

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ПАРХОМЕНКО МАКСИМ ВІКТОРОВИЧ

УДК 621.327: 681.5

**МЕТОД КОДУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БІТОВОЇ
ШВИДКОСТІ ДИНАМІЧНОГО ВІДЕОРЕСУРСУ В
ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Мачалін Ігор Олексійович,
Національний авіаційний університет,
Міністерство освіти і науки України,
професор кафедри телекомунікаційних та
радіоелектронних систем.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Жураковський Богдан Юрійович
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського» Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри технічної кібернетики;

кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник

Яковенко Олександр Васильович,
Державний науково-дослідний інститут МВС
України, Міністерства внутрішніх справ України, ,
завідувач науково-дослідної лабораторії спеціаль-
них технічних засобів.

Захист відбудеться « 29 » квітня 2021 р. о 12⁰⁰ на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д. 26.062.19 у Національному авіаційному університеті за
адресою: м. Київ, пр. Любомира Гузара, 1, корп. 6, ауд 205.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного авіаційного
університету за адресою: 03058, м. Київ, пр. Любомира Гузара, 1.

Автореферат розісланий « 27 » березня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



Р.С. Одарченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ефективність функціонування стратегічно важливих виробництв та об'єктів профільних міністерств значною мірою визначає рівень національної безпеки та обороноздатності держави, її економічний зріст та політичний статус. В свою чергу це залежить від якості інформаційного забезпечення систем управління та прийняття рішень. Тут існує стійка тенденція щодо зростання попиту на динамічний відеоінформаційний контент (ДВІР), який використовується в процесі надання дистанційних відеосервісів, з використанням бездротових інфокомунікаційних технологій, та формується попит відносно підвищення рівня його повноти та інтелектуалізації.

Однак за таких умов виникає протиріччя між з одного боку вимогами щодо якості надання ДВІР в дистанційному режимі, а з іншого боку обмеженими пропусковими спроможностями сучасних бездротових інфокомунікацій. Це обумовлено тим, що потрібна бітова швидкість ДВІР значно перевищує їх пропускну спроможність. Тому підвищення бітової швидкості динамічного відеоресурсу в *інформаційних системах* в процесі управління об'єктами критичної інфраструктури, *є актуальною науково-прикладною задачею*.

Для досягнення балансу між пропусковою спроможністю та потрібним рівнем інформаційної швидкості ДВІР використовуються інформаційні технології їх обробки (ІТОДВ). Значний вклад в розвиток методів та технологій кодування динамічного відеоресурсу для підвищення бітової швидкості внесло багато вчених. Серед них Бараннік В.В., Корольов А.В., Лукін В.В., Жураковський Б.Ю., Юдін О.К. та ін. Із закордонних дослідників великий внесок внесли Гонсалес Р., Красильников М.М., Претт У., Шеннон К., Хартлі Р.Л., Ватолін Д.С. та ін.

В теж час концепціями побудови існуючих стандартизованих ІТОДВ сімейства H26* та напрямками їх подальшого розвитку не приділяється необхідна увага розробці підходів стосовно створення технологій кодування за рахунок виявлення *нових* типів закономірностей, та виключення кількості відповідної надмірності. В тому числі: значною мірою у своєму розвитку *обмежені* технології кодування динамічних відеоресурсів, які враховують міжкадрові закономірності та особливості їх структурно-семантичного контенту; не достатньої мірою враховуються підходи до виявлення міжкадрових структурно-комбінаторних закономірностей. У зв'язку з чим, для удосконалення ІТОДВ *пропонується* використовувати технологічний підхід, який базується на обробці послідовності кадрів ДВІР з використанням структурно-комбінаторного підходу, який враховує наявність значної кількості відповідної міжкадрової надмірності.

Звідси *тематика науково-прикладних досліджень*, яка полягає у розробці методу кодування для підвищення бітової швидкості динамічного відеоресурсу в інформаційних системах *є актуальною*.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у рамках: Закону України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 03.07.2020 № 75/98-ВР; Постанови Кабінету Міністрів України "Концепція розвитку зв'язку України" від 09.12.1999 р. №2238; положення «Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні» (затверджено Кабінетом Міністрів України від 15 травня 2013 р.); “Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2018-2022 роки” (постанова Кабінету Міністрів України від 05 вересня 2018 р., №629. Дисертаційні дослідження проводились у відповідності із планами наукової, науково-технічної діяльності Харківського національного університету Повітряних Сил, у рамках яких були виконані НДР шифр «Руна» (№ 0118U000678) та НДР «Око-2» (№ 0118U000149д), в яких автор дисертації був виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Мета дисертаційної роботи полягає у створенні методу ефективного кодування для підвищення бітової швидкості динамічного відеоресурсу з використанням інформаційно-телекомунікаційних систем шляхом врахування міжкадрових структурно-комбінаторних закономірностей.

Для досягнення сформульованої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Створити модель оцінки інформативності структурно-комбінаторного представлення послідовності передбачених кадрів динамічного відеоресурсу.

2. Розробити метод динамічного кодування послідовності передбачених кадрів на основі виявлення та усунення міжкадрової структурно-комбінаторної надмірності без втрат достовірності інформації.

3. Побудувати технологічну концепцію інтегрування створених методів обробки передбачених кадрів в інформаційну технологію обробки та передачі динамічних відео ресурсів для підвищення інформаційної швидкості в процесі їх передачі з використанням інформаційно-телекомунікаційних систем.

4. Провести порівняльну оцінку розроблених методів кодування динамічних відеоресурсів з відомими в умовах інформаційного забезпечення систем управління об'єктами критичної інфраструктури.

Об'єкт дослідження. Процеси підвищення бітової швидкості динамічного відеоресурсу в інформаційно-телекомунікаційних системах.

Предмет дослідження. Методи кодування для підвищення бітової швидкості динамічного відеоресурсу в інформаційно-телекомунікаційних системах.

Методи дослідження. Обґрунтування підвищення якості функціонування систем управління об'єктами критичної інфраструктури з використанням інформаційно-телекомунікаційних систем на основі технологій інформаційного ущільнення базувалося на положеннях теорії оцінки ефективності складних систем. Побудова моделей оцінки інформативності і кодового предста-

влення послідовностей передбачених кадрів організувалася на основі методів теорії інформації та кодування даних з усуненням структурної та статистичної надмірності. Створення методів кодування для підвищення бітової швидкості ДВІР на основі усунення міжкадрової структурної надмірності шляхом виявлення параметрів структурних сплайнів проводилося на основі методів структурного та статистичного аналізу відеопослідовностей. Оцінка адекватності теоретичних і практичних результатів здійснювалася на основі методів математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів дослідження полягає в наступному.

