



TUYỂN TẬP HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA
QUẢN LÝ, KHAI THÁC VÀ SỬ DỤNG HIỆU QUẢ BỀN VỮNG
TÀI NGUYÊN THIÊN NHIÊN TRONG NỀN KINH TẾ HỘI NHẬP – LẦN THỨ 2



Chuyển đổi số trong quản lý và giám sát hoạt động khoáng sản bằng công nghệ WebGis, áp dụng cho tỉnh Lai Châu

Trương Xuân Bình^{1,*}, Phạm An Cường¹, Nguyễn Thị Hải Yến¹, Phạm Văn Đồng¹

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Bài báo trình bày quá trình nghiên cứu và phát triển một cổng thông tin WebGIS nhằm hỗ trợ quản lý và giám sát hoạt động khoáng sản, áp dụng tại tỉnh Lai Châu. Mục tiêu của nghiên cứu là xây dựng một hệ thống tích hợp dữ liệu không gian và thuộc tính, cung cấp công cụ trực quan hóa, phân tích và hỗ trợ ra quyết định cho các cơ quan quản lý. Hệ thống được thiết kế theo kiến trúc ba tầng, sử dụng các công nghệ hiện đại như React, ASP.NET Core và PostGIS. Phương pháp nghiên cứu bao gồm khảo sát yêu cầu thực tế, thiết kế hệ thống, phát triển phần mềm và triển khai thử nghiệm. Kết quả triển khai cho thấy hệ thống giúp tăng 60% hiệu quả quản lý, cải thiện 50% độ chính xác và giảm 30% chi phí vận hành. Nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng của WebGIS trong lĩnh vực khoáng sản, đồng thời đóng góp vào tiến trình chuyển đổi số trong ngành tài nguyên và môi trường tại Việt Nam.

Từ khóa: WebGIS; geoinformatics; IoT; GIS

1. Đặt vấn đề

Việc quản lý và giám sát hoạt động khoáng sản tại Việt Nam, đặc biệt là tại các tỉnh miền núi như Lai Châu, đang đối mặt với nhiều thách thức do dữ liệu phân tán, chưa được số hóa đồng bộ và thiếu công cụ hỗ trợ quản lý hiệu quả. Các cơ quan chức năng gặp khó khăn trong việc cập nhật và chia sẻ thông tin, cũng như trong việc trực quan hóa dữ liệu không gian. Trước bối cảnh đó, nghiên cứu này hướng đến việc xây dựng một cổng thông tin tích hợp công nghệ WebGIS nhằm nâng cao hiệu quả quản lý và giám sát khoáng sản. Hệ thống được thiết kế với mục tiêu cung cấp khả năng quản lý tập trung dữ liệu không gian và thuộc tính, hỗ trợ phân tích, trực quan hóa thông tin, đồng thời góp phần tăng cường tính minh bạch trong quản lý tài nguyên khoáng sản.

1.1. Bối cảnh và mục tiêu nghiên cứu

Việc quản lý và giám sát hoạt động khoáng sản tại Việt Nam đang đối mặt với nhiều thách thức lớn. Đặc biệt tại các tỉnh miền núi như Lai Châu, nơi có tiềm năng lớn về khoáng sản, công tác quản lý thông tin liên quan đến các mỏ khoáng sản, giấy phép khai thác và hoạt động thăm dò vẫn gặp nhiều khó khăn. Những nguyên nhân chính bao gồm dữ liệu phân tán, chưa được số hóa đồng bộ; thiếu các công cụ hỗ trợ quản lý hiệu quả; khó khăn trong việc cập nhật và chia sẻ thông tin; cùng với hạn chế trong việc trực quan hóa dữ liệu không gian. Trước thực trạng đó, nghiên cứu này tập trung vào việc phát triển một cổng thông tin tích hợp công nghệ WebGIS nhằm giải quyết những vấn đề nêu trên. Mục tiêu chính của nghiên cứu là xây dựng hệ thống quản lý tập trung thông tin về hoạt động khoáng sản, phát triển công cụ trực quan hóa dữ liệu không gian, tích hợp các chức năng hỗ trợ ra quyết định, và tăng cường tính minh bạch trong công tác quản lý khoáng sản.

1.2. Tổng quan về tình hình quản lý khoáng sản tại Việt Nam

Tại Việt Nam, hoạt động quản lý khoáng sản đang được thực hiện theo các cấp độ khác nhau bao gồm cấp Trung ương do Bộ Nông nghiệp và Môi trường phụ trách, cấp địa phương do Sở Nông nghiệp và Môi trường các tỉnh, thành phố quản lý, và cấp cơ sở do Phòng Tài nguyên và Môi trường các quận, huyện đảm nhận. Hiện trạng quản lý khoáng sản tại nước ta cho thấy hệ thống văn bản pháp luật đã được ban hành tương đối đầy đủ, cơ chế quản lý đã được thiết lập và công tác thanh tra, kiểm tra đã có nhiều cải tiến. Tuy nhiên, việc ứng dụng công nghệ thông tin trong công tác quản lý còn nhiều hạn chế, đặc biệt là trong việc quản lý, chia sẻ và khai thác dữ liệu không gian phục vụ cho việc giám sát và quy hoạch tài nguyên khoáng sản.

* Tác giả liên hệ

Email: Truongxuanbinh@humg.edu.vn

1.3. Nhu cầu ứng dụng công nghệ WebGIS trong quản lý khoáng sản

Trước những yêu cầu ngày càng cao trong công tác quản lý, việc ứng dụng công nghệ WebGIS trong lĩnh vực khoáng sản trở nên cấp thiết và mang tính chiến lược. Về mặt quản lý dữ liệu, hệ thống cần đảm bảo khả năng quản lý tập trung các dữ liệu không gian và thuộc tính, cho phép cập nhật thông tin thường xuyên, và hỗ trợ chia sẻ dữ liệu giữa các đơn vị quản lý. Về mặt phân tích và ra quyết định, các cơ quan quản lý cần có công cụ phân tích không gian, khả năng trực quan hóa dữ liệu, cũng như hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu thực tế. Ngoài ra, yếu tố minh bạch cũng đóng vai trò quan trọng, đòi hỏi việc công khai thông tin, truy xuất nguồn gốc và theo dõi lịch sử thay đổi của dữ liệu. Cuối cùng, hệ thống cần đáp ứng yêu cầu về hiệu quả vận hành như giảm thời gian xử lý, tăng độ chính xác và giảm chi phí quản lý. Với những ưu điểm vượt trội về khả năng tích hợp, trực quan hóa và phân tích dữ liệu không gian, công nghệ WebGIS được kỳ vọng sẽ đáp ứng tốt các yêu cầu nói trên, từ đó góp phần nâng cao hiệu quả quản lý khoáng sản tại Việt Nam.

2. Tổng quan tài liệu

WebGIS là sự kết hợp giữa hệ thống thông tin địa lý (GIS) và công nghệ web, cho phép người dùng truy cập và xử lý dữ liệu không gian thông qua trình duyệt. Công nghệ này sở hữu nhiều ưu điểm như khả năng truy cập từ xa, tích hợp dữ liệu đa dạng, giao diện trực quan và chi phí triển khai thấp. Trên thế giới, nhiều tổ chức như USGS (Hoa Kỳ), EEA (Châu Âu) và Geoscience Australia đã ứng dụng WebGIS trong quản lý tài nguyên thiên nhiên. Tại Việt Nam, WebGIS cũng đã được áp dụng trong các lĩnh vực như tài nguyên nước, đất đai và môi trường, song ứng dụng trong quản lý khoáng sản vẫn còn hạn chế. Thực tế cho thấy WebGIS không chỉ giúp tăng cường khả năng quản lý tập trung mà còn hỗ trợ ra quyết định hiệu quả hơn, đồng thời nâng cao tính minh bạch và giảm chi phí vận hành. Tuy nhiên, một số thách thức vẫn tồn tại như chuẩn hóa dữ liệu, bảo mật, chi phí đầu tư và yêu cầu kỹ thuật.

2.1. Tổng quan về công nghệ WebGIS

WebGIS là sự kết hợp giữa hệ thống thông tin địa lý (GIS – Geographic Information System) và công nghệ web, cho phép người dùng truy cập, phân tích và hiển thị dữ liệu không gian thông qua trình duyệt mà không cần cài đặt phần mềm chuyên dụng. Công nghệ này được tổ chức theo kiến trúc ba tầng, bao gồm tầng client chịu trách nhiệm xử lý giao diện người dùng và các thao tác tương tác; tầng server thực hiện xử lý dữ liệu và logic nghiệp vụ; cùng với tầng cơ sở dữ liệu đảm nhận lưu trữ dữ liệu không gian và thuộc tính.

Các thành phần cơ bản của một hệ thống WebGIS gồm có Web Map Server dùng để cung cấp dịch vụ bản đồ, Web Feature Service cung cấp dữ liệu vector, Web Coverage Service cung cấp dữ liệu raster, và Web Processing Service hỗ trợ xử lý dữ liệu không gian trên nền web. Nhờ khả năng tích hợp linh hoạt các loại dữ liệu và dịch vụ, WebGIS mang lại nhiều ưu điểm nổi bật như khả năng truy cập từ xa qua internet, hỗ trợ tích hợp dữ liệu đa dạng từ nhiều nguồn, giao diện trực quan, dễ sử dụng, khả năng mở rộng và tùy biến cao, đồng thời chi phí triển khai thấp hơn nhiều so với các hệ thống GIS truyền thống.



Hình 1. Sơ đồ tổng quan công nghệ WebGIS

(<https://geoinfotech.ng/geospatial-technology/introduction-to-webgis/>)

2.2. Các nghiên cứu liên quan trong và ngoài nước

Nhiều nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn trên thế giới đã chứng minh hiệu quả của WebGIS trong quản lý tài nguyên và môi trường. Tại Hoa Kỳ, Cơ quan Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS) đã xây dựng hệ thống WebGIS nhằm hỗ trợ quản lý tổng thể các loại tài nguyên thiên nhiên. Ở châu Âu, Cơ quan Môi trường Châu Âu (EEA) đã ứng dụng WebGIS trong giám sát và quản lý môi trường xuyên quốc gia. Tại Úc, Geoscience Australia đã phát triển các giải pháp WebGIS chuyên biệt phục vụ cho công tác quản lý khai thác khoáng sản và đánh giá địa chất.

