

BÀI TOÁN XỬ LÝ ĐƯỜNG BREAKLINE TRÊN MÔ HÌNH TIN, SỬ DỤNG CẤU TRÚC DCEL

LÊ QUANG HÙNG⁽¹⁾, TRẦN THÙY DƯƠNG⁽²⁾, VŨ QUANG HIẾU⁽²⁾, LÊ HỮU HUỆ⁽²⁾

⁽¹⁾Công ty Cổ phần Công nghệ Tài nguyên Môi trường và Vật liệu

⁽²⁾Trường Đại học Mở Địa chất

Tóm tắt:

Đường Breakline thường mô tả là các đối tượng biểu diễn trên mô hình số địa hình như sông núi, khe núi, đồng mức.... Tuy nhiên, khi nghiên cứu bản đồ địa chính, cũng có thể ứng dụng nguyên tắc xử lý đường Breakline để giải quyết một số bài toán địa chính trên mô hình số. Đối tượng nội dung chính của bản đồ địa chính gồm thửa đất và các đối tượng địa lý liên quan như hệ thống giao thông, thủy hệ ... Mô hình TIN địa chính được xây dựng từ tam giác hóa dữ liệu đo đạc thực địa. Các cạnh thửa đất khi đưa vào mô hình mặc nhiên là các cạnh cố định và thỏa mãn điều kiện cạnh của mạng lưới tam giác không được cắt qua. Như vậy, mạng lưới tam giác cần phải chỉnh sửa, biên tập để xử lý giao cắt. Cấu trúc dữ liệu DCEL có những ưu điểm trong lưu trữ dữ liệu được lựa chọn để giải quyết vấn đề này phù hợp với thuật toán đề ra. Bài báo dùng hai phương pháp “Chia cạnh” và “Hoán vị” tam giác áp dụng xử lý đường Breakline. Bài toán này là bài toán đi trước, tạo tiền đề để giải quyết tiếp vấn đề tạo Topology cho đối tượng vùng trên bản đồ địa chính ứng dụng mô hình TIN.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, khi mô tả bề mặt địa hình, mô hình TIN thường sử dụng. Một trong những thao tác khi biên tập cơ bản, quan trọng trên mô hình TIN là xử lý các đứt gãy địa hình, xử lý đường Breakline. Đường Breakline thường được dùng để mô tả sự thay đổi đột ngột hay còn gọi là các đặc trưng địa hình như: đường tụ thủy, đường phân thủy... Khi tam giác hóa dữ liệu địa hình, các cạnh tam giác có thể giao cắt với đường Breakline. Bài toán xử lý nhằm mục tiêu chỉnh sửa mô hình tam giác loại bỏ giao cắt và đường Breakline sẽ bị chia ra, ép buộc trở thành các cạnh của mô hình tam giác. Có rất nhiều phương pháp được ứng dụng để xử lý như: hoán đổi tam giác, chia cạnh... Sau xử lý, đường Breakline trên mô hình có thể được giữ nguyên hoặc bị phân chia và cấu trúc dữ liệu sẽ bị biến đổi. Các cạnh mới, các tam giác mới có thể được tạo thêm đòi hỏi phải cập nhật dữ liệu và xây dựng lại quan hệ tam giác. Cấu trúc DCEL tuy có những nhược điểm như tốn bộ nhớ, các tam giác biểu

diễn ở dạng không tường minh nhưng lại có ưu điểm là rất linh hoạt khi thao tác biên tập trên mô hình TIN. Thực tế cho thấy, cấu trúc biểu diễn mô hình tam giác có ảnh hưởng rất lớn đến độ phức tạp của thuật toán cũng như là tốc độ của một thao tác cụ thể. Việc lựa chọn cấu trúc biểu diễn ngoài ý nghĩa thuận tiện cho lưu trữ, cập nhật dữ liệu còn phụ thuộc vào mục đích sử dụng sau này [2]. Trong trường hợp cụ thể của nghiên cứu này, với những đặc tính ưu việt, cấu trúc DCEL được lựa chọn để ứng dụng để xử lý đường Breakline.

Khi xử lý các bài toán địa chính trên mô hình TIN, các đối tượng dạng tuyến như cạnh thửa đất, cạnh nhà, đường quy hoạch, đường địa giới... có thể được xem là các đường Breakline. Lưới tam giác được xây dựng cũng có thể xảy ra trường hợp các cạnh tam giác cắt các đường Breakline. Cách giải quyết xử lý đường Breakline trong địa chính cũng tương tự như xử lý trong địa hình. Tuy nhiên, trong xử lý giữa địa chính và địa hình cũng có đặc điểm riêng. Trong

dữ liệu địa hình, mô hình tam giác sau khi xử lý, các tam giác thu được thường phải kiểm tra và thỏa mãn điều kiện Delaunay. Trong địa chính, các tam giác được xây dựng chỉ cần phủ kín bề mặt cần mô tả, có thể tồn tại những tam giác bẹt, không nhất thiết phải thỏa mãn điều kiện tam giác Delaunay như trong địa hình[5]. Sử dụng mô hình TIN Delaunay xử lý đường Breakline trong địa chính là sự kế thừa và tận dụng kết quả của các thuật toán xây dựng mô hình tam giác Delaunay đã được nghiên cứu[4]. Mặt khác, sử dụng mô hình TIN Delaunay còn nhằm mục đích sử dụng cùng một mô hình dữ liệu cho xử lý kết hợp bài toán địa hình và địa chính từ một cơ sở dữ liệu chung. Nội dung bài báo sẽ đưa ra một hướng giải quyết mới xử lý đường Breakline trên mô hình TIN, sử dụng cấu trúc DCEL có thể áp dụng cho bài toán địa hình, địa chính.

2. Giải quyết vấn đề

Giả sử người ta đưa vào một tập hợp điểm, sau đó tiến hành tam giác hóa, xây dựng mô hình dữ liệu. Trong tập hợp các điểm đó, có thể phân loại dữ liệu điểm thành các loại:

- Điểm có tính chất địa chính,
- Điểm có tính chất địa hình,

-Điểm có tính chất vừa là địa hình, vừa là địa chính (điểm địa chính có độ cao).

Trên cơ sở tập hợp điểm chung đó, dữ liệu địa hình đưa vào tập hợp dữ liệu địa hình, dữ liệu địa chính đưa vào tập hợp dữ liệu địa chính còn dữ liệu địa chính có độ cao được phân vào cả hai tập hợp trên. Mỗi tập hợp dữ liệu tùy thuộc vào mục đích mà sử dụng dữ liệu địa chính hay địa hình mà áp dụng các phương pháp giải quyết khác nhau. Nội dung sau đây sẽ nghiên cứu các hướng giải quyết áp dụng cho việc xử lý dữ liệu địa chính.

Mục tiêu nghiên cứu xử lý đường Breakline trên mô hình TIN là biến đổi sao cho cạnh Breakline sẽ phải biến thành các cạnh tam giác trên mô hình tam giác. Sau biến đổi mô hình tam giác sẽ bị chỉnh sửa, thay đổi, có thể thêm mới các đỉnh, tam giác nhưng cũng có thể chỉ hoán vị

giữa hai tam giác liền kề nhau và dữ liệu phải được thay đổi lại (thêm mới hoặc cập nhật).

Việc cập nhật và thêm mới trong cấu trúc DCEL tiến hành theo 2 bước như sau:

Bước 1: Tìm tập hợp các nửa cạnh DCEL bị đường Breakline cắt qua và tập hợp các giao điểm

Bước 2: Trong tập hợp các nửa cạnh bị cắt vừa tìm được, xử lý lần lượt các nửa cạnh cắt theo tư tưởng cập nhật và thêm mới

Cấu trúc DCEL tổng quát được mô tả bằng ngôn ngữ lập trình Visual Basic như sau:

e as long (số hiệu của nửa cạnh)

Private Type EdgeDC

vas long (đỉnh xuất phát của nửa cạnh e)

e_t as long (nửa cạnh ngược của nửa cạnh e)

e_n as long (nửa cạnh tiếp theo của nửa cạnh e)

T as long (tam giác chứa nửa cạnh)

End Type

Ngoài ra còn có:

e_{nn} as long (nửa cạnh tiếp của nửa cạnh tiếp của nửa cạnh e).

Trong nghiên cứu của bài báo này, nội dung xử lý đường Breakline sử dụng cấu trúc DCEL được giải quyết theo hai phương pháp:

- Phương pháp chia cạnh
- Phương pháp hoán đổi tam giác (Bảo toàn cạnh).

2.1. Phương pháp “Chia cạnh”

Có 2 cách thực hiện:

- *Cách 1:* Giữ được hình dạng tam giác có xu hướng đều (sau xử lý đường Breakline, các tam giác mới xây dựng sẽ được kiểm tra điều kiện Delaunay).

Cách xử lý này sẽ giữ cho những tam giác mới sau khi chia có xu hướng không bị bẹt bằng

cách sau khi xử lý chia cạnh và thêm mới các đỉnh, các tam giác mới được xây dựng sẽ phải kiểm tra và thỏa mãn điều kiện Delaunay[5].

- *Cách 2:* Không quan tâm đến hình dạng tam giác (chia cạnh và xây dựng mới tam giác). Cách xử lý này có lợi thế là đơn giản, ổn định và không phải kiểm tra điều kiện tam giác. Tuy nhiên, do không kiểm tra điều kiện Delaunay nên sau xử lý có thể tạo ra những tam giác bẹt. Do vậy phải tùy điều kiện và mục tiêu cụ thể để áp dụng.

Theo phương pháp này, cách 1 phù hợp áp dụng xử lý Breakline trong các bài toán địa hình. Trong địa chính có thể áp dụng cách 2 (chia cạnh) trong xử lý các trường hợp như: chia tách thửa, tính toán giải phóng mặt bằng, xây dựng bản đồ quy hoạch...

Theo nguyên tắc của phương pháp, khi xét phải lần lượt đi theo các tam giác chứa các nửa cạnh có giao dọc theo đường Breakline. Ở các điểm giao cần phải thiết lập các đỉnh mới bằng các thao tác chèn điểm – thêm điểm vào mô hình tam giác. Các cạnh mới, các tam giác mới được thiết lập. Mô hình tam giác sẽ bị biến đổi và phải

cập nhật lại trong dữ liệu các thành phần: v, e_t, e_n, T của các nửa cạnh tam giác; đồng thời, thêm mới các nửa cạnh bị chia vào danh sách cạnh DCEL.

Việc chia cạnh, thêm mới và cập nhật lại trong danh sách cạnh DCEL được biểu diễn cụ thể qua hình và bảng sau: (*Xem hình 1, 2*)

Các bước thực hiện:

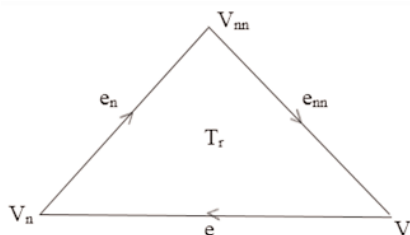
Bước 1: Tìm các nửa cạnh giao với đường Breakline (cạnh màu đỏ, hình dưới) trong tập hợp các cạnh DCEL ban đầu:

- Tìm nửa cạnh có đỉnh gốc là điểm đầu của đường Breakline.

Trong cấu trúc DCEL, đỉnh gốc của cạnh e chính là đỉnh đích của cạnh e_{nn} và cũng chính là điểm khởi đầu của đường Breakline. Do vậy, chỉ cần xét xem nửa cạnh e_n có giao với Breakline hay không.

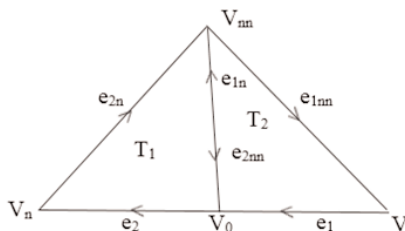
Sử dụng hàm *Intersection* để xét giao của nửa cạnh e_n với Breakline và xét:

Nếu có giao thì thêm nửa cạnh e_n vừa tìm



e	V	e_t	e_n	T_r
e	V	e _t	e _n	T _r
e _n	V _n	e _{tn}	e _{nn}	T _r
e _{nn}	V _{nn}	e _{tnn}	e	T _r

Hình 1: Dữ liệu trước khi chia cạnh



Ký hiệu: --- Không thay đổi

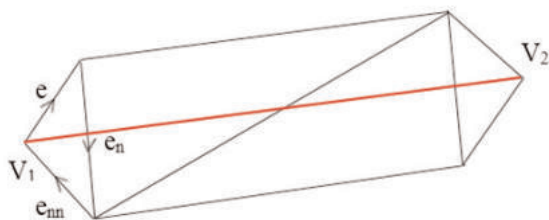
e	V	e_t	e_n	T_r
e ₁	---		e _{1n}	T ₁
e _{1n}	V ₀	e _{2nn}	e _{1nn}	T ₁
e _{1nn}	---	---	e ₁	T ₁
e ₂	V ₀		e _{2n}	T ₂
e _{2n}	---	---	e _{2nn}	T ₂
e _{2nn}	V _{nn}	e _{1n}	e ₂	T ₂

Hình 2: Dữ liệu sau khi chia cạnh

được vào một mảng tạm. Gán $e=e_n$ và thoát vòng lặp.

Nếu không giao, lấy nửa cạnh đảo e_l của e và gán $e=e_l$. Thực hiện vòng lặp để xét cạnh giao tương tự với nửa cạnh e mới vừa gán.

Thực hiện thao tác lặp lại cho tới khi tìm được nửa cạnh giao đầu tiên.

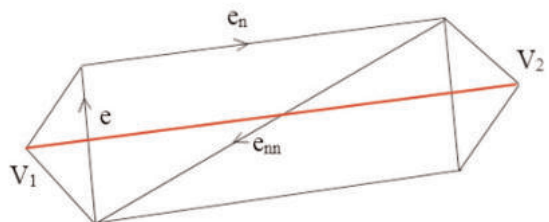


Hình 3: Tìm nửa cạnh giao đầu tiên (e_n)

Sau khi đã tìm được nửa cạnh giao đầu tiên, sử dụng chính nửa cạnh giao đó để gán làm cạnh e tiếp theo thực hiện vòng lặp. Tuy nhiên, lúc này cần phải xét cả e_n và e_{nn} xem có giao với Breakline hay không bởi vì đỉnh góc của nửa cạnh e đang xét lúc này không còn trùng với điểm đầu của Breakline.

Thực hiện vòng lặp để xét, cứ mỗi khi xác định được cạnh giao thì cạnh giao đó được thêm vào mảng tạm. Sau đó, sử dụng cạnh giao vừa tìm được gán làm nửa cạnh e và thực hiện lại thao tác lặp tìm kiếm cạnh giao.

Kết quả cuối cùng thu được một mảng tạm gồm các nửa cạnh giao với đường Breakline.



Hình 4: Tìm cạnh giao tiếp theo

Bước 2: Tìm tọa độ điểm giao và thêm mới vào danh sách điểm.

-Duyệt trong mảng danh sách các nửa cạnh

giao vừa tìm được, dùng hàm tìm giao điểm để tìm lần lượt các điểm giao với Breakline của từng nửa cạnh.

-Thêm các điểm giao vừa tìm được vào danh sách điểm.

Bước 3: Chèn điểm các điểm giao vừa tìm được vào mô hình tam giác, thêm mới và cập nhật lại trong cấu trúc dữ liệu.

Kết thúc thực hiện

Nhận xét:

Hạn chế của phương pháp xử lý đường Breakline theo nguyên tắc “Chia cạnh” là tạo ra một số lượng lớn các đỉnh thêm và các cạnh thêm không mong muốn. Tuy nhiên, nếu áp dụng nguyên tắc này trong một số bài toán địa chính lại có ưu điểm như khi tách thửa, hợp thửa, quy hoạch sử dụng đất, giải phóng mặt bằng... Khi xử lý Breakline trong các bài toán địa chính, không cần phải kiểm tra điều kiện Delaunay bởi vì việc tạo ra các tam giác bẹt trong quá trình xử lý không làm ảnh hưởng đến độ chính xác hình thể cũng như diện tích của thửa đất.

2.2. Phương pháp “Hoán đổi” tam giác

Phương pháp “Hoán đổi” tam giác còn gọi là Flip tam giác và có thể hiểu là phương pháp bảo toàn cạnh. Sau khi đã xác định được các cạnh của mô hình tam giác giao với đường Breakline, tiến hành lần lượt hoán đổi tam giác theo từng cặp tam giác liền kề có cạnh chung, giao cắt với đường Breakline. Phương pháp này sử dụng thao tác Flip tam giác đã được trình bày trong [3]. Khi đó, dữ liệu các tam giác sau hoán đổi sẽ phải được cập nhật lại trong cấu trúc dữ liệu DCEL

Các bước thực hiện

Bước 1: Tìm các nửa cạnh giao với đường Breakline trong tập hợp các cạnh DCEL ban đầu.

Ở bước này, thao tác duyệt và tìm các nửa cạnh giao với Breakline tương tự như phương pháp chia cạnh. Các nửa cạnh giao sẽ được thêm vào mảng tạm.

Bước 2: Duyệt trong mảng tạm chứa các nửa cạnh giao với Breakline, kiểm tra xem điều kiện Flip:

-Nếu thỏa mãn điều kiện thì tiến hành thao tác hoán đổi tam giác (Flip). Sau đó tiếp tục kiểm tra nửa cạnh đó sau khi Flip có còn cắt Breakline hay không. Nếu không còn cắt nữa thì loại nửa cạnh đó khỏi mảng tạm chứa các nửa cạnh giao.

-Nếu còn cắt thì giữ lại và tiếp tục thực hiện vòng lặp.

-Nếu không thỏa mãn thì tiếp tục duyệt tiếp cạnh tiếp theo.

-Dừng lại khi không còn cạnh nào trong danh sách mảng tạm

Bước 3: Đánh dấu các nửa cạnh Breakline sau khi xử lý đã biến đổi thành cạnh tam giác.

-Sử dụng một biến đánh dấu.

-Gán giá trị biến bằng -1 cho các nửa cạnh đã được xử lý và trở thành cạnh tam giác trước khi thực hiện thao tác loại cạnh đó khỏi mảng tạm chứa các nửa cạnh giao.

(Thao tác này nhằm mục đích để đánh dấu đường Breakline nhưng cũng đồng thời là cạnh cố định – cạnh thừa đất để sử dụng trong bài toán tạo Topology cho thừa đất trên bản đồ địa chính).

Nhận xét:

Ưu điểm của phương pháp “Hoán đổi” tam giác là sau xử lý, đường Breakline được giữ nguyên (bảo toàn) không thay đổi. Quá trình xử lý không tạo ra các đỉnh mới và các tam giác mới trong mô hình nên hạn chế tăng thêm các phép tính toán.

Nhược điểm của phương pháp là có thể phải thực hiện vòng lặp nhiều lần cho tới khi loại được hết các cạnh giao cắt với đường Breakline. Việc thực hiện lặp đi lặp lại một thao tác với một số điểm lớn sẽ làm chậm chương trình.

3. Thực nghiệm

Số liệu đưa vào thực nghiệm là số liệu giả định. Các điểm đo vừa có tính chất địa hình, vừa có tính chất địa chính.

Trong trường hợp dữ liệu điểm đo thuần địa chính hoặc thuần địa hình (theo phân loại trong nội dung trình bày ở phần lý thuyết) không làm ảnh hưởng đến thuật toán của phương pháp xử lý đã trình bày. Điều khác biệt là việc xử lý đó phục vụ mục tiêu nào, giải quyết bài toán địa chính hay bài toán địa hình mà thôi.

3.1. Phương pháp chia cạnh

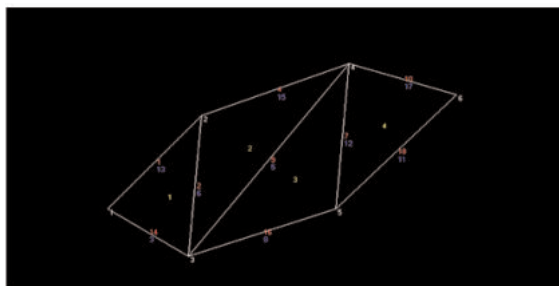
Giả sử mô hình tam giác với dữ liệu như sau:

```

VD_Breakline.tin - Notepad
File Edit Format View Help
Point_3D
1 110.0000 140.0000 0.0000
2 145.0000 185.0000 0.0000
3 140.0000 117.0000 0.0000
4 200.0000 210.0000 0.0000
5 195.0000 140.0000 0.0000
6 240.0000 195.0000 0.0000
Edge_DCEL 4
1 1 13 2 1 0
2 2 6 3 1 0
3 3 14 1 1 0
4 2 15 5 2 0
5 4 9 6 2 0
6 3 2 4 2 0
7 4 12 8 3 0
8 5 16 9 3 0
9 3 5 7 3 0
10 4 17 11 4 0
11 6 18 12 4 0
12 5 7 10 4 0
13 2 1 14 0 0
14 1 3 16 0 0
15 4 4 13 0 0
16 3 8 18 0 0
17 6 10 15 0 0
18 5 11 17 0 0
    
```

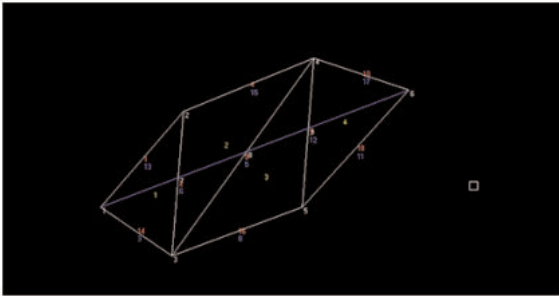
Hình 5: Dữ liệu đầu vào ban đầu

Bước 1: Tam giác hóa và chuyển về DCEL.



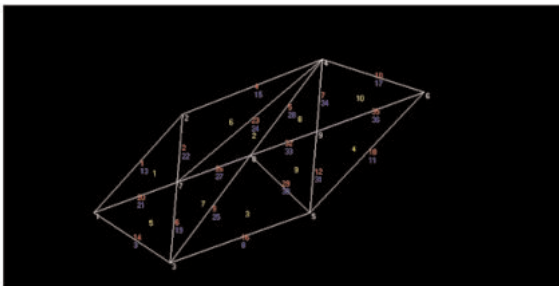
Hình 6: Tam giác hóa dữ liệu và chuyển đổi cấu trúc DCEL

Bước 2: Chèn đường Breakline (1 - 6) vào mạng lưới tam giác.



Hình 7: Đưa đường Breakline vào mạng lưới tam giác

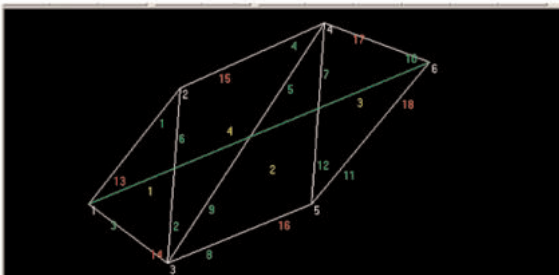
Bước 3: Chia đường Breakline bằng các điểm nội suy và cập nhật lại danh sách các cạnh DCEL.



Hình 8: Tìm các điểm giao, tạo tam giác mới và cập nhật dữ liệu DCEL

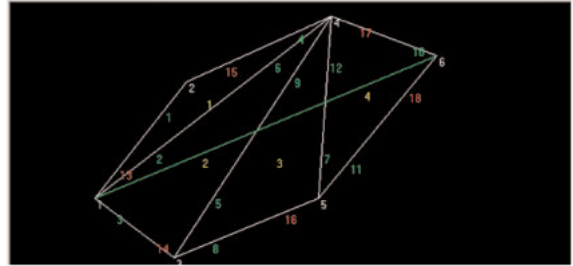
3.2. Thực nghiệm phương pháp “Hoán đổi” hay Flip tam giác

Bước 1: Tam giác hóa xây dựng mô hình TIN, chuyển về DCEL và đưa cạnh Breakline (1-6) vào mô hình tam giác.



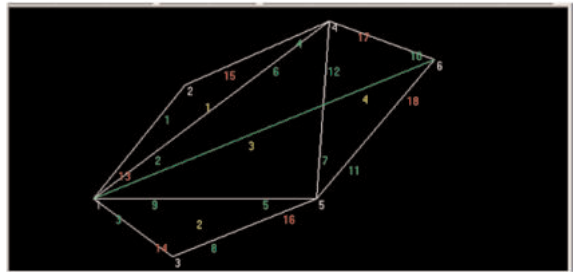
Hình 9: Xây dựng lưới tam giác, chuyển về DCEL, đưa cạnh Breakline vào

Bước 2: “Hoán đổi” cho cặp tam giác liền kề 1 và 2 và cập nhật lại dữ liệu DCEL.



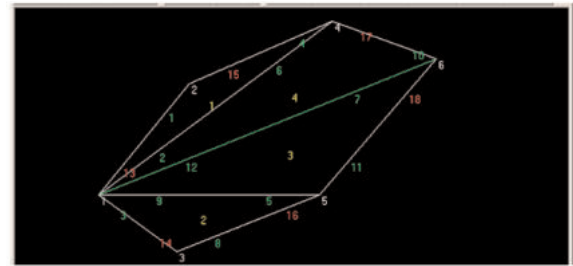
Hình 10: Hoán đổi cặp tam giác 1,2

Bước 3: “Hoán đổi” cho cặp tam giác liền kề 2 và 3 và cập nhật lại dữ liệu DCEL.



Hình 11: Hoán đổi cặp tam giác 2,3

Bước 4: “Hoán đổi” cho cặp tam giác liền kề 3 và 4 và cập nhật lại dữ liệu DCEL.



Hình 12: Hoán đổi cặp tam giác 3,4

Kết luận

- Xử lý đường Breakline theo nguyên tắc “Chia cạnh” phù hợp với thao tác trên mô hình TIN địa hình (khi bắt buộc phải thỏa mãn điều kiện Delaunay). Ưu điểm của phương pháp là tam giác mới tạo ra sẽ có xu hướng đều, tương đồng với lưới tam giác ban đầu, thuận lợi cho các bài toán nội suy địa hình. Một ưu điểm nữa của phương pháp khi áp dụng trong các bài toán chia tách thửa đất, quy hoạch, giải phóng mặt bằng ... trên mô hình TIN địa chính thì không cần kiểm tra điều kiện Delaunay.

- Xử lý đường Breakline theo nguyên tắc “Hoán đổi tam giác” có ưu điểm cạnh Breakline sau xử lý được bảo toàn nguyên vẹn. Tuy nhiên, xử lý theo các nguyên tắc này có thể sẽ tạo ra những tam giác bẹt. Trong địa chính vấn đề xử lý đường Breakline nhằm loại bỏ các giao cắt của cạnh tam giác với cạnh thửa đất. Cho nên, trong mô hình tam giác tồn tại các tam giác bẹt không làm ảnh hưởng đến quan hệ Topology giữa các thửa đất.

- Nếu ta coi các đường Breakline là các đường cạnh thửa, đường quy hoạch, đường chỉ giới thì cả hai phương pháp xử lý đường Breakline đều phù hợp áp dụng trong việc giải quyết các bài toán địa chính. Từ đó, cùng với sự linh hoạt trong xử lý và những ưu điểm trong các thao tác biên tập của cấu trúc DCEL, ta có thể áp dụng giải quyết kết hợp cả hai dữ liệu địa chính và địa hình từ một cơ sở dữ liệu chung.

- Ngoài ra, với tính cục bộ của cấu trúc DCEL, việc xử lý Breakline còn là cơ sở để bước đầu giải quyết các bài toán chồng phủ [1], cập nhật biến động, tạo vùng... trong quản lý đất đai. ○

Tài liệu tham khảo

Summary

Problem solving Breakline line on TIN model, using Dcel structure

Le Quang Hung, Resource Enviroment and Materials Technology Joinstock Company

Tran Thuy Duong, Vu Quang Hieu, Le Huu Hue, University of Mining and Geology

Breakline lines are often described as objects that perform on topographic models such as mountain, ravine, level.... However, when studying cadastral maps, it is also possible to apply Breakline road handling principles to solve some cadastral problems on the numerical model. The main content objects of the cadastral map include land plots and related geographic features such as transport systems, hydrology... The cadastral TIN model is built from the triangle of field measurements. The parcel of land when included in the model is automatically fixed edges and satisfy the condition of the edge of the triangular network is not cut. Thus, triangular networks need to edit and edit to handle intersections. DCEL data structure has advantages in data storage chosen to solve this problem in accordance with the proposed algorithm. The paper uses two methods of “Split edge” and “Diagram” of triangle applied Breakline processing. This problem is a preceding problem, creating a premise to solve the problem of creating Topology for regional objects on the cadastral map application model. ○

[1]. Trần Thùy Dương và Phạm Thế Huynh, 2014, 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, *Tạp chí khoa học kỹ thuật Mô - Địa chất*, (46), 73-76.

[2]. Trần Thùy Dương và Nguyễn Văn Hiệp, 2007, Thuật toán tăng dần với cấu trúc dữ liệu mạng lưới tam giác theo điểm cùng thuộc tính tam giác liền kề, *Tạp chí khoa học kỹ thuật Mô - Địa chất*, 20, 17-21.

[3]. Ngô Thị Liên, Trần Thùy Dương và Lê Quang Hùng, 2016, Sử dụng cấu trúc cạnh kép để lưu trữ và xử lý một số thao tác biên tập mô hình TIN, *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mô - Địa chất*, 57, 96-104.

[4]. Майоров А. А và Нгуен Тхе Конг, 2011, Перспективы развития компьютерных технологий создания цифровых моделей рельефа, *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. Московский государственный университет геодезии и картографии*, 4, 107-110.

[5]. А.В. Скворцов, 2002, Триангуляция Делоне и её применение, издательство Томского университета. ○