

АНОТАЦІЯ

Ляцинський П.Б. Методи та програмні засоби автоматичного діагностування в медичних системах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2026.

Дисертаційне дослідження присвячене розробленню та вдосконаленню методів і програмних засобів для підвищення точності сегментації та класифікації біомедичних зображень, що забезпечує підвищення достовірності постановки діагнозу в онкології. Основна частина роботи включає вступ, чотири розділи та висновки.

У **вступі** розглянуто актуальність наукової проблеми, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт та предмет досліджень, відображено основні наукові результати, виділено наукову новизну та практичну значущість.

У **першому** розділі здійснено системний аналіз об'єктів дослідження, існуючих методів, алгоритмів та програмних засобів автоматичного діагностування в онкології. Проведено порівняльний аналіз архітектур сучасних систем автоматичного діагностування та встановлено, що більшість комерційних рішень мають закриту монолітну структуру, що обмежує їх адаптацію до нових медичних протоколів. Доведено, що методи на основі глибоких нейронних мереж демонструють вищу точність та кращу узагальнюючу здатність порівняно з класичними алгоритмами комп'ютерного зору. Виявлено критичну потребу у розробці гнучких програмних архітектур, що здатні інтегрувати нейромережеві моделі та експертні знання.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність створення програмної системи автоматичного діагностування раку грудної залози з модульною архітектурою та сформульовано перелік завдань дисертаційного дослідження.

У **другому** розділі розроблено метод багатокласової класифікації гістологічних зображень для автоматичного діагностування раку грудної залози за ступенем диференціації. Обґрунтовано програмно-алгоритмічні рішення для ідентифікації патологічних станів, зокрема: розроблено метод класифікації, що інтегрує технологію автоматизованого пошуку архітектур (NAS) та еволюційну оптимізацію, що дозволило синтезувати модель на базі RegNet з точністю класифікації 99,8%.

Третій розділ присвячено розробці методу аналізу імуногістохімічних зображень для автоматичного діагностування підтипів раку грудної залози. Розроблено метод діагностування на основі поєднання глибокого навчання та продукційної моделі знань, що забезпечує автоматизацію інтерпретації зображень згідно з клінічними протоколами МОЗ України. Удосконалено архітектуру U-Net мережі шляхом оптимізації її гіперпараметрів, що дозволило підвищити точність сегментації мікрооб'єктів.

Четвертий розділ присвячений розробці програмної системи автоматичного діагностування раку грудної залози. У розділі описано функціональні вимоги до програмної системи та розроблено її архітектуру із використанням сучасних технологій розробки і проєктування програмного забезпечення. Програмний засіб побудовано з використанням клієнт-серверної модульної архітектури з чітким розділенням відповідальності, що дає змогу розгортати компоненти системи як на локальному комп'ютері, так і на будь-якій хмарній інфраструктурі. Програмна система спроектована відповідно до принципу єдиної відповідальності. У розділі розроблено структуру бази даних. Основними модулями системи є модуль користувачів, наборів даних (датасетів),

моделей, синтезу зображень, оцінки подібності синтезованих зображень (метрик), сегментації, класифікації, обчислення кількісних характеристик та автоматичного діагностування.

Ключові слова: біомедичні зображення (гістологія, імуногістохімія), аналіз зображень (аналіз медичних зображень), нейромережеві методи (глибоке навчання, машинне навчання), сегментація (сегментація біомедичних зображень), класифікація (класифікація зображень), діагностика (медична діагностика, медичний діагноз, система автоматичного діагностування), згорткові нейронні мережі, архітектура програмного забезпечення, програмна система, штучний інтелект, оптимізаційна задача.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

Статті у фахових виданнях України:

