

та кібербезпеки, які будуть готувати спеціалістів, здатних адаптуватися до швидкозмінних умов і захищати цифрові права. Наступний крок — активне залучення університетів у дослідження та створення консорціумів з технологічними компаніями для розвитку нових технологій і аналізу їх впливу на приватність. Це може включати в себе проведення спільних семінарів та конференцій, а також розробку систем безпеки в рамках пілотних проєктів. Університети також можуть брати участь у формуванні політики, співпрацюючи з державними органами та громадськими організаціями, щоб розробляти довгострокові стратегії захисту цифрових прав. Ці ініціативи зможуть перетворити наші амбіції в реальні політики, що сприятимуть епосі свободи замість цифрового рабства. Важливими показниками успіху цих ініціатив можуть стати кількість створених партнерств, прийняті зміни у політиці та рівень залученості студентів до відповідних програм. Крім того, моніторинг впливу через кількісне оцінювання таких факторів, як зростання чисельності учасників спільних досліджень та заходів, може допомогти університетам у стратегічному плануванні та гарантувати підзвітність цих ініціатив.

### Список використаної літератури

- [1] J. Buolamwini and T. Gebru, "Gender shades: Intersectional accuracy disparities in commercial gender classification," Proc. Mach. Learn. Res., vol. 81, pp. 1–15, 2018.
- [2] A. K. Ekert, "Quantum cryptography based on Bell's theorem," Phys. Rev. Lett., vol. 67, no. 6, pp. 661–663, Aug. 1991.
- [3] D. Kahneman, Thinking, Fast and Slow. New York, NY, USA: Farrar, Straus and Giroux, 2011.
- [4] S. K. Liao et al., "Satellite-to-ground quantum key distribution," Nature, vol. 549, no. 7670, pp. 43–47, Sep. 2017.
- [5] M. Mosca, "Cybersecurity in an era with quantum computers," IEEE Secur. Privacy, vol. 16, no. 5, pp. 38–41, Sep/Oct. 2018.
- [6] National Institute of Standards and Technology, "Post-quantum cryptography standardization," 2022. [Online]. Available: <https://csrc.nist.gov/projects/post-quantum-cryptography>
- [7] E. S. Raymond, The Cathedral and the Bazaar. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 1999.
- [8] M. Swan, Blockchain: Blueprint for a New Economy. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2015.
- [9] P. Voigt and A. Von dem Bussche, The EU General Data Protection Regulation (GDPR). Cham, Switzerland: Springer, 2017.
- [10] Q. Zhang et al., "Quantum key distribution with Micius satellite," Nature, vol. 582, no. 7813, pp. 501–505, Jun. 2020.
- [11] O. Kovalchuk, Digital Rights in the Era of Cyber Threats. Kyiv, Ukraine: Scientific Thought, 2024.
- [12] B. Schneier, Data and Goliath: The Hidden Battles to Collect Your Data. New York, NY, USA: W.W. Norton, 2023.
- [13] European Commission, OPENQKD: Quantum Cryptography in Europe. Brussels, Belgium: EU Publications, 2024.
- [14] W. Liang et al., "Advances, challenges and opportunities in creating data for trustworthy AI," Nature Mach. Intell., vol. 2, no. 8, pp. 427–435, Aug. 2020.
- [15] Z. C. Lipton, "The mythos of model interpretability," Commun. ACM, vol. 61, no. 10, pp. 36–43, Oct. 2018.

УДК: 004.8

## АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАЛИШКІВ ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ ВАРІАТИВНОСТІ КУТА ФОТОФІКСАЦІЇ

**Масловська В.В., Кліменко В.І.**

(vmaslovska1@gmail.com, ler.klimenko.8@gmail.com)

*Хмельницький національний університет (Україна)*

*Досліджено ефективність нейромережевої класифікації залишків зруйнованих будівель з урахуванням варіативності ракурсу зйомки, що дозволяє адаптувати розпізнавання матеріалів до реальних умов моніторингу. Експериментальна частина базується на аналізі впливу кута зйомки на результати класифікації для двох альтернативних архітектур: згорткової MobileNetV3 та трансформерної Vision Transformer, навчених на збалансованому наборі зображень фрагментів*

