



КОНЦЕПЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СИНТАКСИЧНОГО ОПИСУ ДІАГОНАЛЕЙ ТРАНСФОРМАНТИ

В. Бараннік¹, С. Шульгін, О. Ігнат'єв², Р. Онищенко³, Ю. Бабенко⁴, В. Бараннік²

¹ Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, Майдан Свободи, 4, Харків, 61022, Україна

² Харківський національний університет радіоелектроніки, Проспект науки, 14, Харків, 61166, Україна

³ Харківський національний університет Повітряних сил ім. І. Кожедуба, вул. Клочківська, 228, Харків, 61045, Україна

⁴ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 60, Київ, 01033, Україна

Відповідальний за рукопис: Володимир Бараннік (e-mail: vvbar.off@gmail.com).

(Подано 19 лютого 2023)

Обґрунтовано наявність дисбалансу під час надання відеоінформаційних сервісів за допомогою інфокомунікаційних мереж. Показано, що такий дисбаланс спричинений деструктивними діями протиборчої сторони. Множина таких атак стосується виведення з ладу об'єктів енергетичної та телекомунікаційної інфраструктури. Це призводить до значного падіння пропускної здатності інфокомунікаційної мережі. Відповідно потрібно локалізувати дисбаланс між інформаційним навантаженням інфокомунікаційної мережі та її пропускною здатністю в умовах дії кризових факторів. Для цього необхідно використовувати комплексний підхід. У статті докладно розглянуто напрям щодо створення технологій додаткового зменшення бітового навантаження без втрат семантичної цілісності відеоінформаційних ресурсів. Однак для таких технологій під час зниження інформаційного навантаження мережі існує суперечність. З одного боку, досягається зниження інформаційного навантаження мережі. Але, з іншого боку, виникають втрати цілісності відеоінформації. Отже, потрібно створювати новий клас методів кодування. Відповідно для побудови технологій компресійного кодування необхідно розробити концепцію підходу. Створено теоретичну базу для побудови технології кодування трансформанти за нерівномірним діагональним форматом зі урахуванням її комбінаторної конфігурації, в основу якого покладено систему перетворень, окреслену як двошарове стискаюче кодування трансформант у нерівномірно-діагональному спектральному просторі.

Ключові слова: відеосервіси; кодування відеосегментів; трансформанта; нерівномірні діагоналі.

УДК 621.126

1. Вступ

Своєчасне інформування суспільства та надання конструктивної інформації є значущим фактором у досягненні переваги під час інформаційної війни. Ключовою компонентою тут є забезпечення балансу між рівнями інтенсивності відеоінформаційного потоку та пропускної здатності інфокомунікаційної мережі [1]. Водночас деструктивні дії протиборчої сторони спричиняють множини суттєвих наслідків щодо заподіяння збитків об'єктам критичної інфраструктури [2]. Під час атак виникають події, що стосуються виведення з ладу об'єктів енергетичної та телекомунікаційної інфраструктури. Це призводить до істотного падіння пропускної здатності інфокомунікаційної мережі. Такі наслідки спостерігаються упродовж довгого часу [3].

З іншого боку, під час кризових ситуацій, навпаки, різко зростає попит на використання відеоінформаційних сервісів для передавання та обміну інформацією [4–8]. Звідси виникає істотний дисбаланс між інформаційним навантаженням інфокомунікаційної мережі та її пропускнуою здатністю. Наслідком цього є такі події [9; 10]:

1. Зниження ефективності інформаційного забезпечення систем підтримки та прийняття рішень під час управління компонентами критичної інфраструктури [11].
2. Несвочасне інформування соціуму про надзвичайні ситуації [12].
3. Порушення процесу функціонування небезпечних галузей виробництва (наприклад, атомних електростанцій) [13].

Відповідно виникають загрози національній безпеці держави.

Тому науково-прикладна проблема досліджень стосується локалізації дисбалансу між інформаційним навантаженням інфокомунікаційної мережі та її пропускнуою здатністю в умовах дії кризових факторів. Тут під кризовими факторами розуміємо деструктивні дії протиборчої сторони, спрямовані на знищення та виведення з ладу об'єктів критичної інфраструктури, зокрема енергетичної та телекомунікаційної інфраструктури.

2. Аналіз та постановка задачі

Вирішення означеної проблеми повинно бути комплексним. Одна з компонент – створення відповідної інформаційно-технічної бази [14], яка охоплює:

- 1) застосування резервних інфокомунікаційних технологій [15];
- 2) підвищення ефективності систем управління трафіком у мережі [16];
- 3) підвищення стійкості до кібератак та навмисних завад [17];
- 4) створення технологій додаткового зменшення бітового навантаження без втрат семантичної цілісності відеоінформаційних ресурсів [18–23].

У статті розглянуто четверту складову, яка ґрунтується на використанні технологій компресійного кодування, у результаті чого забезпечується зменшення бітового об'єму. Відповідно зменшується рівень інформаційного навантаження інфокомунікаційної мережі [24; 25].

Базовими тут є технології, які використовують платформу JPEG [15–27]. Її основу формує послідовність трансформацій відеосегментів для побудови його перехідного формату з подальшим кодуванням та побудовою синтаксичного двійкового опису [26; 27–30]. Перехідний формат створюють, щоб отримати таке подання початкового відеосегмента, для якого досягається більший потенціал щодо зменшення кількості надмірності. Однак під час створення такого формату використовують технологічні механізми, пов'язані з усуненням психовізуальної надмірності. До них належать:

- трансформації кольорового опису відеосегмента [24];
- переформатування структури макросегмента [25];
- прорідження рядків та стовпців макросегментів [26];
- формування спектрального простору [27];
- квантування діапазону компонент спектрального простору [29].

Так, з одного боку, досягається зниження інформаційного навантаження мережі, але, з іншого боку, спостерігаються втрати цілісності відеоінформації [30]. Отже, виникає суперечність під час зниження інформаційного навантаження мережі.

Щоб уникнути такої суперечності, необхідно створювати новий клас методів кодування. Запропоновано використовувати концепції щодо встановлення та усунення певної кількості структурних видів надмірності в трансформованих відеосегментах [22–28]. Відповідно для побудови технологій компресійного кодування потрібно спочатку створити концепцію підходу. Це дасть змогу застосувати системний аналіз до побудови процесів встановлення та зменшення кількості нових видів надмірності.

Отже, *мета досліджень статті* стосується створення концепції для побудови нової технології кодування трансформованих відеосегментів із унеможливленням додаткових втрат їх цілісності.

3. Побудова двошарової концепції функціональних перетворень під час формування синтаксичного бітового опису діагоналей трансформанти

Досягнення потенціалу відносно зменшення надмірності реалізується за допомогою використання технологій кодування. Загалом під кодуванням розуміють систему S_{proc} функціональних перетворень, а саме:

$$S_{proc} \{ Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}; C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}; F_{encod}; F_{decod}; \Omega_{par}; \Omega_{pat} \}.$$

Для опису системи використовують такі позначення:

$Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ – початкова послідовність для кодування (ξ -та нерівномірна діагональ у двовимірному спектральному просторі);

$C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ – кодова конструкція для послідовності $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$;

F_{encod} – система функціональних перетворень, що описують кодування послідовності $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$;

F_{decod} – система зворотних перетворень для відновлення послідовності $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ за кодовою конструкцією $C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$;

Ω_{par} – множина параметрів процесів F_{encod} прямого та F_{decod} зворотного перетворень;

Ω_{pat} – множина закономірностей (pattern), які встановлюють для послідовностей $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ та враховуються під час оброблення для скорочення надмірності й формування кодограми $C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$

Означена система S_{proc} в загальному випадку використовує систему F_{encod} перетворень сукупності $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \{ y(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}; \dots; y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}; \dots; y(\alpha, \beta, \tau)_{n_\xi}^{(\ell, \xi)} \}$ спектральних компонент $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$, які утворюють діагональ $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, на вихідну (кодову) сукупність (множину) послідовностей $C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \{ c'_1; \dots; c'_D \}$.

Вважатимемо, що:

– компоненти $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$ належать до генеральної множини $\Omega(Y)$, тобто $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} \in \Omega(Y)$. В нашому випадку величини $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$ є компонентами квантизованого спектрального простору та належать до трансформант ДКП. Звідси компонента (DC-компонента) першої діагонали може набувати значення близько $y(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, 1)} \sim 2^{10} \div 2^{13}$. Компоненти інших діагоналей, $\xi = 2, 2n-1$, позначаються як AC-компоненти, їхні значення в області $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} \in [0; 255]$. Відповідно потужність $P(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ множини $\Omega(Y)$ дорівнюватиме $P(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = 256$;

– компоненти c_γ належать до множини $\Omega(C)$, $c_\gamma \in \Omega(C)$. Якщо $C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ є вихідною кодограмою синтаксичного формату компресійного представлення діагональної послідовності трансформанти, то компоненти c_γ належать до області двійкових значень, тобто $c_\gamma \in [0; 1]$. У такому разі потужність $|\Omega(C)|$ множини $\Omega(C)$ дорівнює $|\Omega(C)| = 2$.

В загальному випадку між початковою послідовністю $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ та вихідною кодограмою $C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ може існувати декілька шарів формування проміжних множин $\Omega(E)$ та відповідних їм алфавітів потужністю $P(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$. Якщо між послідовностями $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ та $C(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ існує один проміжний шар, здійснюються такі математичні перетворення:

1) послідовності $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ з компонентами $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} \in \Omega(Y)$ увідповіднюється сукупність $S(E)_\tau^{(\ell, \xi)}$:

$$S(E)_\tau^{(\ell, \xi)} = \{E(\alpha, \beta)_{\tau,1}^{(\ell, \xi)}; \dots; E(\alpha, \beta)_{\tau,\psi}^{(\ell, \xi)}; \dots; E(\alpha, \beta)_{\tau,\Psi}^{(\ell, \xi)}\}$$

з компонентами $E(\alpha, \beta)_{\tau,\psi}^{(\ell, \xi)} \in \Omega(E)$. Тобто

$$S(E)_\tau^{(\ell, \xi)} = F_{\text{encod}}^{(1)}(Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}; \Omega_{\text{par}}; \Omega_{\text{pat}}),$$

де $F_{\text{encod}}^{(1)}(Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)})$ – функціональне перетворення першого шару формування проміжної множини $\Omega(E)$;

2) сукупності $S(E)_\tau^{(\ell, \xi)}$ ставлять у відповідність послідовність $C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \{c'_1; \dots; c'_D\}$, тобто:

$$C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = F_{\text{encod}}^{(2)}(S(E)_\tau^{(\ell, \xi)}; \Omega_{\text{par}}; \Omega_{\text{pat}}),$$

де $F_{\text{encod}}^{(2)}(S(E)_\tau^{(\ell, \xi)})$ – функціональне перетворення другого шару формування вихідної послідовності $C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$.

Тоді маємо загальне функціональне перетворення F_{encod} :

$$F_{\text{encod}}: C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = F_{\text{encod}}^{(2)}(F_{\text{encod}}^{(1)}(Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}); \Omega_{\text{par}}; \Omega_{\text{pat}}).$$

Розглянемо створення наукоємних основ кодування нерівномірно-діагональних послідовностей у неоднорідному спектральному просторі.

Побудову функціонального перетворення F_{encod} запропоновано здійснювати в класі позиційних систем. Перевагами використання таких систем для кодування діагональних послідовностей $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ є такі фактори:

– сумісність за властивостями з таким об'єктом, як перестановки з повтореннями. Позиційне число A складається із елементів a_i , які можуть мати будь-які значення у діапазоні $[0; w-1]$, $a_i \in [0; w-1]$;

– відображення позиційних чисел на натуральну вісь має сутність блокового кодування. В цьому випадку за допомогою виразу: $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = a_1 \cdot V_1 + \dots + a_i \cdot V_i + \dots + a_{n-1} \cdot V_{n-1} + a_n$ формується єдине кодове значення E ; таке перетворення є взаємно однозначним.

Водночас кодове значення $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ діагоналі $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ ще не є синтаксичним описом її компактного бітового представлення. Це пояснюється тим, що по суті величина $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ є десятичним числом. Безпосередньо кодове значення $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ не може використовуватись для зберігання та передавання інформації про компоненти діагональної послідовності. Отже, не вирішено питання щодо визначення кількості бітів на синтаксичний двійковий опис величини $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$.

Звідси можна зробити такі висновки:

1. Формування кодових значень $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ для діагональних послідовностей трансформанти є лише першим шаром загальних функціональних перетворень.

Перетворення $F_{\text{encod}}^{(1)}(Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)})$ першого шару має такий вигляд:

$$E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = F_{\text{encod}}^{(1)}(Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}; w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}; w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}; n_\xi; \Omega_{\text{pat}}), \quad (1)$$

$$E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \in E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} \text{ та } Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \in Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}.$$

За результатом перетворень формують послідовність $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ кодових значень $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$:

$$E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} = \{E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, 1)}; \dots; E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}; \dots; E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, n_\xi)}\}$$

2. Перший шар загального процесу кодування має такі *класифікаційні ознаки*:

2.1. Діагональна послідовність $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ складається із компонентів $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$, які належать до алфавіту з потужністю $|\Omega(Y)| \geq 3$. Отже, діагональна послідовність містить багатозначні (мультизначні) компоненти.

Визначення. Якщо за допомогою відображення $F_{\text{encod}}^{(1)}(Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)})$ кодової послідовності $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \in \Omega(E)$ ставлять у відповідність вхідну послідовність $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} \in \Omega(Y)$, де $0 \leq |\Omega(Y)| \leq P(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \geq 3$, то таке відображення позначаємо як кодування мультизначних послідовностей.

Множина $\Omega(E)$, з якої вибирають компоненти кодової послідовності $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, містить більш ніж два елементи. Отже, $0 \leq |\Omega(E)| \leq P(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \geq 3$. Тоді означене відображення $F_{\text{encod}}^{(1)}(Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)})$ та називається *мультизначним кодуванням*.

2.2. Діагональній послідовності $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, яка містить більш ніж один елемент, тобто $n_\xi \geq 2$, на основі функціонального перетворення $F_{\text{encod}}^{(1)}(Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)})$ ставлять у відповідність одне кодове значення $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$. Тому таке відображення називають блоковим кодуванням.

Реалізація блокового кодування може здійснюватись двома базовими технологіями. Перша технологія полягає у використанні поточної концепції формування єдиної кодової послідовності. Натомість другий підхід ґрунтується на формуванні кодового значення одразу цілком для всієї вхідної діагональної послідовності. Звідси реалізація блокового кодування діагональної послідовності реалізується на основі формування кодового значення для всього усічено-позиційного числа. Поки не буде завершено обробку останнього елемента цього числа, кодове значення не буде сформовано.

Визначення. Якщо блоковий код $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, заданий відображенням $F_{\text{encod}}^{(1)}(Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)})$, ставлять у відповідність одразу всієї вхідній діагональній послідовності $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, де $n_\xi \geq 2$, то він формується за блочною технологічною схемою.

3. Для остаточного формування синтаксичного опису компактного бітового представлення діагоналі потрібно застосовувати другий шар функціональних перетворень. Тут початковою послідовністю буде послідовність кодових значень $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ діагоналей трансформанти.

Функціональне перетворення $F_{\text{encod}}^{(2)}$ другого шару повинно забезпечувати взаємно однозначне формування для кодових значень $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ відповідної кодограми $C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$. Ця кодограма являє собою двійкову кодову послідовність $C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \{c'_1; \dots; c'_{D_\xi}\}$. У загальному варіанті таке перетворення описується так:

$$C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = F_{\text{encod}}^{(2)}(E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}; w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}; w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}; n_\xi; \Omega_{\text{pat}}), \quad (2)$$

$$E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \in E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} \text{ та } c_\xi \in [0; 1].$$

А перетворення $F_{\text{encod}}^{(2)}$ повинно враховувати такі особливості послідовностей кодових значень $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ діагоналей $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$:

1) нерівномірні значення величин $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ для діагоналей $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ у двовимірному спектральному просторі трансформанти, $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \text{var}$. Це зумовлено:

- нерівномірністю довжин n_ξ діагоналей $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, $n_\xi = \text{var}$;
- нерівномірністю обмежень $w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}$, $w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$ на діапазон зміни значень спектральних компонент у діагоналях залежно від їх позиціонування щодо головної діагоналі, $w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)} = \text{var}$, $w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)} = \text{var}$.

Звідси довжина D_ξ кодової послідовності $C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$ в загальному випадку буде нерівномірною, $D_\xi = \text{var}$. Тому режим перетворення відповідає варіанту “нерівномірна – нерівномірна”;

2) можливість використовувати службові відомості, що безпосередньо залучаються до реалізації першого шару функціональних перетворень. Саме тут використовуються:

- величини $w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}$, $w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$;
- потужності $P(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, $P(\alpha, \beta)_{\tau, \text{cod}}^{(\ell, \xi)}$ відповідно для компонент $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$ діагональних послідовностей та їх кодових значень $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$.

Стратегія залучення системи службових даних є ключовою для побудови технології кодоутворення у режимі “нерівномірна – нерівномірна”. Це впливає на можливість взаємно однозначного детектування кодових конструкцій синтаксичного опису та їх стійкості до деструкції каналних помилок.

Другий шар функціональних перетворень має такі *класифікаційні ознаки* :

1) реалізується принцип поелементного кодування.

Визначення. Якщо кодова послідовність $C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \{c'_1; \dots; c'_{D_\xi}\}$ за допомогою відображення $F_{\text{encod}}^{(2)}$ ставиться у відповідність кожному окремому елементу $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} \in E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} \subset \Omega(E)$, тобто вхідна послідовність складається із одного елемента $E(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, то таке відображення називають *поелементним кодуванням*;

2) реалізується технологічний концепт двійкового кодування.

Якщо множина $C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$, компонент кодової послідовності складається тільки з двох елементів, $c_c \in [0; 1]$, то кодування $F_{\text{encod}}^{(2)}$ та відповідний код $C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = \{c'_1; \dots; c'_{D_\xi}\}$ називають *двійковими*.

За результатами узагальнення двошарового функціонального перетворення маємо перетворення F_{encod} :

$$C'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} = F_{\text{encod}}^{(2)}(F_{\text{encod}}^{(1)}(Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}); w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}; w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}; n_\xi; \Omega_{\text{pat}}), \quad (3)$$

яке визначається щодо стратегії кодування такими класифікаційними ознаками :

- 1) двошарове мультизначно-двійкове перетворення алфавітів;
- 2) двошаровий блоково-поелементний принцип формування кодових послідовностей;
- 3) принцип кодоутворення кодограм синтаксичного опису відповідає варіанту “нерівномірна – нерівномірна” (квазінедетермінований режим).

Отже, можна сформулювати таке визначення щодо побудової концепції процесу кодування.

Визначення. Система перетворень, що визначається виразами (1)–(3), окреслюється як двошарове стискаюче кодування трансформант у нерівномірно-діагональному спектральному просторі на основі:

- 1) урахування їх комбінаторної конфігурації, зумовленої структурно-комбінаторними та психовізуально-комбінаторними особливостями;
- 2) побудови комбінованої стратегії кодування за блочно-елементною згортковою технологією;
- 3) формування кодового значення усічено-позиційних чисел та мультизначно-двійкової стратегії їх синтаксичного кодоутворення у квазінедетермінованому режимі.

Отже, розроблено теоретичну базу для побудови технології кодування трансформанти за нерівномірним діагональним форматом із урахуванням її комбінаторної конфігурації.

Висновки

Викладене дає підстави зробити такі висновки:

1. Створено теоретичне підґрунтя для побудови технології кодування трансформанти за нерівномірним діагональним форматом із урахуванням її комбінаторної конфігурації. В основу покладено систему перетворень, що окреслюється як двошарове стискаюче кодування трансформант в нерівномірно-діагональному спектральному просторі на підставі:

1) урахування їх комбінаторної конфігурації, зумовленої структурно-комбінаторними та психовізуально-комбінаторними особливостями;

2) побудови комбінованої стратегії кодування за блочно-елементною згортковою технологією;

3) формування кодового значення усічено-позиційних чисел та мультизначно-двійкової стратегії їх синтаксичного кодоутворення у квазінедетермінованому режимі.

2. Обґрунтовано необхідність ідентифікації діагональних послідовностей двовимірної трансформанти як комбінаторного об'єкта. Це враховує такі аспекти:

2.1. Комбінаторну конфігурацію трансформанти під час скорочення надмірності. Потрібно зважати на такі їх характерні особливості:

1) обмеженість діапазону зміни значень спектральних компонент діагоналі;

2) схильність значень спектральних компонент до утворення субмонотонних послідовностей за діагональним напрямком;

3) наявність додаткової умови щодо нерівності суміжних компонент діагоналі трансформанти.

2.2. Діагональну структурованість комбінаторної конфігурації трансформанти. Відповідно створюються умови для зменшення діапазонів зміни значень компонент у разі їх визначення в межах окремих діагоналей. А саме за рахунок:

– усунення впливу спектральних діапазонів низько- та середньочастотних компонент на збільшення діапазону значень компонент у високочастотній області трансформанти;

– адаптування щодо випадків, коли діапазон зміни значень компонент діагоналі дорівнюватиме одиниці;

– врахувати діагональну структуру формування значень компонент матриці квантування під час зменшення психовізуальної надмірності.

Вперше створено теоретичну базу для побудови технології кодування трансформанти на основі встановлення її комбінаторної конфігурації за нерівномірно-діагональним форматом. Відмінності стосуються: побудови системи двошарового стискаючого кодування трансформант у нерівномірно-діагональному спектральному просторі на основі:

1) урахування їх комбінаторної конфігурації, зумовленої структурно-комбінаторними та психовізуально-комбінаторними особливостями;

2) побудови комбінованої стратегії кодування за блочно-елементною згортковою технологією;

3) формування кодового значення усічено-позиційних чисел та мультизначно-двійкової стратегії їх синтаксичного кодоутворення у квазінедетермінованому режимі.

Це дає змогу створити умови для технологічної реалізації зменшення кількості різних типів надмірності відеосегментів без втрати їх цілісності.

3. Загальні характеристики. Рівень забезпечення цілісності даних: без втрат інформації (побітова відповідність). Кількість елементів на вході – на виході: “нерівномірна – нерівномірна”. Контроль бітової довжини вихідної кодограми: без додаткових даних за властивостями позиційних чисел. Стійкість до помилок: локалізація у межах поточної послідовності; наявність самокорекції помилок; наявність локалізації впливу помилок на зміну діапазону значень пікселів.

Список використаних джерел

[1] Barannik V., Jancarczyk D., Babenko Yu., Stepanko O., Nikodem J., Zawislak S. A Model for Representing Significant Segments of a Video Image Based on Locally Positional Coding on a Structural Basis. *Smart and*

- Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IEEE IDAACS-SWS 2020): proceedings of IEEE 5nd International Symposium, 2020, pp. 1–5. DOI: 10.1109/IDAACS-SWS50031.2020.9297068.*
- [2] Barannik V. *Fast Coding of Irregular Binary Binomial Numbers with a Set Number of Units Series. Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020): proceedings of the IEEE 2nd International Conference, 2020, pp. 72–76. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349356.*
- [3] Barannik D. *Stegano-Compression Coding in a Non-Equalible Positional Base. Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020): proceedings of the IEEE 2nd International Conference, 2020, pp. 83–86. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349328.*
- [4] Barannik, V. V., Barannik, D., Tarasenko, D., Podlesny, S., Kulitsa, O. *The video stream encoding method in infocommunication systems. IEEE 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (IEEE TCSET 2018), 2018, pp. 538–541. DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336259.*
- [5] Albert Lekakh, Tatyana Belikova, Oleksii Dovbenko, Oleksandr Dodukh. *Method of Increasing the Capacity of Information Threat Detection Filters in Modern Information and Communication Systems. Advanced Information and Communications Technologies (AICT 2019): proceedings of the IEEE 3rd International Conference, 2019, pp. 426–429. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847754.*
- [6] Kobayashi, H. and Kiya, H.: *Bitstream-Based JPEG Image Encryption with File-Size Preserving. In.: IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp. 1–4 (2018). DOI: 10.1109/gcce.2018.8574605.*
- [7] Shamir A., Rivest R. L., Adleman L. M. *A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. Communications of the ACM. 1978, Vol. 21, iss. 2, pp. 120–126. DOI: 10.1145/359340.359342.*
- [8] V. Barannik, V. Tverdokhlebo, N. Kharchenko, O. Kulitsa, “The issue of timely delivery of video traffic with controlled loss of quality”, in *13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), 2016, pp. 902–904. DOI: 10.1109/TCSET.2016.7452220.*
- [9] Belikova T. *Decoding Method of Information-Psychological Destructions in the Phonetic Space of Information Resources. Advanced Trends in Information Theory (ATIT): proceedings of the 2nd IEEE International Conference, 2020, pp. 87–91. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9349300>.*
- [10] Kiya H., Kurihara K., Watanabe O. *An encryption-then-compression system for JPEG XR standard. Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB): proceedings of the IEEE International Symposium, 2016, pp. 1–5. DOI: 10.1109/BMSB.2016.7521997.*
- [11] X., Au O. C., Zhou J., Liu Tang Y. Y. *Designing an Efficient Image Encryption-Then-Compression System via Prediction Error Clustering and Random Permutation. IEEE Transactions on Information Forensics and Security. 2014, Vol. 9, No. 1, pp. 39–50. DOI: 10.1109/TIFS.2013.2291625.*
- [12] Barannik V., Gurzhii P., Belikova T., *The model of threats to information and psychological security, taking into account the hidden information destructive impact on the subconscious of adolescents. Advanced Trends in Information Theory (ATIT'2019): proceedings of the IEEE International Conference, 2019, pp. 656–661. DOI: 10.1109/ATIT49449.2019.9030432.*
- [13] Barannik, V., Barannik, N., Sidchenko, S., Khimenko, A. *The method of masking overhead compaction in video compression systems, Radioelectronic and Computer Systems, 2021, No. 2, pp. 51–63. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2021.2.05>.*
- [14] A. Skodras, C. Christopoulos, and T. Ebrahimi, “The jpeg 2000 still image compression standard”, in *IEEE Signal processing magazine, 2001, Vol. 18 (5), pp. 36–58.*
- [15] Minemura, K. and Moayed, Z. and Wong, K. and Qi, X. and Tanaka, K.: *JPEG image scrambling without expansion in bitstream size. In.: 19th IEEE International Conference on Image Processing, pp. 261–264 (2012) DOI: 10.1109/ICIP.2012.6466845.*
- [16] *JPEG image scrambling without expansion in bitstream size [Text] / K. Minemura, Z. Moayed, K. Wong, X. Qi, K. Tanaka // 19 th IEEE International Conference on Image Processing. 2012, pp. 261–264. DOI: 10.1109/ICIP.2012.6466845.*
- [17] *JPEG image scrambling without expansion in bitstream size [Text] / K. Minemura, Z. Moayed, K. Wong, X. Qi, K. Tanaka. Image Processing: proc. 19 th IEEE Int. Conf., 30 Sept. – 3 Oct. 2012. Orlando, FL, USA, 2012. pp. 261–264. DOI: 10.1109/ICIP.2012.6466845.*
- [18] Бараннік В. В., Шульгін С. С., Бараннік Н. В., Бабенко Ю. М., Пугачев Р. В. *Проблематичні аспекти забезпечення дистанційного відеосервісу в кризовій ситуації. Кібербезпека. освіта, наука, техніка, 2020. № 1(1), С. 13–22.*
- [19] Deshmukh, M., Nain N., Ahmed M. *An (n, n)-Multi Secret Image Sharing Scheme Using Boolean XOR and Modular Arithmetic [Text]. Advanced Information Networking and Applications: proc. IEEE 30 th Int. Conf. (AINA), 23–25 March 2016. Crans-Montana, Switzerland, 2016, pp. 690–697. DOI: 10.1109/aina.2016.56.*

- [20] Rivest, R. L., Shamir A., Adleman L. M. A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems [Text]. *Communications of the ACM*, 1978, Vol. 21, Iss. 2, pp. 120–126. DOI: 10.1145/359340.359342.
- [21] Barannik V., Barannik D. Barannik N., *Indirect Steganographic Embedding Method Based On Modifications of The Basis of the Polyadic System. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020): proceedings of 15 th IEEE International Conference, 2020, pp. 699–702. DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235522.*
- [22] Barannik V., Havrylov D., Barannik V., Sorokun A. *Development Second and Third Phase of the Selective Frame Processing Method. Advanced Information and Communications Technologies (AICT'2019): proceedings of the 3rd International Conference, 2019, pp. 54–57. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847897.*
- [23] Wong K. W. *Image encryption using chaotic maps. Intelligent Computing Based on Chaos, 2009, Vol. 184, pp. 333–354. DOI: 10.1007/978-3-540-95972-4_16.*
- [24] Barannik V., Slobodyanyuk O., Gurzhii P., Shulgin S., Krasnorutsky A., Korolyova N. *Methodological Fundamentals of Deciphering Coding of Aerophotography Segments on Special Equipment of Unmanned Complex. IEEE Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020): proceedings IEEE 2nd International Conference, 2020, pp. 38–43. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349257.*
- [25] Wong K., Qi X., Minemura K., Moayed Z., Tanaka K. *JPEG image scrambling without expansion in bitstream size. Image Processing: proceedings of the 19 th IEEE International Conference, 2012, pp. 261–264. DOI: 10.1109/ICIP.2012.6466845.*
- [26] V. Barannik, S. Shulgin, V. Himenko, V. Kolesnyk, P. Hurzhii and S. Podlesny, *Method of Encoding Video Frames in Infocommunication Systems. IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET 2022), 2022, pp. 521–524. DOI: 10.1109/TCSET55632.2022.9767028.*
- [27] Barannik V. V., Karpenko S. *Method of the 3-D image processing. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (IEEE TCSET 2008): proceedings of IEEE International Conference, 2008, pp. 378–380.*
- [28] Шульгін С. С. *Технологія кодування трансформованих відеосегментів в нерівноваговому діагонально-позиційному просторі. Наукові технології, 2022, № 2(54), С. 147–154.*
- [29] Barannik V., Khimenko V., Barannik N. *Method of indirect information hiding in the process of video compression. Radioelectronic and Computer Systems, 2021, No. 4, pp. 119–131. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2021.4>.*
- [30] Бараннік В. В., Бараннік Д. В., Шульгін С. С., Колесник В. О. *Метод виявлення значимої інформації в просторово-часовій області відеознімку. Сучасна спеціальна техніка, 2022, № 4, С. 22–33.*

CONCEPT FUNCTIONAL TRANSFORMATIONS FOR FORMATION OF SYNTACTIC DESCRIPTION DIAGONALS TRANSFORMANT

**Volodymyr Barannik¹, Sergii Shulgin, Oleksandr Ignatyev²,
Roman Onyshchenko³, Yuriy Babenko⁴, Valeriy Barannik²**

¹ V. N. Karazin Kharkiv National University, 6, Nezalezhnosti Avenue, Kharkiv, 61000, Ukraine

² Kharkiv National University of Radio Electronics, 14, Nauka Avenue, Kharkiv, 61166, Ukraine

³ Ivan Kozhedub National University of the Air Force, 228, Klochkivska str., Kharkiv, 61041, Ukraine

⁴ Taras Shevchenko National University of Kyiv, 60, Volodymyrska str., Kyiv, 01033, Ukraine

The article justifies the existence an imbalance in the provision of video information services using infocommunication networks. It is shown that such an imbalance is due to the destructive actions of the opposing side. Many these attacks relate to the disabling of energy and telecommunications infrastructure. This leads to a significant drop in the bandwidth of the infocommunication network. Accordingly, it is necessary to localize the imbalance between the information load infocommunication network and its bandwidth in the face of crisis factors. To do this, you must use an integrated approach. The article discusses in detail the direction creating technologies for additional reduction of bit load without losing the semantic integrity of video information resources. However, for such technologies in the process of reducing the information load of the network, there is a contradiction. On the one hand, a reduction in the information load of the network is achieved. But on the other hand, there are losses in the integrity video information. So you need to create a new class of encoding methods. Accordingly, to build compression coding technologies, it is necessary to develop an approach concept. A theoretical basis has been created for constructing the technology of encoding transformants in an uneven diagonal format, taking into account its combinatorial configuration. It is based on a system of transformations that is outlined as a two-layer compressive encoding transformer in an uneven-diagonal spectral space.

Key words: video services; video segment coding; transformer; uneven diagonals.