

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-363-33>

УДК 004.8

КЛИМЕНКО ВАЛЕРІЯ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-5869-4269>

e-mail: ler.klimenko.8@gmail.com

МАЗУРЕЦЬ ОЛЕКСАНДР

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-8900-0650>

e-mail: exe.chong@gmail.com

МІЗИН ДЖОРДЖО

Хмельницький національний університет

e-mail: georgemizin@gmail.com

МОЛЧАНОВА МАРИНА

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-9810-936X>

e-mail: m.o.molchanova@gmail.com

ПРОГРАМНА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ДОКЛІНІЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ АУТИЗМУ З ВИКОРИСТАННЯМ CLAUD-ТЕХНОЛОГІЙ

У статті розглянуто проблему доклінічного скринінгового виявлення ризику розладів аутистичного спектра та обґрунтовано потребу в об'єктивізованих, відтворюваних і масштабованих інструментах, здатних підтримати фахівця на етапі первинного скринінгу. Запропоновано програмну архітектуру системи нейромережевого аналізу зображень із використанням claud-технологій, що забезпечує керований життєвий цикл даних і моделей, версіонування, збереження артефактів, журналювання подій та контроль якості. Архітектура структурована на підсистеми даних і керування даними, конвеєр обробки і навчання, а також сервіси аналізу, доступ до яких здійснюється через API шлюз із аутентифікацією та контролем доступу.

В основу запропонованої системи покладено нейромережевий підхід доклінічного виявлення ризику розладів аутистичного спектра, що реалізує три етапи: донавчання нейромережевої моделі на цільовому датасеті, класифікацію фото та генерацію пояснень, що включають візуальні карти значущості і семантичне текстове обґрунтування прийнятого рішення. Експериментальну перевірку виконано на моделі архітектури ViT. На прикладі роботи програмного забезпечення отримано узгоджений розподіл ймовірностей із оцінкою ризику PAC на рівні близько 0.724, а також пояснювальні виходи у вигляді ключових зон обличчя і морфометричних індикаторів. За результатами навчання показано, що найкращу сукупну якість досягнуто на 5 епох, де Val loss становить 0.3506, Val acc 0.885, а MCC 0.771, тоді як подальше збільшення кількості епох призводить до зниження показників.

Отримані результати підтверджують придатність запропонованої архітектури для скринінгових застосувань і визначають напрями подальшої валідації на незалежних, репрезентативних вибірках. Рішення орієнтоване на безпечну роботу з чутливими даними завдяки централізованому зберігання, аудиту та можливості моніторингу змін у вхідних даних, що створює підґрунтя для регламентованого оновлення моделей у хмарному середовищі.

Ключові слова: розлади аутистичного спектра, нейромережевий аналіз зображень, ViT, claud-технології.

KLIMENKO VALERIYA, MAZURETS OLEKSANDR, MIZYN DZHORDZHO, MOLCHANOVA MARYNA

Khmelnytskyi National University

SOFTWARE ARCHITECTURE OF A NEURAL NETWORK IMAGE ANALYSIS SYSTEM FOR PRECLINICAL DETECTION OF AUTISM USING CLAUD TECHNOLOGIES

The article considers the problem of preclinical screening risk detection of autism spectrum disorders and justifies the need for objectified, reproducible and scalable tools capable of supporting a specialist at the stage of primary screening. The software architecture of a neural network image analysis system using cloud technologies is proposed, which provides a managed data and model lifecycle, versioning, artifact storage, event logging and quality control. The architecture is structured into data and data management subsystems, a processing and training pipeline, as well as analysis services, access to which is provided through an API gateway with authentication and access control.

The proposed system is based on a neural network approach to preclinical risk detection of autism spectrum disorders, which implements three stages: additional training of a neural network model on the target dataset, photo classification and generation of explanations, including visual significance maps and semantic textual justification of the decision made. Experimental verification was performed on the ViT architecture model. The software example obtained a consistent probability distribution with an ASD risk score of about 0.724, as well as explanatory outputs in the form of key facial areas and morphometric indicators. The training results show that the best overall quality is achieved at the 5th epoch, where Val loss is 0.3506, Val acc 0.885, and MCC 0.771, while a further increase in the number of epochs leads to a decrease in the indicators.

The results obtained confirm the suitability of the proposed architecture for screening applications and determine the directions of further validation on independent, representative samples. The solution is focused on secure work with sensitive data due to centralized storage, auditing, and the ability to monitor changes in input data, which creates the basis for regulated updating of models in a cloud environment.

Keywords: autism spectrum disorders, neural network image analysis, ViT, cloud technologies.

Стаття надійшла до редакції / Received 18.01.2026

Прийнята до друку / Accepted 11.02.2026

Опубліковано / Published 26.03.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Яропуд Віталій, Колісник Микола, Штуць Андрій

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Розлади аутистичного спектра належать до нейророзвиткових порушень, для яких критично важливими є доклінічні ознаки та своєчасне спрямування дитини на фахову діагностику і корекційні програми [1]. На практиці доступність спеціалістів, неоднорідність якості первинного скринінгу, суб'єктивність інтерпретації поведінкових маркерів та зростання потреби в дистанційних сервісах охорони здоров'я формують запит на об'єктивізовані, масштабовані й відтворювані інструменти оцінювання ризику [2]. Перспективним напрямом є нейромережевий аналіз зображень як джерела цифрових маркерів, зокрема особливостей міміки, погляду та візуальних патернів взаємодії [3], однак практичне впровадження таких підходів стримується відсутністю цілісної програмної архітектури, яка одночасно забезпечує керований збір даних, якісну передобробку, відтворюваний життєвий цикл моделей, версіонування, контроль якості, моніторинг змін у даних, кіберзахист та відповідність вимогам приватності [4]. У цьому контексті постає науково технічна проблема проектування архітектури інтелектуальної системи, здатної виконувати доклінічне скринінгове оцінювання ризику на основі нейромережевих моделей із пояснюваним поданням результатів для фахівця та з недопущенням підміни клінічного діагнозу.

Зв'язок проблеми з важливими практичними завданнями визначається потребами телемедицини та цифрової трансформації медичних і освітніх сервісів. Система має працювати у розподіленому середовищі, підтримувати віддалений доступ, забезпечувати масштабування обчислювальних ресурсів і сховищ, а також кероване оновлення моделей на основі нових даних із контрольованими ризиками. Хмарні технології створюють основу для такого класу рішень завдяки наданню обчислювальних ресурсів на вимогу, централізованому зберіганню даних, засобам оркестрації сервісів і стандартизованим механізмам безпеки та аудиту [5]. У науковому вимірі задача охоплює обґрунтування модульної архітектури, визначення протоколів взаємодії між компонентами, формалізацію вимог до якості, надійності та відтворюваності, що є необхідним для перенесення експериментальних моделей комп'ютерного зору у прикладні скринінгові рішення.

Аналіз досліджень та публікацій

Актуальність застосування методів комп'ютерного зору та згорткових нейронних мереж у задачах доклінічного виявлення ризику розладів аутистичного спектра зумовлена необхідністю раннього, неінвазивного та об'єктивного скринінгу, здатного випередити традиційні клінічні та поведінкові оцінки [6, 7]. На ранніх етапах розвитку РАС зовнішні прояви можуть бути слабо вираженими або маскованими віковими особливостями, що ускладнює своєчасне виявлення ризику виключно на основі спостережень. Аналіз фотозображень обличчя дозволяє залучити додатковий інформаційний канал, пов'язаний із мікроморфологічними, пропорційними та симетричними характеристиками, які важко формалізувати вручну, але які можуть бути виявлені глибинними моделями комп'ютерного зору [8]. Саме CNN та споріднені архітектури здатні автоматично навчатися ієрархічним візуальним ознакам від локальних текстур і контурів до глобальних конфігурацій рис обличчя, що робить їх перспективними для скринінгових медико-біологічних застосувань.

Можливості сучасних згорткових мереж і трансформерних моделей у комп'ютерному зорі полягають у поєднанні високої точності розпізнавання з потенціалом до пояснюваності результатів [9]. Використання CNN як базових екстракторів ознак або у гібридних архітектурах із візуальними трансформерами дозволяє ефективно працювати з обмеженими й варіативними датасетами, характерними для медичних задач, зберігаючи чутливість до локальних маркерів і водночас враховуючи глобальний контекст зображення [10]. Інтеграція карт значущості, таких як Grad-CAM або його модифікацій, створює можливість візуалізувати зони, що найбільше впливають на класифікаційне рішення, і співвіднести їх із анатомічно або клінічно осмисленими ділянками обличчя. Це суттєво підвищує довіру до нейромережевих рішень з боку фахівців і робить комп'ютерний зір не лише інструментом прогнозування, а й засобом підтримки прийняття рішень у скринінгових процедурах.

Хмарні технології додатково розширюють практичні можливості застосування CNN-орієнтованих систем комп'ютерного зору у даному напрямку, забезпечуючи масштабованість обчислень, централізоване керування моделями та контроль життєвого циклу даних [11]. Це особливо важливо для задач доклінічного скринінгу, де потрібна відтворюваність результатів, можливість регулярного донавчання моделей на нових вибірках і суворе дотримання вимог до захисту чутливих персональних даних. У такому середовищі CNN-моделі можуть бути інтегровані в сервісно-орієнтовані архітектури з чітко визначеними інтерфейсами доступу, що створює умови для їх використання у великих скринінгових програмах та мультицентрових дослідженнях.

