

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕДВЕДЄВ ДЕНИС ОЛЕГОВИЧ

УДК 621.391.2: 004.9

**МЕТОД ЕФЕКТИВНОГО КОДУВАННЯ ВІДЕОКАДРІВ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Черкаси – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті радіоелектроніки, Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Бараннік Володимир Вікторович,
Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба Міністерства оборони України,
начальник кафедри «Бойового застосування та
експлуатації АСУ»

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Оксіюк Олександр Глібович
Київський національний університет імені Тараса
Шевченка Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри кібербезпеки та захисту інформації;

доктор технічних наук, доцент
Прокопенко Тетяна Олександрівна
Черкаський державний технологічний університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри інформаційних технологій
проективання.

Захист відбудеться «23» жовтня 2019 р. о 10.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 73.052.04 Черкаського державного технологічного університету за адресою 18006, м. Черкаси, бул. Шевченка, 460.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Черкаського державного технологічного університету за адресою: 18006, м. Черкаси, бул. Шевченка, 460, корп. 2.

Автореферат розісланий «__» _____ 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради К 73.052.04

Е.В. Фауре

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Розвиток технологій обробки і передачі даних характеризується зростанням популярності бездротових телекомунікаційних систем, в тому числі формування систем 5G. Такі технології активно використовуються як для наземного сектора, так і для аерокосмічного, в тому числі в інтересах профільних міністерств і моніторингу об'єктів критичної інфраструктури і в процесі локалізації кризових ситуацій. Ефективне функціонування таких систем визначається якістю передачі і обробки інформації і оцінюється таким показником як продуктивність. В цьому випадку складовими частинами продуктивності є часові затримки (оперативність) на доставку інформації та її достовірність в умовах захисту від несанкціонованого доступу. В той же час оцінка часу передачі нестиснених відеоданих з урахуванням існуючої продуктивності бездротових інфокомунікаційних технологій, включаючи бортові комплекси, показала, що часові затримки на доставку інформації досягають десятків хвилин. Тобто, можна зробити висновок про те, що необхідно підвищувати продуктивність існуючих бездротових технологій, для забезпечення необхідної інформаційної інтенсивності відеоданих згідно заданим характеристикам відеоінформаційних сервісів. Одним з базових напрямків у рішенні зазначеного завдання є зниження інформаційної інтенсивності відеоданих за рахунок ефективного кодування відеокадрів. Виходячи з цього, розробка методу ефективного кодування відеокадрів для підвищення продуктивності інформаційних систем є **актуальною науково-прикладною задачею**.

Основний напрямок вирішення сформульованої наукової задачі полягає у використанні інформаційних технологій зниження часу доставки інформації за рахунок зменшення інформаційної інтенсивності.

Значний внесок у розвиток теорії і методів обробки відеоінформації для зменшення її інформаційної інтенсивності внесли багато учених, серед них: Бараннік В.В., Корольов А.В., Лукін В.В., Ребрін Ю.К., Рудницький В.М., Юдін О.К. та ін. Із зарубіжних дослідників вагомий внесок зробили такі вчені як Красильников М.М., Претт У., Гонсалес Р., Шенон К., Хаффман Д., Ватолін Д.С.

Одним з найбільш поширених і популярних методів синтаксичного компресійного кодування є методи на JPEG-платформі. З оцінки часових затримок на передачу зображень оброблених з використанням стандарту JPEG в реальному часі можливо лише в режимі істотного погіршення якості, тобто втрати достовірності інформації. При цьому, також не враховуються питання, пов'язані із забезпеченням захисту від несанкціонованого доступу до інформації, що особливо важливо для систем критичної інфраструктури.

Таким чином, **тематика дисертаційних досліджень**, що полягає в розробці методу ефективного кодування відеокадрів для підвищення продуктивності інформаційних систем є **актуальною**.

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

Дисертаційні дослідження проводилися відповідно з такими програмами та нормативними документами: Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 04.02.1998 № 75/98-ВР, Концепції розвитку зв'язку України від 9.12.1999 р. N 2238, Національних космічних програм України від 30.09.2008 N 608-VI, планами наукової, науково-технічної діяльності Харківського національного університету Повітряних Сил та Харківського національного університету радіоелектроніки, в рамках яких була виконана НДР № 276-4 "Технології створення інтегрованих інформаційних систем на основі мереж цифрового мобільного зв'язку" (№ 0113U000360), в якій автор дисертації був виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Мета дисертаційної роботи полягає в розробці методу ефективного кодування відеокадрів для підвищення продуктивності інформаційних систем.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Обґрунтувати напрямок вдосконалення технології ефективного синтаксичного кодування відеоданих для підвищення продуктивності інформаційних систем.

2. Створити метод для забезпечення збереження ключової інформації відеокадру в умовах виконання вимог по її достовірності.

3. Розробити метод ефективного кодування відеокадрів, який забезпечує зниження інформаційної інтенсивності відеоінформації в умовах необхідної її достовірності та обмеженої продуктивності.

4. Розробити метод реконструкції ключових складових відеокадрів в умовах збереження заданого рівня достовірності.

5. Провести оцінку ефективності розробленого методу кодування з відомими щодо підвищення продуктивності функціонування телекомунікаційних систем.

Об'єкт дослідження – процеси зниження інформаційної інтенсивності відеоданих і підвищення продуктивності інформаційних систем.

Предмет дослідження – методи ефективного синтаксичного кодування для зниження інформаційної інтенсивності відеокадрів в інформаційних системах.

Методи дослідження. У процесі вирішення сформульованих завдань використовувався апарат системного аналізу, методів цифрової обробки зображень, теорії оцінки ефективності технічних систем, теорії інформації, кодування, методів статистичного і комбінаторного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів. У рамках дисертаційної роботи отримані основні результати, що мають наукову новизну:

1. Отримав подальший розвиток метод виділення ключової інформації на основі попередньої трансформації відеокадру. Відмінні риси методу полягають в тому, що: ідентифікація фрагментів здійснюється на основі адаптивного вибору кількості низькочастотних складових трансформанти в залежності від градації інтегрованого показника енергетичної насиченості по високочастотним

компонентам. Це забезпечує умови для збереження необхідного рівня достовірності відеоінформації та захисту її від несанкціонованого доступу.

2. Отримав подальший розвиток метод підвищення завадостійкості і скритності передачі ключової інформації відеокадру з використанням бездротових телекомунікаційних технологій. Метод відрізняється від відомих тим, що побудова динамічних контурів кодування організується на основі псевдовипадкової зміни параметрів коду в процесі передачі інформаційних повідомлень за заданим законом, передбачення якого ускладнено. Це дозволяє зберегти необхідний рівень достовірності інформації відеокадру.

3. Вперше розроблено метод ефективного синтаксичного кодування відеокадрів на основі їх трансформації. Відмінними характеристиками методу є те, що: проводиться диференційована обробка фрагментів відеокадру в залежності від рівня наявності ключової інформації; обробка ключової інформації здійснюється з урахуванням збереження необхідного рівня достовірності на основі динамічних контурів кодування; обробка базової складової організується на основі адаптивного статистичного кодування в залежності від рівня внесених корекцій під психовізуальне сприйняття відеокадру. Це забезпечує зниження інформаційної інтенсивності відеоінформації та підвищення продуктивності інформаційних систем в умовах необхідного рівня достовірності інформації.

