



BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ-ĐỊA CHẤT

Mô hình hóa địa hình



TS. Dương Thành Trung
Trưởng Bộ môn, Phó Trưởng Khoa
Bm. Trắc địa phổ thông và Sai số
Khoa Trắc địa-Bản đồ & QLĐĐ
ĐT: 0932202162
Email: duongthanhtrung@humg.edu.vn

Mục lục

- Chương 1. Giới thiệu chung
- Chương 2. Một số thông số miêu tả địa hình và các phương pháp lấy mẫu
- Chương 3. Công nghệ thu thập dữ liệu để mô hình hóa bề mặt địa hình
- Chương 4. Mô hình hóa địa hình kỹ thuật số
- Chương 5. Biểu diễn DTM đa tỷ lệ
- Chương 6. Biểu diễn trực quan DTM
- Chương 7. Ứng dụng của DTM

Học liệu

▶ Các tài liệu tham khảo

- [1] Bài giảng mô hình hóa địa hình, Bài giảng dành cho Cao học Ngành Trắc địa, Trường Đại học Mở – Địa chất, 2016
- [2] Zhilin Li, Qing Zhu, and Chris Gold, Digital terrain modeling: principles and methodology. 2005, CRC Press
- [3] UTD, Introduction to terrestrial LiDAR,
https://www.utdallas.edu/research/interface/Resources/GSA%20National%202009/Oldow_TLS-Basics.pdf

Học liệu

▶ Phần mềm

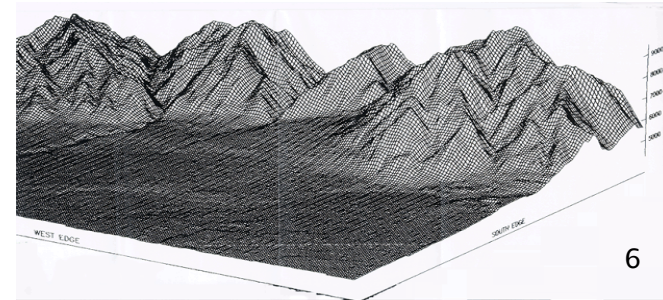
1. Phần mềm Surfer: Nội suy và trình bày mô hình số địa hình
2. Phần mềm Aipos: Trích xuất và hiệu chỉnh bề mặt
3. Phần mềm Agisoft: Thành lập mô hình số địa hình từ dữ liệu ảnh từ UAV

Chương 1

Giới thiệu chung

1.1 Mô hình địa hình và mô hình số địa hình

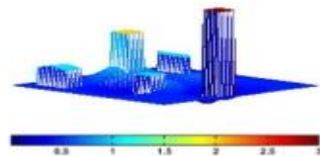
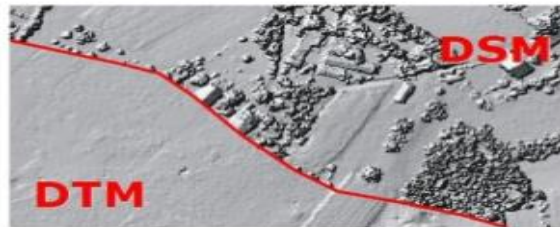
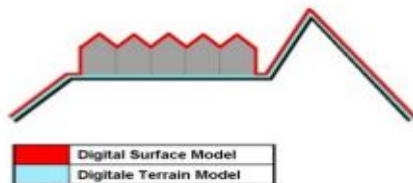
- ▶ Mô hình vật lý, được làm từ cao su, nhựa, đất sét, cát, .v.v
- ▶ Mô hình số địa hình (DTM): biểu diễn thống kê bề mặt liên tục của mặt đất bằng số lượng lớn các điểm được chọn đã biết tọa độ X, Y, Z trong một hệ tọa độ nào đó.
- Có nhiều hình thức biểu diễn
- Không mất tính chính xác của dữ liệu theo thời gian
- Khả năng tự động hóa và xử lý thời gian thực mạnh hơn
- Dễ dàng biểu diễn đa tỷ lệ



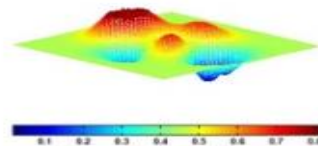
1.2 Mô hình số độ cao và mô hình số địa hình

- ▶ DTM: mô hình biểu diễn địa hình dưới dạng kỹ thuật số
- ▶ Mô hình số độ cao (DEM= digital elevation model)
- ▶ Mô hình số chiều cao (DHM= digital height model)
- ▶ Mô hình số mặt đất (DGM= digital ground model)
- ▶ Mô hình số độ cao địa hình (DTEM=digital terrain elevation model)
- ▶ DTM có ý nghĩa rộng hơn DHM hoặc DEM (Li 1990)
- ▶ DTM có thể chứa bốn nhóm thông tin (Địa hình và phi địa hình) như: 1. Dáng đất, 2. Đối tượng địa hình, 3. Tài nguyên thiên nhiên và môi trường, 4. Dữ liệu kinh tế xã hội
- ▶ DEM là DTM chỉ biểu diễn thông tin độ cao

