



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Національного університету
"Львівська політехніка"

Іван ДЕМИДОВ

2025 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації "Ансамблі моделей неітеративного машинного навчання для аналізу біомедичних даних малих обсягів" докторанта кафедри систем штучного інтелекту Національного університету "Львівська політехніка", кандидата технічних наук, доцента Ізоніна Івана Вікторовича, представлені на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.23 Системи та засоби штучного інтелекту

Призначені рішенням Вченої ради Національного університету "Львівська політехніка" (протокол № 23 від 27.05.2025 року) рецензенти, а саме:

- професор кафедри систем штучного інтелекту, д.т.н., професор Віталій Степанович ЯКОВИНА;
- професор кафедри систем штучного інтелекту, д.т.н., професор Роман Миколайович КАМІНСЬКИЙ;
- професор кафедри систем штучного інтелекту, д.т.н., професор Ярослав Миколайович МАТВІЙЧУК,

розглянувши докторську дисертацію Ізоніна Івана Вікторовича "Ансамблі моделей неітеративного машинного навчання для аналізу біомедичних даних малих обсягів" (тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Національного університету "Львівська політехніка" 31.10.2023 р., протокол № 5 та уточнено 27.05.2025 р., протокол № 23), наукові публікації здобувача наукового ступеня доктора наук, в яких висвітлено основні результати докторської дисертації, а також за результатами наукового фахового семінару кафедри систем штучного інтелекту Національного університету "Львівська політехніка" (протокол № 1 від 29.05.2025 року), підготували висновок про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів докторської дисертації

1. Актуальність теми дисертації.

Актуальність дисертаційного дослідження обумовлена зростаючою потребою в ефективних, стійких та точних методах аналізу біомедичних даних. Останні, у реальних умовах, часто представлені у вигляді вибірок малого обсягу, з високою розмірністю, гетерогенністю, шумами, пропусками та аномаліями. У таких випадках застосування класичних статистичних методів або більшості сучасних моделей машинного навчання, зокрема глибоких нейронних мереж, не забезпечує належного рівня точності та узагальнення. Це значно обмежує практичну ефективність таких рішень у завданнях діагностики, прогнозування, персоналізованої медицини чи аналізу орфанних захворювань.

Проблема аналізу малих біомедичних вибірок є особливо актуальною у зв'язку з високою вартістю, етичними обмеженнями, рідкісністю досліджуваних станів або складністю експериментального відтворення клінічних даних. На цьому тлі особливого значення набувають спеціалізовані методи, орієнтовані на адаптацію до дефіциту даних і складної структури вхідної інформації. Проте існуючі методи аугментації даних, нелінійного розширення ознак, синтезу ансамблів штучних нейронних мереж або методів компенсації їхніх похибок, як правило, орієнтовані на середні або великі вибірки даних та потребують суттєвого доопрацювання для забезпечення стійкості, обчислювальної ефективності й узагальнювальної здатності в умовах екстремально-коротких вибірок даних.

Особливої уваги потребують неітеративні методи побудови штучних нейронних мереж (ШНМ), які дозволяють знизити обчислювальну складність, забезпечити стабільність результатів і спрощення повторного використання моделей. Розроблення методів синтезу гомогенних ансамблів лінійних і нелінійних моделей штучних нейронних мереж, методів компенсації похибок, побудови комбінованих поверхонь відгуку, а також використання аугментації даних, є перспективним напрямом для вирішення зазначених проблем.

Науковий інтерес до задач аналізу малих біомедичних вибірок останнім часом посилюється, що підтверджується роботами як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників. Серед українських учених варто відзначити внески Івахненка О. Г., який заклав основи автоматичного синтезу моделей (метод МГУА); Ткаченка Р. О., Субботіна С. О. - у сфері неітеративного навчання; Бодянського Є. В., Камінського Р. М., Перової І. Г. - у галузі розпізнавання та кластеризації даних малих обсягів; Шаховської Н. Б., Антошук С. Г., Яковини В. С. - у сфері ансамблевого навчання. До міжнародних фахівців, чия робота суттєво вплинула на розвиток парадигми малих даних, належать Eric B. Hekler, Torgyn Shaikhina, Deborah Estrin, Peter Kokol, Chuanjiang Li та інші.

Незважаючи на зростання зацікавленості, у вітчизняній науці, системне дослідження неітеративних методів машинного навчання, адаптованих до біомедичних вибірок малих обсягів, залишається недостатньо опрацьованим. Водночас синтез ефективних рішень, які базуються на компактних нейроподібних структурах, методах розширення простору вхідних ознак та аугментації даних, з подальшим ансамблевим навчанням, дозволить сформувати нову генерацію методів для медичних інтелектуальних систем — точних, робастних та ефективних.

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

Дисертаційна робота Ізоніна І.В. виконана відповідно до пріоритетних напрямів розвитку Національного університету “Львівська політехніка” у галузі систем штучного інтелекту, а також дослідницької тематики Навчально-наукового інституту комп’ютерних наук та інформаційних технологій, зокрема кафедри систем штучного інтелекту, в межах напрямку “Методи та засоби штучного інтелекту для підтримки прийняття рішень”.

Основні теоретичні та прикладні результати дисертації отримано в процесі участі (як керівник чи виконавець) у виконанні низки науково-дослідних робіт як національного, так і міжнародного рівня, зокрема:

- наукового гранту EURIZON: “Artificial Intelligence in Medicine: Small Data Approach (SmallAIM)” (№ 871072, 01.04.2024–31.03.2025, фінансування: Європейський Союз, програма Horizon Europe);
- прикладного дослідження “Методи та засоби дослідження маркерів старіння та їх впливу на постковідні ефекти для подовження працездатного періоду” (№ 2021.01/0103, 2022–2024, фінансування: Національний фонд досліджень України);
- науково-технічної (експериментальної) розробки “Методи та засоби інформаційної безпеки та гігієни на основі інтерпретованого штучного інтелекту” (№ 0121U107809, 2022–2024, фінансування: Міністерство освіти і науки України);
- науково-технічної (експериментальної) розробки “Технології та системи оброблення і зберігання персоналізованих військових медичних даних” (№ 0121U107809, 2022–2023, фінансування: Міністерство освіти і науки України);
- науково-технічної (експериментальної) розробки “Розроблення інформаційної технології оцінювання та прогнозування надійності програмного забезпечення методами машинного навчання” (№ 0121U109527, 2021–2022, фінансування: Міністерство освіти і науки України);
- наукового гранту “Integrated care for next generation” (iCare4NextG) (C2020/1-8, 04.2021–03.2024, фінансування: Європейський Союз, програма EUREKA);
- прикладного дослідження “Система підтримки прийняття рішень моделювання поширення вірусних інфекцій” (№ 211/01.220, 2020–2021, фінансування:

Національний фонд досліджень України);

- прикладного дослідження “Національний реєстр пацієнтів на первинні імунodefіцити” (№ 0121U107803, 2021–2023, фінансування: Міністерство охорони здоров’я України);
- прикладного дослідження “Інформаційна технологія опрацювання персоналізованої медичної інформації” (№ 0119U002257, 2019–2020, фінансування: Міністерство освіти і науки України).

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Усі наукові результати, подані в дисертації, є особистим досягненням здобувача. Усі положення, що виносяться на захист, належать автору особисто. Наукові праці [1], [2] виконані одноосібно. У працях, опублікованих у співавторстві, концептуальні ідеї, теоретичні підходи та методи, що лягли в основу дисертаційного дослідження, розроблені здобувачем самостійно. Відповідно до пунктів наукової новизни дисертаційної роботи, здобувачем зроблено такі внески:

- розроблено методологію розв’язання задач регресії і бінарної класифікації на основі декартового квадрату множини вхідних компонентів векторів [3], [4], яка включає розроблення базового [5], [6], [7], [8], адитивного [9], [10], каскадного [11], [12] методів, а також розроблення методів формування комбінованої поверхні відгуку [13] та аугментованої вибірки даних обмеженого обсягу [14];
- розвинуто метод кусково-лінійної апроксимації [15], [16], [17], та розроблено метод синтезу ансамблю лінійних нейроподібних структур на його основі [18], [19];
- розроблено методи синтезу ансамблів гомогенних нелінійних штучних нейронних мереж та нейроподібних структур з РБФ-розширенням входів [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27];
- розроблено метод часткового усунення систематичної похибки нейронної мережі узагальненої регресії із використанням різних способів агрегування результатів [28], [29], [30];
- розроблено метод нелінійного доповнення простору незалежних ознак біомедичної вибірки даних вихідними сигналами шару підсумовування ймовірнісної нейронної мережі [31], [32], [33];
- розроблено прямий та зворотний методи компенсації похибки моделі регресії з можливістю ітеративного уточнення результатів [34], [35];
- удосконалено метод глобально-локальної апроксимації біомедичних даних малих обсягів [36], [37];
- удосконалено метод формування комбінованої поверхні відгуку із застосуванням кластерного аналізу [38], [39];
- розвинуто теорію синтезу нейроподібних ансамблевих структур з неітеративним машинним навчанням [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50];
- розроблено програмні засоби для реалізації розроблених методів [51], [52], [53].

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

Достовірність та обґрунтованість отриманих у дисертаційній роботі результатів, розроблених та удосконалених методів, висновків і рекомендацій підтверджується цілісною системою теоретичних і прикладних обґрунтувань. Зокрема, усі базові положення дослідження формалізовано із використанням засобів математичного аналізу, теорії ймовірностей, статистики, теорії штучних нейронних мереж та теорією ансамблевого навчання. Розроблені моделі та методи базуються на чітко визначених припущеннях і гіпотезах, які логічно узгоджуються з проблемою інтелектуального аналізу даних малих обсягів.

Обґрунтованість ефективності розроблених методів забезпечується результатами чисельного моделювання, порівняльного аналізу та експериментального дослідження на як модельних, так і реальних даних біомедичних досліджень. Розроблені та удосконалені

методи порівнювалися з класичними методами машинного навчання. Отримані результати демонструють підвищення точності, стійкості до шуму та здатності до узагальнення в умовах обмеженої кількості даних, що підтверджується кількісними показниками (коефіцієнт детермінації, максимальна залишкова похибка, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт кореляції Метьюса, влучні, повнота, F1-міра тощо).

Програмні засоби, розроблені для реалізації усіх методів і захищені свідоцтвами про авторське право на комп'ютерні програми, надали змогу перевірити працездатність і надійність відповідних рішень в умовах реальних дослідницьких і клінічних застосувань. Апробацію результатів виконано під час розв'язання прикладних задач у таких галузях, як біоматеріалознавство, кардіологія, ревматологія, трансплантологія, стоматологія, що забезпечує практичну валідацію розроблених і вдосконалених методів. Їх впровадження здійснювалося у співпраці з медичними закладами, науково-освітніми установами, а також в межах виконання наукового-дослідних робіт в Україні та міжнародних грантових проєктів за кордоном, що засвідчено відповідними актами впровадження та використання. Зокрема, результати проведених досліджень впроваджено:

- у Військово-медичному клінічному центрі Західного регіону в період з січня 2024 по січень 2025 року, що підтверджено відповідним Актом від 22.04.2025 року;
- у Комунальному некомерційному підприємстві Харківської обласної ради “Обласний медичний клінічний центр урології і нефрології ім. В. І. Шаповала” у 2022–2024 роках, що підтверджено відповідним Актом впровадження;
- на кафедрі стоматології дитячого віку та імплантології Харківського національного медичного університету у 2022–2024 роках, що підтверджено відповідним Актом про впровадження від 04.03.2024 року;
- у Комунальному некомерційному підприємстві Харківської обласної ради “Обласна клінічна лікарня” у 2022–2024 роках, що підтверджено Актом від 02.12.2024 року;
- в межах виконання міжнародного наукового гранту EURIZON “Artificial Intelligence in Medicine: Small Data Approach (SmallAIM)” (№ 871072, 2024–2025), що підтверджено Актом використання наукових результатів №17244/3 від 17.03.2025 року, виданим Українським науково-технологічним центром;
- в межах виконання НДР в Україні, які фінансувалися Міністерством освіти і науки України, а також Національним Фондом Досліджень України, що підтверджено відповідними актами.

