

# NHẬN DẠNG VÂN TAY KHIẾM KHUYẾT SỬ DỤNG NGƯỠNG TOÀN CỤC

Nguyễn Lương Nhật\*, Đào Duy Liêm\*

\*Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

+Trường Đại học Công Nghệ Sài Gòn

**Tóm tắt:** Trong những năm gần đây, nhận dạng vân tay là một vấn đề được nghiên cứu rất phổ biến, các kỹ thuật nhận dạng được áp dụng trong cả lĩnh vực dân sự và pháp y. Tuy nhiên, tiến trình nhận dạng bị hạn chế với các mẫu vân tay không đầy đủ hoặc có chất lượng kém. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một thuật toán tăng cường ảnh để có thể khôi phục đáng kể các ảnh vân tay chất lượng kém. Ngoài ra phương pháp sử dụng ngưỡng toàn cục cũng được áp dụng trong quá trình so khớp mẫu nhằm mục đích giảm tỉ lệ chấp nhận sai và từ chối sai.

**Từ khóa:** FVC2002, FVC2004, tăng cường ảnh, vân tay khiếm khuyết.

## I. GIỚI THIỆU

Nhận dạng và xác minh vân tay được sử dụng khá phổ biến trong các hệ thống sinh trắc học. Quá trình nhận dạng chủ yếu thực hiện đối sánh vân tay đầu vào với cơ sở dữ liệu đã lưu trong hệ thống. Có nhiều thuật toán nhận dạng đã được đề xuất như: nhận dạng dựa vào đặc tính đường vân [1], nhận dạng dựa vào độ tương quan [2] và nhận dạng dựa vào điểm đặc trưng [3]. Trong đó, nhận dạng dựa vào điểm đặc trưng là phương pháp phổ biến và được sử dụng rộng rãi nhất [4], [5]. Độ chính xác của các thuật toán nhận dạng đóng vai trò quan trọng trong các công trình nghiên cứu. Nhiều mẫu vân tay có chất lượng kém do chất lượng đầu đọc hay mực in,... tác động không nhỏ đến kết quả nhận dạng. Trong [6], Ling Hong và cộng sự đã đề xuất thuật toán tăng cường ảnh vân tay dựa trên ưu điểm chọn lọc tần số của bộ lọc Gabor. Trong [7], các tác giả đã sử dụng phép biến đổi Fourier thời gian ngắn (STFT - Short Time Fourier Transform) để tăng cường các ảnh vân tay khiếm khuyết. Các phương pháp kết hợp giữa thuật toán FFT (Fast Fourier Transform) và bộ lọc Gabor cũng đã được thực hiện trong [8], [9], trong đó phép biến đổi FFT giúp nối các đường vân bị đứt trong khi bộ lọc Gabor giúp loại bỏ nhiễu đồng thời cải thiện cấu trúc đường vân và rãnh.

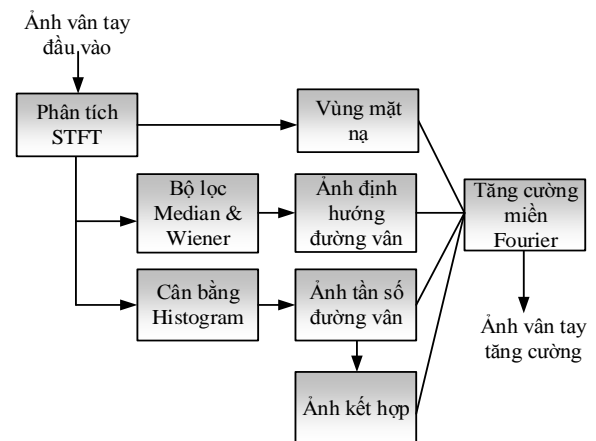
Phương pháp đối sánh vân tay dựa vào đặc trưng chi tiết được sử dụng trong bài báo này. Quá trình xác định ngưỡng toàn cục được thực hiện một cách tự động với số lượng lớn mẫu vân tay trong cơ sở dữ liệu.

Để cải thiện chất lượng ảnh vân tay đầu vào chúng tôi đề xuất thuật toán tăng cường ảnh vân tay dựa trên phép biến đổi STFT. Hệ thống đề xuất có khả năng nhận dạng cả ảnh vân tay đầy đủ và vân tay khiếm khuyết. Các thí nghiệm được thực hiện trên hai bộ dữ liệu FVC 2002 (Fingerprint Verification Competition - 2002) [10] và FVC 2004 [11] cho thấy hiệu suất nhận dạng được cải thiện đáng kể so với các thuật toán: STFT [7], Gabor [12], SURF [13] và DWT [14].

