

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. ректора
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»
д.ю.н., проф.  Олексій ЛИТВИНОВ
2025



Висновок

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення дисертаційної роботи кандидата технічних наук, старшого дослідника, старшого наукового співробітника кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» Міністерства освіти і науки України **КРИВЕНКА Сергія Станіславовича**, на тему: **«Методи прогнозування та інтелектуальної обробки зображень у системах дистанційного зондування та медичної діагностики»**, що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Призначені рішенням Вченої ради Національного аерокосмічного університету «Харківський Авіаційний інститут» (протокол №12 від 18.06.2025 р.), а саме:

- БУТЕНКО Ольга Станіславівна, професор кафедри геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі, доктор технічних наук, професор;
- ПОПОВ Анатолій Владиславович, професор кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем, доктор технічних наук, професор;
- ТОЦЬКИЙ Олександр Володимирович, професор кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського, доктор технічних наук, професор,

розглянувши докторську дисертацію КРИВЕНКА Сергія Станіславовича «Методи прогнозування та інтелектуальної обробки зображень у системах дистанційного зондування та медичної діагностики» (тема дисертації перезатверджена рішенням засідання Вченої ради Національного аерокосмічного університету «Харківський Авіаційний інститут» (протокол №9 від 19.03.2025 р.). Науковий консультант здобувача – ЛУКІН Володимир Васильович, доктор технічних наук, професор), що виконана на кафедрі інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» Міністерства освіти і науки України з передбачуваним її захистом у спеціалізованій вченій раді Д64.062.07, підготували висновок про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів дисертації:

1. Дисертація є кваліфікаційною науковою працею, що виконана здобувачем самостійно.

2. Дисертація містить наукові положення та науково обґрунтовані результати в галузі обробки зображень дистанційного зондування та медичної діагностики, які мають практичну та теоретичну цінність та які підтверджені документами, що засвідчують проведення здобувачем досліджень. До нових наукових обґрунтованих положень експертами віднесено:

- **вперше** запропоновано метод виділення текстурних ділянок на зображеннях, спотворених шумом, з використанням методів машинного навчання;
- **вперше** показано можливість прогнозування ефективності фільтрації у випадку сигнально-залежних завад на зображеннях при використанні традиційних та візуальних метрик якості;
- **удосконалено** двоетапний метод забезпечення необхідної візуальної якості при стисканні зображень із втратами;
- **отримали подальший розвиток** методи прогнозування ефективності стиснення із втратами зображень, спотворених шумом;
- **удосконалено** методи обробки медичних зображень, що спотворені шумом;
- **удосконалено** методи контролю якості обробки медичних зображень та зображень дистанційного зондування.

Практична цінність дисертації полягає в тому, що отримані наукові результати обробки зображень дистанційного зондування та медичної діагностики, а саме: розроблено метод виявлення текстур на базі методів машинного навчання, що використовує локальні параметри, розраховані у ковзному вікні, в якості вхідних даних, що дозволило підвищити надійність виявлення текстурних ділянок; запропоновано використовувати метод Level Set для локалізації неоднорідностей зображень, який дозволяє адаптивно застосовувати частотно-залежну фільтрацію до однорідних ділянок, забезпечуючи збереження важливих деталей; розроблено модифікацію вейвлет-фільтра Хаара та інтегрально-диференціального методу, які показали найкращі результати як за кількісними метриками (MSE, MSSIM), так і за якістю збереження меж; розроблено метод прогнозування якості фільтрації зображень, спотворених шумами різної природи. Запропонований підхід забезпечує високе значення коефіцієнту детермінації (до 0,98 для класичних метрик та 0,91 для метрик візуальної якості) при прогнозуванні значень приросту якості зображень; запропоновано двоетапну процедуру стиснення зображень, яка дозволяє забезпечити бажаний рівень якості зображень згідно з метриками PSNR-HVS-M і PSNR (пікове відношення сигнал-шум), що дозволяє зменшити дисперсію залишкових помилок приблизно на порядок в порівнянні із одноетапними методами; проаналізовано просторово-спектральний склад шумів у медичних зображеннях; запропоновані алгоритми для сліпого придушення шуму забезпечують покращення PSNR до 2,7 дБ у порівнянні з існуючими методами; визначено підхід для стиснення зображень зубів із використанням низки кодерів, що дозволяє досягти високих значень коефіцієнта стиснення (10-40 разів) без втрат діагностично важливої інформації; запропоновано методику поканального аналізу мультиспектральних даних, що дозволяє визначити оптимальні параметри стиснення для кожного спектрального каналу, забезпечивши покращення результатів класифікації завдяки придушенню шумів і високочастотних варіацій. Застосування результатів дослідження витікає з численних публікацій автора та Актів впровадження, що надано у Додатках до дисертації.

3. Дисертація виконана за спеціальністю 05.12.17 – Радіотехнічні та телевізійні системи, яка відноситься до технічної галузі науки за Переліком наукових спеціальностей, затверджених наказом МОН № 1057 від 14.09.2011.

4. Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – Радіотехнічні та телевізійні системи, зокрема напрямам досліджень «Дослідження методів оптимізації систем і комплексів, пристроїв, вузлів, формування й обробка сигналів в умовах реальної заводської обстановки», «Розроблення й дослідження методів стабілізації та автоматичного регулювання параметрів і характеристик елементів, вузлів та пристроїв радіотехнічних і телевізійних систем та комплексів» та «Синтез і аналіз систем виявлення, вимірювання параметрів сигналів, адаптація їх до змін зовнішнього середовища та джерел інформації».