Tại Việt Nam, một số đơn vị đã triển khai ứng dụng WebGIS trong các lĩnh vực cụ thể. Viện Khoa học Thủy lợi đã phát triển hệ thống thông tin địa lý nhằm hỗ trợ quản lý tài nguyên nước. Bộ Nông nghiệp và Môi trường triển khai các dự án WebGIS phục vụ công tác quản lý đất đai. Viện Môi trường và Tài nguyên cũng đã ứng dụng WebGIS trong quản lý môi trường và đánh giá tác động. Tuy nhiên, các nghiên cứu và hệ thống này thường chỉ tập trung vào một lĩnh vực cụ thể, chưa có giải pháp tổng thể tích hợp đa dạng chức năng phục vụ cho quản lý khoáng sản.

2.3. Hiện trạng ứng dụng WebGIS trong quản lý tài nguyên

WebGIS hiện đang được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực quản lý tài nguyên thiên nhiên. Trong lĩnh vực tài nguyên nước, WebGIS hỗ trợ giám sát chất lượng nước, quản lý hồ chứa, dự báo lũ lụt và lập quy hoạch khai thác. Trong quản lý đất đai, hệ thống được sử dụng để theo dõi quy hoạch sử dụng đất, giám sát biến động đất đai, quản lý hồ sơ địa chính và phân tích không gian phục vụ công tác quy hoạch. Đối với lĩnh vực môi trường, WebGIS giúp giám sát chất lượng không khí, quản lý chất thải, đánh giá tác động môi trường và lập các báo cáo môi trường định kỳ.

Riêng trong quản lý khoáng sản, WebGIS đang từng bước được ứng dụng để quản lý giấy phép khai thác, theo dõi hoạt động khai thác thực địa, đánh giá tác động môi trường của các mỏ khoáng, và hỗ trợ quy hoạch khai thác hợp lý theo vùng địa chất. Các hệ thống WebGIS đã và đang chứng minh hiệu quả rõ rệt trong việc tăng cường khả năng quản lý tập trung, cải thiện hiệu quả ra quyết định, nâng cao tính minh bạch trong quản lý và giảm thiểu chi phí vận hành.

Tuy nhiên, để WebGIS phát huy tối đa hiệu quả trong thực tế, cần giải quyết một số thách thức còn tồn tại như vấn đề chuẩn hóa dữ liệu giữa các nguồn khác nhau, đảm bảo an toàn thông tin và bảo mật hệ thống, nâng cao năng lực kỹ thuật cho cán bộ quản lý, và đáp ứng yêu cầu về chi phí đầu tư ban đầu trong điều kiện ngân sách hạn chế.

3. Phương pháp nghiên cứu

Hệ thống được phát triển theo kiến trúc ba tầng gồm tầng trình diễn, tầng nghiệp vụ và tầng dữ liệu. Ở tầng trình diễn, giao diện người dùng được xây dựng bằng React kết hợp với NextJS, sử dụng thư viện React Leaflet để hiển thị bản đồ và Material-UI để thiết kế giao diện. Tầng nghiệp vụ được phát triển trên nền tảng ASP.NET Core, sử dụng Entity Framework Core để tương tác cơ sở dữ liệu, JWT để xác thực người dùng và SignalR để hỗ trợ giao tiếp thời gian thực. Ở tầng dữ liệu, hệ thống sử dụng SQL Server làm cơ sở dữ liệu chính, tích hợp Redis cho caching và PostGIS để xử lý dữ liệu không gian, cùng với Elasticsearch cho tìm kiếm nâng cao.

Quy trình phát triển hệ thống bao gồm các giai đoạn chính: phân tích và khảo sát yêu cầu người dùng, thiết kế kiến trúc tổng thể, xây dựng cơ sở dữ liệu, phát triển API và giao diện người dùng, tiến hành kiểm thử (unit test, integration test, performance test) và cuối cùng là triển khai hệ thống. Dữ liệu sử dụng trong hệ thống bao gồm dữ liệu không gian (bản đồ địa hình, địa chất, quy hoạch, ảnh viễn thám) và dữ liệu thuộc tính (giấy phép, báo cáo khai thác, thông tin doanh nghiệp...). Tất cả dữ liệu được chuẩn hóa, tích hợp và phân tích theo nhiều tiêu chí nhằm phục vụ công tác quản lý, thống kê và hỗ trợ ra quyết định.

3.1. Kiến trúc hệ thống

Hệ thống được thiết kế theo mô hình ba tầng gồm: tầng trình diễn (Presentation), tầng xử lý nghiệp vụ (Business Logic) và tầng dữ liệu (Data). Kiến trúc này cho phép tách biệt rõ ràng giữa giao diện người dùng, xử lý logic và lưu trữ dữ liệu, từ đó tăng khả năng mở rộng, bảo trì và tích hợp hệ thống. Cụ thể:

a) Tầng Presentation (Frontend):

- Giao diện người dùng web
- Các thành phần tương tác
- Bản đồ và hiển thị dữ liệu
- Báo cáo và thống kê

b) Tầng Business Logic (Backend):

- Xử lý nghiệp vụ
- Quản lý người dùng

- Phân quyền truy cập

- Xử lý dữ liệu không gian

c) Tầng Data (Database):

- Lưu trữ dữ liệu không gian
- Lưu trữ dữ liệu thuộc tính
- Cache và tối ưu hiệu năng
- Backup và khôi phục

3.2. Công nghệ sử dụng

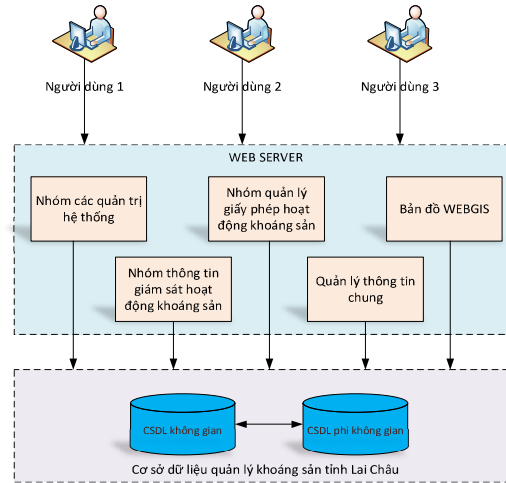
Hệ thống ứng dụng các công nghệ hiện đại để tối ưu hóa hiệu năng, trải nghiệm người dùng và khả năng mở rộng. Cụ thể:

a) Frontend:

- React + NextJS: Framework phát triển giao diện
- React Leaflet: Thư viện hiển thị bản đồ
- Material-UI: Thư viện giao diện người dùng
- Redux: Quản lý trạng thái ứng dụng



Hình 1. Sơ đồ quy trình nghiên cứu



Hình 2. Mô hình kiến trúc hệ thống

b) Backend:

- ASP.NET Core: Framework phát triển API
- Entity Framework Core: ORM cho cơ sở dữ liệu
- JWT: Xác thực và phân quyền
- SignalR: Giao tiếp thời gian thực

c) Database:

- SQL Server: Cơ sở dữ liệu chính
- Redis: Cache và session
- PostGIS: Xử lý dữ liệu không gian
- Elasticsearch: Tìm kiếm và phân tích

3.3. Quy trình xây dựng và triển khai

Quy trình phát triển hệ thống được chia thành bốn giai đoạn chính: phân tích, phát triển, kiểm thử và triển khai. Mỗi giai đoạn có các bước cụ thể như sau:

a) Giai đoạn phân tích:

- Khảo sát yêu cầu
- Phân tích nghiệp vụ
- Thiết kế hệ thống
- Lập kế hoạch triển khai

b) Giai đoạn phát triển:

- Xây dựng cơ sở dữ liệu
- Phát triển API
- Phát triển giao diện
- Tích hợp hệ thống

c) Giai đoạn kiểm thử:

- Kiểm thử đơn vị
- Kiểm thử tích hợp
- Kiểm thử hệ thống
- Kiểm thử hiệu năng

d) Giai đoạn triển khai:

- Cài đặt môi trường
- Triển khai hệ thống
- Đào tạo người dùng
- Bàn giao và bảo trì.

3.4. Phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu

Dữ liệu đầu vào đóng vai trò nền tảng trong hệ thống WebGIS. Việc thu thập, xử lý, lưu trữ và cập nhật dữ liệu được thực hiện theo quy trình chặt chẽ, đảm bảo tính đầy đủ, nhất quán và an toàn. Cụ thể:

a) Thu thập dữ liệu:

Dữ liệu không gian:

- Bản đồ địa hình
- Bản đồ địa chất
- Bản đồ quy hoạch
- Dữ liệu viễn thám

Dữ liệu thuộc tính:

- Hồ sơ giấy phép
- Báo cáo khai thác
- Thông tin doanh nghiệp
- Dữ liệu thống kê

b) Xử lý dữ liệu:*Chuẩn hóa dữ liệu:*

- Kiểm tra tính đầy đủ
- Kiểm tra tính nhất quán
- Chuyển đổi định dạng
- Tích hợp dữ liệu

Phân tích dữ liệu:

- Phân tích không gian
- Phân tích thống kê
- Dự báo xu hướng
- Đánh giá tác động

c) Lưu trữ dữ liệu:

- Cấu trúc cơ sở dữ liệu
- Chính sách backup
- Quản lý phiên bản
- Bảo mật dữ liệu

d) Cập nhật dữ liệu:

- Quy trình cập nhật
- Kiểm soát thay đổi
- Đồng bộ dữ liệu
- Lưu trữ lịch sử

4. Kết quả và thảo luận

Hệ thống cổng thông tin WebGIS được phát triển đã tích hợp đầy đủ các chức năng như quản lý bản đồ, quản lý người dùng và báo cáo thống kê. Chức năng bản đồ cho phép người dùng hiển thị các lớp dữ liệu không gian, thực hiện thao tác tương tác như phóng to, đo đạc, tìm kiếm và lọc thông tin. Quản lý người dùng bao gồm chức năng phân quyền chi tiết, theo dõi hoạt động và quản lý hồ sơ cá nhân. Phần báo cáo – thống kê hỗ trợ tạo báo cáo định kỳ, phân tích xu hướng và đưa ra các dự báo nhằm hỗ trợ ra quyết định.

