

ТЕНДЕНЦІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЕНДОСКОПІЇ

Вінницький національний технічний університет

У даній роботі здійснено детальний огляд сучасних тенденцій у застосуванні штучного інтелекту (ШІ) в ендоскопічних дослідженнях шлунково-кишкового тракту (ШКТ). ШІ суттєво покращує можливості медичної діагностики, зокрема виявлення ранніх ознак онкологічних та інших захворювань ШКТ. У статті проаналізовано переваги та недоліки ШІ як допоміжного інструменту для лікарів-ендоскопістів, здатного покращити точність обстежень та знизити ризик пропуску патологій, які важко розпізнати безпосередньо під час процедури. Основна увага приділяється використанню згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Networks, CNN), що демонструють значні результати в аналізі зображень та поліпшенні їх якості. В роботі розглядаються два основні підходи в ендоскопії — класична та капсульна. Капсульна ендоскопія дозволяє проводити ретельний аналіз відеорядів та є ефективним інструментом для виявлення ушкоджень у важкодоступних ділянках ШКТ, хоча її ефективність може залежати від якості відео, типу ендоскопа, камери, та алгоритмів, які використовуються для обробки даних. Класична ендоскопія, зі свого боку, залишається поширеним методом, який надає можливість безпосереднього огляду слизової оболонки, а також дозволяє спеціалісту використовувати різні методи покращення зображення для виявлення малопомітних змін. У дослідженнях відзначено, що застосування ШІ в класичній ендоскопії може досягати точності до 98% у визначенні потенційно небезпечних ділянок, включаючи специфічне розпізнавання глибини уражень. Робота також зосереджує увагу на проблемах, які постають перед ШІ в ендоскопії, зокрема на артефактах зображення, що можуть негативно впливати на результати аналізу, а також на етичних аспектах та дотриманні приватності при роботі з медичними даними. Попри існуючі виклики, ШІ демонструє значний потенціал як асистент для молодих спеціалістів та досвідчених лікарів, дозволяючи мінімізувати ризики помилок та покращити раннє виявлення захворювань. Загалом, результати досліджень свідчать про те, що штучний інтелект має великі перспективи в медицині та може суттєво поліпшити якість ендоскопічних процедур, особливо для діагностики на ранніх стадіях.

Ключові слова: ШІ, машинне навчання, нейронні мережі, згорткові нейронні мережі, ендоскопія

Abstract

This paper reviews the latest trends in the use of artificial intelligence (AI) in endoscopic examinations. The advantages and disadvantages of using AI to improve the results during and after endoscopic examination were reviewed.

Keywords: AI, machine learning, neural networks, convolutional neural networks, endoscopy

Вступ

Стрімкий розвиток штучного інтелекту відчутно впливає на буденні аспекти існування пересічної людини, удосконалюючи і поліпшуючи якість життя. Медична сфера не стоїть осторонь останніх тенденцій в сфері ШІ: проводиться кількісна і якісна робота з покращення існуючих і впровадження нових підходів для поліпшення результатів аналізу та діагностування пацієнтів. Ендоскопія відіграє велику роль у виявленні ранніх ознак розвитку раку а також інших захворювань, з які призводять до розвитку злоякісних пухлин. В продовж останніх 10 років покращення візуалізації зображень за допомогою ШІ допомогло як поліпшити, так і створити нові ендоскопічні апарати.

Результати дослідження

Дана робота є коротким синопсисом переваг та недоліків останніх досліджень і наукових робіт по застосуванню ШІ для покращення візуалізації, а також як якісний асистент як для інтернів, так і для досвідчених фахівців ендоскопістів [1]. Дана робота не акцентує увагу на різноманітні архітектур ШІ, а також не наводить типи нейромереж, які були використані при дослідженнях. Основна тема даного дослідження акцентується на останніх тенденціях і результатах дослідів, проте, слід зазначити, що в основному йтиметься про використання згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Network -

CNN)[1, 2, 3].

Основне завдання, яке має вирішувати ШІ, - це аналіз і виділення ділянок потенційних уражень шлунково-кишкового тракту (ШКТ). Яскравий приклад застосування ШІ в капсульній ендоскопії було оглянуто в статті [2], де автором було порівняно результати досліджень відеорядків впродовж 2010-2021 років з бездротових капсульних ендоскопів. Порівняння показує еволюцію специфіки, чутливості і точності [2]. До недоліків даного порівняння слід віднести різні джерела авторів, різні типи захворювань та різну кількість відео- та фотоматеріалів. Також слід зазначити як відсутність показника якості запису відеорядків, так і моделей камер і лінз, які використовувались в ендоскопічних капсулах. Наявна інформація про вищезазначені дані значно покращила би результати та порівняння. Позитивним моментом є чутливість і специфічність результатів, які варіюються від 90 до 100 відсотків у всіх порівняннях протягом зазначеного вище часового періоду, що свідчить про стрімкий розвиток ШІ у медичній сфері.

Класична ендоскопія, на відміну від капсульної, має набагато ширше застосування, доступну ціну та більше можливостей для дослідження, оскільки дозволяє лікарю-ендоскопісту одразу звернути увагу на певні підозрілі ділянки, оглянути поверхню слизової оболонки під різним кутом, а також, застосовуючи доступні апаратом методи покращення візуалізації, оглянути поверхню досліджуваної ділянки на наявність дефектів. Класична ендоскопія дозволяє провести двоетапну перевірку результатів аналізу як під час проведення процедури, так і після, під час повторного перегляду відеоматеріалу на випадок пропусків важливих ділянок. Але й ці методи не дозволяють на 100 відсотків запобігти пропуску малопомітних осередків ураження або деформації капілярів слизової оболонки [3]. Автор статті [1] робить акцент на порівнянні якості дослідження досвідченого фахівця та ШІ асистента, а також описує можливості застосування ШІ як методу асистування і навчання молодого покоління інтернів-ендоскопістів. У статті [1] є окремий абзац, який автор присвятив плоскоклітинному раку та проблемі раннього виявлення захворювання, оскільки зазвичай хворобу діагностують вже на пізній стадії. Як правило ендоскопія для виявлення плоскоклітинного раку стравоходу являє собою використання світла білого кольору та вузькосмугових методів поліпшення зображення з використанням програмного підсвічування/відсікання кольору або фарбування розчином йоду [1]. Як показують дослідження [1], використання ШІ для виявлення раку у результаті дають 98% чутливості, а також мають можливість розрізнення поверхневого і глибокого раку. Однак, позитивна прогностична оцінка варіюється на користь досвідченого ендоскопіста (45%) і молодого спеціаліста (35%) проти ШІ (40%). Окрім цього, зазначена стаття [1] описує ще одне проведене дослідження, для якого було використано 14 000 зображень для аналізу за допомогою ШІ та ендоскопістом. Основними критеріями були: чутливість, специфічність, точність та позитивна/негативна оцінка прогнозу Табл 1.

Параметр	ШІ(CNN)	Лікар ендоскопіст
Чутливість	90.1%	89.8%
Специфічність	95,8%	88.3%
Точність	91%	89.6%
Позитивний прогноз	99.2%	97.9%
Негативний прогноз	63.9%	65.5%

Табл 1. Адаптована таблиця порівнянь результатів [1]

Оглянувши дві основні сфери застосування ШІ в ендоскопії, автори статей [1, 2, 3] відзначають складність аналізу та неоднорідність вхідних даних, а також неможливість тренування ШІ на більших обсягах відео- та фотоматеріалів з етичних норм та через дотримання приватності даних пацієнта[1]. Окрім вищеописаних проблем, відкритим залишається питання енергоефективності, оскільки ШІ та потужності обробки потребують багато витрат електроенергії [3].

Однією з основних причин неточності аналізу ШІ є артефакти зображення, бульбашки на поверхні слизових оболонок, насиченість картинки та зміна контрасту світла, розмиття і неоднорідність структури внутрішніх органів[3]. Проведені дослідження [3] чітко окреслюють проблему вузьконаправленості аналізів на одній архітектурі CNN замість жорсткого порівняння між декількома архітектурами нейромереж на одному і тому ж самому джерелі інформації.

Попри існуючі відкриті питання та певні складнощі в процесі роботи, наведені результати експериментів і численні наукові роботи свідчать про те, що ШІ впевнено демонструє свій розвиток в сфері ендоскопії та аналізу зображень. ШІ виступає як система підсвічування та ідентифікації потенційних ділянок, на які слід звернути увагу як молодим ендоскопістам, так і досвідченим фахівцям. Ця система допоможе вдосконалити проведення аналізів органів ШКТ для раннього виявлення перших ознак недоброякісних пухлин [1].

Висновки

У даній роботі було розглянуто потенційні напрямки розвитку ШІ в рамках використання як в класичній ендоскопії, так і в капсульній. Окреслені основні проблеми, які потребують більше часу на дослідження, а також переваги та отримані результати, які явно демонструють стан розвитку і перспективи використання ШІ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. M. Y. Swied, M. Alom, O. Daaboul, and A. Swied, "Screening and Diagnostic Advances of Artificial Intelligence in Endoscopy," *Innovations in Digital Health, Diagnostics, and Biomarkers*, vol. 4, no. 2024. Innovative Healthcare Institute, pp. 31–43, Jan. 01, 2024. doi: 10.36401/iddb-23-15. Available: <http://dx.doi.org/10.36401/IDDB-23-15>
2. J. Mota et al., "From Data to Insights: How Is AI Revolutionizing Small-Bowel Endoscopy?," *Diagnostics*, vol. 14, no. 3. MDPI AG, p. 291, Jan. 29, 2024. doi: 10.3390/diagnostics14030291. Available: <http://dx.doi.org/10.3390/diagnostics14030291>
3. S. Ali, "Where do we stand in AI for endoscopic image analysis? Deciphering gaps and future directions," *npj Digital Medicine*, vol. 5, no. 1. Springer Science and Business Media LLC, Dec. 20, 2022. doi: 10.1038/s41746-022-00733-3. Available: <http://dx.doi.org/10.1038/s41746-022-00733-3>

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

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

Poudanien Yurii — postgraduated student of biomedical engineering and optical-electronic systems department, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, e-mail: mcpchip@gmail.com;

Supervisor: **Kozhemiako Andriy** — Candidate of Engineering Sciences, docent of Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Y.Y. Poudanien
A.V. Kozhemiako

Trends in the use of artificial intelligence in endoscopy

Vinnytsia National Technical University

This study provides a comprehensive overview of current trends in the application of artificial intelligence (AI) in endoscopic examinations of the gastrointestinal tract (GIT). AI significantly enhances medical diagnostic capabilities, particularly in detecting early signs of oncological and other diseases of the GIT. The analysis highlights the advantages and disadvantages of AI as an auxiliary tool for gastroenterologists, capable of improving examination

accuracy and reducing the risk of missing pathologies that are difficult to recognize during the procedure. Particular attention is given to the use of convolutional neural networks (CNN), which demonstrate significant results in image analysis and enhancement. The research discusses two primary approaches in endoscopy: classical and capsule endoscopy. Capsule endoscopy allows for thorough video analysis and is an effective tool for detecting lesions in hard-to-reach areas of the GIT, although its efficacy may depend on the quality of video, type of endoscope, camera, and algorithms used for data processing. Classical endoscopy, on the other hand, remains a widely used method that provides the opportunity for direct examination of the mucosal surface and allows specialists to utilize various image enhancement techniques to identify subtle changes. Studies indicate that the application of AI in classical endoscopy can achieve accuracy rates of up to 98% in identifying potentially hazardous areas, including the specific differentiation of lesion depths. Additionally, this work focuses on the challenges facing AI in endoscopy, particularly image artifacts that may negatively impact analysis results, as well as ethical considerations and data privacy compliance in medical data handling. Despite existing challenges, AI demonstrates significant potential as an assistant for both novice and experienced specialists, enabling the minimization of error risks and improving early disease detection. Overall, the findings indicate that artificial intelligence holds great promise in medicine and can significantly enhance the quality of endoscopic procedures, especially for early-stage diagnosis.

Keywords: *AI, machine learning, neural networks, convolutional neural networks, endoscopy*

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

Kozhemiako Andriy Viktorovych — Candidate of Engineering Sciences, docent of Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.