

# Nghiên cứu kỹ thuật giấu tin thuận nghịch trên ảnh đa mức xám với ba ảnh chứa tin

Phạm Thị Hồng Thu\*

\*Khoa CNTT, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội  
Received: 24/10/2024; Accepted: 29/10/2024; Published: 6/11/2024

**Abstract:** Reversible data hiding is an active information security field that has received the attention of many researchers. This paper focuses on researching the reversible hiding method based on PVO (Pixel Value Ordering). This is a technique to partition pixels into blocks and arrange them in ascending order, embedding information based on the prediction errors at the largest and smallest pixels. The characteristics of the PVO method are high image quality but limited embedding capacity.

**Keywords:** Data hiding, Pixel value ordering, PVO, Three images, Data Embedding

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, giấu tin trong ảnh chiếm tỉ lệ lớn trong các ứng dụng giấu tin trong dữ liệu đa phương tiện bởi vì lượng thông tin được trao đổi bằng hình ảnh là rất lớn. Giấu tin trong ảnh có nhiều ứng dụng trong thực tế, ví dụ như trong việc xác định bản quyền sở hữu, chống xuyên tạc thông tin hay truyền dữ liệu một cách an toàn,...

Giấu tin trên hai ảnh là một kỹ thuật rất hữu ích và cần thiết để khai thác ngày một hiệu quả các thành tựu của công nghệ thông tin. Đó cũng là một lý do của bài nghiên cứu này, mong muốn giới thiệu và phổ biến những kiến thức rất cơ bản về một kỹ thuật giấu tin thuận nghịch trên ảnh đa cấp xám với ba ảnh chứa tin đến người đọc

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Khái quát một số phương pháp giấu tin thuận nghịch

a. *Phương pháp chèn bit thấp (Least Significant Bit, LSB):* Là một phương pháp giấu tin thuận nghịch phổ biến được sử dụng để nhúng dữ liệu bí mật vào các pixel trong ảnh. Phương pháp này dựa trên việc thay đổi bit ít quan trọng nhất của các giá trị pixel để lưu trữ thông tin giấu tin (bit ngoài cùng bên phải).

b. *Phương pháp dịch chuyển Histogram (HS)* Dịch chuyển histogram là một kỹ thuật giấu tin hoạt động bằng cách dịch chuyển histogram của ảnh để tạo khoảng trống cho dữ liệu cần nhúng. Histogram của một hình ảnh là biểu diễn số lượng pixel mang giá trị cụ thể. Với tập hợp  $X = (x_1, x_2, x_k)$  là một dãy số nguyên cho trước, histogram là một hàm số ký hiệu là  $h$ , được định nghĩa là:

$$h(x) = \#\Omega \{1 \leq i \leq K \mid x_i = x\}, \forall x \in Z$$

với  $\#\Omega$  là số phần tử của tập  $\Omega$ . Hay nói cách

khác,  $h(x)$  là số lần  $x$  xuất hiện (tần số) trong tập  $X$ .

c. *Dịch chuyển histogram trên sai số dự báo (PEHS):* Thay vì dịch chuyển histogram của ảnh gốc, để tăng khả năng nhúng tin thì đã có nhiều công trình nghiên cứu việc nhúng vào histogram của sai số dự báo (Prediction Error Histogram Shifting).

d. *Phương pháp giấu tin thuận nghịch dựa trên PVO:* PVO (Pixel Value Ordering) đều thực hiện bằng cách chia ảnh ra thành từng khối và nhúng tin trên mỗi khối đó.

### 2.2. Phương pháp giấu tin thuận nghịch dựa trên PVO

#### a. Phương pháp PVO

Vào năm 2013, Li và cộng sự đề xuất phương án PVO, từ đó đã có nhiều phương pháp giấu tin thuận nghịch dựa trên PVO. Trong PVO, tính các hiệu  $d_{\max}$  và  $d_{\min}$  với  $d_{\max} = x_{(\sigma(m \times n))} - x_{(\sigma(m \times n - 1))}$  và  $d_{\min} = x_{(\sigma(1))} - x_{(\sigma(2))}$ . Với bit nhúng là  $b$ , ta thực hiện nhúng tin như sau:

$$d'_{\max} = \begin{cases} d_{\max}, & \text{nếu } d_{\max} = 0 \\ d_{\max} + b, & \text{nếu } d_{\max} = 1 \\ d_{\max} + 1, & \text{nếu } d_{\max} > 1 \end{cases}$$

Sau đó, điểm ảnh chứa tin được tính bằng công thức:

$$\begin{aligned} x'_{\sigma(m \times n)} &= x_{\sigma(m \times n)} + d'_{\max} \\ x'_{\sigma(1)} &= x_{\sigma(2)} + d'_{\min} \end{aligned}$$

Thuật toán nhúng tin vào các điểm ảnh lớn nhất

Quá trình nhúng tin cụ thể như sau:

**Bước 1:** Chia ảnh thành các khối có kích thước  $m \times n$  không chồng lấn, sau đó duyệt qua các khối theo trình tự từ trái sang phải, từ trên xuống dưới để tạo bản đồ định vị. Sau đó, 2 bit sẽ được dùng để đánh dấu giá trị bản đồ định vị của mỗi khối.

**Bước 2:** Với mỗi khối, nhúng tin như thuật toán

ở trên. Đầu tiên nhúng tin vào các điểm ảnh giá trị lớn nhất rồi sắp xếp lại, tiếp theo là nhúng tin vào các điểm ảnh giá trị nhỏ nhất.

**Bước 3:** Sau khi nhúng tin xong, nhúng tiếp thông tin phụ bằng phương pháp LSB và nhúng thông tin vị trí nhúng cuối cùng.

*Thuật toán trích tin và khôi phục ảnh gốc từ những điểm ảnh lớn nhất*

Quá trình trích tin và khôi phục ảnh như sau:

**Bước 1:** Trích các thông tin phụ bằng phương pháp LSB để lấy được bản đồ định vị, kích thước mỗi khối...

**Bước 2:** Chia ảnh giấu tin thành các khối theo kích thước đã được trích, sau đó duyệt từng khối theo trình tự ngược lại, tức là duyệt từ vị trí kết thúc về đầu. Thuật toán trích tin thực hiện như trên.

**Bước 3:** Thực hiện trích tin và khôi phục lại ảnh cho tới khi hết

### 2.3. Kỹ thuật giấu tin thuận nghịch trên ảnh đa mức xám với ba ảnh chứa tin

Phương pháp này được N. K. Sao và các cộng sự đưa ra vào năm 2022. Đây là một phương pháp cải tiến dựa trên GePVO-K được trình bày ở trên. Mỗi điểm ảnh lớn nhất (nhỏ nhất) đều được nhúng 4 bit. Việc nhúng này không hề phụ thuộc vào sai số của điểm ảnh lớn nhất và lớn nhì (cũng như nhỏ nhất và nhỏ nhì).

*a. Nhúng tin và trích tin trên một khối ảnh*

Đầu vào: Khối ảnh  $X = (x_1, x_2, x_k)$  và 8 bit nhúng nhị phân  $b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7 b_8$

Đầu ra: Các khối ảnh chứa tin  $X_1, X_2, X_3$

Việc nhúng tin trên điểm ảnh lớn nhất không làm thay đổi thứ tự của khối đã sắp xếp. Sau đó thực hiện nhúng tin vào điểm ảnh nhỏ nhất  $x_{\sigma(1)}$ .

**\*Trích tin trên mỗi khối ảnh**

- Đầu vào: Các khối ảnh chứa tin  $X_1, X_2, X_3$

- Đầu ra: Khối ảnh gốc  $X$  và 8 bit nhúng  $b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7 b_8$

- Thuật toán thực hiện theo quá trình sau.

**Bước 1:** Sắp xếp giá trị điểm ảnh của các khối  $X_1, X_2, X_3$  theo thứ tự tăng dần

**Bước 2:** Tính các hiệu:

$$d_1 = x_{2\sigma(n)} - x_{1\sigma(n)},$$

$$d_2 = x_{3\sigma(n)} - x_{2\sigma(n)},$$

$$d_3 = x_{2\sigma(1)} - x_{1\sigma(1)},$$

$$d_4 = x_{3\sigma(1)} - x_{2\sigma(1)}$$

**Bước 3:** Trích tin và khôi phục ảnh gốc.

*b. Nhúng và trích tin trên toàn ảnh*

**Nhúng tin trên toàn ảnh**

Đầu vào là ảnh gốc  $I$  và dãy bit nhúng  $B$ . Đầu ra là ba ảnh chứa tin  $I_1, I_2, I_3$ .

Dưới đây là thuật toán nhúng tin trên toàn ảnh

**Bước 1:** Chia ảnh thành các khối có  $n$  điểm ảnh.

**Bước 2:** Duyệt trên từng khối ảnh và nhúng các bit  $B$  vào khối ảnh theo thuật toán được trình bày trong phần a.

**Bước 3:** Lấy 2 bit thấp của hai điểm ảnh cuối cùng ở mỗi ảnh chứa tin tiếp tục nhúng vào ảnh.

**Bước 4:** Chèn thứ tự của ảnh vào hai điểm ảnh cuối cùng theo phương pháp chèn bit thấp.

**\*Trích tin trên toàn ảnh**

Đầu vào là ba ảnh chứa tin. Đầu ra là ảnh gốc  $I$  và dãy bit nhúng  $B$ .

**Bước 1:** Trích 2 bit cuối cùng của các điểm ảnh trên các ảnh chứa tin để biết ảnh nào là  $I_1, I_2, I_3$

**Bước 2:** Chia ảnh thành các khối có  $n$  điểm ảnh như thuật toán nhúng.

**Bước 3:** Duyệt trên từng khối ảnh và trích các bit  $B$  và khôi phục khối ảnh gốc theo thuật toán được trình bày trong phần a.

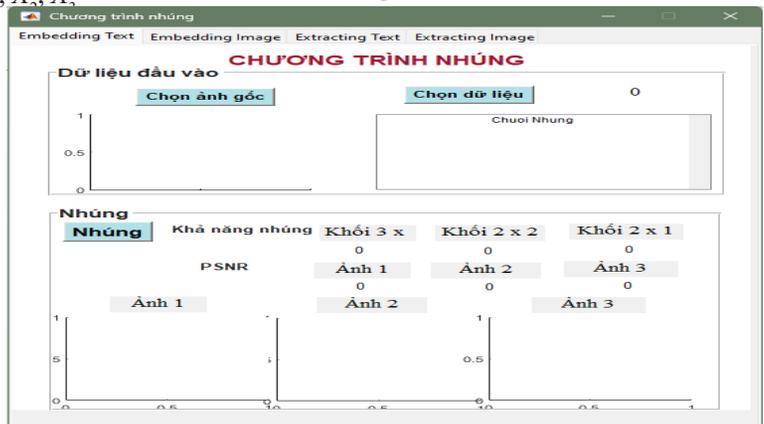
**Bước 4:** Lấy 6 bit thấp cuối cùng của  $B$ , lấy 2 bit đầu trong 6 bit chèn vào hai điểm ảnh cuối cùng của  $I_1$  để khôi phục ảnh gốc.

*c. Cài đặt ứng dụng và khởi chạy*

Sử dụng MATLAB 2021b để tiến hành tạo giao diện người dùng ứng dụng. Ứng dụng sẽ có giao diện như hình 2.1:

Giao diện ứng dụng sẽ có 4 chức năng chính:

- Nhúng tin dạng ký tự vào ảnh
- Trích tin dạng ký tự từ ảnh
- Nhúng tin dạng hình ảnh vào ảnh
- Trích tin dạng hình ảnh từ ảnh



Hình 2.1. Giao diện chương trình nhúng

*d. Kết quả thực nghiệm và so sánh*

Trong phần này sẽ đánh giá kết quả thực nghiệm của phương pháp giấu tin thuận nghịch dựa trên 3 ảnh chứa tin. Đánh giá phương pháp về khả năng nhúng tin cũng như chất lượng của ảnh giấu tin.

Trong bảng 2.1 là kết quả so sánh dựa trên số bit nhúng trên mỗi điểm ảnh với các phương pháp tương tự là PVO, IPVO, PVOK, iGePVO-K, Dual-PVO.

*Bảng 2.2. So sánh khả năng nhúng (bpp) (ảnh chia thành khối 2x2)*

Ảnh	PVO	IPVO	PVOK	iGePVO-K	Dual-PVO	3-images
Airplane	0,07	0,10	0,11	0,19	0,56	0,67
Barbara	0,05	0,08	0,09	0,15	0,56	0,69
Blob	0,07	0,10	0,12	0,18	0,56	0,67
Boat	0,05	0,07	0,07	0,11	0,56	0,66
Camera man	0,07	0,13	0,14	0,26	0,56	0,68
Car	0,06	0,09	0,09	0,18	0,56	0,66
Couple	0,04	0,07	0,06	0,08	0,56	0,67
Gold hill	0,05	0,06	0,07	0,09	0,56	0,68
Lena	0,06	0,08	0,09	0,13	0,56	0,68
Tiffany	0,06	0,08	0,09	0,13	0,56	0,69
Trung bình	0,06	0,09	0,09	0,13	0,56	0,67

Xét về chất lượng hình ảnh của ảnh giấu tin, thì phương pháp này cũng cho chất lượng ảnh cao đáng kể so với các phương pháp tương tự. Với số lượng ảnh chứa tin nhiều hơn không chỉ tăng khả năng nhúng mà dễ dàng đảm bảo chất lượng ảnh của các ảnh chứa tin, đồng thời cũng tăng tính bảo mật cho thông tin bí mật.

*Bảng 2.2. So sánh chất lượng ảnh theo chỉ số PSNR với 10000 bit nhúng (khối ảnh 2x2)*

Ảnh	PVO	IPVO	PVOK	iGePVO-K	Dual-PVO (trung bình 2 ảnh)	3-images (trung bình 3 ảnh)
Airplane	59,60	59,18	58,48	56,61	68,50	67,49
Barbara	57,76	58,78	57,03	56,54	68,59	67,48
Blob	58,60	58,43	57,72	56,46	68,43	67,49
Boat	58,84	58,93	57,82	56,88	68,19	67,49
Cameraman	63,07	62,47	60,27	57,92	67,54	67,50
Car	58,27	62,50	59,41	59,82	67,63	67,49
Couple	55,83	56,77	55,09	54,92	68,69	67,48
Gold hill	58,05	58,62	58,16	57,92	67,73	67,48
Lena	58,38	58,77	57,56	56,92	68,09	67,47
Tiffany	56,23	55,43	54,78	54,18	68,17	67,49
Trung bình	58,46	58,99	57,63	56,82	68,16	67,49

Bảng 2.2 cho thấy chỉ số PSNR của phương pháp này rất tốt, chỉ kém Dual-PVO một chút.

**3. Kết luận**

Trong bài này, chúng ta đã tiến hành cài đặt và triển khai một phương pháp giấu tin thuận nghịch cho ảnh đa mức xám sử dụng phương pháp PVO. Sau khi áp dụng phương pháp này vào một ảnh xám gốc, ta thu được ba ảnh xám chứa thông tin bí mật. Kết quả thực nghiệm cho thấy phương pháp đề xuất có khả năng nhúng tin cao và tạo ra chất lượng ảnh tốt hơn

so với các phương pháp giấu tin dựa trên PVO hiện có. Điều này cũng đồng nghĩa với việc tin tặc cần nhận được ba ảnh cùng lúc để có thể khôi phục được ảnh gốc và thông tin bí mật. Vì vậy, phương pháp giấu tin thuận nghịch với 3 ảnh chứa tin có tính bảo mật tốt hơn.

**Tài liệu tham khảo**

1. Nguyen Kim Sao (2021), *Phát triển một số phương pháp giấu tin thuận nghịch trên ảnh đa cấp xám*, Luận án Tiến sĩ, ĐH Quốc Gia, Hà Nội.
2. Al-Ghadi M. Q. (2018), *Watermarking approaches for images authentication in applications with time constraints*, PhD thesis.
3. Chang C. C., Tai W. L, Lin C. C. (2006), *A Reversible Data Hiding Scheme Based on Side Match Vector Quantization*, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 16, no. 10, pp. 1301-1308.
4. Chen M., Chen Z., Zeng X., Xiong Z. (2009), *Reversible data hiding using additive prediction-error expansion*, MM&Sec '09: Proceedings of the 11th ACM workshop on Multimedia and security, pp. 19-24.
5. Jianjun Li (2018), *Generalized PVO-K Embedding Technique for Reversible Data Hiding*, IJ Network Security, vol. 20, no. 1, pp. 65-77.
6. Li X., Zhang W., Gui X., Yang B. (2013), *A Novel Reversible Data Hiding Scheme Based on Two-Dimensional Difference-Histogram Modification*, IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 8, no. 7, pp. 1091-1100.