будівельних конструкцій під різними просторовими орієнтаціями. Отримані результати свідчать, що при зміні кута зйомки понад  $45^\circ$  точність MobileNetV3-Large зменшується з 95,2 % до 87,4 %, тоді як Vision Transformer утримує показник на рівні 93,5 %, наводячи вищу інваріантність до геометричних спотворень. Використання розширених аугментацій підвищило загальну точність MobileNetV3 на 3,1 %, а ViT на 1,8 %, що підтверджує можливість застосування моделювання варіативності ракурсу на етапі навчання. Запропонований підхід підвищує надійність нейромережових систем аналізу руйнувань і може бути застосований у безпілотних системах моніторингу та цифрового оцінювання стану інфраструктури..

Розпізнавання залишків зруйнованих будівель є складним завданням у сфері комп'ютерного зору, особливо у випадках, коли зображення отримані під різними кутами зйомки [1]. У реальних умовах спостереження фрагменти будівель фіксуються з безпілотних літальних апаратів або наземних камер, що змінюють положення відносно об'єкта. Така варіативність призводить до зміни проекції текстури, освітлення та геометрії об'єкта, що ускладнює стабільну класифікацію матеріалів і структурних елементів руйнування. Забезпечення інваріантності моделей до зміни ракурсу є необхідною умовою для побудови надійних систем аналізу зруйнованих середовищ [2].

Метою дослідження є оцінювання ефективності нейромережових архітектур, здатних зберігати високу точність класифікації за умов зміни кута зйомки. Для цього розроблено експериментальну методіку, що включала формування підвбірок зображень фрагментів будівель при різних просторових орієнтаціях, створення синтетичних поворотів і перспективних викривлень, а також порівняльний аналіз результатів роботи різних архітектур глибинного навчання.

У дослідженні використано дві моделі, які представляють різні підходи до обробки візуальної інформації [3, 4]. Перша MobileNetV3-Large, що базується на згорткових шарах із механізмом адаптивного зважування каналів, і характеризується компактністю та високою швидкістю. Друга Vision Transformer, яка реалізує принципи самоуваги та здатна моделювати глобальні просторові залежності між патчами зображення. Для обох моделей проведено попереднє навчання на базі ImageNet і подальше донавчання на спеціалізованому наборі даних, який містив зображення залишків будівельних конструкцій з різними кутами нахилу камери від  $0^\circ$  до  $60^\circ$ .

Вибірка була поділена на навчальну та тестову у співвідношенні 80:20. Для компенсації класового дисбалансу використано вагові коефіцієнти у функції втрат. Процес навчання здійснювався протягом шести епох із використанням оптимізатора AdamW та швидкості навчання  $5e-5$ . Для оцінки продуктивності застосовувалися метрики точності, повноти та F1-показника.

Результати показали, що зміна кута зйомки призводить до зниження точності класифікації для обох моделей, однак ступінь цього зниження суттєво різниться. Для MobileNetV3-Large середня точність при стандартному ракурсі становила 95,2 %, але при зміні кута зйомки понад  $45^\circ$  вона зменшувалася до 87,4 %. У випадку Vision Transformer початковий показник точності 96,7 % знизився лише до 93,5 %, що демонструє кращу стійкість до просторових трансформацій. Така поведінка пояснюється здатністю трансформерної архітектури аналізувати відносно розташування візуальних фрагментів, а не лише локальні шаблони.

Додатково було проведено оцінку чутливості моделей до різних типів геометричних спотворень. При поворотах на  $\pm 15^\circ$  обидві архітектури зберігали стабільну точність класифікації. Однак при більших кутах MobileNetV3 втрачала здатність розрізняти окремі класи матеріалів, що свідчить про переважно локальний характер її ознак. Vision Transformer, навпаки, демонстрував більш плавне зниження результатів і здатність узагальнювати просторові варіації навіть при комбінації поворотів та перспективних викривлень.

Виявлено, що використання методів аугментації зображень таких як випадкові обертання, горизонтальні віддзеркалення та зміни масштабу сприяє підвищенню інваріантності обох моделей. Проте ViT реагував на такі зміни більш ефективно, що підтверджує його архітектурну гнучкість. У середньому використання розширених аугментацій підвищувало точність MobileNetV3 на 3,1 %, тоді як для ViT приріст становив 1,8 %, але зменшувалася варіативність результатів між класами. Приклад класифікації під кутом  $30^\circ$  наведено на рисунку 1.

