

# NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH TRONG KỸ THUẬT THỦY VÂN SỬ DỤNG MIỀN TẦN SỐ GIỮA CỦA PHÉP BIẾN ĐỔI DCT

NGUYỄN VĂN TẢO<sup>1</sup>, BÙI THẾ HỒNG<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Khoa CNTT, Đại học Thái Nguyên*

<sup>2</sup>*Viện Công nghệ thông tin*

**Abstract.** 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. Almost the watermarking techniques using the DCT have an idea to embed the watermark in the middle frequency domain of the DCT. In this paper, we present a new method of selecting coefficients of the middle frequency domain of the DCT in the watermarking technique using the DCT for the watermarking system. Due to this method, the image quality is significantly improved after embedding the watermark.

**Tóm tắt.** Các kỹ thuật thủy vân trên ảnh số đã và đang được nghiên cứu theo hai xu hướng chính là tiếp cận lên miền không gian ảnh và tiếp cận lên miền tần số của ảnh. Trong xu hướng thứ hai, các phép biến đổi cosin rời rạc (DCT - Discrete Cosine Transform) và biến đổi sóng nhỏ rời rạc (DWT - Discrete Wavelet Transform) được sử dụng phổ biến. Hầu hết các kỹ thuật thủy vân sử dụng phép biến đổi Cosin rời rạc đều có ý tưởng nhúng thủy vân vào miền tần số giữa của khối DCT. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một phương pháp mới lựa chọn các hệ số thuộc miền tần số giữa của các khối DCT. Với phương pháp này, chất lượng của ảnh sau khi nhúng thủy vân đã được cải thiện đáng kể, đồng thời vẫn giữ nguyên được tính bền vững của thủy vân trước các tấn công lên ảnh chứa.

## 1. TỔNG QUAN

Trong môi trường phân phối điện tử rất 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 kỹ 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 được gọi là 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. Trong nhiều trường hợp, cách khảo sát trực tiếp này gặp phải những khó khăn nhất định hoặc rất phức tạp và hiệu quả không cao, điển hình cho cách tiếp cận này là phương pháp tách bit ít quan trọng nhất (LSB - Least Significant Bit) [3].

Hướng thứ hai là sử dụng các phương pháp khảo sát gián tiếp khác thông qua các kỹ thuật biến đổi. Các kỹ thuật biến đổi này làm nhiệm vụ chuyển miền biến số độc lập sang các miền khác, 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 tọa 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, 5].

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. Trong đó, kỹ thuật thủy vân sử dụng phép biến đổi DCT được nghiên cứu và sử dụng rất nhiều, lý do là phép biến đổi DCT cũng được dùng trong chuẩn nén ảnh JPEG, do đó kỹ thuật thủy vân này sẽ tăng tính bền vững của thủy vân trong ảnh chứa trước thao tác nén JPEG. Các kỹ thuật thủy vân sử dụng DCT thường chọn miền tần số giữa để nhúng thông tin thủy vân vì nếu nhúng vào miền tần số thấp thì chất lượng của ảnh chứa thủy vân sẽ bị giảm sút, còn nếu nhúng thông tin vào miền tần số cao thì thủy vân lại không bền vững trước những biến đổi thông thường chẳng hạn như phép nén JPEG.

Trong [3, 5] các tác giả đã trình bày kỹ thuật nhúng thủy vân vào miền tần số giữa của khối biến đổi DCT từ ảnh gốc. Việc nhúng thủy vân được thực hiện bằng cách chọn cố định hoặc ngẫu nhiên một cặp hai hệ số thuộc miền tần số giữa rồi tùy theo bit thủy vân cần nhúng mà biến đổi cặp hệ số đã chọn cho thỏa mãn điều kiện nhúng. Theo cách chọn hệ số đó, rất nhiều hệ số sẽ bị thay đổi để thỏa mãn điều kiện nhúng dẫn tới chất lượng ảnh sau khi nhúng thủy vân bị thay đổi khá lớn so với ảnh gốc. Phần tiếp theo chúng tôi trình bày tóm tắt kỹ thuật thủy vân được giới thiệu trong [3, 5] và đề xuất một phương pháp mới chọn hệ số để có ảnh chứa thủy vân với chất lượng tốt hơn.

## 2. KỸ THUẬT THỦY VÂN SỬ DỤNG PHÉP BIẾN ĐỔI DCT

### 2.1. Kỹ thuật thủy vân sử dụng biến đổi DCT của Shoemaker

Kỹ thuật dưới đây được Chris Shoemaker đề xuất trong [3]. Với ý tưởng nhúng bit tín hiệu thủy vân vào miền tần số giữa của khối biến đổi DCT, kỹ thuật đã sử dụng phép biến đổi DCT để phân tích khối được chọn từ ảnh gốc thành các miền tần số  $F$ , rồi chọn một cặp hai hệ số trong miền tần số giữa  $F(u, v)$  và  $F(p, q)$  để thực hiện quá trình nhúng bit thủy vân. Quá trình nhúng đảm bảo: nếu bit cần nhúng là 0 thì sau khi nhúng  $F(u, v) > F(p, q)$ , còn nếu bit cần nhúng là 1 thì  $F(u, v) \leq F(p, q)$  đồng thời sau khi nhúng thì khoảng cách giá trị giữa hai hệ số được chọn luôn lớn hơn hoặc bằng  $k$  ( $k$  là số tự nhiên được chọn trước) là hệ số tương quan giữa tính ẩn và tính bền vững của thủy vân. Các khối DCT sau khi nhúng thủy vân được biến đổi bằng phép biến đổi ngược IDCT, rồi ghép các khối ảnh kết quả theo thứ tự để được ảnh chứa thủy vân.

Quá trình tách thủy vân được thực hiện theo các bước: đọc vào theo thứ tự khối ảnh đã nhúng thủy vân, sử dụng DCT để biến đổi khối sang miền tần số, lấy hai hệ số ở vị trí đã

chọn trong quá trình nhúng thủy vân rồi tính  $k = F(u, v) - F(p, q)$ . Nếu  $k > 0$  thì được bit thủy vân tương ứng là 0, ngược lại được bit 1. Ghép các bit để được thủy vân đầy đủ.

Chúng tôi đã cài đặt thuật toán trên và thử nghiệm với các hệ số  $k$  khác nhau. Kết quả, hệ số  $k$  càng lớn thì chất lượng ảnh sau khi nhúng thủy vân càng giảm, đồng thời tính bền vững của thủy vân trong ảnh chứa trước các tấn công lại càng tăng.

**Nhận xét.** Việc sử dụng một hệ số  $k$  và quá trình nhúng thủy vân luôn đảm bảo thỏa mãn điều kiện về độ lệch giữa hai hệ số chọn lớn hơn hoặc bằng  $k$  là yếu tố quan trọng quyết định tính bền vững và tính ẩn của thủy vân. Cũng với đặc điểm chung của các hệ thủy vân, độ lớn của  $k$  tỷ lệ nghịch với chất lượng ảnh sau khi nhúng (tính ẩn của thủy vân) đồng thời tỷ lệ thuận với tính bền vững của thủy vân trong ảnh gốc trước các tấn công thông thường.

Qua thử nghiệm với  $k = 50$ , thủy vân nhúng trong ảnh gốc có độ bền vững rất cao trước tất cả các tấn công thông thường. Kết quả này cho thấy, có thể triển khai hệ thống thủy vân theo kỹ thuật trên cho các ứng dụng yêu cầu cao về độ bền vững của thủy vân.

Trong kỹ thuật này, việc chọn cặp hai hệ số  $F(u, v)$  và  $F(p, q)$  trong miền tần số giữa được nêu là cố định hoặc ngẫu nhiên. Do đó, dẫn đến việc thường xuyên phải thay đổi các hệ số đã chọn để thỏa mãn điều kiện nhúng bit thủy vân tương ứng. Vấn đề đặt ra ở đây là liệu có phương pháp chọn ra cặp hệ số để khả năng phải thay đổi các hệ số là ít nhất mà vẫn thỏa mãn điều kiện nhúng bit thủy vân tương ứng.

## 2.2. Kỹ thuật thủy vân sử dụng phương pháp chọn hệ số trong miền tần số giữa DCT

Với những phát hiện về khả năng các hệ số được chọn theo phương pháp của Shoemaker thường xuyên phải biến đổi cho phù hợp với điều kiện nhúng bit thủy vân, trong phần này chúng tôi đề xuất một thuật toán chọn cặp hệ số trong từng khối DCT, theo đó khả năng phải biến đổi cặp hệ số chọn là ít nhất, đồng thời vẫn đảm bảo được tính bền vững của thủy vân trước các tấn công lên ảnh chứa thủy vân.

### *Quá trình nhúng thủy vân*

Vào: Ảnh gốc  $F$ ; thủy vân là một chuỗi bit hoặc ảnh nhị phân đã chuyển sang chuỗi bit.

Ra: Ảnh  $F'$  chứa thủy vân, khóa để tách thủy vân.

Thực hiện:

1) Ảnh gốc  $F$  được chia thành các khối  $8 \times 8$ , mỗi bit thủy vân được nhúng trong một khối.

2) Chọn một khối ảnh chứa nhúng thủy vân  $B$ , thực hiện  $DCT(B)$  để được  $B'$ .

3) Xác định  $B'(u, v)$  là phần tử nhỏ nhất và  $B'(p, q)$  là phần tử lớn nhất trong miền tần số giữa của khối  $B'$ .

4) Nếu bit thủy vân cần nhúng vào khối hiện tại là bit 0 thì lưu vị trí  $(p, q)$  vào biến max và lưu vị trí  $(u, v)$  vào biến min; ngược lại nếu bit cần nhúng là bit 1 thì lưu vị trí  $(u, v)$  vào biến max và lưu vị trí  $(p, q)$  vào biến min.

5) Tính  $d = B'(p, q) - B'(u, v)$ . Nếu  $d < k$  ( $k$  là số tự nhiên được chọn trước) thì tiến hành thay đổi các hệ số đã chọn theo công thức:

$$B'(p, q) = B'(p, q) + (k - d)/2,$$

$$B'(u, v) = B'(u, v) - (k - d)/2.$$

6) Thực hiện phép biến đổi ngược IDCT với khối  $B'$  mới, ghép các khối kết quả để được ảnh đã nhúng thủy vân  $F'$ . Khóa để tách thủy vân là các biến lưu vị trí max và min.

**Nhận xét**

+ Tại các bước 3) và 4), quá trình nhúng bit thủy vân vào từng khối  $B'$  luôn thỏa tính chất: nếu bit cần nhúng là 0 thì  $B'(\max) > B'(\min)$  ngược lại bit cần nhúng là 1 thì  $B'(\max) < B'(\min)$ .

+ Hơn nữa, tại bước 5), độ lệch giữa hai hệ số được chọn sau khi nhúng tối thiểu là  $k$ , đồng thời công thức trong 5) thể hiện khi độ lệch giữa hai hệ số được chọn còn nhỏ hơn  $k$  thì cả hai hệ số sẽ đều được biến đổi tăng và giảm một lượng bằng  $(k - d)/2$ . Về khoảng cách thì việc thay đổi này cũng tương đương với việc chỉ tăng  $B'(p, q)$  lên  $(k - d)$  hoặc chỉ giảm  $B'(u, v)$  đi  $(k - d)$  nhưng nếu làm như vậy sẽ gây thay đổi lớn đối với một hệ số, điều này thường ảnh hưởng đến chất lượng thị giác của ảnh chứa thủy vân.

*Quá trình tách thủy vân*

Vào: Ảnh chứa thủy vân  $F'$  (có thể đã bị tấn công); khóa để tách thủy vân max, min.

Ra: Tthủy vân dạng chuỗi bit.

Thực hiện:

- 1) Ảnh chứa thủy vân  $F'$  được chia thành các khối  $8 \times 8$ .
- 2) Chọn theo thứ tự khối ảnh  $B'$ , thực hiện  $DCT(B')$  để được  $B$ .
- 3) Đọc vị trí các hệ số tương ứng với khối  $B$  trong biến max và min.
- 4) Nếu  $B(\max) - B(\min) > 0$  thì lấy bit 0, ngược lại lấy bit 1.
- 5) Ghép các bit để được thủy vân đầy đủ.

**Nhận xét**

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

+ Trong thuật toán nhúng, khối DCT sau khi nhúng luôn thỏa tính chất hai hệ số được chọn là hai hệ số có độ lệch cao nhất. Vì vậy, khi nhận ảnh chứa thủy vân, một người bất kỳ cũng có thể dò thủy vân bằng cách đọc vào các khối DCT rồi tìm ra cặp hệ số có độ lệch cao nhất trong khối. Với phát hiện đó, thủy vân có thể dễ dàng bị loại bỏ.

**2.3. Giải pháp an toàn cho thủy vân**

Kỹ thuật thủy vân trình bày trong Mục 2.2 đã bộc lộ khả năng dễ dàng phát hiện và loại bỏ thủy vân trong ảnh chứa do việc chọn cặp hệ số trong miền tần số giữa của khối DCT có quy luật đặc biệt đó là cặp hệ số có độ lệch lớn nhất trong khối. Trong phần này chúng tôi đưa ra một giải pháp bổ sung cho kỹ thuật nhúng thủy vân trong 2.2 để được hệ thủy vân có độ an toàn cao đối với thủy vân đã được nhúng trong ảnh.

*Quá trình nhúng thủy vân*

Vào: Ảnh gốc  $F$ ; thủy vân là một chuỗi bit hoặc ảnh nhị phân đã chuyển sang chuỗi bit.

Ra: Ảnh  $F'$  chứa thủy vân, khóa để tách thủy vân.

Thực hiện:

- 1) Ảnh gốc  $F$  được chia thành các khối  $8 \times 8$ , mỗi bit thủy vân được nhúng trong một khối.
- 2) Chọn một khối ảnh chưa nhúng thủy vân  $B$ , thực hiện  $DCT(B)$  để được  $B'$ .

3) Gọi  $MID$  là dãy 22 phần tử các hệ số thuộc miền tần số giữa của  $B'$ ; xây dựng một ma trận độ lệch  $DM$  kích thước  $22 \times 22$  với các phần tử là độ lệch giữa  $MID(i)$  và  $MID(j)$

$$DM(i, j) = |MID(i) - MID(j)|.$$

- Gọi  $TK$  là dãy gồm  $t$  phần tử trong  $DM$  có giá trị  $\geq k$  ( $k$  là hệ số tương quan giữa tính ẩn và tính bền vững của thủy vân) đã chọn trước.

- Nếu  $t = 0$  thì thực hiện bước 4), ngược lại chọn ngẫu nhiên một số tự nhiên  $vt$  trong đoạn  $[1, t]$  rồi xác định cặp hệ số có độ lệch tương ứng bằng  $TK(vt)$ . Đặt  $B'(u, v)$  là phần tử nhỏ hơn trong cặp hệ số,  $B'(p, q)$  là phần tử lớn hơn trong cặp hệ số vừa chọn. Thực hiện bước 5).

4) Xác định  $B'(u, v)$  là phần tử nhỏ nhất và  $B'(p, q)$  là phần tử lớn nhất trong miền tần số giữa của khối  $B'$ .

- Tính  $d = B'(p, q) - B'(u, v)$ . Nếu  $d < k$  thì tiến hành thay đổi hệ số đã chọn theo công thức:

$$B'(p, q) = B'(p, q) + (k - d)/2,$$

$$B'(u, v) = B'(u, v) - (k - d)/2.$$

5) Nếu bit thủy vân cần nhúng vào khối hiện tại là bit 0 thì lưu vị trí  $(p, q)$  vào biến max đồng thời lưu vị trí  $(u, v)$  vào biến min; ngược lại nếu bit cần nhúng là bit 1 thì lưu vị trí  $(u, v)$  vào biến max đồng thời lưu vị trí  $(p, q)$  vào biến min.

6) Thực hiện phép biến đổi ngược IDCT với khối  $B'$  mới, ghép các khối kết quả để được ảnh đã nhúng thủy vân  $F'$ . Khóa để tách thủy vân là các biến lưu vị trí max và min.

*Quá trình tách thủy vân*

Được thực hiện như tách thủy vân trong 2.2

### Nhận xét

+ Khác với kỹ thuật trình bày trong 2.2, kỹ thuật nhúng thủy vân trong 2.3 đưa ra một ma trận độ lệch nhằm tính giá trị độ lệch giữa các cặp hệ số thuộc miền tần số giữa của khối DCT. Căn cứ vào sự so sánh các phần tử thuộc ma trận độ lệch với hệ số  $k$  để chọn ra những cặp hệ số thỏa mãn điều kiện nhúng có thể được sử dụng.

+ Trong trường hợp ở khối hiện tại không có cặp hệ số nào thỏa mãn điều kiện nhúng thì buộc phải thay đổi hệ số. Trường hợp này thực hiện như trong 2.2.

+ Trong trường hợp ở khối đang xét có nhiều hơn một cặp hệ số thỏa mãn điều kiện nhúng, kỹ thuật trong 2.3 đưa ra thuật toán chọn ngẫu nhiên một cặp để ghi nhận và sử dụng làm khóa cho quá trình tách thủy vân. Điều này làm tăng đáng kể tính bí mật cho bit thủy vân được nhúng vào khối tương ứng.

## 3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Chúng tôi đã cài đặt thuật toán của Shoemaker và thuật toán cải tiến do chúng tôi đề xuất trong Mục 2.2 và Mục 2.3 bằng Matlab 7.01 với ảnh gốc đa cấp xám "QTGiam.bmp" kích thước  $512 \times 512$  và ảnh thủy vân nhị phân "Logo.bmp" kích thước  $64 \times 64$ .

Với kỹ thuật của Shoemaker, chúng tôi thực hiện bằng cách chọn cố định một số cặp hệ số khác nhau thuộc miền tần số giữa bao gồm 3 loại:

(A) Cả hai hệ số đều gần với miền tần số thấp, các vị trí (4,1) và (2,3).

(B) Cả hai hệ số đều gần với miền tần số cao, các vị trí (6,2) và (3,5).

(C) Một hệ số gần miền tần số thấp, hệ số còn lại gần miền tần số cao, vị trí (4,1) và (3,5).

Chất lượng ảnh sau khi nhúng thủy vân được đánh giá thông qua giá trị của tỷ số *PSNR* (Peak Signal to Noise Ratio) giữa ảnh gốc *F* và ảnh chứa thủy vân *F'* cùng có kích thước  $m \times n$  theo công thức:

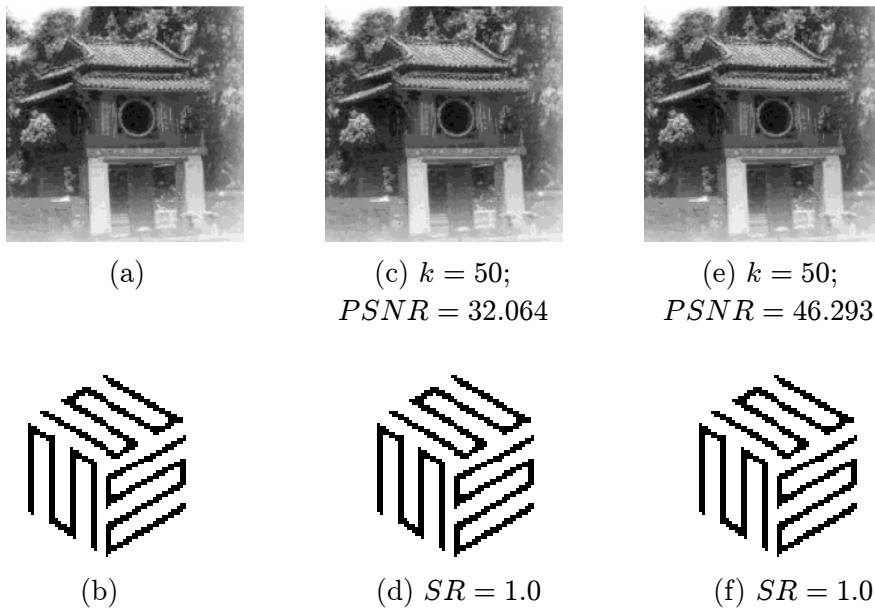
$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{\max(F)}{\sqrt{MSE}} \right),$$

trong đó:

$$MSE = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (F(i, j) - F'(i, j))^2.$$

Thủy vân tách ra được đánh giá, so sánh với thủy vân gốc thông qua tỷ số tương tự *SR* (Similitary Ratio) giữa thủy vân gốc *W* và thủy vân tách được *W'* theo công thức:  $SR = S/(S + D)$ ; trong đó, *S* là số bit trùng nhau, *D* là số bit lệch nhau khi so sánh *W* với *W'*.

Chúng tôi đã chạy thử nghiệm các chương trình trên với cùng một ảnh gốc, cùng một ảnh thủy vân và cùng các lựa chọn về hệ số *k*. 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 chất lượng thủy vân tách được từ ảnh chứa đã qua một số tấn công thông thường được thể hiện ở các hình và các bảng dưới đây.



Hình 1. (a) Ảnh gốc 512×512; (b) Thủy vân gốc 64×64;

(c) Ảnh đã nhúng thủy vân theo Shoemaker; (d) Thủy vân tách được từ (c);

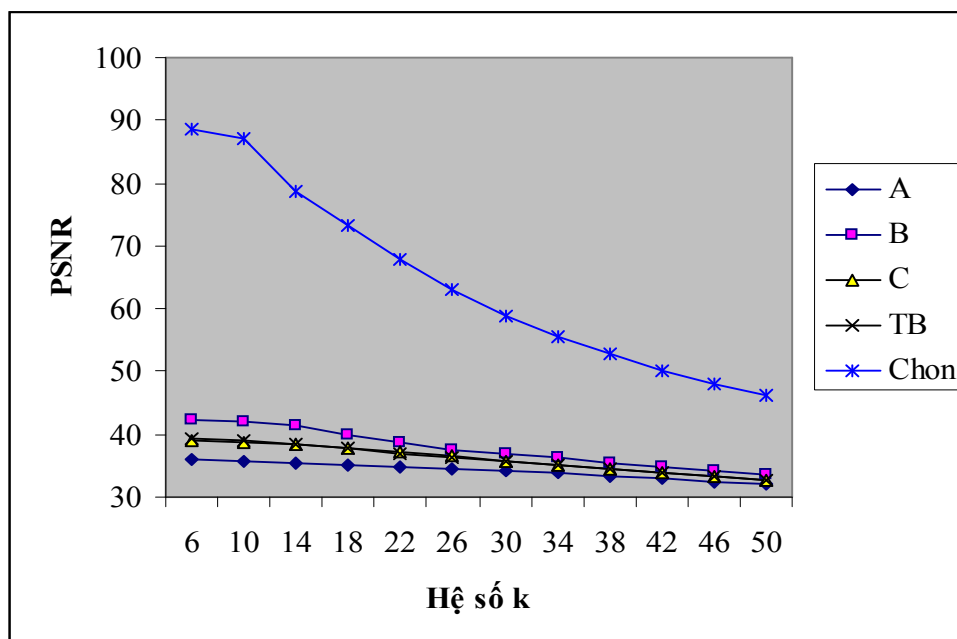
(e) Ảnh đã nhúng thủy vân theo phương pháp cải tiến; (f) Thủy vân tách được từ (e).

Bảng 1 và Hình 2 cho thấy, ứng với hệ số *k* được chọn trong khoảng từ 6 đến 50, giá trị *PSNR* của kỹ thuật thủy vân Shoemaker nằm trong khoảng từ 40 đến 32 trong khi *PSNR* của phương pháp mới do chúng tôi đề xuất có giá trị cao hơn hẳn (từ 88 đến 46). Điều đó

khẳng định rằng với cùng một hệ số  $k$  được chọn thì kỹ thuật thủy vân sử dụng phương pháp lựa chọn do chúng tôi đề xuất đảm bảo chất lượng của ảnh chủ tốt hơn hẳn so với phương pháp chọn ngẫu nhiên hoặc chọn cố định cặp hệ số của Shoemaker.

Bảng 1. Chất lượng ảnh sau khi nhúng thủy vân

Hệ số $k$	PSNR-Kỹ thuật thủy vân của Shoemaker				Phương pháp chọn hệ số mới
	Nhóm A	Nhóm B	Nhóm C	Trung bình	
6	35.919	42.455	39.146	39.173	88.514
10	35.744	42.091	38.814	38.883	87.001
14	35.501	41.552	38.364	38.472	78.624
18	35.255	40.054	37.885	37.731	73.167
22	34.910	38.603	37.108	36.874	67.951
26	34.533	37.648	36.576	36.252	62.935
30	34.128	36.949	35.615	35.564	58.923
34	33.780	36.221	35.182	35.061	55.529
38	33.338	35.327	34.483	34.383	52.705
42	32.925	34.661	33.958	33.848	50.265
46	32.458	34.086	33.446	33.330	48.174
50	32.064	33.578	32.801	32.814	46.293



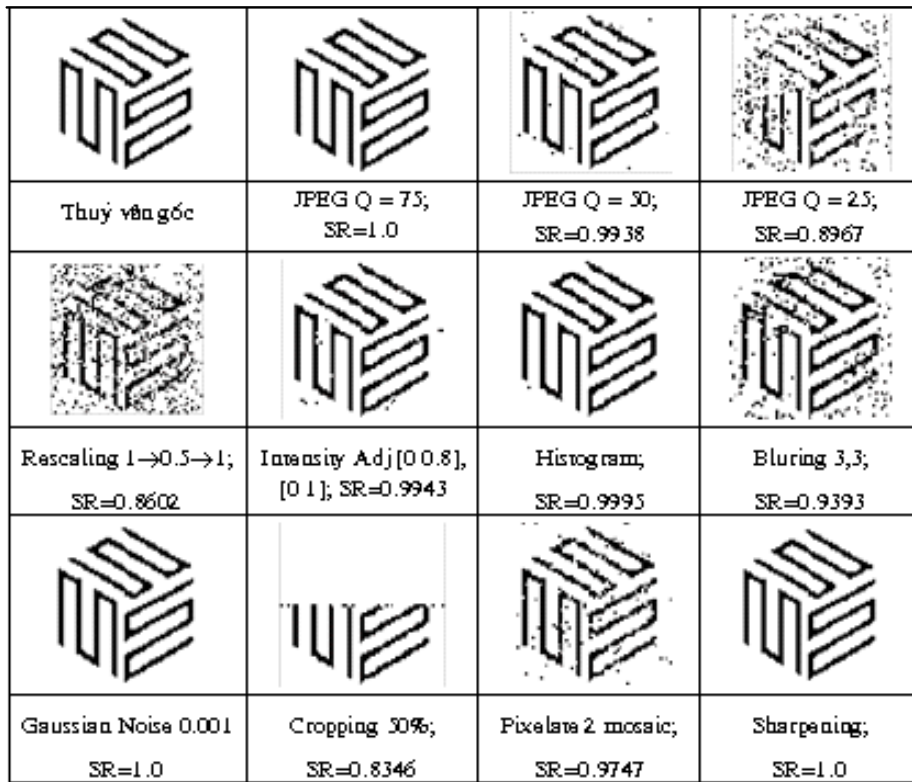
Hình 2. So sánh chất lượng ảnh sau khi nhúng thủy vân

Ảnh chủ đã nhúng thủy vân sau khi bị tấn công bởi các phép biến đổi ảnh được đem tách lấy thủy vân, so sánh thủy vân tách được với thủy vân gốc qua tỷ số tương tự  $SR$ . Trong kỹ thuật do chúng tôi đề xuất, thủy vân tách được trùng khớp với thủy vân gốc ( $SR = 1,0$ ) trước các tấn công JPEG  $Q = 75$ , Adding Gaussian Noise 0.001 và Sharpening. Đối với các tấn công còn lại, tính bền vững của thủy vân thấp hơn nhưng tối thiểu cũng đạt 0,83. Thủy

vân tách được từ ảnh chủ qua các tấn công và tỷ số *SR* được minh họa qua Bảng 2 và Hình 3. Qua đây, chúng ta thấy tất cả các thủy vân tách được từ ảnh chủ đều có thể nhận dạng được một cách rõ ràng.

Bảng 2. Tính bền vững của thủy vân trước các tấn công, với  $k = 50$

Loại tấn công	SR-Kỹ thuật thủy vân của Shoemaker				SR-Chọn hệ số mới
	Nhóm A	Nhóm B	Nhóm C	Trung bình	
JPEG Compression Q = 75	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
JPEG Compression Q = 50	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9938
JPEG Compression Q = 25	1.0000	0.7943	1.0000	0.9314	0.8967
Rescaling 512 → 256 → 512	0.9458	0.7693	0.8641	0.8597	0.8602
Intensity Adj [0 0.8], [0 1]	0.9953	0.9958	0.9948	0.9953	0.9943
Histogram	0.9979	1.0000	0.9995	0.9991	0.9995
Bluring 3,3	1.0000	0.9995	0.9990	0.9995	0.9393
Adding Gaussian Noise 0.001	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Cropping 50%	0.8375	0.8359	0.8398	0.8377	0.8346
Pixelate 2 mosaic	0.9997	0.9367	0.9904	0.9756	0.9747
Sharpening	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000



Hình 3. Thủy vân tách được từ ảnh đã bị tấn công theo phương pháp mới



#### 4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã đề xuất một phương pháp lựa chọn cặp hệ số với kỹ thuật nhúng thủy vân trong miền tần số giữa của phép biến đổi DCT; cài đặt thử nghiệm thuật toán đề xuất; so sánh, đánh giá kết quả thử nghiệm với một kỹ thuật được trình bày gần đây của Chris Shoemaker.

Trên phương diện lý thuyết, phương pháp được đề xuất đã hạn chế được số lần phải biến đổi đối với các hệ số được chọn trong miền tần số, điều đó đã làm tăng đáng kể chất lượng ảnh sau khi nhúng thủy vân so với các phương pháp khác. Về thực nghiệm, cả hai kỹ thuật, một của Shoemaker và một do chúng tôi đề xuất đều cho độ bền vững của thủy vân ngang nhau nhưng chất lượng của ảnh sau khi nhúng thủy vân của chúng tôi tốt hơn hẳn. Ngoài ra, cải tiến đã nêu trong Mục 2.3 góp phần tăng độ an toàn cho thủy vân trước những tấn công nhằm phát hiện và loại bỏ thủy vân.

Hạn chế duy nhất của kỹ thuật mới này là quá trình nhúng thủy vân sẽ chậm do việc phải xác định vị trí của hai hệ số là max và min thuộc miền tần số giữa, việc xây dựng ma trận độ lệch  $DM$ , chọn ngẫu nhiên một cặp hệ số trong các cặp thỏa mãn điều kiện nhúng, đồng thời cần đến khâu là cặp vị trí các hệ số đã chọn được trong quá trình tách thủy vân.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R. Liu, T. Tan, An SVD - based watermarking scheme for protecting rightful ownership, *IEEE Transaction on Multimedia* **4** (2002) 121–128.
- [2] C. Lu, S. Huang, C. Sze, H. Liao, Cocktail watermarking for digital image protection, *IEEE Transaction on Multimedia* **2** (2000) 209–224.
- [3] Chris Shoemaker, *A Survey of Techniques for Digital Watermarking*, Independent Study EER-290, Prof Rudko, Spring 2002.
- [4] J.K. Su, B. Girod, Power spectrum condition for energy efficient watermarking, *IEEE Transaction on Multimedia* **4** (2002) 551–559.
- [5] 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*, 2004, NXB Khoa học kỹ thuật.
- [6] Lê Tiến Thường, Nguyễn Thanh Tuấn, Giải pháp hiệu quả dùng kỹ thuật watermarking cho ứng dụng bảo vệ bản quyền ảnh số, *Tạp chí Bưu chính Viễn thông*, No.14 (2005) 57– 65.

Nhận bài ngày 5-5-2006

Nhận lại sau sửa ngày 17-7-2006