

# KẾT HỢP CÁC PHÉP TOÁN HÌNH THÁI HỌC VÀ LÀM MẢNH ĐỂ NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ẢNH ĐƯỜNG NÉT

ĐỖ NĂNG TOÀN, NGÔ QUỐC TẠO \*

**Abstract.** This paper present a method of using morphology operations such as Dilation. Erosion and thinning technique for improving feature images. In general, the morphology operations are used for increasing or reducing the thickness of lines, smoothing contours or filling holes in images. Unfortunately, the erosion operation creates dot lines. In order to overcome this shortcoming, we use the dilation operation and thinning technique step by step. This approach is useful for reducing the thickness of lines and keeps the connectness of lines. The first points of LOOP are suitable chosen for process speed. The paper also shows kinds of maps that can be vectorized and have been tested by the software package MAPSCAN developed in the Department of Pattern Recognition and Knowledge Engineering such as:

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

## 1. GIỚI THIỆU

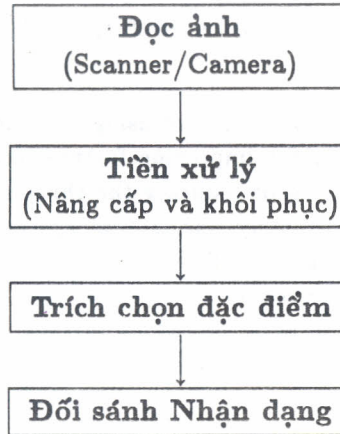
Trong xử lý và nhận dạng ảnh, có một số loại ảnh đường nét gồm các đối tượng (objects) là các đường cong có độ dài lớn hơn nhiều so với độ dày của nó, ví dụ như là ảnh các ký tự, dấu vân tay, sơ đồ mạch điện tử, bản vẽ kỹ thuật, bản đồ v.v.. Để xử lý các loại ảnh này người ta thường xây dựng các hệ mô phỏng theo cách phân tích ảnh của con người gọi là hệ thống thị giác máy (Computer Vision System). Có nhiều hệ thống được cài đặt theo phương pháp này (xem hình 1) như hệ nhận dạng chữ viết bằng thiết bị quang học OCR (Optical Character Recognition), hệ thống nhận dạng vân tay AFIS (Automated Fingerprint Identification System) v.v..

Có nhiều phương pháp trích chọn đặc điểm được biết tới như phương pháp sử dụng bộ lọc sóng ngắn (Wavelet), sử dụng hệ số Fourier, sử dụng các mô men bất biến, sử dụng các đặc trưng của biên như tính trơn và các điểm đặc biệt, sử dụng các đặc trưng tô pô dựa trên xương của đường nét... Phương pháp trích chọn đặc điểm sử dụng ảnh đã mảnh được sử dụng nhiều vì việc trích chọn đặc điểm trở nên dễ dàng. Sau bước này các đường nét đã mảnh được véc tơ hóa ảnh phục vụ việc nén dữ liệu, nhằm làm giảm thiểu yêu cầu về không gian lưu trữ, xử lý và thời gian xử lý. Kỹ thuật "làm mảnh" là một trong nhiều ứng dụng của phép toán hình thái học (morphology).

Thông thường các thuật toán làm mảnh thường bao gồm nhiều lần lặp, trong mỗi lần lặp tất cả các điểm của đối tượng sẽ được kiểm tra nếu như chúng thỏa mãn điều kiện

\* 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".

xóa nào đó tùy thuộc vào thuật toán thì nó sẽ bị xóa đi. Quá trình được lặp lại cho đến khi không còn điểm biên nào được xóa. Đối tượng được bóc dần lớp biên cho đến khi bị thu mảnh lại thành một đường duy nhất có độ dày bằng 1 pixel. Nhưng trên thực tế, chẳng hạn khi sử dụng các phép toán hình thái nhằm lấp đầy các lỗ hổng, làm trơn biên và nối số đường đứt nét, đôi khi ta chỉ cần bóc một số lớp nhất định để làm mảnh đối tượng đến một độ nhất định và bản thân trong mỗi phần trong cùng một ảnh lại cần làm mảnh với một số lớp khác nhau.



Hình 1. Mô hình tổng quát của hệ thống nhận dạng ảnh

Bài này đưa ra phương pháp chọn các điểm LOOP trong quá trình làm mảnh một cách tự động dựa theo các chu trình LOOP được sử dụng trong thuật toán “Làm mảnh” [5], giúp cho việc làm mảnh đối tượng với số lớp nhất định không bị ảnh hưởng bởi số lần thực hiện làm mảnh.

Phần còn lại của bài báo như sau: Phần 2 giới thiệu các phép toán hình thái học. Phần 3, Phần 4 là các kết quả thực nghiệm. Phần cuối cùng là kết luận.

## 2. CÁC PHÉP TOÁN HÌNH THÁI

### 2.1. Một số định nghĩa

“Hình thái” là thuật ngữ chỉ sự nghiên cứu về cấu trúc hay hình học tô pô của đối tượng trong ảnh. Biến đổi “hình thái” có rất nhiều ứng dụng, mà một trong những ứng dụng quan trọng là “làm mảnh” (Thining).

Phần lớn các phép toán “hình thái” được định nghĩa từ hai phép toán cơ bản là phép “dẫn nở” (Dilation) và phép “co” (Erosion). Các phép toán này được định nghĩa như sau:

Giả thiết ta có đối tượng  $X$  và phần tử cấu trúc  $B$  trong không gian Euclide hai chiều. Kí hiệu  $B_x$  là dịch chuyển của  $B$  tới vị trí  $x$ .

**Định nghĩa 1** (Dilation [1]). Phép “dẫn nở” của  $X$  theo cấu trúc  $B$  là tập hợp của tất cả các điểm  $x$  sao cho  $B_x$  chạm tới  $X$

$$X \oplus B := \{x : B_x \cap X \neq \emptyset\}.$$

**Định nghĩa 2** (Erosion [1]). Phép “co” của  $X$  theo  $B$  là tập hợp tất cả các điểm  $x$  sao cho  $B_x$  nằm trong  $X$

$$X \ominus B := \{x : B_x \subset X\}.$$

## 2.2. Một số tính chất của phép biến đổi hình thái

- Tính chất bất biến

$$((X \oplus B) \ominus B) \oplus B = X \oplus B$$

$$((X \ominus B) \oplus B) \ominus B = X \ominus B$$

- Tính chất phân bố của phép toán hình thái đối với tập cấu trúc

$$X \oplus (B \cup B') = (X \oplus B) \cup (X \oplus B')$$

$$X \ominus (B \cup B') = (X \ominus B) \cap (X \ominus B')$$

- Tính chất phân bố của co đối với phép giao hai tập hợp

$$(X \cap Z) \ominus B = (X \ominus B) \cap (Z \ominus B)$$

- Tính kết hợp của phép toán co, dẫn nở

$$(X \ominus B) \ominus B' = X \ominus (B \oplus B')$$

$$(X \oplus B) \oplus B' = X \oplus (B \ominus B')$$

- Tính chất gia tăng

$$X \subset X' \Rightarrow X \ominus B \subset X' \ominus B \quad \forall B$$

$$X \oplus B \subset X' \oplus B \quad \forall B$$

$$B \subset B' \Rightarrow X \ominus B \subset X \ominus B' \quad \forall X$$

- Tính chất đối ngẫu

$$X \oplus B = (X \ominus B)^c$$

## 2.3. Làm mảnh dưới góc độ xử lý “hình thái”

Chúng ta có thể dùng các phép toán co, dẫn để làm mảnh các ảnh.

**Định nghĩa 3.** Trong xử lý “hình thái”, phép toán “làm mảnh” được định nghĩa như sau:

$$X \circ B := X \setminus (X \otimes B)$$

Trong đó:  $B$  là phần tử cấu trúc dùng trong làm mảnh,  
 $\otimes$  là toán tử trùng - trượt (hit - miss operator).

Ở đây “trùng” có thể hiểu khi đó phần chung giao nhau của  $B$  với  $X$  là không rỗng.

$$X \otimes B := (X \ominus B_{ob}) \setminus (X \oplus B_{bk})$$

với:  $B_{ob}$  - tập các điểm của  $B$  thuộc vào đối tượng,

$B_{bk}$  - tập các điểm của  $B$  thuộc biên.



Để có được kết quả chính xác, việc làm mảnh cần phải được thực hiện một cách đối xứng. Do đó, người ta thường định nghĩa dãy các phần tử cấu trúc

$$\{B\} := \{B^i, 1 < i < n\},$$

trong đó  $B^i$  là  $B^{i-1}$  được quay đi một góc và được sử dụng lần lượt theo trình tự

$$XO\{B\} := ((\dots((XO B^1)O B^2)\dots)O B^n)$$

**Định nghĩa 4.** Tập  $X$  được gọi là mảnh đối với cấu trúc  $B$  nếu  $XO\{B\} = X$ .

**Thuật toán làm mảnh:**

Bước 1: Vào ma trận ảnh  $X$ .

Bước 2:  $X \leftarrow XO\{B\}$ .

Bước 3: Nếu  $X = XO\{B\}$  thì dừng; nếu khác đi thì quay lại bước 2.

**Mệnh đề 2.1.** Thuật toán làm mảnh dừng và cho kết quả là mảnh đối với cấu trúc  $B$ .

*Chứng minh.* Chúng ta có  $XO\{B\} \subseteq X$  nên sau mỗi bước làm mảnh số điểm trong  $X$  giảm đi. Do số phần tử  $X$  khác không nên số lần thực hiện bước 2 không vượt quá số điểm của  $X$ . Do đó thuật toán làm mảnh dừng.

Ví dụ : Đối với thuật toán Toumazet [8] thì tập  $B$  được chọn như sau

$$B = \begin{matrix} & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ & 0 & 1 \end{matrix}$$

Nếu quay  $B$  đi một góc  $45^\circ$  chúng ta được các cấu trúc mới như sau:

$$\begin{matrix} 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & & 1 & & & 1 & 1 & 0 & & 1 & 1 & 0 \\ & 1 & 1 & & 1 & 1 & 1 & & 1 & 1 & & 1 & & 0 \\ 1 & 1 & & & 1 & 1 & 1 & & 1 & 1 & & 0 & & 1 \\ 1 & 1 & 0 & & 1 & & & & 0 & 1 & 1 & & & 0 & 1 & 1 \\ & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & & 0 & & & 0 & 1 \end{matrix}$$

Như vậy chúng ta cần áp dụng làm mảnh theo tám hướng sau: Đông, Đông Nam, Nam, Tây Nam, Tây, Tây Bắc, Bắc và Đông Bắc.

### 3. LÀM MẢNH THEO CÁC ĐIỂM CHU TUYẾN

#### 3.1. Phương pháp luận làm mảnh

Đã có nhiều thuật toán làm mảnh như trong các tài liệu [2-9]. Các thuật toán này làm mảnh đều dựa trên tư tưởng chủ yếu là xóa các điểm biên thỏa mãn điều kiện được xác định trước [2-5, 8, 9]. Như vậy cho trước ảnh  $I$ , ký hiệu  $C(I)$  là tập các điểm biên (countour) của  $I$  còn  $In(I)$  là tập các điểm trong của  $I$ . Quá trình làm mảnh thông thường duyệt tất cả các điểm xem có thỏa mãn điều kiện xóa không. Nếu điểm nào thỏa mãn điều kiện xóa thì chúng ta xóa ngay điểm này. Như vậy mỗi lần chúng ta phải duyệt toàn bộ các điểm ảnh. Xong việc xóa các điểm chỉ xảy ra trên biên ảnh. Do đó số điểm cần xét trong mỗi lần xóa tối thiểu bằng số điểm của  $C(I)$ . Do đó chúng ta có mệnh đề sau:

**Mệnh đề 3.1.** Số điểm ít nhất trong mỗi lần duyệt trong làm mảnh ít nhất bằng số điểm biên  $C(I)$  của ảnh  $I$ .

Trong phần này chúng tôi đề cập đến thuật toán làm mảnh đã được đề xuất trong [5] và đưa ra cách sử dụng đầu vòng LOOP một cách phù hợp trong việc sử dụng thuật toán làm giảm độ dày của đường do phép dẫn nở nhằm nâng cao chất lượng của biên ảnh.

### 3.2. Làm mảnh dựa trên biên

Theo mệnh đề 3.1 thì thuật toán làm mảnh hữu hiệu là thực hiện làm mảnh trên các điểm trên biên. Có nhiều thuật toán sử dụng đường biên để làm mảnh. Một trong thuật toán làm mảnh đã được các tác giả Ngô Quốc Tạo và Đặng Ngọc Đức đưa ra trong [5] chủ yếu dựa vào đường biên để làm mảnh đối tượng.

Đầu tiên thuật toán sẽ dò xét tất cả chu trình (LOOP) có trong ảnh, lưu trữ vị trí các điểm đầu vào trong một mảng gọi là mảng FIRST. Sau đó thuật toán sẽ bao gồm nhiều lần lặp. Mỗi lần lặp dựa vào các điểm đầu này nó sẽ dùng thuật toán dò biên để xét duyệt tất cả các điểm biên trong ảnh. Với mỗi điểm biên, nếu như nó thoả mãn điều kiện xóa thì nó sẽ bị xóa ngay lập tức, sau đó nó mới xét tiếp điểm biên mới. Sau mỗi lần lặp thuật toán sẽ tìm lại vị trí các điểm đầu của chu trình và lưu lại trong mảng FIRST. Nếu như đi hết một chu trình mà không có điểm nào bị xóa thì chu trình đó sẽ được đánh dấu là "đã mảnh". Đến lần lặp sau chu trình nào được đánh dấu là "đã mảnh" thì sẽ không bị xét nữa. Thuật toán sẽ lặp lại đến khi không còn điểm biên nào bị xóa sau mỗi lần lặp.

Trong [5] đã chứng minh thuật toán tuần tự mới đảm bảo tính liên thông của ảnh.

### 3.3. Cải thiện chất lượng của biên trong làm mảnh một bước

Trong [5] đã đưa ra phương pháp tìm lại vị trí của điểm đầu sau mỗi lần lặp nhưng không xóa vị trí đầu hiện tại. Chúng tôi cải tiến thuật toán này bằng cách sau mỗi lần lặp kiểm tra và nếu thoả mãn điều kiện xóa thì xóa đầu mút hiện hành và tìm lại vị trí đầu của các vòng lặp.

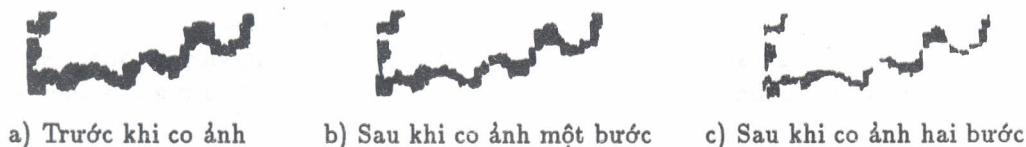
## 4. THỰC NGHIỆM

Chúng tôi đã cài đặt các phép toán hình thái học này trong hệ mềm MAPSCAN. Các phép toán này tỏ ra hữu hiệu đối với các bản đồ có các bản đồ địa hình, thủy văn, lãnh thổ, đường giao thông,... Các hình 2, 3, 4 cho kết quả thực hiện các phép toán co, dẫn và làm mảnh.

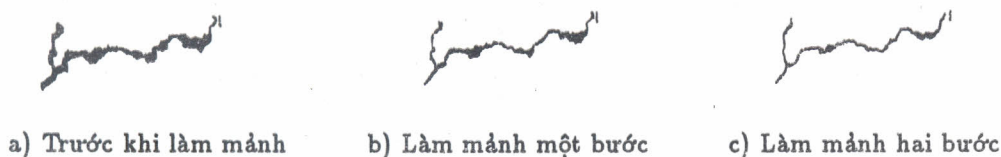


a) Trước khi dẫn nở      b) Sau khi dẫn nở một bước      c) Sau khi dẫn nở hai bước

Hình 2. Kết quả của phép toán dẫn nở



Hình 3. Kết quả của phép toán co



Hình 4. Kết quả của phép toán làm mảnh một số bước

Kết quả hình 2 sau hai lần làm béo thì một đường đứt nét trở thành liền. Hình 3 chỉ ra sau 2 lần co ảnh thì một đường liền nét trở nên đứt nét làm mất tính liên thông. Khắc phục nhược điểm đó, hình 4 cho thấy sau hai bước làm mảnh thì đường biên trở nên mảnh và bảo đảm tính liên thông.

## 5. KẾT LUẬN

Trong bài này chúng tôi đầu tiên đề cập đến phương pháp sử dụng các phép toán hình thái để cải thiện ảnh. Phép toán dẫn nở ảnh cho phép lấp đầy các lỗ hổng, làm trơn biên và nối một số đường đứt nét. Sau giai đoạn nối các đường đứt nét cần giảm độ dày của đường do phép toán dẫn nở. Trong một số trường hợp thì nhược điểm của phép co ảnh là làm đứt nét các đường. Do đó chúng tôi cũng đề cập đến phương pháp làm mảnh có sử dụng các mặt nạ áp dụng các phép toán hình thái trên một số tập cấu trúc. Bài báo còn chỉ ra cách làm mảnh tốt nhất là dùng các đường chu tuyến. Việc kết hợp khéo léo các phép toán hình thái sẽ làm cho các đường nét có chất lượng cao (trơn và ít lỗ hổng bên trong).

### Lời cảm ơn

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn GS TS Bạch Hưng Khang, PTS Lương Chi Mai đã đóng góp những ý kiến quý báu giúp chúng tôi hoàn thành công trình 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 trong việc nghiên cứu cũng như việc cài đặt.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Anil K. J., *Fundamentals of Digital Image Processing*, 1989, p. 384-388.
- [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 Implementation of Software Package for Automatic Map Data Entry-MapScan, *Journal of Computer Science and Cybernetics* 12 (2) (1996) 21-29.
- [3] 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.
- [4] Bạch Hưng Khang, Lương Chi Mai, Ngô Quốc Tạo, Đỗ Năng Toàn, et al., MapScan for Windows - Software Package for Automatic Map Data Telecommunication Technologies (APSITT '97), Hanoi, Vietnam, March 13-14, 1997.
- [5] Ngô Quốc Tạo, Đặng Ngọc Đức, Thuật toán làm mảnh tuần tự mới, Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học Viện Công nghệ thông tin, Hà Nội, ngày 5-6 tháng 12, 1996.
- [6] Đỗ Năng Toàn, Một kỹ thuật tương tác trong quá trình véc tơ hóa bản đồ, Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học Viện Công nghệ thông tin, Hà Nội, ngày 5-6 tháng 12, 1996.
- [7] Đỗ Năng Toàn, Một phương pháp giữ các điểm khớp trong véc tơ hóa bản đồ tự động không qua làm mảnh, *Tạp chí Tin học và Điều khiển học* 13 (4) (1997) 25-32.
- [8] Toumazet J. J., Traitement de l'Image par Exemple, Symbex, Chapitre 5, *Images Binaires Opérateurs Morphologiques*, pp. 117-139, 1990.
- [9] Wang P.S. P. and Zhang Y. Y., A Fast and Flexible Thinning Algorithms, *IEEE Transactions on Computer* 38 (1989) 741-745.

*Received: July 9, 1997*

*Viện Công nghệ thông tin, Trung tâm KHTN và CNQG.*