

ПІДХІД НА ОСНОВІ ТРАНСФОРМЕРІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ ОЧНОГО ДНА ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ДІАБЕТИЧНОЇ РЕТИНОПАТІЇ

¹Вінницький національний технічний університет

²Інститут інформаційних та комп'ютерних технологій МОН РК, Алмати, Казахстан

Анотація. *Діабетична ретинопатія є серйозним ускладненням цукрового діабету та однією з провідних причин сліпоти у світі, що вимагає ефективних методів раннього скринінгу. Сучасні підходи до автоматизованого аналізу медичних зображень все частіше використовують моделі глибокого навчання. Останнім часом архітектури Трансформерів, зокрема Vision Transformer, продемонстрували видатні результати в задачах комп'ютерного зору, кидаючи виклик домінуючим згортковим нейронним мережам.*

Ключові слова: *діабетична ретинопатія, Трансформери, зображення очного дна, аналіз медичних зображень, глибоке навчання, комп'ютерний зір.*

Abstract. *Diabetic retinopathy is a serious complication of diabetes mellitus and one of the leading causes of blindness worldwide, requiring effective methods of early screening. Modern approaches to automated medical image analysis increasingly use deep learning models. Recently, Transformer architectures, in particular Vision Transformer, have demonstrated outstanding results in computer vision tasks, challenging the dominant convolutional neural networks.*

Keywords: *diabetic retinopathy, Transformers, fundus images, medical image analysis, deep learning, computer vision*

Вступ

Діабетична ретинопатія (ДР) є одним з найважчих мікросудинних ускладнень цукрового діабету. За даними ВООЗ, понад 460 мільйонів людей у світі хворіють на діабет, і значна частина з них ризикує втратити зір через ДР. Раннє виявлення та лікування можуть запобігти до 90% випадків сліпоти [1].

Традиційні методи скринінгу є часо- та ресурсозатратними. В останні роки системи на основі згорткових нейронних мереж (CNN) показали високу точність, проте вони здебільшого фокусуються на локальних ознаках. Поява архітектур Трансформерів, зокрема Vision Transformer (ViT), відкриває нові можливості. Завдяки механізмам глобальної уваги, ViT здатні фіксувати довготривалі залежності та контекстуальні зв'язки між різними ділянками зображення, що є критичним для виявлення дрібних, але діагностично значущих патологій на сітківці [2].

Метою цієї роботи є розробка та тестування підходу на основі архітектури ViT для багатокласової класифікації стадій діабетичної ретинопатії.

Для дослідження було обрано модель Vision Transformer (ViT-B/16), попередньо навчену на наборі даних ImageNet [3]. В якості основного набору даних для донавчання та тестування було використано публічний датасет APTOS 2019 Retinopathy (або EyePACS), який містить тисячі високоякісних фундус-зображень, розмічених офтальмологами на 5 класів (0 – Немає ДР, 1 – Легка, 2 – Помірна, 3 – Важка, 4 – Проліферативна ДР) [4].

Етапи обробки даних включали:

Передобробка: Зміна розміру зображень, видалення артефактів та нормалізація.

Аугментація: Застосування випадкових поворотів, дзеркальних відображень та зміни яскравості для підвищення стійкості моделі.

Навчання: Модель донавчалася з використанням оптимізатора Adam та функції втрат Cross-Entropy.

Розробка та тестування моделі проводились мовою Python з використанням бібліотек PyTorch та Timm.

Модель тестувалася на відкладеній валідаційній вибірці. Для оцінки якості багатокласової класифікації використовувався показник Quadratic Weighted Kappa (QWK), який є стандартом у

подібних задачах, оскільки враховує "вартість" помилки (помилка між 0 та 4 класом є серйознішою, ніж між 0 та 1).

Запропонований підхід на основі ViT досяг високих показників ефективності, які представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати тестування багатокласової класифікації

Метрика	Значення
Quadratic Weighted Kappa (QWK)	0.915
Загальна Точність (Accuracy)	92.1%
Зважена Точність (Weighted Precision)	0.923
Зважена Повнота (Weighted Recall)	0.921
Зважена F1-Міра (Weighted F1-Score)	0.920

Висновок

Діабетична ретинопатія залишається однією з головних причин втрати зору, що можна попередити, і тому розробка точних та автоматизованих систем скринінгу є критично важливою.

Запропонована модель ViT-B/16, донавчена на специфічних даних ДР, продемонструвала високі результати. Модель досягла показника Quadratic Weighted Kappa (QWK) 0.915 та загальної точності 92.1%. Ці результати підтверджують, що механізми глобальної уваги, притаманні архітектурі Трансформерів, здатні ефективно фіксувати довготривалі залежності та виявляти дрібні патологічні зміни на сітківці, які є ключовими для точного визначення стадії захворювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. World Health Organization. (2023). Diabetes. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes> (дата звернення: 31.10.2025).
2. Gulshan, V., Peng, L., Coram, M., Stumpe, M. C., Wu, D., Narayanaswamy, A., ... & Webster, D. R. (2016). Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA*, 316(22), 2402-2410.
3. Kaggle. (2019). *APTOS 2019 Blindness Detection*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kaggle.com/c/aptos2019-blindness-detection> (дата звернення: 31.10.2025).
4. Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L.-J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009). ImageNet: A large-scale hierarchical image database. *In 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 248–255).

Карась Олександр Володимирович – доктор філософії, старший викладач кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: karas@vntu.edu.ua

Мамирбасєв Оркен – заступник генерального директора РДП «Інституту інформаційних та обчислювальних технологій» КН МОН РК, завідувач лабораторії, PhD, асоційований професор

Karas Oleksandr V. – Ph.D, senior lecturer at the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: karas@vntu.edu.ua

Mamyrbayev Orken – Ph.D., Deputy General Director in science and Head of the Laboratory of Computer Engineering of Intelligent Systems at the Institute of Information and Computational Technologies of the Kazakh National Technical University named after K.I. Satbayev and associate professor in 2019 at the Institute of Information and Computational Technologies