

ỨNG DỤNG WEBGIS MÃ NGUỒN MỞ TRONG QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN KHOÁNG SẢN: NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH TẠI KHU VỰC QUỲ HỢP, NGHỆ AN

Đậu Thanh Bình¹, Nguyễn Sách Thành^{2*}, Nguyễn Như Hùng², Đỗ Văn Dương³

¹Sở Tài nguyên và Môi trường Nghệ An,

²Học viện Kỹ thuật Quân Sự

³Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Việt Nam là một quốc gia có nguồn tài nguyên khoáng sản đa dạng và phong phú. Bởi vậy, việc quản lý nguồn tài nguyên khoáng sản là rất quan trọng. Ngày nay, sự phát triển mạnh mẽ của các nền tảng WebGIS mã nguồn mở đã hỗ trợ các nhà phát triển phần mềm trong quá trình xây dựng các ứng dụng quản lý tài nguyên khoáng sản một cách linh hoạt, hợp lý và tiết kiệm chi phí. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sẽ giới thiệu mô hình quản lý tài nguyên khoáng sản dựa trên các nền tảng WebGIS mã nguồn mở. Kết quả nghiên cứu này đã được thử nghiệm trong việc phát triển ứng dụng WebGIS quản lý tài nguyên khoáng sản khu vực Quỳnh Hợp - Nghệ An.

Từ khóa: Tài nguyên khoáng sản; WebGIS mã nguồn mở

Abstract

The application of WebGis open souce on mineral resource management: A case study in Quy Hop district, Nghe An province

Vietnam has diverse and abundant mineral resources. Therefore, the management of mineral resources is very important. Nowadays, the rapid development of open source WebGIS platforms has assisted software developers in flexible and efficient development of mineral resource management applications. This study presents a mineral resource management model based on open source WebGIS platforms. The results of this study were tested with the application of WebGIS for mineral resource management in Quy Hop district, Nghe An province.

Keywords: Mineral resources; WebGIS open source

1. Đặt vấn đề

Việt Nam nằm ở vị trí giao nhau của hai vành đai sinh khoáng lớn Thái Bình Dương và Địa Trung Hải, là nước nhiệt đới gió mùa phát triển mạnh các quá trình phong hóa thuận lợi cho sự hình thành khoáng sản. Kết quả của các nghiên cứu điều tra, đánh giá, thăm dò khoáng sản đã thực hiện cho thấy nước ta có nguồn tài nguyên khoáng sản khá đa dạng và phong phú với trên 5000 mỏ, điểm quặng của 60 loại khoáng sản khác nhau loại khoáng sản khác nhau từ các khoáng sản năng lượng, kim loại đến

khoáng chất công nghiệp và vật liệu xây dựng; có một số loại khoáng sản quy mô trữ lượng đáng kể, tầm cỡ thế giới như bô xít, than, titan; có ý nghĩa chiến lược và là nguồn lực để phát triển kinh tế - xã hội đất nước (Vinh, 2012)

Hiện nay, việc khai thác các nguồn tài nguyên phục vụ cho các hoạt động của con người rất được quan tâm, khai thác và sử dụng hợp lý, tiết kiệm nguồn tài nguyên cho tương lai thì cần thiết phải có những hiểu biết về nguồn gốc, trữ lượng, sự phân bố và đặc biệt là các sản phẩm mà nó có thể được sản xuất (Võ Quang

Minh, 2012) [30]. Bởi vậy, bài toán quản lý tài nguyên khoáng sản là vô cùng quan trọng. Quản lý tài nguyên khoáng sản tốt giúp chúng ta có những định hướng và chiến lược phát triển phù hợp, đảm bảo sự phát triển bền vững, ổn định nguồn tài nguyên khoáng sản cũng như tài nguyên thiên nhiên khác.

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin và khoa học trái đất, WebGIS được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như quản lý tài nguyên thiên nhiên, biến đổi khí hậu, phát triển du lịch, giám sát và quản lý các thiên tai, thảm họa,... (Santosh, et al., 2016) [24] đã ứng dụng công nghệ WebGIS để phát triển hệ thống giám sát sản lượng cây trồng và các hoạt động liên quan tới mùa vụ nhằm giúp người dùng có thể truy cập các thông tin, thực hiện các biện pháp thích hợp nhằm cải thiện năng suất cây trồng, cũng như làm đơn giản hóa quá trình chuyển giao công nghệ từ cộng đồng khoa học tới người dân. (Levente, 2016) [9] đã ứng dụng nền tảng WebGIS mã nguồn mở để phát triển hệ thống hỗ trợ việc thu thập dữ liệu của các hệ thống sông ngòi; từ đó phân tích thủy văn nhằm mục đích đánh giá các khu vực có khả năng gặp rủi ro ngập lụt trong mùa mưa lũ. Trong nước, cũng đã có nhiều nghiên cứu dựa trên công nghệ WebGIS để ứng dụng trong nông nghiệp, quy hoạch đô thị, quản lý môi trường. (Lê Xuân Ánh và nnk, 2016) [8] đã ứng dụng công nghệ WebGIS trong nghiên cứu phục vụ canh tác lúa đồng bằng sông Hồng dựa trên cơ sở dữ liệu về bản đồ đất, bản đồ hiện trạng sử dụng đất. (Nguyễn Thanh Phi và nnk, 2018) [16] đã xây dựng hệ thống tin địa lý quản lý quy hoạch đô thị tại thành phố Sóc Trăng dựa trên công nghệ WebGIS. Ngoài ra còn kể đến nhiều các nghiên cứu khác (Trần Thiện Chính và nnk, 2014; Nguyễn

An Bình và nnk, 2015; Lê Văn Thanh và nnk, 2014; Trần Đức Thảo và nnk, 2017; Trần Nam Phong và nnk, 2014) [28, 11, 7, 26, 27].

Đối với lĩnh vực tài nguyên khoáng sản, công nghệ WebGIS cũng đã được ứng dụng nhiều trong các nghiên cứu khoa học cũng như áp dụng thực tế. (Fortes, et al., 2013) [6] đã sử dụng nền tảng WebGIS, xây dựng hệ thống tin địa lý tổng hợp về tài nguyên năng lượng và khoáng sản, bao phủ một phần đáng kể của châu Âu. (Ranka, et al., 2015) [22] đã phát triển ứng dụng WebGIS nhằm cung cấp các thông tin an toàn và đáng tin cậy cho việc thu hồi các mỏ khoáng sản bị bỏ hoang. Ngoài ra còn phải kể đến các nghiên cứu khác (Nutjaree, et al., 2016) [18].

Ở Việt Nam, cũng đã có một số các nghiên cứu ứng dụng công nghệ WebGIS trong quản lý nguồn tài nguyên khoáng sản. (Nguyễn Huy Phương và nnk, 2009) [12] đã sử dụng công nghệ WebGIS dựa trên nền tảng MapServer, Net framework,... để xây dựng cơ sở dữ liệu địa chất khoáng sản, địa chất môi trường và tai biến địa chất các vùng biển Việt Nam. (Phạm Đức Trọng và nnk, 2020) [20] đã xây dựng bộ công cụ mã nguồn mở để thao tác và quản lý bản đồ địa chất khoáng sản trong môi trường WebGis. (Nguyễn Văn Canh, 2020) [17] đã ứng dụng công nghệ WebGIS phục vụ cho việc cập nhật dữ liệu khoáng sản từ xa trên địa bàn tỉnh Bình Định.

Mặc dù, bài toán xây dựng hệ thống quản lý tài nguyên khoáng sản theo công nghệ WebGIS cho đến nay đã có một số công trình nghiên cứu và đi vào hoạt động. Tuy nhiên, các nghiên cứu này mới chỉ chủ yếu dựa trên công nghệ WebGIS để biểu diễn, cập nhật thông tin về tài nguyên khoáng sản dựa trên một số loại tư liệu khoáng sản như bản đồ khoáng sản,

Nghiên cứu

bản đồ địa chất hay các lớp vector GIS. Bởi vậy, trong nghiên cứu này nhóm tác giả sẽ đề xuất mô hình quản lý tài nguyên khoáng sản có sự tích hợp đa nguồn dữ liệu khác nhau như ảnh bản đồ khoáng sản, ảnh viễn thám, dữ liệu vector không gian, dữ liệu đa phương tiện.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở khoa học

Công nghệ WebGIS mã nguồn mở đảm bảo quyền tự do sửa đổi và sử dụng phần mềm với chất lượng tốt hơn, linh hoạt hơn và chi phí thấp hơn. Dưới đây là một số nền tảng hỗ trợ phát triển ứng dụng WebGIS mã nguồn mở.

Geoserver

GeoServer là một máy chủ mã nguồn mở với mục đích kết nối những thông tin địa lý có sẵn tới các trang Web địa lý sử dụng chuẩn mở OGC. Năm 2001, GeoServer được phát triển bởi The Open Planning Project, nhằm mục đích hỗ trợ việc xử lý thông tin không gian địa lý với chất lượng cao, đơn giản trong sử dụng và trở thành một phương thức đơn giản để kết nối những nguồn thông tin có sẵn từ Google Earth, NASA World Wind nhằm tạo ra các dịch vụ Webmap như Google Maps, Windows Live Local và Yahoo Maps. GeoServer là một dự án mang tính cộng đồng và được viết bằng ngôn ngữ Java, cho phép người sử dụng chia sẻ và chỉnh sửa dữ liệu không gian địa lý. GeoServer tích hợp các chuẩn như WMS, WFS, WCS...

