

Харківська державна академія залізничного транспорту

КЛИМЕНКО Костянтин Станіславович

УДК 621.327:681.5

**РОЗРОБКА МЕТОДУ КОМПАКТНОГО
ПРЕДСТАВЛЕННЯ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ
ДЛЯ АСУЗТ**

05.12.02 – "Телекомунікаційні системи та мережі"

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2001

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківській державній академії залізничного транспорту Міністерства транспорту України

- Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Кустов Віктор Федорович,
доцент кафедри "Автоматика та комп'ютерні системи управління" Харківської державної академії залізничного транспорту.
- Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Краснобаєв Віктор Анатолійович,
професор кафедри "Автоматизації та комп'ютерних технологій" Харківського державного технічного університету сільського господарства Міністерства сільського господарства України, м. Харків;
кандидат технічних наук, доцент
Рубан Ігор Вікторович,
заступник начальника кафедри
"Обчислювальних систем та мереж",
Харківського військового університету
Міністерства оборони України, м. Харків.
- Провідна установа Харківський державний технічний університет радіоелектроніки, кафедра "Безпеки інформаційних технологій", Міністерство освіти і науки України, м. Харків.

Захист відбудеться "18" травня 2001 р. о "14.00" годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 при **Харківській державній академії залізничного транспорту** за адресою:

Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці академії.

Відгук на автореферат просимо направляти за адресою:

Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий "18" квітня 2001 р.

***Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., доцент***

Книгавко М.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В даний час для підвищення ефективності управлінської та експлуатаційної діяльності залізничного транспорту України (ЗТУ) необхідно збільшити якість функціонування систем автоматизованого управління (АСУЗТ). У АСУЗТ людина-оператор за допомогою обчислювальних засобів здійснює управління вантажними та пасажирськими перевезеннями. Отже, від взаємодії людини-оператора з інформаційно-обчислювальним комплексом АСУЗТ залежить оперативність, правильність прийняття рішення та безпека управління перевезеннями.

На сучасному етапі розвитку АСУЗТ однією з важливих задач є підвищення достовірності, оперативності та повноти інформації про стан усіх об'єктів управління і контролю. Для рішення цієї задачі необхідно підвищувати ємність інформаційно-обчислювального комплексу та сформувати розвинену структуру телекомунікаційної мережі АСУЗТ. Ці заходи приведуть до різкого зростання обсягу даних, збільшення часу передачі інформації та зниження оперативності прийняття рішення. Тому необхідно розробити методи та засоби компактного представлення інформації (стиску даних), що дозволяють зменшити їхній об'єм та підвищити пропускну спроможність каналів зв'язку.

Проведений аналіз відомих методів обробки та передачі інформації показав, що зменшення об'єму та часу передачі відеоінформації можливо в результаті усунення надмірності. У рішення цієї проблеми великий внесок внесли багато вчених. Серед них Агеєв Д. В., Гларіозов Г. Л., Еремєєв И. С., Зубарев Ю. М., Котельніков В. А., Красільніков Н. Н., Крічевський Р. Е., Куликовський О. В., Мановцев А. П., Онищенко Ю. А., Орищенко В. И., Рябко Б. Я., Свіріденко Ю. А., Трофімов Б. Е. та ін. Серед закордонних дослідників великий внесок внесли: Джайн А. К., Кунт М., Претт У. К., Шеннон К., Хартлі Р. Л., Хаффман Д. А., Хеммінг Р. В. та ін.

При розробці методів та засобів компактного представлення відеоінформації також необхідно враховувати наступні фактори:

- відеоінформація повинна оброблятися та передаватися в реальному масштабі часу;
- людина-оператор, яка приймає рішення, працює не з реальними об'єктами, а з їхніми інформаційними моделями, тому йому

повинна бути надана інформація так, щоб він міг не тільки ідентифікувати об'єкт, але і визначити його стан.

Таким чином, актуальним напрямком досліджень є розробка методів та засобів компактного представлення відеоінформації, що забезпечували б необхідний стиск та час одержання з обов'язковим збереженням інформаційної структури повідомлення.

Вибрана тема є актуальною як при створенні телекомунікаційних системи та мереж, так і при створенні кінцевих пристроїв мереж передачі даних та цифрового телебачення. Вибір теми визначив мету та задачі дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами.

Робота виконана в рамках Національної програми інформатизації України та Комплексних цільових програм Укрзалізниці: "Програми підвищення безпеки руху на залізницях" та "Концепції інформатизації залізничного транспорту України". Основні результати дисертаційної роботи знайшли відбиток у 2-х звітах про науково-дослідну роботу: "Розробка основ побудови вузла інформаційно-телекомунікаційної мережі ВАК" (шифр "Інтелект"; № 3588; Інв. № 11401), "Розробка методів і засобів обміну даними і виключення надмірності інформації" (шифр "Око"; № 3643; Інв. № 11517).

Мета і задачі дисертації. Дисертація присвячена рішенням актуальної науково-технічної задачі: розробленню методів компактного представлення відеоінформації з метою зменшення її цифрового об'єму, часу обробки і передачі та збільшення пропускнуєї спроможності телекомунікаційних мереж АСУЗТ.

Відповідно до поставленої мети сформульовані такі задачі досліджень:

1. Розробити та досліджувати математичний апарат для представлення відеоінформації серіями, який дозволяв би об'єднувати елементи зображення з сильними зв'язками в серії, що розділені контурами зображення.

2. Розробити математичний апарат для опису залежності параметра візуалізації серії, що усуває статистичну та психовізуальну надмірність відеоданих.

3. Розробити способи масштабування та квантування параметрів серій, які дозволяють зменшувати витрати часу на опис серій та психовізуальну надмірність відеоданих.

4. Розробити метод компактного представлення відеоінформації для відеопідсистеми АСУЗТ.

5. Розробити алгоритм стиску відеоданих, у який входять алгоритми формування та опису серій, які відповідають основним вимогам, запропонованим до методів та засобів стиску відеоданих у АСУЗТ. Вибрати оптимальний метод кодування параметрів серій.

6. Виконати оцінку розробленого методу представлення відеоінформації серіями.

7. Розробити технічні рішення, що реалізують розроблені алгоритми стиску зображень.

Об'єкт досліджень. Відеоінформація, яка використовується при обробці і передачі в АСУЗТ та в телекомунікаційних системах АСУЗТ.

Предмет досліджень. Предметом дисертаційних досліджень є метод компактного представлення відеоінформації в кінцевих пристроях систем передачі відеоінформації в АСУЗТ.

Методи дослідження. Для досягнення поставлених цілей використовувалися: теорія надійності – для визначення шляхів підвищення ефективності інформаційно-обчислювального комплексу; теорія дослідження функцій – для визначення інформаційної структури та контурів відеоінформації; методи регресійного аналізу та обробки і аналізу експериментальних даних – для опису серій; апарат теорій імовірності, математичної статистики і інформації – при виведенні виражень, які дозволяють визначити ентропію, коефіцієнти надмірності та стиску повідомлення, при визначенні оптимального значення порядку поліноміальної функції регресії та параметрів методу компактного представлення відеоінформації; теорію систем обробки та відображення інформації – для визначення властивостей відеоінформації, що необхідно зберігати для правильної ідентифікації об'єкта.

Наукова новизна отриманих результатів обумовлена вирішенням задачі підвищення пропускнуєї спроможності каналу передачі відеоінформації для АСУЗТ за рахунок виключення її надмірності. Вперше отримані такі наукові результати:

1. Розроблено аналітичні вираження, які дозволяють виявляти контури зображення, об'єднувати в серії послідовності елементів з сильними зв'язками та при цьому зберігати інформаційну структуру повідомлення, а також зменшувати число серій у $5 \div 10$ разів.

2. На основі проведених досліджень по формуванню серій отримані правила й аналітичні вираження для: вибору граничних значень; зменшення числа одиничних серій; об'єднання в серії послідовностей елементів зображення, що мають залежність у вигляді коливань. Вони дозволяють регулювати точність наданої відеоінформації та зменшувати число серій у $7\div 16$ разів.

3. Отримано аналітичні вираження, що дають можливість знайти функцію розподілу випадкової величини порядку степеневого полінома для серій з різною довжиною на основі апостеріорної інформації про неї. Дослідження, проведені з їхньою допомогою, дозволили визначити значення полінома для кожної довжини серії в залежності від кількості частки енергії й інформації вхідного повідомлення, яку необхідно зберігати. Максимальне значення полінома не повинно бути більше чотирьох.

4. Моделювання зміни значень доданків та обумовленості лінійної системи рівнянь параметрів регресії дозволило одержати правило зміни кроку масштабування й обмеження відносно довжини серії як знизу (не менше одиниці), так і зверху (не більше двох).

5. Для квантування параметрів степеневі функції регресії отримано, що доцільно застосовувати лінійну шкалу квантування.

Практична цінність отриманих результатів досліджень складається в наступному:

1. Розроблено метод компактного представлення відеоінформації на основі методів серій та регресійного аналізу емпіричних залежностей за рахунок:

- об'єднання в серії елементів зображення з сильними зв'язками, розмежовані контурами зображення;
- опису та згладжування залежностей параметра візуалізації серій на підставі їхніх статистичних характеристик, унаслідок чого з'явилася можливість виключати як статистичну, так і психовізуальну надмірності відеоінформації;
- перетворення вхідного потоку відеоданих з рівномірним - у потік з нерівномірним розподілом;
- застосування методів статистичного кодування стиснутих відеоданих та зменшення обсягу службової інформації.

Застосування розробленого методу компактного представлення відеоінформації дозволяє скоротити надмірність реалістичних зображень

від 2.5 до 10 разів у залежності від необхідної точності та якості відновленого зображення; зменшити потік відеоданих, які передаються по каналах зв'язку, у порівнянні з відомим методом довжин серій. Так для передачі півтонового динамічного зображення розміром 640×480 з частотою кадрової розгортки 25 Гц необхідно використовувати канал зв'язку зі швидкістю не менш, чим 60 Мбіт/с. Існуючі алгоритми компресії, що використовують метод довжин серій, знижують потік відеоданих в $0.9 \div 2$ рази. Запропонований же – в $4 \div 9$ разів, забезпечуючи відношення сигнал/шум на приймальній стороні в межах $35 \div 40$ дБ, але при цьому в середньому в 3 рази слід збільшити швидкодію обчислювальних засобів стиску відеоданих та в $1.5 \div 2$ рази – засобів відновлення.

1. Розроблені як програмні, так і апаратні реалізації методу компактного представлення відеоінформації.

Особистий внесок здобувача в роботи, що опубліковані зі співавторами. У роботі [3] здобувачу належить обґрунтування результатів дослідження та оцінка впливу вибору граничних значень при формуванні серій на якість відновлених зображень; у роботі [10] – розроблено алгоритм представлення відеоданих серіями.

Реалізація результатів роботи. Результати дисертаційної роботи використані в двох звітах про науково-дослідну роботу, на які отримані позитивні відгуки від замовників. Практична значимість отриманих результатів підтверджується їхнім застосуванням при розробленні нових зразків техніки в СКБ ВО "Комунар", у навчальному процесі ХВУ в навчальній дисципліні "Системи обробки та відображення інформації" за темами: "Первинна обробка інформації" та "Дисплейні комплекси та великі екрани", у процесі курсового проектування з дисципліни "Автоматизовані системи управління".

Апробація роботи. Основні положення дисертації доповідалися та обговорювалися на:

- 13-й міжнародній школі – семінарі "Перспективные системы управления на железнодорожном, промышленном и городском транспорте" (вересень 2000 р., м. Алушта);
- міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях: Міністерства оборони України (жовтень 1999 р., м. Харків); "Влияние человеческого фактора на безопасность движения железнодорожного транспорта" (червень 1999 р., м. Луганськ);

"Удовлетворение потребностей населения больших городов в перевозках" (серпень 2000 р., м. Харків);

- на науково-теоретичних семінарах: "Синтез, обработка и отображение информационных моделей" Наукової ради НАН України по проблемі "Теоретическая электротехника и электронное моделирование" (1999 – 2000 р.р.);
- науково-технічних семінарах ХарДАЗТ.

Публікації. Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковані в 10 друкарських роботах, із них 3 наукових статті в журналах, 3 статті в збірниках наукових праць, 3 тез і матеріалів на всеукраїнських та міжнародних конференціях і семінарах, 1 позитивне рішення на видачу патенту, а також у 2 звітах про науково-дослідну роботу.

Обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'ятих розділів, висновку, списку використаної літератури та 4 додатків. Робота викладена на 135 сторінках машинописного тексту, а також містить: 15 таблиць та 39 ілюстрацій, що займають 37 окремих сторінок; список використаної літератури з 139 найменувань на 13 сторінках; 4 додатків на 15 сторінках. Дисертація написана російською мовою.

ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми, дана загальна характеристика роботи, описана структура дисертації, сформульовані мета та задачі дисертації. Приводяться основні результати, що характеризують новизну та практичне значення досліджень, апробація, реалізація роботи та відомості про публікації.

У **першому розділі** визначена роль інформаційної підсистеми в АСУЗТ. Позначені напрямки підвищення ефективності та якості функціонування цієї підсистеми: удосконалення структури телекомунікаційної обчислювальної мережі; формування інформаційного середовища; підвищення інформаційної ємності; забезпечення необхідної достовірності і оперативності наданої інформації.

