

**ВИЯВЛЕННЯ ДЕМАСКУЮЧИХ ОЗНАК СТЕГANOГРАМ,
СФОРМОВАНИХ НА ОСНОВІ СИНГУЛЯРНОГО РОЗКЛАДУ
МАТРИЦЬ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

*Голубничий В.О.; Прогонов Д. О.; Куц С. М., к.т.н., доц.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Своєчасне виявлення та протидія обміну повідомленнями між терористами, а також поширенню заборонених матеріалів є важливою та актуальною задачею. Особливий інтерес представляє протидія функціонуванню стеганографічних систем (СтС) передачі даних в комунікаційних сервісах, наприклад, соціальних мережах, оскільки використання стеганографічних методів, на відміну від криптографічних, дозволяє приховати факт обміну даними.

Найбільш часто приховання повідомлень в СтС проводиться в цифрові зображення (ЦЗ) з використанням методів спектрального аналізу, що дозволяє забезпечити високу стійкість стеганограм до методів активного стегааналізу, наприклад, компресії зображень, проте може призводити до появи характерних змін параметрів ЦЗ [1]. Тому все більшого поширення набувають робастні методи формування стеганограм (МФС) на основі спеціальних методів обробки ЦЗ, наприклад, шляхом сингулярного розкладу (СР) матриць окремих каналів кольору зображення-контейнеру (ЗК) [2].

Для виявлення стеганограм з даними, прихованими в частотній області ЦЗ, були запропоновані як статистичні методи [1], так і методи структурного аналізу ЦЗ [3]. Обмеженням практичного застосування таких методів є їх висока обчислювальна складність, внаслідок чого суттєво зростає час налаштування стегадетектору (СД). Проведення пасивного стегааналізу (ПС) ЦЗ з використанням статистичних характеристик метрик якості (МЯ) зображень [4] дозволяє зменшити час налаштування СД при заданій точності виявлення стеганограм.

Метою роботи є визначення демаскуючих ознак стеганограм, сформованих з використанням СР, на основі аналізу статистичних параметрів МЯ контейнерів та стеганограм.

Одним з поширених методів ПС ЦЗ є порівняння параметрів стеганограм з характеристиками ЗК, при використанні набору тестових функцій (ТФ) [5]. Вибір ТФ є нетривіальною задачею і проводиться на основі апріорних даних щодо МФС, або особливостей ЗК. При відсутності таких даних, виявлення стеганограм може бути здійснено на основі аналізу параметрів наборів МЯ ЦЗ.

В роботі проведено аналіз змін статистичних параметрів МЯ для ЗК та стеганограм, сформованих на основі СР ЦЗ, при використанні найбільш

поширених методів обробки зображень: медіанної, вінерівської та гаусівської фільтрації. При проведенні досліджень, згідно рекомендаціям [4], розмір фільтрів, був обраний рівним 5×5 (пікселів). Аналіз ЦЗ проводився з використанням 14 метрик якості ЦЗ, об'єднаних у групи [6], що характеризують:

1. Спотворення ЦЗ у просторовій області: *Maximum Difference (MD)*, *Normalized Absolute Difference (NAD)*, *Mean-Squared Error (MSE)*, *Laplacian Mean-Squared Error (LMSE)*, *Histogram Similarity (HS)*;

2. Спотворення ЦЗ у спектральній області: *Weighted Spectral Distortion Magnitude (WSDM)*, *Weighted Spectral Distortion Angle (WSDA)*;

3. Кореляційні характеристики ЦЗ: *Normalized Cross-Correlation (NCC)*, *Czenakowski Distance (CD)*, *Mean Angular Difference (MAD)*;

4. Структуру та якість ЦЗ: *Image Fidelity (IF)*, *Structural Content (SC)*, *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)*, *Structure Similarity (SSIM)*.

Формування стеганограм проводилось шляхом СР матриць окремих каналів кольору ЗК та стегоданих, представлених у вигляді повнокольорових ЦЗ [2]. При розрахунках сумарних елементів матриці сингулярних чисел (СЧ) для стегоданих СЧ були взяті з ваговим коефіцієнтом G . Значення G змінювалися від $G_{\min} = 0,02$ (нижня границя відновлення стегоданих) до $G_{\max} = 0,08$ (поява візуальних спотворень ЦЗ), з кроком $\Delta_G = 0,02$.

Дослідження проводилися на тестовому пакеті, який складався зі 100 кольорових ЗК з роздільною здатністю 3820×2160 (пікселів). В якості стегоданих були використані ЦЗ з різним ступенем деталізації: креслення (567×463 пікселів), карта (800×800 пікселів) та портрет (565×850 пікселів). Ступінь заповнення контейнеру (частка модифікованих СЧ від загальної кількості ненульових СЧ ЗК) змінювалася від 5 % до 25 %, з кроком 5 %, та від 25 % до 95 %, з кроком 10 %.

За результатами аналізу статистичних параметрів МЯ вибраних каналів кольору ЗК та стеганограм, сформованих на основі СР матриць ЦЗ, отримані кластери ознак ЗК та стеганограм – набори МЯ, значення котрих найбільше змінюються при проведенні обробки, відповідно, чистого та заповненого контейнерів.

Кластери ознак сформовані для всіх випадків: медіанної, вінерівської та гаусівської фільтрації, як ЗК, так і стеганограм.

На основі проведеного аналізу визначені основні демаскуючі ознаки стеганограм, сформованих з використанням СР матриць ЦЗ.

Показано, що склад кластеру демаскуючих ознак не залежить від вибору виду фільтрації ЦЗ.

Підвищення ймовірності виявлення стеганограм може бути досягнуто за рахунок проведення, по розробленому алгоритму, узагальненої оцінки параметрів елементів кластерів ознак стеганограм та контейнерів.

Проведення ранжування ознак контейнерів та стеганограм дозволяє зменшити потужність кластерів, що спрощує процедуру налаштування СД.

Перелік посилань

1. Kodovsky J. Modern Steganalysis Can Detect YASS / Kodovsky J., Fridrich J., Pevny T. // *Media Forensics and Security II. Proceedings of the SPIE.* – 2010. – Volume 7541. – DOI 10.1117/12.838768;
2. Agarwal R. Digital Watermarking in the Singular Vector Domain / Agarwal R., Santhanam M. // *International Journal of Image and Graphics.* – 2008. – Vol. 8. – P. 351–362;
3. Дорошенко А.В. Спектральні характеристики стеганограм / Дорошенко А.В., Куш С.М., Прогонов Д.О. // *Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій».* – Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет, 2014. – С. 327–328;
4. Avcibas I. Steganalysis Using Image Quality Metrics / Avcibas I., Memon N., Sankur B. // *IEEE Transactions on image processing.* – 2003. – Vol. 12, Issue 2. – P. 221–229;
5. Fridrich J. *Steganography in Digital Media: Principles, Algorithms and Applications.* – 2010. – Cambridge University Press, New York, USA. – 437 p.;
6. Голубничий В.О. Демаскуючі ознаки вбудованих стегоданих / Голубничий В.О., Прогонов Д.О., Куш С.М. // *Матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Теоретичні та прикладні проблеми фізики, математики та інформатики».* – К.: «Політехніка», 2014. – С. 172–174.

Анотація

В роботі досліджені зміни статистичних параметрів метрик якості чистих та заповнених контейнерів при обробці окремих каналів кольору цифрових зображень з використанням медіанної, вінеровської та гаусівської фільтрації. За результатами проведеного аналізу сформовані кластери ознак чистих контейнерів та стеганограм, на основі котрих можливе розпізнавання наявності стегоданих у цифрових зображеннях.

Ключові слова: пасивний стегоаналіз, метрики якості зображень.

Аннотация

В работе проведены исследования изменения статистических параметров метрик качества чистых и заполненных контейнеров при обработке отдельных каналов цвета цифровых изображений с использованием медианной, винеровской и гауссовской фильтрации. За результатами проведенного анализа сформированы кластеры признаков чистых контейнеров и стеганограмм, на основании которых возможно распознавание наличия стегоданных в цифровых изображениях.

Ключевые слова: пассивный стегоанализ, метрики качества изображений.

Abstract

The paper is devoted to analysis of alteration the statistical parameters of image quality metrics for empty and filled cover images by separate color channel processing with usage of median, Wiener and Gaussian filtering. Based on obtained results, there are formed the clusters in feature space for cover and stego images, which allow discerning the presence of hidden messages in digital image.

Keywords: passive steganalysis, image quality metrics.