So sánh DTM và DSM



(a) DSM

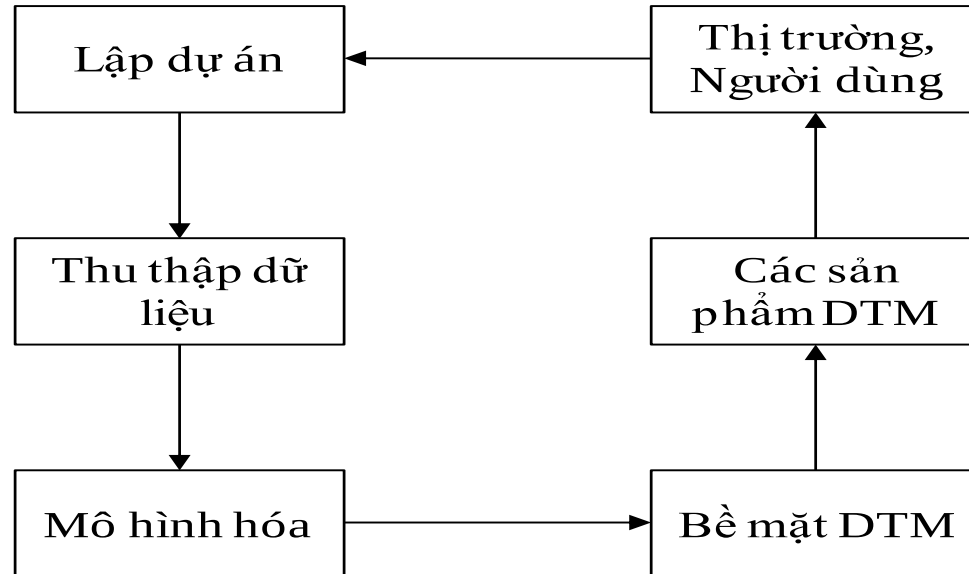


(c) DTM

Nguồn: Internet

1.3. Mô hình hóa địa hình dưới dạng kỹ thuật số

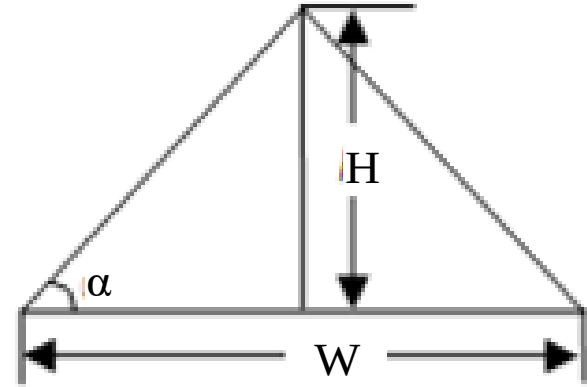
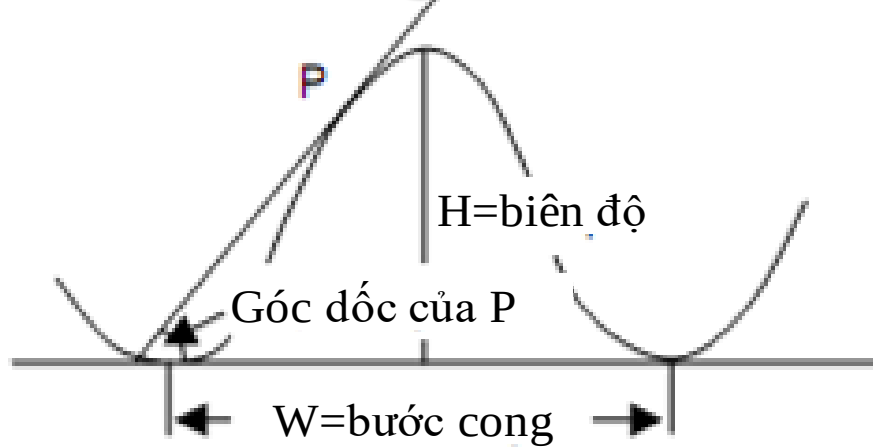
- ▶ Quá trình mô hình hóa toán học xây dựng bề mặt DTM



Chương 2

Một số thông số miêu tả địa hình và các phương pháp lấy mẫu

2.1 Độ dốc, độ nổi, và chiều dài bước cong



$$\tan \alpha = \frac{H}{W/2} = \frac{2H}{W}$$

2.2 Độ dốc (slope), hướng dốc (aspect)

- ▶ Độ dốc của bề mặt địa hình (S): lượng tăng về độ cao theo một hướng nhất định, thường là hướng tăng lớn nhất

$$S = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2}$$

- ▶ Hướng dốc (Aspect): góc định hướng của vector độ dốc và là hướng của độ dốc lớn nhất của bề mặt tại một điểm nhất định.

$$A = 270 - \frac{360}{2\pi} \tan^{-1} \left(\frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y} \right)$$

