

LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM

FAIR

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ
QUỐC GIA LẦN THỨ XII

NGHIÊN CỨU CƠ BẢN VÀ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

HUẾ, 07-08/6/2019

Proceedings of the 12th National Conference on
Fundamental and Applied Information Technology Research
(FAIR'2019)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

MỤC LỤC

STT	TÊN BÀI BÁO	Trang
1.	A SENSE TAGGING ALGORITHM USING UNSUPERVISED METHOD <i>Quang Duc Huynh, Phuoc Tran, Huu Nguyen</i>	1
2.	ADVANCED INTELLIGENT IDENTIFICATION OF PMSM PARAMETER USING MODIFIED JAYA OPTIMIZATION ALGORITHM <i>Pham Quoc Khanh, Ho Pham Huy Anh</i>	8
3.	AN EMPIRICAL STUDY OF THE IMPACT OF THE MPOS SYSTEM ON THE PROCESS CHANGE OF RESTAURANTS <i>Nhu Hang Ha, Duc Man Nguyen, Chia An Liu, Thu Van Van, Anh Dao Nguyen, Quyet Thang Huynh</i>	17
4.	AN IMPROVED POSITIVE SELECTION ALGORITHM FOR FLOW-BASED INTRUSION DETECTION <i>Nguyen Van Truong, Nguyen Xuan Hoai</i>	23
5.	AUTOMATED PNEUMONIA DETECTION IN X-RAY IMAGES VIA DEPTHWISE SEPARABLE CONVOLUTION BASED LEARNING <i>Nghia Duong Trung, Tuyen Tran Ngoc, Hiep Xuan Huynh</i>	32
6.	BAG-SVM-SGD FOR DEALING WITH LARGE-SCALE MULTI-CLASS DATASETS <i>Thanh Nghi Do, Huu Hoa Nguyen, The Phi Pham</i>	41
7.	BLACK FRIDAY SALE PREDICTION VIA EXTREME GRADIENT BOOSTED TREES <i>Nghia Duong Trung, Tan Dang Thien, Tien Dao Luu, Hiep Xuan Huynh</i>	49
8.	CẢI THIỆN HIỆU NĂNG CỦA CƠ CHẾ QUẢN LÝ HÀNG ĐỘI ENRED DỰA TRÊN CHIỀU DÀI HÀNG ĐỘI TRUNG BÌNH <i>Mai Thành Trung, Võ Thanh Tú</i>	57
9.	CẢI TIẾN MỘT SỐ THUẬT TOÁN HEURISTIC GIẢI BÀI TOÁN CLIQUE LỚN NHẤT <i>Phan Tấn Quốc, Huỳnh Thị Châu Ái</i>	64
10.	CẢI TIẾN THUẬT TOÁN XỬ LÝ TRUY VẤN TRÊN CƠ SỞ DỮ LIỆU ĐỒ THỊ NEO4J PHÂN TÁN <i>Phạm Hữu Mão, Ngô Thanh Hùng</i>	73
11.	CẢI TIẾN TRỌNG SỐ KẾT HỢP KỸ THUẬT RÚT TRÍCH ĐA ĐẶC ĐIỂM TRONG VIỆC DÒ TÌM NHỮNG BÁO CÁO LỖI TRÙNG NHAU <i>Nhan Minh Phúc, Nguyễn Hoàng Duy Thiện, Dương Ngọc Vân Khanh</i>	78
12.	CHATBOT CHO SINH VIÊN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN <i>Đỗ Thanh Nghị, Hoàng Tùng</i>	85
13.	DATA MINING IN HEALTHCARE SYSTEM ON PATIENTS CLINICAL SYMPTOMS DATASET <i>Trần Đình Toàn, Huỳnh Thị Châu Lan, Trần Văn Thọ, Lê Minh Hưng, Trần Văn Lãng</i>	92
14.	DESIGN OF A FUZZY MEDICAL EXPERT SYSTEM FOR CONSULTING PROSTATE DISEASES <i>Mai Ngọc Anh, Phạm Duy Duong</i>	102
15.	DỰ BÁO GIÁ BITCOIN BẰNG KẾT HỢP MÔ HÌNH ARIMA VÀ MẠNG NƠON <i>Lê Hữu Vinh, Nguyễn Đình Thuận</i>	110

16. DỰ BÁO MỨC NƯỚC SÔNG MEKONG SỬ DỤNG LSTM VÀ DỮ LIỆU QUAN TRÁC THƯỢNG NGUỒN 119
Trần Nguyễn Minh Thư, Nguyễn Hồng Hải, Phạm Trường An
17. ĐÁNH GIÁ CÁC PHƯƠNG PHÁP DỰA TRÊN DEEP LEARNING CHO BÀI TOÁN PHÁT HIỆN LOGO 127
Nguyễn Nhật Duy, Đỗ Văn Tiến, Ngô Đức Thành, Huỳnh Ngọc Tín, Lê Đình Duy
18. ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG CỦA MỘT SỐ GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN THEO YÊU CẦU TRÊN MÔ HÌNH ĐIỂM NHÓM DI ĐỘNG 135
Lê Vũ, Nguyễn Tấn Khởi, Võ Thanh Tú
19. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH KIẾN TRÚC HỆ THỐNG THÔNG TIN TỔNG THỂ TẠI CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM Ở VIỆT NAM 144
Nguyễn Duy Hải, Lê Văn Năm
20. ĐỊNH VỊ NGUỒN PHÁT SÓNG VÔ TUYẾN BẰNG PHƯƠNG PHÁP DRSSI CẢI TIẾN 152
Lê Hải Toàn, Nguyễn Thanh Bình, Lương Vinh Quốc Danh và Nguyễn Thị Trâm
21. FHURIM: THUẬT TOÁN KHAI PHÁ TẬP MỤC HỮU ÍCH CAO HIỂM 159
Huỳnh Triệu Vỹ, Lê Quốc Hải, Trương Ngọc Châu
22. GIẢI PHÁP QUẢN LÝ TÀI SẢN NGĂN CHẶN BẰNG CÔNG NGHỆ BLOCKCHAIN 168
Trương Minh Tuyền, Nguyễn Hoàng Tùng, Huỳnh Phước Hải, Lê Hoàng Anh, Nguyễn Văn Hòa
23. GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN AN NINH SỬ DỤNG CƠ CHẾ XÁC THỰC MẶT KHẨU SỬ DỤNG MỘT LẦN 176
Lê Đức Huy, Lương Thái Ngọc, Võ Thanh Tú
24. GIẤU TIN THUẬN NGHỊCH BẰNG DỰ BÁO TRÊN NGỮ CẢNH ĐIỂM ẢNH KẾT HỢP EMD 183
Trần Hoàng Nam, Huỳnh Văn Thanh, Võ Thành C, Dương Ngọc Vân Khanh, Nguyễn Thái Sơn
25. GIẤU TIN THUẬN NGHỊCH CHO ẢNH STEREO DỰA TRÊN PHƯƠNG PHÁP DỊCH CHUYỂN HISTOGRAM VÀ EMD 191
Huỳnh Văn Thanh, Võ Phước Hưng, Nguyễn Thái Sơn, Trần Hoàng Nam, Đỗ Thanh Nghị
26. HỆ HỖ TRỢ QUYẾT ĐỊNH TRONG CHẨN ĐOÁN BỆNH: TIẾP CẬN TỪ HỆ MỜ PHỨC 199
Lương Thị Hồng Lan, Trần Thị Ngân, Hoàng Thị Minh Châu, Lê Bích Liên, Roãn Thị Ngân
27. HỆ THỐNG PHÂN LOẠI ẢNH XUẤT HUYẾT NÃO THEO HƯỚNG TIẾP CẬN XỬ LÝ DỮ LIỆU LỚN 209
Phan Anh Cang, Phan Thượng Cang, Phạm Duy Khang, La Ngọc Nguyên, Trần Hồ Đạt
28. HỆ THỐNG THU THẬP CHỈ SỐ NƯỚC TIÊU THỤ TỰ ĐỘNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG LoRa 217
Lê Hoàng Văn, Lê Tuấn Anh, Lương Vinh Quốc Danh và Nguyễn Thị Trâm
29. KẾT HỢP KỸ THUẬT GOM NHÓM VÀ PHẢN HỒI TƯƠNG ĐỒNG TRONG TÌM KIẾM ẢNH 225
Nguyễn Tí Hon, Hà Thị Phương Anh, Phạm Thế Phi
30. KỸ THUẬT HỌC SÂU ĐỀ GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN CHẨN ĐOÁN BỆNH LAO PHỔI 234
Đoàn Thiện Minh, Trần Văn Lãng, Văn Đình Vỹ Phương, Phan Mạnh Thường
31. KỸ THUẬT PHÁT HIỆN NHANH VÀ CHẠM CỦA VẢI TRONG THỰC TẠI ẢO SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN SONG SONG 239
Nghiêm Văn Hưng, Đặng Văn Đức, Trịnh Hiền Anh, Hoàng Việt Long, Nguyễn Văn Căn

32.	LEVERAGE THE BLOCKCHAIN TECHNOLOGY TO MANAGE SMART CONTRACT IN ASSET TRADING	247
	<i>Quoc Nhan Vo, Nhat Phuong Tran, Van Dat Ngo, Van Ha Truong, Quyet Thang Huynh, Nhu Hang Ha, Duc Man Nguyen</i>	
33.	MÔ HÌNH CHUỖI THỜI GIAN MỜ BẬC CAO HAI NHÂN TỐ KẾT HỢP VỚI TỐI ƯU BẦY ĐÀN CHO DỰ BÁO NHIỆT ĐỘ VÀ THỊ TRƯỜNG CHỨNG KHOÁN	257
	<i>Nghiêm Văn Tĩnh, Nguyễn Công Điều</i>	
34.	MỘT CÁI TIẾN VỀ ĐIỀU KHIỂN CHẤP NHẬN LẬP LỊCH DỰA TRÊN DỰ BÁO TỐC ĐỘ CHỤM ĐẾN KẾT HỢP ĐƯỜNG TRẼ FDL	268
	<i>Phạm Trung Đức, Võ Viết Minh Nhật, Đặng Thanh Chương</i>	
35.	MỘT KỸ THUẬT ĐỊNH VỊ ĐỐI TƯỢNG TRONG HỆ THỐNG CAMERA GIÁM SÁT PHỤC VỤ THEO DÕI TRỰC QUAN	277
	<i>Đỗ Năng Toàn, Hà Mạnh Toàn, Phạm Bá Mấy, Ngô Đức Vĩnh</i>	
36.	MỘT MÔ HÌNH HỌC SÂU CHO PHÁT HIỆN CẢM XÚC KHUÔN MẶT	284
	<i>Nguyễn Thị Duyên, Trương Xuân Nam, Nguyễn Thanh Tùng</i>	
37.	MỘT PHƯƠNG PHÁP CHUYỂN ĐỔI MÔ HÌNH STER SANG OWL ONTOLOGY	290
	<i>Nguyễn Văn Toàn, Võ Hoàng Liên Minh, Nguyễn Thế Anh, Hoàng Quang</i>	
38.	MỘT PHƯƠNG PHÁP LỰA CHỌN THUỘC TÍNH GOM CỤM SỬ DỤNG LÝ THUYẾT THÔNG TIN	298
	<i>Phạm Công Xuyên, Nguyễn Thanh Tùng</i>	
39.	MỘT PHƯƠNG PHÁP TRA CỨU ẢNH HỌC BIỂU DIỄN VÀ HỌC ĐA TẬP CHO GIÁM CHIỀU VỚI THÔNG TIN TỪ NGƯỜI DÙNG	307
	<i>Cù Việt Dũng, Nguyễn Hữu Quỳnh, Ngô Quốc Tạo, Trần Thị Minh Thu</i>	
40.	MỘT PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG NGỮ LIỆU SONG NGỮ ANH-VIỆT TỪ NGUỒN TÀI NGUYÊN INTERNET	315
	<i>Dương Minh Hùng, Lê Mạnh Thạnh, Lê Trung Hiếu</i>	
41.	MỘT THUẬT TOÁN THỦY VÂN ẢNH SỐ MẠNH DỰA TRÊN DWT, DCT, SVD VÀ ĐẶC TRUNG SIFT	322
	<i>Võ Thành C, Võ Phước Hưng, Trầm Hoàng Nam, Nguyễn Thái Sơn, Đỗ Thanh Nghị</i>	
42.	NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH VIỄN THĂM DỰA TRÊN PHÂN CỤM BẢN GIÁM SÁT MỜ	330
	<i>Nguyễn Tu Trung, Trần Mạnh Tuấn, Đặng Thị Thu Hiền, Nguyễn Huy Đức, Kiều Tuấn Dũng, Nguyễn Văn Nam, Đỗ Oanh Cường</i>	
43.	NGHIÊN CỨU CƠ CHẾ TRUYỀN LẠI CHỤM CÓ ĐIỀU KHIỂN TRÊN MẠNG TCP/OBS	377
	<i>Dương Phước Đạt, Lê Mạnh Thạnh, Võ Viết Minh Nhật</i>	
44.	NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH MẠNG ĐỘNG CHO BÀI TOÁN LẬP LỊCH TÀI NGUYÊN TRONG MẠNG LONG TERM EVOLUTION (LTE)	345
	<i>Lê Minh Tuấn, Lê Hoàng Sơn, Phạm Thị Minh Phương, Vũ Như Lân, Đặng Thanh Hải, Đinh Thu Khánh</i>	
45.	NHẬN DẠNG CÁC BỘ PHẬN TRÊN ĐỐI TƯỢNG 3D DỰA VÀO KỸ THUẬT HỌC SÂU MASK R-CNN	353
	<i>Lê Tiến Mẫu, Nguyễn Tấn Khôi, Romain Raffin</i>	
46.	NHẬN DẠNG TRANG WEB CÓ NỘI DUNG KHIÊU DÂM DỰA TRÊN TEXT VÀ IMAGE	361
	<i>Phan Đình Duy, Nguyễn Văn Thanh, Vũ Đức Lung</i>	

GIẤU TIN THUẬN NGHỊCH BẰNG DỰ BÁO TRÊN NGỮ CẢNH ĐIỂM ẢNH KẾT HỢP EMD

Trần Hoàng Nam¹, Huỳnh Văn Thanh¹, Võ Thành C¹, Dương Ngọc Vân Khanh¹, Nguyễn Thái Sơn²

¹ Bộ môn Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Trà Vinh

² Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh

tramhoangnam@tvu.edu.vn, hvthanh@tvu.edu.vn, vothanhc@tvu.edu.vn, vankhanh@tvu.edu.vn, thaison@tvu.edu.vn

TÓM TẮT: Để bảo vệ thông tin mật, có nhiều phương pháp giấu tin đã được đề xuất. Tuy nhiên, các giải pháp này đạt được khả năng nhúng tin thấp và chất lượng ảnh sau khi nhúng tin không được như mong muốn. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một giải pháp giấu tin thuận nghịch mới dựa trên sự kết hợp của kỹ thuật dự báo trên ngữ cảnh điểm ảnh và EMD. Trong giải pháp đề xuất, điểm ảnh đầu tiên của khối có kích thước 2×2 sẽ được dự báo bởi các điểm ảnh còn lại trong khối. Sau đó một lược đồ tần suất về sai số giữa điểm ảnh gốc và điểm ảnh dự báo sẽ được xây dựng. Cuối cùng kỹ thuật EMD được sử dụng để nhúng dữ liệu vào ảnh. Bằng cách sử dụng kỹ thuật EMD, thì mỗi cặp điểm ảnh thỏa điều kiện có khả năng nhúng được ba bit thông tin thay vì chỉ nhúng được một bit thông tin ở các giải pháp trước. Kết quả thực nghiệm cho thấy, phương pháp đề xuất không chỉ cải thiện khả năng nhúng 1,5 lần mà chất lượng ảnh luôn tốt hơn so với các giải pháp trước đây.

Từ khóa: dự báo, dịch chuyển lưu đồ, EMD, giấu tin, thuận nghịch.

I. GIỚI THIỆU

Với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin, dữ liệu số được lưu trữ và chia sẻ trên môi trường mạng ngày càng dễ dàng hơn. Các thông tin số này đang đối mặt với việc bị chiếm đoạt hay phá hoại nhằm làm thay đổi nội dung gốc từ những kẻ tấn công. Từ thực trạng đó, vấn đề bảo vệ bản quyền cho các nội dung số ngày càng được các nhà nghiên cứu quan tâm. Trước đây, phương pháp dùng mật mã (cryptography) là một sự lựa chọn tốt để giải quyết vấn đề này. Phương pháp dùng mật mã là kỹ thuật chia sẻ thông tin bằng cách chuyển thông tin từ dạng có ý nghĩa thành dạng không thể hiểu được nếu không có chìa khóa giải mã. Tuy nhiên, cách làm này sẽ gây sự chú ý, tò mò của kẻ phá hoại để tìm cách bẻ khóa xem thông tin bất hợp pháp. Gần đây, một phương pháp bảo vệ khác được nhiều nhà nghiên cứu xem trọng, đó là giải pháp giấu tin mật (steganography). Đó là kỹ thuật giấu thông tin cần được bảo vệ vào bên trong một thông tin khác. Kỹ thuật này có ưu điểm là thông tin không chỉ được bảo vệ mà còn che giấu được sự tồn tại của nó. Vì vậy, phương pháp giấu tin mật sẽ bảo vệ thông tin tốt hơn.

Có nhiều kỹ thuật để giấu tin mật vào đối tượng mang tin khác. Các đối tượng mang tin có thể là các tập tin âm thanh, hình ảnh, văn bản,... Các phương pháp giấu tin phải đảm bảo rằng các đối tượng mang tin phải được trong suốt với mắt người dùng. Điều này nhằm tránh việc phát hiện có thông tin đang ẩn giấu bên trong đối tượng. Tuy nhiên, bằng cách chèn thông tin mật như thế sẽ làm cho đối tượng mang tin thay đổi so với ban đầu. Một số phương pháp giấu tin, mà khi trích tin mật ra thì không có khả năng khôi phục lại đối tượng mang tin trở về trạng thái ban đầu. Phương pháp này được gọi là phương pháp giấu tin không thuận nghịch (irreversible data hiding). Ngược lại, các phương pháp giấu tin, mà đối tượng mang tin sẽ được khôi phục hoàn toàn về trạng thái ban đầu sau khi đã lấy được thông tin mật, thì được gọi là phương pháp giấu tin thuận nghịch (reversible data hiding) [1]. Các kỹ thuật giấu tin không thuận nghịch thường đơn giản, dễ cài đặt. Trong cách giấu tin này, thông tin có thể được giấu rất nhiều, đồng thời tin được giấu cũng được trích xuất một cách dễ dàng, chính xác. Tuy nhiên, do không thể phục hồi lại đối tượng mang tin trước đó nên không được áp dụng trong các lĩnh vực đặc biệt như trong y khoa, bản đồ quân sự, chữ ký điện tử,... Cho nên, cần phải có các giải pháp giấu tin thuận nghịch để đáp ứng các lĩnh vực này.

Thông tin mật có thể được giấu trong nhiều đối tượng mang tin khác nhau. Tuy nhiên, bởi tính phổ biến của các ảnh số trên môi trường truyền thông mạng như hiện nay, cho nên giấu tin trong ảnh đang được nhiều nhà nghiên cứu thực hiện. Giấu tin thuận nghịch trong ảnh có thể chia thành ba phương pháp chính sau: (1) giấu tin dựa vào mở rộng sự khác biệt DE (difference expansion) của các cặp điểm ảnh [1]-[4], (2) giấu tin dựa vào dịch chuyển lưu đồ HS (histogram shifting) của các điểm ảnh [5]-[10] và (3) giấu tin dựa trên phương pháp dự báo (prediction) cho một điểm ảnh bằng các điểm ảnh lân cận hay còn gọi là dự báo dựa trên ngữ cảnh [11]-[21]. Trong phương pháp DE truyền thống được đề xuất bởi J. Tian [1], chất lượng ảnh sau khi nhúng phụ thuộc vào sự khác biệt của cặp điểm ảnh được chọn. Vì vậy, khi sự khác biệt này càng ít thì chất lượng ảnh càng được cải thiện. Do một cặp điểm ảnh sau khi mở rộng chỉ nhúng được một bit dữ liệu nên khả năng nhúng của phương pháp này chưa cao (khoảng 0,5 bpp) và chất lượng ảnh cũng bị ảnh hưởng nhiều. Hơn nữa, phương pháp này cần dùng bản đồ định vị (location map) để quản lý các điểm ảnh được nhúng hoặc không nhúng nên cũng ảnh hưởng đến hiệu suất nhúng. Để cải thiện khả năng nhúng, Alattar [2] cải tiến phương pháp DE bằng cách nhóm mỗi ba điểm ảnh để nhúng hai bit dữ liệu. Bên cạnh đó, bằng cách sử dụng kỹ thuật sắp xếp và biến đổi sóng ngắn, Kamstra [3] cũng đã cải tiến phần nào hiệu suất nhúng của phương pháp DE. Năm 2008, H.J. Kim [4] tiếp tục phát triển kỹ thuật này để có hiệu suất nhúng cao và chất lượng ảnh mang tin tốt hơn. Phương pháp này thực hiện cải tiến bản đồ định vị nhờ sử dụng phân phối Laplace. Trong phương pháp giấu tin thuận nghịch thứ hai (dịch chuyển lưu đồ HS), trước hết, một lưu đồ (histogram) thể hiện tần suất các giá trị điểm ảnh được

xây dựng. Trong lưu đồ này sẽ xuất hiện một cột cao nhất (gọi là peak point) được dùng để giấu tin. Để đảm bảo khả năng rút tin và khôi phục ảnh gốc thành công, các cột nằm giữa peak point và zero point (cột thấp nhất trong lưu đồ) cần được dịch chuyển sang phải một đơn vị. Do đó, khả năng nhúng của phương pháp này sẽ phụ thuộc vào chiều cao của peak point. Ni và các cộng sự [5] đã đề xuất phương pháp giấu tin dựa vào HS đầu tiên, trong phương pháp của Ni, tần suất xuất hiện cao nhất của một điểm ảnh nào đó chính là khả năng nhúng tin tối đa. Năm 2009, Gao [7] đề xuất chia ảnh đầu vào thành các khối không trùng lặp, sau đó chèn nhúng tin vào các khối phù hợp thông qua một ngưỡng T cho trước. Ngược lại với phương pháp DE và HS, phương pháp giấu tin ở dạng thứ ba sẽ tìm giá trị dự báo của một điểm ảnh gốc dựa vào các điểm ảnh lân cận gọi là ngữ cảnh dự báo. Sau đó, thông tin mật được giấu vào giá trị mở rộng khác biệt giữa giá trị điểm ảnh gốc và điểm ảnh lân cận. Phương pháp này được đề xuất đầu tiên bởi Thodi và cộng sự [11] vào năm 2004. Trong phương pháp này, mỗi điểm ảnh x sẽ được dự báo bởi các điểm ảnh lân cận, giá trị dự báo càng gần với x thì càng làm tăng khả năng nhúng tin. Năm 2009, Sachnev và các cộng sự [14] đề xuất phương pháp cải tiến nhằm loại bỏ bản đồ định vị. Ở phương pháp này, phương sai ngữ cảnh dự báo của điểm ảnh gốc (phương sai cục bộ) được xác định. Sau đó, các điểm ảnh được sắp xếp theo thứ tự tăng của phương sai cục bộ nhằm làm giảm sự khác biệt giữa giá trị dự báo và điểm ảnh gốc để tăng khả năng nhúng. Li [19] đề xuất chia ảnh gốc thành nhiều khối không trùng lặp và điểm ảnh có giá trị lớn thứ hai trong khối được dùng để dự báo cho điểm ảnh có giá trị lớn nhất. Bằng cách tính giá trị sai khác của giá trị điểm ảnh lớn nhất và lớn thứ hai ở mỗi khối. Nếu sự sai khác này là 1 thì khối được chọn để nhúng thông tin, nghĩa là điểm ảnh mang giá trị lớn nhất sẽ được giữ nguyên (nếu bit nhúng là 0) hoặc tăng 1 (nếu bit nhúng là 1). Ngược lại, khi sự sai khác lớn hơn 0 thì điểm ảnh lớn nhất trong khối này được dịch chuyển 1 đơn vị. Do đó, khả năng nhúng của phương pháp này còn hạn chế khi hai giá trị điểm ảnh lớn nhất trong khối không giống nhau. Năm 2014, Peng [20] tiếp tục cải tiến phương pháp này bằng cách nhúng thông tin mật vào cả các khối có giá trị sai khác bằng 0 hoặc 1, nên khả năng nhúng được cải thiện đáng kể. Năm 2015, Qu [21] đưa ra phương pháp giấu tin bằng cách chia ảnh thành các khối nhỏ liên tiếp nhau có trùng lặp, sau đó tìm giá trị dự báo của điểm ảnh gốc dựa vào các điểm ảnh lân cận trong mỗi khối này. Tiếp theo, sự khác biệt giữa giá trị dự báo và giá trị gốc được tính và thực hiện giấu tin thông qua sự khác biệt này. Phương pháp này làm tăng khả năng nhúng đáng kể, đặc biệt là đối với các ảnh mịn (ít có sự khác biệt quá lớn ở các khối). Tuy nhiên, phương pháp này cũng chỉ nhúng được tối đa một bit dữ liệu trên mỗi khối nên khả năng nhúng vẫn còn hạn chế. Nhằm nâng cao khả năng giấu tin của Qu mà vẫn duy trì được chất lượng ảnh, chúng tôi đề xuất một phương pháp giấu tin thuận nghịch mới dựa trên dự báo và kết hợp cơ chế nhúng EMD. Trong phương pháp đề xuất, ảnh gốc được thành các khối 2×2 và tiến hành dự báo cho điểm ảnh đầu tiên của từng khối. Để tăng độ chính xác của dự báo chúng tôi dùng ba điểm ảnh còn lại để dự báo cho một điểm ảnh đầu tiên của mỗi khối. Tiếp theo, chúng tôi tính giá trị sai số dự báo. Cuối cùng, một lưu đồ histogram được xây dựng từ các giá trị sai số này để giấu tin. Bên cạnh đó, để tăng khả năng giấu tin, giải pháp đề xuất còn sử dụng thêm bảng điều hướng nhúng EMD để dịch chuyển lưu đồ. Bằng cách dùng bảng điều hướng nhúng, mỗi cặp giá trị thoả mãn điều kiện sẽ nhúng được ba bit dữ liệu thay vì chỉ nhúng hai bit.

II. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

A. Giới thiệu EMD (Exploiting Modification Direction)

Năm 2006, Zhang [22] lần đầu tiên đề xuất phương pháp giấu tin bằng EMD. Trong phương pháp của Zhang, mỗi giá trị thông tin mật trong hệ $2n+1$ sẽ được giấu trong n điểm ảnh. Chẳng hạn như để giấu số 7 trong hệ 9 thì cần đến bốn điểm ảnh. Năm 2007, cơ chế nhúng theo EMD được cải tiến bởi Lee [23] bằng cách chuyển chuỗi thông tin mật B ở hệ nhị phân thành chuỗi thông tin mật D ở hệ 8, theo đó cứ ba bit của chuỗi nhị phân B sẽ chuyển thành một số ở hệ 8 để tạo thành chuỗi $D = \{d_1, d_2, \dots\}$. Sau đó, hai điểm ảnh X, Y sẽ được nhúng một giá trị di trong D bằng cách giữ nguyên hoặc tăng, hoặc giảm một giá trị tùy thuộc vào kết quả so sánh di với giá trị của hàm $f(X, Y) = (X+3Y) \bmod 8$.

B. Phương pháp của Qu và các cộng sự

Năm 2015, Qu và các cộng sự [21] đưa ra phương pháp giấu tin thuận nghịch dựa trên tập hợp các điểm ảnh ngữ cảnh C , trong đó mỗi điểm ảnh được dự báo bằng một số các điểm ảnh lân cận được thể hiện như hình sau:

X	C ₁	C ₄	C ₉
C ₂	C ₃	C ₆	C ₁₁
C ₅	C ₇	C ₈	C ₁₃
C ₁₀	C ₁₂	C ₁₄	C ₁₅

Hình 1. Các điểm ảnh ngữ cảnh trong [21]

Trong cách dự báo của Qu, các điểm ảnh lân cận (các điểm ảnh ngữ cảnh) với điểm ảnh gốc x được sắp xếp theo thứ tự tăng dần và tạo thành một vectơ $C = (C_1, C_2, \dots, C_{CN})$ với CN là số lượng điểm ảnh lân cận dùng để dự báo cho điểm ảnh gốc x . Giả sử $\max(C)$, $\min(C)$ tương ứng là giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của các điểm ảnh trong $C = \{C_1, C_2, \dots, C_{CN}\}$. Khi đó có hai trường hợp xảy ra ở vectơ C là: $\max(C) = \min(C)$ hoặc $\max(C) \neq \min(C)$. Với \hat{x} là giá trị dự báo của điểm ảnh x , khi đó \hat{x} được tính theo các công thức (1) hoặc (2) như sau:

Trường hợp $\max(C) \neq \min(C)$:

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

Hình 3. Bảng điều hướng EMD

B. Xây dựng bản đồ định vị

Trước khi nhúng tin, để tránh tình huống vượt ngưỡng hoặc dưới ngưỡng (giá trị điểm ảnh nằm ngoài $[0, 255]$), chúng tôi tiến hành xây dựng bản đồ định vị. Trong giải pháp này, do giá trị mỗi điểm ảnh hoặc giữ nguyên hoặc chỉ thay đổi ± 1 nên chúng tôi tiến hành thay đổi tất cả các điểm ảnh có giá trị 255 thành 254 và các điểm ảnh có giá trị 0 thành 1. Cụ thể, một ma trận LM có kích thước bằng với kích thước ảnh gốc được tạo ra. Trên ma trận này chỉ chứa 2 giá trị là 0 hoặc 1 như sau: nếu giá trị của điểm ảnh gốc ở vị trí (i, j) là 255 thì sẽ chuyển thành 254 hoặc 0 thì sẽ được chuyển thành 1 và khi đó $LM(i, j) = 1$. Các điểm ảnh có giá trị từ 1 đến 254 thì không cần định vị. Tức là nếu nếu $LM(i, j) = 0$ mà điểm ảnh tại vị trí (i, j) đó là 254 hoặc 0 thì đó là điểm ảnh gốc. Bản đồ định vị này được nén lại theo kỹ thuật nén mã hóa số học để giảm kích thước và cũng nhúng vào ảnh gốc ở dòng cuối cùng.

C. Quá trình giấu tin

Đầu tiên ảnh gốc I được chia ra thành các khối 2×2 như hình 4. Sau đó tiến hành dự báo cho điểm ảnh gốc x ở từng khối bằng các điểm ảnh ngữ cảnh theo công thức (5). Như vậy, ở mỗi khối, điểm ảnh gốc x có thể được dự báo bởi giá trị lớn nhất $\max(C)$ hoặc nhỏ nhất $\min(C)$ của khối. Có hai trường hợp xảy ra là (1): giá trị các điểm ngữ cảnh phân bố đều và (2): giá trị các điểm ảnh ngữ cảnh bằng nhau. Trong trường hợp (1), nếu $x \leq \min(C)$ thì giá trị dự báo \hat{x} là $\min(C)$, nếu $x \geq \max(C)$ thì giá trị dự báo \hat{x} là $\max(C)$, các trường hợp còn lại của x thì không dự báo. Ở trường hợp (2), nếu $x \leq \min(C)$ thì giá trị dự báo \hat{x} là $\min(C)$, còn lại cũng không dự báo.

X	C ₁
C ₂	C ₃

Hình 4. Các điểm ảnh ngữ cảnh của giải pháp đề xuất

$$\hat{x} = \begin{cases} \min(C) & \text{nếu } \min(C) \neq \max(C), x \leq \min(C) \\ \max(C) & \text{nếu } \min(C) \neq \max(C), x \geq \max(C) \\ VC & \text{nếu } \min(C) = \max(C) = VC, x \leq VC \\ \text{không dự báo cho khối này} & \end{cases} \quad (5)$$

Tiếp theo, sự sai khác của điểm ảnh gốc x với điểm ảnh đã dự báo \hat{x} trong từng khối được tính bằng công thức (6).

$$dif = x - \hat{x} \quad (6)$$

Sau đó, với mỗi điểm ảnh đã được dự báo mà có sự sai khác dif bằng không, chúng tôi sẽ tiến hành nhúng một giá trị của chuỗi điều hướng EMD vào giá trị sai khác này. Cuối cùng thu được điểm ảnh x' đã được giấu tin mật. Quá trình giấu tin để tạo thành điểm ảnh x' được thể hiện chi tiết qua thuật toán nhúng tin như bên dưới.

Thuật toán nhúng tin

+ Đầu vào: ảnh gốc I , thông tin mật B

+ Đầu ra: ảnh mang tin mật I'

Bước 1: lưu lại bit ít quan trọng nhất (LSB) của $24 + 2 \log_2(n \times m)$ điểm ảnh ở dòng cuối cùng của ảnh gốc tạo thành chuỗi S_{SLB} . Kết hợp chuỗi S_{SLB} đó với thông tin mật B và tạo chuỗi điều hướng nhúng W từ chuỗi kết hợp này bằng cách sử dụng bảng EMD ở hình 3.

Bước 2: chia ảnh gốc I có kích thước $n \times m$ thành các khối C có kích thước 2×2 . Trong mỗi khối C đó, tiến hành dự báo cho điểm ảnh đầu tiên x bằng 3 điểm ảnh còn lại theo công thức (5).

Bước 3: tính sự sai khác của điểm ảnh gốc x với giá trị dự báo của nó (\hat{x}) bởi công thức (6) và xây dựng histogram cho các giá trị sai khác này.

Bước 4: nếu khối có $dif = 0$, tức là điểm ảnh gốc của khối đó có thể mang tin, ta tiến hành nhúng một giá trị w của chuỗi điều hướng W vào sự sai khác đó. Ngược lại, nếu khối có $dif \neq 0$ thì sẽ không được nhúng tin mà sẽ mở rộng histogram để đảm bảo cho việc trích tin và phục hồi ảnh gốc. Do đó, giá trị sai khác dif sẽ được nhúng tin hoặc mở rộng thành dif' theo công thức (7) hoặc (8). Trong đó $\max(C)$ và $\min(C)$ lần lượt là giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của khối, $mark$ dùng để ghi nhận giá trị mật w nhúng vào là âm ($w = -1$) hay không âm ($w = 0$ hoặc $w = 1$). Ta có 2 trường hợp của dif' như sau:

Trường hợp $\max(C) \neq \min(C)$

$$dif' = \begin{cases} dif - w, mark = 0 \text{ nếu } x \leq \min(C), dif = 0, w \geq 0 \\ dif + w, mark = 1 \text{ nếu } x \leq \min(C), dif = 0, w < 0 \\ dif - 1 \text{ nếu } dif < 0 \\ dif + w, mark = 0 \text{ nếu } x \geq \max(C), dif = 0, w \geq 0 \\ dif - w, mark = 1 \text{ nếu } x \geq \max(C), dif = 0, w < 0 \\ dif + 1 \text{ nếu } dif > 0 \end{cases} \quad (7)$$

Trường hợp $\max(C) = \min(C)$

$$dif' = \begin{cases} dif - w, mark = 0 \text{ nếu } dif = 0, w \geq 0 \\ dif + w, mark = 1 \text{ nếu } dif = 0, w < 0 \\ dif - 1 \text{ nếu } dif < 0 \end{cases} \quad (8)$$

Bước 5: gọi x' là giá trị điểm ảnh sau khi đã mang tin mật hoặc đã được mở rộng, ta có x' được tính theo công thức (9).

$$x' = \hat{x} + dif' \quad (9)$$

Lặp lại bước 3 cho đến khi không hết tất cả các giá trị của tin mật hoặc các khối của ảnh gốc đều được nhúng tin hoặc mở rộng.

Bước 6: những thông tin hỗ trợ cho việc rút tin vào ảnh gốc

Bằng cách sử dụng bit ít quan trọng nhất (LSB) của $24 + 2 \log_2(n \times m)$ điểm ảnh ở dòng cuối cùng của ảnh gốc. Ta tiến hành nhúng các thông tin hỗ trợ như bảng EMD, LM và mark vào các LSB này nhằm giúp cho người nhận có thể trích tin mật chính xác và phục hồi hoàn toàn ảnh gốc. Cuối cùng, ta sẽ thu được ảnh mang tin mật I' .

Thuật toán rút tin

+ Đầu vào: ảnh mang tin mật I'

+ Đầu ra: ảnh khôi phục $I'' = I$, thông tin mật B

Bước 1: Ảnh mang tin mật I' được chia thành các khối C' có kích thước 2×2 . Trong mỗi khối C' đó, tiến hành dự báo cho điểm ảnh đầu tiên x' bằng 3 điểm ảnh còn lại theo công thức (5).

Bước 2: tiến hành trích bảng EMD, bản đồ định vị LM và mark ở LSB của $24 + 2 \log_2(n \times m)$ điểm ảnh ở dòng cuối cùng của I' để phục vụ cho việc khôi phục tin mật B .

Bước 3: duyệt ảnh theo chiều từ cuối ảnh về đầu ảnh, tính sự sai khác của điểm ảnh gốc x' với giá trị dự báo của nó (\hat{x}') bởi công thức $dif' = x' - \hat{x}'$ (10).

Bước 4: với mỗi khối có $dif' = 0$, $dif' = -1$ hoặc $dif' = 1$ ta tiến hành trích giá trị tin mật w'_i (tin mật này ở dạng chuỗi điều hướng EMD). Ngược lại, các khối có $dif' < -1$ hoặc $dif' > 1$ thì không mang tin và sẽ được thu hẹp (dịch chuyển histogram) để đảm bảo cho việc phục hồi ảnh gốc. Do đó, giá trị sai khác dif' sẽ được trích tin hoặc thu hẹp thành dif'' như công thức (11), (12) hoặc (13) với $\max(C')$ và $\min(C')$ lần lượt là giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của khối. Ta có 3 trường hợp của dif'' như sau:

$$\text{Trường hợp } \max(C') \neq \min(C') \text{ và } \hat{x}' = \min C' \quad (11)$$

$$dif'' = \begin{cases} dif' + 1, w' = 1 \text{ nếu } dif' = -1, mark = 0 \\ dif' + 1, w' = -1 \text{ nếu } dif' = -1, mark = 1 \\ dif', w = 0 \text{ nếu } dif' = 0, mark = 0 \\ dif' + 1 \text{ nếu } dif' < -1 \end{cases}$$

$$\text{Trường hợp } \max(C') \neq \min(C') \text{ và } \hat{x}' = \max C' \quad (12)$$

$$dif'' = \begin{cases} dif', w' = 0 \text{ nếu } dif' = 0, mark = 0 \\ dif' - 1, w' = 1 \text{ nếu } dif' = 1, mark = 0 \\ dif' - 1, w' = -1 \text{ nếu } dif' = 1, mark = 1 \\ dif' - 1 \text{ nếu } dif' > 1 \end{cases}$$

$$\text{Trường hợp } \max(C') = \min(C') \quad (13)$$

$$dif'' = \begin{cases} dif' + 1, w' = 1 \text{ nếu } dif' = -1, mark = 0 \\ dif' + 1, w' = -1 \text{ nếu } dif' = -1, mark = 1 \\ dif', w = 0 \text{ nếu } dif' = 0, mark = 0 \\ dif' + 1 \text{ nếu } dif' < -1 \end{cases}$$

Bước 5: gọi x'' là giá trị điểm ảnh sau khi đã trích tin mật hoặc đã được thu hẹp, khi đó x'' được tính theo công thức (14).

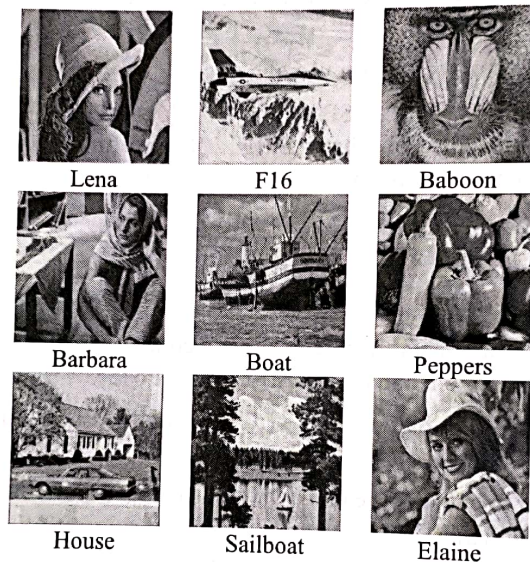
$$x'' = \hat{x} + dif'' \quad (14)$$

Lập lại bước 4 cho đến khi tất cả các khối đều được xử lý, ta thu được ảnh I'' và chuỗi điều hướng W' . Sau khi thu được ảnh I'' , ta kết hợp với ma trận LM để phục hồi ảnh gốc. Bằng cách duyệt qua toàn bộ ảnh I'' và chuyển tất cả các điểm ảnh ở vị trí (i, j) mà $I''(i, j) = 254$ và $LM(i, j) = 1$ thành 255, tương tự vậy các điểm ảnh ở vị trí (i, j) mà $I''(i, j) = 1$ và $LM(i, j) = 1$ thì sẽ chuyển thành 0.

Bước 6: lần lượt tham chiếu từng giá trị w' của chuỗi W' vào bảng EMD đã trích ở bước 2 để xây dựng lại chuỗi thập phân D . Tiếp theo, ta chuyển các giá trị thập phân của D về chuỗi nhị phân để thu được chuỗi tin mật B ban đầu và chuỗi S_{SLB} . Sau đó, lần lượt thay LSB của $24 + 2 \log_2(n \times m)$ điểm ảnh ở dòng cuối cùng của ảnh I'' bằng các bit của chuỗi S_{SLB} . Cuối cùng ta phục hồi được hoàn toàn ảnh gốc với $I'' = I$.

IV. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong phần này, hiệu quả của phương pháp đề xuất được thể hiện bằng cách so sánh nó với IPVO [20] và PPVO [21]. Tập dữ liệu dùng để thực nghiệm cho phương pháp đề xuất là các ảnh xám gồm 9 ảnh phổ biến: Lena, F16, Baboon, Barbara, Boat, Peppers, House, Sailboat và Elaine. Tất cả các ảnh đều có kích thước 512×512 như hình sau:



Hình 5. Tập dữ liệu thực nghiệm

Bảng 1. So sánh khả năng nhúng tối đa (bits) của giải pháp đề xuất với các giải pháp khác

Ảnh	IPVO	PPVO	Đề xuất
Lena	38.000	44.461	66.690
F16	52.000	68.305	102.456
Baboon	13.000	14.360	21.540
Barbara	29.000	32.426	48.639
Boat	26.000	29.430	44.145
Peppers	30.000	36.947	55.824
House	46.000	65.212	97.818
Sailboat	26.000	30.324	45.486
Elaine	24.000	27.490	41.235
Trung Bình	31.556	38.773	58.204

Từ kết quả thực nghiệm ở bảng 1, ta dễ dàng nhận thấy rằng phương pháp đề xuất có tỉ lệ nhúng tăng hơn 80% so với phương pháp trong IPVO và 50% so với phương pháp trong PPVO, trong khi đó chất lượng ảnh vẫn duy trì ở mức cao và tốt hơn so với phương pháp [21]. Cụ thể chất lượng ảnh luôn duy trì ở mức trên 53 dB.

Kết quả thực nghiệm ở bảng 2 cho thấy ở mức nhúng 10.000 hoặc 20.000 bit giải pháp đề xuất cũng cho chất lượng ảnh tốt hơn so với giải pháp trong IPVO và PPVO. Ngoài ra, đối với ảnh phức tạp như ảnh Baboon thì giải pháp đề xuất vẫn có thể nhúng ở mức 20.000 bit với PSNR khoảng 61 dB trong khi IPVO và PPVO lại không thực hiện được.

Bảng 2. So sánh chất lượng ảnh (PSNR) khi nhúng 10.000 bit và 20.000 bit của giải pháp đề xuất với các giải pháp khác

Ảnh	Mức nhúng 10.000 bit và 20.000 bit của giải pháp đề xuất với các giải pháp khác					
	Mức nhúng 10.000 bit			Mức nhúng 20.000 bit		
	IPVO	PPVO	Đề xuất	IPVO	PPVO	Đề xuất
Lena	60,5	60,1	64,3	56,5	57,4	61,6
F16	62,9	61,7	63,0	59,0	58,8	61,4
Baboon	53,6	54,2	56,8			55,4
Barbara	60,1	59,6	61,5	55,2	56,4	59,4
Boat	57,3	58,3	60,9	53,9	55,8	58,9
Peppers	59,0	58,6	61,3	54,7	56,4	59,5
House	63,4	64,1	66,5	59,3	61,1	64,5
Sailboat	58,9	59,8	61,1	53,6	56,4	59,6
Elaine	55,3	58,6	61,8	52,6	55,4	59,4
Trung Bình	63,0	63,4	66,1	55,6	57,2	59,9

V. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, một giải pháp giấu tin thuận nghịch mới được đề xuất dựa trên phương pháp của Qu và các đồng sự [21] bằng cách xây dựng xây dựng lưu đồ histogram của điểm ảnh đã dự báo ở từng khối kết hợp với sử dụng bảng điều hướng nhúng EMD. Nhờ kết hợp phương pháp này mà thông tin được giấu vào ảnh tăng đáng kể so với phương pháp [21] trong khi chất lượng ảnh mang tin vẫn rất cao. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, phương pháp đề xuất đã làm tăng 50% số lượng tin được giấu so với phương pháp cũ và chất lượng ảnh luôn duy trì ở mức trên 53 dB. Ngoài ra, giải pháp đề xuất cũng đảm bảo được tính thuận nghịch vì thế có thể áp dụng vào các lĩnh vực đặc biệt như trong ảnh y khoa, bản đồ quân sự, chữ ký điện tử,...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. Tian, "Reversible data embedding using a difference expansion," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 13, no. 8, pp. 890-896, Aug. 2003.
- [2] A. M. Alattar, "Reversible watermark using the difference expansion of a generalized integer transform," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 8, pp. 1147-1156, Aug. 2004.
- [3] L. Kamstra and H. J. A. M. Heijmans, "Reversible data embedding into images using wavelet techniques and sorting," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 14, no. 12, pp. 2082-2090, Dec. 2005.
- [4] H. J. Kim, V. Sachnev, Y. Q. Shi, J. Nam, and H. Choo, "A Novel Difference Expansion Transform for Reversible Data Embedding," *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 3, no. 3, pp. 456-465, Sep. 2008.
- [5] Zhicheng Ni, Yun-Qing Shi, N. Ansari, and Wei Su, "Reversible data hiding," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 16, no. 3, pp. 354-362, Mar. 2006.
- [6] S. Lee, Y. Suh, and Y. Ho, "Reversible Image Authentication Based on Watermarking," in *2006 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, Toronto, ON, Canada, 2006, pp. 1321-1324.
- [7] X. Gao, L. An, X. Li, and D. Tao, "Reversibility improved lossless data hiding," *Signal Processing*, vol. 89, no. 10, pp. 2053-2065, Oct. 2009.
- [8] X. Gao, L. An, Y. Yuan, D. Tao, and X. Li, "Lossless Data Embedding Using Generalized Statistical Quantity Histogram," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 21, no. 8, pp. 1061-1070, Aug. 2011.
- [9] G. Feng and L. Fan, "Reversible data hiding of high payload using local edge sensing prediction," *Journal of Systems and Software*, vol. 85, no. 2, pp. 392-399, Feb. 2012.
- [10] L. An, X. Gao, X. Li, D. Tao, C. Deng, and J. Li, "Robust Reversible Watermarking via Clustering and Enhanced Pixel-Wise Masking," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 21, no. 8, pp. 3598-3611, Aug. 2012.
- [11] D. M. Thodi and J. J. Rodriguez, "Reversible watermarking by prediction-error expansion," in *6th IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, 2004.*, Lake Tahoe, NV, USA, 2004, pp. 21-25.
- [12] D. M. Thodi and J. J. Rodriguez, "Expansion Embedding Techniques for Reversible Watermarking," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 16, no. 3, pp. 721-730, Mar. 2007.
- [13] Yongjian Hu, Heung-Kyu Lee, and Jianwei Li, "DE-Based Reversible Data Hiding With Improved Overflow Location Map," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 19, no. 2, pp. 250-260, Feb. 2009.
- [14] V. Sachnev, Hyoung Joong Kim, Jeho Nam, S. Suresh, and Yun Qing Shi, "Reversible Watermarking Algorithm Using Sorting and Prediction," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 19, no. 7, pp. 989-999, Jul. 2009.

- [15] Wei-Liang Tai, Chia-Ming Yeh, and Chin-Chen Chang, "Reversible Data Hiding Based on Histogram Modification of Pixel Differences," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 19, no. 6, pp. 906-910, Jun. 2009.
- [16] W. Hong, T. S. Chen, and C. W. Shiu, "Reversible data hiding for high quality images using modification of prediction errors," *Journal of Systems and Software*, vol. 82, no. 11, pp. 1833-1842, Nov. 2009.
- [17] W. Hong, T. S. Chen, Y. P. Chang, and C. W. Shiu, "A high capacity reversible data hiding scheme using orthogonal projection and prediction error modification," *Signal Processing*, vol. 90, no. 11, pp. 2911-2922, Nov. 2010.
- [18] Xiaolong Li, Bin Yang, and Tieyong Zeng, "Efficient Reversible Watermarking Based on Adaptive Prediction-Error Expansion and Pixel Selection," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 20, no. 12, pp. 3524-3533, Dec. 2011.
- [19] X. Li, J. Li, B. Li, and B. Yang, "High-fidelity reversible data hiding scheme based on pixel-value-ordering and prediction-error expansion," *Signal Processing*, vol. 93, no. 1, pp. 198-205, Jan. 2013.
- [20] F. Peng, X. Li, and B. Yang, "Improved PVO-based reversible data hiding," *Digital Signal Processing*, vol. 25, pp. 255-265, Feb. 2014.
- [21] X. Qu and H. J. Kim, "Pixel-based pixel value ordering predictor for high-fidelity reversible data hiding," *Signal Processing*, vol. 111, pp. 249-260, Jun. 2015.
- [22] X. Zhang and S. Wang, "Efficient Steganographic Embedding by Exploiting Modification Direction," *IEEE Communications Letters*, vol. 10, no. 11, pp. 781-783, Nov. 2006.
- [23] C. F. Lee, Y. R. Wang, and C.-C. Chang, "A Steganographic Method with High Embedding Capacity by Improving Exploiting Modification Direction," in *Third International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP 2007)*, Kaohsiung, Taiwan, 2007, pp. 497-500.

REVERSIBLE DATA HIDING BASED ON CONTEXT PREDICTION AND EMD

Tram Hoang Nam, Huynh Van Thanh, Vo Thanh C, Duong Ngoc Van Khanh, Nguyen Thai Son

ABSTRACT: To protect the security of the secret information, many data hiding scheme have been proposed. However, these schemes obtained the low embedding capacity and un-satisfied visual quality of the stego-images. In this paper, we propose new reversible data hiding scheme based on the combination of pixel value prediction and EMD techniques. In the proposed scheme, the first pixel in the block with the size of 2×2 , is predicted based on the rest pixels. Then, the histogram of the different value between the original pixel and predicted pixel is constructed and the EMD technique is applied for embedding data. Last, EMD technique is employed to embed data into the images. By using the EMD techniques, three secret bits can be embedded into each pair of eligible pixels, instead of only one bit of information is embedded in the previous methods. Experimental results showed that the proposed method is not only 1.5 times better than in the embedding capacity, but it is also greater than in the image quality in comparison with the previous schemes.

Keywords: prediction, histogram shifting, EMD, data hiding, reversible.