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

На основі виконання теоретичних та експериментальних досліджень у дисертаційній роботі Ізоніна І.В. вирішено важливу теоретичну проблему розвитку основ теорії синтезу нейроподібних ансамблевих структур з неітеративним машинним навчанням для підвищення точності розв'язання задач регресії та класифікації на вибірках біомедичних даних малих обсягів. При цьому отримано такі нові наукові результати:

уперше розроблено:

- методологію розв'язання задач регресії й бінарної класифікації на основі декартового квадрата множини вхідних компонент векторів, яка містить базовий, адитивний, каскадний методи, а також методи формування комбінованої поверхні відгуку та формування аугментованої вибірки даних необхідного обсягу, що забезпечує підвищення як точності роботи нелінійних моделей машинного навчання, так і їх властивості узагальнення в умовах навчання на екстремально-коротких вибірках біомедичних даних;
- метод синтезу ансамблю лінійних нейроподібних структур, який завдяки агрегуванню кусково-лінійно апроксимованих поверхонь відгуку кожного його елемента забезпечує підвищення точності моделей регресії та класифікації;

- метод синтезу ансамблів гомогенних нелінійних штучних нейронних мереж, який шляхом агрегування апроксимованих поверхонь відгуку, сформованих на незалежних вибірках із використанням попарних симетричних випадкових зміщень, підвищує точність моделей регресії та класифікації;
- метод часткової компенсації систематичної похибки нейронної мережі узагальненої регресії, який за рахунок використання ансамблю з двох таких нейронних мереж забезпечує підвищення точності розв'язання задач регресії у випадку аналізу біомедичних даних малих обсягів;
- метод нелінійного розширення простору незалежних ознак біомедичної вибірки даних, який внаслідок доповнення їх вихідними сигналами шару підсумовування ймовірнісної нейронної мережі забезпечує підвищення точності класифікації даних на лінійних неітеративних нейроподібних структурах;
- прямий та зворотний методи компенсації похибки моделі регресії, у яких за рахунок перетворень на основі раціональних дробів досягнуто підвищення точності та робастності апроксимації в задачах аналізу біомедичних даних малих обсягів з можливістю додаткового ітеративного уточнення результатів;

вдосконалено:

- метод глобально-локальної апроксимації біомедичних даних малих обсягів, який на відміну від наявного використовує незалежне виділення глобальної та локальної компонент сигналу з використанням ансамблю з двох нейронних мереж узагальненої регресії та надає змогу додатково ітеративно уточнити шукане значення;
- метод формування комбінованої поверхні відгуку з застосуванням кластерного аналізу, який на відміну від наявного доповнює простір ознак значенням залежного атрибута центру кластера, що забезпечує підвищення точності моделей регресії та класифікації на вибірках даних малих обсягів без втрати узагальнення;

набули подальшого розвитку:

- теорія синтезу нейроподібних ансамблевих структур з неітеративним машинним навчанням, яка ґрунтується на розроблених методах нелінійного збільшення вимірності простору ознак, аугментації даних, декореляції вибірок та компенсації похибок для підвищення точності розв'язання задач регресії та класифікації на вибірках біомедичних даних малих обсягів;
- метод кусково-лінійної апроксимації, який за рахунок ізоморфного подання кожного значення ознаки у вигляді її локальних компонент збільшує вимірність простору вхідних даних та забезпечує локальну корекцію параметрів багатовимірної поверхні відгуку лінійними неітеративними нейроподібними структурами.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Результати, отримані в межах дисертаційної роботи Ізоніна І.В., опубліковано в 53 наукових працях, що засвідчує високий рівень апробації, наукової активності та відкритості проведеного дослідження. Серед них 2 розділи в колективних монографіях (в Україні та за кордоном); 22 наукові статті у наукових журналах, з яких 6 статей — у фахових наукових виданнях України (категорія Б), 16 статей — у міжнародних рецензованих журналах, що індексуються в базах Scopus та/або Web of Science; 26 публікацій у матеріалах міжнародних наукових конференцій, серед яких 22 індексуються у Scopus та охоплюють представлення результатів у 13 країнах світу; 3 свідоцтва України про реєстрацію авторського права на комп'ютерні програми.

Статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України

1. Izonin I. V. An unsupervised-supervised ensemble technology with non-iterative training algorithm for small biomedical data analysis // *Computer systems and information technologies*. 2023. No. 4. P. 67–74. DOI: 10.31891/csit-2023-4-9 (фахове видання України, категорія Б)

