

МЕДІАННА, АДАПТИВНО-МЕДІАННА ТА ДВОМІРНА ВІНЕРОВСЬКА ФІЛЬТРАЦІЯ СТЕГНОГРАМ

К. В. Черепахова¹, Д. О. Прогонов¹, С. М. Куц¹

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Анотація

В роботі порівнюється ефективність деструкції стегоданих, що приховані в цифровому зображенні на основі LSB-методів, після проведення медіанної, адаптивної медіанної та двомірної вінеровської фільтрації. В результаті отримано, що двовимірна вінеровська фільтрація є більш ефективним методом деструкції стегоданих, ніж медіанна та адаптивно-медіанна фільтрації.

Ключові слова: метод Куттера-Джордона-Боссена, медіанна фільтрація, адаптивно-медіанна фільтрація, двомірна вінеровська фільтрація, активний стегоаналіз

Вступ

Для приховання стегоданих в мультимедійні файли, зокрема в цифрові зображення (ЦЗ), широко використовуються LSB (Least Significant Bit) методи, оскільки дані методи характеризуються порівняно невисокими вимогами до параметрів контейнера і дозволяють проводити приховання стегоданих в режимі реального часу [1, 2].

Протидія витoku інформації стегографічними каналами відбувається з використанням активних та пасивних методів стегоаналізу.

Пасивні методи стегоаналізу дозволяють з деякою ймовірністю виявити факт передачі інформації в контейнері, а активні методи стегоаналізу забезпечують деструкцію стегоданих. Існують багато методів внесення спотворень або деструкції стегоданих, такі як фільтрація, зміна масштабу ЦЗ, зміна значень яскравості пікселів ЦЗ по деякому нелінійному закону та інші [3, 4].

Тому важливою задачею є оцінка спеціальних методів обробки стегограм більш що забезпечують ефективну деструкцію стегоданих.

Метою роботи є порівняльний аналіз ефективності деструкції стегоданих, прихованих в ЦЗ, на основі методу Куттера-Джордона-Боссена (МКДБ) після проведення медіанної фільтрації (МФ), адаптивно-медіанної (АМФ) та двомірної вінеровської фільтрації (ДВФ).

1. Метод Куттера-Джордона-Боссена

Метод Куттера-Джордона-Боссена є одним з найвідоміших LSB (Least Significant Bit) методів [1, 2, 4].

Даний метод заснований на зміні значення яскравості каналу синього кольору псевдовипадково обраного пікселя ЦЗ за формулою [2, 4, 5]:

$$\lambda_{x,y} = 0,989 \times R_{x,y} + 0,5866 \times G_{x,y} + 0,1145 \times B_{x,y},$$

$$\hat{B}_{x,y} = \begin{cases} B_{x,y} - \nu \lambda_{x,y}, & m_i = 0, \\ B_{x,y} + \nu \lambda_{x,y}, & m_i = 1, \end{cases}$$

де $R_{x,y}$ та $G_{x,y}$ – значення яскравості пікселя у каналі червоного та зеленого кольору, відповідно; m_i – i -ий біт прихованого повідомлення; ν – константа, що визначає енергію біту, що вбудовується; $B_{x,y}$, $\hat{B}_{x,y}$ – початкове та модифіковане значення яскравості псевдовипадково обраного пікселя в каналі синього кольору.

Екстракція прихованого повідомлення відбувається в результаті порівняння досліджуваного та очікуваного значень яскравості кожного пікселя стегограми [2, 4]:

$$\hat{B}_{x,y}^* = \frac{1}{4\sigma} \left(\sum_{i=-\sigma}^{\sigma} B_{x+i,y}^* + \sum_{j=-\sigma}^{\sigma} B_{x,y+j}^* - 2 \cdot B_{x,y}^* \right),$$

де σ – кількість пікселів знизу/зверху/ліворуч/праворуч від досліджуваного біта.

При екстракції окремого біту розраховується різниця між поточним значенням яскравості досліджуваного пікселя та очікуваним значенням яскравості пікселя у каналі синього кольору [2]:

$$\delta = B_{x,y}^* - \hat{B}_{x,y}^*,$$

$$\begin{cases} m_i = 1, & \delta > 0, \\ m_i = 0, & \delta < 0, \end{cases}$$

де $B_{x,y}^*$, $\hat{B}_{x,y}^*$ – поточне та очікуване значення яскравості обраного пікселя в каналі синього кольору.

2. Активний стегоаналіз ЦЗ

Метою активного стегоаналізу є внесення спотворень або деструкції стегоданих, прихованих в контейнері.

Приховання інформації на основі МКДБ відбувається в молодших бітах псевдовипадково обраних пікселів, тобто приховання інформації відбувається

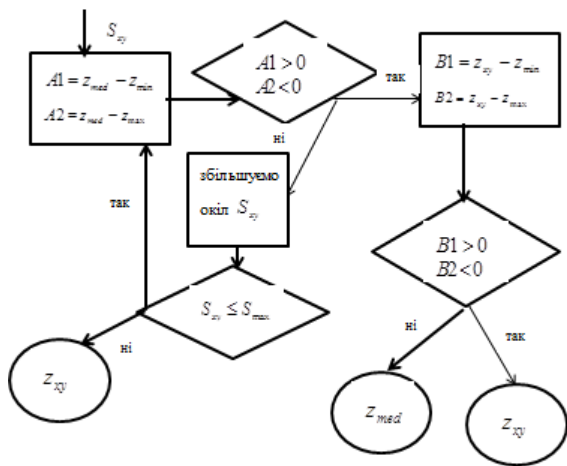


Рис. 1. Блок-схема алгоритму АМФ: z_{min} , z_{max} , z_{med} – мінімальне, максимальне та медіанне значення яскравості пікселя в околі S_{xy} ; z_{xy} – значення яскравості пікселя в точці (x, y) ; S_{max} – максимальний допустимий розмір околу S_{xy} .

на рівні шумів. Тому представляє інтерес очистка стегограм від шумів.

Одним з методів очистки ЦЗ від шумів є МФ [3]. При МФ значення яскравості пікселя замінюється на медіанне значення яскравості пікселів в деякому околі ЦЗ [3].

Значення яскравості в деякому околі ранжуються по зростанню і з цього ряду вибирається медіанне значення. В околі, центральне значення яскравості пікселя замінюється на медіанне значення. Внаслідок такої фільтрації змінюються значення молодших бітів пікселів, де приховані стегодані. Тому і відбувається деструкція стегоданіх.

Адаптивний медіанний фільтр – це МФ, розміри якого змінюються (збільшуються) в залежності від статистичних властивостей зображення всередині області дії фільтра [3]. Перевагою АМФ у порівнянні з МФ є те що, значення яскравості пікселів змінюються на медіану згідно адаптивного алгоритму. Як і в МФ, відгуком фільтра є число, яке потім замінює значення яскравості центрального елемента заданого околу в точці (x, y) .

На рис. 1 приведена блок-схема алгоритму АМФ [3].

На відміну від медіанної та адаптивної-медіанної, двомірна вінеровська фільтрація спрямована на мінімізацію середньоквадратичної похибки між вихідним сигналом та опорним. Вихідний сигнал формується з врахуванням вагових коефіцієнтів, що змінюються згідно адаптивного алгоритму. В якості опорного сигналу використовується оцінений сигнал, на основі статистичних даних, одержаних після аналізу параметрів шумів [5, 6, 7, 8].

На рис. 2, для одновимірного випадку, представлена блок схема адаптивного фільтра, що мінімізує середньоквадратичну помилку [5].

3. Отримані результати

У роботі дослідження були проведені на тестовому пакеті, що складався з 50 цифрових зображень роз-

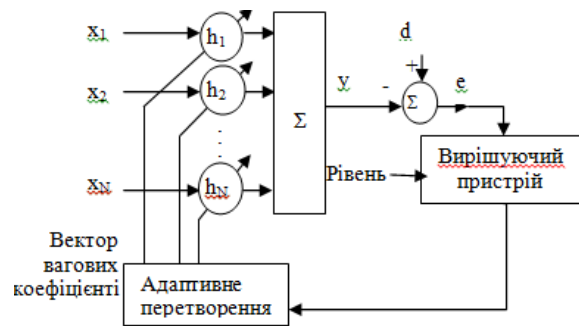


Рис. 2. Блок-схема пристрою адаптивного фільтра.

міром 3264×2448 пікселів, представлених у системі кольорів RGB. Контейнери заповнювалися від 5% до 25%, з кроком 5% та від 25% до 95% з кроком 10%. В якості стегоданіх використано аксонометричний вид двигуна на зображенні розміром 567×463 пікселів, в системі кольорів RGB.

Для екстракції повідомлення, прихованого на основі МКДБ, використовувався параметр $\sigma = 3$ відносно центрального пікселя.

Порівняння ефективності деструкції стегоданіх після проведення МФ, АМФ та ДВФ відбувалося за критерієм оцінки кількості незмінених біт стегоданіх після проведення обробки стегограми. Залежності кількості незмінених біт стегоданіх прихованих на основі МКДБ після проведення МФ, АМФ та ДВФ представлені на рис. 3.