Аналіз інформаційних підсистем існуючих АСУЗТ показав, що при створенні цих підсистем у першу чергу необхідно підвищувати інформаційну ємність, достовірність і оперативність наданої інформації за рахунок збільшення кількості незалежних джерел інформації про стан об'єктів залізничного транспорту. У якості додаткових джерел інформації

до існуючих датчиків з дискретним перетворенням можуть використовуватися датчики з безперервним перетворенням та датчики візуальної інформації. Використання датчиків та засобів обробки, передачі та відображення відеоінформації дасть можливість оператору АСУЗТ розширити коло об'єктів контролю залізничного транспорту, спростити та підвищити інформаційне забезпечення процесу управління за рахунок автоматизації документообігу.

Використання додаткових датчиків інформації призведе до збільшення потоку даних. Аналіз можливої зміни потоку даних, з урахуванням застосування цифрових методів представлення інформації, показав, що існуючі засоби не можуть забезпечити необхідну швидкість передачі даних (особливо при передачі відеоінформації).

Аналіз інформаційних процесів обробки, передачі та відображення інформації дозволив визначити основні вимоги, запропоновані до систем обробки, передачі та відображення відеоінформації АСУЗТ, які працюють у реальному масштабі часу.

У основу усіх методів компактного представлення покладене виключення надмірності. Тому в розділі проведені аналіз та класифікація надмірності відеоінформації. Також виконано аналіз існуючих методів представлення та кодування відеоінформації, який виявив, що вони усувають надмірність без аналізу інформаційної структури повідомлення, яка є найбільш важливим фактором при ідентифікації та визначенні стану об'єктів залізничного транспорту.

Сформульовано основні задачі дослідження.

В другому розділі визначені основні напрямки підвищення ефективності методу серій (він найкраще підходить для вирішення сформульованої задачі) при представленні реалістичних зображень, які мають значення ймовірності виявлення перепаду в діапазоні $0.5 \div 1.0$.

Для реалізації цих напрямків потрібно змінити спосіб формування серій. При розподілі зображення на серії доцільно, щоб у якості меж серій виступали стрибки або перепади значень параметрів візуалізації (контури зображення). Для вирішення цієї задачі використовуються методи дослідження функції за допомогою похідної у горизонтальному напрямку. Предметом дослідження являються розриви першого, другого роду та регіони функції параметра візуалізації, які розглядаються як контури зображення. Розривом функції параметра візуалізації вважається

місце між двома сусідніми елементами зображення, для яких виконується одна із систем нерівностей:

$$\begin{cases} \text{sign}(f'(x-1)) = \text{sign}(f'(x)); \\ |f'(x)| > \Delta I, \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{sign}(f'(x-1)) \neq \text{sign}(f'(x)); \\ |f'(x)| > \Delta II, \end{cases}$$

де $\text{sign}(\ast)$ – знак числа;

ΔI , ΔII – порогові (граничні) значення параметра візуалізації для розривів першого й другого родів;

$f(x) = \Delta y$ – перша похідна в точці x ;

$\Delta y = y(x+1) - y(x)$ – різниця між значеннями параметрів візуалізації елементів рядка зображення з координатами $(x+1)$ і x .

Перегином функції параметра візуалізації вважається місце між двома сусідніми елементами зображення, для яких виконується система нерівностей

$$\begin{cases} |f'(x)| > \Delta I \vee |f'(x)| > \Delta II; \\ \text{sign}(f''(x-1)) \neq \text{sign}(f''(x)), \end{cases}$$

де $f''(x) = \Delta(\Delta y)$ – друга похідна параметра візуалізації в точці x .

Щільність розподілу ймовірності різницевого сигналу (значення першої похідної) підпорядковується закону Лапласа. Тому пропонується у якості граничного значення застосовувати середньоквадратичне відхилення значення похідної σ . При дослідженні запропонованого способу формування серій граничні значення вибиралися таким чином, щоб хоча б значення одного з них не перевищувало значення середньоквадратичного відхилення першої похідної. Якщо обидва порогові перевищують указане значення, то це призведе: до ускладнення функції, яка описує параметри серії; до зростання часових затрат, необхідних для опису серії; до збільшення перекручувань відновленого зображення.

Для зменшення одиничних серій, які описують дрібні деталі або завади зображення у вигляді "снігу", пропонується використовувати нелінійний фільтр. З його допомогою змінюється значення параметра візуалізації розглянутого елемента зображення, на підставі дослідження

міжелементного зв'язку поблизу одиначної серії, з подальшим об'єднанням одиначної серії з більш довгими серіями.

Запропонований спосіб формування серій не дозволяє цілком усунути статистичну надмірність, обумовлену наявністю сильних зв'язків між сусідніми елементами уздовж рядка розгортки. Тому для її усунення пропонується об'єднувати у серії елементи зображення, що мають залежність параметра візуалізації у вигляді коливань.

Виконана порівняльна оцінка розробленого та існуючого способів представлення зображень серіями. У виду того, що відсутня адекватна математична модель, яка дозволяє описати розподіл випадкової величини довжини серії з урахуванням зміни усіх параметрів розробленого способу формування серій, тому для аналізу використовуються тестові зображення. Результати аналізу показали, що *ефективність методу серій збільшується в $5 \div 16$ разів. Для усіх тестових зображень закони розподілу щільності та значень ймовірності появи серії, математичного очікування і ентропії довжини серії практично однакові.* Тому можна зробити висновок: *при кодуванні довжин серій можна використовувати не апостеріорну інформацію про розподіл довжин серій, а апіорну.*

У третьому розділі виконана класифікація серій у залежності від складності функції параметра візуалізації. Всі серії діляться на "прості", "складові-прості" і "складові-складні". Для опису залежності параметра візуалізації будь-якої складності пропонується використовувати функцію регресії. Для опису "складових-простих" серій використовуються степені, а "складових-складних" – тригонометричні (косинусні) поліноми. У виду того, що визначення параметрів тригонометричного (косинусного) полінома являється одномірним косинусним перетворенням, тому в роботі розглядалося лише визначення параметрів степені поліноміальної функції регресії. Вони обчислювалися за допомогою системи лінійних рівнянь, складених за правилами методу найменших квадратів. Лінійне відображення отриманої системи рівнянь у матричній формі можна записати як

$$\Sigma X \cdot A = \Sigma XY,$$

де ΣX – матриця коефіцієнтів координат елементів у серії;

A – параметри регресії;

ΣXY – матриця коефіцієнтів значень параметрів візуалізації та координат елементів у серії.

Для вирішення системи лінійних рівнянь застосовувалися методи: метод, заснований на QR-перетворенні (перетворення Хаусхолдера) та метод найменших квадратів (LS). Ці методи дозволяють одержати мінімум квадрата помилки, забезпечити обчислювальну стійкість та зменшити час на опис серій.

Для підвищення продуктивності обчислювального процесу необхідно використовувати цілнчисельну арифметику. Ця задача була вирішена шляхом зміни масштабу координати елемента серії (Δx) пропорційно її довжини. Застосоване правило масштабування дозволило усунути погану обумовленість матриці коефіцієнтів ΣX та зменшити ємність запам'ятовуючих пристроїв для їхнього збереження.

Метод найменших квадратів має такий недолік: до початку процесу опису даних необхідно визначитися з порядком полінома. Від нього залежить якість відновленого зображення та час обробки відеоданих. Тому необхідно вибрати максимальне оптимальне значення полінома у залежності від довжини серії. Ця задача вирішена такий чином. Для розглянутого класу зображень (реалістичних або фотографічних) на першому етапі для кожної серії визначався порядок полінома, при якому функція регресії серії являється повною системою, та знаходилася функція розподілу випадкової величини використання членів полінома за допомогою виразів:

$$P_L((N_{\Pi} + 1) = n) = \frac{1}{N_L} \sum_{i=1}^{N_L} \xi_i$$

$$F_L(n) = \sum_{i=n}^{\max(N_L^{\Omega} + 1)} P_L((N_{\Pi} + 1) = i),$$

де P_L – щільність розподілу випадкової величини порядку полінома;

F_L – функція розподілу випадкової величини використання членів полінома;

N_{Π} – порядок полінома;

$(N_{\Pi} + 1)$ – число членів полінома;

N_L – кількість серій у групі з однаковими довжинами;

ξ_i – число членів полінома функції регресії i -ої серії аналізованої групи.

На другому етапі визначалася доля енергії, яка припадає на кожний член полінома функції регресії та знаходилася функція розподілу випадкової величини використання членів полінома, при якому доля енергії функції перевищувала б задане значення (по аналогії з першим етапом). На третьому етапі визначалася залежність ентропії послідовності параметрів функції регресії для кожної групи серій у залежності від порядку полінома

$$H(\bar{A}) = \sum_{i=0}^{N_{\Pi}} \sum_{j=1}^{N_i} p_{a_{i,j}} \log_2 p_{a_{i,j}},$$

де N_i – кількість значень параметра i -го члена полінома;

$p_{a_{i,j}}$ – ймовірність появи j -го значення параметра i -го члена полінома.

На основі проведених досліджень отримано вектор порядків полінома для кожної довжини серії.

Розроблений математичний апарат для опису функції параметра візуалізації серії перетворює вхідний потік відеоданих з рівномірним у потік з нерівномірним розподілом. Щільність розподілу випадкової величини параметра регресії (крім нульового) підпорядковується закону Лапласа. Розподіл випадкової величини нульового параметра регресії, незважаючи на проведені перетворення, усе ж залишається рівномірним, чим знижує ефективність проведеного перетворення.

