

УДК: 621.391.7

## ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ВОДЯНИХ ЗНАКІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ АВТОРСЬКОГО ПРАВА В ЗОБРАЖЕННЯХ

Юрій Яремчук, Василь Карнінець

Вінницький національний технічний університет

*Анотація:* Запропоновано стеганографічний метод для забезпечення захисту авторських прав в зображеннях за допомогою цифрових водяних знаків. Розроблений метод базується на дискретному косинус-перетворенні і згідно методу цифровий водяний знак вбудовується в частотну область зображення шляхом зміни значень коефіцієнтів. Завдяки використанню низькочастотних коефіцієнтів та особливостям зміни їх значень метод має ряд переваг над існуючими методами вбудовування цифрових водяних знаків.

*Summary:* In the given work is offered steganographic method for providing protection of the copyright in images by digital watermarks. The developed method is based on discrete cosine-transformation and according to method digital watermark embed in frequency area of the image by changing values of coefficients. Owing to use of low-frequency coefficients and insignificant changing of their values the method has a number of advantages before existing approaches of embedding digital watermarks.

*Ключові слова:* Стеганографія, цифровий водяний знак, захист авторського права, дискретне косинус-перетворення, JPEG.

### І Вступ

Завдяки масовому поширенню мультимедійних технологій і засобів телекомунікації, розвиток комп'ютерної стеганографії вийшов на принципово новий рівень. Стеганографія включає в себе такі напрямки, як вбудовування інформації з метою її прихованої передачі, вбудовування цифрових водяних знаків (ЦВЗ), вбудовування ідентифікаційних номерів тощо. Одною з ключових задач, де активно використовуються стеганосистеми, є захист авторського права від так званого «піратства» [1]. При цьому на комп'ютерні графічні зображення наноситься спеціальна мітка (ЦВЗ), яка залишається невидимою для людини, але розпізнається спеціалізованим програмним забезпеченням.

Існуючі методи, що вирішують задачу захисту авторського права шляхом вбудовування ЦВЗ, можна розділити на дві групи [2]: група методів, які приховують інформацію в просторовій області зображення та методи, що вбудовують ЦВЗ в частотну область. Методи першої групи вбудовують інформацію безпосередньо в первинну область даних зображення, що робить їх нестійкими до багатьох спотворень, особливо до компресії з втратами (наприклад JPEG-компресія). Що призводить до часткового чи навіть повного знищення вбудованого ЦВЗ. Більш стійкими до різного роду спотворень та компресії є методи другої групи. До відомих методів відносяться методи на основі використання дискретного косинус перетворення (ДКП), дискретного перетворення Фур'є (ДПФ), вейвлет-перетворення, перетворення Карунена-Лоева та ін.[2]. Найбільш поширеними перетвореннями в стеганографії є ДКП та вейвлет-перетворення, тому що крім можливості використання в стеганографічних перетвореннях, вони ефективно використовуються під час ущільнення зображень.

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 [3]. Серед стеганосистем, які вирішують ці задачі, виділяють декілька типів [2]: конфіденційні, напівконфіденційні, напіввідкриті та відкриті стеганосистеми. Така класифікація визначає, яка інформація потрібна системі для того, щоб виявити ЦВЗ – оригінал зображення, ЦВЗ, секретний ключ чи додаткова інформація. Стеганосистеми перших двох типів вимагають наявності оригіналу зображення чи ЦВЗ, та знання секретного ключа. Напіввідкриті стеганосистеми виявляють ЦВЗ за допомогою секретного ключа, який залежить від оригіналу зображення. Відкриті стеганосистеми для своєї роботи, окрім секретного ключа, не вимагають ні знання оригінального зображення, ні вбудованого ЦВЗ. Слід відзначити, що хоча більшість існуючих на сьогодні стеганосистем відносяться до конфіденційного або напівконфіденційного типу, перспективними є дослідження та розробка відкритих систем цифрових водяних знаків.

До стеганографічних методів, що представляють відкриті стеганосистеми та приховують інформацію в частотну область зображення, відносять відомі методи Коха і Жао, Бенгама-Мемона-Ео-Юнг та Фрідріха [3]. Основними проблемами при реалізації цих методів є суттєве руйнування чи знищення ЦВЗ при високих коефіцієнтах ущільнення зображення та афінних перетвореннях, а також пов'язане з цим помітне погіршення

якості зображення. Тому актуальними є дослідження спрямовані на розробку відкритих стеганосистем, в яких вирішувались би вказані проблеми.

## II Метод вбудовування цифрових водяних знаків в частотну область зображення

Запропоновано метод, що вбудовує ЦВЗ в частотну область зображення на основі використання дискретного косинус перетворення шляхом зміни значень коефіцієнтів ДКП. За допомогою ДКП відбувається перехід від представлення зображення у вигляді сукупності просторових хвиль до його спектральної інтерпретації. Для цього використовується пряме дискретне косинус-перетворення та обернене для переходу від частотного представлення зображення до просторового:

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

$$S(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \cdot \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} c(u) \cdot c(v) \cdot F(u, v) \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot u \cdot (2x+1)}{2N}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot v \cdot (2y+1)}{2N}\right), \quad (2)$$

де  $C(x, y)$  та  $S(x, y)$  – відповідно, елементи оригінального та відновленого за коефіцієнтами ДКП зображення розміром  $N \times N$ ;  $x, y$  – просторові координати пікселів зображення;  $F(u, v)$  – масив коефіцієнтів ДКП;  $u, v$  – координати в частотній області;  $c(u) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ , якщо  $u=0$ , і  $c(u) = 1$ , якщо  $u>0$ ;  $c(v) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ , якщо  $v=0$ , і

$c(v) = 1$ , якщо  $v>0$ .

Ефективність використання дискретного косинус-перетворення для методу вбудовування ЦВЗ пояснюється тим, що ДКП моделює процес обробки зображення з урахуванням особливостей зорової системи людини, виділяючи вагомі деталі від незначущих. Це дозволяє виділити частину зображення, зміна якої забезпечить надійний захист ЦВЗ та мінімальний вплив ЦВЗ на якість зображення.

На початковому етапі первинне зображення розбивається на блоки розміром  $8 \times 8$  пікселів. Для утворених блоків значень кожного каналу кольору простору RGB застосовується ДКП за формулою (1). В результаті ДКП отримується ряд матриць коефіцієнтів базисних функцій, які несуть інформацію про рівень зміни яскравості пікселів певної частоти зустрічаємості в блоці зображення, які позначаються  $F_b(u, v)$ , де  $b$  – номер блоку контейнера  $C$ , а  $(u, v)$  – позиція коефіцієнта в цьому блоці. В кожній матриці низькочастотні (НЧ) коефіцієнти будуть розміщуватись у верхньому лівому куті, високочастотні (ВЧ) коефіцієнти – в нижньому правому, а середньочастотні (СЧ) компоненти по діагоналі матриці (рис. 1). НЧ коефіцієнти носять основну енергію зображення, так як в основному всі зображення складаються з низькочастотних та середньочастотних компонентів, тому основна інформація розміщується в лівій верхній частині матриць коефіцієнтів. Зображення з високими значеннями ВЧ коефіцієнтів практично не зустрічаються, в силу свого інформативного змісту

|   | 0    | 1   | 2  | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  |
|---|------|-----|----|-----|----|----|----|----|
| 0 | -377 | -39 | 22 | -14 | 7  | 10 | -9 | 12 |
| 1 | -12  | -9  | -9 | 33  | -8 | 4  | -5 | 6  |
| 2 | -52  | 4   | 12 | -16 | -8 | 6  | -2 | 2  |
| 3 | -17  | -10 | 7  | 11  | -4 | 3  | -3 | 0  |
| 4 | 12   | 4   | 1  | 3   | 6  | -1 | 0  | 0  |
| 5 | -1   | 2   | 1  | 5   | 1  | 2  | -2 | 1  |
| 6 | 2    | 2   | 3  | -2  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 7 | -2   | -2  | -1 | 1   | -1 | 0  | 0  | -1 |

|  |                              |
|--|------------------------------|
|  | низькочастотні коефіцієнти   |
|  | середньочастотні коефіцієнти |
|  | високочастотні коефіцієнти   |

Рисунок 1 – Приклад матриці коефіцієнтів ДКП

Перед приховуванням проводиться аналіз блоків коефіцієнтів зображення на придатність для вбудовування. При цьому слід враховувати, що блоки не повинні мати різких перепадів яскравості та не бути монотонними. При чому блоки, які не будуть відповідати першій умові, будуть характеризуватися

великими значеннями НЧ коефіцієнтів, а значення більшості високочастотних коефіцієнтів блоків, які не будуть відповідати другій умові, будуть дорівнювати нулю. Тоді граничні значення коефіцієнтів  $P_L$  та  $P_H$ , які будуть задовольняти першій та другій умовам відповідно, будуть визначатися за формулами:

$$\sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F_b(u, v)| < P_L, \quad (3)$$

$$\sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F_b(u, v)| > P_H, \quad (4)$$

де  $P_L$  – граничне значення для забезпечення першої умови,  $P_H$  – граничне значення для забезпечення другої умови.

Також перед вбудовуванням обумовлюється граничне значення параметра  $P$ , який визначає на скільки може бути змінений коефіцієнт. Це здійснюється для запобігання суттєвої деградації зображення у випадку значної зміни коефіцієнтів ДКП.

Вибір коефіцієнтів блоку зображення для приховування повідомлення відбувається таким чином. Псевдовипадково вибираються два НЧ коефіцієнти  $F_b(u_2, v_2)$  та  $F_b(u_3, v_3)$ , при чому значення позицій  $(u_2, v_2)$  та  $(u_3, v_3)$  генеруються на основі секретного ключа  $k$ . Далі відбувається визначення придатності до зміни вибраної пари коефіцієнтів, використовуючи граничне значення  $P$ . При цьому різниця між значеннями коефіцієнтів не повинна перевищувати  $P$ , тобто:

$$F_b(u_2, v_2) - F_b(u_3, v_3) \leq p \in \{-P, P\}. \quad (5)$$

Якщо умова (5) не виконується, генеруються інші позиції коефіцієнтів до повного перебору всіх значень серед діапазону позицій НЧ компонентів. Якщо блок не задовольняє умовам (3) та (4) або коефіцієнти блоку не відповідають умові (5) – блок відкидається і не використовується для приховування інформації.

Після цього вибираються ще два коефіцієнти  $F_b(u_1, v_1)$  та  $F_b(u_4, v_4)$  шляхом накладання умови з граничним значенням  $P$  на сусідні коефіцієнти відносно  $F_b(u_2, v_2)$  та  $F_b(u_3, v_3)$ , таким чином:

$$F_b(u_1, v_1) - F_b(u_2, v_2) \leq p \in \{-P, P\}, \quad (6)$$

$$F_b(u_3, v_3) - F_b(u_4, v_4) \leq p \in \{-P, P\}. \quad (7)$$

У випадку, коли серед сусідніх коефіцієнтів знаходиться тільки один коефіцієнт, який відповідає умові (6) чи (7), блок вважається прийнятним для вбудовування тільки одного біту ЦВЗ. Блок зображення відкидається, коли не виявлено жодного коефіцієнта, який би відповідав вищенаведеній умові.

Згідно методу, в кожен блок коефіцієнтів розміром  $8 \times 8$  можна приховати 2 біти приховуваної інформації. Інформація вбудовується шляхом зміни НЧ коефіцієнтів за такою умовою: якщо потрібно вбудувати «0», то коефіцієнт  $F_b(u_1, v_1)$  або  $F_b(u_4, v_4)$  змінюється таким чином, щоб він був менший від середнього арифметичного значення з коефіцієнтом  $F_b(u_2, v_2)$  та  $F_b(u_3, v_3)$ . При вбудовуванні «1» коефіцієнт повинен бути більшим від середнього арифметичного значення з цими коефіцієнтами. Умови для вбудовування двобітних комбінацій  $m_b$  мають такий вигляд:

$$\left. \begin{array}{l} F_b(u_1, v_1) < \frac{F_b(u_1, v_1) + F_b(u_2, v_2) + F_b(u_3, v_3)}{3} \\ F_b(u_4, v_4) < \frac{F_b(u_2, v_2) + F_b(u_3, v_3) + F_b(u_4, v_4)}{3} \end{array} \right\} \text{, при } m_b = 00$$

$$\left. \begin{array}{l} F_b(u_1, v_1) < \frac{F_b(u_1, v_1) + F_b(u_2, v_2) + F_b(u_3, v_3)}{3} \\ F_b(u_4, v_4) > \frac{F_b(u_2, v_2) + F_b(u_3, v_3) + F_b(u_4, v_4)}{3} \end{array} \right\} \text{, при } m_b = 01$$

$$\left. \begin{array}{l} F_b(u_1, v_1) > \frac{F_b(u_1, v_1) + F_b(u_2, v_2) + F_b(u_3, v_3)}{3} \\ F_b(u_4, v_4) < \frac{F_b(u_2, v_2) + F_b(u_3, v_3) + F_b(u_4, v_4)}{3} \end{array} \right\} \text{, при } m_b = 10$$

$$\left. \begin{array}{l} F_b(u_1, v_1) > \frac{F_b(u_1, v_1) + F_b(u_2, v_2) + F_b(u_3, v_3)}{3} \\ F_b(u_4, v_4) > \frac{F_b(u_2, v_2) + F_b(u_3, v_3) + F_b(u_4, v_4)}{3} \end{array} \right\} \text{, при } m_b = 11 \quad (8)$$

Після зміни коефіцієнтів проводиться обернене дискретне косинус-перетворення над матрицями коефіцієнтів згідно формули (2) для перетворення зображення з частотного представлення в просторове. В результаті оберненого ДКП отримується набір матриць зі значеннями кольорів RGB простору.

На рис. 2 зображено структуру процесу вбудовування ЦВЗ:

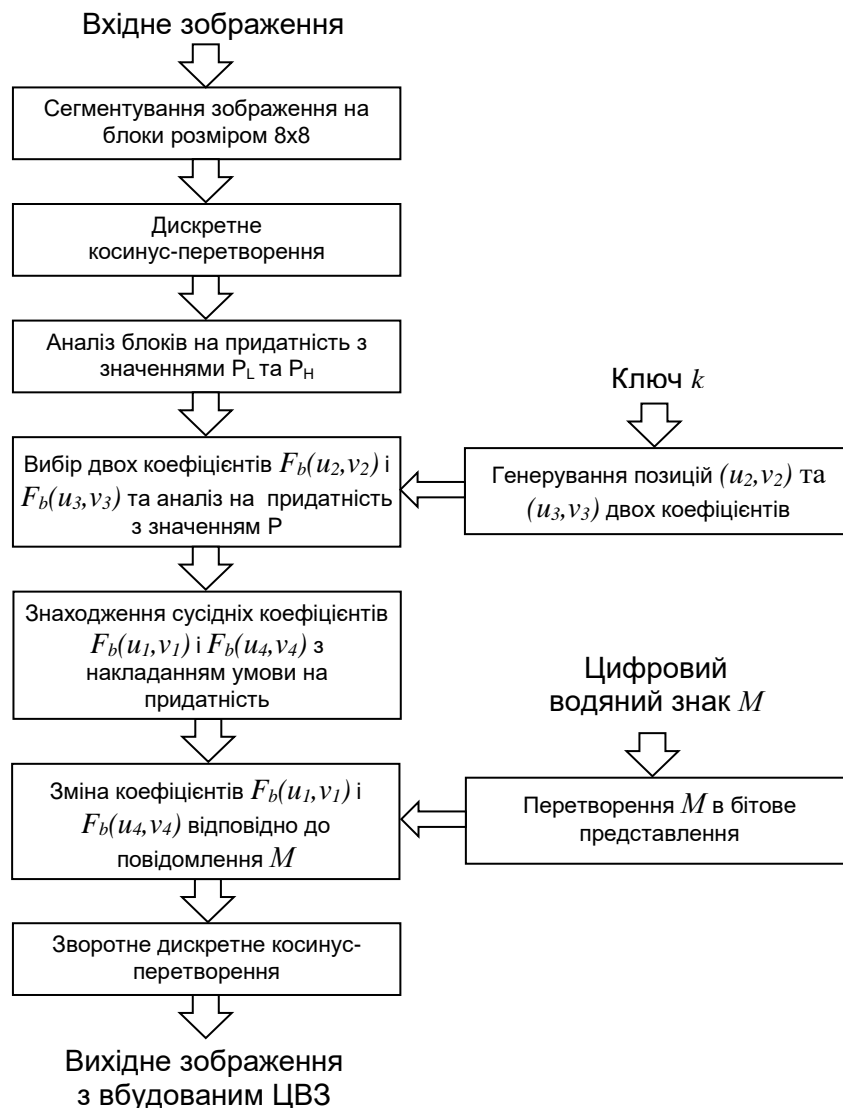


Рисунок 2 – Процес вбудовування цифрового водяного знаку в зображення

Для виявлення ЦВЗ не потрібно наявності оригіналу зображення чи самого ЦВЗ. Перед вилученням інформації проводиться дискретне косинус-перетворення та аналогічний аналіз на придатність блоків та коефіцієнтів шляхом перевірки умов (3)-(7). Для прийняття рішення про наявність в блоці зображення конкретних двобітових комбінацій чи окремих бітів цифрового водяного знаку проводиться порівняння коефіцієнтів згідно умови (8).

### III Приклад реалізації запропонованого методу в зображеннях формату JPEG

Запропонований метод можна використовувати не тільки для зображень, представлених у просторі кольорів RGB. Завдяки використанню дискретного косинус перетворення даний метод можна ефективно використовувати для вбудовування ЦВЗ в зображення, в яких ущільнення здійснюється на основі ДКП, наприклад алгоритмом JPEG [4]. Розглянемо приклад використання запропонованого методу в зображеннях, що представляються у форматі JPEG.

Згідно алгоритму ущільнення зображень JPEG виконуються такі дії:

1. Здійснюється перетворення простору кольору RGB в простір YCbCr, де Y-яскравість кольору, Cb та Cr – відтінки кольорів. Таке перетворення дає змогу отримати зображення у вигляді інформації про яскравість і відтінок кольору окремого пікселя.

2. Проводиться дискретизація. JPEG стандарт приймає до уваги те, що людське око більш чутливе до яскравості ніж до відтінку цього кольору. Так, для більшості JPEG зображень, яскравість Y береться для кожного пікселя, тоді як Cb,Cr - як середня величина для блоку 2x2 пікселів.

3. Проводиться зсуву рівня. Всі 8-бітові величини без знаку (Y,Cb,Cr) у зображенні - "зміщені за рівнем": вони перетворюються в 8-бітове знакове представлення, шляхом віднімання 128 з їхньої величини.

4. Здійснюється дискретне косинус-перетворення. ДКП проводиться для переходу від обробки вихідних зображень в просторовому представленні до простору частот зміни яскравості й відтінків.

5. Проводиться квантування. На цьому етапі відбувається найбільш значне ущільнення зображення. Метою квантування є отримання якомога більше нульових значень високочастотних коефіцієнтів ДКП. Це досягається шляхом ділення матриць з коефіцієнтами на одну з таблиць квантування, при чому результат від ділення заокруглюється до цілого числа.

6. Здійснюється кодування нулів (RLC). На цьому етапі також відбувається ущільнення інформації, проте на якість зображення воно не впливає. Розглянута матриця квантованих значень у вигляді вектору містить у собі довгі послідовності нулів. Послідовність нулів яка йде перед не нульовим значенням записується одним числом, яке дорівнює кількості нулів в послідовності. Наприклад послідовність 0 0 0 0 0 0 15 запишеться як (7, 15).

7. Проводиться кодування Хафмана. Це кодування дозволяє представити десяткові числа у коротших бітових послідовностях порівняно з їхніми двійковими представленнями.

Реалізація запропонованого методу в зображеннях формату JPEG може здійснюватись, починаючи з етапу дискретного косинус-перетворення згідно алгоритму ущільнення JPEG. Це дозволяє отримати частотне представлення зображення, використовуючи матриці коефіцієнтів ДКП, які обраховані вже самим алгоритмом JPEG, як результат його роботи після четвертого етапу, коли здійснено ДКП.

Для того, щоб отримати частотне представлення зображення формату JPEG у вигляді результату ДКП, потрібно виконати декомпресію зображення згідно алгоритму JPEG. При цьому виконується лише частина етапів алгоритму JPEG:

1. Проводиться дешифрування Хафмана. При цьому відбувається зворотне перетворення двійкових послідовностей разом з кодами Хафмана у десяткові числа з використанням таблиці Хафмана.

2. Здійснюється декодування нулів. В результаті перше число кожної пари чисел перетворюється на послідовність з відповідною кількістю нулів, що передує другому числу.

3. Проводиться зворотне квантування. З отриманого вектора десяткових чисел формується матриця значень, яка множить на таблицю квантування, що записана у файлі. Таким чином отримується набір матриць відновлених коефіцієнтів ДКП.

Після цього відбувається вбудовування цифрового водяного знаку шляхом зміни коефіцієнтів ДКП згідно запропонованого методу.

Для завершення процесу вбудовування потрібно виконати дії згідно алгоритму JPEG для представлення зображення у вихідному форматі JPEG. При цьому виконуються дії 5-7 етапів, що починаються з 5-го, а саме:

1. Проводиться квантування.
2. Здійснюється кодування нулів (RLC).
3. Проводиться кодування Хафмана.

Структуру процесу вбудовування ЦВЗ в зображення формату JPEG зображено на рис. 3.

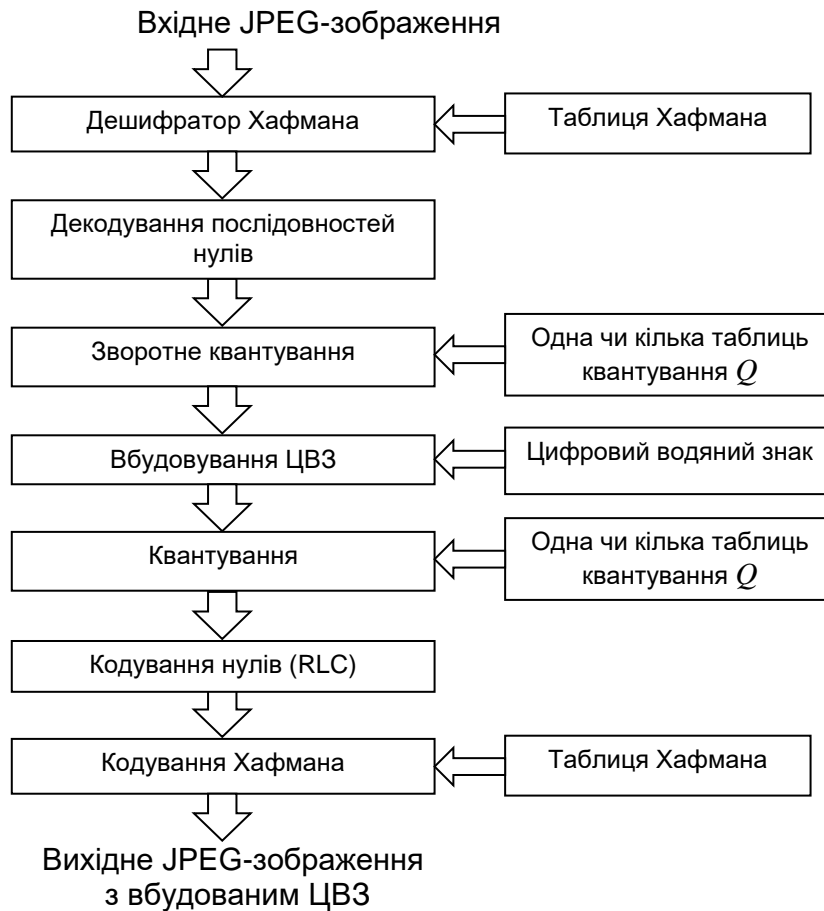


Рисунок 3 – Структура процесу вбудовування ЦВЗ в JPEG-зображення

Як видно з алгоритму, для того щоб приховати цифровий водяний знак у зображення формату JPEG, не потрібно виконувати весь зворотний алгоритм JPEG. Виконується тільки частина алгоритму для отримання зображення у вигляді матриць коефіцієнтів ДКП. Це дозволяє прискорити вбудовування інформації, так як не потрібно проводити пряме та зворотне ДКП, яке вимагає найбільших розрахунків згідно алгоритму JPEG.

#### IV Аналіз запропонованого стеганографічного методу

Оцінка якості запропонованого стеганографічного методу проводиться з точки зору спотворень, які вносять стеганоперетворення в зображення. Для цього використовуються критерії якості [5]. Більшість критеріїв якості, які використовуються при візуальній обробці, відносять до групи показників відмінності. Ці показники базуються на відмінності між контейнером-оригіналом і контейнером-результатом. До іншої групи відносяться показники, що базуються на кореляції між оригінальним зображенням і зображенням з вбудованим ЦВЗ (кореляційні показники).

Для прикладу оцінювання було вибрано зображення - фотознімок природи розміром 600 Кбайт з середньою кількістю структурованих і монотонних областей та середньою кольоровою гамою, а також графічний ЦВЗ розміром 3 Кбайт. В таблиці 1 наведено результати оцінювання за показниками відмінності та кореляційними показниками запропонованого методу та відомих методів [6], які вбудовують ЦВЗ в частотну область зображення, а саме: Коха-Жао, Бенгама-Мемона-Ео-Юнг, Хсу-Всу та Фрідріха. При цьому  $C_{x,y}$  - піксель вхідного зображення з координатами  $(x,y)$ ,  $S_{x,y}$  - відповідний піксель зображення з вбудованим ЦВЗ.

Таблиця 1 – Показники візуального спотворення у випадку вбудовування ЦВЗ в частотну область зображення

| Назва показника   | Методи вбудовування ЦВЗ в частотну область зображення |                       |          |          |                       |
|---|---|-----------------------|----------|----------|-----------------------|
|   | Коха-Жао  | Бенгама-Мемона        | Хсу-Всу  | Фрідріх  | Даний метод           |
| Максимальна відмінність<br>$MD = \max_{x,y}  C_{x,y} - S_{x,y} $  | 51  | 60                    | 129      | 101      | 38                    |
| Нормована середня абсолютна відмінність<br>$NAD = \sum_{x,y}  C_{x,y} - S_{x,y}  / \sum_{x,y}  C_{x,y} $    | 0.081   | 0.033                 | 0.347    | 0.198    | 0.021                 |
| Нормована середньоквадратична помилка<br>$NMSE = \sum_{x,y} (C_{x,y} - S_{x,y})^2 / \sum_{x,y} (C_{x,y})^2$ | $5.343 \cdot 10^{-3}$                                 | $2.213 \cdot 10^{-3}$ | 0.032    | 0.015    | $8.056 \cdot 10^{-4}$ |
| Відношення "сигнал-шум"<br>$SNR = \sum_{x,y} (C_{x,y})^2 / \sum_{x,y} (C_{x,y} - S_{x,y})^2$                | 187.127   | 634.605               | 24.098   | 43.639   | 806.321               |
| Якість зображення<br>$IF = 1 - \sum_{x,y} (C_{x,y} - S_{x,y})^2 / \sum_{x,y} (C_{x,y})^2$                   | 0.982531  | 0.998721              | 0.937717 | 0.966753 | 0.999735              |
| Якість кореляції<br>$CQ = \sum_{x,y} C_{x,y} \cdot S_{x,y} / \sum_{x,y} C_{x,y}$                            | 178.367   | 183.029               | 134.975  | 165.313  | 194.047               |

Проаналізувавши показники якості та структуру запропонованого стеганографічного методу слід відзначити переваги запропонованого методу над методами, що вбудовують цифровий водяний знак в частотну область зображення:

- приховування двох бітів інформації в блок зображення дозволяє вбудувати ЦВЗ більшого розміру, або накласти жорсткіші умови на придатність блоку до вбудовування;
- використання середнього арифметичного значення двох коефіцієнтів як умови для приховування дозволяє змінювати коефіцієнти ДКП на невелику величину, що приводить до меншого спотворення зображення внаслідок вбудовування ЦВЗ;
- використання НЧ коефіцієнтів робить ЦВЗ більш стійким до компресії зображення-контейнера.

Структура методу дозволяє використовувати його в ущільнених зображеннях, як показано на прикладі алгоритму JPEG, який на сьогодні є найпоширенішим серед алгоритмів ущільнення.

Застосування запропонованого методу в зображеннях, які ущільнені згідно алгоритмів, що використовують ДКП на прикладі JPEG, дозволяє виділити додаткову перевагу використання методу в цих зображеннях. Використання дискретного косинус-перетворення алгоритмом JPEG дозволяє використати вже обраховані матриці коефіцієнтів зображення для вбудовування ЦВЗ, тобто не виконувати ДКП, яке вимагає найбільшої кількості математичних операцій, а тільки декілька етапів алгоритму JPEG, що забезпечує більш швидкий процес вбудовування.

Для ефективного захисту авторського права даним методом рекомендовано використовувати графічні цифрові водяні знаки, так як незначне спотворення не завадить розпізнати їх інформативний зміст, що не можна сказати про текстові ЦВЗ.

## V Висновки

Запропоновано стеганографічний метод для захисту авторського права за допомогою ЦВЗ, який базується на зміні частотних коефіцієнтів ДКП. Показано приклад реалізації запропонованого методу в зображеннях, що представляються у форматі JPEG. Результати аналізу показників якості та структура стеганографічного методу показали, що даний метод забезпечує більш надійний захист ЦВЗ при спотворенні чи зміні зображення-контейнера, менший вплив ЦВЗ на якість зображення, вищу стійкість ЦВЗ до ущільнення зображення в порівнянні з існуючими методами.

*Література: 1. В.О. Хорошко, О.Д. Азаров, М.Є. Шелест, Ю.Є. Яремчук. Основи комп'ютерної стеганографії. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДГУ, 2003. – 143 с. 2. Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. – К.: «МК-Пресс», 2006. – 288с. 3. Darmstaedter V., Delaigle J.-F., Quisquater J., Macq B. Low cost spatial watermarking // Computers and Graphics. 1998. Vol. 5. P. 417-423. 4. Д.С. Ватолин. Алгоритмы сжатия изображений. Методические материалы к спецкурсу ВМиК МГУ “Машиная графика-2”. Под руководством Ю.М. Баяковского. Издательский отдел факультета Вычислительной Математики и Кибернетики МГУ им. М.В.Ломоносова, 1999 р., 76 с. 5. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Цифровая стеганография.СПб.:ВУС, 2002. 6. Langelaar G., Lagendijk R., Biemond J. Robust labeling methods for copy protection of images // Proc. of the SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases V. 1997. Vol. 3022.*