

# HƯỚNG CỦA ĐIỂM ĐẶC TRƯNG TRÊN ẢNH VÂN TAY

NGÔ TỬ THÀNH

**Abstract.** The tail of the minutia marker is used to identify the orientation or "flow" of fingerprint characteristics and plays a crucial role in the minutia matching process. During the matching process, some minutia points that match in terms of X and Y coordinates may not be included in the scoring if the orientation or "angle" of the minutia tails do not match. In this paper, the orientations of the minutia tail are determined using a special proprietary algorithms.

## 1. VAI TRÒ CỦA HƯỚNG ĐIỂM ĐẶC TRƯNG KHI ĐỐI SÁNH VÂN TAY

Trước khi tìm hiểu vai trò của hướng, chúng tôi đưa ra một số khái niệm cơ bản về điểm đặc trưng và hướng điểm đặc trưng.

### 1.1. Ảnh nhị phân và điểm đặc trưng [2]

Trong bài này chỉ quan tâm đến ảnh nhị phân tức là ảnh mà giá trị 1 tương ứng với pixel màu đen, giá trị 0 tương ứng với pixel màu trắng. Điểm đặc trưng ảnh vân tay được phân thành hai loại chính: điểm kết thúc (điểm cuối) và điểm rẽ nhánh như hình 1 bên phải.

### 1.2. Một số định nghĩa cơ bản

Quan sát ảnh vân tay ta thấy vân tay gồm các đường vân xen kẽ lẫn nhau. Giữa các đường vân là các 'thung lũng' vân. Để tiện cho việc nghiên cứu tiếp theo nhưng không làm mất đi tính chính xác, chúng tôi đưa ra một khái niệm mới như sau:

Vân tay bao gồm các đường vân màu đen xen kẽ các đường vân màu trắng, nghĩa là các đường vân 'thật' được gọi là đường vân màu đen, còn 'thung lũng' vân được gọi là vân màu trắng.

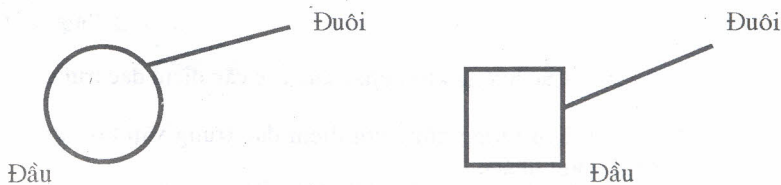
Theo quan điểm mới này thì điểm đặc trưng bao gồm điểm cuối hay điểm rẽ nhánh của đường vân đều gọi chung là điểm rẽ nhánh. Từ đó rút ra 2 định nghĩa cơ bản sau:

**Định nghĩa 1.** Điểm cuối đường vân gọi là điểm đặc trưng rẽ nhánh hay là điểm rẽ ở cuối đường vân. Điểm rẽ ở cuối đường vân là giao của các đường trắng, tức là giao của hai 'thung lũng' đường vân bao quanh điểm cuối đường vân.

**Định nghĩa 2.** Điểm rẽ nhánh là giao của hai đường vân màu đen, tức là giao của hai đường vân thực.

### 1.3. Khái niệm hướng điểm đặc trưng

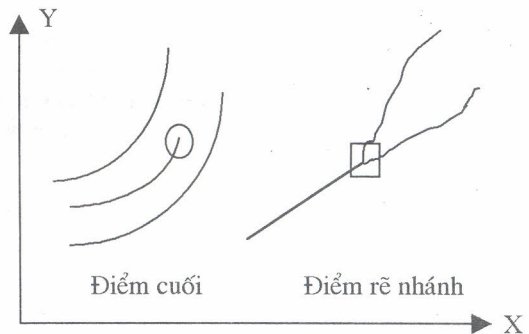
Một điểm đặc trưng và hướng của nó được thể hiện như hình 2.



Hình 2. Ký hiệu điểm đặc trưng cuối và điểm đặc trưng rẽ nhánh

Đầu của một điểm đặc trưng luôn tương ứng với điểm kết thúc của đường vân hay điểm rẽ nhánh. Hình tròn là điểm đặc trưng cuối, hình vuông là điểm đặc trưng rẽ nhánh.

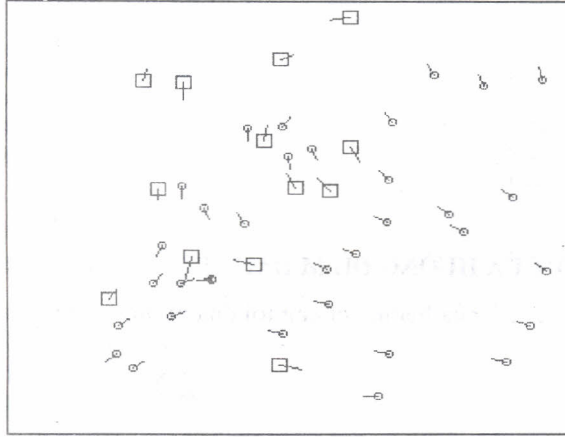
Đuôi của điểm đặc trưng chỉ ra hướng của nó.



Hình 1. Ký hiệu điểm cuối và điểm rẽ nhánh

### 1.3. Vai trò của hướng

Trong quá trình tìm kiếm vân tay tự động, hệ thống không coi các vân tay như là các ảnh. Hệ thống chỉ quan tâm đến các điểm đặc trưng cùng với hướng của nó. Khi đó một ảnh vân tay sẽ giống như là một "đám mây" các điểm đặc trưng và hướng của nó tương ứng hình 3.



Hình 3. Ví dụ về một "đám mây" của ảnh vân tay, vòng tròn là điểm kết thúc, hình vuông là điểm rẽ nhánh

Khi đối sánh hai mẫu vân tay có đồng nhất không, "đám mây" các điểm đặc trưng và hướng điểm đặc trưng của vân tay tìm kiếm sẽ được so sánh với các "đám mây" điểm đặc trưng cùng hướng điểm đặc trưng của các ảnh vân tay đã lưu trữ trong cơ sở dữ liệu.

Giả sử chúng ta đã tìm được "tập hợp" các điểm đặc trưng.

Mỗi điểm đặc trưng, ta gán một véc tơ có điểm đầu là điểm đặc trưng và hướng của nó sẽ được bàn dưới đây. Hướng của véc tơ đó trùng với hướng của điểm đặc trưng, bước tiếp theo của việc đối sánh hai vân có phải là một không, thực chất là "cặp" các điểm đặc trưng của hai vân lại với nhau. Hai điểm đặc trưng được "cặp" hoặc đối sánh nếu như chúng:

- Cùng loại điểm đặc trưng: cùng là điểm rẽ nhánh hay cùng là điểm kết thúc.
- Thành phần các đặc điểm của chúng (toa độ  $(x,y)$ ) là như nhau.

Tuy nhiên nếu hướng của hai điểm được "cặp" khác nhau thì hai điểm đặc trưng ấy có thể sẽ khác nhau. Hình 4 chỉ ra 3 trạng thái thường gặp khi đối sánh hai điểm đặc trưng có cùng toạ độ cùng loại điểm đặc trưng. Để đơn giản chỉ xét điểm kết thúc với lưu ý rằng: hình tròn trắng ký hiệu điểm đặc trưng vân tay dữ liệu, vòng tròn đen ký hiệu điểm đặc trưng vân tay tìm kiếm.



Hình 4. Các hướng khác nhau của các cặp điểm đặc trưng

a. Điểm đặc trưng vân tay dữ liệu tương xứng với điểm đặc trưng vân tay tìm kiếm theo toạ độ và hướng (cặp điểm đặc trưng được đồng nhất).

b. Điểm đặc trưng vân tay dữ liệu ngược hướng với điểm đặc trưng vân tay tìm kiếm (cặp điểm đặc trưng không đồng nhất).

c. Điểm đặc trưng vân tay tìm kiếm và vân tay dữ liệu vuông góc nhau (cặp điểm đặc trưng không đồng nhất).

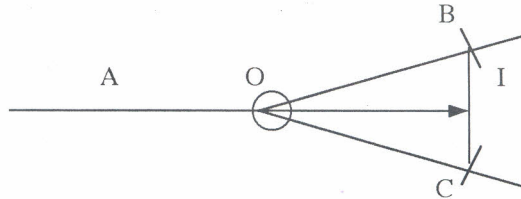
Ba trường hợp trên, các điểm đặc trưng được gọi là "cặp" (đồng nhất) chỉ trong trường hợp a.

2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH HƯỚNG ĐIỂM ĐẶC TRUNG

2.1. Xác định hướng điểm đặc trung theo phương pháp "truyền thống" [1]

Đối với điểm rẽ nhánh: Trên hai nhánh vân (màu đen) tại điểm rẽ nhánh, chọn một điểm trên mỗi nhánh. Sau đó tính toán điểm giữa của đoạn thẳng nối đi qua hai điểm trên. Điểm này được xem như là "đuôi" điểm đặc trung. Đoạn thẳng nối liền điểm đặc trung và "đuôi" nối trên được xem như là véc tơ hướng điểm đặc trung. Trên hình 5, O là điểm đặc trung, I là "đuôi" điểm đặc trung, còn gọi là hướng điểm đặc trung O.

Đối với điểm kết thúc, cách làm tương tự.



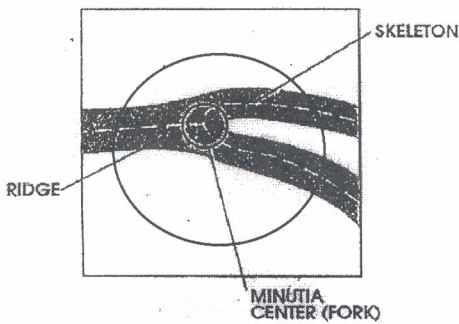
Hình 5. Cách xác định hướng điểm đặc trung theo phương pháp "truyền thống"

Phương pháp xác định hướng như trên có vẻ đơn giản nên được áp dụng rộng rãi trong xây dựng hệ nhận dạng vân tay tự động. Tuy nhiên trở ngại chính ở đây là không phân biệt đâu là đường vân chính, đâu là đường rẽ nhánh. Tức là hướng điểm đặc trung chỉ phụ thuộc hai nhánh vân, nên trong một số trường hợp việc xác định không nhất quán. Trên hình 5, xem AO là đường vân chính còn OB, OC là đường rẽ nhánh thì OI nằm trong góc BOC sẽ là hướng điểm đặc trung. Nhưng nếu coi OC là đường vân chính, OA, OB là đường rẽ nhánh thì hướng điểm đặc trung sẽ nằm trong góc AOB.

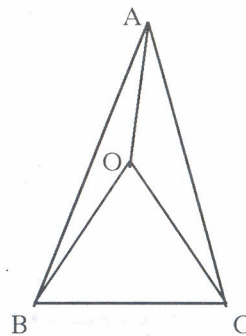
2.2. Hướng điểm đặc trung trong trường hợp tổng quát

2.2.1. Đối với điểm rẽ nhánh

Để khắc phục sự không nhất quán trong việc xác định hướng điểm đặc trung, thay vì chọn hai điểm ở 2 nhánh vân, trong trường hợp này ta chọn 3 điểm ở 3 đường vân. Bằng cách: lấy điểm rẽ nhánh dùng làm tâm quay vòng tròn có bán kính R (kích thước cụ thể sẽ được trình bày mục sau) cắt 3 đường vân như hình 6. Lấy 3 điểm giữa đường vân mà đường tròn cắt 3 đường vân. Gọi A, B, C là 3 điểm đó. Nối A, B, C với O ta được hình 7, nghĩa là thay vì xét 3 đường vân giao nhau ta xét 3 đường OA, OB, OC.



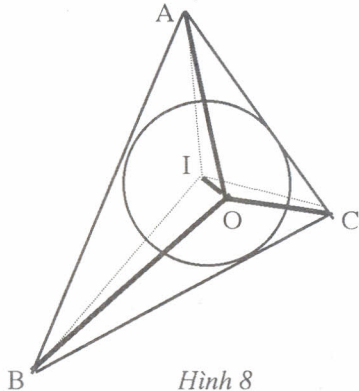
Hình 6



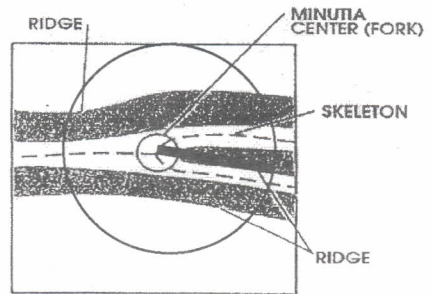
Hình 7

Nối A, B và C ta được tam giác ABC như hình 7. Ba véc tơ  $\vec{OA}$ ,  $\vec{OB}$ ,  $\vec{OC}$  phụ thuộc vào điểm đặc trung O và các đường nhánh đi qua O. Xác định véc tơ  $\vec{OI}$  sao cho  $\vec{OI}$  phải phụ thuộc vào 3 véc tơ  $\vec{OA}$ ,  $\vec{OB}$ ,  $\vec{OC}$  nói trên. Nghĩa là khi một trong OA, OB, OC thay đổi thì đoạn OI cũng thay đổi theo. Điều này có thể thực hiện được dễ dàng bằng các kiến thức hình học sơ cấp như sau:

Dựng ba đường phân giác của ba góc:  $\angle ABC$ ,  $\angle BAC$  và  $\angle ACB$ . Ba đường phân giác này sẽ cắt nhau tại I. I chính là tâm của đường tròn nội tiếp tam giác ABC như hình 8. Nối O và I ta được véc tơ  $\vec{OI}$ . Ta phải chứng minh rằng véc tơ  $\vec{OI}$  không thay đổi. Thật vậy vì ba véc tơ  $\vec{OA}$ ,  $\vec{OB}$ ,  $\vec{OC}$  là cố định với mỗi điểm đặc trưng O. Hơn nữa trong hình học sơ cấp người ta chứng minh được rằng: trong một tam giác chỉ có thể dựng được một đường tròn nội tiếp. Do đó trong tam giác ABC ta chỉ có thể tìm được một điểm I là tâm đường tròn nội tiếp. O cố định và I cũng cố định nên suy ra OI cũng không thay đổi, tức OI là nhất quán trong mọi trường hợp, không phân biệt đâu là nhánh chính, đâu là nhánh phụ.



Hình 8



Hình 9

**2.2.2. Đối với điểm đặc trưng là điểm cuối**

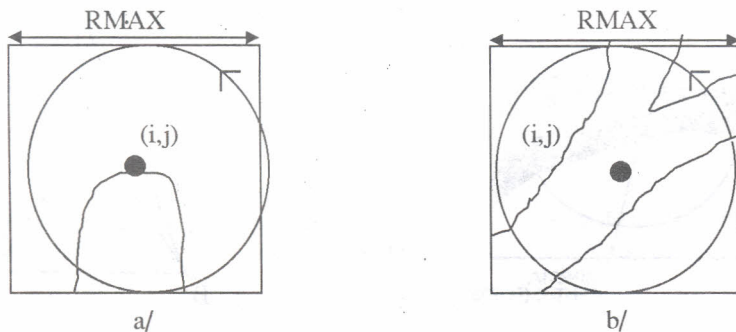
Xét hình 9, ở đây ta chỉ việc tìm giao điểm của vòng tròn với đường vân đi qua điểm đặc trưng kết thúc. Nối điểm đặc trưng đó với điểm giao nhau ta được hướng điểm đặc trưng.

Khác với trường hợp điểm đặc trưng rẽ nhánh, hướng điểm đặc trưng là điểm cuối xác định theo phương pháp trên không phụ thuộc vào phép quay và phép tịnh tiến ảnh vân tay. Hướng điểm đặc trưng là điểm cuối là nhất quán.

**3. THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH XÁC ĐỊNH HƯỚNG ĐIỂM ĐẶC TRƯNG**

**3.1. Thuật toán xác định hướng điểm đặc trưng**

Coi tất cả các điểm đặc trưng như là tâm đường tròn (i, j) và gán  $i = x$ ,  $j = y$ , bán kính  $Dx = RMAX/2$  như hình 10. Chiều vòng tròn quay ngược chiều kim đồng hồ cắt các đường vân đi qua điểm đặc trưng.

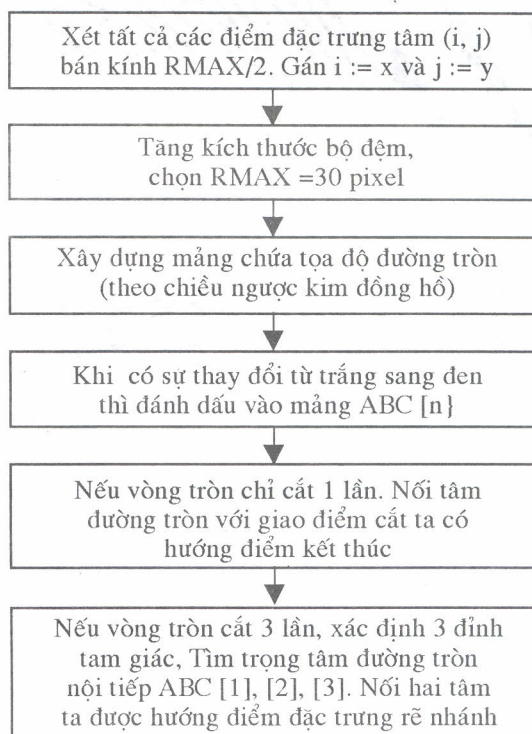


Hình 10. a. tương ứng với điểm đặc trưng kết thúc, b. tương ứng với điểm đặc trưng rẽ nhánh.

Khi xác định điểm đặc trưng [2], để tăng tốc độ tìm kiếm phải chọn bán kính vòng tròn càng nhỏ càng tốt (miễn là bao quanh điểm đặc trưng). Nhưng khi xác định hướng điểm đặc trưng phải chọn bán kính đủ lớn sao cho cắt đủ 3 đường vân có độ chính xác cao. Bằng thực nghiệm cho thấy  $RMAX := 30$  pixel là tối ưu nhất.

Khi xác định hướng điểm đặc trưng, vòng tròn mới quay ngược chiều kim đồng hồ cắt các đường vân và "tự động" phân loại điểm đặc trưng như sau: Nếu có sự thay đổi từ trắng sang đen thì đánh dấu vào mảng ABC [n] (với n là số lần vòng tròn cắt đường vân). Đối với điểm kết thúc như hình 10a, vòng tròn chỉ cắt một lần ta có ABC [1] = (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>). Đối với điểm rẽ nhánh thì cả 3 mảng ABC [1], ABC [2] và ABC [3] tương ứng 3 đỉnh của tam giác ABC.

### 3.2. Lưu đồ thuật toán xác định hướng điểm đặc trưng



Hình 11. Lưu đồ khối thuật toán xác định hướng điểm đặc trưng

### 3.3. Chương trình xác định hướng điểm đặc trưng

Chương trình được viết bằng ngôn ngữ Delphi trong môi trường WINDOWS, hình ảnh rõ ràng đẹp dễ, tạo nên một công cụ mới cho giám định viên khi xử lý vân tay thay vì phải sử dụng kính lúp, bút chì theo kiểu 'truyền thống' trước đây.

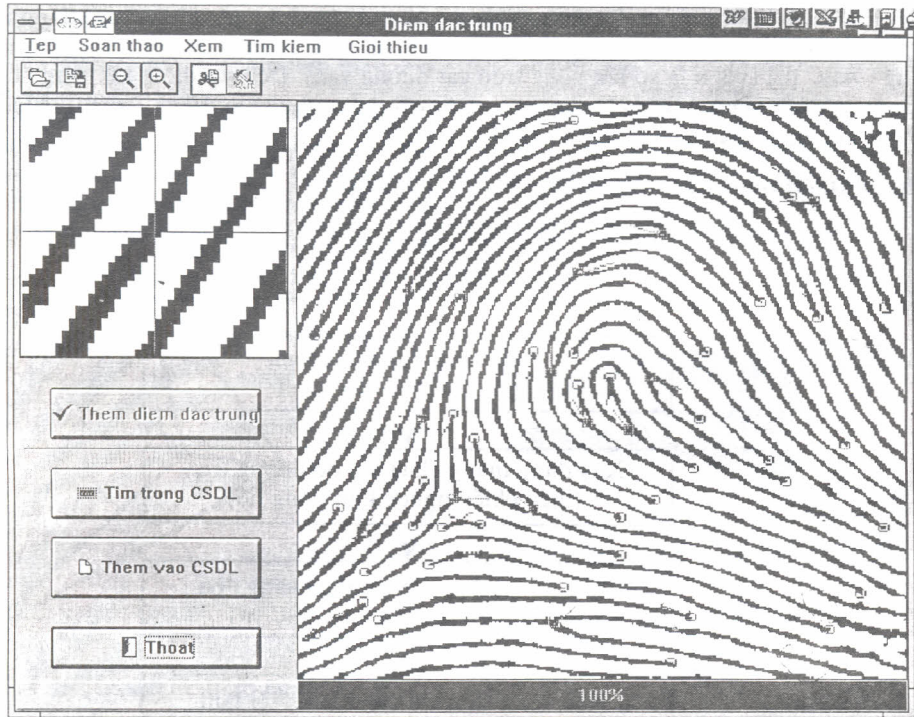
Trên thanh ngang hình 12, nếu nhấn con chuột vào menu 'Tep' để đưa file ảnh cần tìm, máy sẽ tự động tìm các điểm đặc trưng và hướng.

Thời gian đọc ảnh với các ảnh thường gặp trong thực tiễn là 2 giây. Thời gian thử nghiệm tìm điểm đặc trưng và hướng của nó là 12 giây. Chương trình hoạt động ổn định. Thử nghiệm với 100 vân tay sau khi được nâng cấp, độ chính xác khi tự động tìm điểm đặc trưng đạt 98%, đối với hướng đạt 90%.

Để thấy rõ hơn vai trò của hướng điểm đặc trưng trong hệ truy nguyên vân tay bằng máy tính phần tiếp theo sẽ trình bày quá trình "định vị" tập hợp điểm đặc trưng và hướng điểm đặc trưng của 2 ảnh vân tay.

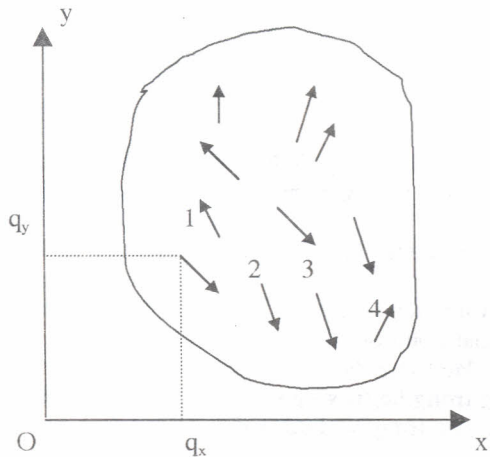
## 4. ỨNG DỤNG ĐIỂM ĐẶC TRƯNG CÓ HƯỚNG GIẢI BÀI TOÁN ĐỊNH VỊ ẢNH VÂN TAY HIỆN TRƯỜNG

Đối với vân tay hiện trường đôi khi chỉ thu được một mẫu nhỏ với vài điểm đặc trưng. Để đơn giản nhưng không làm mất đi tính tổng quát, giả sử các điểm đặc trưng là cùng loại (cùng điểm rẽ nhánh hay cùng là điểm cuối).

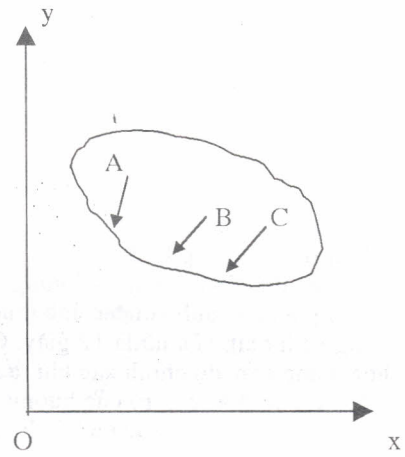


Hình 12. Kết quả tự động tìm điểm đặc trưng và hướng điểm đặc trưng

Các điểm đặc trưng và hướng được ký hiệu là các véc tơ có hướng như hình 13b. Ta không biết hướng ảnh bị mất và không biết những điểm đặc trưng thu được ở hình 13b tương ứng với điểm đặc trưng nào của ảnh vân tay trên hình 13a. Bài toán đặt ra là tìm các điểm đặc trưng trên hình 13b xem tương ứng với điểm đặc trưng nào trên hình 13a.



Hình 13a. 'Đám mây' điểm đặc trưng có hướng

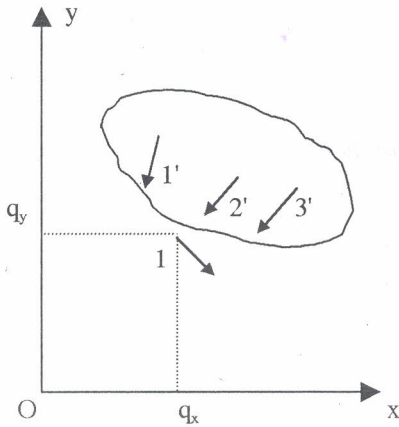


Hình 13b. 'Đám mây' vân tay hiện trường

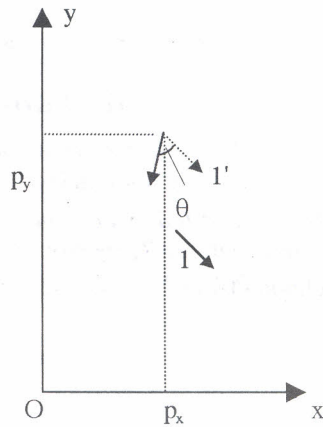
**4.1. Biểu thức toán học giữa hai tập hợp điểm đặc trưng**

Xét hình 13a. Giả sử trên hình này bị mất một số điểm ảnh và chỉ còn lại một phần gồm 3 điểm 1, 2 và 3. Các điểm này bị quay và dịch chuyển so với ban đầu như hình 14a.

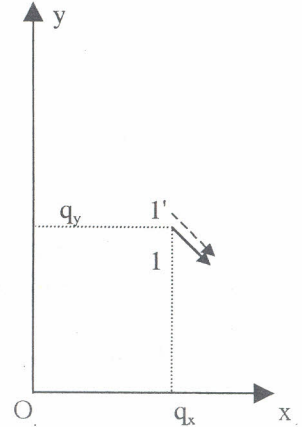
Tìm một biểu thức toán học liên kết giữa các điểm đặc trưng bị quay và dịch chuyển trên hình 14a sao cho nó trùng với các điểm ảnh trên hình 13a một cách tương ứng. Nghĩa là đưa 3 điểm 1', 2' và 3' trùng với điểm 1, 2, 3 trên hình 13a.



Hình 14a. Một phần của ảnh bị quay và dịch chuyển



Hình 14b. Điểm 1' được quay cùng hướng với 1 (nét đứt)



Hình 14c. Điểm 1' được dịch chuyển đến điểm 1

Xét điểm ảnh 1'. Gọi  $\alpha$  là góc của điểm 1 với trục Ox,  $\beta$  là góc điểm 1' với trục Ox. Muốn cho điểm ảnh 1' trùng với điểm ảnh 1, đầu tiên cố định điểm 1' (phần đầu điểm), sau đó quay véc tơ đó một góc  $\theta$  sao cho  $\alpha + \theta = \beta$  như hình 14b. Cuối cùng dịch chuyển điểm 1' tới điểm 1 như hình 14c. Áp dụng phép biến đổi phức hợp [4], ta có hệ thức giữa điểm 1' và 1 như sau:

$$\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}_{1'1} = \begin{pmatrix} q_x \\ q_y \end{pmatrix}_{1'1} - \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}_{1'1} \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix}_{1'1} \quad (1)$$

Từ (1) ta xác định được các hệ thức  $\{\theta, \Delta x, \Delta y\}$  và gán  $T_{1'1}\{\theta, \Delta x, \Delta y\}$  là tập hợp các hệ thức để 1' thành 1. Xét các điểm ảnh 1, 2, 3... của ảnh trên hình 13a, khi ảnh này quay hay dịch chuyển thì các điểm ảnh 1, 2, 3 cũng quay hay dịch chuyển theo. Do đó nếu điểm 1 quay một góc  $\theta$  và dịch chuyển một số gia  $\Delta x, \Delta y$  để thành điểm 1' thì các điểm 2, 3 cũng quay một góc  $\theta$  và dịch chuyển một số gia  $\Delta x, \Delta y$ . Từ đó dễ dàng thấy rằng: để đưa điểm 2' về điểm 2 và 3' về 3 ta cũng có hệ thức (1).

Nếu đưa điểm 1' trở thành một điểm ảnh nào đó trên hình 13a khác điểm 1 thì các hệ thức  $\{\theta, \Delta x, \Delta y\}$  thu được sẽ hoàn toàn khác nhau. Nghĩa là:

$$T_{1'2}\{\theta, \Delta x, \Delta y\} \neq T_{1'3}\{\theta, \Delta x, \Delta y\} \neq T_{1'4}\{\theta, \Delta x, \Delta y\} \dots$$

Tương tự, để đưa điểm 2' trở thành điểm nào đó trên hình 13a khác điểm 2 thì các hệ thức  $\{\theta, \Delta x, \Delta y\}$  thu được sẽ hoàn toàn khác nhau...

#### 4.2. Phương pháp định vị giữa hai tập hợp điểm đặc trưng

Xét điểm A trên hình 13b. Để đưa điểm ảnh A trùng với các điểm trên hình 13a ta có các hệ số  $T_{A1}\{\theta, \Delta x, \Delta y\}, T_{A2}\{\theta, \Delta x, \Delta y\}, T_{A3}\{\theta, \Delta x, \Delta y\} \dots$  Dĩ nhiên vì các điểm 1, 2, 3... có hệ tọa độ khác nhau nên các hệ số  $T_{Ai}$  trên sẽ khác nhau. Có bao nhiêu điểm ảnh trên hình 13a thì có bấy nhiêu hệ số  $T_{Ai}$

Tương tự điểm B đối với các điểm ảnh 1, 2, 3... ta cũng có các hệ số  $T_{B1}\{\theta, \Delta x, \Delta y\}, T_{B2}\{\theta, \Delta x, \Delta y\}, T_{B3}\{\theta, \Delta x, \Delta y\} \dots$  và các hệ số này luôn khác nhau.

So sánh các hệ số  $T_{Bi}$  với từng  $T_{Ai}$  nếu có hai hệ số nào bằng nhau thì kết luận hệ số là phép biến đổi chính xác để hai điểm ảnh trùng nhau tương ứng. Ví dụ nếu:

$T_{A1}\{\theta, \Delta x, \Delta y\} = T_{B2}\{\theta, \Delta x, \Delta y\}$ , suy ra điểm A trên hình 13b chính là điểm 1 trên hình 13a, điểm B trên hình 13b chính là điểm 2 trên hình 13a và nếu quay, dịch chuyển ảnh trên hình 13b theo hệ thức  $\{\theta, \Delta x, \Delta y\}$  thì toàn bộ điểm ảnh của hình 13b sẽ trùng với các điểm ảnh trên hình 13a một cách tương ứng.

Trong trường hợp nếu không có các hệ số  $T_{Ai}$  và  $T_{Bi}$  nào bằng nhau thì các điểm ảnh đó trên hình 13b có thể không tương ứng với điểm ảnh nào trên hình 13a.

Sau khi định vị giữa hai tập hợp điểm đặc trưng với nhau, bước tiếp theo là tính toán số điểm đặc trưng trùng nhau nhằm tính tỷ số đối sánh hai vân tay. Chi tiết giải bài toán đối sánh đã được tác giả trình bày trong [3].

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngô Tứ Thành, Nguyễn Thế Dũng, *Một số vấn đề về hướng của điểm đặc trưng trong ảnh vân tay*, Hội thảo quốc gia về tin học ứng dụng, Qui Nhơn tháng 8 năm 1998.
- [2] Ngô Tứ Thành, Nguyễn Thế Dũng, *Thuật toán và chương trình xác định điểm đặc trưng ảnh vân tay*, Hội nghị Vô tuyến điện tử toàn quốc lần thứ 7, Hà Nội tháng 12 năm 1998.
- [3] Ngô Tứ Thành, *Thuật toán và chương trình đối sánh điểm đặc trưng vân tay hiện trường*, *Chuyên san Tạp chí Bưu chính Viễn thông*, tháng 12 năm 1999.
- [4] Nguyễn Đình Trí và các cộng sự, *Toán cao cấp 3 tập*, Nhà xuất bản Đại học và THCN, Hà Nội, 1983.
- [5] Trần Minh Thành, *Ứng dụng các phương pháp xử lý ảnh trong việc nhận dạng ảnh vân tay*, Luận án PTS, Hà Nội, 1996.

Nhận bài ngày 9 - 6 - 1999

Nhận lại sau khi sửa ngày 22 - 12 - 1999

Công an Thừa Thiên - Huế