1. О. М. Березький, О. Й. Піцун, П. Б. Ляцинський, П. Б. Ляцинський, та Т. М. Долинюк, "Інтелектуальна система автоматизованої мікроскопії аналізу гістологічних та цитологічних зображень," *Штучний інтелект*, № 2, с. 129–141, 2017, ISSN: 1561-5359, (1,0 д.а. / 0,2 д.а.; особистий внесок: програмно реалізовано модулі інтелектуальної системи). Url: <https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/89348bd4-0402-44d6-b8a8-ef450a323021/content> [1]
2. О. М. Березький, П. Б. Ляцинський, П. Б. Ляцинський, А. Р. Сухович, та Т. М. Долинюк, "Синтез біомедичних зображень на основі генеративно-змагальних мереж," *Український журнал інформаційних техноогій*, т. 1, № 1, с. 35–40, 2019, ISSN: 2707-1898, (0,8 д.а. / 0,3 д.а.; особистий внесок: проведено експериментальний аналіз та

- оформлено результати дослідження). doi:10.23939/ujit2019.01.035 Url: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2019/dec/20288/10maketujit291035.pdf> [2]
3. P. Liashchynskyi and P. Liashchynskyi, "Analysis of metrics for GAN evaluation," *Computer Systems and Information Technologies*, no. 4, pp. 44–51, 2023, ISSN: 2710-0766, (0,9 д.а. / 0,3 д.а.; особистий внесок: проведено експериментальний аналіз та оформлено результати дослідження). doi:10.31891/csit-2023-4-6 Url: <https://csitjournal.khmnu.edu.ua/index.php/csit/article/view/247/169> [3]
 4. O. M. Berezsky and P. B. Liashchynskyi, "Development of the architecture of a computer aided diagnosis system in medicine," *Applied Aspects of Information Technology*, vol. 7, no. 4, pp. 359–369, 2024, ISSN: 2617-4316, (1,0 д.а. / 0,8 д.а.; особистий внесок: спроектовано архітектуру програмної системи автоматичного діагностування раку грудної залози). doi:10.15276/aait.07.2024.25 Url: <https://aait.od.ua/index.php/journal/article/view/163/163> [4]
 5. П. Б. Ляцинський та О. М. Березький, "Системи комп'ютерного діагностування: методи та засоби," *Український журнал інформаційних техноогій*, т. 6, № 2, с. 57–63, 2024, ISSN: 2707-1898, (0,7 д.а. / 0,6 д.а.; особистий внесок: обґрунтовано методологічні підходи до побудови систем автоматичного діагностування на основі методів глибокого навчання). doi:10.23939/ujit2024.02.057 Url: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2024/dec/37210/757-63.pdf> [5]
 6. P. B. Liashchynskyi, "Classification of histological images based on convolutional neural networks," *Radio Electronics, Computer Science, Control*, no. 4, pp. 116–128, 2025, ISSN: 1607-3274, (1,3 д.а.). doi:10.15588/1607-3274-2025-4-11 Url: <https://ric.zp.edu.ua/article/view/346250/333262> [6] (Web of Science)

7. O. Berezsky, P. Liashchynskyi, P. Liashchynskyi, and P. Selskyu, "Devising a comprehensive approach to diagnosing breast cancer subtypes automatically based on deep neural networks," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 2 (138), pp. 15–25, 2025, ISSN: 1729-3774, (1,2 д.а. / 0,9 д.а.; особистий внесок: вдосконалено архітектуру нейронної мережі на базі моделі U-Net та розроблено алгоритм автоматичного обчислення кількісних характеристик мікрооб'єктів для верифікації молекулярних підтипів пухлин). doi:10.15587/1729-4061.2025.344041 Url: <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/344041/336437> [7] (Scopus)
8. O. M. Berezsky and P. B. Liashchynskyi, "Software system for automatic diagnosis of breast cancer," *Ukrainian Journal of Information Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 35–43, 2025, ISSN: 2707-1898, (0,8 д.а. / 0,7 д.а.; особистий внесок: спроектовано та описано програмну реалізацію системи автоматичного діагностування раку грудної залози). doi:10.23939/ujit2025.02.035 Url: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2025/dec/41315/535-43.pdf> [8]