Перспективи розвитку комп'ютерного зору в задачах доклінічного виявлення аутизму пов'язані з розширенням мультимодальних підходів, де аналіз фотозображень доповнюватиметься відеоданими, динамічними характеристиками міміки та поведінковими патернами [12]. Подальше вдосконалення CNN-архітектур, зокрема у напрямку підвищення стійкості до варіацій освітлення, пози та якості зображень, а також розвиток методів пояснюваного штучного інтелекту створюють передумови для формування надійних, етично прийнятних і клінічно корисних систем скринінгу. Таким чином, застосування згорткових нейронних мереж і методів комп'ютерного зору у поєднанні з хмарними архітектурами є перспективним і науково обґрунтованим напрямком [13] для підтримки раннього виявлення ризиків РАС на доклінічному етапі.

Дана проблема широко обговорюється у науковому колі. Зокрема, у статті [14] запропоновано підхід до раннього виявлення РАС на основі федеративного навчання, що дає змогу будувати діагностичні моделі без централізованого накопичення персональних даних. Автори виконують локальне навчання класифікаторів на

основі логістичної регресії та методу опорних векторів, після чого агрегують результати на сервері для формування узагальненої моделі. Показано різну результативність залежно від віку, для дитячих вибірок точність сягала 98 відсотків, для дорослих близько 81 відсотка, що підтверджує вікову специфіку проявів і одночасно демонструє переваги підходу з погляду конфіденційності.

У роботі [15] систематизовано оцінювання класичних алгоритмів машинного навчання для раннього скринінгу РАС на основі анкетних і медико поведінкових даних. Проведено порівняння кількох стратегій масштабування ознак і восьми моделей класифікації, а також виконано аналіз впливу віку на якість прогнозування на чотирьох вибірках. Результати свідчать, що точність істотно залежить від поєднання моделі та способу попередньої обробки, при цьому для дітей найкращі показники отримано для AdaBoost з нормалізацією, а для дорослих для лінійного дискримінантного аналізу з Quantile Transformer. Додатковий відбір ознак дозволив виокремити найбільш інформативні фактори ризику, що підсилює прикладну цінність підходу як підтримки медичного ухвалення рішень.

Дослідження [16] наводить систематичний огляд застосування штучного інтелекту для раннього виявлення РАС за публікаціями 2010-2022 років із баз PubMed, Scopus та IEEE Xplore. Узагальнено, що глибинні нейронні мережі та ансамблеві моделі часто забезпечують високу точність, у низці робіт понад 95 відсотків, і можуть прискорювати первинний скринінг. Водночас акцентовано на проблемах інтерпретованості, залежності від якості даних і обмеженій переносимості на різні популяції, що визначає потребу в подальшій валідації на репрезентативних вибірках і вдосконаленні архітектур.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: розроблення та обґрунтування програмної архітектури системи нейромережевого аналізу зображень для доклінічного скринінгового виявлення ризику розладів аутистичного спектра з використанням хмарних технологій, яка забезпечує відтворюваний життєвий цикл даних і моделей, масштабоване виконання обчислень та пояснюване подання результатів для фахівця.

Виклад основного матеріалу

В основі розробленої програмної архітектури системи нейромережевого аналізу зображень для доклінічного виявлення аутизму з використанням cloud-технологій лежить підхід (рис. 1), який поєднує донавчання нейромережевої моделі на цільовому датасеті, подальшу класифікацію фото та генерацію пояснень на основі окремого модуля пояснення з елементами генеративного аналізу.

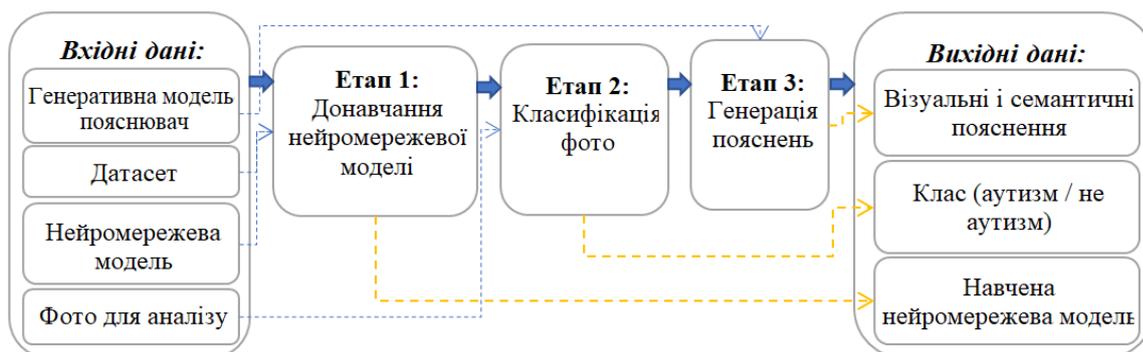


Рис. 1. Підхід до доклінічного виявлення аутизму

Як вхідні дані використовуються датасет, базава нейромережева модель, фото для аналізу та генеративна модель пояснювач, що забезпечує формування зрозумілого опису причин отриманого результату.

На першому етапі виконується донавчання нейромережевої моделі з фіксацією параметрів навчання та збереженням отриманої версії як артефакту системи. На другому етапі обробляється вхідне фото та визначається належність до класу аутизм або до класу відсутність ознак аутизму. На третьому етапі система формує пояснення, узгоджуючи прогноз із візуальними ознаками на зображенні та перетворюючи їх у два взаємодоповнювальні результати: візуальні пояснення у вигляді карт значущості та семантичні пояснення у вигляді текстового обґрунтування. Таким чином, вихідними даними є класовий результат, набір візуальних і семантичних пояснень, а також навчена нейромережева модель, придатна для повторного використання та подальшого вдосконалення.

На рис. 2 подано узагальнену архітектуру, у якій взаємодія користувача з системою здійснюється через веб інтерфейс із передаванням фото до API шлюзу, що виконує аутентифікацію та контроль доступу. Далі оброблення відбувається в межах хмарної платформи, яка містить три взаємопов'язані підсистеми: конвеєр обробки і навчання, сервіси аналізу, а також модулі даних і керування даними.

Конвеєр обробки і навчання включає підготовку даних із контролем якості та нормалізацією, донавчання нейромережевої моделі, оцінювання якості з валідацією та порівнянням експериментів, після чого виконується публікація версії в реєстр моделей. Сервіси аналізу реалізують робочий сценарій застосування моделі: класифікацію фото та генерацію пояснень, що формують два типи результатів, візуальні пояснення у вигляді карт значущості та семантичні пояснення у вигляді текстового обґрунтування, разом із класовим рішенням аутизм або не аутизм.

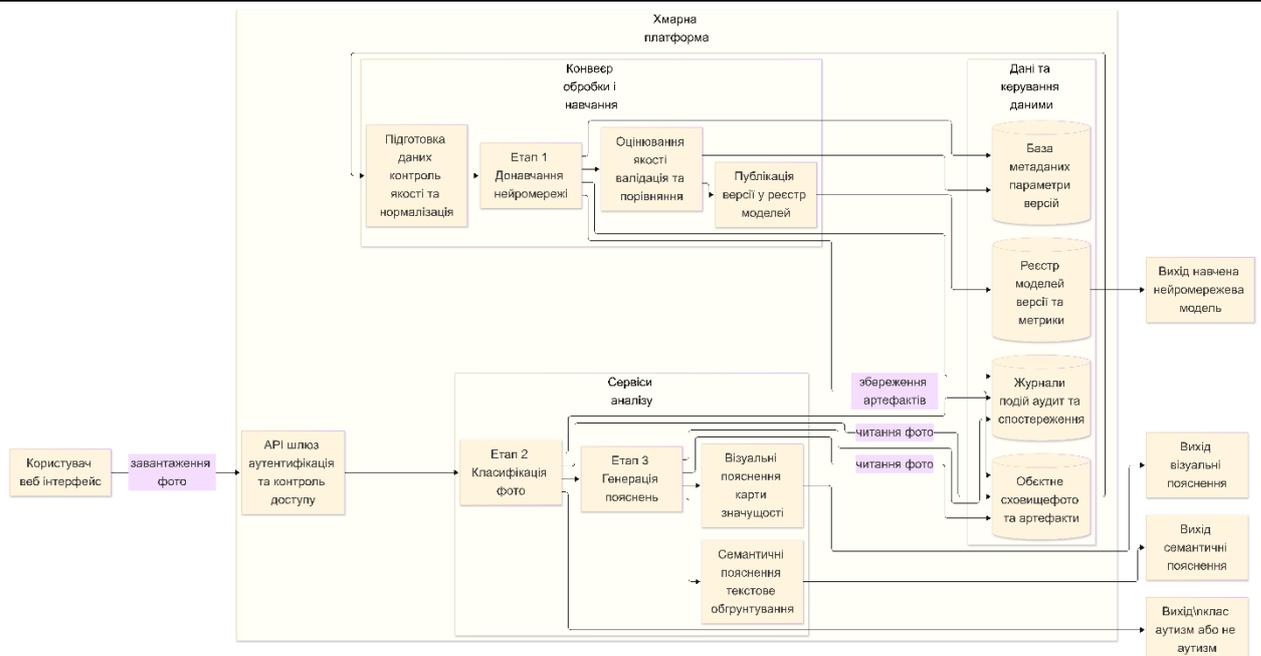


Рис. 2. Хмарна програмна архітектура системи нейромережевого аналізу зображень для доклінічного скринінгового виявлення ризику розладів аутистичного спектра

Підсистема даних і керування даними забезпечує зберігання фото та артефактів, ведення бази метаданих параметрів версій, реєстр моделей із версіями та метриками, а також журналювання подій для аудиту й спостереження. Вихідними результатами системи є класовий висновок, візуальні та семантичні пояснення, а також навчена нейромережева модель, придатна для повторного використання та подальшого вдосконалення.

