

DOI: 10.18372/2310-5461.70.21197

УДК 004.622: 517.927

В. В. Бараннік, д-р техн. наук, проф.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

<https://orcid.org/0000-0002-2848-4524>

e-mail: vvbar.off@gmail.com;

П. Д. Перцев

Харківський національний університет радіоелектроніки

<https://orcid.org/0009-0002-1692-0090>

e-mail: pavlo.pertsev@nure.ua

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ СЕГМЕНТІВ ДЛЯ СИСТЕМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ВІДЕОКОНТЕНТУ

Вступ

Сучасний стан розвитку інформаційних технологій має характер інтелектуалізації функцій обробки, аналізу інформації та прийняття рішень [1; 2]. В свою чергу це спонукає розвитку мобільних автономних систем. Важливою компонентою тут є використання технологій та моделей штучного інтелекту для вирішення багатопрофільних завдань [3; 4]. Сюди відносяться питання ідентифікації об'єктів, автономне позиціонування з прив'язкою до місцевості, захист інформації, керування інтенсивністю бітового потоку в процесі передачі в інформаційно-комунікаційних системах [5; 6].

Особлива складність виникає у разі обробки та аналізу відеоінформаційного контенту. Це зумовлено тим, що переважна більшість сучасних технологій кодування та захисту відеоінформації базуються на врахуванні психовізуальних залежностей [7; 8]. Наслідком такого є втрати цілісності у разі реалізації потреби досягненні потрібного рівня показників швидкості обробки та передачі даних в інформаційно-комунікаційних мережах [9; 10]. Звідси виникає певна обмеженість щодо подальшого збільшення ефективності сучасних технологій кодування відеоданих [11; 12]. Водночас з іншого боку така потреба дійсно існують. Даний аспект пояснюється тим, що збільшуються вимоги користувачів щодо характеристик відеосервісів, збільшується рівень автономності процесів прийняття рішень на основі моделей штучного інтелекту [13; 14]. Варіантом вирішення такої суперечності є врахування особливостей семантичного змісту відеоконтенту [15; 16]. Отже існує актуальна *науково-прикладна задача* щодо підвищення ефективності систем кодування відеоданих на основі врахування їх семантичного змісту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На даний час створено низка ефективних сучасних технологій кодування відеоданих, які базуються на стандартизованих форматах стиснення відеокадрів та динамічних потоків. До них можна віднести такі, як: H265/HEVC [17; 18] та H266/VVC [19; 20]. Відповідно окреслюються ряд напрямків щодо врахування для цих технологій особливостей (складності) контенту. До основних з них слід віднести такі:

1) використання адаптивних механізмів обробки фрагментів відеокадрів [21; 22]. Для сучасних технологій стиснення форматів HEVC та VVC такі механізми застосовуються на етапах [23; 24]:

- обрання розміру відеосегментів для подальшого кодування (побудова дерева синтаксису) [25; 26];

- вибору моделі прогнозування для побудови масивів залишків [27; 28].

В основі даних підходів лежить принцип скорочення бітрейту за дотриманням вимог щодо рівня середньоквадратичних показників, які визначають рівень цілісності. Недоліками тут є [29; 30]:

- підвищення складності обробки за рахунок багато ітераційного процесу побудови дерева синтаксису;

- наявність можливості провести лише грубу оцінку рівня бітрейту до початку процесу стиснення (ентропійного кодування)

2) застосування моделей штучного інтелекту для визначення значимих кадрів [31; 32]. В цьому разі існує можливість щодо встановлення значимості на рівні послідовності відеокадрів. У разі потреби інтелектуалізації внутрішньо кадрової обробки передбачається використання моделей штучного інтелекту, наприклад як представлено для методу JPEG AI [33; 34]. Водночас означений підхід має певні обмеження. Це стосу-

ється збільшення складності обробки та часових затримок в процесі навчання та формування латентного простору. Окрім того, виникають помилки в процесі ідентифікації об'єктів.

Звідси можна стверджувати щодо наявності певних недоліків існуючих підходів врахування складності семантичного контенту в процесі кодування та захисту відеоданих.

Постановка проблеми

Одним з ефективних напрямків підвищення ефективності семантичної селекції відеосегментів в процесі стиснення є розробка комбінованих підходів. В цьому разі базовим є ідентифікація (класифікація) сегментів за рівнем семантичної складності на основі набору ознак, які виявляються на рівні синтаксичного сприйняття відеоінформації. Основним завданням тут є вибір таких ознак, які одночасно матимуть асоціативну залежність з рівнем семантичної складності відеосегментів та допустиму енергоефективність обчислювального процесу [33; 35].

Відповідно пропонується обирати набір важливих синтаксичних ознак з можливістю врахування структурних та статичних властивостей відеосегментів. Це створює потенціал для досягнення більш адекватної асоціативної залежності з рівнем складності відеоконтенту.

Звідси *мета досліджень статті* полягає у розробці методу ідентифікації сегментів за складністю контенту для систем інтелектуального стиснення відеоданих

Створення методологічної бази для класифікації сегментів за властивостями щодо потенційного скорочення надмірності та стеганографічного вбудовування інформації

Важливими є встановлення властивостей сегментів за можливістю щодо скорочення надмірності та селективної обробки без втрат рівня семантичної цілісності, в тому числі в інтересах захисту інформації. Селективна обробка може використовуватися в інтересах визначення чутливих сегментів або сегментів з певними властивостями щодо потенціалу для приховування інформації.

Для цього пропонується проводити диференційну обробку в залежності від класу сегментів за характерністю означених властивостей. Відповідно необхідно провести поділ сегментів $Sg(X)_{i,j}$ на класи χ складності за їх змістом. Даний процес дозволяє встановити інформаційну роль кожного сегменту відеозображення з позиції ваговизації наявних в його змісті особливостей. Вони створюють потенціал щодо стиснення,

захисту або вбудовування кількості прихованої інформації для рівня семантичної цілісності. Означена ваговизація полягає у встановленні асоціативної залежності між інформаційною метрикою, яка визначається за інформаційною моделлю опису сегменту, та складністю його реального змісту. Така метрика повинна враховувати насиченість сегменту структурними характеристиками, які можуть бути складовими об'єктів інтересу або фоновими та текстурними ділянками. Тоді процес поділу сегментів на класи дозволяє селектувати їх в залежності від спроможностей щодо створення потенційних умов для скорочення надмірності та приховування кількості інформації без втрат рівня цілісності. Відповідно встановлюються сегменти з: найбільшою можливістю для скорочення надмірності та використання її для вбудовування інформації; з найменш характерними особливостями щодо реалізації стиснення в яскравісному просторі. Зрозуміло, що останні сегменти несуть в собі найбільшу семантичну і структурну інформативність.

Класифікацію сегментів пропонується розглядати для яскравісного простору компонент Y_{cm} ; C_r ; C_b кольорової моделі відеозображення. Це має таке обґрунтування:

– яскравісний простір або часовий простір представлення відеозображення зберігає позиційну відповідність між значеннями сукупності пікселів та структурними складовими змісту сегментів (контури об'єктів інтересу, межі фонових областей, топологію текстурних ділянок). Це створює можливість для побудови інформаційних моделей за сукупністю наявних прямих залежностей. Відповідно забезпечується найбільша наявність аналізу інформаційних моделей;

– поділ сегментів для початкового простору опису відеозображення дозволяє застосувати до них диференційний принцип обробки, та відповідно позбавитись щодо застосування складних за алгоритмічною реалізацією та залучення обчислювального ресурсу методів обробки.

Причому потрібно враховувати, що сегмент є ділянкою відеозображення, який в загальному випадку може містити в собі неоднорідні області (мікро-ділянки) з різними структурними та статистичними характеристиками. В цьому випадку усереднення за всіма характеристиками призведе до отримання грубих оцінок щодо наявності певних властивостей для всього сегменту (всієї ділянки відеокадру) з позиції формування семантичного образу. У зв'язку з чим, потрібно процес поділу сегментів за класами проводити для локалізованих ділянок відеокадру. Це дозволяє локалізувати області більшої однорідності за структурними та статистичними особливостями.

Звідси одним з методологічних принципів (перший методологічний принцип) є формування інформаційної моделі та відповідно визначення метрики складності для локальних сегментів $Sg(X_\gamma)_{i,j}^{(t)}$. Наприклад, такі сегменти можуть бути отримані шляхом квадратизації сегментів $S(X_\gamma)_{i,j}$ стандартизованих розмірів (8×8 , 16×16 або 32×32). Це підвищує адекватність інформаційних моделей змісту сегментів та збільшує достовірність асоціативних залежностей між метрикою складності та його контентом. Отже для кожної γ -ї компоненти кольорової моделі маємо:

$$Sg(X_\gamma)_{i,j} = \bigcup_{t=1}^4 Sg(X_\gamma)_{i,j}^{(t)}, \text{ де } \gamma: Y_{cm}; C_r; C_b.$$

