

## TRẮC ĐỊA – ĐỊA CHÍNH – BẢN ĐỒ (trang 73-89)

### MỘT CÁCH TIẾP CẬN MỚI TRONG VIỆC GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN CHỒNG PHỦ VÙNG SỬ DỤNG CẤU TRÚC DỮ LIỆU DANH SÁCH CẠNH LIÊN KẾT KÉP

TRẦN THÙY DƯƠNG, PHẠM THẾ HUYNH  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

**Tóm tắt:** Khi giải quyết các bài toán chồng phủ bản đồ, việc khoanh vùng chồng phủ và xác định thuộc tính tổ hợp của hai bản đồ các vùng chuyên đề thường được tiến hành đồng thời khi xác định các giao điểm các cạnh của các bản đồ này. Trong bài báo đã đề xuất một phương pháp khoanh vùng và gán thuộc tính theo một cách tiếp cận khác, được thực hiện sau khi đã có các giao điểm của các cạnh. Để giải quyết vấn đề tác giả đã sử dụng cấu trúc dữ liệu danh sách cạnh liên kết kép để phân tích và xây dựng thuật toán. Các thuật toán và giải pháp được các tác giả xây dựng là không những là một giải pháp để giải quyết bài toán chồng phủ mà còn là cơ sở để xây dựng các chức năng biên tập vùng để hoàn thiện quy trình thành lập bản đồ địa chính trong giai đoạn hiện nay ở Việt Nam.

#### 1. Mở đầu

Bài toán chồng phủ vùng của hai hay nhiều tờ bản đồ là bài toán có nhiều ứng dụng trong các hệ thống GIS/LIS. Bài toán chồng phủ đã được trình bày trong [2], trong đó đã sử dụng thuật toán quét (plane sweep) giải quyết đồng thời bài toán xác định các giao điểm các cạnh và bài toán xác định vùng chồng phủ với các thuộc tính tổ hợp. Cách giải quyết này có ưu điểm là nhanh (có độ phức tạp  $n \log n$ ) và giải quyết đồng loạt cho tất cả các vùng của hai tờ bản đồ. Các thuật toán xác định giao điểm cũng được mô tả trong tài liệu [1].

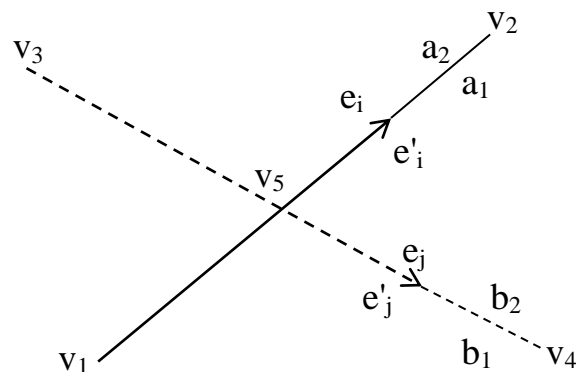
Tuy nhiên, trong quá trình chồng phủ các vùng ngoài việc xác định các vùng sau khi chồng phủ thì cần phải xác định thuộc tính của chúng. Để giải quyết vấn đề này, có một cách giải quyết bài toán này theo một cách tiếp cận khác trên cơ sở phân tích các vùng tại giao điểm và dùng các vùng bản đồ thứ hai lần lượt lát kín từng vùng của tờ bản đồ thứ nhất. Việc lát vùng sẽ đồng thời cập nhật các thuộc tính của các nửa cạnh trong danh sách DCEL. Phương pháp này không những xử lý vấn đề chồng phủ hai bản đồ mà còn là cơ sở để xây dựng một trong những chức năng biên tập vùng sao cho bảo toàn cấu trúc dữ liệu topo.

#### 2. Giải quyết vấn đề

Bài toán chồng phủ vùng liên quan đến vấn đề phân tích các vùng tại giao điểm khi các vùng giao nhau, khi đó cần xem xét đến vấn đề chia cạnh và xác định thuộc tính của các vùng bị phân chia do chồng phủ (lát kín một vùng), từ đó xây dựng nên thuật toán chồng phủ hai tờ bản đồ sử dụng cấu trúc dữ liệu DCEL.

##### 2.1. Chia cạnh

Giả sử ta có hai nửa cạnh  $e_i$  và  $e_j$  của hai vùng bất kỳ giao nhau, trong đó  $e_i$  thuộc vùng  $a_1$  (theo quy ước luôn nằm bên phải của  $e_i$ ),  $e_j$  thuộc vùng  $b_1$  (hình 1).



Hình 1. Giao nhau của hai cạnh

Nửa cạnh đảo với  $e_i$  được ký hiệu là  $e'_i$ , vùng giáp bên phải của  $e'_i$  là  $a_2$ .

Xét 4 nửa cạnh  $e_i, e'_i, e_j, e'_j$  giao nhau, có  $a_1$  là vùng phải của  $e_i$ ;  $a_2$  là vùng phải  $e'_i$ ;  $b_1$  là vùng phải của  $e_j$ ;  $b_2$  là vùng phải  $e'_j$ .

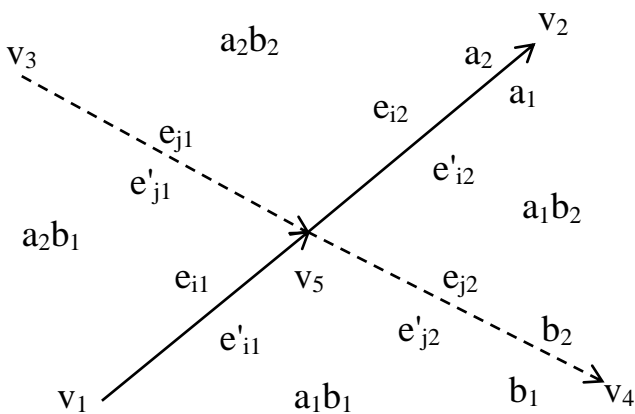
Nửa cạnh  $e_i$  sẽ được chia thành hai nửa cạnh  $e_{i1}$  và  $e_{i2}$  có cùng hướng, cùng thuộc tính vùng phải  $a_1$ , trong đó góc của nửa cạnh thứ nhất  $e_{i1}$  trùng với góc của  $e_i$  là  $v_1$ , còn góc của nửa cạnh thứ hai  $e_{i2}$  là điểm chia  $v_5$

Theo nguyên tắc chia trên ta có nửa cạnh  $e_j$  sẽ được chia thành hai nửa cạnh  $e_{j1}$  và  $e_{j2}$  có cùng hướng, cùng thuộc tính vùng phải  $b_1$ , góc của  $e_{j1}$  trùng với góc của  $e_j$  là  $v_3$ , góc của  $e_{j2}$  là điểm chia  $v_5$

Kết quả được thể hiện trên Hình 2

- 4 nửa cạnh ban đầu  $e_i, e'_i, e_j, e'_j$  được thay thế bằng 8 nửa cạnh mới  $e_{i1}, e_{i2}, e'_{i1}, e'_{i2}, e_{j1}, e_{j2}, e'_{j1}, e'_{j2}$

- từ các vùng  $a_1, a_2$  và  $b_1, b_2$  ta có các vùng chồng phủ  $a_1b_1, a_1b_2, a_2b_1, a_2b_2$



Hình 2. Nguyên tắc chia cạnh

## 2.2. Lát kín 1 vùng

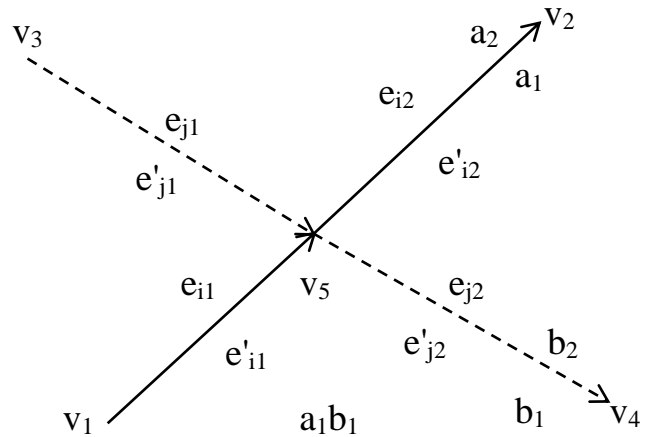
### 2.2.1. Khi có giao điểm trên đường biên

Giả sử ta xuất phát từ nửa cạnh  $e_{i1}$  có điểm đích là điểm chia  $v_5$  của vùng bản đồ thứ nhất (có thuộc tính  $a_1$ ), cần tìm nửa cạnh của vùng bản đồ thứ 2 (có thuộc tính  $b_1$ ) để tạo vùng chồng phủ mới (có thuộc tính tổ hợp  $a_1b_1$ ). Đây là trường hợp đặc biệt của bài toán khoanh vùng.

Để giải quyết trường hợp này, ta phải chọn nửa cạnh tiếp theo có góc là điểm chia  $v_5$  đồng thời có hướng quay về bên phải. Hai nửa cạnh

Nửa cạnh đảo với  $e_j$  được ký hiệu là  $e'_j$ , vùng giáp bên phải của  $e'_j$  là  $b_2$ .

với góc  $v_5$  là  $e_{j2}$  và  $e'_{j1}$  có góc nghiêng ngược nhau  $180^\circ$ . Để tìm nửa cạnh ngoặt về bên phải ta chỉ cần tính góc kẹp phải tại  $v_5$  của hai nửa cạnh  $e_{i1}$  và  $e_{j2}$ , nếu góc kẹp này có giá trị từ  $0^\circ$  đến  $180^\circ$  thì nửa cạnh  $e_{j2}$  là nửa cạnh cần tìm, trường hợp góc kẹp này lớn hơn  $180^\circ$  thì nửa cạnh cần tìm sẽ là nửa cạnh  $e'_{j1}$

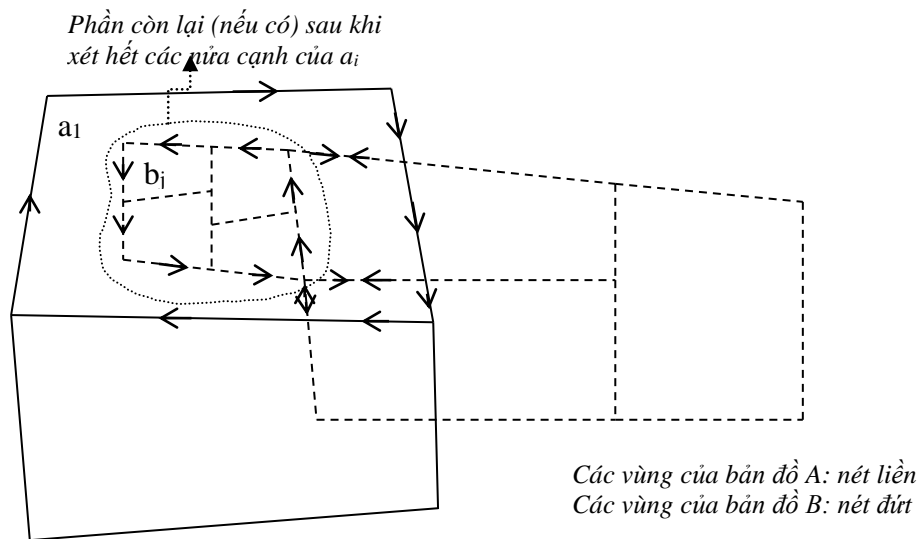


Hình 3. Xác định vùng giao khi gặp điểm chia

Như vậy, theo hình 3 ta sẽ chọn được hai nửa cạnh  $e_{i1}$  và  $e_{j2}$  với các thuộc tính vùng tương ứng là  $a_1$  và  $b_1$ . Các nửa cạnh tiếp theo nửa cạnh  $e_{j2}$  có thuộc tính vùng  $b_1$  sẽ dễ dàng được tìm thấy theo cấu trúc DCEL cho đến giao điểm tiếp theo của hai cạnh có thuộc tính vùng  $a_1$  và  $b_1$ . Tương tự như vậy, từ điểm giao thứ hai này có thể dễ dàng xác định tất cả các nửa cạnh có thuộc tính vùng  $a_1$  cho đến giao điểm tiếp theo. Quá trình này chỉ kết thúc khi quay trở về giao điểm đầu tiên. Kết quả một vùng chồng phủ mới sẽ được tạo ra với thuộc tính  $a_1b_1$  và thuộc tính vùng của các nửa cạnh nói trên sẽ phải được lưu thêm thuộc tính là  $a_1b_1$ .

Bằng cách tạo các vùng mới tại tất cả các giao điểm của vùng  $a_1$  ta sẽ lần lượt tạo ra các vùng chồng phủ mới có các thuộc tính  $a_1b_i$ .

Khi lát kín vùng  $a_1$  các cạnh của của vùng  $b_i$  bên trong  $a_1$  luôn được sử dụng hai lần, nếu có các cạnh chỉ được sử dụng một lần thì tập hợp các cạnh này sẽ tạo thành biên một vùng nằm trong  $a_1$  (hình 4). Tiếp tục theo trình tự như trên cho vùng nằm trong  $a_1$  này cho đến khi lát kín hết vùng  $a_1$ .

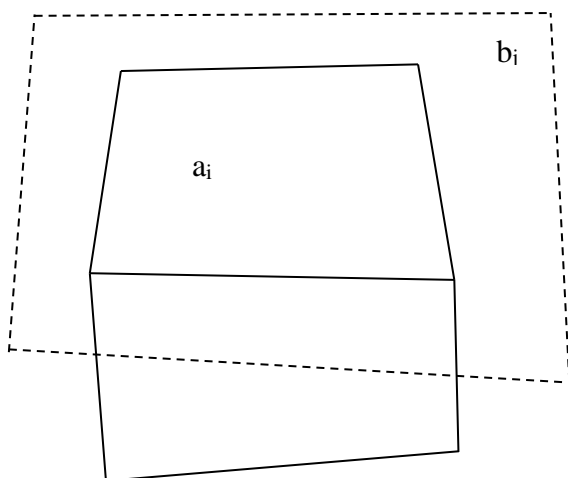


Hình 4. Lát kín một vùng khi có giao điểm trên đường biên

Sau khi lát kín toàn bộ vùng  $a_i$  thì quá trình được tiếp tục cho tới khi lát xong tất cả các vùng  $a_i$

### 2.2.2. Lát kín 1 vùng khi không có giao điểm trên đường biên

Khi tất cả các nửa cạnh của vùng  $a_i$  đều không có giao điểm với cạnh của các vùng  $b$  (hình 5), vấn đề đầu tiên cần phải giải quyết là xác định vùng  $a_i$  hiện đang ở trong vùng  $b_j$  nào hoặc chứa những vùng  $b_j$  nào. Ta chỉ cần lấy một đỉnh đầu mút trong các cạnh của vùng  $a_i$  và sử dụng thuật toán định vị điểm theo phương pháp bản đồ hình thang [2], [3] với độ phức tạp  $O(\log n)$  để xác định điểm thuộc vùng  $b_j$  nào.



Hình 5. Lát kín một vùng khi không có giao điểm trên đường

Biết được vùng  $b_j$  thì toàn bộ vùng  $a_i$  sẽ được lát kín nếu vùng  $b_j$  không chứa các vùng bên trong (vùng đảo). Trường hợp vùng  $b_j$  có các vùng đảo bên trong thì ta lại xác định bài toán ngược lại, tìm tất cả các vùng đảo của  $b_j$  nằm trong vùng  $a_i$ . Khi đó vùng chồng phủ  $a_i$  sẽ bổ sung thêm các vùng đảo này cùng thuộc tính tổ hợp tương ứng. Đối với phần bên trong các vùng đảo cách xử lý hoàn toàn tương tự.

### 2.3. Thuật toán chồng phủ

Trên cơ sở các phân tích trên, ta có thể xây dựng một quy trình thuật toán theo các bước như sau:

**Đầu vào:** Danh sách cạnh liên kết kép của bản đồ A có  $n$  vùng và bản đồ B có  $m$  vùng

**Đầu ra:** Danh sách liên kết kép cho bản đồ AB mô tả kết quả chồng phủ

a. Xác định giao điểm các cạnh, bổ sung các điểm giao, tại các giao điểm này chia và cập nhật thuộc tính vùng các nửa cạnh theo nguyên tắc ở mục 2.1 đồng thời xác định góc ngoặt phải phù hợp (mục 2.2.1) và gắn thuộc tính cạnh trước, cạnh sau ngay cho các nửa cạnh này. Tất cả các nửa cạnh bị chia sẽ lưu thành nửa cạnh lịch sử.

b. Lát từng vùng  $a_i$  ( $i=1-n$ )

Bước 1. Xuất phát từ nửa cạnh đầu tiên của  $a_i$  gọi là  $e_1$ , đánh dấu xét  $e_1$

Bước 2. Tìm nửa cạnh đi tiếp (next) cho tới khi điểm cuối của nó trùng với điểm đầu của  $e_1$

- Nếu thuộc tính vùng phải của tất cả các nửa cạnh thuộc vùng mới vừa tạo đều là  $a_i$  thì vùng này không giao với B, lúc này cần tìm xem nó thuộc vùng  $b_j$  nào theo thuật toán trình bày trong mục 2.2.2 và *gắn thuộc tính  $a_i b_j$* .

- Nếu có một nửa cạnh bất kỳ trong danh sách nửa cạnh của vùng vừa tạo thuộc  $b_j$  thì ta được ngay thuộc tính  $a_i b_j$ .

Bước 3. Lần lượt lấy nửa cạnh chưa đánh dấu xét của  $a_i$  và lặp lại các bước 1, 2 cho đến khi xét hết các nửa cạnh của  $a_i$

Bước 4. Kiểm tra trong tất cả các nửa cạnh của B đã dùng, liệt kê danh sách các nửa cạnh đảo chưa dùng. Ở đây xảy ra hai trường hợp:

- Nếu không còn nửa cạnh đảo chưa dùng thì  $a_i$  đã được lát hết, lúc này chuyển sang bước 5.

- Nếu còn nửa cạnh đảo chưa dùng thì từ danh sách này tạo ra một vùng khép kín mới gọi là  $b_y$ . Lấy  $b_y$  đóng vai trò như một  $a_i$  và quay trở lại bước 1.

Bước 5. Chuyển sang vùng  $a_i$  tiếp theo và quay trở lại bước 1 cho đến khi lát hết các vùng  $a_i$  thì sẽ được danh sách liên kết kép AB mô tả kết quả chồng phủ hai bản đồ A và B.

### 3. Kết luận

Thuật toán của nhóm tác giả xây dựng đã được thử nghiệm với nhiều trường hợp khác nhau của hai tờ bản đồ, hình 4 là một ví dụ trực quan thử nghiệm trường hợp tổng quát của thuật toán. Với thuật toán này, tất cả các vùng tạo ra

khi chồng phủ hai tờ bản đồ đều được xác định và gắn thuộc tính. Như vậy, thuật toán đã thỏa mãn yêu cầu đặt ra.

Để thực hiện chồng phủ hai tờ bản đồ cần xác định giao điểm mà độ phức tạp của bài toán xác định giao điểm theo các tài liệu [1, 2, 3, 4] đều là  $O(n \log n)$  nên độ phức tạp của cả quá trình chồng phủ sẽ là  $O(n \log n)$ .

Việc xử lý lát từng vùng theo thuật toán ở mục 2.3 với cấu trúc dữ liệu danh sách cạnh liên kết kép sẽ cho độ phức tạp thuật toán trung bình là  $O(n)$  do xử lý lần lượt từng phần tử của danh sách, trường hợp cần sử dụng thuật toán tìm điểm trong vùng có độ phức tạp là  $O(\log n)$  [2, 3]. Như vậy, độ phức tạp của thuật toán chồng phủ trên cũng sẽ là  $O(n \log n)$ .

Điều đó cho thấy, với thuật toán nhóm tác giả xây dựng, độ phức tạp thuật toán của quá trình chồng phủ không tăng nhưng lại đem lại sự linh hoạt cho các thao tác biên tập vùng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Robert Sedgewick, 1995. Cẩm nang thuật toán, Tập 2, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật.
- [2]. Mark de Berg, Marc van Kreveld, Mark Overmars, Otfried Schwarzkopf, 2000. Computational Geometry, Algorithms and Applications, Springer-Verlag, Berlin: 29-33.
- [3]. Joseph O'Rourke, 1998. Computational Geometry in C, Second Edition, Cambridge University Press, New York.
- [4]. Michael F. Worboys, 1995. GIS: A Computing Perspective, Taylor & Francis, London.

## SUMMARY

### New method of solving overlay problem using dcel structure

Tran Thuy Duong, Pham The Huynh, Hanoi University of Mining and Geology

When solving map overlay problem, making the overlays and determining combined attribute of two subdivisions is usually carried out together with determining the intersections of edges of the maps. In this paper was introduced one method of making the overlays and giving the attributes by another approach after determining intersections of edges. To solve this problem the authors used data structure of Doubly Connected Edges List for analyzing and building the algorithm. The algorithms and the method introduced by authors are not only for solving the maps overlay problem but also a basic of building of editing topo functions which has important role of improving cadastral mapping in Vietnam.