

ВІДГУК

на дисертацію **Луца Ярослава Васильовича**

«Методи і алгоритми оброблення і кодування зображень на основі швидких цілочислових синус-косинусних та дискретних мультівейвлет-перетворень»,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113
«Прикладна математика», галузі знань 11 – «Математика та статистика»

1. Актуальність теми дисертації

Робота присвячена актуальній сучасній темі: дослідженню та розробленню нових підходів, методів і алгоритмів кодування і оброблення зображень, з пріоритетом на збільшення швидкодії кодування. Зменшення обчислювальних вимог дозволяє використовувати менш потужні пристрої і збільшувати час автономної роботи, що є важливим при застосуванні результатів роботи в космічній галузі, зокрема супутникових технологіях зв'язку. Для широкого використання технологій зв'язку є також важливим підвищення енергоефективності кодування та оброблення даних, що має місце в даній роботі. Виходячи з цього, представлена робота є актуальною і своєчасною.

2. Зв'язок роботи з науковими темами

Здобувач приймав участь у проектах відділу оптимізації чисельних методів №140 Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України: ВФ 140.18 «Розроблення теоретичних основ побудови базисних систем нового класу мультівейвлетів для оброблення сигналів і зображень», держреєстрація № 0119U002275; ВП.140.21 «Розроблення ефективних методів та алгоритмів оброблення, кодування і аналізу сигналів для дистанційного моніторингу функціональних станів осіб», держреєстрація № 0122U000830.

3. Загальна оцінка змісту дисертації, її довершення і оформлення

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків і переліку використаних джерел. В першому розділі наведено огляд відомих підходів, методів і алгоритмів кодування і стиснення зображень. В другому розділі розглянуто гібридний кодек, що включає традиційне, однак

швидкодіюче кодування на стороні кодера та наближене відновлення втрачених даних на стороні декодера за допомогою нейромереж. В третьому розділі розглядаються нові гібридні ортогональні перетворення, зокрема цілочислові однонормові перетворення низької обчислювальної складності: спрощене синусно-косинусне перетворення типу VII порядку 16, синусно-косинусне перетворення типу II порядку 4 та косинусно-синусне перетворення типу IV порядку 16. Розроблене спрощене синусно-косинусне перетворення типу VII порядку 16 може виступати як альтернатива синусному перетворенню типу VII порядку 16 для швидкодіючих режимів кодування. В четвертому розділі розглянуто мультигібридні цілочислові ортогональні перетворення: спрощене синусно-косинусне перетворення типу II порядку 8, модифіковані синусне і косинусне перетворення типу II порядку 8. Модифіковане косинусне перетворення типу II порядку 8 запропоновано як оптимальна за якістю альтернатива синусному перетворенню типу VII порядку 8, а спрощене синусно-косинусне перетворення типу II порядку 8 – як оптимальна за швидкодією альтернатива синусному перетворенню типу VII порядку 8. Відповідно, останні два перетворення можуть застосовуватись адаптивно, коли обирається те чи інше перетворення в залежності від пріоритету за якістю чи швидкодією кодування. П'ятий розділ дисертації присвячений опису мультвейвлет-методу кодування зображень на основі трьохрівневого двовимірного швидкого дискретного мультвейвлет-перетворення з мультвейвлет-пакетом розміру 8×8 , який має більшу швидкодію порівняно відомими методами кодування.

4. Наукова новизна отриманих результатів

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень розв'язано важливу науково-прикладну задачу розвитку теорії оброблення, кодування та передавання даних, яка є основою для побудови інформаційно-ефективних систем, що є важливим для реалізації кодування в області інтернету речей, мобільного зв'язку та бортових пристроїв.

В роботі отримані такі основні наукові результати:

- запропоновано і розроблено цілочислове однонормове синус-косинусне перетворення типу II порядку 4 зі швидкими алгоритмами обчислення на основі косинусного і синусного перетворень 4×4 , шляхом застосування відомого методу побудови гібридних перетворень, що дало можливість розробити цілочислове однонормове спрощене синус-косинусне перетворення порядку 8 низької складності;

- запропоновано спрощене синус-косинусне перетворення 8×8 як альтернатива відомому синусному перетворенню типу VII порядку 8 для швидкодіючих режимів кодування, що дало можливість в три рази збільшити швидкодію при незначному погіршенні коефіцієнта стиснення на 0,7-1%;

- розроблено матричний метод побудови гібридних цілочислових спрощених синус-косинусних перетворень типу VII порядку 16 на основі двох перетворень порядку 8, що дало можливість зменшити обчислювальну складність приблизно на 38,6% порівняно з аналогічними, відомими алгоритмами дискретного синусного перетворення;

- розроблено комп'ютерну технологію кодування зображень на основі 2D швидких мультивейвлет-перетворень, що дало можливість суттєво зменшити мультиплікативну складність у порівнянні з відомим класичним вейвлет-методом на основі алгоритму Малла.

5. Практичне значення результатів дослідження

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає в можливості застосування розроблених підходів, методів і алгоритмів для кодеків зображень та відео, зокрема, для розробки кодеків низької обчислювальної складності, як традиційних, так і гібридних з використанням нейромереж на стороні декодера, що є важливим для реалізації енергоефективного кодування в області інтернету речей, мобільного зв'язку, переносних пристроїв, супутникових та космічних технологій та мережі інтернет. Розроблені алгоритми можуть знайти широке застосування при кодуванні безпілотних літальних апаратів.

6. Ступінь обґрунтованості основних положень та висновків

Отримані в дисертаційній роботі положення, висновки, підходи, методи та алгоритми мають належне обґрунтування на підставі експериментальних результатів досліджень та розроблених теоретичних тлумачень.

7. Повнота викладення наукових положень та результатів в публікаціях

Основні положення та отримані результати в дисертації викладено в 9 публікаціях, в тому числі в трьох фахових статтях, з яких одна стаття у науковому виданні, проіндексованому в базі Scopus, та в матеріалах 6 наукових конференцій, дві з яких індексуються в базі даних Scopus.

8. Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації

Отримані основні результати роботи та їх викладення в цілому не викликають суттєвих зауважень, однак деякі питання доцільно було висвітлити більш повно, зокрема:

1. В роботі не наведено результати порівняння розроблених перетворень з відомими вейвлетами на основі вейвлет-пакетів.
2. Для отримання більш точних статистичних оцінок доцільно було використати більшу кількість тестових зображень.
3. В дисертаційній роботі не наведено результати тестування мультивейвлетів для одного і двох рівнів розкладу.
4. В дисертації зустрічаються окремі синтаксичні помилки.

Незважаючи на зазначені вище недоліки, загальна оцінка дисертаційної роботи є позитивною.

9. Рекомендації щодо впровадження отриманих результатів

Отримані результати дисертаційної роботи рекомендуються для поглибленого подальшого дослідження та практичного використання, в тому числі для вивчення у закладах вищої освіти відповідного напрямку навчання.

10. Висновок

Дисертаційна робота Луца Ярослава Васильовича «Методи і алгоритми оброблення і кодування зображень на основі швидких цілочислових синус-косинусних та дискретних мультивейвлет-перетворень» на здобуття наукового

ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика» є самостійною науково-дослідною роботою, в якій отримано теоретичні результати, що включають нові підходи, методи та алгоритми кодування зображень та відео.

Дисертація Луца Я.В. за актуальністю, обсягом і рівнем проведених досліджень, науковою новизною і практичним значенням відповідає всім 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 № 44 від 12 січня 2022 р. Здобувач, Луц Ярослав Васильович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Офіційний опонент:
завідувач кафедри комп'ютеризованих
систем автоматики
Національного університету
«Львівська політехніка»,
д.т.н., професор

Адріан НАКОНЕЧНИЙ

Підпис професора А.Й.Наконечного
засвідчую:
Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