

УДК: 004.056.5

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗМЕНШЕННЯ РІВНЯ СПОТВОРЕНЬ ВЕКТОРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ВНАСЛІДОК ВБУДОВУВАННЯ ЦИФРОВИХ ВОДЯНИХ ЗНАКІВ

В.В. Карпінець, Ю.Є. Яремчук

Вінницький національний технічний університет,
вул. Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна; email: yurevyar@gmail.com

У роботі розглянуто метод захисту векторних зображень цифровими водяними знаками (ЦВЗ) із забезпеченням зменшення впливу його вбудовування на якість зображення. Також розглянуто метод, який забезпечує вбудовування бітів ЦВЗ лише у ті матриці коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення (ДКП), зміна яких не призводить до значних відхилень координат точок зображення. Було проведено аналіз стійкості запропонованого методу до найпоширеніших зловмисних атак, спрямованих на знищення чи підміну ЦВЗ, результати якого показали достатній рівень стійкості на рівні з відомими методами. У роботі також проведено аналіз обчислювальної складності запропонованого методу та порівняння з відомим методом.

Ключові слова: стеганографія, цифровий водяний знак, захист авторського права, дискретне косинус-перетворення, векторні зображення

Вступ

На сьогодні в системах передавання інформації все більшого поширення отримують цифрові зображення векторного формату, що використовуються для проектування архітектурних об'єктів, інтер'єрів, розробки приладів, реклами, логотипів, створення шрифтів, географічних карт тощо, на створення яких витрачається багато часу та коштів. В зв'язку з цим виникає проблема, пов'язана з можливістю нелегального копіювання та розповсюдження векторних зображень, які мають свого правовласника.

Для вирішення задачі захисту авторських прав цифрових векторних зображень використовуються стеганографічні системи цифрових водяних знаків (ЦВЗ), що дають змогу маркувати об'єкти захисту для подальшого виявлення неправомірного використання зображення [1].

Залежно від того, яка інформація потрібна системі для того, щоб виявити ЦВЗ – оригінал зображення, ЦВЗ, секретний ключ чи додаткова інформація, вони поділяються на чотири типи: конфіденційні, напівконфіденційні, напіввідкриті та відкриті стегано-системи [1]. Найбільш перспективними є відкриті стеганосистеми, які для своєї роботи, окрім секретного ключа, не вимагають ні знання оригінального зображення, ні вбудованого ЦВЗ, що полегшує процедуру підтвердження авторських прав.

Серед існуючих методів, що не потребують для витягнення ЦВЗ оригіналу зображення чи додаткової інформації, найбільшого поширення отримали методи, які базуються на частотних перетвореннях [2]. До таких методів відносяться методи Базіна-Барса-Маделана, Хе-Жу-Ванга, Солачідіса-Ніколаїдіса-Пітаса, Войт-Янга-Буша [3] та ін. Проте основною проблемою цих методів при вбудовуванні ЦВЗ є погіршення якості зображення, яка проявляється в зміні контурів об'єктів, чи їх положення внаслідок зміни координат точок. Причому для векторних зображень, що відображають реальні

об'єкти в масштабі (архітектурні споруди, механічні та електронні прилади, географічні карти тощо), ця проблема є дуже актуальною, бо суттєва зміна координат точок може спотворити інформацію про існуючі об'єкти чи вплинути на їх створення. Тому актуальними є дослідження, спрямовані на розробку методів, що для витягнення ЦВЗ не потребують оригіналу векторного зображення, в яких вирішувалась б указана проблема.

Метод вбудовування ЦВЗ у векторні зображення зі зменшеним рівнем спотворень внаслідок вбудовування

У роботі [4] запропоновано стеганографічний метод вбудовування ЦВЗ у векторні зображення зі зменшенням рівня спотворень зображення внаслідок вбудовування ЦВЗ, який для витягування ЦВЗ не потребує оригіналу зображення чи самого ЦВЗ. Особливістю методу є використання двовимірного ДКП для матриць розміром 8×8 та зміна в них високочастотних коефіцієнтів залежно від біту ЦВЗ та двох додаткових ВЧ-коефіцієнтів на середньоарифметичне значення цих коефіцієнтів збільшене або зменшене на величину P , яка забезпечує ідентифікацію бітів при витягуванні ЦВЗ.

Згідно з запропонованим методом зображення представляється у вигляді одновимірного масиву V , в якому елементами є точки векторного зображення V_l , де $l = 1..N$, N – кількість точок в масиві. $V_l = (X_l, Y_l)$, де X_l, Y_l – значення координати точки V_l векторного зображення. Далі формуються матриці розміром 8×8 з кожних 64 координат точок масиву V , які позначено, як $C_i(x, y)$, де $i = 1..t$, t – кількість сформованих матриць, x, y – позиції координат в цій матриці. Для кожної матриці $C_i(x, y)$ проводиться пряме двовимірне ДКП, в результаті чого отримуються матриці коефіцієнтів $F(u, v)$, де u, v – позиції цих коефіцієнтів в матриці.

Було запропоновано умови для вбудовування ЦВЗ, що дозволяють незначно змінювати координати точок зображення. При цьому для вбудовування одного біту ЦВЗ змінюється значення одного високочастотного (ВЧ) коефіцієнта $F_i(u_1, v_1)$ матриці ДКП залежно від значень двох ВЧ-коефіцієнтів $F_i(u_2, v_2)$ та $F_i(u_3, v_3)$. Вбудовування бітів ЦВЗ m_j , де $i = 1..q$, q – кількість біт ЦВЗ, здійснюється таким чином. Якщо біт $m_j = 0$, то перевіряється умова:

$$F_i(u_1, v_1) < \frac{F_i(u_2, v_2) + F_i(u_3, v_3)}{2}. \quad (1)$$

Якщо умова (1) виконується, значення коефіцієнта $F_i(u_1, v_1)$ залишається без змін, інакше значення коефіцієнта $F_i(u_1, v_1)$ у матриці $F_i(u, v)$ з вбудованим бітом ЦВЗ отримується таким чином:

$$F_i(u_1, v_1) = \frac{F_i(u_2, v_2) + F_i(u_3, v_3)}{2} - P. \quad (2)$$

Величина P використовується для забезпечення чіткої ідентифікації бітів ЦВЗ при витягуванні.

Якщо при вбудовуванні біт ЦВЗ $m_j = 1$, то перевіряється виконання такої умови:

$$F_i(u_1, v_1) > \frac{F_i(u_2, v_2) + F_i(u_3, v_3)}{2}. \quad (3)$$

Якщо умова (3) виконується, то коефіцієнт $F'_i(u_1, v_1)$ буде дорівнювати значенню коефіцієнта $F_i(u_1, v_1)$, інакше:

$$F'_i(u_1, v_1) = \frac{F_i(u_2, v_2) + F_i(u_3, v_3)}{2} + P. \quad (4)$$

Після зміни коефіцієнтів проводиться обернене дискретне косинус-перетворення над матрицями змінених коефіцієнтів $F'(u, v)$ і отримані змінені координати записуються у файл векторного зображення з вбудованим ЦВЗ.

Витягування ЦВЗ з векторного зображення проводиться без наявності оригіналу зображення чи самого ЦВЗ таким чином. Спочатку з масиву точок векторного зображення з вбудованим ЦВЗ V' формуються матриці $C'_i(x, y)$ розміром 8×8 , де $i' = 1..t'$, t' – кількість сформованих матриць. Далі над матрицями $C'(x, y)$ проводиться пряме двовимірне ДКП.

Після вибору позицій трьох ВЧ-коефіцієнтів $F'_i(u'_1, v'_1)$, $F'_i(u'_2, v'_2)$ та $F'_i(u'_3, v'_3)$ перевіряється виконання умов та визначається відповідне значення біту ЦВЗ $m'_{j'}$:

$$\begin{cases} m'_{j'} = 0, & \text{якщо } F'_i(u'_1, v'_1) < \frac{F'_i(u'_2, v'_2) + F'_i(u'_3, v'_3)}{2} \\ m'_{j'} = 1, & \text{якщо } F'_i(u'_1, v'_1) > \frac{F'_i(u'_2, v'_2) + F'_i(u'_3, v'_3)}{2} \end{cases} \quad (5)$$

Далі витягнуті біти $m'_{j'}$, $j' = 1..q'$, перетворюються у формат представлення ЦВЗ.

Для запропонованого методу розроблено схему та алгоритми вбудовування і витягування ЦВЗ.

Проведений аналіз запропонованого методу з точки зору впливу ЦВЗ на якість зображення на прикладі векторної географічної карти показав, що використання двовимірному ДКП та умов зміни коефіцієнтів ДКП (1)-(4) вбудовування ЦВЗ забезпечує зменшення рівня спотворень векторних зображень внаслідок вбудовування ЦВЗ порівняно з існуючими методами, однак можливі випадки значних відхилень окремих точок [5].

Для усунення таких випадків у роботі [6] запропоновано метод відбору придатних для вбудовування ЦВЗ матриць коефіцієнтів ДКП, особливістю якого є те, що вбудовування бітів ЦВЗ пропонується здійснювати лише у ті матриці коефіцієнтів ДКП, зміна яких не призводить до значних відхилень координат точок зображення. При цьому визначення придатних для вбудовування матриць пропонується здійснювати на основі запропонованих умов їх відбору з використанням граничного значення P_h величини зміни коефіцієнтів внаслідок вбудовування ЦВЗ. Тобто, після проведення ДКП перевіряються такі умови:

$$|F_i(u_1, v_1) - F_i(u_2, v_2)| \leq P_h, \quad (6)$$

$$|F_i(u_1, v_1) - F_i(u_3, v_3)| \leq P_h. \quad (7)$$

Якщо хоч одна з умов (6)-(7) не буде виконуватись, вибрані коефіцієнти не будуть використовуватись для вбудовування, а відповідна їм матриця $F_i(u, v)$ буде вважатися не придатною для вбудовування.