OpenLayers

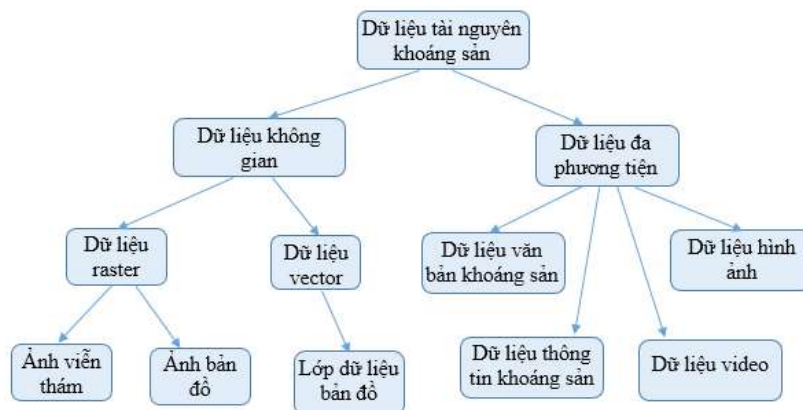
OpenLayers là một thư viện JavaScript mã nguồn mở dùng để hiển thị dữ liệu bản đồ trong các trình duyệt web dưới dạng bản đồ nhanh. OpenLayers cung cấp các API để xây dựng các ứng dụng địa lý dựa trên web phong phú tương tự như Google Maps và Bing Maps. OpenLayers hỗ trợ GeoRSS, KML, GML, GeoJSON và dữ liệu bản đồ từ bất kỳ nguồn nào sử dụng tiêu chuẩn OGC như WMS, WFS...

PostGIS

Là cơ sở dữ liệu không gian mở rộng và được tích hợp trong hệ quản trị cơ sở dữ liệu (CSDL) quan hệ đối tượng PostgreSQL. Nó thêm các khả năng hỗ trợ các đối tượng địa lý cho phép thực hiện các truy vấn không gian trong SQL. PostGIS thêm các kiểu dữ liệu địa lý như vector, raster,...vào CSDL PostgreSQL. Nó cũng thêm các hàm, toán tử và các chỉ số không gian để áp dụng cho các kiểu dữ liệu đó. Việc bổ sung các hàm, toán tử, các chỉ số và các kiểu dữ liệu làm tăng thêm sức mạnh của lõi PostgreSQL DBMS làm cho nó nhanh hơn và trở thành hệ quản trị CSDL không gian mạnh mẽ.

2.2. Dữ liệu nghiên cứu khu vực Quỳ Hợp, Nghệ An

CSDL tài nguyên khoáng sản là một nguồn dữ liệu cốt lõi của hệ thống quản lý tài nguyên khoáng sản. Ngoài cơ sở dữ liệu tài nguyên khoáng sản còn có các nguồn thông tin dữ liệu khác như bản đồ địa chất, bản đồ tiềm năng khoáng sản; bản đồ quy hoạch thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng khoáng sản; bản đồ khu vực cấm và khu vực tạm cấm hoạt động khoáng sản; bản đồ vị trí các khu vực mỏ khoáng sản và các dạng dữ liệu khác như dữ liệu raster, dữ liệu độ cao, dữ liệu thông tin thuộc tính, dữ liệu phục vụ công tác quản lý, khai thác,... Hình 1 biểu diễn mô hình cây phân cấp về CSDL tài nguyên khoáng sản. Ở mức cao nhất (mức 0) hay mức gốc là dữ liệu tài nguyên khoáng sản nói chung. Dữ liệu tài nguyên khoáng sản được lưu trữ ở máy chủ CSDL và máy chủ tập tin. Dữ liệu tài nguyên khoáng sản bao gồm dữ liệu không gian và dữ liệu đa phương tiện, tương ứng với mức 1. Dữ liệu không gian bao gồm dữ liệu raster (được lưu trữ trên máy chủ tập tin) và dữ liệu vector (được lưu trữ trên máy chủ CSDL và máy chủ tập tin).



Hình 1: Mô hình cây phân cấp CSDL tài nguyên khoáng sản

Dữ liệu raster bao gồm:

- Ảnh viễn thám: bao gồm các loại dữ liệu như Landsat-8, Sentinel-2,... Nguồn dữ liệu này được thu thập từ địa chỉ <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

- Bản đồ khoáng sản: bao gồm các bản đồ khoáng sản dạng raster, các bản đồ ảnh thể hiện phân bố khoáng sản từ quá trình xử lý dữ liệu ảnh viễn thám.

Dữ liệu vector GIS bao gồm:

- Các lớp dữ liệu về điểm mỏ khoáng sản
- Các lớp dữ liệu bản đồ nền: lớp giao thông, lớp ranh giới, lớp thủy hệ,...

Dữ liệu đa phương tiện được lưu trữ trên máy chủ tập tin, bao gồm:

- Dữ liệu hình ảnh: bao gồm các hình ảnh thực tế về các điểm mỏ

- Dữ liệu văn bản: bao gồm các văn bản, công văn liên, quy định pháp luật về tài nguyên khoáng sản

