

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЦВЗ ДО ГЕОМЕТРИЧНИХ СПОТВОРЕНЬ У СИСТЕМАХ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВИХ ТОЧОК ЗОБРАЖЕННЯ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Зважаючи на нестійкість основних безпосередніх методів комп'ютерної стеганографії (НЗБ, МІК і т.п.) до атак активного порушника у даному розділі дипломної роботи запропоновано метод, що дозволяє здійснювати вбудовування ЦВЗ в зображення, що буде стійким до геометричних атак. Перехід від часової чи просторової до частотної області дає можливість виокремити області графічних контейнерів, що несуть найбільше корисної інформації та найменш спотворюються під час операцій обробки або активних атак порушника. Порушення цілісності контейнера, зокрема внаслідок його, масштабування, стиснення зі втратами, повороту, обрізування є характерними для систем цифрових водяних знаків.

Ключові слова: цифрові водяні знаки, зображення-контейнер, якість зображення.

Abstract

In view of the instability of the basic direct methods of computer steganography (NZB, MIC, etc.) to the attacks of the active violator in this section of the thesis, a method is proposed that allows the embedding of the CNS in an image that is resistant to geometric attacks. The transition from time or spatial to frequency domain makes it possible to distinguish areas of graphic containers that carry the most useful information and least distort the processing operations or active attacks of the offender. Violation of the integrity of the container, in particular because of it, scaling, lossy compression, turning, and circumcison are typical of digital watermarking systems.

Keywords: digital watermarks, container image, image quality.

Вступ

Розглянемо проблему десинхронізації на прикладі графічних контейнерів. Позначимо через $f(x,y)$ цифрове зображення розміром $N \times M$ пікселів. В цілому можливі спотворення даного зображення можна поділити на два класи:

- спотворення значень пікселів (шумоподібні спотворення) $f'(x_k, y_k) = f(x_k, y_k) + \varepsilon$;
- поворот зображення $x'_k = x_k \cos \varphi + y_k \sin \varphi, y'_k = -x_k \sin \varphi + y_k \cos \varphi$;

Геометричні перетворення цифрового зображення виконуються у два етапи – просторове перетворення сітки зображення й інтерполяція значень яскравості. Для будь-якої комбінації перетворень зображення $f(x,y)$, що складається зі зсуву, повороту та масштабування, координати спотвореного зображення $f'(x,y)$ можна представити через координати вихідного таким чином:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_x & 0 \\ 0 & \sigma_y \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ -\sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix},$$

Суть проблеми десинхронізації: у процесі маркування зображення ЦВЗ або його елемент вкраплюється в деяке місцезрештування (x_k, y_k) , на етапі детектування або вилучення ЦВЗ внаслідок просторового руху пікселів при геометричних перетвореннях місцезрештуванню (x_k, y_k) буде відповідати деяке невідоме місцезрештування (x'_k, y'_k) (рис. 2.1). Синхронізувати ЦВЗ у контейнері – це значить правильно визначити (x'_k, y'_k) перед детектуванням/вилученням водяного знаку. Після дослідження та порівняльного аналізу вище перелічених методів для подальшого використання було обрано метод за особливими точками, які також називають семантичними методами або на основі вмісту, оскільки використовують оригінальні дані контейнера і не вносять в нього додаткових даних для синхронізації.

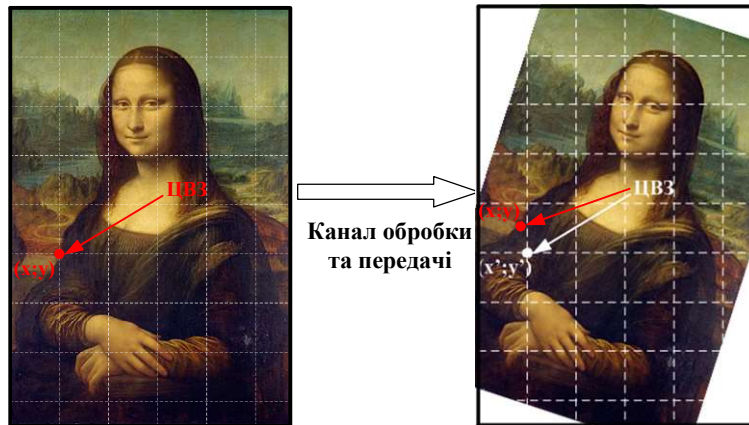


Рисунок 1 – Приклад геометричного спотворення (масштабування) зображення при його передачі

Метою роботи є розроблення стеганографічного методу підвищення стійкості ЦВЗ зображення-контейнера до геометричних перетворень у системах безпеки.

Результати дослідження

Вдосконалення методу детектування особливих точок зображень. Особлива точка (характерна) - точка зображення, що володіє високою локальною інформативністю. Як чисельної міри інформативності пропонуються різні формальні критерії – оператори інтересу. Оператор інтересу повинен забезпечувати досить точне позиціонування точки в площині зображення. Необхідно також, щоб положення точки мало достатню стійкість до фотометричних та геометричних спотворень зображення, що включає нерівномірні зміни яскравості, зрушення, поворот, зміна масштабу, спотворення ракурсів.

Виділення характерних точок на зображенні є початковим етапом в завданні ототожнення. Основною перевагою використання характерних точок для задач виявлення є відносна простота і швидкість їх виявлення. Крім того, на зображеннях не завжди вдається виділити інші характерні риси (чіткі контури або області), в той час як характерні точки в переважній більшості випадків виділити можна.

Найбільш простим прикладом характерних точок служать локальні екстремуми яскравості і максимуми середньоквадратичного відхилення (СКВ) яскравості. У багатьох простих випадках, коли радіометричні й спотворення ракурсів відсутні, таких точок буває цілком достатньо для прив'язки зображень. У більш складних випадках необхідно виявити на зображенні точки, використовуючи не тільки яскравості, але і стійкі до геометричних спотворень ознаки.

Розглянемо фрагмент зображення U зображення $I(x,y)$ з центром в точці (u,v) , і його копії, зміщені на величину (x,y) . Для кожної точки фрагменту можна порахувати зважений квадрат різниці між зміщеним і вихідним фрагментом зображення, та розглянути функцію:

$$S(x,y) = \sum_{(u,v) \in U} w(u,v) (I(u+x, v+y) - I(u,v))^2. \quad (2.1)$$

Функцію, $I(u+x, v+y)$ можна розкласти в ряд Тейлора в межах центру (u,v) , що дозволить перейти від (2.1) до наступного виразу:

$$S(x,y) \approx \sum_{(u,v) \in U} w(u,v) (I_x(u,v)x + I_y(u,v)y)^2. \quad (2.2)$$

де I_x та I_y – частинні похідні яскравості в горизонтальному і вертикальному напрямках

Вираз (2.2) можна записати в матричній формі:

$$S(x,y) \approx (xy) \sum_{(u,v) \in U} w(u,v) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}, \quad (2.3)$$

де $M = \sum_{(u,v) \in U} w(u,v) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$ – матриця локальної структури.

В якості вагової функції $w(u, v)$ зазвичай використовується функція Гауса. Точка (або кут) характеризується більшим значенням зміни функції $S(x, y)$ по всім можливим напрямкам (x, y) , що в еквівалентно більше по модулю власному чисту матриці M .

Виходячи з цього можна зробити ряд висновків:

– Якщо власні числа матриці λ_1 та λ_2 прямують до нуля, то піксель (x, y) не є особливою точкою.

– Якщо $\lambda_1 \approx 0$ та λ_2 приймає більше по модулю значення, то піксель (x, y) , належить до краю області придатності точки до особливої.

– Якщо $(\lambda_1 \text{ та } \lambda_2) \gg 0$, тоді піксель можна вважати особливою точкою.

Більшість методів детектування особливих точок заснованих на властивостях матриці M . В [1], для цього найменше власне значення матриці M порівнюється з певним порогом. В [2], Харрсієм запропоновано використовувати міру відгуку кута (точки).

$$z(x, y) = \det(M) - k \cdot \text{tr}(M)^2, \quad (2.5)$$

де k – встановлений емпіричним чином параметр, змінюється від 0.04 до 0.6. $\det(M)$ та $\text{tr}(M)$ – визначник і слід матриці.

Параметр k пропонується визначати з залежності від кількості особливих точок в зображенні і визначається для кожного зображення окремо (рис.2).

Апроксимувавши дану залежність і взявши по ній першу похідну можна відносно просто визначити чутливість зміни кількості особливих точок від зміни параметра k .

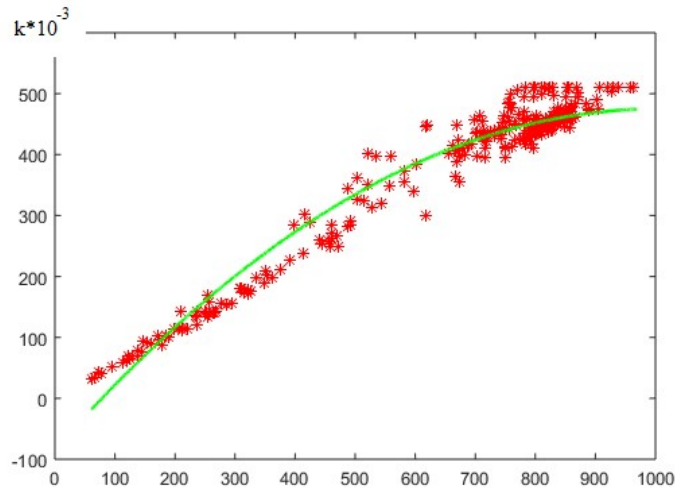


Рисунок 2 – Залежність k від кількості особливих точок в зображенні

При негативному відгуку точка класифікується як потрапила на край; при відгуку, близькому до нуля, точка вважається потрапила в «плоску» область. При великих позитивних значеннях $z(x, y)$ вважається, що точка є кутом, так як в ній яскравість сильно змінюється в усіх напрямках. Детектор Харрріса, інваріантний до обертання і зсуву зображення, а також до зсуву і рівномірному лінійному зміні яскравості.

Описаний детектор, хоча і називаються детекторами кутів, знаходять не власне кути, а будь-які ділянки зображення, в яких є велика зміна градієнта в усіх напрямках при заданому масштабі. Детектор достатньо швидкий, оскільки зводяться до диференціювання яскравості зображення, підсумовування похідних яскравості в локальній околиці кожної точки і знаходженню заходи відгуку кута.

Існуючі методи синхронізації ЦВЗ в контейнері-зображенні мають один суттєвий недолік, а саме невисоку стійкість до геометричних перетворень. Найбільше переваг мають методи синхронізації на базі особливих точок. Ці методи принципово відрізняються від інших тим, що вони використовують оригінальні дані зображення і, як наслідок, створюють для кожного зображення свій унікальний набір точок.

Зауважимо, що при неможливості організації жорсткого контролю над зберіганням та розповсюдженням оригінальних (немаркованих) зображень будь-які прикладні задачі захисту авторських прав на цифрову інтелектуальну власність мають на увазі відсутність доступу до оригіналу при детектуван-

ні ЦВЗ. Тому при виборі між однаково стійкими методами з еталоном та сліпими перевагу мають останні.

Зважаючи на вищесказане було вирішено дослідити можливості побудови стеганосистеми з ЦВЗ на базі особливих точок зображення, перевірити стабільність особливих точок та проаналізувати відповідний сліпий метод маркування. Один із перших методів ЦВЗ, що включає в себе синхронізацію за особливими точками було запропоновано у роботі. Спосіб визначення таких точок в використовує властивості декомпозиції зображення на базі вейвлету МНАТ – «мексиканський капелюх». На основі виділених точок виконувалося розбиття зображення на сегменти згідно діаграмі Вороного. ЦВЗ незалежно вкраплювався в кожний сегмент методом розширення спектра.

Різниця зображень, отримана на двох різних рівнях розкладу за допомогою вейвлету МНАТ, також використовується для визначення особливих точок у роботі. Але на відміну від попереднього дослідження метод синхронізації передбачає нормалізацію сегментів зображення за геометричними центральними моментами, яка зокрема використовується для розпізнавання образів. Самі сегменти для вкраплення будуються у вигляді кіл, що не перетинаються та мають центрами виділені особливі точки. Всередині цих кіл визначаються два блоки 32 на 32 пікселя, в середньочастотні коефіцієнти ДПФ яких вкраплюється ЦВЗ. Одні й ті ж 16 бітів ЦВЗ послідовно вкраплюються в 16 пар визначених стеганоключем коефіцієнтів амплітудного спектра кожного виділеного сегменту зображення. ЦВЗ вважається присутнім у зображенні, якщо після атак він буде знайденим хоча б в двох виділених сегментах.

В для визначення особливих точок слугує модифікований детектор Харріса, а як сегменти використовуються кола радіусом 90 пікселів (рис 3).

Метод, який представлено в даному пункті, включає в себе автоматичну синхронізацію ЦВЗ за особливими точками зображення. На відміну від таких альтернативних методів синхронізації, як використання шаблонів чи піків автокореляції структурного ЦВЗ, які можливо видалити без зміни візуальної якості захищеного контейнера-зображення, у даному методі локалізація ЦВЗ кодується за допомогою контенту зображення і ЦВЗ не може бути знищеним без суттєвого спотворення контенту. Ще одна перевага методів цього класу полягає у тому, що автоматична синхронізація ЦВЗ виконується без привнесення у зображення додаткових шумів.

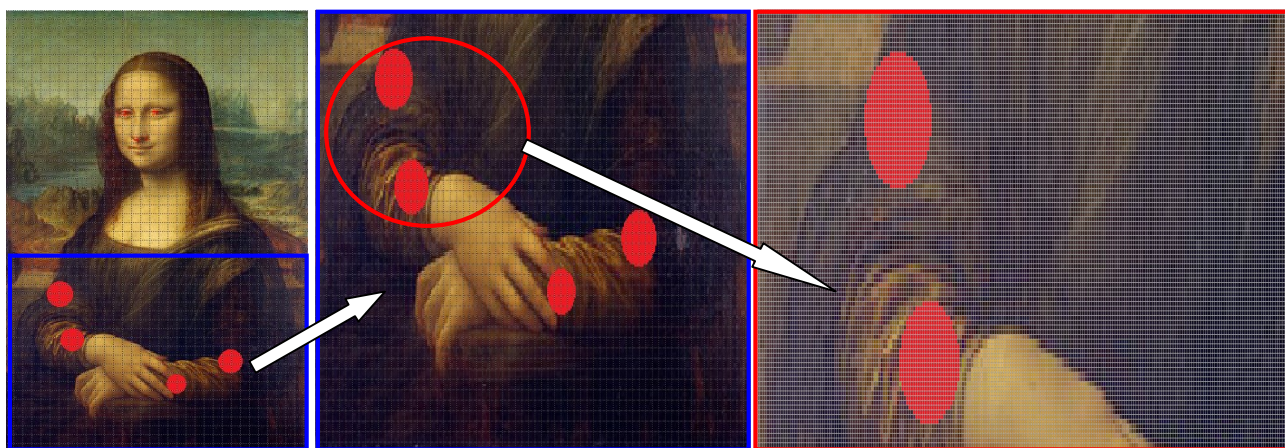


Рисунок 3 – Детектування особливих точок, та сегментування зображення на блоки

Для визначення особливих точок метод використовує детектор Харріса. В роботі показано, що цей детектор визначає більш стабільні особливі точки у порівнянні з альтернативними варіантами – детектором кутів SUSAN (Smallest Univalve Segment Assimilating Nucleus) та детектором Archard-Rouquet.

Серед переваг детектора Харріса можна виділити інваріантність до повороту та зсуву, часткову інваріантність до зміни яскравості. Його недоліком є чутливість до масштабування зображення. Відмітимо, що цей недолік не характерний для детекторів Харріса-Лапласа та SIFT (Scale Invariant Feature Transform), тому в перспективі їх можна розглядати для вдосконалення досліджуваного стеганографічного методу за критерієм стійкості. Але потрібно також зважати, що використання детектора Харріса-Лапласа чи SIFT збільшить обчислювальну складність методу.

Висновки

Запропоновано метод вбудовування ЦВЗ на базі особливих точок зображення, виділених за допомо-

гою детектора кутів Харріса. Метод потребує однорідного розподілу виділених точок. Для його одержання запропоновано розбивати зображення на блоки в центрі окружності яких знаходяться особливі точки. Як переваги детектора Харріса зазначено його інваріантність до повороту і зсуву, часткову інваріантність до зміни яскравості. Як недолік – чутливість до масштабування. Проте, цей недолік не характерний для детекторів Харріса-Лапласа та SIFT (Scale Invariant Feature Transform), тому в перспективі їх можна розглядати для вдосконалення методу за критерієм стійкості. Але потрібно також зважати, що використання детектора Харріса-Лапласа чи SIFT збільшить обчислювальну складність методу.

Оскільки запропонований метод є стійким до геометричних перетворень а саме зсуву та повороту планується виконати його програмну реалізацію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rosten E., Drummond T. Machine learning for high-speed corner detection // Proc. European Conference on Computer Vision. – 2006. – V. 1. – P. 430–443.

2. Taylor S., Rosten E., Drummond T. Robust feature matching in 2.3 μ s // Proc. IEEE CVPR Workshop on Feature Detectors and Descriptors: The State Of The Art and Beyond. – 2009. – P. 15–22.

Юдіна Ганна Максимівна — студентка групи УБ-17мі, факультет менеджменту та інформаційної безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ann.m.yudina@gmail.com.

Науковий керівник: **Карпинець Василь Васильович** — кандидат технічних наук, доцент, факультет менеджменту та інформаційної безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Yudina Anna M. — student, Vinnitsa National Technical University, student of management and security of information Systems department; Vinnitsa, Ukraine;

Supervisor: **Karpinets Vasyl V.** — Ph. D. Assistant professor, management and security of information Systems department; Vinnitsa, Ukraine;