Локальні сегменти $Sg(X_\gamma)_{i,j}$ пропонується класифікувати на два базових класи залежно від їх інформаційної метрики. Тут пропонується використовувати виявлення кількісних параметрів за структурними та статистичними особливостями локальних сегментів. Отже, як варіант має місце наступна інтерпретація базових класів для поділу локальних сегментів:

1) локальні сегменти з низьким рівнем інформативності (низько-інформативні) за структурно-статистичними особливостями. Такі сегменти мають потенціал щодо виявлення та усунення найбільшої кількості надмірності. Відповідно створюються сприятливі умови для збільшення рівня стиснення та кількості інформації, яка вбудовується шляхом стеганографічних перетворень. В цьому випадку локальні сегменти відрізняються вразливістю однорідності фону, та відповідно відсутністю різких змін в яскравості між елементами;

2) локальні сегменти з високим рівнем інформативності за структурно-статистичними особливостями. Сегменти другого класу характеризуються низькими можливостями щодо виявлення надмірності в яскравісному (часовому) просторі, тобто є низько-надмірними. Для таких сегментів збільшення рівня усунення кількості психовізуальної надмірності та кількості даних, які приховуються, пов'язано з втратою рівня їх цілісності. Звідси такі сегменти відрізняються обмеженим потенціалом щодо збільшення рівня їх стиснення та використання в якості контейнерів для приховування інформації в яскравісному просторі.

$$Sg(X_\gamma)_{i,j} = \begin{cases} Sg_1(X_\gamma)_{i,j}, & \rightarrow w_{\gamma,hl} = 0 \wedge w_{\gamma,ml} \leq 2; \\ Sg_2(X_\gamma)_{i,j}, & \rightarrow w_{\gamma,hl} = 1 \vee (w_{\gamma,hl} = 0 \wedge w_{\gamma,ml} \geq 3). \end{cases} \quad (1)$$

Даний принцип масштабування процесу класифікації передбачає використання інформації щодо класу складності локальних сегментів.

Надалі процес класифікації сегментів $Sg(X_\gamma)_{i,j}$ стандартизованих розмірів організовується як суперпозиція (масштабування) метрик його локальних сегментів $Sg(X_\gamma)_{i,j}^{(t)}$. В цьому випадку масштабування здійснюватиметься за сукупністю результатів кількісної оцінки сукупності особливостей чотирьох локальних сегментів за інформаційними метриками.

Для організації масштабування щодо встановлення рівня складності сегменту $Sg(X_\gamma)_{i,j}$ відеозображення з позиції потенціалу його особливостей щодо наявності надмірності, необхідно розробити вирішальне правило. Таке правило пов'язано з формуванням оцінки щодо рішення про узагальнену складність сегментів стандартизованих розмірів на основі врахування змісту класифікованих локальних сегментів. Це відповідно становить другий методологічний принцип. Тут пропонується встановлювати наступний принцип класифікації сегментів $Sg(X_\gamma)_{i,j}$ в залежності від його змісту за класифікованими локальними сегментами $Sg(X_\gamma)_{i,j}^{(t)}$ врахуванням рівня їх складності:

1. Визначаються кількості (частоти) $w_{\gamma,l}$, $w_{\gamma,ml}$ відповідно наявності локальних сегментів першого класу та другого класу для γ -ї компоненти кольорової моделі.

2. Сегмент $Sg(X_\gamma)_{i,j}$ буде класифіковано до першого класу, тобто, як низько-інформативний, $Sg(X_\gamma)_{i,j} = Sg_1(X_\gamma)_{i,j}$, якщо одразу виконуються дві умови $w_{\gamma,hl} = 0$ та $w_{\gamma,ml} \leq 2$. Тобто сегмент $Sg(X_\gamma)_{i,j}$ містить в собі не більше ніж два локальні сегменти другого класу.

3. Інакше, якщо виконується одна з двох умов або $w_{\gamma,hl} = 1$ або одразу: $w_{\gamma,hl} = 0$ та $w_{\gamma,ml} \geq 3$, то $Sg(X_\gamma)_{i,j}$ відноситься до другого класу, тобто $Sg(X_\gamma)_{i,j} = Sg_{2,1}(X_\gamma)_{i,j}$. Відповідно такий сегмент визначається, як низько-надмірний.

Узагальнююче вирішальне правило масштабування процесу класифікації сегменту стандартизованого розміру описується так:

Відповідно підхід щодо побудови вирішального правила для такого визначення становить третій методологічний принцип.

Для побудови даного правила передбачається наявна метрика $\delta g_\gamma(x;u)$ щодо встановлення складності локального сегменту $Sg(X_\gamma)_{i,j}^{(t)}$ за асоціативними залежностями. Тут $\delta g_\gamma(x;u)$ - метрика складності змісту u -го локального сегменту для $(i; j)$ -го стандартизованого сегменту γ -ї компоненти кольорової моделі відеозображення. В основі класифікації локальних сегментів за метрикою $\delta g_\gamma(x;u)$ покладається пороговий метод.

Пороговий метод віднесення t -го локального сегменту до жодного з двох базових класів (низько-інформативний або низько-надмірний) полягає у порівнянні значення метрики $\delta g_\gamma(x;u)$ з межою $\delta g_{\min}^{(1)}$. Величина $\delta g_{\min}^{(1)}$ є нижньою межою порогового інтервалу можливих значень метрики $\delta g_\gamma(x;u)$, за яким відповідний t -й локальний сегмент буде віднесено до класу низько-інформативних (перший клас). Якщо, позначити величинами δg_{\min} та δg_{\max} межі загального інтервалу $[\delta g_{\min}; \delta g_{\max}]$ можливих значень метрики $\delta g_\gamma(x;u)$, то матимемо наступну послідовність дій щодо вирішального правила класифікації локальних сегментів:

1) локальний сегмент $Sg(X_\gamma)_{i,j}^{(t)}$ поділяється до першого класу, якщо:

$$\delta g_\gamma(x;u; \delta_{loc}) \in [\delta g_{\min}^{(1)}; \delta g_{\max}], \text{ то}$$

$$Sg(X_\gamma)_{i,j}^{(t)} \rightarrow Sg_1(X_\gamma)_{i,j}^{(t)};$$

2) локальний сегмент $Sg(X_\gamma)_{i,j}^{(t)}$ є сегментом другого класу, якщо:

$$\delta g_\gamma(x;u; \delta_{loc}) \in [\delta g_{\min}; \delta g_{\min}^{(1)} - 1], \text{ то}$$

$$Sg(X_\gamma)_{i,j}^{(t)} \rightarrow Sg_{2,1}(X_\gamma)_{i,j}^{(t)}.$$

Тут величини δg_{\max} та δg_{\min} - встановлюють відповідно верхню та нижню межі інтервалу можливих значень метрики $\delta g_\gamma(x;u)$ що на основі асоціативних залежностей визначає властивості локальних сегментів за потенційними можливостями щодо виявлення та усунення кількості надмірності. Величини δg_{\max} та δg_{\min} не залежать від змісту локального сегменту та компоненти кольорової моделі відеозображень. Такі величини повністю визначаються особливостями визначення метрики $\delta g_\gamma(x;u)$ за обраною сукуп-

ністю структурних та статистичних залежностей в яскравісному просторі локального сегменту.

Відповідно до встановленого вирішального правила межі δg_{\max} та δg_{\min} допустимого інтервалу $[\delta g_{\min}; \delta g_{\max}]$ повинні асоціюватись з фізичним змістом метрики $\delta g_\gamma(x;u)$ до принципів опису кожного з двох класів. Тобто збільшення значення метрики до верхньої межі δg_{\min} повинно відображати відповідний зріст можливостей локального сегменту щодо виявлення та усунення кількості надмірності. Навпаки, зменшення значення метрики $\delta g_\gamma(x;u)$ до нижньої межі δg_{\min} її можливих значень повинна відображати зміст реального локального сегменту щодо збільшення рівня його інформативності (тобто зменшення рівня наявної кількості надмірності).

Отже, в загалі за методологічними принципами маємо наступні технологічні етапи пороговими метричної концепції з масштабуванням до класифікації сегментів стандартизованих розмірів:

1) на першому рівні створюється порогове правило для метрики $\delta g_\gamma(x;u)$, що встановлює оцінку складності t -го локального сегменту за інтервалами:

$$\delta g_\gamma(x;u; \delta_{loc}) \in [\delta g_{\min}^{(1)}; \delta g_{\max}] \text{ або}$$

$$\delta g_\gamma(x;u; \delta_{loc}) \in [\delta g_{\min}; \delta g_{\min}^{(1)} - 1]$$

в межах $[\delta g_{\min}; \delta g_{\max}]$;

2) на другому рівні будується система вирішальних правил щодо масштабованої оцінки класу стандартизованого за розміром сегменту. При цьому використовується інформація про кількість різних класів його локальних сегментів.

Подальший поділ локальних сегментів $Sg(X_\gamma)_{i,j}^{(t)}$ на класи складності за можливістю щодо потенційної наявності кількості надмірності для врахування в процесі стиснення, захисту та стеганографічного вбудовування інформації проводиться на основі встановлення асоціативних залежностей. В загальному випадку така метрика може будуватися в спектрально-просторовому або просторово-часовому представленні локального сегменту.

На початковому етапі обробки сегментів відеозображень більш переважним є врахування залежностей в яскравісному просторі. Це зумовлено наступним:

- збільшенням складності процесу обробки та відповідно зростання часових затримок, які пов'язані з представленням сегментів в спектральному просторі. Саме на перетворення локаль-

ного сегменту в просторово-спектральний опис потрібно витратити досить значну кількість арифметичних операцій. Наприклад, у разі використання дискретно-косинусного перетворення потрібно витратити кількість операцій такого порядку, як: n^3 операцій множення та n^3 операцій складання/віднімання. Такі значення можуть становити до 80 % від загальної кількості операцій, що витрачається на всю обробку відеозображення. Крім того не досягається можливість щодо попереднього скорочення кількості даних, які поступають на подальше кодування, в умовах потрібного рівня цілісності. Отже, створюються умови для втрати доступності всього відеоресурсу у зв'язку з виникненням суттєвих часових затримок на обробку відеозображень;

- унеможливлення врахування значимих залежностей, які можливо встановити лише для яскравісного простору сегментів;

- втрачається можливість проведення обробки в яскравісному просторі.

Звідси існує необхідність організувати поділ локальних сегментів за класами складності в його просторово-часовому (яскравісному) описі. Одним із ефективних підходів тут є використання технологічних механізмів, пов'язаних із виявленням та параметризацією послідовностей однорідності (ПОД).

Для врахування двовимірного характеру структурних та семантичних зв'язків між елементами у відеозображенні можливий обхід елементів в для виявлення ПОД за діагональним принципом або за рядками для локальних ділянок. В цьому випадку створюється можливість врахувати просторові закономірності відеозображень. Послідовність $X_{g_{\gamma}}(t)_{(\alpha)}$ може створюватись елементами, які будуть знаходитись в локальному сегменті на несуміжних координатах. Такий принцип дозволяє:

- 1) створити умови для збільшення розмірів ПОД, тобто збільшити кількість елементів, які є когерентними за кроком δg_{loc} квантування, у випадку, коли обхід локального сегменту проводиться по рядках або по стовпцях;

- 2) обмежити зони виявлення ПОД локальними ділянками відеозображень для збільшення можливості виявлення саме локальних властивостей.

Базовими параметрами виявлення структурних властивостей локального сегменту з використанням формування ПОД є крок δg_{loc} квантування та кількість елементів $l_{g_{\alpha}}$ в ПОД.

Отже адекватним буде варіант, коли значення рівня складності локального сегменту збільшується зі зростанням кількості ПОД та зниженням їх довжин. Відповідно, чим більше буде кількість та значимість яскравісних перепадів (переходів), тим більше рівень інформативності локального

сегменту. Навпаки, якщо локальний сегмент містить однорідні області, для яких кількість яскравісних перепадів (переходів) зменшується, а отже збільшується довжина $l_{g_{\alpha}}$ ПОД, та зменшу-

ється їх кількість w_{ld}^{-t} , то для нього відповідно збільшується потенціал щодо виявлення надмірності та збільшення потенціалу відносно кількості інформації, яка може бути вбудованою з використанням стеганографічних методів.

Звідси слідує те, що ключовою складовою локального сегменту є поняття площі двовимірної області. Тобто, необхідно враховувати співвідношення між площею локального сегменту зі значними яскравісними перепадами і площею незначних змін яскравості з позиції кроку δg_{loc} квантування. Відповідно, чим більша частота яскравісних перепадів (переходів), та площа, яка відводиться під дрібні деталі та контурні перепади, тим вище рівень складності.

Висновки

Розроблено методологічні основи щодо порогово-метричної класифікації стандартизованих за розміром сегментів на два базових класи на основі масштабування результатів поділу на класи його локальних сегментів. Такі основи базуються на трьох методологічних принципах, а саме:

- 1) квадратація сегменту за локальними сегментами з формуванням для кожного з них інформаційної моделі за сукупністю структурних та статистичних параметрів;

- 2) масштабування щодо встановлення рівня складності сегменту відеозображення з позиції потенціалу його особливостей відносно наявності надмірності проводиться на основі вирішального правила за аналізом частотної інформації результатів поділу локальних сегментів за двома базовими класами;

- 3) визначення класу складності локальних сегментів на основі віднесення метрики до одного з двох допустимих порогових інтервалів з визначеною межею.

Це в умовах розгляду сегментів для початкового простору опису відеозображення створює можливість щодо застосування до них диференційний принцип обробки (стиснення та стеганографічного вбудовування інформації), та відповідно позбавитись щодо застосування складних за алгоритмічною реалізацією та залучення обчислювального ресурсу методів обробки.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Alakuijala, J., Boukourt, S., et al. Benchmarking JPEG XL image compression. Optics, Photonics and Digital Technologies for Imaging Applications VI, SPIE, 2020, vol. 11353, pp. 187–206. <https://doi.org/10.1117/12.2556264>.

- [2] Barannik, V., Barannik, D., Babenko, M., Prokopenko, R., Akimov, O., & Petrukha, N. (2026). Devising a method for complex steganographic embedding of information in the structural-psychovisual space. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(9 (139)), 19–30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2026.351181>.
- [3] Barannik, V., Yudin, O., Boiko, Y., Ziubina, R., Vyshnevska, N. (2019). Video Data Compression Methods in the Decision Support Systems. In: Hu, Z., Petoukhov, S., Dychka, I., He, M. (eds) *Advances in Computer Science for Engineering and Education. ICCSEEA 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 754. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91008-6_30.
- [4] Barannik, V., Sidchenko, S., Barannik, D., Barannik, V., Datsun, A. (2021). Devising a conceptual method for generating cryptocompression codograms of images without loss of information quality. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (112)), 6–16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237359>.
- [5] Бараннік В. В. Основи теорії структурно-комбінаторного стеганографічного кодування: монографія / В. В. Бараннік, Д. В. Бараннік, Бекиров А. Е. Х.: «Лідер», 2017. 256 с.
- [6] Fang Y. Distributed Arithmetic Coding for Uniform Sources. *IEEE Transactions on Information Theory*. 2023. Vol. 69. no. 1. P. 47–74. <https://doi.org/10.1109/TIT.2022.3221289>.
- [7] Alimpiev A., Barannik V., Podlesny S., Suprun O. and Bekirov A. "The video information resources integrity concept by using binomial slots," 2017 XIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Lviv, Ukraine, 2017, pp. 193–196, <https://doi.org/10.1109/MEMSTECH.2017.7937564>
- [8] Barannik V. V., Hahanova A. V. and Krivonos V. N. "Coding tangible component of transforms to provide accessibility and integrity of video data," East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2013), 2013, pp. 1–5, <https://doi.org/10.1109/EWDTS.2013.6673179>
- [9] Esenlik S. An Overview of the JPEG AI Learning-Based Image Coding Standard [Електронний ресурс] / S. Esenlik, Y. Wu, Z. Zhang [et al.]. 2025. (Preprint / arXiv:2510.13867). URL: <https://arxiv.org/abs/2510.13867> (дата звернення: 23.12.2025). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.13867>
- [10] Bross B., Chen J., Kounnas C., Ohm J., Sullivan G. J., Wang Y.-K., Xu J., & Ye, Y. General video coding technology in responses to the joint call for proposals on video compression with capability beyond HEVC. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2020. vol. 30. no. 5. P. 1226–1240. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2019.2949619>
- [11] V. Barannik and A. Shiryaev, "Quadrature compression of images in polyadic space," Proceedings of International Conference on Modern Problem of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, 2012, pp. 422–422. INSPEC Accession Number: 12713484.
- [12] 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>.
- [13] Bross B. Overview of the Versatile Video Coding (VVC) Standard and its Applications / B. Bross [et al.] // *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2021. Vol. 31, no. 10. P. 3736–3764. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2021.3101953>
- [14] Hendrawan A. A novel YOLO-aria approach for real-time vehicle detection and classification in urban traffic / A. Hendrawan, R. Gernowo, O. D. Nurhayati, C. Dewi // *International Journal of Innovative Engineering and Sciences*. 2024. Vol. 9, no. 2. P. 38–44. <https://doi.org/10.22266/ijies.2024.0229.38>.
- [15] Hussain J. A. et al. Image compression techniques: A survey in lossless and lossy algorithms. *Neurocomputing*. 2018. vol. 300. P. 44–69, <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.02.094>
- [16] Krasnorutsky A. 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, pp. 53–56, <https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024208>
- [17] Joint Photographic Experts Group. JPEG AI Common Training and Test Conditions (CTTC). – [S.l.], 2022. – (ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 (JPEG) Document; No. WG1N100106).
- [18] Barannik V., Shulgin S., Barannik N. and Barannik V. "Method of Coding Subbands of Non-Homogeneous Spectrum of Video Segments in Uneven Diagonal Space," 2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 72–75, <https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024236>
- [19] Barannik, V. et al. (2023). Processing Marker Arrays of Clustered Transformants for Image

- Segments. 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, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24963-1_25.
- [20] Kim J. AI-based content-aware encoding at scale utilizing hardware resources in video ASICs for data center / J. Kim, A. Fomina, E. Baek [et al.] // *Applications of Digital Image Processing XLVII: proceedings of SPIE*. 2024. Vol. 13165. Art. no. 1316503. ISSN 0277-786X. <https://doi.org/10.1117/12.3031558>
- [21] Kountouris M., & Pappas N. Semantics-empowered communication for networked intelligent systems. *IEEE Communications Magazine*. 2021. vol. 59. no. 6. P. 96–102. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.2000604>
- [22] Баранник В. В. та ін. Метод стиснення зображень на основі нерівновісного позиційного кодування бітових площин. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2009. № 1. С. 84–92. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2009_1_13
- [23] Livada Č., Horvat T., & Baumgartner A. Novel Block Sorting and Symbol Prediction Algorithm for PDE-Based Lossless Image Compression: A Comparative Study with JPEG and JPEG 2000. *Applied sciences*. 2023. vol. 13. iss. 5. article no. 3152, pp. 2–34. <https://doi.org/10.3390/app13053152>
- [24] Krasnorutsky A. et al. "Method of Structural-Statistical Coding of Video Segments in Spectral-Cluster Space," 2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 32–37, <https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024240>
- [25] Babenko Y. et al. "Method Taking into Account Level of Structural and Statistical Saturation of Video Segments in the Coding Process," 2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 66–71, <https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024193>
- [26] Barannik V. et al.: The method of masking overhead compaction in video compression systems, *Radioelectronic and Computer Systems*, 2(2021), 2021, 51–63 <https://doi.org/10.32620/reks.2021.2.05>
- [27] Ma Z. Deep Lossless Compression Algorithm Based on Arithmetic Coding for Power Data / Z. Ma, H. Zhu, Z. He, Y. Lu, F. Song // *Sensors*. 2022. Vol. 22. Art. no. 5331. <https://doi.org/10.3390/s22145331>
- [28] Barannik V., Krasnorutsky A., Kolesnyk V., Barannik V., Pchelnikov S., Zeleny P. Method of compression and ensuring the fidelity of video images in infocommunication networks. *Radioelectronic and computer systems*, 2022, vol. 4, pp. 129–142. <https://doi.org/10.32620/reks.2022.4.10>.
- [29] Pfaff J., Nguyen T. D. T., Schwarz H., Marpe D., & Wiegand T. Intra prediction and mode coding in VVC. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2021. vol. 31. no. 10. P. 3834–3847. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2021.3072430>
- [30] Radosavljević M., Brkljač B., Lugonja P., Crnojević V., Trpovski Ž., Xiong Z., Vukobratović D. Lossy Compression of Multi-spectral Satellite Images with Application to Crop Thematic Mapping: A HEVC Comparative Study. *Remote Sensing*. 2020. vol. 12. 1590. <https://doi.org/10.3390/rs12101590>
- [31] Rojas-Hernández, R., Díaz-de-León-Santiago, J. L., Barceló-Alonso, G., Bautista-López, J., Trujillo-Mora, V., & Salgado-Ramírez, J. C. Lossless medical image compression by using difference transform. *Entropy*. 2022. vol. 24. no. 7. article no. 951. <https://doi.org/10.3390/e24070951>
- [32] Shao X., & Johnson S. G. Type-IV DCT, DST, and MDCT algorithms with reduced numbers of arithmetic operations. *Signal Processing*. 2008. vol. 88(6). P. 1313–1326. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2007.11.024>
- [33] Баранник В. В. Рельєфне представлення зображень пірамідальним кодуванням. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2001. № 1. С. 17–25.
- [34] Barannik, V., Lytvinenko, M., Okladnoy, D., Suprun, O. Description of the OFDM symbol with the help of mathematical laws. Analysis of technologies that were used in this case (2017) 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2017 – Proceedings, art. no. 8020095, pp. 183–187. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2017.8020095>
- [35] Silva D. A. A recurrent YOLOv8-based framework for event-based object detection / D. A. Silva, K. Smagulova, A. Elsheikh [et al.] *Frontiers in Neuroscience*. 2024. Vol. 18. Art. no. 1477979. <https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1477979>.

Бараннік В. В., Перцев П. Д. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ СЕГМЕНТІВ ДЛЯ СИСТЕМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ВІДЕОКОНТЕНТУ

В статті показано, що на даний час створено низка ефективних сучасних технологій кодування відеоданих, які базуються на стандартизованих форматах стиснення відеокадрів та динамічних потоків. До них можна віднести такі, як: H265/HEVC та H266/VVC. Відповідно окреслюються ряд напрямків щодо врахування для цих технологій особливостей (складності) контенту. В основі першого типу підходів лежить принцип скорочення бітрейту за дотриманням вимог щодо рівня середньоквадратичних показників, які визначають рівень цілісності. Недоліками тут є: підвищення складності обробки за рахунок багато ітераційного процесу побудови дерева синтаксису; наявність можливості провести лише грубу оцінку рівня бітрейту до початку процесу стиснення (ентропійного кодування). В основі другого напрямку лежать підходи на застосуванні моделей штучного інтелекту. Водночас означений підхід має певні обмеження. Це стосується збільшення складності обробки та часових затримок в процесі навчання та формування латентного простору. Окрім того, виникають помилки в процесі ідентифікації об'єктів. Одним з ефективних напрямків підвищення ефективності семантичної селекції відеосегментів в процесі стиснення є розробка комбінованих підходів. В цьому разі базовим є ідентифікація (класифікація) сегментів за рівнем семантичної складності на основі набору ознак, які виявляються на рівні синтаксичного сприйняття відеоінформації. Основним завданням тут є вибір таких ознак, які одночасно матимуть асоціативну залежність з рівнем семантичної складності відеосегментів та допустиму енергоефективність обчислювального процесу. Розроблено методологічні основи щодо порогові-метричної класифікації стандартизованих за розміром сегментів на два базових класи на основі масштабування результатів поділу на класи його локальних сегментів. Базовими тут є: квадратація сегменту за локальними сегментами з формуванням для кожного з них інформаційної моделі за сукупністю структурних та статистичних параметрів; масштабування щодо встановлення рівня складності сегменту відеозображення з позиції потенціалу його особливостей відносно наявності надмірності проводиться на основі вирішального правила за аналізом частотної інформації результатів поділу локальних сегментів за двома базовими класами; визначення класу складності локальних сегментів на основі відношення метрики до одного з двох допустимих порогових інтервалів з визначеною межею.

Ключові слова: сегменти відеокадрів, інформативність, кодування відеоданих, метрика, інформаційно-комунікаційні системи.

Barannik V., Pertsev P. METHOD FOR DETERMINING THE INFORMATIVENESS OF SEGMENTS FOR INTELLIGENT VIDEO CONTENT PROCESSING SYSTEMS

The article shows that currently a number of effective modern video data encoding technologies have been created, which are based on standardized video frame compression formats and dynamic streams. These include: H265/HEVC and H266/VVC. Accordingly, a number of directions are outlined for taking into account the features (complexity) of the content for these technologies. The first type of approaches is based on the principle of reducing the bitrate while complying with the requirements for the level of root-mean-square indicators, which determine the level of integrity. The disadvantages here are: increasing the complexity of processing due to the multi-iterative process of constructing a syntax tree; the possibility of making only a rough estimate of the bitrate level before the compression process (entropy coding) begins. The second direction is based on approaches based on the use of artificial intelligence models. At the same time, this approach has certain limitations. This concerns the increase in the complexity of processing and time delays in the process of learning and forming a latent space. In addition, errors occur in the process of identifying objects. One of the effective directions for increasing the efficiency of semantic selection of video segments in the compression process is the development of combined approaches. In this case, the basic one is the identification (classification) of segments by the level of semantic complexity on the basis of a set of features that are detected at the level of syntactic perception of video information. The main task here is the selection of such features that will simultaneously have an associative dependence with the level of semantic complexity of video segments and the permissible energy efficiency of the computational process. Methodological foundations have been developed for the threshold-metric classification of standardized segments by size into two basic classes based on the scaling of the results of division into classes of its local segments. The basic ones here are: squaring the segment by local segments with the formation of an information model for each of them by a set of structural and statistical parameters; Scaling to establish the level of complexity of a video image segment from the perspective of the potential of its features with respect to the presence of redundancy is carried out on the basis of a decision rule based on the analysis of frequency information of the results of dividing local segments into two basic classes; determination of the complexity class of local segments based on relating the metric to one of two permissible threshold intervals with a defined limit.

Keywords: video frame segments, informativeness, video data coding, metrics, information and communication systems.

Дата першого надходження: 12.05.2026 р.

Дата прийняття до друку: 18.05.2026 р.

Дата публікації: 28.05.2026 р.