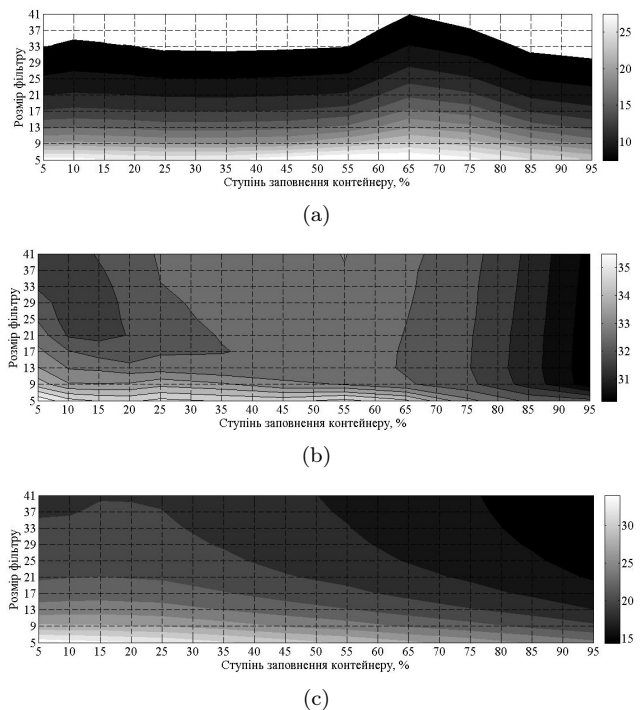


Рис. 3. Залежність кількості незмінених біт стегоданіх прихованих на основі МКДБ після обробки стегограми з використанням: (а) – медіанного фільтра; (б) – адаптивного медіанного фільтра; (с) – двомірного вінеровського фільтра.

При збільшенні розмірів фільтра ефективність деструкції зростає, оскільки відбувається збільшення

спотворень стеганограм, а отже збільшення спотворення стегоданих, що приховані в ЦЗ (рис. 3). Зазначимо, що при МФ досягаються максимальна кількість змінених біт стегоданих в порівнянні з АМФ та ДВФ.

АМФ виявився менш ефективним, оскільки кількість незмінених біт більше, при однакових розмірах фільтра та ступенях заповнення контейнеру (рис. 3), хоч і візуальні спотворення при АМФ менші в порівнянні з МФ та ДВФ. Ще одним недоліком АМФ в порівнянні з МФ та ДВФ, є більша тривалість розрахунків (для розміру фільтру 41×41 , час розрахунку МФ становить 3.36 сек, ДВФ – 1.58 сек, а АМФ – 150.15 сек).

ДВФ є більш ефективним методом деструкції стегоданих, ніж МФ та АМФ, оскільки у цьому випадку досягається високий рівень деструкції стегоданих при мінімумі спотворень стеганограми.

Висновки

В результаті проведеного порівняного аналізу ефективності деструкції стегоданих, прихованих в ЦЗ, на основі методу Куттера-Джордона-Боссена після медіанної, адаптивної-медіанної та двомірної вінеровської фільтрації виявлено, що:

- МФ забезпечує максимальну кількість змінених біт стегоданих, але при значних розмірах фільтра границі контурів на стеганограмах сильно розмиваються;
- АМФ призводить до найменших візуальних спотворень, але ефективність деструкції стегоданих менша ніж при МФ та ДВФ;
- ДВФ забезпечує високий рівень деструкції стегоданих при мінімізації візуальних спотворень стеганограм.

Перелік використаних джерел

1. Грибунин В. Г., Оков І. Н., Туринцев І. В. Цифровая стеганография. — М. : “Солон-Пресс”, серия “Аспекты защиты”, 2002. — 272 с.
2. Конахович Г. Ф., Пузыренко А. Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. — К. : “МК-Пресс”, 2006. — 288 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. — М. : Техносфера, 2005. — 1072 с.
4. Черепахова К. В., Прогонов Д. О., Куц С. М. Використання γ -корекції для спотворення даних, прихованих у стеганограмах. — Одинадцята наукова конференція “Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики”, 2013. — К. : ВПІ ВПК “Політехніка” — с.175-176.
5. Черепахова К. В., Прогонов Д. О., Куц С. М. Медіанна та двомірна вінеровська фільтрація Стеганограм. — Дванадцята наукова конференція “Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики”, 2014. — К. : ВПІ ВПК “Політехніка” — с.222-224.
6. Претт У. Цифровая обработка изображений. В 2 книгах. Пер. с англ. — М. : Мир, 1982. — Кн. 2. — 480 с.
7. Джиган В. И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы.. — М. :Техносфера , 2013. — 528 с.
8. William H. Press, Spring Term Computational Statistics with Application to Bioinformatics. Unit 19: Wiener Filtering (and some Wavelets). — The University of Texas at Austin, 2008 — 26 p.