

В.В. Карпінець¹

¹к.т.н., старший викладач кафедри адміністративного та інформаційного менеджменту Вінницького національного технічного університету

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ВІДБОРУ ПРИДАТНИХ МАТРИЦЬ ДКП ВЕКТОРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА СПОТВОРЕННЯ ТА РОЗМІР ЦВЗ

У роботі проведено аналіз впливу параметрів методу вбудовування цифрових водяних знаків (ЦВЗ) у векторні зображення на основі дискретного косинусного перетворення (ДКП). Для цього було проведено дослідження впливу параметра відбору придатних матриць ДКП та параметра, що використовується для ідентифікації бітів ЦВЗ на рівень спотворень векторних зображень та на розмір ЦВЗ який можна вбудувати. Результати аналізу показали, що при збільшенні параметра відбору придатних матриць збільшується можливий для вбудовування розмір ЦВЗ, сумарна похибка та максимальне відхилення координат точок. При цьому параметр для ідентифікації бітів ЦВЗ незначно впливає на ці показники.

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

Вступ

Графічні цифрові зображення векторного формату сьогодні дуже широко 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 актуальною стає задача захисту векторних зображень.

Найбільш ефективно ця задача вирішується методами вбудовування цифрових водяних знаків (ЦВЗ) у зображення, які для підтвердження авторства не потребують додаткової інформації окрім самого зображення та ключа [1]. Серед них найбільшого поширення отримали методи, які базуються на частотних перетвореннях. До таких методів відносяться методи Базіна-Барса-Маделана, Хе-Жу-Ванга, Солачідіса-Ніколаїдіса-Пітаса [2], а також метод Войта-Янга-Буша [3], який забезпечує зменшення впливу ЦВЗ при його вбудовуванні на якість зображення, однак сумарна похибка відхилення координат точок відносно оригіналу в деяких випадках є досить суттєвою.

В роботі [4] запропоновано метод, який забезпечує зменшення сумарної похибки відхилення координат точок від оригіналу. Однак, в деяких випадках максимальне відхилення точок досягає великих значень, яке може призвести до помітних спотворень окремих точок [5]. В зв'язку з цим, певний інтерес викликає метод, представлений в роботі [6], в якому для забезпечення зменшення впливу його вбудовування на відхилення точок зображення вбудовування бітів ЦВЗ здійснюється лише у ті матриці коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення (ДКП), зміна яких не призводить до таких відхилень. Для визначення придатних для вбудовування матриць в [6] запропоновано умови відбору, з використанням граничного параметра P_h , що визначає граничну величину зміни коефіціє-

ентів, та параметра P , що використовується для чіткої ідентифікації бітів ЦВЗ. Це дає можливість в деяких випадках зменшити рівень спотворення векторних зображень до 20 разів порівняно з відомими методами. При цьому відкритим залишається питання впливу параметрів P_h та P на рівень спотворень і, як наслідок, на розмір ЦВЗ, що можна вбудувати у конкретні зображення.

Аналіз впливу параметрів P_h та P на спотворення зображення та розмір ЦВЗ

Згідно із запропонованим методом [6] для вбудовування бітів ЦВЗ може бути необхідною зміна значень коефіцієнтів $F_i(u_1, v_1)$ деяких матриць ДКП, а у випадку недостатньої кількості матриць для вбудовування ЦВЗ із заданим P_h – усіх трьох коефіцієнтів $F_i(u_1, v_1)$, $F_i(u_2, v_2)$ та $F_i(u_3, v_3)$. Ці коефіцієнти можуть бути змінені на різні значення, які залежать від параметрів P_h та P .

Значення параметра P_h впливає на кількість придатних для вбудовування матриць ДКП і, відповідно, на кількість бітів ЦВЗ, які можна вбудувати у зображення. Також параметр P_h впливає відхилення координат точок зображення внаслідок вбудовування бітів ЦВЗ.

Значення параметра P також впливає на відхилення координат точок, проте в меншій мірі, оскільки він використовується для ідентифікації бітів ЦВЗ («0» або «1») і його значення, як правило, значно менше від P_h . Однак значення цього параметра має бути достатнім для того, щоб правильно розпізнати біт ЦВЗ при витягуванні, враховуючи округлення чисел при обробці та можливі зміни внаслідок навмисних змін та спотворень векторного зображення.

Спочатку проаналізуємо вплив різних значень P_h на рівень спотворення однієї векторної карти, фрагмент якої показано на рис. 1, визначаючи сумарну похибку та максимальне відхилення координат її точок.



Рисунок 1 – Фрагмент векторної географічної карти для вбудовування ЦВЗ

Для кожного значення P_h будемо визначати максимальну кількість придатних

матриць ДКП та вбудовувати у них біти ЦВЗ. Таким чином можна побачити залежність максимально можливого розміру ЦВЗ від значення P_h .

Для дослідження оберемо $P = 0,00003$, $P_h = 0,005..0,02$ та ЦВЗ у бінарному вигляді довільної довжини.

Результати дослідження наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати впливу параметра P_h на рівень спотворення зображення та розмір ЦВЗ

P_h	Сумарна похибка	Максимальне відхилення	К-сть вбудованих бітів
0,00050	0,59216	0,0001	1163
0,00067	0,75648	0,00014	1331
0,00089	1,06272	0,00019	1495
0,00107	1,3216	0,00022	1610
0,00118	1,43184	0,00024	1668
0,00143	1,69248	0,00029	1772
0,00173	2,10208	0,00036	1886
0,00209	2,50176	0,00044	1975
0,00306	3,47024	0,00064	2137
0,00370	3,8264	0,00078	2197
0,00407	4,01424	0,00084	2218
0,00492	4,2368	0,00099	2250
0,00596	4,70224	0,00125	2271
0,00872	5,07424	0,00136	2295
0,01277	5,50288	0,00257	2310
0,01700	5,20256	0,00257	2312
0,02000	5,20256	0,00257	2312

З результатів табл. 1 видно, що сумарна похибка та максимальне відхилення координат точок векторного зображення прямо залежать від значення параметра P_h . Тобто в цьому випадку зі збільшенням значення P_h збільшується кількість придатних матриць ДКП. Оскільки за умовою дослідження для кожного значення P_h проводилось вбудовування ЦВЗ максимально можливого розміру, відповідно збільшуються і показники спотворення.

Для кращого представлення впливу значення параметра P_h на сумарну похибку відхилень координат точок векторного зображення побудуємо графік залежності, який показано на рис. 2.

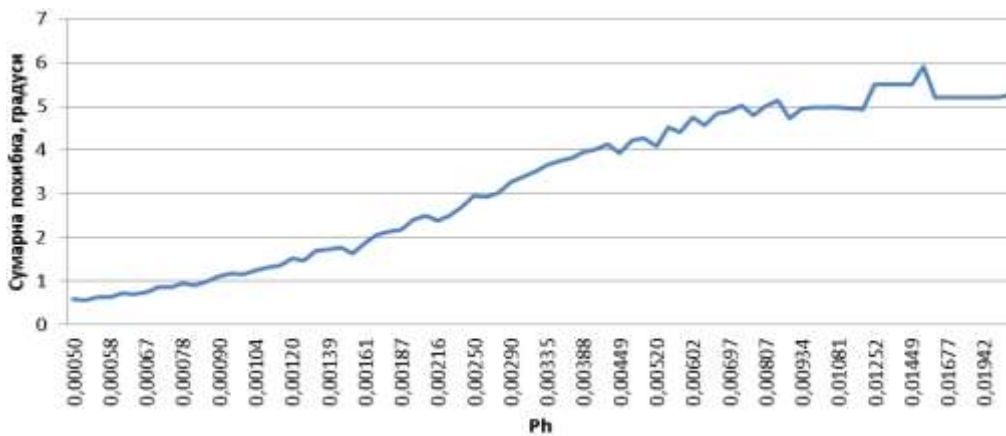


Рисунок 2 – Графік залежності сумарної похибки відхилень координат точок від P_h

З рис. 2 видно, що в деяких випадках зі збільшенням значення сумарна похибка не збільшується, або ж навпаки, зменшується. Це пояснюється тим, що для кожного випадку проводилося вбудовування різних ЦВЗ, тому коефіцієнти в одних й тих самих матрицях ДКП могли змінюватися по-різному або ж залишатися без змін залежно від біта ЦВЗ. Наприклад, з табл. 1 видно, що в кінці діапазону P_h , при різних значеннях 0,01546 та 0,01700, кількість придатних матриць ДКП і відповідно вбудованих біт ЦВЗ однакова і дорівнює 2312, проте сумарна похибка для цих P_h значень є різною і дорівнює 5,91712 і 5,20256 відповідно. Враховуючи це, в цілому спостерігається пряма залежність сумарної похибки відхилень координат точок від параметра P_h .

Оскільки одним з найважливіших показників якості методу є вплив вбудованого ЦВЗ на максимальне відхилення координат точок, проаналізуємо залежність цього показника від параметра P_h . Для кращого представлення побудуємо графік залежності, який показано на рис. 3.

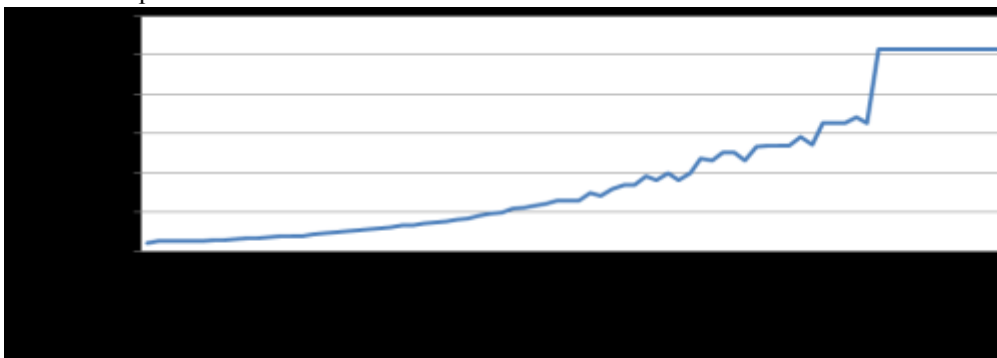


Рисунок 3 – Графік залежності максимального відхилення координат точок від P_h

З рис. 3 видно схожу залежність максимального відхилення координат точок від параметра P_h , як і у випадку з сумарною похибкою, однак в кінці діапазону P_h можна

спостерігати різке збільшення максимального відхилення, після чого воно зовсім не змінюється зі збільшенням P_h . Це пояснюється тим, що при значенні $P_h = 0,01277$ максимальне відхилення досягає найбільшого свого значення з визначеного діапазону P_h .

Залежність максимально можливого розміру ЦВЗ, який можна вбудувати у обрану векторну карту, показано на рис. 4.

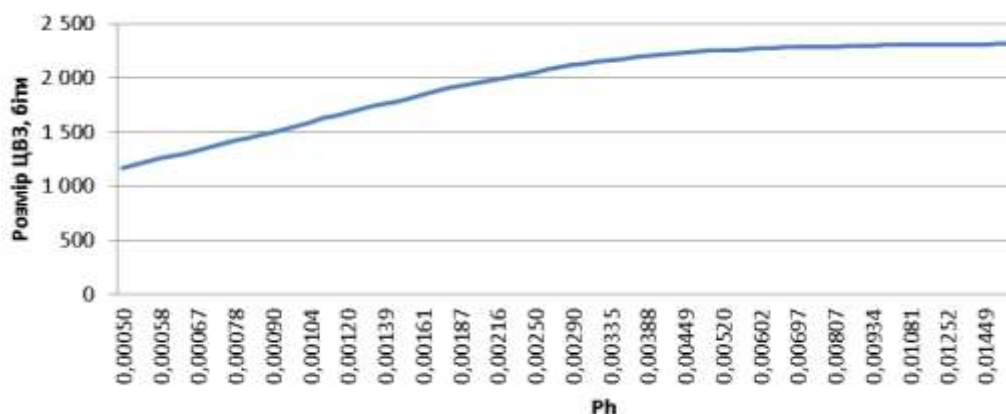


Рисунок 4 – Залежність розміру ЦВЗ від P_h

З рис. 4 видно, що зі збільшенням P_h розмір ЦВЗ, який можна вбудувати у зображення, збільшується, оскільки збільшується кількість придатних матриць ДКП. З графіка видно, що при збільшенні P_h в кінці діапазону розмір ЦВЗ збільшується незначно. Це пояснюється тим, що розмір ЦВЗ при цих значеннях P_h дорівнює 2312 бітів, в той час, коли максимально можливий розмір ЦВЗ для усього зображення рівний 2317 бітів.

Для кращого представлення впливу P_h на усі досліджувані показники створимо суміщений графік, на якому зображено залежність розміру ЦВЗ, сумарної похибки та максимального відхилення від P_h .

Як зазначалося вище, параметр P впливає на правильність розпізнавання бітів при витягуванні ЦВЗ та на рівень спотворення внаслідок вбудовування ЦВЗ. Проаналізуємо вплив вибору значення параметра P на сумарну похибку та максимальне відхилення координат точок. Для аналізу проведемо ряд вбудовувань ЦВЗ однакового розміру у векторну карту №3 (рис 3.1) з однаковим значенням P_h , та з різними значеннями P з певного діапазону.

Для аналізу оберемо такі параметри: $P = 0,00003..0,004$, $P_h = 0,0025$, ЦВЗ = 200 біт.

Слід зазначити що діапазон значень P вибраний такий, при якому відновлюються усі біти вбудованого ЦВЗ. Після проведення низки вбудовувань ЦВЗ отримасмо ре-

Результати впливу параметра P на рівень спотворення зображення

P	Сумарна похибка	Максимальне відхилення	К-сть відновлених бітів
0,000030	0,32640	0,00040	200
0,000036	0,32928	0,00040	200
0,000040	0,33072	0,00040	200
0,000048	0,33760	0,00040	200
0,000058	0,34560	0,00040	200
0,000064	0,34960	0,00040	200
0,000078	0,35680	0,00041	200
0,000086	0,36096	0,00041	200
0,000104	0,37216	0,00041	200
0,000125	0,38736	0,00042	200
0,000138	0,39312	0,00042	200
0,000167	0,41280	0,00042	200
0,000202	0,43248	0,00043	200
0,000244	0,45680	0,00044	200
0,000269	0,47024	0,00045	200
0,000295	0,48960	0,00045	200
0,000325	0,50640	0,00046	200
0,000358	0,52624	0,00047	200
0,000400	0,54992	0,00047	200

З результатів табл. 2 видно, що значення параметра P на пряму впливає на сумарну похибку відхилень координат точок зображення. Тобто при збільшенні P збільшується сумарна похибка.

З таблиці також видно що при всіх P значеннях було повністю відновлено ЦВЗ. Для кращого представлення характеру впливу P на сумарну похибку відхилення координат точок побудуємо графік, який показано на рис. 5.

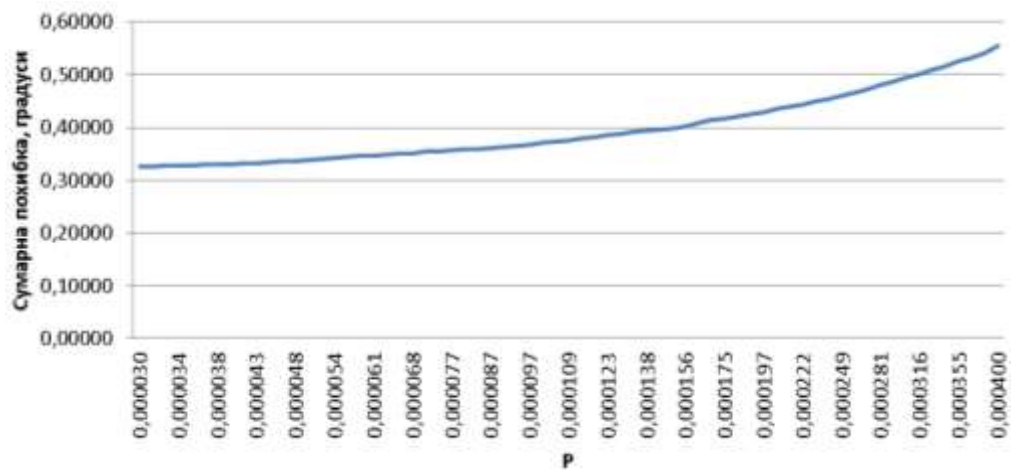


Рисунок 5 – Графік залежності сумарної похибки відхилення координат точок векторного зображення від P

З рис. 5 видно достатньо прямий характер залежності сумарної похибки від P . Проте, щоб оцінити рівень цього впливу проведемо порівняння сумарної похибки при збільшенні значень P та P_h . Для цього побудуємо суміщений графік, використовуючи графіки, що зображені на рис. 2 та 5, як показано на рис. 6.

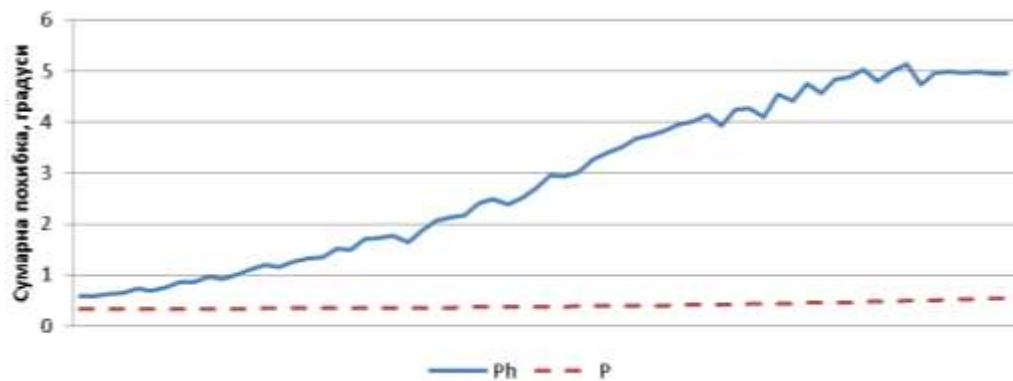


Рисунок 6 – Графік залежності сумарної похибки координат точок від P та P_h

З рис. 6 видно, що вплив P на сумарну похибку є незначним у порівнянні з P_h . Тому при оцінюванні рівня спотворення зображення можна знехтувати впливом значення P на сумарну похибку, тобто не обчислювати її для P окремо, а віднести її до сумарної похибки, що визначається для P_h .

Розглянемо вплив значення параметра P на максимальне відхилення координат точок. На рис. 7 показано графік залежності, використовуючи результати, що наведені в табл. 2.

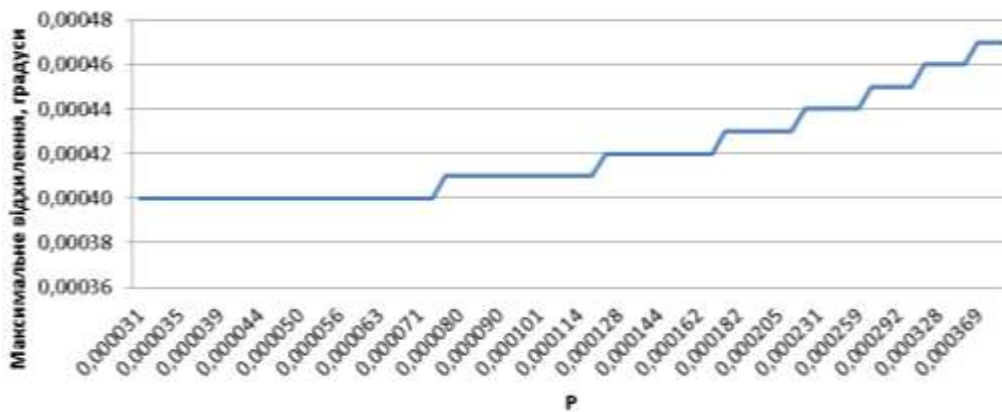


Рисунок 7 – Графік залежності максимального відхилення координат точок векторного зображення від P

З рис. 7 видно збільшення максимального відхилення при певних значеннях P , однак не спостерігається прямолінійна залежність. Наприклад, для достатньо широкого діапазону P від 0,000030 до 0,000071, максимальне відхилення має однакове значення. Також при збільшенні P майже у 100 разів максимальне відхилення збільшилось лише на 17,5%. Можна припустити, що це свідчить про незначний вплив на спотворення зображення в порівнянні з P_h .

Для перевірки проведемо порівняння максимального відхилення при збільшенні значень P та P_h . Для цього побудуємо суміщений графік (рис. 8), використовуючи графіки, що зображені на рис. 3 та 7.

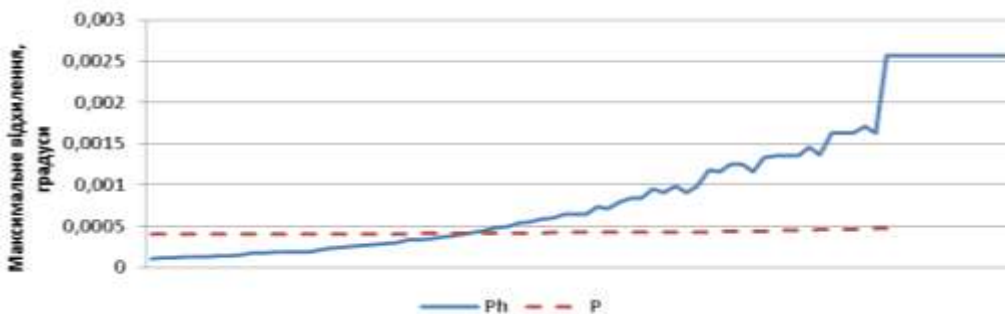


Рисунок 8 – Графік залежності максимального відхилення координат точок P у порівнянні з P_h

З рис. 8 видно, що динаміка росту максимального відхилення зі збільшенням P є практично відсутньою у порівнянні зі збільшенням P_h . Це пов'язано в першу чергу з тим, що значення параметра P є значно меншим від P_h , а також різного роду впливом цих параметрів на показники спотворення зображення, враховуючи особливості методу. Таким чином, при оцінюванні максимального відхилення точок зображення внаслідок

його спотворення впливом параметра P можна знехтувати і обчислювати максимальне відхилення тільки для різних значень P_h .

Висновки

Таким чином, у роботі проведено аналіз впливу параметрів P_h та P запропонованого у [6] методу на спотворення зображення та розмір ЦВЗ, який показав, що при збільшенні параметра P_h збільшується можливий для вбудовування розмір ЦВЗ, сумарна похибка та максимальне відхилення координат точок. При цьому параметр P незначно впливає на ці показники. Це можна пояснити тим, що згідно з умовами методу його значення у десятки чи сотні разів менші від P_h .

Література

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. Патент на корисну модель №62199, (51) МПК (2011) H03M 13/00. Спосіб захисту векторних зображень цифровими водяними знаками у вигляді електронного коду / В.В. Карпинець, Ю.Є. Яремчук. - № u2011 066640; заявл. 27.05.2011; опубл. 10.08.2011; Бюл. №15, 2011.
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. Методи захисту векторних зображень цифровими водяними знаками : монографія / В. В. Карпинець, Ю. Є. Яремчук. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 156 с.

Надійшла до редколегії 01.06.2013 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Петров А.С.

В.В. Карпинець

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТБОРА ПРИГОДНЫХ МАТРИЦ ДКП ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ИСКАЖЕНИЯ И РАЗМЕР ЦВЗ

В работе проведен анализ влияния параметров метода встраивания цифровых водяных знаков (ЦВЗ) в векторные изображения на основе дискретного косинусного преобразования (ДКП). Для этого было проведено исследование влияния параметра отбора пригодных матриц ДКП и параметра, который используется для идентификации битов ЦВЗ на уровень искажений векторных изображений и на размер встраиваемого ЦВЗ. Результаты анализа показали, что при увеличении параметра отбора пригодных матриц увеличивается возможный для встраивания размер ЦВЗ, суммарная погрешность и максимальное отклонение координат точек. При этом параметр для идентификации битов ЦВЗ незначительно влияет на эти показатели.

Ключевые слова: стеганография, цифровой водяной знак, защита авторского права, дискретное косинусное преобразование, векторные изображения.

Vasyl Karpinets

**ANALYSIS OF PARAMETERS SELECTION SUITABLE DCT VECTOR
IMAGES MATRICES FOR DISTORTION AND SIZE DIGITAL WATERMARK**

The paper analyzes the impact parameter method of embedding digital watermarks in the vector images based on discrete cosine transform (DCT). This study was conducted impact parameter selection of suitable matrix DCT and parameters used to identify the bits in the digital watermark distortion vector images and the size of the digital watermark which can be embedded. The analysis showed that an increase in the parameter selection of suitable matrices increased potential for embedding digital watermark size, the total error and maximum deviation of coordinate points. The parameter identification bits digital watermark significantly affect these parameters.

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