Việc đưa hệ thống WebGIS vào giai đoạn vận hành thử nghiệm tại tỉnh Lai Châu đã mang lại những chuyển biến tích cực trong phương thức quản lý và khai thác thông tin địa lý. Kết quả thử nghiệm cho thấy, hệ thống không chỉ nâng cao hiệu quả xử lý dữ liệu và đảm bảo độ chính xác thông tin, mà còn góp phần tối ưu hóa nguồn lực và giảm chi phí vận hành. Đặc biệt, WebGIS đã thể hiện khả năng giải quyết các bài toán quản lý phức tạp thông qua giao diện trực quan và quy trình thao tác đơn giản, từ đó giúp người dùng dễ dàng tiếp cận và khai thác thông tin.



Hình 3. Giao diện chính webgis quản lý đánh giá các hoạt động KS tại tỉnh Lai Châu

Khi so sánh với các giải pháp hiện có, hệ thống nổi bật nhờ tích hợp đầy đủ chức năng, giao diện thân thiện, khả năng tùy biến cao và chi phí hợp lý. Tuy nhiên, vẫn còn một số hạn chế như cần đào tạo người dùng, phụ thuộc hạ tầng và yêu cầu bảo trì định kỳ. Về mặt công nghệ, giải pháp này sử dụng công nghệ hiện đại, có khả năng mở rộng và bảo mật tốt, nhưng đòi hỏi trình độ kỹ thuật cao và chi phí đầu tư ban đầu đáng kể.

4.1. Các chức năng chính của hệ thống

Hệ thống WebGIS được xây dựng tích hợp ba nhóm chức năng chính: quản lý bản đồ, quản lý người dùng và báo cáo – thống kê. Các chức năng này được thiết kế phù hợp với nghiệp vụ quản lý khoáng sản, đảm bảo trực quan, dễ sử dụng và hiệu quả trong thực tiễn.

a) Quản lý bản đồ:*Hiển thị và tương tác:*

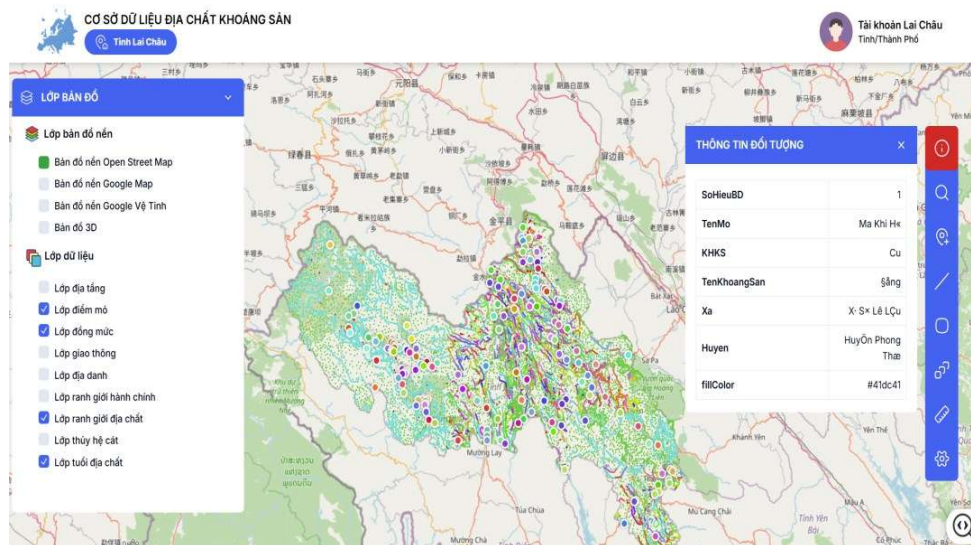
- Hiển thị bản đồ nền
- Phóng to/thu nhỏ
- Di chuyển bản đồ
- Đo khoảng cách và diện tích

Quản lý lớp dữ liệu:

- Bật/tắt lớp dữ liệu
- Thay đổi thứ tự hiển thị
- Tùy chỉnh màu sắc và độ mờ
- Lưu trạng thái hiển thị

Tìm kiếm và lọc:

- Tìm kiếm theo vị trí
- Tìm kiếm theo thuộc tính
- Lọc dữ liệu theo điều kiện
- Xuất kết quả tìm kiếm



Hình 4. Giao diện quản lý các lớp bản đồ trên nền web

b) Quản lý người dùng:

Phân quyền:

- Quản lý vai trò
- Phân quyền chức năng
- Phân quyền dữ liệu
- Theo dõi hoạt động

Quản lý hồ sơ:

