

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U002608

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 17-06-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/59/26 від 04.08.2026



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Яворський Олександр Андрійович

2. Oleksandr A. Yavorskyi

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0001-5175-3825

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 113

Назва наукової спеціальності: Прикладна математика

Галузь / галузі знань: математика та статистика

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна математика

Дата захисту: 14-07-2026

Спеціальність за освітою: Математика

Місце роботи здобувача: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 14492

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23.24, 28.23.37, 28.23.02, 27.47.23

Тема дисертації:

1. Геометрична локальна консолідація гетерогенних ансамблів
2. Geometric local consolidation of heterogeneous ensembles

Реферат/анотація:

1. Машинне навчання і зокрема алгоритми на основі нейронних мереж відіграють значну роль як в науці, так і в практичних застосуваннях завдяки високій адаптивності та точності. Разом з цим, дані методи не є достатньо інтерпретованими та, зазвичай, є менш робастними у порівнянні з широким класом інших, зокрема класичних, методів машинного навчання. Низька робастність призводить до нестабільності поведінки моделі на практиці, вимагає додаткових ресурсів на узгодження моделі з новими даними та ускладнює використання у напрямках, що високо цінують надійність моделей, наприклад, медицині, фінансах, фізичному моделюванні тощо. Для таких галузей можна говорити про трикомпонентну систему вимог до моделей: висока робастність, інтерпретованість та узагальнювальність. Іншими словами, модель має бути стійкою до шуму чи викидів, має бути відносно легко пояснити яким чином модель прийшла до певної відповіді, а сама модель має показувати якомога більш стабільну поведінку під час переходу від одного (валідного) набору даних до

іншого. Аналогічні вимоги зустрічаються, зокрема, для задачі побудови цифрових двійників (без прив'язки до конкретної галузі). Це пов'язано з тим, що такі системи є багатокомпонентними, що додатково підсилює вагомість інтерпретовності кожної окремої компоненти, націлені на моделювання великих (або деталізованих) процесів, що призводить до акумуляції зашумлення кожної окремої складової, а складність та дороговизна створення таких систем вимагає від них високої здатності до узагальнення. Існує низка методів підвищення стійкості моделей, більшість з яких базуються на ідеї аугментації даних, тобто підготовки моделі до можливих типів зашумлення. Не дивлячись на високу теоретичну ефективність, такі підходи привносять ряд питань, що ускладнюють їх імплементацію, а саме: де знайти або яким чином згенерувати гарні аугментовані дані, як оцінити вплив аугментованих даних на існуючу вибірку дійсних даних, яким чином виконувати тренування на таких даних тощо. Крім цього, використання більшої кількості даних очевидно збільшує обчислювальні вимоги та ефективний розмір моделі. Важливо також зазначити, що такі методи не обов'язково позитивно впливають на узагальнювальність, адже часто є "математичним трюком", до якого ми прибігаємо в умовах відсутності дійсних альтернативних наборів даних. Що ж стосується інтерпретовності, то класичні моделі машинного навчання є повністю інтерпретовними, тоді як більшість сучасних — так званими чорними ящиками. У таких умовах інтерпретовність часто є можливою лише в обмеженому вигляді вже на етапі, коли модель повністю натренована (що не є ефективним) і часто навіть вимагає тренування додаткових моделей інтерпретаторів таких як розріджені автоенкодера (англ., Sparse Autoencoders) для мовних моделей або моделей простору станів, що зовсім не полегшує загальну задачу аналізу поведінки моделі. На додачу, велика частина сучасних нейронних алгоритмів використовує ідею комбінування декількох нейронних компонент в межах однієї, унітарної моделі (наприклад, трансформер) або ансамблю, що лише погіршує можливу інтерпретовність самої моделі та ускладнює її аналіз. Разом з цим, для моделей на основі ансамблів, існує додаткова проблема узгодження інформації між окремими компонентами (інформаційна консолідація). Так, під час тренування моделей, необхідно явно (або неявно) узгодити потік інформації між різними компонентами ансамблю. Таким чином, класичні підходи не є однаково ефективними для ансамблів та унітарних моделей, адже не враховують принциповий зсув у методах передачі інформації в межах моделі ансамблю та не пом'якшують властиві для цього підходу недоліки, що робить актуальним розробку методів та підходів покращення робастності та інтерпретовності моделей на основі ансамблевої архітектури. Саме цей аспект необхідності додаткового узгодження є, фактично, основною причиною більш низької інтерпретовності моделей ансамблів. Таким чином, впровадження певного контролю за цим процесом може суттєво підвищити інтерпретовність моделей. Метою дисертаційної роботи є спроба надати один із можливих розв'язків даної проблеми: підвищення робастності та інтерпретовності нейронних моделей шляхом розроблення теоретично обґрунтованого методу геометричної локальної консолідації гетерогенних ансамблів на основі оцінки складності простору вхідних даних та його впровадження для гібридних, фізичноінформованих і нейро-диференціальних моделей. Сам ансамбль можна розглядати у даному випадку як простий приклад цифрового двійника, що складається з різних моделей компонент, що моделюють окрему логіку / поведінку в межах системи (даних).

