

Голові разової спеціалізованої вченої ради
в Національному університеті «Одеська
політехніка» доктору технічних наук,
професору, завідувачу кафедри
інформаційних систем Навчально-
наукового інституту комп'ютерних систем
Олені АРСІРІЙ

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, кандидата технічних наук, доцента,
доцента кафедри інформаційних систем Навчально-наукового інституту
комп'ютерних систем Національного університету «Одеська політехніка»
Бабілонги Оксани Юріївни
на дисертаційну роботу здобувача
Кошутіної Дар'ї Валеріївни
«Методи та моделі обробки і аналізу гетерогенних даних
на основі вейвлет-перетворення»,
що подана до захисту в разову спеціалізовану вчену раду
Національного університету «Одеська політехніка»
Міністерства освіти і науки України
на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»,
галузь знань 12 «Інформаційні технології»

1. Актуальність теми дисертації

Стрімкий розвиток інформаційних технологій, інтелектуальних систем та цифрових засобів моніторингу супроводжується постійним зростанням обсягів, різноманітності та складності даних, які використовуються для підтримки й автоматизації прийняття рішень. Сучасні прикладні системи функціонують із даними різної природи, структури, розмірності та інформативності – гетерогенними даними, які можуть надходити з різних джерел і характеризуватися нестаціонарністю, зашумленістю, неповнотою та апіорною невизначеністю.

Тому проблема ефективної обробки та аналізу гетерогенних даних у задачах технічної діагностики, моніторингу складних технічних систем, робототехніки, автоматизованого керування, медичної діагностики та інших предметних областях, де якість отриманих результатів безпосередньо впливає на достовірність прийнятих рішень набуває особливої актуальності. У таких задачах інформація часто представлена у вигляді нестаціонарних сигналів, часових рядів, зображень, спектральних характеристик та інших типів даних, для яких традиційні методи обробки (оптимізації, кластеризації, класифікації та ін.) недостатньо ефективні через складну структуру сигналів і наявність локальних особливостей, шумів та різномасштабних компонент.

Використання вейвлет-перетворення для розв'язання зазначеної проблеми забезпечує можливість одночасного аналізу даних у часовій та частотній областях і

дозволяє виявляти локальні особливості сигналів на різних масштабах, а також створює передумови для зменшення впливу шумів, виявлення прихованих закономірностей та формування компактного представлення гетерогенних даних.

Отже, дисертаційна робота Кошутіної Дар'ї Валеріївни, що присвячена удосконаленню моделей та методів оптимізації, кластеризації та нейромережевої класифікації гетерогенних даних на основі вейвлет-перетворення в умовах невизначеності, спрямована на вирішення важливої науково-практичної задачі та є, безумовно, актуальною.

Дисертаційну роботу виконано у відповідності до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт Національного університету «Одеська політехніка», згідно координаційних планів Міністерства освіти і науки України, зокрема, в рамках наукових досліджень за держбюджетними науково-дослідними роботами (НДР): НДР № 719-61/161 «Інтелектуальна підтримка прийняття рішень при проектуванні кісткових замінників для лікування воєнних травм» (держ. реєстрація 0124U000388); НДР № 1938 «Інтелектуальна система визначення стану довкілля у реальному часі на базі БПЛА» (держ. реєстрація 0124U004854). Здобувачка приймала участь у виконанні вказаних тем як виконавець.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Аналіз змісту дисертаційної роботи і наукових публікацій Кошутіної Дар'ї Валеріївни свідчить, що основні наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовано в дисертаційній роботі, відповідають темі дослідження, їх достовірність забезпечено коректністю визначення об'єкту та предмету дослідження, які узгоджено з метою і задачами наукового дослідження.

Достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі, забезпечуються коректним використанням сучасних методів розпізнавання образів, методів комп'ютерного зору, машинного навчання, математичним апаратом статистичного та імітаційного моделювання, методами рішення оптимізаційних задач для удосконалення моделей та методів обробки та аналізу гетерогенних даних з використанням вейвлет-перетворення, а також результатами комплексних експериментальних досліджень.

Усі припущення, що були зроблені в процесі моделювання є обґрунтованими, логічно узгодженими та відповідають сучасним стандартам наукових досліджень в області комп'ютерних наук, що підтверджується детальним аналізом широкого кола вітчизняних та зарубіжних наукових джерел.