1. Отримала подальше вдосконалення модель оцінки інформативності представлення послідовності передбачених кадрів на основі їх спектрально-диференційованого опису. Характерні відмінності моделі щодо існуючих полягають у оцінці рівня структурно-комбінаторної невизначеності для мільтіадичного простору, який побудовано на базі сукупностей позиційних координат сплайнового опису послідовності диференційованих блоків в спектральному просторі. Це дозволяє створити умови для додаткового скорочення надмірності відеозображень та підвищення ефективності процесу кодування послідовності передбачених кадрів.

2. Вперше розроблено метод структурного нормування фрейм-сплайнових тензорів на основі технології декомпозиції фреймів. Відмінності методу полягають у тому, що: вирівнювання лінійних розмірів фрейм-сплайнових тензорів в залежності від структурно-семантичного контенту блоків Р-В кадрів проводиться на основі принципу структурного генерування допоміжних структурних сплайнів. Це забезпечує підвищення ефективності кодування у напрямку скорочення об'єму бітового потоку динамічного відеоресурсу без втрат його достовірності.

3. Вперше розроблено метод кодування послідовності передбачених відеокадрів на основі формування спектрально-диференційованих блоків. Основні відмінності методу полягають у наступному: обробка послідовностей В-Р кадрів здійснюється в динамічному режимі для позиційних координат їх фрейм-сплайнових тензорів на основі змішаного мільтіадичного кодування. Це забезпечує додаткове підвищення бітової швидкості динамічного відеоресурсу.

4. Удосконалено інформаційну технологію обробки та передачі відеоінформаційного ресурсу. Основні відмінні особливості полягають у тому, що здійснюється інтегрування процесу кодування послідовності передбачених кадрів в фрейм-сплайновому просторі з врахуванням усунення вразливих факторів втрати ефективності процесу обробку динамічних відеоресурсів. Це дозволяє додатково відносно існуючих технологій кодування знизити часові

затримки на доведення динамічного відеоресурсу в умовах збереження потрібного рівня його семантичної цілісності.

Новизна отриманих результатів підтверджується відсутністю в положеннях теорії і практики методів кодування цифрових динамічних відеоресурсів.

Практичне значення одержаних результатів. Інтегрування створеного методу кодування диференційованих блоків в спектральному просторі в інформаційну технологію обробки динамічних відеоресурсів дозволяє:

1. Забезпечити усунення вразливі факторів відносно втрати достовірності та інформаційної ущільненості для удосконаленої ІТОДВ. А саме за рахунок застосування створеної рекурентної технології кодування змінної сукупності позиційних координат в двополюсному змішаному мультіадичному просторі на основі властивості незалежності вагових коефіцієнтів та правила пошарового контролю бітових затрат на двійкове представлення відповідних кодових значень, уникаються:

- випадки переповнення заданої довжини кодової комбінації;
- потреби у додатковому формуванні кількості біт на використання маркерів: розташування послідовностей позиційних координат, для яких формуються кодові значення; розмежувачів між кодовими конструкціями сусідніх сукупностей позиційних координат.

2. Відносно інформаційних технологій ІТОДВ, які використовують стандартизовані методи кодування блоків передбачених кадрів. В умовах забезпечення потрібного рівня достовірності відеоресурсу в залежності від рівня його структурно-семантичної інформативності, що відповідає рівню ПВСШ не менш, ніж 37 – 48 дБ, досягається:

1) підвищення рівня бітової швидкості відеоресурсу в середньому від 17 до 37 %. Це досягається за рахунок:

- додаткового скорочення міжкадрової надмірності з врахуванням: закономірностей в структурі позиційних координат сплайнів в залежності від частотно-спектральної області їх формування; пульсації позиційних координат відносно двох границь їх динамічних діапазонів в змішаному мультіадичному базисному просторі на рівні, який відповідає підвищенню величини коефіцієнта ущільнення в середньому на 22 – 30 %;

- скорочення кількості даних в середньому на 20 – 40 %, які поступають на процес обробки в результаті формування позиційних координат для послідовності не значимих компонент трансформати;

2) доставка динамічного відеоресурсу в реальному часі, з використанням бездротових телекомунікаційних мереж в умовах підвищення рівня повноти інформації з формату FullHD до формату 4K та 8K.

Практична значущість отриманих результатів дисертації підтверджується їх застосуванням при виконанні дослідно-конструкторських робіт в Дер-

жавному науково-дослідному інституті МВС України (акт реалізації від 02.02.2020 р.) та в навчальному процесі Харківського національного університету радіоелектроніки (акт реалізації від 16.10.2020 р.).

Особистий внесок здобувача. Усі положення, які виносяться на захист, отримано автором особисто. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить наступне: в працях [1; 5] - проведено дослідження відносно захисту кодограм до помилок у каналі зв'язку для систем управління об'єктами критичної інфраструктури; в працях [3; 10] - створено структурно-комбінаторний підхід для кодування динамічної послідовності передбачених кадрів на основі представлення сукупностей позиційних координат фрейм-сплайнових тензорів в мультиадичному базисному просторі; в працях [2; 8; 9] - побудовано модель оцінки інформативності структурно-комбінаторного представлення сукупностей позиційних координат фрейм-сплайнових тензорів послідовності передбачених кадрів в мультиадичному базисі; в працях [7; 14; 15] - створено метод структурного нормування одноелементних фрейм-сплайнових тензорів, який базується на вирівнюванні лінійних розмірів його фреймів шляхом декомпозиції параметрів структурних сплайнів; в працях [11; 18; 20] - розроблено метод динамічного кодування декомпонованих позиційних координат фрейм-сплайнового тензору послідовності В-Р кадрів на основі двополюсного змішаного мільтиадичного кодування; в працях [4; 16; 19] – розроблено технологічну концепцію інтегрування створених методів обробки В-Р кадрів в інформаційну технологію обробки та передачі динамічних відео ресурсів; в працях [12; 13; 17] – створено метод оцінки бітової швидкості динамічного відеоресурсу для методу ефективного кодування послідовності передбачених кадрів шляхом представлення їх фрейм-сплайнових тензорів в двополюсному змішаному мультиадичному просторі.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідались і були схвалені на: *Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM'2019)*: 15th IEEE Intern. Conf. (Polyana, Ukraine); *Новітні технології – для захисту повітряного простору*: збірник тез доповідей XV, XVI Міжнар. наук. конф. (Харків, 2019 р., 2020 р.). Харків: ХНУПС; *Наукоємні технології в інфокомунікаціях (HICT'2019)*: III Міжнар. наук.-практ. конф. (Кам'янець – Подільський, 2019 р.); *Advanced Information and Communications Technologies (AICT'2019)*: 3rd Intern. Conf. (Lviv, Ukraine, July 2-6, 2019); *Inżynier XXI wieku. Przetwarzanie, transmisja i bezpieczeństwo informacji*: X Międzynarodowej Konferencji. (Bielsko-Biała, Polska, 11 grudnia, 2019). Bielsko-Biała: Springer, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej; *Advanced Trends in Information Theory (ATIT'2019)*: proceedings of the IEEE Intern. Conf. (Kyiv, Ukraine, December 18-20, 2019). Kyiv; 6-й Всеукраїнській науково-практичній конференції

«Перспективні напрями захисту інформації». Одеса вересня до 6 вересня 2020 року, Одеська національна академія зв'язку і О.С.Попова; *Advanced Trends in Information Theory (ATIT'2020)*: 2nd IEEE Intern. Conf. (Kyiv, Ukraine, November 25-27, 2020). Kyiv; VII International Conference. «Information Technology and Interactions», KYIV, 04 December, 2020, Taras Shevchenko National University of Kyiv.

