

DOI:
УДК 004.622: 517.927

С. В. Тюлюпа, д-р техн. наук, проф.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
orcid.org/0000-0002-1919-9174
e-mail: tolupa@i.ua;

С. В. Наконечний, д-р техн. наук, проф.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
orcid.org/0000-0002-0247-5400

О. Г. Плющ, д-р техн. наук, проф.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
orcid.org/0000-0001-5310-0660

О. І. Ведмідь, кандидат технічних наук, доцент
Харківського національного університету Повітряних Сил
orcid.org/0000-0002-1033-8721
e-mail: oibedmidb@ukr.net

Д. В. Сіненко, кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
orcid.org/0000-0002-1437-7138

ОБГРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА КОДУВАННЯ В СИСТЕМАХ ПРИХОВУВАННЯ ТА СТИСНЕННЯ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ

Вступ

Класичні методи стиснення (кодування), приховування та захисту зображення пов'язані перерозподілом елементів зображення з просторово-часової площини в спектрально-частотну [1; 2]. Цим досягається підвищення нерівномірності розподілу ймовірності таких елементів. В такому випадку середня довжина статистичних кодів буде зменшуватись. Отже ефективність стиску буде збільшуватись.

При цьому потрібно враховувати різний рівень насиченості зображення ділянками з дрібними об'єктами. Найбільш проблемними під час застосування методів стиску є сильнонасичені зображення [3; 4]. Тобто зображення що мають низький ступень міжелементної кореляції. Відомо, що середня довжина статистичного коду у випадку рівномірного закону розподілу компонент буде прагнути до 8 біт на одну компоненту [5; 6]. Тобто потенційна можливість щодо стиску зображення прагне до 0. Крім того суттєве значення мають часові витрати на роботу самої технології стиску.

Це призводить до *суперечності* між вимогами до зменшення об'єму вихідного файлу та збереження якості зон інтересу сильнонасиченого зображення [7; 8]. Отже, існує насущна

потреба у вирішенні *науково-прикладної задачі*, що стосується підвищення коефіцієнту стиску під час компресії сильно насиченого зображення, а також зменшення часових витрат на виконання технології стиску.

Для вирішення такої задачі в існуючих технологіях стиску використовується ортогональні перетворення [9; 10]. Функція яких пов'язана з перерозподілом енергії компонент зображення між коефіцієнтами створеної трансформанти. Але ж класичні методи стиску (платформа JPEG) не враховують ступінь насиченості зображення.

Отже реалізація методів компресії зображення висуває додаткові вимоги до вибору ортогональних перетворювань в алгоритмах компресії зображення. Тому актуальним є дослідження технологій апроксимації зображень ортогональними перетвореннями на базі кусково-постійних функцій в системах стиску.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідження технологій перетворення і кодування в системах приховування і стиснення відеозображень свідчить про те, що це є необхідною еволюцією в цифровому форматі відеозображень [9; 10]. Оскільки попит на високоякісний відеоконтент продовжує зростати, то традиційних методів стиснення відеозображення

стає вже недостатньо [11; 2]. Складність сучасного відеоконтенту вимагає більш досконалої структури, яка може ефективно збалансувати якість, безпеку та ефективність телекомунікаційних технологій [13; 14].

Обґрунтувавши такий підхід, ми зможемо вирішити такі критичні проблеми як [15; 16]:

- обмеження пропускної здатності каналів зв'язку за рахунок зменшення обсягу файлу за рахунок використання методів компресії [17; 18];
- збереження якості сильнонасичених ділянок зображення [19; 20].

Відомі методи кодування дозволяють стверджувати що є потенціал перспективних шляхів подальшого їх розвитку [21; 22]. Це має важливе значення в сучасному світі, де питання економії ресурсів, в тому числі інформаційних, є першочерговими [23; 24]. Оскільки галузеві структури все більше покладаються на відео для комунікації, маркетингу та освіти, то застосування передових методів трансформації виведе компанії на передові інноваційні рубежі, а отже надають більше спроможностей та можливостей подальшого їх розвитку [25; 26].

Тож, слід зазначити, що застосування новітнього підходу до трансформації даних за рахунок використання технології кодування – це не просто вибір, а обов'язкова умова для організацій, які прагнуть процвітати в цифровому середовищі, що постійно змінюється.

Постановка задачі

Стрімкий розвиток технологій у системах кодування та стиснення відео вимагає ґрунтовного обґрунтування підходів, які застосовуються в цих галузях [27; 28]. Оскільки попит на високоякісний відеоконтент продовжує зростати, то зростає і потреба в ефективних методах, що оптимізують як зберігання, так і передачу без завдання спотворень якості за умови мінімізації часових витрат. Вимога передових підходів є здатність відповідати очікуванням користувачів та насамперед забезпечити масштабованість [29; 30].

Тому, **мета статті** полягає у розробці методу дослідженні технологій апроксимації зображень ортогональними перетвореннями на базі кусково-постійних функцій в системах стиску.

Обґрунтування напрямку вирішення науково-прикладної задачі

Використання в методах стиснення зображень двовимірних ортогональних перетворень зумовлено [31–33]:

1) зниженням двовимірної статистичної залежності між елементами оброблюваних блоків зображень. В результаті чого формується трансформанта $Y(m; n)$ ортогональних перетворень,

компоненти якої характеризуються нерівномірністю розподілу ймовірностей їх значень. У цьому випадку виконується нерівність:

$$H_{tr}^{(B)} = - \sum_{y(k;\ell)=0}^{B_{tr}} h(y(k;\ell)) \lll H_{tr}^{(X)} = \log_2 B_{tr}, \quad (1)$$

$$h(y(k;\ell)) = \begin{cases} P(y(k;\ell)) \log_2 P(y(k;\ell)), & \text{якщо } P(y(k;\ell)) > 0; \\ 0, & \text{якщо } P(y(k;\ell)) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де $H_{tr}^{(X)}$ та $H_{tr}^{(B)}$ – відповідно кількість інформації на одну компоненту до та після врахування закону розподілу ймовірностей $P(y(k;\ell))$ появи величин $y(k;\ell)$; $y(k;\ell)$ – значення компоненти, що має у трансформанті координати $(k;\ell)$; B_{tr} – динамічний діапазон трансформант ортогональних перетворень, що дорівнює

$$B_{tr} = |y_{\max}| - |y_{\min}|; \quad (3)$$

$$y_{\max} = \max_{\substack{0 \leq k \leq m-1; \\ 0 \leq \ell \leq n-1}} (y(k;\ell)); \quad (4)$$

$$y_{\min} = \min_{\substack{0 \leq k \leq m-1; \\ 0 \leq \ell \leq n-1}} (y(k;\ell)),$$

де y_{\max} та y_{\min} – відповідно максимальне та мінімальне значення компоненти у трансформанті ортогонального перетворення.

Причому, згідно з властивостями ентропії інформаційних джерел Бернуллі, величина $H_{tr}^{(B)}$ буде тим меншою, чим більший ступінь нерівномірності розподілу $P(y(k;\ell))$ [33];

2) тим, що величина помилки апроксимації ε елементів зображень на основі базисних функцій ортогональних перетворень розподіляється по всіх елементах відновленого блоку зображення:

$$\varepsilon = |x(i;j) - x(i;j)^*|, \quad (5)$$

де $x(i;j)$ – координати елементів блоку вихідного зображення; $x(i;j)^*$ – координати елементів блоку відновленого зображення.

У цьому випадку підвищується якість візуального сприйняття зображення.

У загальному випадку пряме та зворотне ортогональні перетворення задаються відповідно до виразів [30]:

$$Y(n,m) = \frac{1}{C_n} F(n) X(n,m) F'(m); \quad (6)$$

$$X(n,m) = \frac{1}{C_n} F'(n) Y(n,m) F(m), \quad (7)$$

де $Y(n,m)$ – трансформанта ортогонального перетворення розмірністю $n \times m$; $X(n,m)$ – масив

розмірністю $n \times m$, складений із елементів вихідного зображення; $F(n)$ – матриця дискретних значень базисних функцій; $F'(m)$ – транспонована матриця дискретних значень базисних функцій; C_n – коефіцієнт нормування.

В системах стиску розміри блоків, що підлягають обробки вибираються рівними один до одного, тобто $n = m$.

Значення елементів матриці $F(n)$ визначаються видом базисних функцій ортогональних перетворень:

– для синусно-косинусного перетворення матриця $F(n)$ дорівнює $F(n) = F_{sc}(k; \ell)$:

$$F_{sc}(k; \ell) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{n}}, & \text{якщо } \ell=0; \\ \sqrt{\frac{2}{n}} \cos \frac{(2k+1) \ell \pi}{2n}, & \text{якщо } \ell=\overline{1, n}; \end{cases} \quad (8)$$

– для другого типу синусно-косинусного перетворення матриця $F(n)$ дорівнює

$$F(n) = F_{scot}(q, \beta, t):$$

$$F_{scot}(q, \beta, t) = F_{scot}(0, 0, t) = 1, \quad t \in [0; 1)$$

$$F_{scot}(q, \beta, t) = \begin{cases} \sqrt{2^q}, & \text{для } \frac{\beta-1}{2^q} \leq t < \frac{\beta-(1/2)}{2^q}; \\ -\sqrt{2^q}, & \text{для } \frac{\beta-(1/2)}{2^q} \leq t < \frac{\beta}{2^q}; \\ 0, & \text{для } \frac{\beta}{2^q} \leq t < 1; \end{cases} \quad (9)$$

$$0 \leq q \leq (\log_2 n) - 1; \quad 1 \leq \beta \leq 2^q.$$

– для перетворення кусково-постійними функціями матриця $F(n)$ дорівнює $F(n) = F_{pc}(k, \ell)$:

$$F_{pc}(k, \ell) = (-1)^{\sum_{\xi=0}^{\log_2 n - 1} v_{\xi}(k) \ell_{\xi}}; \quad k, \ell = \overline{0, n-1}; \quad (10)$$

$$v_0(k) = k_{q-1}; \quad v_1(k) = k_{q-1} + k_{q-2}.$$

Порівняємо вибрані види дискретних ортогональних перетворень за часовими витратами на обробку тестових зображень. При цьому врахуємо, що на пряме і зворотне двовимірне перетворення кусково-постійними функціями витрачається $2N^2 \log_2 N$ операцій складання та віднімання $K(+, -)_y$, тобто:

$$K(+, -)_y = 2n^2 \log_2 n. \quad (11)$$

Оцінка часових витрат $T_{triat}^{(\phi)}$ на ϕ -е ортогональне перетворення однієї кольорової площини здійснюється за виразом:

$$T_{triat}^{(\phi)} = \frac{NM}{n^2} \left(\frac{K(+, -)_{\phi}}{U(+, -)_{обр}} + \frac{K(\times, /)_{\phi}}{U(\times, /)_{обр}} \right), \quad (12)$$

де $K(+, -)_{\phi}$, $K(\times, /)_{\phi}$ – відповідно кількість операцій складання (віднімання) та множення (розподілу), яке необхідно виконати для ϕ -го виду ортогонального перетворення блоку розмірністю n^2 ; $U(+, -)_{triat}$, $U(\times, /)_{triat}$ – кількість операцій відповідно до складання (віднімання) та множення (поділу), що виконується обчислювальною системою за 1 сек; $\frac{NM}{n^2}$ – кількість блоків розмірністю n^2 в зображенні розмірністю NM .

Оскільки між швидкістю виконання операцій складання (віднімання) та операцій множення (поділу) виконується нерівність $U(+, -)_{triat} > U(\times, /)_{triat}$, то виразимо величину $U(\times, /)_{triat}$ через величину $U(+, -)_{triat}$ з використанням коефіцієнту C_{triat} :

$$U(+, -)_{triat} = C_{triat} U(\times, /)_{triat},$$

або

$$U(\times, /)_{triat} = \frac{U(+, -)_{triat}}{C_{triat}}, \quad (13)$$

де C_{triat} – коефіцієнт, що показує скільки разів для обчислювальних систем швидкість виконання операцій складання (віднімання) перевищує швидкість виконання операцій множення (поділу).

У цьому випадку співвідношення (12) набуває вигляд:

$$T_{triat}^{(\phi)} = \frac{NM}{n^2} \left(\frac{K(+, -)_{\phi} + C_{triat} K(\times, /)_{\phi}}{U(+, -)_{triat}} \right). \quad (14)$$

Згідно з виразом (14), час $T_{triat}^{(\phi)}$ для різних видів ортогональних перетворень дорівнює:

– для синусно-косинусного перетворення:

$$T_{triat}^{(sc)} = \frac{NM}{n^2} \left(\frac{2n^2 \log_2 n (C_{triat} + 1)}{U(+, -)_{triat}} \right) = NM \left(\frac{2 \log_2 n (C_{triat} + 1)}{U(+, -)_{triat}} \right); \quad (15)$$

– для синусно-косинусного перетворення другого типу:

$$T_{triat}^{(scot)} = \frac{NM}{n^2} \left(\frac{2n^2 + C_{triat} n^2}{U(+, -)_{triat}} \right) = NM \left(\frac{(C_{triat} + 2)}{U(+, -)_{triat}} \right); \quad (16)$$

– для перетворення кусково-постійними функціями:

$$T_{treat}^{(pc)} = \frac{NM}{n^2} \left(\frac{2n^2 \log_2 n}{U(+,-)_{treat}} \right) = NM \left(\frac{2 \log_2 n}{U(+,-)_{treat}} \right). \quad (17)$$

З порівняльного аналізу виразів (15)–(17) випливає, що:

– сумарна кількість арифметичних операцій на ортогональне перетворення кусково-постійними функціями менше, ніж кількість операцій, що витрачається на виконання синусно-косинусного перетворення, тобто виконується нерівність $T_{treat}^{(pc)} < T_{treat}^{(sc)}$. Причому має істину таке рівняння:

$$\frac{T_{treat}^{(sc)}}{T_{treat}^{(pc)}} = (C_{treat} + 1); \quad (18)$$

– часові витрати на виконання арифметичних операцій, що відповідають ортогональному перетворенню кусково-постійними функціями, будуть меншими за часові витрати, необхідні для виконання арифметичних операцій для синусно-косинусного перетворення $T_{treat}^{(pc)} < T_{treat}^{(sc)}$ якщо виконується нерівність:

$$C_{treat} > 2 \log_2 n - 2, \quad (19)$$

де $C_{treat} = \frac{U(+,-)_{treat}}{U(x,l)_{treat}}$.

Між величинами $T_{treat}^{(pc)}$ та $T_{treat}^{(sc)}$ виконується таке відношення:

$$\frac{T_{treat}^{(sc)}}{T_{treat}^{(pc)}} = \frac{C_{обр} + 2}{2 \log_2 n}. \quad (20)$$

Причому, якщо виконується нерівність (19), то:

$$\frac{C_{treat} + 2}{2 \log_2 n} > 1. \quad (21)$$

Вирази (18) і (20) визначають нижню межу виграшу за часом обробки для ортогонального перетворення кусково-постійними функціями щодо синусно-косинусного перетворення. Пояснюється це тим, що операції складання (віднімання), що виконуються для синусно-косинусного перетворення та перетворення кусково-постійними функціями, є відповідно речовими і частково речовими. Це призводить до додаткового збільшення часу обробки щодо часових витрат, необхідних на виконання цілочисельних операцій складання (віднімання) для перетворення кусково-постійними функціями.

Оцінку ступеня виграшу за часом обробки $T_{treat}^{(\phi)}$ для перетворення тестового сильна насиченого зображення розмірністю 1024×820 за умови застосування кусково-постійних функцій (часові витрати $T_{treat}^{(pc)}$) щодо синусно-косинусного перетворення (часові витрати $T_{treat}^{(sc)}$) для різних типів мікропроцесорів CPU наведено у таблиці та на рисунку.

Таблиця

Значення ступеня виграшу за часом обробки для ортогонального перетворення кусково-постійними функціями щодо синусно-косинусного перетворення

Модель процесора	Тактова частота	$T_{treat}^{(sc)} / T_{treat}^{(pc)}$	
		$n = 8$	$n = 16$
DragonBall	66	3,6	2,75
StrongARM	200	4,5	3,4
Transmeta	600	3,6	2,75
VIA C3	800	3,6	2,75

Такий аналіз показує, що мінімальний виграш за часом обробки для ортогонального перетворення кусково-постійними функціями щодо перетворення синусно-косинусного перетворення дорівнює 3,6 і 2,75 рази відповідно для розміру блока $n = 8$ і $n = 16$.

Виграш пояснюється тим, що на відміну від синусно-косинусного перетворення, значення елементів матриці базису кусково-постійних функцій є цілими числами і приймають тільки два значення 1 і -1. Тому виконання ортогонального перетворення кусково-постійними функціями

ґрунтується тільки на цілих операціях складання і віднімання.

Отже, запропонована технологія апроксимації елементів зображення кусково-постійними функціями має потенціал для зменшення часу обробки ортогонального перетворення в системах стиску зображень (рис. 1).

При цьому запропонована технологія має достатні властивості щодо технологічної сумісності та особливостями обробки зображень на базі JPEG-платформи.

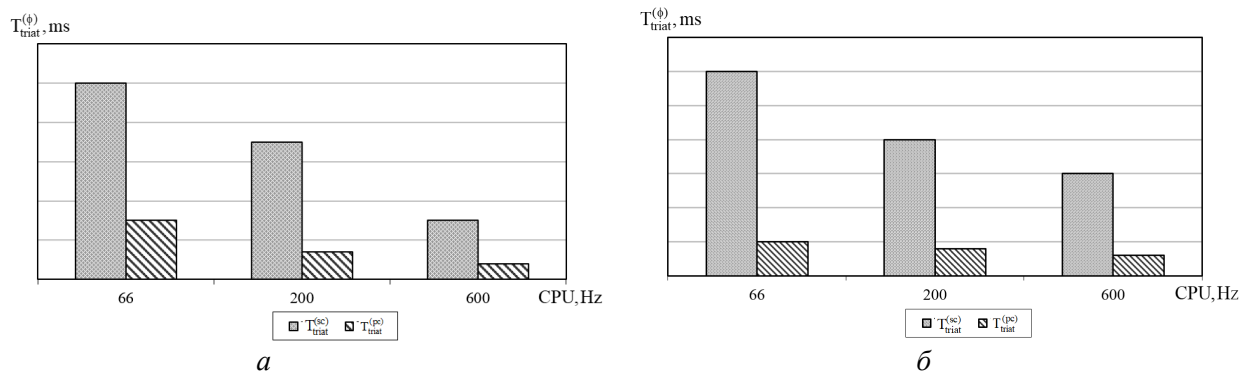


Рис. 1. Діаграми залежності часових витрат на обробку ортогональних перетворень в залежності від частоти процесора для блоків розмірністю $a - n = 8$, $b - n = 16$

Практичні дослідження свідчать щодо досягнення необхідного рівня візуальної якості сприйняття зображень після декомпресії.

Висновки

1. Обґрунтовано, що напрямком подальшого вдосконалення технологій стиску сильнонасичених зображень стосується в підвищенні потенціалу щодо зменшення часових витрат на виконання ортогонального перетворення під час обробки зображення.

2. Створено системи аналітичних виразів що практично дозволяють визначити значення характеристик технічних засобів, для яких часові витрати на ортогональне перетворення кусково-постійними функціями будуть менше ніж аналогічні витрати але з застосуванням існуючих методів що будуються на синусно-косинусному перетворенні.

3. Мінімальний вигаиш за часом обробки сильнонасичених зображень для ортогонального перетворення кусково-постійними функціями та синусно-косинусному перетворенні в середньому дорівнює 3,6 и 2,75 рази відповідно для розмірності оброблюємого блоку $n = 8$ та $n = 16$. Такий вигаиш обумовлений тим що значення елементів матриці базису кусково-постійних функцій є цілими числами, що приймають значення 1 та -1. Запропоноване перетворення ґрунтується тільки на цілочісельних арифметичних операціях.

ЛІТЕРАТУРА

[1] S. Ramakrishnan, et al. Cryptographic and Information Security Approaches for Images and Videos. CRC Press, 2018. 962 p. DOI: 10.1201/9780429435461.

[2] Бараннік В. В., Шульгін С. С., Бабенко Ю. М., Онищенко Р. С., Рєвва К. В., Белікова Т. В., Ігнатєв О. О. Technology of Sliding Coding of Uneven Diagonal Sequences in Two-Dimensional Spectral Space of Transformants. *Visnyk NTUU KPI Seriiia – Radiotekhnika Radioaparotobudu-*

vannia. 2023. (94). P. 13–23. DOI: 10.20535/RADAP.2023.94.13-23.

[3] ITU-T Recommendation H.265. International Telecommunication Union. 2021, pp. 50–55.

[4] Бараннік В. В., Сідченко С. О., Бараннік Д. В., Чорномаз І. К., Гуржій П. М., Григор’ян М. Б. Saving Elements Methods for Service Components of Images Cryptocompression Codograms. *Visnyk NTUU KPI Seriiia – Radiotekhnika Radioaparotobudu-*

[5] Hassan E. T., Hasan R., Shaffer P., Crandall D., Kapadia A. Cartooning for Enhanced Privacy in Lifelogging and Streaming Videos. *Computer Vision and Pattern Recognition Workshops: proc. IEEE Conf. (CVPRW)*. 21–26 July 2017. Honolulu, USA, 2017. P. 1333–1342. DOI: 10.1109/CVPRW.2017.175.

[6] Gonzalez R., Woods R. *Digital Image Processing*. Pearson Education. 2018, pp. 310–315.

[7] ITU-T Recommendation H.264. International Telecommunication Union. 2017, pp. 45–48.

[8] Krasnorutsky A., Barannik V., Shulgin S., Kolesnyk V., Kharchenko N., Revva K. Integration of Video Image Decryption Coding into a Remote Video Information Service. 2023 IEEE 5th International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT). Lviv, Ukraine, 2023. P. 1–6. DOI: 10.1109/AICT61584.2023.10452679.

[9] Козловський В., Толстікова О., Савченко А., Клобукова Л. Критерії вибору спектрально-ефективних сигналів у бездротових інформаційних мережах. *Наукоємні технології*. 2022. № 4(56). С. 286–273. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.56.17125>.

[10] AV1 Documentation. Alliance for Open Media. 2020, pp. 15–20.

[11] Bross B., Wang Y.-K., Ye Y., Liu S., Chen J., Sullivan G. J., Ohm J.-R. Overview of the versatile video coding (VVC) standard and its applications. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2021. Vol. 31,

- No. 10. P. 3736–3764. DOI: 10.1109/TCSVT.2021.3101953.
- [12] Göring S., Raake A. Evaluation of Intra-Coding Based Image Compression. 2018. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8946162> (дата звернення: 12.11.2024).
- [13] Barannik V. et al. Significant Microsegment Transformants Encoding Method to Increase the Availability of Video Information Resource. IEEE Advanced Trends in Information Theory (ATIT): proceedings of 2nd Intern. Conf. (Kyiv, Ukraine, November 25–27, 2020). Kyiv, 2020. P. 52–56. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349256.
- [14] Barannik V. et al. The Methods of Intellectual Processing of Video Frames in Coding Systems in Progress Aeromonitor to Increase Efficiency and Semantic Integrity. 2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT). Kyiv, Ukraine, 2022. P. 53–56. DOI: 10.1109/ATIT58178.2022.10024208.
- [15] Uhrina M., Sevcik L. et al. Performance Comparison of VVC, AV1, HEVC, and AVC for High Resolutions. Electronics. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/5/953> (дата звернення: 15.10.2024).
- [16] Бараннік В. В., Цімура Ю. В., Гаврилов Д. С., Гуржій П. М., Колесник В. О. Метод адаптивного цілісного арифметичного кодування з врахуванням RLE-перетворення. Системи і технології зв'язку, інформатизації та кібербезпеки. 2023. № 3. С. 5–13. doi: 10.58254/viti.3.2023.01.05
- [17] Grois D., Marpe D., Mulayoff A., Itzhaky B., Hadar O. Performance comparison of H.265/MPEG-HEVC, VP9, and H.264/MPEG-AVC encoders. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6737766/authors#authors> (дата звернення: 10.10.2024).
- [18] Dworetzky E., Kaziakhmedov E., Fridrich J. Advancing the JPEG Compatibility Attack: Theory, Performance, Robustness, and Practice. Proceedings of the 2023 ACM Workshop on Information Hiding and Multimedia Security. 2023. P. 67–79. DOI: <https://doi.org/10.1145/3577163.3595090>.
- [19] Barannik V., Shiryayev A. Quadrature compression of images in polyadic space. Proceedings of International Conference on Modern Problem of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. 2012. P. 422–422. INSPEC Accession Number: 12713484.
- [20] Sullivan G. J., Ohm J.-R., Han W.-J., Wiegand T. Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 2012. Vol. 22, No. 12. P. 1649–1668. DOI: 10.1109/TCSVT.2012.2221191.
- [21] Одарченко Р., Рябенко М., Іванова М., Аль-Мудхафар Акіл Абдулхусейн М. Метод аналізу взаємодії параметрів QOE та QOS на основі алгоритмів керування машинами. Наукоємні технології. 2022. № 4(56). С. 305–316. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.56.17130>.
- [22] Бараннік В. В., Красноруцький А. О., Колесник В. О., Пчельніков С. І., Бабенко Ю. М., Шейгас О. М. A Method of Coding Video Segments in Spectral-Cluster Space with Detection of Structural Features. Visnyk NTUU KPI Seriiia – Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia. 2022. (90). P. 21–30. DOI: 10.20535/RADAP.2022.90.21-30.
- [23] Barannik V. et al. Development of Adaptive Arithmetic Coding Method to the Sequence of Bits. In: Zawiślak S., Rysiński J. (eds) Engineer of the XXI Century. EngineerXXI 2018. Mechanisms and Machine Science. Vol. 70. Springer, Cham, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-13321-4_18. ISSN 2211-0984.
- [24] Barannik V., Khimenko V., Barannik N. Method of indirect information hiding in the process of video compression. Radioelectronic and Computer Systems. 2021. No. 4. P. 119–131. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2021.4>.
- [25] Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2020. P. 225–230.
- [26] Barannik V., Krasnorutsky A., Kolesnik V., Barannik V., Pchelnikov S., Zeleny P. Compression method in terms of ensuring the fidelity of video images in infocommunication networks. Radioelectronic and Computer Systems. 2022. No. 4(100). P. 10–24. DOI: 10.32620/reks.2022.5/09.
- [27] Barannik V. et al. A Method of Scrambling for the System of Cryptocompression of Codograms Service Components. In: Klymash M., Luntovskyy A., Beshley M., Melnyk I., Schill A. (eds) Emerging Networking in the Digital Transformation Age. TCSET 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering. Vol. 965. Springer, Switzerland, Cham, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-24963-1_26.
- [28] Бараннік В. В., Красноруцький А. О., Колесник В. О., Сушко А. Л., Єлісєєв Є. С., Федоровський О. В. Video Segments Stamping Method Saving Their Reliability in the Spectral-Cluster Space. Visnyk NTUU KPI Seriiia - Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia. 2023. (92). P. 41–53. DOI: 10.20535/RADAP.2023.92.41-53.
- [29] Бараннік В. В., Єлісєєв Є. С., Цімура Ю., Бабенко М. В., Тарасенко Д. Метод кластеризації послідовності трансформант за структурними ознаками їх спектрально-параметричного опису. Наукоємні технології. 2024. № 2(62). С. 185–192. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.62.18712>.

- [30] Barannik V., Berchanov A., Barannik V., Babenko M., Onyshchenko R., Kolodiichuk L. Method of Mini Segments Encoding in Difference Space Using Haar Wavelet. 2023 IEEE 5th International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT). Lviv, Ukraine, 2023. P. 1–4. DOI: 10.1109/AICT61584.2023.10452674.
- [31] Bar'annik V. et al. Method of Coding Video Images Based on Meta-Determination of Segments. In: Luntovskyy A., Klymash M., Melnyk I., Beshley M., Schill A. (eds) Digital Ecosystems: Interconnecting Advanced Networks with AI Applications. TCSET 2024. Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 1198. Springer, Cham, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-61221-3_27.
- [32] Бараннік В. В., Єлісеєв Є. С., Цімура Ю., Бабенко М. В., Ушань В. Метод стиснення кластеризованих трансформант на основі блочного кодування з локально-монотонним визначенням довжини. Наукоємні технології. 2024. № 3(63). С. 274–281. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.63.18971>.
- [33] Barannik V., Karpenko S. Method of the 3-D image processing. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET): proceedings of Intern. Conf. (Lviv-Slavsko, Ukraine, February 19–23, 2008), Lviv-Slavsko, 2008. P. 378-380.

Тюлюпа С. В., Наконечний С. В., Плющ О. Г., Ведмідь О. І., Сіненко Д. В.
ОБГРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА КОДУВАННЯ
В СИСТЕМАХ ПРИХОВУВАННЯ ТА СТИСНЕННЯ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ

Обґрунтовується що класичні методи стиску реалізовані на платформі JPEG не враховують ступінь насиченості зображення. Надається пояснення щодо залежності часових витрат і коефіцієнту стиску від ступеню кореляції елементів зображення. Для підвищенні ефективності технології стиску запропоновано змінити роботу етапу перерозподілу елементів зображення з просторово-часової площини в спектрально-частотну. Обґрунтовано, що напрямок подальшого вдосконалення технології стиску зображень стосується в підвищенні потенціалу щодо зменшення потрібного часу на виконання ортогонального перетворення під час обробки зображення. Обґрунтовано, що при обробці сильнонасичених зображень кусково-постійними функціями відбувається суттєве зменшення кількості задіяних арифметичних операцій в порівнянні з синусно-косинусним перетворенням.

Ключові слова: зображення, компресія, ефективність стиску, приховування інформації, захист інформації, часові витрати на виконання технології стиску.

Toliupa S., Nakonechnyi V., Pliushch O., Vedmid O., Sinenko D.
SUBSTANTIATION OF THE APPROACH TO TRANSFORMATION AND CODING
TECHNOLOGY IN VIDEO IMAGE HIDING AND COMPRESSION SYSTEMS

It is clear that classical compression methods implemented on the JPEG platform do not improve the saturation level of the image. An explanation is given for the duration of the hourly costs and the pressure coefficient for the correlation stage of the image elements. To increase the efficiency of the compression technology, it is necessary to change the robot stage of reorganizing the image elements from the space-hour area into the spectral-frequency area. It is lined that directly with further advanced technology, the image is pressed in the increased potential to change the required time to the new orthogonal transformation before the hour of image processing. It is confirmed that when processing highly saturated images with piecewise constant functions, there is a change in the number of arithmetic operations in equalization with sine-cosine transformations. Systems of analytical expressions have been created that practically allow one to measure the values of the characteristics of technical features, for which the hourly costs for orthogonal transformation of piecewise functions will be less than similar costs, rather than stagnation of the original methods What will happen on the sine-cosine conversion. The minimum gain per hour of processing for orthogonal transformation by piecewise constant functions and sine-cosine transformation in the average is 3.6 and 2.75 times similar for the size of the processed block. Such a game of reasoning is due to the fact that the values of the matrix elements are based on piecewise constant functions and are integer numbers that take values 1 and -1. Therefore, the transformation is based only on integer arithmetic operations. The technology of approximation of image elements by piecewise constant functions has been proposed and has the potential to change the processing time of orthogonal transformation in image compression technology. In this case, the technology has sufficient power due to the technological complexity with the peculiarities of image processing based on the JPEG platform. Practical research to ensure that the required level of visual strength is achieved after decompression.

Keywords: image, compression, compression efficiency, hours spent on modern compression technology.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2024 р.
Прийнято до друку 11.12.2024 р.