

УДК: 621.384.3

## ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЦИФРОВИХ ВОДЯНИХ ЗНАКІВ ДО ГЕОМЕТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВИХ ТОЧОК ЗОБРАЖЕННЯ

*Карпінець Василь; Павловський Павло; Салієва Ольга; Яремчук Яна*  
*Вінницький національний технічний університет*

### INCREASING THE DIMENSIONAL WATER STABILITY OF GEOMETRIC TRANSFORMATIONS BY DETERMINING SPECIFIC POINTS OF IMAGES

*Karpinets Vasyl; Pavlovskiy Pavlo; Saliieva Olha; Yaremchuk Yana*  
*Vinnitsia National Technical University*

*Анотація:* У даній роботі запропоновано метод вбудовування ЦВЗ на базі особливих точок зображення, виділених за допомогою детектора кутів Харріса. Для надійного захисту авторського права було підвищено стійкість ЦВЗ до геометричних перетворень у системах безпеки на основі визначення особливих точок зображення.

*Ключові слова:* Стеганографія, цифровий водяний знак, захист авторського права, особливі точки зображення, стеганографічна стійкість.

*Summary:* In this paper, we propose a method for embedding the central electron microscope on the basis of special points of the image, separated by the Harris angle detector. For reliable protection of copyright, the stability of the VSS to geometric transformations in security systems was enhanced by determining the specific points of the image.

*Keywords:* Steganography, digital watermark, copyright protection, special point of view, steganographic stability.

#### Вступ

У зв'язку із швидкими темпами інформатизації сучасного суспільства і переходу до систем електронного документообігу виникають нові потенційні загрози інформаційній безпеці. Зокрема, гостро постає проблема захисту авторського права на електронні документи.

Одним з перспективних методів захисту, які відповідають вимогам конфіденційності і, в той же час, мінімальних тимчасових і вартісних витрат, є метод стеганографічного приховування інформації, який в додатку до завдань захисту документів реалізує застосування технологій цифрових водяних знаків (ЦВЗ). Останні являють собою напівпрозорі прізвища авторів, назви сайтів, логотипи фірм, і т.д. Впровадження ЦВЗ дозволяє авторам зображень і фото захищати свої авторські права на дану інтелектуальну

власність і гарантувати собі гонорари за копії [1].

Таким чином, найпоширеніше використання ЦВЗ знайшли в системах захисту від копіювання, які прагнуть запобігти або утримати від несанкціонованого копіювання цифрових даних.

Залежно від галузі застосування, вкладення намагаються більшою чи меншою мірою заховати в копію, щоб не давати зайвої інформації про способи захисту авторських прав [2].

Основною вимогою вбудовування ЦВЗ є те, що стеганосистема повинна забезпечувати незмінність вбудованої інформації при спотворенні чи компресії зображення-контейнера та мінімальний вплив методу вбудовування ЦВЗ на якість самого зображення. Існуючі методи не є стійкими до будь-яких спотворень, що змінюють дані контейнера. Вони вразливі до так званої атаки «поворот», яка не

призводить до видалення водяного знаку, однак є причиною десинхронізації ЦВЗ щодо сигналу-контейнера, і як наслідок, неможливості його детектування й/або вилучення.

Для вирішення даної проблеми пропонується розробити стеганографічний метод вбудовування ЦВЗ, який значно підвищить стійкість ЦВЗ до геометричних перетворень шляхом визначення особливих точок зображення. Адаптивний метод за особливими точками використовує оригінальні дані контейнера і не вносить в нього додаткових даних для синхронізації. Відсутність додаткових шумів робить його застосування непомітним зловмиснику, крім того даний метод стійкий до узагальнених і локальних геометричних спотворень, дозволяє паралельно із синхронізацією ідентифікувати області не придатні для вкраплення (гладкі) та може бути стійким до JPEG стиснення, а також будь-яких спроб видалити частину інформації при збереженні перцепційної якості зображення.

### Постановка задачі

Метою даної роботи є розроблення стеганографічного методу підвищення стійкості ЦВЗ зображення-контейнера до геометричних перетворень шляхом визначення особливих точок зображення.

Для досягнення заданої мети в роботі пропонується розв'язати наступні задачі:

- вдосконалити метод визначення особливих точок зображення-контейнера шляхом встановлення оптимального значення коефіцієнтів функції відгуку зображення;

- розробити стеганографічний метод вбудовування ЦВЗ стійкого до геометричних перетворень зображення-контейнера;

- розробити алгоритм вбудовування ЦВЗ в зображення-контейнер, що буде стійким до геометричних атак та алгоритм видобування прихованого ЦВЗ з зображення контейнера;

- провести оцінювання запропонованого методу, з точки зору

успішного відновлення прихованого повідомлення після атак на контейнер.

### Вдосконалення методу детектування особливих точок зображень

Розглянемо фрагмент  $U$  зображення  $I(x, y)$  з центром в точці  $(u, v)$  і його копії, зміщені на величину  $(x, y)$ . Для кожної точки фрагменту можна порахувати зважений квадрат різниці між зміщеним і вихідним фрагментом зображення, та розглянути функцію:

$$S(x, y) = \sum_{(u,v) \in U} (I(u+x, v+y) - I(u, v))^2 \cdot w(u, v). \quad (1)$$

Функцію,  $I(u+x, v+y)$  можна розкласти в ряд Тейлора в межах центру  $(u, v)$ , що дозволить перейти від (1) до наступного виразу:

$$S(x, y) \approx \sum_{(u,v) \in U} (I_x(u, v)x + I_y(u, v)y)^2 \cdot w(u, v), \quad (2)$$

де  $I_x$  та  $I_y$  – частинні похідні яскравості в горизонтальному і вертикальному напрямках.

Вираз (2) можна записати в матричній формі:

$$S(x, y) \approx (xy) \sum_{(u,v) \in U} w(u, v) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$\text{де } M = \sum_{(u,v) \in U} w(u, v) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} -$$

матриця локальної структури.

В якості вагової функції  $w(u, v)$  зазвичай використовується функція Гауса. Точка (або кут) характеризується більшим значенням зміни функції  $S(x, y)$  по всім можливим напрямкам  $(x, y)$ .

Виходячи з цього можна зробити ряд висновків:

- Якщо власні числа матриці  $\lambda_1$  та  $\lambda_2$  прямують до нуля, то піксель  $(x, y)$  не є особливою точкою.

- Якщо  $\lambda_1 \approx 0$  та  $\lambda_2$  по модулю приймає більше значення, то піксель  $(x, y)$ , належить до краю області придатності особливої точки.

– Якщо  $(\lambda_1 \text{ та } \lambda_2) \gg 0$ , тоді піксель можна вважати особливою точкою.

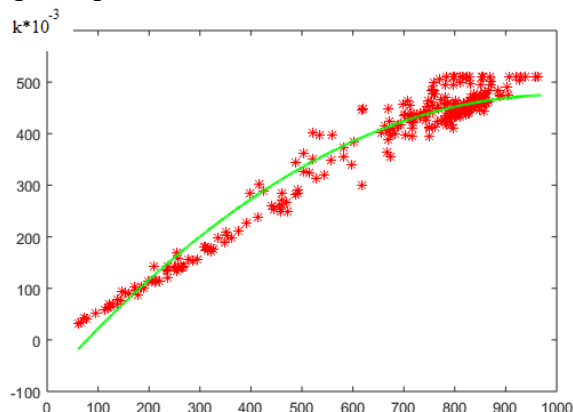
Більшість методів детектування особливих точок заснованих на властивостях матриці  $M$ . В [4], для цього найменше власне значення матриці  $M$  порівнюється з певним порогом. В [3], Харрісом запропоновано використовувати міру відгуку кута (точки).

$$z(x, y) = \det(M) - k \cdot \text{tr}(M)^2, \quad (4)$$

де  $k$  – встановлений емпіричним чином параметр, змінюється від 0.04 до 0.6.  $\det(M)$  та  $\text{tr}(M)$  – визначник і слід матриці.

Параметр  $k$  пропонується визначати в залежності від кількості особливих точок в зображенні і визначається для кожного зображення окремо (рис.1).

Апроксимувавши дану залежність і взявши по ній першу похідну можна відносно просто визначити чутливість зміни кількості особливих точок від зміни параметра  $k$ .



**Рис. 1** – Залежність  $k$  від кількості особливих точок в зображенні

При негативному відгуку точка класифікується як та, що потрапила на край; при відгуку, близькому до нуля, вважається, що точка потрапила в «плоску» область. При великих позитивних значеннях  $z(x, y)$  вважається, що точка є кутом, так як в ній яскравість сильно змінюється в усіх напрямках. Детектор Харріса, інваріантний до обертання і зсуву зображення, а також до зсуву і рівномірної лінійної зміни яскравості.

Описаний детектор знаходить будь-які ділянки зображення, в яких є велика зміна

градієнта в усіх напрямках при заданому масштабі. Він достатньо швидкий, оскільки зводиться до диференціювання яскравості зображення, підсумовування похідних яскравості в локальній околиці кожної точки і знаходженню відгуку кута [5].

### **Розробка методу вбудовування ЦВЗ стійкого до геометричних спотворень зображення–контейнера**

Існуючі методи синхронізації ЦВЗ в контейнері-зображенні мають один суттєвий недолік, а саме невисоку стійкість до геометричних перетворень. Найбільше переваг мають методи синхронізації на базі особливих точок. Ці методи відрізняються від інших тим, що вони використовують оригінальні дані зображення і, як наслідок, створюють для кожного зображення свій унікальний набір точок [6].

У роботі було запропоновано один із перших методів ЦВЗ, що включає в себе синхронізацію за особливими точками. Спосіб визначення таких точок використовує властивості декомпозиції зображення на базі вейвлету МНАТ – «мексиканський капелюх». На основі виділених точок виконувалося розбиття зображення на сегменти згідно діаграмі Вороного. ЦВЗ незалежно вкраплювався в кожний сегмент методом розширення спектра.

Також у роботі для визначення особливих точок використовується різниця зображень, отримана на двох різних рівнях розкладу за допомогою вейвлету МНАТ. Але на відміну від попереднього дослідження метод синхронізації передбачає нормалізацію сегментів зображення за геометричними центральними моментами, яка зокрема використовується для розпізнавання образів. Самі сегменти для вкраплення будуються у вигляді кіл, що не перетинаються та мають центрами виділені особливі точки. В середині цих кіл визначаються два блоки 32 на 32 пікселя, в середньочастотні коефіцієнти ДПФ яких вкраплюється ЦВЗ. Одні й ті ж 16 бітів ЦВЗ послідовно вкраплюються в 16 пар

визначених стеганоключем коефіцієнтів амплітудного спектра кожного виділеного сегменту зображення. ЦВЗ вважається присутнім у зображенні, якщо після атак він буде знайденим хоча б в двох виділених сегментах.

Для визначення особливих точок слугує модифікований детектор Харріса, а як сегменти використовуються кола радіусом 90 пікселів.

Даний метод включає в себе автоматичну синхронізацію ЦВЗ за особливими точками зображення без привнесення додаткових шумів. Крім того, у даному методі локалізація ЦВЗ кодується за допомогою контенту зображення і ЦВЗ не може бути знищеним без суттєвого спотворення контенту.

### Алгоритми вбудовування ЦВЗ в зображення

1) Фіксація особливих точок зображення:

- згладжування зображення, проводиться за допомогою використання фільтрів Гауса;
- обробка зображення за допомогою детектора кутів Харріса;
- відбір однорідно розподілених особливих точок.

2) Сегментація зображення:

- генерування кіл з центрами в особливих точках;
- в сформованих колах перевіряється можливість формування квадратів розмірністю 4x4 або 8x8 або 16x16, придатних для вбудовування ЦВЗ.

3) Вбудовування ЦВЗ у зображення:

- генерація за ключем псевдовипадкового водяного знаку у вигляді блоку;
- поточкове адитивне вкраплення ЦВЗ у кожний сегмент.

Розглянемо зображення у вигляді одновимірному масиву  $V$ , в якому елементами є точки векторного зображення  $V_l$ , де  $l=1..N$ ,  $N$  – кількість точок в масиві.  $V_l = (X_l, Y_l)$ , де  $X_l, Y_l$  – значення

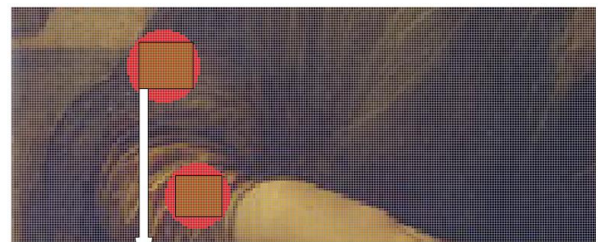
координат точки  $V_l$  векторного зображення.

Далі сформуємо матриці розміром  $8 \times 8$  (тобто розмірність матриці  $n = 8$ ) з кожних 64 координат точок масиву  $V$ , та позначимо їх як  $C_i(x, y)$ , де  $i=1..t$ ,  $t$  – кількість сформованих матриць,  $x, y$  – позиції координат в цій матриці.

Для кожної матриці  $C_i(x, y)$  проведемо пряме двовимірне ДКП, в результаті чого отримаємо матриці коефіцієнтів  $F(u, v)$ , де  $u, v$  – позиції цих коефіцієнтів в матриці. ДКП в загальному вигляді для  $i$ -ї матриці  $F_i(u, v)$  може бути представлено наступним чином:

$$F(u, v) = \frac{c(u) * c(v)}{\sqrt{2N}} \cdot \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} C(x, y) \cdot \cos\left[\frac{p \cdot u \cdot (2x+1)}{2N}\right] \cdot \cos\left[\frac{p \cdot v \cdot (2y+1)}{2N}\right] \quad (5)$$

На рисунку 2 показано розподіл коефіцієнтів для прикладу матриці двовимірного ДКП.



	0	1	2	3	4	5	6	7
0	630	-67	-1	15	5	0	0	1
1	153	-27	-38	24	-5	1	2	-7
2	63	-18	-3	9	0	-1	-1	-1
3	27	-8	-11	11	-6	1	-1	6
4	13	-9	0	6	0	1	-1	0
5	14	-5	-1	7	0	1	-1	0
6	6	-7	-1	1	-1	1	0	0
7	0	0	1	1	1	0	0	-1

низькочастотні коефіцієнти
середньочастотні коефіцієнти
високочастотні коефіцієнти

Рис. 2 – Матриця коефіцієнтів ДКП

Для вбудовування одного біта ЦВЗ будемо змінювати значення одного ВЧ-коефіцієнта і визначимо, як саме змінювати цей коефіцієнт, щоб при витягуванні ЦВЗ можна було чітко розпізнати вбудований біт та забезпечити мінімальний вплив ЦВЗ на значення координати точки. Суть цього підходу полягає в тому, що для

вбудовування бітів ЦВЗ одному коефіцієнту присвоюють середньоарифметичне значення декількох інших коефіцієнтів. Оскільки значення в межах блоку зображення  $8 \times 8$  висококорельовані, такий підхід забезпечує незначну зміну коефіцієнта, що дозволяє зменшити спотворення зображення. Для цього скористаємось підходом, запропонованим у роботі [8].

Вбудовування в блок біта повідомлення відбувається наступним чином. Обрані псевдовипадковим чином три коефіцієнти ДКП з координатами відповідних особливих точок з середньо частотної області,  $(u_1, v_1)$   $(u_2, v_2)$   $(u_3, v_3)$ . Якщо необхідно провести вбудовування «0», ці коефіцієнти змінюються таким чином, щоб третій став меншим будь-якого з двох. Якщо необхідно вбудувати «1», він робиться більшим порівняно з першим і другим:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{при } m_\sigma = 0 \left\{ \begin{array}{l} |\Omega_\sigma(u_3, v_3)| < |\Omega_\sigma(u_1, v_1)|; \\ |\Omega_\sigma(u_3, v_3)| < |\Omega_\sigma(u_2, v_2)|; \end{array} \right. \\ \text{при } m_\sigma = 1 \left\{ \begin{array}{l} |\Omega_\sigma(u_3, v_3)| > |\Omega_\sigma(u_1, v_1)|; \\ |\Omega_\sigma(u_3, v_3)| > |\Omega_\sigma(u_2, v_2)| \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (6)$$

Для прийняття рішення про достатність розрізнення коефіцієнтів ДКП в даний вираз вводиться порогове значення  $P$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} |\Omega_\sigma(u_3, v_3)| < \min(|\Omega_\sigma(u_1, v_1)|, |\Omega_\sigma(u_2, v_2)|) - P, \\ \text{при } m_b = 0; \\ |\Omega_\sigma(u_3, v_3)| > \max(|\Omega_\sigma(u_1, v_1)|, |\Omega_\sigma(u_2, v_2)|) + P, \\ \text{при } m_b = 1. \end{array} \right.$$

Тобто, якщо потрібно вбудувати „0”, то  $\Omega_\sigma(u_3, v_3)$  повинно бути менше значення мінімального  $(|\Omega_\sigma(u_1, v_1)|, |\Omega_\sigma(u_2, v_2)|)$  з урахуванням певного значення  $P$ , якщо необхідно вбудувати „1”, то  $\Omega_\sigma(u_3, v_3)$  повинно бути більше за максимальне з  $(|\Omega_\sigma(u_1, v_1)|, |\Omega_\sigma(u_2, v_2)|)$  з урахування  $P$ .

Блок схема алгоритму, зображена на рисунку 3.

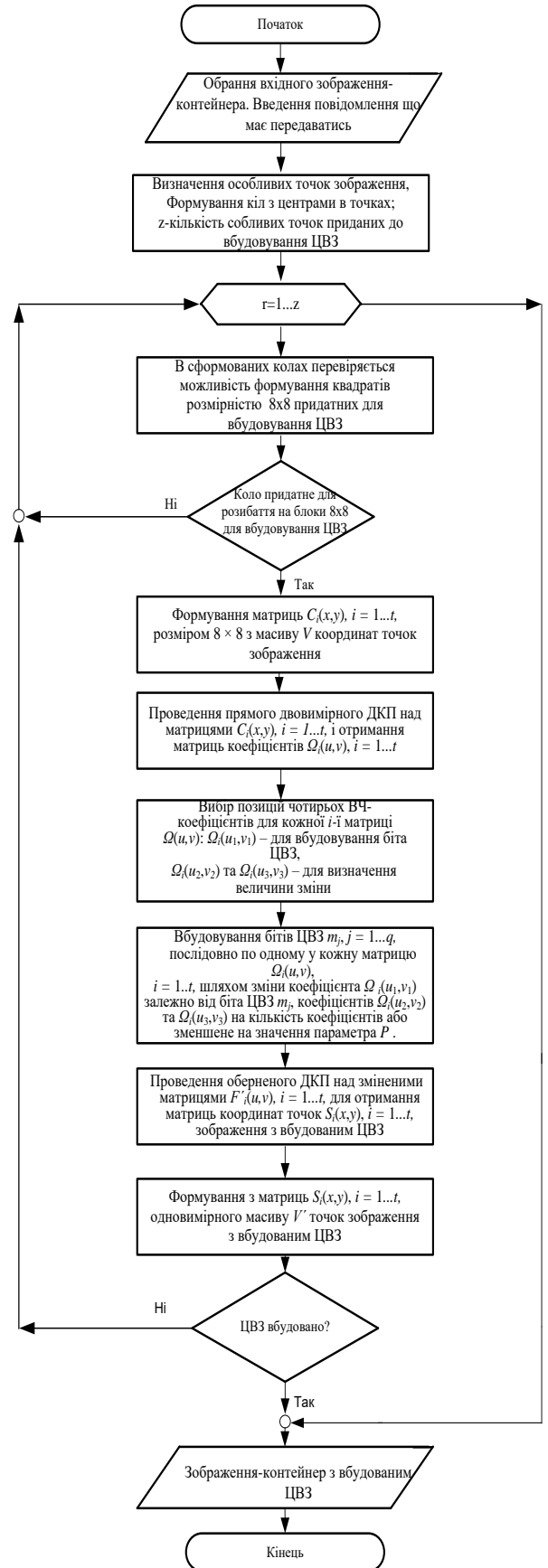


Рис. 3 – Структурна схема алгоритму вбудовування ЦВЗ в зображення

## Алгоритми декодування ЦВЗ з зображення - контейнера

1) Фіксація особливих точок зображення (аналогічно вбудовуванню).

2) Сегментація зображення (аналогічно вбудовуванню).

3) Попередня обробка сегментів:

– сформувати матриці  $C_{i'}(x, y)$ ,  $i' = 1..t'$ , розміром  $8 \times 8$  масиву  $V'$  координат точок зображення;

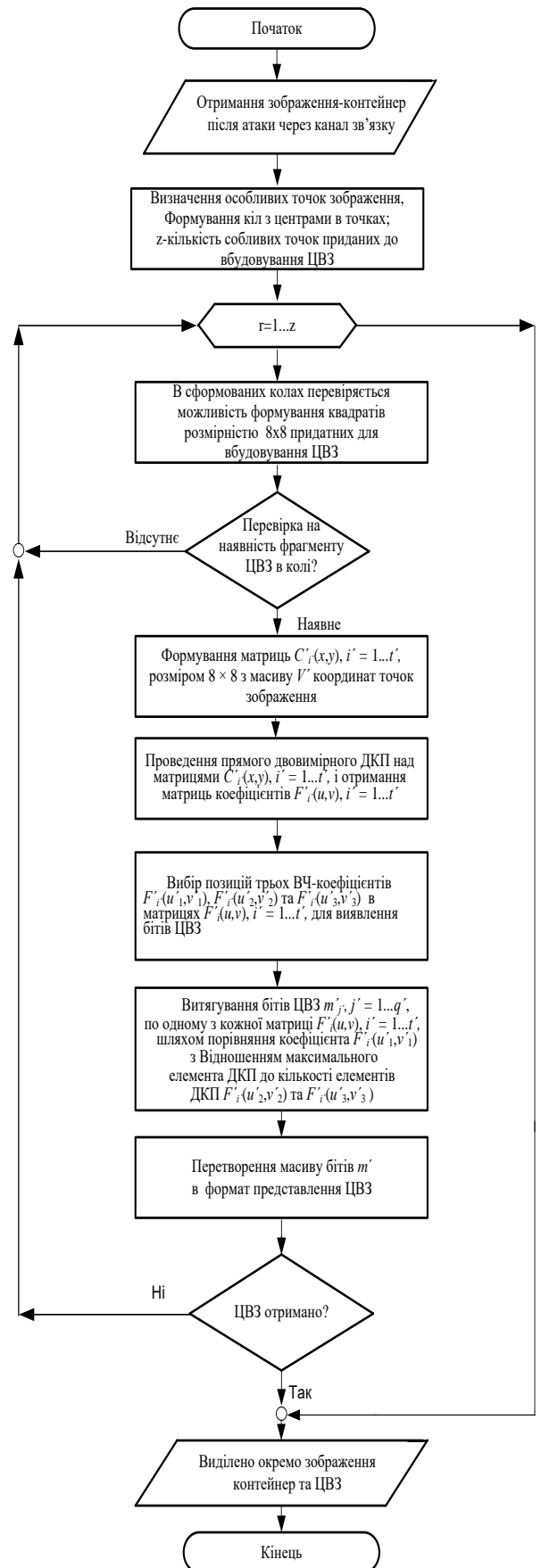
– виконати пряме двовимірне ДКП матриць координат точок  $C_{i'}(x, y)$ ,  $i' = 1..t'$ , і отримати матриці  $\Omega_{i'}(u, v)$ ,  $i = 1..t$ , коефіцієнтів ДКП;

– вибрати позиції трьох ВЧ-коефіцієнтів  $\Omega_{i'}(u_1, v_1)$ ,  $\Omega_{i'}(u_2, v_2)$ ,  $\Omega_{i'}(u_3, v_3)$  для кожної  $i'$ -ї матриці  $\Omega_{i'}(u, v)$ .

Виконати витягування бітів  $m_{i'}$  ЦВЗ для кожної матриці  $\Omega_{i'}(u, v)$ ,  $i' = 1..t'$ , шляхом порівняння значення коефіцієнта  $\Omega_{i'}(u_1, v_1)$  з значенням коефіцієнтів  $\Omega_{i'}(u_2, v_2)$  та  $\Omega_{i'}(u_3, v_3)$ . Після модифікації матриця коефіцієнтів ДКП проходить процедуру зворотного перетворення у блок зворотного дискретного косинусного перетворення. В результаті чого утворюється матриця інтенсивності пікселів блоку. Оскільки модифікація коефіцієнтів ДКП в деяких випадках призводить до виходу значень інтенсивності пікселів зображення за межі допустимого діапазону  $[0, 255]$ , то також проводиться нормування вказаних значень. Далі відбувається порівняння номеру чергового блоку з кінцевим. Якщо оброблюваний блок не останній, то проводиться зчитування наступного біту повідомлення. В разі, коли повідомлення видобуто повністю проводиться формування вихідного масиву.

– Перетворити масив витягнутих бітів ЦВЗ  $m$  в формат представлення ЦВЗ (рис.4).

Основною перевагою запропонованого алгоритму є стійкість зображення-контейнера до геометричних атак, адже не залежить від зміни кута його повороту.



**Рис. 4** – Структурна схема алгоритму вбудовування ЦВЗ в зображення

## Оцінювання якості розробленого методу вбудовування ЦВЗ в зображення

Методика визначення стійкості того чи іншого методу або стеганосистеми в цілому складається з таких кроків:

- приховувана інформація впроваджується в контейнер;
- контейнер піддається зовнішньому впливу або атаці;
- прихована інформація витягується з контейнера;
- витягнута інформація порівнюється з оригінальною і визначається ступінь їх відповідності.

В ході досліджень було проведено наступний експеримент. Коефіцієнт матриці ДКП різних частотних компонентів змінювався в деякому діапазоні і вимірювався рівень спотворень зображення. Рівень спотворень оцінювався за допомогою співвідношення сигнал / шум (*PSNR*), та розраховувався за формулою:

$$PSNR = 10 * \lg \frac{XY * \max(C_{x,y})^2}{\sum_{x,y} (C_{x,y} - S_{x,y})^2}, \quad (7)$$

де  $X, Y$  – розміри зображення,  $C_{x,y}$  – значення пікселя зображення – оригіналу,  $S_{x,y}$  – значення пікселя зображення після додавання шуму.

За результатами експерименту було встановлено, що рівень спотворень, вимірюваний співвідношенням сигнал / шум, не залежить від приналежності коефіцієнта до тієї чи іншої групи частотних компонент.

До іншої групи відносяться показники, що базуються на кореляції між оригінальним зображенням і зображенням з вбудованим ЦВЗ (кореляційні показники). Для оцінювання стеганографічних методів використовують такі показники як: максимальна відмінність зображень, середня абсолютна відмінність, нормована середня абсолютна відмінність, середньоквадратична помилка, відношення «сигнал-шум», якість зображення, нормована взаємна кореляція.

За запропонованими показниками здійснено оцінювання точності розробленого методу. Оскільки розроблений метод насамперед покликаний зберігати ЦВЗ від геометричних атак на зображення контейнер, було проаналізовано вплив кута повертання зображення на цілісність ЦВЗ. Внаслідок чого встановлено, що при повороті зображення кількість особливих точок для вбудовування ЦВЗ зменшується, тому:

- відбувається перевантаження вільних особливих точок при вбудовуванні, це вплине на якість самого зображення;
- при досить значному повороті зображення, зменшується максимально допустимий розмір вбудовуваного ЦВЗ, при збереженні якості зображення.

## Висновок

Запропоновано метод вбудовування ЦВЗ на базі особливих точок зображення, виділених за допомогою детектора кутів Харріса. Метод потребує однорідного розподілу виділених точок. Для його одержання запропоновано розбивати зображення на блоки в центрі окружності яких знаходяться особливі точки. Як переваги детектора Харріса зазначено його інваріантність до повороту і зсуву, часткову інваріантність до зміни яскравості. Як недолік – чутливість до масштабування. Проте, цей недолік не характерний для детекторів Харріса-Лапласа та SIFT (Scale Invariant Feature Transform), тому в перспективі їх можна розглядати для вдосконалення методу за критерієм стійкості. Але потрібно також зважати, що використання детектора Харріса-Лапласа чи SIFT збільшить обчислювальну складність методу.

Запропонований метод є стійким до геометричних перетворень а саме зсуву та повороту.

## Список літератури

- [1] Михайличенко О.В., Коробейников А.Г., Каменева С.Ю. *Применение стеганографических методов сокрытия информации в неподвижных изображениях* // Труды международных научно-

технических конференций „Интеллектуальные системы” (IEEE AIS’06) и „Интеллектуальные САПР (CAD-2006)”: в 3 т. М.: Физмалит, 2010. Т.2. – С. 511- 515.

[2] **Аграновский А.В.** *Основы компьютерной стеганографии* / А.В. Аграновский, П.Н. Девянин, Р.А. Хади, А.В. Черемушкин. – М.: Радио и связь, 2013. – 152 с.

[3] **Конахович Г.Ф.** *Компьютерная стеганография. Теория и практика.* / Г. Ф. Конахович, А. Ю. Пузыренко – К.: МК-Пресс, 2006. – 288 с.

[4] **Михайличенко О.В., Прохожев Н.Н., Коробейников А.Г.** *Повышение устойчивости стегано алгоритмов частотной области на основе дискретно-косинусного преобразования к внешним воздействиям* // Научно-технический вестник СПб ГУ ИТМО – СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2009.– вып. 2(60). – С.102–104.

[5] **Грибунин В.Г.** *Цифровая стеганография.* / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев - М.: СОЛОН-Пресс, 2012.

[6] **Хорошко В.О.** *Комп’ютерна стеганографія: [навчальний посібник]* / В. О. Хорошко, Ю. Є. Яремчук, В. В. Карпінєць. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 155 с.

[7] **Барсуков В.С., Романцов А.П.** *Компьютерная стеганография: вчера, сегодня, завтра. Технологии информационной безопасности XXI века.* – материалы Internet-ресурса «Специальная техника»

[8] **Умняшкин С. В.** *Анализ эффективности использования дискретных ортогональных преобразований для цифрового кодирования коррелированных данных* / С. В. Умняшкин, М. Е. Кочетков // Известия вузов. Электроника. — № 6. — 1998. — С. 79—84.

## References

[1] **Mihaylichenko O.V., Korobeynikov A.G, Kameneva S.Yu.** *Primenenie steganograficheskikh metodov sokryitiya informatsii v nepodvizhnykh izobrazheniyah* // Trudy mezhdunarodnykh nauchno-tekhnicheskikh konferentsiy „Intellektualnyie sistemy” (IEEE AIS’06) i „Intellektualnyie SAPR (CAD-2006)”: v 3 t. М.: Fizmalit, 2010. Т.2. – С. 511- 515.

[2] **Agranovskiy A.V.** *Osnovyi kompyuternoy steganografii* / A.V. Agranovskiy, P.N. Devyanin, R.A. Hadi, A.V. Cheremushkin. – М.: Radio i svyaz, 2013. – 152 s.

[3] **Konahovich G.F.** *Kompyuternaya steganografiya. Teoriya i praktika.* / G. F. Konahovich, A. Yu. Puzyrenko – К.: МК-Press, 2006. – 288 s.

[4] **Mihaylichenko O.V., Prohozhev N.N., Korobeynikov A.G.** *Povyishenie ustoychivosti stegano algoritmov chastotnoy oblasti na osnove diskretno-kosinusnogo preobrazovaniya k vneshnim vozdeystviyam* // Nauchno-tekhnicheskii vestnik SPb GU ITMO – SPb.: SPb GU ITMO, 2009.– vyip. 2(60). – S.102–104.

[5] **Gribunin V.G.** *Tsifrovaya steganografiya.* / V.G. Gribunin, I.N. Okov, I.V. Turintsev - М.: SOLON-Press, 2012.

[6] **Khoroshko V.O.** *Kompiuterna stehanografia: [navchalnyi posibnyk]* / V. O. Khoroshko, Yu. Ye. Yaremchuk, V. V. Karpinets. – Vinnytsia : VNTU, 2017. – 155 s.

[7] **Barsukov V.S., Romantsov A.P.** *Kompyuternaya steganografiya: vchera, segodnya, zavtra. Tehnologii informatsionnoy bezopasnosti XXI veka.* – materialyi Internet-resursa «Spetsialnaya tehnika»

[8] **Umnyashkin S. V.** *Analiz effektivnosti ispolzovaniya diskretnykh ortogonalnykh preobrazovaniy dlya tsifrovogo kodirovaniya korrelirovannykh daniy* / S. V. Umnyashkin, M. E. Kochetkov // Izvestiya vuzov. Elektronika. — # 6. — 1998. — S. 79—84.

## Реферат

*Карпінєць Василь, Павловський Павло, Салієва Ольга, Яремчук Яна. Підвищення стійкості цифрових водяних знаків до геометричних перетворень шляхом визначення особливих точок зображення.*

Одним з найбільш ефективних способів захисту інтелектуальної власності, розміщеної у цифровому вигляді є використання ЦВЗ. Основна вимога їхнього вбудовування полягає в тому, що стеганосистема повинна забезпечувати незмінність вбудованої інформації при спотворенні чи компресії зображення-контейнера та мінімальний вплив методу вбудовування ЦВЗ на якість самого зображення. Проте детальний аналіз продемонстрував нестійкість основних безпосередніх методів комп’ютерної стеганографії до атак активного порушника, тому в даній роботі було розроблено метод за особливими точками, що дозволяє здійснювати вбудовування ЦВЗ в зображення, що буде стійким до геометричних атак. Перехід від часової чи просторової до частотної області дає можливість виокремити області графічних контейнерів, що несуть найбільше корисної інформації та найменш спотворюються під час операцій обробки або активних атак порушника. Запропонований метод ґрунтується на базі особливих точок зображення, виділених за допомогою детектора кутів Харріса. Метод потребує однорідного розподілу виділених точок.



Визначені параметри оцінювання якості зображення, а саме відношення сигнал-шум, вказують на те, що при відносно невеликій зміні кута повороту (менше 30°) якість зображення майже не втрачається.

*Карпинец Василий, Павловский Павел, Салиева Ольга, Яремчук Яна. Повышение устойчивости цифровых водяных знаков в геометрических преобразованиях путем определения особых точек изображения.* Одним из наиболее эффективных способов защиты интеллектуальной собственности, размещенной в цифровом виде является использование ЦВЗ. Основное требование их встраивания в том, что стеганосистема должна обеспечивать неизменность встроенной информации при искажении или компрессии изображение-контейнера и минимальное влияние метода встраивания ЦВЗ на качество самого изображения. Однако детальный анализ показал неустойчивость основных непосредственных методов компьютерной стеганографии к атакам активного нарушителя, поэтому в данной работе был разработан метод по особым точкам, позволяющий осуществлять встраивания ЦВЗ в изображение, которое будет устойчивым к геометрическим атакам. Переход от временной или пространственной к частотной области дает возможность выделить области графических контейнеров, которые несут наибольшую полезную информацию и наименее искажаются во время операций обработки или активных атак нарушителя. Предложенный метод основан на базе особых точек изображения, выделенных с помощью детектора углов Харриса. Метод требует однородного распределения выделенных точек. Определенные параметры оценки качества изображения, а именно отношение сигнал-шум, указывают на то, что при относительно небольшом изменении угла поворота (менее 30°) качество изображения почти не теряется.

*Karpinets Vasyl, Pavlovskiy Pavlo, Saliieva Olha, Yaremchuk Yana. Increasing*

*the stability of digital watermarks to geometric transformations by identifying specific points of the image.*

One of the most effective ways of protecting intellectual property digitally is the use of digital carriers. The main requirement for their embedding is that the catenary must provide the same integral information when compiling or compressing the image-container and minimizing the effect of the embedding method of the CMS on any of the images. However, a detailed analysis demonstrated the instability of the basic direct methods of computer steganography to the attacks of the active violator, so in this paper a method was developed for special points, which allows the embedding of the CVA in an image that will be resistant to geometric attacks. The transition from time or spatial to frequency domain makes it possible to distinguish areas of graphic containers that carry the most useful information and least distort the processing operations or active attacks of the offender. The proposed method is based on special points of the image, selected using the Harris angle detector. The method requires a homogeneous distribution of the selected points. The determined parameters of the image quality estimation, namely the signal-to-noise ratio, indicate that, with a relatively small change in the angle of rotation (less than 30°), image quality is almost not lost.

#### **Відомості про авторів**

*Карпинець Василь Васильович*

Освіта – магістр за спеціальністю «Комп'ютерні системи та мережі» (2006 р.)

Кандидат технічних наук (2012 р.); доцент (2014 р.); Вінницький національний технічний університет, кафедра менеджменту та безпеки інформаційних систем.

Область знань: інформаційна безпека.

Наукові інтереси: криптографічний та стеганографічний захист інформації, безпека інформаційних систем.

E-mail: karpinets@gmail.com

*Павловський Павло Валерійович*

Освіта – магістр за спеціальністю «Енергетичний менеджмент» (2011 р.).

Вінницький національний технічний університет, центр інформаційних технологій та захисту інформації.

Область знань: безпека інформаційних систем, технічний захист інформації.

Наукові інтереси: технічні аспекти захисту інформаційних систем.

E-mail: [prepod@vntu.net](mailto:prepod@vntu.net)

*Салієва Ольга Володимирівна*

Освіта – магістр за спеціальністю «Консолідована інформація» (2018 р.).

Вінницький національний технічний університет, центр інформаційних технологій та захисту інформації.

Область знань: математика, криптографія, безпека інформаційних систем.

Наукові інтереси: теорія чисел, криптографічний захист інформації, безпека інформаційних систем.

E-mail: [salieva8257@gmail.com](mailto:salieva8257@gmail.com)

*Яремчук Яна Юріївна*

Студент кафедри менеджменту та безпеки інформаційних систем Вінницького національного технічного університету.

Область знань: математика, криптографія, безпека інформаційних систем.

Наукові інтереси: теорія чисел, криптографічний та стеганографічний захист інформації, безпека інформаційних систем.

E-mail: [yanunova@hotmail.com](mailto:yanunova@hotmail.com)