2.4 Phương pháp lấy mẫu trong công tác thu thập dữ liệu

- ▶ Lấy mẫu chọn lọc
- ▶ Lấy mẫu với 1 chiều cố định
- ▶ Lấy mẫu với 2 chiều cố định
- ▶ Lấy mẫu hỗn hợp

→ Lựa chọn phương pháp lấy mẫu dựa vào sự phân bố, mật độ, độ chính xác

Chương 3

Công nghệ thu thập dữ liệu để mô hình hóa bề mặt địa hình

3.1 Nguồn dữ liệu DTM

- ▶ Đo đạc trực tiếp bề mặt địa hình bằng máy toàn đạc: áp dụng cho khu vực nhỏ, địa hình không quá phức tạp
- ▶ Đo đạc trực tiếp bằng GPS: áp dụng cho khu vực thông thoáng
- ▶ Số hóa bản đồ địa hình có sẵn: Số hóa theo đường; quét raster
- ▶ Đo ảnh lập thể:



3.1 Nguồn dữ liệu DTM

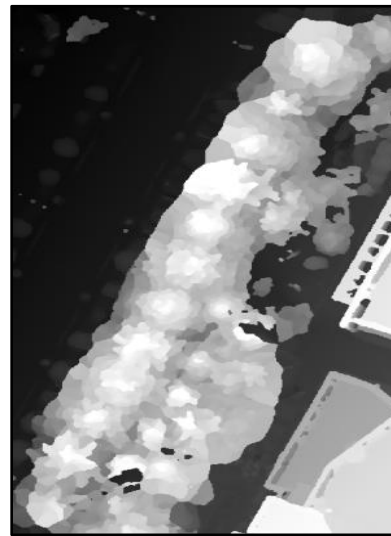
Ảnh vệ tinh, ảnh hàng không, ảnh chụp từ UAV



(a) UAV



(b) Ảnh ghép trực giao



(c) DSM

Dữ liệu thu được từ ảnh chụp bằng UAV

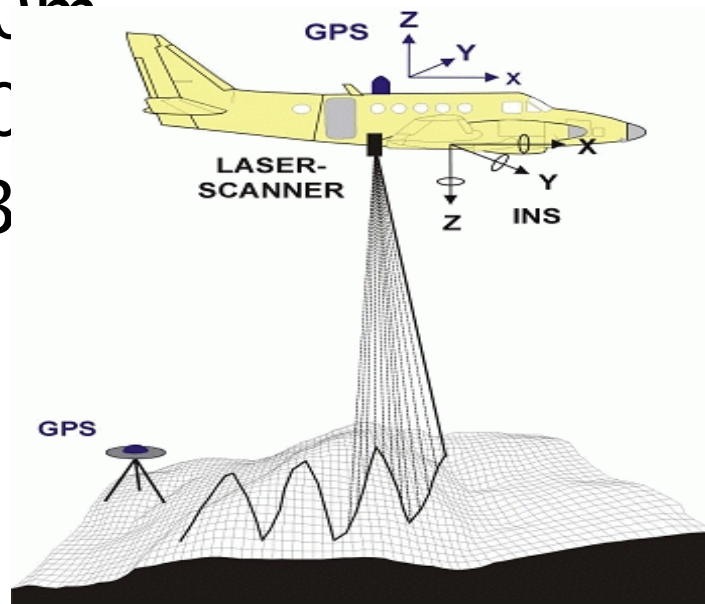
3.1 Nguồn dữ liệu DTM

- ▶ Quét laser hàng không (Airborne LiDAR)

Độ cao bay chụp: 200–6000m

Độ chính xác độ cao: 15–20cm

Độ chính xác mặt bằng: 0.3m



3.1 Nguồn dữ liệu DTM

- ▶ Quét laser mặt đất (Terrestrial Laser Scanner (TLS))



(a) TLS tĩnh



(b) TLS động

3.1 Nguồn dữ liệu DTM

- ▶ Các nguồn viễn thám khác: SAR (Synthetic Aperture Radar). InSAR (Interferometric SAR)

Phương pháp thu thập dữ liệu	Độ chính xác dữ liệu	Tốc độ	Chi phí	Kích thước khu vực áp dụng
Đo đạc truyền thống	Cao (cm-m)	Rất chậm	Rất cao	Khu vực nhỏ
Đo GPS	Tương đối cao (cm-m)	Chậm	Tương đối cao	Khu vực nhỏ
Đo ảnh hàng không	Trung bình – Cao (cm-m)	Nhanh	Tương đối thấp	Khu vực trung bình đến lớn
Đo ảnh vệ tinh	Thấp – Trung bình (m)	Rất nhanh	Thấp	Khu vực rộng lớn
InSAR	Thấp (m)	Rất nhanh	Thấp	Khu vực rộng lớn
Đo radar	Rất thấp (10m)	Rất nhanh	Thấp	Khu vực rộng lớn
LiDAR	Cao (cm)	Nhanh	Cao	Trung bình tới lớn
Số hóa bản đồ	Tương đối thấp (m)	Chậm	Cao	Bất kỳ khu vực có diện tích nào

3.1 Nguồn dữ liệu DTM

- ▶ Các nguồn dữ liệu độ cao toàn cầu:
 - GLOBE (Global Land One-km Base Elevation): 30 cung giây (1km)
 - DTED (Digital Terrain Elevation Database): L1 (3 cung giây); L2 (1 cung giây)
 - GTOPO30: 30 cung giây
 - ASTER GDEM: 1 cung giây
 - SRTM: 1 cung giây (xấp xỉ 30m), 3 cung giây (xấp xỉ 90m)
- Có thể download miễn phí từ internet, ví dụ:
<https://earthexplorer.usgs.gov/>

Chương 4

Mô hình hóa địa hình kỹ thuật số

4.1 Nguyên lý cơ bản mô hình hóa bề mặt

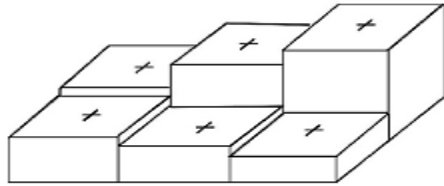
- ▶ Quá trình biểu diễn bề mặt địa hình được gọi là tái tạo bề mặt hoặc mô hình hóa bề mặt
- ▶ Mô hình số địa hình là một mô hình toán học (hoặc kỹ thuật số) của bề mặt địa hình
- ▶ Nội suy bao gồm việc tái tạo bề mặt và chiết xuất các thông tin độ cao từ bề mặt đã xây dựng

4.2 Phương pháp Mô hình hóa bề mặt

1. Theo đơn vị hình học cơ bản được sử dụng trong mô hình:

- ▶ Mô hình hóa dựa trên điểm (point-based modeling)

(a)



(b)

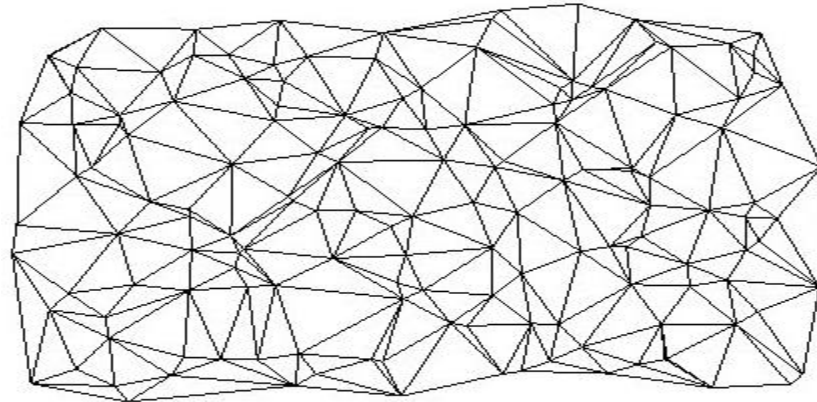


- ▶ $Z_i = H_i$
- ▶ Không thể hiện đúng dáng địa hình
- ▶ Sử dụng trong tính toán thể tích nước, khối lượng than

4.2 Phương pháp Mô hình hóa bề mặt

1. Theo đơn vị hình học cơ bản được sử dụng trong mô hình:

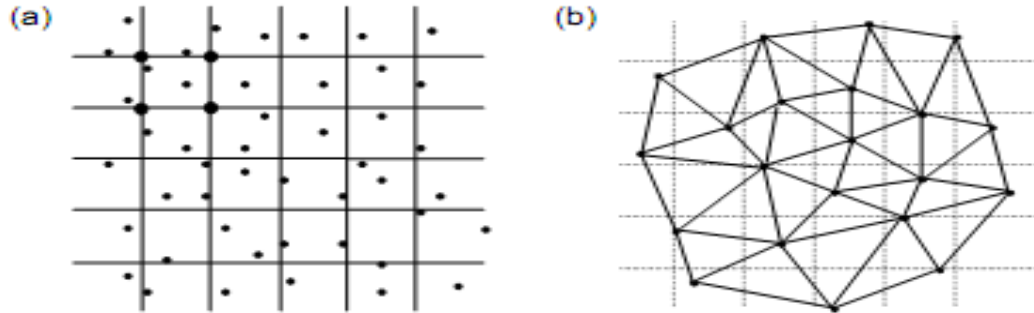
- ▶ Mô hình hóa dựa vào mạng tam giác (triangle-based modeling)



- ▶ Mềm dẻo
- ▶ Có thể áp dụng với mọi loại dữ liệu
- Sử dụng phổ biến
- ▶ Mạng tam giác đều TRN (Triangular Regular Network)
- ▶ Mạng tam giác không đều TIN (Triangular Irregular Network)

4.2 Phương pháp Mô hình hóa bề mặt

- ▶ Mô hình dựa vào mạng grid (grid-based modeling)



- ▶ Cần tối thiểu 4 điểm để tạo bề mặt
- ▶ Lưới hình vuông đều là phù hợp nhất
- ▶ Một số phần mềm xử lý số liệu chỉ nhận dữ liệu ở dạng grid
- ▶ Tạo grid bằng cách làm thưa mạng grid sẵn có
- ▶ Từ dữ liệu phân bố ngẫu nhiên
- ▶ Từ đường đồng mức

4.2 Phương pháp Mô hình hóa bề mặt

- ▶ Phương pháp kết hợp

Có thể kết hợp phương pháp mô hình hóa dựa trên điểm với mô hình hóa dựa trên lưới vuông hoặc tam giác

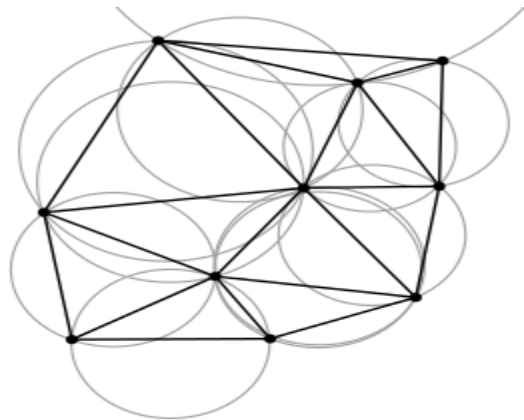
4.2 Phương pháp Mô hình hóa bề mặt

2. Theo nguồn dữ liệu được sử dụng:

- ▶ Xây dựng trực tiếp từ dữ liệu đo
- ▶ Xây dựng gián tiếp từ dữ liệu thu được: nội suy để xây dựng mạng grid từ dữ liệu đo, từ đó xây dựng bề mặt

4.2 Phương pháp Mô hình hóa bề mặt

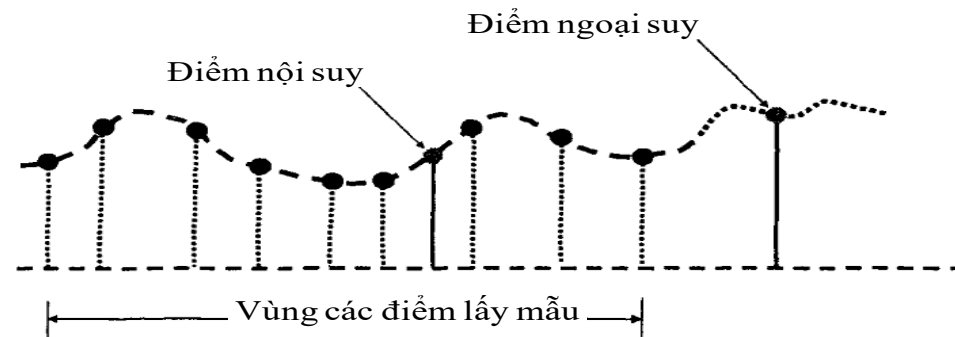
- ▶ Tam giác Delaunay: không điểm nào thuộc tập hợp điểm nằm trong đường tròn ngoại tiếp các tam giác tạo ra.
Tối đa giá trị góc nhỏ nhất của tam giác → tránh tam giác dẹt



- ▶ Biểu đồ Voronoi

4.6 Nội suy bề mặt

- ▶ Nội suy: ước lượng giá trị của một thuộc tính nào đó tại một vị trí từ các điểm đo xung quanh đó
- ▶ Ngoại suy: dự đoán giá trị của một thuộc tính nào đó bên ngoài khu vực bao phủ bởi các điểm tham chiếu



4.6 Nội suy bề mặt

► Phương pháp nội suy:

1. *Các phương pháp nội suy toàn cầu*: phân tích xu hướng bề mặt, phương pháp phân tích fourier, phương pháp nội suy Kriging
2. *Phương pháp nội suy cục bộ*: sử dụng độ cao từ các điểm tham chiếu gần điểm cần nội suy

Hàm nội suy cục bộ:

1. Nội suy từ các điểm tham chiếu phân bố ngẫu nhiên
 - Nội suy tuyến tính (Linear interpolation)
 - Nội suy bề mặt phù hợp nhất bậc 2 (Second exact fit surface interpolation)
 - Nội suy theo hàm đa thức bậc 5 (Quintic interpolation)
2. Nội suy từ dữ liệu grid hoặc dữ liệu phân bố đều
 - Phương pháp nội suy người láng giềng gần nhất (Nearest neighbor)
 - Nội suy tuyến tính (Linear interpolation)
 - Nội suy song tuyến (bậc 2) (Bilinear interpolation)
 - Phương pháp xoắn lập phương (bậc 3) (Cubic convolution)
 - Phương pháp nội suy theo trọng số nghịch đảo khoảng cách (Inverse distance weighting)

4.7 Kiểm soát chất lượng trong việc thu thập dữ liệu địa hình

- ▶ Độ chính xác vị trí và độ cao của điểm
- ▶ Tính cập nhật (mới hay cũ)

Để có DTM chất lượng cao, phương pháp đơn giản là:

1. Giảm thiểu sai số có thể có trong quá trình thu thập dữ liệu.
2. Áp dụng các phương pháp để loại bỏ sai số và làm giảm ảnh hưởng của sai số.
3. Giảm thiểu sai số có thể có trong quá trình mô hình hóa bề mặt.

4.8 Đánh giá độ chính xác DTM

- ▶ Giả sử $f(x,y)$ là bề mặt địa hình thực tế, $f'(x,y)$ là bề mặt DTM đã xây dựng, độ khác biệt $e(x,y)$ giữa 2 bề mặt chính là sai số của DTM và được tính:

$$e(x,y) = f'(x,y) - f(x,y)$$

- ▶ MSE (mean squared error) được tính theo công thức

$$MSE = \frac{\sum e^2}{N}$$

- ▶ Phạm vi: $R = e_{max} - e_{min}$

- ▶ Trị trung bình: $\mu = \frac{\sum e}{N}$

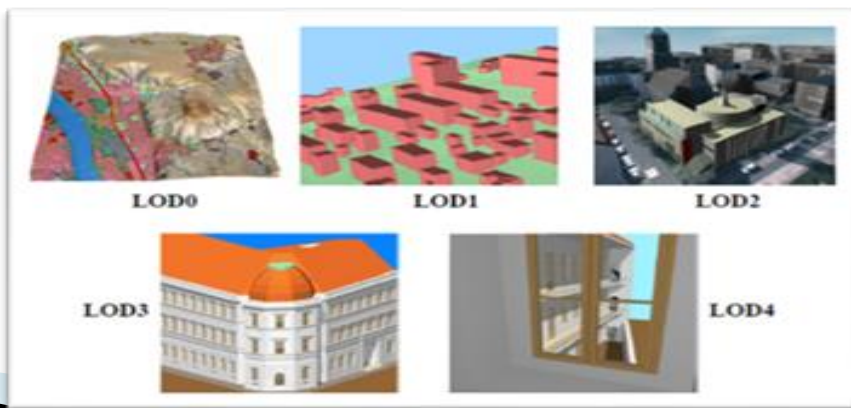
- ▶ Độ lệch chuẩn: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (e - \mu)^2}{N - 1}}$

Chương 5

Biểu diễn DTM đa tỷ lệ

5.1 Tổng quan

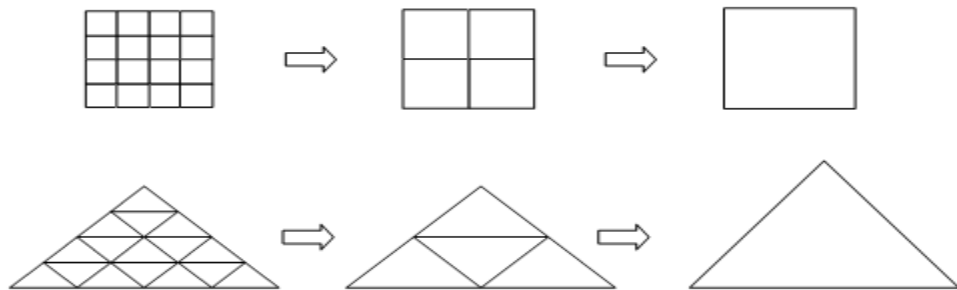
- ▶ Mức độ chi tiết (LOD (Level Of Detail)) thể hiện trên bản đồ tỷ lệ lớn không thể được thể hiện trên bản đồ tỷ lệ nhỏ hơn
- ▶ Thu được bản đồ tỷ lệ nhỏ từ bản đồ tỷ lệ lớn thông qua các thủ tục như gộp và đơn giản hóa thông tin → **Tổng quát hóa**



5.2 Biểu diễn phân cấp DTM theo tỉ lệ riêng rẽ

1. Cấu trúc hình chóp

- ▶ Kích thước của các ô vuông ở cùng cấp của cấu trúc kim tự tháp là giống nhau
- ▶ Phương pháp trung bình cộng được áp dụng để tính giá trị độ cao của mắt lưới mới

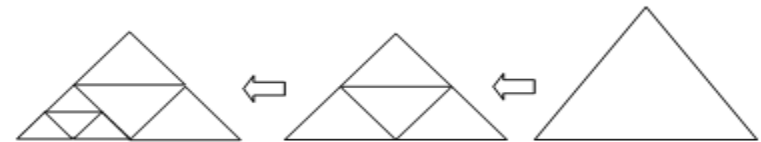
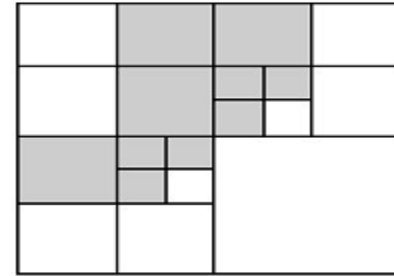