2. Machine learning, and specifically algorithms based on neural networks, play a significant role in both science and practical applications due to their high adaptability and accuracy. At the same time, these methods lack sufficient interpretability and are generally less robust compared to a broad class of other, classical, machine learning methods. Low robustness leads to instability in model behavior in practice, requires additional resources to align the model with new data, and complicates its use in domains that highly value model reliability, such as medicine, finance, and physical modeling, among others. For such fields, one can speak of a three component system of requirements for models: high robustness, interpretability, and generalizability. In other words, the model must be resilient to noise or outliers, it should be relatively easy to explain how the model arrived at a specific answer, and the model itself must exhibit the most stable behavior possible when transferring from one (valid) dataset to another. Analogous requirements are encountered, in particular, in the task of constructing digital twins (regardless of the specific domain). This is due to the fact that such systems are multicomponent, which further amplifies the importance of the interpretability of each individual component they are aimed at

modeling largescale (or detailed) processes, which leads to the accumulation of noise from each separate constituent and the complexity and high cost of developing such systems demand a high capacity for generalization from them. There are a number of methods for increasing model robustness, most of which are based on the idea of data augmentation, i.e., preparing the model for potential types of noise. Despite their high theoretical effectiveness, such approaches introduce a series of issues that complicate their implementation, namely: where to find or how to generate good augmented data, how to evaluate the impact of augmented data on the existing sample of real data, how to perform training on such data, and so forth. Furthermore, the use of a larger amount of data evidently increases the computational requirements and the effective size of the model. It is also important to note that such methods do not necessarily have a positive impact on generalizability, as they are often a "mathematical trick" that we resort to in the absence of valid alternative datasets. Regarding interpretability, classical machine learning models are fully interpretable, whereas the majority of modern ones are so-called black boxes. Under such conditions, interpretability is often possible only in a limited form at the stage when the model is already fully trained (which is inefficient) and frequently even requires the training of additional interpreter models, such as Sparse Autoencoders for language models or state space models, which does not simplify the overall task of analyzing model behavior in the slightest. In addition, a large proportion of modern neural algorithms utilizes the concept of combining multiple neural components within a single, unitary model (e.g., a transformer) or an ensemble, which only degrades the potential interpretability of the model itself and complicates its analysis. Furthermore, for ensemble based models, there is an additional problem of coordinating information between individual components (information consolidation). Thus, during model training, it is necessary to explicitly (or implicitly) harmonize the flow of information between the various components of the ensemble. Consequently, classical approaches are not equally effective for ensembles and unitary models, as they do not account for the fundamental shift in the methods of information transfer within an ensemble model and fail to mitigate the drawbacks inherent to this approach. This makes the development of methods and approaches for improving the robustness and interpretability of ensemble architecture-based models highly relevant. It is precisely this aspect of the need for additional coordination that is, in fact, the primary reason for the lower interpretability of ensemble models. Therefore, introducing a degree of control over this process can significantly enhance model interpretability. Thus, this dissertation is an attempt to provide one possible solution to this problem: enhancing the robustness and interpretability of neural models by developing a theoretically grounded method for the geometric local consolidation of heterogeneous ensembles. This is based on evaluating the complexity of the input data space and implementing it for hybrid, physics-informed, and neural differential models. The ensemble itself can be viewed in this case as a simple example of a digital twin, consisting of various component models that simulate specific logic/behavior within the system (data).

