

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу Ізмайлова Артема Вікторовича «Методи та засоби трійкових симетричних перетворень для цифрової обробки інформації», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 - комп'ютерні системи та компоненти

Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами.

При створенні багатьох комп'ютерних систем для цифрової обробки сигналів виникає необхідність розробки програмних і апаратних засобів, що реалізують прямі та обернені дискретні ортогональні перетворення для розв'язання задач ущільнення і відновлення сигналів. Тому вибір об'єкту дисертаційного дослідження – процеси цифрової обробки інформації на основі ортогональних та вейвлет-перетворень у комп'ютерних системах, є актуальним та доцільним.

На теперішній час розроблено ряд достатньо ефективних методів та засобів для швидких дискретних ортогональних перетворень. Однак постійно розширюються класи прикладних задач і, відповідно, зростають вимоги щодо швидкодії та економічності таких апаратних і програмних засобів, оскільки часто вони мають забезпечувати обробку в режимі реального часу або близькому до нього і вимагати невеликих обсягів пам'яті для зберігання даних, через те, що комп'ютерні системи часто є мобільними або близькими до них за характеристиками. Для побудови засобів з такими характеристиками необхідно мати математичний апарат дискретних ортогональних перетворень, який забезпечує можливість синтезу швидких алгоритмів обробки інформації, що реалізуються як універсальними комп'ютерами, так і спеціалізованими процесорами. Тому вибір предмету дисертаційного дослідження – методи та засоби трійкових симетричних перетворень, та визначення мети дослідження - зменшення обсягу пам'яті для зберігання корельованих даних шляхом розробки методів та засобів цифрової обробки інформації на основі трійкових симетричних перетворень, є обґрунтованими та відповідають темі дисертаційної роботи.

Тема досліджень відповідає Постанові Верховної Ради України «Реформи галузі інформаційно-комунікаційних технологій та розвиток інформаційного простору України», постанові Президії НАН України від 20.12.2013 № 179 «Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2014-2018 роки» підпункт 1.2.9.7. Розробка перспективних засобів обчислювальної техніки та постанові Президії НАН України від 30.01.2019 № 30 «Про Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019-2023 роки» підпункт 1.2.9.7. Розроблення перспективних засобів обчислювальної техніки.

Тема досліджень відповідає планам наукової та науково-технічної діяльності кафедри комп'ютерних наук та інформаційних систем Прикарпатського національного університету ім. В. Стефаника та виконана в рамках науково-дослідної роботи за темою «Теоретичні та методичні основи побудови комп'ютерних компонентів та систем на базі біторієнтованої вертикальної інфотехнології» (ДР № 0111U004751).

Таким чином, усе сказане обумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Ізмайлова А. В. і наукову новизну сформульованих в ній задач досліджень.

Наукова новизна результатів роботи.

У результаті виконання дисертаційної роботи набув подальшого розвитку науковий напрям, пов'язаний із розробленням компонентів комп'ютерних систем, які призначені для цифрової обробки сигналів на основі дискретних ортогональних перетворень.

Виходячи з того, що нові наукові результати - це нові знання в певній галузі фундаментальних чи прикладних наук, можна вважати основними науковими результатами дисертації таке:

- вперше запропонований метод ортогонального перетворення інформації, який, на відміну від відомих методів, передбачає використання системи ортогоналізованих добутоків трійкових симетричних функцій і забезпечує ущільнення послідовностей даних за рахунок зменшення взаємної кореляції їх елементів і, як наслідок, зменшення від 44 до 66% обсягу пам'яті комп'ютерної системи, необхідного для зберігання результатів перетворення;

- вперше запропонований метод неперервного вейвлет-перетворення, який, на відміну від відомих методів, передбачає використання неперервних трійкових симетричних функцій, властивості яких забезпечують підвищення ефективності виявлення короткотермінових особливостей та характеристик послідовностей даних, накладених на довготермінові, від 50 до 100% і, як наслідок, підвищення точності результатів функціонування комп'ютерних засобів, які використовуються для ідентифікації сигналів та автоматичного контролю технологічних процесів;

- вперше запропонований метод дискретного вейвлет-перетворення, який, на відміну від відомих методів, передбачає використання дискретних трійкових симетричних функцій і трьох банків фільтрів довжиною 3 та забезпечує пришвидшення процесу обчислення вейвлет-коефіцієнтів від 11 до 50%, а також зменшення обсягу пам'яті, необхідного для зберігання результатів перетворення до 57%;

- вперше запропоновані структурні моделі спеціалізованих процесорів для реалізації швидких трійкових симетричних ортогонального та дискретного вейвлет-перетворень, які, на відміну від відомих моделей, передбачають використання запропонованих трьохоперандових операційних блоків та банків цифрових фільтрів довжиною 3 і забезпечують зменшення обсягів пам'яті, необхідних для зберігання даних, у комп'ютерних засобах

для ідентифікації сигналів та автоматичного контролю технологічних процесів та зменшення їх апаратної складності.

Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Наукові положення, викладені в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими за рахунок використання апробованих математичних методів, а саме: методів функціонального аналізу для створення і дослідження систем трійкових симетричних функцій, методів теорії ортогональних та вейвлет-перетворень для синтезу трійкового симетричного ортогонального перетворення і трійкового симетричного вейвлет-перетворення, окремі положення теорії ймовірностей та математичної статистики використано для оцінювання достовірності теоретичних та практичних результатів, методи теорії проектування апаратних засобів цифрової обробки даних та схемотехніки застосовано для розробки та моделювання засобів, що реалізують трійкові симетричні перетворення.

Достовірність основних наукових результатів роботи підтверджується наведеною в розділах 2-5 системою формальних методик і перетворень, що не містить принципових помилок, а також рядом прикладів і збіжністю результатів експериментальних досліджень, отриманих під час програмної реалізації алгоритмів з теоретичними і практичними результатами.

Цінність дисертаційної роботи для науки.

Цінність дисертації полягає в тому, що в ній запропоновано нове рішення важливої науково-технічної задачі в теорії побудови компонентів комп'ютерних систем, що використовуються для ідентифікації сигналів та автоматичного контролю технологічних процесів. Змістовний аспект запропонованого рішення, який спрямований на розширення класу моделей, методів і засобів цифрової обробки сигналів на основі трійкових симетричних перетворень, що забезпечують зменшення обсягу пам'яті для зберігання корельованих даних, не був відомий раніше.

Практична корисність роботи.

Практична корисність роботи обумовлена тим, що використання запропонованих в ній моделей, формальних методів, конкретних рішень і рекомендацій дозволяє створювати більш досконалі, порівняно з відомими, компоненти комп'ютерних систем, що використовуються для ідентифікації сигналів та автоматичного контролю технологічних процесів. Зокрема, розроблені спеціалізовані процесори та прикладне програмне забезпечення для реалізації запропонованих трійкових симетричних перетворень інтегровані у пристрої комплектації вузлів обліку і контролю параметрів передачі газу та в комплекс засобів наземного контролю і керування процесом буріння нафтових і газових свердловин СКУБ-М2. Застосуванням запропонованих засобів забезпечено зменшення обсягу пам'яті, необхідного для зберігання даних, і підвищення точності обліку витрат газу та

моніторингу процесів видобутку нафти, а також збільшення часу автономного функціонування відповідних технічних систем обліку та моніторингу.

Результати роботи впроваджено в Івано-Франківському спеціальному конструкторському бюро засобів автоматизації та в навчальному процесі кафедри комп'ютерних наук та інформаційних систем Прикарпатського національного університету ім. В. Стефаника при викладанні навчальних дисциплін «Перетворення форми інформації» і «Теорія інформації та кодування» за спеціальностями 122 – Комп'ютерні науки та 126 – Інформаційні системи та технології.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення.

Побудова дисертації відповідає прийнятим для наукового дослідження вимогам. Дисертація складається зі вступу, п'ятих розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено предмет та об'єкт дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення результатів роботи, особистий внесок здобувача, наведені дані щодо апробації результатів досліджень та публікацій за темою дисертації.

У першому розділі автором проаналізовано властивості найбільш уживаних для цифрової обробки інформації базисів і систем функцій та методів і засобів ортогональних, зокрема, вейвлет-перетворень, синтезованих на їх основі. Проаналізовано основні критерії за якими здійснюється порівняння ефективності застосування методів та засобів для цифрової обробки інформації. На основі проведеного аналізу сформульовано задачі наукового дослідження.

У другому розділі запропоновано базис ортогоналізованих добутків трійкових симетричних функцій та метод трійкового симетричного ортогонального перетворення для цифрової обробки інформації. З метою підвищення швидкодії відповідного засобу, автором запропоновано метод швидкого трійкового симетричного ортогонального перетворення.

У третьому розділі автором запропоновано трійковий симетричний материнський вейвлет та метод неперервного трійкового симетричного вейвлет-перетворення на його основі. Доведено здатність запропонованого перетворення виявляти короткотермінові особливості та характеристики інформаційних сигналів із підвищеною точністю порівняно з існуючими вейвлет-перетвореннями.

Розроблено метод дискретного трійкового симетричного вейвлет-перетворення, який передбачає використання другого (допоміжного) трійкового симетричного материнського вейвлету. З метою підвищення швидкодії відповідного засобу, автором розроблено фільтрову форму перетворення.

У четвертому розділі розроблено структури спеціалізованих процесорів для цифрової обробки інформації, що реалізують запропоновані

дискретні трійкові симетричні перетворення. Структура та робочий цикл засобу трійкового симетричного ортогонального перетворення промодельовані за допомогою САД засобу для імплементації на ПЛІС. Запропоноване дискретне трійкове симетричне вейвлет-перетворення реалізовано у вигляді апаратно-програмного засобу за допомогою пристрою розробки на основі мікроконтролера та розробленого автором програмного засобу «Symmetric Ternary Wavelet Transform MC Performer», який забезпечує взаємодію апаратної частини засобу з комп'ютером.

У п'ятому розділі наведено результати експериментальних досліджень ефективності застосування методів та засобів запропонованих трійкових симетричних перетворень.

