

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH THÀNH PHỐ 3D VỚI SỰ KẾT HỢP CỦA GOOGLE SKETCHUP VÀ ACRGIS - THỬ NGHIỆM KHU ĐÔ THỊ CIPUTRA, HÀ NỘI

Lê Thị Thu Hà, Phạm Thị Thanh Thủy
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Mô hình thành phố 3D với các nhóm nội dung, độ chi tiết khác nhau phục vụ cho các mục đích khác nhau, là công cụ hữu ích để hỗ trợ công tác quy hoạch và kiến trúc cho thành phố cũng như nâng cấp hoàn thiện hệ thống hạ tầng giao thông đô thị tại nhiều nước phát triển. Hiện nay, việc thành lập mô hình 3D với nhiều phương pháp thành lập, khuôn dạng dữ liệu, cấp độ chi tiết thể hiện, sự đa dạng phụ thuộc vào các công nghệ phần mềm sẵn có trong từng trường hợp. Các phần mềm trợ giúp thành lập mô hình 3D luôn luôn được cập nhật và nâng cấp. Các nghiên cứu thực nghiệm đã thành lập mô hình 3D theo các tỷ lệ nhất định, hoặc đã thể hiện ở một cấp độ chi tiết nào đó của mô hình 3D. Bài báo nghiên cứu xây dựng mô hình thành phố 3D với sự kết hợp các dữ liệu thu thập được biểu hiện dưới những cấp độ chi tiết hiển thị 3D khác nhau dựa trên sự kết hợp của phần mềm ArcGIS và Google Sketchup để đưa ra mô hình trực quan thử nghiệm khu đô thị Ciputra, Hà Nội. Sau khi xây dựng thành công mô hình thành phố 3D khu vực thực nghiệm, tạo ra một mô hình có tính trực quan cao, mô hình thể hiện các cấp mức độ chi tiết của các đối tượng 3D, chứa đựng cơ sở dữ liệu đầy đủ phục vụ các nghiên cứu tiếp theo liên quan đến xu thế phát triển và ứng dụng 3D GIS trong thực tế.

Từ khoá: Mô hình thành phố 3D; Google Sketchup; ArcGis

Abstract

Building 3D city model using the combination of Google sketchup and AcrGIS - A case study in Ciputra urban area, Hanoi

3D city model with different contents and details has become an effectiver tool for urban planning and transportation infrastructure renovation in many developed countries. Nowadays, 3D model can be established using various updated and effective softwares. This study combines ArcGIS and Google Sketchup softwares to create a visual 3D model of Ciputra urban area in Hanoi. The created 3D model shows details of 3D objects with enough informationfor further study of the development trend and application of 3D GIS in practice.

Keywords: 3D city model; Google Sketchup; ArcGis

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây sự phát triển nhanh chóng của khoa học công nghệ đã tạo ra nhiều thiết bị phần cứng cũng như phần mềm có tính ứng dụng cao trong lĩnh vực Trắc địa, Bản đồ và Thông tin địa lý. Với các thiết bị hiện đại như

máy quét laser, máy quét 3D scanner, các công nghệ đồ họa 3D computer, 3D GIS hay các mô hình 3D độ chi tiết cao (thành phố 3D) đã nhanh chóng được ứng dụng trong thực tế để phục vụ quy hoạch, quản lý môi trường đô thị, không gian, cảnh quan,...[4, 5, 6, 9, 10].

Trong thực tế, mô hình thành phố 3D được chính quyền nhiều thành phố ở châu Âu quan tâm. Bước đầu, họ xây dựng mô hình thành phố 3D dựa trên nền bản đồ địa chính, độ cao của các khối nhà được xác định với độ chính xác tương đối từ các nguồn cơ sở dữ liệu địa lý có sẵn. Sau đó, song song với việc cập nhật mô hình, họ tìm cách xác định lại độ cao cho từng khối nhà một cách chính xác và chi tiết hơn từ các nguồn dữ liệu mới như ảnh chụp máy bay tỷ lệ lớn, ảnh quét Lidar từ máy bay. Nhiều nước Tây Âu trong đó có Đức, Hà Lan đã có ảnh hàng không, ảnh quét Lidar từ máy bay ở tỷ lệ lớn phủ trùm, thành phố Copenhagen - Đan Mạch với khoảng 130.000 ngôi nhà có độ chi tiết cao được tạo dựng trong môi trường lập thể của công nghệ ảnh số trên nền dữ liệu DGN của phần mềm Microstation [9, 11, 15, 20, 21].

Ở Việt Nam, các cơ quan, tổ chức chuyên ngành tùy theo yêu cầu riêng biệt và điều kiện cơ sở vật chất kỹ thuật của mình cũng đã có một số sản phẩm đồ họa có các yếu tố địa hình 3D trong đó như: Sơ đồ tuyến, mặt cắt trong các ngành giao thông, thủy lợi; DEM (Digital Elevation Model - Mô hình số độ cao) được tạo trong quá trình xử lý ảnh máy bay; bản đồ tác chiến trong quân sự; mô hình cảnh quan trong giáo dục hay du lịch, quy hoạch,... [11, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 22].

Hiện nay, công nghệ 3D GIS đã được ứng dụng trong việc triển khai xây dựng mô hình địa hình 3D của một khu vực lãnh thổ với nhiều phương pháp thành lập, khuôn dạng số liệu, cấp độ chi tiết thể hiện cũng rất đa dạng phụ thuộc vào các công nghệ phần mềm sẵn có theo những định hướng sử dụng khác nhau. Bài báo nghiên cứu xây dựng mô hình thành phố 3D với sự kết hợp các dữ liệu thu thập được biểu hiện dưới những cấp độ chi

tiết hiện thị 3D khác nhau dựa trên sự kết hợp của phần mềm ArcGIS và Google Sketchup để đưa ra mô hình trực quan thử nghiệm khu đô thị Ciputra - Hà Nội.

2. Mô hình thành phố 3D và giải pháp xây dựng với sự kết hợp sử dụng phần mềm Google Sketchup và ArcGIS

2.1. Mô hình thành phố 3D

Công nghệ mô phỏng đã được ứng dụng trong những năm gần đây nhưng chủ yếu được ứng dụng trong mô phỏng địa hình. Một số khái niệm ban đầu về mô phỏng 3D như: Mô hình số độ cao (DEM); Mô hình số địa hình (DTM); Mô hình số bề mặt (DSM); Mô hình bản đồ 3D (3D Cartographic Model - 3D CM); Mô hình bản đồ địa hình 3D (3D Topo-Cartographic Model - 3D TCM).

Ngày nay với công nghệ phát triển hơn, việc nghiên cứu xây dựng bản đồ 3D, mô phỏng thế giới thực cần bổ sung những khái niệm mới nhằm hoàn thiện hơn.

Bản đồ 3D, trước hết là bản đồ, phải thỏa mãn đầy đủ các đặc trưng bản chất của bản đồ, mặt khác, bản đồ 3D là sự thể hiện các đối tượng nghiên cứu (địa hình, địa vật) trong hệ quy chiếu không gian với mức độ ký hiệu hóa và khái quát hóa khác nhau tùy theo mục đích sử dụng, được thể hiện đầy đủ cả 3 chiều X, Y, H của đối tượng địa lý theo đặc trưng không gian của chúng [14, 16].

Như vậy, xuất phát từ khái niệm Bản đồ 3D, mô hình bản đồ 3D (3D CM) được hiểu là sự biểu diễn kỹ thuật số của các thành phố thực bằng cách mô hình hóa bề mặt Trái đất thông qua DEM (Digital Elevation Model) kết hợp với các ký hiệu mô phỏng các đối tượng địa lý với các cấp độ chi tiết (LoD - Level of Detail) khác nhau, nhằm hiển thị trực quan trên thiết bị

máy tính. Mô hình thành phố 3D có các đặc trưng cơ bản như sau:

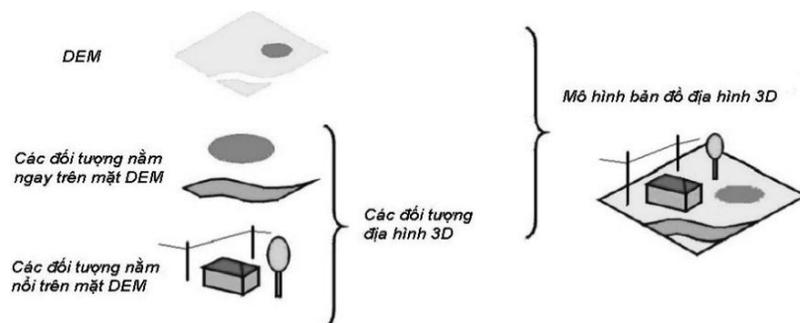
(1) Mô hình thành phố 3D cung cấp một phương tiện truyền thông tương tác, một không gian ảo, cho phép người dùng khám phá các mô hình hóa của môi trường đô thị thực sự;

(2) Mô hình thành phố 3D bao gồm ba thành phần cơ bản: Dữ liệu không gian địa lý, các hệ thống trực quan biến đổi dữ liệu thành các mô hình hóa 3D tương tác và phần cứng máy tính;

(3) Mô hình thành phố 3D là không gian địa lý, tức là vị trí thực của bất kỳ đối tượng nào được mô tả trong mô hình dữ liệu và được hiển thị là đối tượng 3D.

2.2. Nội dung cấu trúc và đặc điểm của mô hình địa hình 3D

Cấu trúc cơ bản của mô hình địa hình 3D được thể hiện ở hình dưới đây bao gồm hai thành phần chính là mô hình số độ cao DEM và các đối tượng địa hình 3D trên đó.



Hình 1: Cấu trúc của mô hình địa hình 3D

LOD 0 2.5D DTM	LOD1 Mô hình khối hộp không có cấu trúc mái	LOD2 Mô hình có cấu trúc mái, có dán ảnh	LOD3 Mô hình kiến trúc chi tiết	LOD4 Mô hình kiến trúc nội thất chi tiết của khối nhà

Hình 2: Cấp độ chi tiết (LoD) đối với các đối tượng nhà, khối nhà

DEM là một nội dung rất quan trọng của mô hình bản đồ địa hình 3D. Tất cả các yếu tố nội dung khác của mô hình bản đồ địa hình 3D đều được thể hiện trên nền DEM.

Các đối tượng địa hình 3D là các ký hiệu mô phỏng đối tượng trên bề mặt Trái đất với các cấp độ chi tiết khác nhau. Trên các mô hình thành phố 3D, chi tiết của các khu đô thị, nhà và các khối nhà là nhóm đối tượng được quan tâm rất nhiều về cách thể hiện với nhiều mức độ chi tiết khi hiển thị. Khái niệm cấp độ chi tiết LoD được

đưa ra để diễn tả mức độ chi tiết, sự giống nhau giữa mô hình 3D và thế giới thực.

Trong mô hình thành phố 3D, cấp độ chi tiết được lựa chọn thể hiện rất đa dạng, có thể được biểu diễn từ cấp LoD 0 đến cấp LoD 4.

2.3. Giải pháp xây dựng mô hình thành phố 3D với sự kết hợp sử dụng phần mềm Google Sketchup và ArcGIS

Mô hình thành phố 3D được xây dựng là kết quả của quá trình tích hợp nhiều loại dữ liệu khác nhau như: DEM,

Nghiên cứu

ảnh vệ tinh, bản đồ địa hình, ảnh số, dữ liệu Lidar,... để tạo ra mô hình 3D thành phố có tính trực quan cao về không gian và mối quan hệ giữa các đối tượng địa lý trong khu vực, dựa trên sự hỗ trợ đặc lực của công nghệ 3D GIS với các phần mềm GIS hiện nay như: 3D Studio Max Design, City Engine, Skyline,...

Qua khảo sát các phần mềm 3D GIS, sự kết hợp giữa phần mềm ArcGIS và Google Sketchup là một giải pháp thích hợp với những lý do:

- ArcGIS là một phần mềm GIS hàng đầu, được sử dụng rộng rãi trên thế giới, liên tục được đầu tư và phát triển.

- Các công cụ hiển thị không gian ba chiều của ArcScene thuộc ArcGIS 3D Analyst tương đối tốt. Với mức độ hiển thị rất tốt ở mức chi tiết trung bình, phù hợp với việc thể hiện các đối tượng địa hình đã được khái quát hoá của mô hình 3D cho khu vực nhỏ.

- ArcScene có thể xử lý và hiển thị được các khối lượng dữ liệu tương đối lớn.

- Các công cụ truy vấn (Query) và phân tích (Analyse) thông tin GIS của ArcGIS rất tốt.

- Tuy các công cụ đồ họa của Arc Editor thuộc bộ ArcGIS không thật tiện dụng nhưng ArcGIS có thể đọc trực tiếp file DGN là khuôn dạng mà phần lớn các dữ liệu địa hình dạng số đã và đang được tạo ra trong các đơn vị thuộc Bộ Tài nguyên Môi trường nên MicroStation và ArcGIS có thể bổ trợ cho nhau một cách hợp lý. MicroStation dùng để tạo dữ liệu đầu vào và ArcGIS để tổng hợp hiển thị và phân tích dữ liệu.

- ArcGIS hiện nay được sử dụng rất phổ biến và là phần mềm hoàn chỉnh nhất.

- ArcGIS có thể được phát triển thêm để phục vụ các yêu cầu bản đồ.

- MicroStation được sử dụng trong khâu chuẩn bị dữ liệu đồ họa đầu vào, ArcGIS được sử dụng để tổ chức các dữ liệu thuộc tính và ArcScene dùng để hiển thị các nội dung của mô hình 3D trong môi trường lập thể.

- SketchUp là một phần mềm hỗ trợ khá mạnh cho việc vẽ và xây dựng các công trình thông qua những việc làm đơn giản bằng các icon. Nhanh, đơn giản và dễ sử dụng

Một vài đặc điểm nổi bật của phần mềm SketchUp:

+ Không cần phần cứng mạnh như các phần mềm mô hình hóa khác như 3Ds Max, FormZ, Maya;

+ Hệ thống giao diện với con trỏ đồ họa thông minh cho phép người sử dụng dựng hình vẽ ba chiều trong không gian hai chiều của màn hình;

+ Các mặt, diện (Face) được định nghĩa đơn giản dựa trên một miền khép kín;

+ Tạo khối đơn giản nhanh gọn bằng công cụ “kéo-đẩy” (Push-Pull tool);

+ Công cụ chỉnh sửa khối (Extrude - Widen) và tạo khối theo đường sinh cho trước (Follow me tool);

+ Khả năng cho phép mô phỏng, hiệu chỉnh góc chiếu của mặt trời vào tất cả các thời điểm trong năm cũng như bao quát các góc nhìn cho hiệu quả gần như tức thời;

+ Bản vẽ được kết xuất (Render) ở tốc độ cao dựa trên tốt giản hệ mô hình đa giác thấp (Low - Poly), có phong cách trình bày độc đáo;

+ Khả năng giao tiếp rộng rãi với các phần mềm mô hình khác;

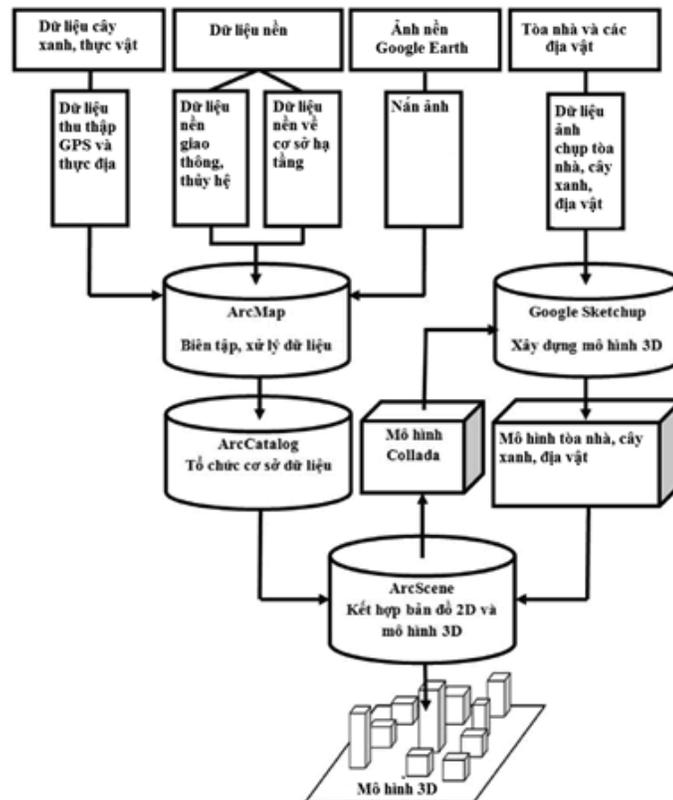
+ Có thể kết hợp với các trình kết xuất ngoài (Render) để cho ra những hình ảnh tốt hơn (etc. IRender, Podium, Indigo, Kerkythea,...);

+ Chia khóa quyết định cho thành công của phần mềm nằm ở độ nhận biết các đường cong, tuy không sâu như các phần mềm mô hình hóa ba chiều trên thị trường nhưng đã đem lại tốc độ xử lý nhanh;

+ Đặc biệt trong việc xây dựng mô hình và trình bày mô hình thành phố 3D, SketchUp đóng vai trò xây dựng bộ ký hiệu 3D một cách hiệu quả.

3. Thử nghiệm xây dựng mô hình 3D khu đô thị Ciputra - Hà Nội

3.1. Sơ đồ quy trình công nghệ



Hình 3: Quy trình công nghệ xây dựng mô hình 3D khu vực thực nghiệm

3.2. Yêu cầu kỹ thuật

a. Cơ sở toán học

Hệ tọa độ: áp dụng Hệ tọa độ quốc gia VN - 2000 Ellipsoid WGS - 84, phép chiếu UTM, múi 3°, hệ số điều chỉnh tỷ lệ biến dạng chiều dài $k = 0,9999$, kinh tuyến trục 105° Đông, Hệ độ cao Quốc gia Việt Nam.

b. Mô hình số độ cao DEM

Đây là một trong những nội dung quan trọng của bản đồ địa hình 3D vì hầu hết các nội dung khác đều được thể hiện dựa trên nền của DEM. DEM nền

của bản đồ 3D được xây dựng từ dữ liệu ở dạng TIN hoặc Grid. Nếu ở dạng Grid độ phân giải phù hợp hiện nay thường là 0,5 m.

c. Ảnh trực giao phủ trên mặt DEM

Ảnh máy bay màu hay ảnh vệ tinh độ phân giải cao được nắn trực giao và thể hiện trên nền độ cao của DEM. Khi thể hiện ảnh này, có thể tắt không thể hiện DEM trong khi vẫn dùng nó làm nền độ cao cho các yếu tố khác. Ảnh trực giao thực cho tỷ lệ này nên chuẩn bị với độ phân giải 0,5 m hay tốt hơn.

Nghiên cứu

d. *Mức độ thể hiện chi tiết các đối tượng địa lý*

Đối với khu vực đô thị có mật độ nhà cửa ở mức độ tương đối dày đặc, việc biểu thị các đối tượng nổi trên bề mặt DEM theo 4 mức chi tiết từ LoD 0 đến LoD 3.



Hình 4: Ảnh vệ tinh, Bản đồ địa hình 1: 2000 khu thực nghiệm

g. *Phạm vi khu vực thực nghiệm*

Khu vực thực nghiệm nằm trong khu đô thị Ciputra Hà Nội, thuộc khu B giai đoạn 2 của dự án có diện tích khoảng 40 ha. Khu vực có các khu nhà cao tầng nằm phía cổng chính của khu đô thị Ciputra hướng ra đường vành đai 3, sát chân cầu Thăng Long và hướng đi sân bay quốc tế Nội Bài.



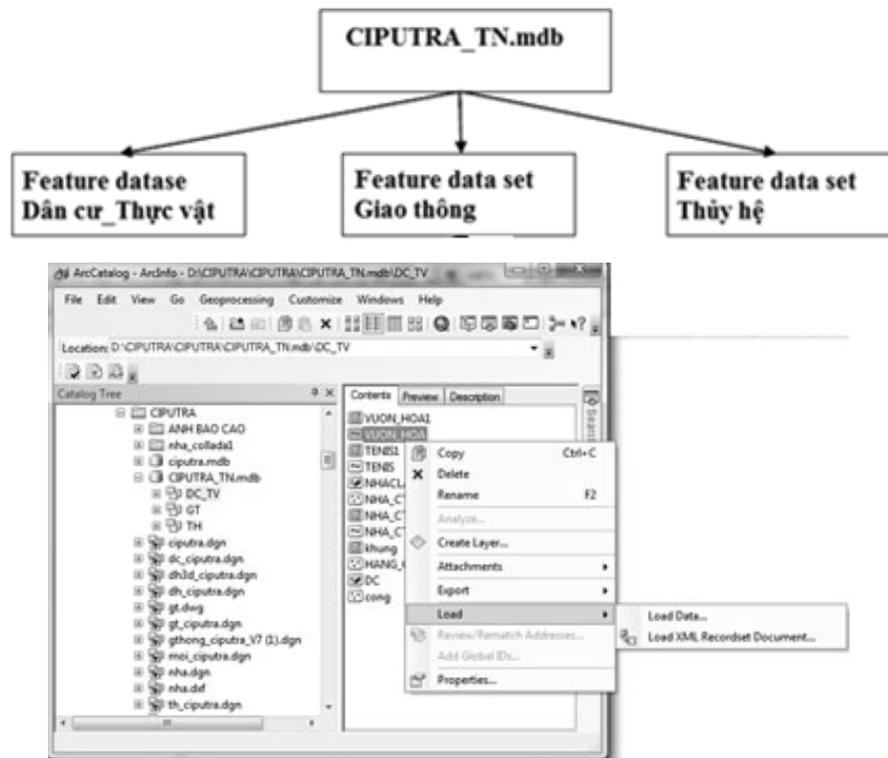
Hình 5: Không gian trong khu thực nghiệm

e. *Cơ sở dữ liệu*

- Ảnh vệ tinh khu vực
- Bản đồ địa hình 1: 2000 file *.dgn
- Bộ ký hiệu 3D trên Ware house

3.3. Thiết kế cơ sở dữ liệu, xây dựng mô hình 3D

Dữ liệu sau khi được chuẩn hóa lớp thông tin trong Microstation, cần được lưu trong mô hình cơ sở dữ liệu cụ thể. Geodatabase và Feature Dataset được ArcGIS sử dụng để lưu trữ và quản lý cơ sở dữ liệu. Dữ liệu không gian sẽ được phân làm các lớp đối tượng (điểm, đường, vùng). Dữ liệu thuộc tính sẽ được quản lý dưới dạng bảng. Dữ liệu có được sẽ nằm rải rác, chưa hoàn chỉnh thành một bộ cơ sở dữ liệu, do đó bằng công cụ ArcCatalog chúng ta sẽ tạo một bộ cơ sở dữ liệu hoàn chỉnh, giúp việc truy xuất dữ liệu dễ dàng hơn.



Hình 6: Cấu trúc cơ sở dữ liệu khu thực nghiệm

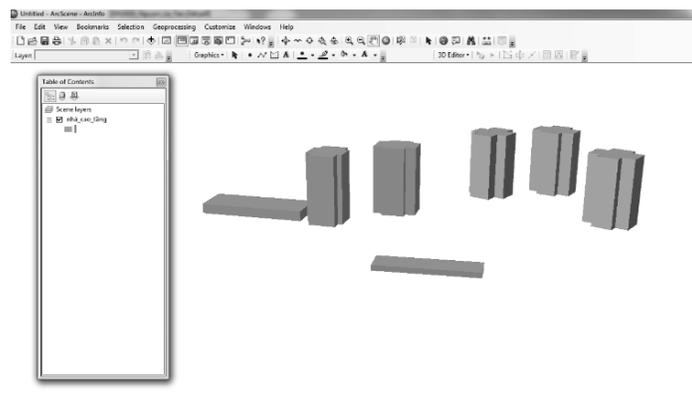
a. Nhập dữ liệu vào CSDL

Các dữ liệu thuộc tính chủ yếu được nhập cho lớp nhà cao tầng. Các thông số thuộc tính như Tên tòa nhà, số tầng, chiều cao được thu thập bằng điều tra thực địa.

Bảng 1. Thuộc tính của một số tòa nhà quan trọng trong khu thực nghiệm

Tòa nhà	L1	L2	E1	P1	P2	Câu lạc bộ Ciputra	Trung tâm tiếp thị và thông tin Ciputra
Chiều cao (m)	70	70	70	70	70	10	5
Số tầng	20	20	20	20	20	2	1

Việc nhập dữ liệu thuộc tính giúp cho việc quản lý, truy vấn hỏi đáp và hiển thị theo các thông tin chuyên đề về các tòa nhà. Ngoài ra, còn được sử dụng trong xây dựng mô hình 3D các tòa nhà cho chính xác với chiều cao thực địa.



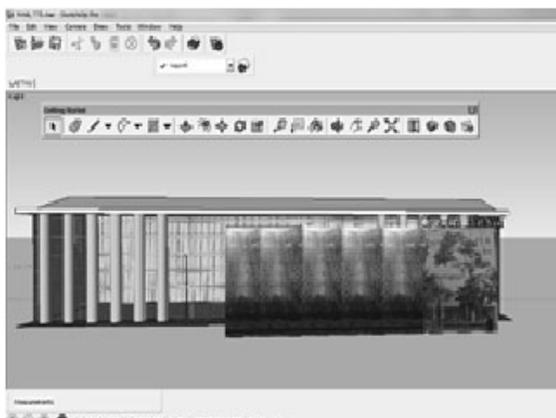
Hình 7: Mô hình khối 3D của một số tòa nhà trên ArcScene cấp độ LoD1

Nghiên cứu

b. Thiết kế mô hình 3D các tòa nhà trên Google Sketchup

Trong khu thực nghiệm, các tòa nhà L1, L2, E1, P1, P2 đã được các chuyên gia xây dựng mô hình 3D và được chia sẻ trên Warehouse3D của Google Sketchup do vậy, bài báo kế thừa các mô hình 3D có sẵn để thể hiện trên mô hình 3D khu thực nghiệm.

Các tòa nhà: Câu lạc bộ Ciputra, Trung tâm tiếp thị và thông tin Ciputra được dựng dựa trên các dữ liệu về không gian và thuộc tính số tầng bằng phần mềm Google Sketchup.



Hình 8: Mô hình LoD 3 của mặt trước tòa nhà Trung tâm tiếp thị và thông tin Ciputra



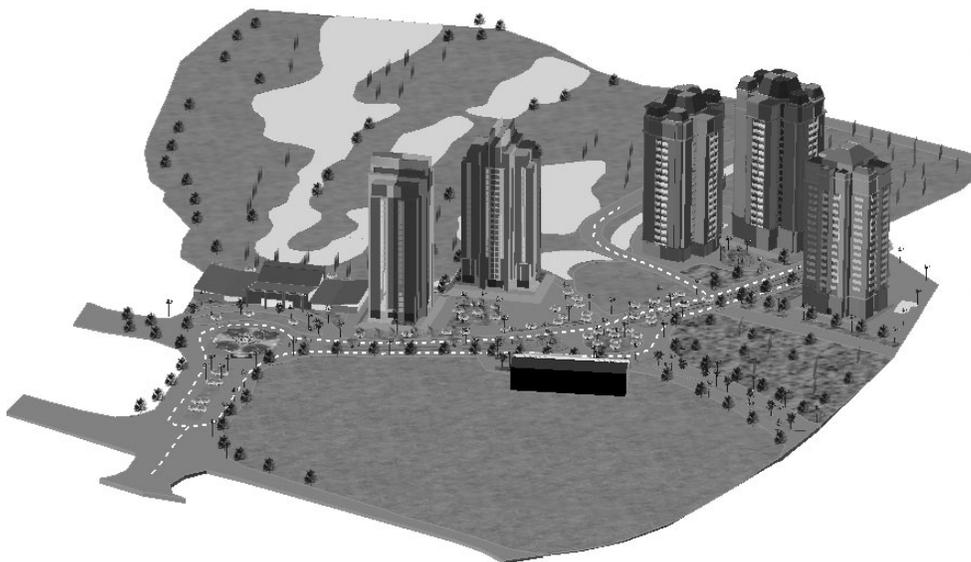
Hình 9: Mô hình LoD 3 của tòa nhà Câu lạc bộ Ciputra



Hình 10: Phân bố cây xanh, mặt nước, đường giao thông trong khuôn viên khu thực nghiệm

c. Biểu diễn mô hình 3D khu thực nghiệm

Đối với mô hình các tòa nhà trong khu thực nghiệm sau khi dựng mô hình khối 3D dạng Feature Class 3D thực hiện thay đổi hình dạng khối bằng mô hình 3D của tòa nhà với các mức độ chi tiết với ứng dụng Sketchup.



Hình 11: Mô hình 3D khu thực nghiệm

4. Đánh giá và kết luận

Mô hình được xây dựng sử dụng tư liệu sẵn có như bản đồ địa hình số tài liệu, ảnh Google Earth, các kế thừa của các chuyên gia đảm bảo mức độ chi tiết, yêu cầu cơ sở toán học cho khu vực, cung cấp mô hình khái quát khu thực nghiệm.

Đối với nghiên cứu này dữ liệu tòa nhà sau khi chuyển sang dạng 3D Feature Class để giúp chuyển sang mô hình Collada mở và tạo mô hình 3D trong phần mềm Google Sketchup cho độ chính xác định hướng và kích thước. Mô hình được thêm vào dưới một lớp dữ liệu được tạo mới định dạng Multipatch Features giúp cho việc hiển thị và biên tập một cách dễ dàng như một cell trong ArcGIS, giữ được các đối tượng trong cùng một lớp và tránh gây lãng phí dung lượng của cơ sở dữ liệu.

Như vậy, sau khi xây dựng thành công mô hình thành phố 3D khu vực thực nghiệm, tạo ra một mô hình có tính trực quan cao, mô hình thể hiện các cấp mức độ chi tiết của các đối tượng 3D. Việc sử dụng Google Sketchup thiết kế các mô hình 3D đạt độ chính xác và chi tiết với nhiều tính năng giúp thiết kế và chọn lọc các đối tượng cần thiết thể hiện mức độ chi tiết so với thực tế.

Sự kết hợp giữa hai bộ phần mềm Google Sketchup và ArcGIS tạo nên một mô hình 3D với những dữ liệu được tích hợp đảm bảo tính chính xác không gian, chứa đựng cơ sở dữ liệu đầy đủ phục vụ các nghiên cứu tiếp theo liên quan đến xu thế phát triển và ứng dụng 3D GIS trong thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Daniel Tal. *Google SketchUp For Site Design - A Guide for Modeling Site Plans, Terrain, and Architecture*

[2]. Fuan Tsai. *Visualization and Applications*. Center for Space and Remote

Sensing Research National Central University Cyber City Implementation.

[3]. Jacobsen, K. (2004). *DEM Generation by Spot HRS*. Proceedings of XXth Congress of ISPRS, Istanbul, Turkey, 12 - 23 July.

[4]. J. Lee S.Zlatanova (2009). *3D Geo - Information Sciences*.

[5]. Kada, M. (2003). *3D Building Generalisation and Visualisation*. Photogrammetric Week, pp. 29 - 38.

[6]. Mercer, B. (2001). *Combining LIDAR and IFSAR: What can you expect?*. Photogrammetric Week 2001, University of Stuttgart, Germany.

[7]. Metternicht G.I. (1997). *Digital Cartography*. Lecture note, Curtin Uni. of Technology, School of Surveying and Land Information.

[8]. Qing Zhu, Mingyuan Hu, Yeting Zhang, Zhiqiang Du. *Research and Practice in Three-Dimensional City Modeling*.

[9]. Thomas H. Kolbe. *Representing and Exchanging 3D City Models with City GML*

[10]. Volker Steinhage, Jens Behley, Steffen Meisel, Armin B. Cremers (2010). *Automated Updating and Maintenance of 3D City Models*.

[11]. Bùi Ngọc Quý (2008). *Nghiên cứu ứng dụng ArcScene trong xây dựng cơ sở dữ liệu 3D GIS thành phố Lạng Sơn*. Tạp chí Tài nguyên và Môi trường, số 9, trang 53 - 55.

[12]. Cục Bản đồ - Bộ tổng tham mưu (2011). *Xây dựng bộ bản đồ không gian 3 chiều biên giới quốc gia Việt Nam*.

[13]. Hà Nhật Bình (2011). *Thành lập bản đồ 3D tỷ lệ lớn trên cơ sở kết hợp công nghệ Viễn Thám, hệ thống thông tin địa lý và bản đồ số*. Trường đại học Khoa học tự Nhiên, Khoa Địa Lý.

[14]. Lê Thị Phương Thảo (2011). *Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ GIS trong xây dựng cơ sở dữ liệu 3D GIS phục vụ công tác mô hình hóa bề mặt địa hình từ dữ liệu ảnh vệ tinh và bản đồ số*. Đồ án tốt nghiệp, Trường Đại học Mở - Địa chất.

Nghiên cứu

[15]. Nguyễn Cẩm Vân (2011). *Bản đồ học hiện đại và mô hình hoá bản đồ*. Đại học Mỏ - Địa chất.

[16]. Nguyễn Lê Tấn Đạt (2014). *Ứng dụng GIS và Google Sketchup xây dựng mô hình 3D trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh*. Đồ án tốt nghiệp.

[17]. Nguyễn Ngọc Thạch (2011). *Địa thông tin*. NXB Đại học quốc gia Hà Nội.

[18]. Trung tâm thông tin về Sketchup xây dựng mô hình 3D trường Đại học (2006). *Xây dựng mô hình địa hình 3D*.

[19]. Nguyễn Thế Thận (2008). *Giải pháp xây dựng mô hình cảnh quan đô thị ảo 3D bằng phần mềm hệ thống thông tin địa lý MapsiteGIS*. Bộ xây dựng, Hà Nội.

[20]. Nguyễn Thị Thục Anh (2011). *Nghiên cứu ứng dụng dữ liệu Lidar và ảnh viễn thám độ phân giải cao để xây dựng bản đồ 3D phục vụ quản lý đô thị*. Đề tài nghiên cứu cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi trường.

[21]. Nguyễn Văn Huy, Nguyễn Mạnh Hùng (2010). *Ứng dụng ArcGIS trong công tác xây dựng cơ sở dữ liệu GIS3D Thành phố Vũng Tàu*. Đồ án tốt nghiệp, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

[22]. Vũ Đăng Cường (2010). *Ứng dụng GIS trong xây dựng CSDL GIS 3D căn cứ hải quân (Thử nghiệm cho căn cứ Phú Lâm - Hoàng Sa)*. Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật Đại học Nha Trang.

[23]. Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Vĩnh Phúc (2012). *Thiết kế Kỹ thuật - Dự toán xây dựng bản đồ không gian ba chiều tỷ lệ 1/2000 thành phố Vĩnh Yên, tỉnh Vĩnh Phúc*.

BBT nhận bài: 22/4/2020; Phản biện xong: 04/5/2020; Chấp nhận đăng: 26/6/2020