2. Tkachenko R. O., Izonin I. V., Danylyk V. M., Mykhalevych V. Yu. Stacking of the SGTM neural-like structure with RBF layer based on generation of a random curtain of its hyperparameters for prediction tasks // *Ukrainian Journal of Information Technology*. 2021. Vol. 3, No. 1. P. 49–55. DOI: 10.23939/ujit2021.03.049 (фахове видання України, категорія Б)
 3. Izonin I. V. An ensemble method for the regression model parameter adjustments: direct approach // *Mathematical and computer modelling. Series: Technical sciences*. 2023. Vol. 24. P. 35–44. DOI: 10.32626/2308-5916.2023-24.35-44 (фахове видання України, категорія Б)
 4. Вітинський П. В., Ткаченко Р. О., Ізонін І. В., Кустра Н. О. Ансамблі нейроподібних структур МППП з RBF розширенням входів для задач регресії та класифікації // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. 2019. № 4(275). С. 72–79. (фахове видання України, категорія Б)
 5. Izonin I. V., Tkachenko R. O., Semchyshyn O. L. An ensemble method for the analysis of small biomedical data based on a neural network without training // *Elektronnoe modelirovaniye*. 2023. Vol. 45, No. 6. P. 65–76. DOI: 10.15407/emodel.45.06.065 (фахове видання України, категорія Б)
 6. Вітинський П. В., Ткаченко Р. О., Ізонін І. В. Ансамбль мереж GRNN для розв'язання задач регресії з підвищеною точністю // *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29, № 8. Стаття № 8. DOI: 10.36930/40290822 (фахове видання України, категорія Б)
- Статті у закордонних виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus*
7. Tkachenko R., Izonin I., Vitynskyi P., Lotoshynska N., Pavlyuk O. Development of the non-iterative supervised learning predictor based on the Ito decomposition and SGTM neural-like structure for managing medical insurance costs // *Data*. 2018. Vol. 3, No. 4. P. 46. DOI: 10.3390/data3040046. (Індексується у Scopus)
 8. Izonin I., Tkachenko R., Gregus M., Duriagina Z., Shakhovska N. PNN-SVM approach of Ti-based powder's properties evaluation for biomedical implants production // *Computers, Materials & Continua*. 2022. Vol. 71, No. 3. P. 5933–5947. DOI: 10.32604/cmc.2022.022582. (Індексується у Scopus, кuartиль Q2)
 9. Izonin I., Tkachenko R., Shakhovska N., Ilchyshyn B., Singh K. K. A two-step data normalization approach for improving classification accuracy in the medical diagnosis domain // *Mathematics*. 2022. Vol. 10, No. 11. P. 1942. DOI: 10.3390/math10111942. (Індексується у Scopus, кuartиль Q2)
 10. Izonin I., Tkachenko R., Duriagina Z., Shakhovska N., Kovtun V., Lotoshynska N. Smart web service of Ti-based alloy's quality evaluation for medical implants manufacturing // *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, No. 10. P. 5238. DOI: 10.3390/app12105238. (Індексується у Scopus, кuartиль Q2)
 11. Izonin I., Tkachenko R., Dronyuk I., Tkachenko P., Gregus M., Rashkevych M. Predictive modeling based on small data in clinical medicine: RBF-based additive input-doubling method // *Mathematical Biosciences and Engineering*. 2021. Vol. 18, No. 3. P. 2599–2613. DOI: 10.3934/mbe.2021132. (Індексується у Scopus, кuartиль Q2)

12. Izonin I., Tkachenko R., Shakhovska N., Lotoshynska N. The additive input-doubling method based on the SVR with nonlinear kernels: small data approach // *Symmetry*. 2021. Vol. 13, No. 4. P. 612. DOI: 10.3390/sym13040612. (Індексується у Scopus, кuartиль Q2)
13. Izonin I., Tkachenko R., Berezsky O., Krak I., Kováč M., Fedorchuk M. Improvement of the ANN-based prediction technology for extremely small biomedical data analysis // *Technologies*. 2024. Vol. 12, No. 7. P. 112. DOI: 10.3390/technologies12070112. (Індексується у Scopus, кuartиль Q1)
14. Izonin I., Tkachenko R., Yendyk P., Pliss I., Bodyanskiy Y., Gregus M. Enhanced input-doubling method leveraging response surface linearization to improve classification accuracy in small medical data processing // *Computation*. 2024. Vol. 12, No. 10. P. 203. DOI: 10.3390/computation12100203. (Індексується у Scopus, кuartиль Q2)
15. Izonin I., Tkachenko R., Hovdysh N., Berezsky O., Yemets K., Tsmots I. Cascade-based input-doubling classifier for predicting survival in allogeneic bone marrow transplants: small data case // *Computation*. 2025. Vol. 13, No. 4. P. 80. DOI: 10.3390/computation13040080. (Індексується у Scopus, кuartиль Q2)
16. Izonin I., Tkachenko R., Bliakhar R., Kovac M., Bodyanskiy Y., Chala O. An improved ANN-based global-local approximation for small medical data analysis // *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology*. 2023. Vol. 9. DOI: 10.4108/eetpht.9.3320. (Індексується у Scopus, кuartиль Q2)
17. Izonin I., Tkachenko R., Yemets K., Havryliuk M. An interpretable ensemble structure with a non-iterative training algorithm to improve the predictive accuracy of healthcare data analysis // *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14, No. 1. P. 12947. DOI: 10.1038/s41598-024-61776-y. (Індексується у Scopus, кuartиль Q1)
18. Izonin I., Muzyka R., Tkachenko R., Dronyuk I., Yemets K., Mitoulis S.-A. A method for reducing training time of ML-based cascade scheme for large-volume data analysis // *Sensors*. 2024. Vol. 24, No. 15. P. 4762. DOI: 10.3390/s24154762. (Індексується у Scopus, кuartиль Q1)
19. Izonin I., Tkachenko R., Krak I., Berezsky O., Shevchuk I., Shandilya S. K. A cascade ensemble-learning model for the deployment at the edge: case on missing IoT data recovery in environmental monitoring systems // *Frontiers in Environmental Science*. 2023. Vol. 11. P. 1295526. DOI: 10.3389/fenvs.2023.1295526. (Індексується у Scopus, кuartиль Q2)
20. Izonin I., Tkachenko R., Gurbych O., Kovac M., Rutkowski L., Holoven R. A non-linear SVR-based cascade model for improving prediction accuracy of biomedical data analysis // *Mathematical Biosciences and Engineering*. 2023. Vol. 20, No. 7. P. 13398–13414. DOI: 10.3934/mbe.2023597. (Індексується у Scopus, кuartиль Q2)
21. Izonin I., Tkachenko R., Verhun V., Zub K. An approach towards missing data management using improved GRNN-SGTM ensemble method // *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 2021. Vol. 24, No. 3. P. 749–759. DOI: 10.1016/j.jestch.2020.10.005. (Індексується у Scopus, кuartиль Q1)
22. Tkachenko R., Izonin I., Kryvinska N., Dronyuk I., Zub K. An approach towards increasing prediction accuracy for the recovery of missing IoT data based on the GRNN-SGTM

ensemble // *Sensors*. 2020. Vol. 20, No. 9. Art. No. 9. DOI: 10.3390/s20092625.
(Індексується у *Scopus*, кuartиль Q2)

Розділи у колективних монографіях

23. Izonin I., Tkachenko R. Universal intraensemble method using nonlinear AI techniques for regression modeling of small medical data sets // *Cognitive and Soft Computing Techniques for the Analysis of Healthcare Data*. (Collective monograph). Amsterdam: Elsevier, 2022. P. 123–150. DOI: 10.1016/B978-0-323-85751-2.00002-5.
(Індексується у *Scopus*)

24. Ізонін І. В., Ткаченко Р. О., Зуб Х. В. Застосування бустингу в ансамблях нейронних мереж узагальненої регресії для підвищення точності розв'язання задач апроксимації // *На шляху до індустрії 4.0: інформаційні технології, моделювання, штучний інтелект, автоматизація*. (Колективна монографія). Одеса: Астропринт, 2021. С. 294–409.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

25. Ізонін І. В., Ільчишин Б., Гаврилюк М., Бойчук О. Ансамбль однорідних методів машинного навчання з усередненням результату // Інформаційні технології і автоматизація – 2023: матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції. Одеса, жовтень 2023. С. 339–340.

