

## **ВИЯВЛЕННЯ СТЕГАНОГРАМ З ДАНИМИ, ПРИХОВАНИМИ В ОБЛАСТІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

*Прогонов Д. О., асистент; Куц С. М., к.т.н., доцент  
Кафедра фізико-технічних засобів захисту інформації,  
Фізико-технічний інститут, Національний технічний університет  
України «Київський політехнічний інститут», Київ, Україна*

### **Вступ**

Забезпечення надійного захисту конфіденційної інформації (КІ) підприємств та організацій сьогодні є актуальною задачею, зважаючи на появу нових методів приховання даних в різних типах файлів. Особливий інтерес представляє попередження витoku КІ при використанні різних комунікаційних сервісів (наприклад, електронної пошти) для передачі прихованих повідомлень (стеганограм) з локальної мережі установи до глобальної мережі Інтернет.

В якості контейнерів для стеганограм широко використовуються мультимедійні дані, зокрема цифрові зображення (ЦЗ) [1]. Більшість відомих методів виявлення наявності прихованих повідомлень в ЦЗ заснована на застосуванні статистичного аналізу [2] та оцінці змін характеристик ЦЗ (наприклад, значень метрик якості зображень [3]), зумовлених вбудовуванням в зображення стеганоданих. Такі методи з високою точністю виявляють дані, вбудовані в просторовій області ЦЗ, проте їх ефективність знижується у випадку приховання повідомлень в області перетворення контейнеру (ОПК). Це пояснюється значним зменшенням рівня демаскуючих ознак стеганограм, оскільки при вбудовуванні стеганоданих в ОПК використовуються особливості перетворень ЦЗ (дискретного косинусного перетворення (ДКП), дискретного вейвлет перетворення (ДВП) тощо). Тому представляє інтерес пошук нових методів пасивного стеганоаналізу ЦЗ для виявлення стеганограм на основі дослідження слабких змін характеристик зображень, зумовлених прихованням повідомлень.

В роботі з використанням мультифрактального флуктуаційного аналізу (МФФА) досліджені кореляційні та фрактальні залежності для флуктуацій яскравості стеганограм, при вбудовуванні стеганоданих в ОПК.

### **Мультифрактальний флуктуаційний аналіз цифрових зображень**

МФФА дозволяє одночасно досліджувати кореляційні та фрактальні властивості флуктуацій заданого сигналу на різних інтервалах часу, що є вагомою перевагою даного методу у порівнянні з «класичним» флуктуаційним аналізом [4].

При проведенні МФФА одновимірного дискретного сигналу  $X$  одержано спектр узагальнених експонент Херста  $h(q)$  та відповідний йому му-

льтифрактальний спектр  $f(\alpha)$  (МФС) [4]. Спектр  $h(q)$  використовується для дослідження залежностей кореляційних властивостей флуктуацій яскравості сигналу від параметра  $q$  – рівнів флуктуацій сигналу. Функція  $f(\alpha)$  визначає хаусдорфову розмірність фрактальної підмножини  $X_\alpha$  вихідного сигналу, яка характеризується однаковою ймовірністю  $p$  заповнення вибраних інтервалів сигналу —  $p \propto s^\alpha$ , де  $s$  — кількість відліків сигналу  $X$  в заданому інтервалі.

МФС та спектр узагальнених експонент Херста пов’язані перетворенням Лежандра [4]:

$$\alpha = h(q) + q \frac{d(h(q))}{dq}, \quad f(\alpha) = q(\alpha - h(q)) + 1.$$

В роботі проведений МФФА дискретних сигналів — стовпців ЦЗ, взятих з кроком  $\Delta$  (пікселів). На основі розрахованих значень  $h(q)$  та  $f(\alpha)$ , було одержано ряд параметрів спектрів узагальнених експонент Херста та МФС (показник Херста,  $h(+\infty)$ ,  $h(-\infty)$ ,  $\alpha_{\max}$ ,  $\alpha_{\min}$  та інші).

### Отримані результати

Дослідження кореляційних та фрактальних залежностей флуктуацій значень яскравості стеганограм проводилося для найбільш складного при стеганоаналізу випадку — приховання в ОПК ЦЗ стеганоданих, до яких, з метою максимального наближення їх виду до псевдовипадкового сигналу, було застосовано перетворення Арнольда. Вбудовування повідомлень в ЦЗ проводилося згідно методу [5], заснованого на застосуванні до ЦЗ ДВП з подальшим блочним ДКП (БДКП) отриманих деталізуючих коефіцієнтів розкладу зображення. Для приховання окремих біт стеганоданих використовувалися коефіцієнти БДКП (розмір блоку —  $4 \times 4$  елемента), що відповідають середнім частотам спектру [5].

Аналіз проводився на тестовому пакеті зі 100 ЦЗ в UHD-4K якості ( $3820 \times 2160$  пікселів). В якості стеганоданих були використані цифрові зображення: креслення ( $567 \times 463$  пікселів), карта ( $800 \times 800$  пікселів) та портрет ( $565 \times 850$  пікселів). Ступінь заповнення контейнеру змінювалася від 5% до

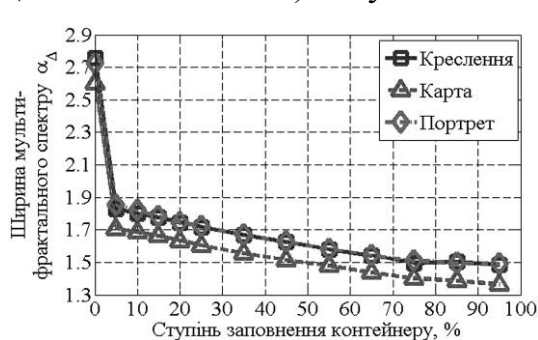


Рисунок 1. Зміна ширини мультифрактального спектру при варіації ступеня заповнення контейнеру

25% з кроком 5% та від 25% до 95% з кроком 10%. Стовпці ЦЗ вибиралися з кроком  $\Delta = 30$  (пікселів).

Залежність ширини МФС ( $\alpha_\Delta = \alpha_{\max} - \alpha_{\min}$ ) від ступеня заповнення контейнеру представлена на рис. 1.

За результатами аналізу отриманих залежностей виявлено, що при прихованні стеганоданих в ОПК ширина МФС (рис. 1) суттєво залежить від ступеню заповнення контейнеру і спо-

стерігається явно виражений пороговий ефект.

### **Висновки**

За результатами проведеного дослідження виявлено, що демаскуючою ознакою стеганограм, при вбудовуванні стеганоданих в ОПК ЦЗ, є залежність ширини мультифрактального спектру флуктуацій яскравості зображення від ступеню заповнення контейнеру, що дозволяє використовувати прості методи перевірки мультимедійних файлів для виявлення факту вбудовування стеганоданих у ЦЗ-контейнери.

### **Література**

1. Конахович Г.Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. — К.: «МК-Пресс», 2006. — 288 с., ил.
2. Fridrich J. Higher-order statistical steganalysis of palette images / Fridrich J., Goljan M., Soukal D. // Security and Watermarking of Multimedia Contents. Proceedings of the SPIE. — 2003. — Volume 5020. — P. 178-190.
3. Avcibas I. Steganalysis using image quality metrics / Avcibas I., Memon N., Sankur B. // IEEE transaction on image processing. — 2003. — Vol. 12, No. 2. — P. 221-229.
4. Kantelhardt J. Multifractal Detrended Fluctuation Analysis of Nonstationary Time Series / Kantelhardt J., Zschiegner S., Koscielny-Bunde E., Bunde A., Havlin S., Stanley E. // Physica A. — 2002. — Vol. 316, Issue 1-4. — P. 87—114.
5. Gunjal B. Secured color image watermarking technique in DWT-DCT domain / Gunjal B., Mali S. // International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology (IJCSIEIT). — 2011. — Vol. 11, No. 3. — P. 36—44.

### **Анотація**

В роботі досліджені кореляційні та фрактальні властивості флуктуацій яскравості цифрових зображень при вбудовуванні стеганоданих різного об'єму в області перетворення контейнеру. Виявлено, що вбудовування стеганоданих у ЦЗ впливає на ширину мультифрактального спектру флуктуацій.

Ключові слова: пасивний стеганоаналіз, мультифрактальний флуктуаційний аналіз.

### **Аннотация**

В работе исследованы корреляционные и фрактальные свойства флуктуаций яркости цифровых изображений, при скрытии стеганоданных в области преобразования контейнера. Показано, что изменение ширины мультифрактального спектра флуктуаций зависит от объема встраиваемого сообщения.

Ключевые слова: пассивный стеганоанализ, мультифрактальный флуктуационный анализ.

### **Abstract**

The paper is devoted to analysis of the correlation and fractal characteristics of digital images brightness fluctuations by stegodata embedding in transformation domain. It is revealed that message hiding leads to narrowing of bandwidth multifractal spectrum the fluctuation.

Keywords: passive steganalysis, multifractal detrended fluctuation analysis.