Приклад роботи розробленого програмного забезпечення наведено на рис. 3. На поданому прикладі система сформувала скринінгове рішення про підвищений ризик ПАС та оцінила ймовірність класу на рівні близько 0.724. Розподіл ймовірностей за класами є узгодженим: значення для класу ПАС суттєво вище, ніж для типового стану, що підтверджує внутрішню послідовність прогнозу та рівня впевненості моделі.

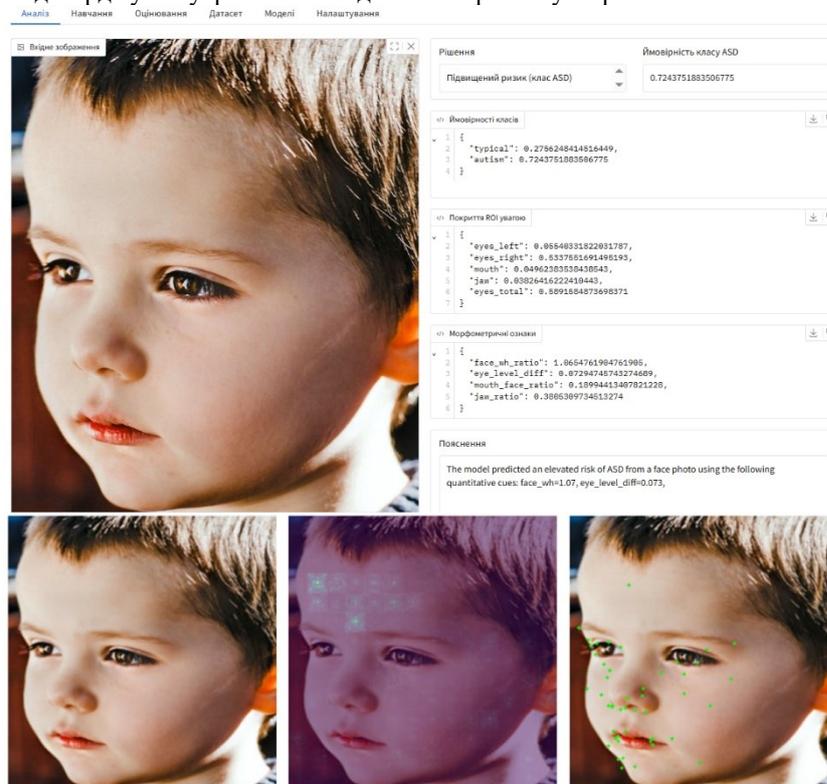


Рис. 3. Приклад роботи розробленого програмного забезпечення

Окрім класового результату, система надає інтерпретовані виходи, які пояснюють підстави прийнятого рішення. Перший тип пояснень відображає відносний внесок ключових зон обличчя, зокрема області очей, рота та нижньої частини обличчя, що показує, які ділянки були найбільш значущими для оцінювання ризику. Другий

тип пояснень представлено набором морфометричних індикаторів, які описують геометрію обличчя за вимірюваними співвідношеннями та різницями, наприклад співвідношення висоти до ширини, різницю рівня очей, співвідношення рота до обличчя та показник нижньої щелепи. Візуальні результати включають вихідне зображення, карту значущості та накладені ключові точки, що дає змогу перевірити коректність локалізації орієнтирів і узгодити числові показники з реальними ділянками обличчя.

Підстави для довіри до результату визначаються тим, що рішення не зводиться до одного числа, а підтверджується сукупністю взаємопов'язаних виходів. Ймовірність класу РАС, карта значущості, ключові точки та морфометричні ознаки формують узгоджений ланцюг доказів, який зменшує ризик випадкового або нестабільного висновку. Додатково довіру підсилює можливість контролю пояснюваності: карта значущості та внески зон демонструють, що модель орієнтується на релевантні ділянки обличчя, а не на фон чи випадкові артефакти. Накладені ключові точки дозволяють верифікувати правильність детектування геометрії, від якої залежать морфометричні індикатори.

У таблиці 1 наведено експериментальні дані метрик, отриманих розробленим програмним забезпеченням під час навчання нейромережі архітектури ViT.