26. Ізонін І. В., Бейда Я. Р., Федорчук М. А., Машталір Д. Б., Підкостельний Р. Р. Інтелектуальний аналіз коротких вибірок даних: методи аугментації даних // Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна візія та виклики глобалізації: збірник тез доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених. Тернопіль, травень 2023. С. 705–707.

27. Ізонін І. В., Бляхар Р. С., Ткаченко Р. О. Нейромережевий метод послідовної глобально-локальної апроксимації коротких наборів медичних даних // Нейромережні технології та їх застосування: збірник наукових праць XXII Міжнародної наукової конференції НМТЗ-2023. Краматорськ–Вінниця–Тернопіль, 2023. С. 87–89.

28. Izonin I., Tkachenko R., Greguš M. I-PNN: An Improved Probabilistic Neural Network for Binary Classification of Imbalanced Medical Data // In: Strauss C., Cuzzocrea A., Kotsis G., Tjoa A.M., Khalil I. (eds) *Database and Expert Systems Applications. DEXA 2022. Lecture Notes in Computer Science*, vol 13427. Cham: Springer, 2022. P. 147–157. DOI: 10.1007/978-3-031-12426-6_12

(Індексується у *Scopus*; кuartиль Q3)

29. Izonin I., Tkachenko R., Ryvak L., Zub K., Rashkevych M., Pavliuk O. Addressing Medical Diagnostics Issues: Essential Aspects of the PNN-based Approach // *Proceedings of the 3rd International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM 2020)*. CEUR Workshop Proceedings, vol. 2753. Växjö, Sweden, 19–21 November 2020. P. 209–218.

(Індексується у *Scopus*)

30. Izonin I., Tkachenko R., Sydor M., Chretien S., Pliss I., Vovk T. Modification of Combined Unsupervised-Supervised Cascade Scheme for Small Biomedical Data Classification // *Proceedings of the 2023 IEEE 13th International Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT)*. Lviv, Ukraine: IEEE, September 2023. P. 107–112. DOI: 10.1109/ELIT61488.2023.10310830

(Індексується у *Scopus*)

31. Izonin I., Tkachenko R., Shakhovska N., Ilchyshyn B., Gregus M., Strauss C. Towards Data Normalization Task for the Efficient Mining of Medical Data // *Proceedings of the 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*. Ruzomberok, Slovakia: IEEE, 2022. P. 480–484. DOI: 10.1109/ACIT54803.2022.9913112

(Індексується у Scopus)

32. Izonin I., Tepla T., Danylyuk D., Tkachenko R., Duriagina Z., Lemishka I. Towards an Intelligent Decision Making of Ti-based Powders Selection for Medical Manufacturing // Proceedings of the 2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA). Sakheer, Bahrain: IEEE, November 2020. P. 1–5. DOI: 10.1109/DASA51403.2020.9316866

(Індексується у Scopus)

33. Izonin I., Tkachenko R., Kryvinska N., Tkachenko P., Greguš M. Multiple Linear Regression Based on Coefficients Identification Using Non-iterative SGTM Neural-like Structure // In: Rojas I., Joya G., Catala A. (eds) Advances in Computational Intelligence. IWANN 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11506. Cham: Springer, 2019. P. 467–479. DOI: 10.1007/978-3-030-20521-8_39

(Індексується у Scopus, квартиль Q2)

34. Izonin I., Kryvinska N., Tkachenko R., Zub K., Vitynskyi P. An Extended-Input GRNN and its Application // Procedia Computer Science, vol. 160. Proceedings of the 10th EUSPN and 9th ICTH Conferences. Coimbra, Portugal: Elsevier, November 2019. P. 578–583. DOI: 10.1016/j.procs.2019.11.044

(Індексується у Scopus)

35. Tkachenko R., Izonin I. Model and Principles for the Implementation of Neural-Like Structures Based on Geometric Data Transformations // In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education. ICCSEE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 754. Cham: Springer, 2019. P. 578–587. DOI: 10.1007/978-3-319-91008-6_58

(Індексується у Scopus, квартиль Q3)

36. Izonin I., Tkachenko R., Fedushko S., Koziy D., Zub K., Vovk O. RBF-Based Input Doubling Method for Small Medical Data Processing // In: Hu Z., Zhang Q., Petoukhov S., He M. (eds) Advances in Artificial Systems for Logistics Engineering. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 82. Cham: Springer, 2021. P. 23–31. DOI: 10.1007/978-3-030-80475-6_3

(Індексується у Scopus)

37. Izonin I., Tkachenko R., Gregus M., Zub K., Lotoshynska N. Input Doubling Method based on SVR with RBF kernel in Clinical Practice: Focus on Small Data // Procedia Computer Science, vol. 184. Warsaw, Poland: Elsevier, March 2021. P. 606–613. DOI: 10.1016/j.procs.2021.03.075

(Індексується у Scopus)

38. Izonin I., Tkachenko R., Gregus M., Zub K., Tkachenko P. A GRNN-based Approach towards Prediction from Small Datasets in Medical Application // Procedia Computer Science, vol. 184. Warsaw, Poland: Elsevier, March 2021. P. 242–249. DOI: 10.1016/j.procs.2021.03.033

(Індексується у Scopus)

39. Izonin I., Tkachenko R., Pidkostelnyi R., Pavliuk O., Khavalko V., Batyuk A. Experimental Evaluation of the Effectiveness of ANN-based Numerical Data Augmentation Methods for Diagnostics Tasks // Proceedings of the 4th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM 2021). CEUR Workshop Proceedings, vol. 3038. Valencia, Spain, November 2021. P. 223–232.

