ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
к.т.н., доц.
_____ Тетяна ЖЕЛЯСКОВА
“___” 03 _____ 20 25 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 7/2 від 19 лютого 2025 р. розширеного засідання
кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем

Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри АМЕС в.о. зав.кафедри АМЕС, к.т.н., доцент, Дрозденко О.І.;
професор кафедри АМЕС, д.т.н., професор, Дідковський В.С.;
професор кафедри АМЕС, д.т.н., професор, Продеус А.М.;
професор кафедри АМЕС, д.т.н., професор, Власюк Г.Г.;
професор кафедри АМЕС, д.т.н., професор, Розорінов Г.М.;
доцент кафедри АМЕС, к.т.н. Полобюк Т.А.;
доцент кафедри АМЕС, к.т.н., доцент, Берегун В.С.;
доцент кафедри АМЕС, к.т.н., доцент, Попович П.В.;
доцент кафедри АМЕС, к.т.н., доцент, Макаренко В.В.;
доцент кафедри АМЕС,к.т.н., доцент, Лазебний В.С.;
доцент кафедри АМЕС, доктор філософії Паренюк Д.В.;
доцент кафедри АМЕС, к.т.н., доцент, Дрозденко К.С.;
доцент кафедри АМЕС, к.т.н., доцент, Трапезон К.О.;
доцент кафедри АМЕС, к.т.н., доцент, Богданов О.В.;
доцент кафедри АМЕС, к.т.н. Гребінь О.П.;
доцент кафедри АМЕС, к.т.н., доцент, Оникієнко Ю.О.;
асистент кафедри АМЕС, Левенець Н.Ф.;

- з кафедри ЕПС доцент кафедри ЕПС, к.т.н., доцент, Михайлов С.Р.;
доцент кафедри ЕПС, к.т.н., доцент, Клен К.С.;
доцент кафедри ЕПС, к.т.н., доцент, Сафронов П.С.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем Мазіна Максима Юрійовича за матеріалами дисертаційної роботи "Методи стиснення зображень в системах Інтернету речей на мікроконтролерах", поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 Електроніка

Освітньо-наукова програма Електроніка.

Тему дисертаційної роботи "Методи стиснення зображень в системах Інтернету речей на мікроконтролерах" затверджено на засіданні Вченої ради факультету електроніки (протокол №11/2021 від 29 листопада 2021 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради факультету електроніки (протокол № 01/2025 від 20 січня 2025 року).

Науковим керівником затверджений к.т.н., доцент, Оникієнко Ю.О.

2. Запитання до здобувача.
Запитання по темі дисертації ставили:
к.т.н., доцент, Берегун В.С.;
д.т.н., професор, Дідковський В.С.;
д.т.н., професор, Розорінов Г.М.;
к.т.н., доцент, Дрозденко О.І.;
к.т.н., доцент, Лазебний В.С.;
к.т.н. Полобюк Т.А.;
к.т.н., доцент, Попович П.В.;
к.т.н., доцент, Трапезон К.О.;

3. Виступи за обговореною роботою.
В обговоренні дисертації взяли участь:
д.т.н., професор, Продеус А.М.;
д.т.н., професор, Дідковський В.С.;
к.т.н., доцент, Дрозденко О.І.;
к.т.н., доцент, Трапезон К.О.;
к.т.н., доцент, Лазебний В.С.;
к.т.н., доцент, Попович П.В.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Методи вейвлет-перетворень показали свою ефективність у вирішенні задач обробки зображень завдяки можливості багаторівневого аналізу даних в частотно-часовій області. Зокрема, вейвлети Daubechies, Haar, Coiflet широко застосовуються для стиснення, фільтрації та відновлення зображень.

Вейвлети забезпечують гнучкість у виборі компромісу між швидкістю обробки, обсягом пам'яті та якістю відновлених даних, що робить їх перспективними для використання на мікроконтролерах.

