

# ЕФЕКТИВНІСТЬ СТИСНЕННЯ СТЕГАНОГРАМ З ДАНИМИ, ВБУДОВАНИМИ В ОБЛАСТІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ

М. О. Чіпак<sup>1, а</sup>, Д. О. Прогонов<sup>1, б</sup>, С. М. Куш<sup>1, в</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## Анотація

У роботі проведено порівняльний аналіз ефективності стиснення стеганограм з даними вбудованими в області перетворення контейнера. Розглянуто випадок приховування повідомлень в спектральній області цифрових зображень з використанням двовимірного дискретного вейвлет перетворення. Для компресії стеганограм зі стегоданими використано стандартні методи стиснення цифрових даних (Deflate, Deflate64, BZip2, LZMA та PPMd). Показано, що зростання ступеня заповнення контейнера стегоданими призводить до зменшення ефективності стиснення стеганограм. Виявлено, що величина стиснення стеганограм суттєво залежить від виду вбудованих стегоданих. Отримані результати можуть бути використані при проведенні пасивного стеганоаналізу в системах контролю трафіку.

*Ключові слова:* стеганографія, цифрові зображення, метод Дея, стиснення цифрових даних

## Вступ

Для прихованої передачі конфіденційної інформації (стегоданих) широко використовуються цифрові зображення (ЦЗ) [1]. Більшість існуючих методів приховування даних в ЦЗ ґрунтується на безпосередньому вбудовуванні повідомлень просторовій області зображення (LSB-методи) або в області перетворення контейнера (ОПК). Перевагою методів приховування даних в ОПК, у порівнянні з LSB-методами, є можливість суттєвого підвищення стійкості (робастності) отриманих стеганограм при проведенні стеганоаналізу. Одними із поширених методів приховування даних в ОПК є одноетапні методи, зокрема метод Дея.

Приховування повідомлень в ЦЗ призводить до характерних змін їх параметрів, зокрема ефективності стиснення при використанні стандартних алгоритмів [2]. Зважаючи на відсутність у літературі даних щодо змін величини стиснення ЦЗ при вбудовуванні даних в ОПК, представляє інтерес дослідження ефективності стиснення стеганограм при використанні різних алгоритмів компресії.

Метою роботи є оцінка ефективності стиснення стеганограм, сформованих на основі одноетапних методів вбудовування даних в спектральній області ЦЗ, з використанням стандартних алгоритмів стиснення цифрових даних (Deflate, Deflate64, BZip2, LZMA та PPMd).

## 1. Одноетапні методи приховування даних

В роботі розглянуто один із поширених методів приховування даних в спектральній області ЦЗ – метод Дея [3]. Даний метод заснований на застосуванні двовимірного дискретного вейвлет перетворення (ДДВП) до зображення-контейнера (ЗК) та стегоданих, представлених у вигляді ЦЗ. Формування стеганограм проводиться шляхом додавання коефіцієнтів ДДВП окремих каналів кольору зображення-контейнера  $C$  та стегоданих  $D$ , представлених у вигляді ЦЗ, з ваговим коефіцієнтом  $\alpha$ :

$$S_i = (1 - \alpha) \times C_i + \alpha \times D_i, i \in \{R, G, B\}, \quad (1)$$

де  $S$  – коефіцієнти ДДВП заповненого контейнера. Завершальним етапом створення стеганограми є застосування до триманих коефіцієнтів  $S$  оберненого ДДВП та об'єднання каналів кольору.

## 2. Алгоритми стиснення ЦЗ

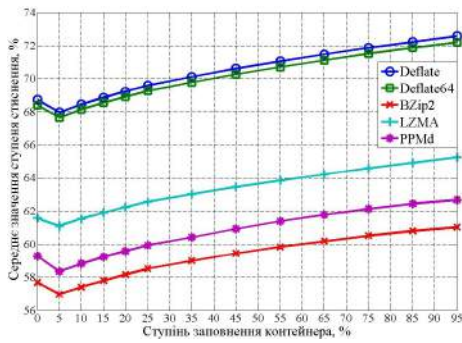
Для компресії стеганограм використано стандартні алгоритми стиснення: Deflate, Deflate64, BZip2, LZMA та PPMd [4, 5]:

- **Deflate** – це алгоритм стиснення без втрат, який використовує комбінацію алгоритму LZ77 і алгоритму Хаффмана;
- **Deflate64** є модифікацією алгоритму стиснення Deflate з розширеним словником до 64 Кбайт та кодовою довжиною на 16 бітів (код визначає довжину в діапазоні від 3 до 65,538 байт). Deflate64 має кращу ступінь стиснення у порівнянні з Deflate, але більш низьку швидкість обробки даних;
- **BZip2** – алгоритм стиснення даних в основі якого лежить кодування Хаффмана та стиснення ін-

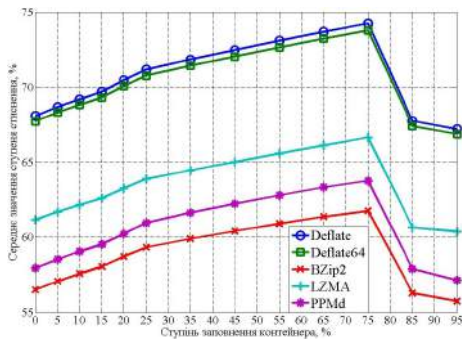
<sup>а</sup>maxym.chipak@gmail.com

<sup>б</sup>progonov@gmail.com

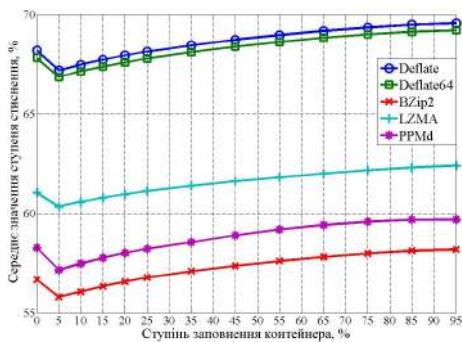
<sup>в</sup>gonorskaya@ukr.net



(a)



(b)



(c)

Рис. 1. Залежність середнього значення коефіцієнта стиснення стегограм від ступеня заповнення контейнера для випадків вбудовування стегоданих типу: (a) – Креслення; (b) – Карта; (c) – Портрет. формації способом кодування серій (RLE – Run Length Encoding);

- LZMA (Lempel-Ziv-Markov chain-Algorithm) – алгоритм стиснення даних заснований на схемі стиснення даних за словником, подібної до використаної в LZ77. Дозволяє використовувати словники різного розміру (до 4 Гб) і є більш ефективним, ніж BZip2;
- PPM (Prediction by Partial Matching) – адаптивний статистичний алгоритм стиснення даних без втрат, заснований на контекстному моделюванні і передбаченні появи наступних біт.

### 3. Результати роботи

Для оцінки ефективності стиснення ЦЗ було використано псевдовипадкову вибірку з 2500 ЦЗ з тестового пакету MIRFlickr-25k та три типи стегоданих – креслення (StegoA), карта (StegoB) та портрет

(StegoC). Характеристики ЦЗ тестового пакету та стегоданих приведені у табл. 1.

Ступінь заповнення контейнера стегоданими (частка змінених коефіцієнтів ДДВП ЗК) змінювалася від 5% до 25%, з кроком 5%, та від 35% до 95%, з кроком 10%. Значення вагового коефіцієнту  $\alpha$  змінювалося від  $\alpha_{min} = 0.02$  (нижня границя відновлення стегоданих) до  $\alpha_{max} = 0,08$  (поява візуальних спотворень ЦЗ) з кроком  $\Delta\alpha = 0,02$ .

Графіки залежності середнього значення параметра стиснення від ступеня заповнення контейнера, для різних типів стегоданих, приведені на рис. 1.

Середнє значення коефіцієнта стиснення, при вбудовуванні стегоданих типу “Креслення” та “Портрет” (рис. 1(a)-1(b)), зменшується в інтервалі до 5% заповнення контейнера, а далі зростає незалежно від типу використаного алгоритму стиснення.

У випадку вбудовування стегоданих типу “Карта” (рис. 1(c)) коефіцієнт стиснення зростає в інтервалі від нуля до 75% заповнення, а далі знижується зі збільшенням ступеня заповнення контейнера. Це пов’язано з низькою ефективністю стиснення шумових компонент ЦЗ, які не мають надлишковості.

В усіх випадках найбільший ступінь стиснення забезпечують алгоритми BZip2 та PPMd.

### Висновки

На основі аналізу результатів оцінки стиснення стегограм з даними, вбудовуваними в області перетворення контейнера, можна зробити висновок, що попереднє визначення значень коефіцієнтів стиснення ЦЗ дозволить підвищити ефективність проведення пасивного стегоаналізу, а для ряду випадків і встановити тип вбудованих стегоданих.

Табл. 1. Характеристики тестових ЦЗ та стегоданих

Парметри	Тестові ЦЗ	Стегодані (А, В, С)
Формат	jpg	bmp
Роздільна здатність, пікселів	512x512	A-463x567 B-800x800 C-850x565
Колориметрична система	RGB	RGB

### Перелік використаних джерел

1. Конахович Г. Ф., Пузыренко А. Ю. Компьютерная стеганография — К. : „МК-Пресс“, 2006. — 288 с.
2. Fridrich J. Steganography in Digital Media: Principles, Algorithms and Applications. — 2010. — Cambridge University Press, New York, USA. — 437 p.
3. Dey N. A Novel Approach of Color Image Hiding using RGB Color planes and DWT // International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). Volume 36 – No.5. — India, 2011.
4. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука. — М.: Техносфера, 2006. — 368 с.
5. Cleary J. G. Unbounded length contexts for PPM // Proceedings of DCC-95. — IEEE Computer Society Press, 1995.