

Смілянець Федір Андрійович, аспірант,

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

Фіногенов Олексій Дмитрович, кандидат технічних наук, доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

МУЛЬТИКЛАСОВА КЛАСИФІКАЦІЯ ЛЕГЕНЕВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗНІМКІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ

Анотація. Існуючу архітектуру нейронної мережі для бінарної класифікації зображень КТ між коронавірусною пневмонією та здоровими легень було модифіковано та адаптовано для розрізнення між трьома класами: COVID-19, здорові легені, позагоспітальна пневмонія. Дану нейронну мережу було натреновано за допомогою значно розширеного набору даних, та досягнуто точності у 95%, що наближається до зразкових в індустрії результатів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: мультикласова класифікація, згорткові нейронні мережі, аналіз знімків комп'ютерної томографії.

Abstract. The existing neural network architecture for binary classification of CT images between coronavirus pneumonia and healthy lungs has been modified and adapted to distinguish between three classes: COVID-19, healthy lungs, and community-acquired pneumonia. This neural network was trained using a significantly expanded dataset, achieving an accuracy of 95%, which approaches industry-leading results.

KEY WORDS: multiclass classification, convolutional neural networks, computed tomography scan analysis

Вступ. Розповсюдження в 2019-2023 роках пандемії нового коронавірусу COVID-19 призвело до різкого зростання навантаження на лікарів та медичні установи. На початок травня 2023 року більше 750 мільйонів випадків хвороби було зареєстровано, та майже 7 мільйонів мали летальний наслідок. Попри оголошення ВООЗ про закінчення глобальної пандемії COVID-19 5 травня 2023 року, легеневі захворювання все ще мають та матимуть у майбутньому потенціал до спричинення епідемій та пандемій з відповідними наслідками для систем охорони здоров'я, відповідно актуальним є подальше дослідження систем, які дозволяють частково розвантажити та оптимізувати роботу закладів охорони здоров'я.

Знімки КТ є одним з основних методів діагностики захворювань легень, оскільки дає тривимірне та детальне зображення, процес зняття якого може бути

підлаштований для процесу діагностики конкретного захворювання, а також дає легку можливість для побудови довільних зрізів простору, відзнятого знімком КТ.

Основна частина. У дослідженні було об'єднано два набори даних: COVID-CTset [1](набір А) та COVID-CT-MD (набір Б). Набір А складається з зображень, що належать 95 пацієнтам з діагностованим COVID-19, та 282 здоровим людям. Оскільки DICOM-зображення містять особисті дані пацієнтів, та цей формат є відносно незручним для роботи – дані постачається у вигляді 16-бітних чорно-білих TIFF-зображень, що гарантує збереження повної глибини кольору наявної в DICOM-зображеннях.

Однак, набір А є відносно невеликим джерелом даних, та не містить знімків людей з звичайними негоспітальними пневмоніями,

тому до джерельних даних до навчання було додано датасет набір Б.

Набір Б містить зображення, що належать 169 людям з діагностованим COVID-19, 76 здоровим людям та 60 людям з діагностованою негоспітальною пневмонією, та постачається у форматі DICOM. Відтак, зображення було приведено до 16-бітного TIFF за допомогою модифікованого коду бібліотеки dcm2hdr [3], та додано до даних набору А.

Знімок КТ є набором послідовних знімків перерізу тіла людини. У випадку діагностики захворювань легень, виконується КТ грудної клітини, однак не всі відзняті знімки включають в себе внутрішню структуру легень. Тому, за алгоритмом, запропонованим у [1], було виконано фільтрацію знімків та виокремлено знімки, на яких істотну частину зображення займають саме легені. На (рис. 1) проілюстровано відмінність між зображеннями з різних частин тривимірного КТ-знімку.