Квантування отриманих значень параметрів регресії виконується за допомогою лінійної шкали, яка формується з урахуванням погрішності квантування. Тим самим з'являються можливості: зберігати закон розподілу випадкової величини параметра регресії після квантування, регулювати якість відновленого зображення та зменшувати кількість значень, необхідних для опису залежності параметра візуалізації серії.

Четвертий розділ присвячений розробленню метода компактного представлення відеоінформації. Розроблені граф-схеми для цього методу зображені на рис. 1. На цих схемах показані етапи перетворення даних, які необхідно здійснити при стиску відеоданих та відновленні зображення.



Рис.1. Граф-схеми метод представлення відеоінформації (а - граф-схема для стиску відеоданих, б - граф-схема відновлення відеоінформації)

На основі граф-схеми стиску відеоданих розроблено загальний алгоритм функціонування. У цьому алгоритмі передбачено, що операції по формуванню і опису серій та кодуванню їхніх параметрів можуть виконуватися паралельно у часі. В розділі розроблені також алгоритми формування та опису серій. При розробленні алгоритму формування серій вирішена задача по визначенню оптимального числа перевірок.

Розглянуті також питання визначення об'єму та кодування відеоданих. Об'єм відеоданих для розробленого метода визначається за формулою

$$W_S = W_{\Psi} + W_L + W_{N_{\Pi}} + \sum_{i=0}^{N_{\Pi}} W_{A_i},$$

де W_{Ψ} – об'єм даних, що описує типи серій;
 W_L – об'єм даних, що описує довжини серій;

W_{N_n} – об'єм даних, що описує порядки поліномів серій;

N_n – порядок полінома;

W_{A_i} – об'єм даних, що описує *i-ий* параметр функції регресії.

Об'єм даних для кожного параметра визначається вибраним методом кодування. Як показали дослідження для оптимального кодування параметрів серії варто використовувати метод статистичного кодування. Для відновлення кодових книг на приймальному кінці достатньо у якості службової інформації передавати параметри: про спосіб формування серій та розподіл Лапласа. Для кодування нульового параметра функції регресії потрібно використовувати фіксовану розрядну сітку. У виду того, що порядок полінома визначається довжиною серії, тому інформація про його значення не зберігається і не передається.

У п'ятому розділі зроблена оцінка методу представлення відеоінформації по зменшенню як інформаційної надмірності, так і її цифрового опису.

Порівняльна оцінка розробленого методу представлення зображень виконувалася відносно методу ІКМ. Результати порівняльної оцінки показали, що застосування розробленого методу компактного представлення відеоінформації дозволяє зменшити в декілька разів як надмірність, так і об'єм відеоданих. Внаслідок цього зменшується потік відеоданих та без додаткових затрат підвищується пропускна спроможність телекомунікаційних мереж.

Для вибору технічних засобів з програмною логікою розроблена програма розрахунку необхідної швидкодії (числа операцій у секунду) в залежності від частоти відновлення кадрів зображення та порядку полінома. Визначено діапазон частоти відновлення кадру зображення для відеопідсистем АСУЗТ.

Запропоновано технічний засіб стиску відеоданих, який дозволяє обробляти як статичні, так і динамічні зображення. При розробці структурної схеми цього засобу використані технічні рішення, що дозволяють підвищити швидкодію та вирівняти потік відеоданих на його виході. Оскільки процес формування серій самий ємний за числом операцій, тому запропонована схема пристрою формування серій із використанням технічних засобів з жорсткою логікою.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена рішенням актуальної науково-технічної задачі: розробка методів підвищення пропускної спроможності каналів передачі даних за рахунок компактного представлення відеоінформації в АСУЗТ. При цьому:

1. Найбільше важливими науковими результатами, отриманими у роботі, є:

- аналітичні вираження для формування серій;
- правила й аналітичні вираження для: вибору граничних значень; зменшення числа одиничних серій; об'єднання в серії послідовностей елементів зображення, що мають залежність у вигляді коливання;
- аналітичні вираження для визначення значень степеневого полінома для кожної довжини серії;
- правила зміни кроку масштабування та квантування параметрів степеневі функції регресії.

2. Практичними результатами, отриманими у роботі, є:

- розроблений метод компактного представлення відеоінформації на основі методів серій та регресійного аналізу емпіричних залежностей;
- розроблені як програмні, так і апаратні реалізації методу компактного представлення відеоінформації.

Застосування розробленого методу компактного представлення відеоінформації дозволяє скоротити надмірність півтонових реалістичних зображень від 2.5 до 10 разів у залежності від необхідної точності та якості відновленого зображення; зменшити потік відеоданих, які передаються по каналах зв'язку, в 4÷9 разів, забезпечуючи відношення сигнал/шум на приймальній стороні в межах 35÷40 дБ.

1. Отримані наукові результати є внеском у розвиток теорії кодування й представлення відеоінформації та мають практичну значимість.

2. Достовірність отриманих у роботі результатів підтверджується їхнім непротивіччям основним положенням теорії інформації і кодування, а також адекватністю результатів експериментальних досліджень теоретичним даним, отриманим за виведеними аналітичними виразами.

3. Результати дисертаційної роботи доцільно використовувати:
- при обробці та передачі відеоінформації в автоматизованих системах управління;
 - при проведенні конструкторських та науково - дослідних роботах з створення нових технічних засобів та програмних виробів по обробці відеоінформації;
 - при вивченні навчальних дисциплін по кодуванню й обробці відеоінформації в системах автоматизованого управління для підготовки спеціалістів у вищих навчальних закладах України.
4. Висунуті у роботі наукові та практичні положення відбиті в двох звітах про НДР, використані при розробці технічних засобів на підприємстві ВО "Комунар", а також у навчальному процесі ХВУ, що підтверджується відповідними актами про впровадження.

ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ У НАСТУПНИХ РОБОТАХ:

1. Клименко К.С. Формирование серий видеоданных // Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 1999. – Вип.1(5). – С.147-150.
2. Клименко К.С. Метод анализа и описания видеоданных // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 1999. – №5. – С.65-67.
3. Клименко К.С., Клименко Л.А. Анализ сокращения психовизуальной избыточности при кодировании изображений длинами серий // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 1999. – №6. – С.79-81.
4. Клименко К.С. Моделирование процесса представления видеоданных сериями // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2000. – №4. – С.23-26.
5. Клименко К.С. Описание и кодирование серий // Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип.2(8). – С.132-136.
6. Клименко К.С. Определение порядка для полиномиальной функции регрессии серий видеоданных // Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вип.1(11). – С.187-190.

7. Клименко К.С. Повышение эффективности метода длин серий при кодировании реалистических изображений. // Научно-техническая конференция. Тезисы докладов. Вып.3. – Харьков: МОУ, ВППО, ХВУ, 1999. – С.17

8. Клименко К.С. Разработка метода компактного представления видеoinформации для телевизионных систем АСУЖТ // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – №3. – С.106.

9. Клименко К.С. Применение и представление визуальной информации // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – №4. – С.96.

10. Гришко А.В., Гіневський О.М., Клименко К.С., Корольова Н.А. Пристрій для стиску цифрових телевізійних сигналів кольорового зображення. Рішення про видачу патенту України на винахід по заявці № 2000020680, від 08.02.2000 р.

АНОТАЦІЯ

Клименко К.С. Розробка методу компактного представлення відеоінформації для АСУЖТ. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. – Харківська державна академія залізничного транспорту, м. Харків, 2001.

Дисертація присвячена вирішенню таких задач як: підвищення пропускної спроможності каналів передачі відеоданих, обробка реалістичних зображень у реальному масштабі часу зі збереженням інформаційної структури повідомлення. У роботі розроблено та досліджено новий спосіб формування серій, заснований на дослідженні функцій за допомогою похідної. Для опису функції параметра візуалізації запропонований математичний апарат, який використовує поліноміальну функцію регресії та метод найменших квадратів для чисельного знаходження її параметрів. На базі запропонованого способу формування серій та математичного апарату їхнього опису розроблені метод представлення відеоінформації, алгоритми та структурна схема технічного засобу стиску відеоданих. Виконано порівняльну оцінку розробленого методу. Розроблений метод дозволяє усувати як статистичну, так і психовізуальну надмірність, виконувати згладжування,

зменшувати об'єм відеоданих та підвищувати пропускну спроможність каналів передачі даних.

Ключові слова: телекомунікаційні мережі, інформаційна підсистема, зображення, відеоінформація, відеодані, стиск відеоданих, відновлене зображення, представлення відеоінформації, параметр візуалізації, серія, довжина серії, кодування параметрів серії, параметри функції регресії, порядок полінома, масштабування та квантування параметрів регресії.

АННОТАЦІЯ

Клименко К.С. Разработка метода компактного представления видеоинформации для АСУЖТ. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков, 2001.

Диссертация посвящена вопросу разработки метода представления видеоинформации для информационной подсистемы АСУЖТ, позволяющего повысить пропускную способность каналов передачи видеоданных.

При создании информационных подсистем АСУЖТ необходимо повышать информационную емкость, достоверность и оперативность предоставляемой информации за счет увеличения количества независимых источников информации о состоянии объектов железнодорожного транспорта. В качестве дополнительных источников информации могут использоваться датчики визуальной информации. Применение датчиков, средств обработки, передачи и хранения видеоинформации даст возможность оператору АСУЖТ: расширить круг контролируемых объектов железнодорожного транспорта, состояния которые нельзя проконтролировать с помощью других датчиков; повысить информационное обеспечение процесса управления и безопасность управления перевозками.

Использование визуальных датчиков информации приведет к многократному увеличению потока данных, передаваемых по каналам связи. Поэтому необходимо повышать пропускную способность каналов связи за счет применения методов и средств компактного представления видеоинформации, работающих в реальном масштабе времени, с сохранением информационной структуры сообщения. В качестве базового

метода представления видеoinформации предлагается использовать метод серий.

В работе определены направления повышения эффективности этого метода при представлении реалистических изображений, имеющих значение вероятности обнаружения перепада в диапазоне $0.5 \div 1.0$. Разработан и исследован новый способ формирования серий, основанный на исследовании функции с помощью производных. Новый способ позволил объединять в серии элементы изображений с сильными связями вдоль строки развертки. При таком формировании серий повышается эффективность метода серий в $5 \div 16$ раз за счет уменьшения их числа.

Для описания функции параметра визуализации предложен математический аппарат на основе полиномиальной функции регрессии и метода наименьших квадратов, позволяющий устранить как статическую, так и психовизуальную избыточность видеoinформации. Разработаны правила масштабирования и квантования параметров регрессии, способствующие повышению производительности вычислительного процесса и сокращению цифрового описания видеoinформации. Определено максимальное оптимальное значение порядка полиномиальной функции регрессии, при котором обеспечивается необходимое качество восстанавливаемого изображения.

На базе предложенного способа формирования серий и математического аппарата их описания разработан метод компактного представления видеoinформации, алгоритмы формирования и описания серий. Решен вопрос оптимального кодирования параметров серий с помощью методов статистического кодирования. Предложена структурная схема технического средства сжатия видеоданных.

Выполнена сравнительная оценка разработанного метода. Предложен расчет требуемого быстродействия вычислительных средств. Разработанный метод позволяет устранить как статическую, так и психовизуальную избыточность, выполнить сглаживание, сократить объем видеоданных и повысить пропускную способность каналов передачи видеоданных.

Ключевые слова: телекоммуникационные сети, информационная подсистема, изображение, видеoinформация, видеоданные, сжатие видеоданных, восстановленное изображение, представление видеoinформации, параметр визуализации, серия, длина серии,

кодирование параметров серии, параметры функции регрессии, порядок полинома, масштабирование и квантование параметров регрессии.

THE SUMMARY

Klimenko K.S. Development of a method compact representation of a videoinformation for ASCRT. – Manuscript.

Thesis on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.12.02 – telecommunication systems and networks. – Kharkov state academy of a railway transportation, Kharkov, 2001.

The thesis is devoted to a solution of such tasks: a raise of an absorbent competence of channels transmission videodatas, handling of realistic images in a real time scale with preservation of an information structure of the message. In the work is developed and the new mode of shaping a series based because of researches functions with the help of by derivative is investigated. For exposition of function a parameter visualization the offered mathematical means, which uses polynomial function of a regression and method of least squares for a numerical evaluation of its parameters. The method of compact representation of a videoinformation, algorithms and block diagram of an engineering mode of compression of videodatas is developed. The comparative evaluation of the developed method is carried out. The developed method allows to eliminate as statistical, and visual a redundancy, to fulfill smoothing, to reduce volume of videodatas and to raise an absorbent competence of channels of transmission of videodatas.

Key words: telecommunication webs, information subsystem, image, videoinformation, videodatas, compression of videodatas restored image, representation of a videoinformation, parameter of visualization, series, length of a series, coding of parameters of a series, parameters of function of a regression, order of a polynomial, process of scaling and quantization of parameters of a regression.

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

**РОЗРОБКА МЕТОДУ КОМПАКТНОГО
ПРЕДСТАВЛЕННЯ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ АСУЗТ**

05.12.02 – "Телекомунікаційні системи та мережі"

КЛИМЕНКО Костянтин Станіславович

Підписано до друку 12.04.2001.

Об'єм 1.25 др.а.

Обл.-друк.а. – 1.0

Формат паперу 60x84 1/16

Тираж 100 пр.

Зам. № 2/92

Друкарня ХВУ, Харків-23, вул. Сумська, 77/79