Таблиця 1

Значення метрик (узагальнені)			
Кількість епох	Val loss	Val acc	MCC
3	0.3724	0.865	0.736
5	0.3506	0.885	0.771
7	0.3843	0.860	0.722

Наведені у таблиці 1 результати відповідають високим показникам узагальнювальної здатності моделі ViT на валідаційній вибірці. За збільшення кількості епох з 3 до 5 спостерігається покращення якості: Val loss зменшується з 0.3724 до 0.3506, Val acc зростає з 0.865 до 0.885, а коефіцієнт MCC підвищується з 0.736 до 0.771, що вказує на більш узгоджене розділення класів. Подальше збільшення кількості епох до 7 не дає додаткового приросту, натомість Val loss зростає до 0.3843, Val acc знижується до 0.860, а MCC до 0.722, що може свідчити про початок деградації узагальнення та доцільність вибору моделі, навченої протягом 5 епох, як оптимальної за сукупністю метрик.

Висновки з даного дослідження

і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У межах дослідження розроблено та обґрунтовано програмну архітектуру системи нейромережевого аналізу зображень для доклінічного скринінгового виявлення ризику РАС із використанням Claud-технологій, що забезпечує розділення контурів підготовки даних, навчання моделі, класифікації та формування пояснень, а також кероване зберігання артефактів і метаданих. Показано практичну реалізованість підходу на основі моделі ViT і отримано валідаційні показники, які підтверджують достатній рівень узагальнення, при цьому найкращу сукупну якість за Val loss, Val acc і MCC досягнуто на 5 епосі, що вказує на доцільність контролю тривалості навчання для запобігання деградації якості. Візуально семантичний контур пояснень підвищує прозорість рішення завдяки узгодженому поданню класового результату, карт значущості та числових ознак, що є важливим для скринінгових застосувань і взаємодії з фахівцем.

Перспективи подальших розвідок пов'язані з розширенням і стандартизацією наборів даних, перевіркою переносимості на незалежні та більш репрезентативні вибірки, а також із поглибленням процедур валідації для різних вікових груп і умов зйомки. Доцільним є розвиток механізмів контролю якості вхідних зображень, удосконалення пояснювальних модулів із кількісним оцінюванням стабільності пояснень, а також інтеграція протоколів безпеки і приватності на рівні життєвого циклу даних і моделей. Практичний розвиток системи передбачає оптимізацію обчислювальних витрат у хмарному середовищі, запровадження моніторингу змін у даних і показниках якості та регламентоване оновлення моделей з урахуванням вимог клінічної валідації і використання виключно як інструмента підтримки рішення, а не заміни фахової діагностики.

Література

1. Autism. World Health Organization (WHO). Autism Spectrum Disorders / WHO. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>.
2. Mazurets O., Zalutska O., Tyschenko O., Bohdanova A. An Approach to Using MobileNet CNN-Model for Gesture Recognition / O. Mazurets, O. Zalutska, O. Tyschenko, A. Bohdanova // Proceedings of XXIII International Scientific and Practical Conference «Problems of Science and Technology: the Search for Innovative Solutions». – Munich, Germany, 15–17 May 2024. – 2024. – P. 59–64.
3. Molchanova M., Mazurets O., Klimenko V., Kuflevsky E. Object-Oriented Model for Neural Network Damage Detection of Mail Packages / M. Molchanova, O. Mazurets, V. Klimenko, E. Kuflevsky // Proceedings of XIV International Scientific and Practical Conference «Solving Scientific Problems Using Innovative Concepts». – Copenhagen, Denmark, 13–15 March 2024. – 2024. – P. 58–62.
4. Didur V., Molchanova M., Mazurets O. Research on the Effectiveness of Neural Network Detection of

Plots with the Destroyed Buildings Remains / V. Didur, M. Molchanova, O. Mazurets // *Modern Technologies and Science: Problems, New and Relevant Developments. Proceedings of XXI International Scientific and Practical Conference*. – Zaragoza, Spain, 26 May 2025. – P. 245–251.

5. Похитун А.В., Мазурець О.В., Дидо Р.А., Молчанова М.О. Програмна архітектура для нейромережевого виявлення модифікованих фотографій облич людей / А.В. Похитун, О.В. Мазурець, Р.А. Дидо, М.О. Молчанова // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. – Хмельницький, 2025. – № 3, Т. 2. – С. 493–500.

6. Мазур Є.В., Мазурець О.В., Кліменко В.І., Собко О.В., Залуцька О.О. Алгоритми та програмна архітектура інформаційної системи нейромережевого аналізу постави людини / Є.В. Мазур, О.В. Мазурець, В.І. Кліменко, О.В. Собко, О.О. Залуцька // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. – Хмельницький, 2025. – № 3, Т. 1. – С. 275–284.

7. Bohdanova A., Mazurets O., Sobko O. Gesture Recognition Using a Neural Network in Real Time / A. Bohdanova, O. Mazurets, O. Sobko // *Black Sea Science 2023: Proceedings of the International Competition of Student Scientific Works*. – Odesa, ONUT, 2023. – P. 556–566.

8. Zharnovskiy O., Mazurets O., Sobko O. Approach to Identification of Artificial Intelligence-Generated People Images by Means of Machine Learning / O. Zharnovskiy, O. Mazurets, O. Sobko // *Key Aspects of the Development of Scientific Research in Modern Conditions. Proceedings of XLV International Scientific and Practical Conference*. – Constanta, Romania, 30 October – 1 November 2024. – P. 69–73.

9. Novak Y., Mazurets O. Practical Application of Method of Automated Personal Identification by Fingerprints Using Convolution Neural Networks / Y. Novak, O. Mazurets // *Proceedings of V International Scientific and Practical Conference «Modern Strategies of Global Scientific Solutions»*. – Stockholm, Sweden, 27–29 December 2023. – International Scientific Unity, 2023. – P. 136–140.

10. Hladun O.V., Molchanova M.O., Zalutka O.O., Mazurets O.V. Effectiveness Research of Using ViT Neural Network Architecture for Classifying the Destroyed Buildings Remains / O.V. Hladun, M.O. Molchanova, O.O. Zalutka, O.V. Mazurets // *Achievements of Science and Applied Research. Proceedings of 2nd International Scientific and Theoretical Conference*. – Dublin, Ireland, 19–21 May 2025. – P. 96–100.

11. Mazurets O., Molchanova M., Klimenko V., Klopotovskiy D. Datalogic Model for Image Recognition by Convolutional Neural Network Using Cloud Services / O. Mazurets, M. Molchanova, V. Klimenko, D. Klopotovskiy // *Proceedings of XXII International Scientific and Practical Conference «Modern Scientific Research: Theoretical and Practical Aspects»*. – Oslo, Norway, 8–10 May 2024. – 2024. – P. 64–68.

12. Kharysh I., Sobko O., Mazurets O. Designing CNN Neural Network Model for Detecting Fractures of Lower Extremities by X-Ray Images / I. Kharysh, O. Sobko, O. Mazurets // *The Impact of Scientific Research on the Development of the Modern World. Proceedings of XLIV International Scientific and Practical Conference*. – Dubrovnik, Croatia, 23–25 October 2024. – 2024. – P. 91–96.

13. Мазурець О.В., Жарновський О.В., Гладун О.В., Собко О.В. Нейромережеве виявлення фейкових зображень людей / О.В. Мазурець, О.В. Жарновський, О.В. Гладун, О.В. Собко // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. – Хмельницький, 2025. – № 5, Т. 1. – С. 416–422.

14. Farooq M.S., et al. Detection of Autism Spectrum Disorder (ASD) in Children and Adults Using Machine Learning / M.S. Farooq et al. // *Scientific Reports*. – 2023. – Vol. 13, No. 1. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35910-1>

15. Danish P.M., et al. A Machine Learning Framework for Early-Stage Detection of Autism Spectrum Disorders / M. Danish P. et al. // *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*. – 2024. – P. 321–326. – URL: <https://doi.org/10.48175/ijarsct-15183>

16. Nawghare P., Prasad J.R. Early Detection of Autism Spectrum Disorder Using AI and Machine Learning Models: A Systematic Review for Effective Intervention / P. Nawghare, J.R. Prasad // *2024 IEEE Pune Section International Conference (PuneCon)*. – Pune, India, 13–15 December 2024. – 2024. – P. 1–6. – URL: <https://doi.org/10.1109/punecon63413.2024.10895404>

References

1. Autism. World Health Organization (WHO). Autism Spectrum Disorders / WHO. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>.

2. Mazurets O., Zalutka O., Tyschenko O., Bohdanova A. An Approach to Using MobileNet CNN-Model for Gesture Recognition / O. Mazurets, O. Zalutka, O. Tyschenko, A. Bohdanova // *Proceedings of XXIII International Scientific and Practical Conference «Problems of Science and Technology: the Search for Innovative Solutions»*. – Munich, Germany, 15–17 May 2024. – 2024. – P. 59–64.

3. Molchanova M., Mazurets O., Klimenko V., Kuflevsky E. Object-Oriented Model for Neural Network Damage Detection of Mail Packages / M. Molchanova, O. Mazurets, V. Klimenko, E. Kuflevsky // *Proceedings of XIV International Scientific and Practical Conference «Solving Scientific Problems Using Innovative Concepts»*. – Copenhagen, Denmark, 13–15 March 2024. – 2024. – P. 58–62.

4. Didur V., Molchanova M., Mazurets O. Research on the Effectiveness of Neural Network Detection of Plots with the Destroyed Buildings Remains / V. Didur, M. Molchanova, O. Mazurets // *Modern Technologies and Science: Problems, New and Relevant Developments. Proceedings of XXI International Scientific and Practical Conference*. – Zaragoza, Spain, 26 May 2025. – P. 245–251.

