

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ГУРЖІЙ Павло Миколайович

УДК 621.327: 681.5

**МЕТОД СТИСКУ ЗОБРАЖЕНЬ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ НА
ОСНОВІ ЗМІШАНОГО ПОЛІАДИЧНОГО КОДУВАННЯ**

Спеціальність 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Харківському університеті Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
Міністерства оборони України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

Бараннік Володимир Вікторович,

Харківській університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Міністерства
оборони України, м. Харків,

провідний науковий співробітник.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Хаханов Володимир Іванович,

Харківській Національній університету радіоелектроніки, Міністерства освіти і
науки України, м. Харків,

декан факультету комп'ютерної інженерії та управління;

кандидат технічних наук, доцент

Васюта Костянтин Станіславович,

Харківській університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Міністерства
оборони України, м. Харків,

докторант.

Захист відбудеться “29” квітня 2009 р. о 14³⁰ годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 Української державної академії залізничного
транспорту за адресою: 61050 м. Харків, пл. Л.Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися в Української державної академії залізничного
транспорту за адресою: 61050 м. Харків, пл. Л.Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий “19” березня 2009 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Приходько С.І.

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку телекомунікаційних систем одним з важливих завдань є підвищення оперативності, достовірності та повноти інформації про стан об'єктів управління та контролю, яка надається особі що приймає рішення. Одночасно з цим вимоги до забезпечення безпеки і ефективності функціонування складних систем управління призводять до необхідності своєчасного забезпечення диспетчерських центрів різних рівнів управління достовірною і наглядною інформацією. Найбільшу інформативність та наглядність мають відеодані, у зв'язку з цим поширюється частка відеоінформаційної взаємодії. Однак відеодані мають великі об'єми. Тому використання відеоінформації приводить до: різкого зростання навантаження на канали зв'язку та інформаційно-обчислювальні засоби; збільшення часу передачі інформації; зниження оперативності прийняття рішення. Отже, існує протиріччя, що полягає з одного боку в необхідності своєчасного доведення відеоданих великих об'ємів, а з іншого боку обмеженими можливостями обчислювальних засобів і телекомунікаційних технологій. *Тому актуальна науково-прикладна задача полягає у забезпеченні зниження сумарного часу на обробку і передачу зображень з заданою мірою достовірності в телекомунікаційних системах.*

Аналіз відомих методів обробки і передачі відеоінформації показав, що зменшення об'єму та часу її доставки відбувається за рахунок використання методів компактного представлення відеоданих. Значний внесок у розвиток теорії методів стиску зображень внесли багато вчених. Серед них Зубарєв Ю.М., Корольов А.В., Котельников В.О., Красильников М.М., Рябко Б.Я., Свіріденко В.А., Зів Дж., Кунт М., Претт У.К., Шенон К., Хартлі Р.Л., Хафман Д.А., та інші.

Серед існуючих методів стиску без втрати якості зображень найбільші ступені компресії при найменших часових витратах досягаються для методів з виділенням серій однакових елементів. Основні недоліки даних методів полягають у: відсутності кодової відповідності довжини серії з врахуванням її максимального значення; великій структурній надмірності масивів довжин серій і колірних координат. Для метода поліадичного кодування масивів довжин серій і колірних координат характерно те що: коефіцієнт стиску залежить від динамічного діапазону оброблюємих масивів та з його зростанням прямує до одиниці; для сильнонасичених зображень збільшується кількість серій, що приводить до зростання кількості розрядів на представлення колірних координат; відбір елементів для поліадичного кодування здійснюється на основі по-стовпчикової схеми, така обробка призводить до підвищення часу стискання та зменшення коефіцієнта стиску зображень. Усунення цих недоліків можливо забезпечити за рахунок представлення даних в змішаному поліадичному просторі. Тому тема дисертаційних досліджень, яка пов'язана з розробкою методів стиску на основі кодування масивів колірних координат і масивів довжин серій в змішаному поліадичному просторі є актуальною.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дослідження в дисертаційній роботі виконано в рамках завдань: Національних космічних програм України, Національної програми

інформатизації України та Концепції розвитку Єдиної Національної системи зв'язку України на 2000 – 2010 рр.

Основні результати дисертаційної роботи відображені у 6 звітах з НДР в тому числі: «Оцінка можливості використання телекомунікаційної мережі АСУ “Дніпро” для забезпечення достовірності, оперативності та інформаційної безпеки при оповіщенні про повітряну обстановку в АСУ спеціального призначення (шифр “Інтеграція – ХУПС” (№ 01010000439))», «Розробка методів обробки інформації в інформаційно – телекомунікаційних системах (Шифр “Тор – 1”, № 0101U000615)».

Мета дисертаційних досліджень. *Метою дисертаційної роботи є розробка методів стиску і відновлення зображень з заданою мірою достовірності для зменшення сумарного часу обробки і передачі даних в телекомунікаційних системах, на основі змішаного поліадичного кодування довжин серій та колірних координат.*

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі сформульовані та вирішені наступні *задачі*:

1. Розробити метод стиску зображень на основі змішаного поліадичного кодування довжин серій та колірних координат, який задовольняє вимогам телекомунікаційних систем щодо достовірності інформації.

2. Розробити метод відновлення зображень на основі декодування поліадичних кодів колірних координат і довжин серій в змішаному поліадичному просторі.

3. Розробити програмно-апаратні реалізації методів стиску та відновлення зображень.

Об'єкт дослідження. Процес обробки і передачі зображень в телекомунікаційних системах.

Предмет дослідження. Методи компактного представлення зображень в телекомунікаційних системах які дозволяють відновити відеодані з заданою мірою достовірності.

Методи дослідження. Дослідження ролі підсистем стиску відеоданих в процесі функціонування телекомунікаційних систем ґрунтувалося на методах теорії складних систем. Дослідження властивостей фрагментів зображень, що описуються колірними координатами і довжинами серій, проводилися на базі методів структурного аналізу зображень. Розробка представлення даних в змішаному поліадичному просторі проводилась на основі теорії інформації і комбінаторного аналізу. Оцінка ступеня стиску зображень і часу на обробку здійснювалась на основі статистичної теорії зв'язку, теорії вірогідності і математичної статистики. Оцінка адекватності теоретичних і практичних результатів проводилась на основі методів математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів досліджень полягає в наступному:

1. Вперше побудовано та досліджено метод стиску масивів колірних координат серій на основі їх рекурентного кодування в різницевому поліадичному просторі, який відрізняється додатковим врахуванням нижнього порогу динамічного діапазону даних та формуванням

нерівномірних поліадичних чисел. Це дозволяє додатково збільшити ступень стиску зображень без внесення погрішності.

2. Вперше розроблено та досліджено метод стиску масивів довжин серій на основі змішаного поліадичного кодування. Даний метод відрізняється від існуючих тим, що обробка елементів масивів довжин серій проводиться спільно в абсолютному та в різницево-поліадичних просторах з адаптивним вибором початкового рівня відліку кодів-номерів. Це дозволяє додатково зменшити кількість службових даних та підвищити ступінь стиску масивів довжин серій без втрати інформації.

3. Вперше розроблено метод відновлення зображень на базі змішаного поліадичного декодування, який відрізняється від відомих методів тим, що масиви кольорних координат та довжин серій представляються в якості чисел в змішаному поліадичному просторі. Це дозволяє відновити зображення без внесення погрішності.

4. Отримала подальший розвиток модель оцінки інформативності зображень на основі скорочення комбінаторної надмірності в масивах довжин серій та їх кольорових координатах, яка відрізняється застосуванням змішаних обмежень на динамічні діапазони даних що оброблюються. Це дозволило визначити ступень стиску та кількість операцій на обробку відеоданих.

Обґрунтованість і достовірність отриманих наукових висновків і результатів.

Достовірність результатів дисертаційних досліджень обґрунтовується:

- коректним використанням в процесі проведення дисертаційних досліджень математичного апарату комбінаторного аналізу, теорії інформації та кодування;

- тим, що отримані системи аналітичних виразів для кодування та декодування в змішаному поліадичному просторі не суперечать існуючим положенням теоретичних основ поліадичного представлення;

- відновленням вихідних зображень на приймальній стороні без внесення погрішності;

- адекватністю результатів експериментальних досліджень щодо характеристик стиску теоретичним даним, одержаним по виведених аналітичних виразах.

Наукове значення роботи.

Наукове значення полягає у: подальшому розвитку теорії інформації в області кодування, що полягає у розробці методу компактного представлення без втрат якості на основі змішаного поліадичного представлення.

Практична значимість результатів досліджень полягає в тому, що:

1. Розроблені методи стиску і відновлення зображень без втрати якості на основі усунення комбінаторної надмірності, які доведені до програмно – апаратних реалізацій, дозволяють забезпечити коефіцієнт стиску в середньому від 2,2 до 67 разів залежно від ступеня насиченості зображень дрібними деталями. При цьому вигащ відносно відомих методів компактного представлення зображень без втрати якості складає від 2,4 до 3,19 разів.

2. Побудоване рекурентне змішане поліадичне кодування, представлене у вигляді способів і алгоритмів, дозволяє додатково знизити час на обробку відносно по-стовпчикового кодування до 15%.

3. Розроблені методи в порівнянні з відомими скорочують сумарний час обробки і передачі відеоданих в середньому на 20%.

Результати дисертаційних досліджень реалізовані: при первинній обробці інформації прийнятої з космічного апарату в Центрі контролю космічного простору НКАУ (акт реалізації від 12.03.2006 р.), при виконанні дослідно-конструкторських робіт на ДНВП “Об'єднанні Комунар” НТ СКБ “ПОЛІСВІТ” (акт реалізації від 12.09.2006 г.), а також в навчальному процесі Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (акт реалізації від 17.04.2006 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі положення і результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. Внесок здобувача в публікації, виконані в співавторстві, полягає в наступному: у статті [1] – отримана оцінка ефективності стиску цифрового телевізійного сигналу; у статті [2] – проведений вибір напрямку, що дозволяє додатково підвищити ступінь стиску зображень без втрати якості на основі методів з виділенням серій однакових елементів; у статті [3] – запропоновано здійснювати адаптивний вибір початкового рівня формування кодів-номерів масивів кольірних координат в різницевому поліадичному просторі. Обґрунтовано, що представлення масивів кольірних координат в різницевому поліадичному просторі забезпечує додаткове виключення комбінаторної надмірності; у статті [4] – розроблено змішане поліадичне кодування масивів довжин серій без втрати якості; у статті [5] - розроблено компактне представлення масивів службових даних з врахуванням нерівномірності їх динамічних діапазонів; у статті [6] - створений метод стиску відеоданих без втрати якості на основі змішаного поліадичного кодування масивів кольірних координат і довжин серій; у статті [8] – зроблено обґрунтування того, що в результаті представлення масивів довжин серій в змішаному поліадичному просторі забезпечується додаткове зменшення об'єму кодового представлення зображень; у статті [9] – розроблений метод відновлення масивів довжин серій і кольірних координат в змішаному поліадичному просторі; у статті [10] – розроблений спосіб відновлення масивів кольірних координат компактно представлених у різницевому поліадичному просторі; у статті [11] – отримана оцінка ступеня стиснення відеоданих методом стиску зображень на основі змішаного поліадичного кодування масивів довжин серій та кольірних координат.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися і були схвалені на наступних науково-технічних та науково-практичних конференціях і семінарах: міжнародній науково-практичній конференції “Системы и средства передачи и обработки информации” (м. Одеса, 2004 р.); 4-ї та 5-ї міжнародних науково-технічних конференціях “Проблемы информатики и моделирования” (м. Харків, 2004, 2005 рр.); першій та другій науково-технічній конференції Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба (м. Харків, 2005,

2006 рр.); міжнародній науково-практичній конференції "Системы и средства передачи и обработки информации" (м. Черкаси, 2005 р.); науково-технічній конференції (м. Київ, 2005 р.).

Публікації. Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковані в 18 наукових працях, серед яких 11 статей в наукових журналах та збірниках наукових праць, які включені до переліку наукових фахових видань ВАК, 7 тез доповідей на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях.

Структура роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і 3 додатків. Повний обсяг роботи склав 184 сторінку, з яких: на 4 сторінках розміщені 6 таблиць та на 16 сторінках 44 ілюстрації, на 14 сторінках розміщений список використаних джерел зі 148 найменуваннями, на 19 сторінках знаходяться 3 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми роботи, сформульована науково-прикладна задача, сформульована мета дослідження і часткові наукові задачі, об'єкт і предмет дослідження. Визначений зв'язок дисертаційної роботи з національними програмами України. У вступі знайшли також відображення наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, приведені відомості про апробацію і публікацію основних результатів роботи, показаний особистий внесок автора в наукових працях.

У **першому розділі** проведений аналіз напрямків підвищення ефективності телекомунікаційних систем. Показано, що існуючі інформаційно-обчислювальні засоби та системи передачі даних не забезпечують своєчасне доведення достовірної та наглядної інформації, про стан об'єктів управління і контролю різних рівнів, тому модернізація телекомунікаційних систем пов'язана з розширенням відеоінформаційної взаємодії. Показано, що оскільки час, який витрачається на обробку та передачу відеоданих досягає декількох сотень хвилин, то не забезпечується своєчасне доведення достовірної відеоінформації. Це обумовлює актуальність задачі розробки нових та вдосконалення існуючих методів стиску зображень, які задовольняють вимогам по оперативності обробки, та по відновленню зображень без втрати якості.

Проведено класифікацію й аналіз існуючих методів стиску, які широко застосовуються при обробці зображень. На основі проведеного аналізу існуючих методів стиску, за обраними показниками якості, розробленому критерію ефективності процесу стиску та передачі зображень (коефіцієнт стиску, середньоквадратична погрішність, кількість арифметичних операцій, сумарний час що витрачається на стиск, передачу по каналу зв'язку та відновлення зображення) вибрано напрямок подальшого вдосконалення методу стиску зображень оснований на поліадичному кодуванні масивів довжин серій та колірних координат.

Критерій ефективності процесу стиску та передачі зображень, показники якості визначаються як:

- середньоквадратична погрішність σ :

$$\sigma = \frac{1}{3} \times \sum_{\text{RGB}} \sqrt{\sum_{i=0}^{Z_{\hat{a}}-1} \sum_{j=0}^{Z_{\hat{a}}-1} (x_{i,j}^{(\hat{a})} - x_{i,j}^{(i)})^2} / Z_{\hat{a}} \times Z_{\hat{a}} = 0, \quad (1)$$

де $Z_{\hat{a}} \times Z_{\hat{a}}$ - кількість елементів зображення у кадрі; \sum_{RGB} - підсумовування по трьом колірним

компонентам; $x_{i,j}^{(i)}$ - елемент початкового зображення; $x_{i,j}^{(\hat{a})}$ - елемент відновленого зображення;

- коефіцієнт стиску $k_{\hat{n}\delta}$:

$$k_{\hat{n}\delta} = \frac{W_{i \hat{i} \div}}{W_{\hat{n}\delta}}, \quad (2)$$

де $W_{i \hat{i} \div}$ - обсяг початкового зображення, представленого в цифровому вигляді;

$W_{\hat{n}\delta}$ - обсяг стиснутого цифрового зображення;

- сумарний час що витрачається на стиск, передачу по каналу зв'язку та відновлення зображення \hat{O}_{Σ} :

$$\hat{O}_{\Sigma} = \hat{O}_{\hat{n}\delta} + \hat{O}_{\hat{a}^3\hat{a}\hat{i}} + \hat{O}_{i \delta}, \quad (3)$$

де $\hat{O}_{\hat{n}\delta}$ - час необхідний для стиску відеоданих; $\hat{O}_{\hat{a}^3\hat{a}\hat{i}}$ - час необхідний для відновлення відеоінформації; $\hat{O}_{i \delta}$ - час необхідний на передачі зображення.

$\hat{O}_{\hat{n}\delta}$, $\hat{O}_{\hat{a}^3\hat{a}\hat{i}}$, $\hat{O}_{i \delta}$ визначаються відповідно як:

$$\hat{O}_{\hat{n}\delta} = \frac{\mu_{\hat{n}\delta}}{V_{i \hat{i}}}; \quad (4)$$

$\mu_{\hat{n}\delta}$ - кількість машинних операцій, які витрачаються на стиск зображення;

$V_{i \hat{i}}$ - швидкодія обчислювальних систем (виражається як кількість операцій у секунду).

$$\hat{O}_{\hat{a}^3\hat{a}\hat{i}} = \frac{\mu_{\hat{a}^3\hat{a}\hat{i}}}{V_{i \hat{i}}}; \quad (5)$$

$\mu_{\hat{a}^3\hat{a}\hat{i}}$ - кількість машинних операцій, які витрачаються відповідно на відновлення.

Середній час $\hat{O}_{i \delta}$ передачі стиснутого зображення відповідно дорівнює:

$$\hat{O}_{i \delta} = \frac{W_{\hat{n}\delta}}{V_{i \hat{e}}}, \quad (6)$$

де $V_{i \hat{e}}$ - швидкість передачі даних по каналу зв'язку (виражається, як кількість біт у секунду);

$W_{\hat{n}\delta}$ - обсяг стиснутого зображення.

У другому розділі дисертації:

I. Обґрунтована можливість представлення масивів колірних координат і довжин серій в змішаному поліадичному просторі з метою зниження часу доведення інформації в телекомунікаційних системах.

II. Розроблено представлення масивів колірних координат в різницевому поліадичному просторі.

III. Побудовано компактне представлення масивів довжин серій в змішаному поліадичному просторі.

IV. Створено пакувальне кодове представлення службових даних.

V. Розроблений метод стиску колірних координат і довжин серій в змішаному поліадичному просторі, який складається з наступних етапів:

Етап 1. Підготовка початкового зображення для подальшої обробки.

1.1. Розбиття початкового зображення на три колірні складові і побудова масивів RGB.

1.2. Виділення для кожної колірної площини серій однакових елементів. На основі виявлених колірних координат і довжин серій формуються відповідні масиви.

Етап 2. Кодування масивів довжин серій (ДС) в змішаному поліадичному просторі (ЗПП).

2.1. Визначення мінімальних $\mu_i^{(\tilde{a}\tilde{n})}$ і максимальних в рядках $\lambda_i^{(\tilde{a}\tilde{n})}$, та максимальних стовпцях $\psi_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})}$ значень елементів масиву ДС. На підставі отриманих значень $\lambda_i^{(\tilde{a}\tilde{n})}$, $\chi_j^{(\tilde{a}\tilde{n})}$ виявляються значення $\psi_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})}$:

$$\psi_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})} = \min(\lambda_i^{(\tilde{a}\tilde{n})}, \chi_j^{(\tilde{a}\tilde{n})}), \quad i = \overline{0, m-1}; \quad j = \overline{0, n-1}. \quad (7)$$

2.2. Для кожного рядка масиву ДС перевіряється умова $\lambda_i^{(\tilde{a}\tilde{n})} > 1$. Дана умова дозволяє визначити рядки масиву довжин серій, оброблюємих у різницевому (РПП) і в абсолютному (АПП) поліадичних просторах. За результатами перевірки також знаходяться підстави z_{ij} елементів масиву ДС і початкове направлення обробки. У випадку, якщо умова $\lambda_i^{(\tilde{a}\tilde{n})} > 1$ для i -го рядка масиву не виконується, то даний рядок оброблятиметься в АПП, тому підставами в змішаному поліадичному просторі будуть $\psi_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})}$, а елементи що оброблюються $\omega_{ij}^{(\min)}$, $\omega_{ij}^{(\max)}$ будуть рівні ℓ_{ij} , тобто

$$z_{ij} = \psi_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})}; \quad \omega_{ij}^{(\min)} = \omega_{ij}^{(\max)} = \ell_{ij}, \quad (8)$$

де $\omega_{ij}^{(\min)}$ – елемент масиву довжин серій взятий нижнього рівня поліадичних чисел у змішаному поліадичному просторі, який визначається як:

$$\omega_{ij}^{(\min)} = \begin{cases} \Delta \ell_{ij}^{(\min)}, \text{ якщо } \lambda_i^{(\tilde{a}\tilde{n})} > 1; \\ \ell_{ij}, \text{ якщо } \lambda_i^{(\tilde{a}\tilde{n})} = 1; \end{cases} \quad (9)$$

$\Delta \ell_{ij}^{(\min)} = \ell_{ij} - \mu_i^{(\tilde{a}\tilde{n})}$ – різниця між нижнім рівнем поліадичних чисел та елементом масиву довжин серій;

$\omega_{ij}^{(\max)}$ – елемент масиву довжин серій взятий верхнього рівня поліадичних чисел у змішаному поліадичному просторі який визначається як:

$$\omega_{ij}^{(\max)} = \begin{cases} \Delta \ell_{ij}^{(\max)}, \text{ якщо } \lambda_i^{(\tilde{a}\tilde{n})} > 1; \\ \ell_{ij}, \text{ якщо } \lambda_i^{(\tilde{a}\tilde{n})} = 1; \end{cases} \quad (10)$$

$\Delta \ell_{ij}^{(\max)} = \psi_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})} - 1 - \ell_{ij}$ – різниця між верхнім рівнем поліадичних чисел та елементом масиву довжин серій.

Інакше рядок оброблятиметься в різницевому поліадичному просторі (РПП). Підставами в ЗПП буде величина $s_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})}$, яка дорівнює різниці між значенням $\psi_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})}$ та мінімальним значенням в i -му рядку масиву ДС $\mu_i^{(\tilde{a}\tilde{n})}$. Відповідно елементами $\omega_{ij}^{(\min)}$, $\omega_{ij}^{(\max)}$ змішаному поліадичному просторі будуть $\Delta \ell_{ij}^{(\min)}$, $\Delta \ell_{ij}^{(\max)}$ – різниці між верхнім або відповідно нижнім рівнями поліадичних чисел та елементом масиву ДС.

2.3. Для додаткового зменшення обсягу кодового представлення масиву довжин серій пропонується вибирати мінімальне значення з двох кодів-номерів $Q(\min)$ і $Q(\max)$, вчислених відповідно відносно нижнього і верхнього рівнів поліадичного простору:

$$Q = \min \{Q(\min), Q(\max)\}; \quad (11)$$

$$Q(\min) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(\min)} h_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})}; \quad (12)$$

$$Q(\max) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(\max)} h_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})}, \quad (13)$$

де $h_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})}$ – накопичений добуток підстав $z_{i\xi}^{(\tilde{a}\tilde{n})}$ елементів змішаного поліадичного числа масивів довжин серій, що визначається як:

$$h_{ij}^{(\tilde{a}\tilde{n})} = \prod_{\xi=j+1}^n z_{i\xi}^{(\tilde{a}\tilde{n})} \prod_{\gamma=i+1}^m \prod_{\xi=1}^n z_{\gamma\xi}^{(\tilde{a}\tilde{n})}, \quad (14)$$

m і n - кількість рядків і стовпців у масиві довжин серій.

Вирази (7) – (14) забезпечують формування коду-номера для масивів довжин серій в змішаному поліадичному просторі. Для обробки масивів колірних координат здійснюється перехід на наступний етап процесу стиску.

Етап 3. Для компактного представлення масивів колірних координат пропонується організувати кодування в різницевому поліадичному просторі. Для проведення такого кодування потрібно отримати інформацію про величини $\mu_i^{(\hat{\hat{e}})}$ нижнього рівня динамічного діапазону; про значення різниці $s_{ij}^{(\hat{\hat{e}})}$ між мінімальним $\mu_i^{(\hat{\hat{e}})}$ і максимальним $\psi_{ij}^{(\hat{\hat{e}})}$ значеннями в i -му рядку масиву елементів верхнього рівня.

На початку формуються величини $\mu_i^{(\hat{\hat{e}})}$ нижнього рівня діапазону масиву КК:

$$s_{ij}^{(\hat{\hat{e}})} = \psi_{ij}^{(\hat{\hat{e}})} - \mu_i^{(\hat{\hat{e}})}; \quad (15)$$

$$\mu_i^{(\hat{\hat{e}})} = \min_{1 \leq j \leq n} \{ \tilde{n}_{ij} \}, i = \overline{1, m_{\hat{\hat{e}}}}; \quad \mu_i \leq \tilde{n}_{ij} < \psi_{ij}^{(\hat{\hat{e}})}, \quad (16)$$

де $s_{ij}^{(\hat{\hat{e}})}$ – різниця між мінімальним $\mu_i^{(\hat{\hat{e}})}$ і максимальним $\psi_{ij}^{(\hat{\hat{e}})}$ значеннями в i -му рядку масиву елементів колірних координат.

З врахуванням виразів (15) та (16) різницеве кодування визначається формулою

$$R^{(\hat{\hat{e}})} = \min \{ R^{(\hat{\hat{e}})}(\min), R^{(\hat{\hat{e}})}(\max) \}, \quad (17)$$

де $R^{(\hat{\hat{e}})}$ – код-номер рівний мінімальному між кодом-номером в різницевому поліадичному просторі щодо нижнього рівня $R^{(\hat{\hat{e}})}(\min)$ та верхнього рівня $R^{(\hat{\hat{e}})}(\max)$ діапазону оброблюваного масиву:

$$R^{(\hat{\hat{e}})}(\min) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Delta c_{ij}^{(\min)} \prod_{\xi=j+1}^n s_{i\xi}^{(\hat{\hat{e}})} \prod_{\gamma=i+1}^m \prod_{\xi=1}^n s_{\gamma\xi}^{(\hat{\hat{e}})}; \quad (18)$$

$$R^{(\hat{\hat{e}})}(\max) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Delta c_{ij}^{(\max)} \prod_{\xi=j+1}^n s_{i\xi}^{(\hat{\hat{e}})} \prod_{\gamma=i+1}^m \prod_{\xi=1}^n s_{\gamma\xi}^{(\hat{\hat{e}})}, \quad (19)$$

m і n – кількість рядків і стовпців в масиві колірних координат;

$\Delta c_{ij}^{(\min)}$ та $\Delta c_{ij}^{(\max)}$ – елементи різницевого поліадичного числа, що знаходяться як різниці

відповідно між верхнім та нижнім рівнем поліадичних чисел:

$$\Delta c_{ij}^{(\min)} = c_{ij} - \mu_i; \quad \Delta c_{ij}^{(\max)} = \psi_{ij} - 1 - c_{ij}. \quad (20)$$

Таким чином на основі виразів (17) – (20) забезпечується формування коду-номера для масивів колірних координат в різницевому поліадичному просторі.

Етап 4. Стиск службової інформації масивів довжин серій та колірних координат оброблених в змішаному поліадичному просторі.

Для підвищення коефіцієнта стиску і зменшення кодового представлення необхідно додатково обробляти службову інформацію різницеvim поліадичним кодом (РПК).

Перед початком обробки службових даних необхідно організувати їх у вигляді двовимірних масивів. При цьому для зменшення динамічного діапазону оброблюємих даних необхідно створити окремо масиви, що складаються із елементів: $\lambda_i^{(\hat{a}\hat{n})}$ - максимальні значення в строках масивів довжин серій (ДС); $\chi_j^{(\hat{a}\hat{n})}$ - максимальні значення в стовбцях масивів ДС; $\mu_i^{(\hat{a}\hat{n})}$ - мінімальні значення в строках масивів ДС; $\lambda_i^{(\hat{e}\hat{e})}$ - максимальні значення в строках масивів колірних координат (КК); $\chi_j^{(\hat{e}\hat{e})}$ - максимальні значення в стовбцях масивів КК; $\mu_i^{(\hat{e}\hat{e})}$ - мінімальні значення в строках масивів КК. Оскільки у разі входження перелічених елементів в один масив коефіцієнт стиску буде знижуватись. Зміна початкового рівня відліку допустимих кодів-номерів в різницеvому поліадичному просторі необхідно проводити гнучко, залежно від динамічного діапазону оброблюємих значень. Опис різницеvого поліадичного простора ґрунтується на векторі S обмежень на динамічний діапазон значень довжин відстаней

$$S = \{s_{1j}^{(\hat{n}^3)}, s_{2j}^{(\hat{n}^3)}, \dots, s_{mj}^{(\hat{n}^3)}\}; \quad s_{ij}^{(\hat{n}^3)} = \psi_{ij}^{(\hat{n}^3)} - \mu_i^{(\hat{n}^3)}; \quad (21)$$

$$\mu_i^{(\hat{n}^3)} = \min_{1 \leq j \leq n} \{\tau_{ij}\}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (22)$$

де τ_{ij} - елемент оброблюємих масиву службової інформації; $s_{ij}^{(\hat{n}^3)}$ - різниця між максимальним $\psi_{ij}^{(\hat{n}^3)}$ і мінімальним $\mu_i^{(\hat{n}^3)}$ значеннями в i -му рядку масиву службової інформації (СІ).

Позначимо довжину відстані від поточного масиву СІ до мінімального і максимального рівнів поліадичних чисел в різницеvому поліадичному просторі як $R^{(\hat{n}^3)}(\min)$ та $R^{(\hat{n}^3)}(\max)$:

$$R^{(\hat{n}^3)}(\min) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Delta\tau_{ij}^{(\min)} h_{ij}^{(\hat{n}^3)}; \quad (23)$$

$$R^{(\hat{n}^3)}(\max) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Delta\tau_{ij}^{(\max)} h_{ij}^{(\hat{n}^3)}, \quad (24)$$

де $\Delta\tau_{ij}^{(\min)}$, $\Delta\tau_{ij}^{(\max)}$ - різниці відповідно між верхнім і нижнім рівнем поліадичних чисел; $h_{ij}^{(\hat{n}^3)}$ - накопичений добуток підстав $s_{i\xi}^{(\hat{n}^3)}$ різницеvого поліадичного числа масивів службової інформації, що визначається як:

$$h_{ij}^{(\tilde{n}^3)} = \prod_{\xi=j+1}^n s_{i\xi}^{(\tilde{n}^3)} \prod_{\gamma=i+1}^m \prod_{\xi=1}^n s_{\gamma\xi}^{(\tilde{n}^3)}. \quad (25)$$

При цьому з врахуванням співвідношень (23) – (25) виконується нерівність $R^{(\tilde{n}^3)}(\min) \neq R^{(\tilde{n}^3)}(\max)$.

З двох довжин відстаней вибираємо мінімальну $R^{(\tilde{n}^3)}$:

$$R^{(\tilde{n}^3)} = \min \left\{ R^{(\tilde{n}^3)}(\min), R^{(\tilde{n}^3)}(\max) \right\}. \quad (26)$$

Таким чином, розроблено метод стиску на основі поліадичного кодування в змішаній системі підстав масивів довжин серій; різницевого поліадичного кодування масивів колірних координат; різницевого поліадичного кодування масивів службових даних.

VI. Розроблений метод здійснює стиск зображень в трьох режимах:

- у режимі стиску відеоданих на основі простого різницевого поліадичного кодування масивів колірних координат (КК) і масивів довжин серій (ДС) коефіцієнт стиску знаходиться в межах від 2,3 до 54 залежно від ступеня насиченості зображень;

- у режимі компресії зображень за рахунок різницевого поліадичного кодування масивів КК і ДС з гнучким вибором початкового рівня відліку, ступінь стиску знаходиться в межах від 2,6 до 59 та залежить від класу зображень;

- у разі поліадичного кодування масивів КК і ДС в змішаному поліадичному просторі ступінь стиску зображень змінюється в межах від 2,9 до 67 залежно від класу зображень.

Додатково знижується об'єм ЗЗП, потрібний для зберігання проміжних результатів стиску зображень. Це пояснюється тим, що поліадичні коди займають менший цифровий об'єм, ніж масиви довжин серій і масиви колірних координат.

VII. Отримані вирази для визначення часу кодування і кількості операцій, що витрачаються на стиск зображень.

У третьому розділі дисертації:

I. Розроблений метод відновлення зображень, що забезпечує:

- декодування різницевого поліадичного кодування масивів службових даних;
- декодування різницевого поліадичного кодування масивів колірних координат;
- декодування змішаних поліадичних кодів масивів довжин серій;
- відновлення і співвідношення масивів колірних координат та масивів довжин серій.

Відновлення зображень стиснутих методом кодування масивів довжин серій і колірних координат в змішаному поліадичному просторі проводиться у декілька етапів:

Етап 1. Декодування службової інформації (СІ) масивів довжин серій (ДС) і колірних координат (КК). Для підвищення коефіцієнта стиску і зменшення кодового представлення службова інформація додатково піддавалася кодуванню. При цьому для зменшення динамічного

діапазону оброблюємих даних були побудовані окремі масиви, що складаються із значень: $\lambda_i^{(\hat{a}\hat{n})}$ – максимальне значення в i -му рядку масиву довжин серій; $\chi_j^{(\hat{a}\hat{n})}$ – максимальне значення в j -м стовпці масиву довжин серій; $\mu_i^{(\hat{a}\hat{n})}$ – мінімальне значення в i -му рядку масиву довжин серій; $\lambda_i^{(\hat{e}\hat{e})}$ – максимальне значення в i -му рядку масиву колірних координат; $\chi_j^{(\hat{e}\hat{e})}$ – максимальне значення в j -м стовпці масиву ЦК; $\mu_i^{(\hat{e}\hat{e})}$ – мінімальне значення в i -му рядку масиву колірних координат.

Відновлення СІ відбуватиметься окремо для кожного з масивів, початкові елементи масивів СІ узагальнено позначимо τ_{ij} . Декодування проводитимемо за відомими кодами цих масивів і значеннями $\mu_i^{(\hat{n}^3)}$. На підставі набутих значень, $\chi_j^{(\hat{n}^3)}$ виявляються значення $\psi_{ij}^{(\hat{n}^3)}$.

У випадку якщо значення службового розряду який передається разом з кодом – номером $R^{(\hat{n}^3)}$ рівне 0, то відновлення початкових елементів здійснюється по формулі

$$\tau_{ij} = \mu_i^{(\hat{n}^3)} + \Phi_{\min}^{-1} \left(R^{(\hat{n}^3)}(\min) \right). \quad (27)$$

Якщо ж значення службового розряду рівне 1, то процес відновлення початкових елементів задається наступним виразом

$$\tau_{ij} = \psi_{ij}^{(\hat{n}^3)} - 1 - \Phi_{\max}^{-1} \left(R^{(\hat{n}^3)}(\max) \right) \quad (28)$$

де $R^{(\hat{n}^3)}(\min)$, $R^{(\hat{n}^3)}(\max)$ – значення коду масиву службових даних в різницевому поліадичному просторі розглянутого, відповідно від верхнього або нижнього рівня відліку;

Φ_{\min}^{-1} і Φ_{\max}^{-1} – оператори відновлення різницевого поліадичного числа.

Таким чином, на основі виразів (27) – (28) здійснюється відновлення початкових елементів масивів СІ за відомими кодами – номерами.

Етап 2. Відновлення масивів довжин серій.

Процес відновлення початкових елементів ℓ_{ij} масивів ДС, представлених у змішаній системі підстав, здійснюється за допомогою отриманих кодів - номерів масивів ДС і значень: $\lambda_i^{(\hat{a}\hat{n})}$ – максимальне значення в i -му рядку МДС; $\chi_j^{(\hat{a}\hat{n})}$ – максимальне значення в j -му стовпці масиву довжин серій; $\mu_i^{(\hat{a}\hat{n})}$ – мінімальне значення в i -му рядку масиву довжин серій.

Опис змішаного поліадичного простору ґрунтується на векторі Z , що складається з обмежень на динамічний діапазон значень кодів-номерів

$$Z = \left\{ z_{i1}^{(\hat{a}\hat{n})}, z_{i2}^{(\hat{a}\hat{n})}, \dots, z_{in}^{(\hat{a}\hat{n})} \right\}; z_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})} = \begin{cases} s_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})}, \text{ якщо } \lambda_i^{(\hat{a}\hat{n})} > 1; \\ \psi_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})}, \text{ якщо } \lambda_i^{(\hat{a}\hat{n})} = 1, \end{cases} \quad (29)$$

де $\lambda_i^{(\hat{a}\hat{n})}$ - максимальне значення в i -му рядку масиву ДС;

$s_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})}$ - різниця між максимальним $\psi_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})}$ і мінімальним $\mu_i^{(\hat{a}\hat{n})}$ значеннями в i -му рядку масиву

ДС:

$$s_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})} = \psi_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})} - \mu_i^{(\hat{a}\hat{n})}, \quad j = \overline{1, n}; \quad (30)$$

$$\mu_i^{(\hat{a}\hat{n})} = \min_{1 \leq j \leq n} \{ \ell_{ij} \}, \quad i = \overline{1, m_{\hat{a}\hat{n}}}, \quad \mu_i^{(\hat{a}\hat{n})} \leq \ell_{ij} < \psi_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})}. \quad (31)$$

У випадку якщо значення додаткового розряду який передається разом з кодом - номером дорівнює 0, то відновлення початкових елементів здійснюється за формулами:

$$\omega_{ij}^{(\min)} = \left[Q(\min) / h_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})} \right] - \left[Q(\min) / z_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})} h_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})} \right] \times z_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})}, \quad (32)$$

де $Q(\min)$ - код - номер масиву довжин серій у змішаному поліадичному просторі взятий, відповідно від нижнього рівня відліку.

Якщо значення службового розряду дорівнює 1, то процес відновлення початкових елементів задається наступним виразом:

$$\omega_{ij}^{(\max)} = \left[Q(\max) / h_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})} \right] - \left[Q(\max) / z_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})} h_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})} \right] \times z_{ij}^{(\hat{a}\hat{n})}, \quad (33)$$

де $Q(\max)$ - код - номер масиву довжин серій у змішаному поліадичному просторі взятий, відповідно від верхнього рівня відліку.

Таким чином, на підставі набутих значень кодів і службової інформації по виразах (29) – (33) відновлюються початкові елементи масивів довжин серій.

Етап 3. Відновлення масивів колірних координат (КК).

Процес відновлення початкових елементів c_{ij} масивів КК, представлених в різницевому поліадичному просторі, здійснюється на підставі отриманих кодів масивів КК та службових даних $\lambda_i^{(\hat{e}\hat{e})}$ $\mu_i^{(\hat{e}\hat{e})}$. По наявних значеннях, $\chi_j^{(\hat{e}\hat{e})}$ виявляються величини $\psi_{ij}^{(\hat{e}\hat{e})}$. Якщо з кодом $R^{(\hat{e}\hat{e})}$ одержаний додатковий розряд що має значення 0, то відновлення початкових елементів здійснюється за формулою

$$c_{ij} = \mu_i^{(\hat{e}\hat{e})} + \phi_{\min}^{-1} \left(R^{(\hat{e}\hat{e})}(\min) \right), \quad (34)$$

де $R^{(\hat{e}\hat{e})}(\min)$ – значення коду масиву колірних координат в різницевому поліадичному просторі розглянутого від нижнього рівня відліку; ϕ_{\min}^{-1} – оператор відновлення різницевого поліадичного числа для нижнього рівня відліку.

Якщо ж значення додаткового розряду рівне 1, то процес відновлення початкових елементів задається наступним виразом

$$c_{ij} = \Psi_{ij}^{(\hat{\hat{e}})} - 1 - \Phi_{\max}^{-1} \left(R^{(\hat{\hat{e}})}(\max) \right), \quad (35)$$

де $R^{(\hat{\hat{e}})}(\max)$ – значення коду масиву кольірних координат в різницевому поліадичному просторі розглянутого від верхнього рівня відліку; Φ_{\min}^{-1} – оператор відновлення різницевого поліадичного числа для верхнього рівня відліку.

Таким чином, за виразами (34) – (35) відбувається декомпресія масивів кольірних координат.

Етап 4. Побудова початкового зображення складається з:

- а) відновлення масивів довжин серій і кольірних координат і побудови масивів RGB;
- б) побудови початкового зображення на підставі отриманих масивів RGB.

Після виконання всіх етапів обробки масивів довжин серій і кольірних координат відбувається відновлення початкового зображення.

Розроблений метод відновлення дозволяє відновити зображення без втрати якості.

II. Проведено визначення кількості операцій, що витрачаються в процесі відновлення зображень для різних режимів:

- у випадку якщо масиви довжин серій і масиви кольірних координат представлені простими різницевими поліадичними кодами;
- для режиму, коли масиви довжин серій і масиви кольірних координат оброблені різницевими поліадичними кодами з гнучким вибором початкового рівня відліку;
- при представленні масивів довжин серій і масивів кольірних координат змішаними поліадичними кодами.

III. Отримано вирази для визначення часу декомпресії відеоданих при різних режимах стиску.

У четвертому розділі:

1. Проведена порівняльна оцінка результатів стиску і відновлення зображень для розробленого та існуючих методів, яка показала що:

- у режимі стиску відеоданих на основі різницевого поліадичного кодування масивів кольірних координат і масивів довжин серій коефіцієнт стиску збільшився щодо існуючих методів в середньому в 2,4 рази;
- у режимі компресії зображень за рахунок різницевого поліадичного кодування масивів ДС та КК з гнучким вибором початкового рівня відліку ступінь стиску $k_{\text{по}}^{(\hat{\hat{a}})}$ збільшується щодо існуючих методів в середньому в 2,8 разів. Такий вииграш за ступенем стиску пояснюється зменшенням динамічного діапазону за рахунок гнучкого вибору початкового рівня відліку;

– у разі поліадичного кодування масивів ДС та КК в змішаному поліадичному просторі

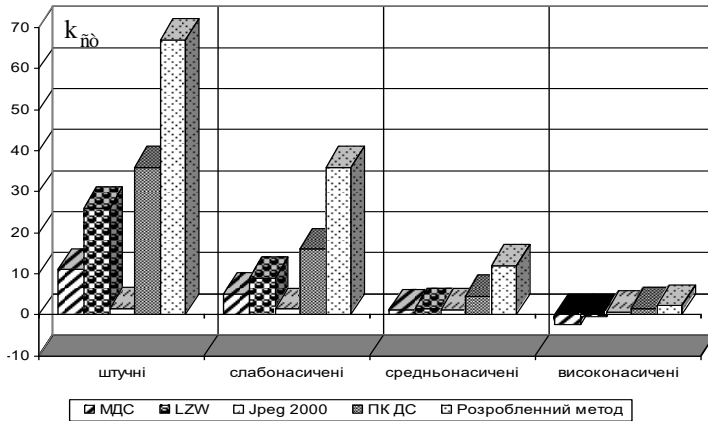


Рис. 1. Діаграми залежності значень коефіцієнтів стиску розробленого і існуючих методів залежності ступеня знаходиться в межах від 3,6 до 67 разів. Це обумовлено тим, що в даних зображеннях збільшується кількість структурної надмірності, обумовленої великими розмірами областей одного кольору. Для таких зображень зменшується кількість масивів ДС та КК, а також вдається більш понизити діапазон значень елементів цих масивів. Для високонасичених відеоданих коефіцієнт стиску досягає 2,2 рази.

2. Проведена оцінка сумарного часу який витрачається на стиск, передачу та відновлення відеоданих, при обробці відеоданих на різних інформаційно-обчислювальних засобах та передачі по каналах зв'язку з різною швидкістю передачі, яка показала що:

– сумарний час – \dot{O}_{Σ} , що витрачається на стиск, передачу по каналу зв'язку і відновлення зображення зменшився, щодо випадків коли застосовувалися існуючі методи стиску, в середньому в 3,5 рази;

– час передачі відеоданих стиснутих розробленим методом залежить від розмірів зображень (кількість елементів по горизонталі×вертикалі), кількості розрядів що відводяться на представлення одного елемента (пікселя) і ступеня насиченості кадру відеозображення. Найменший час витрачається при передачі слабонасичених і штучних зображень.

3. Побудована технічна реалізація запропонованого методу стиску, розроблений пристрій компресії зображень, в якому реалізовані наступні основні етапи стиску:

- формування довжин серій для послідовностей однакових елементів початкового зображення;
- виявлення довжин серій і визначення колірних координат серій;
- здійснення стиску зображень для різних режимів: різницевого, різницевого з гнучким вибором початкового рівня відліку та поліадичного кодування масивів довжин серій і колірних координат в змішаному поліадичному просторі;
- компресія службової інформації.

У додатках приведені допоміжні для дисертаційного дослідження дані, приклади зображень що оброблювались, приклади обробки зображень запропонованим методом, а також акти реалізації результатів дисертаційної роботи.

ступінь стиску $k_{po}^{(q)}$ в середньому збільшується в 3,19 разів щодо існуючих методів.

Порівняння розробленого методу з іншими методами стиску зображень (Рис. 1), які здійснюють стискання, без втрати якості показало, що найбільший ступінь стиску досягається для слабонасичених реалістичних і штучних зображень та

ВИСНОВКИ

У дисертації приведено рішення наукової задачі, яка полягає у забезпеченні зниження сумарного часу на обробку і передачу зображень з заданою мірою достовірності в телекомунікаційних системах.

Основними науковими результатами, отриманими в роботі, є:

1. Метод стиску зображень на основі поліадичного кодування масивів колірних координат і довжин серій за рахунок:

– представлення масивів довжин серій в змішаному поліадичному просторі. Дане кодування ґрунтується на тому що: обробка елементів масивів довжин серій проводиться спільно в абсолютному і різницевому поліадичних просторах з адаптивним вибором початкового рівня відліку кодів-номерів; знімаються обмеження на залежність максимальної довжини серії від розмірів масивів довжин серій; враховується достоїнство абсолютного поліадичного простору, яке полягає в зменшенні кількості службових даних та достоїнство різницевого поліадичного простору, що полягає в урахуванні нерівномірності довжин серій, утворених для зображень з різним ступенем насиченості. Це дозволяє додатково підвищити ступінь стиску масивів довжин серій внаслідок додаткового скорочення комбінаторної надмірності, викликаного зниженням кількості дозволених комбінацій, а також спростити апаратну і програмну реалізацію методу стиску;

– рекурентного кодування масивів колірних координат серій в різницевому поліадичному просторі. Дане кодування дозволяє додатково збільшити ступінь стиску за рахунок: виділення корельованих областей масивів колірних координат і зменшенні кількості інформації про нижню межу їх динамічного діапазону;

– упаковки масивів службових даних в різницевому поліадичному просторі.

2. Метод відновлення зображень без внесення погрішності, який базується на декодуванні різницевих поліадичних кодів масивів колірних координат і змішаних поліадичних кодів довжин серій.

3. Модель оцінки інформативності зображень на основі скорочення комбінаторної надмірності в масивах довжин серій та їх кольорових координатах, яка ґрунтується на застосуванні змішаних обмежень на динамічні діапазони даних що оброблюються. Це дозволило визначити ступінь стиску та кількість операцій на обробку відеоданих.

На основі проведених досліджень отримані наступні практичні результати:

1. Методи стиску і відновлення зображень без втрати якості на основі усунення комбінаторної надмірності, викликаного обмеженнями і когерентним динамічним діапазонами масивів колірних координат і довжин серій, дозволяють забезпечити коефіцієнт стиску в середньому від 2,2 до 67 разів, залежно від ступеня насиченості зображень дрібними деталями.

При цьому виграш відносно відомих методів компактного представлення зображень без втрати якості складає від 2,4 до 3,19 разів;

2. Рекурентне змішане поліадичне кодування представлене у вигляді способів і алгоритмів дозволяє, відносно постовпчикowego кодування, додатково знизити час на обробку на 15%.

3. Запропоновані методи, в порівнянні з відомими методами, скорочують сумарний час обробки і передачі відеоданих. Для стиску, передачі та відновлення зображень розміром 1024×768 елементів, при швидкості передачі по каналу зв'язку $V_{\text{в}} = 1 \times 10^9$ (біт/с) і середньої швидкості виконання машинних операцій $V_{\text{м.о.}} = 3 \times 10^8$ (м.о./с), потрібно в середньому від 0,19 до 3 секунд залежно від характеристик зображення.

Отримані в роботі теоретичні і практичні положення використовувалися при первинній обробці інформації прийнятою з космічного апарату в Центрі контролю космічного простору, при виконанні дослідно-конструкторських робіт на ДНВП "Об'єднанні Комунар" НТ СКБ "ПОЛІСВІТ", а також в учбовому процесі Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, що підтверджується відповідними актами про впровадження.

Отримані результати можуть бути використані: при обробці і передачі відеоінформації в інформаційно-телекомунікаційних системах; при проведенні конструкторських і науково – дослідних робіт із створення нових технічних і програмних засобів по обробці відеоінформації; при вивченні учбових дисциплін по кодуванню та обробці відеоінформації для підготовки фахівців у ВУЗах України.

Мета дослідження, яка полягає в розробці методів стиску і відновлення зображень з заданою мірою достовірності для зменшення сумарного часу обробки і передачі даних в телекомунікаційних системах, на основі змішаного поліадичного кодування довжин серій та колірних координат – досягнута, і всі поставлені часткові наукові задачі – вирішені.

СПИСОК ОСНОВНИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Корольов А.В. Межкадровое кодирование цифрового цветного телевизионного сигнала / П.Н. Гуржий, А.В. Корольов, О.А. Козелков // Системи обробки інформації.–Харьков: НАНУ, ХВУ. – 2004. – Вип. 6. – С. 98 – 102.

2. Гуржий П.Н. Анализ направлений дополнительного повышения степени сжатия изображений без потери качества / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий, А.Г. Коробка, И.В. Норинчак // Системи обробки інформації. –Харьков: НАНУ, ХВУ. – 2004. – Вип. 11. – С. 19 – 22.

3. Баранник В.В. Кодирование массивов цветowych координат в разностном полиадическом пространстве / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2005, Вип. 1 (9). – С. 44 – 49.

4. Баранник В.В. Полиадическое кодирование массивов длин серий в смешанной системе оснований / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2005, Вып. 5 (21). – С. 47– 51.
5. Баранник В.В. Разностное кодирование массивов служебных данных / В.В. Баранник, Е.А. Бридня, П.Н. Гуржий // *Збірник наукових праць ХУПС*. – Х.: ХУ ПС. – 2005. – Вып. 2(2) – С. 82 – 84.
6. Баранник В.В. Метод сжатия цветовых координат и длин серий в смешанном полиадическом пространстве / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий // *Моделювання та інформаційні технології*. – К.: ІПМЕ, НАНУ.– 2005. – Вып. 33. – С. 220– 223.
7. Гуржий П.Н. Способ восстановления массивов служебных данных // *Збірник наукових праць ХУПС*. – Х.: ХУ ПС. – 2005. – Вып. 6 (6) – С. 50 – 51.
8. Гуржий П.Н. Обоснование возможности представления массивов длин серий в смешанном пространстве / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий, С.А. Сидченко // *Системи обробки інформації*.–Харьков: НАНУ, ХУПС. – 2006. – Вып. 2. – С. 11– 15.
9. Баранник В.В. Метод восстановления видеоданных / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий // *Системи обробки інформації*.–Харьков: НАНУ, ХУПС. – 2006. – Вып. 3. – С. 12– 15.
10. Гуржий П.Н. Розробка способу відновлення масивів кольорних координат / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий, О.В. Коломійцев // *Збірник наукових праць ХУПС*. – Х.: ХУ ПС. – 2007. – Вып. 3(15) – С. 82 – 84.
11. Гуржий П.Н. Оценка степени сжатия и времени обработки изображений в телекоммуникационных системах / П.Н. Гуржий, Н.А. Королева // *Системи обробки інформації*.– Харьков: НАНУ, ХУПС. – 2008. – Вып. 6. – С. 11– 15.
12. Гуржий П.Н.Межкадровое кодирование цифрового цветного телевизионного сигнала / П.Н. Гуржий, Л.А. Клименко, О.А. Козелков // *Материалы 8 междун. НПК «Системы и средства передачи и обработки информации»*. – Одесса: АСУ, ОНАС им. А.С. Попова, 2004 – С. 150.
13. Баранник В.В. Способ кодирования длин серий в дифференциальном полиадическом пространстве / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий // *Материалы 4 междун. НТК «Проблемы информатики и моделирования»*. – Х: НАНУ, НТУ «ХПИ», 2004 – С. 10-11.
14. Гуржий П.Н. Анализ направлений повышения степени сжатия изображений / П.Н. Гуржий, О.А. Козелков, Ю.П. Сальник // *Перша науково-технічна конференція Харківського університету повітряних сил*. Х.: ХУ ПС. –2005 – С. 233.
15. Баранник В.В. Сжатие видеоданных в разностном полиадическом пространстве / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий // *Материалы междун. НПК «Системы и средства передачи и обработки информации»*. – Черкассы: ЧГТУ, 2005 – С. 55-56.
16. Баранник В.В. Разностное кодирование массивов служебных данных / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий // *Науково-технічна конференція*. К.: НАОУ, 2005– С. 30.

17. Гуржий П.Н. Метод декодирования данных в смешанном полиадическом пространстве / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий // Материалы 5 междун. НТК «Проблемы информатики и моделирования». – Х: НАНУ, НТУ «ХПИ», 2005 – С. 36-37.

18. Баранник В.В. Аналіз можливості підвищення достовірності даних в системах управління та зв'язку / В.В. Баранник, П.Н. Гуржий, О.В. Коломійцев, Д.В. Руденко // Друга наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. Х.: ХУ ПС. –2006. – С. 20.

АНОТАЦІЯ

Гуржий П. М. Метод стиску зображень в телекомунікаційних системах на основі змішаного поліадичного кодування. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи і мережі. – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2009.

В дисертаційній роботі показано, що в процесі рішення широкого кола прикладних завдань виникає необхідність в обробці та передачі відеоінформації. Ефективність рішення таких задач залежить від своєчасності і достовірності інформації, що доводиться. Проте, на практиці час доведення інформації у декілька разів перевищує необхідні значення. Основною причиною часових затримок є з одного боку великі об'єми відеоданих, а з іншого боку обмежені тактико-технічні характеристики інформаційно-телекомунікаційних систем. Один з напрямків рішення даної суперечності полягає у використанні методів компактного представлення зображень без втрати якості. В дисертаційній роботі розроблено методи стиску і відновлення зображень для зниження часу доведення достовірної інформації в умовах обмежень на швидкодію обчислювальних систем та швидкість передачі даних в телекомунікаційних системах.

Ключові слова: зображення, методи стиску, змішане поліадичне кодування, обробка та передача відеоінформації.

АННОТАЦИЯ

Гуржий П. Н. Метод сжатия изображений в телекоммуникационных системах на основе смешанного полиадического кодирования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2009.

В диссертации приведено решение научной задачи, состоящей в обеспечении снижения суммарного времени на обработку и передачу изображений с заданной мерой достоверности.

Требования к обеспечению безопасности функционирования сложных систем приводят к необходимости своевременного обеспечения диспетчерских центров, различных уровней

управления, достоверной и наглядной информацией. Поскольку наибольшей информативностью и наглядностью обладают видеоданные, расширяется доля видеоинформационного взаимодействия. Однако видеоданные имеют большие объемы, поэтому не обеспечивается своевременное доведение видеоинформации до оператора.

В работе проведена классификация и анализ существующих форматов и методов сжатия используемых при обработке видеоданных. На основе проведенного анализа были выявлены недостатки существующих методов сжатия и определены пути дальнейшего повышения их эффективности.

В диссертационной работе разработаны:

1. Метод сжатия изображений на основе полиадического кодирования массивов цветковых координат и длин серий за счет представления массивов длин серий в смешанном полиадическом пространстве. Это позволяет дополнительно повысить степень сжатия массивов длин серий в результате сокращения комбинаторной избыточности, вызванной снижением количества разрешенных комбинаций, а также упростить аппаратные и программные реализации метода сжатия.

2. Рекуррентное кодирование массивов цветковых координат серий в разностном полиадическом пространстве. Данное кодирование позволяет выделить коррелируемые области массивов цветковых координат и уменьшить количество разрядов на представление служебной информации.

3. Способ упаковки массивов служебных данных в разностном полиадическом пространстве, который учитывает неравномерность динамических диапазонов массивов служебных данных.

4. Метод восстановления изображений без внесения погрешности на основе декодирования смешанных полиадических кодов массивов цветковых координат и длин серий с учетом гибкого выбора начального уровня обработки.

Это позволило дополнительно повысить коэффициент сжатия изображений и сократить время доведения информации в телекоммуникационных системах.

Созданные методы сжатия и восстановления изображений без потери качества на основе устранения комбинаторной избыточности, доведенные до программно – аппаратных реализаций, позволяют обеспечить коэффициент сжатия в среднем от 2,2 до 67 раз, в зависимости от степени насыщенности изображений мелкими деталями. Рекуррентное смешанное полиадическое кодирование, представленное в виде способов и алгоритмов, позволяет снизить время на обработку относительно постолбцового кодирования в среднем до 15%. Предложенные методы, по сравнению с известными методами, сокращают суммарное время обработки и передачи видеоданных. Для сжатия, передачи и восстановления изображений размером 1024×768 элементов, скорости передачи в канале связи $V_{\text{св}} = 1 \times 10^9$ (бит/с) и средней скорости выполнения машинных операций $V_{\text{м.о.}} = 3 \times 10^8$ (м.о./с), требуется в среднем от 0,19 до 3 секунд в зависимости от класса и характеристик изображения.

Ключевые слова: изображение, методы сжатия, смешанное полиадическое кодирование, обработка и передача информации.

ANNOTATION

Gurzhiy P.N. Image compression method in telecommunication systems on the basis of mixed polyadic coding. – Manuscript.

Ph. D. thesis for academic degree of candidate of technical sciences in specialty 05.12.02 - telecommunication systems and networks. Ukrainian state academy of rail transport, Kharkov, 2009.

It is presented in Ph. D. thesis that process of wide range applied tasks solution generates a need of video-information processing and transfer. An efficacy of this tasks solution depends on timeliness and authenticity of the delivering information. However the time of deliver information exceeds necessary data a few times more on practice. The dominant cause of time delay is on the one hand a great amount of the video-data; on the other hand it is limited performance characteristics of information telecommunication systems. One of the direction of this contradiction resolving is use of compact presentation of images without quality loss method. The methods of image compression and recovery are developed in Ph. D. thesis to reduce time of authentic information bringing under conditions of computation systems processing speed and data rate in the telecommunication systems.

Key words: image, compression method, mixed polyadic coding, information processing and transfer.