Phần còn lại của bài báo được tổ chức như sau: phần II trình bày về thuật toán tăng cường ảnh vân tay đề xuất; mô hình nhận dạng vân tay khiếm khuyết cùng với quá trình xác định ngưỡng toàn cục được trình bày trong phần III; phần IV là các kết quả thực nghiệm và phần V là kết luận của bài.

## II. TĂNG CƯỜNG ẢNH VÂN TAY

Ảnh vân tay đầu vào các hệ thống nhận dạng thường có chất lượng thấp nên cần thiết phải được nâng cao để cải thiện chất lượng ảnh và làm tiền đề cho giai đoạn trích chọn đặc trưng. Trong phần này chúng tôi đề xuất thuật toán tăng cường ảnh vân tay dựa trên phép biến đổi STFT kết hợp với các bộ lọc, mô hình thuật toán được trình bày như trong hình 1.



Hình 1. Giải thuật tăng cường ảnh vân tay

### A. Phân tích STFT

Tác giả liên hệ: Nguyễn Lương Nhật

Email: [nhatnl@ptithcm.edu.vn](mailto:nhatnl@ptithcm.edu.vn)

Đến tòa soạn: 7/2018, chỉnh sửa: 8/2018, chấp nhận đăng: 9/2018

Phép biến đổi Fourier thời gian ngắn (STFT) được biết đến trong xử lý tín hiệu là để phân tích các tín hiệu không ổn định. Trong quá trình phân tích STFT, hình ảnh được chia thành các cửa sổ chồng chéo nhau. Phổ Fourier của các vùng nhỏ này được phân tích và thu được các ước tính xác suất về ảnh định hướng, tần số và vùng mật nạ [7]. Đối với tín hiệu ảnh 2 chiều  $I(x,y)$  phân tích STFT được cho bởi:

$$X(\tau_1, \tau_2, \omega_1, \omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} I(x, y) W^*(x - \tau_1, y - \tau_2) e^{-j(\omega_1 x + \omega_2 y)} dx dy \quad (1)$$

Với  $\tau_1, \tau_2$  biểu diễn vị trí không gian của cửa sổ 2 chiều  $W(x,y)$ .  $\omega_1, \omega_2$  đại diện cho các tham số tần số không gian. Tại mỗi vị trí cửa sổ phân tích, các pixel chồng chéo nhau tạo nên sự liên tục của các đường vân. Mỗi khung như vậy sẽ tạo ra duy nhất một góc định hướng  $\theta$  và tần số  $f$  trong vùng. Hàm mật độ xác suất  $p(r, \theta)$  và hàm mật độ biên  $p(r), p(\theta)$  cho bởi:

$$p(r, \theta) = \frac{|F(r, \theta)|^2}{\int_r \int_{\theta} |F(r, \theta)|^2} \quad (2)$$

$$p(r) = \int_{\theta} p(r, \theta) d\theta \quad (3)$$

$$p(\theta) = \int_r p(r, \theta) dr \quad (4)$$

#### B. Bộ lọc Median và Wiener

Bộ lọc Wiener thường được sử dụng để tăng cường hình ảnh bằng cách loại bỏ nhiễu. Ý tưởng chính của bộ lọc là khôi phục lại hình ảnh dựa vào hai bước: đầu tiên hình ảnh bị làm mờ với sự trợ giúp của một bộ lọc thông thấp; sau đó bộ lọc được đảo ngược để khôi phục lại hình ảnh ban đầu do đó nó giữ được sự cân bằng của lọc ngược và làm mờ hình ảnh.

Một khu vực được chọn trong khoảng ma trận  $3 \times 3$  của mỗi pixel cho phép ước lượng theo (5):

$$W(n_1, n_2) = \mu + \frac{\sigma^2 - v^2}{\sigma^2} (I(n_1, n_2) - \mu) \quad (5)$$

Với  $\mu$ ,  $\sigma^2$  là trung bình và phương sai;  $v^2$  là phương sai của nhiễu.

Bộ lọc trung vị (Median) là phương pháp làm mịn phi tuyến được sử dụng để sửa các điểm ảnh bị nhiễu mà không làm thay đổi các cạnh trong ảnh, ý tưởng của bộ lọc là thay thế điểm ảnh hiện tại bằng giá trị trung bình của độ sáng trong vùng lân cận. Nói cách khác, bộ lọc Median hoạt động bằng cách tính trung bình các bộ lọc lân cận, tuy nhiên nó không tuyến tính và hoạt động trên hai ảnh  $A(x)$  và  $B(x)$  sao cho:

$$\text{Median}[A(x) + B(x)] \neq \text{Median}[A(x)] + \text{Median}[B(x)] \quad (6)$$

#### C. Ảnh định hướng đường vân

Giả sử rằng góc định hướng  $\theta$  là một biến ngẫu nhiên có hàm mật độ xác suất  $p(\theta)$ . Giá trị kỳ vọng của hướng này có thể thu được theo:

$$E\{\theta\} = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left\{ \frac{\int_{\theta} p(\theta) \sin(2\theta) d\theta}{\int_{\theta} p(\theta) \cos(2\theta) d\theta} \right\} \quad (7)$$

