

УДК 004.056.53:004.932.2

*Микола ГУЛА, Олена АГАДЖАНЯН**Національний університет «Одеська політехніка»***РОЗРОБКА СТЕГАНОАНАЛІТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ
ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Вступ. Невпинний розвиток інформаційних технологій та інтенсифікація кіберзагроз зумовлюють необхідність постійного удосконалення засобів захисту конфіденційної інформації. Стеганографічні методи є одним з дієвих інструментів приховування важливих даних шляхом вбудовування секретних повідомлень у цифрові зображення.

Однак стрімкий розвиток стеганографії також створює ризики її незаконного використання для приховування злочинної діяльності чи розповсюдження шкідливої інформації. Тому виникає необхідність у розробці ефективних методів стеганоаналізу для виявлення факту наявності прихованої інформації в цифрових носіях.

Мета: детектування вбудованого повідомлення в цифрових зображеннях шляхом розробки стеганоаналітичного алгоритму на основі аналізу частотної області без наявності оригінального контейнера.

1. Стеганоаналітичний алгоритм

Об'єктом аналізу є стеганографічний метод [1], що вбудовує додаткову інформацію (ДІ) у частотній області зображення. Ключова особливість методу полягає в тому, як саме відбувається підготовка контейнера та безпосередньо вбудовування ДІ у кожен блок його частотних коефіцієнтів. Спочатку виконується модифікація блоків просторової області таким чином, щоб коефіцієнти у частотній області дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) стали цілими числами. Після переходу у частотну область ДПФ змінює парність всіх елементів блоку одночасно.

Така жорстка маніпуляція є ефективною для вбудовування ДІ, але водночас створює статистичну вразливість. Суть її полягає в тому, що для природних зображень характеристики частотних коефіцієнтів, отриманих після ДПФ, мають певні закономірності. Зокрема, парність цих коефіцієнтів має рівноймовірний характер. Це означає, що очікувана кількість парних і непарних коефіцієнтів є приблизно однаковою.

Саме ця статистична особливість і лежить в основі стеганоаналітичного методу. Його принцип полягає у підрахунку аномально великої кількості блоків, де парність усіх коефіцієнтів була штучно уніфікована.

На рисунку 1 наведено гістограму розподілу частки блоків розміром 2×2 , в яких всі коефіцієнти частотної області після переходу до частотної області є або парними, або непарними.

Кількість зображень досить різко спадає зі збільшенням частки «парних»/«непарних» блоків. Зокрема, лише близько 40 зображень мають частку таких блоків 30%, а менше 30 зображень – 50% і вище.

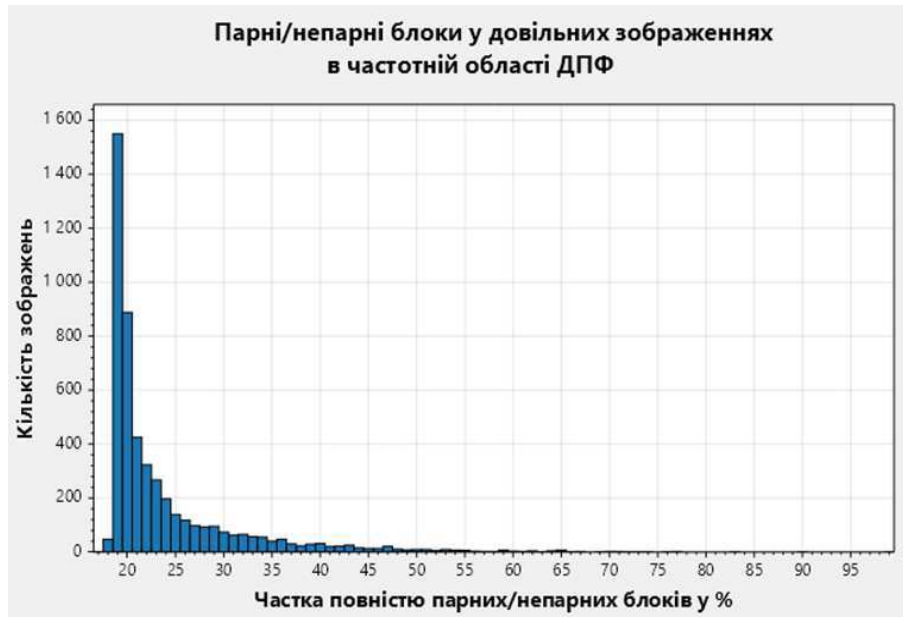


Рисунок 1 - Гістограма розподілу частки блоків розміром 2 × 2

Запропонований стеганоаналітичний алгоритм, що працює у частотній області, виконується в кілька послідовних етапів.

На першому етапі вихідна матриця розбивається на блоки 2 × 2.

Після цього, на другому етапі, виконується перехід у частотну область за допомогою ДПФ.

Третій етап полягає у підрахунку загальної кількості блоків, які складаються з усіх парних, або непарних коефіцієнтів:

$$C_{\text{парні/непарні}} = \sum_n \text{if}(k = 0 \parallel k = 4), \quad (1)$$

де $C_{\text{парні/непарні}}$ – загальна кількість блоків, що складаються з усіх парних, або непарних коефіцієнтів;

n – загальна кількість блоків;

k – кількість парних елементів у блоці.

Далі, на четвертому етапі, розраховується частка таких блоків:

$$Q_{\text{парні/непарні}} = \frac{C_{\text{парні/непарні}}}{n} \times 100, \quad (2)$$

де $Q_{\text{парні/непарні}}$ – частка блоків, що складаються з усіх парних, або непарних коефіцієнтів;

$C_{\text{парні/непарні}}$ – загальна кількість блоків, що складаються з усіх парних, або непарних коефіцієнтів;

n – загальна кількість блоків.

Завершальним, п'ятим етапом є порівняння частки блоків, що складаються з усіх парних або непарних коефіцієнтів, з пороговим значенням:

$$\begin{cases} 0, & \text{if } Q_{\text{парні/непарні}} \leq Q_{\text{макс}} \\ 1, & \text{if } Q_{\text{парні/непарні}} \geq Q_{\text{макс}} \end{cases}, \quad (3)$$

де $Q_{\text{парні/непарні}}$ – частка блоків, що є або повністю парними або непарними;

$Q_{\text{макс}}$ – максимально допустима частка парних блоків.

Значення $Q_{\text{макс}}$ пропонується брати 55%. Наведений вище на рисунку 1 статистичний аналіз показує, що частка блоків, які мають усі парні або непарні коефіцієнти в частотній області ДПФ у ~99% природних зображень не перевищує 55%. Тому встановлення порогового значення в діапазоні 55–100% дозволяє ефективно виявляти аномалії, спричинені стеганографічними алгоритмами, що маніпулюють парністю коефіцієнтів у частотній області ДПФ.

2. Ефективність розробленого алгоритму

Для оцінки ефективності алгоритму використовується ймовірність виявлення ДІ, враховуючи помилки першого та другого роду.

Проведено дослідження ефективності на вибірці із 5000 зображень. Ця вибірка складалася з двох рівних частин: перша містила 2500 «чистих» зображень без будь-якої вбудованої ДІ, а друга – 2500 зображень, в які було приховано ДІ за допомогою стеганографічного методу, заснованого на ДПФ.

Дослідження проводилося також із різним рівнем вкладення ДІ, а саме 100%, 75%, 50% та 25%.

На рисунку 2 зображено гістограму, що демонструє помилки на різних рівнях вкладення ДІ.



Рисунок 2 - Гістограма, що демонструє помилки на різних рівнях вкладення ДІ

Для всіх рівнів вкладення частки помилок першого роду залишаються низькими – близько 0,42%. Проте частки помилок другого роду різко зростають від 0% для високих рівнів вкладення 100%, 75% та 50% до 47,62% для найнижчого рівня вкладення 25%.

Важливим параметром оцінки стеганоаналітичних алгоритмів є також точність виявлення (Detection Accuracy) (4) [2]:

$$Accuracy = \frac{True\ Positives + True\ Negatives}{True\ Positives + False\ Positives + True\ Negatives + False\ Negatives} \quad (4)$$

На рисунку 3 наведено гістограму, що демонструє точність детектування алгоритму відносно різних рівнів вкладення ДІ.

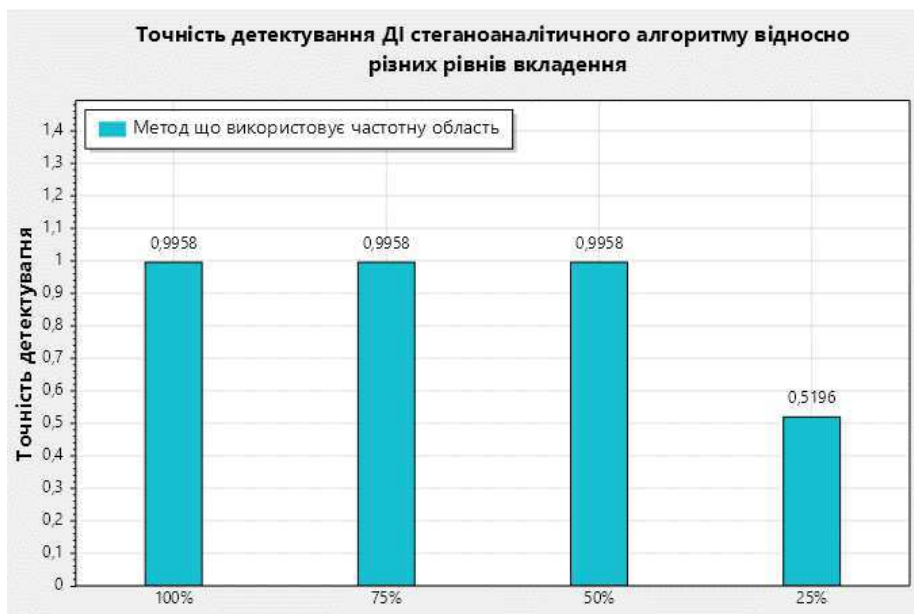


Рисунок 3 - Гістограма, що демонструє точність детектування алгоритму відносно різних рівнів вкладення ДІ

Алгоритм демонструє високу точність, близько 99,58%. Однак при зменшенні рівня вкладення до 25% точність стеганоаналітичного алгоритму суттєво знижується та складає близько 51,96%.

Висновок. Розроблено стеганоаналітичний алгоритм, що дозволяє виявляти приховані повідомлення в цифрових зображеннях без наявності оригінального контейнера, вбудовані методом, що маніпулює парністю коефіцієнтів блоку зображення у частотній області дискретного перетворення Фур'є. Експериментально продемонстровано, що алгоритм є високоефективним при значних рівнях вбудовування даних (50-100%), однак його точність суттєво знижується при низькому рівні заповнення контейнера (25%).

Таким чином, розроблений алгоритм є дієвим інструментом для виявлення певного класу стеганографічних методів без наявності оригінального контейнера, особливо при великому обсязі вбудованої інформації.

Перелік використаних джерел.

1. Kozina M.O. Discrete Fourier transform as a basis for steganographic method. Праці Одеського політехнічного університету. 2014. Вип. 2(44). С. 147–152. URL: <http://dspace.op.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2807/1/24.pdf>
2. Rasool Z. The Detection of Data Hiding in RGB Images Using Statistical Steganalysis. URL: https://meu.edu.jo/libraryTheses/5a154213e5882_1.pdf