

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Використання технік навчання нейронних мереж на малому наборі даних для адаптації моделі»

здобувача ступеня доктора філософії з галузі знань

12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Баранова Миколи Вікторовича

1. Актуальність теми дисертації

У сучасному машинному навчанні нейронні мережі відіграють ключову роль завдяки здатності моделювати складні залежності в даних. Проте їх ефективність значною мірою залежить від наявності великих обсягів навчальної інформації, що обмежує можливість застосування таких моделей у сферах, де збирання повноцінних датасетів є технічно складним, дорогим або етично чутливим. Зокрема, такі обмеження виникають у задачах медичної діагностики, моніторингу рідкісних природних явищ, біоінформатиці, а також в галузях, пов'язаних із безпекою й захистом даних.

У зв'язку з цим актуальним є розвиток моделей, здатних забезпечувати високу точність і стійкість за умов недостатньої вибірки. Одним із перспективних напрямів є навчання нейронних мереж на малих наборах даних із використанням підходів на основі метрик. На відміну від традиційного навчання, ці методи орієнтовані не лише на класифікацію, а на побудову простору ознак, де об'єкти з однаковими мітками є близькими, а з різними — віддаленими.

Хоча такі методи демонструють хороші результати на контрольованих невеликих вибірках, на практиці подібні дані трапляються рідко. Реальні набори часто містять шум, мають пропущені значення або значну диспропорцію між класами. Це створює додаткові виклики для навчання, знижуючи його ефективність без адаптивних механізмів.

Саме тому тематика досліджень є актуальною. Дослідження в цьому напрямі відкриває можливості створення стійких, інтерпретованих та ефективних моделей, придатних до використання у складних умовах реального світу.

Тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Львівського національного університету імені Івана Франка, протокол № 22/11 від 24.11.2021.

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

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до плану наукових досліджень кафедри дискретного аналізу та інтелектуальних систем “Розробка аналітичних і чисельних методів для розв’язування гідродинамічних задач та застосування машинного навчання для крайових задач та обмежених наборів даних” (номер державної реєстрації №0122U002572). Результати дисертації частково використані при виконанні досліджень за проектом “Використання методів штучного інтелекту в безпілотних системах” за Додатковою угодою № БФ/3- 2024 від 1 квітня.2023 р. до Договору № БФ/60- 2021 від 4 серпня 2021 р.

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням. Наведені в роботі основні наукові результати отримані автором самостійно. Здобувачем досліджено проблематику застосування моделей, що навчаються на малих наборах даних у випадку використання тренувальних даних з значною кількістю помилок, шумів та неузгодженостей. Баранов М. В. вперше побудував архітектуру нейронної мережі, що навчається на основі метрик з застосуванням ймовірнісних підходів тренування моделей. Досліджено процес тренування таких моделей, а також фактори, що впливають на перенавчання, та методи регуляризації. Дисертант також побудував архітектуру нейронної мережі з розподіленими знаннями та адаптував її до задачі багатокласової класифікації у випадку використання малих наборів даних для тренування. Автор проаналізував та апробував усі архітектури моделей на відкритих наборах даних. Запропоновані моделі продемонстрували кращі результати ніж відомі аналоги в межах проведених експериментів.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором вирішень, висновків, рекомендацій

Дисертаційна робота містить повні обґрунтування побудованих моделей. Результати досліджень підтверджені експериментально. Усі результати експериментів детально проаналізовано та пояснено. Матеріали дисертації апробовано на трьох наукових конференціях, а також на семінарах кафедри дискретного аналізу та інтелектуальних систем у Львівському національному

університеті імені Івана Франка. Результати, наведені в дисертації, опубліковано в 7-ми наукових статтях, в тому числі в рецензованих виданнях з переліку наукових фахових видань України, а також у двох закордонних виданнях, що індексуються в наукометричній базі Scopus.

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

У дисертаційній роботі вперше одержані наступні наукові результати:

- побудовано архітектуру нейронної мережі з використанням ймовірнісної задачі тренування, здатну тренуватися в умовах обмеженого набору даних. Отримана модель стійка до невизначеності та неузгодженості тренувальних даних, в той же час здатна працювати з дуже обмеженим набором таких даних;
- розширено можливості реляційних моделей на прогнозування декількох змінних за один прямий прохід (forward pass) шляхом додавання деревовидної структури в останні класифікаційні шари. Такий підхід забезпечує використання результатів попередніх шарів для різних конкретних точкових задач, що призводить до приросту швидкості роботи моделі та ефективнішого тренування зменшуючи ризик перенавчання;
- об'єднано стійку до невизначеностей та неузгодженостей модель з архітектурою, що використовує деревовидну структуру класифікаційних шарів. Таке об'єднання дозволило отримати одну монолітну модель, що здатна прогнозувати одразу декілька змінних за один прямий прохід, та забезпечує ефективне тренування в складних умовах (наприклад, таких як краудсорсингова анотація даних замість анотації експертами);
- отриманими результатами експериментів показано, що запропоновані архітектури моделей покращують результати попередніх відомих архітектур - класичних нейронних мереж на базі функції активації softmax та аналогічних моделей з використанням ймовірнісного прогнозування. Такі моделі характеризуються значно гіршими показниками якості, в умовах обмеженої кількості даних;

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

6.1. Статті у наукових фахових виданнях України:

1. М. В. Баранов і Ю. М. Щербина, “Техніки навчання на малому наборі даних для задач сегментації,” *Вісник Львівського університету. Серія прикладна математика та інформатика*, vol. 28, pp. 100–115, 2020, doi: 10.30970/vam.2020.28.10975. (Особисті внески співавторів: Баранову М. В. належить побудова моделі сегментації в умовах обмежених даних та порівняння моделі з існуючими результатами; Щербині Ю. М. належить постановка проблеми, обговорення результатів дослідження та рецензування статті)

2. М. В. Баранов, С. А. Іванов, Я. І. Соколовський, та Ю. Р. Юрченко, “Розробка прототипу системи оптичного розпізнавання тексту для зображень низької якості,” *Вісник Львівського університету. Серія прикладна математика та інформатика*, vol. 29, pp. 91–101, 2021, doi: 10.30970/vam.2021.29.11344. (Особисті внески співавторів: Баранову М. В. належить розробка прототипу системи розпізнавання тексту, та аналіз якості результатів цього прототипу; Юрченко Ю. Р. належить програмна реалізація моделі та проведення чисельних експериментів; Соколовському Я. І. належить рецензування статті та аналіз отриманих результатів; Іванову С. А. належить технічна підтримка в проведенні апробацій моделі)

3. М. В. Баранов, Д. В. Зарецька, та С. А. Іванов, “Аудіо-аутентифікація користувача за голосом,” *Вісник Львівського університету. Серія прикладна математика та інформатика*, vol. 30, pp. 112–120, 2022, doi: 10.30970/vam.2022.30.11452. (Особисті внески співавторів: Баранову М. В. належить розробка архітектура моделі розпізнавання голосу та аналіз результатів дослідження; Зарецькій Д. В. належить програмна реалізація моделі та чисельний аналіз результатів; Іванову С. А. належить підготовка обчислювальних ресурсів та безпосереднє проведення апробацій моделі)

4. M. V. Baranov and Y. M. Shcherbyna, “Comprehensive analysis of few-shot image classification method using triplet loss,” *Вісник Національного університету «Львівська політехніка», серія «Інформаційні системи та мережі»*, vol. 11, pp. 103–109, 2022, doi: 10.23939/sisn2022.11.103. (Особисті внески співавторів:

Баранову М. В. належить дослідження способів тренування моделей на малих наборах даних з використанням цільової функції втрат методом трійок; Щербині Ю. М. належить постановка задачі, аналіз результатів дослідження та підготовка статті до друку)

5. M. V. Baranov, Y. M. Shcherbyna, and O. V. Hodych, “Exploit computer vision inpainting approach to boost deep learning models,” *Вісник Національного університету «Львівська політехніка», серія «Інформаційні системи та мережі»*, vol. 12, pp. 1–6, 2022, doi: 10.23939/sisn2022.12.001. (Особисті внески співавторів: Баранову М. В. належить побудова та програмна реалізація методу покращення якості зображення на кроці попередньої обробки моделі; Щербині Ю. М. належать ідеї використання методів відновлення сигналу; Годичу О. В. належить програмна реалізація методів порівняння результатів)

6.2. Публікації у наукових періодичних виданнях, що індексуються у наукометричних базах Scopus та/або Web of Science Core Collection:

6. M. V. Baranov, S. A. Ivanov, D. V. Shvetsov, and Y. M. Shcherbyna, “Application of Super Resolution for Optical Character Recognition in Low Quality Images,” *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 695, pp. 135–145, 2023, doi: 10.1007/978-981-99-3043-2_11 (**Scopus, Q4**). (Особисті внески співавторів: Баранову М. В. належить дизайн, прототипування та застосування моделі нейронної мережі до зображень низької якості а також аналіз результатів розпізнавання тексту; Шевцову Д. В. належить програмна реалізація експериментів; Щербині Ю. М. належить рецензування статті, підготовка до друку та обговорення методів дослідження; Іванову С. А. належить забезпечення середовища проведення тренування нейронних мереж)

7. M. V. Baranov, I. Borachok, S. A. Ivanov, M. Mandzak, and Y. M. Shcherbyna, “Residual Domain Expert Architecture for Few-Shot Learning Classification Task,” in *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, 2023, pp. 1–6, doi: 10.1109/CSIT61576.2023.10324234 (**Scopus**). (Особисті внески співавторів: Баранову М. В. належить ідея та побудова моделі з незалежними експертами та розподіленими знаннями для задачі класифікації; Манздаку М. належить програмна реалізація нейронної мережі; Щербині Ю. М. належить рецензування статті; Борачку І. належить редагування статті та підготовка до друку,

Іванову С. А. належить технічна підтримка проведення експериментів та забезпечення обчислювальних ресурсів)

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

1. M. V. Baranov and Y. M. Scherbyna, “Application of Metric Learning to Large-Scale Image Classification Task,” *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 3171, pp. 1097–1106, 2022 (Scopus).

2. М. В. Баранов, “Визначення цілей тренування нейронної мережі без змін цільової функції втрат”, доповідь на конференції “Сучасні проблеми прикладної математики та комп’ютерних наук”, 27 вересня 2021 р., Львів, Україна.

3. M. V. Baranov, “Application of Metric Learning to Large-scale Image Classification Task,” доповідь на конференції “Main Conference (CoLInS 2022)”, онлайн (Zoom), 1 травня 2022 р.

4. M. V. Baranov, “Application of Super Resolution for optical character recognition in low quality images,” доповідь на конференції “8th International Congress on Information and Communication Technology (ICICT 2023)”, 20–23 лютого 2023 р., Лондон, Велика Британія.

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

Результати дисертації мають теоретичний та характер і можуть бути застосовані у подальшому розвитку теорії систем прийняття рішень, аналізу даних та інтелектуальних сервісів. Також отримані у роботі результати можуть бути використані при підготовці навчальних спецкурсів із машинного навчання.

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

Отримані результати можуть бути використані в безпосередній побудові класифікаційних моделей, зокрема в галузях астрономії, медицини,

кібербезпеки, фінансового прогнозування та управління технічними системами, де критично важливою є здатність моделей ефективно працювати з обмеженими, неповними даними та здатність моделі до адаптації.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

Дисертацію заслухано та обговорено на науковому семінарі кафедри дискретного аналізу та інтелектуальних систем факультету прикладної математики та інформатики Львівського національного університету імені Івана Франка (протокол № 10/25 від 22 квітня 2025 року). У ході обговорення дисертації суттєвих зауважень, які стосуються суті роботи, не було висунуто.

Дисертація Баранова Миколи Вікторовича «Використання технік навчання нейронних мереж на малому наборі даних для адаптації моделі» є завершеною науковою працею рамках поставлених задач.

Основні наукові результати дисертації опубліковано в 7-ми наукових статтях, в тому числі в рецензованих виданнях з переліку наукових фахових видань України, а також у двох закордонних виданнях, що індексуються в наукометричній базі Scopus.

На основі вищесказаного можна зробити такі висновки щодо поданої дисертаційної роботи:

1. За актуальністю обраної теми, обсягом, достовірністю та рівнем апробації отриманих результатів, науковою новизною, обґрунтованістю висновків, практичною цінністю дисертаційна робота «Використання технік навчання нейронних мереж на малому наборі даних для адаптації моделі» відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та п. 6 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами).

2. Дисертація відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» (галузь знань 12 «Інформаційні технології»).

3. Наукові праці Баранова Миколи Вікторовича, опубліковані за результатами дисертаційної роботи, за кількістю та якістю відповідають пп. 8-9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44 (зі змінами).

4. Дисертація «Використання технік навчання нейронних мереж на малому наборі даних для адаптації моделі» Баранова Миколи Вікторовича рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

Головуючий на засіданні наукового семінару,
професор кафедри дискретного аналізу
та інтелектуальних систем
ЛНУ імені Івана Франка,
доктор фіз.-мат. наук, проф.

Микола ПРИТУЛА

«24» квітня 2025 року

Підпис професора Миколи ПРИТУЛИ засвідчую.

Вчений секретар
Львівського національного
університету імені Івана Франка,
доцент



Ольга ГРАБОВЕЦЬКА