

# TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG HCMGIS VÀ TOPO HÓA DỮ LIỆU CHO MỘT LỚP BÀI TOÁN

Vũ Thanh Nguyên

## ABSTRACT

*Ho Chi Minh city is deploying the project “Ho Chi Minh City Geographic Information System - HCMGIS” with an objective to support the reform in administration and urban management. This project is a general project for urban management in Ho Chi Minh city by using GIS technology. The standard data of the city map were built basically but usually not in topology standard. Author and his colleagues researched some algorithms and solutions to convert the GIS notopo data to GIS topo data, built topo conversion tools and used that data to build many other applications to serve HCM GIS problems such as plan, traffic, electric power, post, etc.*

## TÓM TẮT

*TP.HCM đang triển khai dự án “Hệ thống thông tin địa lý thành phố Hồ Chí Minh (HCM GIS)” nhằm mục tiêu phục vụ cải cách hành chính và quản lý đô thị. Đây là dự án tổng thể ứng dụng công nghệ GIS cho quản lý đô thị ở qui mô toàn thành phố. Dữ liệu nền chuẩn của toàn thành phố về cơ bản đã được xây dựng xong nhưng thường ở dạng không là chuẩn topology. Nhóm tác giả nghiên cứu các thuật toán và giải pháp để chuyển hóa dữ liệu sang dạng topo, xây dựng bộ công cụ chuyển hoá và dữ liệu đã được topo hóa được áp dụng cho nhiều ứng dụng khác nhau của thành phố như bài toán quy hoạch, giao thông, điện lực, bưu điện, ...*

## I. TỔNG QUAN VỀ MÔ HÌNH THÔNG TIN ĐỊA LÝ VÀ HỆ THỐNG HCMGIS

Hiện nay, việc nghiên cứu và ứng dụng các hệ thống thông tin địa lý GIS đã được ứng dụng rộng rãi vào công tác quản lý cũng như khai thác, sử dụng thông tin, dữ liệu địa lý. Áp dụng thành quả đạt được của công nghệ GIS trong công tác quản lý cho các thành phố lớn như Tp. Hồ Chí Minh là nhu cầu cần thiết và cấp bách. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu về mô hình topology, cải tiến các thuật toán xử lý trên mô hình topology, xây dựng bộ công cụ TopoEditor cho phép chuyển hóa các dữ liệu dạng chưa topo sang topo. Kết quả được thực nghiệm cụ thể qua xây dựng lưới tam giác TIN là nền tảng cơ sở để giải quyết các bài toán như xây dựng bản đồ địa hình; chồng lớp thông tin; xây dựng vùng đệm cho các đối tượng, ... và cũng cho phép hệ thống HCMGIS giải quyết được và tối ưu một số bài toán như quy hoạch, giao thông,

phòng cháy chữa cháy, bài toán phân phối điện, ...

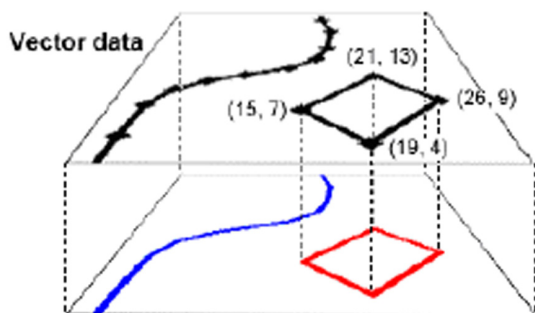
Hệ thống thông tin địa lý (GIS – Geographical Information System) là sự kết hợp giữa công nghệ bản đồ số hóa với công nghệ quản trị cơ sở dữ liệu cho phép thực thi, phân tích, tổng hợp, truy vấn, sửa đổi và trực quan dữ liệu địa lý [1].

Mô hình dữ liệu của thông tin địa lý được tổ chức thành hai nhóm thông tin chính. Đó là nhóm thông tin về phân bố không gian và nhóm thông tin về thuộc tính của đối tượng.

Mọi dữ liệu địa lý có thể được mô hình với ba thành phần khác nhau theo quan niệm topology – điểm, đường, vùng. Mô hình dữ liệu địa lý bao gồm bốn thành phần sau: thành phần khoá, định vị, thành phần phi không gian, và thành phần không gian.

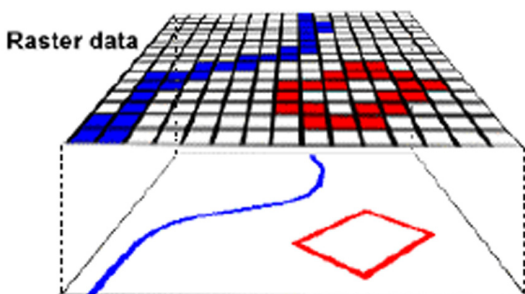
Mô hình vectơ thường được biểu diễn dưới dạng điểm, đường và vùng. Một thực thể được xác định bởi cặp tọa độ (X,Y) và

các thuộc tính khác như: kiểu điểm, màu, hình dạng.



Hình 1: Dữ liệu vectơ

Mô hình Raster: Dữ liệu Raster được phân biệt bằng đơn vị pixel. Cấu trúc dữ liệu raster 2-D được xem như là một ma trận các ô lưới đặc trưng cho một ô vuông về mặt đất.



Hình 2: Dữ liệu raster

Thu thập dữ liệu: Có ba phương pháp thường được sử dụng đó là phương pháp quét (Scanning), số hoá (Digitizing), vector hóa (Vectorizing).

Ứng dụng bản đồ: công nghệ GIS cũng cho phép lưu trữ thông tin bản đồ trong máy tính theo cách máy tính hóa. Nghĩa là lưu trữ dưới dạng tập tin với các cấu trúc khác nhau, bao gồm: Line (đường), Area (vùng), Point (điểm), và Text (văn bản).

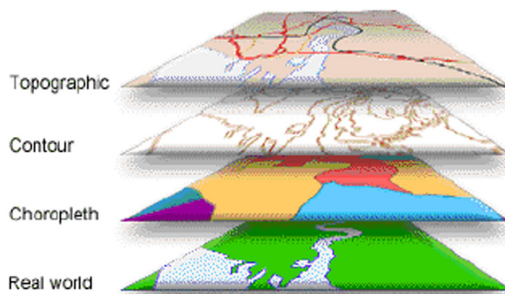
Contour: là bản đồ bao gồm các đường nối các vị trí điểm có cùng giá trị ví dụ như: độ sâu của biển, đường đẳng áp.

Choropleth: là bản đồ địa chí.

Khai thác dữ liệu không gian: Có 3 loại quan hệ không gian là: Topology, khoảng cách và hướng. Cho một điểm  $p = (p_x, p_y)$  với  $p_x$  và  $p_y$  ký hiệu cho các tọa độ của  $p$  theo trục  $x$  và trục  $y$  tương ứng.



Hình 3: Các đối tượng chính trong bản đồ



Hình 4: Các kiểu bản đồ

Quan hệ Topology: là các quan hệ bất biến dưới các phép biến đổi Topology, ví dụ các quan hệ này được giữ ngay khi cả hai đối tượng bị quay, dịch chuyển, hoặc co giãn.

Định nghĩa: Các quan hệ Topology giữa 2 đối tượng A và B được dẫn xuất từ 9 trường hợp giao của các phần trong, các biên và phần bù của A và B với nhau. Các quan hệ này gồm có: A không giao với B, A tiếp xúc với B, A chồng lấp B, A bằng B, A phủ B, A bị phủ bởi B, A chứa B, A nằm bên trong B.

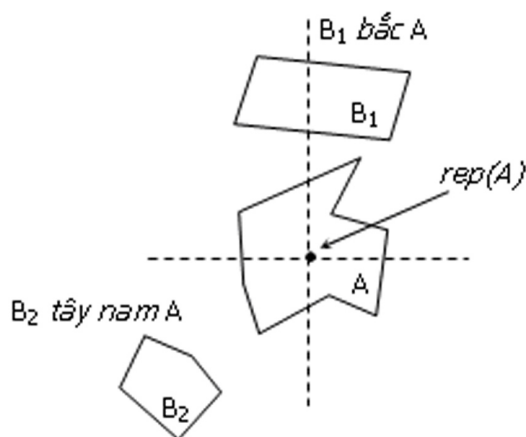
Quan hệ khoảng cách: là các quan hệ so sánh khoảng cách của hai đối tượng với hằng số cho trước sử dụng một trong các toán tử số học.

Định nghĩa:

Cho  $Dist : O \times O \rightarrow \mathbb{R}^+$  là hàm khoảng cách, cho  $\sigma$  là một trong các toán tử số học  $\{<, >, =\}$  ( $s \in \{<, >, =\}$ ), cho  $d \in \mathbb{R}$  và A và B là hai đối tượng không gian. Thì A và B có quan hệ khoảng cách nếu và chỉ nếu  $Dist(A,B) s d$ .

Quan hệ hướng: Quan hệ hướng của hai đối tượng không gian được định nghĩa bằng một điểm đại diện  $rep(A)$  của đối tượng nguồn A và tất cả các điểm của đối tượng đích B.

Định nghĩa: Gọi  $rep(A)$  là thể hiện của đối tượng nguồn A.



Hình 5: Quan hệ về hướng giữa các đối tượng

Quan hệ B đông\_bắc A tồn tại nếu và chỉ nếu:

$$\forall b \in B : b_x \geq rep(A)_x \wedge b_y \geq rep(A)_y$$

Các hướng đông\_nam, tây\_nam và tây\_bắc được định nghĩa tương tự.

Quan hệ B bắc A tồn tại nếu và chỉ nếu

$$\forall b \in B : b_y \geq rep(A)_y$$

Các hướng nam, tây, bắc được định nghĩa tương tự.

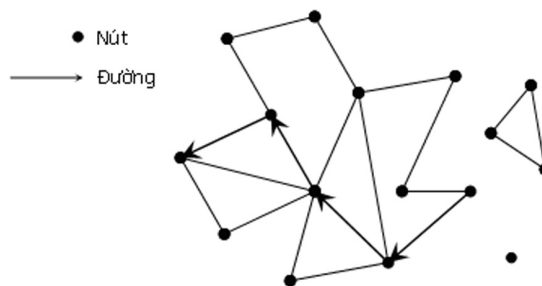
Quan hệ B hướng\_bất\_kì A đúng cho mọi A, B.

Quan hệ lân cận phức: Các quan hệ topology, khoảng cách và hướng có thể được kết hợp dùng các toán tử logic  $\wedge$  (và) cũng như  $\vee$  (hoặc) để biểu diễn các quan hệ lân cận phức.

Hệ quả: Nếu  $r_1$  và  $r_2$  là các quan hệ lân cận, thì  $r_1 \wedge r_2$  và  $r_1 \vee r_2$  cũng là các quan hệ lân cận (phức).

Đồ thị vùng không gian lân cận: Các khái niệm về đồ thị lân cận, các đường lân cận và các thao tác cơ bản trên đồ thị được xây dựng dựa trên các quan hệ lân cận.

Định nghĩa: Cho neighbor là một quan hệ lân cận và  $DB \subseteq 2^N$  là cơ sở dữ liệu của các đối tượng không gian.



Hình 6: Đồ thị lân cận và vùng lân cận

$$\text{Đồ thị lân cận: } G_{neighbor}^{DB} = (N, E)$$

là một đồ thị, trong đó N là tập các nút tương ứng với tập các đối tượng  $o \in DB$ .

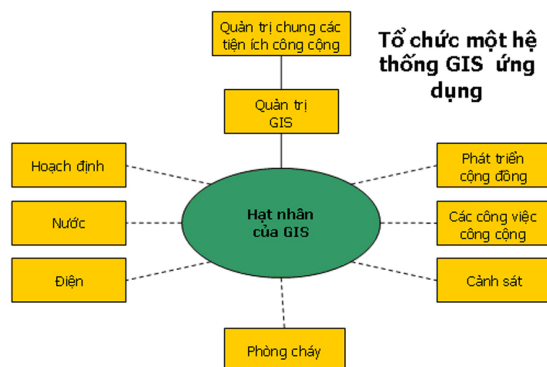
Tập các cạnh  $E \subseteq N \times N$  chứa cặp nút  $(n_1, n_2)$  nếu và chỉ nếu  $neighbor(n_1, n_2)$  thỏa mãn. Cho n ký hiệu số nút của N và cho e ký hiệu số cạnh của E. Thì,  $f := e/n$  ký hiệu cho số cạnh trung bình của một nút.

Đường lân cận là một chuỗi các nút  $[n_1, n_2, \dots, n_k]$ , quan hệ  $neighbor(n_i, n_{i+1})$  thỏa mãn cho tất cả  $n_i \in N, 1 \leq i < k$ . Số nút k được gọi là chiều dài của đường lân cận.

Bổ đề: Số đường lân cận có chiều dài k bắt đầu từ một nút cho trước là  $f^{k-1}$  thì số đường lân cận có chiều dài k là  $n * f^{k-1}$ .

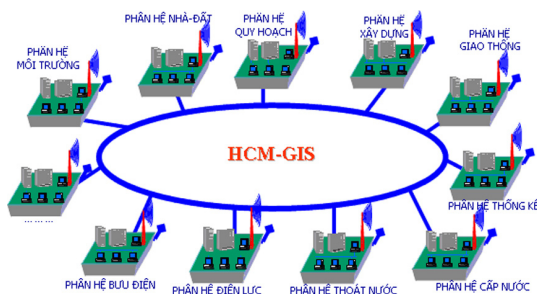
Giới thiệu về dự án Hệ thống thông tin địa lý thành phố Hồ Chí Minh (HCMGIS): do UBND TP.HCM quản lý, Sở KH&CN chủ trì. HCMGIS là tập hợp các hệ thống thông tin địa lý chuyên ngành thuộc TP.HCM, được hình thành và xây dựng năm từ 2002. Đây là dự án tổng thể ứng dụng công nghệ GIS cho quản lý, đặc biệt là quản lý đô thị. Các phân hệ được xây dựng trong dự án này mang tính chuyên ngành, ở qui mô toàn thành phố (các lớp

thông tin điện, nước, giao thông, công trình ngầm, môi trường, dân cư, ...). Mỗi phân hệ là một dự án thành phần, là cơ sở cung cấp dữ liệu nền chuẩn cho thành phố.



Hình 7: Tổ chức hệ thống HCMGIS

Mục tiêu của dự án HCMGIS là xây dựng hệ thống GIS ứng dụng nhằm liên thông, trao đổi, tích hợp dữ liệu của các Sở, Ban, Ngành cấp Thành phố và Quận/Huyện phục vụ công tác quản lý hành chính Nhà nước, xây dựng và qui hoạch phát triển kinh tế xã hội TP.HCM.



Hình 8: Sơ đồ các phân hệ của HCMGIS

HCMGIS là một hệ thống thông tin địa lý có nhiều thành viên, mỗi thành viên là một hệ thống con (phân hệ) của HCMGIS hoạt động tương tác nhau theo những qui định trong công việc khung của hệ thống, gọi là công việc khung HCMGIS. Số lượng thành viên tham gia HCMGIS không bị ràng buộc bởi thiết kế ban đầu vì HCMGIS có thể kết nạp thêm thành viên bất kỳ tại thời điểm nào. Mỗi hệ thống con là một đơn vị quản lý của thành phố, hoạt động chuyên sâu về một lĩnh vực. Các hệ thống con hoạt động hoàn toàn độc lập về tổ chức mạng, phần mềm, tổ chức dữ liệu chuyên ngành của mình. Hệ thống HCMGIS phát triển theo 2 giai đoạn: (1) tập trung kiến tạo

hệ thống nhằm xây dựng cơ sở hạ tầng của hệ thống; (2) chú trọng phát triển các dịch vụ ứng dụng công nghệ thông tin địa lý.

Cơ sở dữ liệu của hệ thống thông tin địa lý HCMGIS được xây dựng thành cơ sở dữ liệu nền, cơ sở dữ liệu dùng chung và cơ sở dữ liệu của từng chuyên ngành, gọi là cơ sở dữ liệu chuyên biệt. Dữ liệu chuyên biệt được phân thành 3 loại: dữ liệu dùng chung, dữ liệu dùng riêng và dữ liệu đặc biệt.

Giống như các mô hình hệ thống thông tin khác, dữ liệu của hệ thống HCMGIS là thành phần quan trọng nhất của hệ thống và nó chiếm khoảng 70% tỷ trọng của hệ thống. Giá trị của hệ thống phụ thuộc vào các yếu tố của dữ liệu như loại dữ liệu, độ chính xác, mức độ chi tiết, tính hiện thực, ... Tuy nhiên phần lớn dữ liệu của hệ thống HCMGIS, bao gồm cả các dữ liệu nền, dữ liệu dùng chung và dữ liệu dùng riêng tại các phân hệ thuộc hệ thống HCMGIS đều chưa được topo hóa. Do đó sẽ khó khăn rất nhiều khi triển khai các phân hệ khác nhau của hệ thống (như phân hệ giao thông, phân hệ cấp thoát nước, phân hệ bưu điện, phân hệ điện lực, ...) và ngay tại Trung Tâm tích hợp HCMGIS (cơ sở dữ liệu địa chất, cơ sở dữ liệu bản đồ nền, ...).

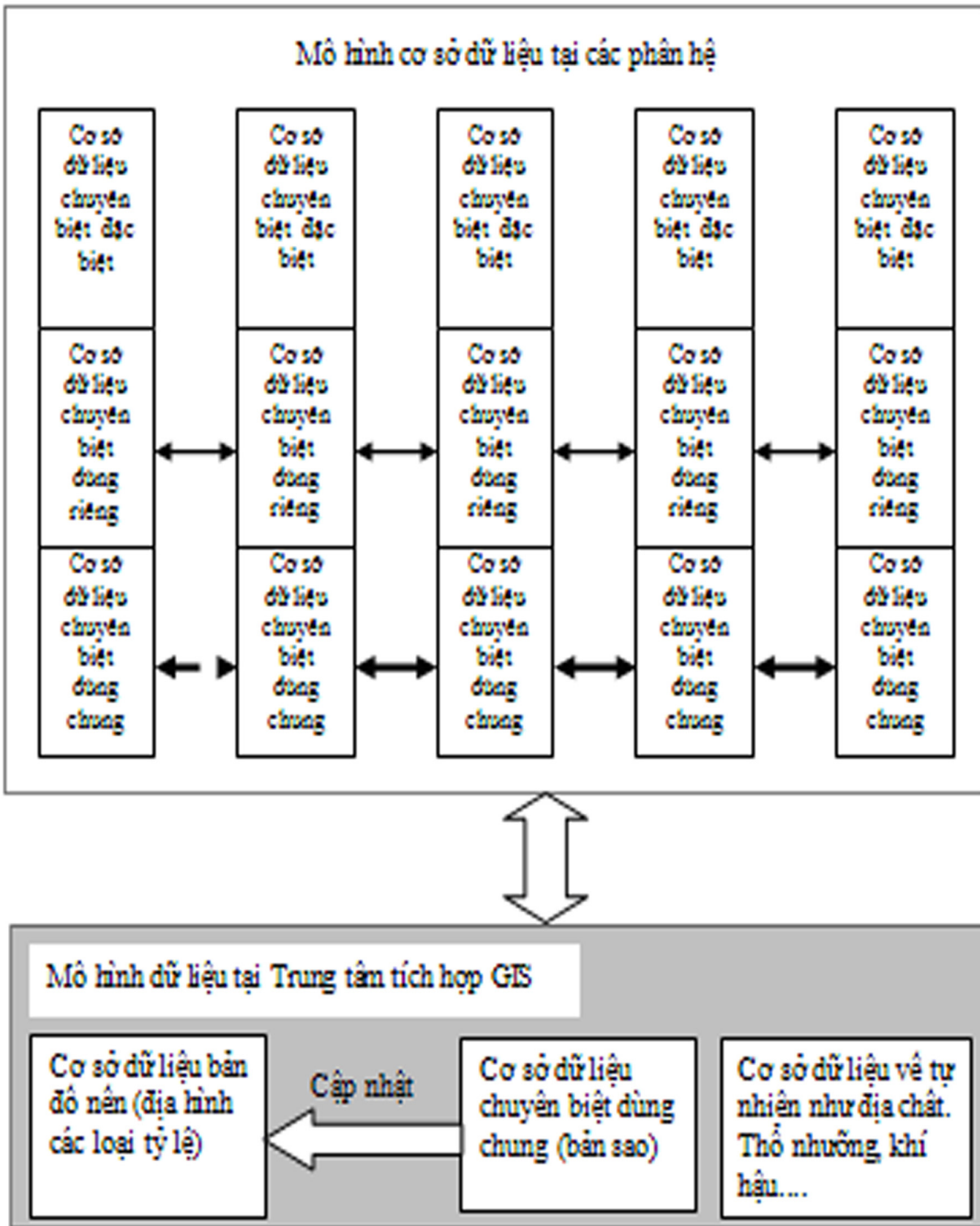
## II. TỔ CHỨC CƠ SỞ DỮ LIỆU KHÔNG GIAN.