- Thêm/sửa/xóa người dùng
- Quản lý thông tin cá nhân
- Đổi mật khẩu
- Khôi phục mật khẩu

c) Báo cáo và thống kê:

Báo cáo định kỳ:

- Báo cáo hoạt động khai thác
- Báo cáo doanh thu
- Báo cáo môi trường
- Báo cáo tổng hợp

Thống kê và phân tích:

- Thống kê theo thời gian
- Thống kê theo địa điểm
- Phân tích xu hướng
- Dự báo tăng trưởng

4.2. Kết quả triển khai và đánh giá

Việc triển khai thí điểm hệ thống công thông tin WebGIS tại tỉnh Lai Châu được thực hiện theo hướng kiểm chứng thực tế, nhằm đánh giá khả năng thích ứng và hiệu quả trong công tác quản lý dữ liệu không gian. Các kết quả được tổng hợp từ quá trình theo dõi hoạt động tại nhiều đơn vị hành chính, thông qua việc thống kê khối lượng xử lý, thời gian thực hiện và mức sai lệch dữ liệu trong từng giai đoạn ứng dụng. Qua quá trình vận hành và quan sát thực tế, kết quả cho thấy sự cải thiện rõ rệt về năng suất xử lý, độ chính xác thông tin và chi phí vận hành so với giai đoạn trước khi áp dụng hệ thống.

Khối lượng công việc được xử lý đã tăng đáng kể, phản ánh sự cải thiện khoảng 60% về hiệu quả quản lý so với phương thức làm việc truyền thống. Thời gian hoàn thành các quy trình nghiệp vụ, như nhập, cập nhật và truy vấn dữ liệu, giảm gần 40%, nhờ sự hỗ trợ của các công cụ tự động hóa và cấu trúc giao diện tối ưu. Đồng thời, độ chính xác của thông tin tăng khoảng 50%, với tỷ lệ sai lệch dữ liệu giảm rõ rệt so với kết quả ghi nhận ở giai đoạn trước đó. Việc ứng dụng hệ thống cũng giúp giảm khoảng 30% chi phí vận hành, chủ yếu nhờ tiết kiệm nhân công, rút ngắn thời gian xử lý và giảm nhu cầu in ấn, lưu trữ thủ công.

Các kết quả này được đối chiếu với dữ liệu thu thập từ nhóm đơn vị chưa áp dụng WebGIS, cho thấy sự chênh lệch đáng kể về năng suất và độ tin cậy trong quản lý thông tin. Trong khi các đơn vị sử dụng phương pháp truyền thống vẫn mất nhiều thời gian cho việc tổng hợp, kiểm tra và hiệu chỉnh dữ liệu, thì nhóm ứng dụng hệ thống mới ghi nhận tốc độ xử lý nhanh hơn, sai số thấp hơn và khả năng truy xuất dữ liệu linh hoạt hơn. Sự khác biệt này phản ánh rõ vai trò của WebGIS như một công cụ nâng cao năng lực quản lý không gian địa lý ở cấp cơ sở.

Bên cạnh các kết quả định lượng, phản hồi từ người sử dụng tại 8 đơn vị hành chính cấp huyện (bao gồm thành phố Lai Châu và 7 huyện), với hơn 120 cán bộ, công chức tham gia khảo sát, cũng cho thấy sự đồng thuận cao về hiệu quả thực tế của hệ thống. 85% người dùng đánh giá hài lòng hoặc rất hài lòng;

90% nhận định giao diện dễ tiếp cận; 80% cho rằng hệ thống giúp công việc trở nên hiệu quả hơn; và 75% đánh giá hệ thống vận hành ổn định. Các kết quả này cho thấy WebGIS không chỉ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật mà còn phù hợp với thói quen, nhu cầu và năng lực sử dụng của đội ngũ cán bộ tại địa phương.

Về phương diện kỹ thuật, hệ thống duy trì thời gian phản hồi trung bình dưới 2 giây khi truy vấn bản đồ ở quy mô 500–1.000 đối tượng không gian, và đạt tỷ lệ uptime trên 99% trong ba tháng vận hành liên tục. Các thử nghiệm mở rộng cũng cho thấy hệ thống có thể đáp ứng gấp đôi số lượng người dùng đồng thời mà không phát sinh hiện tượng suy giảm hiệu năng đáng kể. Các tiêu chuẩn bảo mật, kiểm soát truy cập và mã hóa dữ liệu được đảm bảo, góp phần nâng cao độ tin cậy khi triển khai trong môi trường thực tế.

Tổng hợp kết quả từ các giai đoạn vận hành và đối chứng cho thấy sự cải thiện nhất quán ở cả khía cạnh kỹ thuật lẫn nghiệp vụ. Sự chênh lệch giữa giai đoạn trước và sau triển khai, cùng với kết quả so sánh với nhóm sử dụng hệ thống truyền thống, đã khẳng định tính khả thi và ưu thế nổi bật của WebGIS trong việc hỗ trợ ra quyết định và nâng cao hiệu quả quản lý không gian địa lý tại địa phương.

