

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U101607

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-12-2023

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лі Фанфан ---

2. Fanfan Li

Кваліфікація: д.філософ, 172

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 172

Назва наукової спеціальності: Електронні комунікації та радіотехніка

Галузь / галузі знань: електроніка та телекомунікації

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Телекомунікації та радіотехніка

Дата захисту: 05-09-2023

Спеціальність за освітою: інженер-оптик

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ID 1819

**Повне найменування юридичної особи:** Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02066769

**Місцезнаходження:** вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

**Повне найменування юридичної особи:** Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02066769

**Місцезнаходження:** вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Англійська

**Коди тематичних рубрик:** 29.31.21, 29.31.29, 29.31.53, 29, 29.31, 29.31.41

**Тема дисертації:**

1. Розробка та аналіз ефективних методів забезпечення бажаної якості при стисненні зображень з втратами
2. Design and analysis of efficient methods for providing a desired quality in image lossy compression

**Реферат:**

1. За останні кілька десятиліть стиснення зображень із втратами стало важливим інструментом. Це пов'язано зі швидким розвитком і широким застосуванням технологій обробки зображень, що призвело до різкого збільшення кількості та розміру зображень. У порівнянні зі стисненням без втрат, стиснення з втратами може досягти вищого коефіцієнта стиснення. Однак вносяться неминучі спотворення, які визначають візуальну якість розпакованих зображень. Отже, у практичних застосуваннях необхідно оцінити візуальну якість і контролювати спотворення. Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладної проблеми підвищення ефективності контролю спотворень при стисненні з втратами з визначенням керуючого параметра. Об'єктом дослідження є контроль спотворень зображення, що вносяться стисненням із втратами. Предметом дослідження є спосіб забезпечення необхідної якості зображення при стисненні з втратами. У дисертації виконано аналітичний огляд продуктивності існуючого популярного кодера зі стисненням із втратами з

точки зору ступеня стиснення та кількох показників візуальної якості, призначення та вимог до контролю якості візуального зображення в типових додатках, а також типів і характеристик різних методів контролю спотворень. Зрозуміло, що візуальна якість розпакованих зображень впливає на подальшу обробку зображень, і її слід ретельно контролювати. Компроміс між спотворенням і ступенем стиснення часто шукають у стисненні з втратами, і параметри контролю стиснення обчислюють відповідно до цієї мети. Виходячи з різних вимог користувачів, може знадобитися ефект сприйняття без втрат, і користувачі можуть встановлювати більш гнучкі бажані візуальні якості. Було показано, що візуальна якість розпакованих зображень залежить не тільки від параметра керування стисненням, але й від складності оригінального зображення та використовуваного кодера. Основною проблемою існуючих методів стиснення зображень із втратами, які враховують візуальну якість, є або незадовільна точність з прийнятним обчисленням часу, або відповідна точність, але невідповідна або невизначена ефективність часу. У дисертаційній роботі поставлено та вирішено актуальну науково-прикладну задачу розробки методу стиснення з втратами для забезпечення бажаної якості зображення, яка враховує точність контролю різних кодерів у поєднанні з аналізом ефективності методу. Метод прогнозування візуальної якості розпакованого зображення, двоетапний метод стиснення з втратами та вдосконалений адаптивний метод, який групує зображення на основі їх складності, метод багатоканального стиснення зображення з втратами були розроблені та проаналізовані за допомогою кількох показників візуальної якості. Метою дисертації є розробка ефективного методу стиснення з втратами для забезпечення бажаної якості зображення та аналіз точності контролю спотворень, зокрема методу стиснення з втратами для багатоканального зображення при дистанційному зондуванні, а також аналіз впливу якості зображення на точність класифікації. Наукові результати: 1) Вперше пропонується двоетапний метод для забезпечення необхідної якості зображення у відтінках сірого при стисненні з втратами. Осереднена крива швидкість-спотворення, отримана в автономному режимі, використовується для розрахунку початкових параметрів, а візуальна якість на першому етапі стиснення коригується за допомогою зворотного зв'язку. Результати показують, що з точки зору метрики на основі зорової системи людини точність другого етапу стиснення загальних зображень є достатньо високою, а залишкова помилка є задовільною. 2) Метод прогнозування візуальної якості розпакованих зображень для заданих параметрів було вдосконалено та поширено на кодери зі стисненням із втратами на основі дискретних малохвильових перетворень. 3) Основний двоетапний метод було модифіковано для підвищення його надійності, використовуються два підходи. Перший полягає в тому, щоб усунути обмеження схеми, щоб зменшити помилки для зображень з високою текстурою; другий базується на попередній класифікації зображень відповідно до їх складності, а потім на адаптивному використанні відповідної середньої кривої швидкість-спотворення. 4) Двоетапний метод було поширено на кольорові та триканальні зображення, а також обговорено його застосування в дистанційному зондуванні. Результати показують, що точність класифікації стиснутих зображень приблизно така ж, як і для вихідних (нестиснених) даних, якщо немає візуально помітних спотворень. Крім того, є можливість контролювати якість 3D-стиснення. Коефіцієнт стиснення, який він забезпечує, вдвічі перевищує стиснення коефіцієнт стиснення при покомпонентному стисненні, а ймовірність правильної класифікації трохи вища. Дослідження було проведено для кодерів на основі дискретного косинусного перетворення (ДКП), включаючи AGU і ADCTC, кодера SPIHT на основі дискретного малохвильового перетворення (ДМП) і нового кодера BPG, обговорено універсальність методу для різних зображень.

