

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG
-----o0o-----

KỸ THUẬT GIẤU TIN THUẬN NGHỊCH TRONG ẢNH BẰNG HIỆU CHỈNH HỆ SỐ WAVELET

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

Ngành: Công nghệ Thông tin

Sinh viên thực hiện: Trần Đại Dương

Giáo viên hướng dẫn: TS. Hồ Thị Hương Thơm

Mã số sinh viên: 121470

HẢI PHÒNG - 2012

LỜI CẢM ƠN

Em xin chân thành cảm ơn các thầy, các cô Khoa Công nghệ thông tin - trường Đại học dân lập Hải Phòng đã tận tình dạy dỗ, truyền đạt cho chúng em nhiều kiến thức bổ ích và quý báu trong suốt những năm học đã qua.

Em xin tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến cô Hồ Thị Hương Thơm, người đã trực tiếp hướng dẫn, giúp đỡ và truyền đạt cho em những kinh nghiệm để đề tài này có thể thực hiện được và hoàn thành.

Em xin cảm ơn gia đình và bạn bè đã động viên và giúp đỡ em trong suốt thời gian em làm đề tài tốt nghiệp.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải phòng, ngày.....tháng.....năm 2012

Sinh viên

Trần Đại Dương

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	4
Chương 1. TỔNG QUAN VỀ GIẤU TIN TRONG ẢNH	5
1.1. Định nghĩa giấu thông tin	5
<i>1.1.1 Định nghĩa</i>	5
<i>1.1.2. Phân loại các kỹ thuật giấu tin</i>	5
1.2. Mô hình giấu thông tin cơ bản	6
<i>1.2.1. Sơ đồ giấu tin</i>	6
<i>1.2.2. Sơ đồ tách tin</i>	7
1.3. Môi trường giấu tin	7
<i>1.3.1. Giấu tin trong ảnh</i>	7
<i>1.3.2. Giấu tin trong audio</i>	8
<i>1.3.3. Giấu thông tin trong video</i>	9
<i>1.3.4. Giấu thông tin trong văn bản dạng text</i>	9
1.4. Cấu trúc ảnh bitmap	10
1.5. Biến đổi Wavelet	10
1.6. Phương pháp đánh giá chất lượng ảnh sau khi giấu tin	12
Chương 2. KỸ THUẬT GIẤU TIN THUẬN NGHỊCH TRONG ẢNH BẰNG HIỆU CHỈNH HỆ SỐ SÓNG NHỎ (WAVELET)	13
2.1. Giới thiệu	13
2.2. Quá trình giấu tin trong ảnh bằng hiệu chỉnh hệ số wavelet	13
<i>2.2.1. Thuật toán giấu tin</i>	13
<i>2.2.2. Ví dụ minh họa</i>	16
2.3. Quá trình tách tin trong ảnh bằng hiệu chỉnh hệ số wavelet	17
<i>2.3.1. Thuật toán tách tin</i>	17
<i>2.4.3. Ví dụ minh họa</i>	19
Chương 3. CÀI ĐẶT THỬ NGHIỆM	20
3.1. Môi trường cài đặt	20
3.2. Giao diện chương trình	20
3.3 Thử nghiệm chương trình	39
KẾT LUẬN	42
Tài liệu tham khảo	43

LỜI MỞ ĐẦU

Giấu tin trong dữ liệu đa phương tiện một công nghệ mới trong bảo mật thông tin. Đây là một phương pháp mới và phức tạp, nó đang được xem như một công nghệ chìa khóa cho vấn đề bảo vệ bản quyền và điều khiển truy cập... ứng dụng trong bảo mật thông tin.

Cuộc cách mạng thông tin kỹ thuật số đã đem lại những thay đổi sâu sắc trong xã hội và trong cuộc sống của chúng ta. Những thuận lợi mà thông tin kỹ thuật số mang lại cũng sinh ra những thách thức và cơ hội mới cho quá trình đổi mới. Sự ra đời những phần mềm có tính năng rất mạnh, các thiết bị mới như máy ảnh kỹ thuật số, máy quét chất lượng cao, máy in, máy ghi âm kỹ thuật số, v.v..., đã với tới thế giới tiêu dùng rộng lớn để sáng tạo, xử lý và thương thức các dữ liệu đa phương tiện (multimedia data). Mạng Internet toàn cầu đã biến thành một xã hội ảo nơi diễn ra quá trình trao đổi thông tin trong mọi lĩnh vực chính trị, quân sự, quốc phòng, kinh tế, thương mại... Và chính trong môi trường mở và tiện nghi như thế xuất hiện những vấn nạn, tiêu cực đang rất cần đến các giải pháp hữu hiệu cho vấn đề an toàn thông tin như nạn ăn cắp bản quyền, nạn xuyên tạc thông tin, truy nhập thông tin trái phép v.v.. Đi tìm giải pháp cho những vấn đề này không chỉ giúp ta hiểu thêm về công nghệ phức tạp đang phát triển rất nhanh này mà còn đưa ra những cơ hội kinh tế mới cần khám phá. Do đó trong đồ án này tìm hiểu phương pháp giấu tin trong ảnh. Nội dung gồm 3 chương chính sau:

- Chương 1. Tổng quan về giấu tin trong ảnh.

Giới thiệu về một số định nghĩa giấu thông tin môi trường giấu tin, sơ lược về mô hình giấu tin cơ bản. Tìm hiểu về ảnh bitmap, phương pháp biến đổi wavelet và phương pháp đánh giá chất lượng ảnh sau khi giấu thông tin.

- Chương 2. Trình bày kỹ thuật giấu tin thuận nghịch trong ảnh bằng hiệu trình hệ số sóng nhỏ wavelet.

Thuật toán, sơ đồ thuật toán, ví dụ minh họa của 2 quá trình giấu tin và tách tin.

- Chương 3. Cài đặt và thử nghiệm.

Đưa ra môi trường cài đặt, giới thiệu giao diện chương trình và chạy thử nghiệm trên một số ảnh.

Chương 1. TỔNG QUAN VỀ GIẤU TIN TRONG ẢNH

1.1. Định nghĩa giấu thông tin

1.1.1 Định nghĩa

Giấu thông tin là kỹ thuật giấu (hoặc nhúng) một lượng thông tin số nào đó vào trong một đối tượng dữ liệu số khác (“giấu tin” nhiều khi không cần phải chỉ hành động giấu cụ thể mà chỉ mang ý nghĩa quy ước).

Định nghĩa trên mang tính tổng quát về giấu tin. Xét riêng trong kỹ thuật giấu tin mật (Steganography), những định nghĩa sau đây cụ thể hơn và được chia theo các hệ giấu tin mật. Từ đó, các hệ thống giấu tin mật có thể chia thành ba loại như:

1.1.1.1. Giấu tin thuần túy (Pure Steganography)

Một bộ 4 $\sigma(C, M, D, E)$, trong đó C là tập các phương tiện chứa thông tin cần giấu, M là tập thông điệp cần giấu với $|C| \geq |M|$, $E: C \times M \rightarrow C$ là một hàm nhúng thông điệp M vào phương tiện chứa C và $D: C \rightarrow M$ là hàm giải tin sao cho $D(E(c, m)) = m$ với mọi $m \in M, c \in C$ được gọi là một hệ pure Steganography.

1.1.1.2. Giấu tin dùng khoá bí mật (Secret key Steganography)

Một bộ năm $\sigma(C, M, K, D_k, E_k)$, trong đó C là tập các phương tiện chứa thông tin cần giấu, M là tập thông điệp cần giấu với $|C| \geq |M|$, K là một tập khoá bí mật, $E_k: C \times M \times K \rightarrow C$ là một hàm nhúng thông điệp M vào phương tiện chứa C sử dụng khoá K và $D_k: C \times K \rightarrow M$ là hàm giải tin sao cho $D_k(E_k(c, m, k), k) = m$ với mọi $m \in M, c \in C$ và $k \in K$ được gọi là một hệ Secret key Steganography

1.1.1.3. Giấu tin dùng khoá công khai (Public Key Steganography)

Giống như là hệ mã mật khoá công khai, hệ giấu tin mật khoá công khai không sử dụng việc truyền khoá bí mật mà sử dụng hai khoá là khoá bí mật và khoá công khai. Khoá công khai được lưu trong cơ sở dữ liệu công cộng. Được sử dụng trong quá trình giấu tin. Còn khoá bí mật được sử dụng trong quá trình giải tin.

1.1.2. Phân loại các kỹ thuật giấu tin

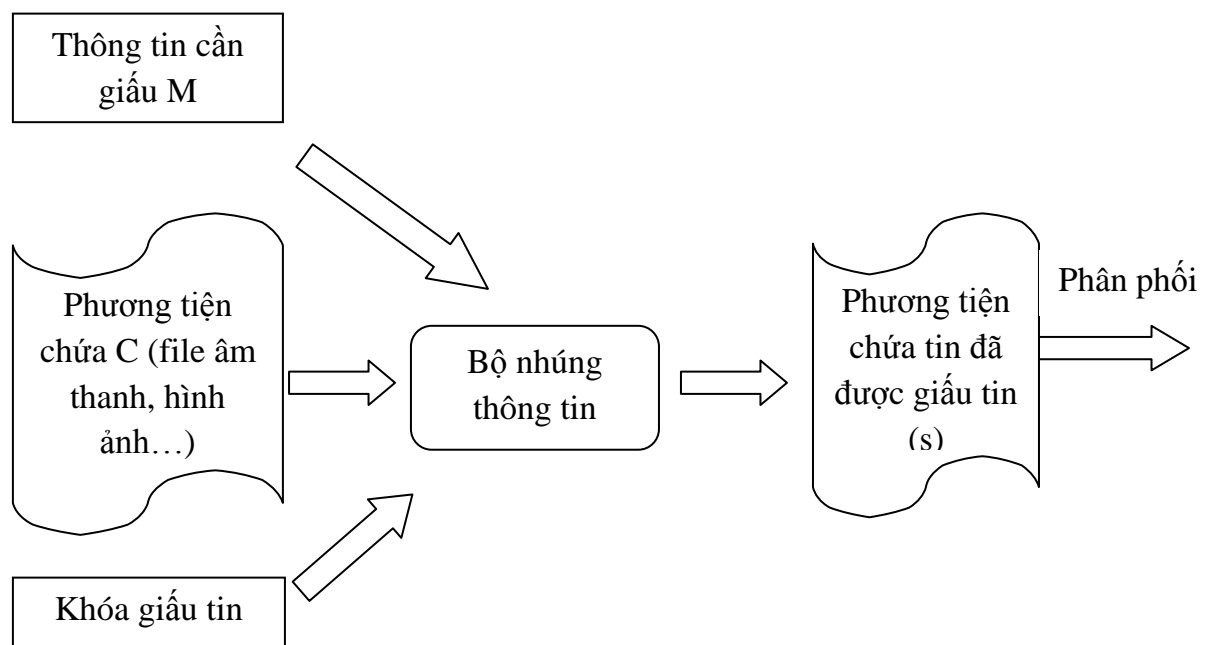
Do kỹ thuật giấu thông tin số mới được hình thành trong thời gian gần đây nên xu hướng phát triển vẫn chưa ổn định. Nhiều phương pháp mới, theo nhiều khía cạnh khác nhau đang và sẽ được đề xuất, bởi vậy chưa thể có được một định nghĩa chính xác, một sự đánh giá phân loại rõ ràng. Sơ đồ phân loại trên hình 2 được Fabien A. P. Petitcolas đưa ra năm 1999, sau hội nghị quốc tế lần thứ hai về giấu tin (1998) và đã được chấp nhận rộng rãi trong giới nghiên cứu. Có thể chia lĩnh vực giấu dữ liệu ra làm hai hướng lớn, đó là watermarking và steganography. Nếu như watermark quan tâm nhiều đến các ứng dụng giấu các mẫu tin ngắn nhưng đòi hỏi độ bền vững lớn của

thông tin cần giấu (trước các biến đổi thông thường của tệp dữ liệu môi trường) thì steganography lại quan tâm tới các ứng dụng che giấu các bản tin đòi hỏi mật độ và dung lượng càng lớn càng tốt.

1.2. Mô hình giấu thông tin cơ bản

Giấu thông tin vào phương tiện chứa và tách lấy thông tin là hai quá trình trái ngược nhau và có thể mô tả qua sơ đồ khối của hệ thống như sau:

1.2.1. Sơ đồ giấu tin

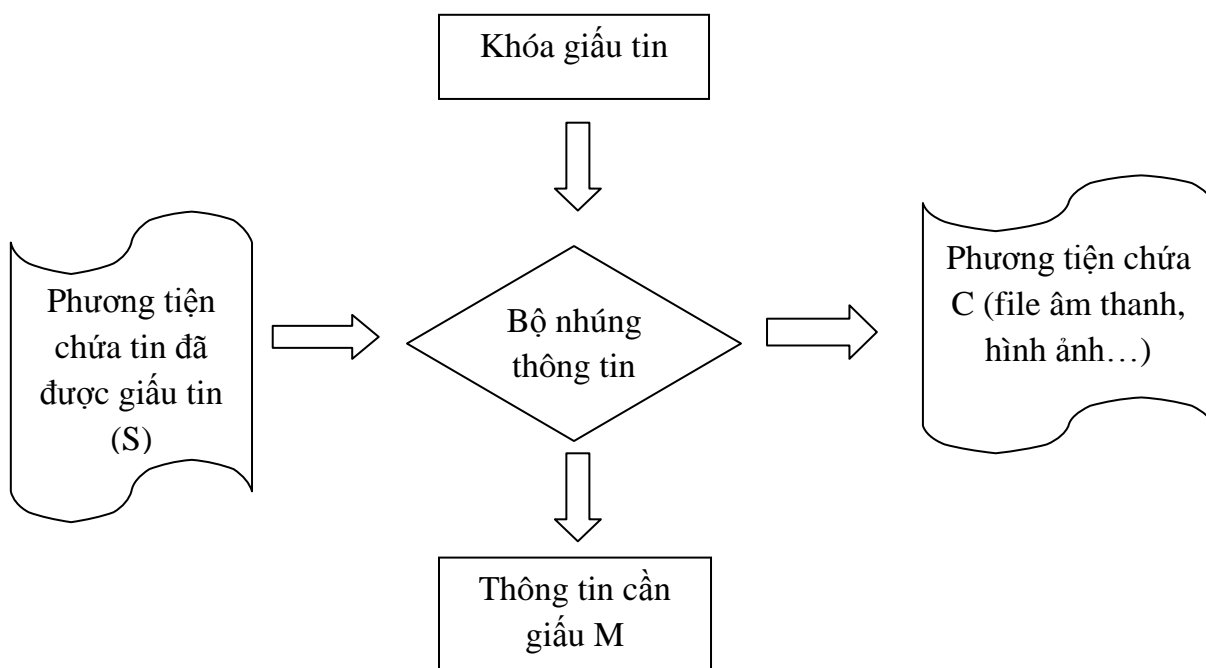


Hình 1.1. Sơ đồ giấu tin

- Đầu vào:
 - Thông tin cần giấu tùy theo mục đích của người sử dụng, nó có thể là thông điệp (với tin giấu bí mật) hay các logo, hình ảnh bản quyền.
 - Phương tiện chứa: các file ảnh, text, audio... là môi trường để nhúng tin.
 - Khóa là thành phần để góp phần làm tăng độ bảo mật.
 - Bộ nhúng thông tin: là những chương trình thực hiện việc giấu thông tin.
- Đầu ra:
 - là các phương tiện chứa thông tin đã giấu trong đó.

Tách thông tin từ các phương tiện chứa diễn ra theo quy trình ngược lại với đầu ra là các thông tin đã được giấu và phương tiện chứa. Phương tiện chứa sau khi tách lấy thông tin có thể được sử dụng, quản lý theo những yêu cầu khác nhau.

1.2.2. Sơ đồ tách tin



Hình 1.2. Sơ đồ quá trình tách tin

1.3. Môi trường giấu tin

1.3.1. Giấu tin trong ảnh

Giấu thông tin trong ảnh, hiện nay, là một bộ phận chiếm tỉ lệ lớn nhất trong các chương trình ứng dụng, các phần mềm, hệ thống giấu tin trong đa phương tiện bởi lượng thông tin được trao đổi bằng ảnh là rất lớn và hơn nữa giấu thông tin trong ảnh cũng đóng vai trò hết sức quan trọng trong hầu hết các ứng dụng bảo vệ an toàn thông tin như: nhận thực thông tin, xác định xuyên tạc thông tin, bảo vệ bản quyền tác giả, điều khiển truy cập, giấu thông tin mật... Chính vì thế mà vấn đề này đã nhận được sự quan tâm rất lớn của các nhà cá nhân, tổ chức, trường đại học, và viện nghiên cứu trên thế giới.

Thông tin sẽ được giấu cùng với dữ liệu ảnh nhưng chất lượng ảnh ít thay đổi và chẳng ai biết được đằng sau ảnh đó mang những thông tin có ý nghĩa. Ngày nay, khi ảnh số đã được sử dụng rất phổ biến, thì giấu thông tin trong ảnh đã đem lại rất nhiều những ứng dụng quan trọng trên nhiều lĩnh vực trong đời sống xã hội. Ví dụ như đối với các nước phát triển, chữ kí tay đã được số hoá và lưu trữ sử dụng như là hồ sơ cá nhân của các dịch vụ ngân hàng và tài chính, nó được dùng để xác thực trong các thẻ tín dụng của người tiêu dùng. Phần mềm WinWord của MicroSoft cũng cho phép người dùng lưu trữ chữ kí trong ảnh nhị phân rồi gắn vào vị trí nào đó trong file văn

bản để đảm bảo tính an toàn của thông tin. Tài liệu sau đó được truyền trực tiếp qua máy fax hoặc lưu truyền trên mạng. Theo đó, việc nhận thực chữ kí, xác thực thông tin đã trở thành một vấn đề cực kì quan trọng khi mà việc ăn cắp thông tin hay xuyên tạc thông tin bởi các tin tặc đang trở thành một vấn nạn đối với bất kì quốc gia nào, tổ chức nào. Thêm vào đó, lại có rất nhiều loại thông tin quan trọng cần được bảo mật như những thông tin về an ninh, thông tin về bảo hiểm hay các thông tin về tài chính, các thông tin này được số hoá và lưu trữ trong hệ thống máy tính hay trên mạng. Chúng rất dễ bị lấy cắp và bị thay đổi bởi các phần mềm chuyên dụng. Việc nhận thực cũng như phát hiện thông tin xuyên tạc đã trở nên vô cùng quan trọng, cấp thiết. Và một đặc điểm của giấu thông tin trong ảnh đó là thông tin được giấu trong ảnh một cách vô hình, nó như là một cách mà truyền thông tin mật cho nhau mà người khác không thể biết được bởi sau khi giấu thông tin thì chất lượng ảnh gần như không thay đổi đặc biệt đối với ảnh màu hay ảnh xám.

1.3.2. Giấu tin trong audio

Giấu thông tin trong audio mang những đặc điểm riêng khác với giấu thông tin trong các đối tượng đa phương tiện khác. Một trong những yêu cầu cơ bản của giấu tin là đảm bảo tính chất ẩn của thông tin được giấu đồng thời không làm ảnh hưởng đến chất lượng của dữ liệu gốc. Để đảm bảo yêu cầu này, kỹ thuật giấu thông tin trong ảnh phụ thuộc vào hệ thống thị giác của con người - HVS (Human Vision System) còn kỹ thuật giấu thông tin trong audio lại phụ thuộc vào hệ thống thính giác HAS (Human Auditory System). Và một vấn đề khó khăn ở đây là hệ thống thính giác của con người nghe được các tín hiệu ở các dải tần rộng và công suất lớn nên đã gây khó dễ đối với các phương pháp giấu tin trong audio. Nhưng thật may là HAS lại kém trong việc phát hiện sự khác biệt các dải tần và công suất điều này có nghĩa là các âm thanh to, cao tần có thể che giấu được các âm thanh nhỏ thấp một cách dễ dàng. Các mô hình phân tích tâm lí đã chỉ ra điểm yếu trên và thông tin này sẽ giúp ích cho việc chọn các audio thích hợp cho việc giấu tin. Vấn đề khó khăn thứ hai đối với giấu thông tin trong audio là kênh truyền tin. Kênh truyền hay băng thông chậm sẽ ảnh hưởng đến chất lượng thông tin sau khi giấu. Ví dụ để nhúng một đoạn java applet vào một đoạn audio (16 bit, 44.100 Hz) có chiều dài bình thường thì các phương pháp nói chung cũng cần ít nhất là 20 bit/s. Giấu thông tin trong audio đòi hỏi yêu cầu rất cao về tính đồng bộ và tính an toàn của thông tin. Các phương pháp giấu thông tin trong audio đều lợi dụng điểm yếu trong hệ thống thính giác của con người.

1.3.3. Giấu thông tin trong video

Cũng giống như giấu thông tin trong ảnh hay trong audio, giấu tin trong video cũng được quan tâm và được phát triển mạnh mẽ cho nhiều ứng dụng như điều khiển truy cập thông tin, nhận thực thông tin và bảo vệ bản quyền tác giả. Ta có thể lấy một ví dụ là các hệ thống chương trình trả tiền xem theo đoạn với các video clip (pay per view application). Các kỹ thuật giấu tin trong video cũng được phát triển mạnh mẽ và cũng theo hai khuynh hướng là thủy văn số và data hiding. Nhưng phần giới thiệu này chỉ quan tâm tới các kỹ thuật giấu tin trong video. Một phương pháp giấu tin trong video được đưa ra bởi Cox là phương pháp phân bố đều. ý tưởng cơ bản của phương pháp là phân phối thông tin giấu dần trải theo tần số của dữ liệu chứa gốc. Nhiều nhà nghiên cứu đã dùng những hàm cosin riêng và các hệ số truyền sóng riêng để giấu tin. Trong các thuật toán khởi nguồn thì thường các kỹ thuật cho phép giấu các ảnh vào trong video nhưng thời gian gần đây các kỹ thuật cho phép giấu cả âm thanh và hình ảnh vào video. Như phương pháp của Swanson đã sử dụng phương pháp giấu theo khối, phương pháp này đã giấu được hai bit vào khối 8*8. Hay gần đây nhất là phương pháp của Mukherjee là kỹ thuật giấu audio vào video sử dụng cấu trúc lưới đa chiều...

1.3.4. Giấu thông tin trong văn bản dạng text

Giấu thông tin vào các văn bản dạng text khó thực hiện hơn do có ít các thông tin dư thừa, để làm được điều này người ta phải khéo léo khai thác các dư thừa tự nhiên của ngôn ngữ. Một cách khác là tận dụng các định dạng văn bản (mã hóa thông tin và khoảng cách giữa các từ khóa hay các dòng văn bản). Từ nội dung của thông điệp cần truyền đi, người ta cũng có thể sử dụng văn phạm phi ngữ cảnh để tạo nên các văn bản “phương tiện chứa” rồi truyền đi.

1.4. Cấu trúc ảnh bitmap

Số bit trên mỗi điểm ảnh thường được ký hiệu là n . Một ảnh bitmap n -bit có 2^n màu. giá trị càng lớn thì ảnh càng có nhiều màu, và càng rõ nét hơn. Giá trị tiêu biểu của ảnh là 1 (ảnh đen trắng), 4 (ảnh 16 màu), 6 (ảnh 256 màu), 16 (ảnh 65536 màu), và 24 (ảnh 16 triệu màu). Ảnh bitmap 24-bit có chất lượng hình ảnh trung thực nhất.

- Chiều cao của ảnh (height), cho bởi điểm ảnh (pixel).
- Chiều rộng của ảnh (width), cho bởi điểm ảnh (pixel).

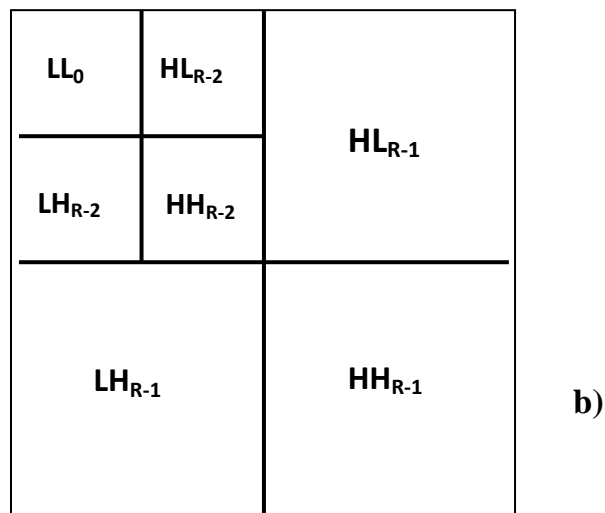
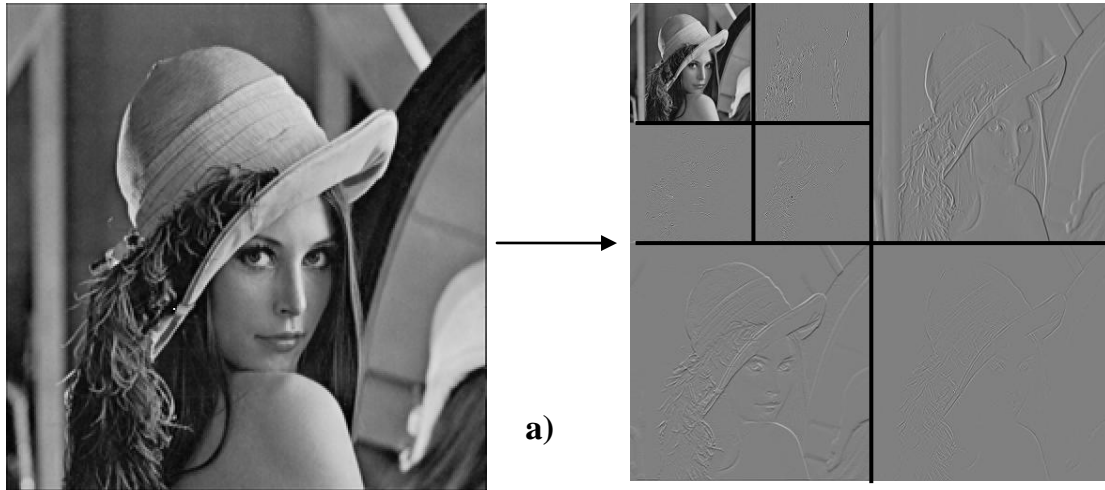
Ảnh bitmap gồm 4 phần :

- Bitmap Header (14 bytes) : giúp nhận dạng ảnh bitmap.
- Bitmap Information (40 bytes) : lưu một số thông tin chi tiết giúp hiển thị ảnh.
- Color Palette ($4 \cdot x$ bytes), x là số màu của ảnh : định nghĩa các màu sẽ được sử dụng trong ảnh.
- Bitmap Data : lưu dữ liệu ảnh.

1.5. Biến đổi Wavelet

Wavelet sẽ phân tách ảnh ra thành nhiều dải tần số gọi là các subband. Mỗi mức wavelet sẽ được tác động hai lần: một lần duyệt theo chiều ngang và một lần duyệt theo chiều dọc (thứ tự này không quan trọng bởi bản chất đối xứng) và do đó ta thu được bốn dải (như hình 2.1 thể hiện):

- 1) horizontally and vertically lowpass (LL)
- 2) horizontally lowpass and vertically highpass (LH)
- 3) horizontally highpass and vertically lowpass (HL)
- 4) horizontally and vertically highpass (HH)



Hình 1.3. a) Biến đổi wavelet, b) Cấu trúc dải

Chúng ta sẽ cùng xem xét tín hiệu ảnh đầu vào (hoặc tín hiệu tile - component đối với ảnh lớn). Giả sử với sự phân tách wavelet mức $R-1$ tương ứng với mức phân giải thứ R , đánh số từ 0 tới $R-1$ thì 0 tương ứng với mức phân giải kém nhất (coarsest resolution) và $R-1$ tương ứng với mức phân giải tốt nhất (finest resolution). Mỗi một dải trong một lần phân tách sẽ được xác định bởi hướng (orientation) của chính nó (ví dụ LL, LH, HL, HH) và mức phân giải tương ứng của nó (ví dụ $0, 1, \dots, R-1$). Tại mỗi mức phân giải (ngoại trừ mức thấp nhất), dải LL là dải sẽ bị phân tách nhỏ hơn. Giả dụ, dải LL_{R-1} là dải sẽ bị phân tách thành các dải $LL_{R-2}, HL_{R-2}, LH_{R-2}$ và HH_{R-2} . Sau đó, tại mức tiếp theo dải LL_{R-2} sẽ bị phân tách và cứ như vậy. Quá trình này sẽ lặp đi lặp lại cho tới khi ta thu được dải LL_0 và kết quả hiển thị trong hình 2.3. Nếu không thực hiện biến đổi ($R=0$) thì chỉ có duy nhất dải LL_0 .

1.6. Phương pháp đánh giá chất lượng ảnh sau khi giấu tin

Để đánh giá chất lượng của bức ảnh (hay khung ảnh video) ở đầu ra của bộ mã hoá, người ta thường sử dụng hai tham số: Sai số bình phương trung bình – MSE (mean square error) và phương pháp đề xuất với hệ số tỷ lệ tín hiệu / tín hiệu tạp PSNR (Peak Signal to Noise Ratio).

MSE giữa ảnh gốc và ảnh khôi phục được tính như sau:

$$\text{MSE} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - y_{ij})^2$$

Ở đây:

x_{ij} biểu thị giá trị điểm ảnh gốc

y_{ij} biểu thị giá trị điểm ảnh đã được biến đổi

m và n lần lượt là chiều rộng và chiều cao của ảnh.

PSNR, đơn vị: deciben (dB), thường được sử dụng trong nghiên cứu xử lý hình ảnh:

$$\text{PSNR} = 10 * \log_{10} \left(\frac{255^2}{\text{MSE}} \right)$$

Thông thường, nếu $\text{PSNR} > 35\text{dB}$ thì hệ thống mắt người gần như không phân biệt được giữa ảnh gốc và ảnh khôi phục. PSNR càng cao thì chất lượng ảnh khôi phục càng tốt. Khi hai hình ảnh giống hệt nhau, MSE sẽ bằng 0 và PSNR đi đến vô hạn.

Chương 2. KỸ THUẬT GIẤU TIN THUẬN NGHỊCH TRONG ẢNH BẰNG HIỆU CHỈNH HỆ SỐ SÓNG NHỎ (WAVELET)

2.1. Giới thiệu

Đây là kỹ thuật giấu tin thuận nghịch dựa trên hệ số wavelet bằng việc hiệu chỉnh thích nghi các hệ số này. Ban đầu, miền không gian ảnh số được biến đổi sang miền tần số wavelet nguyên (the integer wavelet transform - IWT) được bốn băng tần LL (Low - Low), LH (Low - high), HL (High - low), HH (High - High). Sau đó, thông tin mật sẽ được nhúng vào các băng tần LH, HL, HH sử dụng hiệu chỉnh hệ số wavelet thích nghi.

Kỹ thuật giấu tin thuận nghịch trong ảnh bằng hiệu chỉnh hệ số Wavelet là nghiên cứu của nhóm tác giả người Đài Loan: Ching-Yu Yang, Chih-Hung Lin, Wu-Chih Hu đề xuất năm 2008.

Các tác giả nhúng một đoạn thông tin vào trong miền tần số dựa trên việc điều chỉnh hệ số wavelet. Đầu tiên, một hình ảnh đầu vào được tách ra thành các miền biến đổi wavelet. Tiếp theo, các bit dữ liệu được nhúng vào các khối có nguồn gốc từ 3 băng cao tần của miền biến đổi Wavelet. Khi nhúng vào, các hệ số Wavelet của khối nằm ngoài khoảng $(-\gamma, \gamma)$ sẽ bị thay đổi giá trị. Sau đó các hệ số Wavelet nằm ngoài khoảng $(-\beta, \beta)$ sẽ được dán nhãn và các hệ số này sẽ không được giấu tin để giảm thiểu việc biến dạng của ảnh. Cuối cùng các bit dữ liệu được chuyển sang hệ nhị phân rồi giấu vào các hệ số của khối thuộc khoảng $(-\beta, \beta)$. Cả β và γ là 2 thông số kiểm soát (khóa) và $\beta > \gamma$, k là số nguyên.

2.2. Quá trình giấu tin trong ảnh bằng hiệu chỉnh hệ số wavelet

2.2.1. Thuật toán giấu tin

- Đầu vào :
 - Ảnh sử dụng để giấu tin.
 - Thông tin cần giấu.
 - Các thông số kiểm soát β, γ, k ($\beta > \gamma$)
- Đầu ra :
 - Ảnh đã giấu tin.

- Các bước thực hiện :

Bước 1 : tách khối ảnh và đánh dấu cờ.

Ảnh đầu vào sau khi được biến đổi Wavelet thành 4 miền tần số LL, LH, HL, HH. Thông tin sẽ được giấu vào các hệ số Wavelet trong 3 miền dữ liệu ít quan trọng của ảnh là LH, HL, HH. Ma trận ảnh được tách ra thành các ma trận con có kích cỡ $n*n$ để tiện cho việc xử lý. Các hệ số C_{ij} của ma trận con được chuyển sang một giá trị mới \hat{C}_{ij} thỏa mãn quy tắc sau:

$$\hat{C}_{ij} = \begin{cases} C_{ij} + \gamma, & \text{if } C_{ij} < -\gamma \\ C_{ij} - \gamma, & \text{if } C_{ij} > \gamma \end{cases} \quad (2.1)$$

và đánh dấu cờ bằng 1 các hệ số này (để tiện cho việc khôi phục ảnh gốc sau này).

Bước 2 : dán nhãn.

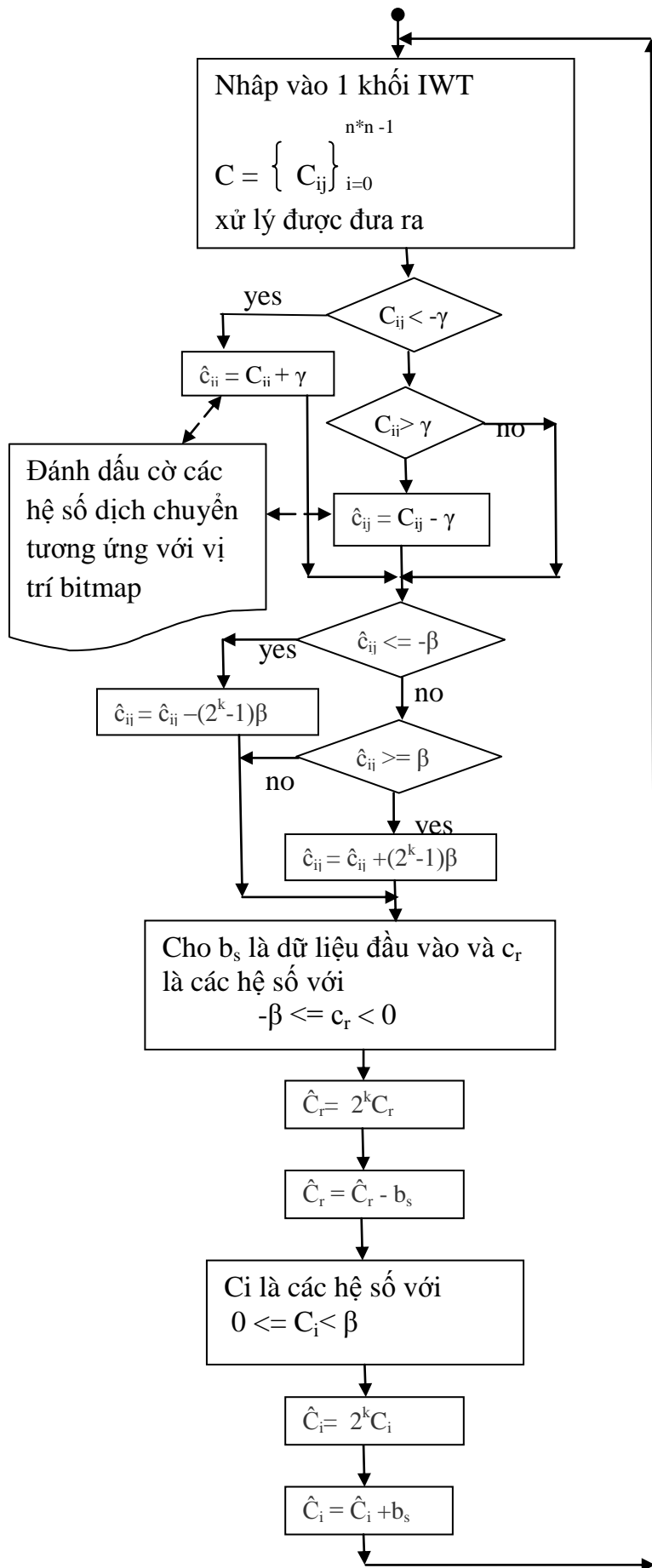
Tiếp theo, để giảm thiểu độ biến dạng của ảnh sau khi giấu tin các hệ số \hat{C}_{ij} của ma trận sẽ được dán nhãn theo quy tắc:

$$\check{C}_{ij} = \begin{cases} \hat{C}_{ij} - (2^k - 1)\beta, & \text{nếu } \hat{C}_{ij} \leq -\beta \\ \hat{C}_{ij} + (2^k - 1)\beta, & \text{nếu } \hat{C}_{ij} \geq \beta \end{cases} \quad (2.2)$$

\check{C}_{ij} biểu thị hệ số dán nhãn, đó là các hệ số sẽ không được giấu thông tin.

Bước 3: nhúng thông tin vào ảnh.

Thông tin cần giấu sẽ được chuyển sang dữ liệu dạng nhị phân b_s để chuẩn bị cho quá trình nhúng dữ liệu vào các khối. Các hệ số C_{ij} thỏa mãn $0 \leq C_{ij} \leq \beta$ được nhân với 2^k để được c_r rồi cộng b_s bit dữ liệu. Còn các hệ số C_{ij} thỏa mãn $-\beta \leq C_{ij} \leq 0$ được nhân với 2^k để được c_r rồi trừ b_s bit dữ liệu. Quá trình này được lặp đi lặp lại cho đến khi tất cả các bit dữ liệu đã được xử lý. Sau khi quá trình nhúng dữ liệu kết thúc các miền Wavelet sẽ được biến đổi ngược lại thành ảnh có giấu tin.



Hình 2.1. Sơ đồ giấu tin trong ảnh bằng hiệu chỉnh hệ số Wavelet.

2.2.2. Ví dụ minh họa

- Đầu vào :
 - Một khối iwt = [5 -2 -6 -1; -1 1 3 3; -5 0 0 6; 0 2 -4 0].
 - Với các thông số kiểm soát : $\beta = 3, \gamma = 2, k = 1$.
 - Dãy dữ liệu bit cần giấu b: 0011-1010-0101.
 - Đầu ra : ta được khối đã giấu tin, và sơ đồ biến đổi khối như sau.

5	-2	-6	-1
-1	1	3	3
-5	0	0	6
0	2	-4	0

3	-2	-4	-1
-1	1	1	1
-3	0	0	4
0	2	-2	0

6	-2	-7	-1
-1	1	1	1
-6	0	0	7
0	2	-2	0

6	-4	-7	-2
-3	3	3	2
-6	1	0	7
0	5	-4	1

Hình 2.2. (a) khối IWT, (b) chuyển khối, (c) khối có nhãn, (d) khối giấu tin.

Giả sử bắt đầu từ IWT là một khối của ảnh đã qua biến đổi Wavelet hình 2.2 a). Các hệ số C_{ij} của khối IWT được so sánh nếu $C_{ij} < -\gamma$ thì :

$$\hat{C}_{ij} = C_{ij} + \gamma$$

Nếu $C_{ij} > \gamma$ thì :

$$\hat{C}_{ij} = C_{ij} - \gamma$$

Đồng thời đánh dấu cờ các hệ số \hat{C}_{ij} này ta được khối mới hình 2.2 b). Tiếp theo thực hiện quá trình dán nhãn cho các hệ số \hat{C}_{ij} nằm ngoài khoảng $(-\beta, \beta)$, nếu $\hat{C}_{ij} \geq \beta$ thì

$$\check{C}_{ij} = \hat{C}_{ij} - (2^k - 1)\beta$$

Ngược lại $\hat{C}_{ij} \leq -\beta$ thì :

$$\check{C}_{ij} = \hat{C}_{ij} + (2^k - 1)\beta$$

Ta được khối như hình 2.2 c). Cuối cùng dãy dữ liệu cần giấu b được tách ra thành từng bit một b_s rồi nhúng vào các hệ số \check{C}_{ij} đã được nhân với 2^k theo công thức sau :

$$\hat{C}_{ij} = \begin{cases} 2^k \check{C}_{ij} + b_s & \text{nếu } 0 \leq \check{C}_{ij} < \beta \\ 2^k \check{C}_{ij} + b_s & \text{nếu } -\beta \leq \check{C}_{ij} < 0 \end{cases}$$

Kết thúc là khối kết quả đã giấu dữ liệu hình 2.2 d)

2.3. Quá trình tách tin trong ảnh bằng hiệu chỉnh hệ số wavelet

2.3.1. Thuật toán tách tin

- Đầu vào :
 - Ảnh có giấu tin.
 - Các thông số kiểm soát β , γ , k .
- Đầu ra :
 - Thông tin được giấu trong ảnh.
 - Ảnh gốc.
- Các bước thực hiện :

Bước 1 : chiết xuất dữ liệu.

Hình ảnh giấu thông tin được biến đổi thành các miền tần số Wavelet như phần giấu tin, sau đó được đọc thành một khối D với $n \times n$ từ các LH, HL và HH các dải của Wavelet. Nếu hệ số $d_j \in D$, tồn tại đáp ứng $-2^k \beta < d_j < 2^k \beta$ thì chiết xuất dữ liệu. Như ta đã biết các hệ số \hat{C}_{ij} của khối trước khi được nhúng dữ liệu đã được nhân với 2^k , với k được xác định là 1 hoặc 2 (nếu k lớn ảnh sẽ biến dạng nhiều) thì $2^k \hat{C}_{ij}$ luôn là số chẵn chia hết cho 2. Bit dữ liệu nhúng b_s là các giá trị 0 hoặc 1. Lợi dụng điều đó, dữ liệu được tách ra $DL = d_i \bmod 2$.

Bước 2 : khôi phục hệ số của ảnh.

Khôi phục lại các hệ số ban đầu bằng cách chia các hệ số wavelet d_i cho 2^k . Khôi phục các hệ số $d_i \leq -2^k \beta$ bằng công thức :

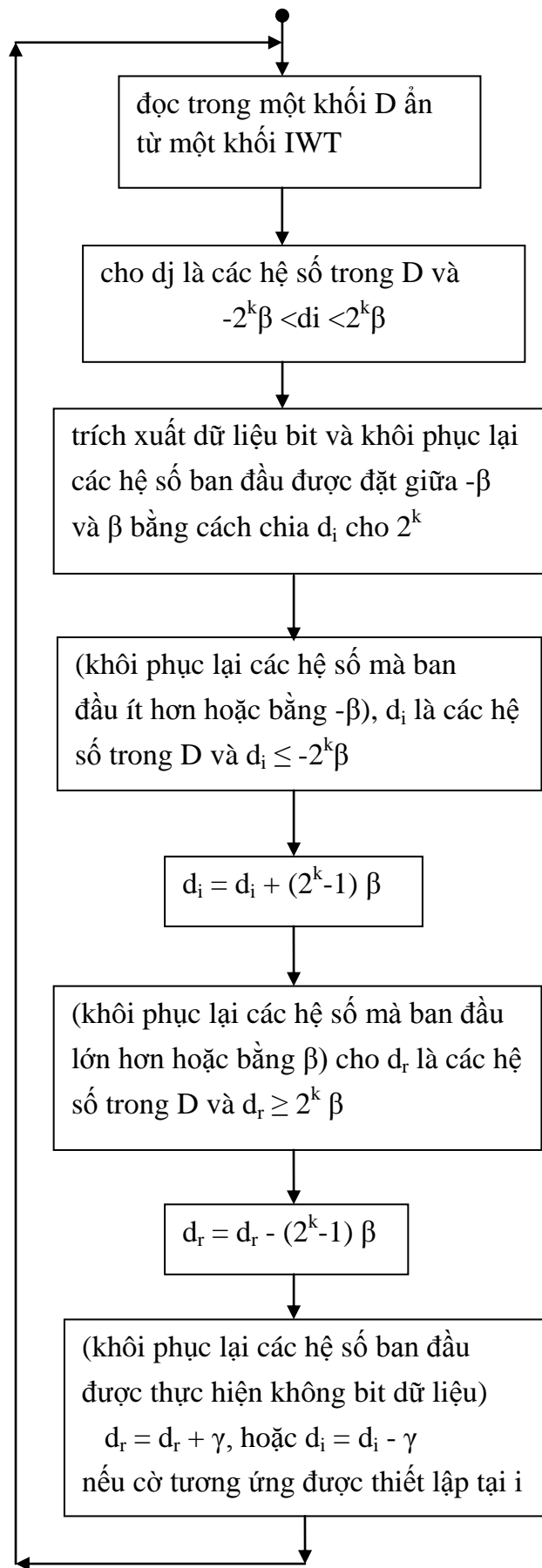
$$d_i = d_i + (2^k - 1) \beta$$

Tiếp theo khôi phục các hệ số $d_i \geq 2^k \beta$ bằng công thức :

$$d_i = d_i - (2^k - 1) \beta$$

Bước 3 : hoàn thành.

Cuối cùng kiểm tra hệ số d_i nào có cờ bằng 1 và $d_i > 0$ thì cộng thêm γ , $d_i < 0$ thì trừ γ . Quá trình được lặp đi lặp lại cho đến khi tất cả dữ liệu được trích ra. Kết quả là các bit dữ liệu chứa thông tin ban đầu và ảnh gốc được khôi phục.



Hình 2.3. Sơ đồ tách tin trong ảnh hiệu chỉnh hệ số Wavelet.

2.4.3. Ví dụ minh họa

- Đầu vào :
 - Một khối iwt = [6 -4 -7 -2; -3 3 3 2; -6 1 0 7; 0 5 -4 1] (đây là khối đã giấu tin trong ví dụ trên)
 - Với các thông số kiểm soát : $\beta = 3, \gamma = 2, k = 1$.
- Đầu ra : thu được chuỗi dữ liệu tách khỏi khối là dòng bit 0011-1010-0101, và khối gốc IWT.

6	-4	-7	-2
-3	3	3	2
-6	1	0	7
0	5	-4	1

6	-2	-7	-1
-1	1	1	1
-6	0	0	7
0	2	-2	0

3	-2	-4	-1
-1	1	1	1
-3	0	0	4
0	2	-2	0

5	-2	-6	-1
-1	1	3	3
-5	0	0	6
0	2	-4	0

Hình 2.4. (a) khối giấu tin, (b) chuyển có nhãn, (c) khối chuyển, (d) khối gốc IWT.

Giả sử đầu vào là một khối đã qua biến đổi IWT có giấu thông tin hình 2.4 a). Ta chiết xuất dữ liệu (DL) ra bằng cách lấy từng hệ số của khối đầu vào \hat{C}_{ij} thuộc khoảng $(-2^k\beta, 2^k\beta) \bmod 2$. Sau đó ta chia các hệ số \hat{C}_{ij} cho 2^k để bước đầu khôi phục lại khối gốc trước khi giấu tin nhận được hình 2.4 b). Tiếp theo khôi phục lại các hệ số có dán nhãn \check{C}_{ij} của khối theo công thức :

$$\left\{ \begin{array}{ll} \check{C}_{ij} \leq -2^k\beta & \text{thì} \quad C_{ij} = \check{C}_{ij} + (2^k - 1)\beta \\ \check{C}_{ij} \leq 2^k\beta & \text{thì} \quad C_{ij} = \check{C}_{ij} - (2^k - 1)\beta \end{array} \right.$$

Ta được hình 2.4 c). Cuối cùng là khôi phục lại khối IWT gốc trước khi giấu thông tin, ta xét các hệ số C_{ij} có đánh dấu cờ ở khối 2.4 c) :

$$\left\{ \begin{array}{ll} C_{ij} > 0 & \text{thì} \quad C_{ij} = C_{ij} + \gamma \\ C_{ij} < 0 & \text{thì} \quad C_{ij} = C_{ij} - \gamma \end{array} \right.$$

Kết thúc ta nhận được đầu ra là khối gốc IWT hình 2.4 d) nguyên vẹn và dãy dữ liệu DL : 0011-1010-0101 chính xác.

Chương 3. CÀI ĐẶT THỬ NGHIỆM

3.1. Môi trường cài đặt

- Ngôn ngữ cài đặt, môi trường soạn thảo và chạy chương trình được thực hiện trên ngôn ngữ lập trình Matlab 7.0.
- Hệ điều hành Window XP và môi trường NetFarme Work 2.0.

3.2. Giao diện chương trình



Hình 3.1. Giao diện chính của chương trình

Đây là giao diện khi khởi động, từ đây ta sẽ gọi đến các giao diện khác thông qua menu.

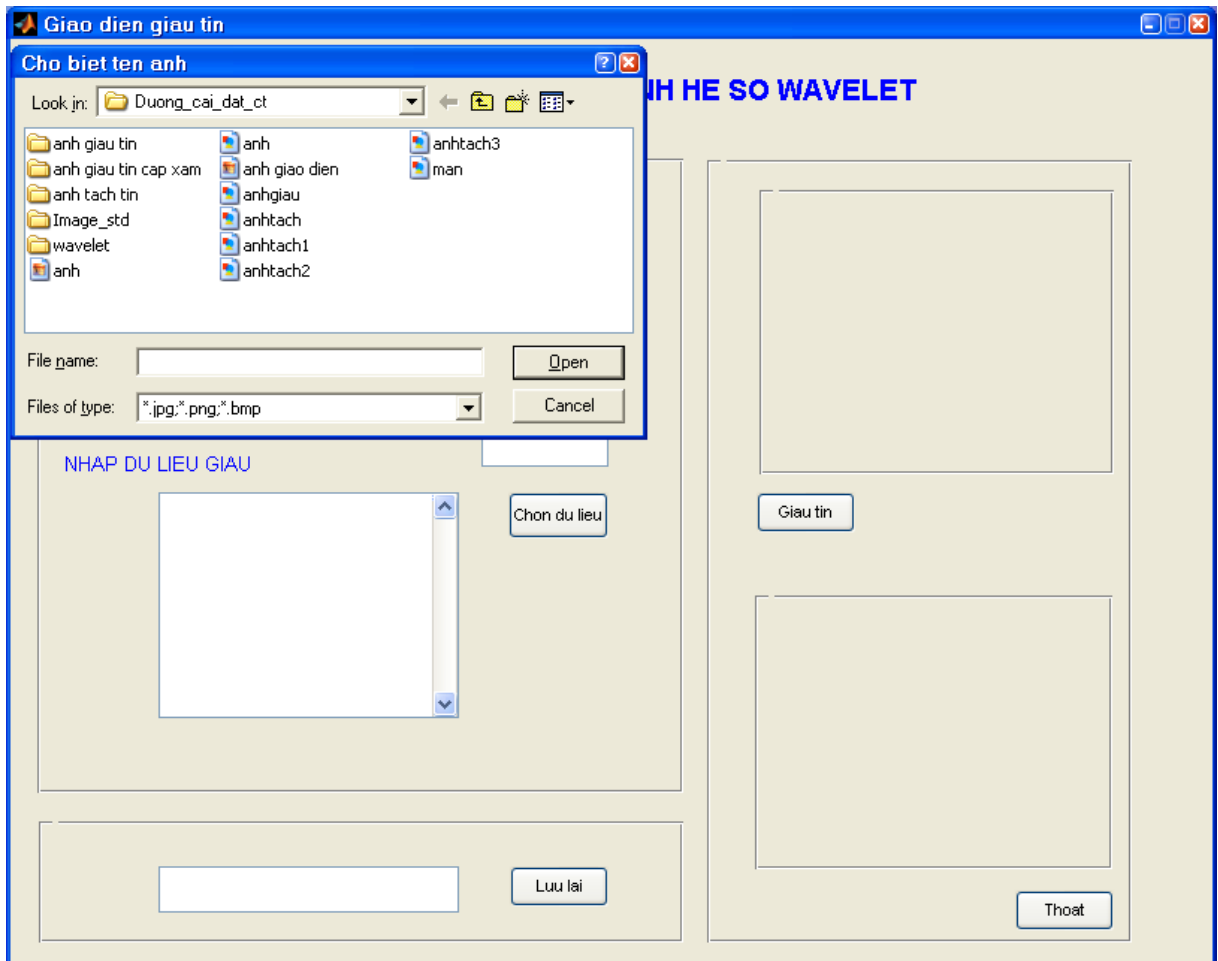
Từ menu “giau tin iwt” chọn “giau tin” sẽ gọi đến giao diện giấu tin hình 3.2.



Hình 3.2. Giao diện giấu tin

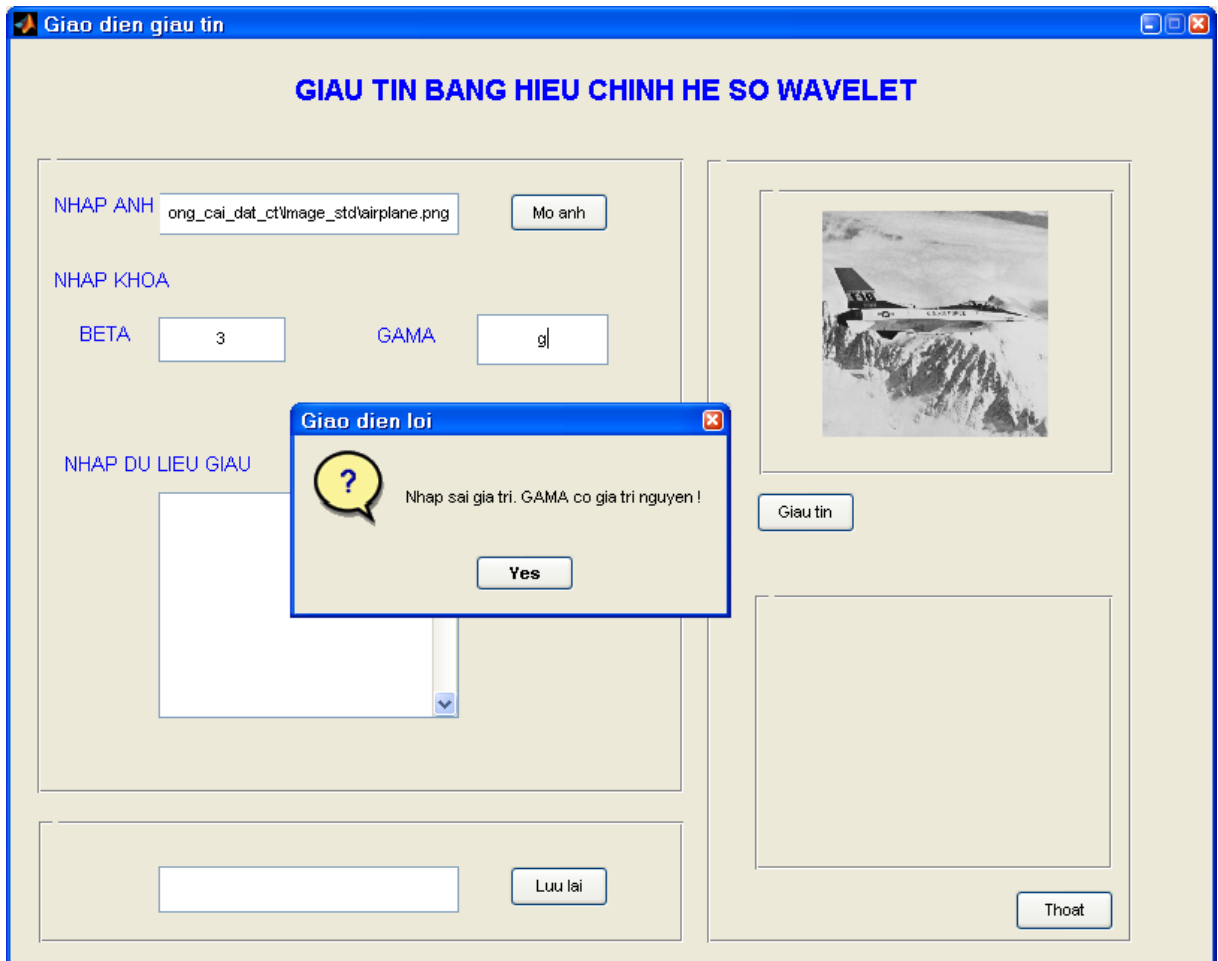
Đây là giao diện để giấu thông tin vào ảnh bằng hiệu chỉnh hệ số Wavelet.

Để nhập ảnh vào ta chọn nút “Mô ảnh” trong giao diện giấu tin, một hộp thoại sẽ được mở ra để ta chọn ảnh đưa vào giấu tin (chương trình chỉ sử dụng ảnh cấp xám 512*512).



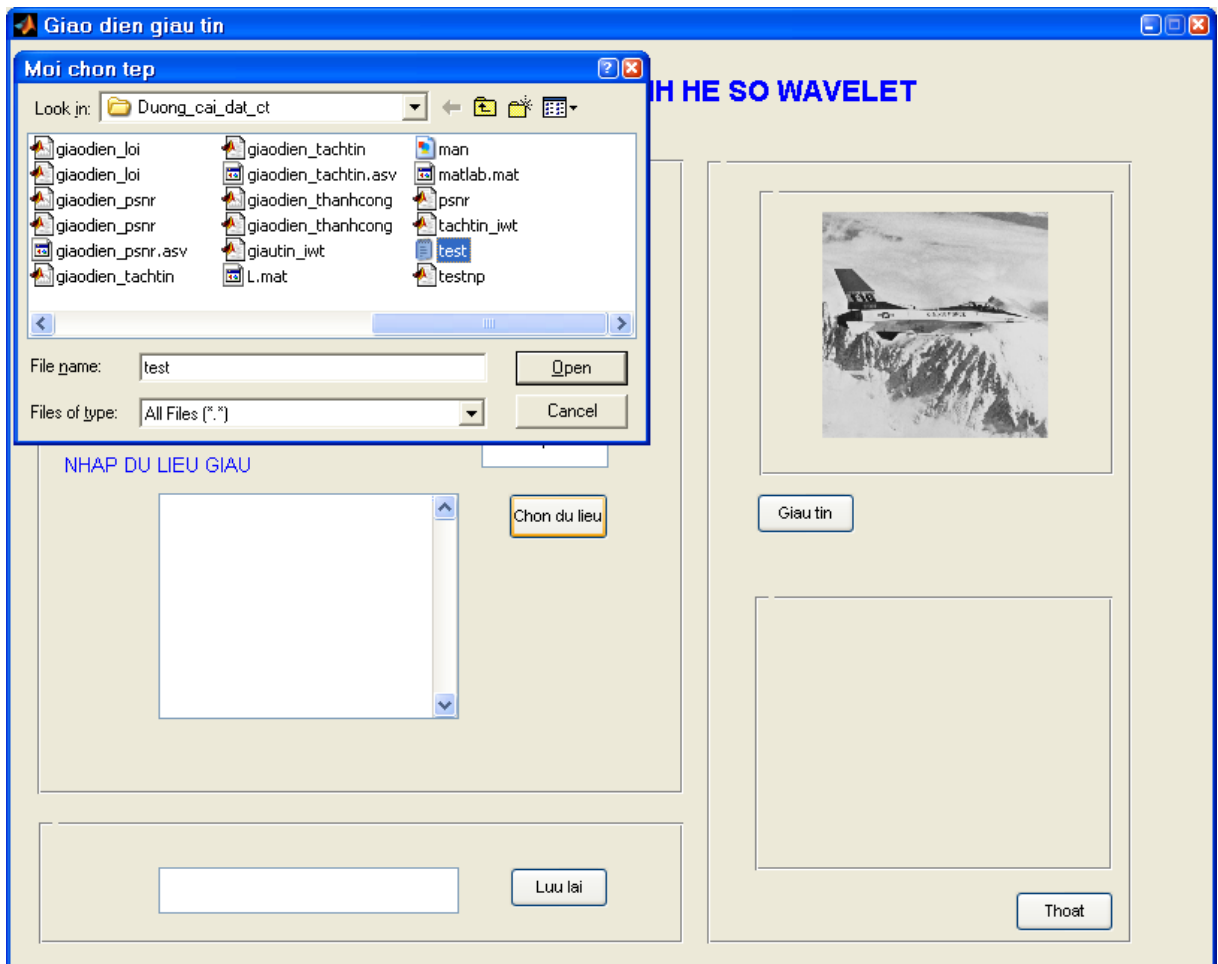
Hình 3.3. Chọn ảnh để giấu tin.

Sau khi chọn ảnh ta nhập các thông số kiểm soát BETA (β), GAMA (γ), K là giá trị số nguyên sao cho thích hợp. Nếu bạn nhập không đúng chương trình sẽ báo lỗi và yêu cầu nhập lại hình 3.4.



Hình 3.4. Báo lỗi nhập các thông số kiểm soát.

Tiếp theo, ta sẽ nhập dữ liệu cần giấu vào ảnh bằng cách nhập trực tiếp dữ liệu vào ô dưới chữ “NHAP DU LIEU GIAU” hoặc chọn nút “Chon du lieu” như hình 3.5.



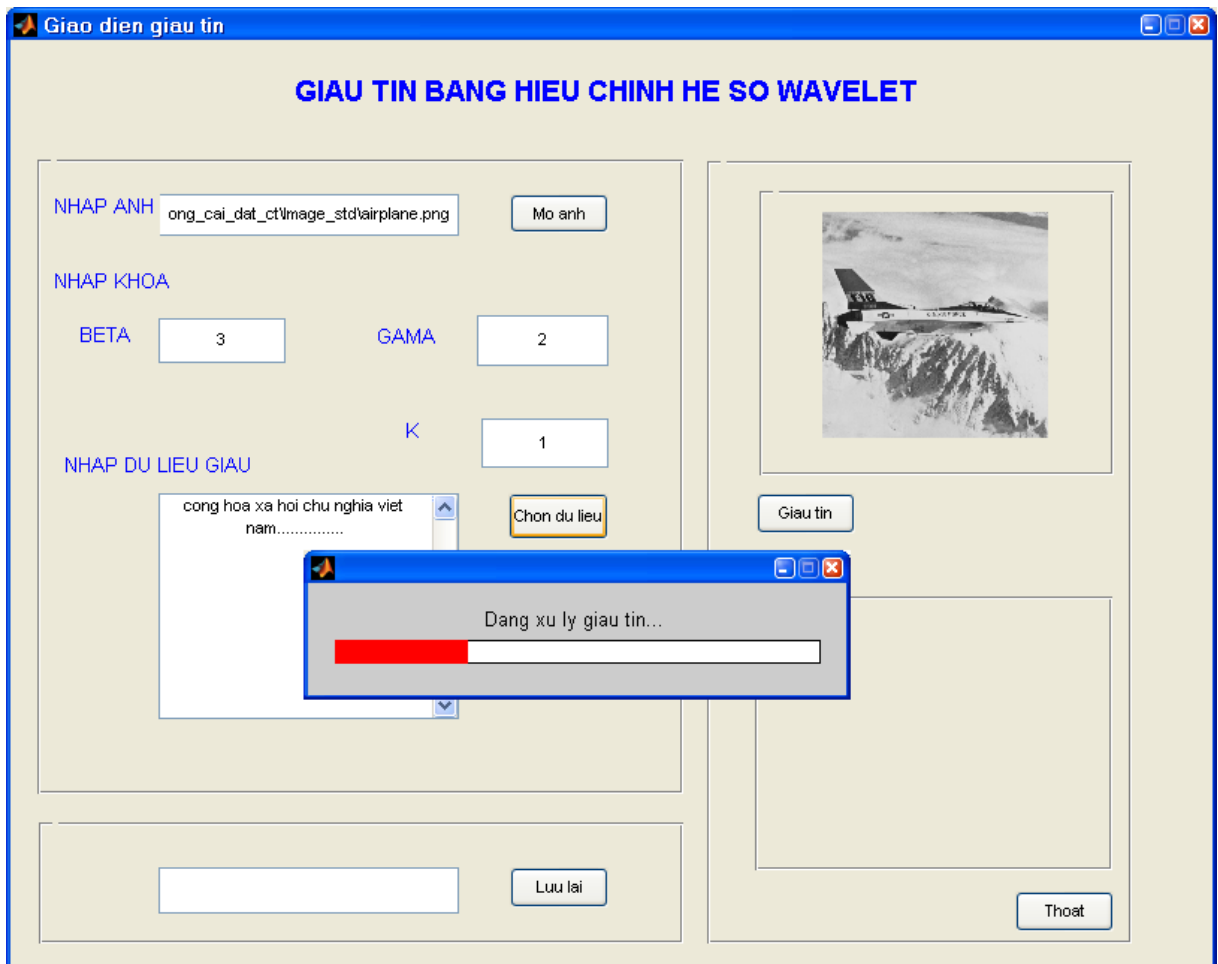
Hình 3.5. Chọn dữ liệu giấu từ file.

Sau khi đã nhập đầy đủ đầu vào cho giao diện giấu tin.



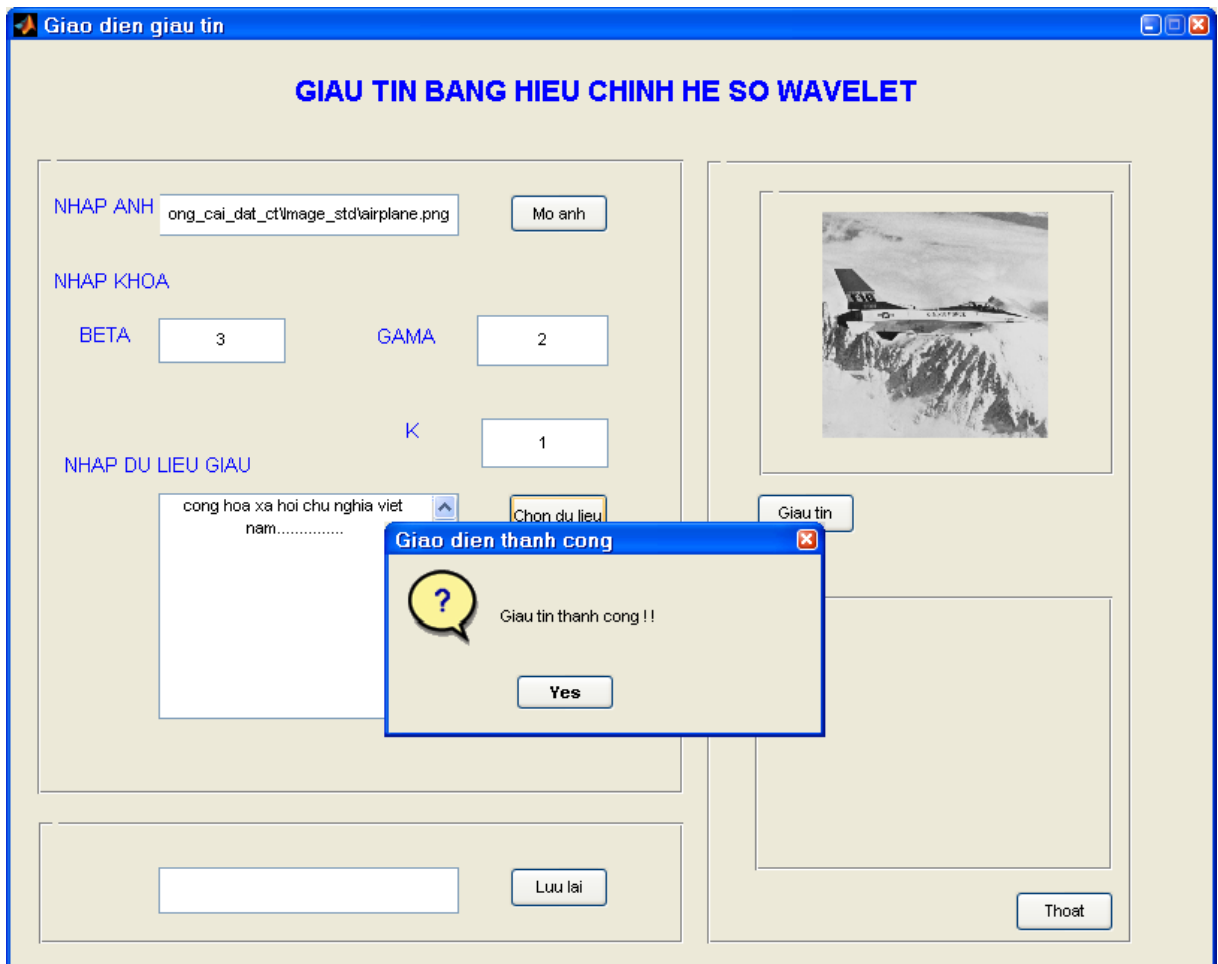
Hình 3.6. Giao diện giấu tin sau khi đã nhập liệu

Ta chọn nút “Giấu tin” để bắt đầu thực hiện quá trình giấu tin trong ảnh bằng hiệu chỉnh hệ số wavelet.



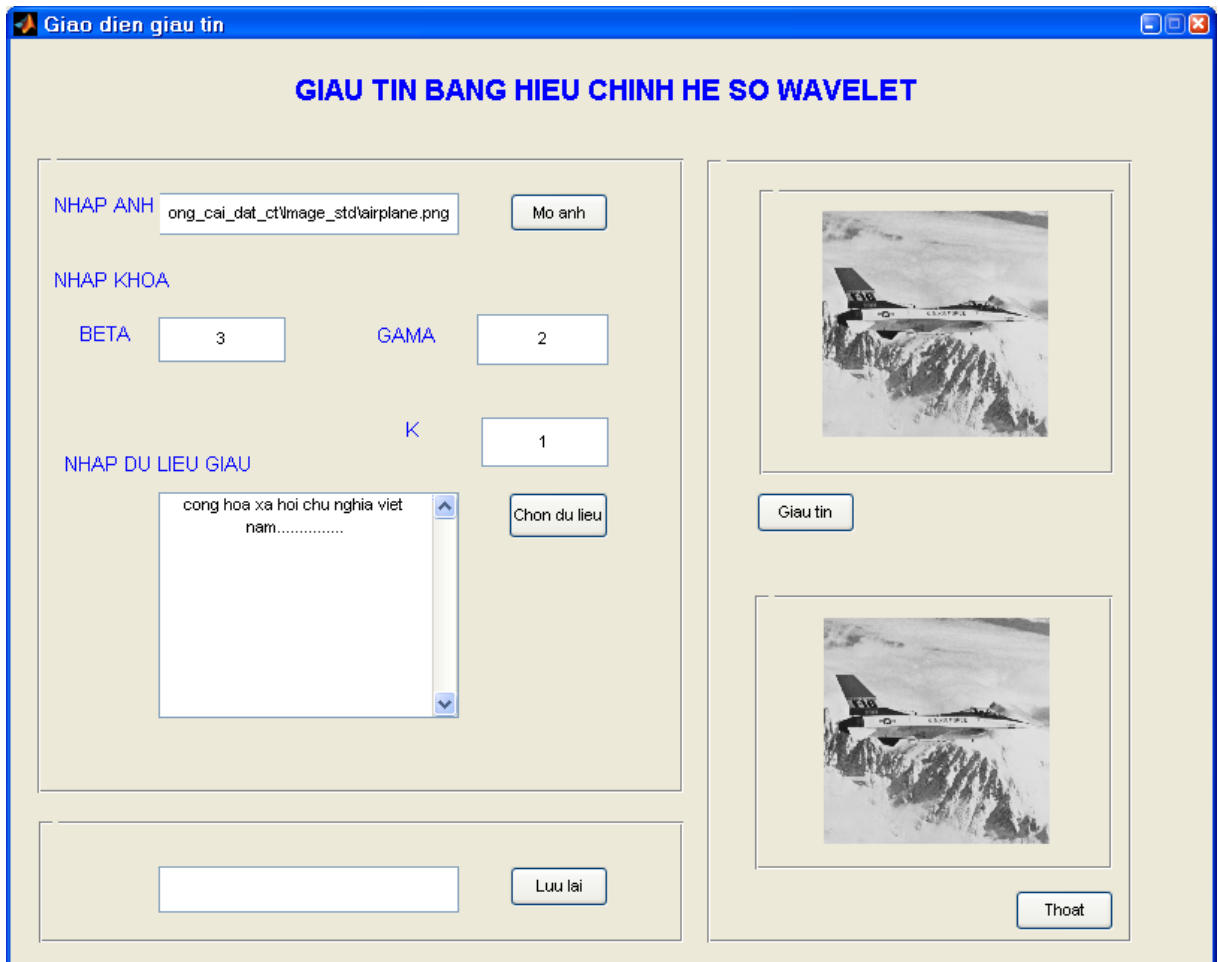
Hình 3.7. Thực hiện quá trình giấu tin trong ảnh.

Sau khi thực hiện xong quá trình giấu tin sẽ hiển thị hộp thoại thông báo giấu tin thành công.



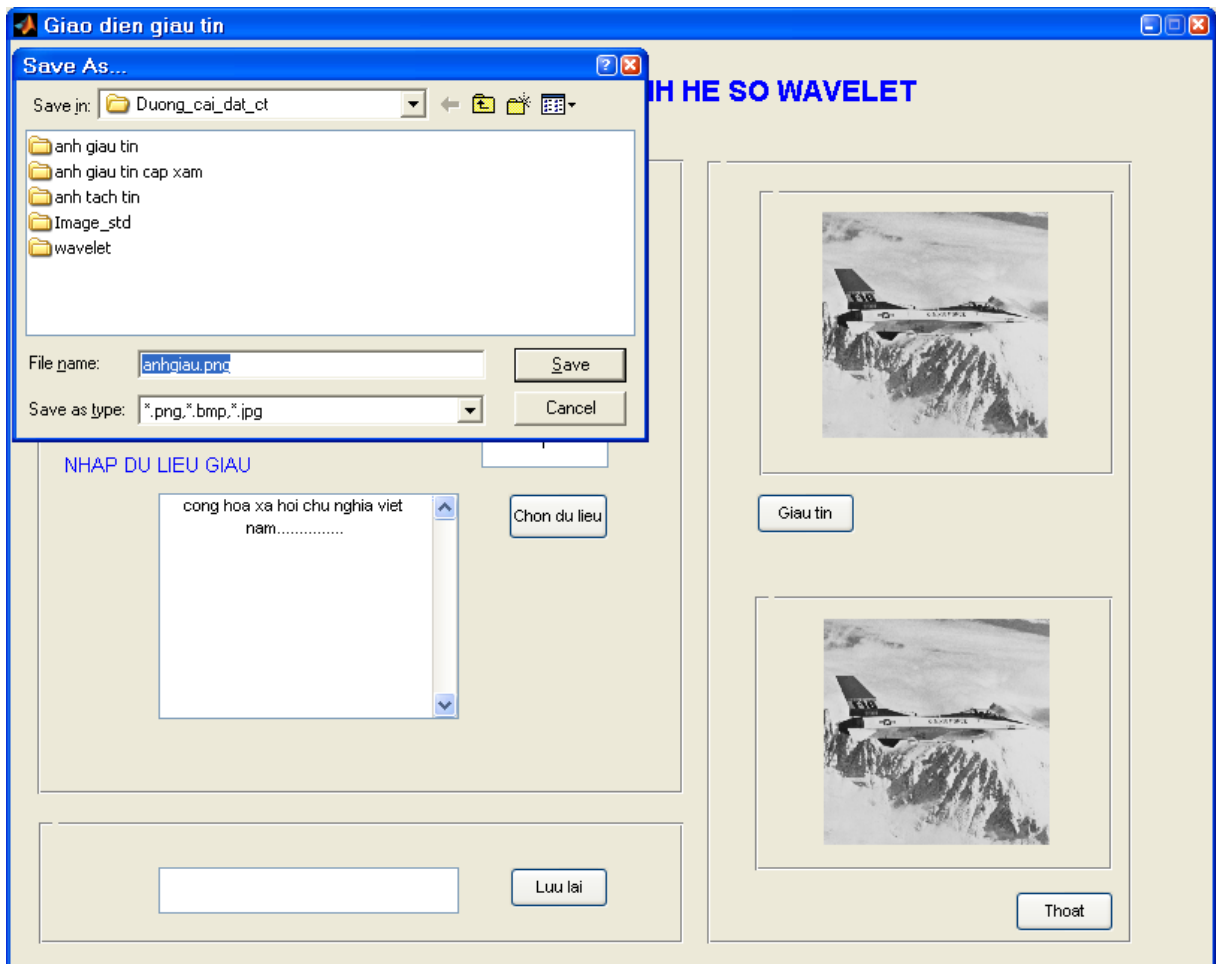
Hình 3.8. Thông báo quá trình giấu tin thành công.

Giấu tin xong chương trình sẽ cho ra ảnh đã giấu tin.



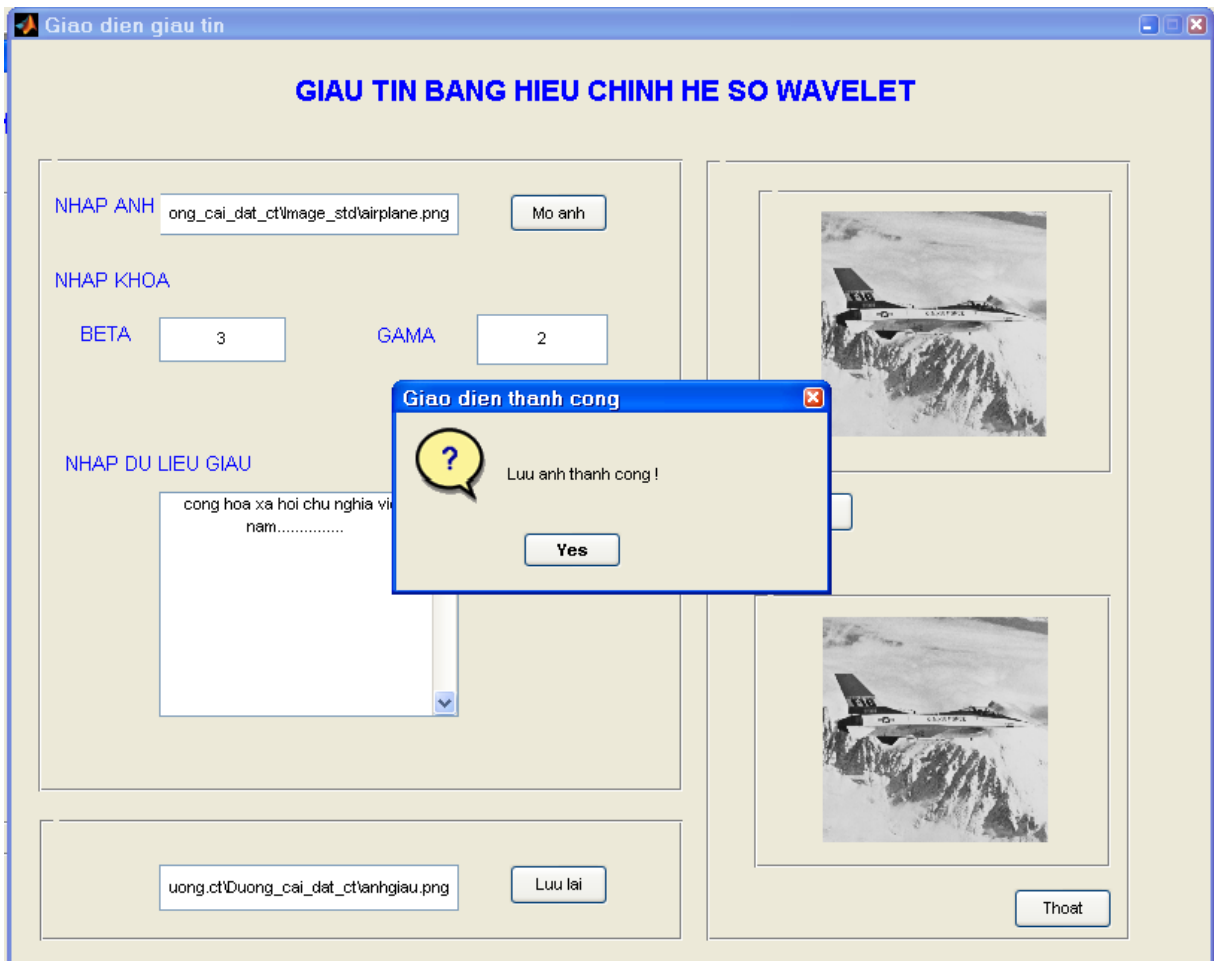
Hình 3.9. Kết quả của quá trình giấu tin.

Lưu ảnh đã giấu tin chọn nút “Lưu lại” đặt tên cho ảnh trong File name (gõ cả phần đuôi mở rộng).



Hình 3.10. Lưu lại ảnh đã giấu tin.

Sau khi lưu ảnh sẽ hiện hộp thoại báo lưu ảnh thành công, để kết thúc chương trình chọn “Thoát”.



Hình 3.11. Thông báo lưu ảnh thành công.

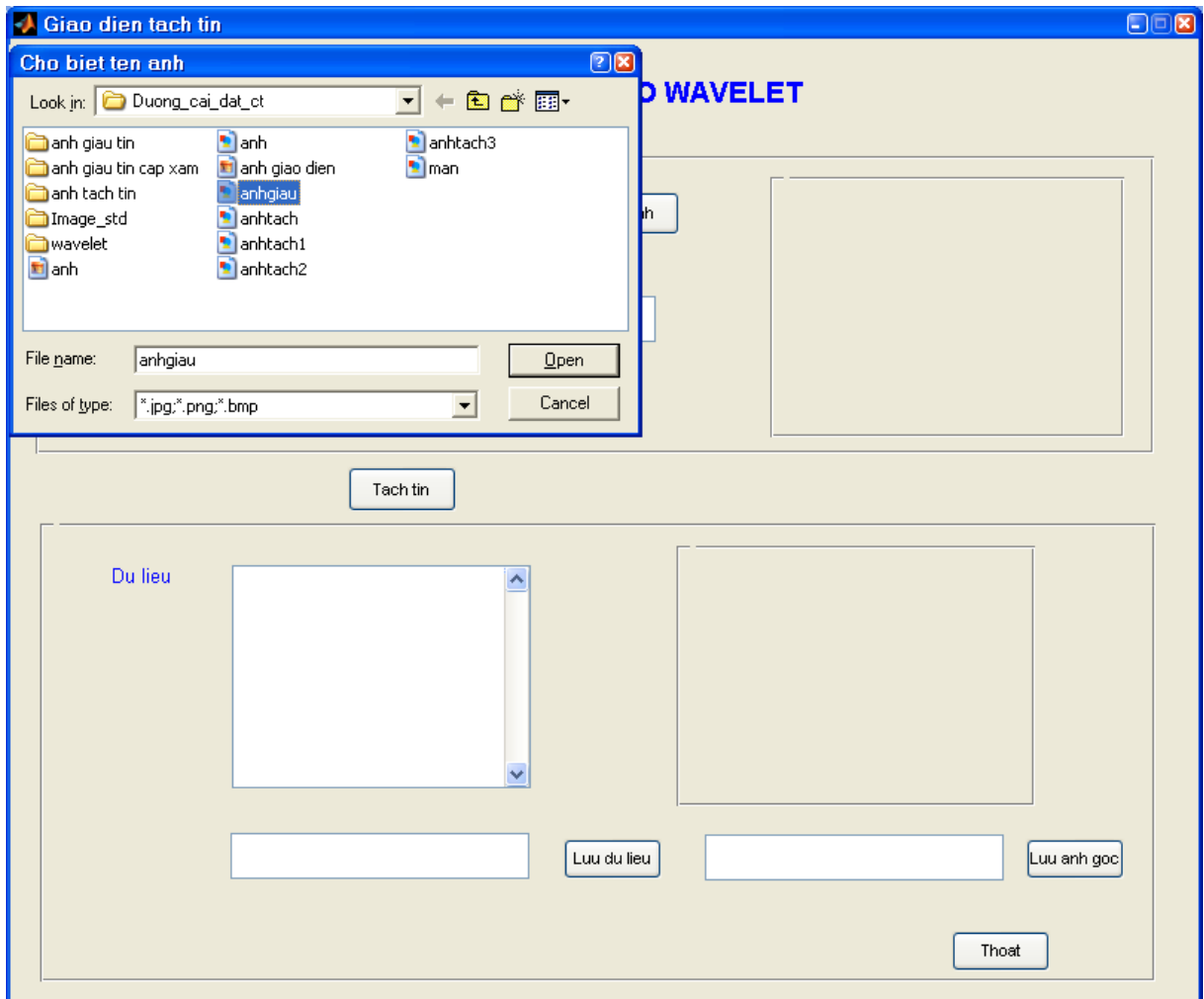
Từ menu “Tach tin” trên giao diện chính gọi ra giao diện tách tin hình 3.12.

The screenshot shows a software window titled "Giao dien tach tin" with a blue title bar. The main content area has a light beige background and is titled "TACH TIN BANG HIEU CHINH HE SO WAVELET" in blue text. The interface is organized into two main panels. The upper panel includes an "NHAP ANH" (Image Input) section with a text box and a "Mo anh" (Load image) button, and an "NHAP KHOA:" (Parameters) section with text boxes for "BETA", "GAMA", and "K". A large empty rectangular area is positioned to the right of these inputs. A "Tach tin" (Denoise) button is centered below the parameter inputs. The lower panel features a "Du lieu" (Data) label, a large empty rectangular area, and a "Luu du lieu" (Save data) button. Below this are two more empty rectangular areas with "Luu anh goc" (Save original image) and "Thoat" (Exit) buttons respectively.

Hình 3.12. Giao diện tách tin.

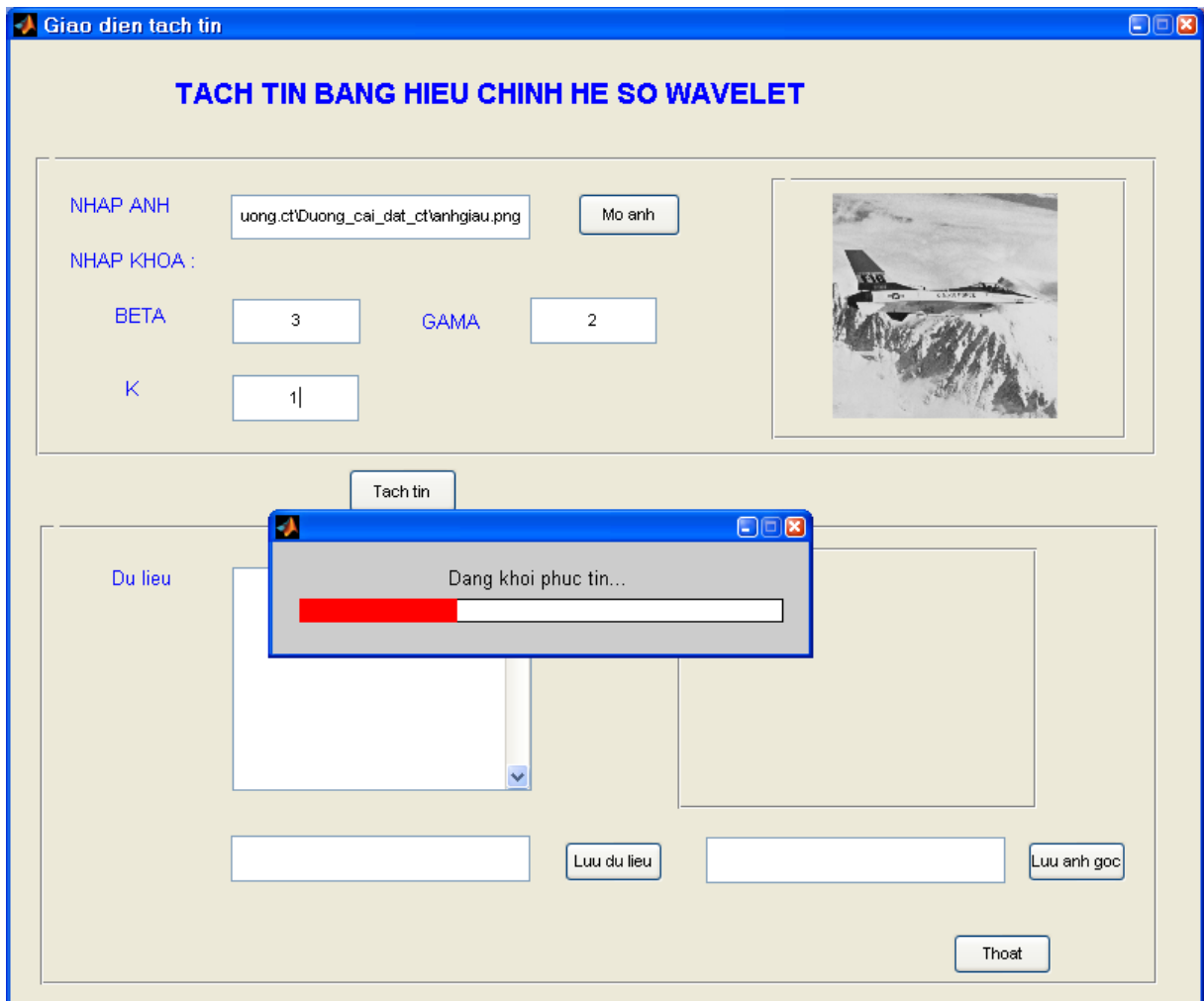
Đây là giao diện sẽ lấy ảnh đã giấu thông tin để tách và lấy thông tin ra đồng thời khôi phục lại ảnh gốc đã giấu tin.

Thực hiện mở ảnh có giấu tin để tách tin và khôi phục ảnh gốc.



Hình 3.13. Chọn ảnh để tách tin và khôi phục.

Sau khi nhập ảnh và các thông số kiểm soát tương ứng, chọn nút “Tách tin” để bắt đầu quá trình tách tin.



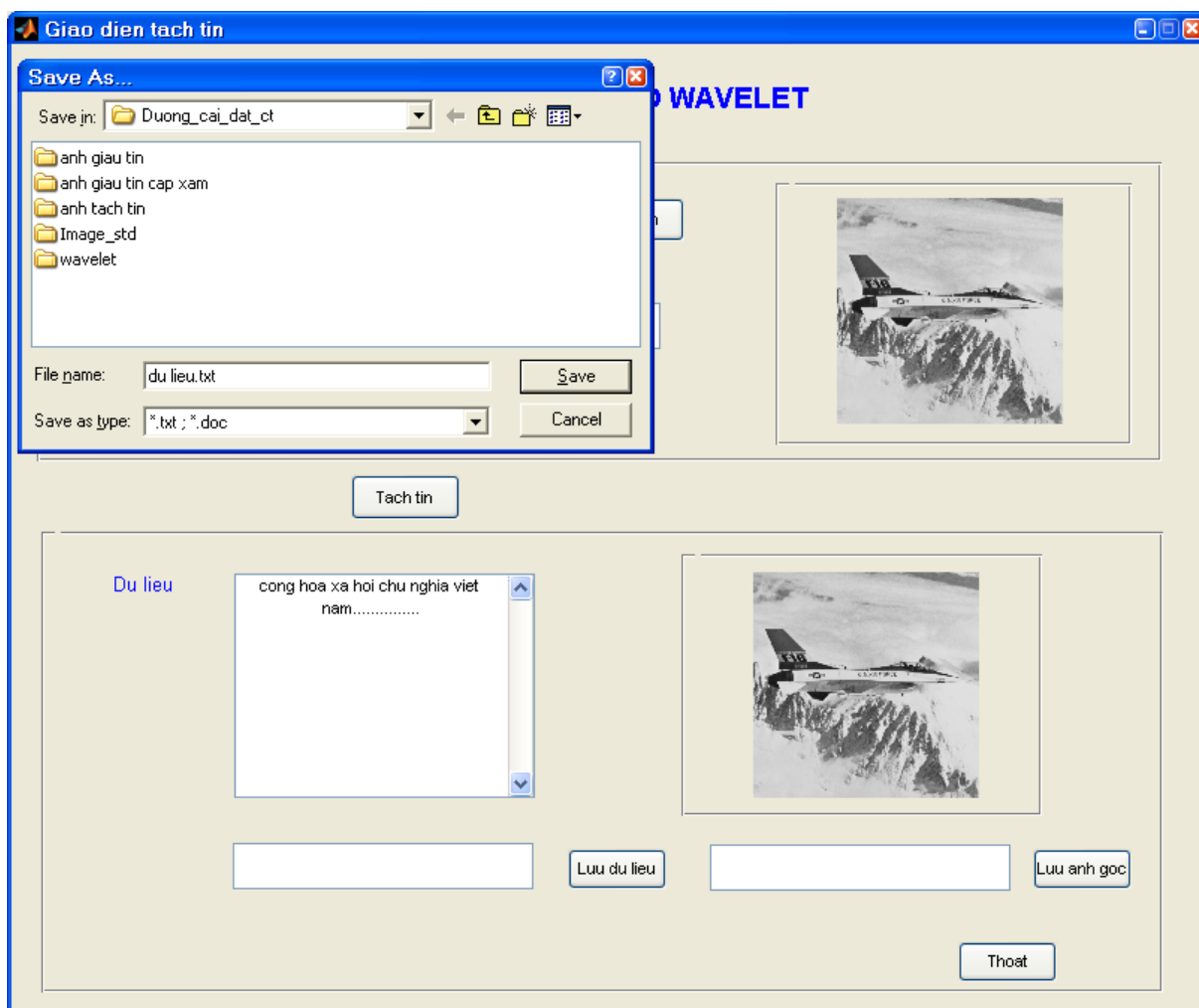
Hình 3.14. Quá trình tách tin khôi phục ảnh gốc.

Thực hiện xong quá trình tách tin ta nhận được dữ liệu được tách ra và ảnh đã gốc đã được khôi phục hình 3.15.



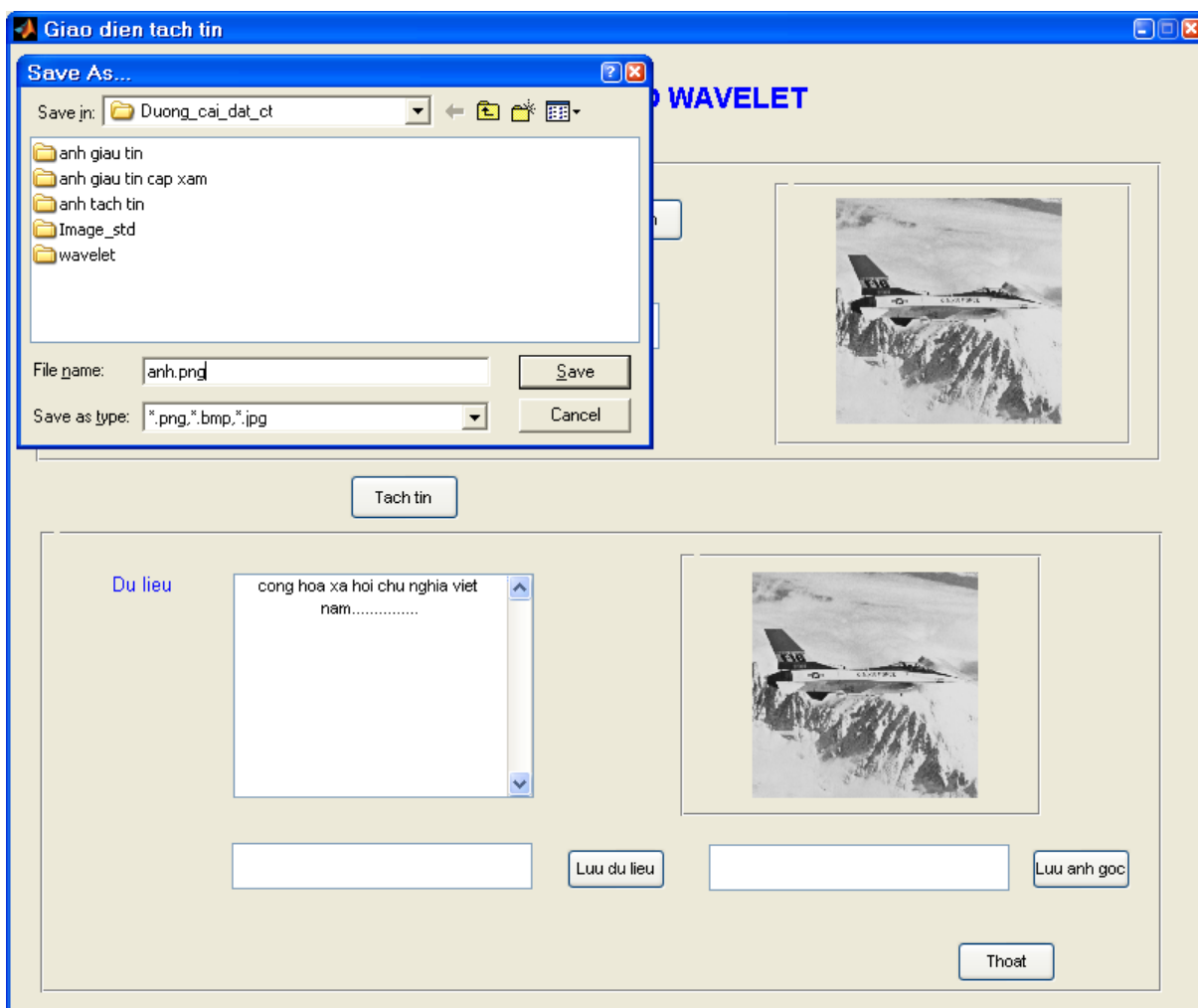
Hình 3.15. Tách tin thành công

Lưu lại dữ liệu được tách ra.



Hình 3.16. Lưu lại thông tin được lấy ra.

Lưu lại ảnh đã được khôi phục.



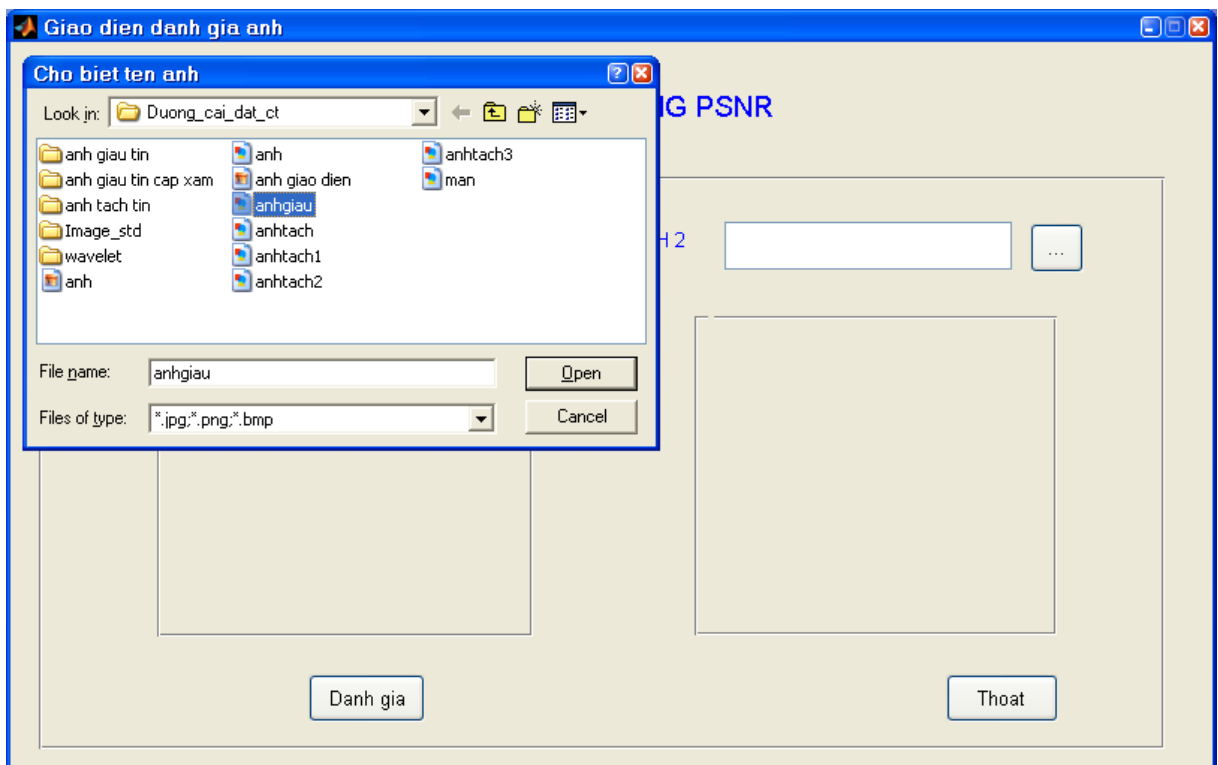
Hình 3.17. Lưu ảnh đã được khôi phục.

Đây là giao diện đánh giá ảnh sau khi đã giấu tin và khôi phục.



Hình 3.18. Giao diện đánh giá ảnh.

Chọn nút “...” để chọn ảnh cần đánh giá.



Hình 3.19. chọn ảnh để đánh giá.

Sau khi đã chọn 2 ảnh để đánh giá với nhau, chọn nút “Đánh giá” để thực hiện quá trình đánh giá. Kết quả sẽ cho ta giá trị đánh giá ảnh, nếu :

- Giá trị là 100 db thì 2 ảnh là 1 không có thay đổi.
- Giá trị lớn hơn 35 db nhỏ hơn 100 db thì ảnh có thay đổi nhưng ở mức chấp nhận được.
- Giá trị nhỏ hơn 35 db thì ảnh biến dạng mắt thường có thể nhận thấy.
- Giá trị nhỏ hơn 20 db thì ảnh biến dạng không thể chấp nhận được.



Hình 3.20. Đánh giá chất lượng ảnh.

3.3 Thử nghiệm chương trình

Tập ảnh A1 gồm 9 ảnh chuẩn cấp xám có kích thước 512 * 512 đây là những ảnh sẽ được sử dụng để giấu tin. Với $\beta = 3$, $\gamma = 2$, $k=1$, dữ liệu được giấu có nội dung : “cong hoa xa hoi chu nghia viet nam.....”.

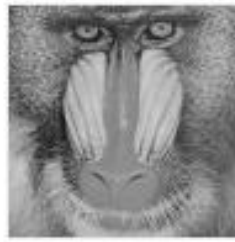
Nguồn lấy ảnh lấy từ [5].



Hình 3.21. a) Tập ảnh gốc sử dụng giấu tin A1



1.png



2.png



3.png



4.png



5.png



6.png



8.png



9.png



10.png

Hình 3.21. b) Tập ảnh đã được giấu thông tin

<i>Ảnh gốc</i>	<i>Ảnh giấu tin</i>	<i>Độ biến dạng PSNR</i>
<i>airplane.png</i>	<i>1.png</i>	<i>68.1241</i>
<i>baboon.png</i>	<i>2.png</i>	<i>61.5031</i>
<i>beer.png</i>	<i>3.png</i>	<i>70.1819</i>
<i>elaine.png</i>	<i>4.png</i>	<i>70.7648</i>
<i>house.png</i>	<i>5.png</i>	<i>68.1480</i>
<i>lena.png</i>	<i>6.png</i>	<i>71.8572</i>
<i>peppers.png</i>	<i>8.png</i>	<i>67.7582</i>
<i>sailboat.png</i>	<i>9.png</i>	<i>68.1172</i>
<i>tiffany.png</i>	<i>10.png</i>	<i>70.3406</i>

Hình 3.22. Độ biến dạng PSNR của ảnh gốc so với ảnh sau khi đã giấu tin

KẾT LUẬN

Báo cáo trình bày tổng quan về giấu thông tin trong ảnh, một trong những lĩnh vực còn khá mới mẻ hiện nay. Đã có rất nhiều phương pháp được đưa ra để giải quyết vấn đề trên, chúng được phân thành 2 loại:

- Giấu tin trên miền không gian: thông tin được giấu trực tiếp trên các điểm ảnh, đây là những kỹ thuật nhằm bảo mật thông tin được giấu áp dụng cho truyền thông tin mật.
- Giấu tin trên miền biến đổi: ảnh sẽ được biến đổi sang miền khác sau đó thông tin được nhúng vào miền biến đổi rồi biến đổi ngược trở lại thành ảnh, đây là những kỹ thuật nhằm bảo vệ ảnh được giấu thường áp dụng để xác thực ảnh.

Báo cáo tập trung nghiên cứu sâu về một trong những kỹ thuật trên đó là kỹ thuật giấu tin trong ảnh thuận nghịch bằng hiệu chỉnh hệ số sóng nhỏ (wavelet), đây là kỹ thuật giấu tin trên miền biến đổi. Ảnh được biến đổi sang miền wavelet, sau đó các hệ số wavelet sẽ được xử lý và nhúng thông tin vào. Để thực hiện quá trình xử lý các hệ số wavelet ta sử dụng các thông số kiểm soát là β , λ , k là các số nguyên dương với $\beta > \lambda$. Để quá trình giấu tin và tách tin thu được kết quả hoàn hảo giá trị của k nên là 1 hoặc 2, nếu $k \geq 3$ thì ảnh bắt đầu có biến dạng mà mắt thường có thể nhận thấy, $k \geq 5$ thì dữ liệu tách ra sẽ bị sai khác. Giá trị β và γ phụ thuộc vào giá trị max của các hệ số biến đổi wavelet, giá trị β và γ càng lớn thì lượng thông tin có thể giấu lớn theo, đồng thời độ biến dạng của ảnh cũng tăng lên. Đây là một kỹ thuật giấu tin trong ảnh mang tính bền vững không gây hư hại cho ảnh mang tin, nhưng chưa thực sự an toàn cho thông tin được giấu. Chính vì thế kỹ thuật này chỉ lên áp dụng giấu thông tin để bảo vệ ảnh nhằm xác thực ảnh.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Xuân Huy, Trần Quốc Dũng, *Giáo trình giấu tin và thủy vân ảnh*, Trung tâm thông tin tư liệu, TTKHTN - CN 2003
- [2]. Ingemar Cox, Jeffrey Bloom, Matthew Miller, Ton Kalker, Jessica Fridrich, *Digital Watermarking and Steganography*, Morgan Kaufmann, 2008
- [3]. Ching-Yu Yang, Chih-Hung Lin, Wu-Chih Hu, *Reversible Data Hiding By Adaptive IWT-coefficient Adjustment*, Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing, ©2011 ISSN 2073-4212, (2011), pp.24 -42
- [4]. USC-SIPI Image Database, Signal and ImageProcessing Institute, University of Southern California, <http://sipi.usc.edu/services/database/Database.html>
- [5]. Dương Ưông Hiền_lớp CT701, “Nghiên cứu kỹ thuật giấu tin mật trên vùng biến đổi DWT”, tiểu án tốt nghiệp ngành CNTT – 2008.
- [6]. Ngô Minh Long – Lớp CT701, “Phát hiện ảnh có giấu tin trên Bit ít ý nghĩa nhất LSB”, tiểu án tốt nghiệp ngành CNTT – 2008.
- [7]. Đỗ Trọng Phú – CT702, “Nghiên cứu kỹ thuật giấu tin trên miền biến đổi DFT”, tiểu án tốt nghiệp ngành CNTT – 2008.
- [8]. Hoàng Thị Huyền Trang – CT802 , “Nghiên cứu kỹ thuật phát hiện ảnh giấu tin trên miền biến đổi của ảnh”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2008.
- [9]. Nguyễn Thị Kim Cúc – CT801, “Nghiên cứu một số phương pháp bảo mật thông tin trước khi giấu tin trong ảnh”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2008.
- [10]. Vũ Tuấn Hoàng – CT801, “Nghiên cứu kỹ thuật phát hiện ảnh có giấu tin dựa trên LSB của ảnh cấp xám”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2008.
- [11]. Vũ Thị Hồng Phương – CT801, “Nghiên cứu kỹ thuật giấu tin trong ảnh gif”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2008.
- [12]. Đỗ Thị Nguyệt – CT901, “Nghiên cứu một số kỹ thuật ước lượng độ dài thông điệp giấu trên bit có trọng số thấp”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2009.
- [13]. Mạc như Hiền – CT901, “Nghiên cứu kỹ thuật giấu thông tin trong ảnh GIF”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2009.
- [14]. Phạm Thị Quỳnh – CT901, “NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT PHÁT HIỆN THÔNG TIN ẨN GIẤU TRONG ẢNH JPEG2000”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2009.
- [15]. Phạm Thị Thu Trang – CT901, “Nghiên cứu kỹ thuật giấu thông tin trong ảnh JPEG2000”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2009.
- [16]. Trịnh Thị Thu Hà – CT901, “NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT PHÁT HIỆN THÔNG TIN ẨN GIẤU TRONG ẢNH GIF”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2009.
- [17]. Vũ Trọng Hùng – CT801, “Kỹ thuật giấu tin thuận nghịch dựa trên miền dữ liệu ảnh”, tiểu án tốt nghiệp ngành CNTT – 2009.

- [18]. Đỗ Lâm Hoàng – CT1001, “Nghiên cứu kỹ thuật giấu tin thuận nghịch trên miền dữ liệu ảnh cấp xám”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2010.
- [19]. Nguyễn trường Huy- CT1001, “Nghiên cứu kỹ thuật giấu tin trên ảnh nhị phân” , đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2010.
- [20]. Vũ Văn Thành- CT1001, “ Tìm hiểu giải pháp và công nghệ xác thực điện tử sử dụng thủy vân số”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2010.
- [21]. Vũ Văn Tập – CT1001, “Nghiên cứu kỹ thuật phát hiện ảnh có giấu tin trên miền dữ liệu của ảnh”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2010.
- [22]. Vũ Khắc Quyết – ct1001, “Nghiên cứu kỹ thuật giấu tin với dung lượng thông điệp lớn”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2010.
- [23]. Phạm Quang Tùng – CT1001, “Tìm hiểu kỹ thuật phát hiện ảnh có giấu tin dựa trên phân tích tương quan giữa các bit LSB của ảnh”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2010.
- [24]. Vũ Thị Ngọc – CT1101, “Nghiên cứu một giải pháp giấu văn bản trong ảnh”.
- [25]. Cao Thị Nhung – CT1101, “Tìm hiểu kỹ thuật thủy vân số thuận nghịch cho ảnh nhị phân”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2011.
- [26]. Hoàng Thị Thuy Dung – CT1101, “Kỹ thuật giấu tin trong ảnh dựa trên MBNS (Multiple Base Notational System)”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2011.
- [27]. Vũ Thùy Dung – CT1101, “Kỹ thuật giấu tin trong ảnh SES (Steganography Evading Statistical analyses)”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2011.
- [28]. Trịnh Văn Thành – CT1101, “Phát hiện ảnh có giấu tin trên LSB bằng phương pháp phân tích cặp mẫu”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2011.
- [29]. Phạm Văn Đại – CT1101, “Kỹ thuật giấu tin dựa trên biến đổi Contourlet”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2011.
- [30]. Nguyễn Mai Hương – CT1101, “Kỹ thuật giấu tin PVD”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2011.
- [31]. Phạm Văn Minh, “Kỹ thuật phát hiện mù cho ảnh có giấu tin bằng LLRT (Logarithm likelihood Ratio Test)”, đề án tốt nghiệp ngành CNTT – 2011.