

ВІДГУК

ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

Литвиненка Володимира Івановича,

доктора технічних наук, професора кафедри штучного інтелекту

Національного технічного університету України

«Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського»

на дисертаційну роботу Кошутіної Дар'ї Валеріївни на тему:

«Методи та моделі обробки і аналізу гетерогенних даних на основі вейвлет-перетворення»,

що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

галузь знань 12 – Інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертації

Робота присвячена підвищенню ефективності обчислювальних процесів, які супроводжують аналіз гетерогенних масивів інформації. Необхідність мінімізувати часові витрати на аналітику без втрати точності рішень зумовила актуальність теми. Автором було запропоновано комплексне удосконалення методології на основі вейвлет-перетворень (ВП) Хаара та гіперболічних вейвлет-функцій (ГВФ). Практична цінність дослідження проявилася в розробці архітектури MLP-KAN-WT, результативність якої успішно протестована на задачах класифікації електрокардіограм.

Тому дисертаційна робота, яку присвячено розв'язанню важливої науково-практичної задачі удосконалення методів обробки та аналізу ГД на основі вейвлет-перетворення є своєчасною та актуальною.

Дисертаційна робота Кошутіної Дар'ї Валеріївни виконана відповідно до планів наукової і науково-технічної діяльності Національного університету «Одеська політехніка», при виконанні держбюджетних тем: НДР № 719-61/161 «Інтелектуальна підтримка прийняття рішень при проектуванні кісткових замінників для лікування воєнних травм» (держ. реєстрація

0124U000388) та НДР № 1938 «Інтелектуальна система визначення стану довкілля у реальному часі на базі БПЛА» (держ. реєстрація 0124U004854).

2. Структура та обсяг дисертації

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 175 сторінок, в тому числі: 139 сторінки основного тексту, 30 рисунки і 10 таблиць, список використаних джерел зі 162 найменувань і 5 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність обробки та аналізу гетерогенних даних на основі вейвлет-перетворень в умовах потреби підвищення швидкодії та зниження ресурсоемності. Визначено недосконалість існуючих підходів, сформульовано об'єкт, предмет, мету й задачі дослідження, а також наведено наукову новизну, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок здобувача.

У першому розділі наведено результати аналізу сучасних методів обробки гетерогенних даних, отриманих на основі малих серій вимірів, та розглянуто їхні обмеження у дрібносерійному виробництві й телемедицині. Сформульовано актуальну науково-прикладну задачу щодо удосконалення методів обробки на базі вейвлет-перетворень і запропоновано удосконалену концептуальну модель оптимізації сигналів з багатьма екстремумами на основі ентропійно-інформаційного аналізу.

У другому розділі наведено удосконалені методи оптимізації, кластеризації та нейромережевої класифікації з використанням вейвлет-перетворення. Зокрема, подано модернізований метод оптимізації на базі методу центрів зі скороченням кількості етапів з гіперболічними вейвлет-функцій (що дало зростання швидкодії до 2,8 разів на функції де Іонга 1), удосконалені алгоритми кластеризації за дисперсійною ознакою та з дрейфом центру по лінійній траєкторії, а також розроблену нейромережеву архітектуру MLP-KAN-WT, яка забезпечила точність класифікації ЕКГ 98.45% при прискоренні обчислень у 2,5-3 рази.

У третьому розділі наведено удосконалений метод пошуку екстремумів мультиекстремальних нестационарних сигналів з вейвлет-перетворенням Хаара для аналізу ЕКГ. Підтверджено ефективність ентропійно-інформаційного критерію для обґрунтованого вибору масштабу вейвлет-розкладання при виявленні комплексів QRS, що дозволило знизити рівень шуму та прискорити пошук характерних точок ЕКГ.

У четвертому розділі наведено результати практичної апробації розроблених методів для електронних виробів та систем комп'ютерного зору. Зокрема, показано застосування удосконаленого методу кластеризації під час відбору резисторів за показниками надійності, що підвищило швидкодію процедур на 7-9%. Також наведено запропоновану наближену оцінку диспарантності стереозображень і виділення контурів для побудови карт глибини в умовах обмеженості обчислювальних та енергетичних ресурсів.

У загальних висновках викладено основні наукові та практичні результати виконаного дослідження, з якими можна погодитися.

У додатках представлено довідки впровадження.

Анотація дисертації стисло відображає її основні положення.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації роботи достатньою мірою обґрунтовані, оскільки базуються на аналізі сучасних та загальновизнаних літературних джерел в таких галузях як аналіз даних, дискретна математика, цифрова обробка сигналів та зображень, математична статистика та експериментальних досліджень. Такий підхід підтверджує достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій. Достовірність отриманих теоретичних результатів підтверджується їх узгодженістю з результатами проведених експериментів для різних прикладних завдань.

Крім того, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується коректним застосуванням математичного апарату, даними комп'ютерних досліджень та практичними результатами, які підтверджуються

наведеними у додатках дисертації довідками.

4. Практична значимість розроблених моделей та методів

Практична значущість підтверджується тим, що запропоновані рішення використані для підвищення обчислювальної ефективності, швидкодії та завадостійкості процесів аналізу інформації у складних системах. Зокрема, розроблене програмне забезпечення швидкої обробки та аналізу гетерогенних даних дозволяє адаптувати ці результати до різних задач комп'ютерних наук, серед яких – автоматизована технічна діагностика, 3D-реконструкція сцен у системах технічного зору та оперативний моніторинг динамічних сигналів.

Розроблені в роботі методи отримали впровадження у діяльності товариства з обмеженою відповідальністю «Діскрет» та знайшли відображення у навчальному та науково-дослідницькому процесі Національного університету «Одеська політехніка». Це довело ефективність запропонованих рішень.

5. Новизна наукових положень, висновків та рекомендацій

В роботі визначено ряд нових наукових результатів, які є значущими для удосконалення методів обробки та аналізу ГД на основі вейвлет-перетворення:

– *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 налаштовуваних параметрів та зростання швидкодії обчислень.

6.Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Розроблені в дисертаційній роботі моделі і методи доцільно використовувати для обробки та аналізу гетерогенних даних у складних інформаційних системах для широкої низки практичних застосувань, а саме: автоматизована технічна діагностика, 3D-реконструкція сцен у системах технічного зору, оперативний моніторинг динамічних сигналів, а також підвищення обчислювальної ефективності, швидкодії та завадостійкості процесів аналізу інформації.

Запропоновані автором рішення доцільно використовувати в навчальних цілях при викладанні дисциплін пов'язаних з інтелектуальним аналізом даних.

7. Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації, відсутність порушення академічної доброчесності

Основні положення і практичні результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення на таких конференціях: міжнародна конференція «International Conference on Applied Innovations in IT 2024 (ICAИТ 2024)» (м. Кетен, Німеччина, 2024 рік); X Міжнародної науково-практичної конференції Інформатика. Культура. Техніка. 2024 25–27 вересня 2024 р. м. Одеса (Україна); XII Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні управляючі системи та технології (ІУСТ - Одеса - 2024)» (м. Одеса, 2024 рік); міжнародна конференція «The 13th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications» (м. Глівіце, Польща, 2025 рік).

Основні результати дисертаційної роботи викладено в 15 публікаціях з них: 4 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», 11 публікацій у працях і матеріалах міжнародних наукових конференцій (матеріали чотирьох з яких проіндексовано у наукометричній базі Scopus), та монографії. 1 стаття

надрукована без співавторів. Таким чином, чинні вимоги до кількості публікацій виконано.

Публікація автором результатів досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність запозичень є одним із елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. В цілому у дисертаційній роботі порушень академічної доброчесності не виявлено.

8. Зауваження згідно змісту та оформлення дисертаційної роботи

1. При аналізі методів оптимізації нульового порядку (с. 73) згадуються актуальна для них характеристика методу: складність оракула (кількість викликів оракула, яка потрібна для гарантування певної точності). Було б доцільно дослідити удосконалені методи оптимізації з кількісним визначенням цього показника.

2. З тексту роботи при описі структури мережі MLP-KAN-WT (с. 104) не досить зрозуміло, які параметри зсуву вейвлет-функцій обрано, і як це впливає на точність виділення локальних ознак сигналу.

3. При дослідженні удосконаленого методу кластеризації з ВФ (при дрейфі центру кластеру по лінійній траєкторії) дрейф координати центру кластера моделювався з допомогою зміщення цільової функції на величину $N\Delta$, де $N = 1, \dots, 5$. З пояснень до рис. 2.3 (с. 88) не зрозуміло, чому дорівнює Δ і як його зміна може впливати на результати досліджень.

Наведені зауваження не впливають суттєво на загальне позитивне враження від дисертаційної роботи та не знижують науковий рівень і практичну цінність дисертації.

9. Загальний висновок

В цілому вважаю, що дисертаційна робота Кошутіної Дар'ї Валеріївни «Методи та моделі обробки і аналізу гетерогенних даних на основі вейвлет-перетворення» є завершеною кваліфікаційною науковою роботою, яка має

науково-практичне значення, тема і зміст якого відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Вона містить не захищені раніше наукові положення і нові науково обґрунтовані результати в галузі розподілених інформаційних систем. Результати дисертації можуть бути рекомендовані до використання в організаціях і науково-дослідних установах, які розробляють системи автоматизованої технічної діагностики та системи оперативного моніторингу динамічних сигналів.

Дисертаційна робота «Методи та моделі обробки і аналізу гетерогенних даних на основі вейвлет-перетворення» за своїм змістом відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор Кошутіна Дар'я Валеріївна заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю – 122 Комп'ютерні науки, галузь знань – 12 Інформаційні технології.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор
кафедри штучного інтелекту
Національного технічного
університету України «Київського
політехнічного інституту імені
Ігоря Сікорського»

Володимир ЛИТВИНЕНКО