

MỘT PHƯƠNG PHÁP GIỮ CÁC ĐIỂM KHỚP TRONG VECTO HÓA BÁN TỰ ĐỘNG KHÔNG QUA LÀM MẢNH

ĐỖ NĂNG TOÀN

Abstract. In this paper, we describe a method for keeping junction point in semi automatic vectorizing process. This approach allows to flow the vectorizing without thinning method. The paper also shows the list of maps that can be vectorized and have been tested by MAPSCAN software package that developed in the Pattern Recognition and Image Processing Group. The kind of maps could be as follows:

- Scanned maps with boundaries of territorial areas, rivers, routes, specific lines...
- Mechanical drawing maps...

I. GIỚI THIỆU

Vấn đề cơ bản trong việc sản xuất, in ấn bản đồ là tạo ra các bản đồ mới và tái tạo các bản đồ sẵn có. Việc chuyển đổi từ các bản đồ giấy sang bản đồ trên máy tính thường được thực hiện bằng các bàn số hóa bản đồ (digitizer) theo các phương pháp cổ truyền. Có một số tiếp cận là số hóa trực tiếp bản đồ trên màn hình bằng cách dùng chuột để vẽ theo các đường biên bản đồ. Trong những năm gần đây đã có nhiều hệ thống chuyển đổi các ảnh dạng điểm sang các đường (vectơ hóa tự động) như R2V, WinGis, MapScan. Trong thực tế việc chuyển đổi từ một ảnh RASTER sang ảnh VECTOR rất cần thiết. Phương pháp này đã được đưa ra trong nhiều bài báo [1-5]. Do độ phức tạp của hình ảnh và mục đích của công việc mà người sử dụng chỉ quan tâm đến một số đường nhất định như các đường giao thông đường biên huyện, tỉnh nên người ta chỉ trích chọn một số đường nhất định. Từ đó nảy sinh nhu cầu cần vectơ những đường được chỉ định. Có hai tiếp cận để giải quyết vấn đề này:

Phương pháp thứ nhất là dùng chuột định vị hai đầu mút của cung cần trích chọn, sau đó bấm chuột vào giữa cung cần trích chọn (WinsGis).

Phương pháp thứ hai là bấm chuột vào giữa cung cần trích chọn. Thủ tục tự động lần theo trục trung vị về phía của cung cho đến khi gặp điểm khớp (junction

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

point). Phương pháp này được cài đặt trong hệ chương trình nhập dữ liệu bản đồ tự động MapScan trên môi trường MS DOS.

Có hai vấn đề cần giải quyết như sau:

- Mỗi lần bấm chuột tại vị trí khác nhau trên cùng cung cần trích chọn thì có kết quả khác nhau và các đầu mút cung khác nhau.
- Các cung cùng xuất phát từ một điểm khớp không có kết quả chụm tại điểm khớp.

Bài này đưa ra phương pháp giải quyết hai vấn đề trên.

Phần còn lại của bài như sau:

- Phần 2 đề cập đến một số khái niệm cơ bản về ảnh và xương.
- Phần 3 Cơ sở lý thuyết của thuật toán để giữ các điểm khớp xương trong quá trình vector hóa bản đồ tự động không qua làm mảnh.
- Phần 4 trình bày một số thí nghiệm của thuật toán trong nhóm nhận dạng và Công nghệ tri thức.

II. ẢNH VÀ XƯƠNG

Mỗi điểm ảnh được biểu diễn bởi vector n chiều $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, trong đó mỗi tọa độ x_i có thể coi là cường độ sáng (intensity), hay một kiểu dấu hiệu nào đó. Như vậy, không gian dấu hiệu là đẳng hướng.

Ảnh là một ma trận các điểm: $I_{m \times n}$ (m - số hàng, n - số cột), $I(i, j)$ là phần tử hàng i , cột j .

Giả sử (i, j) là một điểm ảnh, các điểm 4-láng giềng gồm:

$$N_4 = \{(i-1, j), (i+1, j), (i, j-1), (i, j+1)\}$$

và những điểm 8-láng giềng gồm:

$$N_8 = \{N_4, (i-1, j-1), (i+1, j-1), (i-1, j+1), (i+1, j+1)\}$$

p là một điểm ảnh, khi đó:

- p được gọi là điểm trong nếu: $\forall q$ là 8-láng giềng của p ta có vector của p và q là như nhau.
- p là điểm biên nếu: $\exists q$ là 8-láng giềng p sao cho vector của q khác vector của p .

Khoảng cách giữa hai điểm p và q được xác định như sau:

$$d(p, q) = \text{sqrt}((x(p) - x(q))^2 + (y(p) - y(q))^2)$$

hoặc

$$d(p, q) = \max(\text{abs}(x(p) - x(q)), \text{abs}(y(p) - y(q)))$$

Tập xương của ảnh I được định nghĩa:

$$SK_I(p) = \begin{cases} 1 & \exists \text{ hai điểm } q_1, q_2 \in I \text{ sao cho } d(p, q_1) = d(p, q_2) \\ 0 & \text{ngược lại} \end{cases}$$

III. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA THUẬT TOÁN

Quá trình vector hóa bán tự động không quan làm mảnh thường được khởi đầu bởi điểm gieo. Chính do các điểm gieo của các lần vector khác nhau của cùng một đường cong là khác nhau nên thường dẫn đến là các kết quả tính toán tiếp theo cũng khác nhau và dẫn đến điểm kết thúc (junction point) cũng khác nhau. Vấn đề đặt ra là làm thế nào để với mọi điểm gieo quá trình tính toán tiếp theo hướng về các điểm khớp (junction point) sẽ dần trùng nhau. Như ta biết các điểm biên của các đường là bất biến với mọi điểm gieo nên đường hướng đến điểm khớp theo các điểm biên cũng là bất biến.

Các điểm biên có thể được tách ra trong quá trình lần theo cạnh. Ưu điểm của phương pháp dò theo cạnh là nó chấp nhận mọi đường cong tùy ý và nó sử dụng thông tin thu được từ các giai đoạn trước. Quá trình bao gồm các thủ tục sau:

- a) Xác định điểm xuất phát.
- b) Dự báo điểm tiếp theo.
- c) Tách một điểm biên trên cơ sở dự đoán.
- d) Xác định điểm tiếp theo.

1. Xác định điểm xuất phát

Việc xác định điểm xuất phát phụ thuộc vào chỗ vị trí các cạnh có dự đoán được trước hay không. Nếu một phần của cạnh được biết trước là đi qua một vùng nào đấy, thì trong vùng đó điểm biên vừa xuất phát được phát hiện bằng các toán tử phát hiện điểm biên. Nếu hướng của cạnh có thể dự đoán được thì áp dụng các toán tử tách cạnh theo hướng đã cho. Trường hợp không có thông tin gì phải tìm trên toàn ảnh. Ngưỡng để xác định điểm biên phải đủ cao có thể tách được điểm biên một cách tin cậy.

Điểm biên xuất phát còn phải nằm trên một đoạn đủ trơn, không gần các điểm kết thúc hoặc góc. Điểm biên xuất phát cũng có thể được kiểm tra lại sau khi đã tìm được.

2. Dự đoán điểm biên tiếp theo

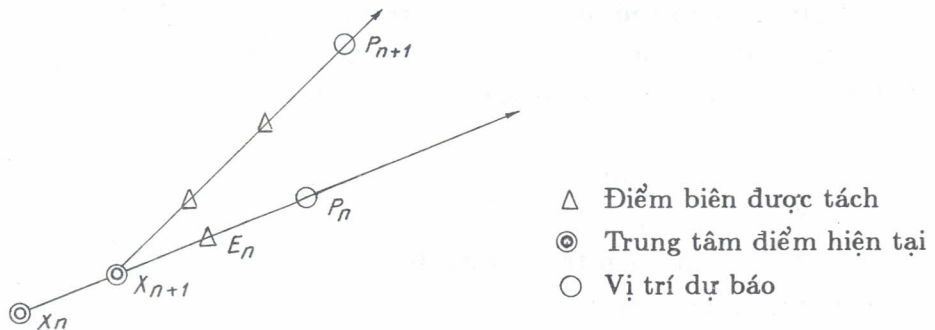
Việc dự đoán điểm biên tiếp theo nói chung dựa và các điểm biên đã có. Thông thường phương trình đường thẳng được thiết lập trên cơ sở tổng các bình phương bé nhất, điểm được dự báo tiếp theo là điểm lán giềng với điểm vừa xuất phát hiện gần nhất và nằm trên đường thẳng xấp xỉ các điểm đã tìm được.

Đối với đường cong tổng quát, quá trình phức tạp hơn. Khi đó có thể một số điểm biên mới nhất được xét theo tư tưởng xấp xỉ từng đoạn.

Một ví dụ về phương pháp dự đoán được chỉ ra ở hình 1 (Shirai 1978). Giá trị dự đoán được dựa và hướng và giá trị hiện tại.

Giả sử X_n là vị trí hiện tại của đoạn đường cong và E_n là điểm biên. Điểm lán giềng P_n được dự đoán trên cơ sở kéo dài $X_n E_n$. Điểm biên tiếp theo được lấy là điểm lán giềng với E_n . Giả sử đó là điểm E_{n+1} . Vị trí hiện tại được chuyển sang X_{n+1} (dịch một đơn vị theo chiều $E_n E_{n+1}$, và hướng hiện tại được sửa thành $X_n X_{n+1}$). Điểm dự báo tiếp theo P_{n+1} là sự mở rộng tương tự của vectơ $X_{n+1} E_{n+1}$.

Khoảng cách từ vị trí hiện tại của đoạn đường cong và vị trí của điểm dự đoán là cố định trước. Nếu khoảng cách này quá trình lần theo đường cong sẽ ít nhạy cảm với nhiễu và việc lần theo đường cong có độ cong cao khó khăn hơn.



Hình 1. Dự báo điểm tiếp theo của đường cong

3. Xác định các điểm biên trên cơ sở dự báo

Việc xác định các điểm biên tiếp theo sẽ thuận lợi hơn nếu vị trí và hướng của cạnh dự báo được trước.

Ngưỡng để tách có thể cố định hoặc chỉnh theo tính chất của những điểm biên vừa đi qua. Chẳng hạn, ngưỡng tương phản để tách cạnh kiểu bước nhảy được chỉnh theo quan hệ tuyến tính với độ tương phản trung bình của một số điểm biên vừa đi qua.

4. Xác định bước tiếp theo

Kết quả tách cạnh có thể phân loại thành 5 trường hợp sau:

1. Một điểm biên có vị trí dự báo.
2. Không có điểm biên.
3. Ở vị trí dự báo không tồn tại điểm biên.
4. Không khẳng định được 2.

Tùy theo từng trường hợp kể trên, quá trình lần theo cạnh được giải quyết tiếp tục hay dừng lại và nếu tiếp tục thì như thế nào? Quyết định phải thỏa mãn 2 yêu cầu sau:

- a) Quá trình lần theo cạnh phải dừng tại điểm kết thúc của đường cong.
- b) Không bị loạn vì nhiễu hoặc các đường biên khác..

Hai yêu cầu trên mâu thuẫn với nhau do việc lần theo cạnh nếu ít nhảy với nhiễu thì kéo theo cũng ít nhảy với điểm kết thúc. Để thỏa mãn 2 yêu cầu đó, cần phải chấp nhận chiến lược sau:

Trường hợp (1), điểm biên vừa phát hiện được bổ sung vào xâu điểm biên đã phát hiện trước đó. Đồng thời các thông số như vị trí hiện tại và hướng của đoạn đường cong cũng cần bổ sung.

Để tách các đường biên, ngưỡng tách cũng cần được thay đổi sao cho vẫn lần theo những cạnh có độ tương phản thay đổi chậm. Quá trình lần theo cạnh được tiếp tục.

Trường hợp (2) quyết định phụ thuộc vào những gì đã trải qua của quá trình. Chẳng hạn, nếu hầu hết kết quả của m bước là các trường hợp khác (1) thì quá trình có thể được dừng (m là ngưỡng).

Ngược lại có thể kết luận cạnh không tìm thấy do nhiễu hoặc ảnh hưởng của các cạnh khác, quá trình được tiếp tục. Trong trường hợp này các tham số không được bổ sung. Ngưỡng m được xác định trên cơ sở độ phân giải của ảnh và những đặc tính khác của nhiễu.

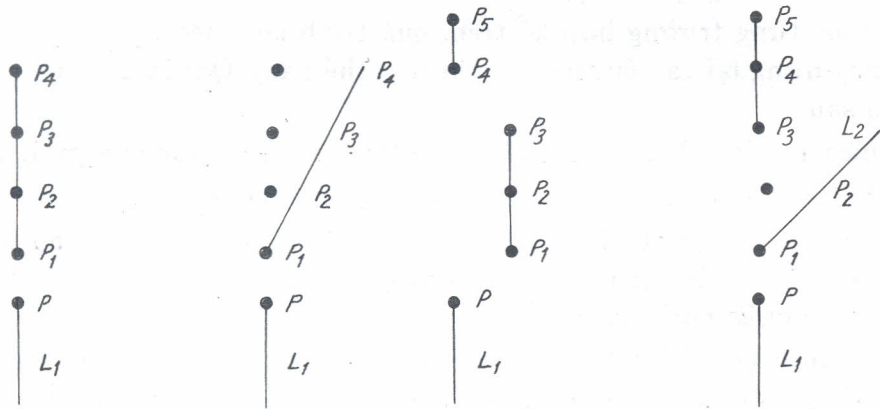
Trường hợp (3) xử lý tương tự như trường hợp (2). Nó tương ứng với trường hợp phát hiện P_1 trên hình 2(c,d)

Các trường hợp (4), (5) cũng cần được xử lý. Trường hợp (4) điểm phát hiện có thể ở phần kết thúc của 1 đường khác (xem hình 2b) hoặc có thể nằm trên cùng đường nhưng điểm kết thúc của nó bị xô dịch do ảnh hưởng của nhiễu (hình 2d).

Trường hợp (5) những tính chất của điểm biên (giá trị hay hướng) khác với những điểm trước. Trường hợp này tương ứng với các hình 2b, 2d. Cần phải thấy rằng các hình 2b, 2c, 2d không được phân biệt theo lân cận của P .

Quyết định chính cần dựa vào thông tin bổ sung về các vùng đang tìm kiếm trên đó. Trong cả 2 trường hợp, tuy nhiên quyết định được lại và quá trình tiếp tục cho tới khi gặp các trường hợp (2). Nếu sau đó gặp (1), tất cả các điểm biên tìm thấy các trường hợp (4), (5) được coi như vùng nằm trên đường cong, chúng được bổ sung vào xâu điểm biên và các thông số được bổ sung. Nếu quá trình

dừng ở (2) hay (3), các điểm biên tìm thấy ở giai đoạn (4), (5) không được bổ sung. Nhờ vậy quá trình lần theo cạnh đủ khoẻ đối với các nhiễu nhỏ mà vẫn có khả năng xác định chính xác điểm kết thúc đường cong.



a) Không có cạnh b) Xáo trộn c) Điểm nối d) Cùng một đường

Hình 2. Các kết quả tách cạnh

Thuật toán giữ các điểm khớp

Bước 1: Xác định các điểm xuất phát, tương ứng với toán tử cạnh được dùng để tiếp cận ngã cho tất cả các ngã đi đến ngã.

Bước 2: Với mỗi điểm xuất phát đã tìm được áp dụng toán tử tách cạnh đã chọn với chiều xác định tìm điểm kế tiếp.

Thủ tục được lặp lại cho đến khi xác định được điểm kết thúc.

Bước 3: Gọi S_i là tập hợp các điểm xác định trạng thái kết thúc tương ứng với điểm xuất phát i .

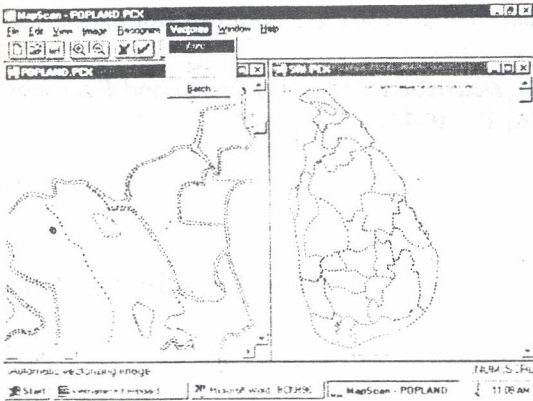
$$\Rightarrow S = F(S_i), i = 1, \dots, n \text{ (n - số ngã tạ ngã)}.$$

Bước 4: Xác định điểm nhân S_c của S

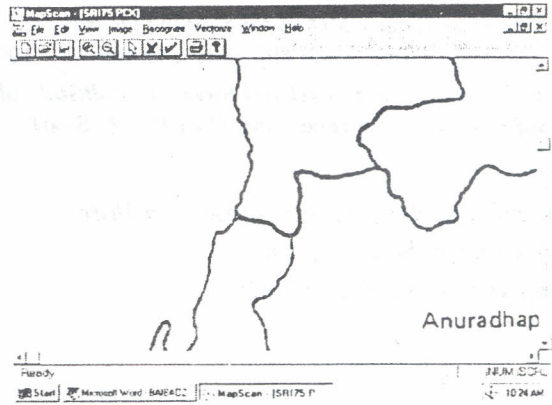
$\Rightarrow S_c$ chính là điểm dừng cuối cùng của xương đường cong đi đến ngã.

IV. CÀI ĐẶT

Chúng tôi đã cài đặt phương pháp này thành một thủ tục véc tơ hoá bán tự động *Trace* trong phần mềm MAPSCAN. Thủ tục *Trace* tỏ ra rất hữu hiệu đối với các bản đồ có các đường liền nét và độ rộng đều như địa hình, thủy văn, lãnh thổ, sông ngòi, đường giao thông v.v...



Hình 3. Thủ tục Trace



Hình 4. Tại điểm khớp

V. KẾT LUẬN

Bài này đã đưa ra các thiếu sót của cách tiếp cận vectơ hóa bản tự động của hệ WinGis và MapScan trên môi trường DOS. Bài báo cũng đưa ra phương pháp giữ điểm khớp trong quá trình vectơ hóa bản tự động không qua làm mảnh.

Lời cảm ơn

Tôi xin chân thành cảm ơn GS TS Bạch Hưng Khang đã tận tình giúp đỡ tôi trong quá trình nghiên cứu và phát triển công trình này. Tôi cũng bày tỏ lòng biết ơn đến PTS Ngô Quốc Tạo, PTS Lương Chi Mai đã góp những ý kiến quý báu giúp tôi hoàn thành công trình. Cuối cùng tôi xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp phòng Nhận dạng và Công nghệ tri thức đã tạo điều kiện thuận lợi cho tôi nhanh chóng trong 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, Vol. 12, No. 2 (1996) 21-29.
2. Bạch Hưng Khang, Lương Chi Mai, Ngô Quốc Tạo, 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.
3. Bạch Hưng Khang, Lương Chi Mai, Ngô Quốc Tạo, Đỗ Năng Toàn et al., *MapScan for Windows - Software Package for Automatic Map Data Entry*, 1997 Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT '97), Hanoi, Vietnam, 13-14 March 1997.

4. Đỗ Năng Toàn, *Một kỹ thuật tương tác trong quá trình vector hóa bản đồ*, Tuyển tập Hội nghị khoa học Viện Công nghệ thông tin, tháng 12 - 1996.
5. R. L. Ogniewicz, *Skeleton-Space: a Multiscale Shape Description Combining Region and Boundary information*, in Proceeding CVPR '94, Seattle, WA, P. 746-751, June 1994.

Phòng Nhận dạng và Công nghệ tri thức
Viện Công nghệ thông tin
Trung tâm KHTN và CNQG

Nhận bài ngày 3-6-1997