



ЗАТВЕРДЖУЮ

Професор з наукової роботи  
Національного університету  
"Львівська політехніка"  
д.т.н. Проф. Іван ДЕМИДОВ

2024 р.

### Висновок

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів  
дисертації «Синтез біомедичних зображень на основі  
глибоких нейронних мереж»

здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю  
122 *Комп'ютерні науки* (галузь знань 12 *Інформаційні технології*)

Лящинського Петра Борисовича

наукового семінару кафедри  
автоматизованих систем управління  
навчально-наукового інституту  
комп'ютерних наук та інформаційних технологій

#### 1. Актуальність теми дисертації

Біомедичні зображення використовуються для візуалізації роботи органів людини і тварин. Серед цих зображень є підкласи, які використовуються для постановки діагнозу в онкології. Завдяки розвитку обчислювального інтелекту з'явилися сучасні автоматичні класифікатори зображень, які проектуються на основі нейронних мереж. Проте використання класифікаторів вимагає наявності потужних навчальних вибірок.

Наявні навчальні вибірки біомедичних зображень, що знаходяться у відкритому доступі, є досить обмеженими з об'єктивних причин (час збору зображень, вартість і т.д.). Тому розширення наборів біомедичних зображень для навчання нейронних мереж є актуальним завданням.

У випадку рідкісних захворювань, кількість доступних зображень може бути недостатньою для ефективного навчання моделей нейронних мереж. Синтетичні зображення можуть заповнити цей пробіл і забезпечити кращу точність діагностики. Крім того, синтетичні зображення сприяють розвитку нових методів діагностики та терапії, моделюючи різні сценарії розвитку захворювань, що допомагає лікарям приймати обґрунтовані рішення щодо лікування.

Таким чином, синтез біомедичних зображень є критично важливим для вдосконалення медичних технологій, підвищення точності діагностики та забезпечення ефективного навчання моделей нейронних мереж.

## **2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямками університету та кафедри**

Дисертація виконувалася відповідно до пріоритетних напрямів науково-дослідних робіт Західноукраїнського національного університету (ЗУНУ) та Національного університету «Львівська політехніка» (НУЛП) та відповідно до координаційних планів Міністерства освіти й науки України. Зокрема, наукові дослідження виконувалися в межах держбюджетних та господарських наукових робіт кафедри комп'ютерної інженерії ЗУНУ та автоматизованих систем управління НУЛП: «Гібридна інтелектуальна інформаційна технологія діагностування передракових станів молочної залози на основі аналізу зображень» (держ. номер 0116U002500), «Нейромережеві методи і засоби класифікації зображень ауто- та ксеногенних тканин» (держ. номер 0119U103227), «Методи машинного навчання для кластеризації та класифікації зображень ауто- та ксеногенних тканин» (держ. номер 0120U103514), «Високопродуктивна комп'ютерна система опрацювання біомедичних зображень» (держ. номер 0122U201124), «Методи та засоби нейронечіткого управління групою мобільних робототехнічних платформ» (держ. Номер 0123U101688)

### **3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів**

Аналіз структури та змісту дисертаційної роботи та наукових праць, що опубліковані автором, дозволяє стверджувати, що усі наукові та практичні результати отримані ним особисто і повною мірою опубліковані та апробовані.

Особисто дисертанту належать такі наукові результати: аналіз та порівняння архітектур генеративно-змагальних мереж для синтезу біомедичних зображень; аналіз та порівняння алгоритмів навчання нейронних мереж, методів оптимізації гіперпараметрів нейронної мережі та метрик для оцінки генеративно-змагальних нейронних мереж; розробка методів для синтезу архітектур згорткових та генеративно-змагальних нейронних мереж; розробка алгоритмів та методів класифікації і синтезу біомедичних зображень та архітектур згорткових і генеративно-змагальних нейронних мереж.

Робота містить теоретичні та прикладні положення та висновки, сформульовані дисертантом особисто. Ідеї, положення чи гіпотези інших авторів, які присутні в дисертації, мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей та результатів здобувача.

### **4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій.**

Аналіз змісту розділів, використаного інструментарію та способів його застосування дозволяє зробити висновок про належну обґрунтованість наукових результатів. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, повністю обґрунтовано теоретичним аналізом, результатами практичного використання та інформацією з науково-технічної літератури, підтверджено характеристиками впроваджених систем.

### **5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру.**

У дисертаційній роботі розв'язано актуальне наукове завдання, що полягає в

розробленні, вдосконаленні методів і засобів синтезу та розширення навчальних наборів для підвищення точності класифікації глибокими нейронними мережами біомедичних зображень. При цьому отримано такі нові результати:

*вперше розроблено:*

- метод автоматичного синтезу архітектур згорткових нейронних мереж для класифікації біомедичних зображень, який, за рахунок використання фаз мікропошуку та макропошуку, забезпечує створення архітектур нейромереж з підвищеною точністю класифікації біомедичних зображень;
- метод автоматичного синтезу архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж для задач генерування біомедичних зображень, який, за рахунок використання механізмів самоуваги в генераторі й дискримінаторі та синтезу зображень за мітками, забезпечує підвищення якості синтезованих зображень;

*вдосконалено:*

- метод генерування та класифікації біомедичних зображень, який, за рахунок використання методів автоматичного синтезу архітектур згорткових і генеративно-змагальних нейронних мереж, забезпечив розширення та доповнення навчальної вибірки біомедичних зображень для навчання згорткових нейронних мереж;
- модель опису архітектур нейронних мереж, яка, за рахунок використання теоретико-множинного підходу, забезпечила формалізацію представлення згорткових і генеративно-змагальних нейронних мереж.