- Dữ liệu video: bao gồm các video về các điểm mỏ

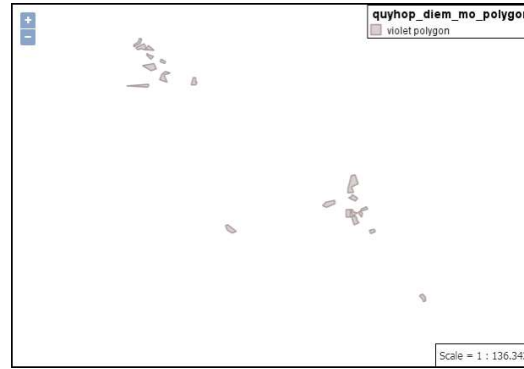
Dữ liệu thuộc tính bao gồm: các thông tin về các doanh nghiệp đăng ký kinh doanh khoáng sản, thông tin cá nhân, thông tin tài khoản. Dữ liệu này được thiết kế và xây dựng để có thể lưu trữ trên máy chủ CSDL và máy chủ tập tin. Hình 2 là danh sách một số thông tin của lớp dữ liệu mỏ khoáng sản được lưu trữ trong PostGIS

ten_dn character varying(80)	loai_mo character varying(70)	giay_phep character varying(70)	date character varying(70)	dien_tich double precision	th sn
Công ty TNHH Toàn	Mỏ Đá XD	5215/GP-UBND	04/11/2013	4.5	
Doanh nghiệp TN Dũ	Mỏ Đá XD	1151/GP-UBND	21/3/2016	8.65	
Doanh nghiệp TN Dũ	Mỏ Đá XD	1151/GP-UBND	21/3/2016	8.65	
Công ty TNHH khai	Mỏ Đá XD	1327/GP-UBND	08/4/2015	8.99	
Công ty TNHH khai	Mỏ Đá XD	202/GP-UBND	17/01/2014	3.56	
Hợp tác xã Thành C	Mỏ Đá XD	203/GP-UBND	17/01/2014	5.98	
Công ty TNHH Hồng	Mỏ Thiếc	3327/GP-UBND	3/8/2015	1.87	
Công ty CP KS và T	Mỏ Thiếc	3347/GP-UBND	4/8/2015	2.7	
Công ty CP KS Pha	Mỏ Đá XD	3453/GP-UBND	10/8/2015	5.24	
Công ty TNHH Duyên	Mỏ Thiếc	5819/GP-UBND	11/12/2015	6.86	

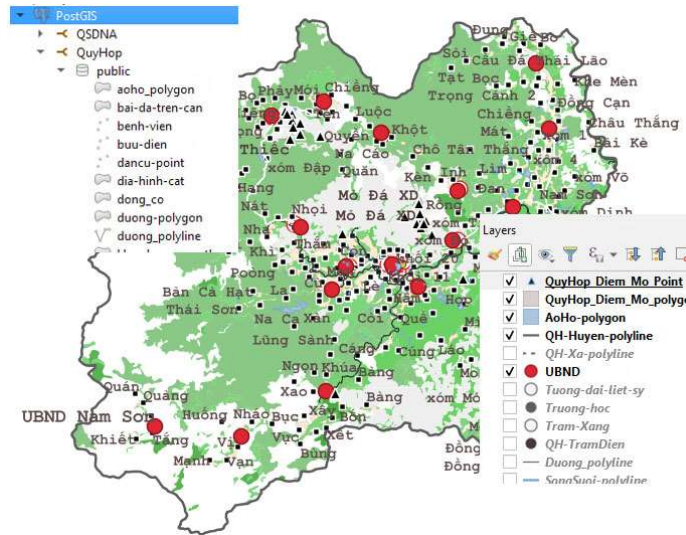
Hình 2: Danh sách một số thông tin về mỏ khoáng sản được lưu trữ trong PostGIS

Các lớp dữ liệu không gian được lưu trong CSDL Quỹ Hợp có thể được chỉnh sửa trên phần mềm QGIS. QGIS sẽ hiển thị trực quan các lớp dữ liệu này và cho phép chỉnh sửa các thông tin không gian

(dạng hình học, tọa độ) và các thông tin thuộc tính của đối tượng. Hình 3 mô tả sự biểu diễn lớp khoáng sản dạng vùng khu vực huyện Quỹ Hợp dựa trên OpenLayers

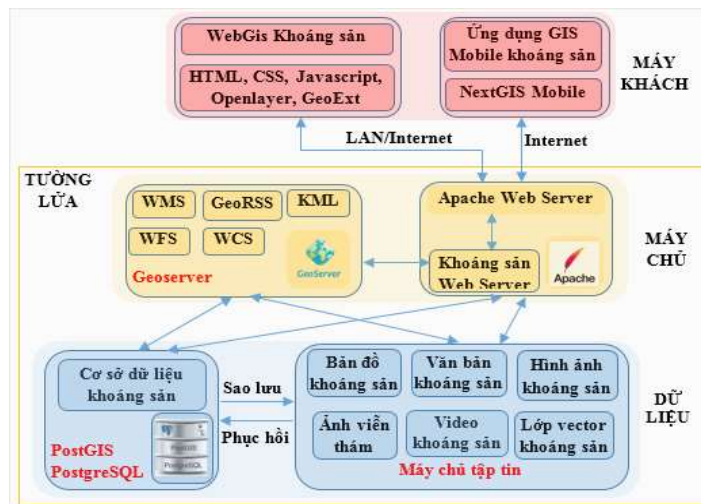


Hình 3: Sự biểu diễn lớp khoáng sản dạng vùng khu vực Quỳ Hợp



Hình 4: Biên tập dữ liệu tài nguyên khoáng sản trên QGIS.

3. Tạo lập mô hình quản lý tài nguyên khoáng sản sử dụng WebGIS mã nguồn mở

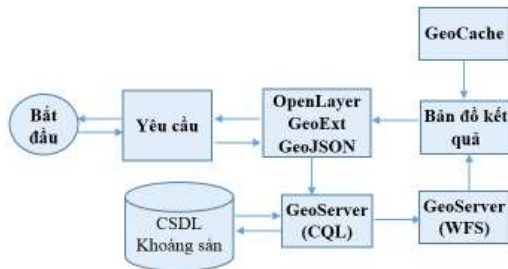


Hình 5: Mô hình quản lý tài nguyên khoáng sản theo công nghệ WebGIS

Dựa trên những kết quả nghiên cứu, nhóm tác giả đề xuất mô hình quản lý cơ sở dữ liệu tài nguyên khoáng sản theo công nghệ WebGIS mã nguồn mở như trên Hình 5. Với mô hình này, hệ thống quản lý tài nguyên khoáng sản sẽ được xây dựng dựa trên các nền tảng WebGIS mã nguồn mở như OpenLayers, GeoServer và PostGIS.

Trong đó nguồn cơ sở dữ liệu tài nguyên khoáng sản được chia thành nhiều loại khác nhau như dữ liệu dạng raster (ảnh viễn thám, bản đồ khả nghi khoáng sản,...); lớp dữ liệu vector (lớp khoáng sản, các lớp bản đồ chuyên đề); các lớp dữ liệu đa phương tiện (hình ảnh mỏ khoáng sản, văn bản pháp lý,...).

Dưới đây nhóm tác giả sẽ mô tả dạng sơ đồ khối một số mô hình chức năng trong hệ thống quản lý tài nguyên khoáng sản.



Hình 6: Mô hình truy vấn không gian tài nguyên khoáng sản dựa trên WebGIS

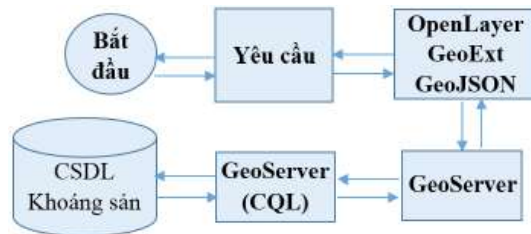
Mô hình truy vấn không gian

Hình 6 thể hiện mô hình truy vấn không gian các thông tin tài nguyên khoáng sản thông qua hệ thống WebGIS. Các yêu cầu không gian (từ phía người dùng) được xác định thông qua việc thao tác trên bản đồ (được xử lý bởi OpenLayer) và trên giao diện Web form (được xử lý bởi GeoExt). Các yêu cầu này được chuyển tới GeoServer thông qua dịch vụ đặc tả kỹ thuật Danh mục Web của OGC (được xử lý bởi CQL), sẽ thực hiện kết nối và truy vấn đến CSDL không gian. Sau đó các kết quả trả về được xử lý bởi dịch vụ WFS, kết

hợp với các bản đồ ảnh dạng tile được lưu bởi GeoCache sẽ tạo ra bản đồ kết quả cuối cùng hiển thị ở phía người dùng.

Mô hình thống kê báo cáo

Thống kê báo cáo nhằm thực hiện các báo cáo định kỳ của các kế hoạch như giám sát kiểm tra hoạt động khai thác mỏ của các doanh nghiệp; các hoạt động xử lý vi phạm. Hình 7 mô tả quá trình xử lý của chức năng thống kê báo cáo thông qua hệ thống WebGIS quản lý tài nguyên khoáng sản.



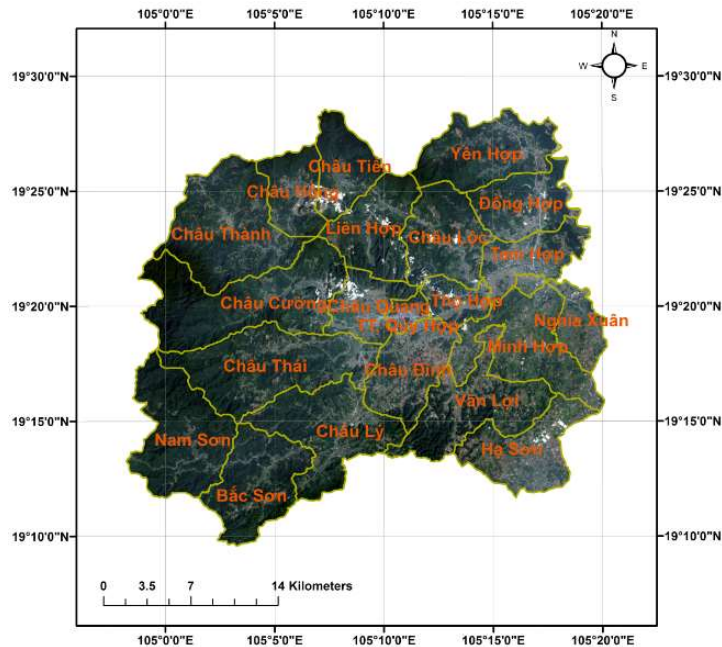
Hình 7: Mô hình thống kê báo cáo thông qua WebGIS quản lý tài nguyên khoáng sản

4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Khu vực thực nghiệm

Quỳ Hợp là một huyện miền núi nằm ở phía tây bắc tỉnh Nghệ An, Việt Nam; trong đó phía bắc giáp huyện Quỳnh Châu, phía nam giáp các huyện Tân Kỳ và Anh Sơn, phía đông giáp huyện Nghĩa Đàn, phía tây giáp các huyện Con Cuông và Quỳnh Châu. Huyện Quỳnh Hợp có diện tích là 941,28 km², bao gồm 1 thị trấn Quỳnh Hợp và 20 xã. Quỳnh Hợp có nhiều khoáng sản quý như: vàng, đá quý, thiếc, ăng ti moan,... Riêng quặng thiếc có hàm lượng cao. Quỳnh Hợp còn có nhiều núi đá (đá hoa cương, đá granít).

Nghiên cứu

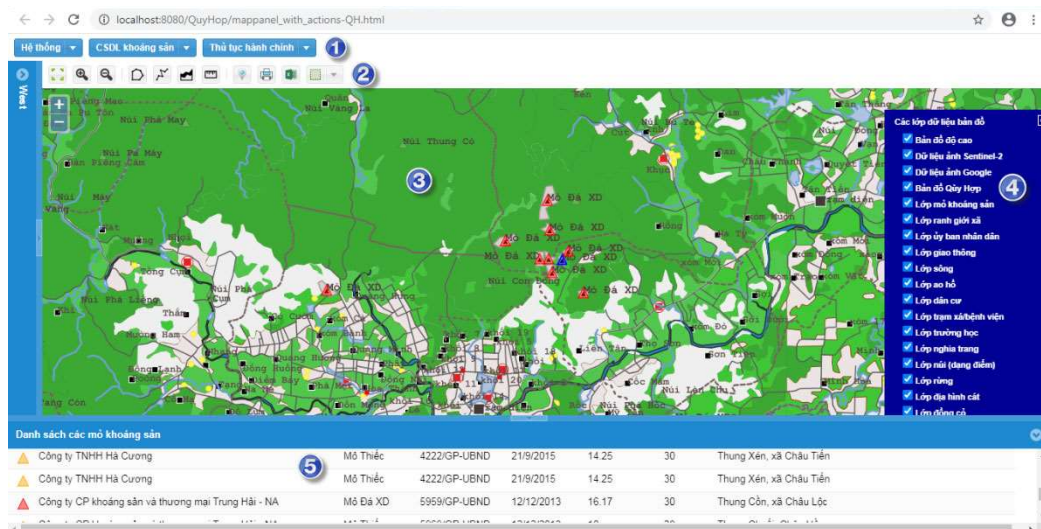


Hình 8: Ảnh vệ tinh huyện Landsat-8 khu vực Quỳnh Hợp, Nghệ An (ngày 8/3/2020)

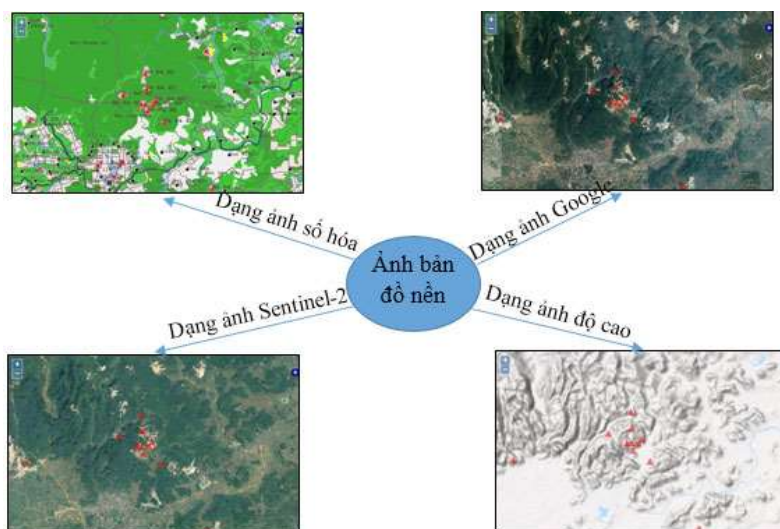
4.2. Kết quả nghiên cứu

Dựa trên mô hình đề xuất như trên, nhóm tác giả đã xây dựng thử nghiệm WebGIS quản lý khoáng sản khu vực huyện Quỳnh Hợp - Nghệ An. Hình 9 là giao diện chính của WebGIS, được chia thành 5 phần:

- Phần 1 (kí hiệu 1): là khu vực quản lý các chức năng chính
- Phần 2 (kí hiệu 2): là khu vực chứa các chức năng tương tác với bản đồ
- Phần 3 (kí hiệu 3): là khu vực biểu diễn bản đồ
- Phần 4 (kí hiệu 4): là khu vực quản lý các lớp dữ liệu trên bản đồ
- Phần 5 (kí hiệu 5): là khu vực hiển thị thông tin các mỏ khoáng sản



Hình 9: Giao diện chính của WebGIS quản lý tài nguyên khoáng sản huyện Quỳnh Hợp - Nghệ An



Hình 10: Hình ảnh minh họa một số dạng ảnh bản đồ nền

WebGIS quản lý tài nguyên khoáng sản gồm 3 nhóm chức năng chính:

- Nhóm chức năng hệ thống: bao gồm các chức năng như đăng nhập hệ thống, thiết lập thông tin cá nhân, thiết lập các dạng bản đồ nền (basemap).

- Chức năng tương tác bản đồ: bao gồm các tính năng như phóng to, thu nhỏ, đo vẽ, tính toán khoảng cách, diện tích; xem thông tin đối tượng,...

- Nhóm chức năng quản lý CSDL khoáng sản: bao gồm quản lý cơ sở dữ liệu mỏ khoáng sản, quản lý dữ liệu ảnh, quản lý doanh nghiệp khai thác khoáng sản,...

- Nhóm chức năng thủ tục hành chính: bao gồm quản lý các loại văn bản pháp lý, hoạt động kiểm tra,...

5. Kết luận

Xây dựng mô hình quản lý tài nguyên khoáng sản là bài toán quan trọng và mang tính thực tiễn cao bởi nguồn tài nguyên khoáng sản đã và đang được khai thác rất lớn. Hiện nay, với sự phát triển của khoa học công nghệ, có thể nói WebGIS là giải pháp hợp lý và toàn vẹn nhất cho bài toán

trên. Với nghiên cứu này, nhóm tác giả đã đề xuất được mô hình quản lý tài nguyên khoáng sản khu vực Quý Hợp, Nghệ An dựa trên các nền tảng phát triển WebGIS mã nguồn mở; cũng như đã xây dựng được chương trình thử nghiệm. Kết quả nghiên cứu là tiền đề để có thể phát triển một hệ thống WebGIS quản lý tài nguyên khoáng sản với chi phí thấp nhưng lại hiệu quả, linh hoạt. Điều này sẽ giúp ích rất nhiều cho công tác quản lý tài nguyên khoáng sản của địa phương được đồng bộ hơn, thường xuyên hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Angel Marquez (2015). *PostGIS Essentials*. Packt Publishing.
- [2]. Chengkun Liu, Rui Ma, Li Zhang (2020). *Analysis of Spatial Indexing Mechanism and Its Application in Data Management: A Case Study on Spatialite Database*. 7th Annual International Conference on Geo-Spatial Knowledge and Intelligence.
- [3]. David Blasby (2015). *Building a Spatial Database in PostgreSQL*. <http://postgis.refractory.net>.
- [4]. Đỗ Thành Long, Trần Thái Bình, Trần Đình Trung (2016). *Nghiên cứu công*

Nghiên cứu

nghe 3D xây dựng mô hình ngập trên nền webGIS khu vực Tp. Hồ Chí Minh. Tạp chí phát triển KH & CN, Vol.19, K.4, pp.82 - 88.

[5]. Dư Văn Toán (2015). *Nghiên cứu chính sách quản lý tài nguyên khoáng sản biển tại Việt Nam*. Hội thảo Chính sách quản lý tài nguyên khoáng sản Việt Nam.

[6]. Fortes, Viegas, Oliveira, Filipe, Almeida, Gruijters (2013). *EUROGEOSOURCE - The new generation of EU mineral and energetic resources Web GIS Systems using cloud computing*. Geonovas, N° 26: 03.

[7]. Lê Văn Thanh, Trương Chí Quang, Võ Quang Minh và Trần Lê (2014). *Ứng dụng công nghệ webgis quản lý dữ liệu thủy lợi tại thành phố Cần Thơ*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ.

[8]. Lê Xuân Ánh, Nguyễn Đình Thông, Nguyễn Thị Thanh Tâm (2016). *Ứng dụng công nghệ webgis phục vụ canh tác lúa vùng Đồng Bằng Sông Hồng*. Hội thảo quốc gia về khoa học cây trồng lần thứ hai.

[9]. Levente Juhász (2016). *Open Source Web GIS Solutions in Disaster Management - with Special Emphasis on Inland Excess Water Modeling*. Journal of Environmental Geography.

[10]. Mengesha Endalew Zerihun (2017). *Web Based GIS for Tourism Development Using Effective Free and Open Source Software Case Study: Gondor Town and Its Surrounding Area, Ethiopia*. Journal of Geographic Information System.

[11]. Nguyễn An Bình, Phạm Việt Hòa, Nguyễn Vũ Giang (2015). *Xây dựng hệ thống giám sát và quản lý lớp phủ rừng bằng công nghệ WebGIS*. Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2015.

[12]. Nguyễn Huy Phương, Lê Anh Thắng, Phạm Quang Huy, Nguyễn Khánh Văn (2009). *Ứng dụng công nghệ webgis xây dựng cơ sở dữ liệu địa chất khoáng sản, địa chất môi trường và tài nguyên địa chất các vùng*

biển Việt Nam. Tạp chí địa chất.

[13]. Nguyễn Quốc Hiệp (2017). *Nghiên cứu xây dựng hệ thống quản lý và hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực*. Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam.

[14]. Nguyễn Sách Thành, Đào Khánh Hoài, Nguyễn Thị Thu Nga (2017). *Nghiên cứu các công nghệ GIS mã nguồn mở nhằm quản lý dữ liệu ảnh viễn thám thông qua hệ thống mạng LAN*. Tạp chí khoa học trường Đại học Sư phạm TP Hồ Chí Minh, Tập 14, số 6, tr. 131 - 138.

[15]. Nguyễn Sách Thành, Trịnh Lê Hùng, Đỗ Văn Dương (2019). *Ứng dụng phương pháp phân tích thành phần chính có hướng trong chiết tách khu vực chứa khoáng sản sét trên ảnh vệ tinh quang học Landsat 8*. Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, tập 60, kỳ 5, tr.109 - 118.

[16]. Nguyễn Thanh Phi, Trần Văn Sơn, Trần Cao Đệ (2018). *Xây dựng hệ thống tin địa lý quản lý quy hoạch đô thị và định giá đất tại thành phố Sóc Trăng*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ.

[17]. Nguyễn Văn Canh, Hoàng Hoa Thám, Nguyễn Đình Tiến, Nguyễn Thị Thủy, Đỗ Thị Việt Hương (2020). *Xây dựng cơ sở dữ liệu GIS về khoáng sản tỉnh Bình Định*. Trường Đại học Quy Nhơn.

[18]. Nutjaree Charoenbunwanon, Koji Wakita, Joel C.Bandibas (2016). *Web-based mineral information system of Thailand using free and open source software and open Geospatial consortium standards: a case study of Asean region*. Geoinformatics, vol.27, no.2, pp.31 - 39.

[19]. Pengfei Li, Hua Lu, Qian Zheng (2020). *LISA: A Learned Index Structure for Spatial Data*. SIGMOD' 20, Portland, OR, USA.

[20]. Phạm Đức Trọng (2020). *Bộ công cụ mã nguồn mở để thao tác và quản lý bản đồ địa chất khoáng sản trong môi trường*

WebGIS. Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản - Bộ Tài nguyên và Môi trường.

[21]. Quang Truong Chi, Vo Quang Minh, Lê Văn Thanh (2013). *Công nghệ WEBGIS ứng dụng trong quản lý tiến độ xuống giống và tình hình dịch hại lúa ở tỉnh An Giang*. Kỷ yếu hội thảo toàn quốc về công nghệ thông tin 2013, tr.175 - 184.

[22]. Ranka Stanković, Nikola Vulović, Nikola Lilić, Ivan Obradović, Radule Tošović, Milica Pešić-Georgiadis (2015). *WebGIS Cadastre of Abandoned Mines in Autonomous Province of Vojvodina*. 5th International Symposium "Mining and Environmental protection".

[23]. Schoen, B.; Bertolotto, Michela; Laefer, Debra F.; Morrish, Sean (2009). *Storage, manipulation, and visualization of LiDAR data*. International Society of Photogrammetry and Remote Sensing.

[24]. Santosh Kumar, Suresh Babu (2016). *A Web GIS Based Decision Support System for Agriculture Crop Monitoring System-A Case Study from Part of Medak District*. Journal of Remote Sensing & GIS, Volume 5, Issue 4.

[25]. Thanh Thi Nguyen (2009). *Indexing PostGIS databases and spatial*

Query performance evaluations. International Journal of Geoinformatics, Vol 5, No.3.

[26]. Trần Đức Thảo, Trương Thị Diệu Hiền (2017). *Xây dựng phần mềm tích hợp công nghệ web-gis ứng dụng trong quản lý môi trường trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi*. Tạp chí Khoa học công nghệ và Thực phẩm.

[27]. Trần Nam Phong, Đỗ Thành Long, Trần Thái Bình (2014). *Phát triển các ứng dụng gis và web-gis sử dụng phần mềm mã nguồn mở*. Kỷ yếu hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2014.

[28]. Trần Thiện Chính, Nguyễn Tiến Đức, Lê Xuân Công (2014). *Nghiên cứu xây dựng hệ thống thông tin quản lý chỉ tiêu tài nguyên môi trường vùng Tây Nguyên*. Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, số 47, 7/2014, tr.92 - 96.

[29]. Vikram Nathan, Jialin Ding, Mohammad Alizadeh, Tim Kraska (2019). *Learning Multi-dimensional Indexes*. SIGMOD' 20, Portland, OR, USA.

[30]. Võ Quang Minh (2012). *Đánh giá thực trạng và tiềm năng khai thác một số sản phẩm từ nguồn tài nguyên sét ở ĐBSCL*. Hội thảo Phát triển nông thôn bền vững.

BBT nhận bài: 21/8/2020; Phản biện xong: 11/9/2020; Chấp nhận đăng: 09/11/2020