Проведений аналіз показав, що запропонований метод з використанням методу відбору придатних матриць ДКП забезпечує зменшення максимального відхилення значень координат точок векторних зображень внаслідок вбудовування ЦВЗ до 20 разів, а також їх рівномірне відхилення відносно точок оригіналу векторного зображення.

У випадку, коли кількість бітів ЦВЗ більша ніж кількість придатних для вбудовування матриць $F_i(u, v)$, то можна збільшити граничне значення P_h . Однак, в цьому випадку виникає необхідність передавання P_h разом з маркованим векторним зображенням, що потребує додаткових прихованих каналів передачі.

Для вирішення проблеми виникнення таких випадків вдосконалено запропонований метод вбудовування ЦВЗ забезпеченням придатності матриць шляхом зміни в кожній не більше двох коефіцієнтів, що приймають участь у вбудовуванні ЦВЗ, без зміни граничного значення P_h . При цьому величина зміни кожного коефіцієнта є не більшою ніж P_h , що дозволяє зберегти достатній рівень якості зображення. Для забезпечення придатності потрібно виконати перевірку та зміну коефіцієнтів за такими формулами:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Якщо } [P_h < |F_i(u_1, v_1) - F_i(u_2, v_2)| \leq 2P_h] \text{ та } [P_h < |F_i(u_1, v_1) - F_i(u_3, v_3)| \leq 2P_h], \text{ то,} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{якщо } [F_i(u_1, v_1) > F_i(u_2, v_2)] \text{ та } [F_i(u_1, v_1) > F_i(u_3, v_3)], \text{ то зменшити } F_i(u_1, v_1) \text{ на } P_h; \\ \text{якщо } [F_i(u_1, v_1) < F_i(u_2, v_2)] \text{ та } [F_i(u_1, v_1) < F_i(u_3, v_3)], \text{ то збільшити } F_i(u_1, v_1) \text{ на } P_h; \\ \text{якщо } [F_i(u_1, v_1) > F_i(u_2, v_2)] \text{ та } [F_i(u_1, v_1) < F_i(u_3, v_3)], \text{ то збільшити } F_i(u_2, v_2) \text{ на } P_h \\ \hspace{15em} \text{та зменшити } F_i(u_3, v_3) \text{ на } P_h; \\ \text{якщо } [F_i(u_1, v_1) < F_i(u_2, v_2)] \text{ та } [F_i(u_1, v_1) > F_i(u_3, v_3)], \text{ то зменшити } F_i(u_2, v_2) \text{ на } P_h \\ \hspace{15em} \text{та збільшити } F_i(u_3, v_3) \text{ на } P_h. \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Якщо } [|F_i(u_1, v_1) - F_i(u_2, v_2)| \leq P_h] \text{ та } [P_h < |F_i(u_1, v_1) - F_i(u_3, v_3)| \leq 2P_h], \text{ то,} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{якщо } [F_i(u_1, v_1) > F_i(u_3, v_3)], \text{ то збільшити } F_i(u_3, v_3) \text{ на } P_h; \\ \text{якщо } [F_i(u_1, v_1) < F_i(u_3, v_3)], \text{ то зменшити } F_i(u_3, v_3) \text{ на } P_h. \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Якщо } [P_h < |F_i(u_1, v_1) - F_i(u_2, v_2)| \leq 2P_h] \text{ та } [|F_i(u_1, v_1) - F_i(u_3, v_3)| \leq P_h], \text{ то,} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{якщо } [F_i(u_1, v_1) > F_i(u_2, v_2)], \text{ то збільшити } F_i(u_2, v_2) \text{ на } P_h; \\ \text{якщо } [F_i(u_1, v_1) < F_i(u_2, v_2)], \text{ то зменшити } F_i(u_2, v_2) \text{ на } P_h. \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Таке вдосконалення не зменшує стеганографічну стійкість самого методу вбудовування ЦВЗ, при цьому зміна не більше двох коефіцієнтів забезпечує в цілому зменшення спотворення зображення.

Аналіз запропонованого методу вбудовування ЦВЗ у векторні зображення щодо рівня спотворень векторних зображень

У роботі [7] проведено аналіз запропонованого методу вбудовування ЦВЗ у векторні зображення щодо рівня спотворення зображень внаслідок вбудовування ЦВЗ та порівняння його з відомим методом Войта-Янга-Буша, який базується на одновимірному

му ДКП. Аналіз проведено для декількох типів векторних географічних карт, різних ЦВЗ за розміром і форматом, який показав, що запропонований метод забезпечує середнє відхилення координат точок менше до 30 разів, а середню похибку відхилень координат точок до 4 разів порівняно з відомим методом.

Також проведено аналіз запропонованого методу для вбудовування ЦВЗ при використанні відбору придатних матриць коефіцієнтів ДКП та порівняння його, коли відбір придатних матриць не проводиться, а також у порівнянні з відомим методом Войта-Янга-Буша, результати якого наведені у таблиці 2. Аналіз показав, що використання умов відбору придатних матриць ДКП забезпечує зменшення максимального відхилення координат точок до 20 разів, ніж без використання, та до 70 разів порівняно з відомим методом Войта-Янга-Буша. При цьому сумарна похибка та середнє відхилення координат точок менші до 15 разів. Також отримано ряд показників відмінності та кореляційних показників, що використовуються для оцінювання стеганографічних методів, результати за основними з яких наведені у таблиці 1.

Таблиця 1.

Показники візуального спотворення зображення після вбудовування ЦВЗ

Показники	Оригінальне зображення		Метод Войта-Янга-Буша $A_4 \dots A_6$		Запр. метод вбуд. ЦВЗ $P = 0,00003$		Запр. метод вбуд. ЦВЗ з відбором придатних матриць $P = 0,00003$ $P_h = 0,0005$	
	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X
Максимальна відмінність, MD	0	0	0.078	0.11	0.016	0.019	2.316×10^{-3}	2.657×10^{-3}
Нормована середньо-квадратична помилка, $NMSE$	0	0	3.25×10^{-11}	1.735×10^{-10}	1.392×10^{-12}	5.441×10^{-12}	2.833×10^{-14}	1.017×10^{-13}
Відношення "сигнал-шум", SNR	∞	∞	3.077×10^{10}	5.764×10^9	7.183×10^{11}	1.838×10^{11}	3.53×10^{13}	9.832×10^{12}
Максимальне відношення "сигнал-шум", $PSNR$	∞	∞	3.081×10^{10}	5.795×10^9	7.192×10^{11}	1.848×10^{11}	3.534×10^{13}	9.885×10^{12}
Якість зображення, IF	1	1	0.99999999 99675032	0.99999999 9826503	0.99999999 99986078	0.99999999 9994559	0.99999999 99999717	0.99999999 9999898
Нормована взаємна кореляція, NC	1	1	0.99999999 99941283	0.99999999 99672231	0.99999999 99990318	0.99999999 99965551	0.99999999 99999879	0.99999999 99998924

З таблиці 1 видно, що запропонованому методу з використанням відбору придатних матриць відповідають найкращі показники відмінності порівняно з відомим методом Войта-Янга-Буша. Отримані кореляційні показники показують менші порушення кореляції між точками зображення внаслідок вбудовування ЦВЗ до 30 разів, що також показує підвищення стійкості запропонованого методу до зловмисних атак.

Також було проведено аналіз візуального рівня спотворення зображень на основі сумішених зображень оригіналу векторної карти та з вбудованим ЦВЗ згідно з запропонованим методом, з використанням відбору придатних матриць та методом Войта-Янга-Буша (рис. 1).

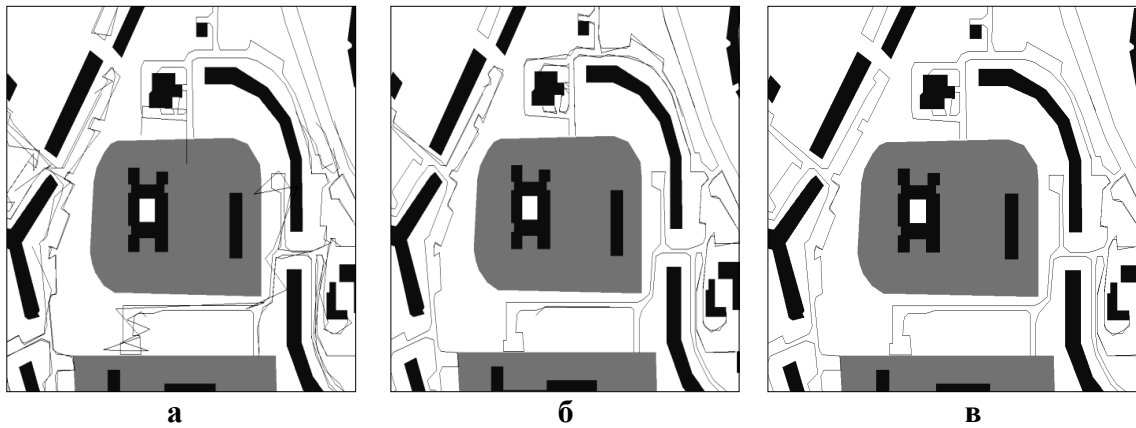


Рис. 1. Фрагменти векторних карт після вбудовування ЦВЗ суміщених з оригіналом за трьома методами: **а** – метод Войта-Янга-Буша; **б** – запропонований метод вбудовування ЦВЗ; **в** – запропонований метод вбудовування ЦВЗ з методом відбору придатних матриць

З рисунку 1 видно, що запропонований метод з використанням методу відбору придатних матриць забезпечує найменший рівень спотворення зображення серед розглянутих методів.

Проведено аналіз впливу величин P_h та P на спотворення зображення та розмір ЦВЗ, який показав, що при збільшенні величини P_h збільшується можливий для вбудовування розмір ЦВЗ, сумарна похибка та максимальне відхилення координат точок, а величина P незначно впливає на ці показники, оскільки згідно запропонованого методу її значення у десятки чи сотні разів менші від P_h (рис.2).

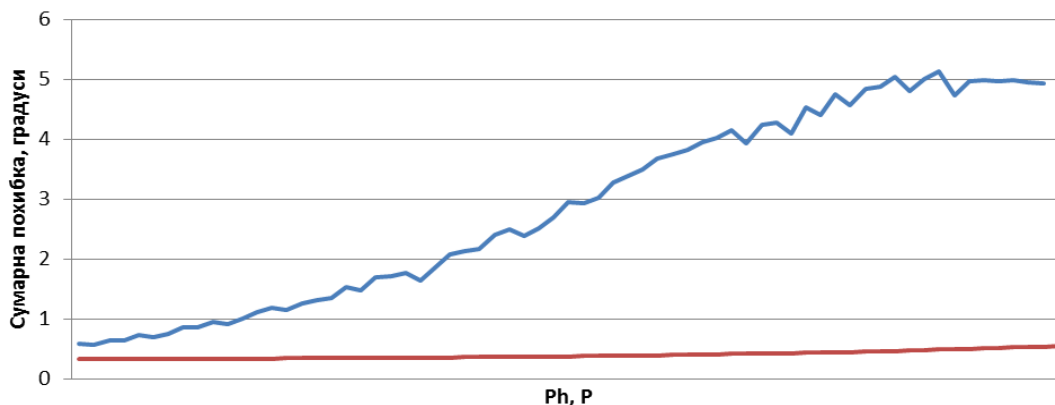


Рис. 2. Графік залежності сумарної похибки координат точок від P та P_h

Аналіз стійкості запропонованого методу вбудовування ЦВЗ до зловмисних активних та пасивних атак

Проведений аналіз стійкості запропонованого методу до активних зловмисних атак, спрямованих на ускладнення витягнення ЦВЗ правовласником, показав достатньо високий рівень стійкості методу, зокрема до повороту зображення (при повороті на 15 градусів похибка розпізнавання бітів склала 16%), до масштабування зображення (при масштабуванні на 3% і 100% помилка розпізнавання склала 0% та 55% бітів відповідно), а також абсолютну стійкість до зміщення векторного зображення (рис.3,4).

