

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу

Луц Василя Костянтиновича

на тему «Методи і алгоритми для адаптивного кодування зображень»,

яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 11 Математика та статистика

за спеціальністю 113 Прикладна математика

Актуальність теми дисертації

Сучасна галузь мобільних гаджетів, систем фото та відео фіксації, а також Інтернету речей характеризується широким застосуванням методів кодування і стиснення зображень та відео. Основною метою є зменшення обсягу даних, які необхідно передавати телекомунікаційними системами, а також зберігати у сховищах даних. Наявність великої кількості існуючих методів та алгоритмів кодування робить дуже складною й актуальною задачу обрання серед них таких, що найбільшою мірою відповідають особливостям конкретних даних, що підлягають обробці, тобто їх адаптації за певними критеріями. Найбільшою мірою це стосується етапів вибору розмірності блоку інтра-прогнозування, порядку перетворення та параметрів квантування/стиснення. Оскільки адаптивність значно збільшує обчислювальну складність реалізації, це обумовлює також необхідність розробки оптимальних з точки зору обчислювальної потужності комплексів методів та алгоритмів. Тому тема дисертаційної роботи Луц Василя Костянтиновича «Методи і алгоритми для адаптивного кодування зображень», яку саме й присвячено вирішенню перелічених питань, є безумовно актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Вивчення змісту дисертації Луц Василя Костянтиновича дозволяє зробити висновок про обґрунтованість та достовірність його наукових результатів. Вони забезпечуються використанням класичних підходів й методів теорії апроксимації, чисельного аналізу, лінійної алгебри, комбінаторики, статистичного й математичного моделювання, кластерного аналізу, теорії інформації.

Більшість підходів, методів та алгоритмів запропоновано автором вперше. Отримані результати обґрунтовано теоретично, достовірність теоретичних результатів підтверджується результатами відповідних експериментальних

досліджень, порівнянням отриманих результатів із результатами інших авторів, числовими даними, поданими у відповідних таблицях та продемонстрованих на рисунках у роботі.

Більшість наукових та практичних результатів дисертаційної роботи автора знайшли відображення у науково-дослідницьких роботах відділу №140 оптимізації чисельних методів Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України: ВФ 140.18 «Розробити теоретичні основи побудови базисних систем нового класу мультимедійних сигналів для оброблення сигналів і зображень», № держреєстрації 0119U002275; ВКМ 140.24.21 «Розробити методи і алгоритми розподіленого моделювання та визначення станів віддалених об'єктів тривалого моніторингу на основі суперкомп'ютерних технологій», № держреєстрації 0121U110720; ВП. 140.19 «Розробити адаптивні методи і алгоритми оброблення та кодування моніторингових даних в безпроводних мережах», № держреєстрації 0119U002273; ВП.140.21 «Розробити ефективні методи та алгоритми оброблення, кодування і аналізу сигналів для дистанційного моніторингу функціональних станів осіб», № держреєстрації 0122U000830.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1) запропоновано математичну модель процесів кодування і стиснення зображень з втратами, і на її основі сформульовано два нових алгоритми і концепцію кодеків різного рівня складності. Розглянуто нові адаптивні режими кодування і запропоновано критерії їх порівняння та вибору;

2) запропоновано дві нові міри для оцінки похибок. Представлено нову векторну міру для обчислення відстані в просторі кольорів;

3) запропоновано цілочислове просте косинусне перетворення порядку 16 і розроблено швидкі алгоритми його обчислення низької обчислювальної складності без виконання операцій множення, які у 2,2 рази швидші порівняно із відомими алгоритмами косинусного перетворення порядку 16 зі стандарту відеокодування H.265;

4) для цілочислового однонормового синусного перетворення типу VII порядку 4 розроблено швидкий обернений алгоритм його обчислення, який потребує лише п'ять операцій множення, що на 37,5% менше порівняно з відомим алгоритмом;

5) запропоновано цілочислове однонормове модифіковане синус-косинусне перетворення типу VII порядку 8 і розроблено швидкий алгоритм його обчислення низької мультиплікативної складності, яка в 7 раз менша порівняно із відомим алгоритмом дискретного синусного перетворення типу VII, і забезпечує більш високі характеристики ефективності кодування за якістю і ступенем стиснення.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та оформлення

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Луц Василя Костянтиновича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 113 Прикладна математика та напрямам досліджень відповідно до освітньої програми Прикладна математика.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, а її результати свідчать про вагомий особистий внесок здобувача у науковий напрям Прикладна математика.

Дисертаційна робота Луц Василя Костянтиновича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Дисертаційна робота написана українською мовою, яка відповідає особливостям стилю наукових досліджень, визначається адекватним застосуванням термінів і понять, що характерні для стандартної фахової та наукової термінології. Дослідження є цілісною роботою, в якій досягнуті тематична повнота та розкриття головної наукової ідеї автора. Подані в роботі наукові та практичні положення логічно викладені та достатньо обґрунтовані.

