

ДІАГНОСТИКА ПАТОЛОГІЇ ЛЕГЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІБРИДНОЇ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ

Ткачук О.К.

e-mail: oleksandr.tkachuk@nure.ua

Науковий керівник – д.т.н., проф. Корабльов М.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІСТ

М. Харків, Україна

The paper considers the construction of a hybrid neural network model for diagnosing lung pathology, which uses a dendritic artificial immune network (DaiNet) to segment all cell nuclei in a histopathological image, a graph convolutional neural network (GCN) to extract features of the spatial structure of cells, and a convolutional neural network (CNN) to extract semantic features.

На сьогодні велику загрозу для здоров'я та життя людини становить рак легень. Найбільш поширеним гістопатологічним типом раку легень є аденокарцинома. Використання традиційних методів діагностики дозволяє лише оцінювати, але не визначати кількісно ступінь захворювання легень. Разом з тим, використання технології WSI (Whole-Slide Imaging), алгоритмів комп'ютерного зору (CV) та методів обробки зображень дозволяє більш ефективно підвищити точність та швидкість діагностичного процесу.

Використання згорткових нейронних мереж (CNN) для діагностики захворювань легень дозволяє автоматично кодувати семантичні ознаки, що містяться в отриманих зображеннях, але вони не здатні аналізувати просторову структуру між раковими клітинами. Можна використовувати графові згорткові нейронні мережі (GCN), які дозволяють визначати просторові ознаки та вузли графа, але вони мають невисоку точність.

Для діагностики аденокарциноми легень пропонується гібридна модель глибокого навчання, яка при аналізі гістопатології поєднує переваги GCN та CNN. Архітектура запропонованої моделі розпізнавання патології легень наведена на рис.1 і складається з двох незалежних гілок вилучення ознак. Гілка GCN, яка включає модель сегментації екземплярів на основі дендритної штучної імунної мережі (DaiNet), що використовується для вилучення всіх ядер клітин, які містяться в гістопатологічній ділянці, та вилучення карти складу ядерних ознак у вигляді графа. Ця модель використовується як вхідні дані для мережі GCN для вилучення структурних ознак клітин. Гілка CNN безпосередньо витягує семантичну інформацію з усієї ділянки, щоб заповнити втрату інформації модулем GCN.

Потім структурні ознаки клітин, витягнуті гілкою GCN, і семантичні ознаки ділянки зображення, витягнуті гілкою CNN, об'єднуються.

Основним завданням сегментації ядер є вилучення різних ядер, що містяться у фрагменті вхідного зображення. Ядра клітин, отримані при сегментації ядер, потім будуються у вигляді графа і подаються в модуль GCN для отримання просторових ознак. Для побудови графа взаємозв'язків між ядрами використовується модель сегментації екземплярів на основі дендритної штучної імунної мережі (DaiNet) [1].

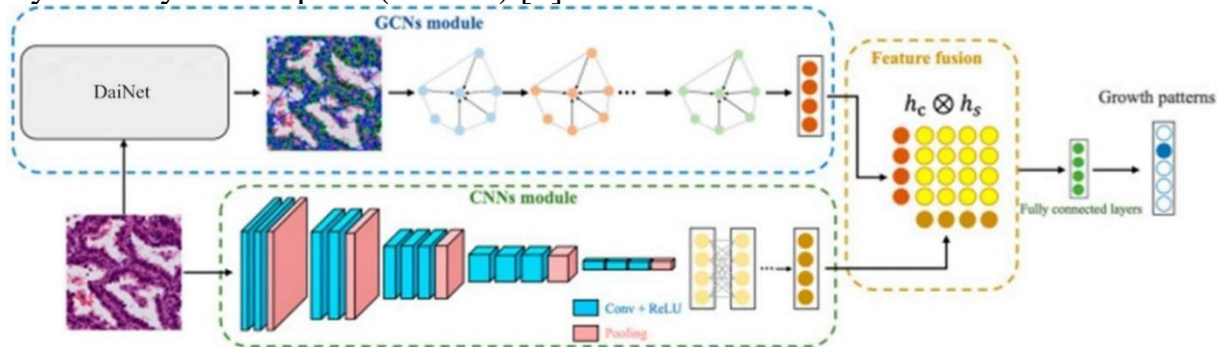


Рисунок 1 – Архітектура запропонованої гібридної нейромережевої моделі розпізнавання патології легень

Для отримання ознак з графа ядер зображення, який містить інформацію про структуру комірок, використовується просторова GCN [2], метою якої є кодування семантичних ознак всього фрагмента зображення, які можуть бути використані для отримання загальної інформації, що міститься в блоці зображення, а також як додаткова інформація про просторову структуру комірок. В якості екстрактора семантичних ознак у роботі була застосована CNN EfficientNetB3 [3], яка складається із згорткових шарів, ReLU, максимального пулу і повнозв'язного шару. Для моделювання взаємодії просторових ознак, отриманих від GCN, і семантичних ознак, отриманих від CNN, використано метод злиття ознак (добуток Кронекера).

Для перевірки ефективності та порівняльного аналізу модулів CNN, GCN і запропонованої моделі при аналізі гістопатологічних зображень пухлин легень були проведені експериментальні дослідження, які показали, що по точності і повноті запропонована модель краще визначає ознаки, які дозволяють оцінити паттерни зростання аденокарциноми.

Список використаних джерел:

1. Корабльов М.М. Фомічов О.О. Класифікація об'єктів на основі моделі деревовидної штучної імунної мережі // Сучасні інформаційні технології і системи: монографія / за заг. ред. В.С. Пономаренка. – Х.: Видавництво «Стиль-іздат», 2021. – С. 75-90.
2. Mir A.A., Zuhairi M.F., Alrehaili A., Tufail A., Namoun A. Graph Convolutional Networks: A Critical Review. Research Square, 2026, 42 p. URL: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-8677237/v1> (дата звернення 12.03.2026).
3. Mienye I.D., Swart T.G., Obaido G., Jordan M., and Ilono P. Deep Convolutional Neural Networks in Medical Image Analysis: A Review. Information 2025, 16, 195. URL: <https://doi.org/10.3390/info16030195> (дата звернення 12.03.2026).