних параметрів – середнього піксельного розміру клітин та порогу розпізнавання. Розмір клітин визначається як середній діаметр окремої клітини

на зображенні, визначений в пікселях. Поріг розпізнавання впливає на те, який рівень достовірності розпізнавання буде використовуватися мережею для ідентифікації клітини. Чим менший поріг розпізнавання, тим більше об'єктів на зображенні буде виявляти мережа. Водночас, буде зменшуватись завадостійкість моделі та збільшуватись кількість хибних розпізнавань, коли сторонній об'єкт може бути сприйнятий як клітина. Для даного дослідження експериментально було встановлено оптимальний поріг розпізнавання клітин в межах 0,24-0,4 та розмір клітини – 60 пікселів.

Модель Cellpose демонструє достовірність сегментації на рівні 0,785 за показником AP@0.5 [6]. З рис. 1 помітно, що сегментація усіх зображень проведена якісно, з мінімальним захопленням неклітинних структур що дає змогу говорити про подальший точний підрахунок клітин на зображенні.

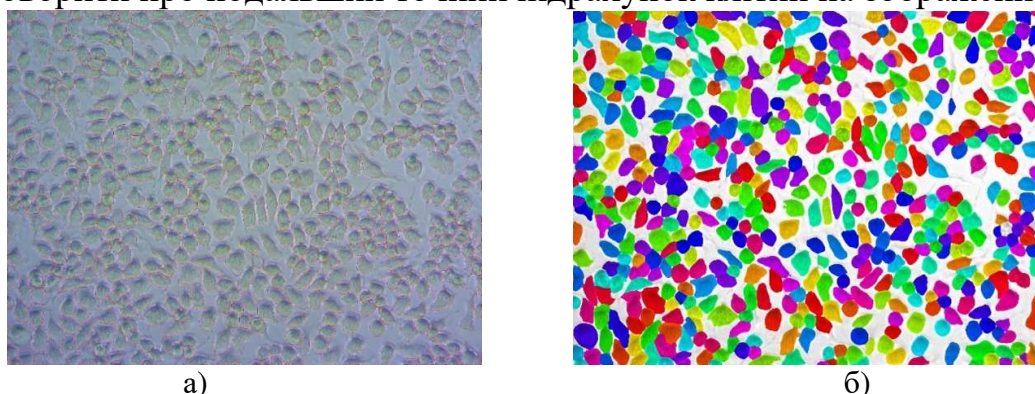


Рис. 1. Обробка зображення клітинного моношару за допомогою авторського програмного забезпечення: а)- початкове зображення; б) – сегментоване зображення

Обробка зображень клітин фібробластів лінії L-929 вказує на те, що зниження концентрації декаметоксину призводить до менш значних змін у структурі клітинного моношару. Це відображається у відносно меншій різниці у кількості клітин порівняно з контрольними зображенням, зі зниженням концентрації декаметоксину (табл. 1).

Проте, спостерігаються випадки, коли зменшення кількості клітин при зменшенні концентрації декаметоксину не відбувається лінійно. Це можна пояснити похибкою у визначенні початкової посівної концентрації клітин, яка була визначена за допомогою стандартного методу камери Горяєва, та специфікою росту культури, що на кінцеве обчислення не впливає.

Табл.1. Визначення кількості клітин за допомогою розробленої програми

Концентрація декаметоксину, мг/мл	Кількість клітин, n
Контроль	560
500,0	250
125,0	290
15,625	281
3,906	429

В цілому, автоматизація процесу обробки зображень культур клітин дозволяє точно та ефективно оцінити кількісні зміни в клітинному моношарі. Використання сучасних моделей глибинного навчання значно пришвидшує час проведення досліджень, усуваючи необхідність ручного підрахунку кількості клітин та пов'язані з цим суб'єктивні помилки. Розроблене та описане в цій роботі програмне забезпечення дозволяє автоматизовано виконувати сегментацію зображень клітин з мікроскопу, підраховувати їхню кількість та визначати піксельні розміри. Проведені експериментальні дослідження підтверджують високу ефективність використання моделі Cellpose в задачах автоматизації біомедичних досліджень. У подальшому необхідно отримати кількісні оцінки достовірності визначення кількості клітин на зображеннях із використанням розробленого програмного забезпечення.

Ключові слова: глибинне навчання, сегментація, культура клітин, L-929, декаметоксин.

Література

- [1] R. Biggs і R. L. Macmillan, «The Error of the Red Cell Count», *Journal of Clinical Pathology*, vol 1, no 5, pp 288–291, Лис 1948, doi: 10.1136/jcp.1.5.288.
- [2] J. P. Robinson, «Flow cytometry: past and future», *BioTechniques*, vol 72, no 4, pp 159–169, Квіт 2022, doi: 10.2144/btn-2022-0005.
- [3] M. Salvi, U. R. Acharya, F. Molinari, і K. M. Meiburger, «The impact of pre- and post-image processing techniques on deep learning frameworks: A comprehensive review for digital pathology image analysis», *Computers in Biology and Medicine*, vol 128, p 104129, Січ 2021, doi: 10.1016/j.combiomed.2020.104129.
- [4] I. O. Skladchykov, A. S. Momot, R. M. Galagan, H. A. Bohdan, і K. M. Trotsiuk, «Application of YOLOX deep learning model for automated object detection on thermograms», *Information extraction and processing*, vol 2022, no 50, pp 69–77, Груд 2022, doi: 10.15407/vidbir2022.50.069.
- [5] I. V. Semenyuta *et al.*, «Decamethoxin virucidal activity: in vitro and in silico studies», *Ukrainian Biochemical Journal*, vol 94, no 3, pp 81–91, 2022, doi: 10.15407/ubj94.03.081.
- [6] C. Stringer, T. Wang, M. Michaelos, і M. Pachitariu, «Cellpose: a generalist algorithm for cellular segmentation», *Nature Methods*, vol 18, no 1, pp 100–106, Січ 2021, doi: 10.1038/s41592-020-01018-x.

УДК 615.841:621.317.4

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИМ КОМПЛЕКСОМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЗРОШЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Терещенко М. Ф., Ківенко А. П.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна

E-mail: agfarkpi@i.ua , nastiakivenko@gmail.com

Ультразвукова терапія (УЗТ) відкриває нові горизонти в сфері сучасної медицини, надаючи можливість профілактики та лікувати різноманітні захворювання за допомогою ультразвуку, поєднуючи механічний та тепловий