

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
к.т.н., доц.
Тетяна ЖЕЛЯСКОВА



2025 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 02/2025 від 19 лютого 2025 р. розширеного засідання
кафедри математичного моделювання та аналізу даних
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри математичного моделювання та аналізу даних: д.т.н., проф. Куссуль Н.М., д.т.н., проф., Шелестов А.Ю., к.т.н., доц. Лавренюк А.М., к.ф.м.н., доц. Терещенко І.М., к.т.н., ст. досл. Хайдуров Б.Я., доктор філос. Яйлимова Г.О., к.т.н., асист. Железняков Д.В., к.т.н., асист. Жданова О.А., ст. вик. Наказной П.О., ст. вик. Тітков Д.В., асист. Буханевич Р.М., асист. Волкова Є.А., асист. Кириленко І.А., асист. Мікава П.В., асист. Павлюк А.Д., асист. Савін В.В., асист. Яворський О.А., асист. Чернятевич А.А.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри математичного моделювання та аналізу даних Охріменка Антона Олександровича за матеріалами дисертаційної роботи “Моделі глибинного навчання на складних для розпізнавання наборах даних”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 11 – «Математика та статистика» за спеціальністю 113 – «Прикладна математика».

Освітньо-наукова програма «Прикладна математика».

Тему дисертаційної роботи “Моделі глибинного навчання на складних для розпізнавання наборах даних” затверджено на засіданні Вченої ради Навчально-наукового фізико-технічного інституту (протокол № 16 від “25” жовтня 2021 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради Навчально-наукового фізико-технічного інституту (протокол № 13 від “25” листопада 2025 року).

Науковим керівником затверджена д.т.н., проф. Куссуль Н.М.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили: доц. Лавренюк А.М., к.ф.-м.н., доц. Терещенко І.М.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь: д.т.н., проф. Куссуль Н.М., д.т.н., проф., Шелестов А.Ю., к.т.н., доц. Лавренюк А.М., к.ф.-м.н., доц. Терещенко І.М., доктор філос. Яйлимова Г.О.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Методи машинного навчання широко застосовуються для вирішення практичних завдань, зокрема глибинне навчання, яке зазвичай дає кращі результати, але вимагає значно більшої кількості даних. Важливою є якість навчальних даних: рівномірний розподіл класів і роздільність екземплярів різних класів у просторі ознак. Проте на практиці набори даних часто незбалансовані та містять перекриття класів, що спричиняє систематичні помилки у визначенні малих класів. Це особливо критично у задачах сегментації, де на кожному зображенні з навчальної вибірки може бути присутні одразу декілька класів у різній пропорції. Отримання нових збалансованих даних може бути значно ускладненим, економічно недоцільним або ж неможливим. Тому актуальним є розробка нових моделей глибинного навчання, що враховують ці проблеми та не потребують додаткового розширення навчального набору даних.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження проводилося в межах кількох міжнародних та вітчизняних конкурсних проєктів, що виконувалися на кафедрі математичного моделювання та аналізу даних. Зокрема, робота була реалізована в рамках проєкту "Satellites for Wilderness Inspection and Forest Threat Tracking (SWIFTT)", що фінансується за програмою Horizon Europe, а також у межах проєкту "Методи і моделі глибинного навчання для прикладних задач супутникового моніторингу", підтриманого Національним фондом досліджень України. Крім того, результати роботи були впроваджені в рамках науково-технічної роботи "Інформаційні технології геопросторового аналізу розвитку сільських територій і громад", що фінансується Європейським Союзом у рамках програми Горизонт 2020.

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

- Вперше розроблено метод виявлення неоднозначних даних на основі KNN, що дозволяє ефективно ідентифікувати екземпляри даних, які викликають труднощі через подібність між класами.
- Вперше запропоновано метод аугментації супутникових зображень з використанням генеративних змагальних мереж (GAN), що забезпечує генерацію нових зразків для компенсації незбалансованості класів.
- Запропоновано нові метрики для оцінки якості датасетів, які враховують незбалансованість та перекриття класів, що дозволяє точніше аналізувати якість навчальних даних.
- Удосконалено функції втрат через введення вагових масок, що дозволяє адаптувати процес навчання сегментаційних моделей до умов незбалансованих даних.
- Отримав подальший розвиток метод вагових масок для компенсації незбалансованості класів, що дозволяє коригувати навчання без втручання в розмір чи структуру датасету.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

Результати, отримані у даній роботі, застосовані в наступних проектах:

- Науковий проект програми Horizon Europe “Satellites for Wilderness Inspection and Forest Threat Tracking” (SWIFTT) (грантова угода 101082732, 2022-2025).
- Науковий проект НФД України «Методи і моделі глибинного навчання для прикладних задач супутникового моніторингу» (2020.02/0292, 2020-2023).
- Науково-технічна робота (НТР) “Інформаційні технології геопросторового аналізу розвитку сільських територій і громад”. (Договір РН/27-2023 від 25 травня 2023 р.) За рахунок зовнішнього інструменту допомоги Європейського Союзу для виконання зобов’язань України у Рамковій програмі Європейського Союзу з наукових досліджень і інновацій “Горизонт 2020”.

Розроблені методи можуть бути застосовані в різних областях машинного навчання, передусім для моделей, що використовують функцію втрат для свого навчання. Окрім того, GAN-аугментація може бути використана для більш широкого класу моделей, а метод визначення частки неоднозначних даних та його майбутні модифікації можуть бути використані для оцінки якості навчальних даних для різних видів задач машинного навчання.

5. Апробація результатів дисертації

Результати та основні положення роботи подавалися та обговорювалися на міжнародних конференціях, серед яких 11th International Conference on Applied Innovations in IT (2023) та Scientific and Applied Informatics Conference (SAIC-2024), де обговорювалися методи балансування даних у задачах сегментації супутникових знімків.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Охріменка А.О. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 6 наукових публікацій, у тому числі:

- 1 одноосібний розділ у колективній монографії;
- 1 стаття у науковому фаховому виданні України за спеціальністю 113 – «Прикладна математика»;
- 2 статті у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах Scopus та/або Web of Science Core Collection кuartилі Q2 та Q3;
- 2 тези виступів на наукових конференціях.

1. Охріменко А.О. Методи сегментації зображень різної природи для випадку незбалансованого набору. *Методи комп'ютерного зору і глибинних нейронних мереж для еколого-економічного аналізу*: монографія / за ред. Н. М. Куссуль, А. Ю. Шелестова — Київ: Наукова думка, 2024. — 478 с. С. 143-171.

2. Охріменко, А. О., Куссуль, Н. М. “Метод виявлення складних для розпізнавання зразків у наборах даних для задач класифікації у машинному навчанні”. *Проблеми керування та інформатики*, 68 (4). 2023. С. 84-95. 2023.

Здобувачем проведено аналіз робіт попередніх дослідників, сформульовано та описано метод виявлення неоднозначних екземплярів даних, та проаналізовано можливості практичного застосування. Роботу методу продемонстровано на датасеті багатоканальних супутникових знімків.

3. Shumilo L., Okhrimenko A., Kussul N., Drozd S., Shkalikov O. Generative adversarial network augmentation for solving the training data imbalance problem in crop classification (2023) *Remote Sensing Letters*, 14 (11), pp. 1131-1140

Здобувачем виконано практичні експерименти та аналіз отриманих результатів. Реалізовано метод GAN-аугментації та інші підходи до генерації штучних зображень, навчено сегментаційні моделі та обчислено їхні метрики. Експериментально доведено перевагу методу GAN-аугментації над базовою моделлю іншими підходами до генерації штучних зображень.

4. Okhrimenko A., Kussul N. Using Weight Reliability Masks on Imbalanced Datasets for Satellite Image Segmentation (2024) *Cybernetics and Systems Analysis*, 60 (5), pp. 700-710

Здобувачем проведено аналіз робіт попередніх дослідників, сформульовано та описано метод вагових масок, продемонстровано його роботу як для задачі сегментації, так і для задачі генерації штучних зображень по заданій масці. Показано, що використання методу дає приріст у метрик, особливо для малих класів.

5. Okhrimenko A., Kussul N. KNN-Based Algorithm of Hard Case Detection in Datasets for Classification (2023) *Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT*, 11 (1), pp. 113 — 118

Здобувачем проведено аналіз робіт попередніх дослідників, сформульовано та описано метод виявлення неоднозначних екземплярів даних, та проаналізовано можливості практичного застосування. Роботу методу продемонстровано на штучно згенерованому наборі даних.

6. Okhrimenko A., Kussul N. Unbalanced datasets management for the problem of segmentation of satellite images (2024) *2024 IEEE Fourth International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC)*

Здобувачем проведено аналіз робіт попередніх дослідників, сформульовано та описано метод вагових масок, продемонстровано його роботу як для задачі сегментації, так і для задачі генерації штучних зображень по заданій масці. Показано, що використання методу дає приріст у метрик, особливо для малих класів.

Якість та кількість публікацій відповідають «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 р. № 44.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Охріменка Антона Олександровича

“Моделі глибинного навчання на складних для розпізнавання наборах даних”,

що подана на здобуття ступеня доктора філософії

з галузі знань 11 – «Математика та статистика»

за спеціальністю 113 – «Прикладна математика»

за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського «Прикладна математика»

зі спеціальності 113 – «Прикладна математика».

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Моделі глибинного навчання на складних для розпізнавання наборах даних”, подану Охріменком Антоном Олександровичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., проф., завідувач кафедри Інформаційної безпеки КПІ ім. Ігоря Сікорського, Ланде Дмитро Володимирович;

Члени:

Рецензенти:

д.т.н., проф., професор кафедри Штучного інтелекту КПІ ім. Ігоря Сікорського, Данилов Валерій Якович;

д.т.н., проф., завідувач кафедри Прикладної математики КПІ ім. Ігоря Сікорського, Чертов Олег Романович;

Офіційні опоненти:

д.т.н., проф., завідувач кафедри Інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», Гнатушенко Володимир Володимирович;

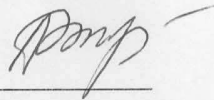
к.т.н., доц., доцент кафедри Кібернетики і прикладної математики, Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет», Кондрук Наталія Емерихівна.

Головуючий на засіданні

в.о. зав. каф. ММАД НН ФТІ

Доктор філософії

з прикладної математики

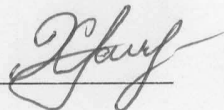


Ганна ЯЙЛИМОВА

Вчений секретар

кафедри ММАД,

к.т.н., с.н.с.



Владислав ХАЙДУРОВ