Обґрунтованість отриманих результатів додатково підтверджується експериментальними дослідженнями ефективності вдосконалених методів та моделей обробки та аналізу гетерогенних даних з використанням вейвлет-перетворення при вирішенні задачі автоматизованої класифікації ЕКГ, а також задачі визначення інтенсивності відмов партії електронних компонентів. Результати експериментів демонструють баланс між точністю та обчислювальними витратами при класифікації, підвищення достовірності кластеризації сигналів в умовах перешкод та зменшення часу обробки, що робить запропоновані рішення перспективними для прикладних практичних застосувань.

Таким чином, наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими, логічно несуперечливими та підтвердженими як теоретичними міркуваннями, так і результатами експериментальних досліджень.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Дисертаційна робота вирішує актуальне та важливе для галузі інформаційних технологій науково-практичне завдання, містить раніше незахищені наукові положення та результати, які отримані автором особисто, а саме:

– *удосконалено* метод оптимізації на основі методу центрів з визначенням обмежень другого роду з ВП Хаара, що за рахунок скорочення кількості етапів обробки з ГВФ та скороченню кількості обчислень цільової функції (звернень до оракулу) дозволило підвищити швидкодію;

– *удосконалено* методи кластеризації за дисперсійною ознакою та з дрейфом центру кластера по лінійній траєкторії, особливістю яких є врахування обмежень у вигляді нерівностей та визначення належності образу до відповідного кластеру з допомогою ВФ, що завдяки скороченню кількості обчислень цільової функції (звернень до оракулу) дозволило підвищити швидкодію обчислень;

– *удосконалено метод* нейромережевої класифікації ГД на базі архітектури KAN шляхом застосування у вхідному шарі вейвлет-функцій, що дозволило підвищити точність ідентифікації станів об'єктів у зашумленому середовищі при мінімізації кількості налаштованих параметрів та зростанні швидкодії обчислень.

Положення, що визначають наукову новизну та виносяться на захист, сформульовані з урахуванням тематики дослідження, відповідають меті дисертаційної роботи, реалізовані у повному обсязі, що свідчить про належний рівень володіння здобувачем методологією наукової діяльності.

4. Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях

Дисертаційна робота Кошутіної Дар'ї Валеріївни є цілісним науковим дослідженням, яке повністю відповідає кваліфікаційним вимогам до робіт третього (наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». Здобувачка продемонструвала здатність до самостійного виконання комплексних науково-технічних завдань та практичного впровадження отриманих результатів.

Основні результати дисертаційного дослідження викладено у 15 наукових публікаціях. Серед них: 4 статті опубліковані у виданнях, включених до Переліку фахових видань України (категорія «Б»), що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних, зокрема Index Copernicus International та Google Scholar; 1 стаття, опублікована у виданні, включеному до Переліку фахових видань України (категорія «А»), що індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus. Одна з цих публікацій підготовлена здобувачкою одноосібно.

За результатами проведеного дослідження зроблено доповіді та опубліковано 11 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях, серед яких є матеріали

конференцій (ICAIP-2024, ICST-2024, ICIDACS-2025), що проіндексовано у базі Scopus.

Усі наукові результати, висновки та положення дисертаційного дослідження повною мірою відображено в опублікованих працях авторки. Таким чином, дисертаційна робота відповідає чинним вимогам стосовно обсягу та змісту наукових публікацій, у яких представлено основні результати проведеного дослідження.

5. Значення роботи для науки та практики

Наведені в дисертаційній роботі результати досліджень дозволяють зробити висновок про її наукову значущість, що підтверджується комплексом теоретичних і експериментальних досліджень, проведених здобувачкою для обґрунтування ефективності запропонованих моделей та методів обробки та аналізу гетерогенних даних на основі вейвлет-перетворення. Отримані результати розширюють наявні наукові підходи до оптимізації, кластеризації та нейромережевої класифікації гетерогенних даних в умовах апріорної невизначеності.

Результати дисертаційного дослідження є практично значущими та орієнтованими на використання для аналізу інформації у складних системах, зокрема для автоматизованої технічної діагностики, 3D-реконструкції сцен у системах технічного зору та оперативного моніторингу динамічних сигналів.

Запропоновані програмні рішення щодо модифікації моделей та методів обробки та аналізу гетерогенних даних дозволяють підвищити швидкодію процесів аналізу інформації у складних системах.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в науково-практичну діяльність товариства з обмеженою відповідальністю НВО «Діскрет», що підтверджує їх практичну придатність і ефективність.