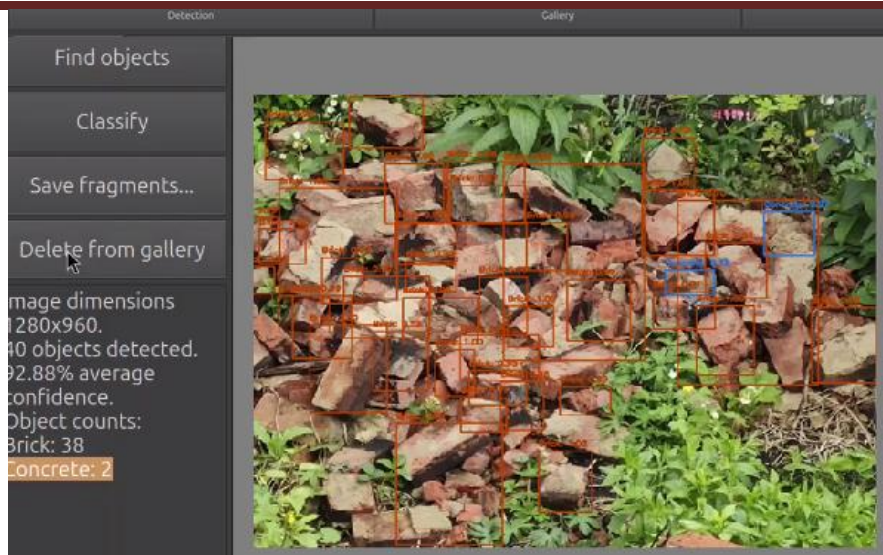


Рисунок 1 – Приклад класифікації під кутом 30°

Отримані дані дають підстави вважати, що у задачах класифікації зображень залишків зруйнованих будівель при змінних кутах зйомки доцільно застосовувати трансформерні архітектури або комбіновані гібридні моделі, які поєднують переваги згорткових і самоуважних механізмів. Це дозволяє підвищити стійкість системи до змін ракурсу без істотного зростання обчислювальної складності.

Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості використання таких моделей у безпілотних системах моніторингу, які здійснюють огляд зруйнованих територій під різними кутами. Запропонований підхід може бути інтегрований у модулі аналізу відеопотоку для реального часу з метою ідентифікації типів матеріалів, визначення ступеня руйнування та оптимізації процесів розчищення територій.

У подальших дослідженнях планується поєднання Vision Transformer з просторовими механізмами уваги, орієнтованими на корекцію перспективних викривлень, а також розширення датасету за рахунок аерофотозйомки різної висоти. Перспективним напрямом є використання 3D-реконструкцій і глибоких карт для додаткової просторової нормалізації зображень, що може підвищити точність класифікації при складних умовах зйомки.

Отримані результати підтверджують, що врахування варіативності ракурсу суттєво впливає на точність нейромережевої класифікації залишків зруйнованих будівель. Експерименти показали, що модель MobileNetV3-Large зберігає середню точність 95,2 % при стандартному ракурсі, але втрачає до 7,8 % ефективності при зміні кута зйомки понад 30° і до 87,4 % при нахилі 45° і більше. Натомість Vision Transformer демонструє вищу стабільність, утримуючи точність 93,5 % навіть за значних змін геометрії сцени. Використання розширених аугментацій дало змогу підвищити загальну точність MobileNetV3 на 3,1 %, а для ViT на 1,8 %, що свідчить про ефективність попереднього моделювання просторових варіацій. Отже, трансформерна архітектура забезпечує кращу інваріантність до зміни ракурсу, зменшує варіативність результатів між класами та в середньому перевищує згорткову модель на 6,1 % при нерівномірних кутах зйомки. Це підтверджує доцільність її використання у практичних системах комп'ютерного зору для моніторингу та оцінювання ступеня руйнування будівельних об'єктів.

#### Список використаних джерел

[1] K. Lin, Y. Zhao, T. Zhou, X. Gao, C. Zhang, B. Huang, and Q. Shi, “Applying Machine Learning to Fine Classify Construction and Demolition Waste Based on Deep Residual Network and Knowledge Transfer”, *Environment, Development and Sustainability*, vol. 25, pp. 8819–8836, 2023. [Online]. Available: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10163944/> [Accessed: Oct. 22, 2025].

[2] В. О. Дідур, М. О. Молчанова, і О. В. Мазурець, “Спосіб виявлення та класифікації залишків зруйнованих будівель та будівельного сміття за фотографіями з використанням моделей CNN,” *Наука і техніка сьогодні*, № 1 (42), с. 1162–1175, Київ, 2025.

[3] O. Mazurets, O. Zalutska, O. Tyschenko, and A. Bohdanova, “An Approach to Using MobileNet CNN-Model for Gesture Recognition,” in Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference «Problems of Science and Technology: The Search for Innovative Solutions», Munich, Germany, May 15–17, 2024, pp. 59–64.

[4] I. Kharysh, O. Sobko, and O. Mazurets, “Designing CNN Neural Network Model for Detecting Fractures of Lower Extremities by X-ray Images,” in Proceedings of the XLIV International Scientific and Practical Conference “The Impact of Scientific Research on the Development of the Modern World”, Dubrovnik, Croatia, Oct. 23–25, 2024, pp. 91–96.

УДК 004.8

## **ВИКЛИКИ ТА ЗАВДАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЦИФРОВІЙ ОСВІТІ**

**Махник С. І.** (makhnyk.sofia.soi22@rshu.edu.ua)

**Остапчук Н. О.** (nataliia.ostapchuk@rshu.edu.ua)

*Рівненський державний гуманітарний університет (Україна)*

*В тезах розглядається поняття штучного інтелекту та його використання в освіті. Описано основні принципи роботи ШІ. Окреслено умови, виклики та завдання використання ШІ в освітньому процесі.*

Сучасна освіта перебуває на етапі швидких змін, пов'язаних із розвитком цифрових технологій, серед яких особливе місце посідає штучний інтелект. Питання використання можливостей штучного інтелекту в цифровій освіті набуває особливої актуальності.

Штучний інтелект (ШІ, штучний розум, англ. artificial intelligence, AI) – це здатність обчислювальних систем виконувати завдання, які зазвичай властиві можливостям людського інтелекту (навчання, міркування, розв'язання питань, сприйняття та ухвалення рішень). Це розділ інформатики, який швидко розвивається та зосереджений на розробці інтелектуальних машин. Дана галузь досліджує, створює, вивчає методи і програмне забезпечення, які дозволяють машинам сприймати світ і використовувати самонавчання для здійснення інтелектуальних дій, які щоразу збільшують їхні спроможності для досягнення визначеної мети [1].

Стрімкий розвиток ШІ ставить перед суспільством нові виклики та завдання щодо підготовки людини до ефективного використання цих технологій. Освіта відіграє ключову роль у формуванні знань, умінь і навичок, необхідних для роботи з генеративними системами, а також для розвитку критичного мислення та цифрової грамотності.

Всі країни, які створюють стратегічні документи з розвитку штучного інтелекту, бачать приблизно однакову головну мету освіти у цьому процесі – гарантувати суспільству доступ до використання можливостей, які надає штучний інтелект. Для цього приділяється підвищена увага до STEM-освіти у школі, підготовка дослідників, розробників і кваліфікованих користувачів систем штучного інтелекту у закладах професійної та вищої освіти, підтримка програм перепідготовки і навчання протягом життя.

Близькі завдання ставить і проєкт Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні. Зокрема, в загальній середній освіті передбачається підвищення рівня математичної компетентності випускників, популяризація природничих та інженерних спеціальностей для подальшого навчання. Втім, такі завдання в різних державних програмах присутні вже багато років, а ситуація зі STEM-освітою лише погіршується. Бо вона потребує і вчителів, які володіють сучасними технологіями, і відповідної матеріально-технічної бази, а головне, – значного збільшення фінансування освіти [2].

Важливо визначити ключові знання та компетентності, які повинні отримувати здобувачі освіти. Дослідниками визначено п'ять «великих ідей» у царині ШІ, які, на їхню думку, мають знати здобувачі освіти: