

ỨNG DỤNG WEBGIS VÀ 3D WEB MÃ NGUỒN MỞ TRONG HỖ TRỢ QUẢN LÝ HỆ THỐNG NHÀ: THỰC NGHIỆM TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT LÊ QUÝ ĐÔN

Nguyễn Sách Thành¹, Nguyễn Như Hùng¹, Tống Thị Hạnh¹, Đỗ Văn Dương²

¹Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Ngày nay, các nền tảng WebGIS và 3D WEB mã nguồn mở được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như tài nguyên môi trường, quy hoạch đô thị, giám sát thảm họa thiên tai,... Tuy nhiên, việc kết hợp chúng trong lĩnh vực xây dựng còn hạn chế. Dựa trên sự phát triển của cộng đồng mở, nghiên cứu này đề xuất giải pháp toàn diện từ việc xây dựng các mô hình 3D dựa trên nền tảng mở như Blender và quản lý chúng dựa trên các nền tảng WebGIS mã nguồn mở như GeoServer, PostGIS, Three.js. Đây là một trong những cách tiếp cận mới trong lĩnh vực quản lý cơ sở hạ tầng xây dựng. Kết quả nghiên cứu sẽ được thực nghiệm cho việc hỗ trợ quản lý hệ thống nhà tại đại học kỹ thuật Lê Quý Đôn.

Từ khóa: WebGIS mã nguồn mở; 3D Web mã nguồn mở.

Application of open source WebGIS and 3D Web for the management of building system: a case study of Le Quy Don Technical University

Open source WebGIS and 3D Web platforms have been applied in many fields, such as environmental and resource management, urban planning, disaster monitoring,... However, their application in the construction sector is still limited. Based on the development of the open community, this study proposed a comprehensive solution in building 3D models (using open platforms such as Blender) and managing them (using open source WebGIS platforms such as GeoServer, PostGIS, Three.js). This is one of new approaches in the field of construction infrastructure management. The results will be applied for managing the building system at Le Quy Don Technical University.

Keywords: Open source WebGIS; Open source 3D Web.

1. Đặt vấn đề

WebGIS là một dạng nâng cao của hệ thống tin địa lý (GIS) có sẵn trên nền tảng Web. Năm 1993, trung tâm nghiên cứu PARC của Xerox Corporation đã xây dựng trang Web bản đồ đầu tiên trên thế giới, đánh dấu sự ra đời của WebGIS. Việc trao đổi thông tin diễn ra giữa máy chủ hệ thống tin địa lý; máy khách là trình duyệt web, ứng dụng di động và ứng dụng máy tính để bàn. WebGIS được ứng dụng

trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: lập bản đồ, thu thập thông tin không gian địa lý, phân tích không gian địa lý cho các bài toán như chọn đường đi tối ưu, lựa chọn địa điểm bán lẻ,...; quản lý lũ lụt, lập bản đồ rừng, thiên tai,...[1].

Trong lĩnh vực xây dựng, có nhiều nghiên cứu khoa học đã ứng dụng WebGIS để quản lý công trình. Năm 2017, Kush thực hiện nghiên cứu ứng dụng GIS trong quản lý công trình xây

dựng. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả trình bày việc xây dựng các công trình quy mô lớn như thị trấn, khu công nghiệp, đập, kênh mương,... Đây là một nhiệm vụ đầy thách thức và phải hoàn thành các công trình này khi phải tính toán thời gian và ước lượng chi phí. Các công cụ quản lý dự án thông thường như biểu đồ dạng thanh và phương pháp Đường găng (Critical Path Method - CPM) vẫn được các nhà quản lý dự án ở Ấn Độ sử dụng. Điều này phần nào không cung cấp dữ liệu dự án chính xác dẫn đến việc quản lý dự án kém. Trong nghiên cứu này Kush đã trình bày việc tích hợp GIS với các ứng dụng phần mềm quản lý dự án khác nhau như AutoCAD để theo dõi tiến độ của dự án một cách trực quan hóa. Nghiên cứu này sử dụng công cụ ArcScene trong bộ phần mềm ArcGIS để biểu diễn 3D về tiến trình xây dựng. Với mô hình giám sát tiến độ này, tác giả cho rằng sẽ có lợi cho tất cả các bên liên quan như quản lý dự án, khách hàng và kỹ sư công trình. Người quản lý dự án có thể kiểm soát hiệu quả các thông số chính của dự án xây dựng là thời gian; chi phí và chất lượng bằng cách sử dụng hệ thống quản lý dự án dựa trên GIS [6]. Ngoài ra, cũng liên quan tới quản lý công trình, Sandip đã nghiên cứu ứng dụng GIS trong việc lập kế hoạch, thiết kế, xây dựng và vận hành cơ sở hạ tầng các công trình xây dựng. GIS cung cấp hệ thống dữ liệu trung tâm cho quá trình phát triển và xây dựng cơ sở hạ tầng cung cấp cho các kỹ sư một phương tiện chung để truyền đạt dữ liệu không gian [9].

Năm 2016, Mostafa đã xây dựng hệ thống thông tin công trình bằng cách sử dụng GIS. Nghiên cứu này đề xuất việc sử dụng GIS trong quản lý hệ thống thông

tin xây dựng bằng cách tích hợp các bản vẽ 2D và mô hình 3D với cơ sở dữ liệu (CSDL) hoạt động trong mô hình GIS. Mô hình GIS có thể được sử dụng để tạo và cập nhật lịch trình, CSDL và phân tích không gian địa lý dựa trên một nền tảng duy nhất. Đây là yêu cầu chính trong ngành xây dựng. Kết hợp mô hình GIS trong xây dựng với địa hình xung quanh bằng cách liên kết các bản vẽ 2D và CSDL về các hoạt động xây dựng hoặc thành phần của tòa nhà. Nếu một tình huống nguy hiểm được xác định trong quá trình phân tích, nó có thể được giám sát trên nền tảng GIS trước khi triển khai thực tế. Phương pháp này đã được thử nghiệm bằng cách sử dụng một dự án thực tế ở Riyadh, Ả Rập Xê Út. Kết quả cho thấy mô hình GIS có thể được sử dụng để thiết lập một hệ thống thông tin cho tất cả các giai đoạn xây dựng tòa nhà và để tạo ra một hệ thống lưu trữ hiệu quả các tài liệu của dự án [7].

Ngoài ra có thể kể đến nhiều nghiên cứu khác như ứng dụng GIS trong việc quy hoạch, xây dựng đường của Sanghyeok [10]; GIS cho ngành xây dựng công trình trong việc tạo các mô hình nhà 3D [2]; vai trò của công nghệ GIS trong việc đảm bảo môi trường xây dựng. Tuy nhiên, các nghiên cứu này mới chỉ tập chung vào việc ứng dụng công nghệ GIS mà chưa phát huy sức mạnh của nền tảng công nghệ WebGIS, có thể hỗ trợ đa người dùng, làm việc theo nhóm, quản lý tập trung. Bởi vậy, nghiên cứu này sẽ tập trung vào việc xây dựng CSDL GIS liên quan tới xây dựng như các lớp dữ liệu nền địa lý, thông tin dữ liệu về nhà,...và nghiên cứu thực nghiệm cho việc quản lý hệ thống nhà tại đại học kỹ thuật Lê

Quý Đôn. Đặc biệt, nghiên cứu tập trung vào các giải pháp GIS mã nguồn mở như PostGIS/PostgreSQL, QGIS, GeoServer và 3D mã nguồn mở như Blender, Three.js. Trong đó, QGIS được sử dụng để biên tập các lớp dữ liệu GIS; PostGIS dùng để lưu trữ CSDL không gian; Blender dùng để xây dựng các mô hình dạng 3D các công trình nhà; Three.js và GeoServer, OpenLayer hỗ trợ quá trình phát triển WebGIS và 3D Web.

2. Phạm vi và Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả thực hiện trên hai phương diện phạm vi nghiên cứu. Đó là phạm vi công nghệ và phạm vi không gian. Đối với phạm vi công nghệ, phần dưới đây nhóm tác giả sẽ giới thiệu sơ bộ tổng quan về các nền tảng hỗ trợ quá trình nghiên cứu

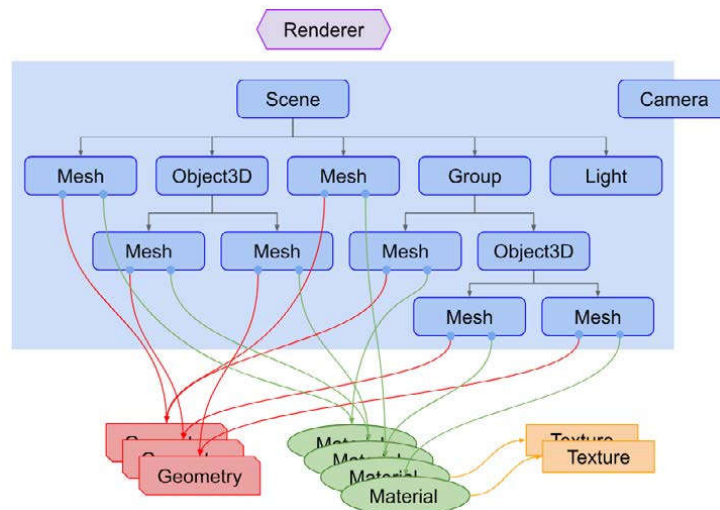
* *Blender*: Blender là một phần mềm đồ họa 3D miễn phí và mã nguồn mở, được sử dụng để làm phim hoạt hình, kỹ xảo, ảnh nghệ thuật, mẫu in 3D, phần mềm tương tác 3D và video game. Các tính năng của Blender bao gồm tạo mẫu 3D, UV unwrapping, mô phỏng khói, chất lỏng, hạt và chuyển động cơ thể, điêu khắc, hoạt họa, phối hợp chuyển động, camera tracking, rendering và chỉnh sửa video [3]. Phần mềm Blender được phát triển từ Blender Foundation, một tổ chức phi lợi nhuận được thành lập vào năm 2002. Vào năm 2007, Viện Blender spin-off được thành lập và hiện là tổ chức của nền tảng này, đã trở thành cơ sở để tiếp tục phát triển các dự án. Blender hoàn toàn tương thích đa nền tảng. Vì vậy nó sẽ chạy trên nhiều hệ điều hành như Windows, Mac OS

hoặc Linux. Blender được truy cập miễn phí, có nhiều giá trị đối với người dùng, từ những người mới bắt đầu đến những nhà làm phim hoạt hình chuyên nghiệp. Ngay cả NASA cũng sử dụng Blender cho việc thiết kế mô hình hay mô phỏng.

* *Three.js*: Three.js là thư viện JavaScript đa trình duyệt và giao diện lập trình ứng dụng (API) được sử dụng để tạo và hiển thị hoạt cảnh 3D trên trình duyệt Web sử dụng WebGL. Three.js được Ricardo Cabello phát hành lần đầu vào tháng 4 năm 2010. Three.js cho phép tạo các hoạt ảnh 3D nhanh dựa trên bộ xử lý đồ họa bằng cách sử dụng ngôn ngữ JavaScript như một phần của trang Web mà không cần dựa vào các plugin độc quyền của các trình duyệt. Three.js bao gồm các chức năng như: hiệu ứng, hoạt cảnh, hiệu ứng sương mù, hiệu ứng bóng, âm thanh, xử lý nhiều định dạng 3D,... [5]. Hình 1 mô tả lược đồ đơn giản cho việc biểu diễn một ứng dụng 3D Web dựa trên nền tảng Three.js.

Trong lược đồ Hình 1, một số điều cần chú ý như sau:

- Có một trình kết xuất đồ họa (Rederer). Đây là đối tượng chính của Three.js. Bạn có thể chuyển hoạt cảnh (scene) và máy ảnh (camera) tới Renderer
- Có một hoạt cảnh (scenegraph) dạng cấu trúc hình cây, bao gồm nhiều đối tượng khác nhau như đối tượng dạng cảnh (Scene object), các đối tượng dạng lưới (Mesh), đối tượng ánh sáng (Light), đối tượng dạng nhóm (Group), đối tượng 3D (Object3D), đối tượng máy ảnh (Camera). Đối tượng Scene xác định gốc của hoạt cảnh và chứa các thuộc tính màu nền, dạng sương mù.



Hình 1: Lược đồ biểu diễn cho một ứng dụng Three.js đơn giản

- Đối tượng Mesh biểu diễn cho việc vẽ một dạng hình học với một chất liệu (Material) cụ thể.

- Đối tượng hình học (Geometry) biểu diễn dữ liệu dạng đỉnh của một số dạng hình học như hình cầu, khối lập phương, mặt phẳng,...

- Đối tượng vật liệu biểu diễn các thuộc tính bề mặt được sử dụng để vẽ các dạng hình học, bao gồm màu sắc, độ sáng bóng

- Đối tượng cấu trúc (Texture) thường biểu diễn dạng ảnh được tải từ các tập tin dạng ảnh

- Đối tượng ánh sáng biểu diễn các loại ánh sáng khác nhau.

* *GeoServer* - máy chủ bản đồ: Geoserver là máy chủ bản đồ Web mã nguồn mở, được phát triển bởi The Open Planning Project năm 2001. Đây là một trong những máy chủ bản đồ được đông đảo các nhà nghiên cứu, nhà phát triển phần mềm sử dụng để xây dựng ứng dụng WebGIS. Ngoài GeoServer còn có một số các máy chủ bản đồ khác như MapServer, Mapnik, MapGuide, QGIS Server, ArcGIS Server. Trong số các

máy chủ bản đồ này, nổi tiếng hơn cả là GeoServer, MapServer, ArcGIS Server. GeoServer cung cấp các khả năng như: thao tác với nhiều định dạng dữ liệu khác nhau như KML, Shp,...; xử lý nhiều định dạng dữ liệu từ các loại CSDL không gian khác nhau như PostGIS, Oracle Spatial, ArcSDE, DB2, MySQL,...; có giao diện đồ họa, giúp đơn giản hơn trong việc cấu hình và thực thi các chức năng; tạo nhanh bản đồ và xuất ra nhiều định dạng dựa trên các chuẩn như WMS, WMTS, TMS,...[11].

**PostGIS/ PostgreSQL*: PostgreSQL là hệ quản trị CSDL quan hệ đối tượng được xây dựng từ dự án POSTGRES tại Đại học California, Mỹ. Hiện nay, PostgreSQL đã trở thành hệ quản trị CSDL mã nguồn mở phổ biến nhất. PostgreSQL từng được sử dụng để triển khai nhiều ứng dụng trong sản xuất và nghiên cứu khác nhau như: hệ thống phân tích dữ liệu tài chính, dự án giám sát hiệu năng động cơ phản lực, CSDL theo dõi thiên văn,... PostgreSQL dễ dàng để thiết lập, cài đặt và hỗ trợ cả SQL và NoSQL. PostgreSQL được ngành công nghiệp phần mềm áp

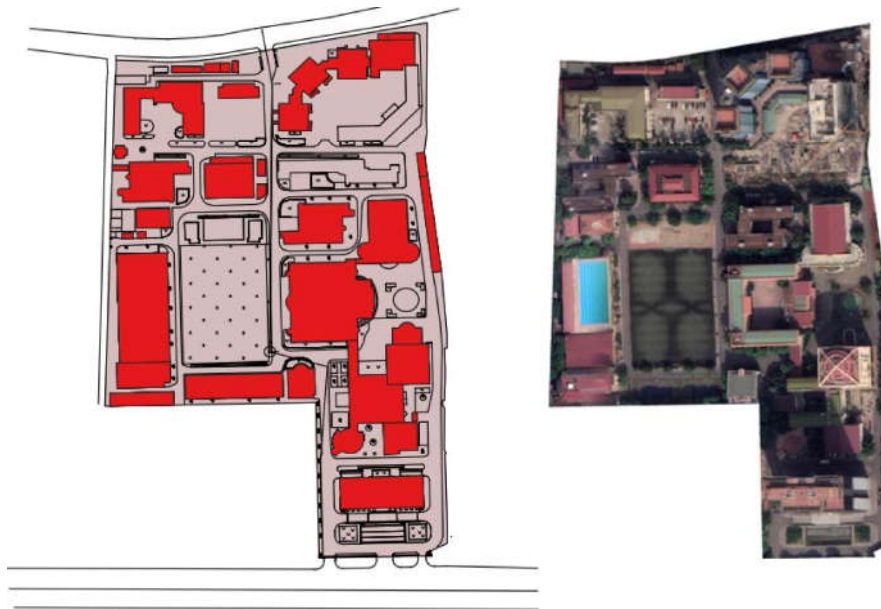
dùng rộng rãi trong những năm gần đây. Một số công ty hàng đầu trên thế giới đang sử dụng PostgreSQL như Instagram, NextFLIX, Cybertec,...

PostGIS là CSDL không gian được tích hợp trong hệ quản trị CSDL PostgreSQL. PostGIS được phát triển bởi Research Inc và được phát hành lần đầu vào 31/5/2001. PostGIS có khả năng hỗ trợ các đối tượng địa lý, cho phép thực hiện các truy vấn không gian trên SQL. PostGIS hỗ trợ các kiểu dữ liệu địa lý như vector, raster; các hàm, toán tử và các chỉ số không gian. PostGIS cung cấp các tính năng như: xử lý các đối tượng không gian dạng điểm, đường, đa giác, đa điểm, đa đường, đa vùng, dạng tập hợp hình học; thiết lập các phép chiếu và chuyển đổi hệ tọa độ trong CSDL,...

* *QGIS - phần mềm xử lý, biên tập dữ liệu địa không gian*: QGIS (Quantum GIS) là bộ phần mềm GIS mã nguồn mở chạy trên các hệ điều hành Linux, Unix, Mac OS và Windows. QGIS hỗ trợ các

tập tin định dạng raster, vector và CSDL. QGIS cũng hỗ trợ xử lý số liệu GPS và hỗ trợ xử lý số liệu thực địa. Một số chức năng của QGIS như: hiển thị và chồng xếp các dữ liệu vector và raster theo các định dạng khác nhau (.tab, .shp, .gpx,...); biên tập, in ấn các loại bản đồ; truy xuất CSDL để xây dựng các mẫu biểu báo cáo; các công cụ số hóa và hỗ trợ giải đoán ảnh vệ tinh GRASS,... Hiện nay, QGIS đã được sử dụng để giảng dạy trong nhiều trường đại học, cũng như trong nhiều công trình nghiên cứu khoa học, các dự án xây dựng CSDL của các cơ quan, tổ chức, chính phủ [8].

* *Open Layer*: OpenLayers là một thư viện JavaScript mã nguồn mở dùng để hiển thị nhanh dữ liệu bản đồ trong các trình duyệt Web. OpenLayers cung cấp các API để xây dựng các ứng dụng WebGIS tương tự như Google Maps và Bing Maps. OpenLayers hỗ trợ GeoRSS, KML, GML, GeoJSON và dữ liệu bản đồ từ bất kỳ nguồn nào sử dụng tiêu chuẩn OGC như WMS, WFS,...[4].

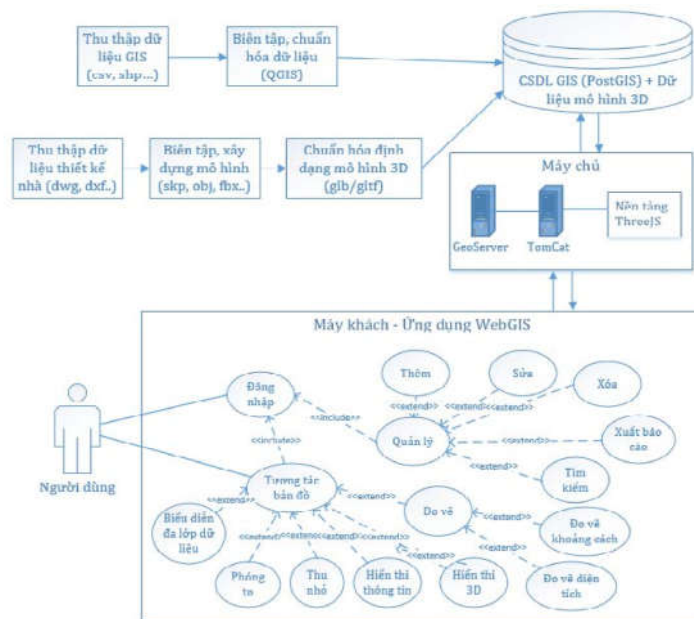


Hình 2: Minh họa khuôn viên đại học kỹ thuật Lê Quý Đôn

Phạm vi không gian được thực hiện trong nghiên cứu này là khuôn viên trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn. Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn hay Học viện Kỹ thuật Quân sự là trường đại học kỹ thuật tổng hợp, đa ngành, đa lĩnh vực, trường đại học trọng điểm Quốc gia Việt Nam, là đại học nghiên cứu - ứng dụng. Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn có địa chỉ tại số 236 đường Hoàng Quốc Việt, phường Cổ Nhuế 1, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội với diện tích khoảng 7 ha. Hình 2 mô tả khuôn viên của đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn. Trong đó, hình bên trái là bản thiết kế dạng CAD, hình bên phải là ảnh vệ tinh Google.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp nghiên cứu được thực hiện bao gồm: phương pháp thu thập, xử lý dữ liệu và phương pháp lập trình. Phương pháp thu thập, xử lý dữ liệu được thực hiện nhằm xây dựng CSDL không gian và các mô hình nhà dạng 3D; còn phương pháp lập trình được thực hiện nhằm xây dựng thử nghiệm WebGIS quản lý hệ thống nhà tại Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn. Việc ứng dụng hai phương pháp này được thể hiện dựa trên mô hình ứng dụng WebGIS và 3D Web mã nguồn mở trong quản lý hệ thống nhà mà nhóm tác giả đề xuất như trên Hình 3.



Hình 3: Mô hình ứng dụng WebGIS và 3D mã nguồn mở

Với mô hình này, quá trình nghiên cứu được chia thành 2 phần chính:

- Xây dựng CSDL không gian và mô hình hệ thống nhà dạng 3D
- Xây dựng ứng dụng WebGIS quản lý hệ thống nhà

a. Xây dựng CSDL không gian và mô hình hệ thống nhà 3D

CSDL GIS bao gồm các lớp dữ liệu địa lý định dạng shapfile như lớp ranh giới hành chính của các cơ quan, lớp giao thông, lớp nhà với hệ tọa độ VN-2000 (QCVN 42: 2020/BTNMT). Quá trình xử lý dữ liệu không gian bao gồm các bước chính như sau:

- Thu thập dữ liệu GIS: bao gồm các loại dữ liệu khác nhau như thông tin tọa

Nghiên cứu

độ (dạng csv), dữ liệu đo chi tiết (dwg), dữ liệu shapefile, thông tin thuộc tính,...

- Biên tập, chuẩn hóa dữ liệu: quá trình này được thực hiện trên phần mềm QGIS, bao gồm việc chuẩn hóa cấu trúc thông tin thuộc tính, dạng hình học không gian (điểm, đường, vùng).

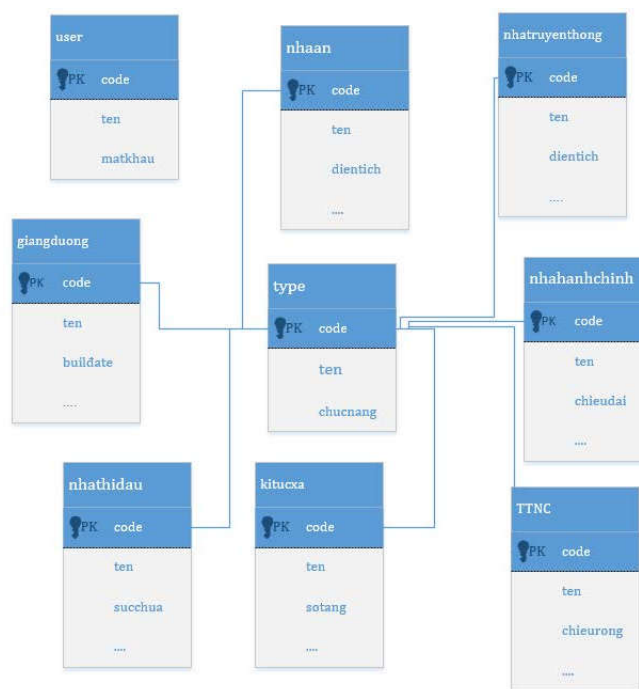
Quá trình xây dựng các mô hình hệ thống nhà dạng 3D bao gồm các bước:

- Thu thập dữ liệu về các bản thiết kế nhà (dạng dxf, dwg) như các bản thiết

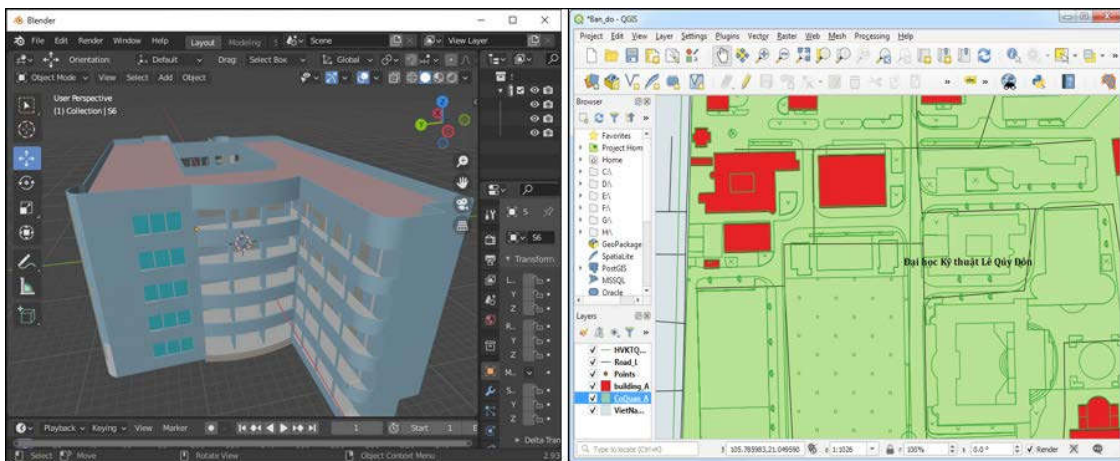
kế hình chiếu trên, hình chiếu dưới, hình chiếu trước, hình chiếu sau; hình ảnh để làm texture cho các mô hình 3D

- Biên tập, xây dựng các mô hình 3D: được thực hiện trên phần mềm mã nguồn mở Blender

- Chuẩn hóa định dạng mô hình 3D (glb/gltf): đây là định dạng dữ liệu được thiết kế nhằm tối ưu quá trình hiển thị trên môi trường Web.



Hình 4: Lược đồ CSDL GIS quản lý hệ thống nhà



Hình 5: Minh họa quá trình xử lý dữ liệu GIS và mô hình 3D

Hình 5 minh họa quá trình xử lý dữ liệu không gian và mô hình 3D. Trong đó, hình bên trái là quá trình xử lý mô hình nhà kí túc xá của Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn trên phần mềm Blender, còn hình bên phải là quá trình chuẩn hóa dữ liệu GIS trên phần mềm QGIS.

b. Xây dựng ứng dụng WebGIS quản lý hệ thống nhà

Trên Hình 3, chúng ta có thể thấy mô hình quản lý hệ thống nhà dựa trên WebGIS và 3D Web mã nguồn mở với cấu trúc như sau:

- Phía CSDL (database): bao gồm CSDL GIS được lưu trữ trên PostGIS/ PostgreSQL và các mô hình hệ thống nhà dạng 3D (định dạng glb) được lưu trữ trong thư mục

- Phía máy chủ (Server): bao gồm máy chủ Web (TomCat) và máy chủ xử lý dữ liệu bản đồ (GeoServer) và các dịch vụ xử lý mô hình 3D dựa trên nền tảng Three.js

- Phía máy khách (client): được phát triển dựa trên thư viện OpenLayer, sử dụng các ngôn ngữ như html, css, javascript.

3. Kết quả và thảo luận

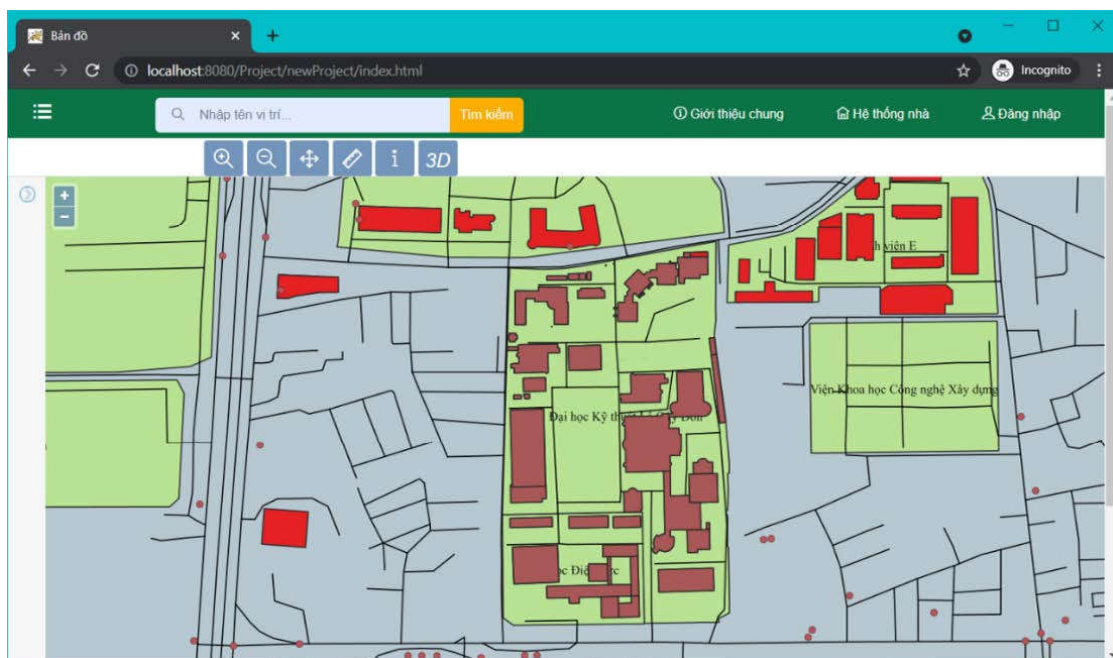
3.1. Kết quả nghiên cứu

Từ nghiên cứu này, nhóm tác giả đã đạt được một số kết quả như sau:

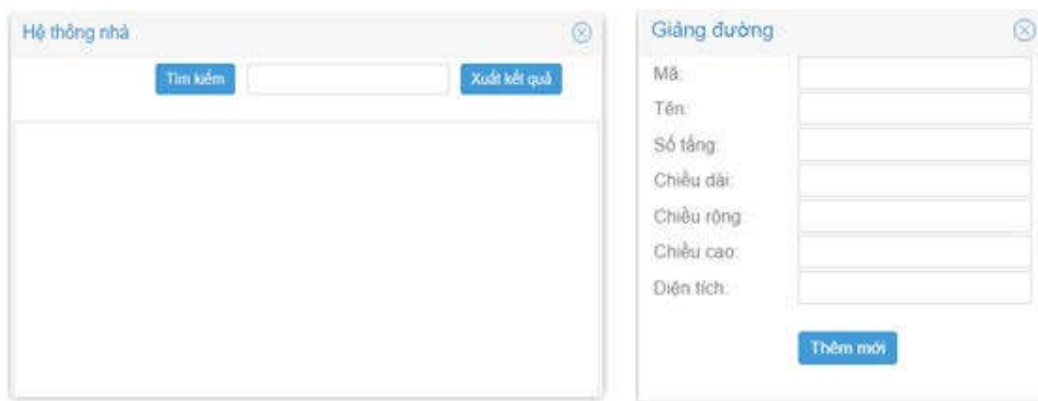
- Xây dựng được CSDL không gian và mô hình hệ thống nhà dạng 3D khu vực Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn. Trong đó, Bảng 1 minh họa danh sách các loại nhà được phân loại theo chức năng nhiệm vụ.

Bảng 1. Danh sách các loại nhà

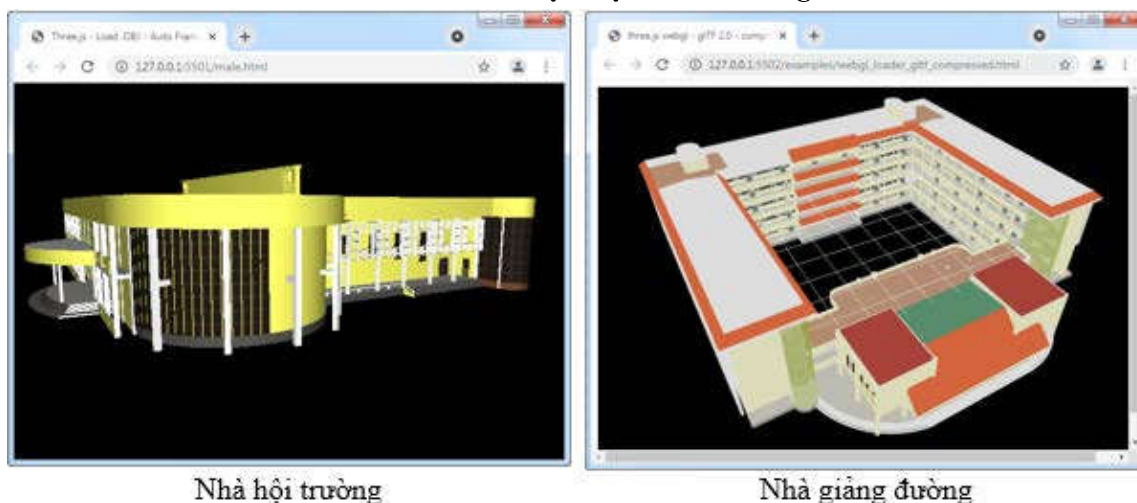
STT	Loại nhà
1	Nhà giảng đường
2	Nhà ăn
3	Nhà thi đấu
4	Kí túc xá
5	Nhà truyền thống
6	Nhà hành chính
7	Trung tâm nghiên cứu



Hình 6: Giao diện chính của WebGIS quản lý hệ thống nhà



Hình 7: Minh họa một số chức năng



Hình 8: Biểu diễn mô hình nhà dạng 3D thông qua Web

- Xây dựng được WebGIS thử nghiệm về quản lý hệ thống nhà khu vực Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn với các chức năng chính như sau:

- + Đăng nhập hệ thống
- + Nhóm chức năng tương tác với bản đồ Web: biểu diễn đa lớp dữ liệu, phóng to, thu nhỏ, hiển thị thông tin đối tượng, đo vẽ khoảng cách, đo vẽ diện tích, hiển thị 3D mô hình nhà.
- + Nhóm chức năng quản lý hệ thống nhà: chức năng thêm đối tượng, chỉnh sửa đối tượng, xóa đối tượng, chức năng tìm kiếm

Trong đó, Hình 6 thể hiện giao diện chính của WebGIS quản lý hệ thống nhà. Hình 7 minh họa một số các chức năng,

bao gồm: hình bên trái là giao diện tìm kiếm hệ thống nhà, hình bên phải là giao diện thêm mới đối tượng nhà. Hình 8 biểu diễn chức năng hiển thị mô hình nhà 3D dựa trên Web.

3.2. Thảo luận

Qua kết quả nghiên cứu cho thấy: Việc tích hợp các nền tảng công nghệ mở như WebGIS, 3D Web có thể xây dựng được các ứng dụng WebGIS có tính trực quan hóa cao nhờ khả năng biểu diễn 3D. Tuy nhiên, việc nghiên cứu này đòi hỏi nhiều thời gian, khối lượng công việc lớn do khả năng tích hợp các nền tảng mã nguồn mở và việc xây dựng dữ liệu, ứng dụng liên quan yêu cầu cần phải hiểu sâu về kỹ thuật và hệ thống.

Nghiên cứu này sẽ mở ra một hướng đi khả quan cho việc tích hợp các nền tảng công nghệ WebGIS và 3D Web mã nguồn mở trong việc ứng dụng cho lĩnh vực xây dựng, quy hoạch phát triển đô thị. Mặc dù với các nền tảng thương mại hỗ trợ tốt điều này, nhưng nó lại đòi hỏi về mặt chi phí bản quyền cũng như chuyển giao công nghệ. Trong khi đó, sử dụng các nền tảng mở, sẽ giảm chi phí bản quyền và các nhà nghiên cứu, phát triển có thể làm chủ được công nghệ, cũng như khả năng ứng dụng mã nguồn mở cho các dự án nhỏ, vừa là rất hợp lý.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã cho thấy việc ứng dụng các nền tảng mã nguồn mở như WebGIS, 3D Web trong lĩnh vực quản lý xây dựng tuy chưa nhiều nhưng có tính khả quan và ứng dụng cao. Đây là một trong những hướng nghiên cứu phù hợp với sự phát triển công nghệ số trong lĩnh vực xây dựng. Dựa trên kết quả đạt được, nhóm tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu sâu hơn về các nền tảng công nghệ này, để từ đó hoàn thiện, mở rộng các chức năng phù hợp với các nghiệp vụ của các cơ quan quản lý, giám sát trong lĩnh vực công trình xây dựng.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ về kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Học viện mã số 21.ĐH.06; sự tạo điều kiện của bộ môn Trắc địa Bản đồ - Viện Kỹ thuật Công trình Đặc biệt - Học viện Kỹ thuật Quân sự để nghiên cứu này được tiến hành thuận lợi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Alesheikh, Helali, Behroz (2002). *Web GIS: Technologies and Its Applications*. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing proceeding XXXIV.

[2]. Bansal, Mahesh Pal (2006). *Geographic Information Systems for construction industry: a methodology to generate 3-D view of building*. GEOENSEÑANZA, Vol.11, pp.17 - 28. ISSN 1316-60-77.

[3]. Blender Community (2017). *Blender User Manual Release 2.78*.

[4]. Erik Hazzard (2011). *OpenLayers 2.10 Beginner's Guide*. Packt Publishing UK, ISBN 978-1-849514-12-5.

[5]. Jos Dirksen (2014). *Three.js Essentials*. Packt Publishing UK, ISBN 978-1-78398-086-4.

[6]. Kush M.Patel, Tirth D.Patel, Piyush J.Patel (2017). *Application of GIS in Construction Management*. International Conference On Construction, Real Estate, Infrastructure and Project Management, pp 104 - 112.

[7]. Mostafa Abdel-Bary Ebrahim, Ibrahim Mosly, Ihab Yehya Abed-Elhafez (2016). *Building Construction Information System Using GIS*. Arabian Journal for Science and Engineering, DOI 10.1007/s13369-015-2006-1.

[8]. QGIS Development Team (2016). *QGIS User Guide Release 2.18*.

[9]. Sandip N Palve (2013). *Applications of GIS in infrastructure project management*. International Journal of Structural and Civil Engineering Research, ISSN 2319 - 6009, Vol. 2, No. 4.

[10]. Sanghyeok Kang, Jongwon Seo (2004). *GIS-Based Roadway Construction Planning*. The International Association for Automation and Robotics in Construction, DOI:10.22260/ISARC2004/0038.

[11]. Stefano Iacovella, Brian Youngblood (2013). *GeoServer Beginner's Guide*. Pack Publishing, UK, ISBN 978-1-84951-668-6.

BBT nhận bài: 24/7/2021; Phản biện xong: 02/8/2021; Chấp nhận đăng: 22/9/2021