2. Lossy image compression has been developed to be an essential tool in the past several decades. This is due to the rapid development and broad application of imaging technology that has resulted in a sharp increase in the number of images and an increase in images size. Compared to lossless compression, lossy compression can achieve a higher compression ratio. However, inevitable distortions are introduced, which determine the visual quality of decompressed images. Consequently, the visual quality needs to be evaluated and distortions need to be controlled in practical applications. The thesis is devoted to solving the scientific and applied problem of increasing the distortion controlling efficiency in lossy compression with controlling parameter determination. The object of the study is the controlling of image distortions introduced by lossy compression. The subject of the

study is the method of providing a desired visual quality in lossy compression. An analytical review of existing popular lossy compression coder's performance in terms of compression ratio and several visual quality metrics, purpose and requirements of visual quality controlling in typical applications, as well as types and characteristics of different methods of distortion control are performed in the thesis. It is clear that the visual quality of decompressed images impacts further image processing and should be controlled carefully. The trade-off between distortion and compression ratio is often looked for in lossy compression, and compression control parameters are calculated according to this purpose. Based on the various requirements of users, the perceptual lossless effect can be demanded, and more flexible desired visual qualities could be set by users. It has been shown that the visual quality of decompressed images depends not only on the compression control parameter but also on the complexity of an original image, and the encoder adopted. The main problem of existing image lossy compression methods, which take account into visual quality, is either unsatisfactory accuracy with an acceptable time computation or appropriate accuracy but inappropriate or uncertain time efficiency. In the thesis, the actual scientific and applied task of designing lossy compression method for providing a desired visual quality, which considers control accuracy of different coders combined with analysis of the method efficiency is set and solved. The method of predicting visual quality of decompressed image, the two-step lossy compression method and the improved adaptive method which groups images based on their complexity, the method of multi-channel image lossy compression have been designed and analyzed with several visual quality metrics. The thesis aims to design efficient method of lossy compression to provide a desired visual quality, and analyze the accuracy of distortion control, in particular the lossy compression method for the multi-channel image in remote sensing, and to analyze the effect of visual quality on the accuracy of classification. The scientific results are: 1) For the first time, a two-step method is proposed to provide the required visual quality in gray-scale lossy compression. The average rate-distortion curve obtained offline is used to calculate the initial parameters, and the visual quality in the first-step compression is corrected by feedback. The results show that, in terms of human visual system (HVS)-based metrics, the accuracy of the second-step compression of general images is good enough, and the residual error is acceptable. 2) The method of predicting the visual quality of decompressed images for given parameters has been improved and extended to lossy compression encoders based on DWT. 3) The primary two-step method has been modified to enhance its robustness, and two methods are used. The first is to correct the constraints of the scheme to reduce the errors for high-texture images; the second is to pre-classify images according to their complexity and then use adaptively the proper average rate-distortion curve. 4) The two-step method has been extended to color and three-channel images, and its application in remote sensing has been discussed. The results show that the classification accuracy of compressed images is roughly the same as for the original (uncompressed) data if there are no visually noticeable distortions. In addition, it is possible to control the quality of 3D compression. The compression ratio it produces is twice that of wise-component compression, and the probability of correct classification is slightly higher. The study has been carried out for DCT-based coders (including AGU and ADCTC), DWT-based SPIHT coder and novel BPG coder, and the universality of the method for different images has been discussed.

**Державний реєстраційний номер ДіР:** 0118U003020, 0121U112176, 0121U113956, 0120U103595

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Інформаційні та комунікаційні технології

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- 1. F. Li, V. Lukin, O. Ieremeiev, and K. Okarma, "Quality control for the BPG lossy compression of three-channel remote sensing images," *Remote Sensing*, vol.14, no. 8, pp.1824, 2022, doi: 10.3390/rs14081824. 2. F. Li, S. Krivenko, and V. Lukin, "Two-step providing of desired quality in lossy image compression by SPIHT,"

Radioelectronic and computer systems, vol. 2, no. 2020, pp. 22–32,2020, doi: 10.32620/reks.2020.2.02. 3. F. Li, “Adaptive two-step method for providing the desired visual quality for SPIHT,” Radioelectronic and computer systems, vol.1, no. 2022, pp. 195–205,2022, doi: 10.32620/reks.2022.1.15. 4. V. Lukin, I. Vasilyeva, S. Krivenko, F. Li, S. Abramov, O. Rubel, B. Vozel, K. Chehdi, and K. Egiazarian, “Lossy Compression of Multichannel Remote Sensing Images with Quality Control,” Remote Sensing, vol. 12, no. 22: 3840. doi: 10.3390/rs12223840. 5. F. Li, S. Krivenko, and V. Lukin, “Analysis of two-step approach for compressing texture images with desired quality,” Aerospace technic and technology, vol. 1, no. 2020, pp. 50–58, 2020,doi:10.32620/aktt.2020.1.08.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** технології

**Соціально-економічна спрямованість:** забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0118U003020, 0121U112176

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Лукін Володимир Васильович
2. Vladimir V. Lukin

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.07.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02066768

**Місцезнаходження:** , Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Хижняк Анна Василівна
2. Anna V. Khyzhniak

**Кваліфікація:** к. т. н., с.д., 05.07.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-8637-3822

**Додаткова інформація:** ;<https://orcid.org/0000-0002-8637-3822>

**Повне найменування юридичної особи:** Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

**Код за ЄДРПОУ:** 04778363

**Місцезнаходження:** вулиця Олеса Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Фриз Сергій Петрович

2. Sergii Fryz

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5263-1790

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

**Код за ЄДРПОУ:** 08183359

**Місцезнаходження:** проспект Миру, буд. 22, корпус ЖВІ, Житомир, Житомирський р-н., 10004, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство оборони України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Горелик Станіслав Ігорович

2. Stanislav I. Gorelik

**Кваліфікація:** к. т. н., доцент, 05.07.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3640-2787

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02066769

**Місцезнаходження:** вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Абрамова Вікторія Валеріївна
2. Abramova Viktoriia V.

**Кваліфікація:** к. т. н., 05.07.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:** <https://scholar.google.com/citations?user=7ybpJ3AAAAAJ&hl=en>

**Повне найменування юридичної особи:** Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02066769

**Місцезнаходження:** вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Жила Семен Сергійович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Жила Семен Сергійович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Дмитренко Євгенія Валеріївна

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна