

**Рішення**  
**разової спеціалізованої вченої ради**  
**про присудження ступеня доктора філософії**

Здобувач ступеня доктора філософії **Микола БАРАНОВ**, 1998 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2020 році Львівський національний університет імені Івана Франка за спеціальністю «Комп'ютерні науки», працює на посаді асистента кафедри дискретного аналізу та інтелектуальних систем Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Львів, виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Комп'ютерні науки».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Львів, від 02 травня 2025 року №666, у складі:

Голови разової

спеціалізованої вченої ради – **Богдана ПАВЛИШЕНКА**, доктора технічних наук, доцента, професора кафедри системного проектування Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Львів.

Рецензентів –

**Дмитра ПЕЛЕСКА**, доктора технічних наук, професора, професора кафедри кібербезпеки Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Львів;

**Надії КОЛОС**, кандидата фізико-математичних наук, доцента, доцентки кафедри дискретного аналізу та інтелектуальних систем Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Львів.

Офіційних опонентів –

**Василя ЛИТВИНА**, доктора технічних наук, професора, професора кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, м. Львів;

**Надії НЕДАШКІВСЬКОЇ**, доктор технічних наук, доцента, професорки кафедри математичних методів системного аналізу Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

на засіданні «16» червня 2025 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань Інформаційні технології **Миколі БАРАНОВУ** на підставі публічного захисту дисертації «**Використання технік навчання нейронних мереж на малому наборі даних для адаптації моделі**» за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Дисертацію виконано в Львівському національному університеті імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Львів.

Науковий керівник: **Юрій ЩЕРБИНА**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри дискретного аналізу та інтелектуальних систем Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, який за змістом, рівнем наукової новизни, теоретичним і практичним значенням результатів, кількістю наукових публікацій відповідає вимогам пункту 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), та вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 (зі змінами).

Дисертація Микола Баранова є самостійною, завершеною науковою працею, що відображає результати проведеного дослідження. Результати дисертаційного дослідження є науково-обґрунтованими і достовірними, підтверджуються сучасними методами досліджень. Отримані результати мають істотне значення для галузі знань Інформаційні технології.

Наукова новизна дослідження полягає у тому, що вперше побудовано реляційну нейронну мережу, що тренується з використанням ймовірнісних підходів навчання нейронних мереж. Крім того, запропоновано архітектуру моделі з розподіленими знаннями, яка здатна накопичувати розуміння предметної області незалежно в різних модулях. Така архітектура є гнучкою та може бути застосована, наприклад, до розширення ймовірнісних реляційних моделей до розв'язування задач багатокласової класифікації в умовах наявності

малої кількості тренувальних даних та різноманітного роду неточностей та помилок у таких даних.

Теоретичне значення результатів дисертації полягає у тому, що запропоновані техніки навчання нейронних моделей дають змогу створювати моделі з використанням лише декількох тренувальних прикладів. Це є важливим аспектом для автоматичного аналізу рідкісних явищ, таких як унікальні випадки захворювань, унікальні природні явища, тощо.

Результати дисертаційної роботи мають прикладне значення для розвитку систем штучного інтелекту, комп'ютерних наук, а також як інструмент у різноманітних галузях наук, зокрема астрономії. Результати дослідження також можуть бути використані у навчальному процесі під час викладання навчальних дисциплін «Вступ до машинного навчання», «Машинне навчання», «Системи штучного інтелекту» на кафедрі дискретного аналізу та інтелектуальних систем Львівського національного університету імені Івана Франка.

Здобувач має 7 наукових публікацій за темою дисертації, з них 7 (сім) статей, серед яких дві – у міжнародних наукових виданнях, що входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science та 5 (п'ять) статей у фаховому науковому виданні України:

1. 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**).
2. 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**).
3. М. В. Баранов, 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.
4. М. В. Баранов, С. А. Іванов, Я. І. Соколовський, 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.
5. М. В. Баранов, Д. В. Зарецька, 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.

6. 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.
7. 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

У дискусії взяли участь голова і члени разової спеціалізованої вченої ради та висловили зауваження:

1. **Павлишенко Богдан**, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри системного проектування Львівського національного університету імені Івана Франка МОН України, без зауважень.

2. **Литвин Василь**, професор, професор кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка» МОН України, надав позитивний відгук із зауваженнями та запитаннями:

1. Результат роботи реляційних моделей залежить від вибору множини підтримки. Таким чином, отримані метрики залежать від параметрів вибору цієї множини. У дисертаційному дослідженні показано середнє значення метрик з використанням випадкового вибору множини підтримки. Для повноти картини є сенс додати ще й довірчий інтервал.

2. Для тренування реляційних моделей запропоновано наперед обчислити набори ознак усіх прикладів тренувального набору даних, а після цього відношення між парами цих прикладів. Це, очевидно, створює проблему дисбалансу класів (позитивних та негативних), що вирішується перебалансуванням класів. У практиці цей процес може бути спрощено до використання лише підмножини усіх можливих пар тренувальних прикладів. Це може мати еквівалентний вплив на практиці, проте з використанням меншої кількості обчислень.

3. Тренування реляційних моделей з використанням малої кількості тренувальних прикладів є нестабільним процесом та критично залежить від обраних прикладів для тренування. Було б цікаво дослідити розкид результатів тренування в залежності від вибору тренувальних прикладів. Це може слугувати напрямком подальшого дослідження.

4. Доцільно було б надати детальніший аналіз обчислювальної складності та вимог до ресурсів (наприклад, час тренування, обсяг пам'яті) запропонованих архітектур та порівняти їх з традиційними підходами.

5. Для кращого розуміння роботи реляційних моделей та впливу деревовидних структур було б доцільно навести візуалізації простору ознак (наприклад, за допомогою методів зниження розмірності, таких як t-SNE або UMAP), які б ілюстрували, як різні підходи групують та розділяють дані, особливо на малих наборах.

6. Доцільно б було дослідити, наскільки запропоновані архітектури та методи дозволяють інтерпретувати їхні рішення, або які кроки можуть бути зроблені для підвищення їхньої інтерпретованості.

**3. Недашківська Надія**, доктор технічних наук, доцент, професорка кафедри математичних методів системного аналізу Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, надала позитивний відгук із зауваженнями та запитаннями:

1. Чи суттєво залежить запропонований метод побудови класифікатора (с.128) від множини підтримки та способу її обрання? Цей аспект заслуговує більше уваги та може слугувати напрямком для продовження дослідження.

2. Для кращої демонстрації переваг ймовірнісного підходу в поєднанні з реляційними нейронними мережами доцільно було б порівняти отримані результати з аналогічними реляційними моделями, які не використовують ймовірнісний підхід. Таке порівняння дало б змогу глибше оцінити вплив саме ймовірнісної парадигми тренування нейронних мереж.

3. Проведена експериментальна частина переконливо демонструє переваги запропонованого методу на обраних тестових наборах даних. Разом з тим, розширення спектру експериментальних задач або включення наборів даних з інших прикладних доменів (окрім, наприклад, домінування задач класифікації зображень) могло б краще продемонструвати широту застосовності розробленого підходу. Цей аспект може слугувати напрямком для продовження дослідження.

4. Бажано було б уточнити про досягнення локального чи глобального мінімуму цільової функції втрат йде мова на стор.47 в четвертому рядку знизу.

5. Якими алгоритмами пропонується навчати модель (2.6), яка прогнозує неперервний розподіл ймовірностей для задачі багатокласової класифікації (стор.50 – 51)?

6. На стор.69 в останньому рядку чи малося на увазі  $n^2$  комбінацій для узгодження з дев'ятьма обчисленнями з (2.16) при  $n=3$  ?

7. В рівності (2.20) в правій частині розраховується відношення  $t_1/t_2$ .

8. На стор.75 в першому рядку чи малося на увазі формулювання « $l$  відповідно  $n^2 - c \cdot (n/c)^2$  негативних пар»?

9. Не зрозуміло в чому відмінність кластеризованого набору даних від класифікованого на стор.103 (другий рядок знизу) в розглянутій задачі. Відповідь на це питання частково дана на стор.152.

10. Не зрозуміло яким є обмеження на максимальний рівень впевненості моделі (с.115, другий абзац)

11. Ініціалізація Глорота використовується в роботі для симетричних функцій активації (с.116) ?

12. Бажано було б уточнити, що мається на увазі під повною моделлю (с.135, другий рядок знизу)?

**4. Пелешко Дмитро**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри кібербезпеки Львівського національного університету імені Івана Франка МОН України, надав позитивну рецензію із зауваженнями та запитаннями:

1. Побудова моделі з розподіленими знаннями включає в себе один додатковий шар в кінці для агрегування голосів усіх підмоделей. Це послаблює незалежність цих підмоделей, що може потенційно призвести до витоку знань. Проте ця проблема усунена у гібридній моделі з використанням ймовірнісного навчання.

2. Запропонований метод регуляризації бета-розподілу для тренування ймовірнісних моделей є чутливим до гіперпараметрів та викликає труднощі у практичному застосуванні з огляду на баланс між недонавчанням та перенавчанням нейронних мереж. Це питання потребує розкриття та може слугувати напрямком подальших досліджень.

3. У дисертаційній роботі представлено достатню кількість статистичних результатів та даних апробацій експериментів, але не наведено приклади роботи моделей на тестових даних. Ймовірно це пов'язано з обмеженням на обсяг дисертаційної роботи.

**5. Колос Надія**, доцент, доцентка кафедри дискретного аналізу та інтелектуальних систем Львівського національного університету імені Івана Франка МОН України, надала позитивну рецензію із зауваженнями та запитаннями:

1. У дисертаційному дослідженні застосування ймовірнісних підходів розглядаються здебільшого для задачі класифікації. Тим не менше, запропоновані підходи можуть стати корисними й в інших задачах машинного навчання, як пошук об'єктів, сегментація, тощо. Також цікавим є застосування цих підходів для задачі аналізу тексту, тощо.

2. Основні результати апробації отримано на відкритому наборі даних Galaxy Zoo DECaLS. Використання цього набору даних чудово демонструє переваги запропонованого в роботі підходу на даних з різного роду помилками

та нечіткими анотаціями. Проте було б показово перевірити підходи на простіших вибірках для більш широкого порівняння.

3. У тексті дисертації зустрічаються описки та дрібні граматичні помилки, що не перешкоджають розумінню основного змісту роботи.

Результати відкритого голосування:

«За» – 5/10 осіб членів ради,

«Проти» – жодна членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада ДФ 35.051.245 Львівського національного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Львів, присуджує **Миколі БАРАНОВУ** ступінь доктора філософії з галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова спеціалізованої вченої ради  
ДФ 35.051.245



**Богдан ПАВЛИШЕНКО**