Практичне значення одержаних результатів. Перевага використання в інформаційних системах розробленого методу ефективного кодування відеоданих, заснованого на ідентифікації ключових областей відеокадру і його адаптивного кодування з урахуванням ступеня енергетичної насиченості фрагментів полягає в наступному:

1. Розроблений метод ефективного кодування щодо технологій стандарту JPEG, забезпечує скорочення часових затримок на обробку відеокадру в середньому від 1,5 до 2,2 разів. Це досягається шляхом зменшення кількості операцій множення / ділення в середньому від 1,2 до 1,7 разів, і операцій додавання / віднімання в середньому від 1,5 до 2,5 разів. В результаті чого створюються умови для підвищення продуктивності процесу обробки відеоінформації з використанням енергоефективних інформаційних технологій в умовах заданого рівня достовірності інформації.

2. Розроблений метод ефективного кодування, в залежності від ступеня насиченості відеокадру областями наявності ключової інформації і рівня внесених корекцій під модель психовізуального сприйняття, забезпечує вигреш в ступені зниження інформаційної інтенсивності в середньому від 10 до 17%, по відношенню до методів компресії на JPEG-платформі. При цьому в процесі реконструкції відеокадру зберігається висока роздільна здатність в області наявності ключової інформації.

3. При передачі відеокадрів розміром 2048×1080 оброблених розробленим методом, досягається вигреш по часових затримках на доставку, який в середньому становить для швидкості 512 Кбіт/с від 7 до 17% для швидкості близько 16 Мбіт/с

від 5 до 22%, по відношенню до часових затримок в разі використання відомих методів компресії.

Практична значимість отриманих результатів дисертації підтверджується їх застосуванням при виконанні дослідно-конструкторських робіт на Державному підприємстві «Чугуївський авіаційний ремонтний завод» (акт реалізації від 26.04.2018 р.), та в навчальному процесі Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (акт реалізації від 15.02.2019 р.).

Отримано акт впровадження дисертаційної роботи в держбюджетній НДР №0113u000360 «Технології створення інтегрованих інформаційних систем на основі мереж цифрового мобільного зв'язку» (акт реалізації від 19.12.2018 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі положення, які виносяться на захист, отримані автором особисто. У наукових працях, опублікованих в співавторстві, здобувачу належить наступне: в працях [1] – запропонована методика оцінки вразливості телекомунікаційних систем та мереж від кібератак; в [2,16] розроблено метод ефективного синтаксичного кодування, що базуються на адаптивній обробці компонентної структури трансформанти з урахуванням наявності ключової і базової інформації відеокадру; в працях [3,19]- запропоновано підхід квантового опису трансформанти сегмента відеокадру, обґрунтовано, що розроблений підхід представлення двовимірної трансформанти забезпечує зниження інтенсивності бітового потоку з урахуванням особливостей базових сегментів та забезпечує додаткове зменшення кількості психовізуальної надмірності; в працях [4,17] - розроблено метод синтаксичного представлення базових сегментів, які несуть інформацію про фонові складові відеокадрів; в праці [5] - запропоновано оцінювати структурну насиченість (інформативність) сегменту відеокадру з позиції спектральних характеристик, проведено аналіз CDMA систем та систем с нерівномірним розподілом вагових коефіцієнтів; в працях [6,20] - обґрунтовано підхід для формування ядра технологічної концепції диференційованої обробки сегментів відеокадру з урахуванням наявності ключової інформації; в працях [7,14] - доводиться можливість додаткового збільшення ступеня стиснення відеоданих за рахунок скорочення структурної надмірності векторів значимих субсмуг трансформант, що дозволяє збільшити продуктивність інформаційних систем; в працях [8,13] - запропонована технологія обробки передбачених кадрів відеопотоку з урахуванням особливостей бортових інформаційних технологій, показано, що це дозволить: з одного боку знизити складність процесів синтаксичного представлення; з іншого боку забезпечити заданий рівень достовірності відеоінформації, тобто здійснювати режим обробки з контрольованою втратою якості реконструйованих відеокадрів; в працях [9,15] – отримані аналітичні вирази для оцінки властивостей управляючих послідовностей; в працях [11,18] - розроблено метод синтаксичного представлення базових сегментів, які несуть інформацію про фонові складові відеокадрів, обґрунтовано, що розроблений підхід представлення двовимірної трансформанти забезпечує зниження інтенсивності бітового потоку з урахуванням особливостей базових сегментів та забезпечує

додаткове зменшення кількості психовізуальної надмірності; в [12] - запропоновані теоретико-кодові схеми представлення даних в інформаційних системах для підвищення достовірності передачі інформації.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися і були схвалені на наступних науково-технічних конференціях і семінарах: V Міжнародна науково-технічна конференція "Захист інформації і безпека інформаційних систем" / Національний університет "Львівська політехніка", 02 - 03 червня 2016 р.; V-а Міжнародна науково-практична конференція «Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах» / Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 3 - 5 листопада 2016 р.; XIII Міжнародної науково-технічної конференції "AVIA-2017", 19-21 квітня, Київ 2017 р. / Національний авіаційний університет, Київ, 2017.; VI Міжнародна науково-практична конференція I Міжнародний симпозіум "Практичне застосування нелінійних динамічних систем в інфокомунікаціях", Чернівці 9 – 11 листопада 2017 р. / Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, 2017.; Четверта міжнародна науково-технічна конференція "Інформатика, управління та штучний інтелект", Харків, 21 - 23 листопада 2017 р. / Національний технічний університет «ХПІ», Харків, 2017.; Дев'ятої міжнародної науково-технічної конференції "Проблеми інформатизації, Киев, 13 - 15 грудня 2017 г. / Державний університет телекомунікацій, Київ, 2017.; XVIth International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET'2018 ", Lviv-Slavske, Ukraine, February 23 – 25, 2018 / Lviv-Slavske: 2018, Development of technology analys for the content semantics," in Engineer of XXI Century - We Design the Future, Bielsko-Biała, Poland: ATH, 2018.

Публікації результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 20 наукових працях, з них 2 колективні монографії, 10 статей, включаючи одну одноосібну статтю та п'ять статей опублікованих в журналах, які входять до міжнародних наукометричних баз. Апробація результатів дисертації відображена в 8 тезах - доповідях на міжнародних науково-технічних і науково-практичних конференціях .

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та додатків. Повний обсяг дисертації складає 170 сторінку, у тому числі 145 сторінок основного тексту. У дисертації наведено 33 ілюстрації, з них дві на цілих сторінках, 12 таблиць; список використаних джерел із 141 найменування на 15 сторінках; 3 додатки на 8 сторінках. Дисертація написана українською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У **вступі** проводиться обґрунтування актуальності теми дисертаційних досліджень, здійснюється постановка наукового завдання, мети та часткових

завдань дослідження, представлена наукова новизна та практичне значення отриманих наукових результатів. Наводяться відомості щодо особистого внеску автора дисертаційної роботи у наукових статтях та тезах доповідей, що виконані у співавторстві.

У першому розділі розглядаються проблемні питання отримання відеоданих з заданою якістю передачі відеоданих, обґрунтовані напрями зниження часових затримок відносно обробки та передачі відеоданих з використанням інформаційних систем.

Ефективне функціонування інформаційної інфраструктури визначається дисбалансом між високим рівнем інформаційної інтенсивності бітового потоку відеокадру і обмеженим значенням швидкості передачі по телекомунікаційним мережам. Найбільший прояв такого дисбалансу характерний для процесів передачі відеоінформації з високою роздільною здатністю з використанням бездротових телекомунікаційних технологій.

В роботі пропонується напрямок, що базується на застосуванні технологій ефективного синтаксичного представлення зображень, а саме, методи зменшення інформаційної інтенсивності сімейства JPEG. Однак, з оцінки ефективності таких методів виявлено, що клас методів, яким властива обробка без втрати відеоданих, здійснюється на основі усунення обмеженої кількості надмірності. Це веде до зменшення ефективності технологій кодування. Для усунення таких недоліків пропонується застосовувати методи, що мають наступні властивості: здійснення ефективного синтаксичного представлення зі збереженням необхідної якості зображення; контрольована обчислювальна складність процесу обробки.

Доведено, що для скорочення часу доставки відеоінформаційного потоку використовують технології ефективного синтаксичного кодування і компресії. На даний момент, найбільш поширеними методами компресії є методи, які використовують у своїй основі JPEG-технології. Сьогодні методи на базі JPEG-платформи є методами компресії даних реалістичних зображень з глибиною оцифрування до 24 біт / піксель.

Таким чином, в роботі запропоновано напрямок розробки методу ефективного кодування відеокадрів для зниження їх інформаційної інтенсивності і підвищення продуктивності інформаційних систем.

У другому розділі розроблено метод кодування відеоданих для зменшення часових витрат на їх доведення із збереженням семантичної цілісності. Обґрунтовано підхід щодо побудови ефективного кодування відеоданих на основі створення адаптивного спектрально-нормованого простору, що дозволяє враховувати рівень структурної насиченості фрагментів.

Фундаментом для методу ефективного кодування пропонується вибрати технологію на основі усунення психовізуальної надмірності із застосуванням попередньої трансформації і подальшого нормування.

Для підвищення ступеня зниження інформаційної інтенсивності потрібно розробити метод ефективного синтаксичного кодування, який базується на

адаптивній обробці компонентної структури трансформанти з урахуванням наявності ключової та базової інформації відеокадру.

В цьому напрямку запропоновано створити підхід відносно адаптивної обробки відеокадру, який ґрунтується на ідентифікації та диференційному кодуванні ключових та базових (фонових) складових відеокадру.

Під відбором ключової складової мається на увазі ідентифікація тих фрагментів кадру, які містять значиму інформацію з позиції структурної насиченості на рівні синтаксичного опису. Для визначення структурної або енергетичної насиченості сегментів $S(Y)_{\tau}^{(k;\ell)}$ введемо поняття сегментів трьох типів:

- 1) сегменти з високою структурною насиченістю, в яких наявні різкі переходи яскравості та контрастності зображення;
- 2) сегменти зі середньою структурною насиченістю, які містять незначні відмінності між пікселями, тобто наявні повільні переходи контрастності;
- 3) сегменти низькою структурною насиченістю, в яких наявні рівномірні ділянки зображення.

Відповідно, структурно-функціональна схема методу визначення типу сегменту наведена на рис. 1.

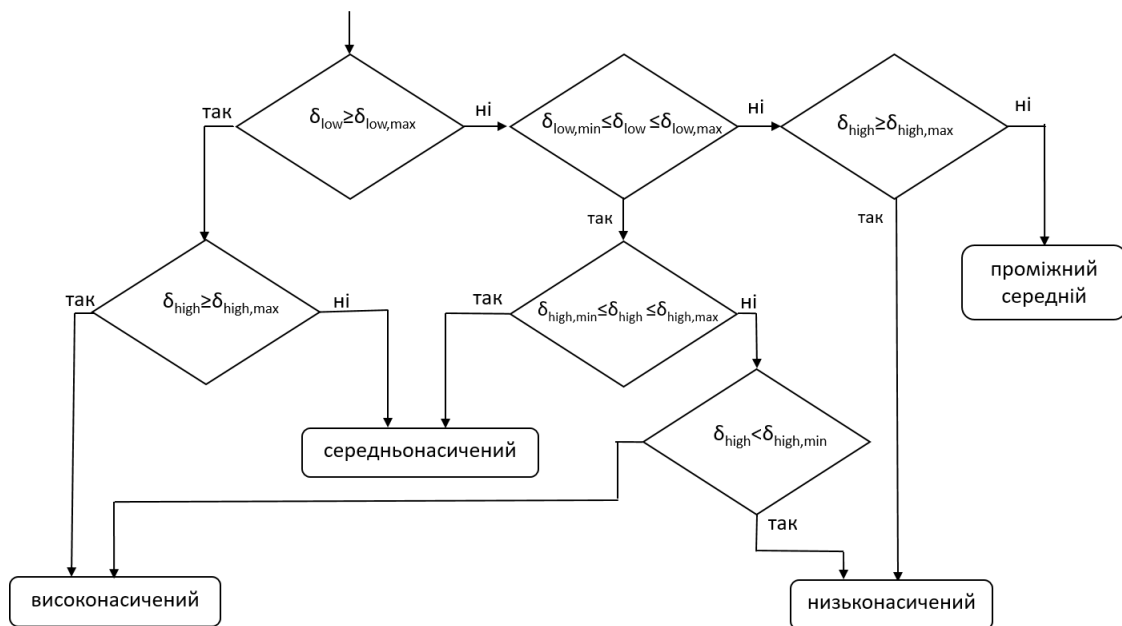


Рис. 1. Структурно-функціональна схема методу визначення типу сегменту за їх структурним змістом

Враховуючи це, оцінювання відеокадру за його структурним змістом пропонується здійснювати на основі виявлення структурної значимості макрофрагменту відеокадру, що, в свою чергу, будемо виконувати на основі структурної та семантичної насиченості сегментів.

Процес ідентифікації макрофрагментів відеокадру на наявність в них ключової інформації здійснюється у відповідності до структурно – функціональної схеми наведеної на рис. 2.