Удосконалений метод обробки та аналізу сигналів на основі дискретного вейвлет-перетворення з застосуванням багаторівневої декомпозиції для виявлення особливостей нестационарних сигналів використаний у науково-дослідницькій діяльності Національного університету «Одеська політехніка» при виконанні держбюджетних НДР № 719-61/161, № 1938, в яких здобувачка була виконавцем.

Крім того, отримані наукові результати знайшли відображення у навчальному процесі, а саме, при оновленні матеріалів дисципліни «Інтелектуальний аналіз даних», що викладається для здобувачів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» Навчально-наукового інституту комп'ютерних систем Національного університету «Одеська політехніка».

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

В результаті вивчення дисертаційної роботи порушень академічної доброчесності не виявлено. Всі запозичення, які є в роботі, мають посилання на відповідні джерела, інші – є загальноновживаними і не є плагіатом.

Публікація результатів дослідження у рецензованих наукових виданнях і матеріалах конференцій, рівень яких передбачає попередню перевірку рукописів на

відсутність запозичень, є одним із важливих підтверджень відсутності порушень академічної доброчесності.

7. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

1. У першому розділі дисертаційної роботи наведено огляд існуючих методів обробки та аналізу гетерогенних даних на основі вейвлет-перетворення, який має переважно описовий характер. Доцільно було б провести більш системний порівняльний аналіз розглянутих методів за єдиною системою критеріїв, зокрема точністю, обчислювальною складністю, швидкістю, стійкістю до завад та ресурсоемністю. Це дозволило б більш структуровано представити переваги й обмеження існуючих підходів та чіткіше визначити невирішені проблеми, на розв'язання яких спрямовані результати дисертаційної роботи.

2. Представлена в першому розділі удосконалена концептуальна модель обробки та аналізу гетерогенних даних передбачає вибір вейвлет-функції на основі ентропійно-інформаційного аналізу. Водночас доцільно було б детальніше обґрунтувати, чому був обраний саме такий критерій в порівнянні з альтернативними критеріями вибору базису.

3. Доцільно було б детальніше описати процедуру оцінювання обчислювальної складності удосконаленого методу оптимізації з обмеженнями, а також конкретизувати, за рахунок яких саме етапів або операцій досягається зменшення обсягу обчислень порівняно з існуючими методами.

4. У другому розділі, при дослідженні методу оптимізації з використанням вейвлет-перетворення з обмеженнями у вигляді нерівностей, потребує додаткового обґрунтування вибір кроку дискретизації під час пошуку оптимуму: $dx = 1$ – для вейвлет-функції Хаара та $dx = 0,01$ – для гіперболічної вейвлет-функції (с. 77). Доцільно було б дослідити вплив величини кроку на точність пошуку оптимуму та обчислювальну складність запропонованого методу.

5. При описі етапу попередньої обробки ЕКГ-сигналів (с. 92) бажано було б більш детально розкрити роль сегментації та її вплив на подальший аналіз аритмій із використанням мережі Wav-KAN. Зокрема, доцільно було б обґрунтувати вибір параметрів сегментації та навести результати дослідження її впливу на якість класифікації.

6. У задачі кластеризації електронних компонентів слід було б проаналізувати, наскільки результати залежать від кількості кластерів та початкових умов кластеризації.

7. У тексті дисертаційної роботи зустрічаються синтаксичні та стилістичні неточності. Зазначені недоліки мають суто редакційний характер і не стосуються змісту наукових результатів.

Зазначені зауваження мають дискусійний характер, не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та не знижують наукової і практичної цінності отриманих результатів.

8. Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота Кошутіної Дар'ї Валеріївни на тему «Методи та моделі обробки і аналізу гетерогенних даних на основі вейвлет-перетворення» є логічно завершеним, самостійно виконаним науковим дослідженням, що характеризується цілісністю викладу та науково-прикладною спрямованістю. Тема та зміст роботи повністю відповідають вимогам спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Беручи до уваги актуальність обраної тематики, рівень обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх наукову новизну та практичну значущість, повноту відображення результатів у наукових публікаціях, а також відсутність порушень принципів академічної доброчесності, можна зробити висновок, що дисертаційна робота відповідає вимогам «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 із змінами, а її автор, Кошутіна Дар'я Валеріївна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» у галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Офіційний рецензент:

канд. техн. наук, доцент,

доцент кафедри інформаційних систем

Навчально-наукового інституту

комп'ютерних систем

Національного університету

«Одеська політехніка»

Оксана БАБІЛУНГА