- ▶ Không phù hợp biểu diễn địa hình phức tạp

5.2 Biểu diễn phân cấp DTM theo tỉ lệ riêng rẽ

2. Cấu trúc cây tứ phân

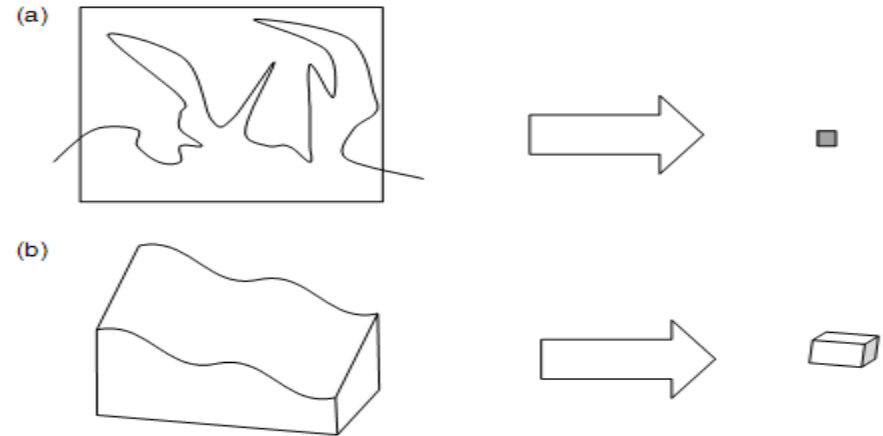
- ▶ Kích thước lưới khác nhau.
- ▶ Các khu vực phức tạp có thể được biểu diễn bằng các mắt lưới nhỏ hơn,
- ▶ Các khu vực đơn giản có thể được biểu diễn bằng các mắt lưới lớn hơn



5.3 Biểu diễn đa tỷ lệ số DTM ở tỷ lệ liên tục

Nguyên lý tự nhiên của việc tổng quát hóa DTM

- ▶ Li và Openshaw (1993)
- ▶ Ở một tỷ lệ nhất định, tất cả các chi tiết về các biến đổi không gian của các đối tượng địa lý lớn hơn giới hạn nhất định không thể được thể hiện và do đó có thể bỏ qua.



Chương 6

Biểu diễn trực quan DTM

6.1 Gán chất liệu bề mặt (texture mapping)

- ▶ Tạo ra bề mặt giống như thực tế bằng cách gán một ảnh hàng không hoặc ảnh vệ tinh lên mô hình số địa hình
- ▶ Chúng ta cũng có thể gán chồng các dữ liệu vector, các đối tượng 3D trên mặt đất (nhà, cây)



6.2 Tô trát (Rendering)

- ▶ mô phỏng hiệu ứng hình ảnh khi ánh sáng chiếu lên bề mặt địa hình 3D. Quá trình rendering bao gồm các bước cơ bản sau đây:

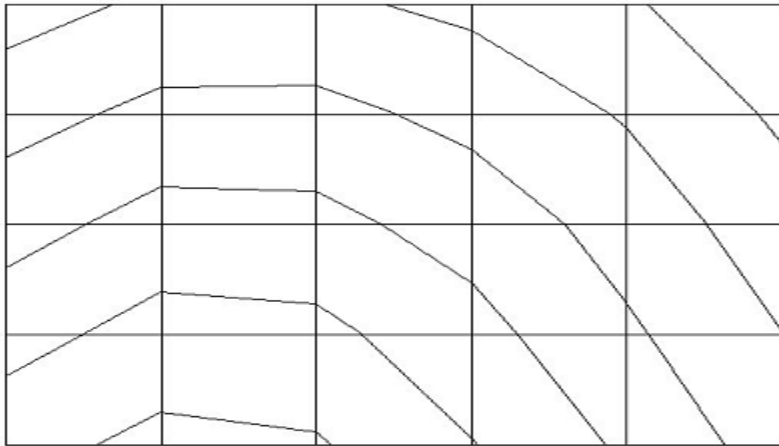
1. Chia bề mặt thành một số lượng các bề mặt nhỏ kề nhau (dạng đa giác hoặc tam giác)
2. Đặt điểm quan sát, xác định hướng quan sát, và chuyển bề mặt địa hình sang hệ tọa độ ảnh (3D sang 2D).
3. Xác định bề mặt nhìn thấy (bề mặt có thể quan sát được từ điểm quan sát đặt trước) bằng các thuật toán như raytracing, Z-buffer
4. Tính giá trị độ sáng của bề mặt nhìn thấy theo mô hình chiếu sáng.
5. Tô bóng cho tất cả các bề mặt nhìn thấy

6.3 Tạo hoạt cảnh (Animation)

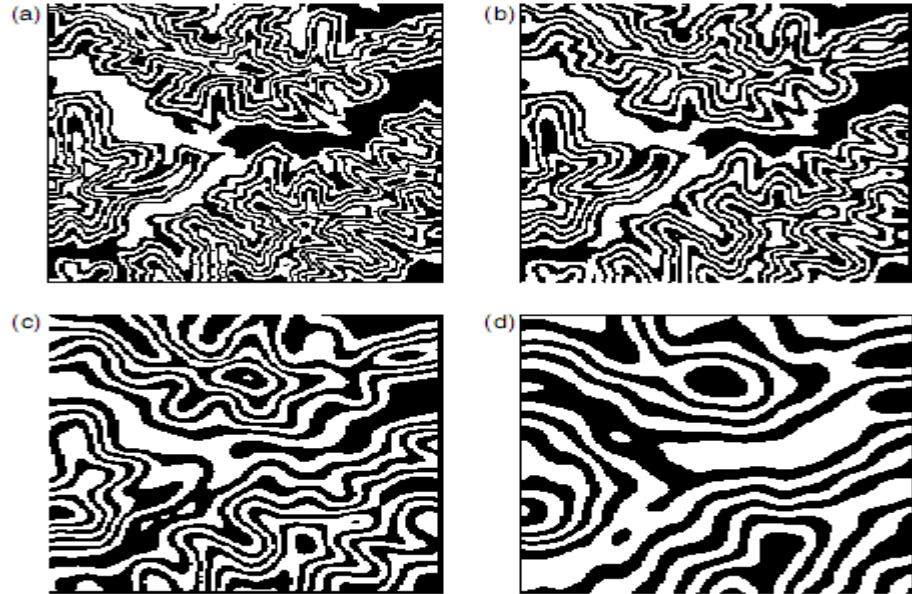
- ▶ Biểu diễn địa hình động (dạng như video)
- ▶ “Fly-through” tạo cảnh nhìn từ trên cao, cho phép điểm quan sát di chuyển theo bất kỳ hướng nào trong không gian 3D
- ▶ “Walk-through” thì mô phỏng sự quan sát của một người khi đang đi bộ.

6.4 Biểu diễn trực quan DTM dưới dạng 2D

1. Tạo đường đồng mức từ DTM



Dạng vector



Dạng raster

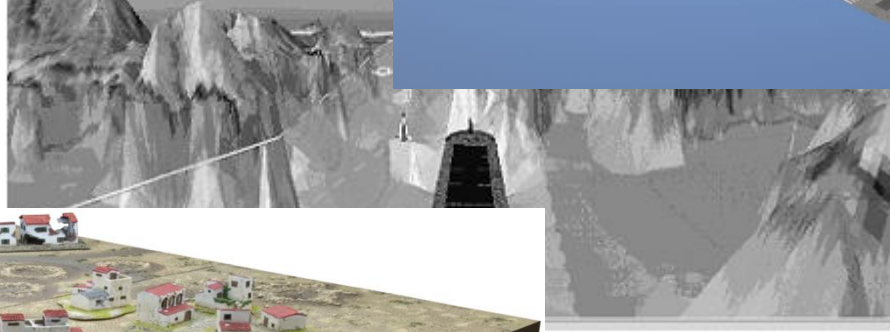
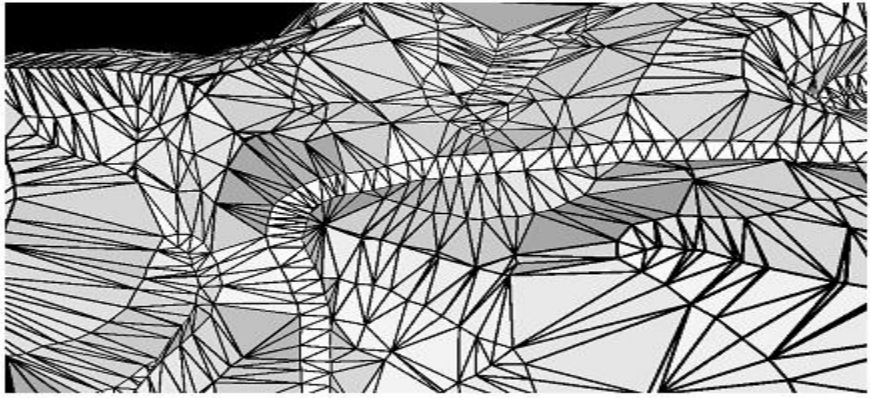
6.4 Biểu diễn trực quan DTM dưới dạng 2D

2. Một số phương pháp khác

- ▶ Tạo bóng đứng (slope shading)
- ▶ Tạo bóng nghiêng (hill shading)
- ▶ Bôi màu theo độ cao (height-based coloring)

Chương 7

Ứng dụng của DTM



annel.

Bài tập lớn

1. Mô hình hóa địa hình từ dữ liệu UAV

– Phần mềm xử lý Pix4D: <https://pix4d.com/product/pix4dmapper-pro/>

2. Mô hình hóa địa hình từ dữ liệu LiDAR

– Phần mềm xử lý: Envi 5.3

<http://www.gfxxtra.com/483/686881-exelis-ex-itt-idl-85-envi-53-x64.html>

Terascan:

<https://pix4d.com/product/pix4dmapper-pro/>

- Kết quả:

1. DSM, DTM, ứng dụng trong 1 lĩnh vực nào đó, or biểu diễn trực quan DTM

2. Báo cáo