

АНОТАЦІЯ

Надеран М. Гібридна згорткова мережа для обробки зображень та медичної діагностики. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». – Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут Імені Ігоря Сікорського», 2021.

Метою дисертаційного дослідження є розробити нову архітектуру гібридної згорткових мережі і модель класифікації для підвищення якості розпізнавання раку молочної залози і зниження часу на її навчання.

Дослідження обумовлена потребою в розробці нових і вдосконаленні існуючих моделей і методів для обробки зображень і медичної діагностики. Гібридна згорткова мережа повинна забезпечувати виділення інформативних ознак, що дозволяє підвищити критерій якості моделі для задач діагностування рак молочної залози.

На сьогодні прогрес в напрямку підвищення якості та розширення можливостей сучасних моделей, оптимального оцінювання станів, а також діагностування раку молочної залози на основі мамографічних сканів неможливо без застосування сучасних методів і моделей для попередньої обробки і виділення інформативних ознак.

Розроблена гібридна згорткова мережа на основі енкодера, яка дозволяє підвищити якість класифікації раку молочної залози і зокрема досягти мінімального відсотка помилково негативної помилки (англ. False negative, FN), що і є одним з ключових завдань поточного етапу розвитку методів. Для навчання моделі згорткового енкодера можна

використовувати зображення, які не мають мітки, що зменшує розмірність зображення і видаляє шуми, в результаті чого залишаються важливі інформативні ознаки в меншій розмірності. Також, згорткова мережа з меншою кількістю навчальних параметрів, відповідно менш схильна до явища перенавчання. З цих причин у запропонованій моделі було використано згортковий автоенкодер для підвищення критерій якості моделі при меншому часі навчання.

У запропонованій гібридній згортковій моделі, згортковий автокодер було використано для пошуку інформативних ознак, а згорткова нейронна мережа DenseNet – для класифікації. Для навчання запропонованої моделі, необхідно виконати:

— Попередню обробку вхідних даних. Для попередньої обробки медичних зображень було застосовано: нормалізацію, скорочення розмірів зображенні і аугментацію даних. В аугментації даних застосовувались такі параметри, як обертання, розмір зображення та горизонтальний зсув.

— Оптимізацію згорткової мережі автокодера шляхом мінімізації функції втрат.

— відрегулювати гіперпараметри за допомогою експериментального аналізу для підвищення продуктивності моделі.

— Шляхом трансферного навчання, навчити згорткові мережі DenseNet.

— Підключити вихід енкодера до навченої згорткової мережі DenseNet для завдання класифікації.

— На останньому етапі необхідно оптимізувати гібридну згорткову мережу за допомогою мінімізації критерія Перехресна ентропія:

$$H_p = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \cdot \log(P(y_i)) + (1 - y_i) \cdot \log(1 - P(y_i)),$$

де,

N - кількість спостережень;

y - бінарний індикатор (0 або 1) того, чи є мітка класу правильної класифікації для спостереження;

p - прогнозована ймовірність моделі.

Виконано експериментальні дослідження розробленої моделі розпізнавання раку молочної залози, отримані показники: чутливість, точність (precision), F1-Score і точність (accuracy) моделі при цьому становить 93,5%, 93,2%, 93,3% і 93%, відповідно, що значно більше ніж у відомих згорткових мереж, які були застосовані для цієї задачі.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає:

- Запропоновано модель, яка на відміну від існуючих моделей, дозволяє діагностування раку молочної залози за мінімальний час в порівнянні з відомими методами.
- Розроблена гібридна згорткова мережа на основі енкодера, яка дозволяє підвищити якість класифікації раку молочної залози і зокрема досягти мінімального відсотка помилково негативної помилки (англ. False negative, FN) в порівнянні з відомими роботами в задачах класифікації раку молочної залози. Даний показник є одним з основних критеріїв для діагностики ракових захворювань.

— Проведена модифікація архітектури моделі Inception V3 шляхом розширення числа повнозв'язаних шарів.

Запропоновані в дисертаційній роботі моделі забезпечують розпізнавання раку молочної залози з найкращою ефективністю в порівнянні з відомими методами. Загальний час навчання моделі становить приблизно 13 годин, що є найменшим часом навчання порівняно з іншими згортковими мережами.

Ключові слова: гібридні згорткові мережі, класифікація ракових захворювань молочної залози, згортковий автокодер, класифікація зображень, , алгоритми глибокого навчання.

ABSTRACT

Naderan M. Hybrid convolution network for image processing and medical diagnostics. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 122 "Computer Science". - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", 2021.

The aim of the dissertation research is to develop a new architecture of a hybrid convolutional network and a classification model to improve the quality of breast cancer recognition and reduce the time for its training.

The study is driven by the need to develop new and improve existing models and methods for image processing and medical diagnostics. The hybrid convolutional network provides the selection of informative features, which allows to increase the productivity of the model for the tasks of diagnosing breast cancer.

Nowadays, progress towards improving the quality and capabilities of modern models, optimal assessment of conditions, as well as the diagnosis of breast cancer based on mammography scans is impossible without the use of modern methods and models for pre-processing input data and selection of informative features.

Development of a hybrid convolutional network based on an encoder, which allows to improve the quality of classification of breast cancer and to achieve a minimum percentage of false negative error (FN), which is one of the key steps of the current stage of development. For training the model of the convolutional encoder, images that have no label can be used. It reduces the dimensionality of the image and removes noise, which leaves important

informative attributes in a smaller dimensionality. Also, convolutional autoencoder has less learning parameters, respectively, less sensitive to be overtraining. For these reasons convolutional autoencoder were used in the proposed model to increase performance model with less training time.

