

УДК 629.735.083

DOI: 10.18372/2310-5461.36.12223

**В. В. Бараннік**

д-р техн. наук, проф.  
Харківський національний університет Повітряних Сил  
orcid.org/0000-0002-2848-4524  
barannik\_v\_v@mail.ru

**Д. А. Тарасенко**

Черкаський державний технологічний університет  
orcid.org/0000-0002-2996-9523  
vvbar.off@gmail.com

**Д. О. Медведєв**

Харківський національний університет радіоелектроніки  
orcid.org/0000-0003-4235-300X  
stasev543@gmail.com

**В. В. Хіменко**

Харківський національний університет радіоелектроніки  
orcid.org/0000-0002-1337-2404  
d.v.barannik@gmail.com

## ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ПЕРЕДБАЧЕНИХ КАДРІВ ВІДЕОПОТОКУ ДЛЯ БОРТОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### Вступ

Організацію відеоінформаційних сервісів з використанням дистанційних засобів аеромоніторингу характеризує ряд проблемних аспектів, що означає критичність таких сервісів.

Основні проблемні аспекти пов'язані з: виникненням затримок на етапі передавання інформації між бортовим комплексом і наземним пунктом прийому, що викликано дисбалансом між пропускнуною спроможністю бортових інформаційно-комунікаційних систем і зростанням інформаційної інтенсивності відеопотоку; наявністю значних втрат цілісності інформації в процесі передавання по каналах зв'язку, зумовлених недостатньою стійкістю до неконтрольованої деструкції в кодограмі [1; 2].

У системах дистанційного збору відеоінформації ключовим ядром формування балансу між зниженням інформаційної інтенсивності і забезпеченням цілісності інформації є технології ефективного синтаксичного представлення потоків відеокадрів.

Такий баланс досягається в результаті пошуку рішень у напрямку організації такого синтаксичного представлення відеокадрів, для якого забезпечуються такі умови як: багатопрофільність уявлення для одночасної організації властивості компресії і стійкості до деструктивних спотворень; інтелектуалізація механізмів забезпечення цілісності інформації на рівні синтаксичного опису структурних закономірностей відеосюжетів [1; 2].

Для стандартизованих технологій синтаксичного представлення відеокадрів використовують переважно технологічні рішення на JPEG-платформи [2–4]. Однак, JPEG потенційних характеристик технології полягає в тому, що її компонентний склад, який існує на даний момент, уже недостатній для забезпечення зростаючих вимог щодо надання відеоінформаційних сервісів. Отже, необхідно обґрунтувати і розробити метод ефективного синтаксичного кодування відеокадрів, який базується на нових технологічних засадах в аспектах виявлення закономірностей і їх структурної організації на рівні кодоутворення.

Передбачається, що базова оболонка синтаксичного представлення буде формуватися з використанням стандартизованого підходу. Оновленню буде піддаватися ядро технологічного процесу з оброблення відеоінформації [2–4].

Розглянемо базову концепцію технології на JPEG-платформі. В основі оболонки використовується стратегія компонентного кодування трансформанти для сегментів відеокадру в трьох кольорово-різницевих площин колірної моделі. Тут ураховуються такі властивості: концентрація основної енергії вихідного сигналу в обмеженій кількості низькочастотних компонентів трансформанти; виділення області високочастотних компонентів; освіти компонентів трансформанти з нульовими значеннями. Дані властивості закладаються в концептуальному складі базових стратегій кодування компонентного подання трансформанти.

У працях [2–4] пропонується будувати процес кодування з урахуванням виділення довжин ланцюжків, що складаються з незначних компонентів трансформанти. Це дає змогу побудувати ущільнений двовимірний структурний спектральний простір  $\{L; Z\}$  (ДСП). У зв'язку з чим, пропонується проводити подальший розвиток теоретичних підходів і побудову технологій ефективного синтаксичного представлення трансформованих відеокадрів у напрямку виявлення закономірностей в ущільненому ДСП-просторі трансформанти. Обґрунтування і створення технології ефективного синтаксичного кодування трансформованих відеокадрів з використанням інформації в ДСП-просторі і визначає мету дослідження статті.

### Аналіз підходів для ефективного синтаксичного кодування в ДСП просторової трансформанти

Розглянемо обробку ДСП-простору. Між компонентами векторів цього простору існує взаємозв'язок. По-перше, це зумовлено позиціями значущих компонентів у трансформанти. По-друге для вагомих компонентів у зв'язку з процесами трансформації та квантованості буде характерним нерівномірний розподіл значень. Такі властивості визначають обробку векторів ДСП-простору. Тут технології ефективного синтаксичного кодування поділяються на два підходи [3–5]:

1. Перший — полягає у використанні динамічного статичного кодування. Відповідно тут використовується контекстне моделювання. Однак такий підхід передбачає використання додаткових бітових витрат на подання службової складової, що містить інформацію про можливість розподілу компонентів. Другий недолік, який знижує ефективність балансування інформаційної інтенсивності є зростання часових затримок на оброблення, пов'язаний з перерахунком імовірності появи компонентів [3–5; 9].

2. Другий підхід полягає у використанні статистичного кодування з фіксованими таблицями. З одного боку це дозволяє знизити часові витрати на обробку.

Водночас, з іншого боку знижується адаптованість статистичної моделі до динамічно мінливих характеристик трансформанти в системі оброблення відеопотоку. Відповідно збільшується довжина кодової конструкції синтаксичного представлення [3–5].

Таким чином, технологія статистичного кодування компонентного подання трансформанти в ДСП-просторі дестабілізує співвідношення між інформаційною інтенсивністю і збереженням ці-

лісності інформації. Тут створюються умови для появи загроз втрати доступності та цілісності відеоінформації для дистанційних технологічних рішень її отримання.

Одним з підходів для оновлення ядра ефективного синтаксичного кодування відеокадрів в ущільненому ДСП-просторі трансформованого образу є напрям, заснований на виявленні двовимірних структурних обмежень на синтаксичному рівні опису з урахуванням збереження цілісності інформації [3–5].

### Розроблення концептуальної моделі оцінювання інформативності сегмента відеокадру у загальному ДСП-просторі трансформанти

Формування ефективного синтаксичного представлення трансформанти  $Y$  в двовимірному структурному просторі  $\{L; Z\}$  потрібно проводити з урахуванням таких характерних відмінностей:

1. Дискретна позиція  $\delta_u$  двовимірного структурного спектрального простору утворюється в системі двовимірних координат  $\{L; Z\}$  відповідно для значень  $\ell(\tau; \delta)_u$  — по осі довжин незначущих компонентів спектра і  $z(\tau; \delta)_u$  — по осі значущих компонентів спектра.

2. Кількість дискретних відліків ДСП-простору по осі  $\ell$  і по осі  $z$  дорівнює  $U$ . Ця величина є змінною, тобто

$$U = \text{var}, \quad (1)$$

у загальному випадку залежно від контексту оброблюваного сегмента відеокадру та від стратегії кількості, що визначається параметром  $\delta$ . Від цієї кількості кількість  $U$  позицій в ДСП-просторі буде нерівномірно контекстно-залежними.

3. Двовірна структура простору  $\{L; Z\}$  є ущільненим по значущим компонентам спектра, тобто кількість позицій ДСП-простору буде менше, ніж довжина лінеаризованої трансформанти  $Y^{(1)}$ , тобто:

$$U < n^2.$$

4. Максимальні значення елементів векторів  $L$  та  $Z$  обмежені величинами  $d(\ell; \delta)_\tau$  та  $d(z; \delta)_\tau$ , тобто

$$\ell(\tau; \delta)_u \in [0; d(\ell; \delta)_\tau] \text{ і } z(\tau; \delta)_u \in [0; d(z; \delta)_\tau],$$

де  $d(\ell; \delta)_\tau$ ,  $d(z; \delta)_\tau$  — максимальні значення елементів вектора  $L$  та  $Z$  для ДСП-простору  $\tau$ -й трансформанти в умовах вибору стратегії квантування з параметром  $\delta$ .

5. З обробки виключаються позиції ДСП-простору з координатами. У цьому випадку вектор дискретних позицій, для якого буде формуватися

внутрікадрове ефективне синтаксичне уявлення утворюється в такий спосіб:

$$P(U-2) = \{p_2; \dots p_u; \dots p_{U-1}\}.$$

6. Двовимірний структурний спектральний простір трансформанти є перетрансформуванням відповідно до односпрямованого градієнта зміни значень елементів векторів  $L$  і  $Z$ . У цьому разі досягається пропорційна тенденція зміни значень компонентів векторів  $L$  і  $Z$ . Для цього елементи вектора значущих компонентів трансформанти розміщуються в зворотному порядку. Перетрансформування координат дискретних позицій ДСП-простору задається таким виразом:

$$\tilde{p}_u : \{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\},$$

де  $\tilde{p}_u - u$  — перетрансформування дискретної позиції ДСП-простору.

Перетрансформування вектора  $\tilde{P}(U-2)$  дискретних позицій ДСП-простору в координатної формі набуде такого вигляду:

$$\begin{aligned} \tilde{P}(U-2) = & \{\{\ell(\tau; \delta)_2; z(\tau; \delta)_{U-1}\}; \\ & \dots \{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\}; \\ & \dots \{\ell(\tau; \delta)_{U-1}; z(\tau; \delta)_2\}\}. \end{aligned}$$

Опис ДСП-простору в координатній формі через дискретні позиції  $\tilde{p}_u$  має низку недоліків, пов'язаних з тим, що:

– необхідно використовувати дві величини для завдання однієї позиції;

– дискретні позиції  $\tilde{p}_u$  нерівномірно віддалені один від одного, що пов'язано з нерівномірним кроком зміни значень між сусідніми елементами векторів  $L$  і  $Z$ . Це призводить до збільшення витрат кількості розрядів як на уявлення значень самих координат, так і на їх відносну адресацію в ДСП-просторі. Звідси окрема обробка дискретних позицій за їх координатами, тобто по-координатне формування синтаксичного представлення виявляється неефективною.

Тому пропонується формувати синтаксичне уявлення за об'єктним принципом. У цьому разі генерується єдине кодове значення для координат  $\{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\}$  дискретної позиції ДСП-простору, як для окремих об'єктів. Такі кодові значення пропонується називати  $\tilde{p}_u$ -ідентифікаторами  $I(\tau; \delta)_u$ , а відповідний простір — *простором ідентифікаторів*. Тут ідентифікатор повинен містити необхідну і достатню інформацію для отримання всіх необхідних відомостей про відповідну дискретну позицію. В цьому випадку двовимірний структурний спектральний простір  $\{L; Z\}$ -трансформанти замінюється на простір  $I(\tau; \delta)$  ідентифікаторів, тобто  $\{L; Z\} \rightarrow I(\tau; \delta)$ .

### Розробка методу ефективного синтаксичного кодування сегмента відеокadra на основі ідентифікації ДСП-простору

Розглянемо процес обґрунтування і формування функціонального перетворення  $F(I)$  для перекладу ДСП-простору трансформанти в простір ідентифікаторів і навпаки.

Під час вибору функціонального перетворення  $F(I)$  необхідно враховувати такі аспекти:

1) забезпечуватися взаємозначущим перетворенням, тобто:

$$\{L; Z\} \rightarrow I(\tau; \delta) \text{ і } I(\tau; \delta) \rightarrow \{L; Z\};$$

2) кодове значення  $I(\tau; \delta)_u$  для координатного об'єкта  $\tilde{p}_u$  має будуватися за блоковим принципом, тобто забезпеченням побудови єдиного кодового значення з урахуванням абсолютних значень координат  $\{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\}$ . В іншому випадку — формування кодового значення в області двійкового представлення координат, тобто  $\{[\ell(\tau; \delta)_u]_2; [z(\tau; \delta)_{U-u+1}]_2\}$ , призведе до втрати закономірностей, виявлених для компонентного опису трансформанти;

3) у процесі ідентифікації дискретного перетрансформованого ДСП-простору необхідно враховувати його властиві двокаскадні структурні і статистичні закономірності;

4) для ідентифікації потрібно враховувати побудовану структурно-комбінаторну модель для оцінювання інформативності двовимірного структурного спектрального простору трансформанти;

5) повинні забезпечуватися умови для додаткового виявлення закономірностей в просторі ідентифікаторів, тобто створення додаткової умови для підвищення ефективності внутрікадрового синтаксичного представлення трансформанти в ущільненому ДСП-просторі.

Координатний об'єкт відповідно до перетрансформування має такі властивості:

– значення його координатних складових по осях  $L$  і  $Z$  мають градієнтну односпрямованість, а саме збільшення значення  $\ell(\tau; \delta)_u$  довжини ланцюжка незначущих компонентів узгоджується із зростанням величини значущої компоненти  $z(\tau; \delta)_{U-u+1}$ ;

– значення координатних складових відповідно до особливостей формування ущільненого ДСП-простору обмежені динамічною кількістю допустимих значень, тобто

$$\ell(\tau; \delta)_u \in [0; d(\ell; \delta)_\tau - 1];$$

$$z(\tau; \delta)_{U-u+1} \in [1; d(z; \delta)_\tau - 1], \quad u = \overline{2, U-1};$$

– значення координатних складових відрізняються характерною нерівномірністю розподілу і нелінійністю змін по осях.

Дані властивості створюють умови для інтерпретації координатних об'єктів ДСП-простору як двоелементних біадичних чисел в умовах градієнтної односпрямованості. У зв'язку з чим, пропонується формувати ідентифікатори позицій, як кодові значення біадичних чисел в умовах градієнтної односпрямованості.

Такі біадичні числа згідно з властивостями ущільненого ДСП-простору характеризуються двома обмеженнями, а саме: динамічною кількістю значень  $d(\ell; \delta)_\tau$  та  $d(z; \delta)_\tau - 1$ , які відповідно приймають елементи векторів  $L$  і  $Z$  для  $\tau$ -й трансформанти.

Тоді функціональне перетворення  $F(I)$  для ідентифікації координатного об'єкта  $\tilde{p}_u$ , тобто  $F(I): \{\ell(\tau; \delta)_u; z(\tau; \delta)_{U-u+1}\} \rightarrow I(\tau; \delta)_u$ , набуде такого вигляду:

$$I(\tau; \delta)_u = (\ell(\tau; \delta)_u (d(z; \delta)_\tau - 1) + z(\tau; \delta)_{U-u+1}).$$

Цей вираз дозволяє побудувати простір  $I(\tau; \delta)$ -ідентифікаторів по дискретних позиціях ДСП-простору в умовах градієнтної односпрямованості. У результаті формується вектор  $I(\tau; \delta)$ -ідентифікаторів, тобто

$$I(\tau; \delta) = \{I(\tau; \delta)_2; \dots; I(\tau; \delta)_u; \dots; I(\tau; \delta)_{U-1}\}.$$

Розглянемо створення ефективного синтаксичного представлення послідовності  $I(\tau; \delta)$  ідентифікаторів координатних об'єктів ДСП-простору. Уведемо поняття синдрому  $S(\tau; \delta)$ , яке дозволяє при розробці технології ефективного синтаксичного кодування вектора ідентифікаторів ДСП-простору розглядати послідовність  $I(\tau; \delta)$  в умовах наявності жорсткої нерівності між параметрами її компонентів, тобто  $I(\tau; \delta)_u \neq I(\tau; \delta)_{u+1}$ , для  $u = \overline{2, U-1}$ . Інші випадки будуть позначені відповідним значенням елемента  $s(\tau; \delta)_u$  синдрому.

У цьому випадку вектор  $I(\tau; \delta)$ -ідентифікаторів без урахування обмежень замінюється двома векторами, а саме вектором  $\hat{I}(\tau; \delta)$ -ідентифікаторів в умовах накладення обмежень на нерівність парних елементів і відповідним синдромом  $S(\tau; \delta)$ , тобто:

$$I(\tau; \delta) \xrightarrow{s} \{\hat{I}(\tau; \delta); S(\tau; \delta)\},$$

де  $\xrightarrow{s}$  — функціонал виявлення умови нерівності для суміжних (парних) ідентифікаторів, це дозволяє дати таку інтерпретацію послідовності  $\hat{I}(\tau; \delta)$ .

Вектор  $\hat{I}(\tau; \delta)$ -ідентифікаторів в умовах накладення обмежень на нерівність парних елементів називається одновимірним об'єктно-позицій-

ним числом з основою  $Q(\tilde{p}_u; \delta)$ , для елементів якого виконується умова гнучкої нерівності (із синдромом парної нерівності  $S(\tau; \delta)$ ).

Розглянемо розробку процесу ефективного синтаксичного кодування вектора ідентифікатора ДСП-простору з урахуванням додаткового використання синдрому  $S(\tau; \delta)$  об'єктно-позиційного числа в умовах наявності гнучкої нерівності його парних елементів.

Такий процес пропонується проводити на основі таких технологічних корекцій.

1. Перша корекція належить до формування допоміжної величини  $\theta(\tau; \delta)_u$ . Тут для обліку гнучкості нерівності парних ідентифікаторів з використанням елементів  $s(\tau; \delta)_u$ -синдрому  $S(\tau; \delta)$  вводиться корекційна допоміжна величина  $\theta'(\tau; \delta)_u$ . Тоді будується така система формул:

$$\theta'(\tau; \delta)_u = \begin{cases} \theta(\tau; \delta)_u, & \rightarrow I(\tau; \delta)_u \neq I(\tau; \delta)_{u+1}; \\ I(\tau; \delta)_u, & \rightarrow I(\tau; \delta)_u = I(\tau; \delta)_{u+1}. \end{cases}$$

2. Другій технологічній корекції піддається вираз для визначення вагових коефіцієнтів. Якщо для суміжних ідентифікаторів  $\{I(\tau; \delta)_u; I(\tau; \delta)_{u+1}\}$  виконується умова рівності  $I(\tau; \delta)_u = I(\tau; \delta)_{u+1}$ , то ідентифікатор  $I(\tau; \delta)_u$  інтерпретується як елемент одновимірного об'єктно-позиційного числа з однією основою. Відповідно його основа дорівнюватиме величині  $Q(\tilde{p}_u; \delta)$ . У зворотному випадку, коли для пари  $\{\hat{I}(\tau; \delta)_u; \hat{I}(\tau; \delta)_{u+1}\}$  ідентифікаторів виконується умова нерівності  $\hat{I}(\tau; \delta)_u \neq \hat{I}(\tau; \delta)_{u+1}$ , то основа ідентифікатора  $\hat{I}(\tau; \delta)_u$  буде дорівнювати  $\hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta)$ :

$$\hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta) = (d(\ell; \delta)_\tau \cdot (d(z; \delta)_\tau - 1)) - 1.$$

Відповідно ідентифікатор  $\hat{I}(\tau; \delta)_u$  буде інтерпретуватися як елемент одновимірного об'єктно-позиційного числа з одною основою в умовах нерівності парних елементів.

Фактично облік гнучкості наявності умови нерівності парних елементів призводить до утворення одновимірного двохосновного об'єктно-позиційного числа з урахуванням наявності гнучкості умови нерівності суміжних елементів, тобто з урахуванням синдрому.

**Визначення.** Вектор  $\hat{I}(\tau; \delta)$ -ідентифікаторів в умовах накладення гнучких обмежень на нерівність парних елементів називається одновимірним двохосновним об'єктно-позиційним числом з системою  $\{Q(\tilde{p}_u; \delta); \hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta)\}$ , для елементів якого виконується умова гнучкої нерівності (із синдромом парної нерівності  $S(\tau; \delta)$ ).

Двохосновна система записується як  $\{Q(\tilde{p}_u; \delta); \hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta)\}$ . Для обліку такої особливості в процесі ефективного кодування пропонується ввести допоміжну величину  $Q(s(\tau; \delta)_u)$ , що характеризує основу оброблюваного ідентифікатора в умовах наявності синдрому, а саме:

$$Q(s(\tau; \delta)_u) = \begin{cases} \hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta) \rightarrow I(\tau; \delta)_u \neq I(\tau; \delta)_{u+1}, s(\tau; \delta)_u = 0; \\ Q(\tilde{p}_u; \delta) \rightarrow I(\tau; \delta)_u = I(\tau; \delta)_{u+1}, s(\tau; \delta)_u = 1. \end{cases}$$

Позначимо величинами  $v_u$  та  $\hat{v}_u$  кількість ідентифікаторів, які залишилися не обробленими на  $u$ -му кроці кодування, і відповідно для яких виконується умова рівності, тобто  $s(\tau; \delta)_u = 1$  виконується умова нерівності, тобто  $s(\tau; \delta)_u = 0$ . При цьому для  $u$ -го кроку кодування виконується рівність:  $v_u + \hat{v}_u = U - u - 1$ .

Тоді ваговий коефіцієнт  $Q'(s; \tau; \delta)_{U-u-1}$  допоміжного елемента  $\theta'(\tau; \delta)_u$  з додатковим урахуванням інформації про величину  $s(\tau; \delta)_u$ , буде дорівнювати:

$$Q'(s; \tau; \delta)_{U-u-1} = Q(s(\tau; \delta)_u)^{U-u-1} = Q(\tilde{p}_u; \delta)^{v_u} \hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta)^{\hat{v}_u}.$$

З урахуванням уведених технологічних корекцій система співвідношень для одновимірного двоосновного об'єктно-позиційного кодування в умовах гнучкої нерівності парних елементів набуде такого вигляду:

$$\begin{aligned} \hat{E}(s; \tau; \delta) &= \sum_{u=2}^{U-1} \theta'(\tau; \delta)_u Q'(s; \tau; \delta)_{U-u-1} = \\ &= \sum_{u=2}^{U-1} \theta'(\tau; \delta)_u Q(\tilde{p}_u; \delta)^{v_u} \hat{Q}(\tilde{p}_u; \delta)^{\hat{v}_u}. \end{aligned}$$

Тут  $\hat{E}(s; \tau; \delta)$  — кодове значення одновимірного двоосновного об'єктно-позиційного числа в умовах гнучкої нерівності парних елементів, тобто з урахуванням синдрому  $S(\tau; \delta)$ .

Таким чином, створена система співвідношень утворює технологічне ядро ефективного синтаксичного представлення сегмента відеокадрів на основі формування ущільненого двовимірного спектрального структурного простору з подальшим одновимірним двоосновним об'єктно-позиційним кодуванням у просторі ідентифікаторів в умовах гнучкої наявності нерівності парних елементів.

### Оцінка ефективності розробленого методу

Порівняльна оцінка для розробленого методу щодо відомих технологій кодування передбачених кадрів за рівнем  $V_k$  інформаційної інтенсивності, що приходить на один кадр, здійснюється за формулою:

$$V_k = \sum_{\tau=1}^{MN/m} (|V(s; \tau; \delta)|_2 + V(S(\tau; \delta)) + V(\ell; z) + V(\delta) + V_{DC} + V_{matrix}).$$

Тут  $|V(s; \tau; \delta)|_2$  — довжина інформаційної частини кодограми для розробленого ефективного синтаксичного представлення;  $V_{matrix}$  — кількість розрядів на кодове подання для матриці знаків;  $V(\delta)$  — кількість розрядів на представлення значення параметра стратегії корекції високочастотних компонентів трансформанти;  $V_{DC}$  — довжина кодового слова під низькочастотну  $DC$ -компоненту трансформанти ДКП;  $V(\ell; z)$  — кількість двійкових розрядів на представлення величин  $d(\ell; \delta)_\tau$  та  $d(z; \delta)_\tau - 1$ ;  $V(S(\tau; \delta))$  — кількість розрядів для елементів синдрому вектора ідентифікаторів ДСП-простору.

За аналізом таких оцінок можна стверджувати таке. Для розробленого методу для середньоінформативних сегментів відеокадрів у режимі ПВСШ на рівні 35 дБ досягається вигреш за ступенем зменшення інтенсивності щодо відомих підходів, він становить 19%. Створюється умови для забезпечення балансу між рівнем інформаційної інтенсивності HD якості і рівнем збереження цілісності інформації для пропускнув спроможності інфокомунікаційної мережі, починаючи з рівня 5 Мбіт/с.

### Висновок

За викладеним можна зробити висновок, що:

1) розроблено ефективне синтаксичне уявлення трансформанти на основі одновимірного двоосновного об'єктно-позиційного кодування в умовах гнучкої нерівності парних елементів. Базовими відмінностями такого подання є: розгляд вектора ідентифікаторів ущільненого ДСП-простору як двоосновного об'єктно-позиційного числа з додатковим використанням синдрому наявності нерівності парних ідентифікаторів; інтегрування двох технологічних корекцій щодо значень ідентифікаторів та їх основ;

2) синтезована система співвідношень, що утворює технологічне ядро ефективного синтаксичного представлення сегмента відеокадру на основі формування ущільненого двовимірного спектрального структурного простору з подальшим одновимірним двоосновним об'єктно-позиційним кодуванням у просторі ідентифікаторів в умовах гнучкої наявності нерівності парних елементів; класифікації пар ідентифікаторів ущільненого ДСП-простору за наявністю умови нерівності і результату порівняння монотонності.

3) для розробленого методу для середньоінформативних сегментів відеокадрів у режимі ПВСШ на рівні 35 дБ досягається вигреш за ступенем зменшення інтенсивності щодо відомих підходів, він становить 19%.

пенем зменшення інтенсивності щодо відомих підходів, він становить 19 %. Створюється умови для забезпечення балансу між рівнем інформаційної інтенсивності HD якості і рівнем збереження цілісності інформації для пропускну спроможності інфокомунікаційної мережі, починаючи з рівня 5 Мбіт/с.

Уперше розроблено метод кодування кадрів відеоінформаційного потоку на основі їх трансформування та скорочення внутрішньокадрової надмірності. Характерні відмінності створеного методу від інших полягають у такому: формуються кодові ідентифікатори точок у двовимірному структурному просторі трансформанти на основі біадічного принципу в умовах градієнтної односпрямованості; будується блокувий код ідентифікаторів двовимірного структурного простору на основі адаптивного одноосновного позиційного кодування з урахуванням гнучкої нерівності парних елементів. Це забезпечує зниження бітової інтенсивності відеопотоку в умовах заданої достовірності для енергоефективних бортових інформаційно-комунікаційних технологій.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Олифер В. Г.** Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. — СПб : Питер, 2006. — 958 с.
2. **Гонсалес Р.** Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — М. : Техносфера, 2005. — 1072 с.
3. **Юдін О. К., Стрельбицький М. А.** Спосіб визначення кількості інформації з урахуванням фактору її старіння // Наукоємні технології. — 2017. — Т. 33. — №. 1. DOI: 10.18372/2310-5461.33.11552.
4. **Алімпієв А. М., Бараннік В. В., Белікова Т. В., Сідченко С. О.** Теоретичні основи створення технологій протидії прихованим інформаційним атакам в сучасній гібридній війні // Системи обробки інформації. — Харків: ХНУПС, 2017. № 4(150). — С. 113–121.
5. **Yudin O., Frolov O., Ziubina R.** Quantitative quality indicators of the invariant spatial method of compressing video data // Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T), 2015 Second International Scientific-Practical Conference. — IEEE, 2015. — С. 227–229. DOI: 10.1109 / INFOCOMMST.2015.7357320.
6. **Alimpiev A., Barannik V., Podlesny S., Suprun O. and Bekirov A.** The video information resources integrity concept by using binomial slots, 2017 XIII<sup>th</sup> International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH 2017), Lviv, 2017. — P. 193–196. DOI: 10.1109 / MEMSTECH.2017.7937564
7. **Gonzalez R.** Digital image processing / R. Gonzalez, R. Woods. — М. : Technosphere, 2005. — 1072 p.
8. **Миано Дж.** Формати і алгоритми стиснення зображень в дії: навч. посібник / Дж. Миано; пер. з англ. — М. : Триумф, 2003. — 336 с.
9. **Yudin O., Boiko Y., Frolov O.** Organization of decision support systems for crisis management // Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T), 2015 Second International Scientific-Practical Conference. — IEEE, 2015. — С. 115–117. DOI: 10.1109 / INFOCOMMST.2015.7357287.
10. **Мусиєнко А. П.** Технология декодирования блоков аэрофотоснимка на основе восстановления компонент трансформант / А. П. Мусиєнко // Информационно-управляющие системы на ЖД транспорте. — 2016. — № 5. — С. 58–62.
11. **Barannik V. V., Ryabukha Yu. N., Podlesnyi S. A.** Structural slotting with uniform redistribution for enhancing trustworthiness of information streams. Telecommunications and Radio Engineering (English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*), 2017. №76 (7). — P. 607. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v76.i7.40.
12. **Barannik V., Podlesny S.A., Yalivets K., Bekirov A.** The analysis of the use of technologies of error resilient coding at influence of an error in the codeword. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016, Lviv, 2016. — P. 52–54. DOI: 10.1109 / TCSET.2016.7451965.
13. **Dogan S., Sadka A. H. and Kondoz A. M.** “Error-resilient techniques for video transmission over wireless channels” Arabian journal for science and engineering, 1999. — P. 101–114.
14. **Barannik V., Lytvinenko M., Okladnoy D., Suprun O.** Description of the OFDM symbol with the help of mathematical laws. Analysis of technologies that were used in this case. 2nd IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017, Proceedings, Lviv, 2017, pp. 183. DOI: 10.1109 / AIACT.2017.8020095.
15. **Stankiewicz O., Wegner K., Karwowski D., Stankowski J., Klimaszewski K. and Grajek T.** “Encoding mode selection in HEVC with the use of noise reduction”, 2017 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), Poznan, 2017. — P. 1–6.

**Бараннік В. В., Тарасенко Д. А., Медведєв Д. О., Хіменко В. В.**

### **ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ПЕРЕДБАЧЕНИХ КАДРІВ ВІДЕОПОТОКУ ДЛЯ БОРТОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

*Обґрунтовано необхідність розвитку технологій ефективного синтаксичного представлення сегментів відеокадрів на основі побудови ущільненого двовимірного структурного спектрального простору (ДСП). Проведено оцінку інформативності вектору ідентифікаторів координатних об'єктів ДСП-простору трансформанти. Викладено розробку ефективного синтаксичного уявлення трансформанти на основі одновимірного двохосновного об'єктно-позиційного кодування в умовах гнучкої нерівності парних елементів. Проведено синтез системи співвідношень, що утворює технологічне ядро ефективного синтаксичного представлення сегмента відеокадру на основі: формування ущільненого двовимірного спектрального структурного простору з подальшим одновимірним двохосновним об'єктно-позиційним кодуванням в просторі ідентифікаторів в умовах гнучкої наявності нерівності парних елементів.*

**Ключові слова:** синтаксичне кодування, відеопотік, об'єктно-позиційне кодування, пропускна здатність, інформаційна інтенсивність.

**Баранник В. В., Тарасенко Д. А., Медведев Д. О., Хименко В. В.**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ПРЕДСКАЗАННЫХ КАДРОВ ВИДЕОПОТОКА ДЛЯ БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Обосновывается необходимость развития технологий эффективного синтаксического представления сегментов видеок кадров на основе построения уплотненного двумерного структурного спектрального пространства (ДСП). Проводится оценка информативности вектора идентификаторов координатных объектов ДСП пространства трансформанты. Излагается разработка эффективного синтаксического представления трансформанты на основе одномерного двухосновного объектно-позиционного кодирования в условиях гибкого неравенства парных элементов. Проводится синтез системы соотношений, образующей технологическое ядро эффективного синтаксического представления сегмента видеок кадра на основе: формирования уплотненного двумерного спектрального структурного пространства с последующим одномерным двухосновным объектно-позиционным кодированием в пространстве идентификаторов в условиях гибкого наличия неравенства парных элементов.*

**Ключевые слова:** синтаксическое кодирование, видеопоток, объектно-позиционное кодирование, пропускная способность, информационная интенсивность.

**Barannik V. V., Tarasenko D. A., Medvedev D. O., Khimenko V. V.**

### **TECHNOLOGY FOR PROCESSING PREDICTED FRAMES OF THE VIDEO STREAM FOR ON-BOARD INFORMATION TECHNOLOGIES**

*The necessity of development of technologies for efficient syntactic representation of video frame segments is substantiated on the basis of constructing a densities two-dimensional structural spectral space (DSP). The informative value of the identifier vector of the coordinate objects of the DSP of the transformant space is estimated. The development of an effective syntactic representation of transformants based on one-dimensional two-base object-position coding in conditions of flexible inequality of pair elements is described. The synthesis of the system of relationships forming the technological core of the effective syntactic representation of the segment of the video frame is based on: the formation of a densified two-dimensional spectral structure space with the subsequent one-dimensional two-base object-positional coding in the identifier space under conditions of flexible presence of the pair-element inequality.*

**Keywords:** syntax coding, video stream, object-coding, bandwidth, information intensity.

Стаття надійшла до редакції 26.11.2017 р.

Прийнято до друку 29.11.2017 р.

Рецензент — д-р техн. наук, проф. Оксіюк О. Г.