Дисертація складається з анотації, списку публікацій здобувача за темою дисертації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг роботи становить 131 сторінку друкованого тексту, у тому числі основний текст на 107 сторінках, 22 таблиці, 16 рисунків, 94 найменувань літературних джерел.

У **вступі** автором обґрунтовано актуальність обраної теми дослідження, сформульовано мету і завдання дослідження, а також описано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи та особистий внесок автора.

У **першому розділі** зроблено огляд відомих підходів, методів і алгоритмів кодування і стиснення зображень з втратами і без втрат. Сформульовано їх основні недоліки та визначено основні напрямки покращення.

У **другому розділі** запропоновано нову архітектуру адаптивних кодеків різного рівня складності: швидкодіючого, збалансованого, ресурсоємного на основі описаної математичної моделі кодування і стиснення зображень з втратами та розроблено два нових алгоритми вибору типу й порядку перетворень. Запропоновано новий структурний рівень алгоритмів оцінки й вибору адаптивних режимів. Представлено ідею зворотної сумісності кодеків різного рівня. Запропоновано збільшення кількості адаптивних режимів за рахунок нових адаптивних режимів низької складності.

У **третьому розділі** представлено блочні цілочисельні перетворення, зокрема просте косинусне перетворення порядку 16, модифіковане синус-косинусне типу VII порядку 8 і синусне типу VII порядку 4. Розглянуто умови і доцільність їх застосування, наведено результати тестування і визначення обчислювальної складності.

У **четвертому розділі** описано ряд нових підходів, методів і алгоритмів для адаптивного кодування і стиснення зображень з втратами. Запропоновано режим роздільного адаптивного кодування з використанням трьох перетворень: косинусного, синус-косинусного і синусного. Представлено алгоритм вибору порядку і типу перетворень в залежності від коефіцієнта стиснення і характеристик вхідних даних. Запропоновано простий алгоритм оцінки статистичних характеристик вхідних даних з метою вибору фіксованих параметрів кодування. Розроблено модифікацію міри MSE, що використовує тільки значення відхилень більші за певне порогове X ; запропоновано нову векторну міру для обчислення відстані в просторі кольорів, яка враховує зміни відтінків кольорів. Запропоновано новий простір кольорів на основі співвідношення кольорів.

У **висновках** наведено підсумкові результати проведених у дисертації наукових досліджень, що узагальнюють висновки за кожним з її розділів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог, сформульованих у наказі МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

За матеріалами дисертації опубліковано 11 наукових праць, з яких 3 – це статті у наукових періодичних виданнях іншої держави (США), які індексуються в SCOPUS; 2 – статті у наукових періодичних виданнях України, що включено на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України за спеціальністю «Прикладна математика»; 1 – стаття у науковому періодичному виданні України, що не входять до переліку наукових фахових видань України за спеціальністю «Прикладна математика»; 5 – публікації у матеріалах конференцій.

Наукові публікації здобувача містять опис наукових досліджень, проведених в рамках дисертаційного пошуку, аналіз сутності проблеми, методів і результатів проведених досліджень, а також обґрунтовані висновки. В наукових публікаціях здобувача не виявлено порушень принципів академічної доброчесності, висновки є оригінальними.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1) Опис запропонованої математичної моделі процесів кодування й стиснення зображень з втратами є великою мірою евристичним й потребує подальшого доповнення більш суворими визначеннями у вигляді аксіом й теорем.

2) Опис деяких запропонованих алгоритмів, зокрема алгоритмів вибору адаптивних режимів різної складності, є надто загальним. Було б доцільним надати конкретні рекомендації щодо вибору вагових коефіцієнтів складових, а також сам алгоритм описати більш детально із залученням математичного обґрунтування.

3) Деякі з викладених у дисертаційній роботі гіпотез, зокрема щодо нових просторів кольорів на основі співвідношення кольорів та гібридних індексованих палітр, бажано додатково перевірити та підтвердити їх обґрунтованість експериментальною перевіркою.

4) Запропоновані нові міри для оцінки похибок при стисненні не враховують особливості сприйняття зображень людиною (Human Visual System), хоча більшість сучасних мір характеризують саме візуальну якість. Тож було б доцільним, по-перше, порівняти запропоновані автором міри із мірами, що враховують особливості HVS, й по-друге, у подальшому спробувати модифікувати власні запропоновані міри для урахування цих особливостей.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Луц Василя Костянтиновича на тему «Методи і алгоритми для адаптивного кодування зображень» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 11 Математика та статистика. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «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 р. № 44.

Здобувач Луц Василь Костянтинович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 11 Математика та статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Офіційний опонент:

Кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційно-комунікаційних
технологій ім. О. О. Зеленського
Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Сергій АБРАМОВ

Підпис доцента Сергія Абрамова підтверджую

Вчений секретар
Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
Кандидат технічних наук, доцент

Тетяна БОНДАРЄВА

