

# ỨNG DỤNG KHOẢNG CÁCH HAUSDORFF TRONG ĐÁNH GIÁ CHUYỂN ĐỔI CÁC BIỂU DIỄN RASTER VÀ VECTOR

BẠCH HUNG KHANG, ĐỖ NĂNG TOÀN

**Abstract.** This paper deals with a method for using Hausdorff distance to estimate quality of conversion from raster to vector and vice versa. In order to improve quality of conversion between vector and raster, we use some topo characteristics of image objects such as inside/outside-contour and line width etc... Complexity of estimation will be reduced, if we use contours of objects. Besides, the paper also shows types of maps that can be vectorized and have been verified by using this method in MAPSCAN software package that has been developed in the Department of Pattern Recognition and Knowledge Engineering such as:

- Topography, hydrography and transport maps etc..
- Technical, designing, electronic circle drawings and printed finger images etc..

**Tóm tắt.** Bài báo này đề cập đến phương pháp sử dụng khoảng cách Hausdorff vào việc đánh giá chất lượng chuyển đổi RASTER, VECTOR. Để làm tăng chất lượng chuyển đổi, chúng tôi sử dụng một số đặc trưng tô pô của đối tượng ảnh như chu tuyến trong, chu tuyến ngoài, độ dày của đường v.v.. Bài báo cũng chỉ ra rằng việc sử dụng chu tuyến của đối tượng sẽ giúp quá trình tính khoảng cách được rút ngắn. Ngoài ra bài báo cũng chỉ ra một kiểu ảnh có thể ứng dụng phương pháp này và đã được thử nghiệm tại Phòng Nhận dạng và Công nghệ tri thức trong phần mềm MAPSCAN<sup>1</sup> như:

- Các bản đồ địa hình, thủy văn, đường giao thông v.v..
- Các bản vẽ kỹ thuật, sơ đồ thiết kế mạch in, vân tay v.v..

## 1. GIỚI THIỆU

Trong xử lý và nhận dạng, có một số loại ảnh đường nét gồm các đối tượng (objects) có độ dài lớn hơn nhiều so với độ dày của nó, ví dụ như là ảnh các ký tự dấu vân tay, sơ đồ mạch điện tử, bản vẽ kỹ thuật, bản đồ v.v.. Thông thường, có hai dạng biểu diễn các ảnh thuộc loại này:

Một là dạng RASTER, ảnh được biểu diễn ở dạng ma trận các điểm (điểm ảnh), ảnh thu được qua các thiết bị thu nhận ảnh như camera, scanner v.v..

Hai là dạng VECTOR, ảnh được biểu diễn bởi các điểm, đường, đường tròn, cung tròn v.v., ảnh được thu nhận qua các thiết bị số hóa như digitizer hoặc được chuyển đổi từ ảnh RASTER qua các chương trình chuyển đổi ảnh v.v..

Với mỗi dạng biểu diễn có những ưu điểm khác nhau, như đối với ảnh RASTER dễ dàng cho việc thu nhận, hiển thị, in ấn, còn đối với ảnh VECTOR thì dễ dàng cho việc lựa chọn, copy, di chuyển, tìm kiếm, trích chọn đặc điểm v.v.. Tùy theo mục đích của người sử dụng, ảnh được biểu diễn ở dạng này hay dạng khác, như vậy nảy sinh vấn đề chuyển đổi giữa hai dạng biểu diễn.

Bài báo này đề cập đến vấn đề sử dụng khoảng cách Hausdorff trong việc đánh giá chất lượng chuyển đổi RASTER, VECTOR thông qua đó đề xuất một số cải tiến của các thuật toán véc tơ hóa có sử dụng chu tuyến [1, 5, 7, 8, 9] để đảm bảo cho việc chuyển đổi. Bài báo cũng chỉ ra rằng việc sử dụng chu tuyến làm giảm thời gian tính toán khoảng cách Hausdorff giữa các đối tượng.

Nội dung chính của bài báo được thể hiện như sau: Phần 2 trình bày những tính chất cơ bản của không gian Hausdorff với khoảng cách Hausdorff và khoảng cách Hausdorff giữa các đối tượng ảnh. Phần 3 trình bày tổng quan về chuyển đổi từ RASTER sang VECTOR và chuyển từ RASTER

<sup>1</sup> Chương trình nhập bản đồ tự động đã được tài trợ và phát triển trong khuôn khổ của dự án UNFPA-INT 92/P23 "Phần mềm máy tính và trợ giúp cho hoạt động dân số."

sang VECTOR dưới cách nhìn của khoảng cách Hausdorff qua đó nêu ra các cải tiến cho thuật toán véc tơ hóa. Cuối cùng là những kết luận về ứng dụng khoảng cách Hausdorff trong việc đánh giá chất lượng chuyển đổi RASTER, VECTOR.

## 2. KHOẢNG CÁCH HAUSDORFF GIỮA CÁC ĐỐI TƯỢNG ẢNH

### 2.1. Khoảng cách Hausdorff

**Định nghĩa 2.1** [khoảng cách giữa điểm và tập hợp].  $(X, d)$  là không gian metric đầy đủ, ký hiệu  $H(X)$  là tập các tập con compact của  $X$ . Cho  $x \in X$  và  $B \in H(X)$ , khi đó khoảng cách từ điểm  $x$  tới tập  $B$  được xác định như sau:  $d(x, B) = \min\{d(x, y) : y \in B\}$ .

**Định nghĩa 2.2** [khoảng cách giữa hai tập hợp].  $(X, d)$  là không gian metric đầy đủ,  $A, B \in H(X)$ , khi đó khoảng cách từ tập  $A$  tới tập  $B$  được định nghĩa bởi:  $d(A, B) = \max\{d(x, B) : x \in A\}$ .

**Định lý 2.1.**  $(X, d)$  là không gian metric đầy đủ,  $A, B \in H(X)$ . Khoảng cách  $h$  giữa hai tập  $A, B$  được xác định:  $h(A, B) = \max\{d(A, B), d(B, A)\}$ .

Khi đó  $h$  là metric trên  $H(X)$ .

Chứng minh.

$$(i) \quad h(A, B) = \max\{d(A, B), d(B, A)\} = \max\{d(B, A), d(A, B)\} = h(B, A).$$

$$(ii) \quad A \neq B \in H(X) \Rightarrow \text{có thể tìm được } a \in A, a \notin B : d(a, B) > 0 \Rightarrow h(A, B) \geq d(a, B) > 0.$$

$$(iii) \quad h(A, A) = \max\{d(A, A), d(A, A)\} = d(A, A) = \max\{d(a, A) : a \in A\} = 0.$$

$$(iv) \quad \forall a \in A \text{ ta có } d(a, B) = \min\{d(a, b) : b \in B\} \leq \min d(a, c) + d(c, b) : b \in B \quad \forall c \in C$$

$$\Rightarrow d(a, B) \leq d(a, C) + \min\{d(c, b) : b \in B\} \quad \forall c \in C$$

$$\Rightarrow d(a, B) \leq d(a, C) + \max\{\min\{d(c, b) : b \in B\} : c \in C\}$$

$$\Rightarrow d(a, B) \leq d(a, C) + d(C, B).$$

Do đó  $d(A, B) = \max\{d(a, B) : a \in A\} \leq d(a, C) + d(C, B) \leq d(A, C) + d(C, B)$ , tương tự có  $d(B, A) \leq d(B, C) + d(C, A)$ ,

$$h(A, B) = \max\{d(A, B), d(B, A)\} \leq \max\{d(A, C) + d(C, B), d(B, C) + d(C, A)\}$$

$$\leq \max\{d(A, C), d(C, A)\} + \max\{d(C, B), d(B, C)\} \leq h(A, C) + h(C, B). \quad \square$$

**Định nghĩa 2.3** [khoảng cách Hausdorff]. Metric  $h$  được chỉ ra trong Định lý 2.1 được gọi là khoảng cách Hausdorff trong không gian  $H(X)$ .

### 2.2. Khoảng cách Hausdorff giữa các đối tượng ảnh

Mỗi đối tượng ảnh trong một ảnh là tập  $k$ -liên thông ( $k = 4, 8$ ) và là tập hữu hạn điểm, nên nó chính là tập compact trong không gian các điểm ảnh. Do vậy ta có thể có thể áp dụng khoảng cách Hausdorff cho các đối tượng ảnh.

Gọi  $E$  là một đối tượng ảnh,  $\text{In}(E)$  là tập các điểm trong  $C(E)$  là chu tuyến của  $E$ , ta có:  $E = C(E) \cap \text{In}(E)$ .

Việc tính khoảng cách Hausdorff giữa các đối tượng ảnh là phức tạp và tốn kém do các đối tượng này có thể chứa nhiều điểm khác nhau. Định lý sau giúp ta giảm bớt việc tính toán.

**Bổ đề 2.1.** Giả sử  $E \subseteq I$  là một đối tượng ảnh và  $C(E)$  là chu tuyến của  $E$ ,  $M_0$  là một điểm nằm ngoài  $E$ . Khi đó khoảng cách từ  $M_0$  đến một điểm ảnh của  $E$  đạt cực trị tại  $C(E)$ .

Chứng minh. Gọi điểm đạt cực trị là  $P$ , cần phải chứng minh  $P \in C(E)$ . Thật vậy, nếu  $P \notin C(E)$  thì do  $P \in E$  nên  $P \in \text{In}(E)$ . Suy ra các điểm 4 láng giềng của  $P$  là  $P_0, P_2, P_4, P_6$  đều thuộc  $E$ . Gọi tọa độ của  $M_0$  là  $(x_0, y_0)$ , tọa độ của  $P$  là  $(x, y)$ , từ mối liên hệ của các điểm 4 láng giềng ta có:

$$d(M_0, P)^2 = (x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 \tag{1.a}$$

$$d(M_0, P_0)^2 = (x_0 - (x + 1))^2 + (y_0 - y)^2 = ((x_0 - x) - 1)^2 + (y_0 - y)^2 = d(M_0, P)^2 - 2(x_0 - x) + 1 \tag{1.b}$$

$$d(M_0, P_2)^2 = (x_0 - x)^2 + (y_0 - (y - 1))^2 = (x_0 - x)^2 + ((y_0 - y) + 1)^2 = d(M_0, P)^2 + 2(y_0 - y) + 1 \tag{1.c}$$

$$d(M_0, P_4)^2 = (x_0 - (x - 1))^2 + (y_0 - y)^2 = ((x_0 - x) + 1)^2 + (y_0 - y)^2 = d(M_0, P)^2 + 2(x_0 - x) + 1 \tag{1.d}$$

$$d(M_0, P_6)^2 = (x_0 - x)^2 + (y_0 - (y + 1))^2 = (x_0 - x)^2 + ((y_0 - y) - 1)^2 = d(M_0, P)^2 - 2(y_0 - y) + 1 \quad (1.e)$$

Theo giả thiết  $M_0 \notin E$  nên hoặc  $x_0 \neq x$  hoặc  $y_0 \neq y$ , ta xét các trường hợp sau:

(i) Trường hợp  $x_0 > y$ :

Từ (1.b) suy ra  $d(M_0, P_0) < d(M_0, P)$ . Từ (1.d) suy ra  $d(M_0, P_4) > d(M_0, P)$ .

(ii) Trường hợp  $x_0 < x$ :

Từ (1.b) suy ra  $d(M_0, P_0) > d(M_0, P)$ . Từ (1.d) suy ra  $d(M_0, P_4) < d(M_0, P)$ .

(iii) Trường hợp  $y_0 > y$ :

Từ (1.c) suy ra  $d(M_0, P_2) > d(M_0, P)$ . Từ (1.e) suy ra  $d(M_0, P_6) < d(M_0, P)$ .

(iv) Trường hợp  $y_0 < y$ :

Từ (1.c) suy ra  $d(M_0, P_2) < d(M_0, P)$ . Từ (1.e) suy ra  $d(M_0, P_6) > d(M_0, P)$ .

Từ đó suy ra:  $d(M, P) > \min\{d(M_0, P_0), d(M_0, P_2), d(M_0, P_4), d(M_0, P_6)\}$  và

$$d(M_0, P) < \max\{d(M_0, P_0), d(M_0, P_2), d(M_0, P_4), d(M_0, P_6)\}.$$

Vậy  $P$  không phải điểm cực trị, điều này trái với giả thiết. Do đó bỏ đề được chứng minh.  $\square$

**Định lý 2.2.** Giả sử  $U, V \subseteq I$  là các đối tượng ảnh và  $C(U)$  là chu tuyến  $U$ ,  $C(V)$  là chu tuyến của  $V$ . Khi đó  $h(U, V) = h(C(U), C(V))$ .

*Chứng minh.*  $\forall x \in U$ , theo định nghĩa ta có  $d(x, V) = \min\{d(x, y) : y \in V\}$ . Theo Bổ đề 2.1 ta có:

$$d(x, V) = \min\{d(x, y) : y \in V\} = \begin{cases} d(x, C(V)) & \text{nếu } y \notin V \\ 0 & \text{ngược lại} \end{cases}$$

Do đó

$$d(U, V) = \max\{d(x, V) : x \in U\} = \max\{d(x, C(V)) : x \in U\} = d(U, C(V)). \quad (2)$$

Mặt khác,  $\forall y \in C(V)$ , theo định nghĩa ta có  $d(U, y) = \min\{d(x, y) : x \in U\}$ . Theo Bổ đề 2.1 ta cũng có:

$$d(U, y) = \min\{d(x, y) : x \in U\} = \begin{cases} d(C(U), y) & \text{nếu } x \notin V \\ 0 & \text{ngược lại} \end{cases}$$

Do đó

$$d(U, C(V)) = \max\{d(U, y) : y \in C(V)\} = \max\{d(C(U), y) : y \in C(V)\} = d(C(U), C(V)). \quad (3)$$

Từ (2) và (3) suy ra  $d(U, V) = d(C(U), C(V))$ .

Vậy:

$$h(U, V) = \max\{d(U, V), d(V, U)\} = \max\{d(C(U), C(V)), d(C(V), C(U))\} = h(C(U), C(V)) \quad \square$$

### 3. CHUYỂN ĐỔI RASTER VÀ VECTOR

Như đã nói ở trên, để biểu diễn các ảnh nói chung và ảnh đường nét nói riêng thông thường ta dùng hai dạng biểu diễn là raster và vector. Với mỗi dạng biểu diễn có những ưu điểm khác nhau, như đối với ảnh raster dễ dàng cho việc thu nhận, in ấn v.v., còn đối với ảnh vector thì dễ dàng cho việc lựa chọn, copy, di chuyển, tìm kiếm, trích chọn đặc điểm v.v..

Hơn nữa, những công nghệ về phần cứng hiện tại cung cấp những thiết bị phù hợp với tốc độ nhanh và chất lượng cao cho cả đầu vào và đầu ra. Tuy nhiên những thiết bị này lại chủ yếu là theo hướng raster trong khi những kỹ thuật cơ bản về trợ giúp thiết kế và phân tích dữ liệu lại chủ yếu theo hướng vector. Do đó nảy sinh nhu cầu chuyển đổi giữa các dạng biểu diễn này.

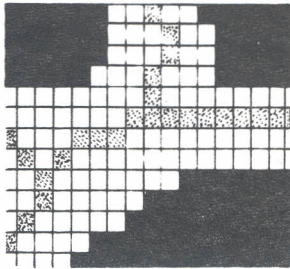
#### 3.1. RASTER sang VECTOR

Có nhiều phương pháp để chuyển đổi một ảnh từ biểu diễn raster sang biểu diễn vector. Để đánh giá phương pháp có tốt hay không thì nó cần phải bảo toàn các tính chất tôpô, liên thông... của ảnh.

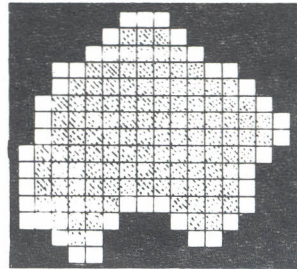
Thông thường có hai dạng trích chọn trong việc chuyển từ biểu diễn raster sang vector (véc to hóa):

Một là, véc tơ hóa theo xương (hình 1.a), dạng này được áp dụng cho các đối tượng là các đoạn thẳng, đường tròn, cung tròn như đường ranh giới, đường bình độ... nhưng không thích hợp cho các đối tượng như ao, hồ...

Hai là, véc tơ hóa theo đường biên (hình 1.b), dạng này rất thích hợp đối với các đối tượng là ao, hồ v.v..



a) Véc tơ hóa theo tâm



b) Véc tơ hóa theo biên

Hình 1. Các chế độ véc tơ hóa

Phần dưới đây nêu ra 4 phương pháp cơ bản trong thực tế thường hay được sử dụng như: Số hóa thủ công nhờ bàn số hóa (Manual digitizing), Số hóa thủ công trực tiếp trên màn hình (Headup digitizing), Số hóa tự động (Fully automatic vectorization), Số hóa bán tự động (Interactive tracing).

### 3.1.1. Số hóa thủ công nhờ bàn số hóa

Với phương pháp này người công nhân phải thực hiện việc số hóa từng điểm một và một đường sẽ được số hóa bởi dãy các điểm liên tiếp dọc theo đường đó. Phương pháp này tốn kém công sức, đối với một bản đồ chỉ gồm các đường tương đối phức tạp có thể mất từ 10 đến 20 ngày công cho việc số hóa.

Hơn nữa, độ chính xác của phương pháp thấp, bởi con người chỉ có thể số hóa ở mật độ khoảng 40 DPI (dot per inch) và điều này còn phụ thuộc vào trạng thái của người công nhân trong lúc làm công việc số hóa. Kinh nghiệm cho thấy, cùng một bản đồ hai người số hóa khác nhau thậm chí cùng một người nhưng với hai lần số hóa khác nhau cũng cho các kết quả khác nhau.

### 3.1.2. Số hóa thủ công nhờ trợ giúp của màn hình

Với phương pháp này ảnh của bản đồ sẽ được thu nhận thông qua các thiết bị như: camera, scanner.... Việc số hóa sẽ được tiến hành tương tự như trường hợp Manual digitizing như thay vì việc số hóa từng điểm trên bàn số hóa bởi việc bấm chuột.

Cũng tương tự như số hóa thủ công nhờ bàn số hóa, số hóa thủ công nhờ trợ giúp của màn hình cũng gặp phải những khó khăn về độ phân giải và kỹ năng của người số hóa. Ngoài ra nó còn phụ thuộc vào khả năng thu nhận ảnh của các thiết bị thu nhận (scanner, camera...) và khả năng hiển thị của màn hình.

### 3.1.3. Số hóa tự động

Một trong những cách để khắc phục những khó khăn số hóa của các phương pháp nêu trên là tiến hành số hóa một cách tự động nhờ kỹ thuật véc tơ hóa. Nhưng chính do tính chất tự động mà phương pháp lại gặp phải những khó khăn mới mà ở các phương pháp thủ công không mắc phải đó là việc không loại bỏ được những đối tượng không cần thiết trong quá trình số hóa. Đôi lúc chính những đối tượng này lại gây ra những sai lầm hệ trọng về cấu trúc tô pô của đối tượng cần số hóa.

### 3.1.4. Số hóa bán tự động

Từ khó khăn của phương pháp véc tơ hóa tự động này sinh ra phương pháp véc tơ hóa bán tự động (Interactive tracing). Phương pháp này tiến hành số hóa tự động từng đối tượng bởi việc bấm chuột chỉ định đối tượng và lựa chọn các điều kiện tương ứng cho việc số hóa, sau đó việc số

hóa được thực hiện tự động cho đến khi gặp quyết định cần dừng lại, chẳng hạn như tới các điểm nút thì rẽ ngả nào... máy sẽ dừng và chờ quyết định của người sử dụng để tiếp tục.

### 3.2. VECTOR sang RASTER

Thông thường để chuyển đổi từ vector sang raster người ta thường sử dụng một lượng bộ nhớ tương đương với kích thước ma trận với độ phân giải tương ứng của ảnh vector cần chuyển đổi.

Ảnh raster sẽ được xây dựng trong khoảng bộ nhớ này và mỗi vector được đọc từ file vector sẽ được đặt tương ứng trong khoảng nhớ ma trận này. Tất cả các điểm trong ma trận tương ứng với vector sẽ được thiết lập (switch on). Trong trường hợp không đủ bộ nhớ để lưu trữ ma trận ảnh, việc raster hóa được tiến hành theo từng mẻ. Với cách xử lý này đòi hỏi ảnh vector phải được đọc lại nhiều lần. Để giải quyết khó khăn này các đối tượng trong ảnh vector sẽ được sắp xếp theo tọa độ và theo chỉ mức (level).

Việc thiết lập các điểm trong ma trận tương ứng với ảnh vector thông thường được thực hiện bởi các kỹ thuật làm dày đường: làm dày đường nhờ thuật toán và làm dày đường nhờ thiết bị.

#### 3.2.1. Làm dày đường nhờ thuật toán

Thông thường có hai cách tiếp cận sử dụng các thuật toán để làm dày đường vẽ:

- *Sử dụng mẫu*

Ban đầu đường vẽ có độ dày 1 sau đó đường sẽ được làm dày bởi một mẫu, mẫu này sẽ được kéo dọc theo đường, tất cả các điểm nằm trong phạm vi mẫu đi qua sẽ được thiết lập (hình 2.a).

Việc này cũng tương tự như việc thực hiện giãn nở (dilation [2]) của đường (kí hiệu  $X$ ) theo cấu trúc  $B$  (mẫu):  $X \oplus B = \{x : B_x \cap X \neq \emptyset\}$ .

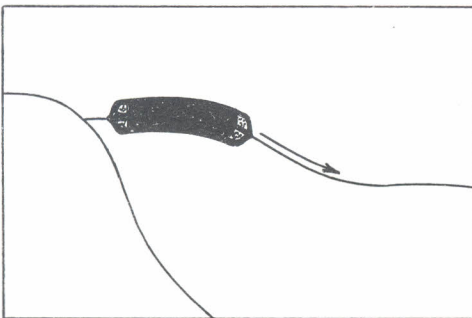
- *Làm dày đường nhờ kỹ thuật tô màu*

Cách tiếp cận bao gồm hai bước chính (hình 2.b):

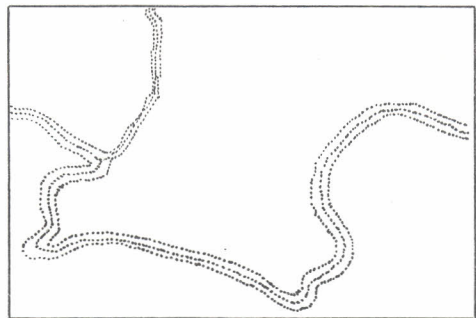
- Tạo lập ra hai đường tương ứng ra hai phía của đường (tương ứng với khoảng chiếm dụng của đường cần làm dày).

- Thực hiện thao tác tô màu (fill) vào khoảng trống tạo bởi hai đường này.

Cách tiếp cận này gặp phải khó khăn là sẽ tốn rất nhiều công sức trong việc tính toán ra hai đường viền nhất là ở các ngã (junction point) [2] nơi mà các đường gặp nhau và tốn thời gian.



a) Kéo mẫu dọc theo đường cần làm dày



b) Thực hiện việc tạo lập hai đường viền

Hình 2. Các kỹ thuật làm dày đường nét

#### 3.2.2. Làm dày đường nhờ thiết bị

Cách tiếp cận này chủ yếu dựa vào thiết bị phần cứng, với độ dày của các đường, vùng của mỗi đối tượng trong ảnh vector sẽ được sử dụng tương ứng với các kích thước nét vẽ của thiết bị phần cứng. Chẳng hạn khi cần raster hóa đường có độ dày bằng 5 thì khi đó thay vì việc vẽ đường có độ dày 1 sau đó làm dày đường từ 1 lên 5 ta sẽ sử dụng đường vẽ có độ dày nét vẽ là 5.

**3.3. Khoảng cách Hausdorff trong việc đánh giá chất lượng chuyển đổi**

Như đã nói ở trên chất lượng chuyển đổi một ảnh từ biểu diễn raster sang biểu diễn vector được đánh giá bởi: tốc độ, khả năng phục hồi, bất biến về tô pô và bảo đảm tính đẳng hướng, tính liên thông....

Trong thực tế tùy theo mục đích mà người ta chú trọng đến yêu cầu nào và với mỗi mục đích cũng cần có sự đánh giá chất lượng chuyển đổi. Ở đây, chúng tôi chỉ quan tâm đến vấn đề đánh giá khả năng phục hồi của ảnh thông qua việc sử dụng khoảng cách Hausdorff.

**Định nghĩa 3.1.** Cho  $A, B \in H(X)$  và  $(X, d)$  là không gian metric. Khi đó  $A$  được gọi là xấp xỉ  $B$  với ngưỡng  $\epsilon$  ( $\epsilon > 0$ ) nếu  $h(A, B) \leq \epsilon$  và ký hiệu  $A \overset{\epsilon}{\approx} B$ .

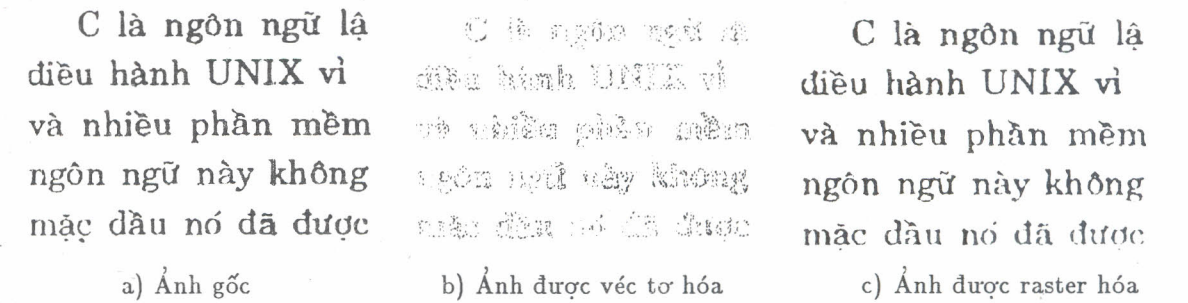
**Định nghĩa 3.2.** Gọi  $\mathcal{R}$  không gian các đối tượng ảnh RASTER,  $\mathcal{S}$  là không gian các đối tượng ảnh VECTOR. Giả sử,  $v : \mathcal{R} \rightarrow \mathcal{S}$  là ánh xạ chuyển mỗi đối tượng ảnh từ không gian các đối tượng ảnh RASTER sang không gian các đối tượng ảnh VECTOR và  $r : \mathcal{S} \rightarrow \mathcal{R}$  là ánh xạ ngược chuyển đổi các đối tượng ảnh VECTOR sang đối tượng ảnh RASTER.

Khi đó cặp chuyển đổi  $(r, v)$  được gọi là cặp chuyển đổi có độ chính xác  $\epsilon$  ( $\epsilon > 0$ ) nếu:  $U \overset{\epsilon}{\approx} r.v(U) \forall U \in \mathcal{R}$ .

Như ta đã biết việc chuyển đổi ngược một ảnh từ biểu diễn vector sang biểu diễn raster là quá trình làm dày các ảnh đường nét. Trong trường hợp độ dày là "đều" ta có thể sử dụng các phương pháp làm dày đường nhờ thuật toán hoặc làm dày đường nhờ thiết bị. Trong trường hợp độ dày của đường nét không đều nhau như đối với các vùng như sông, hồ,... ta có thể sử dụng theo phương pháp làm dày đường nhờ kỹ thuật tô màu.

Trong trường hợp thứ nhất, để thiết lập mẫu (biểu diễn độ dày) trong quá trình véc tơ hóa, với mỗi đối tượng ngoài thông tin về đường ta sẽ gắn thêm thông tin về độ dày của đường.

Trong trường hợp thứ hai, để giải quyết khó khăn trong quá trình tạo lập các đường viền trong phương pháp "làm dày đường nhờ kỹ thuật tô màu", ngay trong quá trình véc tơ hóa ta sẽ tiến hành véc tơ hóa theo biên, việc sử dụng các tính chất về chu tuyến trong và chu tuyến ngoài [5, 6] của đối tượng sẽ giúp ta dễ dàng trong việc tạo lập đường viền và xác định vị trí tô màu trong phương pháp "làm dày đường nhờ kỹ thuật tô màu".



Hình 3. Chuyển đổi raster-vector-raster theo đường viền (chu tuyến trong, chu tuyến ngoài)

Kết hợp với việc xác định vùng một cách tự động để điều chỉnh chế độ véc tơ hóa thích hợp [5], trong trường hợp đối tượng là đường, từ đây các điều thu được trong quá trình xử chuỗi các điểm xương, với việc tính trung bình cộng độ dày tại các điểm của dây thu được sau khi đã đơn giản hóa ta có thể xác định được thông tin về độ dày của đối tượng, thông tin này sẽ giúp cho việc thiết lập mẫu trong quá trình raster hóa sau này. Trong trường hợp đối tượng là vùng hoặc chế độ véc tơ hóa được chỉ định là theo đường viền với việc sử dụng các thuộc tính về chu tuyến trong, chu tuyến ngoài của đối tượng. Trong hình 3 là ví dụ về quá trình chuyển đổi raster-vector-raster trong đó sử dụng kỹ thuật véc tơ hóa tự động có điều chỉnh theo dấu hiệu chu tuyến trong và chu

tuyến ngoài. Với kỹ thuật này độ chính xác của phép chuyển đổi  $\approx 0$ .

#### 4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này tác giả đã đưa ra một cách nhìn mới về chất lượng chuyển đổi giữa raster và vector với khái niệm khoảng cách trong không gian Hausdorff. Bằng việc sử dụng khái niệm chu tuyến của đối tượng ảnh Định lý 2.2 trong bài báo đã giúp giảm đáng kể thời gian tính toán khoảng cách Hausdorff giữa các đối tượng ảnh. Cũng qua đó nhờ việc phát hiện vùng một cách tự động dẫn đến khả năng điều chỉnh chế độ véc tơ hóa thích hợp [5], tác giả đề xuất việc lấy độ dày đối với đối tượng véc tơ hóa theo xương và biểu diễn có gắn tính chất theo chu tuyến trong và chu tuyến ngoài đối với đối tượng còn lại nhằm bảo đảm cho việc chuyển đổi ngược. Các kỹ thuật này có thể dùng trong quá trình tự động có sử dụng thuật toán làm mảnh theo chu tuyến.

#### Lời cảm ơn

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn TS Ngô Quốc Tạo, TS Lương Chi Mai đã tận tình giúp đỡ và đóng góp những ý kiến quý báu trong quá trình nghiên cứu và hoàn thành bài báo này. Chúng tôi cũng xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp Phòng Nhận dạng và Công nghệ tri thức đã tạo điều kiện thuận lợi cho chúng tôi nhanh chóng hoàn thành việc nghiên cứu cũng như việc cài đặt.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bạch Hưng Khang, Lương Chi Mai, Ngô Quốc Tạo, Đỗ Năng Toàn, et al., An examination of techniques for raster-to-vector process and implementation of software package for Automatic Map Data Entry-Mapscan, *Journal of Computer Science and Cybernetics* **12** (2) (1996) 21-29.
- [2] Đỗ Năng Toàn, Một phương pháp giữ các điểm khớp trong quá trình véc tơ hóa bán tự động không qua làm mảnh, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **13** (4) (1997).
- [3] Đỗ Năng Toàn, Ngô Quốc Tạo, Kết hợp các các phép toán hình thái học và làm mảnh để nâng cao chất lượng ảnh đường nét, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **14** (3) (1998).
- [4] Đỗ Năng Toàn, Ứng dụng chu tuyến vào việc loại bỏ đối tượng nhỏ trong quá trình véc tơ hóa tự động, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **15** (2) (1999).
- [5] Đỗ năng Toàn, Một thuật toán phát hiện vùng và ứng dụng của nó trong quá trình véc tơ hóa tự động, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* **16** (1) (2000).
- [6] Đỗ Năng Toàn, Ngô Quốc Tạo, Tách các đối tượng hình học trong phiếu điều tra dạng dấu, Chuyên san các công trình nghiên cứu và triển khai công nghệ tri thức và viễn thông, *Tạp chí Bưu chính Viễn thông* **2** (1999).
- [7] Ngô Quốc Tạo, Đặng Ngọc Đức, Thuật toán làm mảnh tuần tự mới, *Tuyển tập báo cáo Hội nghị KH Viện Công nghệ thông tin*, Hà Nội, 5-6, 1996.
- [8] Ngô Quốc Tạo, Lương Chi Mai, Đỗ Năng Toàn, et al., An examination of techniques for raster-to-vector process and its Implementation-Mapscan Package Software, *International Symposium, AMPST96, University of Bradford, UK, 26-27 March*, 1996.
- [9] Wang P. S. P. and Zhang Y. Y., A fast and flexible thinning algorithms, *IEEE Transactions on Computer* **38** (1989) 741-745.

Nhận bài ngày 14 - 7 - 2000