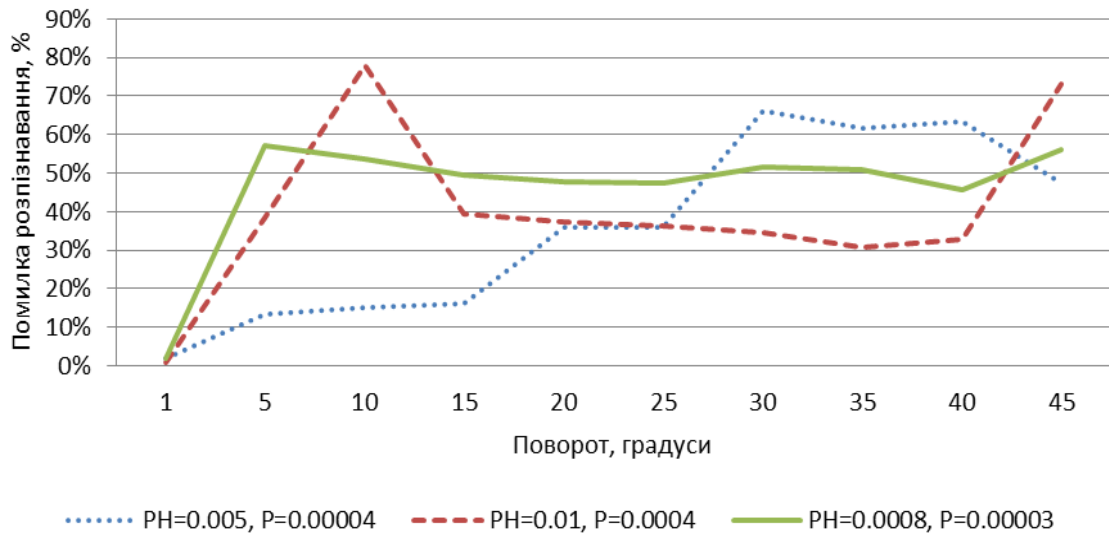


Рис.3. Залежність помилок розпізнавання ЦВЗ від повороту зображення

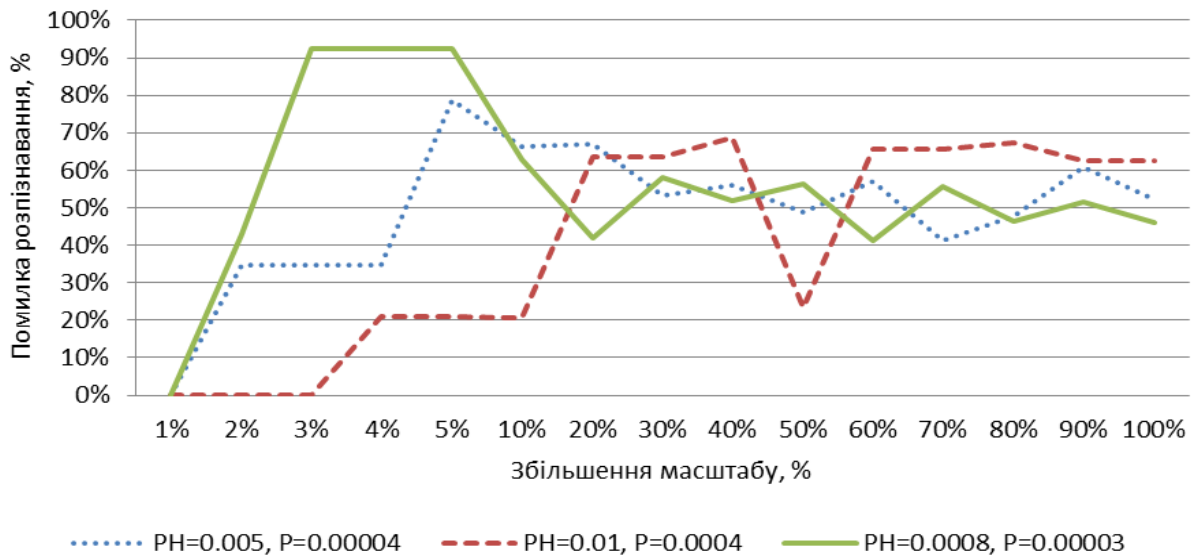


Рис.4. Залежність помилок розпізнавання ЦВЗ від масштабування зображення

Аналіз стійкості запропонованого методу до атаки внесення додаткового шуму показав, що при внесенні шуму зі збільшенням сумарної похибки відхилень координат від початкової у 5,7 разів (повна деградація зображення) помилка розпізнавання складає усього 33,46% неправильно розпізнаних бітів (рис.5).

Стійкість до відсікання зображення може забезпечуватись шляхом вбудовування бітів ЦВЗ у певні блоки зображення із використанням точок інтересу POI.

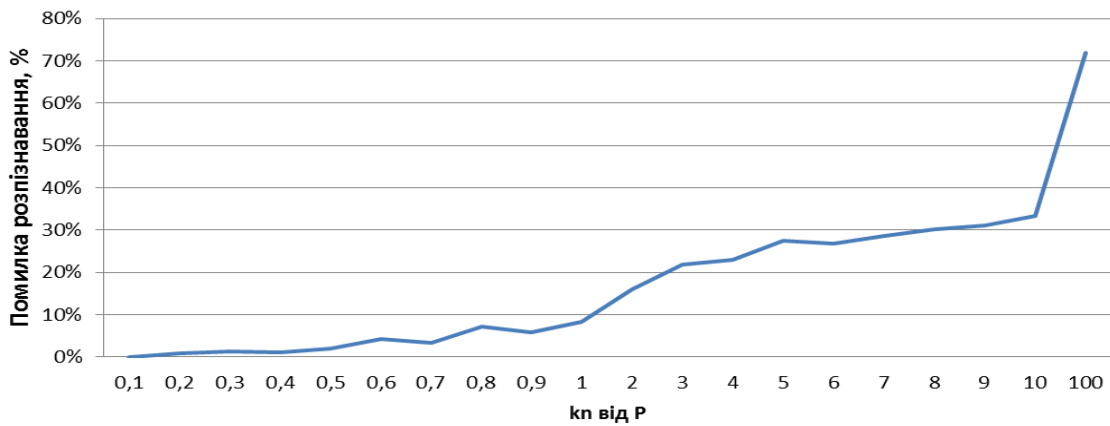


Рис.5. Залежність помилок розпізнавання ЦВЗ від рівня шуму

Аналіз обчислювальної складності запропонованого методу вбудовування ЦВЗ

Проведений аналіз обчислювальної складності запропонованого методу вбудовування ЦВЗ показав, що вбудовування ЦВЗ потребує у 2 рази більше арифметичних операцій ніж для витягування, що пояснюється необхідністю виконання за методом більше 90% операцій для проведення ДКП, яке при вбудовуванні виконується два рази, а при витягуванні ЦВЗ лише один.

Також було проведено порівняння обчислювальної складності з відомим методом Войта-Янга-Буша, результати якого показали, що запропонований метод має у 3 рази більшу обчислювальну складність процесу вбудовування та витягування ЦВЗ. Однак запропонований метод дає суттєві переваги, оскільки в ньому використовується двовимірне ДКП і 1 біт ЦВЗ вбудовується у блок з 64 коефіцієнтів, а це забезпечує менший рівень спотворень та кращу стійкість то пасивних атак шляхом статистичного дослідження. Крім того, якщо згідно запропонованого методу в одну матрицю ДКП вбудувати більшу кількість бітів ЦВЗ, то його обчислювальна складність буде незначно збільшуватись, в той час як складність методу Войта-Янга-Буша буде прямо пропорційно зростати кількості вбудовуваних ЦВЗ (рис.6).

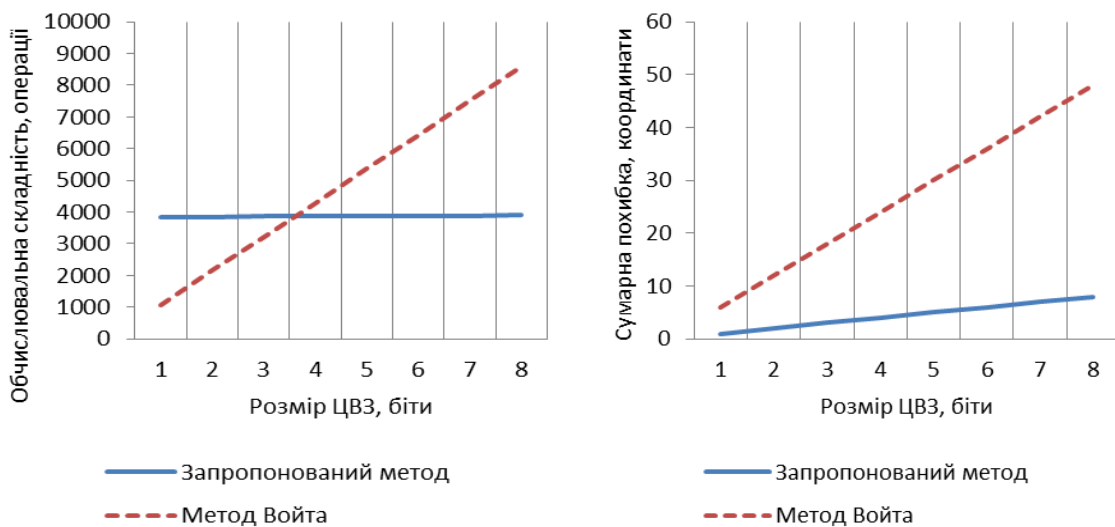


Рис. 6. Залежність обчислювальної складності та сумарної похибки від кількості бітів для запропонованого методу та методу Войта-Янга-Буша

Так, зокрема при вбудовуванні 8 бітів ЦВЗ запропонований метод при достатньому рівні стійкості буде забезпечувати майже у 2 рази меншу обчислювальну складність ніж метод Войта-Янга-Буша і при цьому буде мати менший рівень спотворення зображення внаслідок вбудовування ЦВЗ.

Висновки

В роботі розглянуто метод захисту векторних зображень цифровими водяними знаками із забезпеченням зменшення впливу його вбудовування на якість зображення. Особливістю методу є те, що використання в ньому двовимірного ДКП для матриць розміром 8×8 та вбудовування бітів ЦВЗ шляхом незначної зміни в них високочастотних коефіцієнтів дозволяють забезпечити зменшення рівня спотворення зображення внаслідок вбудовування ЦВЗ порівняно з відомими методами.

Також розглянуто метод, який забезпечує вбудовування бітів ЦВЗ лише у ті матриці коефіцієнтів ДКП, зміна яких не призводить до значних відхилень координат точок зображення. Для визначення придатних для вбудовування матриць запропоновано умови відбору з використанням граничного значення величини зміни коефіцієнтів внаслідок вбудовування ЦВЗ. Також було розглянуто метод для збільшення кількості придатних матриць при однаковому граничному значенні. Метод дозволив збільшувати кількість придатних матриць зміною не більше двох коефіцієнтів, причому у більшості випадків лише одного.

Результати проведених досліджень рівня спотворення векторних зображень внаслідок вбудовування ЦВЗ показали, що запропонований метод забезпечує менші значення сумарної похибки відхилень координат точок, максимального відхилення координат точок, а також ряду показників відмінності та кореляційних показників у порівнянні з аналогами.

Проведено аналіз стійкості запропонованого методу до активних зловмисних атак, спрямованих на ускладнення витягнення ЦВЗ правовласником, зокрема до атак на основі афінних перетворень та атаки внесенням шуму. Результати дослідження показали, що запропонований метод забезпечує абсолютну стійкість до зміщення векторного зображення. Також метод забезпечує достатньо високий рівень стійкості до повороту та масштабування зображення. Аналіз стійкості запропонованого методу до атаки шляхом внесення додаткового шуму показав, що при внесенні шуму такого рівня, при якому сумарна похибка відхилень координат є більшою від початкової у 5,7 разів, що призводить до повної деградації зображення, помилка розпізнавання складає усього 33,46% неправильно розпізнаних бітів.

Проведено аналіз обчислювальної складності запропонованого методу та порівняння з відомим методом Войта-Янга-Буша. Результати аналізу показали, що у випадку, коли 1 біт ЦВЗ вбудовувати у матрицю коефіцієнтів розміром 8×8 обчислювальна складність запропонованого методу є більшою у 3 рази, ніж вбудовування 1 біту ЦВЗ у один одновимірний масив з 8 коефіцієнтів ДКП згідно відомого методу. Однак при рівних умовах, якщо згідно запропонованого методу вбудовувати в одну двовимірну матрицю ДКП 8 бітів ЦВЗ, то його обчислювальна складність буде майже у 2 рази меншою ніж методу Войта-Янга-Буша, і при цьому запропонований метод буде забезпечувати менший рівень спотворення зображення внаслідок вбудовування ЦВЗ. Навіть у випадку, якщо вбудовувати лише 4 біти ЦВЗ в одну матрицю згідно запропонованого методу, то його обчислювальна складність та рівень спотворення будуть меншими порівняно з відомим методом.

Список літератури

1. В.О. Хорошко, О.Д. Азаров, М.Є. Шелест, Ю.Є. Яремчук. Основи комп'ютерної стеганографії. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ. – 2003. – 143 с.
2. Liangbin Zheng, Yulu Jia, Qun Wang. Research on Vector Map Digital Watermarking Technology // First International Workshop on Education Technology and Computer Science – 2009. – P. 303-307.
3. M. Voigt, B. Yang and C. Busch. Reversible watermarking of 2D vector data // ACM Multimedia and Security Workshop. – 2004, – P. 160-165.
4. Карпинець В.В., Яремчук Ю.Є. Вирішення проблеми погіршення якості векторних зображень при вбудовуванні цифрових водяних знаків // Правове, нормативне, та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні – 2010. – № 1(20). – С.73-83.
5. Карпинець В.В., Яремчук Ю.Є. Аналіз впливу цифрових водяних знаків на якість векторних зображень // Сучасний захист інформації. – 2011. – №1. – С.72-82.
6. Карпинець В.В., Яремчук Ю.Є. Зменшення відхилень координат точок внаслідок вбудовування цифрових водяних знаків у векторні зображення // Правове, нормативне, та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні – 2010. – № 2(21). – С.69-78.
7. Карпинець В.В., Яремчук Ю.Є. Аналіз рівня спотворень векторних зображень внаслідок вбудовування цифрових водяних знаків / В.В. Карпинець, Ю.Є. Яремчук // Сучасний захист інформації. – 2011. – №2. – С.94 – 99

В.В. Карпинець, Ю.Є. Яремчук

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ УМЕНЬШЕНИЯ УРОВНЯ ИСКАЖЕНИЙ ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ

В работе рассмотрен метод защиты векторных изображений цифровыми водяными знаками (ЦВЗ) с обеспечением уменьшения влияния его внедрения на качество изображения. Также рассмотрен метод, который обеспечивает внедрение битов ЦВЗ только в те матрицы коэффициентов дискретного косинусного преобразования (ДКП), изменение которых не приводит к значительным отклонениям координат точек изображения. Был проведен анализ устойчивости предложенного метода к распространенным вредоносным атакам, направленных на уничтожение или подмену ЦВЗ, результаты которого показали достаточный уровень устойчивости на уровне с известными методами. В работе также проведен анализ вычислительной сложности предложенного метода и сравнение с известным методом.

Ключевые слова: стеганография, цифровой водяной знак, защита авторского права, дискретное косинус-преобразование, векторные изображения

V. Karpinets, Y. Yaremchuk

SOLUTION TO REDUCING DISTORTION VECTOR IMAGES DUE EMBEDDING DIGITAL WATERMARKS

In this work observed the method for vector graphics of digital watermarks ensuring mitigation of its embedding image quality. Also considered a method that provides embedded bits Manezh Central only those matrix coefficients of discrete cosine transform (DCT), a change which does not lead to significant deviations of coordinates of image points. It analyzed the stability of the proposed method to the most common malicious attacks aimed at the destruction or substitution digital watermark, the results of which showed a sufficient level of stability at the level of known methods. We also analyzed the computational complexity of the proposed method and comparison with the known method.

Keywords: steganography, digital watermark, copyright protection, discrete cosine transform, vector image