Оцінка ефективності запропонованого у другому розділі методу швидкого трійкового симетричного ортогонального перетворення здійснена на основі статистичної моделі інформаційного сигналу з використанням критеріїв, розглянутих у першому розділі. Оцінка ефективності застосування засобу запропонованого перетворення для зменшення обсягу пам'яті, необхідного для зберігання даних, здійснена за допомогою експериментальних даних, отриманих у результаті включення засобу до складу пристроїв комплектації вузлів обліку та контролю параметрів передачі газу.

Оцінка ефективності запропонованого у третьому розділі методу дискретного трійкового симетричного вейвлет-перетворення здійснена на основі набору тестових інформаційних сигналів. Оцінка ефективності застосування засобу запропонованого перетворення для зменшення обсягу пам'яті, необхідного для зберігання даних, здійснена за допомогою експериментальних даних, отриманих у результаті включення засобу до структури комплексу засобів наземного контролю і керування процесом буріння нафтових і газових свердловин СКУБ-М2.

У висновках стисло сформульовано основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

У додатках наведено список публікацій здобувача, акти впровадження результатів дисертації, а також додаткові матеріали.

Таким чином, в тексті дисертації знайшли відображення результати розв'язання всіх сформульованих задач дослідження. Дисертація написана науковою мовою та оформлена відповідно до існуючих нормативних документів.

Повнота викладення основних результатів дисертації та апробація роботи.

Основні результати дисертації достатньо повно відображені в 34 наукових працях, серед яких 4 статті у виданнях, що включені до переліку наукових фахових видань України з технічних наук, 1 стаття у зарубіжному виданні, 1 розділ колективної монографії, 28 тез доповідей, і пройшли апробацію на багатьох всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференціях.

Автореферат дисертації.

Автореферат дисертації за своїм змістом повністю відповідає дисертаційній роботі.

Зауваження щодо змісту й оформлення дисертації.

1. У першому розділі дискретне перетворення Фур'є та дискретне косинусне перетворення згадуються лише опосередковано, незважаючи на їх широке практичне застосування у системах цифрової обробки сигналів та зображень. Також, варто було б відзначити, що спектр Фур'є застосовується для обґрунтування властивості взаємної ортогональності систем вейвлет- та масштабних функцій у дискретних вейвлет-перетвореннях та ряду властивостей дискретних вейвлет-перетворень.

2. У другому розділі (п. 2.1.3) автором наведено розгорнуте доведення властивості повноти запропонованої системи ортогоналізованих добутків трійкових симетричних функцій. Незважаючи на важливість цієї властивості для обґрунтування підстав синтезу ортогональних перетворень у подальших викладках, це доведення доцільно було б скоротити та подати у тезовій формі, оскільки, дисертація стосується технічних, а не фізико-математичних наук.

3. У підрозділі 3.2 автором не проаналізовані спектри Фур'є запропонованих материнських вейвлетів та масштабної функції, що є типовою складовою подібних викладів у світовій науковій літературі за тематикою. Бажано було б навести візуалізацію цих спектрів та показати особливості й можливі переваги, які виникають у зв'язку з появою другої материнської вейвлет-функції.

4. Автор не пояснює, яким чином має оброблятися набір даних, коли його розмір не є кратним розміру перетворення.

5. У четвертому розділі схему, наведену на рис. 4.20, варто було розбити на декілька аркушів для підвищення читабельності, як це зроблено зі схемами на рис. 4.15 та 4.16.

6. Для очищення інформаційних сигналів від шуму використовують дві техніки: «м'якого» і «жорсткого» порогів. У четвертому та п'ятому розділах автор розглядає без обґрунтування лише техніку «м'якого» порогу.

7. У п'ятому розділі автором наведено загальновідому формулу (5.1) обчислення значення середньої абсолютної похибки у відсотках MARE із належним чином оформленими посиланнями на джерела, проте, її необхідно було навести у підрозділі 1.4, оскільки, вона не є розробкою автора.

8. У п'ятому розділі діаграми на рис. 5.14 та 5.15 варто було доповнити узагальненими результатами кількісних оцінок за відповідними критеріями у табличній або графічній формі, оскільки без них вони є мало інформативними.

Загальна оцінка дисертації

Оцінюючи роботу в цілому, вважаю, що в дисертації отримано нове рішення важливої науково-технічної задачі в теорії побудови компонентів комп'ютерних систем, що використовуються для цифрової обробки сигналів і забезпечують зменшення обсягу пам'яті для зберігання корельованих даних. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою.

Вважаю, що за актуальністю вибраної теми, обсягом і рівнем виконаних теоретичних і експериментальних досліджень, достовірністю і обґрунтованістю висновків, новизною досліджень, значенням отриманих результатів для науки і практики, рівнем апробації та публікацій дисертаційна робота задовольняє вимогам п. 9, 11, 12 і 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою КМУ від 19 серпня 2015 року № 656, а її автор, Ізмайлов Артем Вікторович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент
завідувач кафедри захисту інформації
Вінницького національного
технічного університету,
доктор технічних наук, професор



В.А. Лужецький

Підпис *Лужецького В.А.*
ПОСВІДЧУЮ
Зав. канцелярією *[Signature]*