

**АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ СТЕГАНОГРАМ,  
СФОРМОВАНИХ АДАПТИВНИМИ МЕТОДАМИ, ПРИ  
ДОДАТКОВОМУ ЗАШУМЛЕННІ ЗОБРАЖЕНЬ-КОНТЕЙНЕРІВ**

*Проонов Д. О., к.т.н., доцент*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Актуальною та важливою задачею сьогодні є протидія витоку конфіденційної інформації державних установ або приватних компаній при передачі даних в локальних та глобальних інформаційно-комунікаційних системах. Вирішення даної задачі суттєво ускладнюється внаслідок застосування зловмисниками прихованих каналів передачі конфіденційних даних, зокрема побудованих з використанням новітніх адаптивних стеганографічних методів (АСМ) [1]. Особливістю АСМ є мінімізація змін файлів-контейнерів, зокрема цифрових зображень (ЦЗ), обумовлених вбудовуванням повідомлень (стегоданих) [2].

Поширеним підходом до виявлення стеганограм, сформованих згідно з адаптивними стеганографічними методами, є аналіз змін характеристик шумоподібних складових ЦЗ, зокрема текстур, на рівні яких проводиться вбудовування повідомлень [2]. Для виділення даних компонент, зазвичай, проводиться комплексна обробка зображень-контейнерів (ЗК) з використанням ансамблю високочастотних фільтрів [3, 4]. Це дає можливість забезпечити високу точність виявлення сформованих стеганограм, проте потребує застосування спеціальних методів фільтрації, зокрема використання анізотропних фільтрів [3]. Тому становить інтерес пошук методів попередньої обробки досліджуваного ЦЗ, що дозволяють знизити складність налаштування стегодетекторів (СД) при збереженні високої точності виявлення стеганограм, сформованих згідно АСМ.

Для підсилення слабких змін характеристик шумоподібних складових ЗК, обумовлених вбудовуванням стегоданих, в роботі запропоновано проводити попередню обробку (зашумлення) досліджуваних ЦЗ. Розглянуто випадок використання адитивних типів завад, зокрема пуасонового та гаусового шумів [5]. Перший вид завад використовується для моделювання впливу темного струму матриці фоточутливих елементів на формування зображення. Адитивний гаусовий шум широко застосовується для моделювання змін ЦЗ, обумовлених застосуванням поширених методів обробки, зокрема квантування рівня яскравості пікселів тощо [5].

Дослідження ефективності СД при попередньому зашумленні ЦЗ проводилося з використанням тестового пакету VISION [6] при формуванні стеганограм згідно з адаптивним методом S-UNIWARD [7]. Ступінь заповнення зображення-контейнеру стегоданими змінювалася в діапазоні від 3%

до 5% з кроком 2 %, та від 10% до 30% з кроком 10%. Рівень внесених адитивних завад обирався рівним потужності власних шумів ЦЗ, що оцінювався з використанням фільтру Вінера [5]. Для виявлення сформованих стеганограм був використаний стегадетектор на основі стандартної статистичної моделі maxSRMd2 [3].

Дослідження проводилося згідно з стандартною процедурою перехресної перевірки (англ. cross-validation) – налаштування СД з використанням тестової вибірки і подальше його тестування на контрольній вибірці. Тестовий пакет був псевдовипадковим чином поділений на навчальну (90%) та контрольну (10%) вибірки. Для отримання усередненої оцінки похибки виявлення стеганограм (суми помилок першого та другого роду), поділ тестового пакету проводився 10 разів. За результатами тестування СД, налаштованих з використанням попередньо зашумлених ЗК та стеганограм, були побудовані залежності зміни помилки виявлення стеганограм (суми помилок першого та другого роду) від ступеня заповнення контейнеру стегаданими (рис. 1).

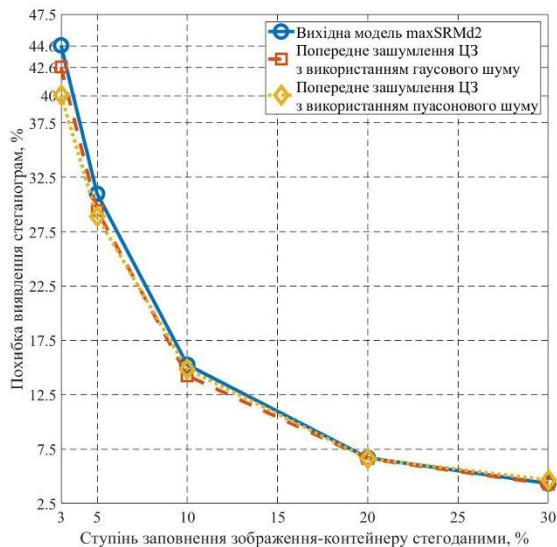


Рисунок 1. Залежність похибки виявлення стеганограм від ступеня заповнення ЗК стегаданими при попередньому зашумленні зображень з використанням адитивного гаусового та пуасонового шумів

За результатами проведеного аналізу встановлено, що попередня обробка (зашумлення) цифрових зображень дозволяє суттєво (на 4,5%) зменшити похибку виявлення стеганограм в області слабого заповнення ЗК стегаданими, де застосування відомих методів стегааналізу є неефективним. Це дає можливість додатково підвищити точність роботи сучасних стегадетекторів без необхідності застосування спеціальних методів обробки цифрових зображень.

Внесення до досліджуваних ЦЗ адитивних завад призводить до зниження похибки виявлення стеганограм від 2% (для гаусового шуму) до 4,5% (для пуасонового шуму) навіть при слабкому (менше 10%) заповненні ЗК стегаданими (рис. 1). Отримані результати пояснюються підсиленням слабких (локальних) змін власних шумів ЗК, обумовлених приховуванням повідомлень при додаванні до зображення додаткових шумів. При зростанні ступеня заповнення ЗК стегаданими, зміни власних шумів набувають глобального характеру (розпорошують по всьому зображенню), що дозволяє ефективно маскувати їх на фоні внесених шумів.

**Перелік посилань**

1. Sedighi V. Content-Adaptive Steganography by Minimizing Statistical Detectability / V. Sedighi, R. Cogramne, J. Fridrich // IEEE Transactions on Information Forensics and Security, V. 11, I. 2, 2016. – pp. 221-234.
2. Конахович Г.Ф. Комп'ютерна стеганографічна обробка й аналіз мультимедійних даних / Конахович Г.Ф., Прогонов Д.О., Пузиренко О.Ю. – К.: «Центр учбової літератури», 2018. – 558 с. – ISBN 978-617-673-741-4.
3. Denemark T. Selection-Channel-Aware Rich Model for Steganalysis of Digital Images / T. Denemark, V. Sedighi, V. Holub, R. Cogramne, J. Fridrich // IEEE Workshop on Information Forensic and Security, 03.12.2014.
4. Boroumand M. Deep Residual Network for Steganalysis of Digital Images / M. Boroumand, Mo Chen, J. Fridrich // IEEE Transactions on Information Forensics and Security, V. 14, I. 5, 2019. – pp. 1181-1193.
5. Gonzalez R.C. Digital Image Processing / R.C. Gonzalez, R.E. Woods. – Pearson Press, 2017. – 1192 p.
6. Shullani D. VISION: a video and image dataset for source identification / D. Shullani, M. Fontani, M. Iuliani, Omar Al Shaya, A. Piva // EURASIP Journal on Information Security, V. 2017, N. 1, 2017. – DOI: 10.1186/s13635-017-0067-2.
7. Holub V. Universal Distortion Function for Steganography in an Arbitrary Domain / V. Holub, J. Fridrich, T. Denemark // EURASIP Journal on Information Security, V. 2014, N. 1, 2014. – DOI: 10.1186/1687-417X-2014-1.

**Анотація**

В роботі досліджено ефективність застосування методів попередньої обробки в задачах стегоаналізу цифрових зображень. Виявлено, що внесення додаткових адитивних завад дозволяє суттєво (до 5%) підвищити точність виявлення стеганограм, сформованих згідно з адаптивним стеганографічним методом S-UNIWARD, навіть при слабкому (менше 10%) заповненні контейнеру стегоданими, де застосування відомих методів стегоаналізу є неефективним.

**Ключові слова:** стегоаналіз, цифрові зображення, метод S-UNIWARD.

**Аннотация**

В работе исследована эффективность применения методов предварительной обработки в задачах стегоанализа цифровых изображений. Обнаружено, что внесение дополнительных аддитивных помех позволяет существенно (до 5%) повысить точность обнаружения стеганограм, сформованных согласно адаптивному методу S-UNIWARD, даже в случае слабого (менее 10%) заполнения контейнера стегоданными, где применение известных методов стегоанализа является неэффективным.

**Ключевые слова:** стегоанализ, цифровые изображения, метод S-UNIWARD.

**Abstract**

In the work, the effectiveness of the applying of pre-processing methods in the problems of digital images steganalysis is investigated. It was found that introduction of additional additive noise allows one to significantly (up to 5%) increase the detection accuracy for stego images formed according to S-UNIWARD adaptive embedding method, even in the case of weak (less than 10%) cover image paload, where usage of known steganalysis methods is ineffective.

**Keywords:** steganalysis, digital images, S-UNIWARD method.