

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна  
професору Сергію ЯКОВЛЕВУ  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022

## **ВІДГУК**

### **офіційного опонента**

професора кафедри інформаційних систем та технологій  
національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
доктора технічних наук  
(спеціальність 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі)  
ЖУРАКОВСЬКОГО Богдана Юрійовича  
на дисертаційну роботу БЕРЧАНОВА Анатолія Андрійовича  
«Метод кодування інфрачервоних зображень з використанням моделей  
штучного інтелекту в інформаційних системах»,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки»  
з галузі знань 12 – «Інформаційні технології»

### **Обґрунтування вибору теми дослідження**

Тематика дисертаційної роботи Берчанова Анатолія характеризується високим рівнем актуальності з огляду на розвиток систем моніторингу та дистанційного спостереження на базі інфрачервоних сенсорів. Широке застосування безпілотних літальних апаратів, роботизованих платформ та розгалужених сенсорних мереж вимагає ефективної передачі великих обсягів теплових даних у режимі реального часу. Разом з тим, зростання розрядності сучасних тепловізійних матриць до 14–16 біт на піксель і підвищення просторової роздільної здатності зумовлюють суттєве зростання бітрейту ІЧ-потоків. Це може призводити до перевищення доступної пропускну здатності.

Використання існуючих методів стиснення зображень показує недостатню ефективність через специфіку інфрачервоних даних. Психовізуально орієнтовані стандарти видаляють високочастотні компоненти, що є значущими для машинного аналізу теплових сигнатур. Запропонований здобувачем підхід до семантико-орієнтованого кодування з диференційованою обробкою інформативних і фонових сегментів ІЧ-кадрів

із застосуванням методів штучного інтелекту є перспективним і науково обґрунтованим.

Дисертаційна тема безпосередньо пов'язана з пріоритетними напрямами розвитку науки і техніки в Україні, зокрема у галузі інформаційних технологій. Виконана в рамках НДР «Розробка математичних моделей обробки видової інформації для підвищення якості функціонування дистанційних сервісів» (№ 0125U004039), робота є внеском у розвиток вітчизняної наукової школи з обробки інформації.

### **Загальна характеристика дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Берчанова А. А. має чітку структуру: вступ, чотири основні розділи та висновки. Перелік джерел посилання охоплює 163 позиції, а до роботи додано три додатки. Зазначений структурний підхід забезпечує логічну послідовність викладу матеріалу та розкриття наукової проблематики.

У *вступі* здобувач науково обґрунтовує актуальність теми, формулює мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження. Окремо визначено наукову новизну та практичне значення результатів. Наведено також інформацію про публікації та апробації.

*Перший розділ* присвячений аналізу сучасного стану досліджень у сфері обробки інфрачервоних зображень: розглянуто сфери застосування ІЧ-сенсорів, технічні характеристики сучасних тепловізійних камер, а також обмеження існуючих методів кодування та нейромережових підходів. У розділі виявлено науково-технічне протиріччя між необхідністю зниження бітрейту та збереженням теплової семантики об'єктів інтересу.

*Другий розділ* присвячено розробці методу формування двопластової інформативної карти ІЧ-кадру. Обґрунтовано принципи семантико-орієнтованої обробки та розроблено метод біфуркації бітових пластів. Окрім цього, запропоновано метод визначення метрики інформативності на основі структурних ознак сегментів і метод виявлення об'єктно-інформативних сегментів із використанням нейронних мереж. Вейвлет-перетворення Хаара застосовано для формування спектрального простору.

*Третій розділ* є центральним у контексті кодування. У ньому розроблено метод ієрархічної сегментації ІЧ-кадру та метод різницевого кодування мінісегментів. Запропоновано також методи корекції низькочастотних коефіцієнтів, адаптивної квантизації та спектрально-групового кодування сегментів. Запропонований метод семантико-орієнтованого кодування інтегрує всі розроблені складові у цілісний алгоритм обробки ІЧ-зображень.

*Четвертий розділ* охоплює методи підвищення термальної цілісності та експериментальну оцінку. Зокрема, розроблено метод просторового прорідження малоінформативних областей з їх бігармонічною реконструкцією на етапі декодування. Наведено результати абляційного аналізу, що підтверджує кумулятивний ефект від інтеграції всіх розроблених методів.

*Висновки* дисертаційної роботи системно узагальнюють отримані результати та містять конкретні рекомендації щодо застосування розробленого методу в різних сферах.

### **Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі**

Наукова новизна дисертації Берчанова А. А. полягає у таких результатах:

1. Удосконалено метод побудови двошарової інформативної карти на основі порогових вирішальних правил шляхом визначення адаптивних асоціативних залежностей у порогово-метричному просторі на основі агрегації та нормування інформації високочастотної області перетворення Хаара для сегментованих бітових пластів ІЧ-зображень. Це дозволяє підвищити рівень стиснення при збереженні термальної цілісності.

2. Отримано подальший розвиток методу виявлення об'єктно-інформативних сегментів шляхом кон'юнкції результату нейронної мережі із сформованою інформативною картою. Це дозволяє позиційно зберігати теплові сигнатури об'єктів інтересу за умов обмеженого бітрейту.

3. Вперше розроблено метод спектрально-групового стиснення на основі кодування хвильового простору сегментів за частотними областями в умовах квадр-декомпозиції та встановленням порогових правил високочастотної області. Це дозволяє зменшити бітовий об'єм шарових сегментів ІЧ-зображень із встановленою термальною цілісністю.

4. Отримано подальший розвиток методу кодування ІЧ-зображень на основі семантико-орієнтованої обробки шляхом спектрально-групового кодування у біфуркаційно-хвильовому просторі Хаара з урахуванням наявності об'єктно-інформативних сегментів. Це знижує бітрейт ІЧ-потоків з визначеним рівнем термальної цілісності.

5. Удосконалено метод відновлення стиснутих ІЧ-зображень шляхом просторового прорідження низькоінформативних областей бітових пластів з їх регенерацією за регулярно-просторовим шаблоном з використанням бігармонічних функцій. Це підвищує термальну цілісність інформативних сегментів без зростання бітрейту.

## **Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Наукові результати, отримані здобувачем, мають достатнє теоретичне та експериментальне обґрунтування. Математичні моделі, розроблені в дисертації, базуються на теорії кодування та цифрової обробки сигналів і є логічним продовженням відомих підходів. Розроблені методи реалізовано програмно та перевірено на реальних ІЧ-зображеннях різного насичення.

Слід відзначити методологічно виважений підхід до абляційного аналізу, у ході якого доведено, що комплексна інтеграція всіх розроблених методів дає кумулятивне зниження бітового об'єму зі збереженням цілісності інформативних областей. Практичні результати підтверджено кількісними показниками. Застосування розробленого методу дозволяє знизити бітрейт на 7–10% порівняно з існуючими методами. SSIM для об'єктних областей підвищується на 93% порівняно з існуючими методами. Можливість налаштування порогових рівнів інформативності дозволяє варіювати рівень стиснення. Таким чином експериментально було встановлено, що регулювання PSNR діапазоні від 24 до 38 дБ, забезпечує перевагу у коефіцієнті стиснення на 4–10%.

Достовірність результатів підтверджується публікаціями в міжнародних виданнях, індексованих у Scopus та Web of Science, а також офіційними актами впровадження на підприємствах ТОВ «Одеський авіаційний завод» та ТОВ «ЮЕЙ ДЕФЕНС».

## **Апробація та публікації**

Результати дисертаційного дослідження Берчанова Анатолія Андрійовича знайшли відображення у 14 наукових публікаціях. Серед них: 3 статті у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science; 3 публікації у фахових наукових виданнях України; 8 публікацій у матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій.

Публікаційна активність охоплює весь спектр досліджуваних питань: від теоретичних засад до практичних аспектів реалізації методів кодування ІЧ-зображень. Апробація результатів на міжнародних конференціях підтверджує актуальність та сприйняття наукового доробку фаховою спільнотою. Зазначений рівень наукової апробації свідчить про достовірність і значущість отриманих результатів.

## **Оформлення дисертації та академічна доброчесність**

Дисертаційне дослідження Берчанова Анатолія Андрійовича відповідає чинним нормативно-правовим актам, що регламентують підготовку та захист

дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії, зокрема вимогам Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 «Про присудження ступеня доктора філософії» (зі змінами) та наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами згідно з наказом № 759 від 31.05.2019).

Аналіз дисертаційної роботи засвідчив відповідність її змісту, оформлення, структури посилань та бібліографічної бази вимогам академічної доброчесності. Текст дисертації є результатом самостійної наукової діяльності здобувача, усі ключові твердження та висновки підкріплені посиланнями на відповідні джерела та власні публікації.

### **Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації**

З наукової точки зору дисертаційна робота робить суттєвий внесок у розвиток теорії кодування візуальних даних для специфічних умов інфрачервоної візуалізації. Вперше сформульовано концепцію диференційованого семантико-орієнтованого кодування бітових пластів ІЧ-зображень, що поєднує переваги нейромережевого виявлення об'єктів та спектральних методів обробки.

Практичне значення результатів підтверджується їх застосуванням у спеціалізованих підприємствах ТОВ «Одеський авіаційний завод» та ТОВ «ЮЕЙ ДЕФЕНС», де розроблений метод використовується для обробки ІЧ-даних у інформаційних системах. Отримані результати доцільно застосовувати при розробці бортових комплексів безпілотних апаратів, систем промислового моніторингу та інфраструктурного спостереження.

Запропонований підхід до адаптивної квантизації на основі класів інформативності сегментів забезпечує можливість регулювання параметрів кодування. Застосування цього методу дозволяє зберегти цілісність пріоритетних термальних сигнатур при досягненні зменшення бітрейту, що підвищує загальну ефективність функціонування сучасних інформаційних систем.

### **Оцінка змісту дисертації та її завершеності**

Наукова робота Берчанова Анатолія Андрійовича є самостійним і завершеним дослідженням. Роботі притаманна чітко визначена структура, внутрішня логіка викладення матеріалу, а також обґрунтована теоретична й практична цінність.

У дисертації комплексно проаналізовано завдання кодування інфрачервоних зображень для зниження бітрейту під час передачі в інформаційних системах. Збільшення просторової роздільної здатності

сенсорів створює надмірне бітове навантаження та, як наслідок, обмежує швидкість доставки інформації. Такий вплив знижує актуальність даних для систем прийняття рішень. Водночас використання універсальних методів стиснення з втратами знижує інформативність семантично важливих теплових сигнатур об'єктів інтересу. Для вирішення цих проблем здобувач застосував методи семантико-орієнтованої обробки із залученням моделей штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж архітектури YOLOv5, у поєднанні зі структурними перетвореннями у хвильовому просторі Хаара. Обраний підхід дозволив Берчанову Анатолію досягти поставленої наукової мети та розв'язати низку прикладних задач у сфері трансляції тепловізійного трафіку з визначеним рівнем термальної цілісності.

Дисертаційна праця містить повний обсяг необхідних теоретичних положень, формалізованих моделей, алгоритмів та їх програмної реалізації. Практичні результати апробовано шляхом експериментального моделювання з використанням сучасного програмного забезпечення. До основного інструментарію належать: екосистема Kotlin Multiplatform, спеціалізована бібліотека Multik, а також мова Python із пакетами NumPy та Matplotlib.

Зміст і рівень опрацювання теми цілком відповідають сучасним тенденціям розвитку інформаційних технологій. Результати дослідження можуть бути інтегровані інтегрованим у сферу інтелектуальних систем моніторингу та передачі видової інформації. Таким чином, дисертація відображає високий рівень завершеності наукового дослідження як з теоретичного, так і з прикладного боку.

### **Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи**

Загалом позитивно оцінюючи виконану роботу, доцільно звернути увагу на окремі питання, що можуть стати предметом наукової дискусії:

1. У дисертації досліджено метод виявлення об'єктно-інформативних сегментів із використанням архітектури YOLO. Однак бракує порівняльного аналізу ефективності запропонованого підходу при застосуванні альтернативних моделей сегментації (Mask R-CNN, SAM тощо), що дозволило б чіткіше обґрунтувати вибір конкретної архітектури ШІ.

2. У роботі використано фіксоване порогове значення для формування інформативної карти. Бажаним було б дослідження залежності ефективності кодування від динамічно адаптованих порогів у різних сценаріях термальних умов зйомки.

3. У розділі 4 наведено результати кількісного оцінювання методу, проте відсутній детальний аналіз обчислювальної складності та часових

витрат на кодування, що є важливим для оцінки практичної придатності методу до інтеграції в бортові системи реального часу.

4. У четвертому розділі описана можливість бігармонічної реконструкція до підвищення якості відновлення. Однак проведений недостатній аналіз можливих артефактів реконструкції на межах між прорідженими та непрорідженими областями, що є важливим для оцінки надійності методу.

5. Порівняльна оцінка у підрозділі 4.4 охоплює кілька відомих методів кодування. Проте доцільно було б включити до порівняння сучасні нейромережеві кодеки, що дозволило б повніше позиціонувати розроблений метод у контексті актуального стану галузі.

Зазначені зауваження мають дискусійний характер і не знижують наукової цінності та ступеня завершеності дисертаційної роботи Анатолія Берчанова.

### **Загальні висновки до дисертаційної праці**

Дисертаційна робота Берчанова Анатолія Андрійовича на тему «Метод кодування інфрачервоних зображень з використанням моделей штучного інтелекту в інформаційних системах» є самостійним завершеним науковим дослідженням, що відзначається актуальністю, теоретичною новизною та практичною значущістю результатів.

Робота відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології». У дисертації дотримано вимоги, встановлені чинною редакцією Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року «Про присудження ступеня доктора філософії», а також норми, викладені у наказі Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами).

Дисертаційна робота відзначається ґрунтовним теоретичним та прикладним опрацюванням. Вважаю, що Берчанов Анатолій Андрійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

### **Офіційний опонент –**

професор кафедри інформаційних систем та технологій

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського»,

доктор технічних наук, професор

Богдан ЖУРАКОВСЬКИЙ

**Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису**

**ПРОТОКОЛ**

**створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису**

**Дата та час: 11:52:17 02.07.2026**

**Назва файлу з підписом: Відгук\_Жураковський (3).doc.p7s**

**Розмір файлу з підписом: 117.3 КБ**

**Перевірені файли:**

**Назва файлу без підпису: Відгук\_Жураковський (3).doc**

**Розмір файлу без підпису: 100.0 КБ**

**Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено**

**Підписувач: ЖУРАКОВСЬКИЙ БОГДАН ЮРІЙОВИЧ**

**П.І.Б.: ЖУРАКОВСЬКИЙ БОГДАН ЮРІЙОВИЧ**

**Країна: Україна**

**РНОКПП: 2501405016**

**Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА**

**Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача):**

**11:52:14**

**02.07.2026**

**Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"**

**Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000838AC10030CD2407**

**Алгоритм підпису: ДСТУ 4145**

**Тип підпису: Удосконалений**

**Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAAdES enveloped)**

**Формат підпису: 3 повними даними ЦСК для перевірки (CAAdES-X Long)**

**Сертифікат: Кваліфікований**

**Версія від: 2026.05.15 13:00**

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна  
професору Сергію ЯКОВЛЕВУ  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022

### ВІДГУК

офіційного опонента, доцента кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, кандидата фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.01 – Фізика приладів) **ПРОХОРОВА Георгія Валерійовича** на дисертаційну роботу **БЕРЧАНОВА Анатолія Андрійовича** «Метод кодування інфрачервоних зображень з використанням моделей штучного інтелекту в інформаційних системах», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки» з галузі знань 12 – «Інформаційні технології»

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Дисертаційна робота спрямована на розробку методу кодування інфрачервоних зображень із залученням моделей штучного інтелекту в інформаційних системах, вписується в актуальний науково-технічний контекст, що визначається стрімким розширенням засобів дистанційного моніторингу. У роботі зазначено, що масштабування інфраструктури на основі інфрачервоних сенсорів високої роздільної здатності породжує надмірне бітове навантаження на системи передачі даних, що безпосередньо позначається на своєчасності доставки відомостей та знижує оперативну цінність інформації для систем прийняття рішень. Разом з тим застосування наявних універсальних стандартів стиснення з втратами супроводжується деградацією семантично значущих теплових сигнатур об'єктів інтересу. Обґрунтовані обмеження придатності таких рішень у задачах, чутливих до термальної цілісності зображень. Таким чином, у роботі обґрунтовується, що існуючий інструментарій кодування є недостатнім для забезпечення прийняттого балансу між скороченням бітрейту та збереженням необхідного рівня інформативності в умовах інтенсивної генерації трафіку.

Тематика дисертаційної роботи Берчанова А. А. цілком відповідає сучасним науково-прикладним тенденціям у галузі комп'ютерних наук та інформаційних технологій. Дослідження не лише вирішує прикладне завдання зменшення бітового навантаження потоків даних, а й закладає

інноваційне підґрунтя для подальших розробок у сфері обробки видової інформації. Запропоновані концепції виявляють значний потенціал практичного застосування. Передусім у системах дистанційного моніторингу, бортових комплексах безпілотних літальних апаратів та автономних роботизованих платформах. У цьому відношенні дослідження становить вагомий внесок у забезпечення ефективного функціонування інформаційно-інтелектуальних систем за умов обмеженої пропускної здатності каналів зв'язку.

**Загальна характеристика дисертаційної роботи.**

Структура дисертації Берчанова Анатолія Андрійовича є внутрішньо узгодженою, чітко побудованою та логічно завершеною. Вона включає вступ, чотири основні розділи, висновки, список використаних джерел і додатки, які доповнюють практичні можливості застосування результатів дослідження.

**У вступі** автор послідовно викладає обґрунтування актуальності обраної теми, визначає мету й завдання дослідження, конкретизує об'єкт і предмет, а також чітко формулює наукову новизну та практичну значущість роботи. Це створює основу для розуміння необхідності зниження бітрейту інфрачервоного потоку даних в інформаційних системах. Тут також наведено відомості про апробацію результатів, участь автора у конференціях та перелік публікацій, що демонструє активну наукову позицію здобувача. Окрему увагу приділено переліку наукових положень, винесених на захист, і стислому огляду структури роботи, що формує цілісне уявлення про логіку дослідження.

**Перший розділ** відображає аналіз сфер застосування інфрачервоних зображень та їхньої ролі в інформаційних системах широкого призначення. Розглянуто технічні характеристики інфрачервоних камер різних спектральних діапазонів, описано можливості й обмеження існуючих методів кодування. Окрема увага приділена недолікам існуючих методів стиснення з втратами, які знижують інформативність семантично важливих теплових сигнатур об'єктів інтересу. Такий вплив обмежує ефективність систем прийняття рішень та знижує коректність обробки даних. Автор критично оцінює ефективність наявних рішень та обґрунтовує доцільність застосування нейромережових технологій для семантико-орієнтованої обробки інфрачервоних кадрів.

**У другому розділі** розкрито методику біфуркації бітових пластів для підвищення структурної сумісності даних, наведено обґрунтування вибору вейвлет-перетворення Хаара для трансформації просторових даних у спектральний домен. Представлено розроблену концепцію побудови

двопластової інформативної карти інфрачервоного кадру на основі моделей статистично-інтелектуального аналізу. Проведено розробку методу визначення метрики інформативності на основі структурно важливих ознак сегментів та доведено доцільність виявлення об'єктно-інформативних сегментів на базі моделей штучного інтелекту. Особливу увагу приділено диференціації пріоритетних областей обробки у порогово-метричному просторі старшого та молодшого бітових пластів. Це рішення дозволяє покращити подальші етапи аналізу та кодування.

**У третьому розділі** описано механізми кодування інфрачервоних зображень на основі семантико-орієнтованої обробки сегментів. Автор моделює ієрархічну сегментацію кадру з урахуванням його структурно-статистичних характеристик, застосовує метод різницевого кодування для формування мінісегментів зі зменшеним динамічним діапазоном. Розглянуто методи корекції низькочастотних коефіцієнтів та адаптивної квантизації, що дозволяють диференційовано розподіляти коефіцієнти залежно від пріоритетності областей. Застосування методу спектрально-групового кодування дозволяє зменшити бітову надмірність. Такий підхід знижує бітрейт без втрат термальної цілісності об'єктів інтересу в режимі реального часу.

**Четвертий розділ** має прикладну спрямованість і стосується експериментальної оцінки характеристик запропонованого методу кодування. Детально описано розробку методу просторового прорідження малоінформативних областей та процедуру їхньої бігармонічної реконструкції. Обґрунтовано модель оцінки ефективності обробки інфрачервоних зображень. Проаналізовані результати абляційного аналізу, що демонструють вплив структурно-спектральних етапів на бітову інтенсивність та збереження інформативності. Проведено порівняльну оцінку показників стиснення розробленого методу з відомими підходами. Наведені результати засвідчують зменшення бітрейту інфрачервоного потоку даних за умов збереження структурної подібності об'єктних областей.

**У висновках** систематизовано наукові результати, наведено конкретні положення, які виносяться на захист. Автор підтверджує досягнення поставленої мети, розкриває практичну значущість розроблених методів кодування та обґрунтовує перспективи їхнього застосування в інформаційних системах і бортових комплексах. Висновки є чіткими, логічними та відображають завершеність дослідження.

**Список використаних джерел** налічує 163 найменування, які охоплюють наукові публікації із сучасних джерел, зокрема міжнародні статті з баз даних Scopus та Web of Science, матеріали конференцій, документацію

до сучасних стандартів обробки інформації. Список є репрезентативним і свідчить про належний рівень опрацювання джерел.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі.

Наукова новизна дисертації Берчанова Анатолія Андрійовича проявляється у комплексному вирішенні науково-прикладної задачі розробки ефективного методу кодування інфрачервоних зображень, який базується на семантико-орієнтованій обробці з використанням моделей штучного інтелекту, для зниження бітрейту без втрат термальної цілісності об'єктів інтересу.

Уперше розроблено метод спектрально-групового стиснення на основі структурних перетворень у хвильовому просторі Хаара. Цей алгоритм виконує диференційоване структурне кодування простору сегментів за частотними областями в умовах квадродеконпозиції та зменшує загальний бітовий об'єм пластових сегментів.

Автором удосконалено метод побудови двопластової інформативної карти на основі порогових вирішальних правил. Визначення залежностей в порогово-метричному просторі дозволяє збільшити рівень стиснення при збереженні вимог щодо термальної цілісності. Також отримав подальший розвиток метод виявлення областей об'єктів інтересу. Застосування кон'юнкції результату нейронної мережі із сформованою інформативною картою дозволяє виділити об'єктно-інформативні сегменти та зберегти їхню структуру за умов обмеженого бітрейту. Запропоновано семантико-орієнтоване кодування з урахуванням об'єктно-інформативних сегментів у біфуркаційно-хвильовому просторі Хаара, що є ефективним підходом для передачі інфрачервоного потоку даних в інформаційних системах.

Суттєвим теоретичним здобутком є розвиток методу відновлення стиснутих інфрачервоних зображень. Просторове прорідження низькоінформативних областей бітових пластів поєднується з їхньою регенерацією за регулярно-просторовим шаблоном за допомогою бігармонічних перетворень. Цей процес дозволяє підвищити рівень термальної цілісності високоінформативних сегментів без додаткового зростання бітрейту.

Практичну цінність роботи посилює запропонована кількісна оцінка метрики інформативності просторових областей на основі їхньої текстурної насиченості. Такий вплив обмежує втрати семантично важливих теплових сигнатур. Таким чином, результати дослідження становлять вагомий внесок у розвиток технологій обробки видової інформації й можуть бути покладені в

основу розробки систем дистанційного моніторингу та адаптивного обміну даними в умовах обмеженої пропускної здатності.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота Берчанова Анатолія Андрійовича справляє враження глибоко продуманої, завершеної в науково-методичному й експериментальному аспектах праці, що відповідає сучасним вимогам до кваліфікаційних досліджень. Вона відзначається внутрішньою цілісністю, логічною послідовністю структурних компонентів і узгодженістю між поставленими завданнями, методологією та отриманими результатами. Всі розділи побудовані на основі глибокого аналізу літературних джерел і сучасних практик у сфері обробки інформації, методів машинного навчання та архітектур інформаційно-інтелектуальних систем.

Зміст дисертації демонструє чітке розуміння автором складної проблематики зниження бітрейту інфрачервоного потоку даних в умовах обмеженої пропускної здатності потоків даних. Практична реалізація методу формування двошарової інформативної карти, застосування архітектури згорткових нейронних мереж для виявлення об'єктно-інформативних сегментів, а також побудова механізмів спектрально-групового стиснення у хвильовому просторі Хаара підтверджують високий рівень прикладної значущості дослідження. Достовірність результатів забезпечена проведенням абляційного аналізу методів кодування, урахуванням показників термальної цілісності та впровадженням алгоритмів семантико-орієнтованої обробки з доведеною ефективністю. Такий підхід знижує бітове навантаження та підвищує актуальність даних для систем автоматизованого моніторингу. Водночас диференційоване квантування обмежує психовізуальну надлишковість фонових ділянок без зниження інформативності важливих теплових сигнатур.

Варто окремо підкреслити, що основні наукові положення дисертації пройшли апробацію на низці всеукраїнських і міжнародних конференцій, а також були опубліковані у фахових виданнях, у тому числі в журналах, що входять до наукометричної бази Scopus та Web of Science. Це засвідчує не лише наукову новизну, але й актуальність і прикладну цінність виконаної роботи.

Стиль викладу є академічно виваженим і чітким. Дисертація оформлена відповідно до нормативних вимог, включає повний набір структурних елементів, а її підсумкові висновки логічно узагальнюють зміст усіх розділів. Зважаючи на це, результати дослідження Берчанова А.А.

становлять суттєвий внесок у розвиток інформаційних систем і можуть слугувати основою для подальших прикладних і теоретичних розробок у галузі штучного інтелекту, кодування інфрачервоних зображень і цифрової обробки візуальних даних.

#### Апробація та публікації.

Результати дисертаційного дослідження Берчанова Анатолія Андрійовича отримали належну апробацію у чотирнадцяти наукових публікаціях, що підтверджує системність, цілеспрямованість і високий рівень наукової активності здобувача. До основних праць належать: три статті у науково-технічних журналах, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science; три публікації у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України; а також вісім праць, представлених у збірниках матеріалів міжнародних і всеукраїнських конференцій, серед яких п'ять проіндексовано у базі Scopus.

У наведених публікаціях розкрито ключові наукові положення роботи: побудову двошарової інформативної карти інфрачервоних зображень, алгоритми спектрально-групового стиснення у хвильовому просторі Хаара та реалізацію методу семантико-орієнтованого кодування. Експериментальні дослідження проводились із використанням згорткових нейронних мереж архітектури YOLOv5 для виявлення об'єктно-інформативних сегментів та математичного апарату бігармонічної реконструкції фонових областей. Отримані результати докладно висвітлені та супроводжуються оцінюванням ефективності обробки за метриками RMSD, PSNR, SSIM та коефіцієнтом стиснення. Такий підхід підтверджує збереження термальної цілісності кадрів за умов зниження бітрейту.

Такий рівень наукової апробації демонструє високий ступінь готовності запропонованих рішень до практичного впровадження в апаратно-програмні комплекси обміну інформацією, а також зацікавленість академічного середовища у результатах дослідження. Публікаційна активність автора засвідчує актуальність обраної тематики. Водночас вона підтверджує здатність здобувача ефективно транслювати наукові напрацювання у формі завершених публікацій, що відповідають чинним вимогам до результатів дисертаційного дослідження.

#### Оформлення дисертації та академічна доброчесність.

Дисертаційна робота Берчанова Анатолія Андрійовича відповідає нормативним вимогам до підготовки дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, встановленим Постановою Кабінету Міністрів

України № 44 від 12.01.2022 року (зі змінами), а також наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 (зі змінами). Встановлено відповідність структури, стилю викладу, системи посилань та оформлення рукопису чинним стандартам. Окрім цього, загальна організація матеріалу узгоджується з базовими принципами академічної доброчесності.

Зміст дисертації не містить ознак академічного плагіату. Цей факт підтверджено результатами перевірки за допомогою офіційної системи [Strikeplagiarism.com](http://Strikeplagiarism.com). Згідно з отриманими звітами, текст має високий рівень оригінальності та є прямим результатом самостійної наукової діяльності здобувача у напрямі розробки методів кодування інфрачервоних зображень. Усі ключові твердження, висновки й пропозиції щодо застосування моделей штучного інтелекту в інформаційних системах обґрунтовані на основі власних експериментів та узагальнення попередніх теоретичних положень. Наведені результати послідовно супроводжуються коректними посиланнями на першоджерела.

Окремо варто відзначити відповідність переліку публікацій, наведеного у додатках, загальній тематиці дослідження. Відповідний масив праць охоплює всі етапи наукового пошуку щодо збереження інформативності даних у процесі їх обробки. Наявні статті та тези відображають цілісність, системність і послідовність роботи здобувача. Такий рівень виконання дослідження свідчить про його відповідність сучасним вимогам до кваліфікаційних праць за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки. Це водночас підтверджує високий ступінь сформованості наукової культури автора.

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Результати дисертаційного дослідження Берчанова А. А. мають вагомe значення як у теоретичному, так і в прикладному аспектах, сприяючи розвитку сучасної наукової школи в галузі цифрової обробки зображень та інформаційної безпеки. З наукової точки зору, запропонована концепція семантико-орієнтованого кодування інфрачервоних зображень становить новий підхід до аналізу й управління інформативністю потоків даних у системах моніторингу. Автор здійснив формалізацію зв'язку між високочастотними складовими перетворення Хаара, структурною насиченістю кадру та рівнем термальної цілісності, що відкриває нові перспективи для моделювання адаптивних методів компресії.

Практична значущість роботи полягає в реалізації методу спектрально-групового стиснення та бігармонічної реконструкції. Запропоновані алгоритми інтегровано із методами виявлення об'єктів інтересу за допомогою моделей штучного інтелекту. Результати експериментального моделювання

підтвердили високу інформативність відновлених сегментів за метриками PSNR та SSIM та зниження бітрейту інфрачервоного потоку.

Суттєвим елементом практичного значення є апробація результатів на базі підприємств оборонного та аерокосмічного сектору. Розроблені автором методи впроваджені у комплексах обробки видової інформації на базі ТОВ «Одеський авіаційний завод» та ТОВ «ЮЕЙ ДЕФЕНС». Що є важливим свідченням практичної цінності проведеного дослідження.

Представлена дисертаційна робота не лише розв'язує низку актуальних наукових проблем у сфері обробки інфрачервоних даних, а й створює передумови для впровадження семантично-адаптивних методів кодування у сучасні інформаційно-інтелектуальні системи дистанційного моніторингу.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності.

Дисертація Берчанова Анатолія Андрійовича є завершеним і самостійним науковим дослідженням, що демонструє високий рівень академічної зрілості та глибоке розуміння актуальних проблем кодування інфрачервоних зображень. Робота характеризується логічною структурною організацією, чітким викладенням матеріалу та послідовним переходом від теоретичних засад до практичної реалізації запропонованих рішень. Особливістю дослідження є поєднання застосування моделі штучного інтелекту із спектральним аналізом у процесі семантико-орієнтованої обробки. Це забезпечує умови для адаптивного розподілу бітового ресурсу. Такий підхід обмежує втрати термальної цілісності об'єктів інтересу та підтримує актуальність даних для систем прийняття рішень.

У дисертації представлено ґрунтовний аналіз предметної області, сформульовано формальні моделі біфуркації бітових пластів та розроблено відповідні алгоритми спектрально-групового кодування. Дослідник виконав програмну реалізацію запропонованих методів з використанням актуального інструментарію: нейронних мереж, вейвлет-перетворень Хаара та бігармонічних функцій. Результати експериментального тестування підтверджують ефективність розробленого підходу щодо зменшення бітрейту інфрачервоних потоків та збереження інформативності цільових теплових сигнатур. Окрему цінність становить комплексна оцінка за абляційною методикою, що забезпечує прозорість зроблених висновків.

Наукові результати дослідження набули належної апробації у публікаціях автора. Як у фахових виданнях України, так і в міжнародних наукових журналах. Зокрема у виданнях, індексованих у базах Scopus та Web of Science. Це підтверджує актуальність і відповідність тематики дисертації

сучасним напрямом розвитку комп'ютерних наук, зокрема в контексті розробки інформаційно-інтелектуальних систем обміну даними.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи.

Окремі положення роботи можуть стати підґрунтям для подальшого обговорення або уточнення в межах наукової дискусії.

1. У роботі використовується фіксований розмір базового сегмента ієрархічної сітки, однак не наведено достатнього обґрунтування цього вибору порівняно із динамічним квадродеревом. Це б дозволило оцінити компроміс між точністю виділення складних контурів об'єктів інтересу та ефективністю кодування фонових областей.

2. У роботі недостатньо обґрунтовано вибір фіксованого рівня прорідження малоінформативних областей без урахування таких факторів, як пропускна здатність каналу, доступні обчислювальні ресурси та насиченість кадру. Це б дозволило оцінити доцільність динамічного налаштування параметрів прорідження та порівняти різні просторові шаблони вилучення сегментів.

3. У роботі не представлено детальної оцінки бітового обсягу службових даних, що супроводжують спектрально-групове кодування. Це б дозволило об'єктивніше оцінити підсумковий ступінь стиснення.

4. У роботі не розглянуто питання впливу завад бездротового каналу зв'язку на цілісність об'єктно-інформативних сегментів та можливість інтеграції алгоритмів завадостійкого кодування. Це б дозволило точніше врахувати реальні умови передачі даних та оцінити ефективність методу в каналах з високим рівнем перешкод.

5. У роботі спектрально-групове кодування застосовується як фінальний етап стиснення, однак не розглянуто можливість додаткового застосування ентропійного кодування отриманих кодів. Це б дозволило оцінити потенційний виграш у ступені стиснення за рахунок усунення залишкової статистичної надмірності.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний характер і не знижують загального наукового рівня виконаної дисертації. Навпаки, вони вказують на потенціал тематики дослідження до подальшого розвитку та вдосконалення, що лише підтверджує актуальність, новизну та завершеність наукової роботи Берчанова А.А.

Загальні висновки до дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Берчанова Анатолія Андрійовича є ґрунтовним самостійним дослідженням, що повністю відповідає сучасним науковим

вимогам як за змістовим наповненням, так і за рівнем оформлення. Робота відзначається високим ступенем актуальності, наукової новизни, а також чітким практичним спрямуванням. Структура дисертації є логічною, а наукові положення послідовно викладені, обґрунтовані та підтверджені результатами експериментальних досліджень. Виклад матеріалу здійснено грамотною науковою мовою з дотриманням академічної доброчесності та методичних рекомендацій.

Тематика дослідження повністю узгоджується з предметною областю спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 – «Інформаційні технології», а результати роботи засвідчують глибоку професійну підготовку здобувача, його здатність до проведення самостійної наукової діяльності та формулювання інженерно-прикладних рішень для систем кодування інфрачервоних зображень із використанням моделей штучного інтелекту. Запропоновані підходи обмежують надмірність даних та дозволяють зберігати встановлений рівень інформативності в інформаційних системах. У дисертації дотримано вимоги, встановлені чинною редакцією Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року «Про присудження ступеня доктора філософії», а також норми, викладені у наказі Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами).

З огляду на високий рівень виконання дослідження, повноту реалізації його теоретичних і прикладних завдань, а також відповідність результатів вимогам освітньо-наукової програми підготовки докторів філософії, вважаю, що Берчанов Анатолій Андрійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

**Офіційний опонент –**

доцент кафедри програмного забезпечення  
комп'ютерних систем  
Чернівецького національного університету  
імені Юрія Федьковича  
кандидат фізико-математичних наук, доцент

**ПРОХОРОВ Георгій**

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 11:43:41 02.07.2026

Назва файлу з підписом: Відгук\_Прохоров (2).doc.asice  
Розмір файлу з підписом: 24.2 КБ

Назва файлу без підпису: Відгук\_Прохоров (2).doc.zip  
Розмір файлу без підпису: 84.0 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Прохоров Георгій Валерійович

П.І.Б.: Прохоров Георгій Валерійович

Країна: Україна

РНОКПП: 2370101450

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 10:58:32  
02.07.2026

Сертифікат виданий: "Дія". Кваліфікований надавач електронних довірчих послуг

Серійний номер: 514B5C86A1E5DA1104000000195AA0001F5CE405

Тип носія особистого ключа: ЗНКІ криптомодуль ІІТ Гряда-301

Серійний номер носія особистого ключа: Не визначено

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Кваліфікований

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Підписані файли: Відгук\_Прохоров (2).doc

Версія від: 2026.05.20 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна  
професору Сергію ЯКОВЛЕВУ  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022

### **Відгук офіційного опонента**

завідувача відділу інформаційних технологій дистанційного зондування Фізико-механічного інституту НАН України, доктора технічних наук (спеціальність 05.13.06 – Інформаційні технології), професора РУСИНА Богдана Павловича на дисертаційну роботу: БЕРЧАНОВА Анатолія Андрійовича «Метод кодування інфрачервоних зображень з використанням моделей штучного інтелекту в інформаційних системах», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки» з галузі знань 12 – «Інформаційні технології»

#### *Обґрунтування вибору теми дослідження*

Останнім часом зберігається тенденція до інтеграції інфрачервоних сенсорів у системи дистанційного моніторингу та автономні мобільні платформи, яка зумовлює необхідність застосування нових методів обробки видової інформації. Збільшення роздільної здатності матриць та розширення динамічного діапазону як правило створюють надмірне бітове навантаження на канали зв'язку та ускладнюють своєчасну доставку інформації. Це в свою чергу знижує актуальність даних для систем прийняття рішень. Водночас застосування існуючих універсальних стандартів стиснення з втратами дає можливість знизити інформативність семантично важливих теплових сигнатур. Одним із перспективних напрямів розв'язання цієї задачі є використання семантико-орієнтованих алгоритмів та штучного інтелекту, які здатні диференціювати ділянки кадру за рівнем їхньої структурної насиченості.

Обраний напрям дослідження в першу чергу спрямований на розробку методу кодування інфрачервоних зображень на основі семантико-орієнтованої обробки з використанням моделей штучного інтелекту. Такий напрям має високу актуальність у зв'язку зі зростанням вимог до збереження термальної цілісності даних в умовах обмеженої пропускної здатності інформаційних потоків. Застосування нейромережевих методів виявлення об'єктів інтересу у поєднанні зі спектрально-груповим стисненням дозволяє формувати адаптивні механізми компресії. Такі механізми здатні

диференційовано застосовувати коефіцієнти квантизації та забезпечувати зниження бітрейту без втрат інформативності пріоритетних теплових сигнатур.

Тема дисертаційної роботи Берчанова Анатолія Андрійовича безпосередньо пов'язана із практичними запитами галузей безпеки, оборони та промисловості. Напрямок дослідження відповідає пріоритетам розвитку інформаційних технологій, а також положенням національних стратегій щодо впровадження штучного інтелекту та кібербезпеки. Реалізація запропонованих підходів дозволяє обґрунтовано поєднати фундаментальні аспекти теорії кодування із прикладними рішеннями у сфері машинного навчання та цифрової обробки зображень.

Таким чином, вибір теми дослідження є логічно обґрунтованим і своєчасним. Тематика відповідає сучасному рівню розвитку технологій комп'ютерного зору, а також потребам інженерів при проектуванні інформаційно-інтелектуальних систем обміну відео даними.

#### *Загальна характеристика дисертаційної роботи*

Дисертаційна робота Берчанова Анатолія Андрійовича є самостійним завершеним дослідженням, що вирішує актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності передачі відеоінформації в інфрачервоному спектрі. Робота має чітку логічну архітектуру та відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». Текст структуровано за схемою: вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

Вступ містить обґрунтування актуальності обраного напряму досліджень, яке зумовлено необхідністю забезпечення високої інформативності інфрачервоних зображень в умовах обмеженої пропускну здатності інформаційних потоків. Автор чітко визначає об'єкт, предмет та мету дослідження, а також формулює наукову новизну, яка полягає в удосконаленні методів стиснення даних із застосуванням інтелектуальних моделей. Положення, які виносяться на захист, відображають логіку вирішення поставлених завдань.

У першому розділі проведено системний аналіз існуючих методів обробки та кодування інфрачервоних зображень. Автор висвітлює специфіку тепловізійних даних та вказує на обмеження існуючих стандартів стиснення. Такий стан речей ускладнює автоматизоване розпізнавання об'єктів у реальному часі. На основі проведеного аналізу здобувач аргументує доцільність використання моделей штучного інтелекту для адаптивного кодування поточкових даних.

У другому розділі викладене теоретичне підґрунтя адаптивного методу кодування інфрачервоних зображень. Автор пропонує використовувати вейвлет-перетворення Хаара для спектральної декомпозиції сигналу, що дозволяє виділити найбільш значущі структурні компоненти кадру. Це створює умови для зниження надлишковості без внесення спотворень до критичної семантики кадрів. Запропонований математичний апарат враховує статистичні характеристики інфрачервоного фону, що підвищує ефективність подальшої обробки даних.

У третьому розділі описано архітектуру системи кодування на основі інтелектуальної обробки. Здобувач обґрунтовує спосіб визначення параметрів квантування. Описаний підхід до виконання структурно-статистичного кодування. Реалізація цього підходу дає можливість адаптувати процес стиснення до зміни динамічного контексту спостереження. Такий механізм дозволяє обмежити кінцевий обсяг даних та покращує стабільність передачі інформації в інформаційних системах.

Четвертий розділ присвячений експериментальній перевірці запропонованого методу та оцінці його ефективності. Автор приводить результати порівняльного аналізу за метриками якості (PSNR, SSIM), коефіцієнтом стиснення та бітрейтом. Емпіричні дані підтверджують, що впровадження розробленого методу забезпечує підвищення актуальності отриманих даних за рахунок скорочення затримок при збереженні високої інформативності ключових зон інтересу. Описані результати апробації свідчать про практичну цінність роботи для систем моніторингу та прийняття рішень.

У висновках систематизовано результати дослідження та підтверджено досягнення поставленої мети. Автор окреслює перспективи подальшого розвитку технологій обробки відеоінформації в умовах інформаційного протистояння.

Список використаних джерел включає актуальні наукові праці, зокрема індексовані у базі Scopus, що підкреслює орієнтованість автора на сучасний світовий науковий дискурс. Бібліографія є репрезентативною та охоплює ключові напрями розвитку комп'ютерних наук у сфері обробки зображень.

#### *Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі*

Вперше розроблено метод спектрально-групового стиснення інфрачервоних зображень на основі структурних перетворень у хвильовому просторі Хаара, який відрізняється від існуючих диференційованим структурним кодуванням хвильового простору сегментів за частотними областями в умовах квадродекомпозиції. Зазначений метод встановлює

нижню межу високочастотної області та, як наслідок, обмежує обсяг бітового надлишку. Такий підхід приводить до зменшення бітового об'єму пластових сегментів без втрат критичної термальної цілісності.

Удосконалено метод побудови двопластової інформативної карти на основі порогових вирішальних правил. Відмінність цього методу полягає у визначенні асоціативних залежностей у порогово-метричному просторі на основі агрегації та нормування інформації високочастотної області перетворення Хаара для сегментованих бітових пластів інфрачервоних зображень. Застосування такого підходу створює умови для збільшення рівня стиснення при збереженні встановлених вимог щодо термальної цілісності.

Удосконалено метод відновлення стиснутих інфрачервоних зображень на основі використання бігармонічних функцій. Зазначений підхід базується на просторовому прорідженні низькоінформативних областей бітових пластів з їх регенерацією за регулярно-просторовим шаблоном під час декодування. Цей механізм обмежує вплив втрат при квантизації та забезпечує підвищення рівня термальної цілісності інформативних сегментів без зростання бітрейту.

Отримав подальший розвиток метод семантико-орієнтованого кодування інфрачервоних зображень та виявлення об'єктів інтересу. Відмінність запропонованих рішень полягає у виявленні об'єктно-інформативних сегментів за рахунок кон'юнкції результату нейронної мережі із сформованою інформативною картою, а також у подальшому спектрально-груповому кодуванні в біфуркаційно-хвильовому просторі Хаара. Залучення цих механізмів забезпечує зниження бітрейту інфрачервоного потоку даних із визначеним рівнем термальної цілісності та підвищує інформативність пріоритетних ділянок у процесі обробки.

*Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації*

Дисертаційна робота Берчанова Анатолія Андрійовича є прикладом ґрунтовного та цілісного наукового дослідження. У ній простежується послідовний логічний розвиток від формулювання проблеми передачі інфрачервоних потоків даних до отримання практичних результатів їх кодування. Структурні елементи дисертації відповідають актуальним вимогам до наукових кваліфікаційних праць. Обґрунтованість висновків підтверджується їх тісним зв'язком із поставленими завданнями, використаною методологією та експериментальними результатами.

Особливістю роботи є системний аналіз процесів формування інфрачервоних кадрів та аргументоване впровадження методів семантико-

орієнтованої обробки. Застосування існуючих універсальних стандартів стиснення показало обмежену ефективність збереження об'єктно-інформативних сегментів, що значно ускладнює обробку даних у системах прийняття рішень. Розроблений метод біфуркації бітових пластів дозволяє розділити 16-бітний сигнал на значущі та фонові складові. Водночас інтеграція моделей штучного інтелекту з метрикою інформативності на основі вейвлет-перетворення Хаара дозволила забезпечити селективну адаптивну квантизацію. Такий підхід створює умови для збереження термальної цілісності теплових сигнатур. Окрім цього, розробка механізмів просторового прорідження з подальшою бігармонічною реконструкцією дозволила додатково зменшити бітове навантаження інформаційних систем. Ефективність запропонованих моделей підтверджено експериментальними тестами, а також порівняльною оцінкою метричних показників інфрачервоних зображень.

Наукові положення, винесені на захист, логічно впливають із аналізу теоретичних основ і результатів практичної апробації. Автор продемонстрував обґрунтованість своїх висновків завдяки проведенню абляційного аналізу впливу структурно-спектральних етапів кодування на бітову інтенсивність. Порівняльний аналіз із розповсюдженими кодексами (JPEG 2000, HEVC) довів перевагу розробленого методу. Оцінка достовірності результатів базується на обчисленні кількісних метрик. До основних показників належать: середньоквадратичне відхилення (RMSD), пікове відношення сигнал/шум (PSNR), індекс структурної подібності (SSIM), бітрейт.

#### *Апробація та публікації*

Результати дисертаційного дослідження Берчанова Анатолія Андрійовича отримали належну апробацію в чотирнадцяти наукових публікаціях, що підтверджує системність і високий рівень наукової активності здобувача. До них належать три статті у виданнях баз Scopus та Web of Science, три статті у фахових виданнях України та вісім праць у матеріалах наукових конференцій.

У наведених публікаціях послідовно розкрито ключові наукові положення роботи, зокрема побудову двошарової інформативної карти інфрачервоних зображень, алгоритми спектрально-групового стиснення у просторі Хаара, механізми виявлення об'єктно-інформативних сегментів за допомогою моделей штучного інтелекту та методи бігармонічної реконструкції. Застосування такої семантико-орієнтованої обробки обмежує рівень спотворень у пріоритетних областях кадру та, як наслідок, підвищує

термальну цілісність об'єктів інтересу. Експериментальні дослідження докладно висвітлені у статтях та супроводжуються результатами оцінювання інформативності відновлених кадрів за метриками PSNR, SSIM і RMSD.

Такий вплив запропонованих методів знижує бітрейт потоку даних під час їх передачі в інформаційних системах, а рівень апробації демонструє високий ступінь готовності рішень до практичного впровадження. Публікаційна активність автора засвідчує здатність здобувача ефективно транслювати наукові напрацювання у формі завершених праць. Водночас це підтверджує зацікавленість академічного середовища у розроблених методах кодування інфрачервоних зображень.

### *Оформлення дисертації та академічна доброчесність*

Дисертаційне дослідження Берчанова Анатолія Андрійовича повністю відповідає чинним вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, встановленим Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. (із внесеними змінами) та наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. (із змінами). Під час аналізу матеріалів встановлено, що робота характеризується цілісною архітектурою та логічною послідовністю викладу. Здобувач дотримується академічного стилю та демонструє коректність у цитуванні бібліографічних джерел. Такий підхід безпосередньо підтверджує виконання вимог академічної доброчесності.

Результати перевірки дисертації через спеціалізовані системи виявлення збігів підтверджують високий рівень авторської самостійності. Текст відзначається належним показником унікальності, що свідчить про відсутність недоброчесних запозичень. Усі розроблені алгоритми, методи кодування інфрачервоних зображень та практичні рекомендації спираються на самостійний аналіз актуальності даних, результати обчислювальних експериментів і глибоке опрацювання сучасних досліджень у галузі штучного інтелекту та інформаційних систем.

Публікаційна активність здобувача об'єктивно охоплює всі етапи виконання дослідження. Автору вдалося системно представити наукові результати у відповідних фахових виданнях і матеріалах профільних конференцій. Це підтверджує завершеність розроблених технологій обробки відеоінформації та обґрунтовує їхню значущість.

Таким чином, дисертація відповідає сучасним стандартам спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» і може бути рекомендована до захисту.

*Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації*

Результати дисертаційного дослідження Берчанова А.А. мають вагомe значення для розвитку засад семантико-орієнтованого кодування інфрачервоних зображень та систем моніторингу. Уперше розроблено метод спектрально-групового стиснення на основі структурних перетворень у хвильовому просторі Хаара, який знижує бітове навантаження потоків даних. Це дозволяє підвищити актуальність даних. Застосування двошарової інформативної карти спільно з нейромережовим виявленням об'єктів інтересу обмежує рівень спотворень теплових сигнатур. Це створює передумови для збереження високої інформативності тепловізійного потоку даних.

З практичної точки зору значущість роботи підтверджується розробкою алгоритмів просторового прорідження та бігармонічної реконструкції, впровадження яких зменшує бітрейт теплових кадрів на 7–10 відсотків. Водночас використання селективних коефіцієнтів квантизації дозволяє просторово регулювати рівень пікового відношення сигнал/шум. Такий вплив сприяє збереженню температурних градієнтів цілей без деградації семантики кадру.

Важливість дослідження підтверджується актами реалізації розробок на підприємствах оборонно-промислового комплексу та їх інтеграцією у науково-освітній процес Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Зазначена апробація підкреслює міждисциплінарний характер роботи та забезпечує підґрунтя для подальшого розвитку адаптивних систем обміну інформацією.

#### *Оцінка змісту дисертації та її завершеності*

Дисертація Берчанова Анатолія Андрійовича є завершеним самостійним дослідженням з високим рівнем теоретичної та прикладної обґрунтованості. Уперше запропоновано семантико-орієнтований підхід до кодування інфрачервоних зображень із поєднанням застосування моделей штучного інтелекту та спектрального аналізу. Застосування цього підходу знижує бітрейт потоку даних та підвищує актуальність інформації для систем моніторингу. Структура роботи є логічно послідовною: від постановки проблеми аналізу тепловізійного трафіку до експериментального аналізу реалізованих моделей.

У роботі проаналізовано підходи до стиснення відеоінформації та обґрунтовано вибір нейромережових технологій для виявлення об'єктів інтересу. Автором розроблено алгоритми біфуркації бітових пластів і спектрально-групового стиснення у хвильовому просторі Хаара. Уперше впроваджено концепцію формування двошарової інформативної карти для забезпечення адаптивної квантизації сегментів. Такий вплив обмежує втрати

семантично важливої інформації з доведеною ефективністю за метриками SSIM, PSNR, RMSD та бітрейтом.

Висновки ґрунтуються на результатах абляційного аналізу та підтверджуються практичним впровадженням методів. Результати дослідження повноцінно висвітлено у 14 публікаціях, включно з працями у базах Scopus та Web of Science. Це свідчить про наукову новизну та відповідність роботи актуальним вимогам у галузі цифрової обробки зображень та штучного інтелекту.

#### *Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи*

Слід звернути увагу на окремі аспекти, які могли б посилити аналітичну глибину й комплексність дисертаційного дослідження.

1. У запропонованому методі використовується бітова біфуркація, що утворює два пласти. Однак варто розглянути можливості розширення до трьох і більше пластів. Це б дозволило точніше диференціювати локальну інформативність сегментів і підвищити ефективність кодування насичених інфрачервоних зображень.

2. У роботі недостатньо досліджено вплив параметрів адаптивної квантизації на інформативність реконструйованих сегментів. Це б дозволило оцінити стабільність методу в реальних сценаріях застосування та визначити межі коректного формування інформативної карти.

3. Автором обраний базис Хаара для вейвлет-перетворення. Однак є інші базиси, наприклад біортогональний, Койфлет, Добеші, Сімплет та інші. Їх комбіноване застосування дозволило б краще адаптувати запропонований метод до зображень із плавними температурними градієнтами та розширити ефективність застосування розроблених механізмів стиснення.

4. У дисертації не розглянуто можливості підвищення швидкості обробки за рахунок розпаралелювання обчислень, що дозволило б оцінити продуктивність методу в умовах потокового надходження інфрачервоних кадрів з високою роздільною здатністю.

5. Автором не розглянуто можливість застосування предиктивних підходів для визначення об'єктно-інформативних сегментів на основі аналізу попередніх кадрів. Така технологія дозволить скоротити кількість сегментів, що підлягають повній обробці, та підвищить загальну ефективність кодування в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

6. Для порівняння зображень крім індексу структурної подібності SSIM можна було використати коефіцієнт кореляції який простіше порахувати.

Вище зазначені міркування мають рекомендаційний характер і не применшують наукової новизни чи значущості роботи. Навпаки, вони

свідчать про потенціал теми до подальшого дослідження та практичного розширення в напрямі розробки інтелектуальних механізмів обробки інфрачервоної візуальної інформації у складних інформаційних системах.

#### *Загальні висновки до дисертаційної праці*

Дисертація Берчанова Анатолія Андрійовича є самостійним і завершеним дослідженням, яке відповідає сучасним вимогам до робіт на здобуття ступеня доктора філософії.

Уперше розроблено комплексний семантико-орієнтований метод кодування інфрачервоних зображень. Застосування моделей штучного інтелекту у поєднанні із оцінкою метрики інформативності забезпечує виявлення об'єктно-інформативних сегментів. Це дозволяє знизити бітрейт потоку даних в інформаційних системах за рахунок більш агресивного стиснення малоінформативних сегментів. Представлені методи побудови двошарової інформативної карти та спектрально-групового стиснення мають інноваційний характер. Водночас їхня програмна реалізація підтверджує високий рівень підготовки здобувача.

Висновки логічно випливають із виконання поставлених завдань, а надійність рішень доведена експериментальним моделюванням і відповідним впровадженням. Робота виконана з дотриманням принципів академічної доброчесності та вирізняється високою оригінальністю тексту.

У дисертації дотримано вимоги, встановлені чинною редакцією Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року «Про присудження ступеня доктора філософії», а також норми, викладені у наказі Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами).

З огляду на наукову новизну, методологічну обґрунтованість та прикладну цінність результатів, Берчанов Анатолій Андрійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

#### **Офіційний опонент –**

Завідувач відділу інформаційних технологій  
дистанційного зондування  
Фізико-механічного інституту НАН України  
доктор технічних наук, професор

Богдан РУСИН

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 07:41:44 03.07.2026

Назва файлу з підписом:

Відгук\_Русин\_Берчанов\_pdf\_2d86cb66\_510d\_4c95\_8906\_ccc5b25b21dd.asice

Розмір файлу з підписом: 322.3 КБ

Назва файлу без підпису:

Відгук\_Русин\_Берчанов\_pdf\_2d86cb66\_510d\_4c95\_8906\_ccc5b25b21dd.zip

Розмір файлу без підпису: 325.9 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: РУСИН БОГДАН ПАВЛОВИЧ

П.І.Б.: РУСИН БОГДАН ПАВЛОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 1928108396

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 16:55:39  
02.07.2026

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000003C8B3501D4897D06

Тип носія особистого ключа: Незахищений

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Підписані файли: Відгук\_Русин Берчанов.pdf

Версія від: 2026.05.20 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Харківського національного університету  
імені В. Н. Каразіна  
професору Сергію ЯКОВЛЕВУ  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022

**РЕЦЕНЗІЯ**  
**офіційного рецензента**

професора кафедри комп'ютерних систем та робототехніки Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, доктора технічних наук (спеціальність 05.13.06 – Інформаційні технології) **ТОЛСТОЛУЗЬКОЇ Олени Геннадіївни** на дисертаційну роботу **БЕРЧАНОВА Анатолія Андрійовича «Метод кодування інфрачервоних зображень з використанням моделей штучного інтелекту в інформаційних системах»**, подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки» з галузі знань 12 – «Інформаційні технології»

**Обґрунтування вибору теми дослідження**

Актуальність теми дисертації підтверджується зростаючою потребою в ефективній обробці та передачі великих обсягів даних від інфрачервоних сенсорів, які інтегровані у: безпілотні літальні апарати, системи технічної діагностики, комплекси дистанційного моніторингу. Збільшення просторової роздільної здатності тепловізійних матриць збільшує бітове навантаження та ускладнює своєчасну доставку інформації за умов обмеженого бітрейту. Це знижує актуальність отриманих даних для систем автоматичного прийняття рішень у режимі реального часу.

Існуючі підходи до стиснення візуальної інформації не враховують семантичну неоднорідність інфрачервоних сцен. Застосування стандартних алгоритмів кодування з втратами призводить до згладжування високочастотних деталей. Такий вплив знижує інформативність термальних сигнатур цільових об'єктів та ускладнює їх подальшу ідентифікацію. Одним із перспективних напрямів подолання цих викликів є використання моделей штучного інтелекту, які здатні аналізувати структурні закономірності кадру та здійснювати семантико-орієнтовану сегментацію.

Інтеграція алгоритмів машинного навчання у процес обробки інфрачервоних даних дозволяє диференційовано розподіляти бітовий ресурс на користь областей інтересу за рахунок інтенсивнішої компресії фонових ділянок. Це створює можливість зберігати термальну цілісність пріоритетних

об'єктів при одночасному зниженні загального бітрейту інформаційного потоку.

У зв'язку з цим дисертаційна робота Берчанова А. А., спрямована на розробку методу кодування інфрачервоних зображень з використанням моделей штучного інтелекту в інформаційних системах, є актуальною та важливою науково-прикладною задачею в галузі інформаційних технологій.

### **Загальна характеристика дисертаційної роботи**

Основна частина дисертації складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та задачі роботи, визначено об'єкт і предмет дослідження, окреслено наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача, описано структуру й обсяг роботи, а також надано інформацію щодо апробації матеріалів і публікацій за темою.

У **першому** розділі виконано огляд сучасного стану технологій обробки інфрачервоних зображень в інформаційних системах. Проведено аналіз технічних характеристик тепловізійних камер, параметрів генерації трафіку та існуючих стандартів стиснення інформації. Особливу увагу приділено застосуванню нейромережових моделей для семантико-орієнтованої обробки даних та визначенню обмежень існуючих кодеків, що знижують інформативність семантично важливих теплових сигнатур об'єктів інтересу.

**Другий** розділ присвячено розробці методу побудови двопластової інформативної карти інфрачервоного кадру на основі моделей статистично-інтелектуального аналізу. Детально описано метод біфуркації бітових пластів, формування спектрального простору за допомогою вейвлет-перетворення Хаара та алгоритм визначення метрики інформативності просторових областей. Запропоновані підходи поєднують структурно-статистичний аналіз та інтелектуальне виявлення об'єктно-інформативних сегментів для обмеження рівня спотворень у пріоритетних областях зображення.

У **третьому** розділі зосереджено увагу на розробці комплексного методу кодування інфрачервоних зображень. Проведено обґрунтування ієрархічної сегментації, різницевого кодування для зменшення динамічного діапазону та корекції низькочастотних коефіцієнтів. Такий підхід забезпечує адаптивну квантизацію та спектрально-групове кодування, що зменшує обсяг бітового об'єму та зменшує інтенсивність потоку даних.

У **четвертому** розділі виконано експериментальну оцінку характеристик запропонованого методу кодування. Розглянуто метод просторового прорідження низькоінформативних областей та їх бігармонічної реконструкції, описано модель оцінки ефективності та проведено абляційний аналіз впливу структурно-спектральних етапів на бітову інтенсивність. Підтверджено, що комплексна інтеграція запропонованих підходів знижує бітовий об'єм даних та дозволяє зберігати термальну цілісність інформативних сегментів.

У **висновках** викладено основні результати роботи, підтверджено їх відповідність поставленій меті, а також сформульовано практичні рекомендації щодо впровадження отриманих результатів у галузі обробки інформації.

**Список використаних джерел** налічує 163 найменування, оформлений відповідно до вимог, із посиланнями на сучасну українську та зарубіжну наукову літературу.

**Додатки** містять перелік публікацій здобувача за темою дисертації, акти реалізації науково-прикладних результатів досліджень та відомості про виконання науково-дослідної роботи, що підтверджують достовірність і практичну значущість отриманих результатів.

### **Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі**

Автором удосконалено метод побудови двопластової інформативної карти з використанням порогових вирішальних правил. Відмінність цього підходу полягає у визначенні адаптивних асоціативних залежностей у порогово-метричному просторі шляхом агрегації та нормування даних високочастотної області перетворення Хаара для сегментованих бітових пластів інфрачервоних зображень. Зазначене рішення створює передумови для підвищення рівня стиснення та сприяє підтримці встановлених вимог щодо термальної цілісності інформації.

У роботі набув подальшого розвитку метод виявлення областей об'єктів інтересу із застосуванням моделей штучного інтелекту. Новизна результату ґрунтується на виділенні об'єктно-інформативних сегментів шляхом кон'юнкції вихідних даних нейронної мережі та сформованої інформативної карти. Такий підхід забезпечує збереження термальної цілісності об'єктів інтересу за умов обмежень пропускну здатності потоку передачі даних.

Дисертантом уперше розроблено метод спектрально-групового стиснення, який базується на структурних перетвореннях у хвильовому просторі Хаара. Специфіка запропонованого методу полягає у

диференційованому структурному кодуванні хвильового простору сегментів за частотними областями в умовах квадрореконструкції, а також у встановленні нижньої межі високочастотної області. Використання зазначеного алгоритму дозволяє зменшити бітовий об'єм пластових сегментів інфрачервоних зображень, запобігаючи зниженню їхньої термальної цілісності.

Отримав подальший розвиток метод кодування інфрачервоних зображень на основі семантико-орієнтованої обробки. Відмінність розробки визначається застосуванням спектрально-групового кодування з урахуванням наявності об'єктно-інформативних сегментів у біфуркаційно-хвильовому просторі Хаара. Впровадження цієї методики знижує бітрейт інфрачервоного потоку даних та дозволяє підтримувати необхідний рівень термальної цілісності під час обробки і передачі в інформаційних системах.

Автором удосконалено метод відновлення стиснутих інфрачервоних зображень із використанням бігармонічних функцій. Наукова новизна підходу спирається на просторове прорідження низькоінформативних областей бітових пластів інфрачервоних зображень з їхньою подальшою регенерацією за регулярно-просторовим шаблоном. Відповідний процес відновлення дозволяє підвищити рівень термальної цілісності інформативних сегментів зображень та одночасно обмежує зростання бітрейту.

### **Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Подане до розгляду дослідження А. А. Берчанова характеризується високим рівнем науково-методичного обґрунтування та відповідає критеріям до кваліфікаційних робіт. Роботі притаманна логічна структура. Обрана проблематика, постановка завдань та отримані результати формують єдину узгоджену систему. Кожен структурний підрозділ базується на детальному аналізі фахової літератури щодо алгоритмів обробки інформації, кодування інфрачервоних зображень та проектування інтелектуальних інформаційних систем.

Автор вирішує науково-прикладну задачу керування бітрейтом інфрачервоних даних. Масштабування сучасних комплексів моніторингу генерує надмірне бітове навантаження в умовах обмеженої пропускну здатності каналів зв'язку. Це ускладнює своєчасну доставку інформації і знижує актуальність даних для систем прийняття рішень.

Для подолання зазначених обмежень у роботі запропоновано низку механізмів. До ключових розробок належать: метод побудови двошарової інформативної карти, алгоритм спектрально-групового стиснення у

хвильовому просторі Хаара та механізм семантико-орієнтованої адаптивної квантизації. Практична значущість цих підходів підтверджується їхньою здатністю зберігати високу інформативність під час обробки цільових даних. Достовірність отриманих результатів забезпечується проведенням комплексного абляційного аналізу впливу структурно-спектральних перетворень на підсумкову бітову інтенсивність. Водночас розроблені методи підтримують ефективну роботу інтегрованих нейромережових моделей під час виявлення об'єктно-інформативних сегментів.

Текст кваліфікаційної роботи викладено з дотриманням академічного стилю та необхідної технічної точності. Структурне оформлення задовольняє чинні нормативні стандарти. Підсумкові висновки коректно акумулюють напрацювання кожного розділу. Зазначені фактори дозволяють констатувати вагомий внесок результатів дослідження А. А. Берчанова у розвиток інтелектуальних інформаційних систем і формування надійної методологічної бази для розв'язання інженерних задач у галузі комп'ютерного зору, цифрової обробки інфрачервоних зображень та машинного навчання.

### **Апробація та публікації**

Основні положення дисертації викладено у 14 наукових публікаціях. Зокрема, одна стаття опублікована у науковому журналі, що індексується наукометричною базою Scopus, дві статті у виданнях, включених до Web of Science. Три статті у фахових наукових виданнях, внесених до переліку МОН України. Вісім публікацій є у збірниках матеріалів міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференцій.

У вказаних працях автор послідовно викладає результати дослідження, що стосуються розробки методу кодування інфрачервоних зображень на основі семантико-орієнтованої обробки. Застосування цього методу знижує бітрейт потоку даних та підвищує актуальність візуальної інформації для інформаційних систем. Додатково праці описують формування двопластової інформативної карти інфрачервоного кадру. Такий підхід забезпечує диференційований розподіл бітового ресурсу та обмежує втрату термальної цілісності. Також публікації містять матеріали щодо виявлення об'єктно-інформативних сегментів за допомогою моделей штучного інтелекту. Використання інтелектуального аналізу дозволяє зберігати інформативність теплових сигнатур. Розглядається механізм спектрально-групового стиснення у хвильовому просторі Хаара. Зазначене структурне перетворення дозволяє зменшити бітову надмірність, що зменшує інтенсивність передачі даних.

Представлені у публікаціях матеріали демонструють наукову новизну та прикладну цінність проведеного дослідження.

### **Оформлення дисертації та академічна доброчесність**

Дисертаційна робота Берчанова Анатолія Андрійовича відповідає встановленим вимогам щодо структури, змісту та оформлення, передбаченим постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 «Про присудження ступеня доктора філософії» та наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

У ході аналізу тексту дослідження методів кодування інфрачервоних зображень, бібліографічних посилань і результатів перевірки на академічну доброчесність (Strikeplagiarism.com) встановлено самостійність виконання роботи без виявлення ознак академічного плагіату. Усі наукові положення та висновки щодо застосування моделей штучного інтелекту в інформаційних системах обґрунтовані результатами особистих досліджень здобувача. Отримані результати пройшли апробацію та, як наслідок, належним чином відображені у наукових публікаціях із дотриманням правил цитування. Перелік авторських праць наведено у тексті рукопису. Зазначені публікації безпосередньо розкривають суть розроблених методів і засвідчують академічну доброчесність наукової роботи.

### **Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації**

Результати дисертаційного дослідження, присвяченого розробці методу кодування інфрачервоних зображень із використанням моделей штучного інтелекту в інформаційних системах, є вагомим внеском у розвиток інформаційних технологій та теорії обробки видової інформації. Збільшення просторової роздільної здатності сенсорів створює надмірне бітове навантаження та ускладнює своєчасну доставку даних. Це знижує актуальність візуальної інформації для систем прийняття рішень. Водночас застосування існуючих універсальних стандартів стиснення знижує інформативність семантично важливих теплових сигнатур. Запропонований метод вирішує ці проблеми шляхом зниження бітрейту інфрачервоного потоку з визначеним рівнем термальної цілісності.

У дисертації запропоновано інноваційний підхід до семантико-орієнтованого кодування інфрачервоних кадрів, який дозволяє адаптувати параметри стиснення до просторової структури сцени. Теоретичне значення роботи полягає у побудові методу формування двошарової інформативної карти зображення на основі моделей статистично-інтелектуального аналізу.

Такий підхід включає біфуркацію бітових пластів, що дозволяє розділити сигнал на значущі та фонові складові. Використання метричної оцінки текстурної насиченості у поєднанні з виявленням об'єктів інтересу через згорткові нейронні мережі створює передумови для диференційованого спектрально-групового стиснення.

Практична реалізація результатів включає розробку та тестування методу адаптивної квантизації високочастотних коефіцієнтів вейвлет-перетворення Хаара, а також просторового прорідження низькоінформативних областей з їх подальшою бігармонічною реконструкцією. Впровадження розроблених алгоритмів дозволяє зменшити бітрейт потоку кадрів на сім відсотків для об'єктно-інформативних сегментів та на десять відсотків для областей із термальними контрастами. Інтеграція нейромережових моделей підвищує індекс структурної подібності об'єктних областей на дев'яносто три відсотки порівняно з існуючими аналогами. Результати дослідження передано для використання у виробничу практику промислових організацій, до яких належать: ТОВ «Одеський авіаційний завод» та ТОВ «ЮЕЙ ДЕФЕНС». Вони також застосовуються в рамках виконання науково-дослідної роботи у Харківському національному університету імені В. Н. Каразіна.

Таким чином, наукові розробки Берчанова А. А. мають значний потенціал для впровадження у бортові апаратно-програмні комплекси, системи дистанційного моніторингу та мережі безпілотних літальних апаратів. Ефективне зниження бітового навантаження обмежує затримки передачі даних та підтверджує як високу наукову, так і практичну значущість роботи.

### **Оцінка змісту дисертації та її завершеності**

Дисертація Берчанова А. А. є завершеною самостійною науковою працею, що має чітку структуру, логічну побудову та високу наукову цінність. У роботі всебічно досліджено проблему зниження бітрейту інфрачервоного потоку даних в інформаційних системах із забезпеченням термальної цілісності об'єктів інтересу. Комплексне застосування семантико-орієнтованої обробки із моделями штучного інтелекту дозволяє знизити бітове навантаження потоків даних, що підвищує актуальність доставлених даних. Запропонований підхід обмежує деградацію інформативності теплових сигнатур, що дозволило успішно досягти поставленої мети.

Усі теоретичні розробки та практичні результати детально висвітлено в основному тексті дисертації, підтверджено численними експериментами за абляційною методикою та супроводжено публікаціями в наукових фахових

виданнях і матеріалах конференцій. Зміст роботи відповідає сучасному рівню розвитку галузі комп'ютерних наук. Водночас він відображає завершеність дослідження як у теоретичному, так і в прикладному аспектах.

### **Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи**

1. На жаль, у роботі відсутній кількісний аналіз впливу ступеня стиснення на ймовірність хибного виявлення об'єктів після декодування кадру. Це б дозволило об'єктивніше оцінити розроблений метод у контексті збереження деталізації контурів та ефективності роботи аналітичної підсистеми розпізнавання.

2. На жаль, у роботі відсутній порівняльний аналіз впливу квантування низькочастотних та високочастотних складових просторового спектра на інформативність відтвореного зображення. Це б дозволило обґрунтувати доцільність застосування диференційованих коефіцієнтів квантизації до низьких та високих частотних компонент.

3. Недостатньо висвітлено доцільність застосування відмінних коефіцієнтів квантизації для високочастотних компонентів різного рівня. Доцільною могла б бути розробка багатопараметричних матриць квантування. Це б дозволило підвищити гнучкість та адаптивність квантизації.

4. У роботі недостатньо обґрунтовано вибір запропонованого критерію інформативності інфрачервоних зображень у порівнянні з існуючими підходами, наприклад на основі ентропії локальних сегментів. Це б дозволило підвищити об'єктивність оцінки ефективності авторської метрики та визначити межі її застосування.

5. Потребує додаткового розкриття процедура формування кінцевого бітового представлення на основі закодованих даних. Недостатня деталізація етапу пакування сформованих спектрально-групових кодів у бітовий потік звужує можливості для точного відтворення алгоритму та може знижувати ефективність його інтеграції в реальні інформаційні системи.

Наведені зауваження мають характер наукової дискусії та не знижують цінності дисертаційної роботи Берчанова А. А., яка є логічною, завершеною, актуальною та самостійною науковою працею.

### **Загальні висновки до дисертаційної праці**

Дисертація Берчанова Анатолія Андрійовича є завершеною науково-дослідною роботою, що характеризується високим рівнем наукової новизни та практичної значущості. Запропонований підхід до використання моделей

штучного інтелекту підвищує інформативність інфрачервоних зображень та оптимізує процеси їх обробки в інформаційних системах. Зміст дисертації послідовно розкриває основні наукові положення дослідження. Водночас робота оформлена відповідно до чинних вимог і написана витриманою науковою мовою.

Дисертаційна робота Берчанова Анатолія Андрійовича «Метод кодування інфрачервоних зображень з використанням моделей штучного інтелекту в інформаційних системах» за актуальністю, структурою, глибиною аналізу, рівнем реалізації та представленістю результатів у публікаціях здобувача відповідає спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки» у галузі знань 12 – «Інформаційні технології». У дисертації дотримано вимоги, встановлені чинною редакцією Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року «Про присудження ступеня доктора філософії», а також норми, викладені у наказі Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами).

Вважаю, що Берчанов Анатолій Андрійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

**Рецензент:**

професор кафедри комп'ютерних систем  
та робототехніки  
Харківського національного університету  
імені В.Н. Каразіна  
доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник

Олена ТОЛСТОЛУЗЬКА

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 08:42:16 03.07.2026

Назва файлу з підписом: Рецензія\_Толстолузька.pdf.asice  
Розмір файлу з підписом: 267.5 КБ

Перевірені файли:  
Назва файлу без підпису: Рецензія\_Толстолузька.pdf  
Розмір файлу без підпису: 269.3 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ТОЛСТОЛУЗЬКА ОЛЕНА ГЕННАДІЇВНА  
П.І.Б.: ТОЛСТОЛУЗЬКА ОЛЕНА ГЕННАДІЇВНА  
Країна: Україна  
РНОКПП: 2529913061  
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА  
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 08:42:14 03.07.2026  
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"  
Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000008CF2000242E1FF06  
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145  
Тип підпису: Удосконалений  
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)  
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)  
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.05.15 13:00