

**В. В. Бараннік**, д-р техн. наук, проф.  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
orcid.org/0000-0002-2848-4524  
e-mail: vvbar.off@gmail.com;

**С. С. Шульгін**, канд. техн. наук  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
orcid.org/0000-0001-5174-290X  
e-mail: sssh.sergey@gmail.com;

**Р. С. Онищенко**  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
orcid.org/0000-0002-2332-5196  
e-mail: roman1990onishenko@gmail.com;

**В. М. Ушань**  
Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба  
orcid.org/0000-0001-9076-9574  
e-mail: vvbar.off@gmail.com

**О. О. Ігнат'єв**  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
orcid.org/0000-0003-1227-6840  
e-mail: oleksandr.ignatyev10@gmail.com

## МОДЕЛЬ ІНФОРМАТИВНОГО ОПИСУ СПЕКТРАЛЬНОГО ПРОСТОРУ ВІДЕОСЕГМЕНТІВ ЗА ДІАГОНАЛЬНО-НЕРІВНОМІРНОЮ ТЕКСТУРОЮ

### Вступ

Удосконалення якості надання відеоінформаційних сервісів за допомогою інфокомунікаційних систем є важливим фактором щодо забезпечення питань інформатизації суспільства [1; 2]. Тут реалізуються напрямки розвитку соціуму та особистості, економічного зросту держави та забезпечення її національної безпеки. Досягнення означених завдань має потужне підґрунтя. Сюди відноситься розвиток інформаційних технологій, методів штучного інтелекту, роботизованих технологій [3; 4]. З одного боку зростає попит на відеоінформаційні продукти [5; 6]. З іншого боку має сталий розвиток системи електронної комунікації [7; 8]. В той же час в кризових умовах та під час воєнного стану виникають події, які в тому числі мають наслідки щодо втрати ефективності функціонування енергетичної та інфокомунікаційної інфраструктури [9; 10]. Отже маємо дисбаланс між зростаючим інформаційним навантаженням на інфокомунікацій та їх пропускну здатністю [11]. Такий дисбаланс може тривати продовж значи-

мого часу. Відповідно це деструктивним чином впливає на функціонування систем критичної інфраструктури та комплексу ключових для життя забезпечення сфер соціуму.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Під час функціонування інфокомунікаційних систем вирішення питань інформаційного перевантаження мережі досягається шляхом застосування комплексного підходу. Одним з ключових тут є використання технологій управління та узгодження інтенсивності інформаційного трафіку. Таке управління задіється на різних рівнях опису телекомунікаційної системи (представлення, сеансовий, транспортний, мережевий, фізичний, каналний) [12–16]. Водночас у разі критичного рівня відеоінформаційного потоку існуючі механізми регулювання не забезпечують перерозподіл трафіку згідно системи якості функціонування мережі. Тому потрібно створювати нові технології оброки та передачі відеоданих. Одним з ключових тут є напрямок вдосконалення технологій управління відеотрафіком на рівні представлення інформації [17–22]. Для цього потрібно створювати нові методи та технологічні рішення щодо компресійного кодування відеопотоку.

Аналіз останніх досліджень показав, що найбільш ефективні результати досягаються для методів кодування з врахуванням закономірностей відеосегментів в спектральному просторі [23–27]. Такі технологічні концепції застосовуються для обробки статичних відеокадрів та динамічних відео потоків. Водночас для них притаманні недоліки. Вони стосуються залежності їх ефективності від рівня втрат достовірності інформації [28–30]. Це є наслідком усунення такої кількості психовізуальної надмірності, яка перевищує допустиму. В свою чергу встановлення допустимої кількості психовізуальної надмірності для відеосегментів залежить від множини параметрів, та є складним й недостатньо контрольованим процесом [29–31].

### Постановка проблеми

Для локалізації даних недоліків пропонується процес скорочення надмірності організувати на основі виявлення нових закономірностей в структурі трансформованих відеосегментів. Одним з таких напрямків є підхід, що засновано на кодуванні нерівномірно-діагональних послідовностей трансформант [16]. При цьому враховуються залежності структурного характеру. Відповідно виключаються випадки додаткової втрати рівня достовірності відеоінформації. Водночас означений підхід є недостатньо дослідженим. Відсутня ґрунтовна база щодо оцінювання рівня його ефективності. Звідси **мета статті** полягає у створенні моделі інформативного опису спектрального простору відеосегментів з врахуванням комбінаторних конфігурацій за діагонально-нерівномірною текстурою.

### Створення моделі інформативного опису спектрального простору відеосегментів з врахуванням комбінаторних конфігурацій за діагонально-нерівномірною текстурою

Проведемо розробку моделі для оцінювання рівня інформативності трансформанти  $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$  на основі врахування її структурно-комбінаторних та психовізуально-комбінаторних особливостей

за діагонально-нерівномірною (пірамідальною) текстурою.

Такі особливості **пропонується** встановлювати на основі визначення :

- спектральних діапазонів для значень компонент в межах діагоналі з врахуванням зміни напрямку їх обходу;

- додаткових обмежень на значення діапазонів спектральних компонент діагоналі з врахуванням комбінаторних конфігурацій, які проявляються для діагонально-нерівномірної (пірамідальної) текстури трансформанти.

Визначення діапазонів  $w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$  для значень спектральних компонент  $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$  діагоналі  $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$  потрібно здійснювати з врахуванням : (ковзана схема) (1) їх нерівномірної довжини, (2) розташування відносно головної діагоналі та (3) зміни напрямку обходу. Відповідно величина  $w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$  для  $\xi$ -ї діагоналі знаходиться за допомогою співвідношення :

$$w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)} = \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}\} + 1. \quad (1)$$

Тут  $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$  -  $\chi$ -а компонента  $\xi$ -ї діагоналі трансформанти  $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$  або спектральна компонента на  $\chi$ -й позиції в  $\xi$ -ї діагоналі трансформанти  $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ ;  $n_\xi$  - довжина  $\xi$ -ї діагоналі трансформанти.

В той же час вираз (1) не враховує координати спектральних компонент діагоналі в рівномірній рядково-стовпцовій системі. Тому для спрощення алгоритмічної реалізації процесу знаходження величин  $w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$  пропонується враховувати метод переформатування між двома системами координат компонент трансформанти. Тут потрібно враховувати умови парності значень індексів діагоналей (зміну напрямку обходу компонент в діагоналі). З обліком чого, формула (1) для величин  $w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$  прийме наступного вигляду :

$$w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)} = \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}\} + 1,$$

$$w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)} = 1 + \begin{cases} \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{y_{\xi-\chi+1-\alpha \operatorname{sign}(1+\operatorname{sign}(\alpha-1)), \chi+\alpha \operatorname{sign}(1+\operatorname{sign}(\alpha-1))}\}, \rightarrow \xi - [\xi/2] \cdot 2 = 1; \\ \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{y_{\chi+\alpha \operatorname{sign}(1+\operatorname{sign}(\alpha-1)), \xi-\chi+1-\alpha \operatorname{sign}(1+\operatorname{sign}(\alpha-1))}\}, \rightarrow \xi - [\xi/2] \cdot 2 = 0, \end{cases} \quad (2)$$

$$y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} = \begin{cases} y_{\xi-\chi+1-\alpha \operatorname{sign}(1+\operatorname{sign}(\alpha-1)), \chi+\alpha \operatorname{sign}(1+\operatorname{sign}(\alpha-1))}, \rightarrow \xi - [\xi/2] \cdot 2 = 1; \\ y_{\chi+\alpha \operatorname{sign}(1+\operatorname{sign}(\alpha-1)), \xi-\chi+1-\alpha \operatorname{sign}(1+\operatorname{sign}(\alpha-1))}, \rightarrow \xi - [\xi/2] \cdot 2 = 0, \end{cases}$$

$$\xi = \overline{1, 2 \cdot n - 1}; \quad \chi = \overline{1, n_\xi}.$$

Тут узагальнення для встановлення співвідношення між пірамідальною та рядково-стовпцевою системами координат стосується врахування різних напрямків обходу компонент в  $\xi$ -й діагоналі. Для цього використовуються такі функціонали:

- 1)  $\text{sign}(\alpha - 1)$  - для фільтрації випадків коли  $\xi \leq n$  та  $\xi > n + 1$ ;
- 2)  $\alpha = \xi - n$  та  $-\alpha = n - \xi$ .

Зрозуміло, що значення компонент  $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$  в  $\xi$ -ї діагоналі буде мати верхнє обмеження, яке задається величиною  $w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$ .

Вираз (2) дозволяє за кожною схемою врахувати обмеженість діапазон зміни значень спектральних компонент в межах діагоналі (комбінаторну конфігурацію зумовлену структурно-топологічними особливостями трансформанти). В той же час процес визначення величин  $w(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$  не враховує умову нерівності суміжних компонент  $y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi-1}^{(\ell, \xi)}$ ,  $y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$  діагоналі  $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$  трансформанти [16; 31]. А, саме:

$$\forall y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} \in Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)} : \quad (3)$$

$$y(\alpha, \beta, \tau)_{\chi-1}^{(\ell, \xi)} \neq y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}.$$

В цьому співвідношенні прийняти такі позначення:

$Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$  -  $\xi$ -а діагональ в  $\ell$ -й трансформанті  $(\alpha, \beta)$ -го макросегменту;

$y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$  -  $\chi$ -а компонента  $\xi$ -ї діагоналі трансформанти  $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ .

Вплив умови (3) на спектральний діапазон діагоналі полягає у накладені додаткової заборони на можливі значення її компонент починаючи з другої компоненти. Така заборона стосується одного значення для кожної компоненти, починаючи з другої. Звідси спектральний діапазон компонент діагоналі, починаючи з другої зменшується на одиницю. Отже структура спектральних діапазонів компонент діагоналі буде неоднорідною та залежатиме від їх позиції в ній. Схематична інтерпретація неоднорідності діапазонів значень компонент в діагоналі наведено на рис. 1.

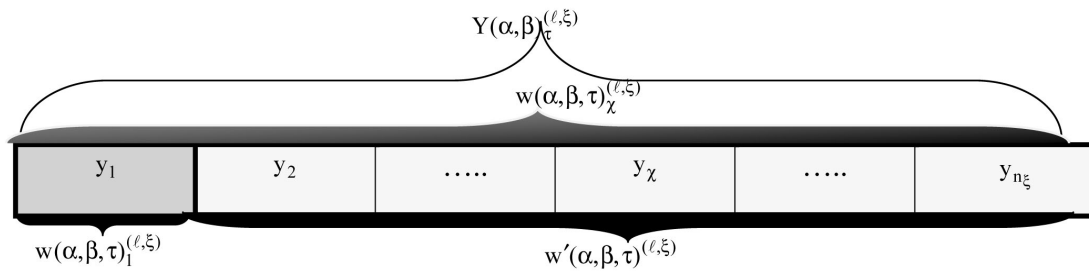


Рис. 1. Схематична інтерпретація неоднорідності діапазонів значень компонент в діагоналі

З врахуванням чого, значення спектральних діапазонів  $\xi$ -ї діагоналі знаходяться за наступними виразами:

$$w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)} = \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}\} + 1;$$

$$w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)} = \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{y(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}\}.$$

У разі узагальнення двох варіантів визначення спектральних діапазонів маємо:

$$w(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} = w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)} - \text{sign}(1 - \chi). \quad (4)$$

де  $w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell, \xi)}$ ,  $w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell, \xi)}$  - спектральні

діапазони відповідно для першої та інших компонент  $\xi$ -ї діагоналі трансформанти;

$w(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)}$  - значення спектрального діапазону для  $\chi$ -ї компоненти  $\xi$ -ї діагоналі;  $\text{sign}(1 - \chi)$  - функціонал встановлення позиції першої компоненти діагоналі :

$$\text{sign}(1 - \chi) = \begin{cases} 0, & \rightarrow \chi = 1; \\ 1, & \rightarrow \chi \geq 2. \end{cases}$$

Співвідношення (4) для визначення неоднорідних спектральних діапазонів діагоналі за кожною схемою набуде такого вигляду:

$$w(\alpha, \beta, \tau)_\chi^{(\ell, \xi)} = \begin{cases} \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{y_{\xi-\chi+1-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \chi+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))}\} + 1 - \text{sign}(1 - \chi), \\ \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 1; \\ \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{y_{\chi+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \xi-\chi+1-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))}\} + 1 - \text{sign}(1 - \chi), \\ \rightarrow \xi - [\xi / 2] \cdot 2 = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Для забезпечення умови (3) потрібно щонайменш дві компоненти. Тому перша та остання діагоналі трансформанти не використовуються в описі умови (3). Саме ці діагоналі містять лише по одній спектральній компоненті. Тому використовується умова  $\xi = 2, 2n - 2$ .

Вираз (5) дозволяє визначити неоднорідні спектральні діапазони діагоналі трансформанти з врахуванням:

1) зміни напрямку їх обходу та розташування щодо головної діагоналі на основі переформування нерівномірно-діагональної (пірамідальної) системи координат через рівномірну рядково-стовпцову систему;

2) діагональної структурованості комбінаторної конфігурації трансформанти, яка полягає у:

- обліку наявності схильності значень спектральних компонент до утворення субмонотонних послідовностей за діагональним напрямком;
- наявності додаткової умови щодо нерівності суміжних компонент діагоналі трансформанти;
- виключення впливу спектральних діапазонів низькочастотних компонент на збільшення діапазону значень компонент у високо частотній області трансформанти.

**Побудова методу оцінювання інформативності трансформанти на основі зважання її комбінаторної конфігурації**

У результаті наведеної обробки формується сукупність  $W'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$  неоднорідних спектральних діапазонів для всіх діагоналей трансформанти, а саме:

$$W'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} = \{ w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell,1)}; (w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell,2)}; w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell,2)}); \dots; (w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell,\xi)}; w'(\alpha, \beta, \tau)^{(\ell,\xi)}); \dots; (w(\alpha, \beta, \tau)_1^{(\ell,2n-1)} \} \quad (6)$$

Сукупність  $W'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$  визначає систему обмежень на значення спектральних діапазонів за

$$D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} = \log_2 V'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)} = \begin{cases} \log_2 \prod_{\xi=1}^{2n-1} \prod_{\chi=1}^{n_\xi} ( \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{ y_{\xi-\chi+1-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \chi+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))} \} + 1 - \text{sign}(1-\chi)) \\ \rightarrow \xi - [\xi/2] \cdot 2 = 1; \\ \log_2 \prod_{\xi=1}^{2n-1} \prod_{\chi=1}^{n_\xi} ( \max_{1 \leq \chi \leq n_\xi} \{ y_{\chi+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \xi-\chi+1-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))} \} + 1 - \text{sign}(1-\chi)), \\ \rightarrow \xi - [\xi/2] \cdot 2 = 0, \end{cases} \quad (7)$$

Вираз (7) дозволяє визначити кількість інформації в трансформанті зважаючи на:

1) опис комбінаторних конфігурацій трансформанти на основі встановлення обмежень на неоднорідні спектральні діапазони діагоналей;

ковзною схемою для нерівномірно-діагональній текстури трансформанти.

Отже виявлення неоднорідних обмежень на значення спектральних діапазонів діагоналей за ковзною схемою створює умови для врахування особливостей комбінаторних конфігурацій трансформанти.

**Визначення.** Трансформанта (після ДКП перетворення відеосегменту) має комбінаторну конфігурацію, яка зумовлена її структурно-топологічним та психологічними особливостями, а отже є комбінаторним об'єктом. При цьому найбільш виразно комбінаторна конфігурація трансформанти проявляється за нерівномірно-діагональною текстурою.

Для визначення рівня інформативності трансформанти з врахуванням її структурно-топологічних та психовізуальних особливостей за системою обмежень на неоднорідні спектральні діапазони діагоналей необхідно знайти кількість допустимих комбінаторних конфігурацій.

Вибір допустимих комбінаторних конфігурацій та їх перерахунок з врахуванням обмежень на діапазони значень елементів здійснюється за допомогою такої комбінаторної категорії, як перестановки з повтореннями [16; 30; 31]. Тому для опису трансформанти, як комбінаторного об'єкту з врахуванням її нерівномірно-діагональної текстури пропонується в якості комбінаторної категорії використовувати перестановки із повтореннями з неоднорідними обмеженнями на діапазони зміни значень її елементів.

Звідси кількість інформації  $D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$  в трансформанті  $Y(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$  з врахуванням її комбінаторної конфігурації за обмеженнями на неоднорідні спектральні діапазони в нерівномірно-діагональній формі опису задається наступним виразом:

2) нерівномірно-діагональну текстуру трансформанти щодо:

- найбільшого впливу структурно-топологічних та психовізуальних особливостей на зменшення спектральних діапазонів;

- наявності умови відносно нерівності суміжних компонент діагоналі;

3) переформатування трансформанти за кожною схемою, тобто врахування зміни напрямку обходу діагоналей та їх розташування відносно головної діагоналі.

**Обґрунтування потенційних спроможностей процесу скорочення надмірності трансформант на основі врахування її структурно-топологічних особливостей**

Розглянемо порівняльне оцінювання рівня інформативності трансформанти на основі зваження її комбінаторної конфігурації у разі встановлення обмежень на спектральні діапазони її діагоналей за двома варіантами визначення текстурних особливостей, а саме:

- перший варіант відповідає рівномірній рядково-стовпцовій системі (РРСФ) координат компонент в трансформанті;

- другий варіант реалізується у разі використання нерівномірно-діагонального формату (НДФ) трансформанти.

Кількість  $D(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$  інформації (рівень інформативності) трансформанти для першого варіанту оцінюється за допомогою виразу (1). Рівень  $D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$  інформативності для другого варіанту розгляду трансформанти визначається за формулою (7).

Результати експериментального оцінювання за двома величинами  $D(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$  та  $D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$  в біт/трансформанта представлено у вигляді діаграм на рис. 2.

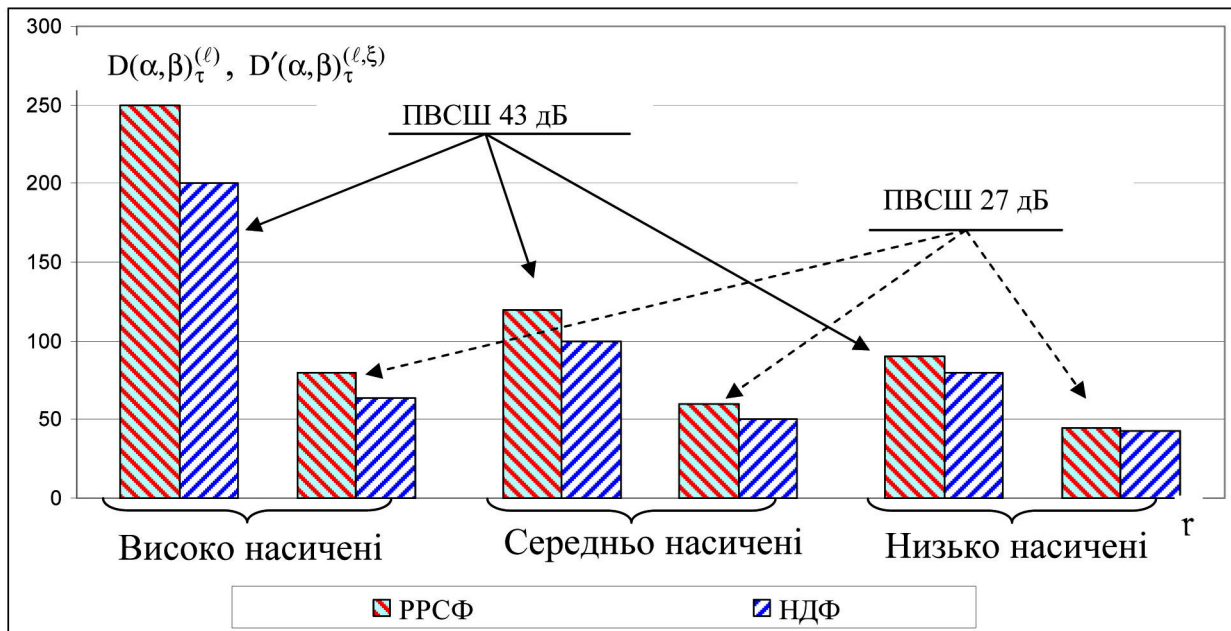


Рис. 2. Діаграми залежності величин  $D(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell)}$ ,  $D'(\alpha, \beta)_\tau^{(\ell, \xi)}$  від рівня інформативності відеосегментів та значення ПВСШ

За результатами аналізу наведених діаграм можна заключити наступне. Рівень інформативності (кількість інформації) в трансформанті у разі переходу в процесі врахування комбінаторної конфігурації шляхом обліку спектральних діапазонів від рядково-стовпцової системи (РРСФ) до нерівномірно-діагональної (НДФ) зменшуються. Отже маємо:

1) зниження рівня інформативності від 16 до 29 % в залежності від рівня ПВСШ, який змінюється відповідно від 27 дБ до 44 дБ.

2) найбільший виграш за рівнем зменшення інформативності досягається у разі збільшення насиченості відеосегментів.

Додаткове скорочення надмірності трансформанти без додаткових корекцій відносно візуаль-

ного їх сприйняття досягається на основі врахування наступних особливостей діагональної структурованості комбінаторної конфігурації трансформанти :

- зменшення діапазону зміни значень компонент у разі їх визначення в межах окремих діагоналей. В цьому випадку усувається вплив спектральних діапазонів низькочастотної області трансформанти на діапазон зміни значень компонент в області її високих частот;

- встановлення випадків, коли діапазон зміни значень компонент буде дорівнювати одиниці. Це відповідає варіанту складання діагоналі трансформанти виключно з таких компонент, які мають нульові значення. Такий випадок відповідає варіанту нульової інформативності. Тобто відповідна діа-

гональ з одиничним спектральним діапазоном не вносить вклад до загальної інформативності трансформанти, у разі її інтерпретації як комбінаторного об'єкту;

- врахування схильності значень спектральних компонент до утворення субмонотонних послідовностей за діагональним напрямком. Розгортання компонент трансформанти у послідовності за діагональним напрямком більш схильне до утворення субмонотонних підпослідовностей;

- врахування більш характерної особливості для компонент розгорнутих за діагональним напрямком. Вона стосується наявності умови строгої монотонності (зростаюча або спадна) для двохелементних ділянок трансформанти, тобто для суміжних компонент діагоналі. Означена особливість узагальнюється умовою, яка кроїться у нерівності суміжних компонент діагоналі трансформанти;

- врахувати вплив кроку квантування спектрального діапазону трансформанти на:

- діапазон зміни значень її компонент. Оскільки матриця квантування переважно будується за діагональною структурою. Тобто значення елементів матриці квантування мають діагональну текстуру. В межах діагоналі вони мають рівні значення, та збільшуються за діагональним напрямком в бік високочастотної області трансформанти;

- забезпечення умови щодо нерівності суміжних компонент діагоналі трансформанти. Наприклад, квантування спектрального діапазону можна проводити в умовах не найбільшого скорочення психовізуальної надмірності, а в умовах забезпечення нерівності між сусідніми компонентами діагоналі трансформанти.

Отже для спектрального опису відеосегменту існує можливість збільшити кількість потенційно скорочуємої надмірності без втрат візуальної якісної оцінки на основі врахування структурних залежностей в діагональному представленні трансформанти.

### Висновки

1. Вперше створено модель оцінювання інформативності трансформанти на основі зважання її комбінаторної конфігурації. Відмінності моделі полягають у наступному :

- трансформанта розглядається як комбінаторний об'єкт в нерівномірно-діагональній системі координат за категорією перестановка із повтореннями з неоднорідними обмеженнями на діапазони зміни значень її компонент;

- враховується найбільший вплив структурно-топологічних та психовізуальних особливостей нерівномірно-діагональної текстури трансформанти на зменшення спектральних діапазонів її діагоналей.

Забезпечує оцінювання потенційних можливостей структурно-комбінаторного підходу щодо зменшення бітового об'єму відеосегменту та умови побудови вагових коефіцієнтів в процесі кодування трансформанти.

2. Створено модель оцінювання інформативності трансформанти, як комбінаторного об'єкту з врахуванням її структурно-топологічних особливостей та особливостей психовізуального сприйняття реконструйованих відеосегментів. Врахування комбінаторних конфігурацій зумовлено наступними характерними рисами трансформанти:

- зменшення діапазону зміни значень компонент у разі їх визначення в межах окремих діагоналей;

- встановлення випадків, коли діапазон зміни значень компонент буде дорівнювати одиниці;

- врахування схильності значень спектральних компонент до утворення субмонотонних послідовностей за діагональним напрямком;

- врахування наявності умови нерівності суміжних компонент діагоналі трансформанти.

### Наукова новизна

Удосконалено модель оцінювання інформативності трансформанти на основі врахування її комбінаторної конфігурації. Відмінність моделі полягає у тому, що комбінаторні конфігурації, які зумовлені структурно-топологічними особливостями трансформанти, встановлюються шляхом визначення спектральних діапазонів за діагональним напрямком. Це дозволяє

- збільшити адекватність моделі щодо врахування реальної комбінаторної конфігурації трансформанти;

- додатково зменшити кількість структурно-комбінаторної та психовізуально-комбінаторної надмірності трансформанти.

3. За рахунок зважання особливостей комбінаторної конфігурації трансформанти в нерівномірно-діагональній системі координат її компонент, досягається потенціал щодо додаткового скорочення структурно-комбінаторної та психовізуально-комбінаторної надмірності що найменш на 15–30 % в залежності від рівня інформативності відеосегменту та рівня забезпечення ПВСШ. При цьому такий процес не передбачає додаткового внесення спотворень при обробці компонент трансформанти.

### ЛІТЕРАТУРА

- [1] Бурячок В. Л., Гулак Г. М., Хорошко В. О. Завдання, форми та способи ведення воєн у кібернетичному просторі. *Наука і оборона*. 2011. № 3. С. 35–42.

- [2] Бурячок В.Л. Основи формування державної системи кібернетичної безпеки: Монографія. К. : НАУ, 2013. 432 с.
- [3] Бараник В.В., Власов О.В. Обґрунтування значимих (актуальних) загроз безпеки відеоінформаційного ресурса систем відеоконференц-зв'язку профільних систем управління. Інформаційно-управляючі системи на залізничному транспорті. 2014. № 3. С. 107–114.
- [4] Chen T.-H., Wu Ch.-S. Efficient multi-secret image sharing based on Boolean operation. *Signal Processing*. 2011. Vol. 91, Iss. 1. P. 90–97. DOI: 10.1016/j.sigpro.2010.06.012.
- [5] Barannik V., Shulgin S., Krasnorutsky A., Slobodyanyuk O., Gurzhii P., 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. P. 38–43. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349257.
- [6] Баранник В.В., Шульгін С.С., Баранник 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.
- [7] Barannik V., Sidchenko S., Barannik N., Barannik V. Development of the method for encoding service data in cryptocompression image representation systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologie*. 2017. Vol. 3. № 9(111). P. 112–124.
- [8] 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*. P. 87–91. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9349300>.
- [9] Tsai Ch.-L., Chen Ch.-J., Hsu W.-L. Multi-morphological image data hiding based on the application of Rubik's cubic algorithm. *Carnahan Conference on Security Technology (ICCST): proceedings of the IEEE International Conference*. 2012. P. 135–139. DOI: 10.1109/CCST.2012.6393548.
- [10] Tatyana Belikova, Albert Lekakh, 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. P. 426–429. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847754.
- [11] Wong K. W. Image encryption using chaotic maps. *Intelligent Computing Based on Chaos*. 2009. Vol. 184. P. 333–354. DOI: 10.1007/978-3-540-95972-4\_16.
- [12] Vladimir Barannik, Victoriya Himenko, Natalia Barannik, Vitaliy Tverdokhlib, Yurii Babenko Method of coding dynamic sequence of frame-spline structures of provided frames in info-communications. *IEEE 4rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (IEEE AICT 2021)*. 2021. P. 414–418
- [13] Kurihara K., Watanabe O., Kiya H. An encryption-then-compression system for JPEG XR standard. *Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB): proceedings of the IEEE International Symposium*, 2016. P. 1–5. DOI: 10.1109/BMSB.2016.7521997.
- [14] Zhou J., Liu X., Au O. C., 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. P. 39–50. DOI: 10.1109/TIFS.2013.2291625.
- [15] Information technology – JPEG 2000 image coding system: Secure JPEG 2000 [Text]. *International Standard ISO/IEC 15444-8, ITU-T Recommendation T. 807*, 2007. 108 p.
- [16] Шульгін С.С. Технологія кодування трансформованих відеосегментів в нерівноваговому діагонально-позиційному просторі. *Наукоємні технології*, 2022, № 2(54), С. 147–154.
- [17] Odarchenko Roman, Gnatyuk Viktor, Gnatyuk Sergiy, Abakumova Anastasiia. Security key indicators assessment for modern cellular networks. *System Analysis & Intelligent Computing (SAIC): proceedings of the IEEE First International Conference*, 2018. P. 1–7. <https://doi.org/10.1109/SAIC.2018.8516889>.
- [18] Barannik V., Barannik N., Khimenko V. Method of indirect information hiding in the process of video compression. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2021. № 4. P. 119–131. <https://doi.org/10.32620/reks.2021.4>.
- [19] Minemura K., Moayed Z., Wong K., Qi X., Tanaka K. JPEG image scrambling without expansion in bitstream size. *Image Processing: proceedings of the 19th IEEE International Conference*, 2012. P. 261–264. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2012.6466845>.
- [20] Barannik V., Barannik V., Havrylov D., 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. P. 54–57. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847897.
- [21] Barannik Valeriy. 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. P. 72–76. <https://doi.org/10.1109/ATIT50783.2020.9349356>.
- [22] Barannik D. Stegano-Compression Coding in a Non-Equalible Positional Base. *Advanced Trends*

- in *Information Theory (IEEE ATIT 2020)*: proceedings of the IEEE 2<sup>nd</sup> International Conference, 2020. P. 83–86. <https://doi.org/10.1109/ATIT50783.2020.9349328>.
- [23] Barannik V., Barannik N., Barannik D. 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<sup>th</sup> IEEE International Conference, 2020. P. 699–702. <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235522>.
- [24] Barannik V., Belikova T., Gurzhi P. 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. P. 656–661. <https://doi.org/10.1109/ATIT49449.2019.9030432>.
- [25] 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. P. 378–380.
- [26] Barannik V., Hahanova A., Slobodyanyuk A. Architectural presentation of isotopic levels of relief of images. *Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM)*: proceedings of IEEE 10<sup>th</sup> International Conference, 2009. P. 385–387.
- [27] Komolov D., Zhurbynskyy D., Kulitsa O. Selective Method For Hiding Of Video Information Resource In Telecommunication Systems Based On Encryption Of Energy-Significant Blocks Of Reference I-Frame. *Advanced Information and Communication Technologies (AICT'2015)*: proceedings of 1st International Conference. 2015. P. 80–83.
- [28] 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 5<sup>nd</sup> International Symposium, 2020. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/IDAACS-SWS50031.2020.9297068>.
- [29] Бараннік В. В., Колесник В. О., Бараннік Д. В., Шульгін С. С. Метод виявлення значимої інформації в просторово-часовій області відеознімку. *Сучасна спеціальна техніка*, 2022, № 4, С. 22–33.
- [30] Vladimir Barannik, Andrii Krasnorutsky, Roman Onyshchenko, Sergii Shulgin, Oleksandr Slobodyanyuk Marker Information Coding for Structural Clustering of Spectral Space. IEEE 3<sup>rd</sup> International Conference on Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2021), 2021, pp. 46–51. DOI: 10.1109/ATIT54053.2021.9678538.
- [31] V. Barannik, S. Shulgin, V. Himenko, V. Kolesnyk, P. Hurzhii and S. Podlesny, Method of Encoding Video Frames in Infocommunication Systems. IEEE 16<sup>th</sup> International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET 2022), 2022, pp. 521–524, doi: 10.1109/TCSET55632.2022.9767028.

**Баранник В. В., Шульгін С. С., Онищенко Р. С., Ушань В. М., Ігнат'єв О. О.  
МОДЕЛЬ ІНФОРМАТИВНОГО ОПИСУ СПЕКТРАЛЬНОГО ПРОСТОРУ  
ВІДЕОСЕГМЕНТІВ ЗА ДІАГОНАЛЬНО-НЕРІВНОМІРНОЮ ТЕКСТУРОЮ**

В статті надається обґрунтування необхідності усунення дисбалансу між зростаючим інформаційним навантаженням на інфокомунікацій та їх пропускнуою здатністю. Показано, що існує деструктивний вплив на функціонування систем критичної інфраструктури та комплексу ключових для життя-забезпечення сфер соціуму. Стверджується, що під час функціонування інфокомунікаційних систем вирішення питань інформаційного перевантаження мережі досягається шляхом застосування комплексного підходу. Показується, що одним з ключових тут є використання технологій управління та узгодження інтенсивності інформаційного трафіку. На основі проведених досліджень зазначається, що у разі критичного рівня відеоінформаційного потоку існуючі механізми регулювання не забезпечують перерозподіл трафіку згідно системи якості функціонування мережі. Тому потрібно створювати нові технології обробки та передачі відеоданих. Стверджено напрямки вдосконалення технологій управління відеотрафіком на рівні представлення інформації. Доказана необхідність створення нового методу компресійного кодування відеопотоку. Наводиться всебічний аналіз останніх досліджень. На основі чого показано, що найбільш ефективні результати досягаються для методів кодування з врахуванням закономірностей відеосегментів в спектральному просторі. Обґрунтовується наявність притаманних недоліків. Вони стосуються залежності їх ефективності від рівня втрат достовірності інформації. Для локалізації даних недоліків в статті запроваджується створення процесу скорочення надмірності організовувати на основі виявлення нових закономірностей в структурі трансформованих відеосегментів. Одним з таких напрямків є підхід, що засновано на кодуванні нерівномірно-діагональних послідовностей трансформант. При цьому враховуються залежності структурного характеру. Відповідно виключаються випадки до-



даткової втрати рівня достовірності відеоінформації. Створюється модель оцінювання інформативності трансформанти, як комбінаторного об'єкту з врахуванням її структурно-топологічних особливостей та особливостей психовізуального сприйняття реконструйованих відеосегментів.

**Ключові слова:** відеосервіс, інформативність відеосегментів, кодування відеосегментів, спектральний простір, нерівномірні діагоналі трансформанти, структурна надмірність.

**Barannik V., Shulgin S., Onyshchenko R., Ushan V., Ignatyev O.**  
**MODEL OF INFORMATIVE DESCRIPTION OF THE SPECTRAL SPACE OF VIDEO SEGMENTS BY DIAGONALLY UNEVEN TEXTURE**

*The article provides justification for the need to eliminate the imbalance between the growing information load on infocommunications and their bandwidth. It is shown that there is a destructive influence on the functioning of critical infrastructure systems and a complex of key areas of society for life. It is argued that during the functioning of infocommunication systems, the solution of issues of information overload of the network is achieved through the use of an integrated approach. It is shown that one of the key here is the use of management technologies and the coordination of the intensity of information traffic. Based on the research, it is sealed that in the case of a critical level of video information flow, the existing regulatory mechanisms do not ensure the redistribution of traffic according to the quality system of network functioning. Therefore, it is necessary to create new technologies for processing and transmitting video data. The direction of improving video traffic management technologies at the level of information presentation has been approved. The need to create a new method of compression coding of the video stream has been proven. A comprehensive analysis of the latest research is given. On the basis of which it is shown that the most effective results are achieved for coding methods, taking into account the patterns of video segments in spectral space. The presence of inherent shortcomings is justified. They relate to the dependence of their effectiveness on the level of loss of reliability of information. To localize these shortcomings, the article introduces the creation of a process for reducing redundancy to organize based on the identification of new patterns in the structure of transformed video segments. One of these directions is an approach based on the coding of unevenly diagonal sequences of transformants. This takes into account structural dependencies. Accordingly, cases of additional loss of the level of reliability of video information are excluded. A model for assessing the informativeness of the transformant as a combinatorial object is being created, taking into account its structural and topological features and features of the psychovisual perception of the reconstructed video segments.*

**Keywords:** video service, informative of video segments, encoding of video segments, spectral space, uneven diagonals transformers, structural redundancy.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2022 р.  
Прийнято до друку 15.01.2023 р.