## **6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації**

Основні наукові результати дисертації опубліковано у 18 працях, зокрема: п'ять статей – у наукових фахових періодичних виданнях України; дві статті – у наукових фахових періодичних виданнях України, що входять до наукометричної

бази Web of Science; сім публікацій – у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових, науково-технічних конференцій (п'ять із них входять до наукометричної бази Scopus); розділ колективної монографії – у наукових періодичних виданнях іншої держави; одна стаття – на іноземному сервісі arXiv.org (Cornell University); одна стаття – у наукових періодичних виданнях іншої держави (Scopus, Q1); авторське право.

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Інтелектуальна система автоматизованої мікроскопії аналізу гістологічних та цитологічних зображень / О.М. Березький, О.Й. Піцун, П.Б. Лящинський, П.Б. Лящинський, Г.М. Мельник // Штучний інтелект. — 2017. — № 2. — С. 129-141. — Бібліогр.: 9 назв. — укр.
2. Синтез біомедичних зображень на підставі генеративно-змагальних мереж / О. М. Березький, П. Б. Лящинський, П. Б. Лящинський, А. Р. Сухович, Т. М. Долинюк // Український журнал інформаційних технологій. — Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. — Том 1. — № 1. — С. 35–40.
3. Berezska O.M., Liashchynskyi P.B. “Comparison of generative adversarial networks architectures for biomedical images synthesis”. *Applied Aspects of Information Technology*. 2021; Vol. 4, No. 3: 250–260. DOI:<https://doi.org/10.15276/aait.03.2021.4>.
4. Liashchynskyi, P., & Liashchynskyi, P. (2023). Analysis of metrics for GAN evaluation. *Computer Systems and Information Technologies*, (4), 44–51. <https://doi.org/10.31891/csit-2023-4-6>.
5. Berezska, O. M., Liashchynskyi, P. B., Pitsun, O. Y., & Melnyk, G. M. (2024). Deep network-based method and software for small sample biomedical image generation and classification. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (4), 76. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2023-4-8> (*Web of Science*)
6. Berezska, O. M., & Liashchynskyi, P. B. (2024). Method of generative-adversarial networks searching architectures for biomedical images synthesis. *Radio*

Electronics, Computer Science, Control, (1), 104. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2024-1-10> (*Web of Science*)

7. П. Лящинський. Програмний засіб для синтезу та класифікації біомедичних зображень. *Науковий вісник НЛТУ України*. Вип. 34, № 4.

#### Статті у виданнях інших держав:

1. Liashchynskyi, P.B., & Liashchynskyi, P. (2019). Grid Search, Random Search, Genetic Algorithm: A Big Comparison for NAS. ArXiv, abs/1912.06059.

2. Berezsky O, Liashchynskyi P. Synthesis of Convolutional Neural Network architectures for biomedical image classification, *Biomedical Signal Processing and Control*, Volume 95, Part B, 2024, 106325, <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2024.106325>. (*Scopus, Q1*)

#### Розділ колективної монографії:

1. Berezsky, O., Pitsun, O., Liashchynskyi, P., Derysh, B., Batryn, N. (2023). Computational Intelligence in Medicine. In: Babichev, S., Lytvynenko, V. (eds) *Lecture Notes in Data Engineering, Computational Intelligence, and Decision Making. ISDMCI 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*; vol 149. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16203-9\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16203-9_28) (*Scopus*)

#### Матеріали конференцій:

1. O. Berezsky, O. Pitsun, L. Dubchak, P. Liashchynskyi and P. Liashchynskyi, "GPU-based biomedical image processing," 2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Lviv, Ukraine, 2018, pp. 96-99, doi: 10.1109/MEMSTECH.2018.8365710. (*Scopus*)

2. Лящинський П. Порівняння GAN-архітектур для синтезу біомедичних зображень // III Науково-практична конференція молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» 2020, 26 листопада 2020р.: тези доп. – Тернопіль, 2020. – С. 31.