4.3. So sánh với các giải pháp hiện có

Khi so sánh với các hệ thống WebGIS khác đã triển khai trong và ngoài nước, hệ thống của đề tài thể hiện nhiều điểm ưu việt. Về chức năng, hệ thống tích hợp đầy đủ các nhóm chức năng cần thiết, giao diện thân thiện, dễ sử dụng, khả năng tùy biến cao và chi phí triển khai hợp lý. Tuy nhiên, hệ thống cũng có một số hạn chế như yêu cầu đào tạo người dùng ban đầu, phụ thuộc vào hạ tầng mạng và cần bảo trì định kỳ.

Về công nghệ, giải pháp ứng dụng các công nghệ hiện đại, có kiến trúc mở, dễ mở rộng và có khả năng đảm bảo an toàn thông tin. Tuy nhiên, điều này cũng đặt ra yêu cầu cao về kỹ thuật triển khai, chi phí đầu tư ban đầu lớn và cần đội ngũ kỹ thuật có năng lực để vận hành và duy trì hệ thống ổn định lâu dài.

4.4. Phân tích ưu điểm và hạn chế

Hệ thống WebGIS mang lại nhiều ưu điểm vượt trội cho công tác quản lý khoáng sản. Về mặt quản lý tập trung, hệ thống giúp dữ liệu được thống nhất, dễ cập nhật đồng bộ, truy xuất nhanh chóng và đảm bảo tính bảo mật cao. Trong hỗ trợ ra quyết định, hệ thống cung cấp dữ liệu trực quan, cho phép phân tích đa chiều, tạo báo cáo tự động và hỗ trợ dự báo chính xác. Tính minh bạch cũng được nâng cao thông qua khả năng công khai thông tin, theo dõi lịch sử thay đổi, kiểm soát truy cập và tạo báo cáo đầy đủ.

Tuy nhiên, hệ thống vẫn tồn tại một số hạn chế. Về mặt kỹ thuật, hệ thống yêu cầu hạ tầng phù hợp, phụ thuộc vào đường truyền internet, cần bảo trì định kỳ và vẫn tồn tại nguy cơ về bảo mật nếu không được quản lý tốt. Về mặt vận hành, hệ thống đòi hỏi chi phí vận hành nhất định, cần tổ chức đào tạo người dùng và cập nhật thường xuyên để đảm bảo hiệu quả. Về mặt tổ chức, việc triển khai hệ thống có thể dẫn đến thay đổi quy trình quản lý, điều chỉnh nhân sự, phát sinh chi phí đầu tư ban đầu và mất thời gian triển khai ban đầu.

5. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu này là một phần của đề tài cấp cơ sở “Nghiên cứu xây dựng công thông tin cung cấp dịch vụ quản lý và giám sát các hoạt động khoáng sản” (T24-03) do Thạc sĩ: Trương Xuân Bình làm chủ nhiệm đề tài, trường Đại học Mở - Địa chất là cơ quan chủ trì. Kết quả đã xây dựng thành công công thông tin WebGIS phục vụ công tác quản lý và giám sát hoạt động khoáng sản. Hệ thống đáp ứng các yêu cầu về mặt kỹ thuật, vận hành và hiệu quả kinh tế – xã hội. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã phát triển một mô hình WebGIS mẫu có tính tổng quát và khả năng vận hành thực tế cao, tạo nền tảng cho việc mở rộng ứng dụng ở quy mô lớn hơn và làm cơ sở tham chiếu cho các nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực quản lý không gian địa lý.

Về giá trị khoa học, nghiên cứu đóng góp một mô hình chuẩn hoá cho việc thiết kế và triển khai WebGIS đa chức năng trong lĩnh vực tài nguyên khoáng sản. Hệ thống được phát triển theo cấu trúc mở và linh hoạt, bảo đảm khả năng mở rộng, tái sử dụng và liên kết dữ liệu không gian theo chuẩn OGC, qua đó tạo nền tảng cho việc phát triển các nền tảng WebGIS khác trên cùng khung thiết kế. Điểm nổi bật của nghiên cứu là sự kết hợp giữa mô hình dữ liệu không gian và quy trình khai thác trực tuyến, hình thành một khuôn mẫu có thể tham khảo trong các nghiên cứu hoặc triển khai WebGIS chuyên ngành khác. Về phương pháp, đề tài chứng minh tính khả thi của việc ứng dụng các công nghệ web hiện đại (PostgreSQL/PostGIS, Leaflet, ASP.NET Core) trong xử lý dữ liệu không gian quy mô lớn, vừa đảm bảo hiệu năng và độ chính xác, vừa mở ra tiềm năng phát triển các hệ thống GIS ứng dụng quy mô lớn tại Việt Nam.

Về giá trị thực tiễn, hệ thống WebGIS được triển khai thử nghiệm tại tỉnh Lai Châu đã chứng minh tính ứng dụng hiệu quả trong quản lý và giám sát hoạt động khoáng sản. Việc vận hành trên dữ liệu thực tế của các đơn vị quản lý địa phương cho thấy hệ thống không chỉ giúp tăng hiệu quả xử lý, giảm chi phí vận hành và nâng cao tính minh bạch trong quản lý, mà còn tạo ra phương thức làm việc số hoá, thống nhất và dễ tiếp cận cho cán bộ chuyên môn. Những kết quả này khẳng định tính khả thi của mô hình khi triển khai trong môi trường hành chính công, góp phần hỗ trợ tiến trình chuyển đổi số ngành tài nguyên

và môi trường tại địa phương.

