

**Pavlo Buslov**, Post Graduate Student, Kharkiv National University of Radio Electronics.

**Шведун Вікторія Олександрівна**, доктор наук з державного управління, професор, професор кафедри публічного управління та підприємництва, Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут».

E-mail: applevikvs@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0002-5170-4222.

**Шведун Виктория Александровна**, доктор наук по государственному управлению, профессор, профессор кафедры публичного управления и предпринимательства, Национальный аерокосмический университет «Харьковский авиационный институт».

**Viktoriia Shvedun**, Doctor of Sciences (Public Administration), Full Professor, Professor of the Department on Public Administration and Business, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute".

DOI: 10.18372/2410-7840.22.14977

УДК 621.327:681.5

## МЕТОД КОДУВАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ КАДРІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ ТА ЦІЛІСНОСТІ ДИНАМІЧНОГО ВІДЕОРЕСУРСУ

Володимир Бараннік, Максим Пархоменко, Наталія Бараннік, Ганна Хаханова

*В статті обґрунтовано наявність вразливих факторів відносно втрати загальної ефективності інформаційної технології обробки та передачі динамічного відеоресурсу, що призводить до зниження рівня семантичної цілісності та доступності інформації. Показано, що такі фактори стосуються наступного: в процесі формування кодових значень для сукупності позиційних координат сплайнових фреймів можуть виникати випадки переповернення заданої довжини кодової комбінації; виникає потреба у додатковому формуванні кількості біт службових даних, а саме на додаткове використання маркерів: розташування послідовностей позиційних координат, для яких формуються кодові значення; розмежувачів між кодовими конструкціями сусідніх сукупностей позиційних координат. Викладаються основні етапи створення технологічної концепції інтегрування створених методів обробки В-Р кадрів в інформаційну технологію обробки та передачі динамічних відео ресурсів, яка базується на усуненні вразливих факторів втрати ефективності функціонування ІТОПДАВ на основі розроблення рекурентної технології кодування змінної сукупності позиційних координат ОФС-тензору в двополюсному змішаному мультиадичному просторі на основі властивості незалежності вагових коефіцієнтів.*

**Ключові слова:** динамічний відео ресурс, цілісність та доступність інформації, кодування передбачених кадрів, надмірність відеозображень.

### ВСТУП

Підвищення ефективності систем управління функціонуванням об'єктів критичної інфраструктури пов'язано з забезпеченням потрібної якості відеоінформаційного забезпечення. Вперше чергу це стосується необхідності застосування сервісів надання динамічного відеоресурсу. Для цього використовуються технологічні платформи сімейства MPEG та H26x. Тут найбільш розповсюдженими є технології H264, H265 та H266 [7-22]. Такі технологічні концепції мають ключову загальну складову, яка стосується обробки послідовності передбачених кадрів (кадрів типу В-Р) та їх окремих блоків в спектрально-диференційованому просторі.

Тут базовий принцип полягає у застосуванні локальної позиційно-диференційованої технології обробки кадрів в КТ-структурі в залежності від їх типу у потоці та рівня забезпечення компромісу між рівнем семантичної цілісності та доступності інформації. В такій концепції реалізується локальний позиційно-диференційований принцип обробки кадрів в КТ-структурі в залежності від типу кадру у потоці, а саме [15-33]:

1) локальність полягає в тому, що технологічна лінія обробки застосовується до окремих послідовностей кадрів;

2) обробка відеокадрів, в межах кожної локальної послідовності, проводиться диференційовано в залежності від їх позиції.

Компромісна обробка кадрів розуміє в собі створення двох типів технологічних етапів їх кодування, а саме [1-10]:

1) перша технологічна архітектура застосовується для обробки кадрів, які призначено для найбільшого збереження цілісності інформації всієї локальної кадр-тензорної структури;

2) друга технологія використовується для кодування кадрів, які призначено для найбільш допустимого зменшення інформаційної інтенсивності бітового потоку.

В теж час існує потреба щодо підвищення ефективності функціонування технологій обробки та передачі динамічного відеоресурсу. Така ситуація характеризується наявністю актуальної проблематики досліджень, що диктується наявністю дисбалансу. З одного боку, це вимога щодо підвищення доступності та цілісності надання відеоінформаційних сервісів, що веде до збільшення їх інформаційної інтенсивності. З іншого боку, наявність цілого ряду обмежень [11-25]. Такі обмеження стосуються характеристик інфо-комунікаційних технологій, в тому числі тих, що використовують тракт бездротової передачі даних. Це стає особливо критичним у випадку необхідності реалізації відеоінформаційної взаємодії або організації збору відеоінформації з дистанційних сенсорів, та в умовах наявності інформаційної протидії.

Отже для зниження бітової інтенсивності потрібно удосконалювати інформаційні технології кодування та передачі потоку кадрів динамічного відеоресурсу. Таке удосконалення пропонується проводити в напрямку створення нових методів та інформаційної технології обробки послідовності В-Р кадрів.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Одна з ключових технологій кодування одновимірних трансформовано-диференційних (ГД) блоків для стандартизованих ІТОПК сімейства H26\* полягає в побудові структурних сплайнів  $S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$  нульового порядку (ССНП).

Тут величина  $\delta$  визначається як фактор корекції відносно зорової моделі сприйняття відео-

зображення,  $u$  - індекс позиції сплайну в ГД-блоці.

Структурний сплайн  $S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$  нульового порядку для  $(\chi; \gamma)$ -го ГД-блоку  $\tau$ -го кадру в КТ-структурі формується на основі використання базису виділення значимих компонент  $z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$  та відповідно довжин  $\ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$  послідовностей незначущих компонент ГД-блока. Отже можна надати наступну трактовку параметрам ССНП, а саме:  $\ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$  - позиційна координата  $u$ -го ССНП та відповідно  $z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$  - його спектральна координата в  $(\chi; \gamma)$ -му одновимірному ГД-блоці для  $\tau$ -го кадру КТ-структури у випадку застосування стратегії квантування з параметром  $\delta$ . При цьому, ключовою структурною компонентою тут є одноелементний зріз за  $\tau$  складовою у динамічній послідовності СФС. Саме така складова створює одноелементний фрейм-сплайновий тензор (ОФСТ)  $S(T-1)_{\chi, \gamma}$  для послідовності В-Р кадрів. Фрейм-сплайновий тензор  $S(T-1)_{\chi, \gamma}$  представляє собою послідовність фреймів  $S(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$  в диференційованій КТ-структурі на позиції з координатами  $(\chi; \gamma)$ .

Організація диференційованої КТ-структури для послідовності В-Р кадрів в спектральному просторі на основі створення фрейм-тензорною сплайн-структурою  $S_{T-1}$  забезпечує ряд переваг щодо варіанту формування диференціального представлення для початкових кадрів.

Оцінка таких переваг з позиції одноелементного фрейм-сплайнового тензору виглядає наступним чином. Фрейм-сплайновий тензор  $S(T-1)_{\chi, \gamma}$  представляє собою фактично двовимірну структуру, елементами  $S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$  якої є структурні сплайни. Структурні сплайни  $S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}$ , створюються двома компонентами,  $S(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma} = \{\ell(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}; z(\tau; \delta)_{u, \chi, \gamma}\}$  та описують рівень метаданих стосовно послідовності спектрально-диференційованих (ГД) блоків.

Звідки це:

- по-перше вже враховує наявність закономірностей у внутрішній структурі ТД-блоків, а саме наявність спектральних компонент, які не значимі за своїм впливом на семантичний контент або на якість візуального сприйняття реконструйованих відеозображень;

- по-друге надає потенційну можливість відносно виявлення додаткових закономірностей статистичної та структурної природи. Створюються умови для додаткового виявлення структурно-статистичних закономірностей в ОФС-тензорі, як в напрямку стовбців (фреймів, внутрішньокадровий), так й в напрямку строк (міжкадровий);

- в результаті виявлення та параметричного опису структурних сплайнів досягається скорочення початкових даних, які в подальшому приймають участь в процесі ефективного кодування. Це дозволяє з одного боку скоротити часові затримки на обробку послідовностей В-Р кадрів, а з іншого боку забезпечити додатковий час для застосування нових технологій скорочення надмірності.

В свою чергу компактне представлення сукупності  $Z(T-1)_{\chi,\gamma}$  спектральних координат в існуючих стандартизованих ІТОПДВ проводиться з використанням методів усунення психо-візуальної надмірності та статистичного кодування. Навпаки технології обробки сукупності  $L(T-1)_{\chi,\gamma}$  позиційних координат, які описують довжину не значимих компонент ТД-блоків, мають певні проблемні недоліки:

1. Залежність рівня інтенсивності бітового опису кодованих сукупностей позиційних координат відносно показника статистичної (ймовірнісної) невизначеності.

Статистичні характеристики сукупностей позиційних координат залежать в:

- межах окремих фреймів - від інформативності структурно-семантичного контенту блоків відеокadrів та рівня втрат цілісності під час квантування їх компонент;

- напрямку послідовності фреймів - від швидкості зміни контенту в послідовності кадрів.

В теж час виділяються такі особливості:

- в першому випадку для блоків В-Р кадрів існує неоднорідність інформаційного навантаження, тобто неоднорідність розподілу ваги структурно-семантичного контенту. Отже в системах інформаційного забезпечення функціонування об'єктів критичної інфраструктури збільшується кількість блоків в зображенні, яким притаманна наявність високого рівня інформативності за структурно-семантичним контентом;

- в другому випадку в умовах контролю та управління динамічними системами буде характерна швидка зміна поточної обстановки. Звідки зростає швидкість зміни структурно-семантичного контенту між кадрами в послідовності.

Це призведе до збільшення рівня невизначеності з позиції оцінки інформативності сукупностей позиційних координат за статистичними властивостями. Тому в означених випадках край різко падає ефективність методів статистичного кодування сукупностей позиційних координат.

Тому одним з напрямків подальшого підвищення ефективності процесів обробки послідовності В-Р кадрів на основі створення структурних сплайнів їхнім ТД-блокам полягає у розробці методів кодування сукупностей позиційних координат ОФС-тензорів. Саме в цьому полягає *мета досліджень данної статті*.

## **РОЗРОБКА МЕТОДУ КОДУВАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ПЕРЕДБАЧЕНИХ КАДРІВ**

Для цього розробляється метод кодування сукупностей позиційних координат тензорів для послідовності передбачених кадрів [29 - 33]. Основні етапи такого методу полягають у наступному.

Представлення позиційних координат  $\ell'(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma}$  відповідно  $u'$ -ї строки  $L(\delta)_{u',\chi,\gamma}$  ОФС-тензору  $L'(T-1)_{\chi,\gamma}$  послідовності В-Р кадрів в різницевому мультиадичному просторі проводиться з використанням наступних виразів:

1) знаходяться динамічні діапазони  $\overline{d(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}}$  векторів  $L(\delta)_{u',\chi,\gamma}$  нормованого ОФС-тензору  $L'(T-1)_{\chi,\gamma}$  в різницевому мультіадичному просторі. Для цього виконується наступна дія:

$$\overline{d(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}} = \ell'(\delta)_{u,\chi,\gamma}^{(\max)} - \ell'(\delta)_{u,\chi,\gamma}^{(\min)} + 1, \\ u = \overline{1, U(\chi, \gamma)},$$

де  $\overline{d(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}}$  - динамічний діапазон в різницевому мультіадичному просторі для  $u$ -ї строки  $L'(\delta)_{u,\chi,\gamma}$  блоку  $L'(T-1)_{\chi,\gamma}$ , з врахуванням величини  $\ell'(\delta)_{u',\chi,\gamma}^{(\min)}$ ;

2) здійснюється перерахунок значень позиційних координат  $\ell'(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma}$  з абсолютного в різницевий мультіадичний простір. Для чого, враховуючі, що  $\ell'(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma} > \ell'(\delta)_{u',\chi,\gamma}^{(\min)}$ , виконуються наступні математичні операції:

$$\overline{\ell'(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma}} = \ell'(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma} - \overline{d(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}}, \quad u = \overline{1, U(\chi, \gamma)}.$$

В цій формулі величина  $\overline{\ell'(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma}}$  є позиційною координатою НОФС-тензора в різницевому мультіадичному просторі.

Отже після виконання цих технологічних етапів отримуємо опис нормованого ОФС-тензора в змішаному мультіадичному просторі. Це задається наступною системою виразів стосовно визначення основаній  $g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}$  змішаного мультіадичного (ЗМ) простору:

- для системи основ:

$$g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)} = \begin{cases} d(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}, \rightarrow d(\ell)_u^{(\chi,\gamma)} \xrightarrow{u \rightarrow 1} 0; \\ \overline{d(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}}, \rightarrow \ell'(\delta)_{u',\chi,\gamma}^{(\min)} \gg 1; \end{cases} \quad (1)$$

- для елементів  $\rho(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma}$  ЗМ простору:

$$\rho(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma} = \begin{cases} \ell'(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma}, \\ \rightarrow g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)} = d(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}; \\ \ell'(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma} - \ell'(\delta)_{u',\chi,\gamma}^{(\min)}, \\ \rightarrow g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)} = \overline{d(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}}. \end{cases}$$

В теж час, в незалежності від умов відносно обмежень на значення динамічного діапазону, можлива ситуація, коли виконується наступна умова:  $\rho(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma} \rightarrow g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}$  відносно концентрації значень позиційних координат динамічної послідовності на базі нормованого ОФС-тензору. В цьому випадку більш ефективно здійснювати індексування блоків  $L'(T-1)_{\chi,\gamma}$  відносно верхньої границі динамічного діапазону позиційних координат.

Тоді у випадку вибору верхньої границі  $g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}$  динамічного діапазону як початку індексування чисел в змішаному мультіадичному просторі, отримаємо наступні вирази для перерахунку позиційних координат:

$$\rho''(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma} = g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)} - \rho(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma} - 1.$$

В даній формулі величина  $\rho''(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma}$  визначається як позиційна координата нормованого ОФС-тензора в змішаному мультіадичному просторі в умовах початку індексування відносно верхнього рівня  $g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}$  динамічного діапазону.

В загальному випадку представлення позиційних координат як елементів  $\Delta\rho(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma}$  блоку  $L'(T-1)_{\chi,\gamma}$  в умовах врахування двох варіантів початку індексування описується наступним співвідношенням:

$$\Delta\rho(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma} = | \rho(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma} - (g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)} - 1)(1 - \text{sign}(1 + \text{sign}((g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)} - \rho(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma} - 1) - \rho(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma}))) |.$$

Тут  $\Delta\rho(\tau; \delta)_{u',\chi,\gamma}$  - позиційна координата блоку  $L'(T-1)_{\chi,\gamma}$  в змішаному мультіадичному просторі в умовах врахування двох варіантів початку їх індексування.

При цьому система основаній змішаного мультіадичного простору остається незмінною, та задається системою виразів (1).

Отже розглянемо варіант, коли відомі такі величини, а саме позиційної координати

$\Delta\rho(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma}$  нормованого блоку  $L'(T-1)_{\chi, \gamma}$  в змішаному мультіадичному просторі в умовах врахування двох полюсів початку їх індексування та системи основаній  $g(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}$  змішаного мультіадичного (ЗМ) простору.

Тоді базова технологія формування кодового значення  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma})$  для послідовності модифікованих позиційних координат  $L'(T-1)_{\chi, \gamma}$  нормованого ОФС-тензору послідовності В-Р кадрів в двополюсному змішаному мультіадичному просторі в умовах обробки в напрямку фреймів (стовбців блоку  $L'(T-1)_{\chi, \gamma}$ ) задається наступним співвідношенням:

$$E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}) = \sum_{u'=1}^{U(\chi, \gamma)} \Delta\rho(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma} \times \prod_{k=u'+1}^{U(\chi, \gamma)} g(\ell)_k^{(\chi, \gamma)} \cdot \Delta Q(\Delta\rho(\tau; \delta)_{k, \chi, \gamma}). \quad (2)$$

В цьому виразі кодове значення формується для всього стовбцю  $L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}$  блоку  $L'(T-1)_{\chi, \gamma}$ , а величина  $\Delta Q(\Delta\rho(\tau; \delta)_{k, \chi, \gamma})$  позначається як змінна складова вагового коефіцієнту елемента  $\Delta\rho(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma}$ .

В загальному випадку додаток  $\Delta Q(\Delta\rho(\tau; \delta)_{k, \chi, \gamma})$  до ваги визначається наступним функціоналом, а саме:

$$\Delta Q(\Delta\rho(\tau; \delta)_{k, \chi, \gamma}) = F(u'; \omega; (\omega - u'); D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \overline{D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}}). \quad (3)$$

Функціонал:

$$F(u'; \omega; (\omega - u'); D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \overline{D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}})$$

в загальному випадку залежить від таких параметрів (специфікації процесу формування вагових коефіцієнтів позиційних координат  $\ell'(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma}$  під час формування кодового значення в двополюсному змішаному мультіадичному просторі).

## ПОБУДОВА МЕТОДУ КОДУВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ВІДЕОРЕСУРСУ В УМОВАХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УСУНЕННЯ ВРАЗЛИВИХ ФАКТОРІВ ВТРАТИ РІВНЯ ЦІЛІСНОСТІ ТА ДОСТУПНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ

Аналіз виразів (2) та (3) відповідно для знаходження кодових значень  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})$ , показує що в процесі кодування можуть виникати такі вразливі фактори, які впливають на загальну ефективність інформаційної технології обробки та передачі кадрів (ТГОПК) та призводять то втрати рівня інформаційної безпеки відеоресурсу за такими категоріями, як: доступність та семантична цілісність. Сюди потрібно віднести наступні фактори:

1) існує пропорційна залежність між значенням величин  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})$  та кількістю елементів, для яких вони будуються, тобто:  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)}) \sim \omega$ .

Звідки з додаванням кожного елемента на  $k$ -му кроці обробки можуть виникати випадки переповнення заданої довжини  $V_{\text{proc}}$  кодової комбінації, що установлена в ТГОПК, тобто:

$$[\log_2 E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})] + 1 \leq V_{\text{proc}}; \quad (4)$$

2) кодові значення  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})$  формуються для стовбців блоку  $L'(T-1)_{\chi, \gamma}$ , то:

- по-перше їх елементи  $\Delta\rho(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma}$  визначаються нерівномірно відносно двох полюсів початку індексування кодових значень;

- по-друге система  $G(\ell)_u^{(\chi, \gamma)} = \{g(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}\}$  основ елементів  $\Delta\rho(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma}$  описує змішаний мультіадичний простір, а отже є нерівномірною. Звідки величини вагових коефіцієнтів також будуть нерівномірними щодо приросту своїх значень.

Тобто швидкість збільшення значень вагових коефіцієнтів є нерівномірною.

Враховуючі ці обставини можна стверджувати, що кількість елементів  $\Omega$ , для яких утворюється єдине кодове значення  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})$  буде нерівномірним, тобто: якщо з одного для двох кодів  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega_1)})$  та  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega_2)})$  буде виконуватись вимога щодо обмежень на довжину їх кодограм, а саме:

$$[\log_2 E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega_1)})] + 1 \leq V_{\text{грос}};$$

$$[\log_2 E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega_2)})] + 1 \leq V_{\text{грос}},$$

але з іншого боку в загальному випадку між величинами  $\omega_1$  та  $\omega_2$  буде існувати нерівність:  $\omega_1 \neq \omega_2$ , тобто кількість елементів  $\omega_1$  та  $\omega_2$ , що належить відповідно кодовим значенням  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega_1)})$  та  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega_2)})$  буде різним.

В такому випадку існуватиме потреба у маркуванні позицій елементів в блоці  $L'(T-1)_{\chi, \gamma}$ , для яких формуються відповідні кодові значення. Наприклад, виникає необхідність у позначенні координат розташування початкових або кінцевих елементів кожної послідовності  $L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)}$ .

Такий фактор призведе до необхідності використовувати позиційні маркери. Звідки слідує потреба у додатковому формуванні кількості біт службових даних.

Це в свою чергу призведе до збільшення бітової інтенсивності кодового представлення потоку відеокадрів, а отже й до втрати рівня доступності інформації.

Тут під додатковою службовою інформацією розуміються такі відомості, які не використовуються безпосередньо в процесі формування кодових значень;

3) довжина  $[\log_2 E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})] + 1$  кодограм на двійкове представлення відповідних кодових значень хоча і є рівномірною в межах обробки позиційних координат  $L'(T-1)_{\chi, \gamma}$  нормованого фрейм-сплайнового тензору (НОФС).

Це обумовлено необхідністю виконання умови (4). Тобто в процесі утворення кодограм

використовується концепція локально-рівномірного визначення їх довжин.

Однак ці довжини  $[\log_2 E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})] + 1$  в умовах досягнення нерівності (4) будуть в загальному випадку нерівномірними відносно довжин кодограм інших сукупностей позиційних координат  $L'(T-1)_{\alpha, \beta}$  в межах однієї послідовності В-Р кадрів. А саме:

$$[\log_2 E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})] + 1 \neq [\log_2 E(L'(\tau; \delta)_{\alpha, \beta}^{(\omega')})] + 1,$$

де  $[\log_2 E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})] + 1$ ,  $[\log_2 E(L'(\tau; \delta)_{\alpha, \beta}^{(\omega')})] + 1$  - довжини кодограм, які утворюються як базові відповідно для блоків  $L'(T-1)_{\chi, \gamma}$  та  $L'(T-1)_{\alpha, \beta}$ .

Отже виникає потреба у застосуванні додаткових маркерних розмежувачів між кодовими конструкціями сусідніх сукупностей позиційних координат  $L'(T-1)_{\chi, \gamma}$ .

Тому мета науково-прикладних досліджень полягає у створенні методу кодування на основі двохполюсного мультіадичного представлення позиційних координат НОФС тензору послідовності В-Р кадрів з врахуванням необхідності виключення випадків неконтрольованої втрати цілісності та доступності інформації.

Для усунення факторів вразливості процесу кодування В-Р кадрів в ІГОПК пропонується наступне:

1. Створення необхідної умови. По-перше пропонується використовувати в процесі формування кодового значення  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})$  рекурентного виразу. Для отримання рекурентної технології кодування в двохполюсному змішаному мультіадичному просторі проведемо наступні перетворення.

Перепишемо вираз (3) для визначення кодового значення  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})$  у разі відокремлення вагової складової

$$\Delta\rho(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma} \prod_{k=u'+1}^{u'+\omega-1} g(\ell)_k^{(\chi, \gamma)} \times \\ \times F(u'; \omega; (\omega-u'); D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \overline{D(\ell)}_u^{(\chi, \gamma)})$$

для старшого елемента, тобто:

$$\begin{aligned} E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)}) &= \sum_{k=u'}^{u'+\omega-1} \Delta\rho(\tau; \delta)_{k, \chi, \gamma} \prod_{k=u'+1}^{u'+\omega-1} g(\ell)_k^{(\chi, \gamma)} \times \\ &\times F(u'; \omega; (\omega-u'); D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \overline{D(\ell)}_u^{(\chi, \gamma)}) = \\ &= \Delta\rho(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma} \prod_{k=u'+1}^{u'+\omega-1} g(\ell)_k^{(\chi, \gamma)} \times \\ &\times F(u'; \omega; (\omega-u'); D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \overline{D(\ell)}_u^{(\chi, \gamma)}) + \\ &+ \sum_{k=u'-1}^{u'+\omega-1} \Delta\rho(\tau; \delta)_{k, \chi, \gamma} \prod_{k=u'}^{u'+\omega-1} g(\ell)_k^{(\chi, \gamma)} \times \\ &\times F(u'; \omega; (\omega-u'+1); D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \overline{D(\ell)}_u^{(\chi, \gamma)}). \end{aligned}$$

При цьому остання складова в цій формулі є кодовим значенням  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega-1)})$ , що утворено для  $(\omega-1)$  елемента, а саме:

$$\begin{aligned} E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega-1)}) &= \sum_{k=u'-1}^{u'+\omega-1} \Delta\rho(\tau; \delta)_{k, \chi, \gamma} \times \\ &\times \prod_{k=u'}^{u'+\omega-1} g(\ell)_k^{(\chi, \gamma)} F(u'; \omega; (\omega-u'+1); D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \overline{D(\ell)}_u^{(\chi, \gamma)}). \end{aligned}$$

З врахуванням останнього співвідношення, отримуємо таку рекурентну формулу:

$$\begin{aligned} E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)}) &= \Delta\rho(\tau; \delta)_{u', \chi, \gamma} \prod_{k=u'+1}^{u'+\omega-1} g(\ell)_k^{(\chi, \gamma)} \times \\ &\times F(u'; \omega; (\omega-u'); D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \overline{D(\ell)}_u^{(\chi, \gamma)}) + \\ &+ E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega-1)}). \end{aligned}$$

Отже отримано вираз для рекурентної технології кодування змінної сукупності позиційних координат НОФС-тензору в двополюсному змішаному мультіадичному просторі на основі властивості незалежності вагових коефіцієнтів. Це надає можливість контролювати значення величини  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})$  відносно виконання вимоги (4) шляхом перевірки допустимості додавання чергового елемента до процесу формування кодового значення. Отже отримана рекурентна технологія кодування є необхідною умовою виключення

вразливих факторів процесу динамічної обробки відеокадрів. Для забезпечення достатньої умови потрібно створити технологічний механізм покрокового контролю виконання умови (4).

2. Побудова достатньої умови. Для цього по-друге потрібно розробити таке правило контролю кількості елементів в процесі кодування та декодування кодових значень  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})$ , а також визначення довжини  $[\log_2 E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})] + 1$  кодових комбінацій на їх двійкове представлення, для якого виключається необхідність застосовувати додаткову службову інформацію.

Для цього *пропонується* використовувати властивості мільтіадичного представлення, а саме наявність верхньої межі для кодових значень в змішаному мультіадичному просторі, та її залежність виключно від системи  $G(\ell)_u^{(\chi, \gamma)} = \{g(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}\}$  основ. Це має такий математичний опис:

$$\begin{aligned} E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)}) &< g(\ell)_{u'}^{(\chi, \gamma)} \prod_{k=u'+1}^{u'+\omega-1} g(\ell)_k^{(\chi, \gamma)} \times \\ &\times F(u'; \omega; (\omega-u'); D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \overline{D(\ell)}_u^{(\chi, \gamma)}). \end{aligned} \quad (5)$$

Тут  $g(\ell)_{u'}^{(\chi, \gamma)} \prod_{k=u'+1}^{u'+\omega-1} g(\ell)_k^{(\chi, \gamma)} \times F(u'; \omega; (\omega-u'); D(\ell)_u^{(\chi, \gamma)}; \overline{D(\ell)}_u^{(\chi, \gamma)})$  - величина, яка дорівнює кількості допустимих послідовностей довжиною  $\omega$  елементів в побудованому двополюсному змішаному мультіадичному просторі. При цьому, як слідує з аналізу виразу (5), для отримання верхньої межі кодового значення  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})$  потрібна тільки та інформація, яка використовується безпосередньо в процесі його формування. З врахуванням умови (5) можна без застосування додаткової службової інформації:

- по-перше забезпечити контроль значення величин  $E(L'(\tau; \delta)_{\chi, \gamma}^{(\omega)})$  на кожному кроці процесу кодування послідовностей позиційних координат (для цього лише потрібно застосовувати рекур-

нтну по-елементну технологію побудови кодових значень в двополюсному змішаному мультіадичному просторі);

- по друге установити позиції розташування кодових конструкцій суміжних блоків  $L'(T-1)_{\chi,\gamma}$ , тобто для кодових конструкцій позиційних координат суміжних фрейм-сплайнових тензорів.

Таким чином, застосування створених двох технологічних принципів, а саме: стосовно рекурентного по-елементного формування кодового значення в двополюсному змішаному мультіадичному просторі та механізму відносно визначення довжин кодограм на основі застосування інформації о системі основ  $G(\ell)_u^{(\chi,\gamma)} = \{g(\ell)_u^{(\chi,\gamma)}\}$ , дозволяє усунути указані фактори вразливості щодо втрати доступності та семантичної цілісності відеоресурсу.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для розробленої технології (РТ) обробки потоку передбачених кадрів зменшення бітової інтенсивності, тобто забезпечення потрібного рівня доступності інформації, досягається не лише в результаті усунення психовізуальної надмірності, але і шляхом виключення структурної надмірності, обумовленої у тому числі наявністю стаціонарного фону для динамічних об'єктів. Зниження бітової інтенсивності призводить до зменшення часових затримок  $T_3$ , пов'язаних з доведенням кодового потоку по інформаційно-телекомунікаційній мережі.

В результаті проведених експериментальних досліджень було отримано наступне. Затримки відеопотоку формату HD з частотою 30 кадрів/с, для швидкості передачі по мережі 32 Мбіт/с - знаходяться в діапазоні від 0,17 до 3 із залежно від пікового відношення сигнал/шум. Затримка скорочується пропорційно зниженню бітової швидкості, тобто на 17% - для пікового відношення сигнал/шум (ПВСШ) до 40 дБ і на 25% - для ПВСШ 48 - 50 дБ. При цьому передачі кодового відеопотоку в реальному часі забезпечується для ПВСШ 32 - 44 дБ.

Тоді як для технології MPEG - 2 передача в реальному часі забезпечується для ПВСШ на рівні що не перевищує 40 дБ.

### ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологічну концепцію обробки послідовності передбачених кадрів, як складова інформаційної технології обробки та передачі динамічних відео ресурсу, що базується на усунення вразливих факторів втрати ефективності функціонування ГТОПДВ на основі розроблення рекурентної технології кодування змінної сукупності позиційних координат ОФС-тензору в двополюсному змішаному мультіадичному просторі на основі властивості незалежності вагових коефіцієнтів. В цьому випадку усувається:

- можливість переповнення заданої довжини кодової комбінації;
- необхідність використовувати додаткову службову інформацію на маркування кодованих послідовностей та позицій розташування їх кодограм.

Виключаються втрати семантичної цілісності та доступності інформації.

2. Створений підхід щодо кодування послідовності кадрів В-Р типів забезпечує підвищення ефективності функціонування інформаційної технології обробки та передачі динамічних відео ресурсів. А саме: зменшити часові затримки на доставку динамічних відео ресурсів сервісів реального часу в середньому на 17-23 % в залежності від типу інформаційного контенту; збільшити рівень цілісності інформації, який з позиції оцінки пікового відношення сигнал/шум складає 19 %.

Наукова новизна.

Удосконалено метод кодування сукупності позиційних координат на основі змішаного мультіадичного базису. Основні відмінності методу полягають в тому, що:

- по-перше пропонується в процесі формування кодового значення використовувати рекурентну технологію кодування в двополюсному змішаному мультіадичному просторі (необхідна умова);
- по-друге розробляється правило контролю: кількості елементів в процесі кодування та декодування кодових значень; довжини кодових комбінацій, яке враховує залежності верхньої межі для кодових значень в змішаному мультіа-



личному просторі виключно від системи основ (достатня умова). Це забезпечує: можливість контролювати кодові значення шляхом перевірки допустимості додавання чергового елемента до формування кодового значення; контроль кодових значень на кожному кроці процесу кодування послідовностей позиційних координат; встановлення позиції розташування кодових конструкцій суміжних ТД-блоків.

### ЛІТЕРАТУРА

- [1] Gonzalez R., Woods R., "Digital Image Processing", M.: Technosphere, 2005. - 1073 p.
- [2] A. Skodras, C. Christopoulos, and T. Ebrahimi. *The jpeg 2000 still image compression standard. IEEE Signal processing magazine*, 18 (5): 36–58, 2001. J. Miano, "Formats and image compression algorithms in action", K.: Triumph, 2013. - 336 p.
- [3] Pratt W.K., Chen W.H., Welch L.R., "Slant transform image coding. Proc. Computer Processing in communications. " New York: Polytechnic Press, 1969. - pp. 63-84.
- [4] J. Miano. *Formats and image compression algorithms in action* K.: Triumph, 2013. - 336 p.
- [5] D. Taubman and M. Marcellin, *JPEG2000 Image Compression Fundamentals Standards and Practice*, Boston: Kluwer: Springer, 2002. – 777p.
- [6] Ming Huwi. Horng, "Vector quantization using the firefly algorithm for image compression", *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 1, 2012. - pp. 1078-1091.
- [7] Sincdev M., Konushin A., Rother C., "Alpha-flow for video matting", *Technical Report*, 2012. - pp. 41-46.
- [8] Wallace GK, "The JPEG Still Picture Compression Standard," *Communication in ACM*, vol. 34., No. 4, 1991. - pp. 31-34
- [9] S. Wang, X. Zhang, X. Liu, J. Zhang, S. Ma and W. Gao, "Utility Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression," in *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 19, no. 3, 2017. - pp. 660-667.
- [10] Y. Zhang, S. Negahdaripour, Q. Li, "Error-resilient coding for underwater video transmission," *OCEANS 2016 MTS / IEEE Monterey, CA*, 2016. - pp. 1-7.
- [11] O. Stankiewicz, K. Wegner, D. Karwowski, J. Stankowski, K. Klimaszewski, T. Grajek, "Encoding mode selection in HEVC with the use of noise reduction," *International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*, Poznan, 2017. - pp. 1-6.
- [12] Xuan Zhu, Li Liu, Peng Jin, Na Ai, "Morphological component decomposition combined with compressed sensing for image compression", *2016 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)*, Ningbo, China, 2016. - pp. 78-84
- [13] Arnob Paul, Tanvir Zaman Khan, Prajoy Podder, Rafi Ahmed, M. Mukhtadir Rahman, Mamdudul Haque Khan, "Iris image compression using wavelets transform coding", *2015 2nd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)*, Noida, India, 2015. - pp. 544-548.
- [14] Okuwobi Idowu Paul and YH Lu, "A New Approach in Digital Image Compression Using Unequal Error Protection (UEP)", *Applied Mechanics & Materials*, no. 704, 2015. - pp. 403-407.
- [15] Zhu Shuyuan, B. Zeng and M. Gabbouj, "Adaptive sampling for compressed sensing based image compression", *Journal of Visual Communication & Image Representation*, no. 30, 2015. - pp. 94-105.
- [16] Баранник В.В. *Основы теории структурно-комбинаторного стеганографического кодирования: монография* / В.В. Баранник, Д.В. Баранник, А.Э. Беккиров. – Х.: Издательство «Лидер», 2017. – 256 с.
- [17] V.V. Barannik; M.P. Karpinski; V.V. Tverdokhle; Dmitry.V. Barannik; V.V. Himenko; Marek Aleksander The technology of the video stream intensity controlling based on the bit-planes recombination. *2018 IEEE 4th International Symposium on Wireless Systems within the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS)*, 2018. - pp. 33-44.
- [18] Ghadah Al-Khafaji, H. Al-Khafaji, "Medical Image Compression using Wavelet Quadrants of Polynomial Prediction Coding & Bit Plane Slicing", vol. 4, no. 6, 2014. - pp. 27-34.
- [19] V. Barannik; D. Barannik; V. Fustii ; M. Parkhomenko Evaluation of Effectiveness of Masking Methods of Aerial Photographs. *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)*, 2019. - pp. 39-45.
- [20] J. Lee, S. Cho, S.-K. Beack. Context-adaptive entropy model for end-to-end optimized image compression. *arXiv preprint arXiv: 1809.10452*, 2018. - pp. 53-64.
- [21] Y. Patel, S. Appalaraju, R. Manmatha. Human perceptual evaluations for image compression. *arXiv preprint arXiv: 1908.04187*, 2019. - pp. 63-84.
- [22] O. Rippel, L. Bourdev. Real-time adaptive image compression. In *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning-Volume 70*, JMLR. org, 2017. - pp. 2922-2930.
- [23] S. Santurkar, D. Budden, N. Shavit. Generative compression. In *2018 Picture Coding Symposium (PCS)*, 2018. - pp. 258-262.
- [24] Barannik V.V., Ryabukha Yu. N., Tverdokhle V.V., Barannik D.V.: Methodological basis for constructing a method for compressing of transformants bit representation, based on non-equilibrium positional encoding. In: *Advanced Information and Communication Technologies (AICT)*, 2017 2nd International Conference, 2017. - pp.188-192.

- [25] Li Ji, Zhang Zhi-Guo, Xiao Bin, Yang Ze-Lin, Wang Dun, "Based on discrete orthogonal chebichef transform for image compression", *Classification No. of Chinese Library Classification*: TP391 [A], pp. 12-42.
- [26] Vladimir Barannik, Valeriy Barannik, Dmytro Havrylov, Anton Sorokun.: Development Second and Third Phase of the Selective Frame Processing Method. In.: *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)*, 2019. - pp. 54-57.
- [27] Barannik, V.V., Ryabukha, Yu.N., Kulitsa, O.S.: The method for improving security of the remote video information resource on the basis of intellectual processing of video frames in the telecommunication systems. In: *Telecommunications and Radio Engineering*. Vol. 76. No 9. pp. 785-797.
- [28] Barannik, V., Barannik, N., Ryabukha, Yu., Barannik, D.: Indirect Steganographic Embedding Method Based On Modifications of the Basis of the Polyadic System. In.: *15th IEEE International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020)*, 2020. - pp. 699-702.
- [29] Barannik, V., Barannik, V.: Binomial-Polyadic Binary Data Encoding by Quantity of Series of Ones. In.: *15th IEEE International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020)*, 2020. - pp. 775-780.
- [30] V. Barannik, T. Belikova, P. Gurzhii.: The model of threats to information and psychological security, taking into account the hidden information destructive impact on the subconscious of adolescents. In *2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, 2019. - pp. 656 – 661.
- [31] V. Barannik, D. Tarasenko.: Method coding efficiency segments for information technology processing video. *2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)*, 2017. - pp. 551-555.
- [32] Barannik V.V., Krasnoruckiy A., Hahanova A. The positional structural-weight coding of the binary view of transformants, *Proceedings of the International Conference on East-West Design and Test Symposium (EWDTS)*, September 2013. - pp. 1-4.
- [33] V. Barannik; S.S. Shulgin.: The method of increasing accessibility of the dynamic video information resource. *2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, 2016. - pp. 621-623.

**МЕТОД КОДИРОВАНИЯ  
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ КАДРОВ ДЛЯ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ И  
ЦЕЛОСТНОСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО  
ВИДЕОРЕСУРСА**

В статье обоснованно наличие впечатлительных факторы относительно потери общей эффективности информационной технологии обработки и передачи динамического видеоресурса, что приводит к снижению уровня семантической целостности и доступности информации. Показано, что такие факторы касаются следующего: в процессе формирования кодовых значений для совокупности позиционных координат сплайновых фреймов могут возникать случаи переполнения заданной длины кодовой комбинации; возникает потребность в дополнительном формировании количества бит служебных данных, а именно на дополнительное использование маркеров: расположение последовательностей позиционных координат, для которых формируются кодовые значения; разграничителей между кодовыми конструкциями соседней совокупности позиционных координат. Излагаются основные этапы создания технологической концепции интегрирования созданных методов обработки В-Р кадров в информационную технологию обработки и передачи динамических видео ресурсов, которая базируется на устранение уязвимых факторов потери эффективности функционирования ИТОПДВ на основе созданной рекуррентной технологии кодирования переменной совокупности позиционных координат ОФС-тензору в двухполюсном смешанном мультиадическом пространстве на основе свойства независимости весовых коэффициентов.

**Ключевые слова:** динамический видео ресурс, целостность и доступность информации, кодирование предсказанных кадров, избыточность видеозображений.

**METHOD OF ENCODING OF SEQUENCE OF  
SHOTS FOR PROVIDING OF AVAILABILITY  
AND INTEGRITY OF DYNAMIC  
VIDEORESOURCE**

In the article grounded presence impressionable factors in relation to the loss of general efficiency of information technology of treatment and transmission of dynamic videoresource, that results in the decline of level of semantic integrity and availability of information. It is ro-tined that such factors touch the following: in the process of forming of code values for the aggregate of position co-ordinates of splyn frames there can be cases of repletion of the set length of code combination; there is a requirement in the additional forming of amount of bats of official information, namely on the additional use of markers: location of sequences of position co-ordinates which code values are formed for; between the code constructions of nearby aggregate of position co-ordinates. The basic stages of creation of technological conception of integration of the created methods of treatment of V-R of shots are expounded in information technology of treatment and transmission of dynamic videos of resources, which is based on the removal of vulnerable factors of loss of efficiency of functioning of

ГОРДВ on the basis of the created recurrent technology of encoding of variable aggregate of position coordinates in the bipolar mixed multiadical space on the basis of property of independence of gravimetric coefficients.

**Keywords:** dynamic video resource, integrity and availability of information, encoding of the predicted shots, surplus of video smage.

**Бараннік Володимир Вікторович**, доктор технічних наук, професор, професор. Харківського національного університету радіоелектроніки.

E-mail: vvbar.off@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0002-2848-4524.

**Баранник Владимир Викторович**, доктор технических наук, профессор, профессор Харьковского национального университета радиоэлектроники.

**Varannik Vladimir Viktorovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, professor Kharkiv National University of Radio Electronics.

**Пархоменко Максим Вікторович**, викладач Харківського національного університету Повітряних Сил, Харків, Україна.

maxpro@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0001-6062-7743.

**Пархоменко Максим Вікторович**, преподаватель

Харьковского национального университета Воздушных Сил, Харьков, Украина.

**Maksym Parkhomenko**, Combat use of ASC department, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine, Kharkiv. **Бараннік Наталія Вячеславівна**, завідувач бібліотеки Національного університету цивільного захисту України.

E-mail: Barannik\_V\_V@ukr.net.

ORCID ID: 0000-0001-9098-360X.

**Баранник Наталья Вячеславовна**, заведующая библиотеки Национального университета гражданской обороны Украины.

**Varannik Natalia Vyacheslavivna**, library manager of the National university of civil defence of Ukraine.

**Хаханова Ганна Володимірівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент Харьковского національного університету радіоелектроніки.

E-mail: ann.hahanova@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0002-1318-7973.

**Хаханова Анна Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, доцент Харьковского национального университета радиоэлектроники.

**Anna Hahanova**, Department of Computer Aided Design of Computers Kharkiv National University of Radio Electronics Kharkiv, Ukraine.