(Індексується у Scopus)

40. Izonin I., Tkachenko R., Horbal N., Greguš M., Verhun V., Tolstyak Y. An Approach Toward Numerical Data Augmentation and Regression Modeling Using Polynomial-Kernel-Based SVR // In: Saraswat M., Roy S., Chowdhury C., Gandomi A.H. (eds) Proceedings of International Conference on Data Science and Applications. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 288. Singapore: Springer, 2022. P. 771–781. DOI: 10.1007/978-981-16-5120-5_58 (*Індексується у Scopus, квартиль Q4*)
41. Izonin I., Tkachenko R., Yemets K., Gregus M., Tomashy Y., Pliss I. An Approach Towards Reducing Training Time of the Input Doubling Method via Clustering for Middle-Sized Data Analysis // Procedia Computer Science, vol. 241. Huntington, WV, USA: Elsevier, 2024. P. 32–39. DOI: 10.1016/j.procs.2024.08.007 (*Індексується у Scopus*)
42. Izonin I., Tkachenko R., Trush B., Nahirnyi S. Homogeneous ensemble models based on ANNs with noniterative training: classification and regression tasks // Book of Abstracts of Workshops RECI 2022 and ACeSYRI 2022. Delft, Netherlands, 15 November 2022. P. 27. URL: <https://ki.fri.uniza.sk/RECI2022/Abstracts.pdf>.
43. Izonin I., Tkachenko R., Vitynskyi P., Zub K., Tkachenko P., Dronyuk I. Stacking-based GRNN-SGTM Ensemble Model for Prediction Tasks // Proceedings of the 2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA). Sakheer, Bahrain: IEEE, November 2020. P. 326–330. DOI: 10.1109/DASA51403.2020.9317124 (*Індексується у Scopus*)
44. Tkachenko R., Izonin I., Greguš M., Tkachenko P., Dronyuk I. Committee of the SGTM Neural-Like Structures with Extended Inputs for Predictive Analytics in Insurance // In: Younas M., Awan I., Benbernou S. (eds) Big Data Innovations and Applications. Communications in Computer and Information Science, vol 1054. Cham: Springer, 2019. P. 121–132. DOI: 10.1007/978-3-030-27355-2_9 (*Індексується у Scopus, квартиль Q3*)
45. Tkachenko R., Tkachenko P., Izonin I., Vitynskyi P., Kryvinska N., Tsymbal Y. Committee of the Combined RBF-SGTM Neural-Like Structures for Prediction Tasks // In: Awan I., Younas M., Ünal P., Aleksy M. (eds) Mobile Web and Intelligent Information Systems. Lecture Notes in Computer Science, vol 11673. Cham: Springer, 2019. P. 267–277. DOI: 10.1007/978-3-030-27192-3_21 (*Індексується у Scopus, квартиль Q2*)
46. Izonin I., Tkachenko R., Kryvinska N., Gregus M., Tkachenko P., Vitynskyi P. Committee of SGTM Neural-Like Structures with RBF kernel for Insurance Cost Prediction Task // 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). Lviv, Ukraine: IEEE, July 2019. P. 1037–1040. DOI: 10.1109/UKRCON.2019.8879905 (*Індексується у Scopus*)
47. Tkachenko R., Izonin I., Kryvinska N., Chopyak V., Lotoshynska N., Danylyuk D. Piecewise-linear Approach for Medical Insurance Costs Prediction using SGTM Neural-Like Structure // Proceedings of the 1st International Workshop on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM 2018). CEUR Workshop Proceedings, vol. 2255. Lviv, Ukraine, November 2018. P. 170–179. (*Індексується у Scopus*)
48. Izonin I., Tkachenko R., Shcherbii O., Berezhsky O., Krak I., Oliinyk M. An Approximation Cascade Scheme via Rational Fractions for Biomedical Data Analysis // Proceedings of the 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT). Lviv, Ukraine: IEEE, October 2023. P. 1–4. DOI:

10.1109/CSIT61576.2023.10324122

(Індексується у Scopus)

49. Izonin I., Tkachenko R., Shcherbii O., Muzyka R., Famarzi A., Mitoulis S.A. Enhanced Cascade Schemes for Advancing Machine Learning-Based Prediction of Heating and Cooling Loads in Residential Buildings // Proceedings of the 2024 Mediterranean Smart Cities Conference (MSCC). Martil–Tetuan, Morocco: IEEE, May 2024. P. 1–5. DOI: 10.1109/MSCC62288.2024.10697024

(Індексується у Scopus)

50. Izonin I., Tkachenko R. An approach towards the response surface linearization via ANN-based cascade scheme for regression modeling in Healthcare // Procedia Computer Science, vol. 198. Leuven, Belgium: Elsevier, 2022. P. 724–729. DOI: 10.1016/j.procs.2021.12.313

(Індексується у Scopus)

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації

51. Ізонін І. В., Ткаченко Р. О., Томаши Є. О., Гентош Л. І. Бібліотека методів інтелектуального аналізу малих даних на основі декартового добутку впорядкованих множин входів: комп'ютерна програма. Свідоцтво про реєстрацію авторського права № 127079. Зареєстровано 4 червня 2024 р. – Заявник: Ізонін І. В. – Номер заявки: с202403578; дата подання: 23 квітня 2024 р.

52. Вітинський П. Б., Ткаченко Р. О., Ізонін І. В. Комбінована нейроподібна система для задач аналітики в умовах коротких вибірок даних: комп'ютерна програма. Свідоцтво про реєстрацію авторського права № 93094. Зареєстровано 16 жовтня 2019 р. – Заявник: Вітинський П. Б., Ткаченко Р. О., Ізонін І. В. – Номер заявки: 94679; дата подання: 25 вересня 2019 р.