5. Наведені в дисертації висновки обґрунтовані і базуються на одержаних і наведених результатах. Їх достовірність підтверджена чисельними експериментами. Основними з них експерти вважають:

- методи детектування текстур на спотворених шумом зображеннях. Було показано, що оптимальним є спільне використання локальних параметрів (відносної локальної дисперсії, квазірозмаху та параметра на основі дискретного косинусного перетворення) з обчисленням у вікні розміром 5x5 пікселів. Удосконалення алгоритмів навчання класифікаторів, зокрема через агрегування параметрів у ковзному вікні або використання потужних класифікаторів, таких як машина опорних векторів, дозволяє підвищити якість класифікації. Крім того, використання нейронних мереж на основі кількох локальних параметрів забезпечує високу ефективність із меншими обчислювальними витратами;
- фільтрація спекл-шуму у зображеннях дистанційного зондування. Для боротьби зі спекл-шумом запропоновано застосування методу Level Set для локалізації неоднорідностей зображень. Цей підхід дозволяє адаптивно застосовувати частотно-залежну фільтрацію до однорідних ділянок, забезпечуючи збереження важливих деталей. Використання вейвлет-фільтра Хаара та інтегрально-диференціального методу показало гарні результати як за кількісними метриками (MSE, MSSIM), так і за якістю збереження меж. Запропоновано способи суттєвого підвищення швидкодії обробки;
- прогнозування ефективності фільтрації. Розроблено методологію прогнозування ефективності придушення сигнально-залежного шуму. Це дозволяє оцінювати покращення традиційних та візуальних метрик якості, таких як PSNR і PSNR-HVS-M, до фільтрації, що скорочує час обробки та знижує обчислювальні витрати. Метод прогнозування продемонстрував високу точність для шумів різної природи (адитивного, мультиплікативного) і забезпечує адаптацію до особливостей зображень;
- аналіз характеристик шуму та адаптація алгоритмів. Проведено просторово-спектральний аналіз шумів у зображеннях, отриманих сучасними рентгенівськими системами. Показано, що шум є просторово корельованим і залежить від сигналу, що вимагає розробки адаптивних методів фільтрації. Запропоновано нові алгоритми, такі як NSPNet і GDNet, для сліпого придушення шуму, які забезпечують покращення PSNR на 2,7 дБ у порівнянні з існуючими методами.

6. Дисертація викладена логічно, легко читається, з чітко поставленими цілями і засобами їх досягнення.

7. В дисертації особисто дисертантом розв'язано науково-практичну проблему підвищення ефективності інтелектуальної фільтрації та стиснення із втратами зображень дистанційного зондування Землі та медичної діагностики в умовах присутності складних завад і обмежених обчислювальних ресурсів з урахуванням візуальної якості.

8. Експертами не виявлено порушень принципів академічної доброчесності.

9. Основні положення кандидатської дисертації не є складовими положень докторської дисертації автора.

10. Кількість та якість наукових праць, опублікованих за матеріалами дисертації, відповідають постанові Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року «Деякі питання присудження (позбавлення) наукових ступенів», що затверджує «Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук». Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи викладено у 46 основних працях; 11 праць додатково відображають результати дисертації; 14 праць засвідчують апробацію матеріалів дисертації. Зокрема, 7 публікацій належать виданням Scopus Q1 і Q2, 4 публікації належать виданням

Scopus Q3, 4 публікації належать фаховим виданням зі спеціальності 172, категорія А, 6 публікацій належать фаховим виданням зі спеціальності 172, категорія Б за переліком МОН України. Загалом 71 публікація.

11. Дисертація пройшла широку апробацію на численних семінарах і конференціях в Україні (30 конференцій) і за її межами (7 конференцій).

З урахуванням актуальності теми дослідження, наукової новизни, теоретичного та практичного значення одержаних результатів, впровадження їх у практику, обґрунтованості висновків на основі одержаних достовірних результатів, особистого внеску здобувача у розв'язання важливої науково-технічної проблеми, достатньої повноти викладення матеріалів дисертації, що характеризується єдністю змісту, відповідності принципам академічної доброчесності, а також, беручи до уваги наукову зрілість та професійні якості **Кривенка Сергія Станіславовича**, рекомендувати дисертацію **«Методи прогнозування та інтелектуальної обробки зображень у системах дистанційного зондування та медичної діагностики»** для подання до розгляду у спеціалізовану вчену раду на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

24.07.2025

Головуючий на засіданні

Доцент кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського Національного аерокосмічного університету «Харківський Авіаційний інститут», кандидат технічних наук, доцент



Олег СРЕМЕЄВ

Рецензенти:

Професор кафедри геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі Національного аерокосмічного університету «Харківський Авіаційний інститут», доктор технічних наук, професор



Ольга БУТЕНКО

Професор кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем Національного аерокосмічного університету «Харківський Авіаційний інститут», доктор технічних наук, професор



Анатолій ПОПОВ

Професор кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського Національного аерокосмічного університету «Харківський Авіаційний інститут», доктор технічних наук, професор



Олександр ТОЦЬКИЙ

Секретар кафедри

Доцент кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського Національного аерокосмічного університету «Харківський Авіаційний інститут», кандидат технічних наук, доцент



Надія КОЖЕМЯКІНА