Cơ sở dữ liệu không gian là một tập các thủ tục và hàm được tích hợp lại để lưu trữ, truy cập và phân tích dữ liệu không gian một cách nhanh chóng và hiệu quả.

Sắp xếp dữ liệu không gian ([1],[3],[10]): khả năng sắp chỉ mục, xếp dữ liệu không gian là một kỹ thuật đặc biệt. Chỉ mục không gian cần phải:

Tìm ra những đối tượng trong dữ liệu không gian đã được sắp xếp mà có sự tương tác với một điểm hay một vùng cho trước.

Tìm ra những cặp đối tượng trong dữ liệu không gian đã được sắp xếp có sự tương tác về không gian với những đối tượng khác.



*Hình : Mô hình cơ sở dữ liệu của hệ thống thông tin địa lý Tp. Hồ Chí Minh*

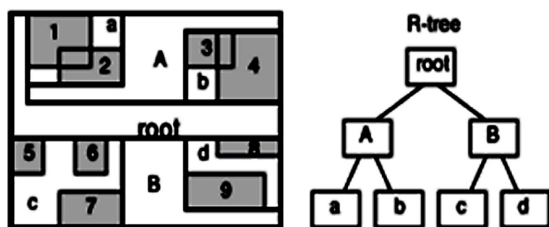
- ← - - - → Dữ liệu được trao đổi giữa các phân hệ khi có yêu cầu của TP
- ↔ Dữ liệu được trao đổi giữa các phân hệ khi có yêu cầu giữa các phân hệ
- ↔ Dữ liệu được trao đổi trực tiếp thường xuyên giữa các phân hệ trong hệ thống
- ↔ Các phân hệ được trao đổi dữ liệu trực tiếp với Trung tâm tích hợp GIS

*Hình 9: Sơ đồ mô hình tổ chức dữ liệu của HCMGIS*

Kỹ thuật sắp xếp dữ liệu không gian có thể sử dụng kỹ thuật sắp xếp R-tree hoặc kỹ thuật Quadtree, hoặc cả hai.

Chỉ mục R-tree: Loại chỉ mục R-tree có thể tạo chỉ mục trên không gian bốn chiều.

R-tree thực hiện phép xấp xỉ cho từng đối tượng hình học bằng cách bao quanh đối tượng đó bằng một đường biên chữ nhật nhỏ nhất (gọi là the minimum bounding rectangle - MBR).



Hình 10: Cây chỉ mục các MBR

Chỉ mục Quadtree: Quá trình xây dựng chỉ mục Quadtree, không gian tọa độ (trên lớp chứa toàn bộ các đối tượng hình học), phải qua một tiến trình gọi là “lát đá” hay “chia ô” (tessellation), tạo ra những “ô cò” (tiles) không chồng lên nhau và phủ kín bề mặt của các đối tượng hình học. Việc “chia ô” tiến hành theo cách chia không gian tọa độ thành những không gian chữ nhật cạnh đối nhỏ hơn. Quá trình chia liên tiếp diễn ra cho đến khi các “ô bàn cò” đạt tới tiêu chuẩn (về kích thước hoặc số lượng).

### III. MÔ HÌNH TOPOLOGY

#### 1. Dữ liệu hình học và dữ liệu Topology

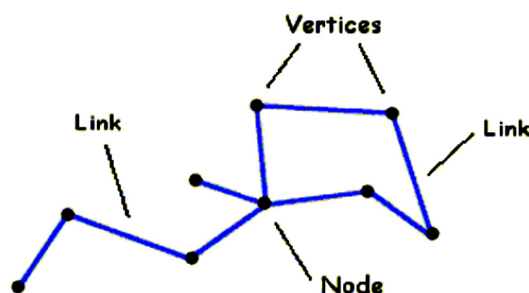
Các phần mềm hiện nay cho phép xây dựng các bản đồ mô tả thế giới thực từ các đối tượng dữ liệu hình học cơ bản như điểm, đường, vùng, văn bản. Thông thường các đối tượng này là các đối tượng rời rạc. Ngược lại, dữ liệu topo cũng được xây dựng từ các đối tượng hình học cơ bản và chúng có quan hệ với nhau. Mức độ quan hệ tùy thuộc vào cấp độ Topology. Một khó khăn gặp phải hiện nay khi xây dựng các ứng dụng dựa trên dữ liệu topo là nguồn dữ liệu topo không có sẵn.

Mô hình Topology: Nếu như bản đồ địa hình mô tả những vị trí vật lý và hình dạng

của các đối tượng tự nhiên thì mô hình topology thể hiện các mối quan hệ giữa các đối tượng đó.

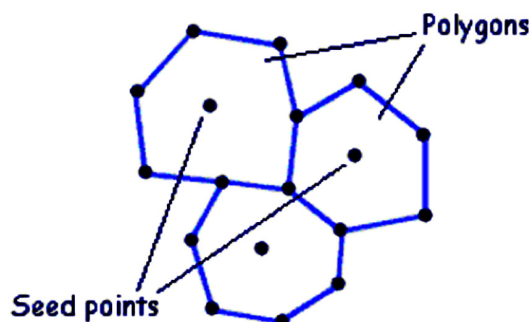
#### 2. Các khái niệm cơ bản:

Sau đây là các khái niệm cơ bản được sử dụng trong mô hình Topology:



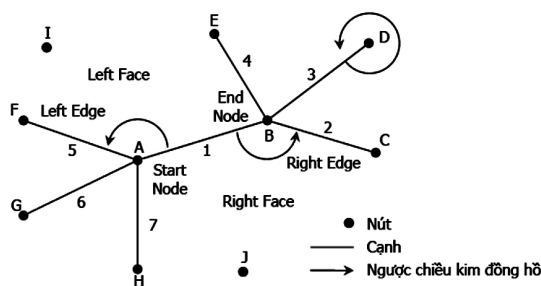
Hình 11: Minh họa về nút và cạnh

Nút và cạnh liên kết: Trong hệ thống thông tin địa lý các đối tượng đường thẳng (Lines) còn được gọi là cạnh liên kết (Links) được tạo từ những điểm (Vertex) và những nút (Nodes) tại hai đầu nút của cạnh.



Hình 12: Minh họa về vùng

Vùng (polygon): là một vùng không gian đóng, được chỉ ra bởi giới hạn của tập hợp các cạnh và điểm mà có mối quan hệ đến tính chất địa lý cấu tạo nên nó.



Hình 12: Minh họa một số khái niệm cơ bản trong mô hình Topology

Start Node: Nút bắt đầu của cạnh.

End Node: Nút kết thúc của cạnh.

Right Edge: Cạnh đầu tiên gặp khi di chuyển ngược chiều kim đồng hồ tại EndNode của cạnh hiện tại.

Left Edge: Cạnh đầu tiên gặp khi di chuyển ngược chiều kim đồng hồ tại StartNode của cạnh hiện tại.

First Edge: Cạnh được chọn ngẫu nhiên, được xem như là cạnh đầu tiên cho việc tìm kiếm các cạnh kề của nút.

Left Face: Mặt ở bên trái của cạnh khi di chuyển từ nút bắt đầu đến nút kết thúc.

Right Face: Mặt ở bên phải của cạnh khi di chuyển từ nút bắt đầu đến nút kết thúc.

Minimum Bounding Rectangle (MBR): Khung chữ nhật nhỏ nhất chứa toàn bộ đối tượng.

Inner Ring: Biên trong của mặt.

Outer Ring: Biên bao ngoài của mặt.

Đặc trưng: mô hình của đối tượng địa lý thể giới thực.

### 3. Các loại đối tượng hình học cơ sở trong mô hình Topology

Có 3 loại đối tượng hình học cơ sở: nút (node), cạnh (edge) và mặt (face). Một đối tượng cơ sở khác nữa là văn bản. Bốn dạng đối tượng cơ sở này được kết hợp lại với nhau để mô tả bất kỳ hiện tượng địa lý nào sử dụng hình học vector.

Nút – Nodes: có hai loại: nút thực thể và nút kết nối.



Hình 14: Các đối tượng hình học cơ sở trong mô hình Topology

Nút thực thể: Nút thực thể dùng để thể hiện các đặc trưng riêng biệt hoặc vô hướng.

Nút kết nối: Các nút kết nối xuất hiện ở các đầu mút của cạnh và được liên kết về mặt topo với các cạnh khác.

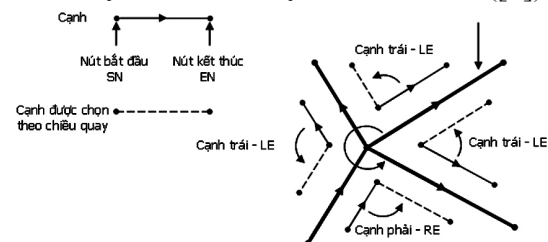
Cạnh – Edge: Các cạnh được cấu thành từ một tập có thứ tự của hai hay nhiều cặp tọa độ  $(x,y)$  hoặc  $(x,y,z)$ . Tối thiểu hai trong số các cặp tọa độ phải được phân biệt.

Mặt – Faces: Đối tượng mặt là đối tượng hình học hai chiều được định nghĩa bởi các cạnh; đối tượng mặt thường được dùng để thể hiện các đặc trưng vùng. Các đối tượng mặt được định nghĩa bởi các tham chiếu về mặt Topology tới tập các cạnh hình thành nên các biên của mặt.

Topology: Có 4 cấp độ Topology: 0, 1, 2, 3. Ở cấp 3, các kết nối về mặt Topology hiện diện một cách tường minh. Ở cấp 0, không có thông tin Topology được thể hiện một cách tường minh.

### Một số thuật toán cơ bản trên mô hình Topology ([1],[3]).

#### Thuật toán: Tìm cạnh kề của nút ([1]).



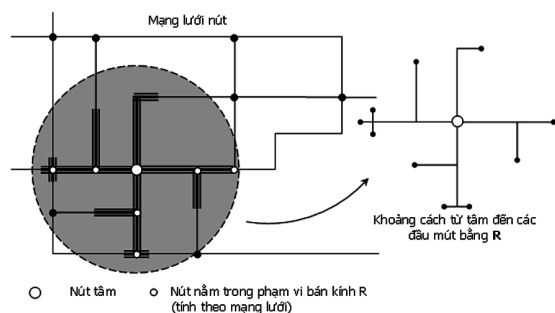
Hình 15: Các cạnh lân cận của nút

Thuật toán này cho phép tìm kiếm các cạnh nối với một nút được cho trước.

#### Thuật toán: Tìm các nút lân cận của nút ([1]).

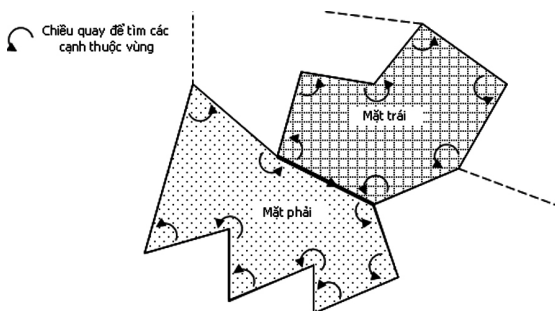
Thuật toán tìm các nút lân cận một nút thường gặp trong các bài toán trên mô hình topo. Hai thuật toán tìm nút lân cận trên chỉ cho phép tìm kiếm các nút kề trực tiếp với nút được cho (hai nút nối với nhau thông qua một cạnh). Thuật toán tiếp theo cho phép tìm kiếm các nút nằm trong bán kính R với tâm là nút được cho. Như vậy, nút

được chọn trả về nếu khoảng cách từ tâm đến nó (được tính theo đường đi trên mạng, không phải là đường chim bay).



Hình 16: Các nút trong bán kính R

Thuật toán: Tìm vùng



Hình 17: Các vùng của cạnh

Theo mô hình Topology này, đối tượng vùng tồn tại khi mô hình ở dạng Topo cấp 3. Khi đó mỗi cạnh có hai vùng được gọi là vùng bên trái (LF - Left Face) và vùng bên phải (RF - Right Face). Các thuật toán này được áp dụng để tìm các vùng không chứa hố bên trong và để dùng khi chưa có dữ liệu về vùng bao gồm thuật toán xác định vùng bên trái của cạnh ([1]) và thuật toán xác định vùng bên phải của cạnh ([1]).

#### IV. PHẦN MỀM XÂY DỰNG BỘ BIÊN TẬP DỮ LIỆU TOPOLOGY

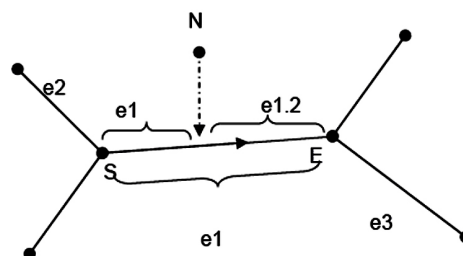
Chương trình minh họa được sử dụng ngôn ngữ Visual C++ 6.0 cho cài đặt và được kết nối đến MySQL để quản lý cơ sở dữ liệu. Chương trình minh họa thực hiện các thao tác biên tập cơ bản nhất trên các đối tượng topology. Các bảng cơ sở dữ liệu được tổ chức lưu trữ trong MySQL dạng chuẩn nhất định. Topology Editor chủ yếu thực hiện việc thao tác trên nguồn dữ liệu theo dạng chuẩn VPF và chuyển các khuôn dạng từ sang dạng chuẩn topo.

Việc thao tác với những đối tượng dữ liệu không gian sẽ gồm ba quá trình sau:

- Quá trình tạo ra các đối tượng mới hay loại bỏ đối tượng cũ.
- Quá trình tạo quan hệ giữa những đối tượng khác nhau.
- Quá trình tạo thuộc tính cho đối tượng.

#### Một số chức năng cơ bản của phần mềm.

Chức năng thêm một nút mới: việc thêm một nút mới rồi lần lượt thêm các cạnh do nút này quản lý sẽ dễ dàng và đơn giản hơn thêm một cạnh trực tiếp.

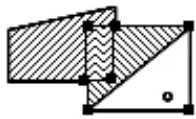

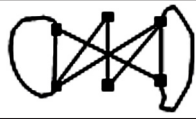
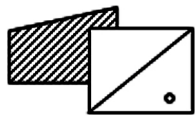


Hình 18: Minh họa bài toán thêm một nút

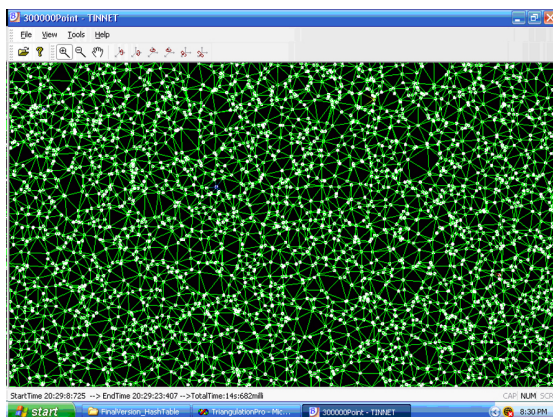
Một số chức năng khác như:

- Chức năng Split cạnh.
- Chức năng xóa một nút.
- Chức năng xóa một cạnh.
- Chức năng Merge mặt.
- Chức năng Xóa mặt.
- Chức năng Split mặt.

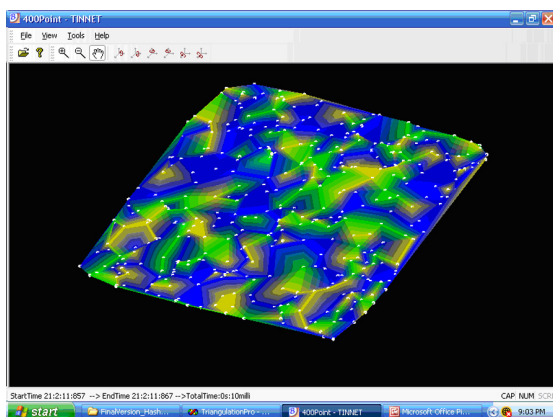
Nhóm tác giả đã thử nghiệm và ứng dụng phần mềm bộ công cụ biên tập dữ liệu Topology để xây dựng lưới tam giác TIN hiệu quả, kết hợp điều kiện Delone (thuật toán đã được nhóm nghiên cứu và cải tiến trên điều kiện Delone - [1]) là nền tảng cơ sở để giải quyết các bài toán như xây dựng bản đồ địa hình; chồng lớp thông tin; xây dựng vùng đệm cho các đối tượng, ... từ đó góp phần giải quyết các vấn đề quan trọng trong hệ thống HCMGIS như phân hệ quy hoạch, phân hệ giao thông, phân hệ điện lực, phân hệ bưu điện, ...

Cấp	Tên	Các đối tượng cơ sở	Mô tả	Ví dụ
3	Quan hệ Topo đầy đủ	Node kết nối, node thực thể, cạnh và mặt	Bề mặt được phân chia bởi tập các mặt được chọn kỹ và phần chung duy nhất. Các cạnh chỉ gặp nhau tại các node.	
2	Đồ thị phẳng	Node thực thể, node kết nối và cạnh	Một tập các cạnh và các node ở đó khi chiếu vào bề mặt phẳng, các cạnh chỉ gặp nhau tại các node.	
1	Đồ thị không phẳng	Node thực thể, node kết nối và cạnh	Tập các node thực thể và các cạnh có thể gặp nhau tại các node.	
0	Thẻ hiện hình bao	Node thực thể và cạnh	Tập các node thực thể và các cạnh. Các cạnh chỉ chứa các tọa độ, không phải là node bắt đầu và node kết thúc.	

Bảng 1: Tổng kết đặc tính của 3 cấp và ví dụ về mỗi cấp



Hình 19: Kết quả lưới tam giác TIN thể hiện ở dạng đường



Hình 20: Kết quả lưới tam giác TIN thể hiện ở dạng mặt.

## V. KẾT LUẬN

Trên những kết quả đã nghiên cứu và thử nghiệm ở trên, nhóm tác giả nhận thấy dữ liệu sau khi đã được topo hóa (mô hình topology) có thể cho phép xử lý thông tin hiệu quả hơn khi chưa được topo (mô hình hình học thông thường). Nhóm tác giả đã xây dựng thành công bộ công cụ TopoEditor trực quan, thân thiện, dễ sử dụng và đã được áp dụng trực tiếp cho hệ thống HCMGIS của thành phố và tại Trung Tâm HCMGIS và được đánh giá kết quả ứng dụng tương đối tốt so với yêu cầu của hệ thống GIS ứng dụng trên mô hình Topology ([1]).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TS. Vũ Thanh Nguyên; Báo cáo nghiệm thu đề tài xây dựng bộ công cụ biên tập dữ liệu topology hỗ trợ cho hệ thống HCMGIS - 20/06/2006.
2. Ordnance Survey, *The GIS files*, 2003.
3. Martin Held, *Algorithmische Geometrie Triangulation*, 2004.
4. Martin Ester, Hans-Peter Kriegel,

Jörg Sander, *Knowledge Discovery in Spatial Databases*, 1999.

5. *Vector Product Format Overview*, <http://164.214.2.59/vpfproto>.

6. Cook, Steve, and John Daniels, *Designing Objects Systems: Object-Oriented Modeling with Syntropy*, Prentice Hall, New York, 1994, 389 pp.

7. *OpenGIS Simple Features Specification for SQL, Revision 1.1*, <http://www.opengis.org/docs/99-49.pdf>

8. *MySQL Technical Reference for Version 5.0.0-alpha*.

9. James Arvo, *Graphics Germ*, Vol 2.

10. Petr Kuba, *Data Structures for Spatial Datamining*, 2001.

11. OpenGIS™ Abstract Specification, *OpenGIS™ Project Documents 99-100 through 99-116*, có sẵn tại: <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>

12. Dan Sunday, *Basic Linear Algebra*, <http://www.geometryalgorithms.com.cf>