53. Ізонін І. В., Нагірний С. Б., Ткаченко Р. О. Гомогенні стекінгові ансамблі штучних нейронних мереж без навчання (Multi-GRNN): комп'ютерна програма. Свідоцтво про реєстрацію авторського права № 114033. Зареєстровано 9 серпня 2022 р. – Заявник: Ізонін І. В. – Номер заявки: с202203246; дата подання: 25 липня 2022 р.

Основні положення, результати теоретичних і прикладних досліджень, розроблені методи та програмні засоби, викладені в дисертаційній роботі, знайшли повне і всебічне відображення в наукових публікаціях автора. Зокрема, результати дослідження опубліковані у міжнародних журналах, фахових виданнях України, матеріалах міжнародних конференцій, а також у колективних монографіях. Структура публікацій повністю охоплює ключові напрями роботи — від теоретичного обґрунтування і постановки задач до реалізації, експериментальної перевірки та практичного впровадження. Все це свідчить про належний рівень апробації, відкритості та завершеності наукових результатів.

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

Основні теоретичні та прикладні результати дисертаційної роботи Ізоніна І. В. були широко представлені та обговорені на провідних науково-практичних конференціях, симпозіумах і семінарах, що відбувалися в 13 країнах світу, зокрема:

- XVI Міжнародній науково-практичній конференції “Інформаційні технології і автоматизація – 2023” (жовтень 2023, Одеса, Україна);
- 15-тій Ювілейній Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених “Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна візія та виклики глобалізації” (травень 2023, Тернопіль, Україна);
- XXI-й Міжнародній науковій конференції “Нейромережні технології та їх застосування” (НМТЗ-2023) (2023, Краматорськ–Вінниця–Тернопіль, Україна);
- 33th International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA

- 2022) (22–24 серпня 2022, Відень, Австрія);
- International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM 2020) (19–21 листопада 2020, Векше, Швеція);
 - IEEE International Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT 2023) (26–28 вересня 2023, Львів, Україна);
 - International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT 2022) (26–28 вересня 2022, Списька Капітула, Словаччина);
 - International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA 2020) (8–9 листопада 2020, Сахір, Королівство Бахрейн);
 - International Work-Conference on Artificial Neural Networks (IWANN 2019) (12–14 червня 2019, Гран-Канарія, Іспанія);
 - 6th International Symposium on Emerging Information, Communication and Networks (EICN 2019) (4–7 листопада 2019, Коїмбра, Португалія);
 - 2-nd International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications (ICCSEEA2019) (26–27 січня 2019, Київ, Україна);
 - International Conference on Artificial Intelligence and Logistics Engineering (ICAILE2021) (22–24 січня 2021, Київ, Україна);
 - 12th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2021) (23–26 березня 2021, Варшава, Польща);
 - 4th International Conference on Emerging Data and Industry 4.0 (EDI40 2021) (23–26 березня 2021, Варшава, Польща);
 - International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM 2021) (19–21 листопада 2021, Валенсія, Іспанія);
 - International Conference on Data Science and Applications (ICDSA 2021) (10–11 квітня 2021, Калькутта, Індія);
 - International Conference on Future Networks and Communications / Mobile Systems and Pervasive Computing (FNC 2024) (5–7 серпня 2024, Гантінгтон, Західна Вірджинія, США);
 - 2-nd International Workshop on Reliability Engineering and Computational Intelligence (RECI 2022) (14–15 листопада 2022, Жиліна, Словаччина);
 - International Conference on Big Data Innovations and Applications (Innovate-Data 2019) (2019, Стамбул, Туреччина);
 - International Conference on Mobile Web and Intelligent Information Systems (MobiWIS 2019) (2019, Стамбул, Туреччина);
 - IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON 2019) (4–6 липня 2019, Львів, Україна);
 - International Workshop on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM 2018) (листопад 2018, Львів, Україна);
 - IEEE International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT 2023) (18–20 жовтня 2023, Львів, Україна);
 - Mediterranean Smart Cities Conference (MSCC 2024) (травень 2024, Мартіль–Тетуан, Марокко);
 - International Workshop on Small and Big Data Approaches in Healthcare (SBDaH 2021) (1-4 листопада 2021, Льовен, Бельгія).

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

Виконане дисертаційне дослідження має значне наукове значення і спрямоване на розвиток основ теорії синтезу нейроподібних ансамблевих структур з неітеративним машинним навчанням, орієнтованої на ефективний аналіз структурованих біомедичних даних малих обсягів. Розроблені моделі та методи створюють передумови для розв'язання актуальних задач інтелектуального аналізу даних в умовах дефіциту інформації, високої розмірності, нестабільності та гетерогенності вибірок даних, що є характерним для сучасної біомедичної інженерії, біоінформатики, персоналізованої медицини та суміжних галузей.

Отримані результати дослідження включено до окремих розділів лекційних курсів з дисципліни “Основи штучного інтелекту” для студентів освітнього ступеня “бакалавр” та дисципліни “Моделювання та аналіз даних у інформаційних системах” для студентів освітнього ступеня “магістр” за спеціальністю 122 *Комп'ютерні науки*. Зокрема, навчальні матеріали доповнено розділами, присвяченими методам нелінійного розширення простору вхідних даних для підвищення точності класифікації та регресії; методам інтелектуального аналізу структурованих вибірок даних малих обсягів; методам синтезу гомогенних ансамблів штучних нейронних мереж лінійного й нелінійного типу з різними підходами до агрегування результатів їхньої роботи; а також методам компенсації похибок нейронних мереж. Факт впровадження підтверджено відповідним актом про впровадження кафедри систем штучного інтелекту Національного університету «Львівська політехніка».

Крім того, розроблені та вдосконалені в дисертаційній роботі методи інтелектуального аналізу біомедичних даних малих обсягів можуть бути застосовані і для розв'язання задач, що не обмежуються виключно біомедичною сферою. Хоча така адаптація потребує попереднього аналізу специфіки нових задач і властивостей вхідних даних, універсальність закладених підходів забезпечує можливість їх ефективного використання в суміжних прикладних галузях. Це особливо актуально в тих випадках, де також спостерігається обмежена кількість даних, що унеможливорює ефективне застосування класичних методів машинного навчання чи нелінійних штучних нейронних мереж.