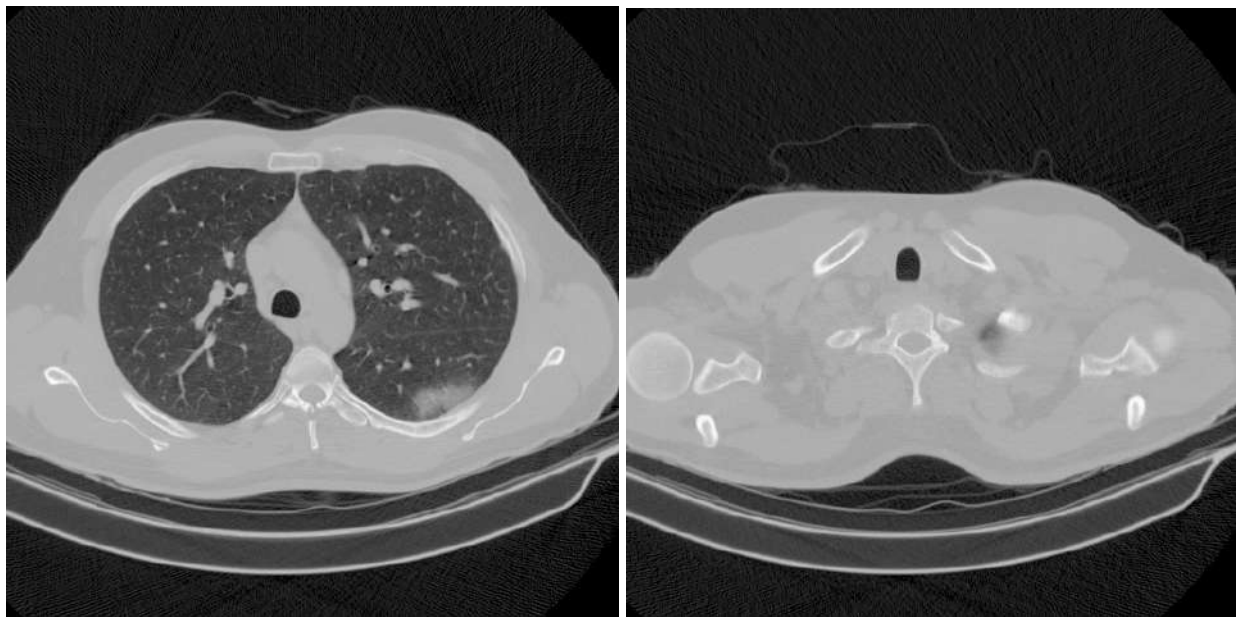


Рисунок 1. Порівняння знімків КТ грудної клітини на різних зрізах відсканованого простору

У дослідженні використовується модифікована версія мережі, запропонованої у [1].

Однак, оригінальне дослідження обмежувалось двома класами – здоровий або COVID-19, що суттєво обмежує застосування у реальному світі.

Відтак, в цьому дослідженні існуючу архітектуру нейронної мережі було розширено для виконання мультикласової класифікації, та натреновано за допомогою значно більшого набору даних. Доповнена нейронна мережа побудована з метою відрізнити між COVID-19, позагоспітальною пневмонією та здоровими легенями.

За основу було взято стандартну архітектуру ResNet50V2. Однак, оскільки прояви як типових, так і спричинених COVID-19

пневмоній мають різні особливості та масштаби, було застосовано метод Feature Pyramid Network – починаючи з третього шару мережі результат роботи кожного згорткового шару мережі передано до останніх, повнозв'язних, шарів мережі що приймають кінцеве рішення про наявність чи відсутність у зображенні особливостей, пов'язаних з пневмонією, спричиненою COVID-19 або типовою пневмонією.

Для тренування нейронної мережі було обрано стартові ваги аналогічної нейронної мережі, натренованої на датасеті ImageNet. Дані, що є відібраними з датасетів зображеннями що містять відкриті легені, було розділено на тренувальний, валідаційний та оціночний набори даних – 20701 тренувальних, 6900 валідаційних та

6900 оціночних зображень. Тренування було проведено протягом 20 епох з відбором найкращих мереж за допомогою валідаційного набору даних.

За результатом було обрано модель станом на кінець 13 епохи навчання та точністю на валідаційних даних у 95.086%.

Для обчислення істинних параметрів поведінки моделі через обрану модель було пропущено оціночний набір даних, та підтверджено точність у 95%.

Також, було обчислено матрицю невідповідності для усіх класів в дослідженні.

COVID-19	Прогнозований клас		
Справжній клас		Позитивний	Негативний
	Позитивний	2707	83
	Негативний	231	3879

Таблиця 1. Матриця невідповідності для класу «пневмонія, спричинена COVID-19»

Здорові легені	Прогнозований клас		
Справжній клас		Позитивний	Негативний
	Позитивний	3118	204
	Негативний	93	3485

Таблиця 2. Матриця невідповідності для класу «Здорові легені»

Позагоспітальна пневмонія	Прогнозований клас		
Справжній клас		Позитивний	Негативний
	Позитивний	3118	204
	Негативний	93	3485

Таблиця 3. Матриця невідповідності для класу «позагоспітальна пневмонія»

Висновки. Отримана нейронна мережа для розпізнавання COVID-19 на зображеннях КТ демонструє високу точність класифікації, наближаючись до зразкових результатів в індустрії, та може стати корисним інструментом для швидкої та ефективної діагностики COVID-19, та основою для нейронних мереж, що розпізнаватимуть інші захворювання.

Список інформаційних джерел

1. A fully automated deep learning-based network for detecting COVID-19 from a new and large lung CT scan dataset. / Rahimzadeh, M., Attar, A., & Sakhaei, S. // Biomedical Signal Processing and Control – 2021 – С. 102588 – <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102588>.
2. COVID-CT-MD, COVID-19 computed tomography scan dataset applicable in machine learning and deep learning / Afshar, P., Heidarian, S., Enshaei, N., Naderkhani, F., Rafiee, M., Oikonomou, A., Fard, F., Samimi, K., Plataniotis, K., & Mohammadi, A. // Scientific Data – 2021 – Т. 8(1) – С. 121 – (<https://doi.org/10.1038/s41597-021-00900-3>).
3. DCM2HDR: DICOM to HDR image conversion. / David Völgyes. // – 2018. – <https://doi.org/10.5281/zenodo.1246724>