Аналіз сучасних досліджень показує, що вейвлет-перетворення мають значний потенціал для використання в IoT-системах, проте існує недолік розробок, спрямованих на оптимізацію цих методів для мікроконтролерів. Особливо це стосується адаптації вейвлет-алгоритмів для обробки зображень у реальному часі в умовах обмежених ресурсів.

Значний внесок у дослідження вейвлет-перетворень та їх адаптації для IoT зробили такі науковці, як М. Шалунов, А. Садовський, Х. Ван, Л. Джан, Т. Браун, П. Ізраель, В. Чжан, І. Беляков, А. Джеймс та інші. Водночас, проблематика використання вейвлетів у контексті обробки зображень на мікроконтролерах залишається недостатньо вивченою.

Дослідження в цьому напрямі є актуальними, оскільки дозволяють підвищити ефективність роботи IoT-пристроїв, що сприятиме подальшому розвитку розумних систем, таких як бездротові сенсорні мережі, системи моніторингу та аналізу даних у реальному часі.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконувалася на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" у рамках НДР "Автоматизована система суб'єктивного та об'єктивного оцінювання якості мовлення" (№ держреєстрації 0116U008959).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Запропоновано удосконалений метод, що об'єднує вейвлет-перетворення з традиційними методами стиснення, такими як RLE та метод Хафмана, які дозволяють досягти зменшення розміру файлів зображень без втрат якості в умовах обмежених ресурсів мікроконтролера.
2. Вперше використано евклідової відстані як метрики, яка враховує розбіжність між піксельними значеннями оригінального та перетвореного зображення, що дозволить оцінити перетворене зображення на наявність великих розбіжностей спричинені накопиченням математичної похибки.
3. Проведено адаптацію алгоритмів вейвлет перетворення Daubechies, Haar та Coiflet та проведено їх порівняльний аналіз ефективності для задач обробки зображень у реальному часі в умовах обмежених ресурсів мікроконтролера. Досліджено залежність часу виконання та якість перетвореного зображення від розміру зображення та кількості ітерацій вейвлет перетворення. Досліджено вплив додаткових перетворень на якість вихідного зображення, що виражено значеннями PSNR, SSIM та MSE.
4. Запропоновано метод виправлення похибки, що виникає під час математичних обчислень вейвлет перетворення та спричиняє виникненню артефактів на перетвореному зображені. Експериментально підтверджено

ефективність алгоритму для виявлення та виправлення похибки, що призводить до значного підвищення якості перетвореного зображення.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

Використання вейвлет-перетворення разом із JPEG дозволяє зменшити розмір зображень до мінімуму, зберігаючи при цьому візуальну якість. Це особливо корисно для зберігання та передачі зображень у системах з обмеженою пропускною здатністю, таких як LPWAN-мережі, IoT-пристрої або супутникові канали зв'язку.

Реалізований алгоритм виявлення та виправлення похибок дозволяє мінімізувати вплив артефактів, що виникають внаслідок багаторазових операцій обробки, таких як перетворення, стиснення та декомпресія. Це забезпечує високу точність передачі зображень для критично важливих застосувань, наприклад, у медичній діагностиці, супутниковому моніторингу та безпекових системах.

Алгоритм виправлення артефактів сприяє значному покращенню візуального сприйняття стиснених зображень кінцевими користувачами. Це особливо важливо у випадках, коли якість є критичним параметром, наприклад, у рекламній графіці або цифровій фотографії.

Зменшення розміру файлів без втрати якості дозволяє значно оптимізувати використання дискового простору та знизити вартість передачі даних через мережі, особливо в умовах обмеженої пропускної здатності.

Гнучкість методу дозволяє адаптувати алгоритми до специфічних типів зображень (фотографії, рентгенівські знімки, картографічні зображення), що підвищує універсальність застосування запропонованого підходу.

5. Апробація результатів дисертації

Матеріали дисертаційних досліджень обговорювалися на міжнародних конференціях:

• Міжнародна мультидисциплінарна наукова інтернет-конференція "Світ наукових досліджень. Випуск 31", м. Ополе, 20-21 червня 2024 року.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Мазіна Максима Юрійовича визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 3 наукових публікацій, у тому числі:

- 3 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 171 Електроніка, в т.ч. 0 статей у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Mazin M. Yu., Onykiienko Yu. O. Wavelet transform application for image processing in microcontroller based internet of things systems // "*Technologies and Engineering*". – 2023. - №3 (14). – С. 15-25. DOI: https://doi.org/10.30857/2786-5371.2023.3.2.

Здобувач здійснив аналіз існуючих методів вейвлет-перетворення для обробки зображень у вбудованих системах. Розробив та протестував алгоритми оптимізації вейвлет-перетворень для мікроконтролерних платформ з обмеженими обчислювальними ресурсами. Провів серію експериментів для оцінки якості відновлених зображень після компресії та декомпресії. Брав участь у підготовці теоретичної частини роботи, включаючи формулювання математичних моделей.

2. Мазін, М & Оникієнко, Ю. Особливості використання методів Хаффмана та RLE для стиснення зображень в системах на мікроконтролерах // "*Технології та інжиніринг*". – 2023. - №6 (17). – С. 21-30. DOI: https://doi.org/10.30857/2786-5371.2023.6.2.

Здобувач провів порівняльний аналіз методів стиснення зображень, зокрема алгоритмів Хаффмана та RLE, у контексті застосування в малопотужних обчислювальних пристроях. Розробив алгоритмічну реалізацію компресії із використанням комбінації вейвлет-перетворень та традиційних методів ентропійного кодування. Провів тестування ефективності стиснення та відновлення зображень, а також аналіз впливу цих методів на швидкість обробки та використання пам'яті. Вніс пропозиції щодо оптимізації використання методів компресії для підвищення продуктивності систем IoT.

3. Mazin M. Yu., Onykiienko Yu. O. Analysis of image processing methods in the Internet of Things systems based on wavelet transformations. // "*Technologies and Engineering*". – 2024. - №25 (6). – С. 53-60. DOI: https://doi.org/10.30857/2786-5371.2024.6.5.

Здобувач розробив структуровану класифікацію існуючих методів обробки зображень, що застосовуються у системах IoT. Виконав порівняльний аналіз різних типів вейвлет-перетворень, визначивши їх ефективність у різних сценаріях застосування. модифіковані підходи до оптимізації обробки зображень, орієнтовані на малопотужні обчислювальні пристрої. Брав активну участь у написанні статті, обґрунтуванні отриманих результатів та формулюванні висновків.

Якість та кількість публікацій відповідають "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".

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Мазіна Максима Юрійовича
"Методи стиснення зображень в системах Інтернету речей на мікроконтролерах",
що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 Електроніка за своїм

науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського "Електроніка" зі спеціальності 171 Електроніка.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу "Методи стиснення зображень в системах Інтернету речей на мікроконтролерах", подану Мазіном Максимом Юрійовичем
на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., професор, професор кафедри АМЕС, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", **Розорінов Георгій Миколайович**;

Члени:

Рецензенти:

к.т.н., доцент, доцент кафедри АМЕС, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", **Лазебний Володимир Семенович**;

к.т.н., доцент, доцент кафедри АМЕС, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", **Трапезон Кирило Олександрович**;

Офіційні опоненти:

к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних інформаційних технологій, ДНП "Державний університет "Київський авіаційний інститут"", **Рябий Мирослав Олександрович**;

к.т.н., старший науковий співробітник, старший науковий співробітник, Інститут електродинаміки НАН України, **Гурін Віктор Костянтинович**;

Головуючий на засіданні
к.т.н., професор, професор
кафедри акустичних
та мультимедійних електронних
систем — Віталій ДІДКОВСЬКИЙ

Вчений секретар
кафедри акустичних
та мультимедійних електронних
систем, к.т.н. — Тетяна ПОЛОБЮК