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

У дисертаційній роботі розроблено та вдосконалено низку методів і програмних засобів, які становлять собою ефективні інструменти для інтелектуального аналізу біомедичних даних обмеженого обсягу. Розроблені методи відзначаються високими показниками точності, робастності до шумів та аномалій, а також обчислювальною ефективністю. Зокрема:

- удосконалені методи нелінійного розширення простору вхідних ознак забезпечили суттєвий приріст точності лінійних моделей машинного навчання, зберігаючи їх здатність до узагальнення за рахунок лише помірного збільшення розмірності простору незалежних ознак кожного вектора даних;
- розроблена методологія розв'язання задач регресії та бінарної класифікації дала змогу ефективно застосовувати наявні нелінійні ШНМ для аналізу екстремально-коротких вибірок даних, що дозволило підвищити як точність нелінійних моделей машинного навчання, так і істотно покращити їх стійкість до спотворень у даних шляхом використання принципів ансамблевого навчання;
- розроблені методи синтезу ансамблів лінійних і нелінійних штучних нейронних мереж із застосуванням різних способів декореляції вхідних даних та агрегування результатів забезпечили покращення точності на 5–6% в умовах дефіциту навчальних зразків;
- розроблені методи компенсації похибок регресійних моделей дозволили досягти значного зменшення помилок моделювання: зокрема, метод часткового усунення систематичної похибки нейронної мережі узагальненої регресії зменшив RMSE на

4%, 6% та 8% залежно від способу агрегування, удосконалений метод глобально-локальної апроксимації — на 13%, а прямий і зворотний методи компенсації похибок на основі раціональних дробів — зменшили MSE відповідно на 9% та 11%.

Створені програмні засоби, реалізовані відповідно до розроблених та удосконалених методів і захищені свідоцтвами про реєстрацію авторського права, забезпечили можливість комплексного експериментального дослідження ефективності розроблених рішень на як модельних, так і реальних даних біомедичних досліджень. Отримані результати пройшли апробацію під час розв'язання практично орієнтованих задач у різних напрямках біомедичних досліджень, включно з біоматеріалознавством, ревматологією, травматологією, стоматологією та трансплантологією. Впровадження розроблених підходів виконувалося у співпраці з медичними установами та науково-освітніми організаціями, у тому числі в межах реалізації низки науково-дослідних робіт в Україні та міжнародних грантових проєктів, що підтверджено відповідними актами впровадження та практичного використання.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення.

Структура дисертації є логічно обґрунтованою, послідовною та повністю відповідає вимогам, встановленим Міністерством освіти і науки України до оформлення науково-кваліфікаційних робіт. Зміст дисертації охоплює всі необхідні елементи — від обґрунтування актуальності теми, формулювання мети та завдань дослідження, до опису методології, експериментальної перевірки, практичних результатів та висновків. Кожен розділ завершується окремими висновками, що забезпечує можливість цілісного сприйняття матеріалу. Дисертація містить вступ, сім розділів основного тексту, висновки, список використаних джерел, перелік публікацій, а також низку додатків, що підтверджують прикладну реалізацію розробок. У роботі використано точну наукову термінологію, викладення матеріалу відзначається логічною структурованістю, чіткістю формулювань, академічною стилістикою та дотриманням норм української літературної мови. Таким чином, дисертація за структурою, мовою і стилем викладення повністю відповідає чинним вимогам МОН України.

11. У докторській дисертації “Ансамблі моделей неітеративного машинного навчання для аналізу біомедичних даних малих обсягів” матеріали кандидатської дисертації “Методи та засоби забезпечення надвисокої роздільної здатності зображень з флуктуаційною функцією інтенсивності” Ізоніна Івана Вікторовича не використовувались.

12. Відповідність дисертації паспорту спеціальності, за якою вона представлена до захисту.

Дисертація Ізоніна Івана Вікторовича за метою, обсягом та змістом дослідження відповідає паспорту спеціальності 05.13.23 *Системи та засоби штучного інтелекту* (п.1: “Розроблення теоретичних засад створення та застосування систем штучного інтелекту різноманітного призначення.” та п.14: “Аналіз, синтез і моделювання нейронних мереж, розроблення методів їх проєктування, оптимізації та навчання”).

У ході обговорення дисертаційної роботи до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи

13. З урахуванням зазначеного,

на фаховому науковому семінарі кафедри систем штучного інтелекту ухвалили:

13.1. Дисертаційна робота Ізоніна Івана Вікторовича “Ансамблі моделей неітеративного машинного навчання для аналізу біомедичних даних малих обсягів” є завершеною науковою працею, у якій вирішено важливу теоретичну проблему розвитку основ теорії синтезу нейроподібних ансамблевих структур з неітеративним машинним навчанням для підвищення точності розв'язання задач регресії та класифікації на вибірках біомедичних даних малих обсягів, що має важливе значення для галузі інтелектуального аналізу даних.

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

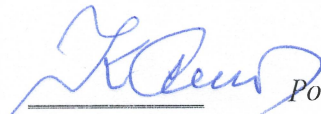
13.3. У 53 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 6 статей у наукових фахових виданнях України та 16 статей у наукових періодичних виданнях інших держав.

13.4. Дисертація підготовлена за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту, відповідає паспорту спеціальності 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту (Перелік наукових спеціальностей, затверджений Наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України 14 вересня 2011 року № 1057) та вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук, п. 7 та 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197.

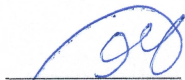
13.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

13.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Ізоніна Івана Вікторовича, дисертаційна робота “Ансамблі моделей неітеративного машинного навчання для аналізу біомедичних даних малих обсягів” рекомендується для подання до розгляду у спеціалізовану вчену раду.

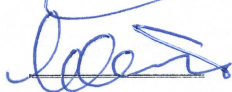
Рецензент,
д.т.н., професор


Роман КАМІНСЬКИЙ

Рецензент,
д.т.н., професор


Віталій ЯКОВИНА

Рецензент,
д.т.н., професор


Ярослав МАТВІЙЧУК

“29” 05 2025р.