

Міністерство освіти та науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Міністерство освіти та науки України
Черкаський державний технологічний університет

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МЕДВЕДЄВ ДЕНИС ОЛЕГОВИЧ

Прим.№

УДК 621.391.2:004.9

ДИСЕРТАЦІЯ

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

05.13.06 – інформаційні технології

Подається на здобуття наукового ступеня кандидат технічних наук
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Д.О. Медведєв

Науковий керівник Бараннік Володимир Вікторович
доктор технічних наук, професор

Харків – 2019

АНОТАЦІЯ

Медведєв Д.О. Метод ефективного кодування відеокадрів для підвищення продуктивності інформаційних систем. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.06 – «Інформаційні технології». – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2019, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, 2019.

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.

В роботі отримана 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 необхідної інформаційної інтенсивності відеоданих, що відповідають заданим характеристикам відеоінформаційних сервісів. Одним, з базових напрямків, в рішенні зазначеного завдання, є зниження інформаційної інтенсивності відеоданих за рахунок ефективного кодування відеокадрів.

У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання, яке полягає в необхідності зниження інформаційної інтенсивності відеоданих для підвищення продуктивності функціонування інформативних систем із заданою

якістю відеосервісу. Основні результати роботи полягають в розвитку методу виділення ключовій інформації на основі попередньої трансформації відеокадру.

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.

Ідентифікація ключової інформації фрагментів відеокадру здійснюється на основі адаптивного вибору кількості низькочастотних складових трансформанти залежно від градації інтегрованого показника енергетичної насиченості по високочастотних компонентах.

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

Розроблений метод ефективного синтаксичного кодування відеокадрів на основі проведення диференційованої обробки фрагментів трансформованого відеокадру залежно від рівня наявності ключової інформації; того, що обробка ключової інформації здійснюється з врахуванням збереження необхідного рівня достовірності з використанням динамічних контурів кодування з псевдовипадковою зміною параметрів коду; того, що 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 інформаційних систем в умовах необхідного рівня достовірності інформації.

Запропоновано розширити можливості застосування надлишкового кодування відеоінформаційних системах, для чого контур кодування доцільно використовувати у динамічному режимі функціонування (ДКК), коли основні параметри коду (незалежні) змінюються з плином часу за законом, пророкування якого ускладнено. Це дозволить в значній мірі підвищити кодову стійкість переданих повідомлень на рівні контуру кодування. У даній постановці завдання не досліджувалася в відомих джерелах.

Проведена оцінка обчислювальної складності процесу ефективного синтаксичного кодування на основі трансформування сегментів відеокадрів, з урахуванням того, що диференціальні витрати кількості операцій на кодування сегментів шляхом виявлення областей наявності ключової інформації в процесі кодування використовують проміжне синтаксичне представлення сегмента, отримане на етапі його ідентифікації.

Проводиться порівняльна оцінка методів синтаксичного представлення за рівнем інформаційної інтенсивності для відеокадрів зі структурною дозволяючою здатністю в залежності від процентного вмісту в них сегментів ключової інформації.

Наукова новизна отриманих результатів.

В 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, організовується на основі псевдовипадкової зміни параметрів коду в процесі передачі інформаційних повідомлень по заданому закону, передбачення якого ускладнено. Це дозволяє зберегти необхідний рівень достовірності значущої інформації відеокадра.

3. Вперше розроблено метод ефективного синтаксичного кодування відеокадрів на основі їх трансформації. Відмінними характеристиками методу є те, що: проводиться диференційована обробка фрагментів відеокадра 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 організовується на основі адаптивного статистичного кодування в залежності від рівня внесених корекцій під психовізуальне сприйняття відеокадра. Це забезпечує зниження інформаційної інтенсивності відеоінформації та підвищення продуктивності телекомунікаційних систем в умовах необхідного рівня достовірності інформації.

Практичне значення отриманих результатів. Перевага використання в телекомунікаційних системах створеного методу ефективного кодування відеоданих, заснованого на ідентифікації ключових областей відеокадра і його адаптивного кодування з урахуванням ступеня енергетичної насиченості фрагментів полягає в наступному:

1. Розроблений метод ефективного кодування, що в порівнянні з технологіями 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 телекомунікаційних технологій в умовах заданого рівня достовірності інформації.

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

3. При передачі відеокадрів розміром 2048×1080 оброблених розробленим методом, досягається вигода по часовим затримкам на доставку, що в середньому становлять для швидкості 512 Кбіт/с від 7 до 17% для швидкості близько 16 Мбіт/с від 5 до 22%, по відношенню до часових затримок у випадку 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.), впровадженням результатів дисертаційної роботи в держбюджетної НДР №0113u000360 «Технології створення інтегрованих інформаційних систем на основі мереж цифрового мобільного зв'язку» (акт реалізації від 19.12.2018 р.) та в навчальному процесі Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Акт реалізації від 15.02.2019 р.).

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

Список публікації здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації:

1. Медведев Д.О., Ширяев А.В. Оцінка вразливості телекомунікаційних систем та мереж від кібератак. *Наукоемкие технологии в инфокоммуникациях: обработка информации, кибербезопасность, информационная борьба: коллективная монография*. Під заг. ред. В.В. Бараннік, В.М. Безрук. Харьков: Вид. “Лідер”. 2017. – С. 483 – 489.

2. Медведев Д.О., Баранник В.В., Сорокун А.Д., Стеценко О.Н., Додух А.Н. Создание метода синтаксического представления сегментов видеок кадров с учетом наличия ключевой информации. *Наукоемні технології в інфокомунікаціях: коллективная монография*. Під заг. ред. В.В. Бараннік, В.М. Безрук. Харьков: Вид. “Лідер”. 2018. С. 188 – 198.

3. Баранник Д.В., Стасев С.Ю., Медведев Д.О. Обоснование подхода для формирования квантованного описания трансформанты сегмента аэрофотоснимка. *АСУ и приборы автоматки*. 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., Медведев 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., Медведев Д.О. Технология балансированной обработки динамического видеоресурса для снижения информационной интенсивности в инфокоммуникационных системах. *Безпека інформації*. 2017. №3. С. 163 – 170.

7. Медведев 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 видеокadra 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., Красноруцкий 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 разделения каналов связи, в современных системах широкополосной

связи, на основе систем с неравномерными весовыми коэффициентами. *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 «ХПІ». 2017. – С. 13.

18. Медведєв Д.О., Красноруцький 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 analysis for the content semantics*,” in Engineer of XXI Century - We Design the Future, Bielsko-Biala, Poland: ATH, 2018. P.185-194.

ABSTRACT

Medvedev D.O. A method of effective coding video frames to increasing the productivity of information systems. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation on obtaining the scientific degree of Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) for specialization 05.13.06 - "Information Technology". - Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 2019, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, 2019.

The development of data processing and transmission technologies is characterized by the increasing popularity of wireless telecommunications systems, including the formation of 5G systems. Such technologies are actively used for both the terrestrial and aerospace sectors, including in the interests of line ministries and the monitoring of critical infrastructure and in the process of crisis localization. The effective functioning of such systems is determined by the quality of information transmission and processing.

The work estimates the transmission time of uncompressed video data, taking into account the existing performance of wireless information technology, including on-board complexes, showed that time delays for information delivery reach tens of minutes. That is, we can conclude that it is necessary to improve the performance of existing wireless technologies, for the necessary information intensity of video data that meet the specified characteristics of video information services. One of the basic directions in solving this problem is to reduce the information intensity of video data due to the effective coding of video frames.

An actual scientific task that consists in the necessity of decline of informative intensity of viewdatas for the increase of the productivity of functioning of the informing systems with the set quality of videoservice is decided in dissertation work Basic job performances consist in development of selection method to key information on the basis of previous videoshot transformation.

One of the most common and popular syntax compression methods is JPEG-based methods. From the estimation of time delays for transmission of images processed using the standard JPEG in real time is possible only in the mode of significant deterioration of quality, ie loss of reliability of information. At the same time, issues related to protection against unauthorized access to information, which is especially important for systems of critical infrastructure, are also ignored.

Authentication of key information of fragments of videoshot comes true on the basis of adaptive choice of amount of low-frequency constituents of transform depending on gradation of the integrated index of power saturation on high-frequency components.

The paper formulates a strategy for the development of technologies of effective syntactic coding (compression coding), with their integration into information systems, and proves that, first of all, it is necessary to improve the compression characteristics of image processing technologies. This will reduce the time for transmission and processing of information in telecommunication systems. For this purpose, a method of effective syntactic coding was developed, which allows to further increase the degree of decrease in the intensity of video data with ensuring the required quality and reliability of the obtained data. Most effective syntactic coding methods are based on the pre-conversion (transformation) of video data.

The method of effective syntactic coding of video frames is developed on the basis of differentiated processing of fragments of the transformed video frame depending on the level of availability of key information; the fact that the processing of key information is carried out taking into account the preservation of the required level of reliability using dynamic coding circuits with pseudorandom change of the code parameters; the fact that the processing of the basic component is organized on the basis of adaptive statistical coding, depending on the level of corrections made, under the psycho-visual perception of the video frame. It provides reduction of information intensity of video information and increase of productivity of information systems in the conditions of necessary level of reliability of information.

It offers to extend possibilities of application of surplus code in the informative systems, for what a code contour it is expedient to use in the dynamic mode of functioning, when the basic parameters of code (independent) change in time on a law prophecy of that complicatedies. It will allow largely to promote code firmness of the passed reports at level to the code contour. In this formulation, the problem was not investigated in known sources.

The computational complexity of the effective syntactic coding process has been evaluated based on the video frame segment transformation, considering that the differential cost of the number of operations for segment coding by identifying areas of key information in the coding process uses the intermediate syntax representation of the segment obtained at the stage of its identification.

A comparative assessment of syntactic representation methods by the level of information intensity for video frames with structural resolution, depending on the percentage of key information segments in them is carried out.

Scientific novelty of the obtained results.

Within the framework of the dissertation the main results are obtained, which have scientific novelty:

1. The method of selection of key information got further development on the basis of previous transformation of videoshot. The distinguishing features of method consist in that: authentication of fragments comes true on the basis of adaptive choice of amount of low-frequency constituents of transform depending on gradation of the integrated index of power saturation for to the high-frequency components. This provides the conditions to maintain the required level of video authenticity and protect it against unauthorized access.

2. The method of enhancing the noise immunity and secrecy of transmitting key information to the video frame with the use of wireless telecommunication technologies has been further developed. The method differs from the known ones in that the construction of dynamic coding circuits is organized on the basis of a pseudo-random change of code parameters in the process of transmitting information

messages according to a given law, which is difficult to predict. This allows you to maintain the required level of validity of significant video frame information.

3. The method of effective syntax coding of video frames based on their transformation was first developed. Distinctive characteristics of the method are that: differentiated processing of fragments of video frame depending on the level of availability of key information; the processing of key information is carried out taking into account the preservation of the required level of reliability based on dynamic coding circuits; the processing of the basic component is organized on the basis of adaptive statistical coding, depending on the level of corrections made to the psycho-visual perception of the video frame. This reduces the information intensity of video information and improves the performance of telecommunication systems in the required level of reliability of information.

Practical value of the got results. Advantage of the use in the telecommunication systems of the created method of the effective code of viewdatas, based on authentication of key areas of відеокадра and him adaptive code taking into account the degree of power saturation of fragments consists in the following, :

1. The worked out method of effective code, that as compared to technologies of standard of JPEG, provides reduction of sentinel delays on treatment of videoframe on the average from 1,5 to 2,2 times. It is arrived at by reduction to the amount of triggerable operations of increase / division on the average from 1,2 to 1,7 times, and triggerable operations of addition / deduction on the average from 1,5 to 2,5 times. As a result, conditions are created to improve the performance of video information processing using energy-efficient telecommunications technologies under conditions of a given level of reliability of information.

2. The developed method of effective coding, depending on the degree of saturation of the video frame by the areas of key information and the level of corrections made to the model of psycho-visual perception, provides a gain in the degree of reduction of information intensity on average from 10 to 17%, relative to the methods of compression on the JPEG-platform. Thus in the process of

reconstruction a video frame is kept high discriminability in area of presence of key information.

3. Transmission of 2048×1080 video frames processed by the developed method achieves a time delay for delivery, with an average of 512 Kbps from 7 to 17% for speeds of about 16 Mbps from 5 to 22%, relative to time delays when using known compression methods.

The practical significance of the obtained results of the dissertation is confirmed by their application in the performance of research and development work at the state enterprise «Chuguev Aviation Repair Plant» (Act of implementation 26.04.2018), implementation of the results dissertation in the state budget №0113u000360 «Technologies of creation of the integrated informative systems are on the basis of digital mobile communication networks» (implementation act 19.12.2018) and in the educational process of the Ivan Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force (Act of implementation 15.02.2019).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	17
ВСТУП.....	18
РОЗДІЛ 1 ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	26
1.1. Обґрунтування проблемних аспектів функціонування технологій обробки і передачі відеоінформаційного контенту з використанням бездротових інформаційних систем.....	27
1.2. Аналіз основних характеристик і компонент технологій компресії відеокадрів.....	40
1.3. Обґрунтування проблемних недоліків технології компресії відеокадрів з використанням JPEG платформ.....	46
1.4. Постановка завдання на дослідження.....	54
Висновки за першим розділом.....	55
РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ВІДБОРУ КЛЮЧОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ВІДЕОКАДРУ.....	57
2.1. Оцінка вразливостей в процесі функціонування технологій компресії на платформі JPEG.....	58
2.2. Розробка системи оцінювання сегментів відеокадру за ступенями структурної насиченості в просторово-спектральній області.....	63
2.3. Побудова технології ідентифікації макрофрагментів для виявлення ключової інформації відеокадру на основі двокаскадного оцінювання за інтегрованими показниками в спектральній області.....	77
Висновки за другим розділом.....	86

РОЗДІЛ ЗДИФЕРЕНЦІЙОВАНЕ КОДУВАННЯ СЕГМЕНТІВ ВІДЕОКАДРІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАЯВНОСТІ КЛЮЧОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	88
3.1. Обґрунтування ядра технологічної концепції диференційованої обробки сегментів відеокадра з урахуванням наявності ключової інформації.....	89
3.2. Розробка методу синтаксичного представлення сегментів відеокадрів з урахуванням наявності ключової інформації.....	93
3.3. Розробка методу синтаксичного представлення базових сегментів, які несуть інформацію про фонові складові відеокадрів.....	107
Висновки за третім розділом.....	116
РОЗДІЛ 4 ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДЕОСЕРВІСІВ ДЛЯ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ.....	117
4.1. Розробка методу реалізації динамічного контуру кодування кодограм сегментів ключової інформації відеокадра.....	118
4.2. Дослідження перешкодозахищеності, імітостійкості, скритності передачі потоку інформації на рівні динамічного контуру кодування.....	123
4.3. Оцінка часових характеристик процесу обробки зображень для бортових засобів телекомунікацій.....	128
4.4. Порівняльна оцінка часових затримок на доставку відеоінформації з використанням існуючих телекомунікаційних систем.....	137
Висновки за четвертим розділом.....	140
ВИСНОВКИ.....	142
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	148
Додаток А Список публікації здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.....	163
Додаток Б Оригінали відеокадрів “Нарада” та “Заняття”.....	166
Додаток В Акти реалізації науково-прикладних досліджень.....	167

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ДІКМ	– Дискретно імпульсна кодова модуляція
ДК	– додатковий код
ДКП	– Дискретно косинусне перетворення
ІІ	– інформаційна інфраструктура
КБ	– кінець блоку
МВС	– Міністерство внутрішніх справ
МС	– Мультисервісна мережа
НК	– Низькочастотна компонента
ОК	– основний код
ПВСШ	– Пікове відношення сигнал / шум
СКО	– Середнє квадратичне відхилення
ТКС	– Телекомунікаційні системи
ЦТС	– Цифрові телевізійні системи

ВСТУП

Актуальність теми. 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[1,12,18,19,68,69]. Ефективне функціонування таких систем визначається якістю передачі та обробки інформації і оцінюється таким показником як продуктивність. В цьому випадку складовими частинами продуктивності є часові затримки (оперативність) на доставку інформації і її достовірність в умовах захисту від несанкціонованого доступу. Аналіз оцінки часу передачі нестиснених відеоданих з врахуванням існуючої продуктивності бездротових інфокомунікаційних технологій, включаючи бортові комплекси, показала, що часові затримки на доставку інформації досягають десятків хвилин. З чого можна зробити висновок, що необхідно підвищувати продуктивність існуючих бездротових технологій, для необхідної інформаційної інтенсивності відеоданих, що відповідають заданим характеристикам відеоінформаційних сервісів. Одним з базових напрямків в цьому напрямку є зниження сумарних часових затримок на доставку інформації в результаті зниження інформаційної інтенсивності відеоданих. Тобто необхідно підвищувати продуктивність існуючих бездротових технологій, для необхідної інформаційної інтенсивності відеоданих, що відповідають заданим характеристикам відеоінформаційних сервісів.

Таким чином, зниження інформаційної інтенсивності відеоданих для підвищення продуктивності функціонування інформаційних систем із заданою якістю відеосервісу, є актуальною науково-прикладною задачею.

Сформульовану задачу пропонується вирішувати на оснві розвитку технологій ефективного синтаксичного кодування (компресійного

кодування), з подальшою інтеграцією отриманих рішень в телекомунікаційні системи.

У цьому напрямку в першу чергу необхідно підвищити компресійні характеристики технологій обробки зображень. Це дозволить зменшити час на передачу та обробку інформації. Для цього розробляються методи ефективного синтаксичного кодування, що дозволять 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. Це дозволяє більш ефективно обробляти зображення [2, 3, 5, 32, 35, 41, 57, 72, 88, 93].

Одним з найбільш поширених і популярних методів синтаксичного компресійного кодування є методи на JPEG-платформ [4, 5, 9, 17]. З оцінки часових затримок на передачу зображень оброблених з використанням стандарту JPEG слідує, що передача відеоданих в реальному часі, можлива тільки в режимі суттєвого погіршення якості зображення, 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 [1, 2, 32, 54].

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: Закону 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 дисертант був виконавцем.

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

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

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

2. Розробити метод для забезпечення збереження ключової інформації відеокадра 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 обмеженою продуктивності бортових технологій.

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 інформаційних систем.

Об'єкт досліджень. Процеси зниження інформаційної інтенсивності відеоданих і підвищення продуктивності інформаційних систем.

Предмет досліджень. Методи ефективного синтаксичного кодування для зниження інформаційної інтенсивності відеокадрів в інформаційних системах.

Методи дослідження. У процесі вирішення сформульованих задач 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 досліджень полягає в наступному:

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, організовується на основі псевдовипадкової зміни параметрів коду в процесі передачі інформаційних повідомлень по заданому закону, передбачення якого ускладнено. Це дозволяє зберегти необхідний рівень достовірності значущої інформації відеокадра.

3. Вперше розроблено метод ефективного синтаксичного кодування відеокадрів на основі їх трансформації. Відмінними характеристиками методу є те, що: проводиться диференційована обробка фрагментів відеокадра 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 організовується на основі адаптивного статистичного кодування в залежності від рівня внесених корекцій під психовізуальне сприйняття відеокадра. Це забезпечує зниження інформаційної інтенсивності відеоінформації та підвищення продуктивності телекомунікаційних систем в умовах необхідного рівня достовірності інформації.

Обґрунтованість і достовірність отриманих наукових результатів забезпечується наступним:

1) адекватністю результатів щодо ступеня зниження інформаційної інтенсивності відеокадрів, які отримані експериментальним шляхом в процесі обробки реалістичних відеокадрів на основі програмної реалізації і теоретичним підходом;

2) теоретичним обґрунтуванням взаємоднозначних процесів кодування і декодування ключової інформації відеокадрів;

3) візуальною оцінкою якості реконструйованих відеокадрів з використанням розробленого методу ефективного кодування.

Практичне значення отриманих результатів. Перевага використання в телекомунікаційних системах створеного методу ефективного кодування відеоданих, заснованого на ідентифікації ключових областей відеокадра і його адаптивного кодування з урахуванням ступеня енергетичної насиченості фрагментів полягає в наступному:

1. Розроблений метод ефективного кодування, що в порівнянні з технологіями 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 телекомунікаційних технологій в умовах заданого рівня достовірності інформації.

2. Розроблений метод ефективного кодування, в залежності від ступеня насиченості відеокадра 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 відеокадра зберігається висока роздільна здатність в області наявності ключової інформації.

3. При передачі відеокадрів розміром 2048×1080 , оброблених розробленим методом, досягається вигреш по часовим затримкам на доставку,

що в середньому становлять для швидкості 512 Кбіт/с від 7 до 17% для швидкості близько 16 Мбіт/с від 5 до 22%, по відношенню до часових затримок у випадку використання відомих методів компресії.

Практична значимість отриманих результатів дисертації підтверджується їх застосуванням при виконанні дослідно-дослідної роботи № 276-4 "Технології створення інтегрованих інформаційних систем на основі мереж цифрового мобільного зв'язку "(№ 0113U000360) (Акт реалізації від 26.04.2018 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 автора дисертаційної роботи в публікаціях, виконаних у співавторстві, полягає в наступному: Всі положення, які виносяться на захист, отримані автором особисто. У наукових працях, опублікованих в співавторстві, здобувачу належить наступне: [8] - розроблено метод синтаксичного представлення базових сегментів, які несуть інформацію про фонові складові відеокадрів; [9] - запроповано оцінювати структурну насиченість (інформативність) сегменту відеокадру з позиції спектральних характеристик, проведено аналіз CDMA систем та систем с нерівномірним розподілом вісових коефіцієнтів; [10] - обґрунтовано підхід для формування ядра технологічної концепції диференційованої обробки сегментів відеокадру з урахуванням наявності ключової інформації; [11] - 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; [12] - 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; [16] – запропонован 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; [36] – запропоновані теоретико-кодові схеми представлення даних в телекомунаційних системах для підвищення достовірності передачі інформації; [73] - доводиться можливість додаткового збільшення ступеня стиснення відеоданих за рахунок скорочення структурної надмірності векторів значимих субполос трансформант, що дозволяє збільшити продуктивність інформаційних систем; [98] – отримані аналітичні вирази для оцінки властивостей управляючих послідовностей; [27] – запропонована методика оцінки вразливості телекомунаційних систем та мереж від кібератак; [28] розроблено метод ефективного синтаксичного кодування, що базуються на адаптивній обробці компонентної структури трансформанти з урахуванням наявності ключової і базової інформації відеокадра.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися і були схвалені на наступних науково-технічних конференціях і семінарах: [15]-V Міжнародна науково-технічна конференція "Захист інформації и безпека інформаційних систем" / Національний університет "Львівська політехніка", 02 - 03 червня 2016 р.; [21]-V Міжнародна науково-практична конференція «Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунаційних системах» / Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 3- 5 листопада 2016 р.; [31]-XIII Міжнародної науково-технічної конференції "АВІА-2017", 19-21 квітня, Київ 2017 р. / Національний авіаційний університет, Київ 2017; [13]-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 .;

[14]-Четверта міжнародна науково-технічна конференція “Інформатика, управління та штучний інтелект”, Харків, 21 - 23 листопада 2017 р. / Національний технічний університет «ХПІ», Харків, 2017.;

[75]-Дев'ятої міжнародної науково-технічної конференції “Проблеми інформатизації”, Київ, 13 15 грудня 2017 г. / Державний університет телекомунікацій, Київ 2017; [76]- XVIth International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET'2018”, Lviv-Slavske, Ukraine, February 23 - 25, 2018 / Lviv-Slavske: 2018; [78]- Development of technology analys for the content semantics,” in *Engineer of XXI Century - We Design the Future*, Bielsko-Biała, Poland: ATH, 2018.

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

РОЗДІЛ 1

ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Сучасний стан застосування інформаційних систем визначається різким зростанням інтенсивності надання відеоінформаційних послуг. З іншого боку сучасні інформаційні технології мають недостатні характеристики відносно пропускнуєї спроможності передачі даних. Наслідком чого є значні затримки у часі доставки інформації та нерівномірність потоку даних за часом, а також втрати пакетів даних внаслідок переповнення буферних пристроїв.

В розділі обгрунтується необхідність розвитку інформаційних технологій в напрямку надання відеоінформаційних сервісів. Виявляються проблемні сторони функціонування інформаційних систем щодо продуктивності процесів доставки відеоінформації. Показано, що зі зростанням розмірів відеокадра часові затримки різко зростають, це не відповідає вимогам відеоінформаційних сервісів, що надаються в інтересах профільним міністерств.

Показано, що передача відеоданих в реальному часі по існуючим каналам зв'язку можлива тільки при високих втратах якості. Доведено, що для підвищення ефективності інформаційних систем необхідно здійснити інтеграцію нових технологій, реалізувати мультисервісні послуги, в тому числі в сфері надання послуг відео сервісів. Сформовано вимоги щодо зниження інформаційної інтенсивності і підвищення продуктивності функціонування інформаційних систем. Показано, що зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку відеокадра і зменшення часових затримок на його доставку забезпечується за рахунок використання технологій ефективного синтаксичного кодування.

1.1. Обґрунтування проблемних аспектів функціонування технологій обробки і передачі відеоінформаційного контенту з використанням бездротових інформаційних систем

У сучасному високотехнологічному суспільстві, інформація відіграє важливу, а часом вирішальну роль. Інформація стала невід'ємною складовою будь-якої діяльності людини. Створення інформаційного простору передбачає активне використання мереж інформаційного обміну і нових досягнень науково-технічного прогресу [1,7,10,50,66,68,89,118-122]. Розвиток сучасних технологій передбачає інтеграцію глобальної інформаційної мережі INTERNET, цифрових телевізійних систем (ЦТС), мереж рухомого мобільного зв'язку (покоління 4G і 5G), технологій бездротового доступу (Wi-Fi, WiMAX). В результаті чого формується інформаційна інфраструктура (II) Рис. 1.1.

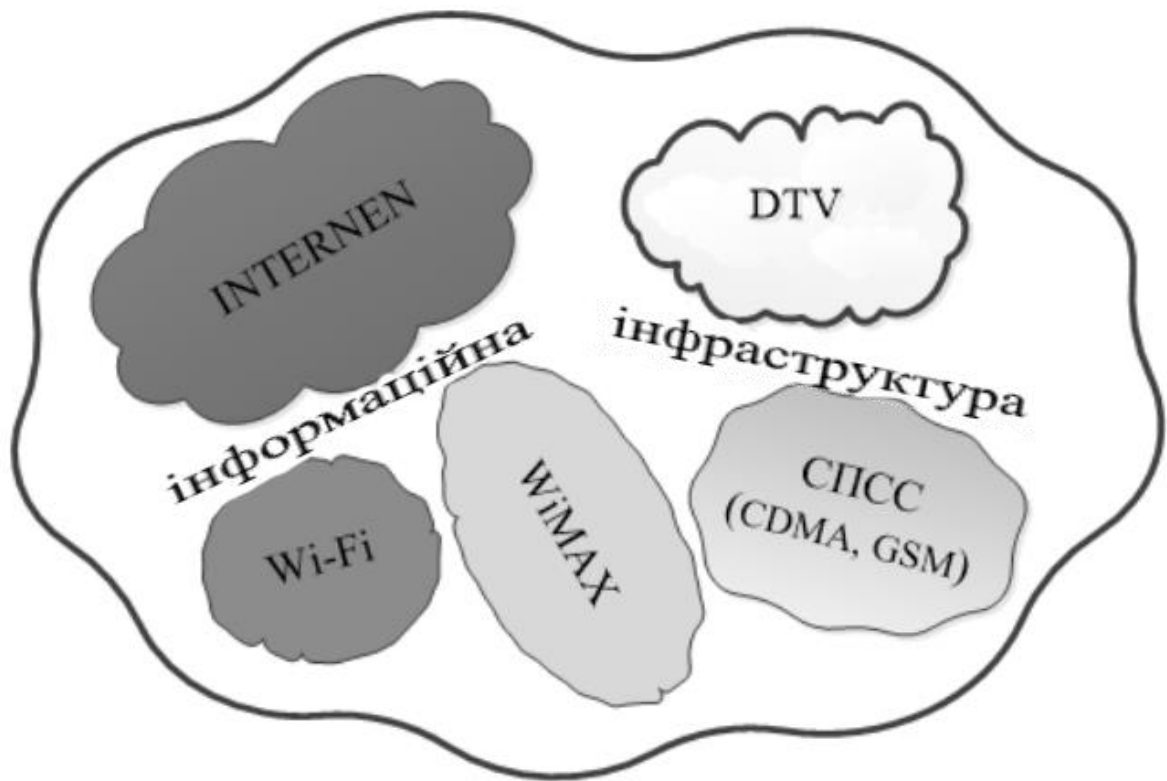


Рис.1.1 Складові частини інформаційної інфраструктури

Ефективне функціонування інформаційної інфраструктури, визначається якістю технологій обробки і передачі інформації. Одним з базових показників якості сучасних телекомунікаційних систем (ТКС) є їх продуктивність. В даному випадку під продуктивністю розуміється здатність ТКС щодо обробки і передачі в одиницю часу інформаційного потоку вираженого в бітах. Відповідно продуктивність P_t телекомунікаційних систем усереднена за часовий інтервал t_Σ та визначається за формулою[59,63]:

Досліджено та проаналізовано основні етапи роботи технології стандарту JPEG. Виявлено недоліки існуючих методів компресії відеокадрів.

$$P_t = \frac{V_{t_\Sigma}}{t_\Sigma}, \quad (1.1),$$

де V_{t_Σ} - інформаційна інтенсивність бітового потоку, що обробляється і передається за часовий інтервал t_Σ ;

t_Σ - сумарна часова затримка доставки відеоданих, а саме:

$$t_\Sigma = t_{\text{proc}} + t_{\text{trans}},$$

t_{proc} - часова затримка на обробку відеоданих;

t_{trans} - часова затримка на передачу відеоданих по телекомунікаційній мережі;

Вираз (1.1) дозволяє зробити висновок, що для підвищення продуктивності P_t телекомунікаційних систем, необхідно знизити сумарну затримку t_Σ доставки відеоданих при заданій інформаційній інтенсивності V_{t_Σ} бітового потоку.

До сучасних систем обробки та передачі даних для розширення їх функціональності ставляться наступні вимоги[10,33,54,68]:

- 1) мультисервісна мережа (МС), універсальна мережа, призначена для надання різного роду трафіку;
- 2) широкосмуговість, тобто можливість зміни швидкості трафіку в залежності від потреб абонента;
- 3) забезпечення мультимедійності мережі, тобто здатність мережі передавати трафік аудіо-відео інформації з заданою якістю QoS.

Для підвищення ефективності ТКС необхідно здійснити інтеграцію нових технологій, що дозволяють реалізувати мультисервісні послуги, в тому числі в сфері надання послуг відеосервісів. Основою мультисервісної мережі є IP-мережа Рис. 1.2 .

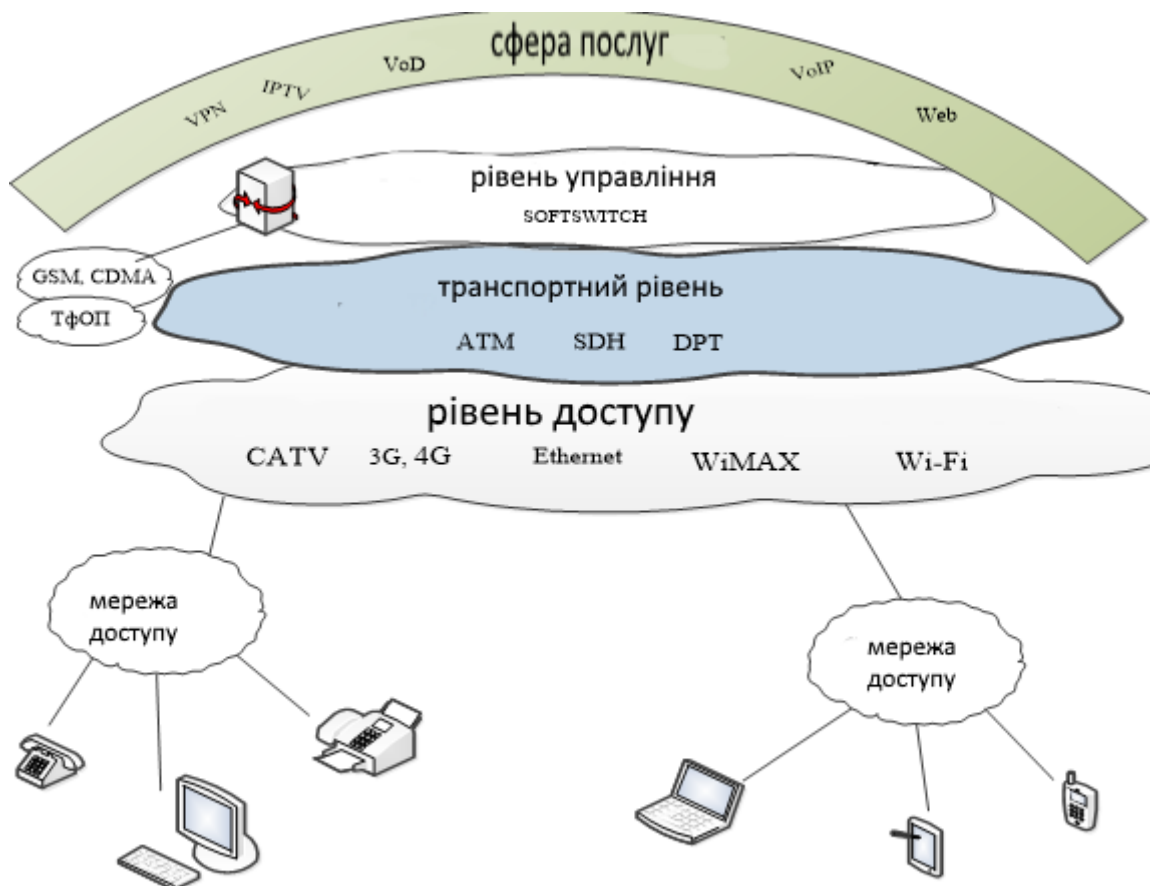


Рис. 1.2 Архітектура мультисервісної мережі

Як показано на рис. 1.2 телекомунікаційна інфраструктура мультисервісної мережі пов'язана з обробкою та передачею різноманітного трафіку і представляє собою багаторівневу конструкцію. Одним з популярних механізмів, що забезпечує передачу пакетних даних в телекомунікаційних мережах є технологія MPLS. Дана технологія призначена забезпечити передачу різного роду інформації незалежно від транспортного середовища шляхом створення наскрізного віртуального каналу.

Структура MPLS складається з наступних рівнів[7,41]:

- рівень доступу, основним завданням якого є організація високошвидкісного доступу для користувачів і підключення їх до транспортної мережі. Для цих цілей можна використовувати технології як: xDSL, PLS, 3G, 4G, 5G, LTE, WiMAX, Wi-Fi;
- транспортного рівня, призначеного для надійної і високошвидкісної передачі трафіку від відправника до одержувача. Тут можна ефективно використовувати технології ATM, SDH, MSP, DPT;
- управляючого рівня, тобто спеціалізованого вузла ТКС, що забезпечує управління процесу надання послуг, і виконує комутацію через одну або кілька мереж.

Сучасні мультисервісні системи надають послуги різним споживачам, у тому числі в інтересах профільних міністерств, які висувають вимоги, що зводяться до забезпечення[19,40,54,66]:

- високошвидкісного доступу користувачів до інформаційних ресурсів;
- надійного функціонування сервера;
- необхідної якості сервісу при передачі мультимедійного трафіку.

Одним з напрямків розвитку сектору телекомунікацій є бездротові ТКС. До них відносяться мережі на базі технологій Wi-Fi, WiMAX і мережі рухомого мобільного зв'язку [4,39,48,52,109,114,115]. Основні етапи розвитку і порівняльні характеристики бездротових мереж передачі даних показані в табл. 1.1 і на рис. 1.3.

Таблиця 1.1.

Основні етапи розвитку бездротових систем зв'язку

Покоління	Система зв'язку	Швидкість передачі
1G (First Generation)	AMPS, TACS, NMT, C-450, RTMS, Radiocom 2000, NTT	для мови 9,6 Кбіт / с для даних 1,9 Кбіт / с
2G	D-AMPS, IS-54 (IS-136), GSM-900, JDC (PDC)	для мови від 9,6 до 13 Кбіт / с; для даних до 14,4 Кбіт / с
2,5G	GSM + GPRS Mobile	до 100 Кбіт / с
3G	EDGE, CDMA2000, UMTS	для стаціонарного терміналу до 2Мбіт / с для мобільного терміналу до 384 Кбіт / с
4G	WiMAX, LTE	для стаціонарного терміналу до 1 Гбіт / с для мобільного терміналу до 100 Мбіт / с

З табл. 1.1 маємо , що мережі нового покоління такі 3G, 4G і 5G допускають реалізацію відеоінформаційного обміну.

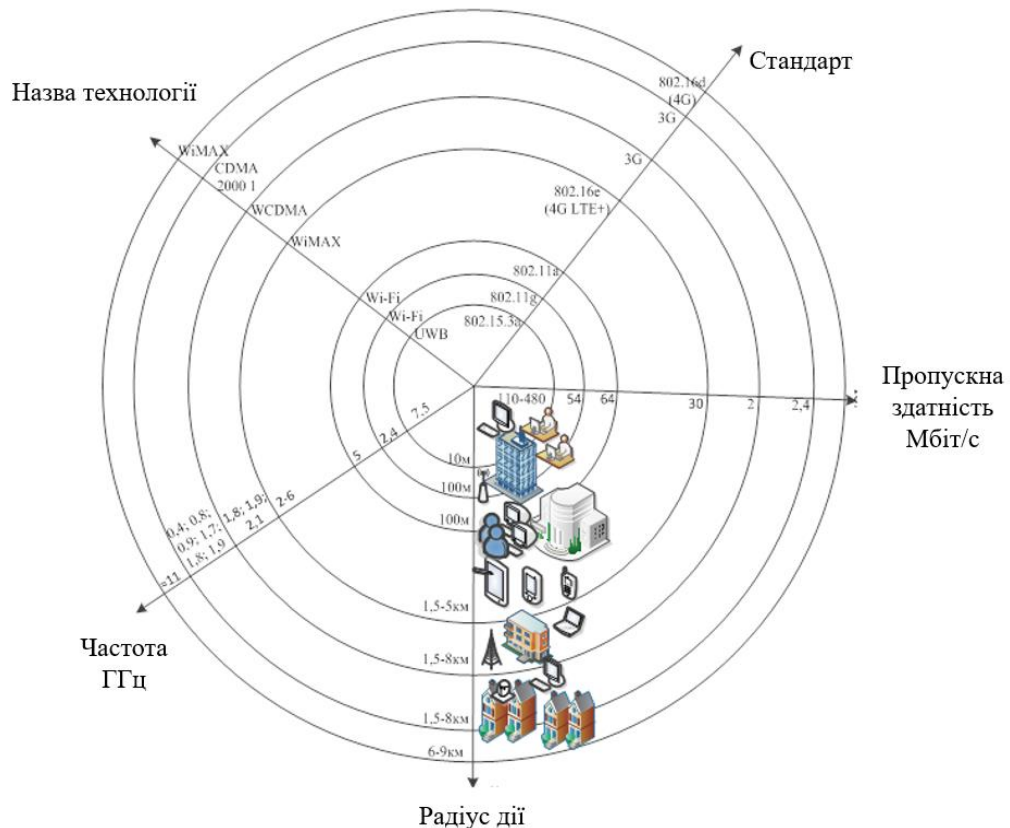


Рис. 1.3 Порівняльні характеристики бездротових мереж зв'язку

Аналіз рис. 1.3 показує , що при збільшенні радіусу дії з 10 до 9000 м пропускна здатність бездротових мереж знижується з 110-480 до 2,4 Мбіт/с;

На рис. 1.4 у вигляді діаграм представлені порівняльні характеристики рухомого мобільного зв'язку.

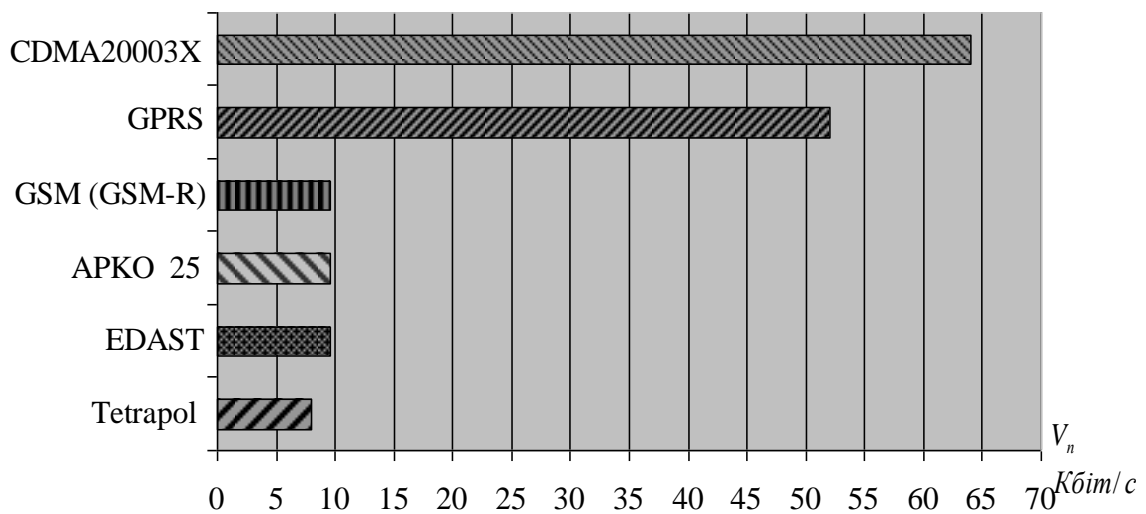


Рис. 1.4 Значення швидкості V_n передачі даних для різних стандартів рухомого мобільного зв'язку

Аналіз рис. 1.4 показав, що швидкості передачі в рухомого мобільного зв'язку низька та не перевищує 64 Кбіт / с, Відповідно процес передачі мультимедійної інформації неможливий в реальному часі.

Останнім часом стрімко набирає обертів відеоінформаційний сектор, загальний обсяг якого відносно сумарного трафіку досягає 70%.

Структура відеопотоку на синтаксичному рівні представлення наведена на рис. 1.5 і залежить від наступних параметрів: -частота ν кадрів, визначається як кількість кадрів в одиницю часу. Даний параметр використовується для структурного опису динамічного відеоресурсу (поток кадрів);

- кількість Q_{col} колірних складових, що беруть участь у візуалізації відеокадра. параметр Q_{col} залежить від формату колірної моделі для подання відеокадра. Найчастіше використовується варіант, коли $Q_{col}=3$. У цьому випадку формується повнокольорове цифрове зображення. Відповідно широко використовуваними колірними форматами є модель RGB і сімейство кольорорізностних моделей YUV [20,23,44,49];

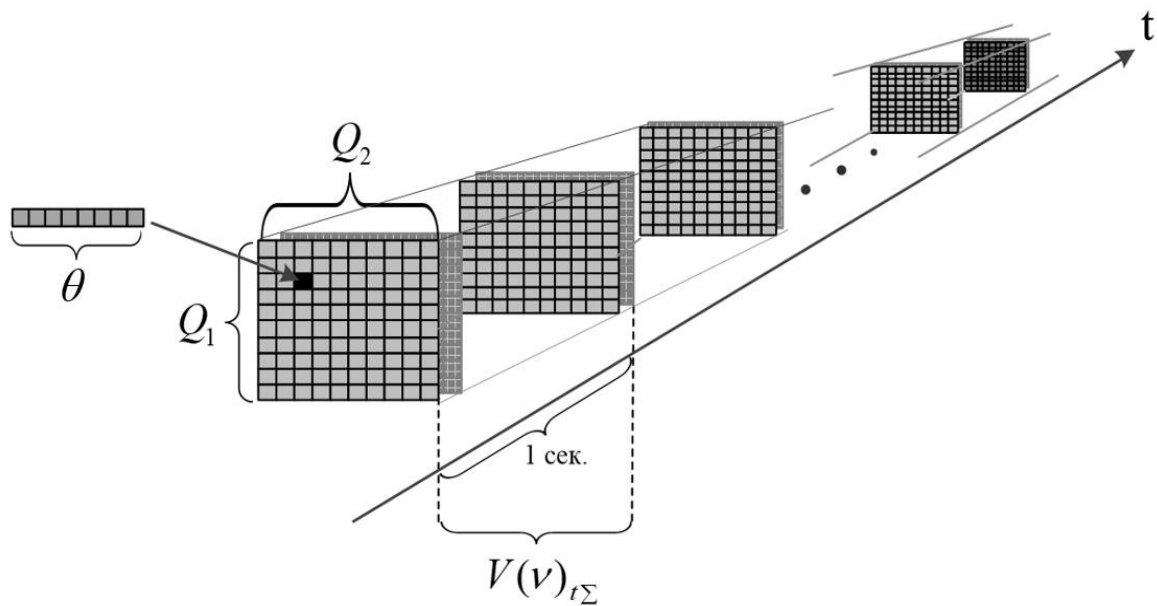


Рис. 1.5 Структура відеопотоку

-розмір D відеокадра. величина D , характеризує кількість пікселів в кадрі по одній колірній складовій та визначається як добуток кількості рядків Q_1 на кількість стовпців Q_2 , Тобто .

$$D = Q_1 \cdot Q_2, .$$

Типові формати відеокадрів в залежності від величин v і D наведені в табл. 1.2;

Таблиця 1.2.

Середня інформаційна інтенсивність $V_{t\Sigma}$ бітового потоку в залежності від величин v і D за одиницю часу

Формат відеоданих, розмір зображення $Q_1 \cdot Q_2$	Частота кадрів / с v	Середня інформаційна інтенсивність $V_{t\Sigma}$ відеоданих, Мбіт / с
CIF 352×288	24; 30	60
SD 720×576	30	250
ED 720×576	50	500
HD 1280×720	50	1105
Full HD 1920×1080	30; 50	2500
Quadro HD 3900×2160	30; 50	10000

Величина θ визначає кількість відтінків відповідного кольору для складових відеокадра. Кількість відтінків кольору знаходиться як 2^θ .

Величини D і θ є визначальними для оцінки роздільної здатності відеокадра. Роздільна здатність в свою чергу визначає рівень деталізації в описі об'єктів інтересу. Чим більше значення параметрів D і θ , тим вище рівень деталізації відеокадра, тобто більше пікселів відводиться на опис об'єктів відео зйомки[25,37].

Інформаційна інтенсивність $V(v)_{t\Sigma}$ бітового потоку для частоти кадрів, яка дорівнює v , знаходиться на основі наступного виразу:

$$V(v)_{t\Sigma} = v \cdot Q_{col} \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot \theta. \text{ (Біт / с)}$$

Відповідно інформаційна інтенсивність $V_{t\Sigma}$ бітового потоку в межах одного кадру, тобто $v=1$, буде оцінюватися за співвідношенням:

$$V_{t\Sigma} = Q_{col} \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot \theta. \text{ (Біт / с)}$$

Оцінка величини $V_{t\Sigma}$ в залежності від параметрів D і θ наведені у вигляді діаграм на рис. 1.6. Для цього використовувалася інформація таблиці 1.2.

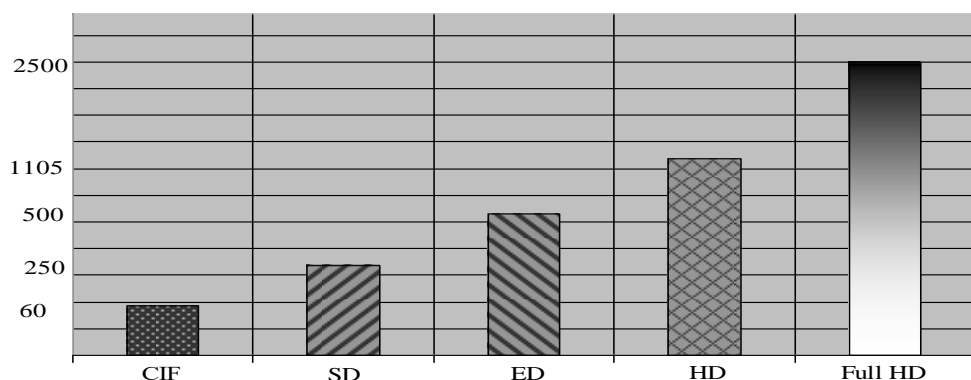


Рис. 1.6 Середній обсяг передачі відеопотоку за 1 сек. в залежності від якості зображення

Як показує аналіз табл. 1.2 і рис. 1.6 щодо інформаційної інтенсивності бітового потоку можна зробити наступні висновки:

- 1) найменший рівень інформаційної інтенсивності нестисненого потоку відповідає відеокадрам формату CIF в середньому від 30 до 60 Мбіт/с;
- 2) найбільший рівень $V_{t\Sigma}$ інформаційної інтенсивності нестисненого бітового потоку відеоданих характерний для форматів HD і Full HD і Quadro HD та становить в середньому від 1,5 до 20 Гбіт/с.

Оцінка часових затримок t_{trans} на передачу вихідних відеокадрів в залежності від структурного параметра D і швидкості S_{trans} передачі даних по мережі для $v=1$, показана на рис. 1.7.

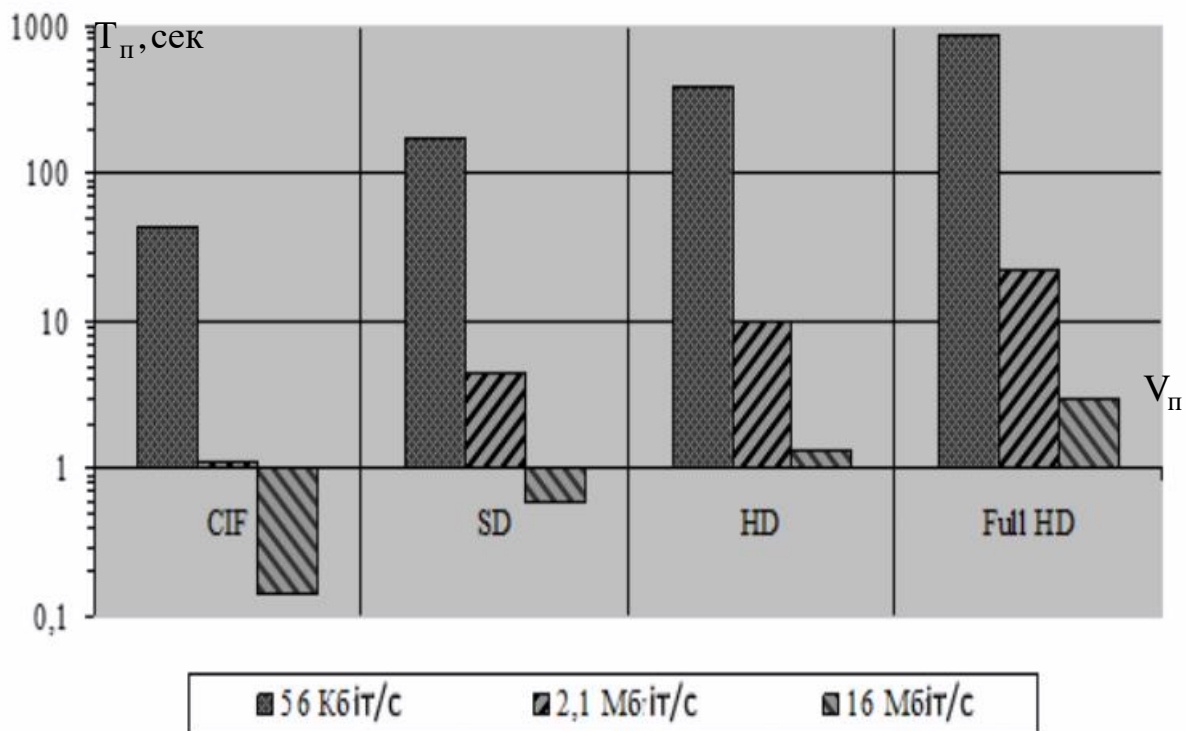


Рис. 1.7 Оцінка часу передачі нестиснених відеоданих

Аналіз діаграм на рис. 1.7 показує, що часові затримки на передачу вихідного бітового потоку в межах одного відеокадра досягає десятків хвилин.

Основна причина наявності значних часових затримок по доставці відеоінформації є дисбаланс між високим рівнем інформаційної інтенсивності бітового потоку відеокадра і обмеженим значенням швидкості передачі по телекомунікаційної мережі. Найбільший прояв такого дисбалансу характерний

для процесів передачі відеоінформації з високою роздільною здатністю з використанням бездротових телекомунікаційних технологій.

Доставка відеоінформації в реальному часі можлива для відеокадрів таких форматів як CIF, SD. Навпаки зі зростанням розмірів відеокадра часові затримки різко зростають. Це невідповідність вимогам відеоінформаційних сервісів, що надаються в інтересах профільним міністерств.

Отже, одним із значущих напрямків підвищення продуктивності процесів обробки і передачі відеоданих і зниження тимчасових затримок на їх доставку є зниження інформаційної інтенсивності в умовах забезпечення необхідного рівня достовірності інформації.

Зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку відеокадра і зменшення часових затримок на його доставку забезпечується за рахунок використання технологій ефективного синтаксичного кодування. Одними з широко використовуваних технологій ефективного кодування є методи компресії.

Зменшення рівня інформаційної інтенсивності шляхом використання технологій компресії відеокадрів забезпечується за рахунок усунення різних видів надмірності. Поняття надмірності прямо пов'язане з поняттям наявності закономірностей в синтаксичному описі відеокадра. Чим більше закономірностей можна виявити для відеокадру, тим більшу кількість надмірності можна усунути. Відповідно врахування таких закономірностей в процесі обробки відеокадрів дозволяє скоротити кількість надмірності. Тип надмірності визначається типом виявлених закономірностей. Як закономірності можуть виступати закони розподілу, структурні обмеження для синтаксису відеокадру, кореляційні та статистичні закономірності, психовізуальні особливості сприйняття відеокадрів зорової системою людини.

В даній роботі під кількістю надмірності розуміється різниця між інформаційними інтенсивностями вихідного і кодування відеокадра. Іншими словами, компресія відеоданих досягається за рахунок застосування ефективного синтаксичного кодування з усуненням різних типів надмірності.

Навпаки, на приймальній стороні по кодованому представленню відеокадрів здійснюється їх реконструкція (декомпресія). Це дозволяє отримати відеокадр з відповідним рівнем якостей його візуального сприйняття (в залежності від наявності внесених похибок в процесі обробки на приймальній стороні і передачі по каналах зв'язку) [48,58,60,63,66,68]. Узагальнена структурна схема обробки відеоданих в телекомунікаційних системах з використанням технології компресії представлена на рис. 1.8.

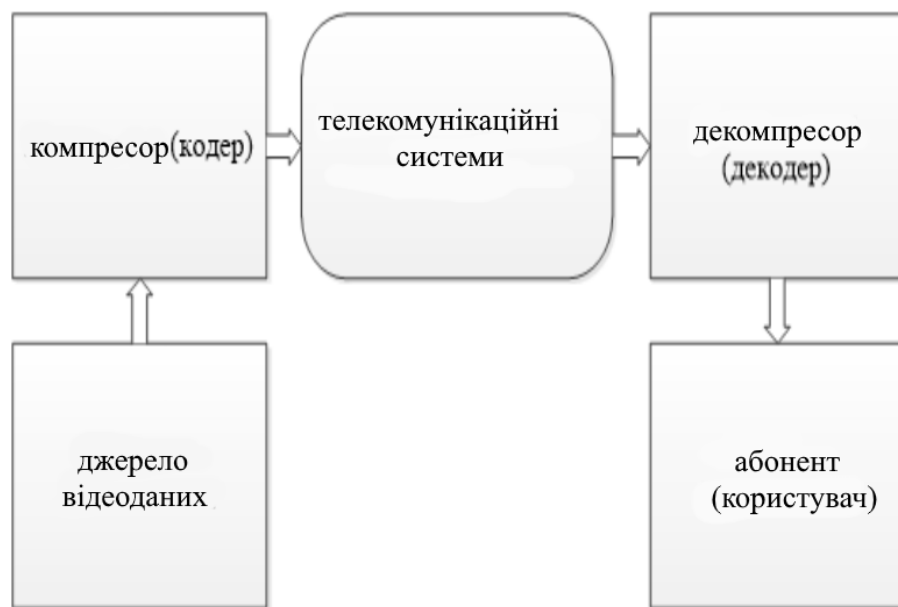


Рис.1.8 Загальна структурна схема обробки відеоданих

На даний момент найбільш поширені технології компресії будуються на основі JPEG-платформи [27,40,66,121]. Такі технологічні рішення є стандартизованими концептами для обробки повнокольорових реалістичних зображень з глибиною оцифровки пікселя до 24 біт/піксель.

На всіх етапах процесу обробки відеокадра на основі JPEG-технології здійснюється попередня підготовка (трансформування) синтаксичного опису цифрового зображення до скорочення обсягу бітового уявлення. В результаті такого підходу досягається зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку відеокадра з показником k_{comp} . значення величини k_{comp} залежить від:

- ступеня насиченості зображень областями наявності ключової інформації про об'єкти інтересу;
- рівня R корекції під модель психовізуального сприйняття відеокадра (рис. 1.9).

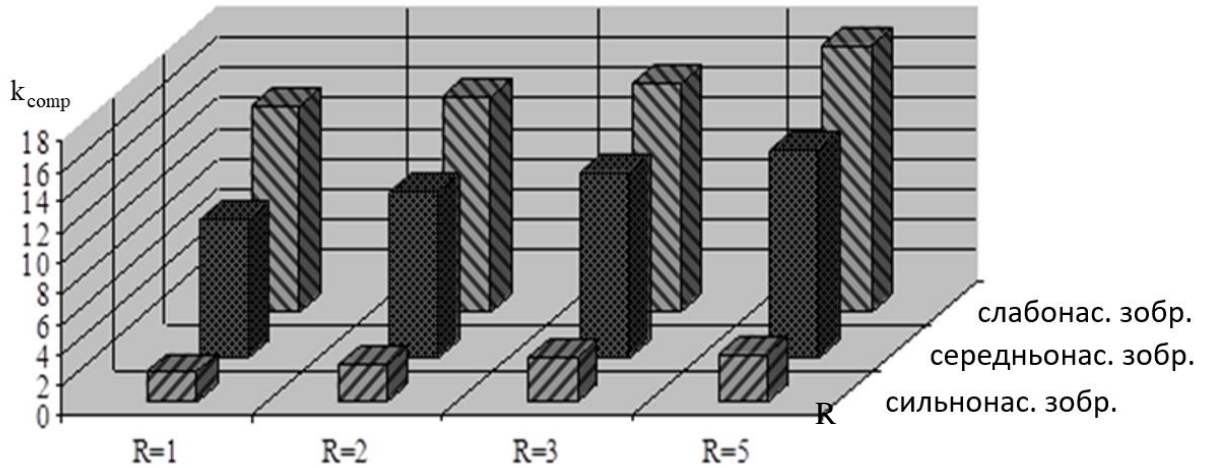


Рис. 1.9 Значення показника k_{comp} зниження інформаційної інтенсивності відеокадра для формату JPEG для різних класів зображень в залежності від рівня R

Аналіз даних на рис. 1.9 дозволяє зробити висновок, що:

- 1) для всіх класів зображень зі збільшенням рівня R корекції під модель психовізуального сприйняття, значення показника k_{comp} зниження рівня інформаційної інтенсивності зростає в середньому від 2 до 17,5 разів;
- 2) для зображень сильнонасичених областями ключовий інформації значення показника k_{comp} буде найменшим, і не перевищуватиме в середньому від 2 до 3,2 раз. Навпаки для слабонасичених зображень з переважанням базових (фонових) областей, що не містять інформацію щодо об'єктів зацікавленості, значення k_{comp} буде найбільшим, і рівним в середньому від 13,5 до 17,5 разів.

Відповідна оцінка часових затримок t_{trans} на передачу кодованих відеокадрів в залежності від значень показника k_{comp} зниження інформаційної інтенсивності проводиться за наступною формулою:

$$t_{trans} = \frac{V_{t\Sigma}}{k_{comp} S_{trans}}.$$

Розглянемо оцінку часових t_{trans} затримок на передачу зображення оброблених з використанням технології JPEG в HD якості зі швидкістю передачі 256 Кбит/с і 16 Мбит/с. Для зображення різного ступеня насиченості областями ключової інформації з рівнем корекції під психовізуальну модель зорового сприйняття, що становить $R = 3$. Результати представлені у вигляді діаграм в логарифмічному масштабі на рис. 1.10.

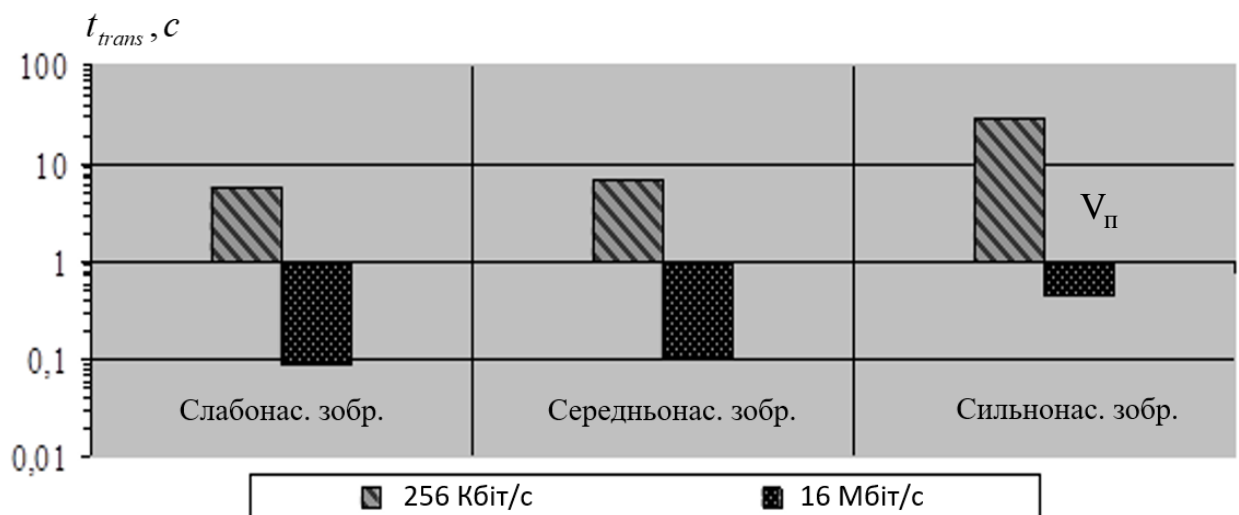


Рис. 1.10 Оцінка часу t_{trans} передачі відеокадра з використанням JPEG-платформи в залежності від швидкості передачі для різних класів зображень

З аналізу рис.1.10 слідує, що передача відеоданих які містять ключову інформацію, в реальному часі, з використанням бездротових телекомунікаційних технологій можлива при втратах достовірності інформації.

Тобто, найбільша ступінь зниження інформаційної інтенсивності для стандартизованих технологій, які використовують JPEG-платформу,

досягається в разі значного рівня корекцій під психовізуальне сприйняття. Однак така модель не має чіткого математичного зв'язку між синтаксичним описом відеокадра і семантичним сприйняттям реконстрованих відеокадрів зоровою системою людини (оператора, диспетчер, особа що приймає рішення). Відповідно така ситуація веде до наявності дисбалансу між рівнем корекцій під психовізуальну модель (кількість усунутої психовізуальної надмірності) і рівнем втрати достовірності інформації. Отже, високий рівень зниження інформаційної інтенсивності досягається шляхом втрати інформації, тобто зниження рівня достовірності відеоресурсу.

Таким чином, науково-прикладною задачею є розробка методу ефективного кодування відеокадрів для підвищення продуктивності інформаційних систем.

1.2. Аналіз основних характеристик і компонент технологій компресії відеокадрів

Сучасний стан інформаційно-технологічного розвитку призвів до створення множини методів компресії відеоданих. Тут виділяються базові методи, які здійснюють кодування без втрати інформації. Вони ж входять як складові компоненти в комплексні технологічні концепти обробки цифрових відеозображень. Такі методи відрізняються незначними можливостями щодо зниження рівня інформаційної інтенсивності бітового потоку. значення показника k_{comp} не перевищує рівень 1,1 - 2 разів. Навпаки, комплексні методи забезпечують відносно істотне зниження інформаційної інтенсивності, а саме величина k_{comp} може досягати 30 разів.

У загальному випадку, для комплексних методів відповідно до базової технології на JPEG-платформі здійснюється попередня трансформація. В цьому випадку досягається перетрансформація енергетичних характеристик вихідних

сегментів відеокадра, і створюється можливість для скорочення різних видів надмірності.

У синтаксичному описі зображень після їх трансформування відбувається скорочення просторової надмірності. При цьому виявляються в основному закономірності психовізуальної і статистичної природи.

Психовізуальна надмірність обумовлена особливостями зорового сприйняття окремих складових зображення. Зір людини при аналізі відеокадра оперує контурами, загальним переходом кольорів і порівняно невідчутно до малих змін кольорової палітри в зображенні.

статистична надмірність пов'язана з кореляцією і передбачуваністю даних, а також наявністю нерівномірності розподілу ймовірностей появи елементів проміжного синтаксичного опису. Тут враховується те, що цифрове відеозображення володіє надмірністю в двох напрямках, по вертикалі і по горизонталі. У цих напрямках, як правило, сусідні кольори рівні або близькі за значеннями.

З урахуванням наявності таких особливостей з'явилася можливість знижувати рівень інформаційної інтенсивності бітового потоку в двох базових режимах. Класифікація методів компресії відеокадрів представлена на рис. 1.11.

Методи, які здійснюють обробку в першому режимі, створюють умови для збереження вихідної семантичної і синтаксичної цілісності відеокадра. Тут кодування проводиться без втрати інформації, тобто показник δ рівня наявності спотворень в реконструйованому відеокадрі набуває нульового значення, $\delta=0$. Природно, що такий режим сприяє забезпеченню необхідного рівня достовірності інформації.

Відмінною особливістю методів в першому режимі є те, що вони здійснюють компресію без урахування психовізуальної надмірності. Відсутність етапу корекції під психовізуальну модель зорової системи забезпечує синтаксичне уявлення відеокадрів без втрати якості їх візуального сприйняття, і створює умови для виключення втрат інформації в процесі обробки. До даних методів кодування відеоданих відносяться такі технології,

як: кодування Хаффмана, арифметичне кодування, кодування довжин серій, метод RLE, метод словникового кодування LZW. Показник зниження інформаційної інтенсивності тут буде не більше, ніж 1,5 - 2 рази. Дані методи лежать в основі роботи таких форматів як: PNG, BMP, GIF, TIFF, JPEG-lossless [34,39,41,44,58,78,127,132].

Методи обробки, що віднесені до другого режиму кодування відеокадрів, навпаки, характеризуються наявністю етапу усунення психовізуальної надмірності. Тут обробка проводиться з урахуванням корекції енергетичних складових трансформованих зображень з урахуванням передбачуваного наявності психовізуальної надмірності. Тоді можливі два варіанти щодо втрати достовірності інформації.



Рис. 1.11 Класифікація методів компресії відеокадрів з урахуванням двох режимів обробки

Перший. Якщо розробляємо модель енергетичного зв'язку між синтаксичним описом трансформанти і семантичним змістом фрагмента обрана

вірно, то реконструюється зображення буде непомітною з точки зору візуальної оцінки різниці з вихідним відеокадром.

Другий. Навпаки, в разі коли модель енергетичного зв'язку обрана невірно, тобто кількість передбачуваної психовізуальної надмірності може бути перевищувати або бути меншою, ніж допускає структурно-семантичний зміст фрагмента відеокадра, то ефективність синтаксичного представлення буде знижуватися.

У першому випадку, коли кількість усунотої психовізуальної надмірності перевищує допустиму кількість, будуть виникати втрати ключової інформації. В другому випадку внаслідок недостатнього скорочення психовізуальної надмірності буде недостатньо знижуватися рівень інформаційної інтенсивності.

Зрозуміло, що в обох випадках будуть виникати спотворення реконструкції зображення відносно його вихідного синтаксичного опису, тобто $\delta > 0$.

Для оцінки якості отриманого результату застосовуються різні способи. Для вимірювання розбіжності відновлених і вихідних відеокадрів використовують величину пікового відношення сигнал / шум h ПВСШ (PSNR) (peak signal-to-noise ratio). Чим більше значення ПВСШ тим більше схожість між реконструйованим зображенням і вихідним зображенням.

Величина ПВСШ визначається через середньоквадратичну помилку δ СКО (MSE) (mean square error) з використанням наступної формули[45]:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Q_1} \sum_{j=1}^{Q_2} (x_{i,j} - y_{i,j})^2}{Q_1 \cdot Q_2}},$$

де $x_{i,j}$ - значення (i; j)-го елемента вихідного відеокадру;

$y_{i,j}$ - значення (i; j)-го елемента, відеокадру, що реконструюється;

$Q_1 \cdot Q_2$ - розмірність зображення.

Величина ПВСШ вимірюється за формулою

$$h = 10 \lg \frac{255^2 \times (Q_1 \cdot Q_2)^2}{\sum_{i=1}^{Q_1} \sum_{j=1}^{Q_2} (x_{i,j} - y_{i,j})^2} \text{ (дБ)}.$$

Через те, що використовується логарифм, величина ПВСШ вимірюється в децибелах (дБ).

Слід зауважити, що величина ПВСШ не має абсолютного значення, і використовується для отримання відносних оцінок для порівняння характеристик достовірності реконструйованої відеоінформації різних методів кодування.

Необхідний рівень ПВСШ, що відповідає необхідному значенню показника достовірності інформації залежить від насиченості відеокадра області ключової інформації про об'єкти інтересу. Такі області відрізняються високим ступенем структурно-семантичної інформативності. Якщо для обробки надходить область ключової інформації, то необхідний рівень достовірності досягається для більш високих значення ПВСШ, $h \geq 40$ дБ. Навпаки, для областей з малою структурної інформативністю (базові галузі відеокадра) необхідний рівень достовірності інформації досягається при значно менших значеннях показника ПВСШ, а саме $h \geq 25$ дБ [59, 61, 63, 68, 79, 133, 135, 140].

У зв'язку з чим, для того щоб коректно оцінювати допустимий рівень зниження інформаційної інтенсивності в заданих умовах достовірності відеоінформації необхідно враховувати класифікацію цифрових зображень за ступенем структурно-енергетичної насиченості. Тут виділяються три класи: сильнонасичені, середньонасичені і слабонасичені. До сильнонасичених відносяться зображень з високим рівнем структурно-енергетичної інформативності. Для таких фрагментів відеокадра характерна велика кількість дрібних об'єктів і деталей. Коефіцієнт кореляції між елементами таких фрагментів не перевищує 0,7. Для середньонасиченого класу фрагментів коефіцієнт кореляції між елементами знаходиться в межах від 0,7 до 0,9. До даного класу відносяться фрагменти, в яких присутні великі однорідні колірні області. Слабонасичені фрагменти є базовими, і відрізняються низьким рівнем

структурно-енергетичної інформативності. Для таких фрагментів характерна наявність областей з плавними колірними переходами. Тут коефіцієнт кореляції між елементами більш ніж 0,95.

Часто в складних схемах компресії, використовується комбінація більш простих алгоритмів для досягнення максимального ефекту. Одними з найпоширеніших і популярних методів компресії відеокадрів є методи на JPEG-платформі. Популярність даного стандарту обумовлена наступними причинами.

По-перше така технологія підтримується всіма інтернет-браузерами і за статистичними оцінками в мультимедійних базах даних до 80% зображень представлені в форматі JPEG або похідних від нього (JBIG, JFIF, SPIFF, MPEG).

По-друге стандарт JPEG можна використовувати як для одотонних, так і повнокольорових зображень. Даний метод з корекцією психовізуальної моделі під особливості зорового сприйняття дозволяє регулювати співвідношення між ступенем зниження інформаційної інтенсивності і рівнем якості візуального сприйняття реконструйованого цифрового відеозображення.

До достоїнств методів компрес на JPEG-платформі відноситься [19,63,73,141]:

- можливість вибору співвідношення між ступенем зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку і якістю візуального сприйняття реконструйованих відеокадрів;

- висока ступінь зниження інтенсивності для слабонасичених відеозображень в режимі внесення істотних корекцій під психовізуальную модель зорового сприйняття;

- відносна простота і висока швидкість роботи при кодуванні даних в умовах високого рівня квантування.

У зв'язку з чим, пропонується забезпечувати зниження рівня інформаційної інтенсивності бітового потоку і підвищення продуктивності процесів обробки і передачі відеоінформації для телекомунікаційних систем на основі використання методів на базі на JPEG-платформи.

1.3. Обґрунтування проблемних недоліків технології компресії відеокадрів з використанням JPEG-платформ

Основні етапи роботи технологічного процесу компресії відеозображень відповідно до стандарту JPEG представлені у вигляді блок-схеми на рис. 1.12.

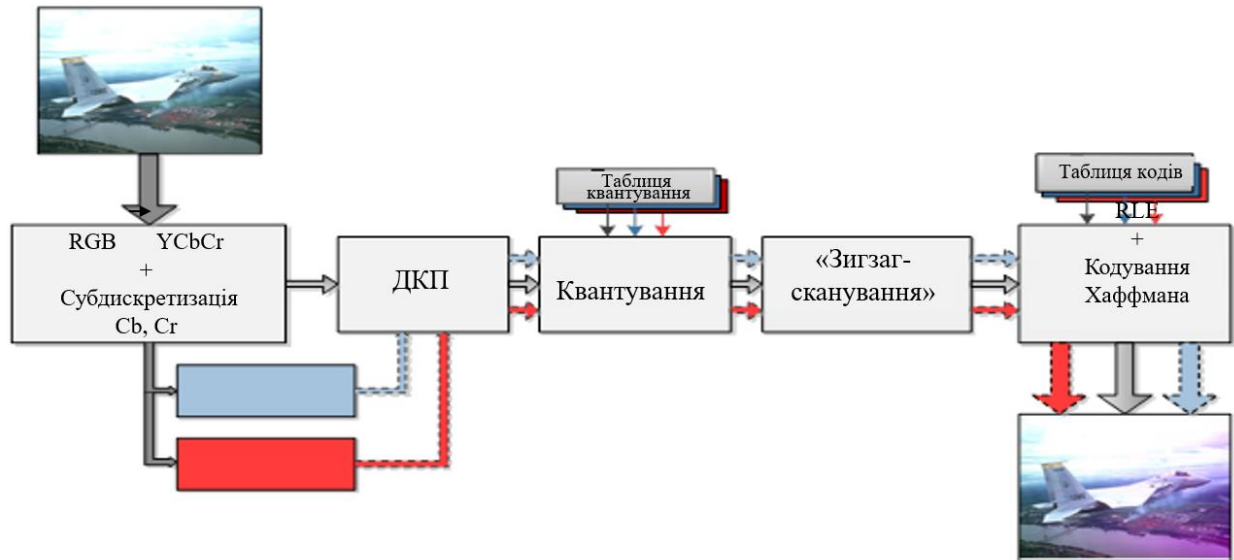


Рис. 1.12. Блок-схема роботи технології кодування на Базі JPEG-платформи

Функціонування технології починається з перетворення колірної моделі RGB, в колірну модель YcbCr або YUV. Де Y - luminance, Cb - Chrominance-blue, Cr - Chrominance-red, що в перекладі «Яскравість - Кольори синього - Кольори червоного».

Кольорове перетворення з RGB в YCbCr і в зворотньому напрямку виконується за такими формулами:

1) пряме перетворення з RGB в YCbCr:

$$\begin{aligned}
 Y &= (77/256)R + (150/256)G + (29/256)B; \\
 Cb &= -(44/256)R + (87/256)G + (131/256)B + 128; \\
 Cr &= (131/256)R - (110/256)G - (21/256)B + 128;
 \end{aligned}$$

2) зворотне перетворення з YCbCr в RGB:

$$R = Y + 1,371(Cr - 128);$$

$$G = Y - 0,698(Cr - 128) - 0,336(Cb - 128);$$

$$B = Y + 1,732(Cb - 128).$$

Схема таких трансформацій показана на рис. 1.13.

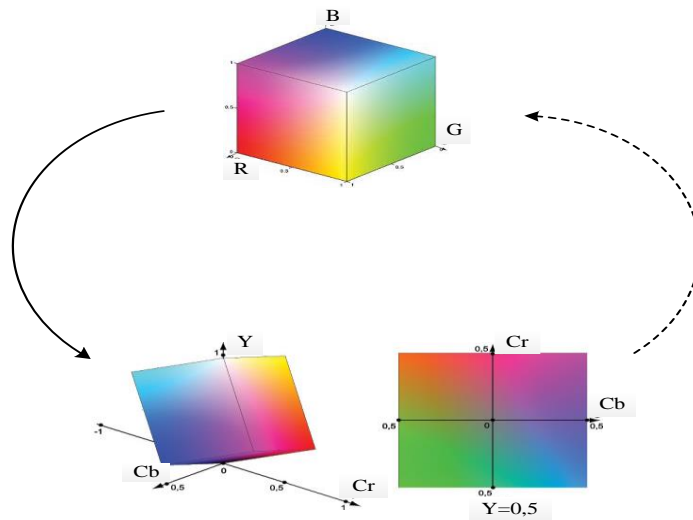
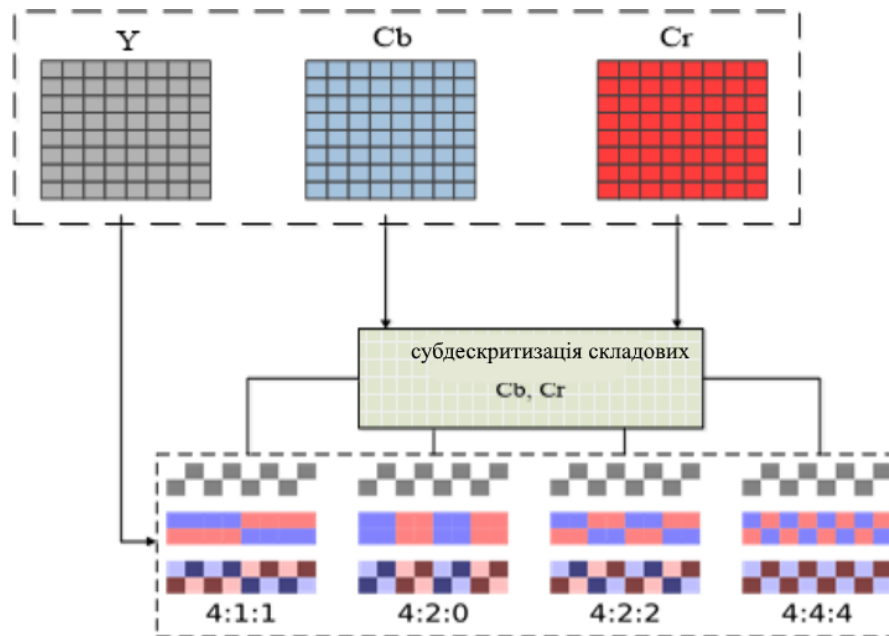


Рис. 1.13. Трансформація моделі колірного простору з RGB в YCbCr і назад

Це пов'язано з тим, що моделі RGB властива велика надмірність і для зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку відеокадрів, не найефективніший спосіб опису кольору. Причина в тому, що всі три кольори: червоний, зелений, синій, в моделі RGB рівнозначні і характеризуються яскравістю (інтенсивністю), яка може приймати 256 дискретних значень від 0 до 255. Перехід до колірної моделі YCbCr дозволяє виділити більш важливу інформацію. Тут враховується те, що людське око більш чутливе до зміни складової яскравості зображення ніж до колірної. Тому обробку складових кольоровості можна проводити з урахуванням корекції моделі психовізуального сприйняття, що створює умови для додаткового зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку без помітного візуального погіршення якості реконструйованого відеозображення рис 1.14.



Ріс.1.14 Субдискретизація складових Cb, Cr

Цей крок не обов'язковий, але важливий, так як подальша робота стандартизованої технології дозволить незалежно обробляти кожен колірний складову. Після чого, організовується фрагментація відеокадра шляхом формування блоків (фрагментів, сегментів) розміром 8×8 пікселів для кожної кольорової складової.

Наступний технологічний етап пов'язаний з формуванням моделі кольорного опису. В даному випадку використовуються процеси скорочення психовізуальної надмірності шляхом субдискретизації.

Оскільки основна інформативність зосереджена в яскравісній Y складовій, то вона залишається без змін. У той час, як колірні складові піддаються проріджуванню (субдискретизація), шляхом виключення кожного другого рядка і стовпця [5,17,19].

На третьому технологічному етапі процесу кодування до кожного блоку розміром 8×8 пікселів застосовується дискретно косинусне перетворення ДКП [23,24,28]. В цьому випадку здійснюється перехід від просторового представлення зображення до його спектрального подання і назад. В результаті такого перетворення відбувається перерозподіл енергії. При цьому в сформованій трансформанті, основна інформація про відеозображення

концентрується в лівому верхньому куті. Тут найбільш вагома компонента називається DC, для неї відповідає найнижча частота. Всі інші компоненти - це високочастотні компоненти AC. У них міститься інформація про високочастотні складові відеозображення. Таким чином ДКП-перетворення створює умови для подальшого скорочення психовізуальної і статистичної надмірності в умовах допустимої якості візуального сприйняття.

Пряме і зворотне двовимірне ДКП обчислюється за такими формулами[19]:

1) пряме ДКП-перетворення:

$$C_{i,j} = \frac{1}{\sqrt{2n}} C_i C_j \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} P_{x,y} \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2n}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{2n}\right),$$

$$\text{при } 0 \leq i, j \leq n-1,$$

де $P_{x,y}$ - блок пікселів розміром $z1 \times z2$ (8×8);

2) зворотне ДКП-перетворення:

$$P_{x,y} = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 C_i C_j C_{i,j} \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{16}\right),$$

$$\text{де } \tilde{N}_f = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & f = 0; \\ 1, & f > 1. \end{cases}$$

На наступному етапі, після обчислення всіх компонент ДКП і формування трансформанти організовується процес корекції під модель психовізуального сприйняття. Така корекція проводиться шляхом використання технології квантування. Для кожної складової Y , S_b , S_r з урахуванням їх інформативності та впливу на якість візуального сприйняття задається своя матриця квантування.

В процесі квантування відбувається поелементний розподіл компонент трансформанти $F_{i,j}$ на коефіцієнти відповідної матриці квантування $X_{i,j}$. Це задається наступною формулою[19]:

$$\bar{F}_{i,j} = \frac{F_{i,j}}{X_{i,j}}.$$

Результат ділення округляється до найближчого цілого.

Тут з одного боку здійснюється управління ступенем зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку, а з іншої сторони можуть відбуватися найвагоміші втрати інформації.

Вплив процес квантування на рівень зниження інформаційної інтенсивності полягає в тому, що задаючи великі значення коефіцієнтів матриці квантування, отримаємо більше нульових компонент. Отже, створюються умови для виявлення структурних і статистичних закономірностей і скорочення більшої кількості надмірності.

Процес квантування допускає свою реалізацію на основі двох способів, а саме коли:

1. Матриця квантування вибирається за замовчуванням і яляється стаціонарною.

2. Матриця квантування оцінюється в залежності від встановленого рівня корекції під психовізуальну модель сприйняття, для цього використовується наступна формула:

$$X_{i,j} = 1 + (i + j) \times R, \quad (1.2)$$

де $X_{i,j}$ - значення елемента матриці квантування;

i, j - координати елементів матриці квантування;

R - крок (рівень) квантування вибирається з умови забезпечення необхідної політики достовірності інформації.

Значення елементів матриці квантування відповідно до моделі зорового сприйняття зростають по діагоналі з лівого верхнього кута, в правий нижній кут, що гарантує спадання коефіцієнтів трансформанти з лівого верхнього кута, в правий нижній кут.

Черговий технологічний етап стандартизованої технології, компресії полягає в перетворенні трансформанти в одновимірний вектор. Такий процес проводиться за допомогою "зигзаг-сканування" як показано на рис. 1.15.

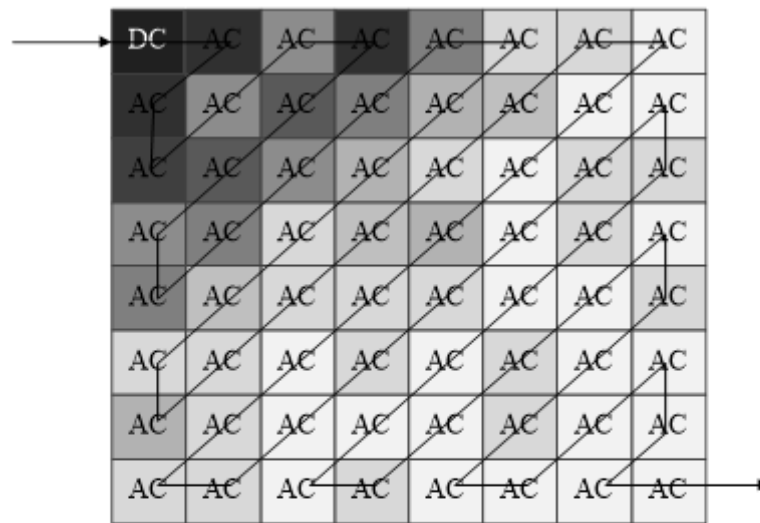


Рис. 1.15 Зигзаг-сканування трансформанти

В результаті такого обходу трансформанти отримується лінійний вектор, який характеризується тим, що:

- 1) напочатку вектора знаходиться низькочастотна компонента DC, а всі наступні – компоненти AC;
- 2) формуються максимально можливі довжини серій AC-компонент, що мають нульові значення;
- 3) можливість заміни останньої серії AC-компонент з нульовими значеннями спеціальним кодом, що позначає кінець блоку (КБ).

На заключній стадії роботи технології кодування в стандарті JPEG, відбувається обробка компонент одновимірної трансформанти. Кожна компонента трансформанти кодується за допомогою поєднання методу групового кодування RLE і методу Хаффмана.

Основна концепція технології Хаффмана, полягає в кодуванні окремих символів бітовими рядками нерівномірної довжини. При цьому найбільш часто зустрічаються символи, що кодуються рядками найменшої кодової довжини. Це означає, що елементу, який зустрічається найчастіше, присвоюється найменша довжина коду, а елементу з найменшою частотою повторень присвоюється довший код. Потім на підставі статистичних даних будується таблиця кодів. Коди Хаффмана є префіксними кодами, що дозволяє з безперервного потоку біт однозначно їх декодувати. Іншими словами на даному технологічному етапі втрати інформації виключаються.

На практиці використовуються різновиди реалізації методу Хаффмана. В одних випадках використовуються фіксовані кодові таблиці, в інших, кодова таблиця будується на підставі статистичного аналізу наявних даних, як показано на рис. 1.16 (а, б). Фіксовані кодові таблиці дозволяють скоротити час обробки.

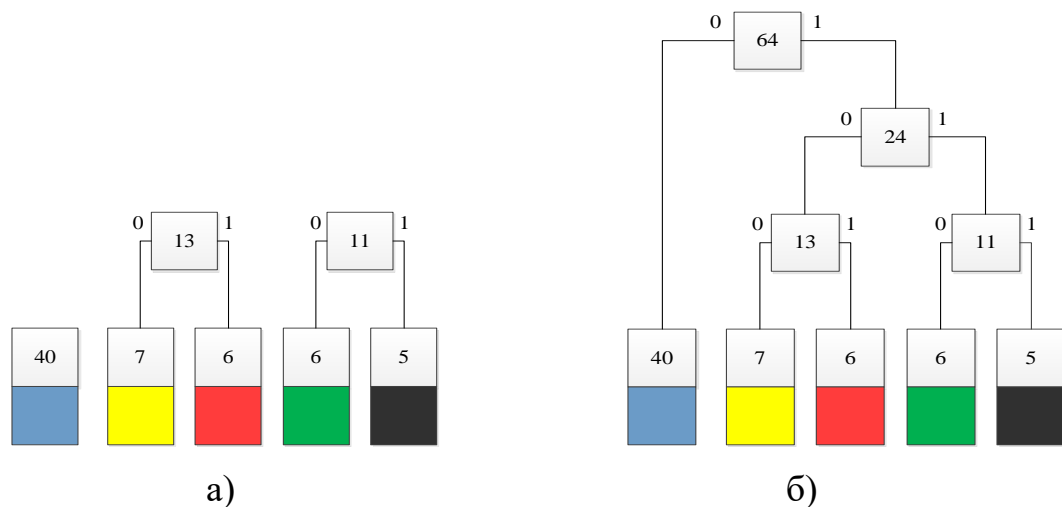
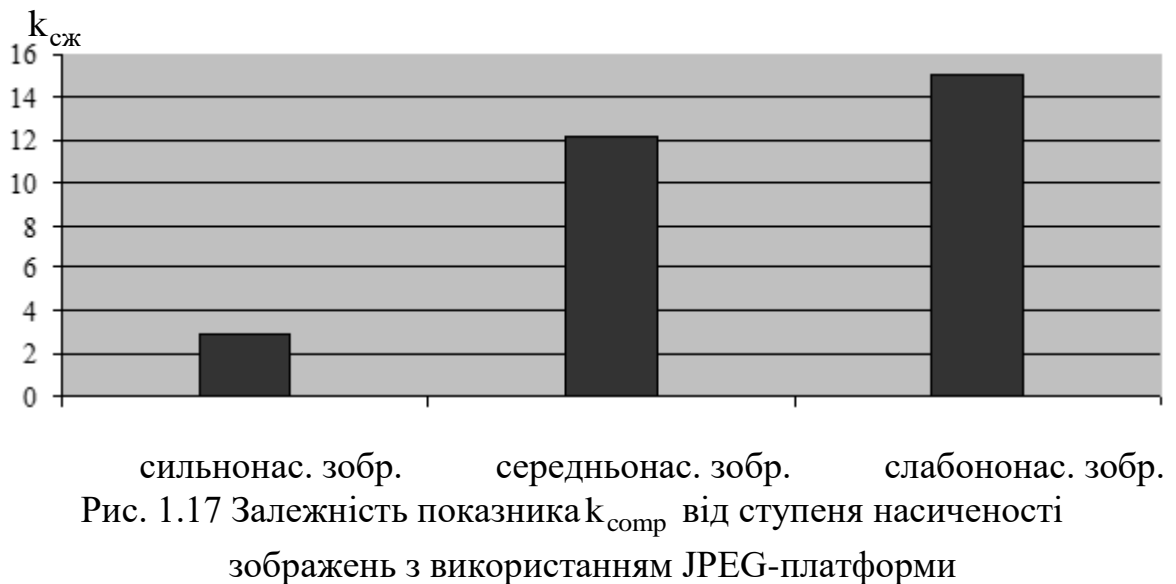


Рис. 1.16 Кодування Хаффмана

а) початок кодування, б) кінець кодування

Як варіант замість кодування Хаффмана може застосовуватися арифметичне кодування.

Оцінка ступеня k_{comp} зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку з використанням JPEG-платформи для різних класів відеозображень при рівні квантування $R = 3$, представлена на рис. 1.17.



Аналіз даних на рис. 1.17 дозволяє зробити наступні висновки:

- 1) зі збільшенням ступеня насиченості відеозображень областями ключової інформації для заданого рівня достовірності інформації ступінь зниження інформаційної інтенсивності зменшується в середньому на 80%;
- 2) максимальні значення показника зниження інформаційного інтенсивності досягаються для слабонасичених і середньонасичених зображень, тобто для відеокадрів з високою концентрацією базових областей, що мають низький рівень структурно-енергетичної інформативності. У цьому випадку значення показника $k_{\text{сж}}$ збільшується в середньому від 8 до 15 разів;
- 3) найменші значення показник $k_{\text{сж}}$ приймає в разі обробки відеозображень сильнонасичених областями ключової інформації, а саме в середньому не перевищує 2,5 рази.

Тобто, можна зробити висновок, що ступінь зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку в умовах необхідної достовірності інформації суттєво залежить від класу зображень (ступеня насиченості областями ключової інформації).

З викладеного матеріалу можна зробити висновки про відсутність в стандарті JPEG умов забезпечення необхідного рівня зниження інформаційної інтенсивності і підвищення продуктивності функціонування ТКС в умовах досягнення необхідного рівня достовірності інформації. Отже, не

забезпечується необхідна якість відеосервісу з використанням існуючих бездротових телекомунікаційних систем.

1.4. Постановка завдання на дослідження

Для існуючих технологій компресії, що використовують JPEG-платформу, характерні два каскади дисбалансу, які проявляються в процесі надання відеосервісу, а саме:

1) дисбаланс між високим рівнем інформаційної інтенсивності бітового потоку відеокадра і обмеженим значенням швидкості передачі по телекомунікаційній мережі;

2) дисбаланс між рівнем корекцій під психовізуальну модель (кількість усунутої психовізуальної надмірності) і рівнем втрати достовірності інформації. При цьому найбільші втрати виникають для відеокадрів, що містять значну кількість областей ключової інформації.

Це призводить наявності значних часових затримок по доставці відеоінформації в умовах забезпечення заданої достовірності і зниження продуктивності функціонування телекомунікаційних систем із заданою якістю відеосервісу.

Тому мета дисертаційних досліджень полягає в розробці методу ефективного кодування відеокадрів для зниження їх інформаційної інтенсивності і підвищення продуктивності інформаційних систем.

Метаматичне формулювання досліджень.

Необхідно отримати метод, що заданий функціоналом $F(k_{\text{comp}}; \delta)$ так щоб забезпечувалося зниження інформаційної інтенсивності $V'(\delta)_{t_{\Sigma}}$ на виході кодера і часових затримок t_{Σ} на доставку відеоінформації із заданою швидкістю S_{nes} передач в мережі, $S_{\text{trans}} \leq S_{\text{nes}}$, Тобто

$$F(k_{\text{comp}}; \delta):$$

$$V'(\delta)_{t\Sigma} = \frac{Q_{col} \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot \theta}{k_{comp}} \rightarrow \min ;$$

$$t(\delta)_{\Sigma} = t_{proc} + \frac{V_{t\Sigma}}{k_{comp} S_{trans}} \rightarrow \min$$

при виконанні вимог щодо заданого рівня δ_{nes} достовірності (за показником пікового відношення сигнал / шум)

$$\delta \geq \delta_{nes}.$$

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

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

2. Створити метод для забезпечення збереження ключової інформації відеокадра в умовах виконання вимог до її достовірності.

3. Розробити метод ефективного кодування відеокадрів, що забезпечує зниження інформаційної інтенсивності відеоінформації в умовах необхідної її достовірності та обмеженою продуктивності бортових технологій.

4.1. Розробити метод кодування базової складової відеокадра.

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.

Висновки за першим розділом

1. Інтенсивне зростання різного роду інформації, розширення сфери інформаційних послуг. Серед доступних сучасних видів зв'язку, набирають величезну вагу бездротові технології передачі даних. Сюди відносяться мережі на базі технологій Wi-Fi, WiMAX і мережі рухомого мобільного зв'язку, в тому числі технології 4G, 5G, загальний обсяг сумарного трафіку досягає 70%.

2. Оцінка часових затримок на передачу вихідних відеокадрів з урахуванням існуючої продуктивності бездротових технологій, показала, що вони досягають десятків хвилин. У реальному часі швидкість передачі вихідних відеоданих здійснюється тільки для кадрів форматів CIF, SD. Для передачі відеоданих в реальному часі, потрібно скоротити їх інформаційну інтенсивність. 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.

3. Проведні дослідження показали наступне для існуючих технологій компресії характерні два каскади дисбалансу:

1) дисбаланс між високим рівнем інформаційної інтенсивності бітового потоку відеокадра і обмеженим значенням швидкості передачі по телекомунікаційної мережі;

2) дисбаланс між рівнем корекцій під психовізуальну модель (кількістю усунотої психовізуальної надмірності) і рівнем втрат достовірності інформації;

3) для всіх класів зображень зі збільшенням рівня квантування трансформант, значення показника зниження інтенсивності k_{comp} зростає tt в середньому від 2 до 17,5 разів;

4) для зображень сильнонасичених областей ключової інформації значення показника зниження рівня інтенсивності найменші в середньому від 2 до 3,2 раз.

4. Найбільший рівень зниження інформаційної інтенсивності досягається у випадку збільшення рівня ступеня квантування, тобто відбувається втрата інформації. Актуальною науково-прикладною задачею є зниження інформаційної інтенсивності відеоданих для підвищення продуктивності функціонування інформаційних систем із заданою якістю відеосервісу.

5. Метою дисертаційних досліджень є розробка методу ефективного кодування відеокадрів для зниження їх інформаційної інтенсивності і підвищення продуктивності інформаційних систем.

РОЗДІЛ 2

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ВІДБОРУ КЛЮЧОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ВІДЕОКАДРУ

Перетворення з цифровим зображенням пов'язані з втратами інформації ключових сегментів і розмиванням якості для базових фрагментів відеокадрів. З одного боку це є фундаментом для зниження інформаційної інтенсивності світлового потоку, але з іншого - причиною для втрати значимої інформації і зниження рівня роздільної здатності. Такі процеси стають критичними для додатків, пов'язаних з реалізацією інформаційного забезпечення.

Пропонується організувати побудову синтаксичного представлення і організувати усунення надмірності в компонентній структурі відеоданих. Такий підхід дозволить організувати обробку на підставі усунення статистичної та структурної надлишковості.

Запропоновано, для забезпечення збереження необхідного рівня достовірності інформації в ключових складових відеокадра з одного боку, і додаткового зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку, який формується базовими (фоновими) складовими відеокадра з іншого боку, організувати адаптивну обробку фрагментів цифрових зображень.

Розроблено метод адаптивної обробки відеокадру, який ґрунтується на ідентифікації та диференційному кодуванні ключовими та базовими (фоновими) складовими відеокадру. Доведено, що адаптивна обробка з відбором ключовими складовими дозволяє підвищити достовірність відеоінформації. При чому кодування з властивостями завадостійкості здійснюється тільки для відібраних ключовими фрагментів відеокадру.

Розробляється технологія ідентифікації макрофрагментів для виявлення ключової інформації відеокадру на основі двокаскадного оцінювання за інтегрованими показниками в спектральній області

2.1. Оцінка вразливостей в процесі функціонування технологій компресії на платформі JPEG

Технології сімейства JPEG-платформ відрізняються тим, що в своїй основі використовують процеси корекції під психовізуальну модель сприйняття відеокадрів.. Прояв втрат інформації також відображається для випадків збереження та обробки цифрових зображень, які представлені на синтаксичному рівні з використанням технологій JPEG.

Недоліками методів компресії з використанням JPEG-платформ є наступне:

1) при високих рівнях зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку, відеокадри після реконструкції розпадаються на фрагменти розміром 8×8 пікселів;

2) утворюються ореоли по межах різких переходів кольорів (Ефект Гіббса).

Розглянемо більш докладно обробку високочастотних АС-компонент у трансформованому відеокадрі з використанням технологій синтаксичного кодування на основі методу Хаффмана.

Початковий етап процесу кодування пов'язаний з необхідністю отримання інформації про частотної статистики. Після чого, процес обробки зводиться до виконання двох проходів по кодуемій послідовності. Перший прохід полягає в побудові кодових таблиць. Другий прохід використовується для безпосереднього формування кодових конструкцій. Це в свою чергу призводить до збільшення часових затримок на обробку фрагментів відеокадра і збільшення обсягу зображення. При цьому для JPEG-платформи, передбачений варіант вибору кодів Хаффмана враховуючи особливості складової яскравості кадру так і кольорорізносних складових [19,34,37,43].

Високочастотні АС-компоненти обробляються з використанням нерівномірних кодів. Тут відразу визначаються і значення компоненти, і число попередніх нулів. Низькочастотна DC-компонента кодується у шляхом

визначення різниці значень DC-компонент для поточного і попереднього фрагментів відеокадра. В табл. 2.1 - 2.2 представлені категорії величин JPEG-компонент і стандартні коди для високочастотних AC-компонент.

Таблиця 2.1.

Категорії кодування JPEG-компонент для стандартизованого процесу

Значення	Категорія для DC-компонент	Категорія для AC-компонент	Біти для величини
0	0	-	-
-1, 1	1	1	0, 1
-3, -2, 2, 3	2	2	00, 01, 10, 11
-7, ..., -4, 4, ..., 7	3	3	000, ..., 011, 100, ..., 111
-15, ..., -8, 8, ..., 15	4	4	0000 ..., 0111, 1000, ..., 1111
-31, ..., -16, 16, ..., 31	5	5	00000, ..., 01111, 10000, ..., 11111
-63, ..., -32, 32, ..., 63	6	6	.
-127, ..., -64, 64, ..., 127	7	7	.
-255, ..., -128, 128, ..., 255	8	8	.
-511, ..., -256, 256, ..., 511	9	9	.

Продовження таблиці 2.1.

Категорії кодування JPEG-компонент для стандартизованого процесу

-1023, ..., -512, 512, ..., тисяча двадцять три	A	A	.
-2047, ..., -1024, 1024, ..., 2047	B	B	.
-4095, ..., -2048, 2048, ..., 4095	3	3	.
-8191, ..., -4096, 4096, ..., 8191	D	D	.
-16383, ..., -8192, 8192, ..., 16383	E	E	.
-32767, ..., -16384, 16384, ..., 32767	F	-	.T

Таблиця 2.2.

Стандартизовані кодові конструкції для АС-компонент

Довжина нульової серії	Категорія	код	Довжина додаткового коду	Сумарна довжина коду
0	0	1010 (КБ)		4
0	1	00	1	3
0	2	01	2	4
0	3	100	3	6
0	4	1011	4	8
0	5	11010	5	10
0	6	111000	6	12
0	7	1111000	7	14
0	8	1111110110	8	18
0	9	1111111110000010	9	25
0	A	1111111110000011	10	26
1	1	1100	1	5
1	2	111001	2	8
1	3	1111001	3	10

Процес кодування високочастотних АС-компонент здійснюється з використанням наступних етапів:

-для значення АС-компоненти визначається категорія з відповідним кодом;

-визначається додатковий код для точного уточнення значення АС-компоненти.

Додатковий код формується по молодшим розрядам двійкового представлення АС-компоненти. Такий процес виконується за наступним принципом. Наприклад, для категорії 5 додатково потрібно 5 біт, вони обчислюються як 5 молодших розрядів позитивного значення компоненти або як 5 молодших розрядів від'ємного значення компоненти з вирахуванням одиниці [13,14,73,74].

Приклад: Дано лінійний масив компонент:

$$\textcircled{35} -5 \ 1 \ -3 \ -2 \ -6 \ 2 \ 0 \ -1 \ \dots \ (\text{і так далі})$$

Код першої ненульової АС-компоненти зі значенням (-5) буде дорівнює $\{1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0\}$. Згідно табл. 2.2 основний код буде $\{1 \ 0 \ 0\}$ складається з 3 біт. Але сумарний код закодованої компоненти (-5), що знаходиться в категорії 3, буде мати двійкову довжину 6 біт. Додаткові три біта беруться з молодших розрядів двійкового представлення АС-компоненти. При цьому, оскільки значення АС-компоненти має негативний знак, то необхідно відняти 1. Для значення (-5) молодші розряди складуть $\{0 \ 1 \ 1\}$ мінус 1, вийде $\{0 \ 1 \ 0\}$. Значить, перші три біта вказують на категорію, а відповідно останні три біта вказують на точне значення АС-компоненти.

Реконструкція закодованої послідовності проводиться наступним чином. З суцільного бітового потоку необхідно відновити перетворені компоненти. Це реалізується за допомогою табличного перетворення.

Аналізуючи такий процес обробки компонент трансформованих відеокадрів, можна вказати на такі його вразливі сторони:

- 1) відсутня можливість оцінити ступінь зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку до повного завершення процесу кодування;
- 2) в разі виникнення помилок або втрати старших біт (префіксної частини) кодової конструкції стає неможливим здійснити процес її декодування;
- 3) з ростом довжини серії АС-компонент, що мають нульові значення, збільшується довжина коду Хаффмана;
- 4) для реконструкції цифрового зображення необхідно додатково передавати на приймальний бік або зберігати таблицю ймовірностей появи значень елементів трансформанти;
- 7) процес кодування по Хаффману буде малоефективним в разі обробки зображень обмежених розмірів.

У той же час на сьогоднішній день формати компресійного уявлення цифрових зображень з використанням JPEG-платформи є найпоширенішими. Дані технології дозволяють знижувати інформаційну інтенсивність бітового потоку повнокольорових фотореалістичних зображень в режимі часткової втрати інформації. Особливо їх ефективність проявляється в разі обробки когерентних обмежено-інформативних зображень. Тому для підвищення ступеня зниження інформаційної інтенсивності в рамках використання JPEG-платформи, необхідно розробляти і впроваджувати в системи телекомунікації більш ефективні технології синтаксичного представлення відеокадрів.

Тут для кодування трансформант використовуються два базові підходи. Перший підхід базується на обробки компонентної структури трансформанти. Перевага технології кодування компонентної структури трансформанти полягає в тому, що на її обробку потрібні менші тимчасові затримки, ніж на обробку бітового уявлення трансформанти. Це пояснюється наступними причинами [13,16]:

- бітова структура трансформанти будується на основі бінаризації її компонент. В цьому випадку для кожної компоненти формується двійкове подання, довжиною d біт. У підсумку замість обробки $n \times m$ компонент необхідно буде обробити d бітових площин розміром $n \times m$ кожна ($n \times m$ -розмір трансформанти). Кількість оброблюваних даних для бітового уявлення трансформанти збільшується в d раз;

- потрібно затратити додаткову кількість операцій власне на саму бінаризація кожної компоненти трансформанти;

- обробка для компонентної структури може реалізовуватися з використанням кодових таблиць Хаффмана. Це вимагає меншої кількості операцій в порівнянні з арифметичним кодуванням.

У зв'язку з цим, пропонується організувати побудову синтаксичного представлення і організувати усунення надмірності в компонентної структурі

трансформанти. Такі дії полягають у обчисленні наступних основних закономірностей компонентного опису трансформанти:

1) концентрації основної енергії вихідного сигналу в низькочастотних компонентах, і навпаки інформація про дрібних деталях формується в високочастотних компонентах трансформанти дискретного косинусного перетворення, значення яких часто близькі до нульового;

2) наявності компонент трансформанти з нульовими значеннями, що характерно для області АС-компонент.

Такий підхід дозволить організувати обробку на підставі усунення статистичної та структурної надлишковості.

Для забезпечення збереження необхідного рівня достовірності інформації в ключових складових відеокадра з одного боку, і додаткового зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку, який формується базовими (фоновими) складовими відеокадра з іншого боку, пропонується організувати адаптивну обробку фрагментів цифрових зображень.

Таким чином, потрібно розробити метод ефективного синтаксичного кодування, що базуються на адаптивній обробці компонентної структури трансформанти з урахуванням наявності ключовий і базової інформації відеокадра.

2.2. Розробка системи оцінювання сегментів відеокадру за ступенями структурної насиченості в просторово-спектральній області

Пропонується розробити підхід відносно адаптивної обробки відеокадру, який ґрунтується на ідентифікації та диференційному кодуванні ключовими та базових (фонових) складових відеокадру. У цьому випадку адаптивна обробка з відбором ключовими складових дозволяє підвищити достовірність відеоінформації. При чому кодування з властивостями завадостійкості здійснюється тільки для відібраних ключовими фрагментів відеокадру.

Отже така обробка є внутрішньокадровою та створює умови для підвищення продуктивності Функціонування інформаційних систем з необхідним рівнем достовірності інформації, а також створює умови для організації закриття значимої інформації, яка присутня у відеокадрі.

Під поняттям внутрішньокадрового відбору ключової складової C_{mean} розуміється ідентифікація тих фрагментів кадру, які містять значущих інформацію з позиції структурної насиченості на рівні синтаксичного опису.

Тобто під ключовими складовими C_{mean} розуміють такі складові відеокадру, які несуть в собі найбільшу семантичну та структурну інформативність. При цьому в процесі автоматичного відбору ключових складових C_{mean} пропонується враховувати структурні особливості відеокадру на рівні його синтаксичного представлення [16,18,19-21,75,76].

Для відбору ключових (значущих) структурних складових C_{mean} необхідно ідентифікувати найбільш інформативні в плані структурної насиченості фрагменти відеокадру. Оскільки найповнішу інформацію несе яскравісна Y компонента формату відеокадру, то ключові структурні складові будемо виявляти на базі яскравісних компонент. Отже прийняття рішення відносно відбору структурної складової пропонується здійснювати за результатами аналізу інформації по сукупності сегментів $S(Y)_\tau^{(k;\ell)}$ яскравісної складової.

Для визначення структурної або енергетичної насиченості сегментів $S(Y)_\tau^{(k;\ell)}$ введемо поняття сегментів трьох типів, а саме:

1) сегменти з високою структурною насиченістю на синтаксичному рівні опису. До таких сегментів відносяться сегменти, в яких наявні різкі переходи яскравості та контрастності зображення;

2) сегменти із середньою структурною насиченістю. Такі сегменти містять незначні відмінності між пікселями, тобто наявні плавні переходи контрастності;

3) сегменти з низькою структурною насиченістю. Тут наявні рівномірні ділянки зображення.

Визначення структурної насиченості сегментів пропонується здійснювати в просторово-спектральній області. Для цього використовується дискретно-косинусне перетворення (ДКП). З допомогою ДКП-перетворення здійснюється перехід від просторово-часового представлення відеокадру в просторово-спектральний. В результаті чого отримуємо масив компонент ДКП - трансформанти. Компоненти трансформанти ДКП-перетворення є інтегральними характеристиками структурного змісту сегменту відеокадру.

На рис. 2.3 зображено розташування низькочастотних компонент трансформанти ДКП-перетворення в сегментах $S(Y)_\tau^{(k;\ell)}$ яскравісної складової макросегменту. З цього рисунку видно, що низькочастотні компоненти в основному скуплюються в межах перших п'яти діагоналей. Навпаки середньочастотні компоненти ДКП простору розташовані в межах від п'ятої до дев'ятої діагоналей.

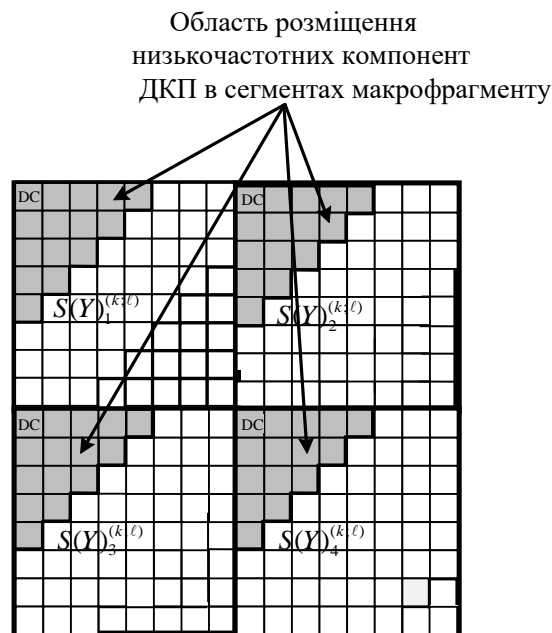


Рис. 2.3. Схема розташування низькочастотних компонент ДКП трансформанти в сегментах $S(Y)_\tau^{(k;\ell)}$ яскравісної складової макрофрагменту

Інтегральна залежність компонент трансформанти ДКП-перетворення може бути визначена наступним чином:

1. Значення компоненти на позиції з координатми (1;1) у трансформанті пропорційне середній яскравості зображення. Така компонента маркується як DC-компонента.

2. Інші низькочастотні компоненти у верхньому лівому куті трансформанти ДКП-перетворення характеризують ступінь насиченості блока зображення низькочастотними перепадами. До таких низькочастотних перепадів відносять ступінчасті зміни рівня яскравості.

3. Компоненти в середній частині трансформанти визначають ступінь насиченості сегменту відеокадру лінійними, рівномірними змінами рівня яскравості.

4. Навпаки компоненти в нижній правій області трансформанти характеризують її насиченість високочастотними деталями.

Значення компонент змінюються в залежності від переваг в сегменті зображення відповідних структурних особливостей.

Широкий клас зображень містить в основному лінійні, монотонні та ступінчасті структурні зміни рівня яскравості. Імпульсні зміни займають меншу площу зображення. Крім того, вони можуть бути викликані шумами дискретизації [59,64,67]. Тому найбільші значення мають компоненти, що розташовані у верхній лівій частині трансформанти.

На рис. 2.4 зображено розташування компонент у трансформанті.

Для трансформанти ДКП-перетворення для сегментів з високою структурною насиченістю характерні наступні особливості [59,64]:

а) значення компонент ДКП зменшується за діагональним зигзагом зліва – направо, з гори – до низу. Отже чим ближче діагональ розташовується відносно DC-компоненти, тим більше будуть значення низькочастотних компонент;

б) компоненти ДКП з великими значеннями сконцентровані у відносно малій ділянці трансформанти, яка відповідає низькочастотній області. Тому

можна стверджувати, що значення інтегрального показника δ_{low} в цьому випадку буде найбільшим, тобто

$$\delta_{low} \rightarrow \max, \text{ та не буде нижче, чим } \delta_{low} \geq \delta_{low, \max}^{(1)}.$$

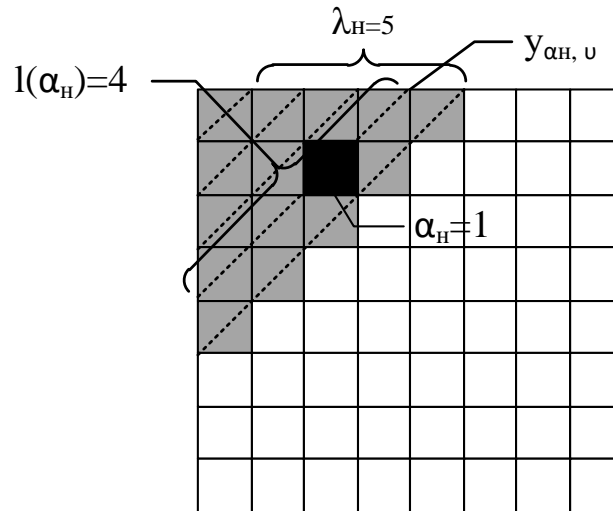


Рис. 2.4 Схема розташування компонент у трансформанті

Тут $\delta_{low, \max}^{(1)}$ - верхній поріг для інтегрального показника по низькочастотним компонентам, з якого сегмент потенційно може бути віднесено до високонасиченого за структурним змістом.

Відповідно знаходження величини δ_{low} для виявлення сегментів з високим рівням структурної насиченості можна здійснювати по обмеженій кількості q_{low} низькочастотних компонент трансформанти

в) навпаки компоненти з мінімальними значеннями займають велику площу трансформанти, та відповідно інтегральний показник δ_{high} за висоькочастотними компонентами буде приймати значення не нижче чим величина $\delta_{high, \max}^{(2)}$,

$$\delta_{high} \geq \delta_{high, \max}^{(2)}.$$

Причому для оцінки величини δ_{high} потрібно використовувати незначну кількість $q_{\text{high}}^{(1)}$ високочастотних компонент трансформанти ДКП-перетворення.

Для трансформанти отриманої для сегментів з середньою структурною насиченістю характерні наступні особливості [13,14,19]:

а) низькочастотні компоненти ДКП які мають найбільші значення сконцентровані у відносно малій ділянці трансформанти. В той же час, значення інтегрального показника δ_{low} для таких сегментів буде знаходитися в наступних межах:

$$\delta_{\text{low}} \in [\delta_{\text{low},\text{min}}^{(1)}; \delta_{\text{low},\text{max}}^{(1)}],$$

де $\delta_{\text{low},\text{min}}^{(1)}$ - нижній поріг для інтегрального показника по низькочастотним компонентам, з якого сегмент потенційно може бути віднесено до середньо насиченого за структурним змістом.

б) високочастотні компоненти займають значну площу трансформанти, але інтегральний показник δ_{high} буде приймати значення в такому діапазоні,

$$\delta_{\text{high}} \in [\delta_{\text{high},\text{min}}^{(2)}; \delta_{\text{high},\text{max}}^{(2)}],$$

де $\delta_{\text{high},\text{min}}^{(2)}$ - нижній поріг для інтегрального показника за високочастотними компонентами, з якого сегмент потенційно може бути віднесено до середньо насиченого за структурним змістом.

Причому в цьому випадку для оцінки величини δ_{high} потрібно використовувати більшу кількість $q_{\text{high}}^{(2)}$ високочастотних компонент трансформанти ДКП-перетворення.

Для трансформанти, яка відповідає сегменту з низькою структурною насиченістю характерні такі особливості [13,14,19]:

а) низькочастотні компоненти ДКП які мають найбільші значення сконцентровані у лівому верхньому куті трансформанти. Однак, значення інтегрального показнику δ_{low} для таких сегментів не буде перевищувати наступної межі:

$$\delta_{low} < \delta_{low,min}^{(1)} ;$$

б) у випадку коли значення інтегрального показника знаходяться в межах

$$\delta_{low} \in [\delta_{low,min}^{(1)} ; \delta_{low,max}^{(1)}],$$

то сегмент буде віднесено до низькоінформативного, якщо його інтегральний показник за високочастотними компонентами не буде перевищувати відповідної нижньої межі $\delta_{high,min}^{(2)}$, тобто:

$$\delta_{high} < \delta_{high,min}^{(2)} ;$$

в) при великій площі зображення, що має малозмінювану яскравість, розмір області трансформанти з великими значеннями компонент має маленьку площу.

Отже пропонується оцінювати структурну насиченість (інформативність) сегменту відеокадру з позиції спектральних характеристик. Очевидно, що чим більші обсяги однорідної яскравісної площі, і чим менша площа, заповнена дрібними деталями, тим меншим є ступінь структурної насиченості сегменту відеокадру. Навпаки, чим частіші яскравісні перепади, і чим більша площа, що відводиться під дрібні деталі і контурні перепади, тим вища структурна і семантична інформативність. У зв'язку з цим для оцінювання значущості

структурних складових пропонуємо використовувати інформацію, яка міститься в спектральному представленні зображення.

Для визначення сегментів з вираженими ознаками структурної насиченості та високої енергетичної інформативності будемо використовувати інформацію, яка міститься в сукупності низькочастотних компонент. Така інформація отримується за допомогою показника δ_{low} , який пропонується оцінювати за зваженим квадратичним показником по значеннях низькочастотних компонент в логарифмічному масштабі. В загальному випадку обираються перші v_{low} діагоналей окрім DC-компоненти. Як правило для величини v_{low} виконуються нерівність $2 \leq v_{low} \leq 5$. Показник δ_{low} розраховується за наступною формулою [19]:

$$\delta_{low}^{(k;\ell)} = \frac{\log_2 \sum_{\alpha_{low}=2}^{v_{low}} \sum_{u=1}^{\ell(\alpha_{low})} y_{\alpha_{low},u}^2}{\sum_{\alpha_{low}=2}^{v_{low}} \ell(\alpha_{low})}, \quad (2.1)$$

де δ_{low} – показник, який визначає сумарне квадратичне значення низькочастотних компонент ДКП сегменту $S(Y)_\tau^{(k;\ell)}$ яскравості;

$y_{\alpha_{low},u}$ – значення компоненти трансформанти, яка розташовується на u -й позиції в α_{low} -й діагоналі;

v_{low} – кількість діагоналей з низькочастотними компонентами в трансформанті, які обираються для визначення інтегрального показника;

u – індекс позиції компоненти в діагоналі;

α_{low} – індекс діагоналі, яка містить низькочастотні компоненти;

$\ell(\alpha_{low})$ – довжина α_{low} -й діагоналі.

При цьому сумарна кількість Q_{low} низькочастотних компонент, яка обирається для визначення інтегрованого показника δ_{low} буде визначатись за такою формулою:

$$Q_{low} = \sum_{\alpha_{low}=2}^{v_{low}} \ell(\alpha_{low}).$$

Вираз (2.1) дає змогу визначити показник для оцінки наявності структурної насиченості сегменту ключовою інформацією.

Але ж такий підхід не враховує дрібне деталювання. Відповідно показник δ_{low} не дає повної можливості визначити сегменти за ступенем їх структурної насиченості [20,73,74].

Отже для врахування ступеня інформативності сегменту за високочастотними складовими пропонується додатково використовувати інтегрований показник за відповідно високочастотними компонентами трансформанти.

На рис. 2.5 зображено розташування компонент у трансформанті ДКП сегменту відеокадру.

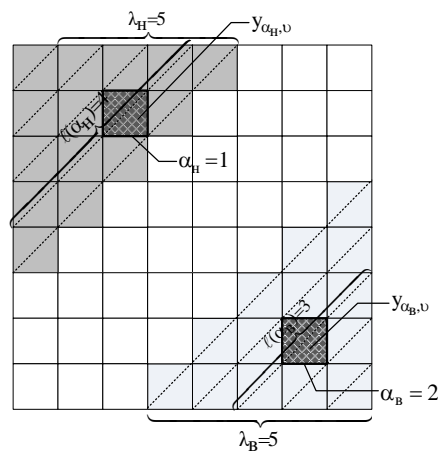


Рис. 2.5. – Схема розташування компонент у трансформанті ДКП сегменту відеокадру

У разі великої концентрації дрібних деталей у сегменті $S(Y)_\tau^{(k; \ell)}$ відеокадру збільшуються значення високочастотних компонент трансформанти

ДКП-перетворення. Тому для точнішого визначення значимості структурних складових з урахуванням концентрації дрібних деталей у сегментах відеокадру пропонується додатково оцінювати інформацію на основі концентрації високочастотної деталізації [44].

Для цього необхідно оцінювати показник δ_{high} сумарних квадратичних значень високочастотних компонент по логарифмічній шкалі. При цьому кількість v_{high} діагоналей, які містять високочастотні компоненти обирається з нижнього правого кута трансформанти як показано на рис. 2.5. В загальному випадку кількість таких діагоналей може приймати значення в інтервалі $10 \leq v_{\text{high}} \leq 15$.

Показник δ_{high} визначається наступним чином:

$$\delta_{\text{high}}^{(k;\ell)} = \frac{\log_2 \sum_{\alpha_{\text{high}}=2}^{v_{\text{high}}} \sum_{u=1}^{\ell(\alpha_{\text{high}})} y_{\alpha_{\text{high}},u}^2}{\sum_{\alpha_{\text{high}}=2}^{v_{\text{high}}} \ell(\alpha_{\text{high}})}, \quad (2.2)$$

де δ_{high} – показник, що визначає нормоване сумарне квадратичне значення високочастотних компонент ДКП $(k;\ell)$ -го макрофрагменту $M(Y)^{(k;\ell)}$ відеокадру;

$y_{\alpha_{\text{high}},u}$ – значення компоненти трансформанти, яка розташовується на u -й позиції в α_{high} -й діагоналі в області знаходження високочастотних компонент;

v_{high} – кількість діагоналей з високочастотними компонентами в трансформанті, які обираються для визначення інтегрального показника;

u – індекс позиції компоненти в діагоналі;

α_{high} – індекс діагоналі, яка містить високочастотні компоненти;

$\ell(\alpha_{\text{high}})$ – довжина α_{high} -й діагоналі.

Звідки сумарна кількість Q_{high} високочастотних компонент, які обираються для визначення інтегрованого показника δ_{high} буде визначатись наступним виразом:

$$Q_{\text{high}} = \sum_{\alpha_{\text{high}}=2}^{\nu_{\text{high}}} \ell(\alpha_{\text{high}}).$$

Таким чином, розроблено систему показників (метрику) для виявлення найбільш значимих сегментів за ступенем структурної насиченості відеокадру в спектральній області синтаксичного опису трансформанти на основі інтеграції інформації, яка міститься в низькочастотній та високочастотній областях.

Розглянемо технологічний процес визначення типу сегменту за рівнем його структурної насиченості. Структурно-функціональна схема методу визначення типу сегменту наведена на рис. 2.6. Сам процес такої обробки задається наступними етапами:

1. Визначається значення інтегрованого показника δ_{low} за низькочастотними компонентами трансформанти (вираз (2.1)). В цьому випадку можливі два варіанти, а саме:

- якщо виконується нерівність $\delta_{\text{low}} \geq \delta_{\text{low,max}}^{(1)}$, то сегмент має високий рівень структурної насиченості по низькочастотним складовим. Тоді такий сегмент буде відноситись до високонасичених по структурному змісту сегментів у разі, коли для інтегрованого показника δ_{high} по високочастотним складовим трансформанти буде вірне наступне співвідношення $\delta_{\text{high}} \geq \delta_{\text{high,max}}^{(2)}$. Загальна умова для визначення сегменту як такого, що

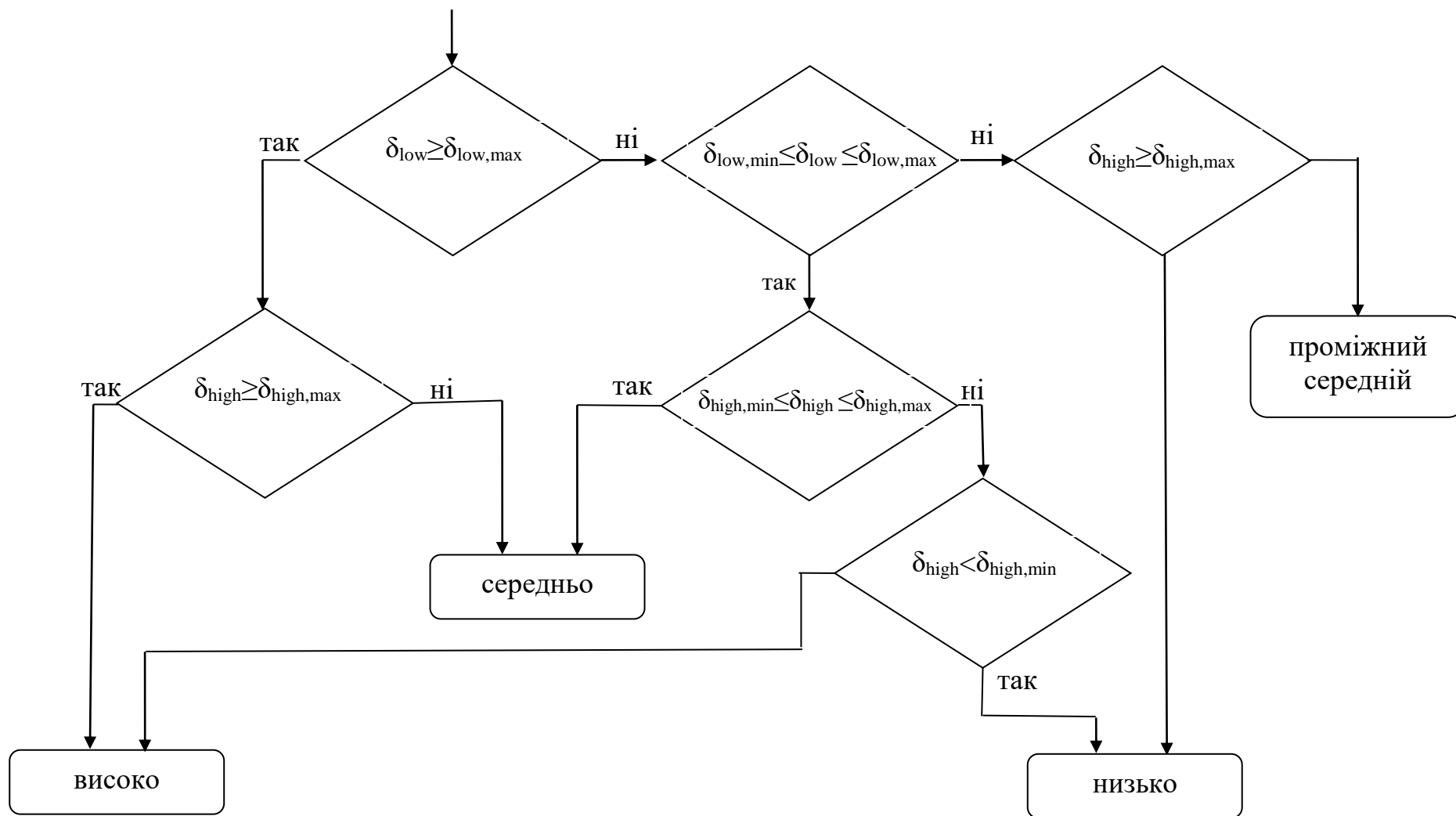


Рис. 2.6. Структурно-функціональна схема методу визначення типу сегменту за їх структурним змістом

відповідає високому рівню структурної насиченості визначається наступним чином:

$$\delta_{\text{low}} \geq \delta_{\text{low,max}}^{(1)} \quad \text{та} \quad \delta_{\text{high}} \geq \delta_{\text{high,max}}^{(2)} ; \quad (2.3)$$

Причому для оцінки величини δ_{high} на першому етапі обирається $q_{\text{high}}^{(1)}$ високочастотних компонент трансформанти.

- якщо для випадку $\delta_{\text{low}} \geq \delta_{\text{low,max}}^{(1)}$, виконується умова $\delta_{\text{high}} < \delta_{\text{high,max}}^{(2)}$, то такий сегмент за своїм змістом буде віднесено до середньонасичених по структурному змісту сегментів, тобто загалом проявляється наступна умова:

$$\delta_{\text{low}} \geq \delta_{\text{low,max}}^{(1)} \quad \text{та} \quad \delta_{\text{high}} < \delta_{\text{high,max}}^{(2)} ; \quad (2.4)$$

- навпаки, якщо $\delta_{\text{low}} < \delta_{\text{low,max}}^{(1)}$, то для визначення типу сегменту (тобто його ідентифікації за типом структурної насиченості) необхідно додатково

$\delta_{\text{high,max}}^{(2)}$, то такий сегмент буде віднесено до сегментів з високим рівнем

структурної насиченості, а загальна умова буде описана наступним чином:

$$\delta_{\text{low,min}}^{(1)} \leq \delta_{\text{low}} \leq \delta_{\text{low,max}}^{(1)} \quad \text{та} \quad \delta'_{\text{high}} \geq \delta_{\text{high,max}}^{(2)} . \quad (2.8)$$

3. Перехід на третій етап технологічної обробки проводиться у разі, коли виконується нерівність $\delta_{\text{low}} < \delta_{\text{low,min}}^{(1)}$. Для такого варіанту можливі наступні шаги ідентифікації:
провести аналіз за інтегрованим показником δ_{high} по високочастотним складовим трансформанти.

2. На другому етапі перевіряється така нерівність відносно величини δ_{low} , $\delta_{low,min}^{(1)} \leq \delta_{low} \leq \delta_{low,max}^{(1)}$, та здійснюється оцінка показника δ'_{high} за формулою (2.1), але кількість $q_{high}^{(2)}$ високочастотних компонент, які використовуються для його визначення буде більшою, ніж на попередньому етапі, тобто

$$q_{high}^{(1)} < q_{high}^{(2)}. \quad (2.5)$$

В цьому випадку можливі наступні варіанти:

- якщо для додатково визначеного значення показника δ'_{high} буде виконуватись така нерівність $\delta_{high,min}^{(2)} \leq \delta'_{high} \leq \delta_{high,max}^{(2)}$, то сегмент буде ідентифіковано за ступенем структурної надмірності як середньонасичений. Загальна умова в такому випадку задається наступним співвідношенням:

$$\delta_{low,min}^{(1)} \leq \delta_{low} \leq \delta_{low,max}^{(1)} \quad \text{та} \quad \delta_{high,min}^{(2)} \leq \delta'_{high} \leq \delta_{high,max}^{(2)}; \quad (2.6)$$

- якщо у випадку, коли $\delta_{low,min}^{(1)} \leq \delta_{low} \leq \delta_{low,max}^{(1)}$, для показника δ'_{high} буде вірна нерівність $\delta'_{high} < \delta_{high,min}^{(2)}$, то сегмент відповідно буде ідентифіковано як низьконасичений за своїм структурним змістом. Такий варіант буде характеризуватися наступною системою формул:

$$\delta_{low,min}^{(1)} \leq \delta_{low} \leq \delta_{low,max}^{(1)} \quad \text{та} \quad \delta'_{high} < \delta_{high,min}^{(2)} \quad (2.7)$$

- якщо, навпаки величина δ'_{high} буде перевищувати максимальний поріг

- у разі, коли $\delta'_{high} \geq \delta_{high,max}^{(2)}$, то такий сегмент буде ідентифіковано як сегмент з проміжним рівнем середньої структурної насиченості, або

$$\delta_{low} < \delta_{low,min}^{(1)} \quad \text{та} \quad \delta'_{high} \geq \delta_{high,max}^{(2)}; \quad (2.9)$$

- навпаки, в інших випадках сегмент буде віднесено до низькоінформативного за структурним змістом.

Таким чином, розроблено метод визначення (ідентифікації) сегментів за рівнем структурної насиченості їх змісту. При цьому ідентифікація здійснюється за дворівневим (двокаскадним) принципом з врахуванням адаптивної кількості високочастотних компонент в залежності від величини інтегрованого показника по низькочастотним компонентам трансформанти ДКП-перетворення.

2.3. Побудова технології ідентифікації макрофрагментів для виявлення ключової інформації відеокадру на основі двокаскадного оцінювання за інтегрованими показниками в спектральній області.

Для здійснення оцінки макрофрагменту щодо наявності в ньому ключової інформації необхідно розробити метод, який базується на системі правил для прийняття рішення відносно його оцінювання за ступенем структурної насиченості враховуючи інформацію про значимість відповідних сегментів в спектральній області [26,31,33,44].

Оцінювання відеокадру за його структурним змістом пропонується здійснювати на основі виявлення структурної значимості макрофрагменту $M(Y)^{(k;\ell)}$ відеокадру. При цьому потрібно враховувати, що кожний макрофрагмент по яскравісній складовій відеокадру містить в собі чотири сегменти, як показано на рис. 2.7. Такий метод пропонується будувати з врахуванням особливостей оцінювання трансформованих сегментів за ступенем структурної насиченості для їх синтаксичного опису. Тоді макрофрагмент $M(Y)^{(k;\ell)}$ відеокадру буде вважатися таким, що містить ключову інформацію, у наступних випадках:

1. У разі, коли до складу макрофрагменту $M(Y)^{(k;\ell)}$ входить один і більше сегментів $S(Y)_\tau^{(k;\ell)}$ з високим ступенем структурної насиченості. Це

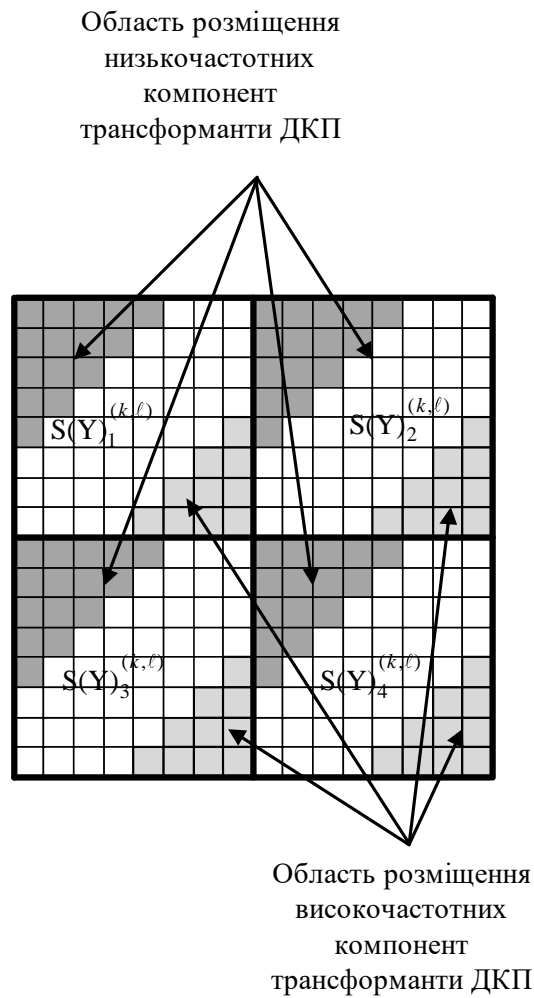


Рис. 2.7. Розміщення низькочастотних і високочастотних компонент трансформанти ДКП в сегментах $S(Y)_\tau^{(k; \ell)}$ яскравісної складової макрофрагменту

можна описати наступним виразом:

$$M(Y)^{(k; \ell)} \in \Omega_{\text{mean}}, \text{ якщо } v_{h/\text{mean}} \geq 1; \quad (2.10)$$

де Ω_{mean} - множина ключової інформації відеокадру.

$v_{h/\text{mean}}$ - кількість сегментів у макрофрагменті, які ідентифіковано як сегменти з високою структурною насиченістю.

2. У разі, коли до складу макрофрагменту $M(Y)^{(k;\ell)}$ входять щонайменше два сегменти зі середнім ступенем структурної насиченості, тобто виконується наступна умова:

$$M(Y)^{(k;\ell)} \in \Omega_{\text{mean}}, \text{ якщо } v_{\text{m/mean}} \geq 2, \quad (2.11)$$

$v_{\text{m/mean}}$ - кількість сегментів у макрофрагменті, які ідентифіковано як сегменти зі середньою структурною насиченістю.

3. У разі, коли макрофрагмент $M(Y)^{(k;\ell)}$ містить в собі не менше трьох сегментів, які є за низькочастотним показником не значимо насичені структурною складовою, тобто $\delta_{\text{low}} < \delta_{\text{low,min}}^{(1)}$, але за інтегрованим показником по високочастотним складовим, навпаки є високо значимими, тобто $\delta_{\text{high}} \geq \delta_{\text{high,max}}^{(2)}$. Таку умову можна подати у наступному математичному вигляді:

$$M(Y)^{(k;\ell)} \in \Omega_{\text{mean}}, \text{ якщо } v'_{\text{m/mean}} \geq 3, \quad (2.12)$$

$v'_{\text{m/mean}}$ - кількість сегментів у макрофрагменті, які ідентифіковано як сегменти зі *проміжною* середньою структурною насиченістю, тобто для сегментів одночасно виконуються дві протилежні умови за низькочастотним та високочастотним інтегрованим показником, а саме $\delta_{\text{low}} < \delta_{\text{low,min}}^{(1)}$ и $\delta_{\text{high}} \geq \delta_{\text{high,max}}^{(2)}$.

Отже макрофрагменти, які задовольняють одному з правил відбору заданих виразами (2.3) – (2.5) є такі, що містять ключову інформацію відеокадру. Відповідно такі макрофрагменти будуть оброблятися за окремим методом формування синтаксичного опису. Інші макрофрагменти є базовими,

тобто такими, що містять в основному фонову інформацію відеокадру або незначні дрібні деталі.

Процес ідентифікації макрофрагментів $M(Y)^{(k;\ell)}$ відеокадру на наявність в них ключової інформації задається наступним чином (рис. 2.8):

1. На початку оцінювання макрофрагменту $M(Y)^{(k;\ell)}$ змінні τ , $v_{h/\text{mean}}$, $v_{m/\text{mean}}$ та $v'_{m/\text{mean}}$ встановлюються в нульове значення, тобто

$$\tau = 0, \quad v(\tau)_{h/\text{mean}} = 0, \quad v(\tau)_{m/\text{mean}} = 0, \quad v'(\tau)_{m/\text{mean}} = 0.$$

2. Після чого починається обробка першого сегменту, $\tau = 1$. Тут можливі наступні варіанти:

- якщо $v(1)_{h/\text{mean}} = 1$ (сегмент має високий рівень структурної насиченості), то макрофрагмент є такий що містить ключову інформацію. Тоді, якщо $v(1)_{m/\text{mean}} = 1$ або $v'(1)_{m/\text{mean}} = 1$, то проводиться перехід на наступний шаг обробки (третій шаг).

3. Аналогічно другому кроку організується наступна перевірка для $\tau = 2$:

- якщо $v(2)_{h/\text{mean}} = 1$ (сегмент має високий рівень структурної насиченості), то макрофрагмент є такий що містить ключову інформацію. Тоді подальша обробка цього макрофрагменту припиняється, та здійснюється перехід на суміжний макрофрагмент;

- якщо $v(2)_{m/\text{mean}} = 1$, а попередній сегмент мав також середній рівень насиченості, тоді загальна кількість таких сегментів буде дорівнювати $v_{m/\text{mean}} = 2$. Значить макрофрагмент є такий, що містить ключову інформацію,

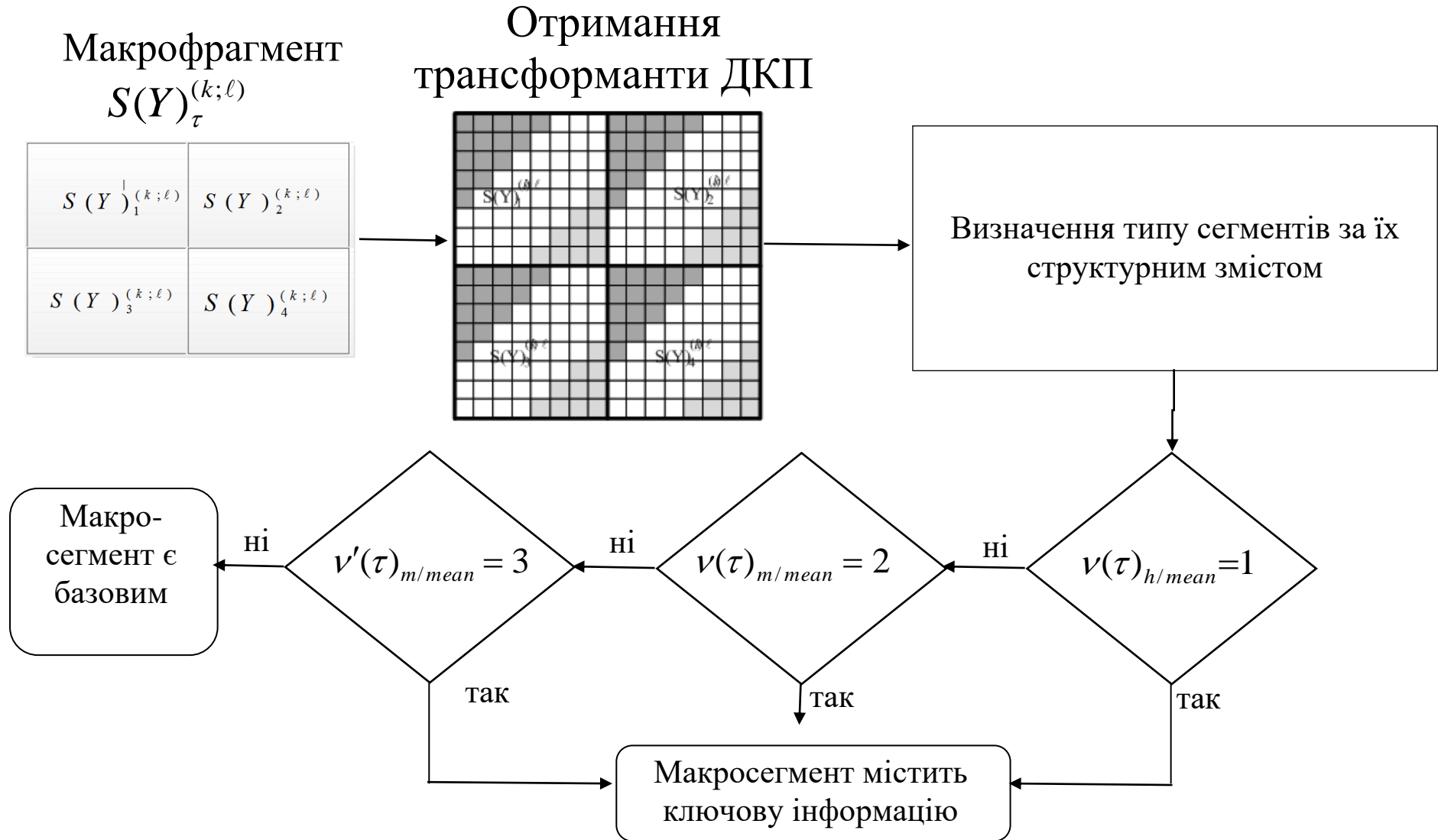


Рис. 2.8 Структурна схема методу селекції

а подальша обробка цього макрофрагменту припиняється, та здійснюється перехід на наступний макрофрагмент;

- в інших випадках проводиться подальша обробка поточного сегменту.

4. Здійснюється обробка третього сегменту, $\tau = 3$. Також можливі наступні варіанти:

- якщо $v(3)_{h/\text{mean}} = 1$ (сегмент має високий рівень структурної насиченості), то макрофрагмент містить ключову інформацію. Тоді подальша обробка цього макрофрагменту припиняється, та здійснюється перехід на суміжний макрофрагмент;

- якщо $v(3)_{m/\text{mean}} = 1$, а на попередніх кроках було виявлено сегмент, який мав також середній рівень насиченості, тоді загальна кількість таких сегментів буде дорівнювати $v_{m/\text{mean}} = 2$. Значить макрофрагмент є ключовим. Отже подальша обробка цього макрофрагменту припиняється, та здійснюється перехід на наступний макрофрагмент;

- якщо $v'(3)_{m/\text{mean}} = 1$ та попередні сегменти також ідентифікувались як сегменти з проміжним рівнем середньої структурної насиченості, тобто $v'_{m/\text{mean}} = 3$, то макрофрагмент є ключовим. Тоді подальша обробка цього макрофрагменту припиняється, та здійснюється перехід на наступний макрофрагмент;

- в інших випадках проводиться подальша обробка поточного сегменту.

5. Обробляється останній сегмент в макрофрагменті, тобто

В табл. 2.3 наведено значення показника δ_{low} за сукупністю низькочастотних значень компонент трансформанти ДКП та показника δ_{high} за сукупністю високочастотних значень компонент трансформанти ДКП в сегментах $S(Y)_\tau^{(k;\ell)}$ макрофрагменту для різних ділянок відеокадру. З табл. 2.3 видно, що при виявленні зон, в яких наявна ключова інформація, значення показників δ_{low} і δ_{high} суттєво збільшуються. На фрагментах відеозображень з однорідними зонами показник $\delta_{\text{low},\text{min}} < 9$, а $\delta_{\text{high},\text{min}}^{(2)} < 7$. На ділянках

відеодокументів з наявністю фрагментів ключової інформації, для яких потрібно забезпечити збереження достовірності, показник $\delta_{low, min} > 12$, а $\delta_{high, min}^{(2)} > 10$. Це підтверджує правильність функціонування методу виявлення сегментів відеокадру з високою структурною насиченістю на основі врахування інтегрованих показників за низькочастотною і високочастотною складовими трансформанти ДКП.

Таблиця 2.3

Значення показників δ_{low} і δ_{high} в сегментах $S(Y)_\tau^{(k; \ell)}$ відеокадру

Назва ділянки відеокадру	Показник δ_{low}	Показник δ_{high}
Камуфляж	13,23	12,824
Камуфляж 1	14,238	12,688
Обличчя	13,374	10,258
Обличчя 2	13,456	11,614
Обличчя 3	13,4	11,288
Обличчя 4	13,69	12,088
Техніка	14,38	12,784
Шеврон	13,74	10,57
Шеврон 2	8,258	6,17

На рис. 2.9 і 2.10 подано результати обробки відеокадрів «Нарада» та «Заняття» (Додаток Б) на предмет виявлення макрофрагментів, які містять ключову інформацію зі застосуванням запропонованої технології. В цьому випадку порогові значення для показників δ_{low} і δ_{high} обирались наступним чином:

$$\delta_{low, min} = 12; \quad \delta_{low, max}^{(1)} = 14; \quad \delta_{high, min}^{(2)} = 10.$$



Рис. 2.9 Результат обробки відеокадру «Селекторна відеонарада»



Рис. 2.10 Результат обробки відеокадру «Інструктаж»

По результатам аналізу обробки відеокадрів «Нарада» (рис. 2.9) та «Заняття» (рис. 2.10) із застосуванням розробленого методу виявлення ключової інформації можна зробити наступні висновки:

1. Коректно виконується оцінювання сегментів та макрофрагментів відеокадру за інтегрованими показниками по низькочастотним компонентами та високочастотним компонентам трансформанти ДКП для виявлення ділянок зображення, які характеризуються наявністю структурної насиченості, в тому числі наявністю структурних переходів, текстурних та яскравісними перепадів.

2. Коректно виконується оцінювання сегментів та макрофрагментів відеокадру за високочастотними компонентами трансформанти ДКП у разі виявлення областей зображення, які мають виражені текстурні перепади і в яких наявні контрастні незначущі дрібні деталі, тобто такі, що відносяться до проміжної структурної насиченості.

3. Скорочується кількість сегментів, які були невірно ідентифіковані, тобто зменшується ймовірність помилки другого роду стосовно ідентифікації базових (фонових) сегментів відеокадру як ключових.

Отже розроблений метод ідентифікації сегментів забезпечує виявлення ключової інформації відеокадру на основі врахування по двокаскадній схемі інтегрованої інформації за сукупністю значень низькочастотних та високочастотних компонент трансформанти.

В результаті чого створюються умови для забезпечення необхідного рівня достовірності інформації в реконструйованих зображеннях. А саме з одного боку зберігається наступна значима інформація відеокадру, як:

- 1) виражені текстурні перепади;
- 2) області з високою насиченістю, що мають однорідні області, в яких наявні контрастні незначимі дрібні деталі.

З іншого боку скорочується можливість ідентифікації сегментів базової інформації (фонових) як сегментів ключової інформації (тобто зменшується ймовірність помилки другого роду), а саме до таких можуть відноситися наступні:

- 1) фрагменти відеокадру з вираженими контрастними перепадами;
- 2) фрагменти фонових однорідних областей відеокадру, що мають високу яскравісну насиченість, але в яких наявні контрастні незначимі дрібні деталі.

Таким чином, в результаті обробки відеокадру на основі розробленого методу забезпечується виявлення ключової інформації, а також відбір сегментів, які містять базову (фонову) інформацію. Це створює умови з одного боку для зменшення часу на обробку та інформаційної інтенсивності бітового потоку, а з іншого – умови для збереження необхідного рівня достовірності

інформації. Така перевага досягається за рахунок: додаткового виявлення сегментів з проміжною структурною насиченістю та врахування їх в процесі ідентифікації макросегментів на наявність ключової інформації; адаптивного вибору кількості високочастотних компонент для інтегрованої оцінки сегментів в залежності від рівня інтегрованого показника по низькочастотним компонентам трансформанти ДКП-перетворення.

Висновки за другим розділом

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

Тому необхідно розробити метод ефективного синтаксичного кодування, що базується на адаптивній обробці компонентної структури трансформанти з врахуванням наявності ключової та базової інформації відеокадра.

2. 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.

3 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. Рівень семантичної складності визначають встановлені порогові

значення. В залежності від них відбувається більш точне виділення значущих областей відеозображення.

В результаті обробки відеокадрів «Селекторна відеонарада» (рис. 2.9) та «Інструктаж» (рис. 2.10), які характерні для систем відеоконференцзв'язку в інтересах профільних організацій із застосуванням розробленого методу виявлення ключової інформації на основі аналізу інтегрованої інформації по низькочастотним та високочастотним компонентам трансформанти було отримано такі практичні результати:

1) за рахунок додаткової перевірки за високочастотною складовою трансформанти ДКП не вважаються важливими ділянки відеодокумента, в яких наявні:

- 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);

- виражені текстурні перепади, які не є значущими (відеокадри, на яких зображено елементи проїжджої частини, хмари, водну гладь);

2) при встановлених порогових значеннях $\delta_{low,min} = 12$; $\delta_{low,max}^{(1)} = 14$ для інтегрованого показника по низькочастотним складовим і порогових значеннях $\delta_{high,min}^{(2)} = 10$ і $\delta_{high,max}^{(2)} = 13$ для інтегрованого показника за високочастотними складовими трансформанти для визначення рівня структурної насиченості сегментів відбувається виявлення ключової інформації, а саме важливих областей відеокадру і дрібних деталей, що становлять відомчий інтерес. При цьому кількість сегментів з ключовою інформацією становить від 25 до 60 % від усієї кількості сегментів відеокадру залежно від його семантичної насиченості. В цьому випадку кількість сегментів з ключовою інформацією, які виявляються автоматично буде відрізнятися від кількості сегментів з ключовою інформацією, що виявив експерт, не більш ніж на 5

Результати досліджень відносно матеріалів, викладених в другому розділі, опубліковані в наукових працях : [10-12].

РОЗДІЛ 3

ДИФЕРЕНЦІЙОВАНЕ КОДУВАННЯ СЕГМЕНТІВ ВІДЕОКАДРІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАЯВНОСТІ КЛЮЧОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Проводиться обґрунтування підходу для формування ядра технологічної концепції диференційованої обробки сегментів відеокадра з урахуванням наявності ключової інформації. 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.

Викладається сутність розробки методу формування ефективного синтаксичного кодування сегментів відеокадрів, що містять ключову інформацію на основі формування кодових значень стовпців двовимірної структури СДС.

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

Обґрунтовано, що розроблений підхід щодо синтаксичного представлення двовимірної трансформанти забезпечує зниження інтенсивності бітового потоку з урахуванням особливостей базових сегментів щодо можливості додаткового підвищення зменшення кількості психовізуальної надмірності. Проводиться створення методологічної бази побудови диференційованої обробки фрагментів відеокадру в залежності від рівня наявності ключової інформації

На основі отриманих результатів доведено, що передача відеоданих забезпечується без суттєвих втрат якості зображень.

3.1. Обґрунтування ядра технологічної концепції диференційованої обробки сегментів відеокадра з урахуванням наявності ключової інформації

Для зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку в умовах збереження необхідного рівня достовірності інформації пропонується здійснювати диференційовану обробку сегментів відеокадра, це дозволяє сформувати диференційоване синтаксичне представлення сегментів відеокадра з урахуванням наявності ключової інформації (рис. 3.1).

В такому випадку ядром реалізації запропонованої концепції диференційованої обробки з урахуванням наявності ключової інформації необхідно вибирати клас методів, що забезпечують можливість зниження інформаційної інтенсивності з контрольованими параметрами. Контрольованими параметрами в даному випадку є кількість зменшуємої психовізуальної надмірності та обчислювальна складність обробки [51,59-61,82,83,86]. Тобто, процеси компресії і відновлення організуються з контрольованою втратою якості візуальної оцінки відеоінформації. Під контрольованою обробкою з урахуванням моделі психовізуального сприйняття розуміється можливість методів забезпечити необхідну достовірність реконструюється відеокадра. У разі обробки сегментів ключової інформації потрібно забезпечити режим без втрати інформації.

Базовою складовою методів даного класу є попередня обробка, заснована на використанні ортогональних перетворень, wavelet-систем і афінних перетворень. Технології, що базуються на таких підходах, реалізовані в форматах на JPEG-платформі (використовується дискретне косинусне перетворення (ДКП)) і платформі JPEG2000 (використовується wavelet-перетворення) [13,22,94,101,132]. Дані методи дозволяють формувати ефективно синтаксичне представлення відеокадрів як без втрати якості візуальної оцінки (режим loss-less) так і з втратою якості.

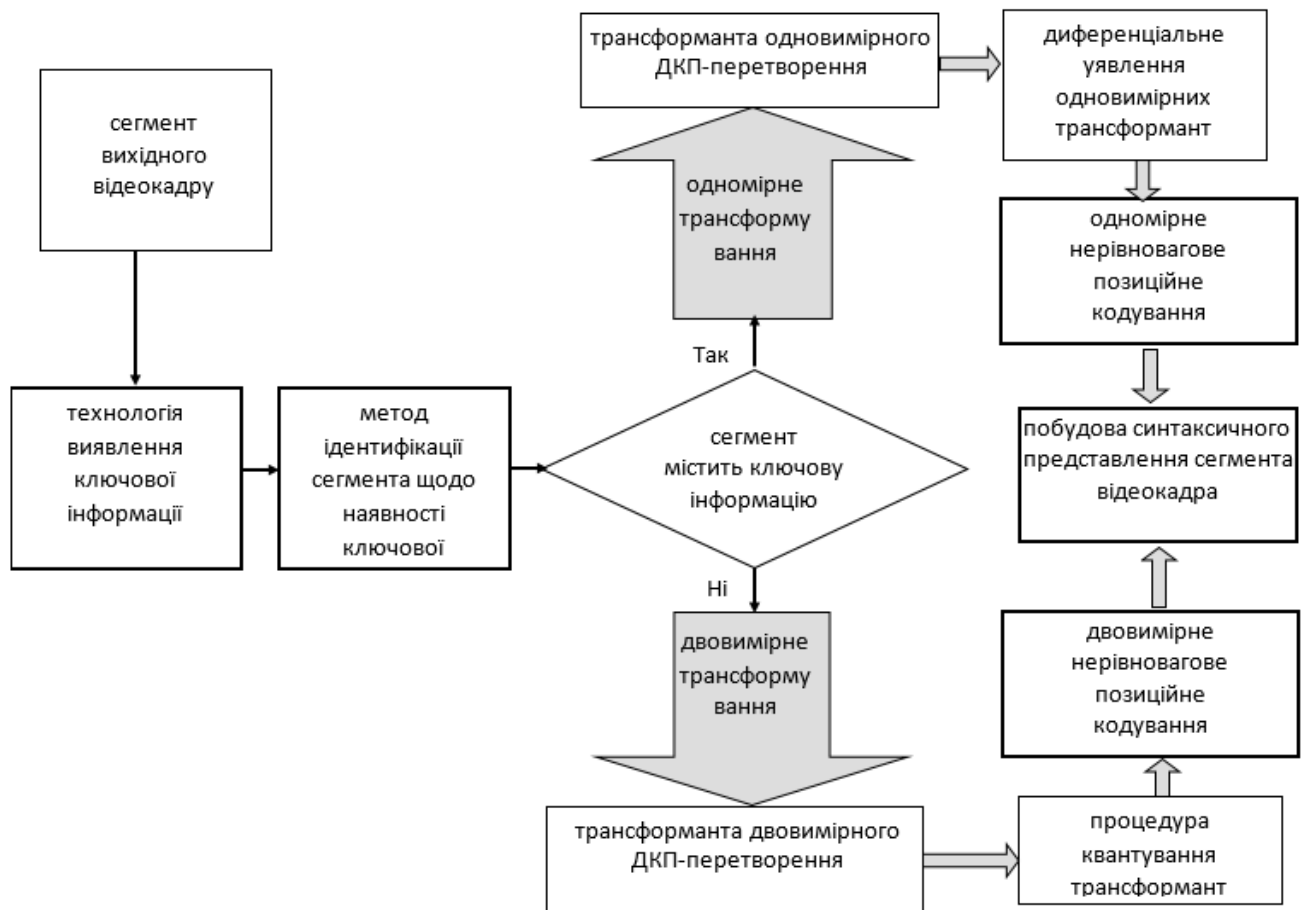


Рис. 3.1 Структурно-функціональна схема ефективного синтаксичного представлення сегмента відеокадру

В той же час, для методів такого класу характерні такі проблемні сторони:

1. У режимі обмеженого скорочення психовізуальної надмірності (режим збереження необхідного рівня достовірності) проявляється суттєва залежність рівня зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку від ступеня інформативності та семантичної складності сегментів цифрових зображень, в тому числі зображень аерокосмічного моніторингу. При цьому ступінь зниження інформаційної інтенсивності залишається обмеженою. Дані недоліки пояснюються: як низькими значеннями ступеня компресії насичених зображень (в середньому до 2 разів), так і додатковими тимчасовими затримками на обробку. Тут найбільша складність процесів обробки відповідає методам арифметичного кодування і методам LZW.

2. У режимі усунення психовізуальної надмірності проявляється залежність рівня зниження інформаційної інтенсивності від якості візуальної оцінки реконструюються відеокадрів. Найбільший рівень погіршення візуальної оцінки характерний для високоінформативних фрагментів відеокадрів. В них спостерігається найбільш швидке падіння якості та достовірності відеоінформації з ростом рівня зниження інформаційної інтенсивності. Зокрема це обмежує можливість ефективного використання таких технологій в енергоефективних телекомунікаційних системах.

Дані проблемні сторони функціонування методів з контрольованими параметрами обробки обумовлені наступними причинами:

1) обмежена ступінь зниження інформаційної інтенсивності для методів на платформах JPEG і JPEG 2000 для режиму $h \geq 35$ дБ. Найбільше зниження ступеня компресії проявляється при обробці високо- і середньо-насичених цифрових зображень;

2) реалізація двовимірних ДКП і dwt-перетворень для бортових обчислювальних комплексів пов'язана з необхідністю витратити від 10 до 70% витрат часу від сумарного часу на обробку. Час на їх виконання в процесі перетворення зображень може досягати десятків секунд. Це обумовлено виконанням великої кількості операцій множення як в просторі цілочисельної так і речовинної арифметики.

3) базовими методами для усунення статистичної надмірності в трансформованих зображеннях є коди Хаффмана і арифметичне кодування, для яких властиво:

- в разі обробки насичених зображень в режимі контрольованої якості відбувається генерування коротких нульових ланцюжків. Звідси довжини таких ланцюжків матимуть рівномірний розподіл, і як наслідок, незначна кількість статистичної надмірності. Це призводить до різкого зниження коефіцієнта компресії відеоданих;

-існує необхідність використовувати маркерні кодові послідовності, що розділяють нерівномірні кодові комбінації статистичних кодів. Це призводить до збільшення обсягу стисненого подання.

Тому додаткове зменшення інформаційної інтенсивності бітового потоку забезпечить додаткові можливості щодо підвищення роздільної здатності. При цьому потрібно враховувати обмеження на часовий ресурс по обробці даних.

На основі проведених досліджень існуючих технологій компресії відеокадрів слідує, що їх вдосконалення потрібно проводити в напрямку:

- з одного боку зниження складності процесів синтаксичного представлення;

- з іншого боку забезпечення заданого рівня достовірності відеоінформації, тобто здійснювати режим обробки з контрольованою втратою якості реконструйованих відеокадрів.

Як ядро концепції диференційованої обробки відеокадрів пропонується використовувати трансформацію зображень на основі ортогональних перетворень і переклад оброблюваних даних в диференціальне простір. Це дозволить використовувати механізми для управління коефіцієнтом зниження рівня інформаційної інтенсивності і рівнем достовірності інформації, а також за рахунок диференціювання створити механізм для скорочення обчислювальних витрат.

Для реалізації висунутих напрямків можливі наступні варіанти додаткового зниження рівня інформаційної інтенсивності бітового потоку, а саме:

- в удосконаленні адаптивних ймовірно-статистичних моделей трансформант. Але, це з одного боку призводить до збільшення часу на обробку і до зростання кількості розрядів на представлення службової інформації. З іншого боку ефективність статистичних методів за ступенем компресії практично досягла свого максимального рівня. Надмірність

статистичних кодів щодо ентропії Марківського джерела не перевищує в середньому 10 - 20%;

-подальший розвиток шляхів для додаткового усунення психовізуальної надмірності при обробці трансформант перетворень. Наприклад, збільшити кількість відкидаються з подальшої обробки компонент трансформант. У той же час в умовах обробки цифрових зображень з високим рівнем інформативності та семантичної складності це тягне за собою руйнування семантичної структури або окремих фрагментів або всього відеокadra.

Таким чином, для методів, які використовують ортогональні перетворення і диференціювання, використовувати технології скорочення надмірності за рахунок виявлення нових закономірностей і усунення надмірності не тільки статистичної та психовізуальної природи. Для цього пропонується здійснювати додаткове виявлення в трансформованих зображеннях структурних закономірностей. Даний підхід базується на врахуванні структурних переваг трансформованих сегментів відеокadra.

3.2. Розробка методу синтаксичного представлення сегментів відеокadрів з урахуванням наявності ключової інформації

Розглянемо розробку підходу щодо обробки сегментів ключової інформації. В даному випадку пропонується використовувати етап диференціального представлення [11,12,74]. Диференціальне представлення пропонується проводити для трансформант одновимірного ортогонального перетворення. З одного боку такий підхід дозволить для високоінформативних сегментів $S(Y)_\tau^{(k;\ell)}$ враховувати укрупнені кореляційні залежності між декількома елементами. З іншого боку технічна реалізація такого підходу буде характеризуватися скороченням кількості операцій округлення дійсних чисел, і мати меншу складність порівняно з реалізацією двовимірних ортогональних перетворень. Це створює умови для використання в подальшій обробці

обчислювально більш складних алгоритмів кодування.

У цьому випадку здійснюється апроксимація стовпців масивів вихідних відеоданих на основі базисів ортогональних перетворень. Як базисів апроксимації відеоданих використовується дискретне косинусне перетворення (ДКП). Це пояснюється наступними перевагами ДКП-перетворення: є найбільш близьким до перетворення Корунена-Лоєва (ПКЛ) в плані декореляції (для більшості сигналів); забезпечує найкращі характеристики при обробці оптичних зображень, текстурних ділянок зображень, плавних переходів, сигналів гаусівської природи;

Виконання одновимірного ДКП-перетворення стовпців масиву відеоданих реалізовується на основі наступного виразу:

$$H(k, \ell) = F(k) X(i, j)_{k, \ell}, \quad (3.1)$$

де $X(i, j)_{k, \ell}$ - масив відеоданих, утворений на базі однієї з площин кольорорізносної моделі зображення;

$H(k, \ell)$ - масив компонент одновимірного перетворення, розмірністю $q_\ell \times q_c$;

k, ℓ - відповідний індекс рядка і стовпця елемента масиву $X(i, j)_{k, \ell}$,
 $k = \overline{1, q_\ell}$; $\ell = \overline{1, q_c}$;

$F(k)$ - вектор дискретних значень базисних функцій ДКП:

$$F(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{q_\ell}} & \rightarrow k=1; \\ \sqrt{\frac{2}{q_\ell}} \cos \frac{(2q_\ell + 1)k\pi}{2q_\ell}, & \rightarrow k = \overline{2, q_\ell}. \end{cases} \quad (3.2)$$

З урахуванням системи виразів (3.2) Для вектора базисних функцій $F(k)$ співвідношення (3.1) Набуває вигляду

$$H(1, \ell) = \frac{1}{\sqrt{q_\ell}} \sum_{k=1}^{q_\ell} X_{k\ell}^{(i,j)} ;$$

$$H(k, \ell) = \sqrt{\frac{2}{q_\ell}} \sum_{k=1}^{q_\ell} X_{k\ell}^{(i,j)} \cos \frac{(2q_\ell + 1)k\pi}{2q_\ell}, \quad k = \overline{2, q_\ell}, \quad (3.3)$$

де $X_{k\ell}^{(i,j)}$ - елемент масиву $X(i, j)$, розташований на перетині k -го рядка і ℓ -го стовпця масиву відеоданих.

Після отримання стовпців компонент одновимірного перетворення проводиться побудова диференціального представлення (рис. 3.1) на основі формування величин різниць між відповідними компонентами в рядках. Тут враховується наявність кореляційних залежностей між компонентами рядків одновимірних трансформант дискретного косинусного перетворення (оскільки ступінь декореляції скорочується тільки між елементами стовпців). Вираз для отримання диференціального опису одновимірних трансформант має вигляд

$$y'_{k1} = y_{k1} - y_{k+1,1}, \quad k = \overline{1, q_1}; \quad l = \overline{1, q_2}, \quad (3.4)$$

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

Формується структурний масив Y' елементів диференціального представлення - структура одновимірних трансформант дискретного косинусного перетворення (рис.3.2).

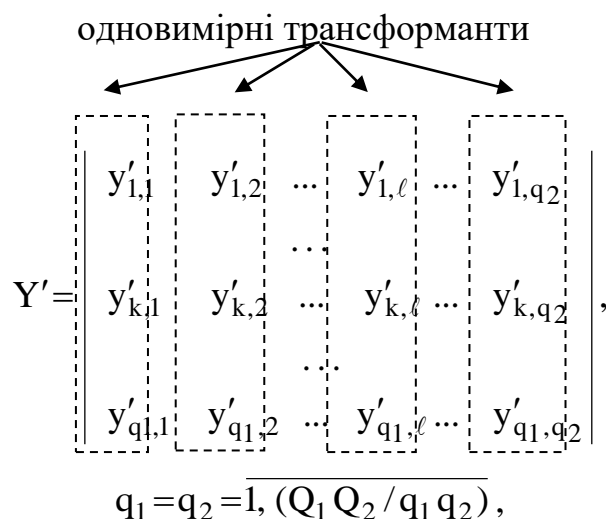


Рис. 3.2 - Структура одновимірних трансформант дискретного

косинусного перетворення

Тут $y'_{k\ell}$ - компонента розташована в масиві диференціального представлення (МДП) на перетині k -го рядка і ℓ -го стовпця;

$(Q_1 Q_2 / q_1 q_2)$ - кількість трансформант розміром $q_1 \times q_2$, яке формується для відеокадра, що містить $Q_1 \times Q_2$ елементів.

Другий етап обробки полягає в формуванні синтаксичного представлення структури одновимірних трансформант (СОТ). Синтаксичне представлення диференціального опису компонент одновимірних трансформант пов'язано з побудовою методів кодування, що забезпечують скорочення надмірності в СОТ.

Розглянемо формування структурної моделі опису диференціального представлення одновимірних трансформант.

Диференціальне представлення на основі використання одновимірного дискретного косинусного перетворення в разі їх оцінювання в єдиній двовимірній структурі має такі особливості [11,12]:

1) значення крайніх елементів СОТ, розташованих в лівій частині двовимірної структури залежать від середньої яскравості вихідного сегмента відеокадра;

2) елементи лівої області СОТ характеризують ступінь насиченості сегмента відеокадра низькочастотними характеристиками і рівнем семантичної складності. Сюди відносяться плавні і ступінчасті зміни рівня яскравості. Оскільки дані особливості є переважаючими, то основна енергія сконцентрована саме в цій області СОТ. Отже, елементам даної області двовимірної структури СОТ відповідають найбільші значення динамічного діапазону;

3) значення елементів СОТ в правій області залежать від ступеня насиченості блоку зображення дрібними деталями і сплесками. Для середньонасичених за рівнем інформативності сегментів відеокадрів високочастотні перепади не є характерними. Це призводить до того, що в даній області СОТ міститься менша кількість енергії вихідного сигналу, а відповідно елементи мають найменші значення динамічного діапазону;

4) дискретне косинусное перетворення використовує укрупнену по всьому одномерному блоку статистику даних, а значить і інтегровану взаємну кореляцію. Коефіцієнт взаємної кореляції буде близький до 0,9. Це дозволяє для широкого класу сегментів відеокадрів отримувати трансформанти одновимірного ДКП з наступними властивостями: компоненти трансформанти з великими значеннями сконцентровані у відносно малій довжині стовпчика, навпаки компоненти з мінімальними значеннями займають більшу частину стовпчика. Це призводить до того, що для значного класу відеокадрів кількість елементів СОТ, які мають низькі значення, буде перевищувати кількість елементів СОТ, мають відносно високі значення;

5) статистичні характеристики відеоданих відрізняються від гаусовських процесів. Тоді між компонентами трансформант одновимірного dct-перетворення існує статистична залежність. Оскільки в процесі диференціального опису враховується тільки два сусідні елементи, то статистична залежність буде існувати і між елементами СОТ.

Тому важливими характеристиками елементів двовимірної структури СОТ є:

-величина d_k поточної потужності алфавіту компонент рядка СОТ, що дорівнює різниці між максимальним $y'_{k,\max}$ і $y'_{k,\min}$ мінімальним значеннями компонент в k -му рядку, тобто $(y'_{k,\max} - y'_{k,\min}) + 1 = d_k$;

-величина d_ℓ поточної потужності алфавіту компонент ℓ -го стовпця СОТ, що дорівнює різниці між максимальним $y'_{\ell,\max}$ і $y'_{\ell,\min}$ мінімальним значеннями компонент ℓ -го стовпчика, а саме $(y'_{\ell,\max} - y'_{\ell,\min}) + 1 = d_\ell$.

Оскільки нерівномірність поточної потужності алфавіту характерна як для компонент рядків, так і для компонент стовпців СОТ, то в загальному випадку виконується нерівність $d_k \neq d_\ell$. Тому для зниження значення поточної потужності алфавіту конкретної компоненти $y'_{k\ell}$ структури СОТ необхідно

враховувати диференціювання значень потужності алфавіту d_k по рядку і d_ℓ колонки. Іншими словами потрібно враховувати диференціювання значення потужності алфавіту конкретної компоненти в напрямку рядка і стовпця. В цьому випадку поточний потужність алфавіту компоненти $y'_{k\ell}$ буде дорівнює величині $d_{k\ell}$:

$$d_{k\ell} = \min(d_k; d_\ell). \quad (3.5)$$

Зрозуміло, що в цьому випадку будуть виконуватися нерівності:

$$y'_{k\ell} < d_{k\ell} \quad d_{k\ell} < d_k; \quad d_{k\ell} < d_\ell. \quad (3.6)$$

Звідси можна зробити припущення, що значення потужності алфавіту компонент двовимірної структури СОР з урахуванням їх диференціального синтаксичного представлення матимуть диференційовані і обмежені значення в залежності від координатних позицій в одновимірних трансформанта.

Звідси стовпці двовимірної структури, складеної з одновимірних трансформант в диференціальному описі можуть розглядатися як комбінаторний об'єкт з наступною трактуванням.

Стовпці структури СОР є перестановкою з повторенням елементів $y'_{k\ell}$, які характеризуються обмеженим значенням потужності алфавіту з урахуванням двох напрямів структури СОР.

Для варіанту, коли мінімальним рівнем є нуль, абсолютні значення компонент ℓ -го стовпця прийматимуть допустимі значення в наступному діапазоні:

$$0 \leq y'_{k\ell} \leq d_{k\ell} - 1; k = \overline{1, q_1}. \quad (3.7)$$

Тоді кількість допустимих стовпців структури СОТ, складених з q_1 -го елемента $u'_{k\ell}$, що задовольняє співвідношенню (3.7), буде визначатися за такою формулою:

$$V_{q_1}^{(1)} = \prod_{k=1}^{q_1} d_{k,\ell}, \quad (3.8)$$

де $V_{q_1}^{(1)}$, - кількість допустимих стовпців структури СОТ, елементи яких задовольняють обмеження (3.7).

Тоді відповідно до комбінаторної інтерпретації стовпців двовимірної структури СОТ і виразу (3.8) кількість інформації, в середньому міститься в одній компоненті $u'_{k\ell}$, дорівнюватиме:

$$\bar{N}_1 = (\log_2 V_{q_1}^{(1)})/q_1 = (\log_2 \prod_{k=1}^{q_1} d_{k,\ell})/q_1 = (\sum_{k=1}^{q_1} \log_2 d_{k,\ell})/q_1, \quad (3.9)$$

де \bar{N}_1 - кількість інформації, що припадає в середньому на одну компоненту стовпчика структури СОТ в разі його комбінаторного трактування в умовах наявності обмежень (3.7).

Згідно отриманого виразу кількість комбінаторної надмірності, яке мінімально можна усунути в одному стовпці структури СОТ буде визначатися різницею між кількістю інформації, а саме в середньому на одну компоненту $u'_{k\ell}$, До і після врахування обмежень на величину поточної потужності алфавіту.

Природа такої надмірності слідує з того, що різниця між кількістю інформації залежить від кількості перестановок з повтореннями, які можна скласти для різних обмежень на динамічний діапазон.

Кількість інформації буде зменшуватися при зниженні значення динамічного діапазону. Тому роздільне подання компонент структури COT у вигляді двох масивів: масиву Y' абсолютних цілочислових значень компонент одновимірних трансформант і масиву G' їх знаків (де $g_{k,\ell}$ $(k;\ell)$ -й елемент масиву знаків)

$$G = \begin{vmatrix} g_{1,1} & \cdots & g_{1,\ell} & \cdots & g_{1,n} \\ & & \cdots & & \\ g_{k,1} & \cdots & g_{k,\ell} & \cdots & g_{k,n} \\ & & \cdots & & \\ g_{n,1} & \cdots & g_{n,\ell} & \cdots & g_{n,n} \end{vmatrix} \quad (3.10)$$

забезпечує умови для підвищення кількості усунутої надмірності.

Різну кількість перестановок, а значить і наявність комбінаторної надмірності в структурах COT для різних варіантів обмежень на потужність алфавітів їх компонент пояснюється:

-нерівномірними значеннями елементів в стовпці диференціального подання;

-залишкової взаємної кореляцією між компонентами сусідніх стовпців структури COT;

-взаємозалежністю компонент структури COT (оскільки за рахунок одновимірного перетворення і подальшого диференціального синтаксичного опису досягається часткове руйнування тільки лінійних залежностей, а нелінійні залежності не враховуються);

-нерівномірністю розподілу значень компонент стовпців двовимірної структури COT.

Розробка опису диференціального представлення зображень на основі нерівноважних позиційних чисел

У загальному випадку можливі такі підходи щодо розподілу кількості розрядів для кодового представлення компонент стовпчика структури COT, що виключають попередню оцінку імовірнісних характеристик та не використовують статистичне перерозподіл кількості двійкових розрядів [74].

Перший підхід базується на використанні інформації про потужності d_{sut} алфавіту всієї двовимірної структури COT (structure of unidimensional transforms). Такий підхід відповідає рівномірній схемі розподілу кількості двійкових розрядів, тобто проводиться рівномірне пакетування інтенсивності бітового потоку. Складова інформаційної інтенсивності під кожному компоненту в цьому випадку буде визначатися як $(\lceil \log_2 d_{sut} \rceil + 1)$. Відповідно сумарна кількість $h_{q_1}^{(1)}$ двійкових біт на представлення одного стовпчика Y'_ℓ структури COT буде оцінюватися з умови:

$$h_{q_1}^{(1)} = q_1 (\lceil \log_2 d_{sut} \rceil + 1). \quad (3.11)$$

Основним недоліком такого підходу є те, що обмежується рівень зниження інформаційної інтенсивності внаслідок високих значень потужності алфавіту, що оцінюється без урахування локальності властивостей структури COT. Тобто виділяється усереднена кількість $\bar{h}_{q_1}^{(1)}$ двійкових розрядів по одній компоненті стовпчика COT, що буде більше, ніж величина \bar{N}_1 , Розрахована за формулою (3.11), де $\bar{h}_{q_1}^{(1)} = h_{q_1}^{(1)} / q_1$. Зрозуміло, що для даного варіанту кількість комбінаторної надмірності не буде усуватися в тій кількості, яка передбачається моделлю опису стовпців двовимірної структури COT.

Для виходу з такої ситуації пропонується враховувати локальність властивостей структури COT, що визначає вплив на величину поточної

потужності алфавіту. Варіантом організації такого підходу є використання позиційних кодових конструкцій.

Тут необхідно враховувати той факт, що структурні властивості двовимірної структури СОТ визначаються режимом корекції частотних складових під модель психовізуального сприйняття зорової системи. Параметром, що регулює режим такої корекції є величина R - фактор якості, що впливає на значення матриці квантування (матриці регулювання частотних складових трансформованих сегментів відеокадра).

В даному випадку стовпець Y'_ℓ його можна розглядати як позиційне число $Y'_\ell = \{y'_{k\ell}, \dots, y'_{k\ell}, \dots, y'_{q_1, \ell}\}$.

При цьому система $\Psi'(R)_\ell = \{\psi'(R)_{1, \ell}, \dots, \psi'(R)_{k, \ell}, \dots, \psi'(R)_{q_1, \ell}\}$ основ залежить від параметрів R моделі обліку психовізуальних властивостей зорової системи, і буде обиратися з урахуванням значень потужності алфавіту по кожній колонці Y'_ℓ в рамках двовимірної структури СОТ. Тоді значення основ знаходитимуться з використанням наступного співвідношення:

$$\psi'(R)_{k, \ell} = d_{k, \ell}, \quad k = \overline{1, q_1}. \quad (3.12)$$

В цьому випадку кодове значення $E'(R)_\ell$ позиційного числа Y'_ℓ визначається як:

$$E'(R)_\ell = y'_{1, \ell} v(R)_1^{(1)} + \dots + y'_{k, \ell} v(R)_k^{(1)} + \dots + y'_{q_1-1, \ell} v(R)_{q_1-1}^{(1)} + y'_{q_1, \ell},$$

де $y'_{k\ell}$ - компонента розташована на k -й позиції в ℓ -м стовпці структури СОТ;
 $v(R)_k^{(1)}$ - ваговий позиційний коефіцієнт компоненти $y'_{k\ell}$; q_1 - кількість елементів

в стовпці структури СОР.

Ваговий коефіцієнт визначається як добуток основ молодших компонент стовпчика Y'_ℓ , Тобто .:

$$v(\mathbf{R})_k^{(1)} = \prod_{\xi=k+1}^{q_1} \psi'(\mathbf{R})_{\xi, \ell}, \quad (3.13)$$

або через величину $V_{q_1}^{(1)}$, а саме:

$$v(\mathbf{R})_k^{(1)} = \frac{V_{q_1}^{(1)}}{\prod_{\xi=1}^k \psi'(\mathbf{R})_{\xi, \ell}} = \frac{\prod_{k=1}^{q_1} d_{k, \ell}}{\prod_{\xi=1}^k \psi'(\mathbf{R})_{\xi, \ell}}. \quad (3.14)$$

У цьому випадку кількість двійкових розрядів $\bar{h}(\mathbf{R})_{q_1}^{(2)}$, які потрібно виділити в середньому під одну компоненту синтаксичного представлення кодового значення $E'(\mathbf{R})_\ell$ не перевищуватиме величини \bar{N}_1 , тобто[29]:

$$\bar{h}(\mathbf{R})_{q_1}^{(2)} = h(\mathbf{R})_{q_1}^{(2)} / q_1 = ([\log_2 E'(\mathbf{R})_\ell] + 1) / q_1 < \bar{N}_1. \quad (3.15)$$

Це створює умови для скорочення кількості комбінаторної надмірності, яка міститься в стовпцях двовимірної структури СОР.

Сумарна кількість $h(\mathbf{R})_{q_1}^{(2)}$ двійкових розрядів на представлення кодового значення $E'(\mathbf{R})_\ell$ одного стовпчика структури СОР визначається з умови:

$$h(R)_{q_1}^{(2)} = q_1 ([\log_2 E'(R)_\ell] + 1). \quad (3.16)$$

При цьому величина $h(R)_{q_1}^{(2)}$, яка визначає довжину синтаксичного представлення одного стовпчика структури СОТ буде залежати від параметра R . В умовах, коли структура СОТ формується для сегментів ключової інформації (за умовою технології обробки), то потрібно забезпечити зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку зі збереженням заданого рівня достовірності інформації. Тому величина параметра R матиме обмежене значення. У цьому випадку значення потужності алфавіту компонент стовбців структури СОТ буде збільшуватися, і як результат підвищиться значення величини $E'(R)_\ell$. Звідси для забезпечення вимог:

- з одного боку щодо виключення варіантів переповнення технологічної довжини h_{it} кодових слів необхідно обмежувати кількість елементів в позиційному числі;

- з іншого боку щодо виключення маркерних роздільників між кодограмами пропонується формувати позиційні числа в межах окремих стовбців двовимірної структури СОТ з використанням системи підстав для виділення кількості $h'(R)_{q_1}^{(2)}$ розрядів під кожен кодограму.

Іншими словами для забезпечення наступних умов:

$$E'(R)_\ell: \bar{h}(R)_{q_1}^{(2)} = ([\log_2 E'(R)_\ell] + 1) / q_1 \leq \bar{h}'(R)_{q_1}^{(2)} < \bar{N}_1,$$

при $R \leq R_{nes}$ потрібно:

- 1) сформувати позиційне число, довжина q_{pn} якого обирається в рамках кількості q_1 компонент одного стовпчика структури СОТ, тобто:

$$q_{pn} = q_1;$$

2) визначати кількість розрядів на представлення кодограм на основі наступної формули:

$$h'(R)_{q_1}^{(2)} = ([\sum_{k=1}^{q_1} \log_2 \psi'(R)_{\xi, \ell}] + 1). \quad (3.17)$$

У цьому випадку буде виконуватися нерівність

$$\bar{h}(R)_{q_1}^{(2)} \leq \bar{h}'(R)_{q_1}^{(2)} = ([\sum_{k=1}^{q_1} \log_2 \psi'(R)_{\xi, \ell}] + 1) / q_1 \leq \bar{H}_1,$$

де $\bar{h}'(R)_{q_1}^{(2)}$ - кількість двійкових розрядів, що припадає в середньому на одну компоненту стовпчика структури СОТ в разі його синтаксичного представлення як позиційного числа. За умов використання системи підстав для позиціонування їх кодограм.

Згідно прийнятих умов побудова ефективного синтаксичного представлення для сегментів ключової інформації визначається наступними виразами (Рис. 3.3):

$$E'(R)_\ell = \sum_{k=1}^{q_1} y'_{k, \ell} v(R)_k^{(1)} = \sum_{k=1}^{q_1} y'_{k, \ell} \prod_{\xi=k+1}^{q_1} \psi'(R)_{\xi, \ell}; \quad (3.18)$$

$$h(R)_{q_1}^{(2)} = ([\log_2 E'(R)_\ell] + 1) \leq \bar{h}'(R)_{q_1}^{(2)} = ([\sum_{k=1}^{q_1} \log_2 \psi'(R)_{\xi, \ell}] + 1); \quad (3.19)$$

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

Ефективність синтаксичного представлення всього сегмента відеокадра ключової інформації у вигляді кодограм кодових значень $E'(R)_\ell$ окремих

стовпців Y'_ℓ двовимірної структури СОТ, що розглядаються як позиційні зважені числа з урахуванням корекції частотних складових, задається наступним чином:

$$H'(R) = \{h'(R)_1, \dots, h'(R)_\ell, \dots, h'(R)_{q_1}\}; \quad (3.20)$$

$$E'(R) = \{E'(R)_\ell\}. \quad (3.21)$$

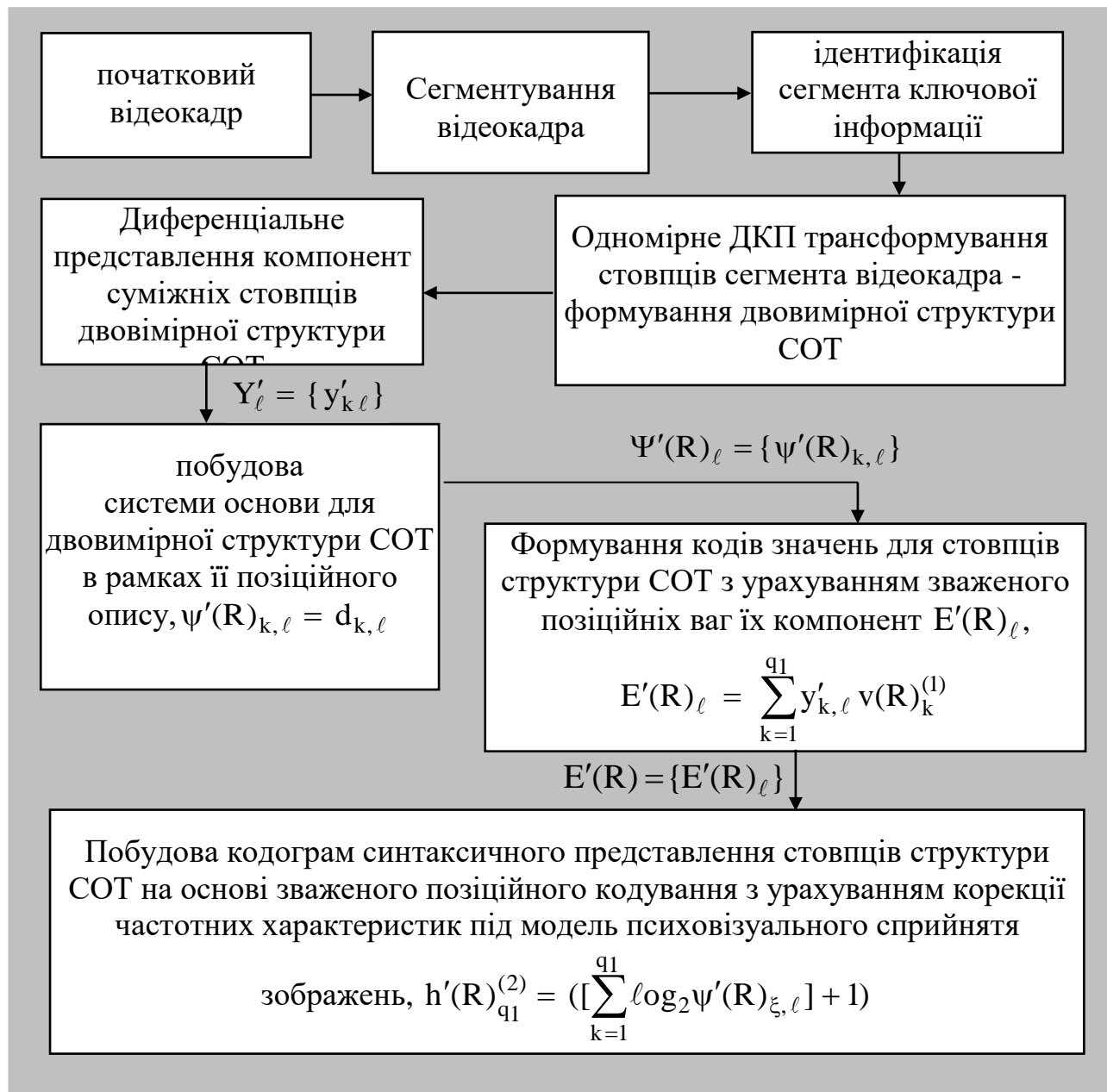


Рис. 3.3. Структурно-функціональна схема ефективного синтаксичного представлення для сегментів ключової інформації

Тут $E'(R)$ - вектор кодових значень для двовимірної структури COT, в разі по-стовбцьової обробки; $H'(R)$ - послідовність довжин кодограм кодових значень $E'(R)_\ell$ в умовах використання для їх кодоутворення системи основ.

Як і стовбцова схема обробки і побудови синтаксичного опису двовимірної структури COT забезпечує зниження інтенсивності бітового потоку з урахуванням особливостей ключових сегментів щодо збереження достовірності інформації в умовах високих значень потужності алфавіту.

Таким чином, співвідношення (3.1) - (3.21) задають метод формування ефективного синтаксичного кодування сегментів відеокадрів, що містять ключову інформацію на основі формування кодових значень стовпців двовимірної структури COT, що розглядаються як зважені позиційні числа з урахуванням корекції частотних складових і подальшого кодоутворення з використанням системи основ.

3.3. Розробка методу синтаксичного представлення базових сегментів, які несуть інформацію про фонові складові відеокадрів

Розглянемо розробку підходу щодо обробки базових сегментів відеокадрів. В даному випадку в процесі формування синтаксичного представлення необхідно враховувати можливість корекції трансформант таких сегментів під особливості зорового сприйняття. Іншими словами допускається використання корекції частотних компонент трансформованих базових сегментів під модель психовізуального сприйняття. Запропонована схема створює умови для підвищення кількості усуває психовізуальної надмірності.

Основними технологічними етапами такого підходу є наступні[19,24,29,33,119].

Виконується двовимірне ДКП-перетворення, яке реалізується на основі наступного виразу:

$$C(k, \ell) = F(k) X(i, j)_{k, \ell} F^T(\ell), \quad (3.22)$$

де $X(i, j)_{k, \ell}$ - масив базового сегмента, утворений на основі однієї з площин кольорорізнисної моделі зображення;

k, ℓ - індекс рядка і стовпця елемента масиву $X(i, j)_{k, \ell}$, $k = \overline{1, q_\ell}$; $\ell = \overline{1, q_c}$;

$C(k, \ell)$ матриця компонент трансформанти ДКП- перетворення сегмента відеокадра;

$F(k), F^T(\ell)$ - відповідно вектор дискретних значень базисних функцій ДКП і його транспонований вид

$$F(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{q_\ell}} & \rightarrow k=1; \\ \sqrt{\frac{2}{q_\ell}} \cos \frac{(2q_\ell + 1)k\pi}{2q_\ell}, & \rightarrow k = \overline{2, q_\ell}. \end{cases} \quad (3.23)$$

Двопрохідна реалізація двовимірного ДКП, що задається виразом (3.22), має вигляд:

1) на першому проході виконується одновимірне дискретне косинусне перетворення стовпців масиву відеоданих. Формується проміжний масив $H(k, \ell)$:

$$H(k, \ell) = F(k) X(i, j)_{k, \ell}, \quad (3.24)$$

де $H(k, \ell)$ - проміжний масив розмірності $q_\ell \times q_c$.

З урахуванням системи виразів (2.3) для вектора базисних функцій $F(k)$ співвідношення (2.4) набуде вигляду

$$H(1, \ell) = \frac{1}{\sqrt{q_\ell}} \sum_{k=1}^{q_\ell} X_{k\ell}^{(i,j)} ;$$

$$H(k, \ell) = \sqrt{\frac{2}{q_\ell}} \sum_{k=1}^{q_\ell} X_{k\ell}^{(i,j)} \cos \frac{(2q_\ell + 1)k\pi}{2q_\ell}, \quad k = \overline{2, q_\ell} \quad (3.25)$$

де $X_{k\ell}^{(i,j)}$ - елемент масиву $X(i, j)$, розташований на перетині k -го рядка і ℓ -го стовпця масиву відеоданих;

2) другий прохід пов'язаний з виконанням одновимірного ДКП для рядків проміжного масиву $H(k, \ell)$:

$$Y''(k, \ell) = H(k, \ell) F^T(\ell). \quad (3.26)$$

Співвідношення (3.5) - (3.6) Дозволяють сформулювати трансформоване представлення $Y''(k, \ell)$ зображень на основі двохпрохідної схеми виконання ортогонального перетворення, а саме:

$$Y'' = \begin{vmatrix} y''_{1,1} & y''_{1,2} & \dots & y''_{1,\ell} & \dots & y''_{1,q_2} \\ & & & \dots & & \\ y''_{k,1} & y''_{k,2} & \dots & y''_{k,\ell} & \dots & y''_{k,q_2} \\ & & & \dots & & \\ y''_{q_1,1} & y''_{q_1,2} & \dots & y''_{q_1,\ell} & \dots & y''_{q_1,q_2} \end{vmatrix}, \quad q_1 = q_2 = \overline{1, (Q_1 Q_2 / q_1 q_2)},$$

де $y''_{k,\ell}$ - компонента розташована в трансформанті на перетині k -го рядка і ℓ -го стовпця;

$(Q_1 Q_2 / q_1 q_2)$ - кількість трансформант розміром $q_1 \times q_2$, що формується для відеокадра, який містить $D = Q_1 \times Q_2$ елементів.

Трансформанти для сегментів містять фонові області відеокадра для яких характерні наступні особливості [19]:

1) значення компоненти в верхньому лівому кутку трансформанти з координатами (1; 1) пропорційне середній яскравості фонового сегмента, тобто несе інформацію про повний загальний середній фон;

2) найбільша енергетична складова фонового сегмента зосереджена в обмеженій кількості компонент трансформанти;

3) область низьких енергетичних характеристик займає переважну область трансформанти.

Залежно від розрахованих в процесі обробки трансформант тієї чи іншої її особливості формується конкретна технологія кодування для виключення надмірності. Такий процес реалізується на черговому технологічному етапі обробки трансформованих сегментів відеокадра.

З урахуванням того, що кодування проводиться для фонових областей відеокадра, то пропонується з одного боку виключити етап диференціального представлення компонент суміжних стовпців трансформанти, а з іншого боку використовувати більш високий рівень корекції частотних компонент під модель психовізуального сприйняття зображень для підвищення кількості скорочення психовізуальної надмірності.

Для формування кодового значення $E''(R)$ пропонується враховувати наступну інтерпретацію двовимірної трансформанти ДКП.

трансформанта Y'' являє собою перестановку з повтореннями на компоненти $u''_{k,\ell}$, якої накладено обмеження на потужність алфавіту $d''_{k,\ell}$:

$$d''_{k,\ell} = \min(d''_k; d''_\ell), \quad (3.27)$$

де d''_k, d''_ℓ - значення потужності алфавіту відповідно для компонент k -го рядка і ℓ -го стовпця двовимірної трансформанти.

У цьому випадку кількість $V_{q_1 \times q_2}^{(2)}$ різних двовимірних трансформант, складених з $q_1 \times q_2$ кількості елементів, що задовольняють співвідношенню (3.27), Так само:

$$V_{q_1 \times q_2}^{(2)} = \prod_{k=1}^{q_1} \prod_{\ell=1}^{q_2} d_{k,\ell}'' \cdot \quad (3.28)$$

Згідно комбінаторної інтерпретації двовимірної трансформанти і співвідношенню (3.28) кількість \bar{N}_2 інформації, що в середньому міститься в одній компоненті $y_{k\ell}''$, дорівнюватиме:

$$\begin{aligned} \bar{N}_2 &= ([\log_2 V_{q_1 \times q_2}^{(2)}] + 1) / q_1 \times q_2 = ([\log_2 \prod_{k=1}^{q_1} \prod_{\ell=1}^{q_2} d_{k,\ell}''] + 1) / q_1 \times q_2, \\ &= ([\sum_{k=1}^{q_1} \sum_{\ell=1}^{q_2} \log_2 d_{k,\ell}''] + 1) / q_1 \times q_2 \end{aligned} \quad (3.29)$$

де \bar{N}_2 - кількість інформації, що припадає в середньому на одну компоненту двовимірної трансформанти в разі її комбінаторного трактування як цілісного об'єкта для обмежень (3.22).

Для усунення кількості комбінаторної надмірності в двовимірній трансформанті, яка визначається як різниця між кількістю інформації, а саме в в середньому на один елемент, до і після врахування обмежень на потужність алфавіту її компонент, пропонується використовувати двовимірні позиційні кодові конструкції.

Це пояснюється тим, що кількість комбінаторної надмірності залежить від кількості перестановок з повтореннями, які можна скласти для різних обмежень на компоненти двовимірної трансформанти з урахуванням поточної потужності їх алфавіту.

Тоді двовимірна трансформанта Y'' представляється як двовимірне нерівновагове позиційне число, на елементи якого накладено обмеження, які визначаються їх потужністю алфавіту [19,74,77].

При цьому система $\Psi''(R)$ матиме двовимірну структуру, а саме:

$$\Psi''(R) = \begin{vmatrix} \psi''(R)_{1,1} & \dots & \psi''(R)_{1,\ell} & \dots & \psi''(R)_{1,q_2} \\ & & \dots & & \\ \psi''(R)_{k,1} & \dots & \psi''(R)_{k,\ell} & \dots & \psi''(R)_{k,q_2} \\ & & \dots & & \\ \psi''(R)_{q_1,1} & \dots & \psi''(R)_{q_1,\ell} & \dots & \psi''(R)_{q_1,q_2} \end{vmatrix}. \quad (3.30)$$

Така система буде залежати від усуненої психовізуальної надмірності, кількість якої залежить від параметра R , що визначає рівень корекцій частотних компонент. При цьому згідно з комбінаторним трактуванням двовимірної трансформанти Y'' в якості основ обираються значення потужності алфавіту компонент, тобто .:

$$\psi''(R)_{k,\ell} = d''_{k,\ell}, \quad q_1 = q_2 = 1, \quad (\overline{Q_1 Q_2 / q_1 q_2}). \quad (3.31)$$

В цьому випадку кодове значення $E''(R)$ двовимірного позиційного числа Y'' визначається як:

$$E''(\mathbf{R}) = \sum_{k=1}^{q_1} \sum_{\ell=1}^{q_2} y''_{k,\ell} v(\mathbf{R})_{k,\ell}^{(2)}, \quad (3.32)$$

де $v(\mathbf{R})_{k,\ell}^{(2)}$ - ваговий коефіцієнт компоненти $y''_{k,\ell}$.

У разі обходу елементів в напрямку стовпця згори вниз, а потім по рядках зліва - направо значення вагового коефіцієнта $v(\mathbf{R})_{k,\ell}^{(2)}$ дорівнюватиме [12,19,74]:

$$v(\mathbf{R})_{k,\ell}^{(2)} = \prod_{\xi=\ell+1}^{q_2} \psi''(\mathbf{R})_{k,\xi} \prod_{\eta=k+1}^{q_1} \prod_{\xi=1}^{q_2} \psi''(\mathbf{R})_{\eta,\xi}. \quad (3.33)$$

Технологію вибору кількості двійкових розрядів на представлення кодового значення $E''(\mathbf{R})$ пропонується будувати з урахуванням системи основ. Тоді кількість розрядів на представлення кодограми двовимірної трансформанти буде визначатися наступним виразом:

$$h''(\mathbf{R})^{(2)} = ([\sum_{k=1}^{q_1} \sum_{\ell=1}^{q_2} \log_2 \psi''(\mathbf{R})_{k,\ell}] + 1). \quad (3.34)$$

У цьому випадку буде виконуватися нерівність

$$([\log_2 E''(\mathbf{R})] + 1)/q_1 \leq \bar{h}''(\mathbf{R})^{(2)} \leq \bar{H}_1,$$

де $\bar{h}''(\mathbf{R})^{(2)}$ - кількість двійкових розрядів, що припадає в середньому на одну компоненту двовимірної трансформанти в разі її синтаксичного представлення як

двовимірного позиційного числа за умов використання системи $\Psi''(\mathbf{R})$ основ для позиціонування їх кодограм.

Тут кількість двійкових розрядів $\bar{h}''(\mathbf{R})^{(2)}$, які потрібно виділити в середньому під одну компоненту синтаксичного представлення кодового значення $E''(\mathbf{R})$ не перевищуватиме величини \bar{N}_1 . Це створює умови для скорочення кількості комбінаторної надмірності, що міститься в двовимірній трансформанті дискретного косинусного перетворення.

Структурно-функціональна схема ефективного синтаксичного представлення для базових сегментів відеокадра представлена на рис. 3.4

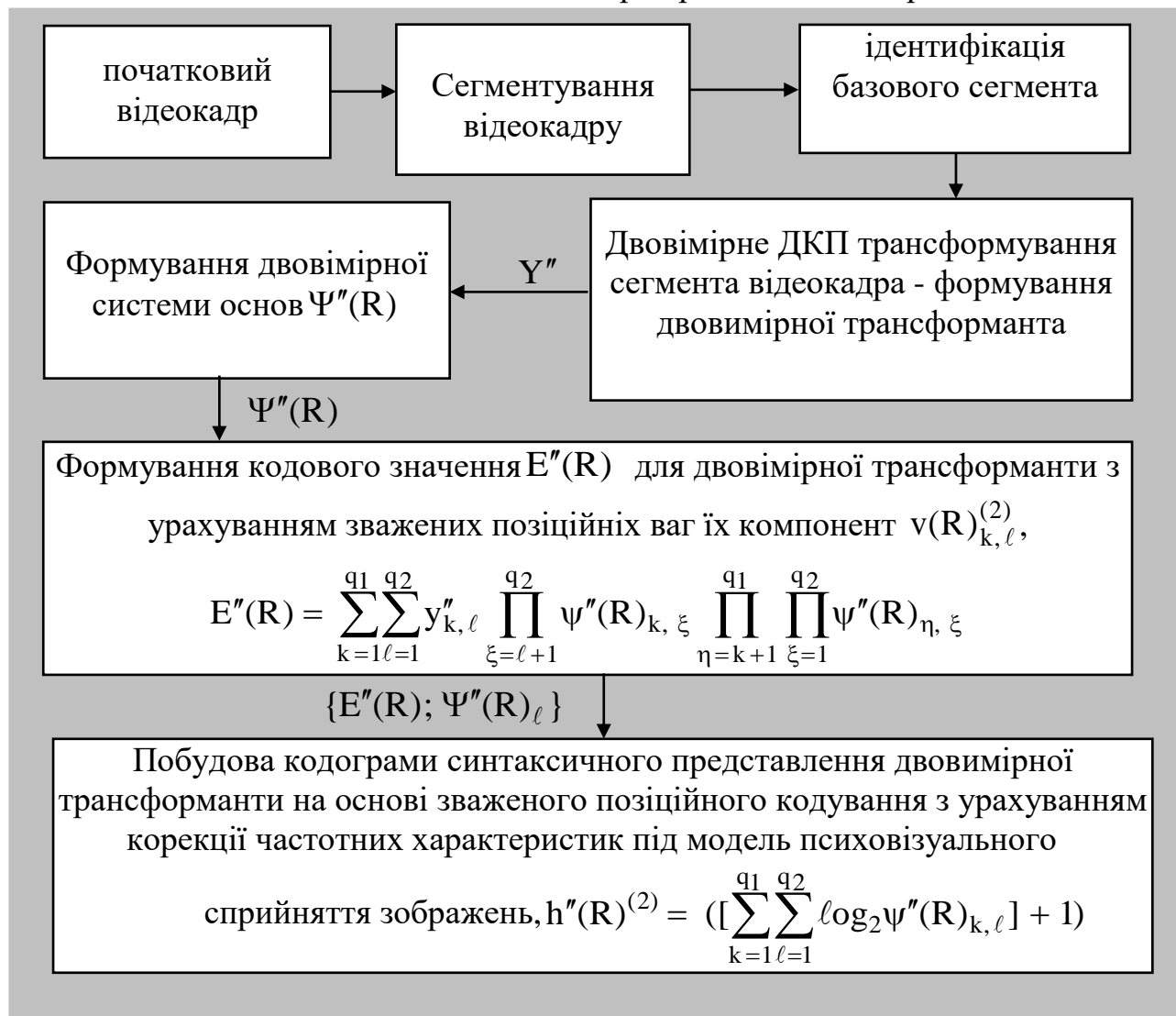


Рис. 3.4. Структурно-функціональна схема ефективного синтаксичного представлення для базових сегментів відеокадру

Тобто, згідно прийнятих умов, побудова ефективного синтаксичного представлення для базових сегментів визначається такими виразами (Рис. 3.4):

$$E''(R) = \sum_{k=1}^{q_1} \sum_{\ell=1}^{q_2} y''_{k,\ell} v(R)_{k,\ell}^{(2)} = \sum_{k=1}^{q_1} \sum_{\ell=1}^{q_2} y''_{k,\ell} \prod_{\xi=\ell+1}^{q_2} \psi''(R)_{k,\xi} \prod_{\eta=k+1}^{q_1} \prod_{\xi=1}^{q_2} \psi''(R)_{\eta,\xi}; \quad (3.35)$$

$$h''(R)^{(2)} = (\lceil \sum_{k=1}^{q_1} \sum_{\ell=1}^{q_2} \log_2 \psi''(R)_{k,\ell} \rceil + 1) \leq q_1 \cdot q_2 \bar{N}_1. \quad (3.36)$$

Ефективність синтаксичного представлення всієї трансформанти базового сегмента відеокадра у вигляді кодограм кодових значень $E''(R)$ двовимірних позиційних зважених чисел з урахуванням корекції частотних складових, визначається величиною $h''(R)^{(2)}$.

В цьому випадку виключення переповнення технологічної довжини h_{it} кодових слів забезпечується в результаті вибору більш високих значень R .

Створений підхід щодо синтаксичного представлення двовимірної трансформанти забезпечує зниження інтенсивності бітового потоку з урахуванням особливостей базових сегментів щодо можливості додаткового підвищення кількості усуненої психовізуальної надмірності.

Значення величини $E''(R)$ буде залежати від детальності базового сегмента. Значення коду буде тим менше, чим більше відношення площі має слабозмінюючась яскравість до площі зображення переданого об'єкта.

Таким чином, співвідношення (3.30) - (3.36) задають метод формування ефективного синтаксичного кодування базових сегментів, що містять фонову інформацію відеокадра на основі формування кодового значення двовимірної трансформанти, що розглядається як зважене двовимірне позиційне число з урахуванням корекції частотних складових і подальшого кодоутворення з використанням системи основ.

Висновки за третім розділом

1. Обґрунтовано вибір підходу для формування ядра технологічної концепції диференційованої обробки сегментів відеокадра з урахуванням наявності ключової інформації. Тут пропонується використовувати трансформацію зображень на основі ортогональних перетворень і переведення оброблюваних даних в диференціальний простір з наступним кодуванням за рахунок виявлення нових структурних закономірностей і додаткового усунення надмірності. 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.

2. 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.

Як і стовпчикова схема обробки і побудови синтаксичного опису двовимірної структури СОТ забезпечує зниження інтенсивності бітового потоку з урахуванням особливостей ключових сегментів щодо збереження достовірності інформації в умовах високих значень потужності алфавіту.

3. 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 кодоутворення з використанням системи основ.

Розроблений підхід щодо синтаксичного представлення двовимірної трансформанти забезпечує зниження інтенсивності бітового потоку з урахуванням особливостей базових сегментів.

Науково-прикладні результати, отримані в розділі, опубліковані в статтях [9,10] і апробовані на 3 міжнародних науково-практичних конференціях [13,29,31].

РОЗДІЛ 4

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДЕОСЕРВІСІВ ДЛЯ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ

Отримав подальший розвиток метод підвищення завадостійкості і скритності передачі ключової інформації відеокадра з використанням бездротових телекомунікаційних технологій. Метод відрізняється від відомих тим, що побудова динамічних контурів кодування, організовується на основі псевдовипадкової зміни параметрів коду в процесі передачі інформаційних повідомлень по заданому закону, передбачення якого ускладнено.

Розглядається питання застосування надлишкових кодів з метою підвищення енергетичної скритності за рахунок кодового зашумлення.

Наведено основні положення методу оцінки обчислювальної складності процесу ефективного синтаксичного кодування на основі трансформування сегментів відеокадрів, з урахуванням того, що диференціальні витрати кількості операцій на кодування сегментів шляхом виявлення областей наявності ключової інформації в процесі кодування використовують проміжне синтаксичне представлення сегмента, отримане на етапі його ідентифікації. Розроблений метод формування ефективного синтаксичного подання забезпечує обробку відеокадрів з різним ступенем вмісту сегментів ключової інформації в реальному часі з використанням бездротових телекомунікаційних технологій.

Проводиться порівняльна оцінка методів синтаксичного представлення за рівнем інформаційної інтенсивності для відеокадрів зі структурною дозволяючою здатністю в залежності від процентного вмісту в них сегментів ключової інформації.

Здійснюється порівняльна оцінка ефективності розроблених методів перетворення відеотрафіку. Наведена реалізація методу керування інтенсивністю.

4.1. Розробка методу реалізації динамічного контуру кодування кодограм сегментів ключової інформації відеокадра

Доцільність використання надлишкових кодів з метою підвищення достовірності переданих повідомлень обґрунтована у багатьох роботах [4,8,30,37,38,42]. Проте, як показали дослідження, можливості щодо застосування коригувальних помилки кодів на цьому не вичерпані. Робиться висновок, що з цієї точки зору оптимальним слід вважати коди Хеммінга. В [30] пропонується в системі зв'язку з кодовим поділом сигналів використовувати так звані складні сигнали, кодування яких базуються на використанні поліноміальних кодів Ріда-Соломона, що дозволяють в значній мірі підвищити вибірковість в системах зв'язку з кодовим поділом. Однак у відомих джерелах не розглядається питання активного захисту контуру кодування від можливих спроб несанкціонованих дій або спроб нав'язування помилкових повідомлень.

Пропонується розширити можливості застосування надлишкового кодування в системах зв'язку спеціального призначення, для чого контур кодування доцільно використовувати у динамічному режимі функціонування (ДКК), коли основні параметри коду (незалежні) змінюються з плином часу за законом, пророкування якого ускладнено. Це дозволить в значній мірі підвищити кодову стійкість переданих повідомлень на рівні контуру кодування. У даній постановці завдання не досліджувалася в відомих джерелах.

З іншого боку, як уже зазначалося, відомі до теперішнього часу пристрої кодування не перелаштовуються, що не дозволяє використовувати їх в контурах кодування з динамічним режимом функціонування.

Слід зазначити, що питання використання в каналі зв'язку ДКК обумовлює комплексний підхід до вирішення двох альтернативних завдань, а саме, визначення оптимального варіанту використання цього контуру з метою підвищення виправляючої здатності та імітозахисності передачі інформації.

Оптимальні значення виправляючої здатності моноканала знаходиться в прямій залежності від ступеня надмірності коду, а імітозахищеність - в зворотній. Використання традиційних варіантів реалізації контуру кодування, коли він є або зовнішнім, або внутрішнім по відношенню до пристроїв захисту інформації призводить або до значного зниження коригувальних властивостей коду за рахунок великої ймовірності розмноження помилок в першому випадку[4,8,38], або до істотного зниження імітостійкості переданої інформації в разі внутрішнього контуру кодування. Знайти компромісне рішення в даному випадку дозволяє комплексне використання сигналів з поліпшеними структурними і ансамблевими властивостями, а також потужних кодів в каналах з динамічним режимом функціонування на рівні сигналів і перешкод, коли дозволений до використання спектр (сукупність) сигналів і кодових послідовностей, подібних за законом формування (що відносяться до одного класу), але відрізняються своєю тонкою структурою [42,37] змінюється з часом за законом керуючої псевдовипадкової послідовності, передбачення якої ускладнено. У зв'язку зі сказаним під динамічним контуром кодування будемо розуміти кодер і декодер, що функціонує в динамічному режимі, коли зміна параметрів коду (Q_1, Q_2, \dots, Q_1) здійснюється згідно із законом керуючої послідовності P_y .

Розглянемо принципи реалізації та теоретичні положення динамічного контуру кодування.

Нехай джерело інформації формує послідовність символів i_1, i_2, \dots, i_k , що належать деякому алфавіту I , в загальному випадку в полі $GF(q^m)$, з ентропією на символ H_i кодується надлишковим кодом з параметрами (N, K) . Тоді послідовність інформаційних символів розбивається на блоки по K символів і кожному блоку ставиться у відповідність один з суміжних класів коду [24; 28]. Причому, коли джерело, формує блок $(i_1, i_2, \dots, i_k) = i^k$, в канал зв'язку надходить кодове слово $(C_1, C_2, \dots, C_N) = C^N$, випадково обраний з q^{N-K} слів суміжного класу. Описана вище відповідність може бути систематичною, коли порядок

проходження інформаційних символів не змінюється, а $(N - K)$ перевірочних символів лише додаються до блоку, а може носити несистематичний характер, коли інформаційне слово i^k перемножується з утворюючим поліномом коду в арифметиці поля $GF(q^m)$, При цьому символи i_k у відкритому вигляді в канал зв'язку не надходять. Зрозуміло, що з метою підвищення скритності переданої інформації доцільніше вибрати несистематичне кодування.

Аналіз найбільш поширених кодів, проведених в 4.1 показав, що оптимальними, в сенсі застосування в ДКК є коди Ріда - Сіломона.

Розглянемо принципи побудови ДКК, відносно цих кодів, для чого сформулюємо ряд тверджень.

Твердження 4.1. нехай G_1 G_2 - утворюють поліноми коду РС, сформовані за різними примітивними елементами α_1 і α_2 , $\alpha_1 \neq \alpha_2$ поля $GF(q^m)$. Тоді кодові послідовності C_1 і C_2 , несистематично закодовані за поліномами і мають різні коріння.

Доведення. якщо L_1 і L_2 - різні примітивні елементи поля, то $L_2 = L_1^\gamma$, $(\gamma, N) = 1$. Визначимо G_1 і G_2 .

$$G_1(x) = (x - L_2^{j_0}) \cdot (x - L_2^{j_0+1}) \cdot \dots \cdot (x - L_2^{j_0+d-2});$$

$$G_2(x) = (x - L_2^{j_0}) \cdot (x - L_2^{j_0+1}) \cdot \dots \cdot (x - L_2^{j_0+d-2}) =$$

$$= (x - L_1^{j_0 \cdot \gamma}) \cdot (x - L_1^{(j_0+1) \cdot \gamma}) \cdot \dots \cdot (x - L_1^{(j_0+d-1) \cdot \gamma}).$$

З виразу для $G_1(x)$ і $G_2(x)$ видно, що корені G_1 і G_2 співпадають лише в разі якщо $L_1^{j_0+i} = L_1^{\gamma(j_0+i)} \pmod{q^m}$, $i = \overline{1, d-2}$, Тобто $j_0 + i = \gamma(j_0 + i)$ або $\gamma = 1$, що можливо тоді і тільки тоді, коли $L_1 = L_2$.

Кодові послідовності C_1 і C_2 запишемо у вигляді

$$\begin{cases} C_1(x) = I(x) \cdot G_1(x); \\ C_2(x) = I(x) \cdot G_2(x). \end{cases}$$

За визначенням коду РС маємо

$$\begin{cases} S_{1j} = \sum_{i=1}^N C_{1i} \cdot L_1^{ji} = 0 \pmod{q^m}, j = \overline{j_0, d-2}; \\ S_{2j} = \sum_{i=1}^N C_{2i} \cdot L_2^{ji} = 0, \end{cases}$$

де S_j - синдром прийнятого кодового слова.

З іншого боку маємо $S_j = \sum_{i=1}^N C_{1i} \cdot L_2^{ji} = \sum_{i=1}^N C_{1i} \cdot (L_1')^{ji} \neq 0$, через

невідповідність коренів у виразах для $G_1(x)$ і $G_2(x)$.

В іншому випадку, якщо виконується співвідношення $S_j = \sum_{i=1}^N C_{1i} \cdot L_2^{ji} = \sum_{i=1}^N C_{1i} \cdot L_1^{ji}$, то $L_1^{ji} = L_2^{ji}$ і $L_1 = L_2$, що суперечить умові твердження.

Наступні твердження сформулюємо без доказів.

Твердження 4.2. Зміна значень довжини N і надмірності d утворює поліном $G(x)$ коду РС та призводить до зміни його коренів.

Твердження 4.3. нехай G_1 і G_2 - утворюють поліноми коду РС, сформовані за різними коефіцієнтами j_0 . Тоді кодові послідовності C_1 і C_2 , Побудовані за G_1 і G_2 , мають різні корені.

Твердження 4.4. У разі апріорної невідомості параметрів L і j коду РС в ДКК оптимальним алгоритмом розкриття інформації буде статистичне випробування можливих варіантів за критерієм максимальної правдоподібності.

Останнє твердження можна розширити на випадок невідомості значень N і d , якщо припустити наявність в ДКК властивості розмитості по довжині, а також відсутність автопідстроювання по d .

З наведених тверджень можна зробити наступні висновки:

1. Зміна будь-якого з параметрів (N, L, j_0, d) , що утворюють поліном коду РС призводить до зміни його коренів і, як наслідок, - до зміни алгоритму декодування.

2. Імовірність правильного декодування кодового слова РС в разі апріорної невідомості параметрів коду визначається функціоналом

$$P = f(H(I), G, H(E)) = f(H(I), N, K, L, j_0, d, H(E)),$$

де $H(I)$ - ентропійна оцінка джерела інформації;

$H(E)$ - ентропійна оцінка перешкод в каналі.

3. Час декодування кодового слова РС в разі апріорної невідомості параметрів коду, визначається співвідношенням

$$t = t_g + t_L + t_N + t_j + t_d,$$

де t_N, t_L, t_j, t_d - час, необхідний для визначення параметрів N, L, j, d відповідно t_g - час декодування кодового слова.

4. Інформаційна скритність, імітозахищеність моноканалу на рівні ДКК визначається розмірами ансамблів дозволених до використання параметрів коду, а також кодової стійкістю керуючої послідовності.

Таким чином, розроблений метод динамічної зміни форм сигнальнокодових конструкцій дозволяє забезпечити активний захист інформаційної системи від нав'язування хібної інформації.

4.2. Дослідження перешкодозахищеності, імітостійкості, скритності передачі потоку інформації на рівні динамічного контуру кодування

Оцінимо виграш від використання ДКК відносно моноканалу, для чого розглянемо функціонування його в умовах РЕБ. Припустимо, що противнику відомі: статистика джерела інформації, параметри використовуваних сигналів $S^r(t)$, $r = 0, 1 \dots q$; а також код і алгоритми кодування, декодувальні пристрої; і невідомий закон зміни параметрів коду, тобто Пу. Позначимо далі через V і V_p прийняті в основному і каналі перехоплення, відповідно, кодові слова. Їх відгук складається лише в різниці якості цих каналів зв'язку (Рош). Прийнемо якість моноканалу і каналу перехоплення однаковими, що підтверджується можливостями противника. За аналогією кількісне значення ступіня непоінформованості противника щодо надісланого повідомлення оцінимо виразом

$$\Delta = \frac{1}{q \cdot k} \cdot H(i^k / V_p) \cdot 1 / \prod_i^l M_i,$$

де $M_i, i = \overline{1, l}$, - ансамблі дозволених до використання різних параметрів (Q_1, Q_2, \dots, Q_l) коду;

$H(i^k / V_p) = H(i^k) - I(i^k; V_p)$ -ентропія повідомлення після перехоплення.

Дійсно, кожному вектору помилок відповідає єдине значення синдрому з q^{d-1} можливих при декодуванні а кожному значенню синдрому відповідає q^k векторів помилок, що утворюють один з суміжних класів коду.

Основними характеристиками бездротової передачі ключової інформації в системі управління профільними організаціями є імітостійкість, структурна і енергетична скритність. Визначимо ряд критеріїв якості моноканала на рівні контуру кодування. Під структурної скритністю ДКК за аналогією з[8,10] будемо

розуміти відношення числа необхідних Q_i^* символів кодового слова, щоб відновити решту $Q_i - Q_i^*$, Тобто

$$S_{СК} = \frac{Q_i^*}{Q_i}.$$

У разі несистематичного кодування кодом РС з апіорної невідомістю параметрів коду отримаємо

$$S_{СК} = \frac{K}{N}.$$

Дійсно, як уже зазначалося раніше, кожному значенню синдрому при декодуванні відповідає q^k векторів помилок. Правильно декодувати, значить визначити суміжний клас [28], А для цього треба правильно прийняти всі k беззбиткових символів.

Отже структурна скритність на рівні контуру кодування залежить від ступеня надмірності кодового слова. В якості оцінки імітостійкості будемо використовувати критерій

$$P_{нав} = (1 - P_{ош/с}) \cdot P_{оз} \cdot P_t,$$

де $P_{нав}$ - ймовірність нав'язування кодового слова з однієї спроби, $P_{ош/с}$ - якість каналу зв'язку, що виражена через ймовірність відношення помилки на символ, $P_{оз}$ - ймовірність визначення закону формування коду, P_t - ймовірність спроби нав'язування в часі $t < t_{без}$.

Для ДКК ймовірність визначення закону формування коду можна виразити у вигляді

$$D_{ic} = \prod_i^1 P_i,$$

де $P_i, i = \overline{1, l}$ - ймовірності успішного визначення параметрів коду. У разі застосування коду РС маємо:

$$P_{оз} = P_N, P_L, P_j, P_d = \frac{1}{M_N} \cdot \frac{1}{M_L} \cdot \frac{1}{M_j} \cdot \frac{1}{M_d},$$

де P_N, P_L, P_j, P_d - ймовірності правильного визначення N, L, j, d значень;

M_N, M_L, M_j, M_d - відповідно, ансамблі дозволених до використання параметрів N, L, j, d .

Оцінімо кордон можливих значень $M_i, i = \overline{1, 4}$. Як вже зазначалося в 4.1 код РС, будується для довжини $N = q - 1$ в межах та існує можливість зміни довжини в межах $N' = N + 2$, Тобто $M_N = 3$.

Там же зазначалося, що за визначенням коду, його коефіцієнти L і j в загальному випадку можуть бути будь-якими символами в $GF(q)$, Однак якщо L не є примітивним елементом поля, то необхідно в алгоритм декодування вносити істотні зміни, що є недоцільним. Тому L вибираємо примітивними, і маємо, що число примітивних елементів в полі визначається виразом $\frac{1}{2}\varphi(q - 1)$, Отже, нами

доведена зміна значення $M_L = \frac{1}{2}\varphi(N)$ в разі використання динамічного декодера та той факт, що за будь-якої істотної зміни j в ньому не вносяться, тому $M_j = N$.

З точки зору економічного використання ресурсів моноканала (забезпечення заданої швидкості R) на наш погляд доцільна зміна значення надмірності d для ДКК в межах $N/2$. тобто $Md = N/2$

В табл. 4.1 наводяться результати розрахунку $R_{нав}$ для різних значень N за умови, що $R_{ош} / c = 10^{-2}$,

$$P_t = 1, \quad M = M_N \cdot M_L \cdot M_j \cdot M_d, \quad M_1 = M_1 \cdot M_j$$

Значення $R_{\text{нав}}$ розраховані для випадку, коли апріорно невідомі лише значення L і j .

Таблиця. 4.1.

Значення $R_{\text{нав}}$ для різних довжин кодового слова РС.

№	12	31	100	256
M	576	14415	$4 \cdot 10^{-5}$	$8,4 \cdot 10^{-6}$
$R_{\text{нав}}$	$17 \cdot 10^{-5}$	$68 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$
MI	24	217	2000	16384
$PI_{\text{нав}}$	$4,1 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$6,1 \cdot 10^{-7}$

З аналізу табл. 4.1 видно, що вже при $N = 31$ змінюються всі параметри, що забезпечує імітозахищеність за другим класом. З іншого боку в разі фіксованих значень параметрів коду маємо для $N = 31$ $R_{\text{нав}} = 10^{-2}$, тобто, визначається якістю каналу перехоплення. Таким чином навіть при фіксованих значеннях N і d зміна L і j забезпечить вигреш на три порядки в порівнянні з "жорстким" контуром кодування. Оцінимо обчислювальну складність алгоритму розкриття кодової послідовності за формулою виду $I = I_n \cdot M$, де I_n - обчислювальна складність однієї процедури декодування.

Слід зазначити, що у відомій літературі зустрічається аналіз обчислювальної складності різних алгоритмів декодування кодів РС, але або це виконується для систематичного коду, або для окремих етапів декодування, різних алгоритмів.

Прийmemo $I_n = 3N^2 + 2N$ що, в принципі відповідає результатам наведеним в [24].

В табл. 4.2 наводяться результати розрахунку обчислювальної складності алгоритму розкриття кодових послідовностей РС стосовно ДКК, а також дається оцінка необхідного в цьому випадку швидкодії обчислювального

пристрою J, обчислена за формулою виду $J = I/T_C$, де $T_c = 10^{-3}$ - період проходження сигналів.

Таблиця 4.2.

Обчислювальна складність алгоритму розкриття кодів РС в ДКК.

№	12	30	31	100	256
Ип	456	2760	2945	30.200	197.120
I	$26 \cdot 10^5$	$1,9 \cdot 10^7$	$4,2 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$1,6 \cdot 10^{12}$
J	108	1010	1010	1013	1015
I ₂	$9,1 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^4$	$6,0 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^7$
И1	$1,1 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^5$	$6,4 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^7$	$3,3 \cdot 10^9$

тут $I = I_{II} \cdot M_I$, $I_2 = I_{II} \cdot M_{L,..}$. З аналізу таблиці видно, що вже при $N = 30$ розкриття на рівні контуру кодування вимагає ПЕОМ з швидкодією в 1010 опер/сек, що на сьогоднішній день проблематично.

В табл. 4.3 наводяться значення часових витрат ПЕОМ, де T - час обробки в приймальні частини моноканала і Tп - в каналі перехоплення для різних довжин кодових слів РС.

Таблиця 4.3

Час декодування кодових послідовностей РС в ДКК

№	12	30	100	256
T	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Tп	$2,6 \cdot 10^{-1}$	$1,9 \cdot 10$	$1,2 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^6$

При цьому час виконання однієї еквівалентної операції приймемо] | рівним 10^{-6} сек, а також не будемо враховувати q-ічний характер алфавіту і порядок

проходження операцій при обробці кодового слова. наведені в табл. 4.3 значення часу декодування не претендують на високу точність, хоча і дають в цілому уявлення про вигаш від застосування ДКК.

Таким чином, в результаті аналізу властивостей моноканала на рівні динамічного контуру кодування можна зробити наступні висновки:

1. Структурна скритність ДКК залежить від ступеня надмірності коду і зростає зі зменшенням значення d .

2. Імітостійкість моноканала на рівні ДКК вже при $N = 31$ то, можливо забезпечена за другим класом, а при $N \geq 256$ - на першу. Це дає можливість забезпечення заданих значень імітозащисненості вже на рівні кодов і сигналів, при цьому знімається питання про альтернативність в питанні стикування контуру захисту інформації та контуру кодування.

3. Аналіз даних наведених в табл. 4.2 і 4.3 показує, що противник в даний час не має можливості розкриття кодових послідовностей РС в ДКК в реальному масштабі часу, так при $N = 30$ йому вже потрібно ЕОМ з $J = 1010$.

Обчислювальна складність алгоритму декодування кодів РС, до теперішнього часу, навіть в разі апріорної популярності його параметрів залишається досить високою і стає проблематичним використанням коду з N вже близько 100. Тут необхідно шукати шляхи оптимізації існуючих методів декодування, розробляти нові. Іншим напрямком збільшення швидкодії контуру кодування є використання методів цифрової обробки, зокрема теоретико-числових.

4.3. Оцінка часових характеристик процесу обробки зображень для бортових засобів телекомунікацій

Процес ефективного синтаксичного представлення відеокадрів на основі розробленого методу ідентифікації і диференціювання кодування сегментів з

урахуванням наявності ключової інформації містить такі базові технологічні етапи [26,27,74]:

1) адаптивна ідентифікація макрофрагментів на основі аналізу інтегрованої інформації за низькочастотними та високочастотними компонентами трансформанти ДКП, який дозволяє автоматично визначати області відеокадру, та мають характерні контрастні, структурні і яскравісні перепади;

2) 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 кодообрання з використанням системи підстав;

3) синтаксичне представлення базових сегментів, що несуть інформацію про фонові складові відеокадрів.

Тому оцінка першої складової продуктивності процесів обробки і передачі інформації зводиться до визначення кількості $v(\delta)_{\text{comp}}$ операцій на обробку відеокадра [75].

Перший блок операцій. Ідентифікація макросегмента відеокадра щодо змісту ключової інформації. Для реалізації даного блоку виконуються наступні дії:

1) для сегментів виконується двовимірне дискретне косинусне перетворення. У цьому випадку на кожен сегмент витрачається $2q \log_2 q$ операцій додавання і $2q \log_2 q$ операцій множення. Всього на макросегмент відводиться $8q \log_2 q$ операцій додавання і $8q \log_2 q$ операцій множення;

2) після чого організовується процес оцінювання сегмента щодо наявності ключової інформації. В цьому випадку максимум на сегмент потрібно виконати:

- q_{low} операцій зведення в квадрат і складання, а також одну операцію ділення і взяття логарифма за основою 2 для визначення інтегрованого показника δ_{low} по низькочастотним компонентам;

- q_{high} операцій зведення в квадрат і додавання, а також одну операцію ділення і взяття логарифма за основою 2 для визначення інтегрованого показника δ_{high} по високочастотним компонентів;

- операції порівняння показників δ_{low} і δ_{high} з відповідними граничними значеннями для безпосереднього прийняття рішення щодо ступеня насиченості сегмента ключовою інформацією;

3) для ідентифікації макросегмента з використанням отриманої інформації щодо наявності ключової інформації в його сегментах максимум потрібно виконати 4 операції порівняння.

З чого слідує, що для двокаскадної ідентифікації макросегмента щодо наявності ключової інформації потрібно виконати таку кількість $v_{comp}^{(1)}$ операцій:

$$v_{comp}^{(1)} = 8q \log_2 q (\text{Оп.множ.}) + (8q \log_2 q + 4q_{low} + 4q_{high}) (\text{Оп.дод}) + 4 (q_{low} + q_{high}) (\text{Оп.степ}) + 8 (\text{оп.діл}) + 8 (\text{оп.лгрф}) + 20 (\text{оп.порівн}).$$

Другий блок операцій. Формування ефективного синтаксичного представлення сегментів відеокадрів, що містять ключову інформацію. З урахуванням того, що на етапі ідентифікації виконано дискретне косинусне перетворення стовпців сегментів, то додатково необхідно затратити наступну кількість $v(\delta)_{comp}^{(2)}$ операцій:

1) диференціальне представлення компонент суміжних стовпців двовимірної структури СОТ - q^2 операцій віднімання на сегмент і відповідно $4q^2$ вирахування на макросегмент;

2) знаходження системи $\Psi'(R)_\ell = \{\psi'(R)_{k,\ell}\}$ основ для двовимірної структури СОТ в рамках її позиційного опису - q^2 операцій порівняння на сегмент і відповідно $4q^2$ операцій порівняння на макросегмент;

3) формування кодівих $E'(R)_\ell$ значень для стовпців структури СОТ з урахуванням зважених позиційних ваг їх компонент, $E'(R)_\ell = \sum_{k=1}^{q_1} y'_{k,\ell} v(R)_k^{(1)}$.

Тут на сегмент витрачається:

- q^2 операцій множення для визначення вагових коефіцієнтів і обмеження на довжину кодограми;

- q^2 операцій множення і додавання для безпосереднього обчислення кодівих значень всіх стовпців СОТ, тобто знаходження вектора $E'(R) = \{E'(R)_\ell\}$;

4) q операцій логарифмування за основою 2 для оцінки довжини кодограм синтаксичного представлення стовпців структури СОТ.

Всього для даного технологічного блоку необхідно затратити таку кількість $v(\delta)_{\text{comp}}^{(2)}$ операцій на макросегмент:

$$v(\delta)_{\text{comp}}^{(2)} = 8q^2 (\text{Оп.множ.}) + 8q^2 (\text{Оп.дод}) + 4q (\text{Оп.лгрф}) + 4q^2 (\text{Оп.порівн}).$$

Третій блок операцій. Формування синтаксичного представлення базових сегментів, які несуть інформацію про фонових складових відеокадрів. З урахуванням того, що на етапі ідентифікації виконано двовимірне дискретне косинусное перетворення, то додатково потрібно затратити таку кількість $v(\delta)_{\text{comp}}^{(3)}$ операцій:

1) формування двовимірної системи основ $\Psi''(R)$ - $4q^2$ операцій порівняння на макросегмент;

2) формування кодового значення $E''(R)$ для двовимірної трансформанти з урахуванням зважених позиційних ваг їх компонент $v(R)_{k,\ell}^{(2)}$,

$$E''(R) = \sum_{k=1}^{q_1} \sum_{\ell=1}^{q_2} y''_{k,\ell} \prod_{\xi=\ell+1}^{q_2} \psi''(R)_{k,\xi} \prod_{\eta=k+1}^{q_1} \prod_{\xi=1}^{q_2} \psi''(R)_{\eta,\xi}. \quad \text{Тут потрібно виконати}$$

наступну кількість операцій:

- q^2 операцій множення для визначення вагових коефіцієнтів і обмеження на довжину кодограми;

- q^2 операцій множення і додавання для безпосереднього обчислення кодового значення $E''(R)$;

3) одну операцію логарифмування за основою 2 для оцінки довжини кодограми синтаксичного представлення двовимірного зваженого позиційного числа.

Всього для третього технологічного блоку необхідно затратити таку кількість $v(\delta)_{\text{comp}}^{(3)}$ операцій на макросегмент:

$$v(\delta)_{\text{comp}}^{(3)} = 8q^2 (\text{Оп.множ.}) + 4q^2 (\text{Оп.дод}) + 4 (\text{оп.лгрф}) + 4q^2 (\text{Оп.порівн}).$$

Сумарна кількість $v(\delta)_{\text{comp}}$ операцій на обробку одного макросегмента на основі розробленого методу з урахуванням типу сегмента показано в табл. 4.4. Відповідно до даних наведеними в табл. 4.4 сумарна кількість $v(\delta)_{\Sigma}$ операцій на обробку всього відеокадра, розміром D , представлено в табл. 4.5. тут кількість q_{ms} макросегментів визначається як $q_{\text{ms}} = D/4q^2$.

Звідки часова $t(\delta)_{\text{proc}}$ затримка на формування ефективного синтаксичного представлення відеокадра з використанням розробленого методу оцінюється за наступним співвідношенням:

$$t(\delta)_{\text{proc}} \sim F\{v(\delta)_{\Sigma}; S_{\text{proc}}\}, \quad (4.1)$$

де S_{proc} - оцінка продуктивності телекомунікаційних обчислювальних технологій.

Таблиця 4.4.

Оцінка величини $v(\delta)_{\text{comp}}$ для одного макросегмента відеокadra в залежності від його типу у випадку з використання розробленого методу

Тип операцій	Кількість операцій для сегментів ключової інформації	Кількість операцій для базових сегментів
множення	$8q^2 + 8q \log_2 q$	$8q^2 + 8q \log_2 q$
ділення	8	8
додавання (Віднімання)	$8q^2 + (8q \log_2 q + 4q_{\text{low}} + 4q_{\text{high}})$	$4q^2 + (8q \log_2 q + 4q_{\text{low}} + 4q_{\text{high}})$
порівняння	$4q^2 + 20$	$4q^2 + 20$
логарифмування	$4q + 8$	12
степенева	$4(q_{\text{low}} + q_{\text{high}})$	$4(q_{\text{low}} + q_{\text{high}})$

Витрати кількості $v(\delta)_{\Sigma}$ операцій на обробку відеокадра на основі використання розробленого методу представлено в таблиці 4.5

Таблиця 4.5.

Витрати кількості $v(\delta)_{\Sigma}$ операцій на обробку відеокадра на основі використання розробленого методу в разі коли передбачається наявність кадрів певного типу

Тип операцій	Кількість операцій для сегментів ключової інформації	Кількість операцій для базових сегментів
множення	$2D + D \frac{2 \log_2 q}{q}$	$2D + D \frac{2 \log_2 q}{q}$
ділення	$2D / q^2$	$2D / q^2$
додавання (Віднімання)	$2D + 4q_{\text{ms}} (2q \log_2 q + q_{\text{low}} + q_{\text{high}})$	$D + 4q_{\text{ms}} (2q \log_2 q + q_{\text{low}} + q_{\text{high}})$

Продовження таблиці 4.5

порівняння	$Q_{ms} (4q^2 + 20)$	$Q_{ms} (4q^2 + 20)$
логарифмування	$4q + 8$	12
степенева	$4Q_{ms} (Q_{low} + Q_{high})$	$4Q_{ms} (Q_{low} + Q_{high})$

При цьому використовувалися комплекси мікропроцесорів, обчислювальні можливості яких зведені в табл. 4.6 [63,79,84,98].

Таблиця 4.6.

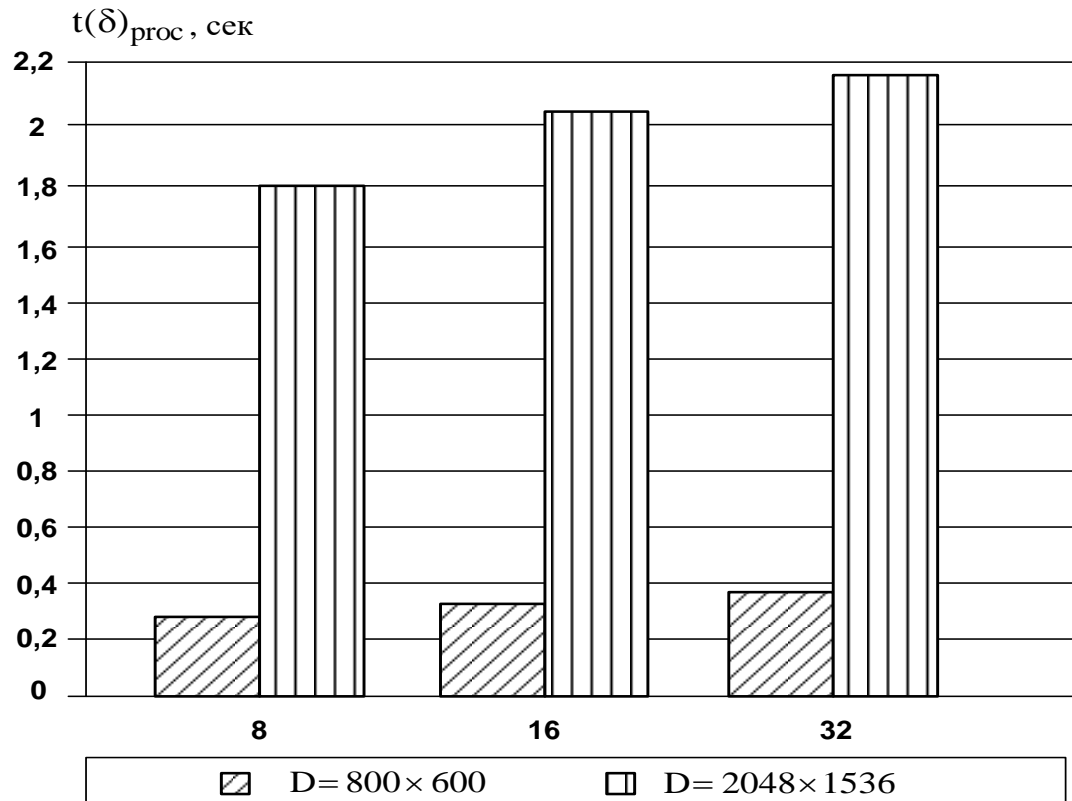
Швидкодія деяких процесорів для вбудованих систем

модель процесора	Тактова частота, МГц	$S_{+;-}$, млн. опер. в с		$S_{x;\div}$, млн. опер. в с	
		Цілий.	Дійсн.	Цілий.	Дійсн.
Transmeta	600	500	250	60	25
VIA C3	800	800	350	80	40
ARM-11 (Nokia 5700)	369	369	155	35	17
Intel XScale 270 (Asus P750)	520	520	260	50	25
Snapdragon (HTC HD2)	1000	1000	500	100	50

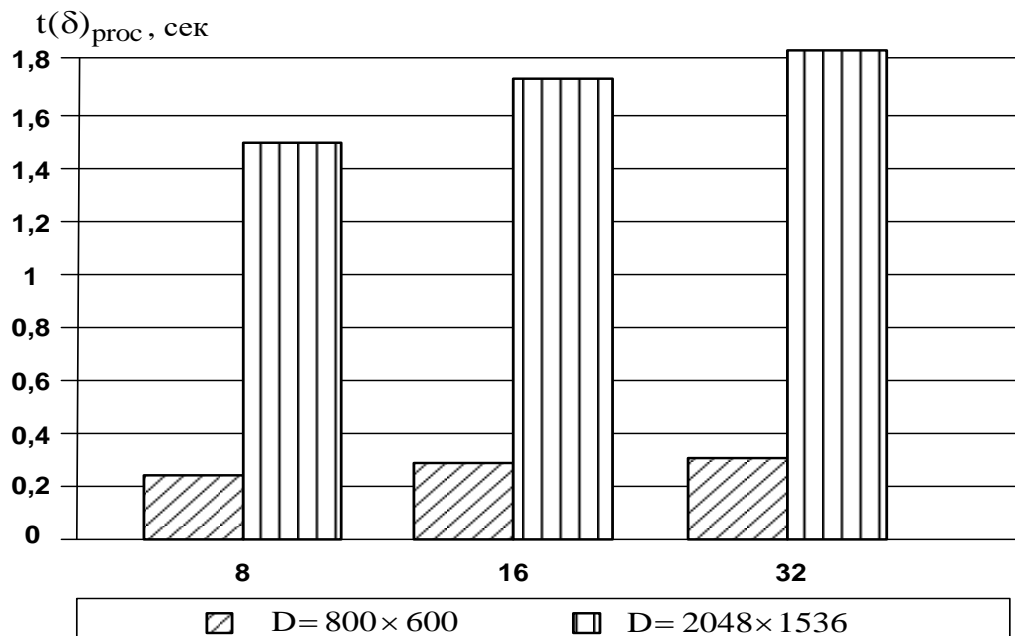
Оцінка часової затримки на обробку відеокадра з використанням розробленого методу (PM) на базі мікропроцесора Snapdragon (HTC HD2), представлена у вигляді діаграм на Рис. 4.1.а. (середньонасичений структурними деталями відеокадр) і Рис.4.1.б.(Високонасичений структурними деталями відеокадр). В дослідженнях середньонасиченим вважається відеокадр приймався в разі процентного вмісту в ньому сегментів ключової інформації не більш, ніж 65% і не менше 40%. Високонасичений відеокадр - процентний вміст сегментів ключової інформації не менше 65%.

Розрахунки проводилися для лінійного розміру оброблюваних сегментів $q=8$ і $q=16$, $q=32$, структурний дозвіл кадрів, рівний $D=800 \times 600$ і

$D = 2048 \times 1536$, оцінка часу $t(\delta)_{\text{proc}}$ обробки проводилася з урахуванням залежності (4.1).



a)



б)

Рис. 4.1. Діаграма залежності величини $t(\delta)_{\text{proc}}$, від q і D :

Аналіз діаграми на рис. 4.1 показує, що:

- а) середньонасичений структурними деталями відеокадр (на 50%);
- б) високонасичений структурними деталями відеокадр (на 20%).

На рис 4.1 міняємо місцями розміри кадрів і розміри сегментів та додаємо залежність від параметра R . Тобто 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:

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

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

Розроблений метод формування ефективного синтаксичного представлення забезпечує обробку відеокадрів з різним ступенем вмісту сегментів ключової інформації в реальному часі.

Порівняльна оцінка часу затримок на обробку для різних методів синтаксичного представлення відеокадрів в залежності від процентного вмісту сегментів ключової інформації, представлена у вигляді діаграм на рис. 4.2.

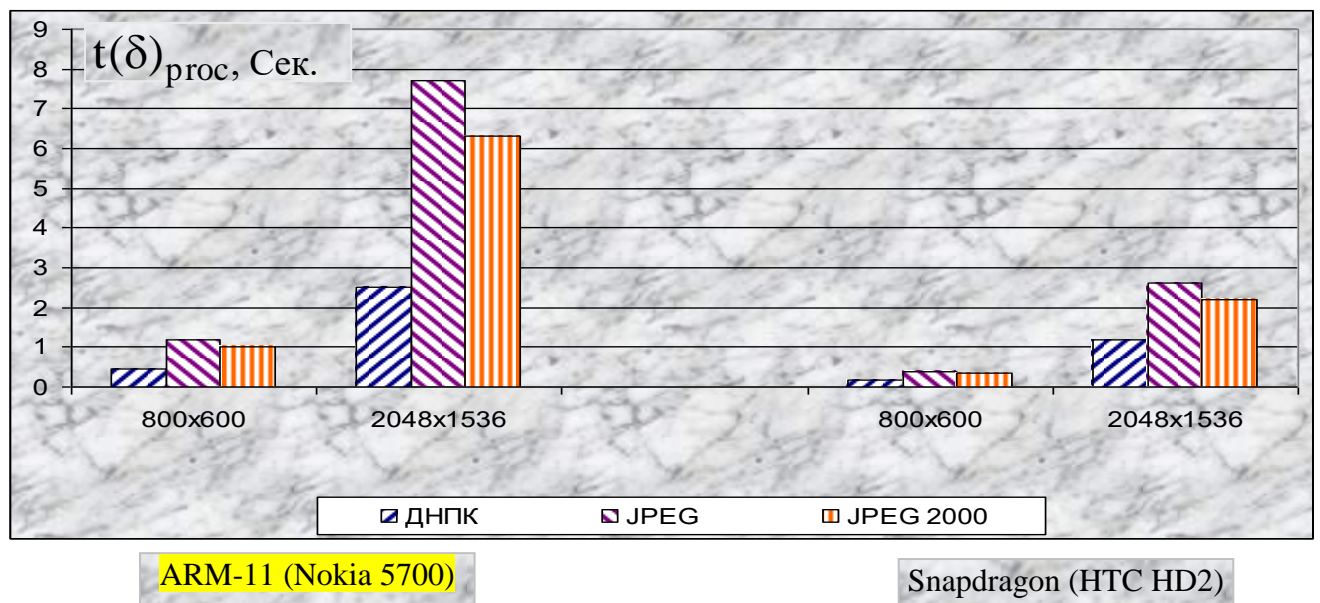


Рис. 4.2. Діаграма залежності величини $t(\delta)_{\text{proc}}$, від D

і типу обчислювальної системи

Аналіз рис. 4.2 показує, що серед порівнюваних методів синтаксичного представлення відеокадрів з використанням корекції частотних складових трансформант під психовізуальну модель зорового сприйняття найменші часові затримки відповідає розробленим методом кодування (PM). Скорочення часових затримок в залежності від процентного вмісту сегментів ключової інформації досягає від 1,5 до 3 разів. Основний вигреш тут досягається в результаті використання попередньої ідентифікації сегментів з подальшою їх диференційованою обробкою. У разі кодування базових сегментів допускається скорочення кількості оброблюваних компонент трансформант, а формування синтаксичного представлення зводиться до виділення кількості розрядів, яке автоматично оцінюється в процесі обчислення всього одного кодового значення.

4.4. Порівняльна оцінка часових затримок на доставку відеоінформації з використанням існуючих телекомунікаційних систем

Порівняльна оцінка розробленого методу ефективного синтаксичного кодування (PM) з відомими методами компресії відеокадрів здійснюється за наступними показниками [95,129,141], а саме:

-за рівнем інформаційної інтенсивності $V'(\delta)_{t\Sigma}$ із заданим рівнем δ_{nes} достовірності (за показником пікового відношення сигнал / шум);

-часових затримок $t(\delta)_{\Sigma}$ на доставку відеоінформації із заданою швидкістю S_{nes} передач в мережі.

Основними представниками методів компресійного кодування з корегованою якістю реконструкції відеокадрів є методи, реалізовані з використанням платформ JPEG і JPEG 2000.

Приклади типових відеокадрів з різним процентним вмістом сегментів ключової інформації, наведені в додатку Б.

Порівняльна оцінка методів синтаксичного представлення за рівнем інформаційної інтенсивності $V'(\delta)_{t\Sigma}$ для відеокадрів в залежності від процентного вмісту в них сегментів ключової інформації в умовах пікового відношення сигнал / шум $h \geq 35$ дБ представлені на рис. 4.3 (структурна роздільна здатність відеокадра $D=2048 \times 1536$).

З аналізу діаграм на рис. 4.3 можна зробити висновок, що для розробленого методу на основі диференційованого кодування сегментів відеокадрів з урахуванням наявності ключової інформації для пікового відношення сигнал / шум на рівні 35 дБ слідє, що ступінь k_{comp} зменшення інформаційної інтенсивності бітового потоку для розробленого методу в середньому на 20% перевершує рівень для стандартизованих платформ.

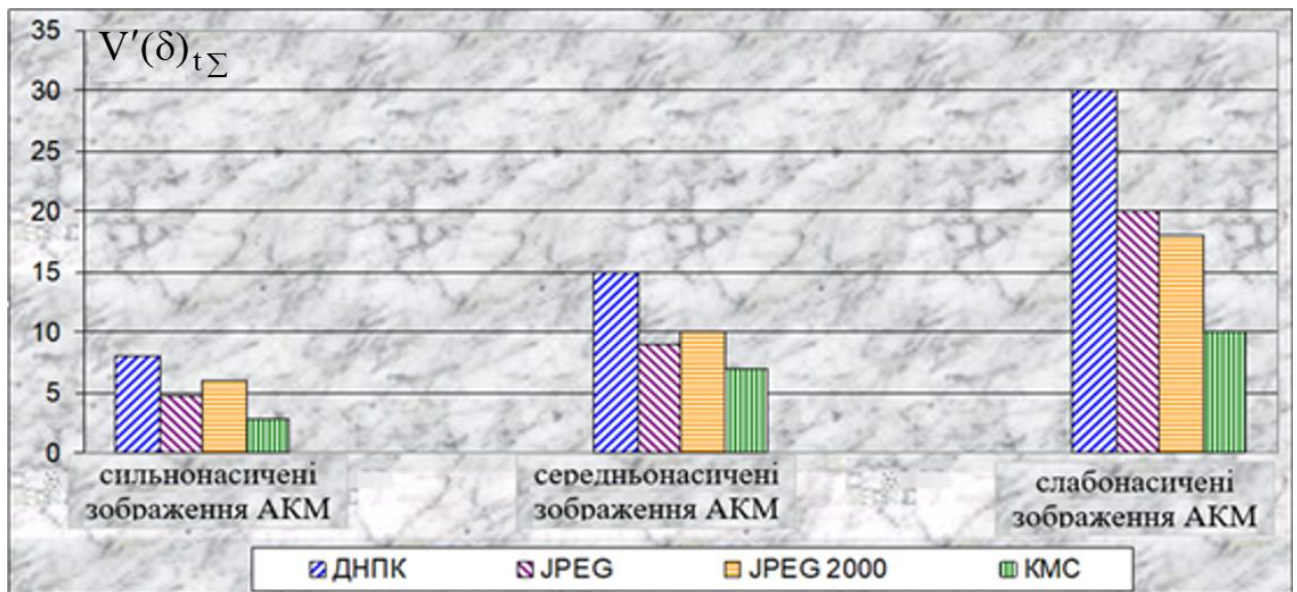


Рис. 4.3 Залежність $V'(\delta)_{t\Sigma}$ від процентного вмісту сегментів ключової інформації в умовах $h \geq 35$ дБ

Це забезпечує зниження рівня інформаційної інтенсивності для кодованого бітового потоку з використанням створеного методу (PM) 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. У цьому випадку створюються умови для перерозподілу енергетичних витрат в сторону синтаксичного представлення сегментів ключової інформації.

Якісні характеристики щодо візуальної оцінки реконструйованих відеокадрів середньонасичених сегментами ключової інформації для порівнюваних методів можна провести на основі аналізу реконструйованих зображень з ПОСШ на рівні 35дБ.

Аналіз реконструкції відеокадрів показав, що в області ключових сегментів для відеокадрів з використанням розробленого методу візуальна оцінка вище в порівнянні з аналогічними оцінками в разі використання для обробки стандартизованих технологій. Спотворення в області базових сегментів, що містять фонові області відеокадрів навпаки маскуються з урахуванням психовізуальних особливостей їх сприйняття зоровою системою. Так, що наявність спотворень в фоновій області відеокадра не чинить вплив на загальну візуальну оцінку відеокадра.

Порівняльна оцінка по часових затримок $t(\delta)_{trans}$ на передачу кодованих відеокадрів для різних методів синтаксичного представлення показані на Рис. 4.4. Вихідна інтенсивність бітового потоку в перерахунку на один відеокадр обиралася з розрахунку $V(\delta)_{t\Sigma} = 2048 \times 1536 \times 24 = 75 \text{ Мбіт}$. Режим контролю якості відтворюваних зображень відповідає рівню ПОСШ не нижче 35 дБ. Передачі даних здійснюється по каналах зв'язку зі швидкістю, що дорівнює $S_{trans} = 2,048 \text{ Мбіт / с}$.

Аналіз діаграм, наведених на Рис. 4.4 дозволяє зробити наступні висновки:

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

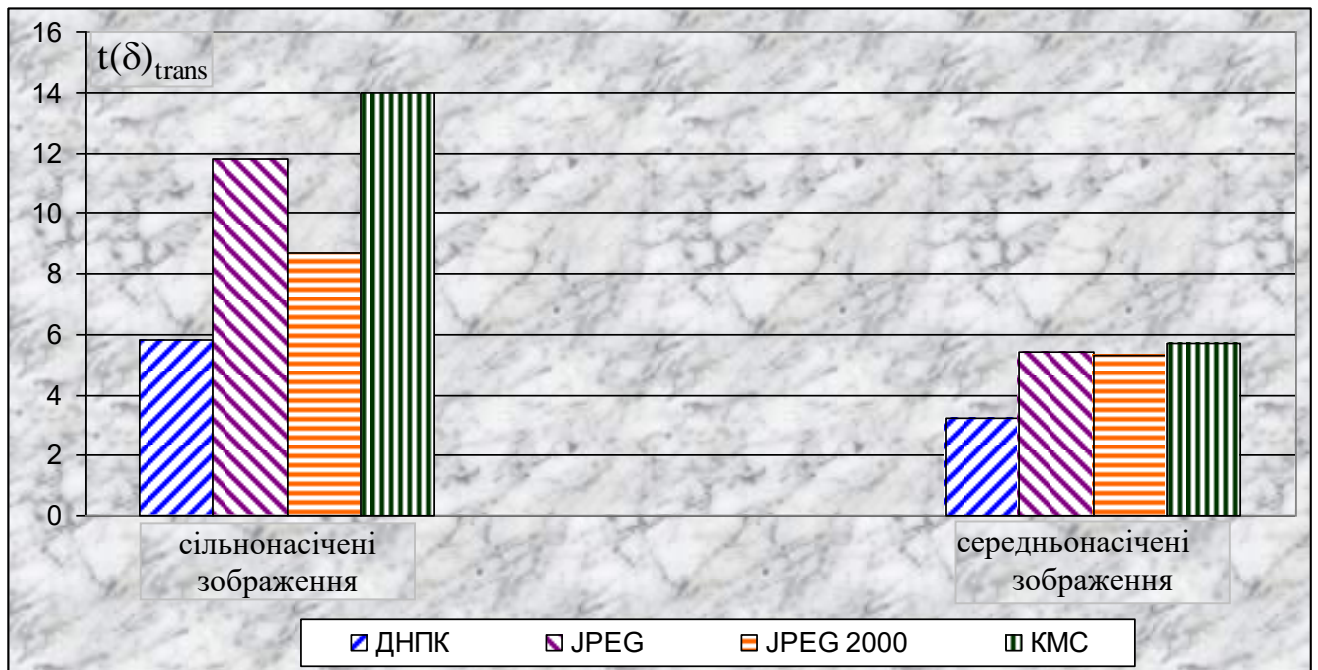


Рис. 4.4 Діаграми залежності величини $t(\delta)_{trans}$ від процентного вмісту сегментів ключової інформації для різних методів обробки відеокадрів

Висновки за четвертим розділом

1. 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 слабонасичених сегментів ключовою інформацією;

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

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

3. Серед порівнюваних методів синтаксичного представлення відеокадрів з використанням корекції частотних складових трансформант під психовізуальну

модель зорового сприйняття найменші часові затримки відповідає розробленим методом кодування (PM). Скорочення часових затримок в залежності від процентного вмісту сегментів ключової інформації досягає від 1,5 до 3 разів.

4. Порівняльна оцінка методів синтаксичного представлення 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 створеного методу (PM) в порівнянні з рівнем інформаційної інтенсивності, забезпечується для стандартизованих технологій, від 15 до 35% в залежності від процентного вмісту сегментів ключової інформації..

5. 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 пропускних здатностей на рівні $S_{trans} = 2,048$ Мбіт / с для різних методів синтаксичного представлення 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 передачі інформації в режимі реального часу (на рівні 1 с.);

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

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання щодо зниження сумарних часових затримок на доставку інформації в телекомунікаційних системах с заданною якістю відеосервіса за рахунок зменшення інформаційної інтенсивності відеоданих на основі розробленого методу ефективного кодування відеокадрів і підвищення продуктивності телекомунікаційних систем..

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 слідує, що передача відеоданих в реальному часі, можлива тільки в режимі суттєвого погіршення якості зображення, 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.

В роботі сформульована стратегія розвитку технологій ефективного синтаксичного кодування (компресійного кодування), з інтеграцією їх в телекомунікаційні 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 розроблені методи ефективного синтаксичного кодування, що дозволять 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. 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. В ході досліджень:

- обґрунтовано, що для забезпечення збереження необхідного рівня достовірності інформації в ключових складових відеокадра з одного боку та додаткового зниження інформаційної інтенсивності бітового потоку, що формується базовими (фоновими) складовими відеокадра 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. 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;

- створено 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. Рівень семантичної складності визначають встановлені порогові значення. Залежно від них відбувається більш точне виділення значущих областей відеозображення. Таким чином об'єкти які мають важливість у відомчих відеоінформаційних системах, будуть більш точніше локалізовані на відеокадрі;

- обґрунтовано вибір підходу для формування ядра технологічної концепції диференційованої обробки сегментів відеокадра з урахуванням наявності ключової інформації. Тут пропонується використовувати трансформацію зображень на основі ортогональних перетворень і переведення оброблюваних даних в диференціальний простір з наступним кодуванням за рахунок виявлення нових структурних закономірностей і додаткового усунення надмірності. 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;

- 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.

Як і стовпчикова схема обробки і побудови синтаксичного опису двовимірної структури СОТ забезпечує зниження інтенсивності бітового потоку з урахуванням особливостей ключових сегментів щодо збереження достовірності інформації в умовах високих значень потужності алфавіту.

- розроблено метод синтаксичного представлення базових сегментів, які несуть інформацію про фонові складові відеокадрів. Ефективне синтаксичне кодування базових сегментів, що містять фонову інформацію відеокадра, здійснюється на основі формування кодового значення двовимірної трансформанти, що розглядається як зважене двовимірне позиційне число з урахуванням корекції частотних складових і подальшого кодоутворення з використанням системи основ.

Розроблений підхід щодо синтаксичного представлення двовимірної трансформанти забезпечує зниження інтенсивності бітового потоку з

урахуванням особливостей базових сегментів щодо можливості додаткового підвищення кількості усуненої психовізуальної надмірності.

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, організовується на основі псевдовипадкової зміни параметрів коду в процесі передачі інформаційних повідомлень по заданому закону, передбачення якого ускладнено. Це дозволяє зберегти необхідний рівень достовірності значущої інформації відеокадра.

3. Вперше розроблено метод ефективного синтаксичного кодування відеокадрів на основі їх трансформації. Відмінними характеристиками методу є те, що: проводиться диференційована обробка фрагментів відеокадра 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 організовується на основі адаптивного статистичного кодування в залежності від рівня внесених корекцій під психовізуальне сприйняття відеокадра. Це забезпечує зниження інформаційної інтенсивності відеоінформації та підвищення продуктивності телекомунікаційних систем в умовах необхідного рівня достовірності інформації.

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 представлення 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 представлення відеокадрів з використанням корекції частотних складових трансформант під психовізуальну модель зорового сприйняття найменші часові затримки відповідає розробленим методом кодування (PM). Скорочення часових затримок в залежності від процентного вмісту сегментів ключової інформації досягає від 1,5 до 3 разів.

7. Порівняльна оцінка методів синтаксичного представлення 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 створеного методу (PM) 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 пропускних здатностей на рівні $S_{trans} = 2,048$ Мбіт / с для різних методів синтаксичного представлення 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 передачі інформації в режимі реального часу (на рівні 1 с.);

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

Достовірність результатів стосовно характеристик часу доведення та достовірності відеоінформації підтверджується:

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

- коректністю використання математичного апарату.

Результати дисертаційної роботи доцільно використовувати:

- при підтримці необхідних умов для оперативності доведення та достовірності інформації в телекомунікаційних системах;

- при проведенні конструкторських і науково - дослідницьких робіт із створення нових технічних і програмних засобів з обробки відеоінформації аеромоніторингу;

-при вивченні навчальних дисциплін з телекомунікаційних систем і мереж, теорії кодування і цифрової обробки зображень для підготовки фахівців вищих навчальних закладів України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аерокосмічна розвідка в локальних війнах сучасності: досвід, проблемні питання і тенденції: монографія / Л. М. Артюшин та ін.; Нац. акад. обор. України, Житом. військ. ін-т радіол. імені С. П.Корольова: Київ, 2002. 208 с.
2. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов: практический подход. 2-е изд., пер. с англ. Москва: Издательский дом "Вильямс", 2004. 992 с.
3. Анисимов Б. В., Курганов В. Д. Распознавание и цифровая обработка изображений: учебн. пособ. Москва: Высшая школа, 1983. 295 с.
4. Арюшенко В. М., Шелухин О. И., Афонин М. Ю. Цифровое сжатие видеоинформации и звука: учебн. пособ / под ред. В. М. Арюшенко. Москва, 2003. 426 с.
5. Аудиовизуальные системы связи и вещания: новые технологии третьего тысячелетия, задачи и проблемы внедрения в Украине / О. В. Гофайзен, А. И. Ляхов и др. Труды Украинского научно-исследовательского института радио и телевидения. Одесса, 2000. №23. С. 3-40.
6. Ахмед Н., Рао К. Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов: книга / Пер. с англ. под ред. И. Б. Фоменко. Москва: Связь, 1980. 248 с.
7. Багатоканальний електров'язок та телекомунікаційні технології: підручник у 2-х частинах / за заг. ред. проф. Поповського В. В. Ч.2, Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2010. 482 с.
8. 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.
9. Баранник В.В., Окадной Д.Е., Леках А.А., Медведев Д.О. Сравнительная характеристика CDMA систем и систем с неравномерным распределением весовых коэффициентов. Вычисление выигрыша в объеме // Радиоэлектроника и информатика. – 2017. - №2. – 20 – 26.

10. Баранник В.В. Технология балансированной обработки динамического видеоресурса для снижения информационной интенсивности в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, Д.А. Тарасенко, Д.В. Баранник, Д.О. Медведев // *Безпека інформації*. – 2017. - №3. – С. 163 – 170.

11. Баранник В.В. Технологія обробки передбачених кадрів відеопотоку для бортових інформаційних технологій / В.В. Баранник, Д.А. Тарасенко, Д.О. Медведев, ВВ Хіменко // *Наукоємні технології*. – 2017. - №4(36). – С. 276 – 282.

12. Баранник В.В. Технология снижения информационной интенсивности сильно информативных сегментов аэрофотоснимка / В.В. Баранник, А.А. Красноруцкий, А.В. Хаханова, Д.О. Медведев, В.В. Хименко // *Безпека інформації*. – 2018. - №1. – С. 7 – 12.

13. . Баранник В.В. Кодирование ресурсного блока lte – технологии с помощью систем с неравномерными весовыми коэффициентами / В.В. Баранник, Д.Е. Окладный, В.В. Хименко, Н.В. Баранник, Д.О. Медведев // VI Міжнародна науково-практична конференція I Міжнародний симпозиум [“Практичне застосування нелінійних динамічних систем в інфокомунікаціях”], (Чернівці 9 – 11 листопада 2017 р.) / Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, 2017. – С. 44-46.

14. Баранник В.В. Кодирование ресурсных блоков применением метода неравновесного кодообразования / В.В. Баранник, Д.Е. Окладной, О.Н. Стеценко, Н.В. Баранник, Д.О. Медведев // Четверта міжнародна науково-технічна конференція [“Інформатика, управління та штучний інтелект”], (Харків, 21 - 23 листопада 2017 р.) Національний технічний університет «ХПІ», Харків, 2017.– С.13.

15. . Баранник В.В. Метод визначення ефективних параметрів стиснення відеопотоку з використанням побітової передачі трансформант / В. Баранник, В. Твердохліб, Д. Медведев // V Міжнародна науково-технічна конференція

["Захист інформації і безпека інформаційних систем"] / Національний університет "Львівська політехніка", 02 - 03 червня 2016 р. С. 23 – 25.

16. Баранник Д.В. Обоснование подхода для формирования квантованного описания трансформанты сегмента аэрофотоснимка / Д.В. Баранник, С.Ю. Стасев, Д.О. Медведев // АСУ и приборы автоматики. – 2015. - №173. – С. 63–67.

17. Баранник В. В., Поляков В. П., Слободянюк А. В. Кодирование трехмерных моделей видеокадров в инфотелекоммуникационных системах: монография / под ред. В. В. Баранника. Каменец-Подольский, 2011. 210 с. 144

18. Баранник В. В., Стасев Ю. В. Структурно-комбинаторное представление данных в автоматизированных системах управления: монография / под ред. В. В. Баранника; Харьков. ун-т. Возд. Сил. Харьков, 2009. 252 с.

19. Баранник В. В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах: монография; Харьков. ун-т. Возд. Сил. Харьков, 2010. 212 с.

20. Баранник В. В., Кулица О. С. Метод повышения доступности видеоинформации аэромониторинга. Радиоэлектронные компьютерные системы. 2013. №3. С. 17-20.

21. Баранник В. В., Стасев С. Ю., Мусиенко А. П. Методология оценки задержки на обработку базовых кадров видеопотока для инфокоммуникационных технологий. Радиоэлектроника и информатика. 2014. № 4. С. 15-20.

22. Баранник В. В., Харченко Н. А., Стасев С. Ю. Стратегия управления битовой скоростью при обработке предсказываемых кадров для повышения доступности и целостности информационных ресурсов. Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. 2014. № 169. С. 31-38.

23. Баранник В. В., Красноручкий А. А., Стасев С. Ю. Концепция формирования стратегии нормирования с учетом структурной насыщенности аэрофотоснимков. АСУ и приборы автоматики. 2015. №172. С. 13-17.

24. Баранник Д. В., Стасев С. Ю., Медведев Д. О. Обоснование подхода для формирования квантованного описания трансформанты сегмента

аэрофотоснимка. АСУ и приборы автоматики. 2015. N173. С. 63-67.

25. Баранник В. В. Мусиенко А. П., Стасев С. Ю. Создание классификации семантической насыщенности блоков изображения в системе аэромониторинга. Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте: материалы 28-й Междун. науч.-практ. конф., (Харьков, 24-25 сент. 2015 г.). Харьков: Укр. ун-т железнод. трансп., 2015. С. 28-30.

26. Баранник В. В., Рябуха Ю. Н. Концептуальный метод повышения безопасности дистанционного видеoinформационного ресурса в системе аэромониторинга кризисных ситуаций на основе интеллектуальной обработки видеокладов. Радиоэлектронные компьютерные системы. 2015. №2 3. С. 82-89.

27. Медведев Д.О., Ширяев А.В. Оцінка вразливості телекомунікаційних систем та мереж від кібератак. Наукоемкие технологии в инфокоммуникациях: обработка информации, кибербезопасность, информационная борьба: коллективная монография. Під заг. ред. В.В. Бараннік, В.М. Безрук. - Харьков: Вид. "Лідер". – 2017. – С. 483 – 489.

28. Медведев Д.О., Баранник В.В., Сорокун А.Д., Стеценко О.Н., Додух А.Н. Создание метода синтаксического представления сегментов видеокладов с учетом наличия ключевой информации. Наукоемні технології в інфокомунікаціях: коллективная монография . Під заг. ред. В.В. Бараннік, В.М. Безрук. - Харьков: Вид. "Лідер". – 2018. – С. 188 – 198

29. Баранник В. В., Красноручький А. О., Стасев С. Ю., Медведев Д. О. Технологія маскування в процесі виділення семантичної складової зображень. Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах: матеріали V-ї Міжнар. наук.-практ.конф., (Чернівці, 3-5 листоп. 2016 р.), Чернівці: Чернів. нац. ун-т імені Юрія Федьковича, 2016. С. 45-48.

30. Баранник В. В., Стасев С. Ю., Подлесный С. А., Шульгин С. С. Метод сокращения избыточности трансформанты аэрофотоснимка в маскированном пространстве. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2016.

№5. С. 3-8.

31. Баранник В. В., Окладной Д. Е., Стасев С. Ю., Медведев Д. О. Метод кодового разделения каналов связи, в современных системах широкополосной связи, на основе систем с неравномерными весовыми коэффициентами. *ABIA-2017: матеріали XIII-ї Міжнар. наук.-техн. конф.*, (Київ, 19-21 квіт. 2017 р.), Київ: Нац. авіа. ун-т, 2017. С. 45-48.

32. Біла книга - 2015. Збройні Сили України: щорічник / Міністерство оборони України. Київ: Військо України, 2016. 103 с.

33. Білинський Й. Й. Класифікація методів крайового детектування зображень. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2007. № 1. С. 161-169.

34. Білинський Й. Й. Методи обробки зображень в комп'ютеризованих оптико-електронних системах: монографія. Вінниця, 2010. 272 с.

35. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории: учебн. пособ. Москва, 2004. 280 с.

36. Кузнецов О.О. Теоретико – кодові схеми з поліпшеними характеристиками/ О.О. Кузнецов, Р.В. Корольов, Д.О. Медведев // Системи озброєння і військова техніка, ХУПС – 2007. - №3, с.116-118.

37. Близоруков М. Г. Количественные методы анализа многомерных величин: учебн.-метод. пособ. Екатеринбург, 2009. 124 с.

38. Бондарев В. Н., Трестер Г, Чернега В. С. Цифровая обработка сигналов. Методы и средства: учебное пособие для вузов. 2-е изд.; Харків: Конус, 2001. 398 с.

39. Будников В. Ю., Пономарев Б. А. Технологии обеспечения качества обслуживания в мультисервисных сетях. *Вестник связи*. 2000. №9. С. 34-45.

40. Букрина Е. В. Сети связи и системы коммутации: учебн. пособ. Екатеринбург, 2007. 186 с.

41. Буров Є., Пасічник В. Комп'ютерні мережі: підручник / ред. Пасічник В. 2-ге вид., оновл. і доп. Львів: Бак, 2003. 584 с.

42. Быков Р. Е. Цифровое преобразование изображений: учеб. пособие для вузов. Москва, 2003. 228 с.

43. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений / Т. С. Хуанг, Дж. О. Эклунд, Г. Дж. Нуссбаумер и др.; под ред. Т. С. Хуанга; пер. с англ. Москва: Радио и связь, 1984. 224 с.

44. Введение в контурный анализ: приложения к обработке изображений и сигналов: учебник / Я. А. Фурман и др.; под ред. Я. А. Фурмана. 2-е изд. испр. Москва: Физматлит, 2003. 592 с.

45. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учебн. пособ. Москва, 1988. 480 с.

46. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания: учебник. Москва: КомКнига, 2005. 400 с.

47. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа. Том 2 (3-е издание): учебник для ВУЗов. Санкт-Петербург: БХВ, 2005. 288 с.

48. Гольдштейн Б. С. Сети связи: учебн. для ВУЗов. Санкт-Петербург: БВХ, 2010. 400 с.

49. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений: монография. Москва, 2005. 1073 с.

50. Горбулін В. П., Биченок М. М., Копка П. М. Актуальні проблеми системного забезпечення інформаційної безпеки України. Форми та методи забезпечення інформаційної безпеки держави: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Київ: Нац. акад. СБ України, 2008. С. 79-85.

51. Гранрат Д. Дж. Роль моделей зрения человека в обработке изображений. Труды института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике. 1981. Т69. №5. С.65-77.

52. Гургенидзе А. Т. Корше В. И. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа: учебник. Санкт-Петербург, 2003. 434 с.

53. Золотарев В. В. Реальный энергетический выигрыш кодирования для спутниковых каналов. Спутниковая связь - ICSC-2000: труды IV междунар. конф.

Москва, 2000. Т. 2. С. 20-25.

54. Даник Ю. Г. Моніторинг об'єктів в умовах апіорної невизначеності джерел інформації: монографія / Ю. Я. Бобало та ін. Львів, 2015. 360 с.

55. Даник Ю. Г., Комарова Л. О., Яковлев М. Ю., Метала І. В. Формування методологічних основ створення оперативного-тактичних та тактичних безпілотних авіаційних комплексів Сухопутних Військ. Збірник наукових праць Житомирського військового інституту імені С.П. Корольова Національного авіаційного університету, 2013. №26. С. 13-20.

56. Засядько А. А. К анализу эффективности алгоритмов и программ быстрых ортогональных дискретных преобразований. Электронное моделирование. 1998. №26. С. 109-111.

57. Ивановский А. А., Моисеев В. Л., Ребрин Ю. К. Справочник по дешифрированию сложных военных объектов. Киев, 1989. 170 с.

58. Карпович И. Н. Военное дешифрирование аэроснимков: учебник Москва, 1990. 544 с.

59. Кашкин В. Б. Цифровая обработка аэрокосмических изображений: консп. лекц. Красноярск, 2008. 121 с.

60. Климов А. С. Форматы графических файлов: книга. Санкт-Петербург: ДиаСофт, 1995. 385 с.

61. Королева Н. А., Юдин А. К., Школьник А. Ю. Обоснование двухкомпонентного подхода сжатия видеоданных в информационно-телекоммуникационных системах. Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. 2012. № 3. С. 27-30.

62. Кравченко В. Ф., Рвачев В. А. Wavelet-системы и их применение в обработке сигналов. Зарубежная радиоэлектроника. 1996. №4. С. 3-20.

63. Красильников Н. Н. Мультимедиа-технологии в информационных системах. Методы сжатия и форматы записи графической информации: учебное пособие. Санкт-Петербург, 2004. 68 с.

64. Красильников Н. Н. Цифровая обработка изображений. Учебник

Москва, 2011. 320 с.

65. Красноруцкий А. А., Яценко С. Я. Метод арифметического классификационного кодирования трансформант Уолша. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. 2006. Вып. 31. С. 138-141.

66. Крук Б. И., Попантонопул В. Н., Шувалов В. П. Телекоммуникационные системы и сети. Том 1: учебник. Москва, 2003. 647 с.

67. Крылов В. В., Самохвалова С. С. Теория телетрафика и ее приложения: учебное пособие. Санкт-Петербург: БХВ, 2005. 288 с.

68. Кулица О. С., Думанский М. В. Обоснование требований относительно целостности видеоинформации воздушного мониторинга чрезвычайных ситуаций. Сучасна спеціальна техніка. 2012. №4. С. 88-91.

69. Кутовой О. П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів. Наука і оборона. 2000. № 4. С. 39-47.

70. Лабутина И. А. Дешифрование аэрокосмических снимков: учебное пособие. Москва, 2004. 184 с.

71. Малогабаритные беспилотные авиационные комплексы (Mini UVS): монография / под ред. В. Г. Башинского и др. Запорожье, 2014. 158 с.

72. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем: навчальний посібник / В. В. Поповський, С. О. Сабурова, В. Ф. Олійник, Ю. І. Лосєв, Д. В. Агєєв та ін.; за загал. ред. В. В. Поповського. Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. - 564 с.

73. Медведєв Д.О. Методи підвищення цілісності інформації в телекомунікаційних системах / Д.О. Медведєв, С.А. Підлісний, В.М. Більчук, Б.О. Піддубний // Системи обробки інформації. – 2017. – №3(149). – С. 57 – 60.

74. Медведєв Д.О. Технологическая концепция дифференцированной обработки сегментов видеокadra с учетом наличия ключевой информации // Радиоэлектроника и информатика, № 2, 2018, с. 17-21.

75. Медведєв Д.О. Напрямок модернізації методів зниження інформаційної

інтенсивності реалістичного зображення / Д.О. Медведєв, А.О. Красноруцький, В.В. Бараннік, Б.О. Городецький //Дев'ятої міжнародної науково-технічної конференції "Проблеми інформатизації", Київ, 13 - 15 грудня 2017 г. / Державний університет телекомунікацій, Київ, 2017. – С. 49.

76. Medvedev D. Multilevel Selective Data Processing Method of Frames with Different Information Comparison for Mobile Sensor Networks / Denis Medvedev, Dmytro Havrylov, Oksana Stetsenko, Vadym Fustii , Pavlo Gurzhiy // XVIth International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET'2018 ", Lviv-Slavske, Ukraine, February 23 – 25, 2018 / Lviv-Slavske: 2018. – P. 431.

77. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео: учебн.-справ. изд / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. Москва: "Диалог - МИФИ", 2003. 384 с.

78. 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: АТН, 2018. P.185-194.

79. Миано Дж. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии: учебное пособие / Дж. Миано; пер. с англ. Москва 2003. 336 с.

80. Мосов С. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития: монографія. Киев, 2008. 160 с.

81. Наукоемкие технологии в инфокоммуникациях: обработка информации, кибербезопасность, информационная борьба: коллективная монографія / В. В. Баранник и др. Харьков, 2017. 600 с.

82. Николаев Ф. А., Фолин В. И., Николаев Ф. А., Хохлачев Л. М. Проблемы повышения достоверности в информационных системах: книга. Ленинград: Энергоатомиздат, 1982. 138с.

83. Обработка изображений и цифровая фильтрация: учебник / под ред. Т. С. Хуанга. Москва: Мир, 1979. 318 с
84. Олег Татарников. Методы сжатия цифрового видео. Компьютер Пресс. 2004. № 08.
- 85 Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 3-е изд. Санкт-Петербург: Питер, 2006. 958 с.
86. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработка изображений: книга. Москва: Радио и связь, 1986. 400 с.
87. Поляков П. Ф., Баранник В. В., Яковенко А. В. Метод восстановления изображений с контролируемой погрешностью. Системи управління, навігації та зв'язку. 2008. № 4. С. 44-47.
88. Поповський В. В. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем: підручник для студ. вищих навч. закладів, які навч. за напрямом "Телекомунікації" / В. В. Поповський, С. О. Сабурова, В. Ф. Олійник та ін.; за загал. ред. В. В. Поповського. Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. 564 с.
89. Прокис Дж. Цифровая связь: книга. / Пер. с англ.; под ред. Д.Д. Кловского. Москва: Радио и связь, 2000. 800 с.
90. Пролетарский А. В., Баскаков И. В., Чирков Д. Н. Беспроводные сети Wi-Fi: учебное пособие. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 178 с.
91. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: книга в 2 т. / Пер. с англ; Москва: Мир, 1985. 736 с.
92. Ребрин Ю. К. Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов: ученик для ВУЗов. Киев: Типография Киевского ВВААИУ, 1988. 500 с.
93. Романов А. И. Основы теории телекоммуникационных сетей: учебное пособие для ВУЗов. Киев, 2002. 152 с.
94. Рошан П., Лиэри Д. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11: учебное пособие / Пер. с англ.; Москва: Издательский дом "Вильямс", 2004. 304 с.

95. Рябуха Ю. Н., Ларин В. В., Стасев С. Ю., Харченко Н. А. Метод нахождения границ объектов в цифровых изображениях. Проблемы информатики та моделювання: матеріали 15-ї Міжн. наук.-техн. конф., (Харків-Одеса, 14-18 верес. 2015 р.). Харків: Нац. техн. ун-т "ХПІ", 2015. С. 56.

96. Семенов Ю. А. Телекоммуникационные технологии DOC: учебное пособие. Москва: Радио и связь, 2004. 600 с.

97. Stasev S.Yu. Method of processing videoframes for aircraft telecommunication equipment // Radioelectronics & informatics. - 2016. - №4. - pp. 11-14.

98. Стасев Ю. В., Медведєв Д. О., Грабенко Д. О., Жуйков Д. В. Метод формування псевдовипадкових послідовностей з поліпшеними автокореляційними властивостями // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил – 2017. - № 4(53). – 115 – 118.

99. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука: учебное пособие. Москва: Техносфера, 2004. 368 с.

100. Толубко В. Б., Беркман Л. Н., Комарова Л. О., Похабова І. Е. Метод забезпечення вірогідності передавання інформації системи управління в критичному режимі. *Зв'язок*. 2014. №21(107). С. 3-7.

101 Тропченко А. Ю. Тропченко А. А. Методы сжатия изображений, аудиосигналов и видео: учебное пособие. Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2009. 108 с.

102. Фисенко В. Т., Фисенко Т. Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учебное пособие. Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2008. 192 с.

103. Цифровая обработка изображений в информационных системах: учебное пособие / И. С. Грузман и др. Новосибирск, 2002. 352 с.

104. Чемпен Н., Чемпен Д. Цифровые технологии мультимедиа: учебник. Москва: Вильямс, 2006. 624 с.

105. Шевчук Б. М., Задірака В. К., Гнатів Л. О., Фрасер С. В. Технологія

багатофункціональної обробки і передачі інформації в моніторингових мережах. Наукове видання: Наук. думка, Київ. 2010. - 370 с.

106. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике: ученик. Москва: изд. иностр. лит., 1963. 793 с.

107. Шинкарьов В. В. Метод підвищення оперативності доведення видових зображень для бортових телекомунікаційних комплексів аерокосмічного моніторингу: автореф. дис. ... к-та. техн. наук: 05.12.13 / Нац. аерокосм. ун-т. ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут". Харків, 2013. 20 с.

108. Шульгин С., Тарнополов Р., Стасев С. Технологія визначення значимого сегменту відеокадру. Захист інформації і безпека інформаційних систем: матеріали V-ї Міжн. наук.-техн. конф., (02-03 червн. 2016 р.), Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка", 2016. С. 23-25.

109. Abramov S. K., Lukin V. V., Abramov S. K., Zelensky A. A. Multiplicative Noise Variance Evaluation in MM-band Radar Images Using Myriad Estimation. Physics and Engineering of Millimeter and Sub-Millimeter Waves: Proceeding of the Fourth International Kharkov Symposium, June 2001. - Kharkov, Ukraine, 2001. Vol. 1. P. 429-431.

110. Akimov D., Shestov A., Voronov A., Vatolin D. Occlusion Refinement for Stereo Video Using Optical Flo. International Conference on 3D Imaging. 2012. P. 115-138.

111. Bai X., Wang J. Towards temporally-coherent video matting. Proceedings of the 5th international conference on Computer vision/computer graphics collaboration techniques. MIRAGE'11, Springer-Verlag. 2011. P. 63-74.

112. Barannik V. V., Podlesny S. A., Stasev S. Yu. The Method Of Controlling The Rationing Component Of Transformants Based On The Structural Richness Of Aerial Photographs Fragments. Science-based technologies. №3 (31). 2015. P. 261-264.

113. Barannik V., Sidchenko S., Tupitsya I., Stasev S. Synthesis of Combined Cryptocompressed Systems for Providing Safety Video Information in

Infocommunications. *IEEE East-West Design & Test. Intern. Sympos.*, (Batumi, Georgia, September 26-29, 2015), Batumi: 2015. P. 421-423.

114. Barannik V. V., Tverdokhlebo V. V., Stasev S. Yu. Improved method of dynamic bit rate control of video stream. *Advanced Information and Communication Technologies-2015 (AICT'2015): 2015 1st International Conference*, (Lviv, Ukraine, October 29-November 1, 2015), Lviv: 2015. P. 138-140.

115. Christophe E., Lager D., Mailhes C. Quality criteria benchmark for hyperspectral imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Sept 2005. Vol. 43. No 9. P. 2103-2114.

116. Ding Z., Chen H., Gao Y., Peng Q. GPU accelerated interactive space-time video matting. In *Computer Graphics International*. 2010. P. 163-168.

117. Everett H. Generalized lagrange multiplier method for solving problems of optimum allocation of resources. *Operations Res.* v2. 1963. P. 399-417.

118. Gonzales R. C., Woods R. E. *Digital image processing*. Prentice Inc. Upper Saddle River. New Jersey, 2002. 779 p.

119. Gopinath R. A., Burrus C. S. On cosine-modulated wavelet orthogonal bases. *IEEE Trans. Image Proc.* 1995. V. 4. № 2. P. 162-177.

120. Kaarna A., Parkkinen J. Blockwise Distortion Measure for Lossy Compression of Multispectral Image. *Proceeding of the 10-th European Signal Processing Conference*, 5-8 September 2000. Tampere, Finland, 2000. P. 2197-2200.

121. Kang H. R. *Color Technology for Electronic Imaging Devices*. The International Society for Optical Engineering. Vol. PM28. Bellingham:WA, 1997.

122. Kossentini F., Chung W. C., Smith M. Subband image coding using entropy-constrained residual vector quantization. *Information Processing and Management*. 1994. V.30. №6. P. 887-896.

123. Lee S. Y., Yoon J. C. Temporally coherent video matting. *Graphical Models* 72. 2010. P. 25-33.

124. Lezama J., Alahari K., Sivic J., Laptev I. Track to the future: Spatio-temporal video segmentation with long-range motion cues. *Proceedings of the IEEE*

Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2011. P. 256-289.

125. Grundmann M., Kwatra V., Han M., Essa I. Efficient hierarchical graph based video segmentation. IEEE CVPR. 2010. P. 85-91.

126. Machalin I. A., Gabrousenko Ye., Taranenko I. Model of Unmanned Aerial Systems Ground Control Coverage Area. Electronics and Control Systems. №3(45). 2015. P.43-48.

127. Miano J. Compressed image file formats: JPEG, PNG, GIF, XBM, BMP / by John Miano. 1999. 264 p.

128. Milyaev S., Barinova O., Novikova T., Lempitsky V. Binarization for end-to-end text understanding in natural images. ICDAR. 2013. P. 35-42.

129. NATO STANAG 4671:2009. Unmanned Aerial Vehicles Systems Airworthiness Requirements (Edition 1), 2009. 214 p.

130. NATO STANAG 7023:2009. Unclassified (releasable for internet transmission) (Edition 2) Ratification Draft, 2009. 180 p.

131. NATO STANAG 4586:2012. Standard Interfaces Of Uav Control System For Nato Uav Interoperability (Edition 2), 2012. 508 p.

132. NATO STANAG 4545:2013. Secondary Imagery Format (Edition 2) Implementation Guide, 2013. 189 p.

133. NATO STANAG 4676:2014. NATO Intelligence, surveillance and reconnaissance tracking standard (Edition A Version 1), 2014. 147 p.

134. Barinova O., Lempitsky V., Kholi P. On detection of multiple object instances using hough transforms, Pattern Analysis and Machine Intelligence. IEEE Trans, 2012. P. 177-184.

135. Ponomarenko N., Lukin V., Egiazarian K., Astola J. Partition Schemes in DCT Based Image Compression. Technical Report 3-2002. Tampere University of Technology: Finland, 2002. 100 p.

136. Pratt W. K., Chen W. H., Welch L. R. Slant transform image coding. Proc. Computer Processing in communications. New York: Polytechnic Press, 1969. P. 63-84.

137. Sindeev M., Konushin A., Rother C. Alpha-flow for video matting. Technical Report. 2012. P. 41-46.
138. Tan K. H., Ghanbari M. Layered image coding using the DCT pyramid. IEEE Trans. Image Proc. 1995. V. 4. №2 4. P. 512-516.
139. Wallace G. K. The JPEG Still Picture Compression Standard. Communication in ACM. 1991. V34. №4. P. 31-34.
140. Wallace G.K. Overview of the JPEG (ISO/CCITT) Still image compression: image processing algorithms and techniques. Processing of the SPIE. 1990. Vol. 1244. P. 220-233.
141. Wes Simpson. Howard Greenfield. IPTV and Internet Video: New Markets in Television Broadcasting. Oxford OX2 8DP, UK 2007. P. 263.

Додаток А

Список публікації здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації:

1. Медведев Д.О., Ширяев А.В. Оцінка вразливості телекомунікаційних систем та мереж від кібератак. *Наукоемкие технологии в инфокоммуникациях: обработка информации, кибербезопасность, информационная борьба: коллективная монография*. Під заг. ред. В.В. Баранник, В.М. Безрук. Харьков: Вид. “Лідер”. 2017. – С. 483 – 489.

2. Медведев Д.О., Баранник В.В., Сорокун А.Д., Стеценко О.Н., Додух А.Н. Создание метода синтаксического представления сегментов видеокладов с учетом наличия ключевой информации. *Наукоемні технології в інфокомунікаціях: коллективная монография*. Під заг. ред. В.В. Баранник, В.М. Безрук. Харьков: Вид. “Лідер”. 2018. С. 188 – 198.

3. Баранник Д.В., Стасев С.Ю., Медведев Д.О. Обоснование подхода для формирования квантованного описания трансформанты сегмента аэрофотоснимка. *АСУ и приборы автоматизи.* 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., Медведев 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., Медведев Д.О. Технология балансированной обработки динамического видеоресурса для снижения информационной интенсивности в инфокоммуникационных системах. *Безпека інформації*. 2017. №3. С. 163 – 170.

7. Медведев 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., Медведев Д.О., Хіменко В.В. Технология обработки передбачених кадрів відеопотоку для бортових інформаційних технологій. *Наукоемні технології*. 2017. №4(36). С. 276 – 282.

9. Медведев Д.О., Ю.В. Стасев Ю.В., Грабенко Д.О., Д.В. Жуйков Д.В. Метод формування псевдовипадкових послідовностей з поліпшеними автокореляційними можливостями. *Збірник наукових праць ХНУ ІС*. 2017. Вип 4(53). С. 115 – 118.

10. Медведев Д.О. Технологическая концепция дифференцированной обработки сегментов видеоклада с учетом наличия ключевой информации.

Радиоелектроника и інформатика. № 2, 2018, С. 17-21.

11. Баранник В.В., Красноруцький А.А., Хаханова А.В., Медведєв Д.О., Хименко В.В. Технологія зниження інформаційної інтенсивності сильно інформативних сегментів аерофотоснимка. *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.

Відомості про апробацію результатів дисертації:

1. 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.

2. Баранник В.В., Красноруцький А.О., Стасєв С.Ю., Медведєв Д.О. Технологія маскуванн 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.

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

4. Баранник В.В., Окладной 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.

5. Баранник В.В., Окладной 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 «ХПІ». 2017. – С. 13.

6. Медведєв Д.О., Красноруцький 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.

7. 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.

8. 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.

Апробація результатів дисертації була проведена на:

– 5-ої Міжн. Наук.-техн. конф., (Львів, 2-3 червня 2016 р.) Львів: Національний університет “Львівська політехніка”. 2016, участь з доповіддю;

– 5-ої Міжн. наук.-практ. конф., (Чернівці, 3–5 листопада 2016 р.). Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. 2016, участь з доповіддю;

– *ABIA-2017*: матеріали XIII-ої Міжн. наук.-техн. конф. "" (Київ, 19–21 квітня 2017 р.). Київ: Національний авіаційний університет. 2017, участь з доповіддю;

– VI-ої Міжн. Наук.-практ. конф., I-ий Міжн. симп., (Чернівці 9–11 листопада 2017 р.). Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. 2017, участь з доповіддю;

– 4-ої Міжн. наук.-техн. конф., (Харків, 21-23 листопада 2017 р.) Харків: Національний технічний університет «ХПІ». 2017, участь з доповіддю;

– 9-ої Міжн. наук.-техн. конф., (Київ, 13-15 грудня 2017 р.). Київ: Державний університет телекомунікацій. 2017, тези та її доповідь подані дистанційно;

– XVIth International Conference Modern, Lviv-Slavske, Ukraine, February 23 – 25, 2018). Lviv-Slavske: 2018, тези та її доповідь подані дистанційно;

– *Development of technology analys for the content semantics*, in Engineer of XXI Century - We Design the Future, Bielsko-Biala, Poland: ATH, 2018, тези та її доповідь подані дистанційно.

Додаток Б
Оригінали відеокадрів “Нарада” та “Заняття”



Додаток В
Акти реалізації науково-прикладних досліджень

ЗАТВЕРДЖУЮ

ВО Директора Державного підприємства

«Чугуївський авіаційний ремонтний завод»

 **Е. П. ТАТУЗЯН**

« 16 » 03 2018 р.

АКТ

**впровадження результатів науково-прикладних досліджень
Медведева Дениса Олеговича**

Комісія у складі: голови директора технічного ДП «ЧАРЗ» В.Є.Яковлева, та членів комісії зам. директора технічного ДП «ЧАРЗ» В.Л. Зубика, начальника ТВ ДП «ЧАРЗ» І.М. Плюшко, інженер-технолог ТВ ДП «ЧАРЗ» Т.В.Жила склала дійсний акт, який полягає в тому, що при виконанні дослідно-конструкторських робіт використані наступні результати науково-прикладних досліджень Медведева Дениса Олеговича:

1. Метод відбору ключових сегментів відеокадрів на основі використання просторово-спектрального представлення. Такий метод базується на тому, що селекція сегментів здійснюється за рахунок адаптивного підходу до оцінки ступеня їх інформативності на основі трьохрівневої оцінки за інтегрованим показником в області високочастотних компонент трансформанти.

2. Метод адаптивного кодування трансформант сегментів відеокадру з врахування рівня квантизації. Відмінна характеристика методу полягає в тому, що вибір коду відбувається з врахуванням фактору корекції компонент трансформованих сегментів.

3. Алгоритм м'якого декодування із стиранням найменш надійних символів (ССННС) спільно з ефективною АРУ, що є достатньо хорошим у всіх каналах і для якого з одного боку пропрацьовано схемні рішення, а з іншого отримані аналітичні розрахунки якості декодування, як в каналі з гауссовим шумом, так і в каналі з навмисною перешкодою типу ІОП.

4. Обґрунтована необхідність використання алгоритму декодування ССННС спільно з ефективною АРУ при побудові перешкодозахисних, імітостійких і скритних радіоканалів передачі ключової інформації про відеокадри.

Принциповим моментом застосування викладеної вище рангової процедури із стиранням найменш надійних символів (ССННС) є те, що з

більшою вірогідністю основна частина помилкових рішень потрапляє в число помилок, кратність яких більше гарантованого числа помилок, що виправляються декодером.

Впровадження результатів науково-прикладних досліджень при організації інформаційного забезпечення систем управління кризових ситуацій на базі безпілотних бортових комплексів аеромоніторингу на основі програмно-апаратних реалізацій дозволило забезпечити наступні результати:

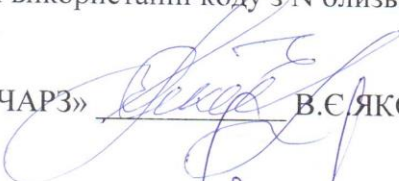
1. Підвищити рівень оперативності доставки інформації в середньому на 27 % в умовах потрібної конфіденційності та достовірності відеоінформації в інфокомунікаційних технологіях обробки та передачі інформації за рахунок більш ефективної селекції значущих інформаційних складових.

2. Для розробленого методу обробки відеокадру на основі селекції інформативних сегментів, досягається виявлення від 87 до 93 % сегментів, які мають високий рівень інформативності. Це з одного боку створює умови для підвищення достовірності доставки інформації, а з іншого боку забезпечує у разі потреби приховання інформації щодо об'єктів інтересу. При цьому прихованню підлягає від 33 % до 77 % від загальної кількості сегментів відеокадру залежно від їх семантичної складності та інформативності. Це є підґрунтям для забезпечення виконання відомчих вимог щодо підвищення оперативності та достовірності доставки інформації.

3. Застосування динамічних режимів функціонування на рівні контуру надмірного кодування дозволяє забезпечити підвищення перешкодозахисної, імітостійкості і скритності радіоканалів передачі ключової інформації про об'єкти інтересу відеокадрів. Інформаційна скритність, імітозахищеність моноканалу на рівні динамічного контуру кодування визначається розмірами ансамблів дозволених до використання параметрів коду, а також кодовою стійкістю ключової послідовності.

4. Проведені дослідження показали, що обчислювальна складність відомих алгоритмів декодування коду Ріда-Соломона навіть у разі наявності апріорної інформації про його параметри залишається достатньо високою, що є проблематичним при використанні коду з N близько 100.


Голова комісії

Директор технічний ДП «ЧАРЗ»  В.С.ЯКОВЛЄВ
«15» 03 2018р.

Члени комісії:

Зам. директора технічного ДП «ЧАРЗ»  В.Л.ЗУБИК
«15» 03 2018р.

Начальник ТВ ДП «ЧАРЗ»  І.М.ПЛЮШКО
«15» 03 2018р.

Інженер-технолог ДП «ЧАРЗ»  Т.В.ЖИЛА
«15» 03 2018р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор ХНУРЕ
з наукової роботи

 М.В. Неофітний
« 13 » 2018р.

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи Медведєва Д.О. в держбюджетну НДР № 0113u000360 «Технології створення інтегрованих інформаційних систем на основі мереж цифрового мобільного зв'язку»

Комісія у складі: завідувача кафедрою «Інформаційно-мережної інженерії» д.т.н. Безрука В.М., доцента кафедри «Інформаційно-мережної інженерії» к.т.н. Колтуна Ю.М., відповідального виконавця НДР № 0113u000360 к.т.н. Кочкіна М.І. підтверджує, що ряд наукових та практичних результатів дисертаційної роботи Медведєва Д.О. використані при виконанні держбюджетної НДР № 0113u000360 «Метод ефективного кодування відеокадрів для підвищення продуктивності телекомунікаційних систем», що виконувалась згідно тематичного плану НДР ХНУРЕ. Зокрема, це наступні результати:

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

- 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 організовується 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.

Вказані результати використані при підготовці матеріалів підрозділу 4.4 «Розробка методу контролю бітової швидкості при компресії відеопослідовності в інтегрованих мережах мобільного зв'язку» у заключному звіті по НДР № 0113u000360.



В.М. Безрук
Ю.М. Колтун
М.І. Кочкін

ЗАТВЕРДЖУЮ

ТВО заступника начальника Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба з навчальної роботи

К. Т. Н.

Ю.С. Долгий

« 18 » 2019 р.

АКТ

**впровадження результатів науково-прикладних досліджень
Медведева Дениса Олеговича в навчальний процес
Харківського національного університету Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба**

Основні результати дисертаційних досліджень Медведева Дениса Олеговича використовуються на викладенні дисциплін: «Інформаційна безпека в АСУ спеціального призначення», «Інформаційні технології обробки та передачі даних», бакалаврам напряму 126 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

До лекційного курсу вказаних дисциплін включені такі результати, отримані Медведевим Д.О.:

1. Модель оцінки рівня структурної насиченості аерофотознімків, що дозволяє проводити їх обробку, як з високонасиченими фрагментами, так і при низькій насиченості фрагментів аерофотознімка, в умовах зменшення часових витрат на їх доведення.

2. Метод зниження часових витрат на доведення відеоінформації аеромоніторингу кризових ситуацій на основі ефективного синтаксичного представлення з врахуванням матриці викидів основ позиційного простору щодо адаптивного структурно-вагового порогу.

При виконанні кваліфікаційних робіт використовується метод скорочення часових витрат на доведення інформації на основі ефективного синтаксичного представлення відеокадрів в адаптивному спектрально-нормованому просторі.

Голова комісії:

Члени комісії:



ГОЛУБНИЧИЙ Д.Ю.

ТУПИЦЯ І.М.

МУСІЄНКО О.П.