3. Berezsky, O., Liashchynskyi, P., Pitsun, O., Liashchynskyi, P., & Berezkyy, M. Comparison of Deep Neural Network Learning Algorithms for Biomedical Image Processing. CEUR Workshop Proceedings. 2022. Vol. 3302: 5th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine, November 18–20, 2022, Lyon, France. P. 135-145. (*Scopus*)

4. Berezsky, O., Pitsun, O., Melnyk, G., Batko, Y., Derysh, B., & Liashchynskyi, P. Application Of MLOps Practices For Biomedical Image Classification. CEUR Workshop Proceedings. 2022. Vol. 3302: 5th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine, November 18–20, 2022, Lyon, France. P. 69-77. (*Scopus*)

5. Berezsky, O., Liashchynskyi, P., Pitsun, O., Melnyk, G. Method and software tool for generating artificial databases of biomedical images based on deep neural networks. CEUR Workshop Proceedings. 2023. Vol. 3609: 6th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine, November 17 - 19, 2023, Bratislava, Slovakia. P. 15-26. (*Scopus*)

6. Berezsky, O., Pitsun, O., Melnyk, G., Batko, Y., Liashchynskyi, P., & Berezkyy, M. MLOps approach for automatic segmentation of biomedical images. CEUR Workshop Proceedings. 2023. Vol. 3609: 6th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine, November 17 - 19, 2023, Bratislava, Slovakia. P. 241-248. (*Scopus*)

7. Лящинський, П. Б., & Лящинський, П. Б. Використання систем автоматизованої мікроскопії для покращення аналізу біомедичних зображень // Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна візія та виклики глобалізації, с. 729.

#### Авторське право:

1. BCADCID breast cancer artificial digital cytology image database.: copyright certificate 123607 / O. M. Berezsky, P. B. Liashchynskyi, G. M. Melnyk, O. Y. Pitsun. Application. November 20, 2023, published February 8, 2024.

**Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації.** У кожному розділі дисертації вказуються публікації, у яких відображено результати досліджень цього розділу. Опубліковані роботи відображають основні положення дисертації. Аналіз їх змісту свідчить, що усі результати є повністю опубліковані та апробовані. Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно. Особисто здобувачеві належать такі наукові результати: аналіз та порівняння архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж для синтезу біомедичних зображень; аналіз та порівняння алгоритмів навчання нейронних мереж, методів оптимізації гіперпараметрів нейронної мережі та метрик для оцінки генеративно-змагальних нейронних мереж; розробка методів для синтезу архітектур згорткових та генеративно-змагальних нейронних мереж; розробка алгоритмів та методів класифікації і синтезу біомедичних зображень та архітектур згорткових і генеративно-змагальних нейронних мереж.

Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації.

#### **7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо**

Результати дисертаційної роботи доповідалися автором особисто на семінарах та конференціях: наукових семінарах кафедри комп'ютерної інженерії Західноукраїнського національного університету (2020-2023 рр.), кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка» (2023-2024 рр.), міжнародних науково-практичних конференціях «Informatics & Data-Driven Medicine IDDM» (Львів, 2022-2023 рр.), «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» (Тернопіль, 2020), «Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна візія та виклики глобалізації» (Тернопіль, 2023 р.).

В опублікованих працях достатньо повно розкрито та апробовано основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, що виконані здобувачем особисто.



**8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчання курсів, де можуть бути застосовані отримані результати**

Впровадження результатів дисертаційної роботи полягає в їхньому використанні при викладанні навчальних дисциплін як окремих розділів лекційних курсів, так і в циклах лабораторних робіт.

Результати дисертаційної роботи використано при підготовці таких дисциплін: «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту», «Методи розпізнавання зображень і комп'ютерний зір», «Технології машинного навчання», «Теоретичні основи штучного інтелекту» на кафедрі комп'ютерної інженерії Західноукраїнського національного університету.

**9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані**

Результати дисертаційної роботи впроваджено у ТзОВ «Інститут біомедичних технологій» (підтверджено актом впровадження).

**10. Оцінка структури дисертації, мова та стиль викладення**

Зміст дисертаційної роботи «Синтез біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж» відповідає обраній темі, забезпечує досягнення поставленої мети і вирішення завдання дослідження, за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення про присудження ступеня доктора філософії».

**У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.**

**11. З урахуванням зазначеного, на науковому семінарі кафедри автоматизованих систем управління ухвалили:**

**11.1.** Дисертація Ляцинського Петра Борисовича «Синтез біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання розроблення, вдосконалення методів і засобів синтезу та розширення навчальних наборів для підвищення точності класифікації глибокими нейронними мережами біомедичних зображень, що має важливе значення для галузі знань 12 *Інформаційні технології*.

**11.2.** Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

**11.3.** У 18 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 5 статей у наукових фахових виданнях України; 6 статей у наукових періодичних виданнях інших держав, які входять до міжнародних наукометричних баз; 2 статті у виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз.

**11.4.** Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами).

**11.5.** Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Лящинського П.Б. дисертація «Синтез біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	54	(п'ятдесят чотири)
проти	-	(немає)
утримались	-	(немає)

Головуючий на науковому семінарі кафедри автоматизованих систем управління, зав. кафедри автоматизованих систем управління, д.т.н., професор



Василь ТЕСЛЮК

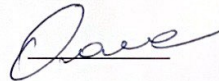
Рецензенти:

д.т.н., професор



Іван ЦМОЦЬ

к.т.н., ст.н.с.



Юрій ОПОТЯК

Відповідальний у ННІ за атестацію PhD  
к.т.н., доцент



Анатолій БАТЮК

" 16 " 05 2024 р.

---