Державний реєстраційний номер ДіР: 0126U001342, 0126U001312, 0125U001223, 0126U001302

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Stepanov I., Ivasiuk A., Yavorskyi O., Frolova A. "Comparative analysis of classification techniques for topic-based biomedical literature categorisation", 2023, "Frontiers in Genetics", 14, 1238140, DOI: 10.3389/fgene.2023.1238140
- Kussul N., Giuliani G., Shelestov A., Cherniatevych A., Drozd S., Kolotii A., Salii Y., Yavorskyi O., Malyniak V., Lavreniuk A., Poussin C., "AI-Powered Digital Twin Framework for Land Use Change in Disaster Affected Regions" in IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 18, pp. 27473-27492, 2025, DOI:10.1109/JSTARS.2025.3623870

- O. Yavorskyi, A. AssekoNkili, and N. Kussul, "Persistent Homology in Machine Learning:Applied Sciences Review," in Proc. 11th Int. Conf. onApplied Innovations in IT (ICAIIIT), 2023, doi: 10.25673/101914.
- O. Bauzha, A. Kramov, and O. Kramov, "Estimation of the Factual Correctness of Summaries of a Ukrainian-language Silver Standard Corpus," CEUR Workshop Proceedings (IT&I Workshops), vol. 3643, 2023.
- О. Яворський та Д. Харь, "1+lambda GP encodings GA for secure multimodal computations," у Методи комп'ютерного зору і глибинних нейронних мереж для екологоекономічного аналізу [Монографія], Н. М. Куссуль, А. Ю. Шелестов, А. М. Лавренюк, Б. Я. Яйлимов, Г. О. Яйлимова, А. В. Колотій, С. Ю. Дрозд, В. В. Савін, П. В. Мікава, І. А. Кириленко, О. А. Яворський, А. О. Охріменко, О. М. Пархомчук, Д. Ф. Харь, та Є. А. Волкова. Київ: Наукова думка, 2024, pp. 172–188. ISBN: 9789660019409.
- N. Kussul, G. Giuliani, A. Shelestov, S. Drozd, A. Kolotii, Ye. Salii, A. Cherniatevych, O. Yavorskyi, V. Malyniak, and Ch. Poussin, "Digital Twins for Land Use Change," in System Analysis and Data Mining [Book Chapter], vol. 609, Studies in Systems, Decision and Control, M. Zgurovsky and N. Pankratova, Eds. Cham: Springer, 2026, pp. 371–389. ISBN: 9783031975288, doi: 10.1007/978303197529 5_22.
- О. Яворський та Н. Куссуль, "Дослідження представлення багаточасткових графів за допомогою топологічного аналізу даних," Міжнародний науково технічний журнал Проблеми керування та інформатики, 2024, doi: 10280979 202359.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0126U001342, 0126U001312, 0125U001223, 0126U001302

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Куссуль Наталія Миколаївна

2. Nataliia M. Kussul

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9704-9702

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Олійник Андрій Олександрович
2. Andriy Oliynyk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.23

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6740-6078

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55120940800>

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Запорізька політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02070849

Місцезнаходження: вул. Жуковського, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69063, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Литвин Василь Володимирович
2. Vasyl V. Lytvyn

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.05.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9676-0180

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 56446930100; Web of Science Researcher ID: P-8557-2016;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=bleBe9kAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Данилов Валерій Якович
2. Valeriy Danylov

Кваліфікація: д.т.н., професор, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3389-3661

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Третиник Віолета Вікентіївна

2. Віолета В. Третиник

Кваліфікація: к.ф.-м.н., доц., 01.01.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3538-8207

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Ланде Дмитро Володимирович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Ланде Дмитро Володимирович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Яворський Олександр Андрійович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна