

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ЯКОВЕНКО Олександр Васильович

УДК 621.391.2: 004.9+528.8.04

**МЕТОД КОМПАКТНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ВІДЕОДАНИХ В
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ ДВОВИМІРНОГО
ПЛАВАЮЧОГО ПОЛПАДИЧНОГО КОДУВАННЯ ТРАНСФОРМАНТ УОЛША**

Спеціальність 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис
Робота виконана в Державному науково-дослідному інституті МВС 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
Безрук Валерій Михайлович,
Харківській Національний університет радіоелектроніки, Міністерства освіти і науки України, м. Харків,
завідувач кафедри «Мережі зв'язку»;

кандидат технічних наук
Остроумов Борис Володимирович,
НТ СКБ «ПОЛІСВІТ» філія ДНВП «Об'єднання Комунар», Національного космічного агентства України, м. Харків,
начальник відділу.

Захист відбудеться " 14 " квітня 2010 р. о 14 - 30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Л.Фейсбаха, 7.

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

Автореферат розісланий " 10" березня 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради —

Альошин Г.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний стан розвитку телекомунікаційних систем характеризується необхідністю підвищення оперативності, повноти та достовірності інформації. Залежно від ступеня важливості завдань, які розв'язуються, та враховуючі психофізичні особливості сприйняття і аналізу інформації особою, що приймає рішення, час організації зв'язку й доведення інформації повинен змінюватись в межах від декількох секунд до декількох хвилин. Свочасне забезпечення терміналів різних рівнів наочною інформацією є однією з головних вимог забезпечення безпеки й ефективності функціонування складних систем керування. Основна увага повинна приділятися розширенню відеоінформаційного способу взаємодії, який дозволяє підвищити інформованість та знизити ймовірність помилок у прийнятті рішень. Однак, відеодані мають великі об'єми, що приводить до збільшення часу передачі і обробки інформації, зростання навантаження на канали зв'язку та на обчислювальні засоби. Аналіз мінімального часу на передачу відеоінформації на основі існуючих і перспективних телекомунікаційних технологій в інформаційних системах показав, що воно досягає декількох десятків хвилин. Це приводить до старіння інформації, прийняття запізнених і помилкових рішень. Отже, набуває важливість мета дисертаційних досліджень, яка пов'язана зі зниженням часу доведення відеоінформації при збереженні необхідного ступеня її достовірності.

Зменшення часу доставки відеоінформації можливо забезпечити за рахунок використання методів компактного представлення відеоданих. Значний внесок у розвиток теорії та методів стиснення зображень внесли багато вчених. Серед них Зубарев 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.Е., Хартлі Р.Л., Хафман Д.А., та інші.

Аналіз існуючих методів виявив, що найбільший ступінь стиснення досягається на основі методів із втратою якості відновлених зображень. Але коефіцієнт стиску прямопропорційно залежить від ступеня внесених перекручувань, які приводять до втрат інформації, або до зниження його значення при обробці насичених зображень. Існуючі формати базуються на використанні дискретного косинусного перетворення (ДКП) та wavelet-перетворення (dwt), час на виконання яких становить до 90 % від сумарного часу на обробку даних. Крім того, кількість операцій на виконання арифметичного кодування в просторі розрядних площин компонент трансформант, досягає 70 % від сумарної кількості операцій, витрачених на отримання стиснутого зображення. Таким чином, існуючі методи стиску не забезпечують необхідного часу доведення відеоданих для телекомунікаційних технологій в інформаційних системах.

Тому для підвищення оперативності доведення інформації необхідно розробити метод, що забезпечує:

1) стиснення зображень із контрольованою втратою якості з використанням перетворень, що мають наступні властивості: працюють в області цілочислових значень; дозволяють мінімізувати кількість операцій множення; забезпечують зменшення часової складності перетворення й зниження помилки апроксимації для насичених зображень, які мають певну анізотропність;

2) стиснення трансформант на основі скорочення не тільки статистичної надмірності, але і комбінаторної, яка присутня для насичених зображень.

Таким чином, тематика дисертації, яка пов'язана з вирішенням **науково-прикладної задачі**, а саме створенням методів компактного представлення зображень з контрольованою погіршістю їх якості на основі плаваючого поліадичного кодування трансформант двовимірного перетворення Уолша для зниження часу доведення достовірної інформації в телекомунікаційних системах, є актуальною.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дослідження в дисертаційній роботі виконано в рамках завдань: Пріоритетних напрямів наукових та дисертаційних досліджень, які потребують першочергового розроблення і впровадження в практичну діяльність органів внутрішніх справ, на період 2004-2009 років, Планів НД і ДКР МВС України на 2008-2009 рр., 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 НД і ДКР, в тому числі: ДКР «Розробка та виготовлення дослідних зразків маскувача відеосигналу стандарту PAL» (Шифр «Шельф» (№ 0109U000010)), ДКР «Розробка дослідних зразків засобів передачі даних в умовах щільної забудови» (Шифр «Хамелеон» (№ 0108U000021)), в яких автор дисертації був виконавцем.

Мета дисертаційних досліджень. *Метою дисертаційної роботи є зменшення часу обробки і передачі відеоданих в телекомунікаційних системах при збереженні необхідної якості відновлених зображень на основі скорочення комбінаторної надмірності в трансформантах двовимірного перетворення Уолша.*

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

1. Обґрунтувати наявність комбінаторної надмірності в трансформантах перетворення Уолша, яка обумовлена неоднорідністю розподілу динамічних діапазонів по компонентах трансформанти.

2. Створити метод і технологію компресії зображень із контрольованою втратою їх якості за рахунок скорочення статистичної, психовізуальної і комбінаторної надмірностей, що забезпечує можливість обробляти й передавати відеодані за необхідний час при збереженні необхідної ступені достовірності.

3. Побудувати й дослідити метод відновлення відеоданих на основі двовимірного плаваючого поліадичного декодування трансформованих зображень.

4. Розробити програмно-апаратні реалізації методів стиснення та відновлення зображень.

Об'єкт дослідження. Процеси обробки відеоінформації в телекомунікаційних системах.

Предмет дослідження. Методи компактного представлення зображень у процесі їх обробки і передачі у телекомунікаційних системах на основі скорочення комбінаторної надмірності в трансформантах перетворення Уолша.

Методи дослідження. Обґрунтування необхідності зниження часу обробки й передачі відеоінформації в системах управління на основі використання технологій компактного представлення базувалося на методах теорії оцінки ефективності функціонування складних систем. Обґрунтування можливості збереження необхідного ступеня вірогідності інформації в результаті її стиснення з контрольованою похибкою ґрунтувалося на методах теорії оптимального прийому, фільтрації й сприйняття (ідентифікації) зображень. Обґрунтування наявності комбінаторної надмірності в трансформантах двовимірного перетворення Уолша проводилося на основі методів структурного й комбінаторного аналізу масивів відеоданих. Побудова двовимірного плаваючого поліадичного кодування здійснювалося на основі положень теорії інформації й кодування, а також комбінаторного апарату. Оцінка адекватності теоретичних і практичних результатів проводилася на основі методів математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів досліджень обумовлена побудовою компактного представлення зображень на основі скорочення комбінаторної надмірності в трансформантах двовимірного ортогонального перетворення для зменшення часу доведення інформації при збереженні заданого рівня якості відновлених зображень, та полягає в тому, що:

1. Одержали подальше удосконалення методи цифрової обробки сигналів на основі використання двовимірних ортогональних перетворень. На відміну від інших методів розробляється підхід для обробки трансформант перетворення Уолша, заснований на їх представленні у вигляді двовимірного поліадичного числа, що забезпечує можливість компресії сильнонасичених реалістичних зображень без втрати їх якості.

2. Одержав подальший розвиток метод оцінки інформативності відеоданих. Відмінна риса методу полягає в тому, що кількість інформації оцінюється на основі виявлення двовимірних комбінаторних закономірностей у трансформантах двовимірного перетворення Уолша. Це дозволяє оцінити мінімальне значення ступеня стиснення зображень.

3. Вперше розроблено метод стиснення зображень із контрольованою втратою якості на основі поліадичного кодування трансформованих зображень. Створений метод відрізняється від існуючих тим, що трансформанта Уолша представляється двовимірними плаваючими поліадичними числами, а кодування здійснюється для нерівномірної кількості компонент трансформант ДПУ зі створенням кодограм рівномірної довжини. Це забезпечує зниження кількості незначущих розрядів у кодових конструкціях стиснутого представлення зображень та додаткове зменшення обсягів даних, які оброблюються та передаються в телекомунікаційних системах.

4. Вперше створено та досліджено метод поліадичної реконструкції трансформованих зображень, який відрізняється від відомих тим, що: декодування поліадичних кодів здійснюється для плаваючої кількості компонент трансформанти Уолша у двовимірному просторі комбінаторних обмежень. Це дозволяє відновити зображення без втрати їх якості в реальному часі.

Новизна отриманих результатів підтверджується відсутністю розроблених моделей і методів в існуючих положеннях теорії та практики систем обробки інформації та кодування.

Обґрунтованість і достовірність отриманих наукових результатів базується на:

- коректному використанні математичного апарату дискретних ортогональних перетворень, положень статистичної теорії зв'язку, методів теорії інформації і кодування, а також апарату комбінаторного аналізу;
- збіжністю в граничних випадках з відомими результатами відносно скорочення комбінаторної надмірності.

Достовірність результатів щодо характеристик процесів стиснення та відновлення підтверджується адекватністю результатів, отриманих на основі аналітичних виразів, з результатами, отриманими в ході натурального експерименту з реальними зображеннями різних класів, а також якісною оцінкою відновлених зображень з використанням обчислювальної техніки та засобів відображення інформації.

Наукове значення роботи полягає в подальшому розвитку:

- теорії інформації та цифрової обробки зображень за рахунок створення нового підходу щодо оцінки інформативності трансформант ДПУ, заснованої на виявленні комбінаторних закономірностей і розробки методу стиснення з новими продуктивними характеристиками (час обробки, коефіцієнт стиснення, показник похибки відновлених зображень);
- теорії кодування в результаті побудови двовимірного плаваючого поліадичного кодування, що дозволяє сформулювати кодове подання для довільної кількості даних з врахуванням неоднорідності розподілу їх динамічних діапазонів.

Практична значимість результатів досліджень полягає в тому, що:

1. Розроблено програмно-апаратні реалізації методу стиснення зображень на основі двовимірного плаваючого поліадичного кодування трансформант ДПУ, які відносно відомих методів стиску (у тому числі методів форматів JPEG і JPEG2000) дозволили:

- знизити об'єми зображень із контрольованою похибкою (пікове відношення сигнал/шум (ПВСШ) не нижче 40 дБ) у середньому на 70 % для середньо і сильно насичених реалістичних і до 30 % для середньо насичених штучних зображень;

- зменшити сумарний час на обробку в середньому від 1,3 до 2-х разів залежно від класу реалістичного зображення та ПКСШ;

- скоротити сумарний час обробки і передачі стиснутих реалістичних зображень по телекомунікаційних системах в середньому: щодо методів формату класу JPEG - на 70%; щодо методів з попереднім виявленням апертур - в 2 рази.

2. Розроблено програмно-апаратні реалізації методу відновлення зображень на основі двовимірного плаваючого декодування трансформант ДПУ, що забезпечують одержання зображень із контрольованою втратою якості. Для ПКСШ не нижче 35 дБ, що відповідає достатній якості сприйняття зображень, забезпечується ступінь стиснення: при обробці зображень сильної насиченості від 4,1 до 8 разів для розробленого методу і на рівні від 1,7 до 6,8 разів - для методів формату JPEG 2000; при обробці зображень середньої насиченості від 6,6 до 15 разів для розробленого методу та на рівні від 5,7 до 10 разів - для методів формату JPEG 2000.

Коефіцієнт стиснення, що забезпечується двовимірним плаваючим поліадичним кодуванням, змінюється від 8 до 32 разів залежно від ступеня насиченості зображень та ПКСШ на приймальній стороні у процесі відновлення відеоданих.

Результати дисертаційних досліджень реалізовані: при виконанні дослідно-конструкторських робіт в ДНДІ МВС України (акт реалізації від 15.04.2009р.), при модернізації комплексів радіозв'язку на ВАТ ТРЗ «Оріон», м. Тернопіль (акт реалізації від 12.05.2009 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі положення та результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. Особистий внесок здобувача в публікації, виконані в співавторстві, полягає в наступному: у статті [2] – створюються методологічні основи щодо представлення апроксимаційної форми відеоданих поліадичними числами. Доводиться можливість усунення надмірності в трансформантах Уолша в результаті формування кодів-номерів поліадичних чисел; у статті [3] – обґрунтовується інтерпретація трансформанти двовимірного перетворення Уолша у вигляді двовимірного поліадичного числа, формуються основні етапи двовимірного плаваючого поліадичного кодування трансформант перетворення Уолша; у статті [4] – розробляються основні етапи створення технології стиснення зображень із контрольованою похибкою, проводиться оцінка ступеня стиснення відеоінформації залежно від класу оброблюваних зображень; у статті [5] – формуються методологічні основи відновлення зображень із контрольованою похибкою на основі двовимірного плаваючого поліадичного декодування трансформант ДПУ і обґрунтовуються механізми контролю похибки обробки зображень; у статті [6] – будується методика оцінки завадостійкості кодових конструкцій двовимірного плаваючого поліадичного представлення трансформант Уолша до помилок у каналі зв'язку, проводиться експериментальна оцінка завадостійкості кодограм; у статті [7] – виявляються основні особливості комбінаторного підходу щодо представлення трансформант двовимірного перетворення Уолша, дається статистична інтерпретація процесу скорочення комбінаторної надмірності в трансформантах Уолша, проводиться порівняльна оцінка різних підходів щодо усунення надмірності в трансформантах Уолша; у статті [8] – розробляються етапи відновлення двовимірних масивів даних на базі рекурентного плаваючого поліадичного декодування, обґрунтовується необхідна й достатня кількість службової інформації для відновлення даних без внесення похибки; у статті [9] – проводиться оцінка кількості статистичної надмірності в реалістичних зображеннях.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися і були схвалені на наступних науково-технічних та науково-практичних конференціях і семінарах, а саме на: VIII міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми інформатики і моделювання» (м. Харків, 2008р.); першій міжнародній науково-практичній конференції «Безпека та захист інформації в інформаційних та телекомунікаційних системах» (м. Харків, 2008р.); 18-й міжнародній конференції «Нові технології в машинобудуванні» (м. Рибач'є, 2008р.); International Conference TCSET'2009 «Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science» (Lviv-Slavsko, 2009); 21-й та 22-й міжнародних науково-практичних конференціях «Перспективні комп'ютерні, керуючі і телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» (м. Алушта, 2008р., 2009р.).

Публікації. Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковані в 15 наукових працях, серед яких 5 статей в наукових журналах і 4 статті в збірниках наукових праць, які включені в перелік наукових фахових видань ВАК, 6 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 177 сторінок, з яких: на 10 сторінках розміщені 22 таблиці, на 10 сторінках - 31 ілюстрація, на 11 сторінках розміщений список використаних джерел зі 123 найменуваннями, на 13 сторінках знаходяться 3 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми роботи, сформульовані науково-прикладна задача, мета дослідження, часткові наукові задачі та об'єкт і предмет дослідження. Визначений зв'язок дисертаційної роботи з національними програмами України та галузевими програмами. 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** проведено аналіз напрямків підвищення ефективності телекомунікаційних систем. Обґрунтовано, що ефективність інформаційно-телекомунікаційних систем в значній мірі визначається своєчасним доведенням достовірної та наглядної відеоінформації. Виявлено, що оскільки час, який витрачається на обробку та передачу відеоданих, досягає декількох сотень хвилин, то не забезпечується своєчасне доведення достовірної відеоінформації. Це обумовлює необхідність вдосконалення та розробки нових методів стиснення зображень, які задовольняють вимогам по оперативності обробки, та по відновленню зображень з контрольованою втратою якості. Проведено класифікацію та аналіз існуючих методів стиску, які широко застосовуються при обробці зображень, в тому числі в телекомунікаційних системах. На основі проведеного аналізу існуючих методів компресії, за обраними показниками якості, сформульовано критерії ефективності процесу стиснення та передачі зображень. Це коефіцієнт стиснення, середньоквадратична похибка, кількість арифметичних операцій, сумарний час, який витрачається на стиснення, передачу по каналах зв'язку та відновлення відеоданих. Обрано напрямок подальшого вдосконалення методу стиснення зображень, який базується на плаваючому поліадичному кодуванні трансформант Уолша.

Продуктивність систем компактного представлення даних характеризується наступними показниками:

1) значенням коефіцієнта стиску $k_{ст}$ або середньою кількістю двійкових розрядів стиснутого представлення $b_{сер}$, що доводиться на один елемент вихідного представлення:

$$k_{ст} = W_{поч} / W_{ст}; \quad (1)$$

$$b_{сер} = b / k_{ст}, \quad (2)$$

де $W_{поч}$, $W_{ст}$ – об'єми в бітах на представлення відповідно початкового і компактно представленого зображення; b – кількість розрядів на представлення вихідного елемента зображення;

2) складністю апаратної або програмної реалізації. Даний показник оцінюється: кількістю і типом обчислювальних операцій на стиснення і відновлення зображення. Під типом обчислювальних операцій розуміються арифметичні та неарифметичні (порівняння, зчитування або запис на зовнішній запам'ятовуючий пристрій) операції. У перерахунку на часові характеристики отримуємо відповідно час на стиск та на відновлення зображення:

$$T_{ст} = \mu_{+;-}^{(k)} / U_{+;-} + \mu_{x;\div}^{(k)} / U_{x;\div}; \quad T_{в} = \mu_{+;-}^{(д)} / U_{+;-} + \mu_{x;\div}^{(д)} / U_{x;\div} \quad (3)$$

де, $\mu_{+;-}^{(k)}$, $\mu_{x;\div}^{(k)}$ – сумарна кількість відповідно операцій складання (віднімання) і множення (ділення), що витрачається на компресію зображення; $\mu_{+;-}^{(д)}$, $\mu_{x;\div}^{(д)}$ – сумарна кількість відповідно операцій складання (віднімання) і множення (ділення), що витрачається на відновлення зображення; $U_{+;-}$, $U_{x;\div}$ – швидкодія виконання відповідно операцій складання (віднімання) і множення (ділення);

3) ступенем і характером погіршностей, що вносяться, на етапах стиснення і відновлення зображень. Під характером похибок, які вносяться, розуміються властивості контрольованості або безповоротності втрати якості відновлених зображень. При обробці зображень ступінь спотворень, що вносяться, оцінюється піковим значенням відношення сигнал/шум (ПВСШ);

4) можливістю локалізації та самокорекції спотворень, що виникають у зв'язку з помилками в кодових комбінаціях при їх передачі по каналах зв'язку.

З аналізу співвідношень (1) - (3) випливає, що для зниження часу $T_{опі}$ обробки та передачі інформації, а саме для $T_{опі} \rightarrow \min$, при контрольованій втраті якості, тобто $h_{ст} \geq h_{пот}$, повинні виконуватися одна або відразу дві наступні умови:

$$b_{сер} < b; \quad (4)$$

$$T_{ст} + T_{в} < (b_{поч} \times v_{ряд} \times v_{ств}) / U_{п}, \quad (5)$$

де $h_{пот}$ - задане значення ПВСШ; $(b_{поч} \times v_{ряд} \times v_{ств}) / U_{п}$ - оцінка часу передачі початкового зображення; $v_{ряд}$, $v_{ств}$ – відповідно кількість рядків і стовпців зображення; $U_{п}$ - швидкість передачі даних по каналу зв'язку;

Проведений аналіз існуючих методів компресії зображень виявив наступні їх недоліки, а саме:

- обмежений ступінь стиснення для методів форматів JPEG та JPEG 2000 для режиму коли ПВСШ не менш ніж 40 дБ;
- значні часові витрати на обробку, досягають декількох десятків хвилин; для методів із застосуванням ортогональних перетворень, що обумовлено виконанням великої кількості операцій множення;
- недостатньо високий коефіцієнт стиснення сильнонасичених зображень;

- для методів статистичного кодування характерне підвищення складності програмної та технічної реалізації у зв'язку з необхідністю синхронізації і маркування нерівномірних кодових комбінацій. Відсутні технології паралельної реалізації статистичних кодів;
- низька завадостійкість кодів довжин серій і статистичних кодів до помилок у каналах зв'язку;
- значна обчислювальна складність фрактальних методів стиснення через велику кількість переборів різних за розміром фрагментів зображення та обчислення параметрів афінних перетворень.

Це призводить до того, що існуючі методи стиску *не забезпечують необхідного часу доведення відеоданих* для існуючих інформаційно-телекомунікаційних технологій в інформаційних системах. Звідси витікає, що розробка нових методів і технологій компактного представлення зображень зі збереженням заданого ступеня вірогідності інформації є актуальним напрямком науково-прикладних досліджень.

Для цього пропонується: забезпечити можливість подальшого збільшення коефіцієнта стиску (виконання умови (4)) для методів, що використовують ортогональні перетворення, за рахунок дослідження і усунення комбінаторної надмірності; для додаткового зниження часу обробки (виконання умови (5)) використовувати для декореляції елементів зображень одиничні базисні функції перетворення Уолша. Для підвищення якості відновлених зображень потрібно: збільшувати скорочення кількості такої надмірності, яка не приводить до внесення похибок та використовувати для апроксимації фрагментів зображень базиси кусочно-постійних функцій.

Другий розділ дисертації присвячено обґрунтуванню можливості додаткового збільшення ступеня компактного представлення відеоданих за рахунок скорочення комбінаторної надмірності в трансформантах двовимірного перетворення Уолта (ДПУ). Для цього створюється комбінаторна модель трансформант двовимірного перетворення Уолша. Розробляється і досліджується метод стиснення зображень, який базується на плаваючому двовимірному поліадичному кодуванні та забезпечує режим обробки «змінна кількість елементів – рівномірна довжина кодограми». Проводиться оцінка ступеня стиску для побудованої технології компресії зображень.

Важливими характеристиками трансформант ДПУ є:

- значення $y_{k\ell}^{(\max)}$ динамічних діапазонів їх компонент $y_{k\ell}$:

$$y_{k\ell}^{(\max)} = y_{k\ell} + 1; \quad (6)$$

- динамічний діапазон $d_{\text{тр}}$ для всієї трансформанти ортогональних перетворень:

$$d_{\text{тр}} = |y_{\max}| - |y_{\min}| + 1; \quad (7)$$

$$y_{\max} = \max_{\substack{0 \leq k \leq m-1; \\ 0 \leq \ell \leq n-1}} \{y_{k;\ell}\}; \quad y_{\min} = \min_{\substack{0 \leq k \leq m-1; \\ 0 \leq \ell \leq n-1}} \{y_{k;\ell}\}.$$

Тому для підвищення точності визначення динамічного діапазону компонент $y_{k\ell}$ необхідно використовувати величину $d_{k\ell}$, отриману на основі динамічних діапазонів строк d_k і стовпців d_ℓ , тобто враховується нерівномірність діапазонів за двома напрямками трансформанти. Значення величини $d_{k\ell}$ рівне

$$d_{k\ell} = \min(d_k; d_\ell). \quad (8)$$

Для динамічних діапазонів компонентів трансформант ДПУ характерні наступні властивості:

- 1) значення динамічних діапазонів рядків (стовпців) зменшуються при збільшенні індексу рядка (стовпця);
- 2) величини $d_{k\ell}$ динамічних діапазонів для початкових індексів ($k \rightarrow 1$ і $\ell \rightarrow 1$) визначаються значеннями компонент, зосереджених у верхньому лівому куті трансформанти.
- 3) значення динамічних діапазонів $d_{k\ell}$ для компонент, розташованих у нижньому правому куті трансформанти, прагнуть до одиниці.

Таким чином, можна сформулювати комбінаторну інтерпретацію трансформанти двовимірного перетворення Уолша.

Трансформанта ДПУ є перестановкою з повтореннями, на елементи якої накладені обмеження на динамічні діапазони.

Згідно комбінаторної інтерпретації трансформант ДПУ кількість інформації \bar{N}_2 , що в середньому міститься в одній компоненті $y_{k\ell}$, дорівнює:

$$\bar{N}_2 = \log_2 \prod_{k=1}^n \prod_{\ell=1}^n d_{k\ell} / n^2 = \sum_{k=1}^n \sum_{\ell=1}^n \log_2 d_{k\ell} / n^2.$$

Кількість комбінаторної надмірності в трансформанті ДПУ визначається різницею між кількістю інформації, що доводиться в середньому на одну компоненту, для різних обмежень на динамічні діапазони.

Наявність комбінаторної надмірності в трансформантах двовимірного перетворення Уолша має статистичну і психовізуальну обумовленість.

Комбінаторну надмірність скорочують методи поліадичного кодування. Зважаючи на те, що трансформанта характеризується тенденцією щодо зниження значень компонент по Z-образному розгорненню, то її компоненти з мінімальними значеннями займають більшу площу трансформанти. Тоді з врахуванням того, що величина поліадичного коду залежить від значень і порядку розташування всіх елементів блоку, для трансформант пропонується наступне визначення.

Трансформанта ДПУ є поліадичним числом, елементами якого є коефіцієнти перетворення Уолша.

Даний напрямок представляє особливий інтерес для стиснення зображень з великим числом деталей. Фізичний сенс кодів-номерів поліадичних чисел на базі трансформант дискретного двовимірного перетворення Уолша визначається структурними особливостями вихідного фрагмента зображення. При обробці областей реалістичних зображень заздалегідь невідомий їх структурний зміст. Значить трансформантам ДПУ залежно від їх змісту відповідають різні значення кодів-номерів. Для рівномірних кодів це може привести до зниження коефіцієнта стиску або до втрати інформації.

Тому для повноцінного використання машинного слова пропонується організувати рекурентне двовимірне плаваюче поліадичне кодування (РДППК). Код-номер N може формуватися для частини стовпця, декількох стовпців або всієї трансформанти (рис. 1). Звідси слідує наступне визначення.

Двовимірним плаваючим поліадичним числом (ДППЧ) $Y^{(k)}$ називається сукупність компонент $Y^{(k)} = \{y_{k\ell}\}$:

$$Y^{(k)} = \left\langle \{y_{\xi\eta}\}_{\xi=1, \overline{m'}}; \{y_{k\ell}\}_{k=1, \overline{n}, \ell=\eta+1, \overline{n'}}; \{y_{k, n'+1}\}_{k=1, \overline{m''}} \right\rangle; \quad y_{k\ell} \leq d_{k\ell} - 1, \quad (9)$$

для якої: компоненти ДППЧ задовольняють двовимірній системі числення $W^{(2)}$ (формула (8)); кількість h компонент в сукупності є змінною, яка в загальному випадку дорівнює $h = m' + mn' + m''$, де, m', m'' кількість компонент відповідно в η -му (першому дробовому стовпці) і $(n'+1)$ -му (другому дробовому стовпці) стовпцях трансформанти; n' – ціла кількість стовпців, що входять до складу ДППЧ.

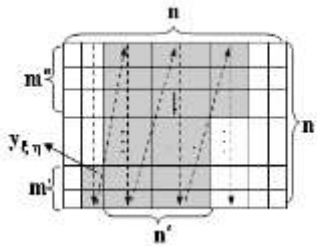


Рис. 1 Варіант двовимірного плаваючого поліадичного числа на основі трансформанти ДПУ

В цьому випадку код-номер ДППЧ для $(\xi; \eta)$ -ї компоненти дорівнює

$$N_h^{(\gamma)} = \sum_{k=\xi}^n y_{k\eta}^{(\gamma)} V_{k\eta}^{(\gamma)} + \sum_{k=1}^n \sum_{\ell=\eta+1}^{n'} y_{k\ell}^{(\gamma)} V_{k\ell}^{(\gamma)} + \sum_{k=1}^{m''} y_{k, n'+1}^{(\gamma)} V_{k, n'+1}^{(\gamma)},$$

де $N_h^{(\gamma)}$ – значення коду-номера γ -го поліадичного числа, який містить h компонент трансформанти Y.

Величини вагових коефіцієнтів $V_{k\eta}^{(\gamma)}$, $V_{k\ell}^{(\gamma)}$ і $V_{k, n'+1}^{(\gamma)}$ для трьох частин ДППЧ будуть обчислюватися за формулами:

- для компонент, які відповідають η -му стовпцю трансформанти

$$V_{k\eta}^{(\gamma)} = \prod_{\phi=k+1}^n d_{\phi\eta} \prod_{\phi=1}^m \prod_{\ell=\eta+1}^{n'} d_{\phi\ell} \prod_{\phi=1}^{m''} d_{\phi, n'+1};$$

- для компонент трансформанти, які відповідають $(n'+1)$ -у стовпцю

$$V_{k\ell}^{(\gamma)} = \prod_{\phi=k+1}^n d_{\phi\ell} \prod_{\phi=1}^n \prod_{u=\ell+1}^{n'} d_{\phi u} \prod_{\phi=1}^{m''} d_{\phi, n'+1};$$

- для компонент трансформанти, що відповідають n' стовпцям

$$V_{k, n'+1}^{(\gamma)} = \prod_{\phi=k+1}^{m''} d_{\phi, n'+1}.$$

Обробка трансформанти проводиться до тих пір, поки не буде проаналізована компонента з координатами $(n; n)$. На виході даного етапу утворюється послідовність кодограм, які містять значення коду-номера $N_h^{(\gamma)}$, $\gamma=1, \overline{v_\gamma}$ (v_γ – кількість двовимірних плаваючих поліадичних чисел для трансформанти перетворення Уолша).

Таким чином, розроблено поліадичне кодування трансформант дискретного двовимірного перетворення Уолша. В результаті такого кодування скорочується комбінаторна надмірність в трансформантах ДПУ. Це

дозволяє збільшити коефіцієнт стиснення і уникнути втрат інформації із-за недостатності розрядів в машинному слові.

В процесі створення технології стиснення трансформант Уолша на основі плаваючого поліадичного кодування формуються такі характеристики процесу стиснення:

- 1) середньоквадратичний показник похибки (СКПП) σ відновлених зображень;
- 2) динамічні діапазони $d_{k\ell}$ компонент трансформант;
- 3) кількість психовізуальної надмірності, що скорочується.

Управління кількістю психовізуальної надмірності, яка скорочується, і величиною середньоквадратичної похибки відновлення зображень забезпечується за рахунок вибору режиму нормування компонент трансформанти ДПУ. В результаті часткового нормування компонент трансформант ДПУ і округлення їх значень до цілого здійснюється контрольоване скорочення психовізуальної надмірності.

Для скорочення надмірності в трансформантах ДПУ організовується: формування на базі трансформанти Уолша двовимірних плаваючих поліадичних чисел; нумерація поліадичних чисел.

Процес формування компактного представлення трансформанти ґрунтується на рекурентній схемі. При цьому здійснюється послідовне утворення двовимірних поліадичних чисел по стовпцях і по рядках. Код-номер утворюється шляхом рекурентного додавання чергового елемента поліадичного числа, тобто

$$N^{(n_{\text{стб}}, n_{\text{стр}})} = N^{(n_{\text{стб}} - 1, n_{\text{стр}})} V_{n_{\text{стб}}}^{(n_{\text{стр}})} + N_{n_{\text{стб}}}^{(n_{\text{стр}})}.$$

Для виключення переповнення машинного слова перед кожним додаванням проводиться перевірка на переповнювання машинного слова. В процесі впакування службової інформації здійснюється формування компактного представлення матриць знаків компонент. Це дозволяє додатково підвищити ступінь стиснення зображень. Проведенні експериментальні дослідження показали, що середнє значення коефіцієнту стиснення для розробленого методу приймає значення від 8 до 30 разів в залежності від степені насиченості зображення дрібними об'єктами.

У **третьому розділі** дисертації проводиться розробка методу відновлення зображень, який забезпечує: відновлення службових даних, декодування кодових конструкцій двовимірних плаваючих поліадичних чисел, відновлення елементів фрагменту зображення.

Метод відновлення базується на таких етапах.

Етап 1. Відновлення службових даних. У відповідності з особливостями процесу обробки зображень службовими даними є: сукупності підстав W двовимірних плаваючих поліадичних чисел. Підставами ДППЧ є значення $d_{k\ell}$ динамічних діапазонів компонент $u_{k\ell}$. Причому сукупності величин d_k і d_ℓ входять в склад компактного представлення зображень і передаються на приймальну сторону.

Етап 2. Декодування кодових конструкцій двовимірних плаваючих поліадичних чисел. Даний етап реалізується за допомогою двох технологій, а саме:

- *перша технологія.* Розмітка трансформанти ДПУ на ДППЧ. На цьому етапі обробки визначаються границі ДППЧ (координати компонент, яких є першим і останнім елементами поліадичного числа), довжина h двовимірного плаваючого числа та їх кількість v_q . На базі значень d_k , $k = \overline{1, n}$ та d_ℓ , $\ell = \overline{1, n}$ за формулою (8) обраховуються значення динамічних діапазонів компонент ДПУ. Для визначення приналежності $(k; \ell)$ -го елемента поточному ДППЧ перевіряється нерівність

$$d_{k\ell} V_{k\ell}^{(\gamma)} \leq 2^M - 1, \quad (10)$$

де $V_{k\ell}^{(\gamma)}$ - ваговий коефіцієнт компоненти $u_{k\ell}$ для γ -го поліадичного числа;

- *друга технологія.* Проводиться декодування кодів-номерів $N_h^{(\gamma)}$ ДППЧ. Для цього використовується інформація про динамічні діапазони $d_{k\ell}$, довжину h ДППЧ та про його позиціонування.

З метою зменшення кількості операцій на обробку та зменшення витрат пам'яті, відновлення компонент трансформант ДПУ проводиться за рекурентною схемою.

Реконструювання трансформанти ДПУ починається з низькочастотної компоненти (яка несе інформацію про середню яскравість фрагмента зображення), що має координату $(1;1)$. Формула для відновлення першої компоненти y_{11} має вигляд ($\gamma=1$):

$$y_{11} = [N_h^{(1)} / V_{11}^{(1)}] - [N_h^{(1)} / V_{11}^{(1)} d_{11}] d_{11}, \quad (11)$$

де d_{11} , $V_{11}^{(1)}$ - відповідно величини динамічного діапазону та вагового коефіцієнту компоненти з координатами $(1;1)$; $N_h^{(1)}$ - значення коду-номера першого поліадичного числа трансформанти ДПУ.

Для зменшення кількості операцій перерахування значення коду-номера здійснюється після відновлення чергового елемента ДППЧ, тобто

$$N_{h-1}^{(1)} = N_h^{(1)} - y_{11} V_{11}^{(1)}, \quad (12)$$

де $N_{h-1}^{(1)}$ - значення коду-номера першого поліадичного числа, що містить $(h-1)$ елементів.

Після чого черговим відновлюваним елементом ДППЧ буде компонента з координатами $(1;2)$. Співвідношення для одержання компоненти y_{12} формуються за аналогією з відновленням компоненти y_{11} , а саме

$$y_{11} = [N_{h-1}^{(1)} / V_{12}^{(1)}], \quad V_{12}^{(1)} = V_{11}^{(1)} / d_{12}, \quad (13)$$

Відновлення компонент трансформанти проводиться до повного декодування коду-номера $N_h^{(v_c)}$ (отримання компоненти із координатою $(n; n)$). На виході даного етапу утворюються трансформанта Y перетворення Уолша, що складається із цілочисельних абсолютних значень компонент.

Далі формується представлення трансформанти ДПУ з врахуванням знаків компонент. На виході даного етапу на основі двох масивів: трансформанта Y абсолютних цілочисельних значень компонент двовимірного перетворення Уолша; двійкова матриця G знаків компонент трансформанти - утворюється трансформанта Y' компонент ДПУ з врахуванням їх знака. Тим самим відновлюється вихідний динамічний діапазон компонент Уолша.

Етап 3. Для відновлення елементів фрагмента зображення виконується зворотне двовимірне дискретне перетворення Уолша.

Проведено оцінку завадостійкості кодограм двовимірного плаваючого поліадичного представлення трансформант Уолша до помилок, які виникають у каналах зв'язку.

Розроблена технологія компактного представлення відноситься до класу представлення зображень із контрольованою похибкою. Похибки вносяться на етапі округлення результату нормування дискретного значення компоненти ДПУ та носять контрольований характер. Пікове значення h_{CT} відношення сигнал/шум у випадку врахування спотворень на етапі стиску та відновлення відеоданих визначається на базі формули

$$h_{CT} = 10 \log_2 (2^{2M} / \sigma_{пом}^2), \quad (14)$$

де $\sigma_{пом}^2$ - середньоквадратичний показник похибки, яка обумовлена неоднозначністю процесів стиснення і реконструкції зображення.

Перешкоди в каналі зв'язку можуть привести до помилок, як у значущих, так і в незначущих розрядах кодограми. Незначущі розряди є старшими розрядами кодограми і у вихідному варіанті рівні 0. З появою в будь-якому розряді 1 він обнуляється.

Для випадку появи помилок у значущих розрядах кодограми завадостійкість компактного представлення відеоданих буде залежати від властивостей локалізації величини помилки у вихідних елементах зображення і локалізації кількості v_γ елементів зображення, відновлених з помилкою. Найбільше поширення помилки може досягатися на етапі двовимірного плаваючого поліадичного декодування. Це пояснюється тим, що код-номер ДППЧ несе інформацію про декілька компонент трансформанти двовимірного перетворення Уолша.

Визначення завадостійких властивостей двовимірного плаваючого представлення базується на наступних твердженнях.

1. Абсолютна величина похибки $e(y)_{k\eta}$, яка викликана помилкою в код-номері ДППЧ, не перевищує величини динамічного діапазону $(d_{k\eta} - 1)$ відповідної компоненти

$$|e(y)_{k\eta}| \leq (d_{k\eta} - 1), \quad (15)$$

2. Для довільних значень коду-номера $N_h^{(\gamma)}$ і компонент вектора динамічних діапазонів $\{d_\eta\}$, $\eta = \overline{1, h}$ елементи ДППЧ, починаючи з елемента u та закінчуючи першим елементом u_1 ДППЧ, будуть відновлені з нульовою похибкою, тобто

$$e(y)_\xi = 0 \text{ для } \xi = \overline{1, u} \quad (16)$$

якщо виконується нерівність:

$$\begin{cases} \varepsilon_h^{(\gamma)} < V_u - \Delta N(u+1, h), \rightarrow \varepsilon_h^{(\gamma)} > 0; \\ \left| \varepsilon_h^{(\gamma)} \right| \leq \Delta N(u+1, h), \rightarrow \varepsilon_h^{(\gamma)} < 0, \end{cases} \quad (17)$$

де $\Delta N(u+1, h)$ - зважена сума елементів відеоданих, які слідує після i -го елемента.

3. Якщо абсолютне значення похибки $\varepsilon_h^{(\gamma)}$ кратне величині $d_u V_u$:

$$\left| \varepsilon_h^{(\gamma)} \right| \bmod (d_u V_u) = 0, \quad (18)$$

то для довільного значення $N_h^{(\gamma)}$ різниця між вихідним і відновленим значенням u -го елемента ДППЧ дорівнює нулю, тобто $e(y)_u = 0$.

Локалізація поширення помилок на етапі двовимірного плаваючого поліадичного декодування полягає у виконанні наступних етапів:

1. На основі умови (17) буде існувати гранична зона, далі якої розмноження помилок не розповсюджується. У цьому випадку граничним елементом можливої зони розмноження помилки є компонента із індексом u . Отже, помилки можуть відбутися в компонентах, координати яких перебувають у діапазоні $[u; h]$. Тому умова (17) визначає властивість локалізації кількості переключених компонент трансформанти ДПУ.

2. Для компонент ДППЧ, координати яких належать діапазону $[u; h]$, проявляються наступні властивості:

- забезпечується локалізація величини помилки $e(y)_u$ на основі умови (15);

- відбувається самокорекція помилки на основі умови (18).

Тому умови (15), (17) і (18) задають завадостійкі властивості для двовимірного плаваючого поліадичного представлення, що полягають у локалізації кількості переключених елементів і обмеженні величини викривлення.

У результаті виконання зворотного двовимірного перетворення Уолша відбувається додаткове згладжування помилки.

Дані характеристики впливають на визначення величини $\sigma_{\text{пом}}^2$ середньоквадратичного показника похибки при відновленні зображень

$$\sigma_{\text{пом}}^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_{ij}^{\bullet})^2 / n^2 \quad (21)$$

Залежності значень величин $\sigma_{\text{пом}}^2$ і h від ймовірності помилки в каналі зв'язку для насичених реалістичних зображень показують, що значення відношення сигнал/шум є на рівні не нижче 30 дБ, що забезпечує необхідну якість відновлених зображень.

У **четвертому розділі** дисертації проведена оцінка сумарного часу, який витрачається на стиснення, передачу по каналах зв'язку та на відновлення відеоданих, в залежності від характеристик інформаційно-обчислювальних засобів та телекомунікаційних технологій. В результаті чого показано, що сумарний час, який витрачається на стиснення, передачу по каналах зв'язку і відновлення зображення зменшився, а виграш по сумарному часу доведення в середньому рівний: відносно методів формату класу JPEG – 70%; відносно комбінованих методів стиснення (КМС) – 2 рази. Виявлено, щочас передачі відеоданих, стиснутих розробленим методом, залежить від розмірів зображень, кількості розрядів, що відводяться на представлення одного елемента, і ступеня насиченості відеозображення.

Здійснюється порівняльна оцінка розробленого методу стиснення з методами компресії зображень із контрольованою втратою якості. До методів такого класу належать методи, які реалізовані у форматах JPEG і JPEG 2000. Це дозволило отримати наступні результати, а саме що для пікового відношення сигнал/шум на рівні 35 дБ:

1) коефіцієнт стиску змінюється від 8 до 30 разів залежно від класу реалістичного зображення та у середньому рівний 32 разам для середньонасичених штучних зображень;

2) запропонований метод перевершує ступінь компресії існуючих методів залежно від класу зображень, які оброблюються, відносно: методів формату JPEG 2000 у середньому від 30% до 70%; методів формату JPEG у середньому від 40% до 60%; комбінованого методу стиску (КМС) у середньому від 2 до 3 разів.

Викладається побудова технічної реалізації запропонованого методу стиснення, у якій реалізовані наступні етапи: реалізація двохетапного двовимірного дискретного перетворення Уолша; розподіл компонентів трансформант ДПУ по двовимірним плаваючим поліадичним числам; формування коду-номера для двовимірних плаваючих поліадичних чисел у напрямку, починаючи з молодших елементів.

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

ВИСНОВКИ

У дисертації приведено рішення науково-прикладної задачі, яка полягає у розробці методів компактного представлення зображень з контрольованою погіршеністю якості їх відновлення на основі плаваючого поліадичного кодування трансформант двовимірного перетворення Уолша для зниження часу обробки та передачі достовірної інформації в телекомунікаційних системах.

Основними науковими результатами, отриманими в роботі, є:

1. Модель оцінки інформативності трансформант ДПУ з врахуванням нерівномірності розподілу динамічних діапазонів компонент Уолша. Обґрунтовано, що трансформанта ДПУ має комбінаторну

надмірність, викликану з однієї сторони когерентністю областей зображень, а з іншої сторони - наявністю анізотропних властивостей зображення. Значення ентропії розподілу з урахуванням нерівномірності діапазонів у середньому в 3 рази менше, ніж ентропія для постійного діапазону.

2. Побудовано рекурентне двовимірне плаваюче поліадичне кодування трансформант. Це дозволяє збільшити коефіцієнт стиснення й уникнути втрат інформації через нестачу розрядів у машинному слові.

3. Технологія компресії зображень, що базується на:

1) методі компактного представлення відеоданих з контрольованою похибкою відновлення зображень;

2) методики формування параметрів процесу стиску зображень, що забезпечують збільшення ступеня стиснення зображень при збереженні заданого рівня достовірності при їх відновленні.

4. Метод відновлення зображень із контрольованою похибкою на основі рекурентного двовимірного плаваючого поліадичного декодування, який забезпечує відновлення компонент ДПУ без внесення похибки, і зворотного дискретного двовимірного перетворення Уолша.

5. Метод оцінка завадостійкості кодограм, побудованих на базі технології компресії і декомпресії зображень на основі двовимірного плаваючого поліадичного представлення трансформант ДПУ, до помилок у каналах зв'язку. Доведені властивості локалізації кількості помилок та їх величини.

6. Метод оцінки кількості операцій на обробку зображень.

На основі проведених досліджень отримані наступні **практичні результати**:

Побудовані методи компресії і декомпресії зображень із контрольованою втратою якості, що доведені до програмно-апаратних реалізацій, які дозволяють:

1. Забезпечити значення коефіцієнта стиску для пікового відношення сигнал/шум на рівні 35 дБ у межах від 8 до 32 раз залежно від класу зображень.

2. Підвищити ступінь компресії залежно від класу зображень, які обробляються, відносно: методів формату JPEG 2000 у середньому від 30 до 70 %; методів формату JPEG у середньому від 40 до 60 %; методу КМС у середньому від 2 до 3 разів.

3. Отримати час передачі відеоданих, стиснутих на основі розробленого методу по телекомунікаційним системам менше ніж час передачі, забезпечуваний існуючими методами, в середньому в 1,5 рази.

4. Скоротити сумарний час доведення даних у середньому: щодо методів формату класу JPEG – на 70 %; щодо методу КМС – в 2 рази.

Отримані в роботі теоретичні і практичні положення **використовуються** при виконанні дослідно-конструкторських робіт в Державному науково-дослідному інституті МВС України та при модернізації комплексів радіозв'язку на ВАТ ТРЗ «Оріон», м. Тернопіль, 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 у зменшенні часу обробки і передачі відеоданих в телекомунікаційних системах при збереженні необхідної якості відновлених зображень на основі скорочення комбінаторної надмірності в трансформантах двовимірного перетворення Уолша – досягнута, і всі поставлені часткові задачі вирішені.

СПИСОК ОСНОВНИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Яковенко А.В. Методологічні основи комплексного представлення зображень з контрольованою погрешністю // Системи озброєння і військова техніка – Х.: ХУПС. – 2008. – Вип. 2(14). – С. 128-131.

2. Баранник В.В. Методологический подход для формирования полиадических чисел на основе аппроксимации видеоданных дискретными базисами Уолша / В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Системи управління, навігації та зв'язку. – ЦНДІ НіЗ. – 2008. – № 2(6). – С. 145 – 148.

3. Баранник В.В. Полиадическое кодирование трансформант двумерного преобразования Уолша / В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Радиоселектронні і комп'ютерні системи. – Х.: ХНАУ "ХАІ". – 2008. – Вип. 2(29). – С. 55 – 58.

4. Баранник В.В. Информационная технология сжатия изображений на основе двумерного плавающего полиадического кодирования трансформант Уолша / В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС. – 2008. – Вип. 3(70). – С. 13 – 17.

5. Поляков П.Ф., Метод восстановления изображений с контролируемой погрешностью / П.Ф. Поляков, В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Системи управління, навігації та зв'язку. – ЦНДІ НіЗ. – 2008. – № 4. – С. 44 - 47.

6. Баранник В.В., Методика оценки помехоустойчивости кодограмм двумерного плавающего полиадического представления трансформант Уолша / В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ "ХАИ". 2008. – Вып. 39. – С. 278 – 282.

7. Баранник В.В. Комбинаторная модель трансформант двумерного преобразования Уолша / В.В.

- Баранник, А.В. Яковенко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС. – 2008. – Вип. 5(72). – С. 143 – 147.
8. Баранник В.В. Рекуррентное восстановление двумерных плавающих полиадических чисел / В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – Х.: ХНАУ “ХАІ”. – 2008. – Вип. 3(30). – С. 28 – 32.
9. Яковенко А.В. Технология кодирования трансформант преобразования Уолша / А.В. Яковенко, А.А. Красноручий, С.Л. Никитченко // Сучасна спеціальна техніка. – 2009. – Вип. 3(14). – С. 128-135.
10. Баранник В.В. Метод представления трансформант Уолша / В.В. Баранник, А.В. Яковенко // VIII міжнародна науково-технічна конференція [“Проблеми інформатики и моделирования”], (Харків, 26 – 28 листопада 2008 р.) / Національний технічний університет “ХПІ”, Харків: 2008. – С. 63.
11. Баранник В.В. Метод исключения избыточности в трансформантах Уолша / В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Перша міжнародна науково-практична конференція [“Безпека та захист інформації в інформаційних та телекомунікаційних системах”], (Харків, 20- 21 листопада 2008 р.) / НХУЕ, 2008. – С. 63 – 64.
12. Баранник В.В. Двумерное плавающее полиадическое кодирование трансформант Уолша / В.В. Баранник, А.В. Яковенко // XVIII International Conference [“New leading Technologies in Machine Building”], (Rybachie, Ukraine, September 3 – 8 2008) / Rybachie, Ukraine, 2008. – С. 70 – 71.
13. Barannik V. Method Of Encoding Transformant Uolsha Is In Systems Air Monitoring Of Earth / V. Barannik, A. Krasnorutkiy, O. Yakovenko // International Conference TCSET'2009 [“Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science”] (Lviv-Slavsko, Ukraine, February 19 – 23, 2009) / Lviv Polytechnic National University, 2009. – С. P. 381 - 383.
14. Яковенко А.В. Восстановление трансформант Уолша на основе плавающего двумерного декодирования / 21-а міжнародна науково-практична конференція [“Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины”], (Алушта, 2008 р.) / Українська державна академія залізничного транспорту, Харків: 2008.– С. 30.
15. Баранник В.В. Метод представления трансформант Уолша полиадическими числами переменной длины / В.В. Баранник, А.В. Яковенко, С.Л. Никитченко // 22-а міжнародна науково-практична конференція [“Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины”], (Алушта, 2009 р.) / Українська державна академія залізничного транспорту, Харків: 2009.– С. 34.

АНОТАЦІЯ

Яковенко О. В. Метод компактного представления данных у телекоммуникационных системах на основе двумерного плавающего полиадического кодирования трансформант Уолша. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2010.

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 та достовірності інформації, яка 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 з контрольованою втратою якості. В дисертаційній роботі розроблено методи стиснення 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 стиснення, плаваюче поліадичне кодировання, трансформанта Уолша, обробка та передача відеоінформації.

АННОТАЦИЯ

Яковенко А. В. Метод компактного представления данных в телекоммуникационных системах на основе двумерного плавающего полиадического кодирования трансформант Уолша. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2010.

В диссертации приведено решение научной задачи, состоящей в разработке методов сжатия изображений с контролируемой потерей качества на основе двумерного плавающего полиадического кодирования для обеспечения снижения суммарного времени на обработку и передачу видеоданных с заданной мерой достоверности в телекоммуникационных системах.

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, то 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. Модель оценки информативности трансформант ДПУ с учетом неравномерности распределения динамических диапазонов компонент Уолша. Обосновано, что трансформанта ДПУ имеет комбинаторную избыточность, вызванную с одной стороны когерентностью областей изображений, с другой стороны - наличием анизотропных свойств изображения.

2. Построено рекуррентное двумерное плавающее полиадическое кодирование трансформант. Это позволяет увеличить коэффициент сжатия и избежать потерь информации из-за недостатка разрядов в машинном слове.

3. Технология компрессии изображений, которая базируется на:

1) методе компактного представления видеоданных с контролируемой погрешностью восстановления изображений;

2) методики формирования параметров процесса сжатия изображений, которые обеспечивают увеличение степени сжатия изображений при сохранении заданного уровня достоверности при их восстановлении.

4. Метод восстановления изображений с контролируемой погрешностью на основе рекуррентного двумерного плавающего полиадического декодирования, который обеспечивает восстановление компонент ДПУ без внесения погрешности, и обратного дискретного двумерного преобразования Уолша.

5. Методика оценки помехоустойчивости кодограмм, построенных на базе технологии компрессии и декомпрессии изображений на основе двумерного плавающего полиадического представления трансформант ДПУ, к ошибкам в канале связи. Доказываются свойства локализации количества ошибок и их величины.

6. Методика оценки количества операций на обработку изображений.

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

Созданные методы сжатия и восстановления изображений с контролируемой потерей качества на основе рекуррентного двумерного плавающего полиадического кодирования, доведенные до программно-аппаратных реализаций, позволяют обеспечить значение коэффициента сжатия для пикового отношения сигнал/шум на уровне 35 дБ в пределах от 8 до 32 раз в зависимости от класса изображений; повысить степень компрессии в зависимости от класса изображений относительно: методов формата JPEG 2000 в среднем от 30 до 70 %; методов формата JPEG в среднем от 40 до 60 %; метода КМС в среднем от 2 до 3 раз; сократить суммарное время доведения данных в среднем: относительно методов формата класса JPEG – на 70 %; относительно метода КМС – в 2 раза. При обработке реалистических изображений время передачи видеоданных, сжатых на основе разработанного метода по телекоммуникационным системам, меньше чем время передачи, обеспечиваемое существующими методами, в среднем в 1,5 раза.

Ключевые слова: изображение, методы сжатия, двумерное плавающее полиадическое кодирование, трансформанта Уолша, обработка и передача информации.

ANNOTATION

Yakovenko A.V. A method is compact presentation of information in the telecommunication systems on the basis of dvovimirnogo floating poliadichnogo code of transforms of Walsh. – 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, 2010.

It is rotined in dissertation work, that in the process of decision of wide circle of the applied tasks there is a necessity for treatment and transmission of video information. Efficiency of decision of such tasks depends on a timeliness authenticity of information which will be. However, in practice time of leading to of information exceeds necessary values in once or twice. Principal reason of sentinel delays are from one side large volumes of videodanikh, and taktiko-tekhnichni descriptions of the informaciyno-telekomunikaciynikh systems are limited de autre part. One of directions of decision of this contradiction consists in the use of methods of compact presentation of images with the controlled loss of quality.

In dissertation work the methods of clenck and proceeding in images are developed for the decline of time of leading to of reliable information in the conditions of limits on the fast-acting of the computer systems and rate of data in the telecommunication systems.

Keywords: image, methods of clenck, floating poliadichne code, transform of Walsh, treatment and transmission of video information.