5. Pokhytun A.V., Mazurets O.V., Dydo R.A., Molchanova M.O. Prohramna arkhitektura dlia neiromerezhevoho vyavleniya modyfikovanykh fotohrafii oblych liudei / A.V. Pokhytun, O.V. Mazurets, R.A. Dydo, M.O. Molchanova // *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. – Khmelnytskyi, 2025. – № 3, Т. 2. – С. 493–500.

6. Mazur Ye.V., Mazurets O.V., Klimenko V.I., Sobko O.V., Zalutka O.O. Alhorytmy ta prohramna arkhitektura informatsiinoi systemy neiromerezhevoho analizu postavu liudyny / Ye.V. Mazur, O.V. Mazurets, V.I. Klimenko, O.V. Sobko, O.O. Zalutka // *Herald of Khmelnytskyi*

National University. Technical sciences. – Khmelnytskyi, 2025. – № 3, T. 1. – S. 275–284.

7. Bohdanova A., Mazurets O., Sobko O. Gesture Recognition Using a Neural Network in Real Time / A. Bohdanova, O. Mazurets, O. Sobko // *Black Sea Science 2023: Proceedings of the International Competition of Student Scientific Works*. – Odesa, ONUT, 2023. – P. 556–566.

8. Zhamovskiy O., Mazurets O., Sobko O. Approach to Identification of Artificial Intelligence-Generated People Images by Means of Machine Learning / O. Zhamovskiy, O. Mazurets, O. Sobko // *Key Aspects of the Development of Scientific Research in Modern Conditions. Proceedings of XLV International Scientific and Practical Conference*. – Constanta, Romania, 30 October – 1 November 2024. – P. 69–73.

9. Novak Y., Mazurets O. Practical Application of Method of Automated Personal Identification by Fingerprints Using Convolution Neural Networks / Y. Novak, O. Mazurets // *Proceedings of V International Scientific and Practical Conference «Modern Strategies of Global Scientific Solutions»*. – Stockholm, Sweden, 27–29 December 2023. – International Scientific Unity, 2023. – P. 136–140.

10. Hladun O.V., Molchanova M.O., Zalutska O.O., Mazurets O.V. Effectiveness Research of Using ViT Neural Network Architecture for Classifying the Destroyed Buildings Remains / O.V. Hladun, M.O. Molchanova, O.O. Zalutska, O.V. Mazurets // *Achievements of Science and Applied Research. Proceedings of 2nd International Scientific and Theoretical Conference*. – Dublin, Ireland, 19–21 May 2025. – P. 96–100.

11. Mazurets O., Molchanova M., Klimenko V., Klopotivskiy D. Datalogic Model for Image Recognition by Convolutional Neural Network Using Cloud Services / O. Mazurets, M. Molchanova, V. Klimenko, D. Klopotivskiy // *Proceedings of XXII International Scientific and Practical Conference «Modern Scientific Research: Theoretical and Practical Aspects»*. – Oslo, Norway, 8–10 May 2024. – 2024. – P. 64–68.

12. Kharysh I., Sobko O., Mazurets O. Designing CNN Neural Network Model for Detecting Fractures of Lower Extremities by X-Ray Images / I. Kharysh, O. Sobko, O. Mazurets // *The Impact of Scientific Research on the Development of the Modern World. Proceedings of XLIV International Scientific and Practical Conference*. – Dubrovnik, Croatia, 23–25 October 2024. – 2024. – P. 91–96.

13. Mazurets O.V., Zhamovskiy O.V., Hladun O.V., Sobko O.V. Neiomerezheve vyivlennia feikovykh zobrazen liudei / O.V. Mazurets, O.V. Zhamovskiy, O.V. Hladun, O.V. Sobko // *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. – Khmelnytskyi, 2025. – № 5, T. 1. – S. 416–422.

14. Farooq M.S., et al. Detection of Autism Spectrum Disorder (ASD) in Children and Adults Using Machine Learning / M.S. Farooq et al. // *Scientific Reports*. – 2023. – Vol. 13, No. 1. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35910-1>

15. Danish P.M., et al. A Machine Learning Framework for Early-Stage Detection of Autism Spectrum Disorders / M. Danish P. et al. // *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*. – 2024. – P. 321–326. – URL: <https://doi.org/10.48175/ijarsct-15183>

16. Nawghare P., Prasad J.R. Early Detection of Autism Spectrum Disorder Using AI and Machine Learning Models: A Systematic Review for Effective Intervention / P. Nawghare, J.R. Prasad // *2024 IEEE Pune Section International Conference (PuneCon)*. – Pune, India, 13–15 December 2024. – 2024. – P. 1–6. – URL: <https://doi.org/10.1109/punecon63413.2024.1089540>.