

ЕФЕКТИВНІСТЬ УНІВЕРСАЛЬНОГО СТЕГОДЕТЕКТОРУ ФАРИДА ПРИ ВБУДОВУВАННІ ДАНИХ У ЦИФРОВІ ЗОБРАЖЕННЯ ЗГІДНО АДАПТИВНИХ МЕТОДІВ

Прогонов Д. О., к.т.н.

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

Вступ

Важливу роль у забезпеченні надійного захисту інформаційних ресурсів державних установ і приватних корпорацій відіграє виявлення та протидія роботі прихованих (стеганографічних) систем передачі інформації. Для виявлення відомих стеганографічних методів (СМ) приховання повідомлень у мультимедійних даних, зокрема цифрових зображеннях (ЦЗ), широко застосовуються методи статистичного [1] та структурного [2] стегоаналізу. У випадку обмеженості або відсутності апріорних даних щодо використаного СМ для детектування прихованих повідомлень (стеганограм) застосовуються методи універсального (сліпого) стегоаналізу. Незважаючи на зростаючий інтерес до напрямку сліпого стегоаналізу ЦЗ, в літературі наразі відсутні відомості щодо оцінки ефективності відомих універсальних стегодетекторів (УСД) у випадку формування стеганограм згідно новітніх СМ. Внаслідок цього становить інтерес оцінка імовірності виявлення стеганограм з даними, вбудованими згідно сучасних адаптивних методів, при використанні відомих УСД, зокрема стегодетектору Фаріда.

Універсальний стегодетектор Фаріда

Особливістю стегодетектору Фаріда є дослідження не тільки характеристик зображення-контейнеру (ЗК), зокрема з використанням двовимірного дискретного вейвлет перетворення (ДДВП), а й врахування відмінностей у результатах реконструкції вихідного (чистого) та заповненого контейнерів при застосуванні оберненого ДДВП [3]. Це дозволяє підсилити зміни характеристик ЗК, обумовлених застосуванням методів попередньої обробки контейнеру та стегоданих.

В якості ознак, що використовуються при проведенні стегоаналізу, в УСД Фаріда використовуються характеристики розподілу значень апроксимуючих та деталізуючих коефіцієнтів трирівневого ДДВП зображення, а також похибок реконструкції досліджуваного зображення при використанні ліфтинг-схеми. Загальна кількість параметрів зображення-контейнеру, що використовується для налаштування УСД Фаріда, є рівною 72.

Адаптивні стеганографічні методи

Забезпечення високої стійкості стеганограм до відомих методів пасивного та універсального стегоаналізу ЦЗ потребує мінімізації змін характеристик ЗК, обумовлених прихованням повідомлень. Для визначення даних

змін в адаптивних СМ застосовується функція оцінки спотворень ЗК F_{embed}

Враховуючи високу складність моделювання реальних зображень, використовується апроксимація \hat{F}_{embed} функції F_{embed} , отримана на основі теоретичних міркувань, зокрема з використанням математичного апарату статистичної фізики в алгоритмі HUGO [4], або евристичним шляхом, наприклад, в алгоритмі WOW [5]:

$$\hat{F}_{embed}^{(WOW)}(X, Y) = \sum_{k=1}^n \left| \sum_{(u,v) \in M \times N} |W_{uv}^{(k)}(X)| \cdot |W_{uv}^{(k)}(X) - W_{uv}^{(k)}(X_{\sim ij} Y_{ij})| \right|^{-1},$$

або S-UNIWARD [6]:

$$\hat{F}_{embed}^{(UNIWARD)}(X, Y) = \sum_{k=1}^3 \sum_{u=1}^M \sum_{v=1}^N \left(|W_{uv}^{(k)}(X) - W_{uv}^{(k)}(Y)| / \left(\sigma + |W_{uv}^{(k)}(X)| \right) \right), \sigma \in \square_+,$$

де X, Y – відповідно, зображення-контейнер та стеганограма розміром $M \times N$ пікселів; $W_{uv}^{(k)}$ – коефіцієнти k -того рівня двовимірного дискретного вейвлет перетворення ЗК на позиції (u, v) ; σ – константа для стабілізації чисельних розрахунків.

Отримані результати

Дослідження ефективності використання УСД Фаріда для виявлення стеганограм, сформованих згідно алгоритмів HUGO, WOW та S-UNIWARD, проводилося на тестовому пакеті зі 100,000 зображень, псевдовипадковим чином обраних зі стандартного пакету MIRFLICKR-1M. Тестові зображення були масштабовані до однакового розміру 640×480 пікселів. Ступінь заповнення ЗК стегоданими змінювалася від 5% до 25% з кроком 5%, та від 25% до 95% з кроком 10%.

За результатами тестування УСД Фаріда були розраховані значення стандартних метрик якості стегодетекторів, зокрема площа під ROC-кривою (AUC), коефіцієнт кореляції Метьюса та інші. В якості прикладу на рис. 1

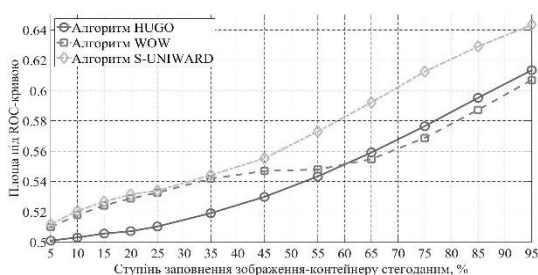


Рисунок 1. Залежність значень площі під ROC-кривою від ступеня заповнення зображення-контейнеру стегоданими для УСД Фаріда

наведена залежність значення AUC від ступеня заповнення ЗК стегоданими при використанні методів HUGO, WOW та S-UNIWARD.

В області слабого заповнення зображення-контейнеру стегоданими (менше 10%) значення метрики AUC є близькими до 0.5 (рис. 1), що відповідає випадковому віднесенню зображень до класів незаповнених ЗК та стеганограм.

Варто зазначити нелінійний характер зміни залежності метрики AUC від ступеня заповнення ЗК стегоданими

для методу WOW, що дозволяє мінімізувати імовірність виявлення стегонограм у випадку сильного заповнення контейнеру стегоданими (більше 50%) у порівнянні з іншими стегографічними алгоритмами (рис. 1).

Висновки

За результатами проведеного дослідження виявлено суттєві обмеження використання універсального стегодетектору Фаріда для виявлення стегонограм, сформованих згідно адаптивних стегографічних алгоритмів, особливо в області слабого заповнення ЗК стегоданими (менше 10%). Також встановлено, що на ефективність застосування УСД Фаріда суттєво впливає вибір області в якій проводиться мінімізація функції оцінки спотворень ЗК при формуванні стегонограм.

Перелік посилань

1. Fridrich J. Steganography in Digital Media: Principles, Algorithms, and Applications / Fridrich J. – 1st Edition. – New York: Cambridge University Press, 2009 – p. 437.
2. Прогонов Д. О. Виявлення стегонограм з даними, прихованими в області перетворення цифрових зображень / Прогонов Д. О., Куц С. М. // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2014. – № 57. – с. 128-142.
3. Farid H. Detecting Steganographic Messages in Digital Images / Farid H. – Technical Report. – Dartmouth College Hanover, NH, USA. – 2001. – p. 9.
4. Filler T. Gibbs Construction in Steganography / Filler T., Fridrich J. // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. – Vol. 5, Iss. 4. – 2010.
5. Holub V. Designing Steganographic Distortion Using Directional Filters / Holub V., Fridrich J. // IEEE Workshop on Information Forensic and Security. – 2012.
6. Holub V. Universal distortion function for steganography in an arbitrary domain // Holub V., Fridrich J., Denmark T. // EURASIP Journal on Information Security. – 2014.

Анотація

В роботі проведено порівняльний аналіз імовірності виявлення стегонограм, сформованих згідно адаптивних алгоритмів HUGO, WOW та S-UNIWARD, при використанні універсального стегодетектору Фаріда. Виявлено вагомні обмеження застосування стегодетектору, особливо в області слабого заповнення зображення-контейнеру стегоданими (менше 10%).

Ключові слова: універсальний стегоаналіз, стегодетектор Фаріда.

Аннотация

В работе проведен сравнительный анализ вероятности обнаружения стегонограм, сформированных согласно адаптивных алгоритмов HUGO, WOW и S-UNIWARD, при использовании универсального стегодетектора Фариды. Выявлены существенные ограничения стегодетектора, особенно в случае слабого заполнения изображения-контейнера стегоданными (меньше 10%).

Ключевые слова: универсальный стегоанализ, стегодетектор Фариды.

Abstract

The paper is devoted to comparative analysis of detection accuracy the stego images, formed according to content-adaptive embedding methods HUGO, WOW and S-UNIWARD, by usage of universal Farid's stegdetector. It is revealed substantial limitation of stegdetector, especially by low cover image payload (less than 10%).

Keywords: blind steganalysis, Farid's stegdetector.