

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ: Метод нанесення цифрового водяного знаку на цифрове зображення

ВИКОПАВ:

• Студент гр. КСМзм-20-1 Дячків М.А

КЕРІВНИК:

д.т.н. проф. Рубан І.В.

ХАРКІВ
2021р.

Причини використання зображень в якості контейнера для стегосистем

- існування завдання захисту фотографій та цифрових зображень від незаконного тиражування та розповсюдження;
- великим обсягом цифрових зображень, що дозволяє впроваджувати ЦВЗ великого обсягу чи підвищувати робастність використання;
- відомим до вбудови та не змінним розміром контейнера, відсутністю обмежень, що накладаються вимогами систем реального часу;
- наявністю у зображеннях текстурних областей, що мають шумову структуру та добре підходять для вбудовування інформації;
- слабкою чутливістю людського ока до певних змін кольорів зображення, його яскравості, спотворень поблизу контурів;
- методами цифрової обробки зображень, що розвиваються.

Мета та завдання

Основними цілями даного дослідження є порівняння існуючих алгоритмів, виявлення їх переваг та недоліків та обґрунтування вибору ефективного методу нанесення ЦВЗ.

Як критерії порівняння обрані такі показники, як стійкість алгоритмів до атак, час роботи, пропускна здатність стегосистем.

Завданнями дослідження є детальне вивчення предметної галузі, існуючих алгоритмів генерування та вбудовування ЦВЗ у зображення, створення програмного комплексу, що реалізує найбільш популярні алгоритми, детальне порівняння реалізованих алгоритмів за кожним критерієм. При цьому результати будуть представлені у вигляді таблиць та графіків і для кожного з алгоритмів буде визначено його оптимальну сферу застосування.

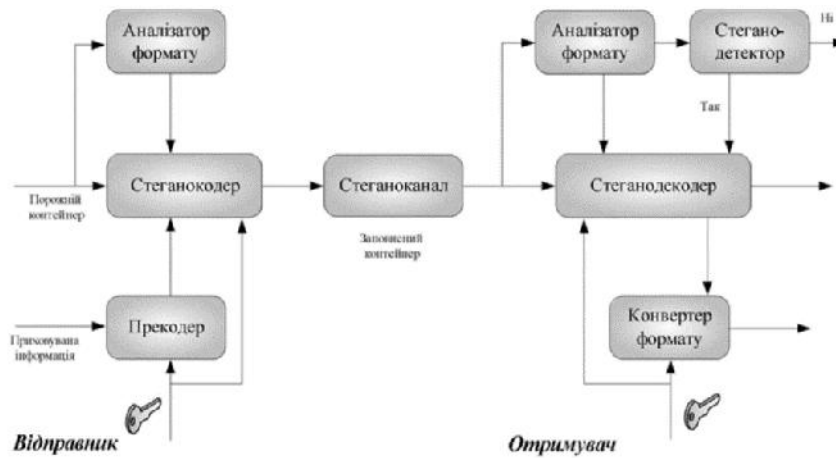
3

Сфери застосування ЦВЗ

- Захист фотографій від незаконного тиражування
- Захист витворів мистецтва
- Вбудовування інтерактивної інформації
- Автентифікація змісту повідомлення

4

Схема типової стегосистеми



5

Математична модель стегосистеми (1)

За W^*, K^*, I^*, B^* позначимо множину можливих ЦВЗ, ключів, контейнерів і повідомлень, що приховуються, відповідно.

Тоді генерування ЦВЗ може бути представлено в наступному вигляді: $F: I^* \times K^* \times B^* \rightarrow W^*$, $W = F(I, K, B)$, де W, K, I, B – представники відповідних множин.

Функція F зазвичай є складовою: $F = T \circ G$, де $G: K^* \times B^* \rightarrow C^*$ і $T: C^* \times I^* \rightarrow W^*$, тобто цифровий водяний знак залежить від властивостей контейнера.

Оператор T модифікує кодові слова C^* , внаслідок чого виходить ЦВЗ W^* . На цю функцію не можна накладати обмеження.

Функція T повинна бути обрана так, щоб вихідний контейнер I_0 , заповнений контейнер I_P та незначно модифікований заповнений контейнер I'_P : $T(C, I_0) = T(C, I_P) = T(C, I'_P)$,

Процес вбудовування ЦВЗ $W(i, j)$ у вихідне зображення $I_0(i, j)$ може бути описаний як суперпозиція двох сигналів:

$\varepsilon: I^* \times W^* \times L^* \rightarrow I_P^*$, $I_P(i, j) = I_0(i, j) \oplus L(i, j)W(i, j)p(i, j)$, де $L(i, j)$ – маска вбудови ЦВЗ, що враховує характеристики СЛЗ, служить зменшення помітності ЦВЗ; $p(i, j)$ – функція проєкції, яка залежить від ключа, та позначений \oplus оператор суперпозиції.

6

Математична модель стегосистеми (2)

Позначимо операцію детектування через D . Тоді

$$D : I_{\#}^* \times K^* \rightarrow \{0,1\}, D(I_{\#}, W) = \begin{cases} 1, & \text{якщо міститься } W \\ 0, & \text{якщо відсутнє } W \end{cases}$$

Нехай у половини пікселів зображення значення яскравості збільшено на 1, а решта зменшено на 1. Тоді

$$I_{\#} = I_0 + W, \text{ де } F(I_0, K) = W.$$

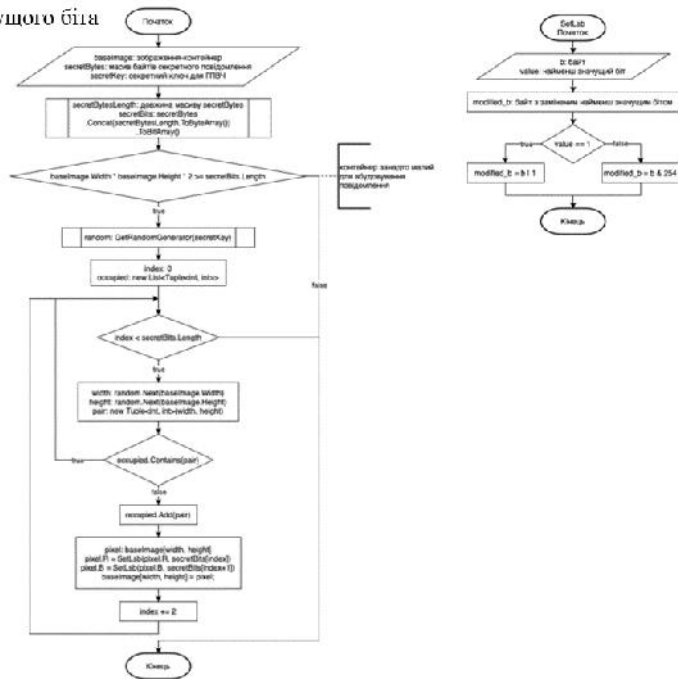
Спочатку детектор ЦФВ обчислює величину $I_{\#} * W = (I_0 + W) * W = I_0 * W + W * W$. Оскільки W може приймати значення ± 1 , то $I_0 * W$ буде дуже мало, а $W * W$ буде завжди позитивно. Тому $I_{\#} * W$ буде дуже близько до $W * W$. Тоді можна записати ймовірність невірної виявлення стего, як додаткову функцію помилок від квадратного кореня з відношення $W * W$ («Енергія сигналу») до дисперсії значень пікселів яскравості («Енергія шуму»).

Для випадку м'якого детектора та закритої стегосистеми маємо два основні заходи схожості:

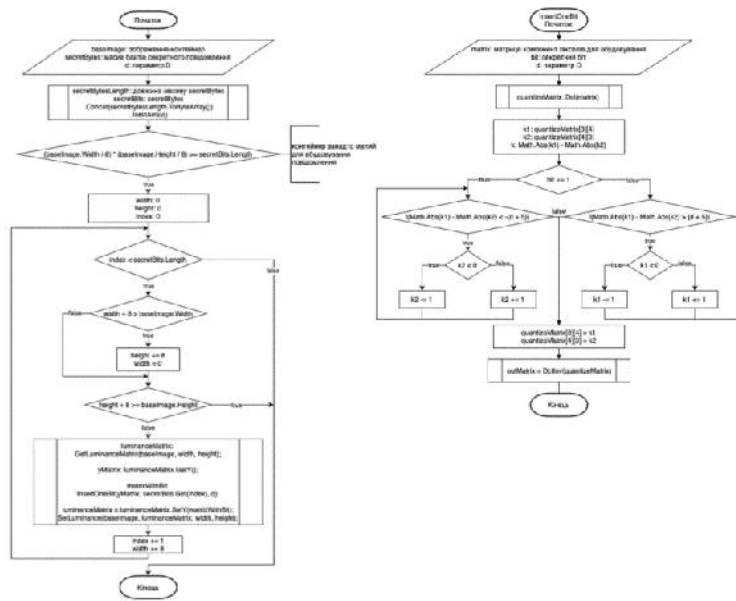
$$\delta = \frac{I_0 I_{\#}}{\|I_0\| \|I_{\#}\|} \text{ нормований коефіцієнт взаємної кореляції}$$

$$\delta = N \sum_{i=1}^N i_r i_w \text{ відстань по Хеммінгу}$$

Метод заміни найменш значущого біта

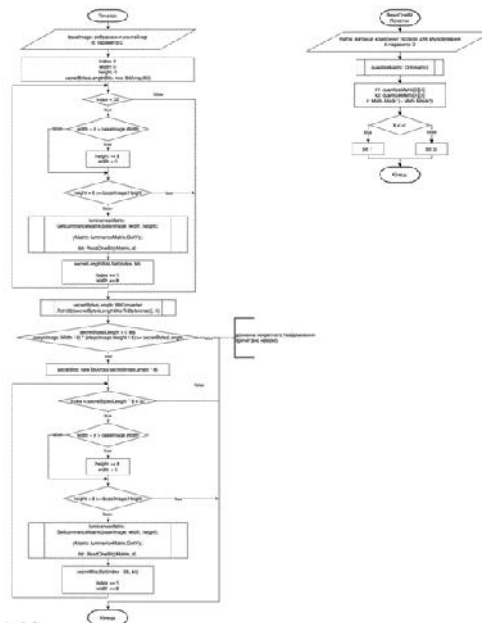


Метод Куттера-Джордана-Боссона



9

Метод відносної заміни величин коефіцієнтів ДКП (метод Коха та Жао)



10

Метод розширення спектра (метод Сміта-Коміски)



Поширені показники візуального спотворення, засновані на аналіз піксельної структури контейнера

Показники спотворення	Формула для розрахунку
Середня абсолютна різниця (Average Absolute Difference)	$AD = \frac{1}{XY} \sum_{x,y} C_{x,y} - S_{x,y} $
Нормована середня абсолютна різниця (Normalized Average Absolute Difference)	$NAD = \frac{\sum_{x,y} C_{x,y} - S_{x,y} }{\sum_{x,y} C_{x,y} }$
Відношення "сигнал/шум" (Signal to Noise Ratio)	$SNR = \frac{\sum_{x,y} (C_{x,y})^2}{\sum_{x,y} (C_{x,y} - S_{x,y})^2}$
Максимальне відношення "сигнал/шум" (Peak Signal to Noise Ratio)	$PSNR = XY * \frac{\max_{x,y} (C_{x,y})^2}{\sum_{x,y} (C_{x,y} - S_{x,y})^2}$
Якість зображення (Image Fidelity)	$IF = 1 - \frac{\sum_{x,y} (C_{x,y} - S_{x,y})^2}{\sum_{x,y} (C_{x,y})^2}$



Рисунок 1 – Зображення пейзажа (Nure.jpg)



Рисунок 2 – Зображення з багатю палітрою кольорів (Tulips.jpg)



Рисунок 4 – Точкове зображення-портрет (Lena.bmp)



Рисунок 3 – Фотографія з невисокою чістістю, зроблена з аматорської фотокамери (photo.jpg)



Рисунок 5 – репродукція картини (city.png)



Рисунок 6 – Логотип, створений у графічному редакторі (Logo.png)



Рисунок 7 – Космічний знімок, представлений у форматі TIFF (sky.tiff)

Значення параметрів візуального спотворення при вбудовуванні зображення

Таблиця 1 – Значення параметрів візуального спотворення зображення Nure.jpg

	AD	NAD	SNR	PSNR	IF
LSB	0,480371	0,003992	34762,4	121153	99,997%
Kutter	1,14126	0,034373	27,0141	87,912	96,556%
Cox	0,938733	0,009512	23456,9	66099,6	99,995%
Smith	0,873914	0,009255	18567,1	50406,7	99,994%

Таблиця 3 – Показники візуального спотворення зображення photo.jpg

	AD	NAD	SNR	PSNR	IF
LSB	0,500186	0,005061	29710,2	130002	99,9966%
Kutter	0,207647	0,002101	2441,74	10684,2	99,959%
Cox	0,994167	0,01006	11947,8	65406,5	99,9933%
Smith	0,871591	0,00882	13141,3	57501,7	99,9924%

Таблиця 5 – Показники візуального спотворення зображення City.png

	AD	NAD	SNR	PSNR	IF
LSB	0,199378	0,007036	13332,3	88309,9	99,9925%
Kutter	0,188796	0,00206	6548,79	43377,6	99,9847%
Cox	27,9807	0,391223	8,25231	51,6611	87,8821%
Smith	0,827543	0,011659	7248,92	48015,1	99,9862%

Таблиця 2 – Показники візуального спотворення зображення Tulips.jpg

	AD	NAD	SNR	PSNR	IF
LSB	0,50	0,0072	30098	130021	99,99%
Kutter	0,61	0,0095	96,96	101,761	98,96%
Cox	0,61	0,0090	24078,8	104635	99,99%
Smith	0,93	0,0140	9989,6	44986,9	99,99%

Таблиця 4 – Показники візуального спотворення зображення Lena.bmp

	AD	NAD	SNR	PSNR	IF
LSB	0,50032	0,004746	24526,8	101185	99,9959%
Kutter	0,9866	0,00936	1723,36	7109,71	99,942%
Cox	18,2043	0,1727	35,8981	148,097	97,2143%
Smith	0,859631	0,008155	11852,6	48897,7	99,9916%

Таблиця 6 – Показники візуального спотворення зображення Logo.png

	AD	NAD	SNR	PSNR	IF
LSB	0,499449	0,002513	95744,2	130193	99,999%
Kutter	10,9237	0,054136	19,6862	26,6672	91,9203%
Cox	0,883	0,004376	54150,1	73352,4	99,9982%
Smith	0,996071	0,004936	27691,8	37511,7	99,9964%

Час роботи алгоритму вбудови у найменш значний біт

	Шифрування+ Генерування	Вбудовуванн я	Вилучення+ Дешифруванн я	Загальне
Nure.jpg	0,427	1,362	1,036	2,825
Tulips.jpg	0,423	1,312	1,033	2,768
Photo.jpg	0,984	3,254	2,594	6,832
Lena.bmp	0,151	0,467	0,362	0,98
City.png	0,517	1,75	1,29	3,557
Logo.png	0,137	0,508	0,341	0,986
MilkyWay.tiff	0,185	0,546	0,415	1,146
Середній час	0,403	1,311	1,01	2,728

15

Висновок

Проведене дослідження найбільш популярних алгоритмів генерування та вбудовування цифрових водяних знаків у зображення, проведене в рамках даної кваліфікаційної роботи, спрямоване на популяризацію технології ЦВЗ та об'єктивне детальне порівняння обраних алгоритмів. Як критерії порівняння були обрані: візуальна помітність вбудовування (включаючи залежність візуальної помітності та параметрів алгоритмів), пропускна та прихована пропускна здатність стегосистем, робастність до різних видів атак (було розглянуто 13 різних атак) та час роботи алгоритмів. Було створено програмний комплекс, що реалізує досліджувані алгоритми.

16