Статті у виданнях інших держав:

9. P. B. Liashchynskyi and P. Liashchynskyi, "Grid Search, Random Search, Genetic Algorithm: A Big Comparison for NAS," *arXiv preprint arXiv:1912.06059*, 2019, (0,4 д.а. / 0,18 д.а.; особистий внесок: проведено експериментальний аналіз та оформлено результати дослідження). doi:10.48550/arXiv.1912.06059 Url: <https://arxiv.org/pdf/1912.06059> [9]

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

10. O. Berezsky, O. Pitsun, L. Dubchak, P. Liashchynskyi, and P. Liashchynskyi, "GPU-based biomedical image processing," in *Proceedings of the 2018 XIV-th International Conference on Perspective*

Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2018, pp. 96–99, ISSN: 2573-5373, (0,5 д.а. / 0,15 д.а.; особистий внесок: проведено експериментальний аналіз та оформлено результати дослідження). doi:10.1109/MEMSTECH.2018.8365710 Url:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8365710> [10] (Scopus)

11. О. Berezsky, P. Liashchynskyi, O. Pitsun, P. Liashchynskyi, and M. Berezkyu, "Comparison of deep neural network learning algorithms for biomedical image processing," *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 3302, pp. 135–145, 2022, ISSN: 1613-0073, (0,6 д.а. / 0,2 д.а.; особистий внесок: проведено експериментальний аналіз алгоритмів та оформлено результати дослідження). Url: <https://ceur-ws.org/Vol-3302/paper7.pdf> [11] (Scopus)

12. П. Б. Ляцинський та П. Б. Ляцинський, "Штучний інтелект в системах діагностики пацієнтів," у *Матеріали VI Науково-практичної конференції молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі»*, Тернопіль, Україна, 2022, с. 24, (0,06 д.а. / 0,03 д.а.; особистий внесок: проведено аналіз процесу встановлення діагнозу). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2022_1.pdf#page=24 [12]

13. П. Б. Ляцинський, "Інтеграція штучного інтелекту в медичній діагностиці," у *Матеріали VIII Науково-практичної конференції молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі»*, Тернопіль, Україна, 2023, с. 35., (0,05 д.а.). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2023_2.pdf#page=35 [13]

14. П. Б. Ляцинський та П. Б. Ляцинський, "Використання систем автоматизованої мікроскопії для покращення аналізу біомедичних зображень," у *Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна візія та виклики глобалізації*, Тернопіль, Україна, 2023, с. 729, ISBN: 976-966-654-717-3, (0,09 д.а. / 0,04 д.а.;

- особистий внесок: проведено аналіз біомедичних зображень). Url: <https://dspace.wunu.edu.ua/items/b465936f-763e-4d34-873e-d8552433a2d5> [14]
- 15.П. Б. Ляцинський, "Аналіз медичних систем комп'ютерної діагностики," у *Матеріали ІХ Науково-практичної конференції молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі»*, Тернопіль, Україна, 2024, с. 36–37, (0,2 д.а.). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/conf%209_2024_maket1.pdf#page=36 [15]
- 16.О. Berezsky, P. Liashchynskyi, and P. Liashchynskyi, "Diagnostic methods and tools in medical systems," in *Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND SMART SYSTEMS» (CISS-2024)*, Lviv, Ukraine: «АТВ» Publishing, 2024, pp. 24–26, ISBN: 978-966-2042-89-4, (0,2 д.а. / 0,15 д.а.; особистий внесок: проаналізовано архітектури систем комп'ютерного діагностування та систем підтримки прийняття рішень в медицині). Url: <https://science.lpnu.ua/ciss-2024/proceedings> [16]
- 17.П. Б. Ляцинський, "Архітектура системи комп'ютерного діагностування," у *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі»*, Тернопіль, Україна, 2024, с. 32–33, (0,14 д.а.). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2024_2.pdf#page=32 [17]
- 18.П. Б. Ляцинський, "Глибоке навчання в медичній діагностиці," у *Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі»*, Тернопіль, Україна, 2025, с. 58–61, (0,2 д.а.). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2025_1.pdf#page=58 [18]

19. P. Liashchynskyi, "Comparing CNNs for histological image classification," in *Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference «COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND SMART SYSTEMS» (CISS-2025)*, Lviv, Ukraine: Omelchenko V. H. Publishing, 2025, pp. 97–99, ISBN: 978-617-8683-10-8, (0,3 д.а.). Url: <https://science.lpnu.ua/uk/ciss-2025/zbirnyk-materialiv-konferenciyi-ciss-2025> [19]
20. O. Berezsky, M. Berezkyi, P. Liashchynskyi, P. Liashchynskyi, and G. Melnyk, "Estimating the number of iterations needed for biomedical image synthesis to achieve a given classification accuracy," in *8th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine*, Bratislava, Slovakia Republic, 2025, (1,0 д.а. / 0,7 д.а.; особистий внесок: розширено вибірку гістологічних зображень та проведено експериментальний аналіз). [20] (**Scopus**)
21. П. Б. Лящинський, "Програмна система автоматичного діагностування раку молочної залози," у *Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі»*, Тернопіль, Україна, 2025, с. 74–77, (0,2 д.а.). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2025_2.pdf#page=74 [21]

Інші результати, пов'язані з дисертаційною роботою:

Авторське право на твір:

22. О. М. Березький, П. Б. Лящинський, П. Б. Лящинський, Г. М. Мельник, та О. Й. Піцун, "Комп'ютерна програма для автоматичного діагностування раку та підтипів раку молочної залози «BRECCAD»," Авторське свідоцтво № 140273, 28 листопада 2025.

ABSTRACT

Liashchynskyi, P.B. Methods and Software for Automated Diagnostics in Medical Systems. – Qualifying scientific thesis in manuscript form.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 121 – Software Engineering – West Ukrainian National University, Ternopil, 2026.

This dissertation research is devoted to the development and refinement of methods and software tools for improving the accuracy of segmentation and classification of biomedical images, thereby enhancing the reliability of diagnostic decisions in oncology. The main part of the work includes an introduction, four chapters, and conclusions.

The **introduction** discusses the relevance of the research problem, formulates the aim and objectives of the study, defines the object and subject of the research, outlines the main scientific findings, and highlights the scientific novelty and practical significance.

The **first** chapter presents a systematic analysis of the research objects, existing methods, algorithms, and software tools for automatic cancer diagnosis. A comparative analysis of the architectures of modern computer-aided diagnosis systems was conducted, and it was found that most commercial solutions have a closed, monolithic structure, which limits their adaptability to new medical protocols. It has been demonstrated that methods based on deep neural networks exhibit higher accuracy and better generalization capabilities compared to classical computer vision algorithms. There is a critical need to develop flexible software architectures capable of integrating neural network models and expert knowledge. Based on the analysis conducted, the feasibility of developing a software system for the automatic diagnosis of breast cancer with a modular architecture has been demonstrated, and a list of research objectives for the dissertation has been formulated.

The **second** chapter presents a method for multi-class classification of histological images for the automatic diagnosis of breast cancer based on the degree of differentiation. Software and algorithmic solutions for identifying pathological conditions are substantiated, specifically: a classification method was developed that integrates Network Architecture Search (NAS) technology and evolutionary optimization, which allowed for the synthesis of a RegNet-based model with a classification accuracy of 99.8%.

The **third** chapter is devoted to the development of a method for analyzing immunohistochemical images to automatically diagnose subtypes of breast cancer. A diagnostic method has been developed that combines deep learning with a knowledge-based model, enabling the automated interpretation of images in accordance with the clinical protocols of the Ministry of Health of Ukraine. The architecture of the U-Net network was improved by optimizing its hyperparameters, which led to an increase in the accuracy of micro-object segmentation.

The **fourth** chapter is devoted to the development of a software system for the automatic diagnosis of breast cancer. The chapter describes the functional requirements for the software system and outlines its architecture using modern software development and design technologies. The software tool is built using a client-server modular architecture with a clear separation of responsibilities, which allows system components to be deployed both on a local computer and on any cloud infrastructure. The software system is designed in accordance with the single responsibility principle. This section describes the database structure. The main modules of the system are the user module, the dataset module, the model module, the image synthesis module, the synthesized image similarity assessment (metric) module, the segmentation module, the classification module, the quantitative characteristics calculation module, and the automatic diagnosis module.

Keywords: biomedical images (histology, immunohistochemistry), image analysis (medical image analysis), neural network methods (deep learning, machine learning), segmentation (biomedical image segmentation), classification (image classification), diagnostics (medical diagnostics, medical diagnosis, automatic diagnostic system), convolutional neural networks, software architecture, software system, artificial intelligence, optimization problem.

LIST OF PUBLICATIONS BY THE APPLICANT ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION

Scientific works in which the main scientific results of the dissertation are published:

Articles in professional periodicals in Ukraine:

1. O. M. Berezsky, O. Y. Pitsun, P. B. Liashchynskyi, P. B. Liashchynskyi, and G. M. Melnyk, "Intelektualna systema avtomatyzovanoi mikroskopii analizu histolohichnykh ta tsytolohichnykh zobrazen," *Shtuchnyi intelekt*, no. 2, pp. 129–141, 2017, ISSN: 1561-5359, (1.0 p.s. / 0.2 p.s.; personal contribution: the modules of the intelligent system have been implemented in software). Url: <https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/89348bd4-0402-44d6-b8a8-ef450a323021/content> [1]
2. O. M. Berezsky, P. B. Liashchynskyi, P. B. Liashchynskyi, A. R. Sukhovych, and T. M. Dolynyuk, "Synthesis of biomedical images based on generative adversarial networks," *Ukrainian Journal of Information Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 35–40, 2019, ISSN: 2707-1898, (0.8 p.s. / 0.3 p.s.; personal contribution: an experimental analysis was conducted, and the results of the study were documented). doi:10.23939/ujit2019.01.035 Url: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2019/dec/20288/10maketujit291035.pdf> [2]

3. P. Liashchynskyi and P. Liashchynskyi, "Analysis of metrics for GAN evaluation," *Computer Systems and Information Technologies*, no. 4, pp. 44–51, 2023, ISSN: 2710-0766, (0.9 p.s. / 0.3 p.s.; personal contribution: an experimental analysis was conducted, and the results of the study were documented). doi:10.31891/csit-2023-4-6 Url: <https://csitjournal.khmnu.edu.ua/index.php/csit/article/view/247/169> [3]
4. O. M. Berezsky and P. B. Liashchynskyi, "Development of the architecture of a computer aided diagnosis system in medicine," *Applied Aspects of Information Technology*, vol. 7, no. 4, pp. 359–369, 2024, ISSN: 2617-4316, (1.0 p.s. / 0.8 p.s.; personal contribution: the architecture of a software system for the automated diagnosis of breast cancer has been designed). doi:10.15276/aait.07.2024.25 Url: <https://aait.od.ua/index.php/journal/article/view/163/163> [4]
5. P. B. Liashchynskyi and O. M. Berezsky, "Computer diagnostic systems: Methods and tools," *Ukrainian Journal of Information Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 57–63, 2024, ISSN: 2707-1898, (0.7 p.s. / 0.6 p.s.; personal contribution: methodological approaches to the development of automatic diagnostic systems based on deep learning methods have been substantiated). doi:10.23939/ujit2024.02.057 Url: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2024/dec/37210/757-63.pdf> [5]
6. P. B. Liashchynskyi, "Classification of histological images based on convolutional neural networks," *Radio Electronics, Computer Science, Control*, no. 4, pp. 116–128, 2025, ISSN: 1607-3274, (1.3 p.s.). doi:10.15588/1607-3274-2025-4-11 Url: <https://ric.zp.edu.ua/article/view/346250/333262> [6] (Web of Science)
7. O. Berezsky, P. Liashchynskyi, P. Liashchynskyi, and P. Selsky, "Devising a comprehensive approach to diagnosing breast cancer subtypes automatically based on deep neural networks," *Eastern-European Journal*

of Enterprise Technologies, vol. 6, no. 2 (138), pp. 15–25, 2025, ISSN: 1729-3774, (1.2 p.s. / 0.9 p.s.; personal contribution: the architecture of a neural network based on the U-Net model has been improved, and an algorithm has been developed for the automatic calculation of quantitative characteristics of micro-objects to verify molecular tumor subtypes). doi:10.15587/1729-4061.2025.344041 Url: <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/344041/336437> [7] (Scopus)

8. O. M. Berezsky and P. B. Liashchynskyi, "Software system for automatic diagnosis of breast cancer," *Ukrainian Journal of Information Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 35–43, 2025, ISSN: 2707-1898, (0.8 p.s. / 0.7 p.s.; personal contribution: a software implementation of an automated breast cancer diagnosis system has been designed and described). doi:10.23939/ujit2025.02.035 Url: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2025/dec/41315/535-43.pdf> [8]

Articles in publications of other countries:

9. P. B. Liashchynskyi and P. Liashchynskyi, "Grid Search, Random Search, Genetic Algorithm: A Big Comparison for NAS," *arXiv preprint arXiv:1912.06059*, 2019, (0.4 p.s. / 0.18 p.s.; personal contribution: an experimental analysis was conducted, and the results of the study were documented). doi:10.48550/arXiv.1912.06059 Url: <https://arxiv.org/pdf/1912.06059> [9]

Scientific works certifying the approval of the dissertation materials:

10. O. Berezsky, O. Pitsun, L. Dubchak, P. Liashchynskyi, and P. Liashchynskyi, "GPU-based biomedical image processing," in *Proceedings of the 2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, 2018, pp. 96–99, ISSN: 2573-5373, (0.5 p.s. / 0.15 p.s.; personal contribution: an experimental analysis was conducted, and the results of the study were

- documented). doi:10.1109/MEMSTECH.2018.8365710 Url: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8365710> [10] (Scopus)
- 11.O. Berezsky, P. Liashchynskiy, O. Pitsun, P. Liashchynskiy, and M. Berezky, "Comparison of deep neural network learning algorithms for biomedical image processing," *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 3302, pp. 135–145, 2022, ISSN: 1613-0073, (0.6 p.s. / 0.2 p.s.; personal contribution: an experimental analysis was conducted, and the results of the study were documented). Url: <https://ceur-ws.org/Vol-3302/paper7.pdf> [11] (Scopus)
- 12.P. B. Liashchynskiy and P. B. Liashchynskiy, "Shtuchnyi intelekt v systemakh diahnozyky patsientiv," in *Proceedings of the VI Naukovo-praktychna konferentsiia molodykh vchenykh i studentiv "Intelektualni kompiuterni systemy ta merezhi"*, Ternopil, Ukraine, 2022, p. 24, (0.06 p.s. / 0.03 p.s.; personal contribution: an analysis of the diagnostic process was conducted). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2022_1.pdf#page=24 [12]
- 13.P. Liashchynskiy, "Intehratsiia shtuchnoho intelektu v medychnii diahnozyty," in *Proceedings of the VIII Naukovo-praktychna konferentsiia molodykh vchenykh i studentiv "Intelektualni kompiuterni systemy ta merezhi"*, Ternopil, Ukraine, 2023, p. 35, (0.05 p.s.). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2023_2.pdf#page=35 [13]
- 14.P. B. Liashchynskiy and P. B. Liashchynskiy, "Vykorystannia system avtomatyzovanoi mikroskopii dlia pokrashchennia analizu biomedychnykh zobrazhen," in *Ekonomichnyi i sotsialnyi rozvytok Ukrainy v XXI stolitti: natsionalna viziia ta vyklyky hlobalizatsii*, Ternopil, Ukraine, 2023, p. 729, ISBN: 976-966-654-717-3, (0.09 p.s. / 0.04 p.s.; personal contribution: analysis of biomedical images was performed). Url: <https://dspace.wunu.edu.ua/items/b465936f-763e-4d34-873e-d8552433a2d5> [14]

- 15.P. Liashchynskyi, "Analiz medychnykh system kompiuternoi diahnostyky," in *Proceedings of the IX Naukovo-praktychna konferentsiia molodykh vchenykh i studentiv "Intelektualni kompiuterni systemy ta merezhi"*, Ternopil, Ukraine, 2024, pp. 36–37, (0.2 p.s.). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/conf%209_2024_maket1.pdf#page=36 [15]
- 16.O. Berezsky, P. Liashchynskyi, and P. Liashchynskyi, "Diagnostic methods and tools in medical systems," in *Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference "COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND SMART SYSTEMS" (CISS-2024)*, Lviv, Ukraine: «ATB» Publishing, 2024, pp. 24–26, ISBN: 978-966-2042-89-4, (0.2 p.s. / 0.15 p.s.; personal contribution: an analysis of the architectures of computer aided diagnosis and decision support systems in medicine). Url: <https://science.lpnu.ua/ciss-2024/proceedings> [16]
- 17.P. Liashchynskyi, "Arkhitektura systemy kompiuternoho diahnostuvannia," in *Proceedings of the Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia studentiv, apirantiv ta molodykh vchenykh "Intelektualni kompiuterni systemy ta merezhi"*, Ternopil, Ukraine, 2024, pp. 32–33, (0.14 p.s.). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2024_2.pdf#page=32 [17]
- 18.P. Liashchynskyi, "Hlyboke navchannia v medychnii diahnostytsi," in *Proceedings of the II Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia studentiv, apirantiv ta molodykh vchenykh "Intelektualni kompiuterni systemy ta merezhi"*, Ternopil, Ukraine, 2025, pp. 58–61, (0.2 p.s.). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2025_1.pdf#page=58 [18]
- 19.P. Liashchynskyi, "Comparing CNNs for histological image classification," in *Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference "COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND SMART SYSTEMS" (CISS-2025)*, Lviv, Ukraine: Omelchenko V. H. Publishing, 2025, pp. 97–99,

ISBN: 978-617-8683-10-8, (0.3 p.s.). Url: <https://science.lpnu.ua/uk/ciss-2025/zbirnyk-materialiv-konferenciyi-ciss-2025> [19]

20.O. Berezsky, M. Berezkyi, P. Liashchynskyi, P. Liashchynskyi, and G. Melnyk, "Estimating the number of iterations needed for biomedical image synthesis to achieve a given classification accuracy," in *8th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine*, Bratislava, Slovakia Republic, 2025, (1.0 p.s. / 0.7 p.s.; personal contribution: expanded the sample of histological images and conducted an experimental analysis). [20] (**Scopus**)

21.P. Liashchynskyi, "Prohramna systema avtomatychnoho diahnostuvannia raku molochnoi zalozy," in *Proceedings of the III Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia studentiv, apirantiv ta molodykh vchenykh "Intelektualni kompiuterni systemy ta merezhi"*, Ternopil, Ukraine, 2025, pp. 74–77, (0.2 p.s.). Url: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2025_2.pdf#page=74 [21]

Other results related to the dissertation:

Copyright to the work:

22.O. M. Berezsky, P. B. Liashchynskyi, P. B. Liashchynskyi, G. M. Melnyk, and O. Y. Pitsun, "Kompiuterna prohrama dlia avtomatychnoho diahnostuvannia raku ta pidtypiv raku molochnoi zalozy 'BRECCAD'," Copyright Certificate No. 140273 UA, Nov. 28, 2025.