In the proposed hybrid convolutional model, the convolutional autoencoder was used as informative features extraction, and the convolutional neural network was used as a classifier. To learn the proposed model

— First is needed to pre-process the input data. As pre-processing medical images, normalization, image reduction and data augmentation were used. In the data of augmentation, parameters like rotation, image resizing, and horizontal shift were applied.

— Optimize the convolutional network of the autoencoder by minimizing the loss function.

— Adjust the hyperparameters by experimental analysis to increase the performance of the model.

— Fine tune the DenseNet convolutional networks through transfer training.

— Connect the output of the encoder to the trained convolutional network DenseNet for the classification task. The last step is necessary to optimize the hybrid convolutional network by minimizing cross entropy:

$$H_p = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \cdot \log(P(y_i)) + (1 - y_i) \cdot \log(1 - P(y_i))$$

Where,

N - number of observations.

Y - is a binary indicator (0 or 1) of whether there is a class label of the correct classification for observation.

P - is the predicted probability of the model.

Experimental studies of the developed model of breast cancer recognition were performed, the following indicators were obtained: sensitivity, precision, F1-Score and accuracy of the model are 93.5%, 93.2%, 93.3% and 93%, respectively.

The scientific novelty of the dissertation is:

— Proposed a model that, unlike existing models, allows diagnosing breast cancer in the shortest time compared to known methods.

— Developed a hybrid convolutional network based on an encoder, which improves the quality of breast cancer classification and in particular to achieve a minimum percentage of false negative error (False negative, FN) compared to known works in the classification of breast cancer. This indicator is one of the main criteria for the diagnosis of cancer.

— Modified the architecture of the Inception V3 model by expanding the number of fully connected layers.

The models proposed in the dissertation provide recognition of breast cancer with the best efficiency in comparison with known methods. The total training time of the model is approximately 13 hours, which is the shortest training time compared to other convolutional networks.

Key words: hybrid convolutional networks, classification of breast cancer, convolutional autoencoder, image classification, deep learning algorithms.

Список публікацій здобувача:

Статті у періодичних наукових виданнях держав, які входять до Організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу

1. M. Naderan and Yu. Zaychenko, “A COMPARATIVE EXAMINATION OF CONVOLUTIONAL AUTOENCODER AND DENSENET APPLICATIONS FOR BREAST CANCER CLASSIFICATION”, “Information Theories and Applications”, Bulgaria, Vol. 27, Number 1, pp. 93-99, 2020. Available: <http://www.foibg.com/ijita/vol27/ijita27-01-p05.pdf>
(Запропоновано модифікований згорткові автоенкодер для діагностики раку молочної залози на ранніх стадіях. Експерименти показали, що збільшення набору даних для навчання згорткового автоенкодера може привести до перенавчання моделі. Невеликий набір даних може бути використаний для запобігання перенавчання при навчанні згорткового автоенкодера. У той час як для навчання DenseNet з нуля потрібен великий набір даних.)

Статті у наукових фахових виданнях України

2. M. Naderan, Yu. Zaychenko, “METHODS FOR IMPROVING ACCURACY OF THE DEMENTIA DIAGNOSIS USING FEATURE DIMENSION REDUCTION”, *System Research & Information Technologies*, no. 2, pp. 25–30, 2019. Available: <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2019.2.03>
(Запропоновано підхід для підвищення точності діагностики деменції з використанням зменшення розміру ознак. Також запропоновано основні відмінні риси деменції Альцгеймера, застосовувані методи та лікування)

деменції Альцгеймера на ранніх стадіях, щоб допомогти уникнути негативних наслідків, пов'язаних із прогресом захворювання.)

3. M. Naderan, Yu. Zaychenko, and A. Napoli, “USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR BREAST CANCER DIAGNOSING”, *System Research & Information Technologies*, no. 4, pp. 85–93, 2019. Available: <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2019.4.09> (Здобувачем побудована модифіковані архітектури мережі Inception V3 згорткова нейронна мережа для досягнення кращої чутливості та точності виявлення раку молочної залози на ранніх стадіях порівняно з існуючими методами.)
4. M. Naderan, “REVIEW METHODS FOR BREAST CANCER DETECTION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DEEP LEARNING METHODS”, *System Research & Information Technologies*, no. 1, pp. 98-101, 2021. Available: <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2021.1.08> (Здобувачем було запропоновано Гібридна згорткова мережа з допомогою якого зменшити складність моделі, кількість параметрів і, як результат, запобігти переобладнанню моделі. Здобувачем була проведений детальний аналіз методів діагностики діагностики раку молочної залози.)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації та інші публікації

5. M. Naderan and Yu. Zaychenko, “Convolutional autoencoder application for breast cancer classification”, *2020 IEEE 2nd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC)*, Kyiv 2020. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9239139> (включено до Web of Science Core Collection та SCOPUS)

6. M. Naderan, Yu. Zaychenko, “Diagnosing Lung Cancer Based on Deep Learning Algorithms: Review”, 20-th International Conference *System Research & Information Technologies* (SAIT), Kyiv, Ukraine, 2018. Available: ISBN 978-617-7619-06-1
7. M. Naderan, Yu. Zaychenko, “Diagnosis cancer using deep learning methods”, IX Міжнародна науково-практична конференція «Теорія прийняття рішень», Ужгород, Україна, 2019.
8. M. Naderan, J. Halasz, S. Marta, “Modern Experience of Dementia Classification”, 13th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas, Székesfehérvár, Hungary, pp. 42-46, 2018. Available: http://ais.amk.uni-obuda.hu/proceedings/2018/AIS2018_Abstract_Book.pdf