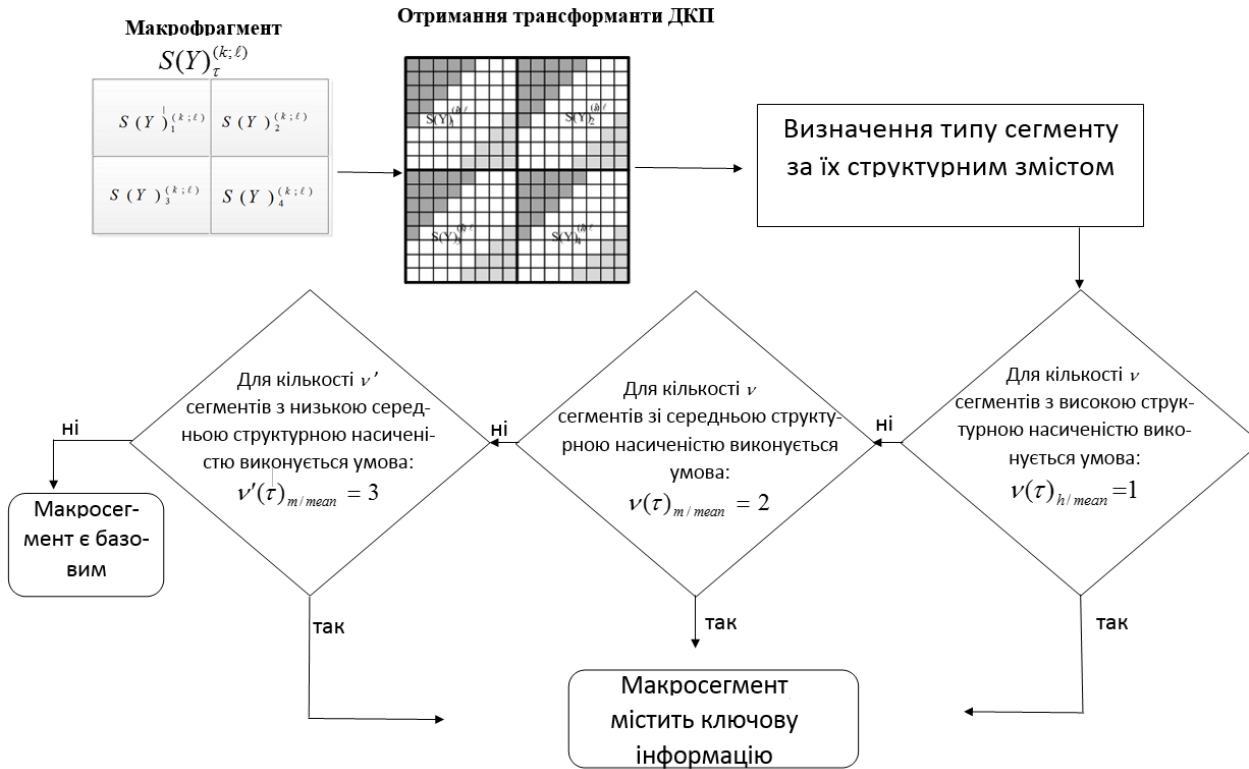


Рис. 2. Структурно-функціональна схема ефективного синтаксичного представлення сегмента відеокадру

В результаті обробки відеокадрів, що характерні для систем відеоконференцв'язку, в інтересах профільних організацій із застосуванням розробленого методу виявлення ключової інформації, на основі аналізу інтегрованої інформації по низькочастотним та високочастотним компонентам трансформанти були отримані практичні результати, які показали, що за рахунок додаткової перевірки за високочастотною складовою трансформанти ДКП не слід вважати важливими ділянки відеодокумента, в яких наявні:

- 1) однорідні області з високим ступенем яскравості та контрастності, до складу яких входять незначущі дрібні деталі (відеокадри, на яких зображені текстурні шпалери, огорожі, елементи меблів, підлогових покриттів);
- 2) виражені текстурні перепади, які не є значущими (відеокадри, на яких зображено елементи проїжджої частини, хмари, водяна поверхня).

Оцінка ефективності ідентифікації ключових сегментів на зображеннях, які описують об'єкти зацікавленості, показує, що більш ніж 90% ключових сегментів, було ідентифіковано.

Обґрунтовано, що для забезпечення збереження необхідного рівня достовірності інформації в ключових складових відеокадру з одного боку та додаткового зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку, що формується базовими (фоновими) складовими відеокадру з іншого боку, необхідно організувати адаптивну обробку фрагментів цифрових зображень.

Розроблено метод виявлення макрофрагментів, які містять ключову інформацію відеокадру за двокаскадною схемою оцінювання інтегрованої інформації по низькочастотним та високочастотним складовими трансформанти ДКП. Реалізація метода дозволяє здійснити автоматичну ідентифікацію сегментів та макрофрагментів на наявність ключової інформації та створює умови для забезпечення необхідного рівня достовірності інформації, який відповідає вимогам профільних організацій.

У третьому розділі дисертації розробляється метод зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку в умовах збереження необхідного рівня достовірності інформації. Для цього пропонується здійснювати диференційовану обробку сегментів відеокадру. В цьому випадку, обробка сегментів, що містять ключову інформацію буде здійснюватися з урахуванням збереження заданої достовірності. Навпаки, обробка базових сегментів, які несуть фонове навантаження, пропонується організувати в напрямку найбільшого зниження інформаційної інтенсивності (рис. 3). Така концепція дозволяє сформувати диференційоване синтаксичне представлення сегментів відеокадру з урахуванням наявності ключової інформації.

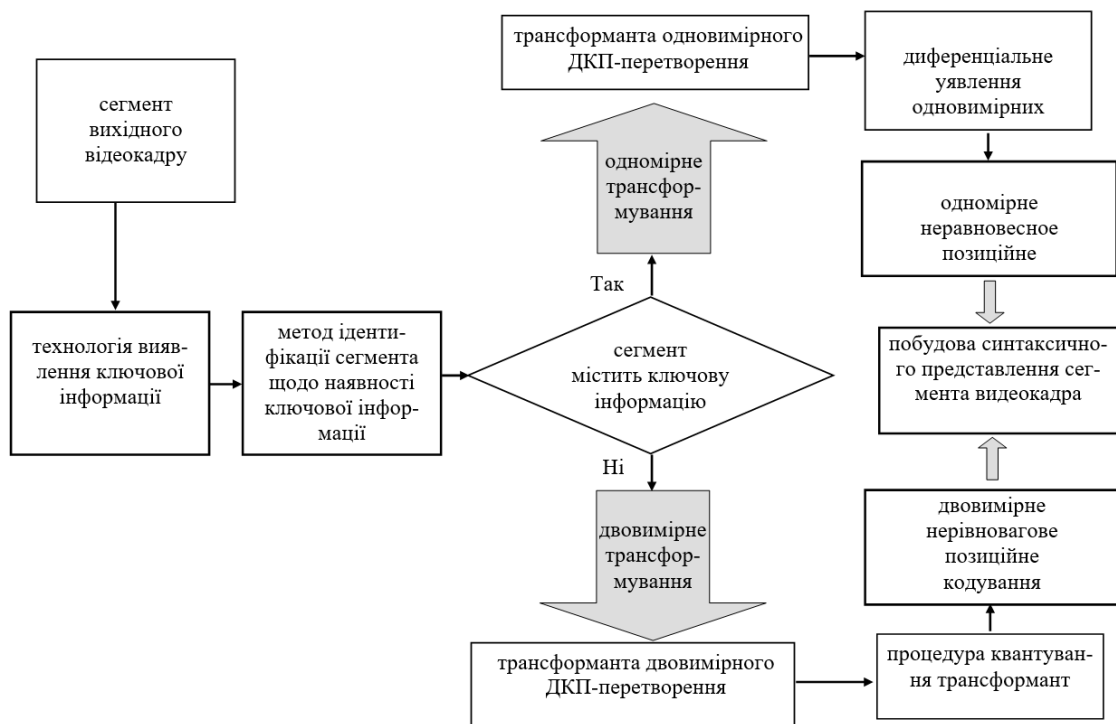


Рис. 3. Структурно-функціональна схема ефективного синтаксичного представлення сегмента відеокадру

У якості ядра концепції диференційованої обробки відеокадрів пропонується використовувати трансформацію зображень на основі ортогональних перетворень і переведення оброблюваних даних в диференціальний простір.

Вираз для отримання диференціального опису одномірних трансформант має наступний вигляд:

$$y'_{k1} = y_{k1} - y_{k+1,1}; \quad k = \overline{1, q_1}; \quad l = \overline{1, q_2},$$

де $y_{k1}, y_{k+1,1}$ - компоненти трансформант на позиціях $k, k+1$.

В результаті формується структурний масив елементів диференціального представлення, тобто структура одновимірних трансформант дискретно-косинусного перетворення (рис. 4).

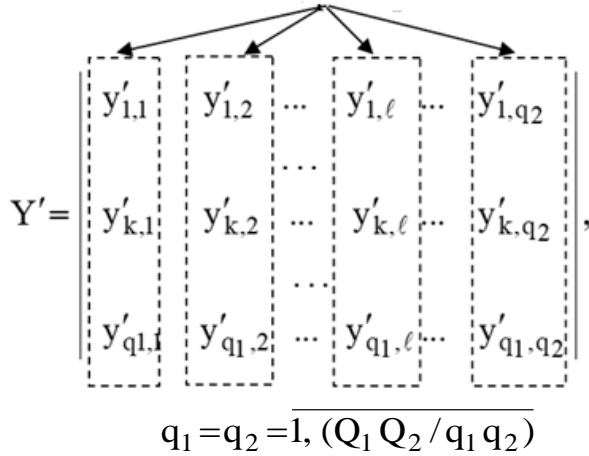


Рис. 4. Структура одновимірних трансформант дискретно-косинусного перетворення.

Другий етап обробки полягає в формуванні синтаксичного подання структури одновимірних трансформант. Синтаксичне подання диференціального опису компонент таких трансформант пов'язане з побудовою методів кодування, що забезпечують скорочення надмірності в структурі одновимірних трансформант.

Побудова ефективного синтаксичного представлення для сегментів ключової інформації визначається наступними виразами:

$$E'(R)_\ell = \sum_{k=1}^{q_1} y'_{k,\ell} v(R)_k^{(1)} = \sum_{k=1}^{q_1} y'_{k,\ell} \prod_{\xi=k+1}^{q_1} \psi'(R)_{\xi,\ell};$$

$$h(R)_{q_1}^{(2)} = (\lceil \log_2 E'(R)_\ell \rceil + 1) \leq h'(R)_{q_1}^{(2)} = (\lceil \sum_{k=1}^{q_1} \log_2 \psi'(R)_{\xi,\ell} \rceil + 1);$$

$$\ell = \overline{1, q_2},$$

де $E'(R)$ - вектор кодових значень для двовимірної структури одновимірних трансформант;

$H'(R)$ - послідовність довжин кодограм кодових значень $E'(R)_\ell$ в умовах використання для їх кодостворення системи основ.

Побудова ефективного синтаксичного подання для базових сегментів визначається виразами, які наведені на рис. 5.

Ефективне синтаксичне подання всієї трансформанти базового сегмента відеокадру у вигляді кодограм кодових значень двовимірних позиційних зважених чисел з урахуванням корекції частотних складових, визначається величиною $h''(R)^{(2)}$.

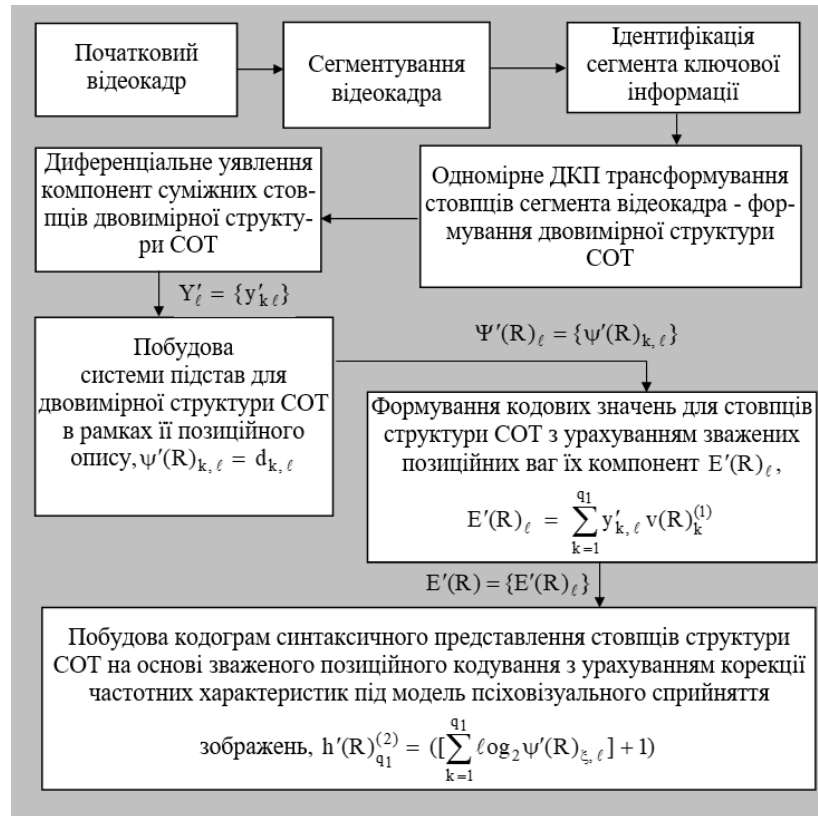


Рис. 5. Структурно-функціональна схема ефективного синтаксичного подання для сегментів ключової інформації

Розроблено метод формування ефективного синтаксичного кодування сегментів відеокадрів, що містять ключову інформацію на основі формування кодових значень стовпців двовимірної структури СОТ, що розглядаються як зважені позиційні числа з урахуванням корекції частотних складових і подальшого кодостворення з використанням системи основ. Обґрунтовано вибір підходу для формування ядра технологічної концепції диференційованої обробки сегментів відеокадру з урахуванням наявності ключової інформації.

Розроблено метод синтаксичного представлення базових сегментів, які несуть інформацію про фонові складові відеокадрів. Ефективне синтаксичне кодування базових сегментів здійснюється на основі формування кодового значення двовимірної трансформанти з урахуванням корекції частотних складових і подальшого кодостворення з використанням системи основ.

Розроблений підхід, щодо синтаксичного подання двовимірної трансформанти забезпечує зниження інтенсивності бітового потоку з урахуванням особливостей базових сегментів відносно можливості додаткового підвищення кількості психовізуальної надмірності, що усувається.

Четвертий розділ дисертації присвячений порівняльній оцінці методів синтаксичного подання за рівнем інформаційної інтенсивності для відеокадрів зі структурною роздільною здатністю, в залежності від процентного вмісту в них сегментів ключової інформації. Здійснюється порівняльна оцінка по часових

затримках на передачу кодованих відеокадрів для різних методів синтаксичного представлення.

Результати досліджень наведені у вигляді діаграм на рис. 6 та 7.

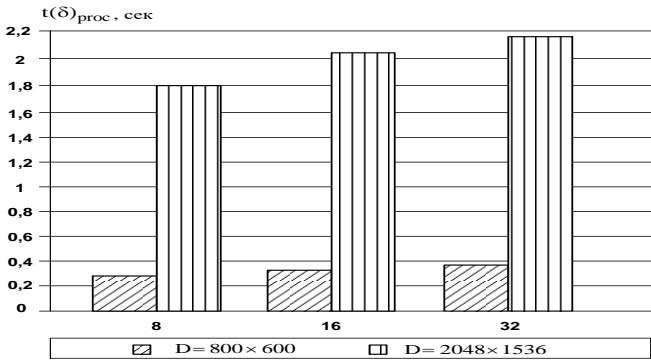


Рис. 6. Оцінка часової затримки на обробку відеокадра(середньонасичений відеокадр)

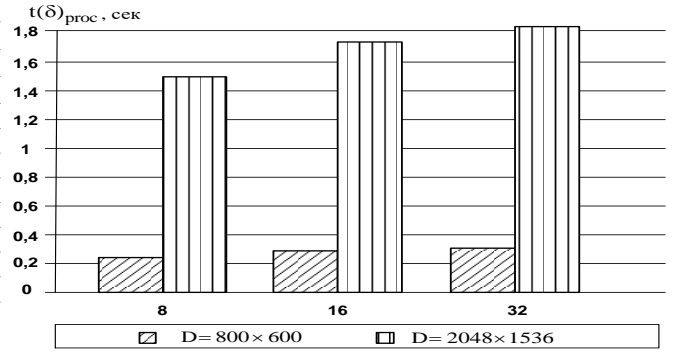


Рис. 7. Оцінка часової затримки на обробку відеокадра (високонасичений відеокадр)

Виявлено, що середньонасичений відеокадр приймався в разі процентного вмісту в ньому сегментів ключової інформації більш, ніж 65% і не менше 40%. Високонасичений відеокадр – процентний вміст сегментів ключової інформації не менше 65%.

Розроблений метод формування ефективного синтаксичного подання забезпечує обробку відеокадрів з різним ступенем вмісту сегментів ключової інформації в реальному часі з використанням бездротових телекомунікаційних технологій.

Порівняльна оцінка часу затримок на обробку для різних методів синтаксичного подання відеокадрів в залежності від процентного вмісту сегментів ключової інформації наведена у вигляді діаграм на рис. 8,9.

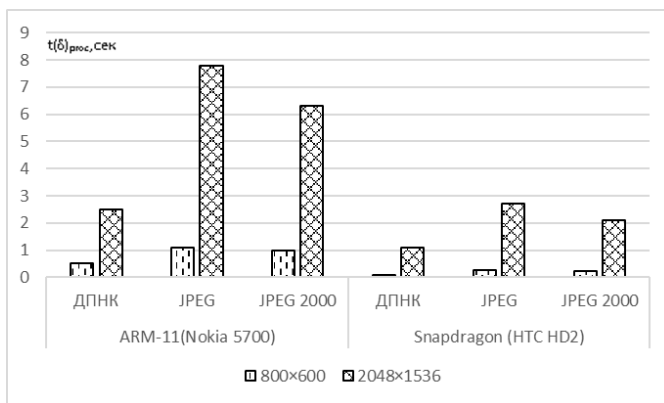


Рис. 8. Порівняльна оцінка часу затримок $t(\delta)_{proc}$ на обробку, для різних методів синтаксичного подання відеокадрів

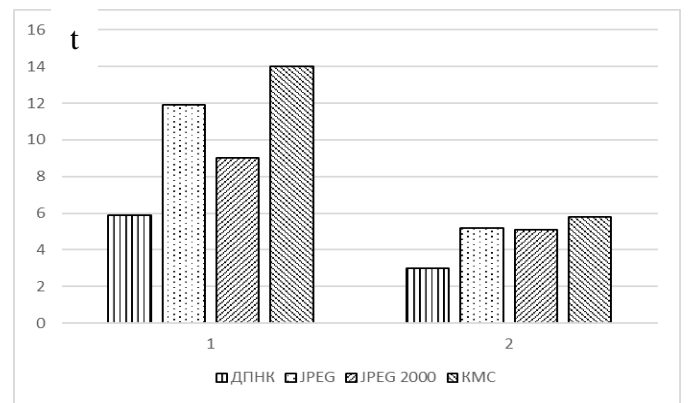


Рис. 9. Залежність величини часових затримок $t(\delta)_{trans}$ від процентного змісту сегментів ключової інформації для різних методів обробки.

Аналіз рис. 8, 9 показав, що скорочення часових затримок в залежності від процентного вмісту сегментів ключової інформації зменшується від 1,5 до 3 разів. Таким чином, підвищення оперативності передачі кодованих відеокадрів з використанням розробленого методу щодо часових затримок у разі застосування стандартизованих підходів знаходиться на рівні 30%.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено актуальна науково-прикладна задача щодо зниження інформаційної інтенсивності відеоданих для підвищення продуктивності функціонування інформаційних систем із заданою якістю відеосервісу.

В роботі сформульована стратегія розвитку технологій ефективного синтаксичного кодування (компресійного кодування), з інтеграцією їх в інформаційні системи, та доведено, що в першу чергу необхідно підвищити компресійні характеристики технологій обробки зображень. Це дозволить зменшити час на передачу та обробку інформації в телекомунікаційних системах. Для цього розроблений метод ефективного синтаксичного кодування, що дозволяє додатково підвищити ступінь зменшення інтенсивності відеоданих із забезпеченням необхідної якості і достовірності одержуваних даних. Більшість методів ефективного синтаксичного кодування базуються на попередньому перетворенні (трансформування) відеоданих.

Основними науковими результатами, які отримані в процесі дисертаційних досліджень є:

1. Побудовано метод виділення ключової інформації на основі попередньої трансформації відеокадру. Особливості методу полягають в тому, що: ідентифікація фрагментів здійснюється на основі адаптивного вибору кількості низькочастотних складових трансформанти в залежності від градації інтегрованого показника енергетичної насиченості по високочастотним компонентам. Це забезпечує умови для збереження необхідного рівня достовірності відеоінформації та захисту її від несанкціонованого доступу. В ході досліджень:

- розроблено метод виявлення макрофрагментів, які містять ключову інформацію відеокадру за двокаскадною схемою оцінювання інтегрованої інформації по низькочастотним та високочастотним складовими трансформанти ДКП. Цей метод здійснює автоматичну ідентифікацію сегментів та макрофрагментів на наявність ключової інформації та створює умови для забезпечення необхідного рівня достовірності інформації, який відповідає вимогам профільних організацій.

- розроблено адаптивний метод ідентифікації макрофрагментів на основі аналізу інтегрованої інформації за низькочастотними та високочастотними компонентами трансформанти ДКП, який дозволяє автоматично визначати області відеокадру, які мають характерні контрастні, структурні і яскравісні перепади.

- обґрунтовано вибір підходу для формування ядра технологічної концепції диференційованої обробки сегментів відеокадру з урахуванням наявності ключової інформації.

- розроблено метод формування ефективного синтаксичного кодування сегментів відеокадрів, що містять ключову інформацію на основі формування кодових значень стовпців двовимірної структури СОТ, що розглядаються як зважені позиційні числа з урахуванням корекції частотних складових і подальшого кодоутворення з використанням системи основ.

- розроблено метод синтаксичного представлення базових сегментів, які несуть інформацію про фонові складові відеокадрів.

2. Створено метод підвищення завадостійкості і скритності передачі ключової інформації відеокадру з використанням бездротових телекомунікаційних технологій. Метод відрізняється від відомих тим, що побудова динамічних контурів кодування, організується на основі псевдовипадкової зміни параметрів коду в процесі передачі інформаційних повідомлень по заданому закону, передбачення якого ускладнено. Це дозволяє зберегти необхідний рівень достовірності значимої інформації відеокадру.

3. Розроблено метод ефективного синтаксичного кодування відеокадрів на основі їх трансформації. Характеристиками методу є те, що: проводиться диференційована обробка фрагментів відеокадру в залежності від рівня наявності ключової інформації; обробка ключової інформації здійснюється з урахуванням збереження необхідного рівня достовірності на основі динамічних контурів кодування; обробка базової складової організується на основі адаптивного статистичного кодування в залежності від рівня внесених корекцій під психовізуальне сприйняття відеокадру. Це забезпечує зниження інформаційної інтенсивності відеоінформації та підвищення продуктивності телекомунікаційних систем в умовах необхідного рівня достовірності інформації.

Основними практичними результатами роботи є наступні.

4. Часові затримки на обробку відеокадрів на основі використання розробленого методу змінюються в залежності від q для $D=800 \times 600$ і $D=2048 \times 1536$ відповідно від:

- 0,09 до 0,012 с. і від 0,6 до 0,8 с в разі обробки середньонасичених сегментів ключовою інформацією;

- від 0,15 до 0,18с. і від 0,9 до 1,2 с в разі обробки середньонасичених сегментів ключовою інформацією.

5. Розроблений метод формування ефективного синтаксичного подання створює умови для обробки відеокадрів з різним ступенем вмісту сегментів ключової інформації в реальному часі з використанням бездротових телекомунікаційних технологій.

6. Серед порівнюваних методів синтаксичного подання відеокадрів з використанням корекції частотних складових трансформант під психовізуальну модель зорового сприйняття найменші часові затримки має розроблений метод кодування. Скорочення часових затримок в залежності від процентного вмісту сегментів ключової інформації сягає від 1,5 до 3 разів.

7. Порівняльна оцінка методів синтаксичного подання за рівнем інформаційної інтенсивності для відеокадрів зі структурною роздільною здатністю, яка дорівнює $D = 2048 \times 1536$, в залежності від процентного вмісту в них сегментів ключової інформації в умовах пікового відношення сигнал / шум $h \geq 35$ дБ показала, що:

- ступінь зменшення інформаційної інтенсивності бітового потоку для розробленого методу в середньому на 20%. перевершує рівень для стандартизованих платформ;

- забезпечується зниження рівня інформаційної інтенсивності для кодованого бітового потоку з використанням розробленого методу в порівнянні з рівнем інформаційної інтенсивності, забезпечується для стандартизованих технологій, від 15% до 35%.. в залежності від процентного вмісту сегментів ключової інформації. Виграш за величиною зниження рівня інформаційної інтенсивності збільшується з ростом процентного вмісту базових сегментів.

8. Порівняльна оцінка по часовим затримками $t(\delta)_{trans}$ на передачу кодованих відеокадрів з вихідної інформаційної інтенсивністю, рівна $V(\delta)_{t\Sigma} = 2048 \times 1536 \times 24 = 75$ Мбіт, з використанням пропускових здатностей на рівні $S_{trans} = 2,048$ Мбіт/с для різних методів синтаксичного подання в умовах забезпечення рівня ПОСШ не нижче 35 дБ виявила наступні результати:

- 1) часова затримка щодо передачі кодованих кадрів в разі використання розробленого методу відповідає вимогам якості відеосервісу. Тут забезпечується передача інформації в режимі реального часу (на рівні 1 с.);

- 2) підвищення оперативності передачі кодованих відеокадрів з використанням розробленого методу щодо часових затримок у разі застосування стандартизованих підходів знаходиться на рівні 30%.

Достовірність результатів щодо характеристик часу доведення та достовірності відеоінформації підтверджується:

- відповідністю результатів, щодо оцінювання інформаційної інтенсивності, часу доведення відеоінформації, значення пікового відношення сигнал/шум, розрахованих на основі аналітичних виразів результатам отриманим в ході проведеного експерименту з реальними відеозображеннями;

- коректністю використання математичного апарату.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Медведєв Д.О., Ширяєв А.В. Оцінка вразливості телекомунікаційних систем та мереж від кібератак. *Наукоемкіе технології в інфокомунікаціях: обробка інформації, кібербезпека, інформаційна боротьба*: колективна монографія. Під заг. ред. В.В. Бараннік, В.М. Безрук. Харків: Вид. "Лідер". 2017. – С. 483 – 489.

2. Медведєв Д.О., Баранник В.В., Сорокун А.Д., Стеценко О.Н., Додух А.Н. Создание метода синтаксического представления сегментов видеокадров с учетом наличия ключевой информации. *Наукоємні технології в інфокомунікаціях: колективна монографія*. Під заг. ред. В.В. Баранник, В.М. Безрук. Харьков: Вид. “Лідер”.2018. С. 188 – 198.
3. Баранник Д.В., Стасєв С.Ю., Медведєв Д.О. Обоснование подхода для формирования квантованного описания трансформанты сегмента аэрофотоснимка. *АСУ и приборы автоматики*. 2015. №173. С. 63–67.
4. Barannik V.V., Barannik D.V., Nahanova A.V., Medvedev D.O., Strelbtsky M. Method of Ciphergrams Coding for Increasing the Effectiveness of Technologies of Cyber-Protection. *Radioelectronics & informatics*. 2016. №4. С.34 – 40.
5. Баранник В.В., Окадной Д.Е., Леках А.А., Медведєв Д.О. Сравнительная характеристика CDMA систем и систем с неравномерным распределением весовых коэффициентов. Вычисление выигрыша в объеме. *Радиоэлектроника и информатика*. 2017. №2. С. 20 – 26.
6. Баранник В.В., Тарасенко Д.А., Баранник Д.В., Медведєв Д.О. Технология балансированной обработки динамического видеоресурса для снижения информационной интенсивности в инфокоммуникационных системах. *Безпека інформації*. 2017. №3. С. 163 – 170.
7. Медведєв Д.О., Підлісний С.О., Більчук В.М., Піддубний Б.О. Методи підвищення цілісності інформації в телекомунікаційних системах *Системи обробки інформації*. 2017. №3(149). С. 57 – 60.
8. Баранник В.В., Тарасенко Д.А., Медведєв Д.О., Хіменко В.В. Технологія обробки передбачених кадрів відеопотоку для бортових інформаційних технологій. *Наукоємні технології*. 2017. №4(36). С. 276 – 282.
9. Медведєв Д.О., Ю.В. Стасєв Ю.В., Грабенко Д.О., Д.В. Жуйков Д.В. Метод формування псевдовипадкових послідовностей з поліпшеними автокореляційними можливостями. *Збірник наукових праць ХНУ ПС*. 2017. Вип 4(53). С. 115 – 118.
10. Медведєв Д.О. Технологическая концепция дифференцированной обработки сегментов видеокадра с учетом наличия ключевой информации. *Радиоэлектроника и информатика*. № 2, 2018, С. 17-21.
11. Баранник В.В., Красноруцкий А.А., Хаханова А.В., Медведєв Д.О., Хіменко В.В. Технология снижения информационной интенсивности сильно информативных сегментов аэрофотоснимка. *Безпека інформації*. 2018. т. 24, №1. С. 7 – 12.
12. Кузнецов О.О., Корольов Р.В., Медведєв Д.О. Теоретико – кодові схеми з поліпшеними характеристиками. *Системи озброєння і військова техніка*. 2007. №3. С.116-118.
13. Баранник В.В., Твердохліб В.М., Медведєв Д.О. Метод визначення ефективних параметрів стиснення відеопотоку з використанням побітової передачі трансформант. *Захист інформації і безпека інформаційних систем: матеріали*

5–ої Міжн. Наук.-техн. конф., (Львів, 2-3 червня 2016 р.) Львів: Національний університет “Львівська політехніка”. 2016. С. 23 – 25.

14. Баранник В.В., Красноручський А.О., Стасєв С.Ю., Медведєв Д.О. Технологія маскування в процесі виділення семантичної складової зображень. *Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах*: матеріали 5-ої Міжн. наук.-практ. конф., (Чернівці, 3–5 листопада 2016 р.). Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. 2016. С. 45–48.

15. Баранник В.В., Окладной Д.Е., Стасєв С.Ю., Медведєв Д.О. Метод кодового розділення каналів зв'язу, в сучасних системах широкополосної зв'язу, на основі систем з нерівномірними ваговими коефіцієнтами. *AVIA-2017*: матеріали XIII-ої Міжн. наук.-техн. конф. "" (Київ, 19–21 квітня 2017 р.). Київ: Національний авіаційний університет. 2017. С. 40–43.

16. Баранник В.В., Окладний Д.Е., Хименко В.В., Баранник Н.В., Медведєв Д.О. Кодирование ресурсного блока lte – технологии с помощью систем с неравномерными весовыми коэффициентами. *Практичне застосування нелінійних динамічних систем в інфокомунікаціях*: матеріали VI-ої Міжн. Наук.-практ. конф. I-ий Міжн. симп., (Чернівці 9–11 листопада 2017 р.). Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. 2017. С. 44-46.

17. Баранник В.В., Окладний Д.Е., Стеценко О.Н., Баранник Н.В., Медведєв Д.О. Кодирование ресурсных блоков применением метода неравновесного кодообразования. *Інформатика, управління та штучний інтелект*: матеріали 4-ої Міжн. наук.-техн. конф., (Харків, 21-23 листопада 2017 р.) Харків: Національний технічний університет «ХП». 2017. – С. 13.

18. Медведєв Д.О., Красноручський А.О., Баранник В.В., Городецький Б.О. Напрямок модернізації методів зниження інформаційної інтенсивності реалістичного зображення. *Проблеми інформатизації*: матеріали 9-ої Міжн. наук.-техн. конф., (Київ, 13-15 грудня 2017 р.). Київ: Державний університет телекомунікацій. 2017. С. 49.

19. Medvedev D., Havrylov D., Stetsenko O., Fustii V. , Gurzhiy P. Multilevel Selective Data Processing Method of Frames with Different Information Comparison for Mobile Sensor Networks *Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science*, (TCSET'2018): XVIth International Conference Modern, Lviv-Slavske, Ukraine, February 23 – 25, 2018). Lviv-Slavske: 2018. P. 431.

20. Barannik V., Medvedev D., Ryabukha Yu., Kulitsa O., Bernas M., Aftyka A. Technological Concept Of Differentiated Processing Of Segments Of Video Frame With Account Of Key Information. “*Development of technology analys for the content semantics,*” in Engineer of XXI Century - We Design the Future, Bielsko-Biala, Poland: ATH, 2018. P.185-194.

АНОТАЦІЯ

Медведєв Д.О. Метод ефективного кодування відеокадрів для підвищення продуктивності інформаційних систем. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.06 – “Інформаційні технології”. – Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, 2019.

У дисертаційній роботі вирішено актуальна науково-прикладна задача, яка полягає в необхідності зниження інформаційної інтенсивності відеоданих для підвищення продуктивності функціонування телекомунікаційних систем із заданою якістю відеосервісу.

Основні результати роботи полягають в розвитку методу виділення ключової інформації на основі попередньої трансформації відеокадру. Тут ідентифікація ключової інформації фрагментів відеокадру здійснюється на основі адаптивного вибору кількості низькочастотних складових трансформанти залежно від градації інтегрованого показника енергетичної насиченості по високочастотних компонентах. Розроблено метод ефективного синтаксичного кодування відеокадрів на основі: проведення диференційованої обробки фрагментів трансформованого відеокадру залежно від рівня наявності ключової інформації. Обробка ключової інформації здійснюється з врахуванням збереження необхідного рівня достовірності з використанням динамічних контурів кодування з псевдовипадковою зміною параметрів коду. Обробка базової складової організовується на основі адаптивного статистичного кодування залежно від рівня корекцій, що вносяться, під психовізуальне сприйняття відеокадру. Це забезпечує зниження інформаційної інтенсивності відеоінформації і підвищення продуктивності телекомунікаційних систем в умовах необхідного рівня достовірності інформації.

Ключові слова: відеосервіси в інтересах профільних організацій, зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку, ефективне синтаксичне кодування, виділення ключових областей відеокадру.

АННОТАЦИЯ

Медведев Д.О. Метод эффективного кодирования видеок кадров для повышения производительности информационных систем. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 05.13.06 – "Информационные технологии". – Черкасский государственный технологический университет, Черкассы, 2019.

В диссертационной работе решена актуальная научно-прикладная задача, которая заключается в необходимости снижения информационной интенсивности видеоданных для повышения производительности функционирования телекоммуникационных систем с заданным качеством видеосервиса.

Основные результаты работы заключаются в развитии метода выделения ключевой информации на основе предыдущей трансформации видеокадра. Идентификация ключевой информации фрагментов кадра осуществляется на основе адаптивного выбора количества низкочастотных составляющих трансформанты в зависимости от градации интегрированного показателя энергетической насыщенности по высокочастотным компонентам. Получил дальнейшее развитие метод оценки вычислительной сложности процесса эффективного синтаксического кодирования на основе трансформирования сегментов видеокадров, с учетом того, что дифференциальные затраты количества операций на кодирование сегментов путем выявления областей наличия ключевой информации.

Осуществляется сравнительная оценка по временным задержкам на передачу кодированных видеокадров для различных методов синтаксического представления.

Разработан метод эффективного синтаксического кодирования видеокадров на основе: проведение дифференцированной обработки фрагментов трансформированного видеокадра в зависимости от уровня наличия ключевой информации. В процессе кодирования используются промежуточное синтаксическое представление сегмента, полученное на этапе его идентификации.

Проводится сравнительная оценка методов синтаксического представления по уровню информационной интенсивности для видеокадров со структурной разрешающей способностью в зависимости от процентного содержания в них сегментов ключевой информации.

Обработка ключевой информации осуществляется с учетом сохранения необходимого уровня достоверности с использованием динамических контуров кодирования с псевдослучайной изменением параметров кода. Обработка базовой составляющей осуществляется на основе адаптивного статистического кодирования в зависимости от уровня коррекций, вносимых под психовизуальное восприятие видеокадра. Это обеспечивает повышение производительности функционирования информационной системы относительно предоставления видеосервисов.

В условиях использования коррекции частотных составляющих трансформант под психовизуальную модель зрительного восприятия достигается сокращение временных задержек на обработку по сравнению с известными методами в зависимости от процентного содержания сегментов ключевой информации от 1,5 до 3 раз. Обеспечивается снижение уровня информационной интенсивности для кодированного битового потока с использованием созданного метода по сравнению с уровнем информационной интенсивности, обеспечиваемой для стандартизированных технологий, от 15 до 35 % в зависимости от процентного содержания сегментов ключевой информации. Создаются условия для повышения оперативности передачи кодированных видеокадров с использованием созданного метода относительно временных задержек в случае применения стандартизированных подходов в среднем на уровне 30 %. Повышается качество визуальной оценки реконструируемых видеокадров в области ключевых сегментов в случае использования для их обработки разработанного метода по сравнению с аналогичными оценками в случае использования для обработки стандартизированных технологий.

Ключевые слова: видеосервисы в интересах профильных организаций, снижение информационной интенсивности битового потока, эффективное синтаксическое кодирования, выделение ключевых областей видеокадра.

ABSTRACT

Medvedev D.O. Method of effective video frame coding for increasing efficiency of informative systems. – Manuscript.

PhD dissertation on specialty 05.13.06 – Information technology. – Cherkasy State Technological University, Cherkasy, 2019.

In dissertation work an actual science task was solved, which is needed for decreasing information intensity of video data for increasing efficiency of functioning of telecommunication systems with quality of video service that was set.

The main results of work are development of method of discharging the key information that based on previous video frame transformation. Here, the identification of key information of video frame fragments is performed on the base of adaptive selection of the number of low-frequency parts of transformant, that depend from gradation of integrated energy saturation indicator by high-frequency components. The method of effective syntactic video frame coding based on performing deferential fragments processing of video frame that transformed depending on the level of key information availability; the fact that processing of key information is performed with preservation of necessary level of authenticity with using of dynamic circuit coding with pseudorandom changes of cod parameters; the fact that processing of the basic component is organized on the base of adaptive syntactic coding that depends from the level of corrections, that are imported, under the psycho-visual perception of the video frame. It provide decreasing of informational intensity of the video information and increasing productivity of telecommunication systems in conditions of having the necessary level of reliable information.

Key words: video services in the interests of profile organizations, decreasing the information saturation in the bit stream, effective syntactic coding, selection of the key areas of video frame.