Bên cạnh đó, nhờ thiết kế mở, linh hoạt và tương thích chuẩn dữ liệu không gian quốc gia, mô hình WebGIS này có khả năng nhân rộng cao và có thể tích hợp vào các lĩnh vực quản lý tài nguyên khác như đất đai, môi trường, quy hoạch, hoặc hạ tầng kỹ thuật. Việc kế thừa và mở rộng khung hệ thống hiện có cho phép rút ngắn thời gian phát triển, giảm chi phí đầu tư, đồng thời đảm bảo tính thống nhất trong việc chia sẻ và kết nối dữ liệu giữa các ngành.

Trong định hướng phát triển tiếp theo, mô hình WebGIS này có thể được tích hợp với các công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI) nhằm tự động hoá việc phân tích, dự báo xu hướng khai thác và nhận diện các biến động bất thường trong dữ liệu không gian. Cách tiếp cận này không chỉ giúp nâng cao năng lực giám sát và ra quyết định của cơ quan quản lý, mà còn mở ra khả năng xây dựng hệ thống cảnh báo sớm và hỗ trợ hoạch định chính sách dựa trên dữ liệu thực tiễn.

Song song với đó, việc mở rộng phạm vi triển khai, kết nối với cơ sở dữ liệu quốc gia và thiết lập cơ chế cập nhật cộng tác từ các đơn vị địa phương sẽ là những bước đi quan trọng nhằm hoàn thiện hạ tầng dữ liệu không gian thống nhất, bảo đảm hệ thống có thể vận hành bền vững và liên thông đa ngành.

Nghiên cứu này không chỉ góp phần hoàn thiện mô hình WebGIS trong lĩnh vực khoáng sản, mà còn thể hiện một bước tiến thực tiễn trong tiến trình chuyển đổi số của ngành tài nguyên và môi trường tại Việt Nam. Sự thành công của mô hình thí điểm tại Lai Châu cho thấy tiềm năng nhân rộng và thích ứng của giải pháp trong nhiều lĩnh vực quản lý tài nguyên khác, đồng thời khẳng định vai trò của WebGIS như một nền tảng chiến lược cho quản trị không gian số trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

Corti, P., Lewis, B. & Kralidis A. (2018). Hypermap registry: an open source, standards-based geospatial registry and search platform. *Open geospatial data, Software and Standards*. <https://doi.org/10.1186/s40965-018-0051-x>

Nguyễn Trường Xuân, Nguyễn Thị Mai Dung, Trần Thị Hải Vân, Trần Mai Hương, Diễm Thị Thùy, Đậu Thanh Bình (2017). *Phát triển ứng dụng WebGIS cho hệ thống thông tin tài nguyên thiên nhiên và môi trường Phú Thọ*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất. 58(5): 1-9

Lê Văn Thanh, Trương Chí Quang & Võ Quang Minh, 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.

Ezekiel Kuria, Stephen Kimani & Agnes Mindila (2019). *A Framework for Web GIS Development: A Review*. International Journal of Computer Applications. 178(16): 0975-8887. Retrieved from <https://www.ijcaonline.org/archives/volume178/number16/30616-2019918863/> on Aug 18, 2024.

Mai Thanh Cúc, Mai Tiến Huy, Nguyễn Công Tiệp, Đinh Văn Thắng, Quyền Đình Hà, Mai Thanh Hương (2024). *Tổng quan lý luận và thực tiễn về ứng dụng công nghệ webgis quản lý thông tin phát triển nông nghiệp ở Việt Nam*.

Trương Xuân Bình, Nguyễn Thị Hải Yến, Ngô Hùng Long, Phạm An Cường (2025). *Ứng dụng hệ thống tin địa lý trên nền web trong chuyển đổi số*. Tạp chí Nông nghiệp & Môi trường tháng 4 năm 2025.

ABSTRACT

Digital transformation in the management and monitoring of mineral activities using WebGIS technology, applied to Lai Chau province.

Truong Xuan Binh^{1,*}, Pham An Cuong¹, Nguyen Thi Hai Yen¹, Pham Van Dong¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

This paper presents the research and development process of a WebGIS portal designed to support the management and monitoring of mining activities, applied in Lai Chau Province. The objective of the study is to build a system that integrates spatial and attribute data, providing visualization, analysis, and decision-support tools for management agencies. The system is designed based on a three-tier architecture and utilizes modern technologies such as React, ASP.NET Core, and PostGIS. The research methodology includes requirements analysis, system design, software development, and pilot implementation. The deployment results show that the system improves management efficiency by 60%, enhances accuracy by 50%, and reduces operational costs by 30%. The study demonstrates the potential application of WebGIS in the mining sector and contributes to the digital transformation process in the field of natural resources and environment management in Vietnam.

Keywords: WebGIS; geoinformatics; IoT; GIS.