

# VỀ MỘT LƯỢC ĐỒ THUỸ VÂN DỰA TRÊN PHÉP BIẾN ĐỔI SỐNG NHỎ RỜI RẠC VÀ CÁC MA TRẬN SỐ GIẢ NGẪU NHIÊN

NGUYỄN VĂN TÀO, BÙI THẾ HỒNG

## I. TỔNG QUAN

Trong môi trường phân phối điện tử đang phát triển như hiện nay, việc bảo vệ bản quyền tác giả đối với các sản phẩm số trở nên rất cần thiết. Hiện tại đã có khá nhiều lược đồ thủy vân nhằm bảo vệ quyền sở hữu của các bức ảnh số thông qua các thông tin được nhúng trong ảnh.

Có thể chia các kĩ thuật thủy vân theo hai hướng tiếp cận chính:

Hướng thứ nhất dựa trên miền không gian ảnh tức là tiến hành khảo sát tín hiệu và hệ thống rời rạc một cách trực tiếp trên miền giá trị rời rạc của các điểm ảnh gọi là trên miền biến số độc lập tự nhiên. Sau đó, tìm cách nhúng các thông tin bản quyền vào ảnh bằng cách thay đổi các giá trị điểm ảnh sao cho không ảnh hưởng nhiều đến chất lượng ảnh và đảm bảo sự bền vững của thông tin nhúng trước những tấn công có thể có đối với bức ảnh đã nhúng thủy vân. Điển hình cho cách tiếp cận này là phương pháp tách bit ít quan trọng nhất (*LSB-Least Significant Bit*) và phương pháp sử dụng ma trận số giả ngẫu nhiên [3].

Hướng thứ hai là sử dụng các phương pháp khảo sát gián tiếp khác thông qua các kĩ thuật biến đổi. Các kĩ thuật biến đổi này làm nhiệm vụ chuyển miền biến số độc lập sang các miền khác và như vậy tín hiệu và hệ thống rời rạc sẽ được biểu diễn trong các miền mới với các biến số mới. Phương pháp biến đổi này cũng giống như phương pháp đổi biến trong phép tính tích phân hay phương pháp đổi hệ toạ độ trong giải tích của toán phổ thông quen thuộc. Sau đó, tìm cách nhúng thủy vân vào ảnh bằng cách thay đổi các hệ số biến đổi trong những miền thích hợp để đảm bảo chất lượng ảnh và sự bền vững của thủy vân sau khi nhúng [3].

Phương pháp khảo sát gián tiếp sẽ làm đơn giản rất nhiều các công việc mà chúng ta gặp phải khi dùng phương pháp khảo sát trực tiếp trong miền biến số độc lập tự nhiên. Có nhiều phép biến đổi cho dữ liệu ảnh trong đó có một số-phương pháp biến đổi được sử dụng rất phổ biến như DCT, DFT (Discrete Fourier Transform) và DWT.

Kĩ thuật thủy vân sử dụng phép biến đổi DCT thường chia ảnh gốc thành các khối, thực hiện phép biến đổi DCT với từng khối ảnh gốc để được miền tần số thấp, miền tần số giữa và miền tần số cao. Đa số kĩ thuật thủy vân ẩn bền vững sẽ chọn miền tần số giữa của mỗi khối để nhúng bit thủy vân theo một hệ số  $k$  nào đó gọi là hệ số tương quan giữa tính ẩn và tính bền vững của thủy vân [6, 7].

Kĩ thuật thủy vân sử dụng phép biến đổi DWT thường phân tích ảnh gốc thành các miền tần số LL, LH, HL và HH sau đó nhúng cùng một lượng thông tin thủy vân vào một hoặc một số miền tần số với các hệ số tương quan khác nhau. Ảnh chứa thủy vân sau đó được xử qua các phép biến đổi ảnh thông thường rồi tìm lại thủy vân. Kết quả, thủy vân trong các băng thể hiện tính bền vững khác nhau trước các phép biến đổi [1, 3, 4].

Trong [3] tác giả đã trình bày một kĩ thuật dùng để nhúng một chuỗi bit vào miền không gian ảnh bằng việc sử dụng hai ma trận số giả ngẫu nhiên độc lập có cùng kích thước  $M0$  và  $M1$ . Mỗi bit thủy vân sẽ được “nhúng” vào một khối ảnh gốc có kích thước bằng với kích thước của

các ma trận giả ngẫu nhiên bằng cách cộng khối ảnh gốc này với  $M_0$  nếu giá trị của nó là 0 và với  $M_1$  nếu ngược lại. Việc tìm lại các bit thủy vân đã “nhúng” được thực hiện nhờ các hệ số tương quan giữa khối ảnh chứa chúng với các ma trận số giả ngẫu nhiên. Kỹ thuật này đảm bảo được chất lượng của ảnh sau khi nhúng và tính bền vững của thủy vân trước những tấn công thông thường.

Trong bài báo này chúng tôi sử dụng kết hợp hai khuynh hướng tiếp cận theo miền không gian ảnh và tiếp cận theo miền tần số ảnh để đề xuất một kỹ thuật thủy vân ẩn bền vững.

## II. THỦY VÂN SỬ DỤNG PHÉP BIẾN ĐỔI DWT VÀ CHUỖI SỐ GIẢ NGẪU NHIÊN

### 1. Kỹ thuật thủy vân sử dụng phép biến đổi sóng nhỏ rời rạc (DWT)

Một ma trận điểm ảnh gốc  $I$  sẽ được phân tích qua phép biến đổi DWT hai chiều để được các băng tần LL, LH, HL và HH. Thủy vân được sử dụng là một ma trận hai chiều các bit  $W$ . Tùy từng kỹ thuật, người ta chọn một hoặc một số băng tần để nhúng thủy vân. Xu hướng chung của kỹ thuật này là cộng tuyến tính ma trận các bit thủy vân vào các băng tần được chọn theo công thức (1),

$$V_{w,ij}^k = V_{ij}^k + \alpha_k W_{ij}; \quad i, j = 1, \dots, n; \quad k = 1, 2, 3, 4 \quad (1)$$

trong đó  $V_w^k$  là các băng tần sau khi nhúng thủy vân,  $V^k$  với  $k = 1, 2, 3, 4$  là các băng tần của ảnh gốc ( $V^1 = LL, V^2 = LH, V^3 = HL, V^4 = HH$ ),  $\alpha_k$  (gain factor) là hệ số tỉ lệ giữa tín hiệu và tín hiệu bền vững của thủy vân do người sử dụng tự chọn.

Phép biến đổi ngược IDWT được sử dụng với các băng tần đã nhúng thủy vân  $V_w^k$  để tổng hợp lên ảnh chứa thủy vân  $Iw$ .

Việc tách thủy vân được thực hiện theo quá trình ngược lại. Sử dụng phép biến đổi DWT với ảnh chứa thủy vân  $Iw$  để được các băng tần  $V_w^k$ . Sử dụng công thức (2) để lấy ma trận bit thủy vân  $W$ .

$$W_{ij}^k = (V_{w,ij}^k - V_{ij}^k) / \alpha_k; \quad i, j = 1, \dots, n; \quad k = 1, 2, 3, 4. \quad (2)$$

Trong kỹ thuật này có thể nhúng cùng một thủy vân hoặc các thủy vân khác nhau vào các băng tần của ảnh gốc; cũng có thể không nhúng thủy vân vào một băng tần nào đó; quá trình tách thủy vân cần sử dụng ảnh gốc.

### 2. Kỹ thuật thủy vân sử dụng ma trận số giả ngẫu nhiên

Trong [3] tác giả đã trình bày kỹ thuật thủy vân sử dụng ma trận số giả ngẫu nhiên, kỹ thuật được mô tả tóm tắt như sau:

Ảnh gốc  $I$  được biểu diễn bằng một ma trận giá trị các điểm ảnh, thủy vân  $W$  là một chuỗi các bit 0 và 1. Căn cứ vào cỡ của  $I$  và  $W$ , tìm hai số nguyên  $m$  và  $n$  sao cho ảnh gốc  $I$  có thể chia thành các khối có kích thước  $m \times n$  đủ để giấu mỗi bit thủy vân vào một khối. Sau đó, xây dựng hai ma trận số giả ngẫu nhiên độc lập  $PN_0$  và  $PN_1$  có cùng kích thước là  $m \times n$ , với các phần tử có thể nhận một trong các giá trị 0, 1 hoặc -1. Tiếp theo, ma trận ảnh gốc  $I$  được chia thành các khối có kích thước  $m \times n$  và mỗi bit thủy vân  $W_j$  của thủy vân  $W$  sẽ được nhúng vào một khối ảnh gốc theo công thức sau đây để thu được ảnh đã nhúng thủy vân  $Iw$ :

$$Iw_j(x,y) = \begin{cases} I_j(x,y) + k \times PN\_0(x,y) & \text{nếu } W_j = 0 \\ I_j(x,y) + k \times PN\_1(x,y) & \text{nếu } W_j = 1 \end{cases} \quad (3)$$

trong đó,  $I_j(x,y)$  là giá trị của điểm ảnh gốc tại tọa độ  $(x,y)$  của khối thứ  $j$ ;  $k$  là hệ số tương quan giữa tính ẩn và tính bền vững của thủy vân (được chọn trước);  $Iw_j(x,y)$  là giá trị của điểm ảnh gốc sau khi biến đổi bằng công thức (3).

Việc tách thủy vân từ ảnh đã nhúng  $Iw$  (có thể đã bị tấn công) được thực hiện dựa vào giá trị của các hệ số tương quan giữa các khối ảnh  $Iw_j$  và các ma trận giả ngẫu nhiên  $PN\_0$  và  $PN\_1$ .

$$W'_j = \begin{cases} 0 & \text{nếu } HSTQ(Iw_j, PN\_0) > HSTQ(Iw_j, PN\_1) \\ 1 & \text{nếu ngược lại} \end{cases}$$

trong đó,  $W'_j$  là bit thứ  $j$  của thủy vân tìm được từ ảnh đã nhúng thủy vân;  $HSTQ(Iw_j, PN\_0)$  và  $HSTQ(Iw_j, PN\_1)$  là các hệ số tương quan giữa khối ảnh thứ  $j$  của ảnh đã nhúng thủy vân với các ma trận giả ngẫu nhiên  $PN\_0$  và  $PN\_1$ .

**Nhận xét:**

- Việc xây dựng hai ma trận số giả ngẫu nhiên  $PN\_0$  và  $PN\_1$  độc lập để cộng vào từng khối ảnh gốc là một tiêu chí cho quá trình lọc lấy thủy vân. Nếu một khối ảnh gốc được cộng thêm ma trận giả ngẫu nhiên  $PN\_0$  thì gần như chắc chắn rằng hệ số tương quan của nó với ma trận này sẽ lớn hơn hệ số tương quan của nó với ma trận  $PN\_1$  và cũng tương tự như vậy trong trường hợp ngược lại. Điều này đảm bảo rằng có thể tìm lại thủy vân đã nhúng một cách chính xác nếu ảnh không bị tấn công. Hơn nữa, do kích thước của khối được chọn tối đa và mỗi khối chỉ dấu một bit nên nếu ảnh bị tấn công thì mức độ ảnh hưởng đến độ bền vững của thủy vân cũng không quá lớn.

- $k$  trong công thức trên là một giá trị chọn trước gọi là hệ số tỉ lệ giữa tính ẩn và tính bền vững của thủy vân,  $k$  càng lớn thì tính bền vững của thủy vân tăng đồng thời tính ẩn của thủy vân giảm.

- Quá trình tách thủy vân trong kỹ thuật này không cần sử dụng ảnh gốc, cũng không sử dụng đến hệ số  $k$  đã chọn trong quá trình nhúng thủy vân.

### 3. Kỹ thuật thủy vân sử dụng phép biến đổi DWT và ma trận số giả ngẫu nhiên

Kết hợp hai khuynh hướng thủy vân đã trình bày trong mục 1 và 2, phần II chúng tôi đề xuất một kỹ thuật thủy vân tổng hợp với ý tưởng chính là:

- Sử dụng phép biến đổi sóng nhỏ rời rạc DWT để phân tích ảnh gốc  $I$  thành các miền tần số LL, LH, HL và HH có kích thước bằng một nửa ảnh gốc. Không mất tính tổng quát có thể giả thiết là số cột và số dòng của ma trận ảnh gốc là chẵn.

- Chọn một số miền tần số để nhúng thủy vân theo kỹ thuật trong mục 2, phần II.

- Các miền tần số sau khi đã nhúng thủy vân được tổng hợp bởi IDWT để được ảnh chứa thủy vân.

- Việc lọc tìm thủy vân được thực hiện theo quá trình ngược lại.

#### Thuật toán nhúng thủy vân

Vào: Ảnh gốc  $I$  kích thước  $2M \times 2N$ ; thủy vân  $W$  là một chuỗi bit hoặc một ảnh nhị phân đã chuyển sang chuỗi bit có độ dài  $L$ ; hệ số tỉ lệ giữa tính ẩn và độ bền vững của thủy vân  $k$ .

Ra: Ảnh  $Iw$  chứa thủy vân.

Các bước của thuật toán:

1. Sử dụng phép biến đổi sóng nhỏ rời rạc hai chiều mức một để phân tích ảnh gốc  $I$  thành các miền tần số  $LL$ ,  $LH$ ,  $HL$  và  $HH$ .

2. Chọn hai số nguyên  $m$  và  $n$  sao cho có thể chia mỗi miền tần số thành ít nhất  $L$  khối có kích thước  $m \times n$  đủ để giấu mỗi bit thủy vân vào một khối. Cách làm đơn giản nhất và cũng là tối ưu nhất là chọn  $m$  và  $n$  bằng nhau và bằng phần nguyên của  $\sqrt{\frac{M \times N}{L}}$ .

3. Xây dựng hai ma trận số giả ngẫu nhiên độc lập  $PN_0$  và  $PN_1$  gồm các phần tử có giá trị 0, 1 hoặc -1 và có cùng kích thước là  $m \times n$ .

Lần lượt thực hiện bước 4 để nhúng thủy vân vào các miền tần số  $LH$ ,  $HL$  và  $HH$  (kí hiệu chung là  $SB$ ).

4. Chia  $SB$  thành các khối có kích thước  $m \times n$ . Với mỗi  $W_j$  thuộc  $W$ , tiến hành thêm ma trận số giả ngẫu nhiên vào khối ảnh đang xét  $SB_j$  theo công thức:

$$SB_{w_j}(x, y) = \begin{cases} SB_j(x, y) + k \times PN_0(x, y) & \text{nếu } W_j = 0 \\ SB_j(x, y) + k \times PN_1(x, y) & \text{nếu } W_j = 1 \end{cases} \quad (4)$$

5. Thực hiện phép biến đổi ngược IDWT đối với các băng tần đã nhúng thủy vân để tổng hợp thành ảnh chứa thủy vân  $I_w$ .

#### Thuật toán tách thủy vân

Vào: Ảnh chứa thủy vân  $I_w$  (có thể đã bị tấn công).

Ra: Thủy vân dạng chuỗi bit  $W'$ .

Các bước của thuật toán:

1. Thực hiện phép biến đổi sóng nhỏ rời rạc hai chiều mức một DWT phân tích ảnh chứa thủy vân  $I_w$  thành các băng tần  $LLw$ ,  $LHw$ ,  $HLw$  và  $HHw$ .

2. Xây dựng hai ma trận số giả ngẫu nhiên độc lập  $PN_0$  và  $PN_1$  cùng kích thước  $m \times n$  với các phần tử có giá trị 0, 1 hoặc -1 như quá trình nhúng thủy vân.

3. Chia các băng tần  $LHw$ ,  $HLw$  và  $HHw$  thành các khối có kích thước  $m \times n$ . Với  $j$  từ đến  $L$ , tính

$$\begin{aligned} C1_{C_j} &= HSTQ(LHw_j, PN_1) & C0_{C_j} &= HSTQ(LHw_j, PN_0) \\ C1_{V_j} &= HSTQ(HLw_j, PN_1) & C0_{V_j} &= HSTQ(HLw_j, PN_0) \\ C1_{D_j} &= HSTQ(HHw_j, PN_1) & C0_{D_j} &= HSTQ(HHw_j, PN_0) \\ C1_j &= (C1_{C_j} + C1_{V_j} + C1_{D_j})/3 & C0_j &= (C0_{C_j} + C0_{V_j} + C0_{D_j})/3 \end{aligned}$$

trong đó,  $HSTQ(X, Y)$  là hệ số tương quan giữa hai ma trận cùng kích thước  $X$  và  $Y$ .

4. Với  $j$  từ 1 đến  $L$ , tìm lại các bit thủy vân đã nhúng theo công thức:

$$W'_j = \begin{cases} 0 & \text{nếu } C0_j > C1_j \\ 1 & \text{nếu ngược lại} \end{cases}$$

Ghép tất cả các bit  $W'_j$  để được thủy vân  $W'$ .

**Đánh giá:**

- Khác với kỹ thuật trình bày trong 2.2, kỹ thuật nhúng thủy vân trong 2.3 không nhúng trực tiếp các bit thủy vân vào các khối ảnh gốc mà thực hiện nhúng vào các khối thuộc miền tần số của ảnh gốc.

- Thuật toán nhúng chỉ thực hiện trên ba băng tần (LH, HL và HH) chứa những phần tiểu tiết của ảnh và không nhúng vào băng tần HH chứa các chi tiết cơ sở của ảnh để không làm thay đổi chất lượng của ảnh. Hơn nữa, thuật toán này nhúng đồng thời một thủy vân vào ba băng tần để tăng cường thêm độ bền vững của thủy vân trước những tần công khác nhau. Việc tìm lại thủy vân cũng được hỗ trợ thêm bằng cách sử dụng giá trị trung bình của các hệ số tương quan trong ba khối ảnh ở ba băng tần khác nhau.

- Thuật toán chỉ có độ phức tạp tuyến tính. Các phép biến đổi sóng nhỏ (xuôi và ngược) và các hệ số tương quan có thể thực hiện khá đơn giản nhờ một bộ công cụ có sẵn chẳng hạn như MATLAB.

### III. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Chúng tôi đã cài đặt thuật toán tổng hợp đề xuất trong mục 3, ảnh gốc được sử dụng là ảnh đa cấp xám “Lena.bmp” kích thước 512×512, thủy vân là ảnh nhị phân “Copyright.bmp” kích thước 50×20, hệ số k được sử dụng là 1, 3, 5, 7, 9 và 11, kích thước khối  $m \times n$  chọn là 8×8.

Để đánh giá chất lượng của kỹ thuật thủy vân đã đề xuất, chúng tôi đã thử nghiệm với các trường hợp sau:

- (A) Chỉ nhúng thủy vân vào băng LH.
- (B) Chỉ nhúng thủy vân vào băng HL.
- (C) Chỉ nhúng thủy vân vào băng HH
- (D) Nhúng thủy vân vào cả ba băng LH, HL và HH theo phương pháp trong mục 3.






Chất lượng ảnh sau khi nhúng thủy vân được đánh giá thông qua giá trị của tỉ số *PSNR* (*Peak Signal to Noise Ratio*) giữa ảnh gốc  $I$  và ảnh chứa thủy vân  $I_w$  có cùng kích thước là  $p \times q$  theo công thức:






$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{Max(I)}{\sqrt{MSE}} \right); \text{ trong đó, } MSE = \frac{1}{p \times q} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (I(i, j) - I_w(i, j))^2.$$

Chất lượng của thủy vân trích ra từ ảnh nhúng được đánh giá thông qua tỉ số tương tự *SR* (*Similitary Ratio*) giữa thủy vân gốc  $W$  và thủy vân tách được  $W'$  theo công thức:

$$SR = S/(S+D); \text{ trong đó, } S \text{ là số bit trùng nhau, } D \text{ là số bit lệch nhau của } W \text{ và } W'.$$

Chất lượng ảnh sau khi nhúng thủy vân, chất lượng thủy vân tách được từ ảnh chứa ngay sau khi nhúng (chưa qua các biến đổi) và tính bền vững của thủy vân trong ảnh chứa đã qua một số tấn công thông thường được thể hiện ở các hình và bảng dưới đây.

				
	PSNR = 43.270	PSNR = 43.282	PSNR = 43.281	PSNR = 38.625

				
(I)	(A) $SR = 0,944$	(B) $SR = 0,938$	(C) $SR = 0,953$	(D) $SR = 0,990$

Hình 1. Với  $k=5$ ; (I) ảnh gốc  $512 \times 512$  và thủy vân gốc  $50 \times 20$ ; (A), (B), (C), (D) ảnh đã nhúng thủy vân, tỉ số PSNR, thủy vân tìm lại được và tỉ số tương tự SR trong các thử nghiệm

Bảng 1. Chất lượng ảnh nhúng thủy vân (chưa bị biến đổi) và thủy vân tìm lại được

Hệ số $k$	(A)		(B)		(C)		(D)	
	PSNR	SR	PSNR	SR	PSNR	SR	PSNR	SR
1	54,412	0,631	54,419	0,631	54,417	0,681	51,405	0,748
3	47,418	0,842	47,429	0,845	47,428	0,874	42,957	0,957
5	43,270	0,944	43,282	0,938	43,281	0,953	38,625	0,990
7	40,432	0,975	40,443	0,975	40,443	0,986	35,735	0,998
9	38,285	0,985	38,296	0,990	38,296	0,993	33,568	1,000
11	36,562	0,991	36,572	0,997	36,572	0,997	31,835	1,000

Bảng 1 và hình 1 cho thấy, việc nhúng thủy vân vào cả 3 băng tác động vào ảnh chủ nhĩ hơn so với nhúng thủy vân vào một trong các băng tần số. Tuy vậy, chất lượng của ảnh vẫn đảm bảo ở mức độ chấp nhận được (tỉ số PSNR >31). Ngược lại, chất lượng của thủy vân tìm lại được đối với kĩ thuật nhúng đồng thời vào 3 băng lại cao hơn so với kĩ thuật chỉ nhúng vào một băng. Trong cả 4 trường hợp thử nghiệm, giá trị của hệ số  $k$  tỉ lệ thuận với độ bền chất lượng của thủy vân tìm lại được và tỉ lệ nghịch với chất lượng ảnh sau khi nhúng thủy vân.

Ảnh gốc sau khi nhúng thủy vân được biến đổi qua một số phép biến đổi ảnh thông thường sau đó thực hiện quá trình lọc tìm lại thủy vân, so sánh thủy vân tìm được với thủy vân gốc để đánh giá tính bền vững của thủy vân trước các tấn công lên ảnh chứa. Kết quả thể hiện qua bảng 2

Bảng 2. Tính bền vững của thủy vân trước một số tấn công

Loại tấn công (với hệ số $k = 5$ )	Giá trị SR của thủy vân tách được			
	(A)	(B)	(C)	(D)
JPEG Compression Q = 100	0,943	0,938	0,952	0,990
JPEG Compression Q = 50	0,881	0,903	0,818	0,955
Intensity Adjust [0 0,8], [0 1]	0,926	0,926	0,941	0,984
Histogram equalization	0,924	0,927	0,951	0,987
Blurring 2x2	0,926	0,857	0,909	0,969
Adding Gaussian Noise 0,001	0,912	0,920	0,930	0,986
Sharpening	0,945	0,949	0,949	0,995

Loại tấn công (với hệ số $k = 9$ )	Giá trị $SR$ của thủy vân tách được			
	(A)	(B)	(C)	(D)
JPEG Compression $Q = 100$	0,984	0,990	0,993	1,000
JPEG Compression $Q = 50$	0,946	0,948	0,886	0,992
Intensity Adj [0 0,8], [0 1]	0,979	0,979	0,991	0,997
Histogram	0,977	0,987	0,993	1,000
Bluring $2 \times 2$	0,981	0,924	0,983	0,993
Adding Gaussian Noise 0,001	0,979	0,990	0,990	0,999
Sharpening	0,991	0,995	0,993	1,000

Qua số liệu thể hiện tính bền vững của thủy vân trước các tấn công thông thường lên ảnh chứa thủy vân trong bảng 2 chúng tôi có một số nhận xét:

- Thủy vân nhúng theo kỹ thuật tổng hợp trình bày trong mục 3 thể hiện tính bền vững hơn kỹ thuật chỉ nhúng vào một băng trước mọi tấn công được thử nghiệm.
- Với  $k = 5$ , thủy vân nhúng theo kỹ thuật tổng hợp trong mục 3 thể hiện tính bền vững ổn định trước các tấn công được thử,  $SR > 0,95$
- Thủy vân nhúng theo kỹ thuật tổng hợp thể hiện tính bền vững rất cao với  $k$  có giá trị từ 9 trở lên,  $SR > 0,99$

#### IV. KẾT LUẬN

Trong bài báo này chúng tôi sử dụng một kỹ thuật thủy vân kết hợp hai khuynh hướng tiếp cận theo miền không gian ảnh và tiếp cận theo miền tần số ảnh để đề xuất một kỹ thuật thủy vân ẩn bền vững.

Trong bài báo này, chúng tôi đã đề xuất một kỹ thuật thủy vân kết hợp kỹ thuật thủy vân dùng phép biến đổi sóng nhỏ rời rạc với kỹ thuật thủy vân sử dụng một cặp ma trận số giả ngẫu nhiên độc lập. Các kết quả thử nghiệm đã cho thấy:

- Ảnh gốc sau khi được nhúng thủy vân cơ sở sai khác với ảnh gốc trong phạm vi chấp nhận được, với  $k$  tăng từ 1 đến 11, PSNR giảm từ 51.405 đến 31.835, yếu tố này đảm bảo tính ẩn của thủy vân trong ứng dụng thủy vân ẩn.
- Số liệu thử nghiệm với  $k = 5$  và  $k = 9$  cho thấy thủy vân có tính bền vững rất cao trước các tấn công thông thường lên ảnh chứa,  $SR \geq 0,95$ , yếu tố này đảm bảo yêu cầu về tính bền vững của thủy vân.
- Kỹ thuật kết hợp đã đề xuất so với các kỹ thuật nhúng trực tiếp thủy vân vào các khối thuộc miền không gian ảnh gốc có một hạn chế là đã làm giảm 2 lần số bit thủy vân cộ thể nhúng do phép biến đổi DWT cho các băng có kích thước giảm 2 lần so với ảnh gốc. Tuy nhiên, trong hệ thống thủy vân ẩn bền vững, yêu cầu về lượng thông tin nhúng không phải là yếu tố quan trọng.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. R. Liu, T. Tan - An SVD-based watermarking scheme for protecting rightful ownership, IEEE Transaction on Multimedia 4 (1) (2002) 121-128.

2. C. Lu, S. Huang, C. Sze, H. Liao - Cocktail watermarking for digital image protection, IEEE Transaction on Multimedia 2 (4) (2000) 209-224.
3. Chris Shoemaker - A Survey of Techniques for Digital Watermarking. Independent Study EER-290, Prof Rudko, Spring 2002.
4. Peining Tao and Ahmet M. Eskicioglu - A robust multiple watermarking scheme in the Discrete Wavelet Transform domain, IEEE, 2004.
5. J. K. Su, B. Girod - Power spectrum condition for energy efficient watermarking, IEEE Transaction on Multimedia 4 (4) (2002) 551-559.
6. Nguyễn Xuân Huy, Bùi Thế Hồng, Trần Quốc Dũng - Kỹ thuật thủy vân số trong ứng dụng phát hiện xuyên tạc ảnh, Kỷ yếu Hội thảo Quốc gia Một số vấn đề chọn lọc của công nghệ thông tin và truyền thông, Nxb Khoa học và kỹ thuật, 2004, .
7. Nguyễn Văn Tảo, Bùi Thế Hồng - Nâng cao chất lượng ảnh trong kỹ thuật thủy vân sử dụng miền tần số giữa của phép biến đổi DCT, Tạp chí Tin học và Điều khiển học (4) (2006).

## SUMMARY

### A DIGITAL WATERMARK SCHEMA BASED ON THE DISCRETE WAVELET TRANSFORM AND PSEUDO RANDOM NUMBER MATRICES

Digital watermarking techniques have been studied according to two trends: approaching to the image space domain and the image frequency domain. In the second trend, the Discrete Cosine Transform (DCT) and Discrete Wavelet Transform (DWT) are used popularly. In this paper, we present a new watermark scheme using two independent random number matrices to embed same watermark simultaneously in three bands LH, HL and HH. The watermark extraction of this scheme does not require the original image as well as the original watermark. Our experiments showed that this new scheme always remains the host image quality at an acceptable level and the watermark is robust against almost attacks to watermarked images.

**Keywords:** Discrete wavelet transform, Copyright protection, digital watermarking, robustness.

*Địa chỉ:*

*Nhận bài ngày 30 tháng 1 năm 2007*

Nguyễn Văn Tảo,

Khoa Công nghệ thông tin, Đại học Thái Nguyên,

Bùi Thế Hồng,

Viện Công nghệ thông tin, Viện KH & CN Việt Nam.