Ảnh định hướng  $O(x, y)$  được làm mịn hơn bằng cách sử dụng (8) với  $W(x, y)$  đại diện cho một bộ lọc làm mịn Gaussian kích thước  $3 \times 3$  [7].

$$O'(x, y) = \frac{1}{2} \left\{ \tan^{-1} \frac{\sin(2O(x, y)) * W(x, y)}{\cos(2O(x, y)) * W(x, y)} \right\} \quad (8)$$

#### D. Cân bằng Histogram

Cân bằng Histogram là quá trình biến đổi làm cho cho các giá trị mức xám của ảnh có xác suất xuất hiện phân bố đều trên toàn khoảng  $[0, 1]$ , nghĩa là dải động của ảnh sẽ lớn hơn và độ tương phản cao hơn.

Gọi  $P_r(r_j)$  với  $j = 1, 2, \dots$  là các giá trị histogram chuẩn hoá của ảnh thì quá trình cân bằng histogram được biểu diễn bởi (9), trong đó  $k = 1, 2, \dots, L$  và  $s_k$  là các giá trị mức xám của ảnh.

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=1}^k P_r(r_j) = \sum_{j=1}^k \frac{n_j}{n} \quad (9)$$

#### E. Ảnh tần số đường vân

Hình ảnh tần số đường vân trung bình được ước tính theo cách tương tự với định hướng đường vân. Giá trị kỳ vọng của tần số đường vân được cho bởi:

$$E\{r\} = \int_r p(r) r dr \quad (10)$$

Hình ảnh tần số sau đó được làm mịn theo:

$$F'(x, y) = \frac{\sum_{u=x-1}^{x+1} \sum_{v=y-1}^{y+1} F(u, v) W(u, v) I(u, v)}{\sum_{v=y-1}^{y+1} W(u, v) I(u, v)} \quad (11)$$

#### F. Vùng mật nạ

Hình ảnh dấu vân tay có thể được phân đoạn dễ dàng dựa trên năng lượng phổ Fourier, có rất ít năng lượng tại các vùng nền và nhiễu nơi mà tại đó không có hình ảnh vân tay. Từ đó vùng có dấu vân tay có thể được phân biệt với nền đánh giá hình ảnh năng lượng  $E(x, y)$  cho bởi:

$$E(x, y) = \log \left\{ \int_r \int_{\theta} |F(r, \theta)|^2 \right\} \quad (12)$$

#### G. Ảnh kết hợp

Xem xét định hướng của một khối là  $\theta(x, y)$  và kích thước khối là  $W \times W$ , hình ảnh liên kết khối được cho bởi:

$$C(x_0, y_0) = \frac{\sum_{i=0}^w |\cos(\theta(x_0, y_0) - \theta(x_i, y_i))|}{W \times W} \quad (13)$$

H. Tăng cường miền Fourier

Hình ảnh được chia thành các cửa sổ chồng chéo nhau, phổ của các vùng nhỏ này được phân tích và đưa ra các ước lượng xác suất về tần số và định hướng [7]. Trong mỗi cửa sổ, một bộ lọc được áp dụng điều chỉnh phù hợp với hướng chiếm ưu thế nhất được cho bởi:

$$H(\rho, \phi) = H_\rho(\rho)H_\phi(\phi) \tag{14}$$

$$H_\rho(\rho) = \sqrt{\frac{(\rho\rho_{BW})^{2n}}{(\rho\rho_{BW})^{2n} + (\rho^2 - \rho_0^2)^{2n}}} \tag{15}$$

$$H_\phi(\phi) = \begin{cases} \cos^2\left[\frac{\pi(\phi - \phi_c)}{2\phi_{BW}}\right] & \text{khi } |\phi| < \phi_{BW} \\ 0 & \text{khi } |\phi| \geq \phi_{BW} \end{cases} \tag{16}$$

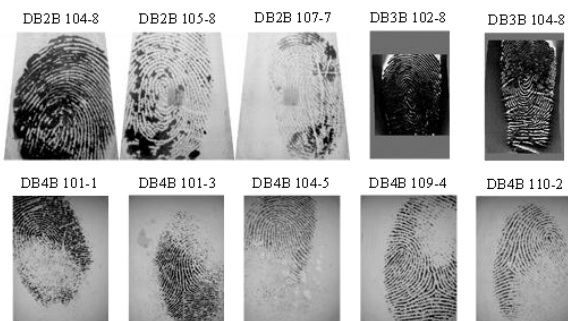
Ở đây  $H_\phi(\phi)$  là bộ lọc cosine nâng cao với góc trung tâm  $\phi_c$  và băng thông  $\phi_{BW}$  là phạm vi các góc sao cho  $|H_\phi(\phi)| \geq 0.5$ ;  $H_\rho(\rho)$  là bộ lọc Butterworth với dải trung tâm là  $\rho_0$  và băng thông  $\rho_{BW} \cdot \rho_0$  có nguồn gốc từ hình ảnh định hướng và  $\rho_{BW}$  được chọn tỉ lệ nghịch với phép đo sự gắn kết.

III. NHẬN DẠNG VÂN TAY KHIẾM KHUYẾT

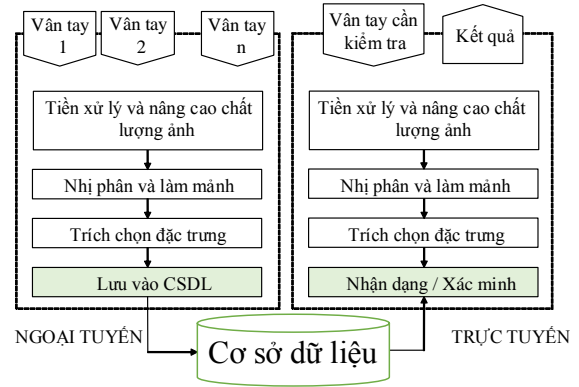
Vân tay khiếm khuyết là khái niệm để chỉ các ảnh vân tay có chất lượng thấp bao gồm: bị mất một phần, bị lem do mực, quá tối hoặc quá sáng do cảm biến, nhiễu, ... Hình 2 mô tả một số ảnh vân tay chất lượng thấp trong tập dữ liệu FVC2004 với nhiều kích thước khác nhau.

Mô hình nhận dạng vân tay khiếm khuyết được trình bày như trong hình 3 với hai quá trình chính: *trực tuyến* và *ngoại tuyến*. Trong cả hai quá trình, các mẫu ảnh vân tay ngõ vào qua bước tiền xử lý và nâng cao chất lượng hình ảnh như đã được trình bày trong phần II nhằm mục đích: nội suy các đường vân bị mất, hiệu chỉnh các đường vân bị lệch, loại nhiễu. Tại đây một số vùng ảnh quá kém, không thể phục hồi sẽ được loại bỏ để không ảnh hưởng đến giai đoạn lấy đặc trưng.

Hình ảnh vân tay đã nâng cao sau đó được nhị phân hóa về dạng: mức 0 (màu đen) là các đường vân và mức 1 (màu trắng) là các rãnh phục vụ cho các công đoạn sau. Giai đoạn làm mảnh và phân vùng được thực hiện ngay sau đó để đưa hình ảnh vân tay về dạng bộ xương với các đường vân có độ rộng 1 pixel để thuận tiện cho giai đoạn lấy đặc trưng.



Hình 2. Ảnh vân tay kém chất lượng



Hình 3. Mô hình nhận dạng vân tay khiếm khuyết

Các điểm đặc trưng bao gồm điểm kết thúc đường vân và điểm rẽ nhánh đường vân sẽ được trích chọn dựa trên ảnh đã được làm mảnh và vùng quan tâm lấy từ quá trình tăng cường ảnh. Thuật toán sử dụng trong bài báo này để tìm điểm đặc trưng minutiae là Crossing Number [15]. Giả sử  $I(x,y)$  là một điểm trên đường vân đã được làm mảnh và  $p_0, p_1, \dots, p_7$  là 8 điểm xung quanh nó thì:

$$CN(p) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^8 |val(p_i) - val(p_{i+1})| \tag{17}$$

- $CN(p)=1$ :  $I(x,y)$  là điểm kết thúc.
- $CN(p)=2$ :  $I(x,y)$  là điểm nằm trên đường vân.
- $CN(p)=3$ :  $I(x,y)$  là điểm rẽ nhánh.

Trong quá trình "ngoại tuyến", các đặc trưng chi tiết này sẽ được so sánh với các đặc trưng của vân tay khác và lưu vào cơ sở dữ liệu (CSDL). Quá trình so sánh được thực hiện theo [16] cho kết quả là điểm số tương đồng  $SM$  của hai mẫu vân tay cần so sánh.

$$SM(x, y) = \frac{n_{match}^2}{n_x n_y} \tag{18}$$

Trong đó  $n_{match}$  là số cặp đặc trưng chi tiết phù hợp và  $n_x, n_y$  là số đặc trưng chi tiết ngõ vào của từng mẫu vân tay cần so khớp.

Giả sử có  $k$  nhóm vân tay (cùng ngón tay), mỗi nhóm có  $n$  ảnh vân tay trong tập CSDL. Gọi  $A_C, A_O$  lần lượt là điểm số tương đồng trung bình của các vân tay cùng nhóm và khác nhóm. Như vậy sẽ có  $k$  giá trị  $A_C$  và  $A_O$  ứng với  $k$  nhóm. Giá trị  $A_C$  và  $A_O$  được cho bởi (19) và (20) với  $N = n(k-1)$  là số lượng mẫu vân tay khác nhóm.

$$A_C = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n SM(j, i) \tag{19}$$

$$A_O = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{i=j+1}^N SM(j, i) \tag{20}$$

Giá trị ngưỡng toàn cục  $T_G$  được xác định theo  $A_C$  và  $A_O$  như sau:

$$T_G = \frac{\min(A_C) + 2 * \max(A_O)}{3} \tag{21}$$

Tại quá trình "trực tuyến", đặc trưng chi tiết của ảnh vân tay cần nhận dạng sẽ được so sánh lần lượt với các đặc trưng của vân tay khác trong CSDL. Gọi  $A_i$  là điểm số tương đồng trung bình của vân tay cần nhận dạng với nhóm vân tay thứ  $i$ , chủ thể sẽ được nhận dạng là  $i$  nếu  $A_i > T_G$ , các trường hợp khác sẽ không được xác minh.

**IV. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM**

Trong phần này, chúng tôi sẽ thực hiện các thí nghiệm để đánh giá các giải thuật tăng cường ảnh và nhận dạng. Toàn bộ thí nghiệm được thực hiện trên Matlab 2016a với CSLD lấy từ FVC2002 – set B [10] và FVC2004 – set B [11]. Đây là các tập ảnh có kích thước khác nhau và được lấy mẫu từ các cảm biến với độ phân giải khác nhau như được thể hiện trong bảng 1. Để tiện việc so sánh và đánh giá kết quả, chúng tôi chia CSDL ra làm hai tập bình thường và khiếm khuyết như sau: DB1, DB2, DB3, DB4 của FVC2002 đại diện cho vân tay bình thường và DB2, DB3, DB4 của FVC2004 đại diện cho vân tay khiếm khuyết.

Để đánh giá kết quả chúng tôi sử dụng các tham số: điểm số tương đồng  $SM$  (18) giữa hai vân tay cần so sánh, giá trị này càng thấp thì hai vân tay càng khác nhau và  $SM = 1$  khi hai vân tay giống nhau hoàn toàn. Tỷ lệ chấp nhận sai  $FAR$  (False Acceptance Rate) được cho bởi (22) là tỷ lệ mà một vân tay ngoài nhóm được nhận dạng; tỷ lệ từ chối sai  $FRR$  (False Rejection Rate) được cho bởi (23) là tỷ lệ vân tay thuộc cùng nhóm nhưng không được hệ thống nhận dạng. Với những giá trị ngưỡng khác nhau,  $FRR$  và  $FAR$  sẽ cho những kết quả khác nhau, khi đó tỷ lệ lỗi trung bình  $EER$  (Equal Error Rate) là giao điểm của hai đường  $FAR$  và  $FRR$ .

$$FAR = \frac{S * 100}{N} \tag{22}$$

$$FRR = \frac{F * 100}{N} \tag{23}$$

$$EER = \frac{FRR + FAR}{2} \tag{24}$$

Với  $S$  là số lần chấp nhận sai,  $F$  là số lần từ chối sai và  $N$  là tổng số lần nhận dạng.

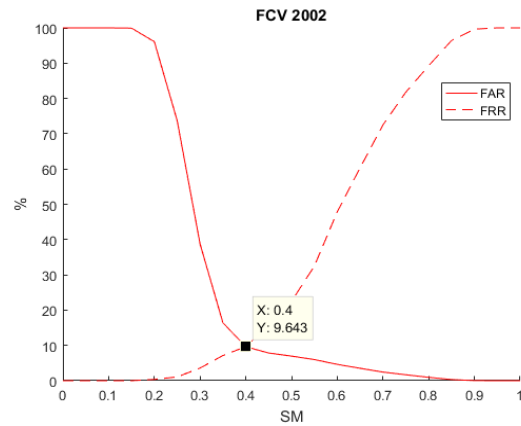
Bảng 1. Đặc điểm về cơ sở dữ liệu vân tay

CSDL	Cảm biến	Kích thước ảnh	Số lượng nhóm/ảnh	Độ phân giải
FVC2002 DB1	Cảm biến quang	388 x 374	10 / 8	500 dpi
FVC2002 DB2	Cảm biến quang	296 x 560	10 / 8	569 dpi
FVC2002 DB3	Cảm biến điện dung	300 x 300	10 / 8	500 dpi
FVC2002 DB4	SFinGe v2.51	288 x 384	10 / 8	500 dpi
FVC2004 DB2	Cảm biến quang	328 x 364	10 / 8	500 dpi
FVC2004 DB3	Cảm biến quét nhiệt	300 x 480	10 / 8	512 dpi
FVC2004 DB4	SFinGe v3.0	288 x 384	10 / 8	500 dpi

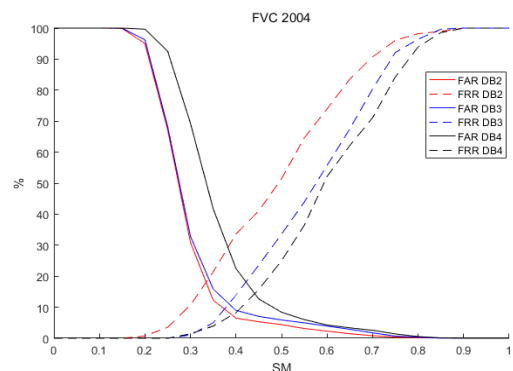
**A. So khớp 1:1**

Trong thí nghiệm này, chúng tôi thực hiện các bước nâng cao ảnh vân tay trong các tập dữ liệu sau đó so khớp từng đôi một để ghi nhận điểm số tương đồng  $SM$ . Biểu đồ  $FAR$  được lập bởi các giá trị  $SM$  của các vân tay khác nhóm và  $FRR$  được lập bởi các giá trị  $SM$  của vân tay cùng nhóm. Hình 4 thể hiện tỷ lệ lỗi trung bình  $EER$  của tập dữ liệu FVC2002 DB1\_B là điểm giao nhau giữa  $FAR$  và  $FRR$ . Giá trị  $EER = 9.64\%$  cho thấy rằng thuật toán nâng cao ảnh vân tay đề xuất có hiệu quả cao hơn trong việc cải thiện ảnh vân tay so với các nghiên cứu liên quan trong [17] và trong [18] ( $EER > 25\%$ ).

Đối với tập dữ liệu vân tay khiếm khuyết, kết quả so khớp 1:1 cũng đạt được tỷ lệ lỗi  $EER$  thấp hơn so với [12]. Hình 5 thể hiện các đặc tuyến  $FAR$  và  $FRR$  của tập dữ liệu vân tay khiếm khuyết. Bảng 2 sẽ đưa ra các tham số cụ thể về tỷ lệ lỗi trung bình của các vân tay trong tập dữ liệu khiếm khuyết so với nghiên cứu liên quan trong [12].



Hình 4. Biểu đồ FAR & FRR của vân tay bình thường



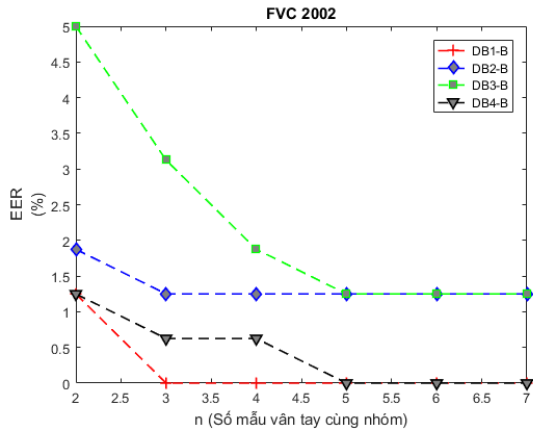
Hình 5. Biểu đồ FAR & FRR của vân tay khiếm khuyết

Bảng 2. So sánh tham số EER của tập dữ liệu vân tay khiếm khuyết trường hợp so khớp 1:1

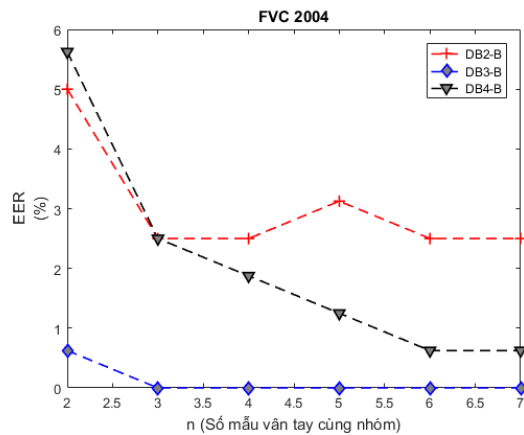
CSDL	EER (%) [12]	EER (%) Thuật toán đề xuất
DB2	31.58	18.62
DB3	15.79	10.89
DB4	26.32	13.51
<b>Trung bình</b>	<b>24.56</b>	<b>14.34</b>

B. Nhận dạng 1:n

Khi số mẫu vân tay cùng nhóm trong CSDL tăng lên, quá trình nhận dạng 1:n được áp dụng với giá trị ngưỡng toàn cục được chọn một cách tự động theo (21). Trong thí nghiệm này chúng tôi tăng dần số mẫu vân tay cùng nhóm trong CSDL và áp dụng thuật toán nhận dạng như đã trình bày trong phần III, các kết quả được thể hiện như trong hình 6 và hình 7 với các đặc tuyến EER thay đổi theo số mẫu vân tay cùng nhóm trong CSDL.



Hình 6. Tỷ lệ lỗi trung bình của vân tay bình thường



Hình 7. Tỷ lệ lỗi trung bình của vân tay khiếm khuyết

Bảng III. Kết quả nhận dạng tập vân tay bình thường

CSDL	Số vân tay cùng nhóm n	FRR (%)	FAR (%)	EER (%)
FVC2002 DB1	2	0	2.5	1.25
	6	0	0	0
FVC2002 DB2	2	1.25	2.5	1.875
	6	0	2.5	1.25
FVC2002 DB3	2	0	10	5
	6	0	2.5	1.25
FVC2002 DB4	2	0	2.5	1.25
	6	0	0	0
Trung bình	2	0.3125	4.375	2.3438
	6	0	1.25	0.625

Bảng IV. Kết quả nhận dạng vân tay khiếm khuyết

CSDL	Số vân tay cùng nhóm n	FRR (%)	FAR (%)	EER (%)
FVC2004 DB2	2	1.25	10	5.625
	6	1.25	3.75	2.5
FVC2004 DB3	2	1.25	0	0.625
	6	0	0	0
FVC2004 DB4	2	0	11.25	5.625
	6	0	1.25	0.625
Trung bình	2	0.8333	7.0833	3.9583
	6	0.4167	1.6667	1.0417

Dựa trên các đặc tuyến EER hình 6 (ứng với vân tay bình thường) và hình 7 (ứng với vân tay khiếm khuyết), chúng ta nhận thấy rằng khi số mẫu vân tay cùng nhóm trong CSDL tăng lên thì tỷ lệ lỗi trung bình EER sẽ giảm xuống, hệ thống nhận dạng sẽ càng tin cậy. Trong thí nghiệm này khi số mẫu vân tay cùng nhóm  $n \geq 6$ , giá trị EER sẽ ở mức thấp nhất. Để nhận thấy rõ hơn các kết quả nhận dạng khi tăng dần số mẫu vân tay trong CSDL, bảng III và IV trình bày các tham số FRR, FAR và EER đối với tất cả các tập dữ liệu trong hai trường hợp  $n = 2$  và  $n = 6$ .

So với các nghiên cứu liên quan trong [7], [13], thuật toán nhận dạng của chúng tôi cho hiệu quả tốt hơn. Cụ thể với tập dữ liệu FVC2002 DB1, trong [13] tham số  $ERR = 0.06\%$  ( $FAR = 0.03\%$  và  $FRR = 0.05\%$ ) còn trong bài báo này  $ERR = 0\%$ ; với tập dữ liệu FVC2002 DB3, trong nghiên cứu này  $ERR = 1.25\%$  so với  $7.8\%$  trong [7]. Đối với tập dữ liệu vân tay khiếm khuyết, thuật toán nhận dạng của chúng tôi cũng cho hiệu quả tốt hơn, cụ thể  $EER = 1.0417\%$  so  $1.5\%$  trong [14].

V. KẾT LUẬN

Bài báo này đóng góp một giải thuật tăng cường ảnh vân tay dựa trên phép biến đổi Fourier thời gian ngắn kết hợp với các bộ lọc. Thuật toán có thể khôi phục đáng kể các ảnh vân tay chất lượng kém. Ngoài ra để tăng hiệu quả nhận dạng của hệ thống, chúng tôi áp dụng phương pháp xác định ngưỡng toàn cục, kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng khi số mẫu vân tay cùng nhóm trong CSDL càng lớn thì hiệu quả nhận dạng của thuật toán càng cao. Giá trị EER ghi nhận được tại  $n = 6$  là  $0.625\%$  (hay độ chính xác là  $99.375\%$ ) đối với tập vân tay bình thường và  $EER = 1.0417\%$  (hay độ chính xác là  $98.9583\%$ ) đối với tập vân tay khiếm khuyết. Một khuyết điểm của hệ thống này là tốc độ nhận dạng chậm vì ảnh vân tay đầu vào phải được so sánh với tất cả các vân tay khác trong CSDL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Dorasamy, Kribashnee, "Fingerprint Classification Using a simplified Rule set Based On Directional patterns And Singularity feartures", IEEE 2015 International Conference on Biometrics, pp.400-407. May 2015.  
 [2] Akhtar, Zahid, "Correlation based fingerprint liven ess detection", IEEE, pp 305-310, May 2015.

- [3] Ozkan, Savas, "Fingerprint recognition with geometric relation of minutiae points", IEEE, pp 875-878, May 2015.
- [4] Sachin Harne, Prof. K. J. Satao, "Minutiae Fingerprint Recognition Using Hausdorff Distance", Sachin Harne et al UNIASCIT, Vol 1, pp. 16-22, 2011.
- [5] R.Dharmendra Kumar, Kaliyaperumal Karthikeyan, T.Ramakrishna, "Fingerprint Image Enhancement Using FFT for Minutiae Matching with Binarization", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Volume 1, Issue 8, pp.1-6, October 2012.
- [6] Ling Hong, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, (Volume 20, No. 8, 1998), pp. 777-789.
- [7] Sharat Chikkerur, Venu Govindaraju, and Alexander N. Cartwright, "Fingerprint Enhancement Using STFT Analysis", Volume 40, Issue 1, January 2007, Pattern Recognition 40 (2007), pp. 198-211. Doi: 10.1016/j.patcog.2006.05.036.
- [8] J. S. Chen, Y. S. Moon, K. F. Fong, "Efficient Fingerprint Image Enhancement for Mobile Embedded Systems", Biometric Authentication Lecture Notes in Computer Science Volume 3087, 2004, pp 146-157, Sept 2008.
- [9] IG. Babatunde, AO. Charles, AB. Kayode, O. Olatubosun, "Fingerprint Image Enhancement: Segmentation to Thinning", International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 3, pp. 8-14, 2012.
- [10] D. Maio, D. Maltoni, R. Cappelli, J.L. Wayman and A. K. Jain, "FVC2002: Second Fingerprint Verification Competition", in Proceedings 16th International Conference on Pattern Recognition, Québec City, Vol. 3, p. 811-814, 2002.
- [11] D. Maio, D. Maltoni, R. Cappelli, J.L. Wayman and A. K. Jain, "FVC2004: Third Fingerprint Verification Competition", in Proceedings 1st International Conference on Biometric Authentication, LNCS 3072, pp. 1-7, 2004.
- [12] Youssef Elmir, Mohammed Benyettou, "Gabor Filters Based Fingerprint Identification Using Spike Neural Networks", 5th International Conference: Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications March 22-26, 2009 – TUNISIA, pp.1-5.
- [13] Kadhim H. Kuban, Wasan M. Jwaid, "A Novel Modification of Surf Algorithm for Fingerprint Matching", Journal of Theoretical and Applied Information Technology, ISSN: 1992-86, 31st March 2018. Vol.96. No 6. pp. 1570-1581.
- [14] Ankita Kute, HOD Sadhna Mishra, Mr. Vivek Kumar, "Improve low Quality Fingerprint with DWT Then Apply Minutiae Matching after Feature Extraction", International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 4, Issue 12, December 2014, pp.220-228.
- [15] Davide Maltoni, Dario Maio, Anil K.Jain, Salid Prabhakar, "Handbook of Fingerprint Recognition", Second Edition, Springer, 2009.
- [16] Paul Kwan, Joshua Abraham and Junbin Gao (2010), Fingerprint Matching using A Hybrid Shape and Orientation Descriptor, Ph.D. Thesis in Charles Sturt University of Australia.
- [17] Manisha Redhu, Dr.Balkishan, "Fingerprint Recognition Using Minutiae Extractor", International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), ISSN: 2248-9622, Vol. 3, Issue 4, Jul-Aug 2013, pp .2488-2497.
- [18] Sangram Bana, Dr. Davinder Kaur, "Fingerprint Recognition using Image Segmentation", International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies (IJAEST), Vol No. 5, Issue No. 1, pp.012 – 023.

## INCOMPLETE FINGERPRINT RECOGNITION USING GLOBAL THRESHOLD

**Abstract:** Fingerprint identification is a well-researched problem, and fingerprint identification techniques have been successfully adapted to both civilian and forensic applications for many years. However, the recognition progress has been mainly restricted by incomplete fingerprints or poor quality. In this paper, we propose an image enhancement algorithm that can significantly restore poor quality fingerprints. In addition, global threshold was applied in the sample matching process in order to reduce false acceptance rates and false rejections.

**Keywords:** FVC2002, FVC2004, image enhancement, incomplete fingerprint.



**Nguyễn Lương Nhật**, Nhận học vị Tiến sĩ năm 1997 tại Moscow, nước Nga. Hiện là Trường khoa Kỹ thuật Điện tử 2, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, cơ sở tại TP. Hồ Chí Minh. Lĩnh vực nghiên cứu: Xử lý tín hiệu, trí tuệ nhân tạo, an toàn thông tin.



**Đào Duy Liêm**, Tốt nghiệp Thạc sĩ Kỹ thuật Viễn thông năm 2014 tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Hiện là giảng viên khoa Điện Điện tử trường Đại học Công Nghệ Sài Gòn. Lĩnh vực nghiên cứu: Xử lý tín hiệu, mật mã, kỹ thuật y sinh, hệ thống nhúng, nông nghiệp công nghệ cao.