Публікації. Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковані у 20 наукових працях, серед яких: *одна* колективна монографія у закордонному фаховому виданні, яка індексуються в міжнародній базі Scopus, 8 статей зокрема одна одноосібна стаття, одна стаття у закордонному фаховому виданні, що індексується в міжнародній базі Scopus, 7 статей опубліковано в журналах, які включені до міжнародних науково-метричних баз; один патент на корисну модель. Апробація результатів дисертації відображена у 10 тезах доповідей на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях. Зокрема 4 апробацій на конференціях, які входять до складу міжнародної організації IEEE.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, списку використаної літератури і трьох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 189 сторінок, з них: 32 ілюстрації на 24 сторінках, 5 таблиць на 4 сторінках, список використаної літератури зі 141 джерел на 15 сторінках та три додатки на 11 сторінках. Дисертація написана українською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі доводиться актуальність тематики дисертаційної роботи, обґрунтовується мета, об'єкт та предмет науково-прикладних досліджень, формулюється наукова новизна, практична значимість та достовірність створених результатів. Приводяться відомості про особистий внесок автора дисертаційної роботи у наукових працях, які виконано самостійно та у співавторстві.

У першому розділі обґрунтовується те, що для удосконалення ІТОДВ необхідно використовувати технологічний підхід, що базується на обробці послідовності кадрів ДВІР з використанням структурно-комбінаторного підходу та врахування наявності значної кількості відповідної міжкадрової надмірності.

Для вирівнювання балансу між пропускнуою спроможністю та потрібним рівнем інформаційної швидкості відеоресурсу використовуються інформаційні технології їх обробки. Основним кількісним показником оцінки їх ефективності є реальна усереднена інформаційна швидкість ДВІР, який передається з використанням ІТКС, в умовах його інформаційного ущільнення

$$U(K)_{\text{real}} = \frac{\sum_{\tau=1}^{\nu_1} \sum_{\chi=1}^{W(K)_{\text{ряд}}/w} \sum_{\gamma=1}^{W(K)_{\text{стов}}/w} (d_0 / d(\tau; \chi; \gamma)_{\text{ec}})}{\nu_1 W(K)_{\text{ряд}} \cdot W(K)_{\text{стов}} / w^2} \cdot U_c. \quad (1)$$

Тут d_0 кількість біт на представлення пікселя кадру; $d(\tau; \chi; \gamma)_{\text{ec}}$ - інформаційна щільність для $(\chi; \gamma)$ -го блоку τ -го кадру, біт/піксель; $w \cdot w$ - розмір блоку; $W(K)_{\text{ряд}} \cdot W(K)_{\text{стов}}$ - формат кадру; ν_1 - частота кадрів.

Оцінка значення реальної інформаційної швидкості кодового відеоресурсу в процесі його передачі з використанням різних бездротових телекомунікаційних технологій показала, що вона значно знижується у випадку забезпечення необхідного рівня достовірності та повноти інформації. Звідки виникають часові затримки T_3 щодо доставки кодового відеоресурсу з використанням існуючих інформаційних технологій його обробки, які сягають від декількох секунд до десятків хвилин. Такій ситуації сприяє множина системних недоліків, що закладені для існуючих стандартизованих інформаційних технологій сімейства H26*. В тому числі те, що: їх подальший розвиток обмежується модифікацією лише відомих підходів відносно існуючих технологій скорочення надмірності. Звідси *мета досліджень* полягає в створенні методу ефективного кодування для підвищення бітової швидкості $U(K)_{\text{real}}$ динамічного відеоресурсу в процесі його передачі з використанням бездротових ІТКС пропускнуою спроможністю U_c до рівня коли задовольняються потреби відносно величини $U(K)_{\text{nes}}$ бітової швидкості, які задаються особливостями послуг надання відеосервісів, тобто: $U(K)_{\text{real}} = k_{\text{id}} \cdot U_c \geq U(K)_{\text{nes}}$ в умовах досягнення необхідного рівня h_{nes} достовірності, повноти η_0 динамічної відеоінформації та зниження часу T_c її доставки: $h_{\text{real}} \geq h_{\text{nes}}$; $K \rightarrow \eta_0$; $T_c \rightarrow \min$. Тут h_{real} , h_{nes} - значення метрики достовірності за ПВСШ, що відповідає реальному та необхідному рівням; K - коефіцієнт, який визначає формат відеокадру, для якого досягається необхідне значення роздільної здатності η_0 ; k_{id} - коефіцієнт інформаційного ущільнення кодового ДВІР.

Другий розділ дисертації присвячено обґрунтуванню підходу до кодування послідовності передбачених кадрів для підвищення ефективності функціонування інформаційної технології обробки та передачі динамічного відеоресурсу; створенню моделі оцінки інформативності структурно-комбінаторного представлення послідовності передбачених кадрів динамічного відеоресурсу.

Ключовим етапом існуючих ІГОДВ є кодування послідовності трансформованих блоків. Для цього для $(\chi; \gamma)$ -го ТД-блоку τ -го кадру в КТ-

структурі на основі використання базису виділення значимих компонент $z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ (спектральна координата) та відповідно довжин $\ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ послідовностей незначущих компонент ТД-блока (позиційна координата) будуються сплайнові структури $S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$. Це задається виразом:

$$S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma} = \{\ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}; z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}\}.$$

Відповідно для окремого $(\chi; \gamma)$ -го ТД-блоку $Y(\tau)_{\chi, \gamma}^{(1)}$ формується сукупність сплайнів $S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$, що позначається як фрейм. Це описується як:

$$Y(\tau)_{\chi, \gamma}^{(1)} = S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma} = \{S(\tau; \delta)_{1, \chi, \gamma}; \dots; S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}; \dots; S(\tau; \delta)_{U(\tau, \chi, \gamma), \chi, \gamma}\}. \quad (2)$$

Тут $U(\tau, \chi, \gamma)$ - кількість ССНП для $(\chi; \gamma)$ -го ТД-блоку τ -го кадру.

З врахуванням чого вагомою складовою послідовності В-Р кадрів в спектральному просторі є фрейм-сплайнова тензорна структура S_{T-1} , що описується формулою: $S_{T-1} = \{S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}\}$, або $S_{T-1} = \{S(\tau)\}$. Кожний її зріз в межах окремого кадру представляє собою сукупність фреймів $S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$, $S(\tau) = \{S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}\}$. Навпаки зріз за часом τ утворює динамічний фрейм-сплайновий тензор $S(T-1)_{\chi, \gamma}$, який задається співвідношенням:

$$S(T-1)_{\chi, \gamma} = \{S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}\}, \quad \tau = \overline{2, T}. \quad (3)$$

Кожна фрейм сплайнова структура $S(T-1)_{\chi, \gamma}$ складається з двох компонент, тобто сукупність позиційних $L(T-1)_{\chi, \gamma}$ та спектральних $Z(T-1)_{\chi, \gamma}$ координат. При цьому найбільш вразливою в плані зменшення ефективності обробки відеоресурсу є кодування сукупності позиційних координат. Це обумовлено наявністю залежності рівня інтенсивності бітового опису кодovаних сукупностей позиційних координат від показника статистичної-ймовірнісної невизначеності та необхідністю додаткового залучення маркерних кодових слів. Для усунення цих недоліків пропонується використовувати структурно-комбінаторний підхід для кодування динамічної сукупності позиційних координат фрейм-сплайнових тензорів. В цьому випадку їх окремі стовбці інтерпретуються як послідовності в мультиадичному просторі, зміна значень елементів яких має закономірності на відповідні динамічні діапазони.

Переваги такого підходу полягають в тому, що: враховуються структурні закономірності стосовно нерівномірності та обмеженості динамічних діапазонів позиційних координат; локалізується лавиний ефект розповсюдження помилок в процесі реконструкції послідовностей В-Р кадрів; досягається врахування міжблочних структурних закономірностей.

Визначення інформативності $V(T-1)_{\ell}^{(\chi,\gamma)}$ та кількості $\overline{N(T-1)}_{\ell}^{(\chi,\gamma)}$ надмірності, яка визначає зменшення рівня об'єму бітового представлення відеоресурсу задається відповідними співвідношеннями:

$$\overline{N(T-1)}_{\ell}^{(\chi,\gamma)} = (1 - V(T-1)_{\ell}^{(\chi,\gamma)} / V(Y(T-1)_2^{(1)})_{\text{beg}}) \cdot 100\%; \quad (4)$$

$$V(T-1)_{\ell}^{(k,\ell)} = ((U(\tau, \chi, \gamma) - 1) \cdot (T-1) [\ell \log_2 (\ell'(\delta)_{u,\chi,\gamma}^{(\max)} - \ell'(\delta)_{u,\chi,\gamma}^{(\min)} + 1)] + 1). \quad (5)$$

Тут $V(T-1)_{\ell}^{(\chi,\gamma)}$ - максимальна бітова інтенсивність компактного представлення сукупності $L(T-1)_{\chi,\gamma}$ позиційних координат ОФС-тензору для заданих значень динамічних діапазонів $\overline{d(\ell)}_u^{(\chi,\gamma)}$; $V(Y(T-1)_2^{(1)})_{\text{beg}}$ - рівень інформативності представлення послідовності ТД-блоків для початкового опису. Відповідні оцінки дозволяють стверджувати те, що кількість надмірності, яка потенційно може бути скорочена, знаходиться в межах від 17 до 27%. Отже створюються умови для підвищення ефективності процесу обробки послідовності передбачених кадрів.

Таким чином, створено структурно-комбінаторний підхід та модель оцінки інформативності для кодування динамічної послідовності передбачених кадрів на основі представлення сукупностей позиційних координат фрейм-сплайнових тензорів в мультиадичному базисному просторі.

У третьому розділі дисертаційної роботи основна увага приділяється розробці методу динамічного кодування декомпонованих позиційних координат фрейм-сплайнового тензору послідовності В-Р кадрів, та технологічної концепції його інтегрування в інформаційну технологію обробки та передачі динамічних відеоресурсів.

Для додаткового підвищення бітової швидкості та зменшення часових затримок на доставку ДВІР пропонується здійснювати ефективне динамічне блочне кодування сукупності позиційних координат фрейм-сплайнового тензору в змішаному мультиадичному просторі. Послідовність етапів має наступний вигляд.

На першому технологічному етапі здійснюється структурне нормування одноелементних фрейм-сплайнових тензорів $S'(T-1)_{\chi,\gamma}$. Суть методу кроється у декомпозиції параметрів структурних сплайнів, які мають максимальні значення позиційних координат. В цьому випадку з початку знаходяться опорні сплайни $S(\tau; \delta; \max)_{\xi, \chi, \gamma}$. Визначаються максимальний лінійний розмір $U(\chi, \gamma)$ серед фреймів $S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$, $U(\chi, \gamma) = \max_{2 \leq \tau \leq T} \{U(\tau, \chi, \gamma)\}$. Після чого знаходиться розташування ξ

позиційної координати $\ell(\tau; \delta)_{\xi, \chi, \gamma}$ у фреймі $S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$ для якої виконується умова:

$$\ell(\tau; \delta)_{\xi, \chi, \gamma} = \ell(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\max)}; \quad \ell(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\max)} = \max_{1 \leq u \leq U(\tau, \chi, \gamma), \chi, \gamma} \{ \ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma} \}.$$

Потім здійснюється **генерування** допоміжних сплайнів шляхом структурного розкладу максимальних значень позиційних координат. Тут оцінюється кількість $\Delta U(\tau, \chi, \gamma)$ допоміжно-згенерованих структурних сплайнів нульового порядку для $(\tau; \chi; \gamma)$ -го фрейму $S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$, $\Delta U(\tau, \chi, \gamma) = U(\chi, \gamma) - U(\tau, \chi, \gamma)$. Надалі проводиться перерахунок значень $\ell'(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma}$ позиційної координати опорного структурного сплайну $S'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$, що задається виразом:

$$\ell'(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma} = \begin{cases} \ell(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma}, & \rightarrow u' \leq \xi - 1; \\ \ell(\tau; \delta)_{\xi, \chi, \gamma} - \overline{\ell(\tau; \delta)_{\xi, \chi, \gamma}} \cdot \Delta U(\tau, \chi, \gamma), & \rightarrow u' = \xi \ \& \ \alpha = 0; \\ \left[\frac{\max_{1 \leq u \leq U(\tau, \chi, \gamma), \chi, \gamma} \{ \ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma} \}}{\Delta U(\tau, \chi, \gamma)} \right] \rightarrow u' = \xi + \alpha \ \& \ \alpha = \overline{1, \Delta U(\tau, \chi, \gamma)}; \\ \ell(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma}, & \rightarrow u' = u + \Delta U(\tau, \chi, \gamma), \ u \geq \xi + 1. \end{cases}$$

Це дозволяє вирівнювати довжин стовбців сукупності позиційних координат в процесі їх блочного кодування та усунення необхідності використання додаткових службових даних.

Наступний етап обумовлено необхідністю виявлення закономірностей для позиційних координат з врахуванням їх розташування у фреймі відносно частотної області трансформованого блоку. Для цього будується змішаний мультіадичний простір $G(\ell)_u^{(\chi, \gamma)} = \{ g(\ell)_u^{(\chi, \gamma)} \}$. Це задається такими системами виразів:

$$g(\ell)_u^{(\chi, \gamma)} = \begin{cases} d(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}, \\ \rightarrow d(\ell)_u^{(\chi, \gamma)} \rightarrow 0; \\ \frac{d(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}}{\overline{d(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}}}, \\ \rightarrow \ell'(\delta)_{u', \chi, \gamma}^{(\min)} \rightarrow \gg \gg \gg 1; \end{cases} \quad \rho(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma} = \begin{cases} \ell'(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma}, \\ \rightarrow g(\ell)_u^{(\chi, \gamma)} = d(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \\ \ell'(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma} - \ell'(\delta)_{u', \chi, \gamma}^{(\min)}, \\ \rightarrow g(\ell)_u^{(\chi, \gamma)} = \overline{d(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}}. \end{cases}$$

Суть якого полягає в тому, що для позиційних координат фреймів, які - описують низькочастотну область блоку враховуються верхні обмеження

динамічного діапазону; - навпаки для високочастотних областей - додатково враховуються обмеження на нижню границю динамічного діапазону.

В теж час можливі ситуації пульсації позиційних координат відносно двох границь їх динамічних діапазонів в змішаному мультіадичному базисному просторі. Це може призвести до наявності кодової надмірності, яка не буде скорочена. Для виключення таких умов пропонується здійснювати виявлення структурних обмежень одночасного за двома напрямками відносно границь динамічних діапазонів. Тоді організується представлення позиційних координат як елементів $\Delta\rho(\tau;\delta)_{u',\chi,\gamma}$ блоку

$L'(T-1)_{\chi,\gamma}$ в умовах врахування двох варіантів початку індексування, а саме:

$$\Delta\rho(\tau;\delta)_{u',\chi,\gamma} = |\rho(\tau;\delta)_{u',\chi,\gamma} - (g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)} - 1) \times (1 - \text{sign}(1 + \text{sign}((g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)} - \rho(\tau;\delta)_{u',\chi,\gamma} - 1) - \rho(\tau;\delta)_{u',\chi,\gamma})))|.$$

Після чого, формується кодове значення $E(L'(\tau;\delta)_{\chi,\gamma})$ одночасно в дво-полюсному режимі з адаптивним врахуванням пульсації елементів відносно границь динамічного діапазону змішаного мультіадичного базисного простору:

$$E(L'(\tau;\delta)_{\chi,\gamma}) = \sum_{u'=1}^{U(\chi,\gamma)} \Delta\rho(\tau;\delta)_{u',\chi,\gamma} \prod_{k=u'+1}^{U(\chi,\gamma)} g(\ell)_k^{(\chi,\gamma)} \cdot \Delta Q(\Delta\rho(\tau;\delta)_{k,\chi,\gamma}).$$

Утворення змінної складової $\Delta Q(\Delta\rho(\tau;\delta)_{k,\chi,\gamma})$ вагового коефіцієнту визначається наступним функціоналом, а саме:

$$\Delta Q(\Delta\rho(\tau;\delta)_{k,\chi,\gamma}) = F(u'; \omega; (\omega - u'); D(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}; \overline{D(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}})$$

Розглянемо розробку технологічної концепції інтегрування створених методів кодування В-Р кадрів в інформаційну технологію обробки динамічних відеоресурсів.

Тут потрібно забезпечити додаткове збільшення бітової швидкості відеоресурсу в умовах збереження потрібного рівня його достовірності. В теж час, в процесі кодування можуть виникати вразливі фактори відносно втрати інформації та внесення надлишкових бітових затрат. Для уникнення таких вразливостей розробляється технологічна концепція інтегрування створених методів в інформаційну технологію обробки відеоресурсів, яка представлена на рис. 1.

Вона стосується створення рекурентної технології кодування змінної сукупності позиційних координат фрейм-сплайнового тензору в двопольсному змішаному мультіадичному просторі на основі властивості незалежності вагових коефіцієнтів.

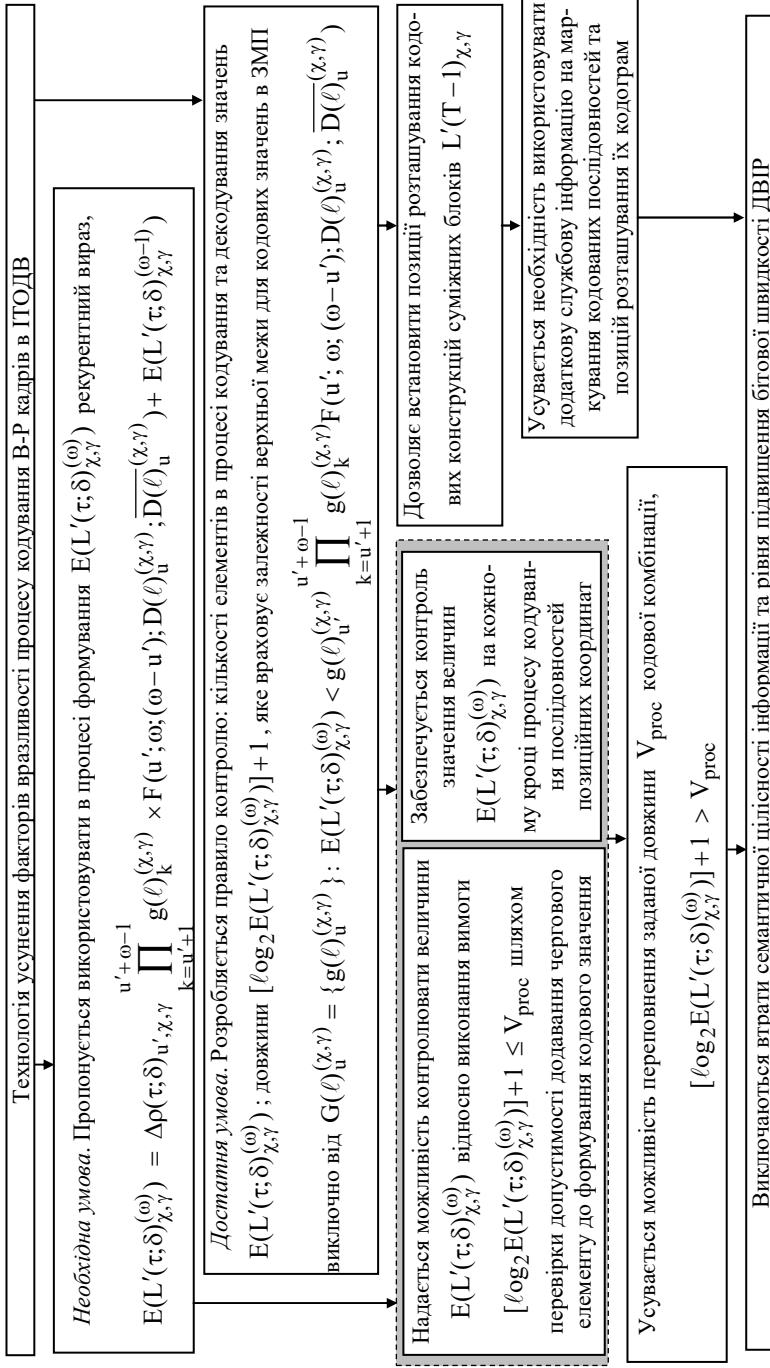


Рисунок 1. – Схема усунення вразливих факторів щодо втрати ефективності функціонування інформаційної технології обробки та передачі динамічного відеоресурсу

Це необхідна умова для контролю кодових значень та уникнення переповнення машинного коду. Достатня умова для уникнення необхідності додаткового використання маркерних розміщувачів полягає у застосуванні правила контролю: кількості елементів в процесі кодування та декодування кодових значень й формування відповідних кодограм.

Таким чином, розроблено метод кодування нормованого фреймсплайнового тензору послідовності В-Р кадрів на основі двополосного змішаного мільтіадичного кодування в напрямку їх фреймів з врахуванням: виявлення структурних обмежень одночасного за двома напрямками відносно границь динамічних діапазонів. Побудовано технологічну концепцію інтегрування створених методів обробки В-Р кадрів в інформаційну технологію обробки та передачі динамічних відео ресурсів.

У четвертому розділі дисертаційної роботи наводиться порівняльна оцінка за рівнем підвищення бітової швидкості ДВІР для розробленого методу та існуючих стандартизованих ІГОДВ.

Порівняльну оцінку бітових швидкостей будемо здійснювати для існуючих технологій сімейства H26* у разі використання для них стандартизованих статистичних кодів та з врахуванням інсталяції створеного методу кодування сукупностей позиційних координат. Початкові дані для проведення експерименту наступні. Розмір формату кадрів відповідає форматам FullHD, 4K та 8K. Частота кадрів від 15 до 30 кадрів/с. Довжина кадр-тензору дорівнює 8 с одним базовим кадром, який розташовано на початку послідовності. Відповідно оцінки наведені у вигляді графіків на рис. 2., 3.

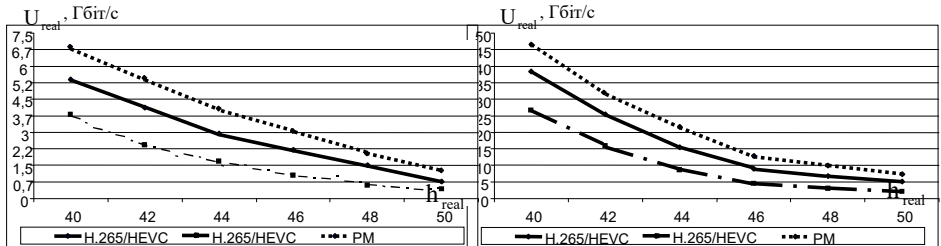


Рисунок 2 – Графіки залежності U_{real} від h_{real} у разі використання технології WiFi

Рисунок 3 – Графіки залежності U_{real} від h_{real} у разі використання технології LTE-A

Дослідження графіків, приведених на рис. 2, 3 дозволяє стверджувати наступне. Відносно інформаційних технологій ІГОДВ, які використовують стандартизовані методи кодування блоків передбачених кадрів в умовах забезпечення потрібного рівня достовірності відеоресурсу в залежності від рівня його структурно-семантичної інформативності, що відповідає рівню ПВСШ не менш, ніж 37 – 48 дБ, для розробленого методу (PM) досягається

підвищення рівня бітової швидкості відеоресурсу в середньому від 17 до 37 %. Це досягається за рахунок:

- додаткового скорочення міжкадрової надмірності з врахуванням: закономірностей в структурі позиційних координат сплайнів в залежності від частотно-спектральної області їх формування; пульсації позиційних координат відносно двох границь їх динамічних діапазонів в змішаному мультіадичному базисному просторі на рівні, який відповідає підвищенню величини коефіцієнта ущільнення в середньому на 22 – 30 %;

- скорочення кількості даних в середньому на 20 – 40 %, які поступають на процес обробки в результаті формування позиційних координат для послідовності не значимих компонент трансформати.

Таким чином, інсталяція розроблених методів для стандартизованих ІТОДВ, а саме методу кодування сукупностей позиційних координат фрейм-сплайнових тензорів досягається доставка ДВІР в системах управління ОКІФ в реальному часі з використанням бездротових ІТКС, а також забезпечується можливість для збільшення рівня інформаційної повноти для заданного рівня часових затрат на передачу ДВІР.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну *науково-прикладну задачу*, яка полягає у підвищенні бітової швидкості динамічного відеоресурсу в *інформаційно-телекомунікаційних системах* в процесі управління об'єктами критичної інфраструктури. Створено метод підвищення бітової швидкості ДВІР на основі ефективного кодування послідовності передбачених кадрів шляхом представлення їх нормованих фрейм-сплайнових тензорів в двополюсному змішаному мультіадичному просторі.

Основними науковими результатами, що отримано в дисертації, є наступні.

1. Побудовано модель оцінки інформативності структурно-комбінаторного представлення сукупностей позиційних координат фрейм-сплайнових тензорів послідовності передбачених кадрів в мультіадичному базисі з врахуванням неоднорідності структурних властивостей за напрямком стовбців сукупностей позиційних координат фрейм-сплайнового тензору.

2. Створено метод структурного нормування одноелементних фрейм-сплайнових тензорів, який базується на вирівнюванні лінійних розмірів його фреймів шляхом декомпозиції параметрів структурних сплайнів, які мають максимальні значення позиційних координат.

3. Розроблено метод динамічного кодування декомпонованих позиційних координат фрейм-сплайнового тензору послідовності В-Р кадрів на основі двополюсного змішаного мультіадичного кодування в напрямку їх фреймів з врахуванням: виявлення структурних обмежень одночасного за двома напрямками відносно границь динамічних діапазонів; адаптивним вра-

хуванням структурних особливостей позиційних координат сплайнів в залежності від спектрально-частотної області їх формування.

4. Розроблено технологічну концепцію інтегрування створених методів обробки В-Р кадрів в інформаційну технологію обробки та передачі динамічних відео ресурсів.

Основними практичними результатами роботи є те, що для розробленого методу в умовах його інсталяції до ІТОДВ досягається:

1. Усунення вразливих факторів відносно втрати достовірності та інформаційної ущільненості для удосконаленої ІТОДВ, а саме: випадків переповнення заданої довжини кодової комбінації; потреби у додатковому формуванні кількості біт на використання маркерів: розташування послідовностей позиційних координат, для яких формуються кодові значення; розмежувачів між кодовими конструкціями сусідніх сукупностей позиційних координат.

2. Підвищення рівня бітової швидкості відеоресурсу в середньому від 17 до 37 %. Це забезпечується за рахунок додаткового скорочення міжкадрової надмірності з врахуванням: закономірностей в структурі позиційних координат сплайнів в залежності від частотно-спектральної області їх формування; пульсації позиційних координат відносно двох границь їх динамічних діапазонів в змішаному мультіадичному базисному просторі на рівні, який відповідає підвищенню величини коефіцієнта ущільнення в середньому на 22 – 30 %.

Достовірність отриманих результатів підтверджується: адекватністю результатів експериментальних і теоретичних досліджень щодо оцінювання рівня бітової швидкості ДВІР в умовах заданого рівня їх достовірності та повноти, на основі програмної реалізації і математичної моделі; сумісністю процесу інтегрування розроблених методів в апробовані стандартизовані інформаційні технології.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Barannik V., Parkhomenko M., Azatov A., Tupytsya I., Pershin A., Gurzhii P., Shaikhanova A., Karpiński M. The concept of a quantitative sign formation for the internal restructuring of information resource data. *Przetwarzanie, transmisja i bezpieczeństwo informacji' 2020, Monograph*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, 11 grudnia 2020, pp.41-52. (**Scopus**)

2. Бараннік Н.В., Пархоменко М.В. Бабенко Ю.М., Жуйков Д.Б., Ерошенко В.П., Піскун Я.А. Метод підвищення ефективності розмежування доступу до автоматизованих систем управління спеціального призначення // *Радиоэлектроника и информатика*. 2019. №4. С. 34–37.

3. V. Barannik, M. Parkhomenko, O. Yudin, A. Sorokun, V. Himenko: Development of a Method of Encoding a Significant Coordinate Brightness Component of a Video Image. *CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)*, Aachen,

Germany, ISSN 1613-0073, August 19, 2020, Vol-2654, pp.194-203, online CEUR-WS.org/Vol-2654/paper15.pdf.. **(Scopus)**.

4. Бараннік В.В., Пархоменко М.В., Хаханова А.В., Бараннік Н.В. Технологія кодування послідовності фрейм-сплайнових тензорів для підвищення ефективності обробки динамічного відеоресурсу // *Радиоелектроника и информатика*. 2020. №2. С. 34–42.

5. Бараннік В.В., Пархоменко М.В., Гаврилов Д.С., Ерошенко В. Можливість застосування методів арифметичного кодування в системах криптографічного захисту інформації / *Безпека інформації*. – 2020. №3. С. 156 – 167.

6. Пархоменко М.В. Метод кодування позиційних координат фрейм-сплайнового тензору в змішаному мультіадичному просторі // *Наукоємні технології*. – 2020. №4. С. 22 – 30.

7. Бараннік В.В., Пархоменко М.В., Бараннік Н.В., Хаханова Г.В. Метод кодування послідовності кадрів для забезпечення доступності та цілісності динамічного відеоресурсу // *Захист інформації*. – 2020. №4. С. 35 – 44.

8. Пархоменко М.В., Мусієнко О.П., Тупиця І.М., Коломієць В.Д., Бойко Б.І. Розробка імітаційної моделі оцінки методу захисту каналів командно-телеметричної інформації від інформаційної протидії противника. *Системи озброєння і військова техніка*. - 2020. № 4(64). С. 101-106.

9. Barannik N.V., Parkhomenko M.V., Slobodyanyuk A.V., Nahanova G.V., Himenko V.V. A method of code of sequence of shots is for providing of availability and integrity of dynamic videoresource // *Радиоелектроника и информатика*. 2020. №3. С. 19–25.

10. Бараннік В.В., Пархоменко М.В., Бараннік Д.В. та інш. Спосіб нерівновагового позиційного кодування для зменшення інформаційної інтенсивності відеопотоку, Н03М 7/30, Н03М 13/00. Патент на корисну модель UA 144599 U України, № u 2020 0296, заявл. 18.05.2020, опубл. 12.10.2020, Бюл. № 19/2020.

11. Barannik V., Parkhomenko M., Tupitsya I., Dodukh O., Barannik V. The Clustering Method to the Information Resource Data According to the Sign of the Number of Series of Units as a Tool to Improve the Statistical Coding Efficiency. *Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM'2019)*: 15th IEEE Intern. Conf. (Polyana, Ukraine, 26 February - 2 March). Polyana, 2019. P. 32-35. **(Scopus)**

12. Пархоменко М. В. Особливості застосування засобів автоматизації під час використання літаків винищувальної авіації. *Новітні технології – для захисту повітряного простору*: збірник тез доповідей XV Міжнар. наук. конф. (Харків, 10-11 квіт. 2019 р.). Харків: ХНУПС, 2019. С. 73-74.

13. Бараннік В. В., Пархоменко М.В., Фустій В. С. Оцінка ефективності методів маскування аерофотографій. *Наукоємні технології в інфокомунікаціях (НІСТ'2019)*: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. (Кам'янець – По-

дільський, 23-25 трав. 2019 р.). Кам'янець – Подільський: ХНУПС, КПНУ, ХНУРЕ, 2019. С. 24-25.

14. Barannik V., Parkhomenko M., Barannik D., Fustii V. Evaluation of Effectiveness of Masking Methods of Aerial Photographs. *Advanced Information and Communications Technologies (AICT'2019)*: 3rd Intern. Conf. (Lviv, Ukraine, July 2-6, 2019). Lviv, 2019. P. 415-418. (Scopus)

15. Barannik V., Parkhomenko M., Barannik D., Gurzhi P., Karpinski M., Shaikhanova A., Piotrkowska-Kasolik K. The method of encoding video information systems based on the identification of structural dependencies in the key frames *Inżynier XXI wieku. Przetwarzanie, transmisja i bezpieczeństwo informacji*: X Międzynarodowej Konferencji. (Bielsko-Biała, Polska, 11 grudnia, 2019). Bielsko-Biała: Springer, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, P. 78-89. (Scopus)

16. Barannik V., Parkhomenko M., Ryabukha Y., Sorokun A., Hahanova A., Dodukh O. Developing a Method of Composing Key Components of a Video Image Based on the Integration of their Code Structures. *Advanced Trends in Information Theory (ATIT'2019)*: proceedings of the IEEE Intern. Conf. (Kyiv, Ukraine, December 18-20, 2019). Kyiv. 2019. P. 31-35. (Scopus)

17. Пархоменко М. В., Пауль Р.І. Удосконалення методу виявлення кібератак на інформаційно-телекомунікаційну мережу Повітряних Сил з врахуванням дестабілізуючих факторів в умовах ведення бойових дій. *Новітні технології – для захисту повітряного простору*: збірник тез доповідей XVI між нар. наук. конф. (Харків, 15-16 квіт. 2020 р.). Харків: ХНУПС, 2020. С. 388-389.

18. Пархоменко М.В., Хаханова Г.В. Метод ефективного кодування відеоінформаційного ресурсу в інформаційно-телекомунікаційній мережі 6-й Всеукраїнській науково-практичній конференції «Перспективні напрями захисту інформації». Одеса вересня до 6 вересня 2020 року, Одеська національна академія зв'язку і О.С.Попова. – С. 32 – 34.

19. Parkhomenko M., Yudin O., Hahanova A., Pchelnikov S., Shmakov V., Shaigas O. Method of encoding binary structures of stationary component of video stream. *Advanced Trends in Information Theory (ATIT'2020)*: 2nd IEEE Intern. Conf. (Kyiv, Ukraine, November 25-27, 2020). Kyiv. 2020. (Scopus)

20. Barannik V., Parkhomenko M., Babenko Yu., Shulgin S. Video encoding to increase video availability in telecommunication systems. VII International Conference. «Information Technology and Interactions», KYIV, 04 December, 2020, Taras Shevchenko National University of Kyiv. – С. 323 – 325.

АНОТАЦІЯ

Пархоменко М.В. Метод кодування для підвищення біткової швидкості динамічного відеоресурсу в інформаційних системах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. – Національний авіаційний університет, Київ, 2021.

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-прикладна задача щодо підвищення бітової швидкості динамічного відеоресурсу в інформаційно-телекомунікаційних системах в процесі управління об'єктами критичної інфраструктури.

Виявлено проблемні недоліки існуючих концепцій побудови стандартизованих ІТОДВ. Проведено обґрунтування того, що для удосконалення ІТОДВ пропонується використовувати технологічний підхід, який базується на обробці послідовності кадрів ДВІР з використанням структурно-комбінаторного підходу, який враховує наявність значної кількості відповідної міжкадрової надмірності. Надаються основні складові побудови моделі оцінки інформативності структурно-комбінаторного представлення сукупностей позиційних координат фрейм-сплайнових тензорів послідовності передбачених кадрів в мультіадичному базисі. Викладається розробка методу динамічного кодування декомпонованих позиційних координат фрейм-сплайнового тензору послідовності В-Р кадрів на основі двополосного змішаного мультіадичного кодування в напрямку їх фреймів з врахуванням: виявлення структурних обмежень одночасного за двома напрямками відносно границь динамічних діапазонів. Надаються основні етапи створення технологічної концепції інтегрування методів обробки В-Р кадрів в інформаційну технологію обробки та передачі динамічних відео ресурсів.

Ключові слова: динамічний відеоресурс; інформаційна швидкість; послідовність передбачених кадрів; структурно-комбінаторна надмірність; диференційовано-спектральний опис; фрейм-сплайнові тензори; сукупність позиційних координат; змішаний мультіадичний простір.

АННОТАЦІЯ

Пархоменко М.В. Метод кодирования для повышения битовой скорости динамического видеоресурса в информационных системах. – Рукопись.

Дисертація на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 - телекоммуникационные системы и сети. – Национальный авиационный университет, Киев, 2021.

В диссертационной работе решена актуальная научно прикладная задача относительно повышения битовой скорости динамического видеоресурса в информационно-телекоммуникационных системах в процессе управления объектами критической инфраструктуры.

Обоснованна важность применения концепции дистанционного видеоинформационного обеспечения с использованием стационарных и мобильных технологических платформ для систем управления объектами критической инфраструктуры. Показано, что в процессе информационного обеспече-

ния систем управления объектами КИФ возникает противоречие между с одной стороны требованиями относительно качества предоставления динамических видеосервисов в дистанционном режиме, а с другой стороны ограниченными пропускными способностями современных беспроводных ИТКС. Обнаружены проблемные недостатки существующих концепций построения стандартизированных ИТОДВ. Проведено обоснование того, что для усовершенствования ИТОДВ предлагается использовать технологический подход, который базируется на обработке последовательности кадров ДВИР с использованием структурно-комбинаторного подхода, который учитывает наличие значительного количества соответствующей межкадровой избыточности.

Утверждает необходимость представления последовательности предсказанных кадров в виде совокупности фрейм-сплайновых тензоров, которые состоят из динамической последовательности совокупности параметров структурных сплайнов спектрально-дифференцированных блоков. Изложены основные этапы создания структурно-комбинаторного подхода для кодирования динамической последовательности предсказанных кадров на основе представления совокупности позиционных координат фрейм-сплайновых тензоров в мультиадическом базисном пространстве. Предоставляются основные составляющие построения модели оценки информативности структурно-комбинаторного представления совокупности позиционных координат фрейм-сплайновых тензоров последовательности предсказанных кадров в мультиадическом базисе.

Излагается разработка метода динамического кодирования декомпозиционных позиционных координат фрейм-сплайнового тензора последовательности В-Р кадров на основе двухполосного смешанного мультиадического кодирования в направлении их фреймов с учетом: выявление структурных ограничений одновременного по двум направлениям относительно границ динамических диапазонов. Предоставляются основные этапы создания технологической концепции интегрирования методов обработки В-Р кадров в информационную технологию обработки и передачи динамических видеоресурсов.

Ключевые слова: динамический видеоресурс; информационная скорость; последовательность предсказанных кадров; структурно-комбинаторная избыточность; дифференциально-спектральное описание; фрейм сплайновый тензор; совокупность позиционных координат; смешанное мультиадическое пространство.

ANNOTATION

Parkhomenko M.V. Method for increasing encoding bit rate of dynamic video resource in information and telecommunication systems. – Manuscript.

Ph.D. thesis on specialty 05.12.02 – Telecommunication Systems and Networks. – National Aviation University, Kiev, 2021.

In the dissertation, an actual scientific and applied task is solved to increase the bit rate of dynamic video resources in information and telecommunication systems in the process of managing the objects of critical infrastructure.

The importance of applying the concept of remote video information support using stationary and mobile technological platforms for the management systems of critical infrastructure objects is substantiated. It is shown that in the process of information provision of objects management systems KIF There is a contradiction between the following requirements for the quality of provision of dynamic video service in distance mode, and on the other hand, limited throughput capabilities of modern wireless ICS. The necessity of representing the sequence of predicted frames in the form of aggregates of frames-spline tensors, consisting of a dynamic sequence of aggregates of the parameters of structural splines of spectral-differentiated blocks, is argued. The main stages of creation of a structural-combinator approach for encoding the dynamic sequence of predicted personnel are described on the basis of representation of aggregates of positional coordinates of frame-plot tensors in multi layer base space. The main components of the construction of the model assessment of the structural-combinatorial representation of the positions of positional coordinates of the frame-plot of the sequence of predicted personnel in a multi layer space are provided. The development of the method of dynamic coding of decomposed positional coordinates of the glovial tensor of the sequence is described B-P frames based on a two-pole mixed milthy encoding in the direction of their frames, taking into account: the detection of structural constraints simultaneously in two directions relative to the boundaries of dynamic ranges. The main stages of creation of the technological conception of integration of processing methods are taught B-P frames in information technology processing and transferring dynamic video resources.

Keywords: dynamic video resource; information speed; predicted frames sequence; structural-combinatorial redundancy; differential-spectral description; frame spline tensor; a set of positional coordinates; mixed multiadic space.