

RESNET В ЕНДОСКОПІЇ: ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація: У роботі розглянуто особливості архітектури глибокої нейронної мережі ResNet та проаналізовано перспективи її застосування в автоматизованій обробці ендоскопічних зображень. Проведено порівняльний аналіз підходів до використання ResNet у класичній та капсульній ендоскопії. На основі огляду наукових публікацій визначено переваги залишкової архітектури у підвищенні точності, чутливості та специфічності при виявленні патологій шлунково-кишкового тракту. Отримані результати вказують на доцільність впровадження ResNet у системи комп'ютерної діагностики для покращення ефективності медичних рішень.

Ключові слова: *ШІ, машинне навчання, нейронні мережі, згорткові нейронні мережі, ендоскопія, ResNet, капсульна ендоскопія, залишкова нейронна мережа*

Вступ

Ендоскопія є одним із найефективніших методів візуалізації шлунково-кишкового тракту (ШКТ) та широко використовується в медичній практиці. Класична ендоскопія забезпечує високу роздільну здатність зображень, режими вибору спектру світла для покращення та збільшення якості зображення. Основною перевагою класичної ендоскопії є можливість проведення біопсії. Однак класична ендоскопія має низку недоліків, зокрема інвазивність процедури, дискомфорт для пацієнтів та обмеженість у дослідженні тонкого кишківника. Альтернативним методом, що усуває ці обмеження, є **капсульна ендоскопія (КЕ)**, яка була вперше згадана у статті [1] у 2000 році та здійснила революцію в медичній діагностиці. КЕ дозволяє отримувати зображення тонкого кишківника, що значно розширює можливості діагностики шлунково-кишкових захворювань, особливо у випадках прихованої шлунково-кишкової кровотечі [1]. На сьогоднішній день КЕ є пріоритетним методом для діагностики патологій тонкого кишківника. Проте цей метод має свої обмеження: аналіз відеоматеріалу займає значну кількість часу, а патологічні зони становлять лише малу частину отриманих зображень. Це ускладнює діагностику та підвищує ризик пропуску уражень. Крім того, велика кількість жовчі, залишків їжі та повітряних бульбашок може знижувати якість зображень та впливати на точність діагнозу. В останні роки глибоке навчання стало ключовим напрямом у покращенні автоматизованого аналізу ендоскопічних зображень. Його використання дозволяє значно підвищити чутливість та специфічність виявлення патологій, зменшити витрати часу на аналіз та мінімізувати людський фактор. Особливо ефективними у цій сфері продемонстрували себе **глибокі згорткові нейронні мережі (CNN)**, серед яких ResNet, що показує високу продуктивність у завданнях аналізу медичних зображень.

Результати дослідження

Метою даної роботи є висвітлення основних переваг та недоліків застосування нейронної мережі на прикладі однієї з розповсюджених архітектур. Існує безліч архітектурних рішень для нейромереж, наприклад AlexNet, GoogleNet, RNN, VggNet, ResNet тощо. На основі попередньо перелічених архітектур вже створено нові варіації, а також створені нові архітектури, тому перелічування всіх існуючих не є доцільним. ResNet для роботи вибрана за кількома критеріями: активне застосування в біомедичних зображеннях, відносно молода технологія та можливість модифікацій за допомогою регулювання кількості згорткових шарів. Окрім раніше згаданих критеріїв, слід зазначити, що згідно результатів пошуку в Google Scholar використовуючи ключові слова "ResNet" та "Endoscopy" показує 7880 результатів в період з 2020-2025 роки, що свідчить про великий інтерес наукової спільноти у застосуванні цієї архітектури для ендоскопічних досліджень та аналізу зображень.

Оскільки дана робота сфокусована на застосуванні архітектури ResNet для обробки ендоскопічних зображень, варто коротко розглянути основну особливість даної архітектури. Як і як було згадано вище, ResNet може містити в собі безліч шарів згортки, в даній роботі наведений сам блок згортки або для залишкового навчання[3] представлений на адаптованому рисунку 1.

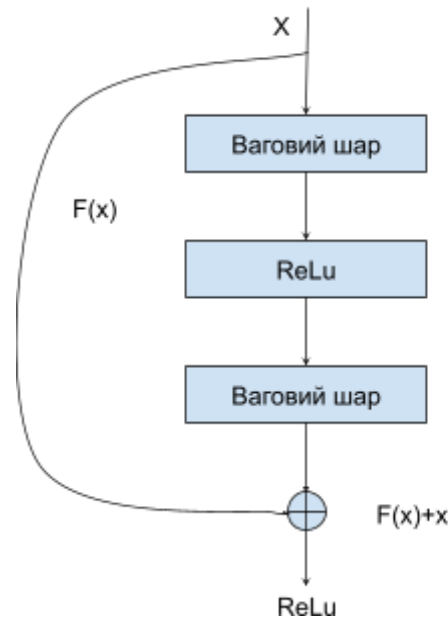


Рис. 1. Залишкове навчання: згортковий блок [2]

Продемонстрований блок на рисунку 1 має на меті усунути проблему деградації точності, що характерна для звичайних нейронних мереж при збільшенні кількості шарів (глибини). Збільшення глибини, як правило, призводить до погіршення тренувальної та валідаційної точності через складнощі в оптимізації глибоких мереж [3].

Саме тому архітектура ResNet використовує спеціальні залишкові блоки, що базуються на концепції залишкового навчання. Основна ідея таких блоків полягає в застосуванні пропускових з'єднань [2,3], що дозволяють градієнтам безпосередньо проходити через шари мережі, оминаючи певні проміжні перетворення. Завдяки цим прямим з'єднанням нейронна мережа навчається саме різниці (залишку) між входом та виходом блоку, що значно спрощує її оптимізацію та забезпечує більш ефективно навчання.

На основі викладеного вище, доцільно провести огляд можливостей застосування архітектури ResNet для обробки і класифікації зображень в задачах біомедичного діагностування захворювань. Автори статей [3,4] взяли за основу ResNet-50 для проведення оцінки точності, чутливості та специфічності.

До переваг даної нейромережі було віднесено:

1. Вирішення проблеми задухаючих градієнтів [3, 4]
2. Збільшена здатність представлення зображення завдяки глибині і залишковому навчанню дозволило мережі вивчати ієрархічно складні біомедичні зображення[4]

Автори статей [3,4] провели дослідження з класифікації зображень використовуючи ResNet-50 для двох типів ендоскопічних пристроїв: класичних та капсульних. Досягнуті результати авторів представлені у таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння результатів методів ендоскопії

Метод ендоскопії	Точність (%)	Специфічність (%)	Чутливість (%)
Класична	95.00	98.00	94.00
Капсульна	99.89	99.92	99.17

Як видно з результатів оцінок, ResNet швидко розвивається і підходить як до класичної ендоскопії так і для покращення капсульної.

Висновки

У цій роботі було розглянуто одну з найпопулярніших архітектур глибокого навчання — ResNet. Завдяки використанню залишкових з'єднань та можливості попереднього навчання, архітектура дозволяє ефективно масштабувати мережу в глибину без значної втрати продуктивності. Залишкові блоки спрощують оптимізацію багат шарових моделей, що сприяє підвищенню якості, точності та специфічності — критично важливих параметрів у задачах обробки біомедичних зображень, зокрема в ендоскопії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Iddan, G., Meron, G., Glukhovsky, A., & Swain, P. (2000). Wireless capsule endoscopy. *Nature*, 405(6785), 417-417.
2. R.-Y. Zhang, P.-P. Qiang, L.-J. Cai, T. Li, Y. Qin, Y. Zhang, Y.-Q. Zhao, and J.-P. Wang, "Automatic detection of small bowel lesions with different bleeding risks based on deep learning models," *World Journal of Gastroenterology*, vol. 30, no. 2. Baishideng Publishing Group Inc., pp. 170–183, 14-Jan-2024. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10835517/#sec7>
3. K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep Residual Learning for Image Recognition." arXiv, 2015. <https://arxiv.org/abs/1512.03385>
4. M. Hmoud Al-Adhaileh, E. Mohammed Senan, F. W. Alsaade, T. H. H. Aldhyani, N. Alsharif, A. Abdullah Alqarni, M. I. Uddin, M. Y. Alzahrani, E. D. Alzain, and M. E. Jadhav, "Deep Learning Algorithms for Detection and Classification of Gastrointestinal Diseases," *Complexity*, vol. 2021, no. 1. Wiley, Jan-2021. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/6170416>

Пуданен Юрій Євгенович — аспірант кафедри БМІОЕС, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mcpchip@gmail.com;

Кожем'яко Андрій Вікторович — кандидат техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

RESNET IN ENDOSCOPY: ARCHITECTURE FEATURES AND APPLICATION PROSPECTS

Vinnitsia National Technical University

Abstract: This paper examines the architectural features of the ResNet deep neural network and explores its application prospects in the automated analysis of endoscopic images. A comparative study of approaches to using ResNet in both conventional and capsule endoscopy is presented. Based on a review of scientific publications, the advantages of the residual architecture in improving the accuracy, sensitivity, and specificity of gastrointestinal pathology detection are identified. The findings indicate the relevance of integrating ResNet into computer-aided diagnostic systems to enhance the efficiency of medical decision-making.

Keywords: *AI, machine learning, neural networks, convolutional neural networks, endoscopy, ResNet, capsule endoscopy, residual neural network*

Yurii Yevhenovych Poudanien – Post-Graduate student the Biomedical Engineering, e-mail: mcpchip@gmail.com.

Kozhemiako Andrii Viktorovich — Candidate of Engineering Sciences, docent of Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia.