

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**



BÁO CÁO SINH HOẠT HỌC THUẬT

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ TÍNH NĂNG FRONTEND ĐỊNH
HƯỚNG XÂY DỰNG ỨNG DỤNG CHUYỂN ĐỔI SỐ ĐỊA KỸ
THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG**

Cán bộ thực hiện: TS. Nhữ Việt Hà

Đơn vị: Bộ môn Địa chất công trình – Khoa KH& KT Địa chất

Hà Nội, 2025

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

BÁO CÁO SINH HOẠT HỌC THUẬT

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ TÍNH NĂNG FRONTEND ĐỊNH
HƯỚNG XÂY DỰNG ỨNG DỤNG CHUYỂN ĐỔI SỐ ĐỊA KỸ
THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG**

Cán bộ thực hiện

Bộ môn Địa chất công trình

TS. Nhữ Việt Hà

PGS. TS. Bùi Trường Sơn

Hà Nội, 2025

MỤC LỤC

1. MỞ ĐẦU	1
2. TỔNG QUAN VỀ CHUYỂN ĐỔI SỐ TRONG ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG..	2
2.1. Khái niệm và vai trò của chuyển đổi số	2
2.2. Dữ liệu, công nghệ và yêu cầu nghiệp vụ đặc thù.....	3
2.3. Tích hợp đa nguồn và tích lũy giá trị dữ liệu	5
2.4. Vai trò của frontend trong hệ thống chuyển đổi số địa kỹ thuật – môi trường	6
3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ TIẾP CẬN FRONTEND	7
3.1. Các phương pháp sử dụng	7
3.2. Dữ liệu đầu vào cho ứng dụng địa kỹ thuật – môi trường.....	8
3.3. Mô hình hóa nghiệp vụ và kịch bản sử dụng	10
3.4. Định hướng thiết kế frontend theo xu thế chuyển đổi số	11
4. XÂY DỰNG VÀ ĐÁNH GIÁ CÁC TÍNH NĂNG FRONTEND ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG	12
4.1.1 Frontend định vị không gian và quản lý điểm khảo sát	12
4.1.2 Frontend phân loại đất đá và mô tả địa tầng	13
4.1.3 Frontend nhập liệu khoan, xuyên và thí nghiệm hiện trường	14
4.1.4 Ghi nhận hình ảnh, video và dữ liệu bổ trợ.....	15
4.1.5 Dashboard quan trắc và phân tích dữ liệu thời gian thực.....	15
4.1.6 Tính năng quản lý, báo cáo và tương tác người dùng.....	16
5. KẾT LUẬN VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	16
6. TÀI LIỆU THAM KHẢO	18

1. MỞ ĐẦU

Trong những thập niên gần đây, quá trình phát triển hạ tầng, đô thị hóa nhanh và sự gia tăng các tác động của biến đổi khí hậu đã đặt ra nhiều thách thức mới đối với lĩnh vực Địa chất công trình – Địa kỹ thuật và Môi trường. Các công trình giao thông, đô thị, công nghiệp và năng lượng ngày càng có quy mô lớn, điều kiện xây dựng phức tạp và yêu cầu cao về an toàn, độ bền vững cũng như khả năng thích ứng với các yếu tố bất định của tự nhiên. Song song với đó, các vấn đề như trượt lở đất, sụt lún nền đất, xói lở bờ sông – bờ biển, ô nhiễm môi trường đất và nước, cùng với rủi ro thiên tai ngày càng gia tăng cả về tần suất và mức độ ảnh hưởng.

Trong bối cảnh đó, công tác khảo sát, phân tích và quản lý địa kỹ thuật – môi trường đòi hỏi phải xử lý một khối lượng lớn dữ liệu đa nguồn, bao gồm dữ liệu khảo sát hiện trường, thí nghiệm trong phòng, thí nghiệm hiện trường, quan trắc dài hạn, dữ liệu không gian và dữ liệu viễn thám. Tuy nhiên, các phương pháp làm việc truyền thống dựa chủ yếu vào báo cáo giấy, bản vẽ tĩnh và các bảng số liệu rời rạc đang bộc lộ nhiều hạn chế. Việc thu thập, lưu trữ và khai thác dữ liệu thiếu tính liên thông, khó cập nhật theo thời gian thực và không thuận tiện cho việc so sánh, tổng hợp và phân tích xu thế, dẫn đến hiệu quả hỗ trợ ra quyết định kỹ thuật chưa cao.

Chuyển đổi số, với nền tảng là dữ liệu lớn (Big Data), hệ thống thông tin không gian (GIS), trí tuệ nhân tạo (AI) và các ứng dụng số, đang mở ra một hướng tiếp cận mới cho lĩnh vực địa kỹ thuật và môi trường. Thay vì xử lý dữ liệu một cách rời rạc theo từng giai đoạn, chuyển đổi số hướng tới xây dựng các hệ thống tích hợp, cho phép quản lý tập trung dữ liệu xuyên suốt vòng đời công trình, từ khảo sát – thiết kế – thi công đến vận hành và quan trắc. Trong hệ sinh thái đó, các ứng dụng số không chỉ đóng vai trò lưu trữ thông tin mà còn hỗ trợ phân tích, dự báo và quản lý rủi ro dựa trên dữ liệu.

Đặc biệt, frontend của các ứng dụng chuyển đổi số giữ vai trò then chốt trong việc đưa công nghệ đến gần người dùng cuối. Đối với lĩnh vực Địa chất công trình – Địa kỹ thuật và Môi trường, nơi dữ liệu mang tính kỹ thuật cao, phụ thuộc chặt chẽ vào không gian – thời gian và điều kiện hiện trường, frontend chính là cầu nối trực tiếp giữa dữ liệu kỹ thuật phức tạp và các đối tượng sử dụng như kỹ sư, nhà quản lý, nhà nghiên cứu và cơ quan quản lý nhà nước. Một frontend được thiết kế

hợp lý không chỉ giúp hiển thị dữ liệu một cách trực quan, mà còn hỗ trợ tương tác, truy vấn, so sánh và phân tích, qua đó nâng cao hiệu quả sử dụng dữ liệu trong thực tiễn.

Xuất phát từ yêu cầu thực tế đó, báo cáo này tập trung nghiên cứu một số tính năng frontend cốt lõi, có khả năng ứng dụng cao trong việc xây dựng các nền tảng chuyển đổi số cho lĩnh vực địa kỹ thuật và môi trường. Trọng tâm của báo cáo là phân tích vai trò, nguyên tắc thiết kế và các nhóm chức năng frontend phục vụ công tác khảo sát, thu thập dữ liệu hiện trường, quản lý dữ liệu không gian, quan trắc và hỗ trợ ra quyết định kỹ thuật. Thông qua việc làm rõ các tính năng này, báo cáo hướng tới mục tiêu góp phần nâng cao hiệu quả khai thác dữ liệu, tăng cường khả năng giám sát, phân tích và quản lý rủi ro, đồng thời tạo cơ sở cho việc phát triển các ứng dụng chuyển đổi số phù hợp với điều kiện và nhu cầu thực tiễn của ngành Địa chất công trình – Địa kỹ thuật và Môi trường.

2. TỔNG QUAN VỀ CHUYỂN ĐỔI SỐ TRONG ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG

2.1. Khái niệm và vai trò của chuyển đổi số

Chuyển đổi số trong lĩnh vực Địa chất công trình – Địa kỹ thuật và Môi trường được hiểu là một quá trình mang tính hệ thống và toàn diện, bao gồm số hóa dữ liệu, tái cấu trúc quy trình nghiệp vụ và ứng dụng các công nghệ số hiện đại nhằm nâng cao hiệu quả của toàn bộ chuỗi hoạt động kỹ thuật, từ khảo sát, thí nghiệm, phân tích, thiết kế, thi công đến quan trắc và quản lý rủi ro công trình. Quá trình này không chỉ giới hạn ở việc chuyển đổi các tài liệu giấy, bản vẽ hay sổ ghi chép truyền thống sang dạng dữ liệu số, mà còn hướng tới việc xây dựng các hệ thống thông tin tích hợp, cho phép dữ liệu được liên kết, cập nhật và khai thác một cách đồng bộ theo không gian và thời gian.

Đối với lĩnh vực địa chất công trình – địa kỹ thuật, chuyển đổi số có ý nghĩa đặc biệt quan trọng do đặc thù của dữ liệu kỹ thuật mang tính đa nguồn, không đồng nhất và phụ thuộc mạnh vào điều kiện hiện trường. Các thông tin về địa tầng, đặc tính cơ lý đất đá, kết quả thí nghiệm hiện trường và quan trắc biến dạng thường được thu thập phân tán theo nhiều giai đoạn, bởi nhiều nhóm kỹ sư khác nhau và trong điều kiện môi trường phức tạp. Việc số hóa và quản lý tập trung các dữ liệu này giúp giảm thiểu sai sót do ghi chép thủ công, nâng cao tính nhất quán

và khả năng truy xuất, đồng thời tạo ra một “dòng dữ liệu liên tục” xuyên suốt vòng đời công trình.

Trên nền tảng dữ liệu đã được số hóa và chuẩn hóa, chuyển đổi số còn mở ra khả năng ứng dụng các phương pháp phân tích nâng cao, như mô hình hóa số nền đất – công trình, trí tuệ nhân tạo trong dự báo lún và ổn định, hay xây dựng sinh đôi số (Digital Twin) phục vụ quản lý và vận hành công trình. Khi đó, dữ liệu không chỉ được lưu trữ để tham khảo, mà trở thành tài sản số có giá trị, hỗ trợ trực tiếp cho việc đánh giá rủi ro, tối ưu phương án thiết kế và ra quyết định kỹ thuật dựa trên bằng chứng.

Trong hệ sinh thái chuyển đổi số, frontend giữ vai trò then chốt trong việc kết nối các hệ thống công nghệ với người sử dụng cuối. Đối với kỹ sư địa kỹ thuật, cán bộ quản lý dự án và các bên liên quan, frontend chính là môi trường làm việc số trực tiếp, nơi diễn ra các hoạt động nhập liệu, truy vấn, phân tích và giám sát dữ liệu. Mức độ trực quan, dễ sử dụng và phù hợp với nghiệp vụ kỹ thuật của frontend quyết định khả năng tiếp nhận và áp dụng công nghệ trong thực tế triển khai dự án.

Một hệ thống backend mạnh, cơ sở dữ liệu lớn và thuật toán phân tích tiên tiến sẽ khó phát huy hiệu quả nếu frontend được thiết kế phức tạp, không phù hợp với điều kiện làm việc hiện trường và áp lực tiến độ cao của các dự án xây dựng. Ngược lại, một frontend được thiết kế tốt, bám sát quy trình nghiệp vụ địa kỹ thuật – môi trường, có thể giúp đơn giản hóa thao tác, giảm thời gian xử lý dữ liệu và hỗ trợ kỹ sư tập trung vào các quyết định chuyên môn cốt lõi. Do đó, trong chuyển đổi số lĩnh vực địa chất công trình – địa kỹ thuật và môi trường, frontend không chỉ là lớp giao diện hiển thị, mà là yếu tố quyết định hiệu quả ứng dụng công nghệ trong thực tiễn.

2.2. Dữ liệu, công nghệ và yêu cầu nghiệp vụ đặc thù

Dữ liệu trong lĩnh vực Địa chất công trình – Địa kỹ thuật và Môi trường có tính đa dạng, phức tạp và không đồng nhất cao, phản ánh trực tiếp đặc điểm tự nhiên phức tạp của môi trường địa chất và điều kiện làm việc ngoài hiện trường. Các nhóm dữ liệu chủ yếu bao gồm dữ liệu địa chất – địa hình, dữ liệu địa chất thủy văn và thủy văn công trình, dữ liệu môi trường đất và nước, dữ liệu thí nghiệm trong phòng, dữ liệu thí nghiệm hiện trường (như SPT, CPT, xuyên nhẹ,

cắt cánh, thí nghiệm thám), dữ liệu quan trắc dài hạn (lún, chuyển vị, mực nước ngầm, áp lực nước lỗ rỗng) và dữ liệu viễn thám, ảnh vệ tinh, ảnh UAV.

Mỗi nhóm dữ liệu nêu trên mang những đặc trưng kỹ thuật riêng biệt. Dữ liệu khảo sát địa chất thường tồn tại dưới dạng rời rạc theo điểm, gắn với các lỗ khoan, hố đào hoặc điểm xuyên, trong khi dữ liệu quan trắc lại có tính liên tục theo thời gian và yêu cầu theo dõi xu thế biến đổi dài hạn. Ngược lại, dữ liệu GIS và viễn thám phản ánh thông tin trên phạm vi không gian rộng, có độ phân giải và tần suất cập nhật khác nhau. Sự đa dạng về hình thức tồn tại và quy mô không gian – thời gian của dữ liệu khiến việc tổ chức, hiển thị và khai thác thông tin trở thành một thách thức lớn đối với các hệ thống ứng dụng số.

Về mặt công nghệ, sự phát triển của hệ thống định vị vệ tinh, cảm biến IoT, nền tảng GIS, điện toán đám mây và các công cụ phân tích dữ liệu lớn đã tạo điều kiện thuận lợi cho việc thu thập và lưu trữ khối lượng lớn dữ liệu địa kỹ thuật – môi trường. Tuy nhiên, thách thức không nằm ở việc thiếu dữ liệu, mà ở khả năng biến dữ liệu thành thông tin có ý nghĩa phục vụ cho các quyết định kỹ thuật cụ thể. Điều này đòi hỏi các công cụ frontend không chỉ đóng vai trò hiển thị, mà còn phải hỗ trợ người dùng hiểu đúng bản chất kỹ thuật và mối quan hệ giữa các dữ liệu khác nhau.

Khác với các lĩnh vực quản lý hành chính hoặc kinh doanh, frontend trong địa kỹ thuật – môi trường không thể chỉ dừng ở việc trình bày bảng số liệu, biểu đồ tổng hợp hoặc báo cáo thống kê đơn giản. Giao diện người dùng cần phản ánh được các mối quan hệ không gian – thời gian phức tạp, chẳng hạn như sự thay đổi đặc tính đất đá theo chiều sâu, sự phân bố không đồng nhất của các lớp địa tầng theo tuyến công trình, hoặc diễn biến biến dạng nền đất theo từng giai đoạn thi công và vận hành. Việc thể hiện đúng các mối quan hệ này là điều kiện tiên quyết để người dùng có thể đánh giá chính xác trạng thái và mức độ rủi ro của công trình.

Từ góc độ nghiệp vụ, các kỹ sư địa chất công trình – địa kỹ thuật thường phải làm việc trong điều kiện thời gian hạn chế, áp lực tiến độ cao và môi trường hiện trường phức tạp. Do đó, frontend cần được thiết kế theo hướng hỗ trợ truy xuất nhanh thông tin quan trọng, giảm thiểu thao tác không cần thiết và cho phép so sánh, đối chiếu dữ liệu giữa các giai đoạn hoặc các vị trí khác nhau. Một frontend đơn giản hóa quá mức, không phản ánh đầy đủ đặc trưng kỹ thuật của dữ liệu, có

thể dẫn đến việc hiểu sai điều kiện nền đất hoặc diễn biến công trình, từ đó làm gia tăng rủi ro trong thiết kế và thi công.

Như vậy, yêu cầu đặt ra đối với frontend trong chuyển đổi số địa kỹ thuật – môi trường không chỉ là tính thẩm mỹ hay tiện dụng, mà còn là khả năng “truyền đạt đúng thông tin kỹ thuật” tới người sử dụng. Frontend phải trở thành công cụ hỗ trợ tư duy kỹ thuật, giúp kỹ sư nhìn thấy được các mối liên hệ ẩn trong dữ liệu, nhận diện xu thế bất lợi và đưa ra quyết định dựa trên cơ sở khoa học vững chắc.

2.3. Tích hợp đa nguồn và tích lũy giá trị dữ liệu

Giá trị thực sự của chuyển đổi số trong lĩnh vực địa kỹ thuật – môi trường chỉ được phát huy khi dữ liệu được tích hợp từ nhiều nguồn, liên kết chặt chẽ và khai thác liên tục theo thời gian. Tương tự như hiện tượng trượt lở là kết quả của sự tích lũy lâu dài các yếu tố bất lợi từ điều kiện tự nhiên và tác động nhân sinh, dữ liệu địa kỹ thuật trở nên có ý nghĩa khi được thu thập, chuẩn hóa và kết nối từ nhiều giai đoạn khảo sát, thi công và quan trắc. Mỗi lớp dữ liệu, dù là lỗ khoan, điểm xuyên, quan trắc chuyển vị hay bản đồ địa hình, đều góp phần hình thành bức tranh toàn cảnh về điều kiện nền đất và trạng thái công trình.

Frontend đóng vai trò then chốt trong việc biến các dữ liệu rời rạc này thành thông tin có giá trị sử dụng thực tiễn. Thay vì chỉ trình bày các lát cắt dữ liệu tĩnh tại một thời điểm, frontend cần cung cấp các công cụ theo dõi lịch sử dữ liệu, so sánh đa giai đoạn, nhận diện xu thế biến đổi theo thời gian và cảnh báo sớm các dấu hiệu bất thường. Chẳng hạn, trong khảo sát nền đường bộ miền núi, việc tích hợp dữ liệu lún, chuyển vị và mực nước ngầm từ nhiều năm quan trắc giúp kỹ sư dự đoán vùng đất yếu tiềm ẩn và đưa ra giải pháp phòng ngừa trước khi xảy ra sự cố.

Để đạt được mục tiêu này, frontend phải hỗ trợ trực quan hóa đa lớp và đa chiều, kết hợp các bản đồ GIS, dashboard thời gian thực, biểu đồ xu thế và mặt cắt địa chất. Các chức năng truy vấn dữ liệu linh hoạt cho phép người dùng khai thác thông tin theo không gian, thời gian hoặc theo đối tượng khảo sát cụ thể, từ đó rút ra các kết luận kỹ thuật chính xác. Ví dụ, kỹ sư có thể so sánh kết quả CPT ở các lỗ khoan khác nhau theo từng giai đoạn, đối chiếu với bản đồ địa hình và ảnh UAV để đánh giá mức độ bất đồng nhất địa chất hoặc phát hiện sự biến dạng bất thường.

Ngoài ra, frontend cũng cần đảm bảo khả năng tích hợp dữ liệu từ các hệ thống backend khác nhau: dữ liệu quan trắc IoT, dữ liệu thí nghiệm phòng, dữ liệu GIS và viễn thám. Việc đồng bộ và chuẩn hóa các nguồn dữ liệu này không chỉ nâng cao độ chính xác mà còn tạo nền tảng dữ liệu thống nhất cho các bước phân tích tiếp theo, bao gồm mô hình số, trí tuệ nhân tạo (AI) và Digital Twin công trình – nền đất.

Như vậy, thông qua tích hợp đa nguồn và khai thác liên tục, frontend không chỉ hiển thị dữ liệu mà trở thành công cụ hỗ trợ tư duy kỹ thuật, giúp kỹ sư, nhà quản lý và chuyên gia ra quyết định chính xác, kịp thời, đồng thời tối ưu hóa hiệu quả sử dụng các nguồn dữ liệu quý giá trong quá trình khảo sát, thi công và vận hành công trình.

2.4. Vai trò của frontend trong hệ thống chuyển đổi số địa kỹ thuật – môi trường

Trong các hệ thống chuyển đổi số hiện đại, frontend không còn là lớp giao diện thụ động chỉ dùng để hiển thị kết quả xử lý từ backend, mà trở thành môi trường làm việc trực tiếp, trung tâm cho kỹ sư và nhà quản lý. Đặc thù của địa chất công trình – địa kỹ thuật và môi trường là dữ liệu kỹ thuật phức tạp, biến đổi theo không gian – thời gian và chịu ảnh hưởng lớn từ điều kiện hiện trường. Do đó, frontend quyết định trực tiếp tốc độ thu thập và xử lý dữ liệu, độ chính xác thông tin và chất lượng ra quyết định kỹ thuật.

Frontend đóng vai trò cầu nối giữa dữ liệu gốc thu thập tại hiện trường (lỗ khoan, điểm xuyên, thí nghiệm, quan trắc) và các mô hình phân tích, dự báo, mô phỏng và quản lý rủi ro ở các tầng xử lý cao hơn. Một frontend được thiết kế hợp lý cho phép kỹ sư nhập liệu nhanh, kiểm soát chất lượng dữ liệu ngay tại nguồn, đồng thời hỗ trợ truy xuất, phân tích và trực quan hóa thông tin theo thời gian thực. Chẳng hạn, khi khảo sát nền móng hay mái dốc, kỹ sư có thể ghi nhận SPT, CPT, dữ liệu thí nghiệm hiện trường, hình ảnh lõi khoan và thông số quan trắc ngay trên điện thoại, tự động gắn tọa độ và thời gian, đồng bộ lên hệ thống trung tâm để lập báo cáo và phân tích tiếp theo.

Trong bối cảnh chuyển dịch từ phương pháp khảo sát – phân tích truyền thống sang mô hình dữ liệu số hóa và thời gian thực, frontend đóng vai trò biến các bảng số liệu rời rạc, bản vẽ tĩnh và báo cáo giấy thành hệ thống thông tin động, có thể tương tác. Người dùng có thể trực tiếp quan sát các lớp dữ liệu không gian trên

bản đồ GIS, theo dõi xu thế biến dạng nền đất, so sánh kết quả các giai đoạn khảo sát hoặc nhận cảnh báo bất thường từ hệ thống quan trắc tự động. Điều này nâng cao khả năng phát hiện sớm rủi ro, tăng hiệu quả quản lý và giảm thiểu sai sót trong quyết định kỹ thuật.

Ngoài việc hỗ trợ thu thập và hiển thị dữ liệu, frontend còn là công cụ quản lý người dùng, phân quyền truy cập và ghi nhận lịch sử thao tác, đảm bảo minh bạch và trách nhiệm trong các dự án phức tạp có nhiều bên tham gia. Việc tích hợp các tính năng như dashboard thời gian thực, biểu đồ xu thế, mặt cắt địa tầng 3D, báo cáo tự động và chức năng cảnh báo cho phép frontend trở thành trung tâm thao tác và giám sát, không chỉ phục vụ kỹ sư hiện trường mà còn hỗ trợ nhà quản lý, chuyên gia thẩm tra và cơ quan quản lý nhà nước.

Chính từ vai trò trung tâm này, nghiên cứu và xây dựng các tính năng frontend phù hợp với đặc thù địa kỹ thuật – môi trường trở thành nội dung trọng tâm trong quá trình phát triển ứng dụng chuyển đổi số. Frontend không chỉ đơn thuần là giao diện, mà là nền tảng cho toàn bộ chuỗi giá trị dữ liệu: từ thu thập tại hiện trường, chuẩn hóa, phân tích, mô hình hóa, đến ra quyết định kỹ thuật và quản lý rủi ro. Việc thiết kế frontend hiệu quả góp phần quan trọng trong việc nâng cao hiệu suất, đảm bảo an toàn và tăng khả năng dự báo trong các dự án địa chất công trình và môi trường.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ TIẾP CẬN FRONTEND

3.1. Các phương pháp sử dụng

Báo cáo được xây dựng dựa trên việc kết hợp đồng bộ nhiều phương pháp nghiên cứu, nhằm vừa đảm bảo nền tảng lý thuyết vững chắc, vừa gắn chặt với thực tiễn triển khai trong lĩnh vực địa chất công trình – địa kỹ thuật. Trước hết, phương pháp tổng hợp và hệ thống hóa lý thuyết được áp dụng để rà soát, phân loại và đánh giá các khái niệm, nguyên lý và xu hướng phát triển liên quan đến chuyển đổi số, công nghệ frontend, hệ thống thông tin địa không gian (GIS), các công cụ trực quan hóa dữ liệu và các ứng dụng số phục vụ khảo sát, thí nghiệm, quan trắc và quản lý công trình. Việc tổng hợp lý thuyết này cung cấp cơ sở để xây dựng các tiêu chí đánh giá tính năng frontend phù hợp với đặc thù kỹ thuật và nghiệp vụ trong ngành.

Trên cơ sở đó, phương pháp phân tích hệ thống được sử dụng để nghiên cứu toàn bộ chuỗi giá trị dữ liệu địa kỹ thuật – từ khâu sinh dữ liệu tại hiện trường (lỗ

khoan, điểm xuyên, hồ đào, quan trắc) đến quá trình xử lý, lưu trữ và quản lý dữ liệu ở tầng backend, cũng như khai thác và trực quan hóa thông tin ở tầng frontend. Phân tích hệ thống giúp làm rõ mối quan hệ giữa các thành phần dữ liệu, xác định luồng thông tin quan trọng và vị trí mà frontend đóng vai trò quyết định, không chỉ là lớp hiển thị, mà còn tham gia vào việc kiểm soát chất lượng, chuẩn hóa và tạo lập dữ liệu đầu vào cho các mô hình phân tích, dự báo và quản lý rủi ro.

Song song với đó, phương pháp nghiên cứu ứng dụng và nghiên cứu tình huống được triển khai, dựa trên thực tế công tác khảo sát địa chất, thí nghiệm hiện trường, quan trắc địa kỹ thuật và quản lý rủi ro trong các dự án xây dựng tại Việt Nam. Các tình huống điển hình như khảo sát nền móng công trình cao tầng, mái dốc, công trình thủy lợi, cầu đường hay khu vực có nguy cơ trượt lở được phân tích để đánh giá tính khả thi và hiệu quả của các giải pháp frontend. Việc nghiên cứu dựa trên tình huống giúp nhận diện nhu cầu thực sự của kỹ sư và nhà quản lý, từ đó lựa chọn các tính năng frontend có thể triển khai hiệu quả trong điều kiện thực tế, tránh áp dụng công nghệ một cách hình thức hoặc không phù hợp.

Cuối cùng, các xu hướng frontend hiện đại được đánh giá không chỉ dưới góc độ công nghệ, mà tập trung vào khả năng đáp ứng yêu cầu nghiệp vụ kỹ thuật, mức độ tương thích với quy trình khảo sát – thiết kế – thi công và khả năng hỗ trợ ra quyết định trong thực địa. Cách tiếp cận này đảm bảo rằng các tính năng được đề xuất không chỉ có giá trị lý thuyết mà còn có tính khả thi cao, thực sự nâng cao hiệu quả làm việc, cải thiện chất lượng dữ liệu và hỗ trợ quản lý rủi ro trong lĩnh vực địa chất công trình – địa kỹ thuật.

3.2. Dữ liệu đầu vào cho ứng dụng địa kỹ thuật – môi trường

Báo cáo này được xây dựng dựa trên việc kết hợp đồng bộ nhiều phương pháp nghiên cứu, nhằm đảm bảo vừa có nền tảng lý thuyết vững chắc, vừa bám sát thực tiễn triển khai trong lĩnh vực địa chất công trình – địa kỹ thuật. Trước hết, phương pháp tổng hợp và hệ thống hóa lý thuyết được sử dụng để rà soát, phân loại và đánh giá các khái niệm, nguyên lý, phương pháp và xu hướng phát triển liên quan đến chuyển đổi số, công nghệ frontend, hệ thống thông tin địa không gian (GIS), các công cụ trực quan hóa dữ liệu, cũng như các ứng dụng số phục vụ khảo sát, thí nghiệm, quan trắc và quản lý công trình. Việc tổng hợp lý thuyết này tạo cơ sở vững chắc để xây dựng các tiêu chí đánh giá, lựa chọn và thiết kế các tính năng

frontend phù hợp với đặc thù kỹ thuật, yêu cầu nghiệp vụ và môi trường triển khai thực tế.

Trên nền tảng lý thuyết này, phương pháp phân tích hệ thống được áp dụng để nghiên cứu toàn bộ chuỗi giá trị dữ liệu địa kỹ thuật – từ khâu sinh dữ liệu tại hiện trường (lỗ khoan, điểm xuyên, hố đào, quan trắc) đến quá trình xử lý, lưu trữ và quản lý ở tầng backend, và cuối cùng là khai thác, trực quan hóa và tương tác dữ liệu tại frontend. Phân tích hệ thống giúp làm rõ mối quan hệ giữa các thành phần dữ liệu, xác định luồng thông tin quan trọng, đồng thời chỉ ra vị trí mà frontend đóng vai trò quyết định. Trong bối cảnh này, frontend không chỉ là lớp hiển thị, mà còn tham gia trực tiếp vào việc kiểm soát chất lượng dữ liệu, chuẩn hóa thông tin, và hỗ trợ tạo lập dữ liệu đầu vào cho các mô hình phân tích, dự báo và quản lý rủi ro. Việc này đặc biệt quan trọng trong các dự án dài hạn, phức tạp, nơi dữ liệu liên tục được cập nhật và biến động theo không gian – thời gian.

Bên cạnh đó, phương pháp nghiên cứu ứng dụng và nghiên cứu tình huống được triển khai dựa trên các dự án thực tế tại Việt Nam, như khảo sát nền móng công trình cao tầng, mái dốc, công trình thủy lợi, cầu đường, hay các khu vực có nguy cơ trượt lở và sạt lở. Các tình huống điển hình này giúp đánh giá tính khả thi, ưu nhược điểm và hiệu quả của các giải pháp frontend trong thực tiễn, từ việc nhập liệu hiện trường, quản lý điểm khảo sát, đến trực quan hóa dữ liệu, cảnh báo rủi ro và hỗ trợ ra quyết định. Nghiên cứu dựa trên tình huống còn giúp nhận diện nhu cầu thực sự của kỹ sư và nhà quản lý, từ đó tránh áp dụng công nghệ một cách hình thức hoặc không phù hợp với điều kiện thực tế.

Cuối cùng, các xu hướng frontend hiện đại được đánh giá không chỉ từ góc độ công nghệ, mà tập trung vào khả năng đáp ứng yêu cầu nghiệp vụ kỹ thuật, mức độ tương thích với quy trình khảo sát – thiết kế – thi công, khả năng hỗ trợ ra quyết định nhanh chóng và trực tiếp tại hiện trường. Cách tiếp cận này đảm bảo rằng các tính năng được đề xuất không chỉ có giá trị lý thuyết mà còn có tính khả thi cao, thực sự nâng cao hiệu quả làm việc, cải thiện chất lượng dữ liệu, tối ưu hóa thời gian xử lý và hỗ trợ quản lý rủi ro trong lĩnh vực địa chất công trình – địa kỹ thuật. Đồng thời, việc thiết kế frontend hợp lý còn tạo điều kiện thuận lợi cho việc tích hợp với các công nghệ mới như mô hình số, trí tuệ nhân tạo, IoT và Digital Twin, mở ra hướng phát triển bền vững cho các nền tảng chuyển đổi số trong lĩnh vực này.

3.3. Mô hình hóa nghiệp vụ và kịch bản sử dụng

Để đảm bảo frontend được thiết kế thực sự phù hợp với công tác địa chất công trình – địa kỹ thuật, báo cáo tiến hành mô hình hóa các nghiệp vụ chủ chốt và xây dựng các kịch bản sử dụng điển hình, dựa trên chu trình thực tế của một dự án, từ khảo sát ban đầu, thiết kế kỹ thuật, thi công đến quan trắc và quản lý rủi ro trong quá trình khai thác. Việc mô hình hóa này giúp làm rõ yêu cầu nghiệp vụ, tương tác người dùng, cũng như các điều kiện đặc thù mà frontend phải đáp ứng.

Trong giai đoạn khảo sát, frontend cần hỗ trợ kỹ sư và nhân viên hiện trường định vị chính xác các điểm khảo sát, nhập liệu thông tin địa tầng, ghi nhận kết quả các phép xuyên (SPT, CPT, xuyên nhẹ) và thí nghiệm hiện trường (vane shear, thấm hiện trường, mực nước ngầm) ngay tại hiện trường. Các kịch bản sử dụng nhấn mạnh yêu cầu về thao tác nhanh, giao diện trực quan, đơn giản, khả năng làm việc ngoại tuyến và đồng bộ dữ liệu tự động khi có kết nối mạng, đảm bảo dữ liệu không bị gián đoạn và chính xác ngay từ nguồn. Đồng thời, frontend phải hỗ trợ việc gắn hình ảnh, video và dữ liệu đa phương tiện để minh họa kết quả khảo sát, tăng khả năng kiểm tra, đối chiếu và giải trình kỹ thuật.

Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật, các kịch bản sử dụng tập trung vào việc truy xuất, tổng hợp và so sánh dữ liệu từ nhiều lỗ khoan, nhiều khu vực khảo sát hoặc các giai đoạn khảo sát khác nhau. Frontend cần cung cấp các công cụ trực quan hóa dữ liệu như mặt cắt địa chất, biểu đồ theo chiều sâu, bản đồ GIS với các lớp dữ liệu kết hợp, giúp kỹ sư nhanh chóng nhận diện các lớp đất yếu, vùng bất đồng nhất địa chất, yếu tố rủi ro tiềm ẩn và các điều kiện nền móng phức tạp. Giao diện cần hỗ trợ lọc, so sánh nhiều dataset, đồng thời tích hợp tính năng ghi chú, đánh dấu điểm quan trọng, để thuận tiện trong quá trình thiết kế và ra quyết định.

Trong giai đoạn thi công và quan trắc, frontend đóng vai trò là công cụ theo dõi tiến trình và diễn biến công trình theo thời gian thực, kết hợp với các dữ liệu quan trắc tự động và IoT. Các kịch bản sử dụng yêu cầu frontend hiển thị dashboard trực quan, cảnh báo bất thường, phân tích xu thế biến động, từ lún, chuyển vị, mực nước ngầm đến các thông số môi trường. Nhờ đó, kỹ sư và nhà quản lý có thể phát hiện sớm các dấu hiệu mất ổn định, điều chỉnh phương án thi công hoặc xử lý rủi ro kịp thời. Đồng thời, frontend phải hỗ trợ phân quyền truy cập, ghi nhận lịch sử thao tác và tạo báo cáo kỹ thuật theo tiêu chuẩn, đảm bảo minh bạch và trách nhiệm trong quản lý dự án.

Thông qua việc mô hình hóa nghiệp vụ và xây dựng các kịch bản sử dụng cụ thể, các yêu cầu đối với frontend được xác định rõ ràng, từ khả năng nhập liệu và xử lý dữ liệu hiện trường, trực quan hóa, so sánh, cảnh báo, đến hỗ trợ ra quyết định kỹ thuật. Điều này là cơ sở quan trọng để đề xuất các tính năng và giải pháp giao diện tối ưu, đáp ứng đặc thù công tác địa chất công trình – địa kỹ thuật và hỗ trợ triển khai chuyên đổi số một cách hiệu quả, thực tiễn..

3.4. Định hướng thiết kế frontend theo xu thế chuyển đổi số

Trên cơ sở các phương pháp nghiên cứu, phân tích nghiệp vụ và mô hình hóa kịch bản sử dụng, frontend được định hướng thiết kế theo xu thế chuyển đổi số, hướng tới các nền tảng web và ứng dụng đa nền tảng, có khả năng triển khai linh hoạt trên máy tính, máy tính bảng và điện thoại thông minh. Cách tiếp cận này phù hợp với đặc thù công việc địa chất công trình – địa kỹ thuật, vốn diễn ra đồng thời tại hiện trường, văn phòng kỹ thuật và trung tâm quản lý dự án. Khả năng đa nền tảng giúp kỹ sư và nhà quản lý dễ dàng truy cập dữ liệu, nhập liệu, phân tích và ra quyết định mọi lúc, mọi nơi, ngay cả trong điều kiện khảo sát ngoại tuyến hoặc tại các khu vực khó kết nối mạng.

Frontend được định hướng tích hợp chặt chẽ với các công nghệ GIS, cho phép hiển thị và tương tác trực tiếp với dữ liệu không gian – từ các điểm khảo sát, lỗ khoan, hố đào đến các mạng quan trắc tự động. Các công cụ trực quan hóa như dashboard dữ liệu, biểu đồ theo chiều sâu, bản đồ lớp địa chất, mặt cắt 3D và các biểu đồ xu thế thời gian thực được xem là thành phần không thể thiếu. Những công cụ này giúp chuyển đổi các bảng số liệu phức tạp, rời rạc thành thông tin dễ hiểu và trực quan, phục vụ cả kỹ sư kỹ thuật và nhà quản lý trong việc đánh giá trạng thái nền đất, công trình và môi trường.

Bên cạnh khả năng trực quan hóa dữ liệu, frontend được định hướng hỗ trợ tương tác nâng cao: cho phép người dùng tương tác trực tiếp với các điểm dữ liệu, thêm ghi chú, đánh dấu, gắn thẻ hình ảnh/video hiện trường, kiểm tra chất lượng dữ liệu và đồng bộ hóa với hệ thống backend. Việc này đảm bảo dữ liệu được cập nhật liên tục, chính xác và sẵn sàng cho các bước phân tích, mô hình hóa hoặc báo cáo kỹ thuật.

Ngoài ra, báo cáo cũng định hướng frontend có khả năng mở rộng tích hợp các mô hình 3D, mô hình địa chất – địa kỹ thuật và các công cụ phân tích nâng cao trong tương lai, bao gồm mô phỏng ổn định mái dốc, mô phỏng ứng xử nền

móng và các thuật toán hỗ trợ quản lý rủi ro. Đây là bước chuẩn bị quan trọng để triển khai Digital Twin, kết hợp dữ liệu thời gian thực và trí tuệ nhân tạo, hỗ trợ dự báo diễn biến công trình, phát hiện sớm dấu hiệu bất thường và tối ưu hóa quy trình quản lý dự án.

Như vậy, phương pháp nghiên cứu và tiếp cận frontend trong báo cáo không chỉ nhằm mô tả các công nghệ hiện có, mà còn xây dựng một khung tiếp cận hệ thống, lấy nghiệp vụ địa chất công trình – địa kỹ thuật làm trung tâm, đồng thời tích hợp các công cụ GIS, dashboard, dữ liệu 3D và khả năng mở rộng trong tương lai. Cách tiếp cận này tạo nền tảng vững chắc cho việc triển khai các ứng dụng chuyển đổi số, nâng cao hiệu quả khảo sát, phân tích, giám sát và ra quyết định trong lĩnh vực địa kỹ thuật và môi trường..

4. XÂY DỰNG VÀ ĐÁNH GIÁ CÁC TÍNH NĂNG FRONTEND ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG

4.1.1 Frontend định vị không gian và quản lý điểm khảo sát

Định vị không gian và quản lý điểm khảo sát là chức năng nền tảng của frontend di động trong lĩnh vực địa chất công trình – địa kỹ thuật. Thông qua việc khai thác hệ thống GPS/GNSS tích hợp trên điện thoại thông minh, ứng dụng cho phép xác định chính xác vị trí không gian của các đối tượng khảo sát như lỗ khoan địa chất, điểm xuyên tiêu chuẩn (SPT), xuyên tĩnh (CPT), hố đào khảo sát, vị trí thí nghiệm hiện trường hoặc các điểm quan trắc địa kỹ thuật – môi trường.

Tại thời điểm tạo mới một điểm khảo sát, frontend tự động ghi nhận và lưu trữ các thông tin không gian – thời gian cơ bản bao gồm tọa độ mặt bằng, cao độ địa hình (theo hệ quy chiếu được thiết lập), thời gian khảo sát và mã người thực hiện. Cơ chế này giúp đảm bảo tính khách quan, tính toàn vẹn và khả năng truy xuất nguồn gốc của dữ liệu, đồng thời giảm thiểu sai sót do nhập liệu thủ công hoặc ghi chép rời rạc.

Các điểm khảo sát sau khi được tạo lập sẽ được hiển thị trực tiếp trên bản đồ nền GIS của ứng dụng. Frontend cho phép phân biệt các loại điểm bằng hệ thống ký hiệu và màu sắc trực quan (ví dụ: lỗ khoan, điểm xuyên, điểm thí nghiệm, điểm quan trắc), giúp người dùng nhanh chóng nhận diện và kiểm soát phân bố khảo sát trong không gian. Người sử dụng có thể phóng to, thu nhỏ, bật tắt lớp dữ liệu và truy vấn thông tin chi tiết của từng điểm ngay trên giao diện bản đồ.

Trong thực tế khảo sát các công trình tuyến như đường giao thông, đường ống hoặc đê điều, giao diện bản đồ trên điện thoại thông minh cho phép kỹ sư theo dõi mật độ và khoảng cách giữa các lỗ khoan theo tuyến. Nhờ đó, các đoạn còn thiếu dữ liệu, bố trí

chưa hợp lý hoặc sai lệch so với phương án khảo sát ban đầu có thể được phát hiện và điều chỉnh ngay tại hiện trường, góp phần nâng cao hiệu quả tổ chức khảo sát và giảm chi phí khảo sát bổ sung.

1. Màn hình Định vị & Quản lý điểm khảo sát (GIS Map)

Đây là màn hình chủ đạo, sử dụng nền tảng bản đồ số (Google Maps, Mapbox hoặc ArcGIS API).

- **Giao diện Map:** Bản đồ toàn màn hình với các Pin (ghim) vị trí.
- **Hệ thống ký hiệu:** *  Hình tròn xanh: Lỗ khoan địa chất.
 -  Tam giác đỏ: Điểm xuyên SPT/CPT.
 -  Hình vuông xanh lá: Điểm quan trắc môi trường.
- **Thanh công cụ (Sidebar/Floating Button):** * Nút "**Thêm điểm mới**" (+): Tự động lấy GPS, ghi nhận kinh/vĩ độ, cao độ và thời gian thực.
 - Nút "**Lớp bản đồ**": Bật/tắt các lớp dữ liệu (Giao thông, Địa hình, Vệ tinh).
- **Tính năng tương tác:** Khi chạm vào một điểm, hiện một **Popup** tóm tắt thông tin: Mã hiệu, Độ sâu dự kiến, Người thực hiện.

4.1.2 Frontend phân loại đất đá và mô tả địa tầng

Trên cơ sở các điểm khảo sát đã được định vị và quản lý, frontend di động đóng vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ phân loại đất đá và mô tả địa tầng trực tiếp tại hiện trường. Ứng dụng cung cấp các danh mục lựa chọn được xây dựng dựa trên các hệ thống phân loại tiêu chuẩn đang được sử dụng phổ biến như TCVN, ASTM hoặc ISO, đồng thời cho phép mở rộng, tùy biến theo yêu cầu cụ thể của từng dự án hoặc đơn vị tư vấn.

Quá trình nhập liệu địa tầng được hỗ trợ bởi các trường thông tin có cấu trúc, bao gồm loại đất đá, màu sắc, trạng thái, độ ẩm, mức độ phong hóa, cấu tạo và các đặc trưng khác. Cách tiếp cận này giúp hạn chế tối đa việc mô tả tự do thiếu thống nhất, vốn thường gây khó khăn trong quá trình tổng hợp, so sánh và phân tích dữ liệu giữa các lỗ khoan hoặc giữa các dự án khác nhau.

Frontend được thiết kế theo nguyên tắc kế thừa theo chiều sâu, trong đó các thông tin về cao độ mặt đất, cao độ đáy lớp và chiều sâu được tự động đề xuất khi người dùng tạo lớp địa tầng mới. Thông thường, các lớp địa tầng được nhập theo trình tự từ trên xuống dưới, giúp đảm bảo tính liên tục, hợp lý và dễ kiểm soát của mặt cắt địa chất trong từng lỗ khoan hoặc hố đào.

Bên cạnh đó, hệ thống thư viện thuộc tính đối tượng cho phép người dùng lựa chọn nhanh các giá trị đã được chuẩn hóa, đồng thời hỗ trợ gợi ý thông minh dựa trên dữ liệu đã nhập trước đó. Điều này không chỉ giúp tăng tốc độ nhập liệu tại hiện trường mà còn nâng cao mức độ đồng nhất của dữ liệu địa tầng trong toàn bộ dự án khảo sát.

2. Giao diện Mô tả địa tầng & Phân loại đất đá

Màn hình này tập trung vào tính logic và kế thừa dữ liệu từ trên xuống dưới.

- **Cấu trúc phân tầng (Vertical List):** Hiển thị danh sách các lớp đất theo chiều sâu.
 - Ví dụ: Lớp 1 (0.0m - 2.5m), Lớp 2 (2.5m - 8.0m).
- **Biểu mẫu nhập liệu thông minh (Smart Form):**
 - **Dropdown menu:** Chọn loại đất theo tiêu chuẩn (TCVN/ASTM) như: Sét, cát, cuội sỏi, đá phong hóa...
 - **Thanh trượt/Chọn nhanh:** Chọn màu sắc, trạng thái (dẻo chảy, dẻo mềm, nửa cứng...), độ ẩm.
- **Logic tự động:** Khi kết thúc lớp 1 ở 2.5m, lớp 2 sẽ tự động nhảy số bắt đầu từ 2.5m.

4.1.3 Frontend nhập liệu khoan, xuyên và thí nghiệm hiện trường

Gắn liền với mô tả địa tầng, frontend di động cung cấp các biểu mẫu số chuyên biệt phục vụ nhập liệu cho từng loại công tác khảo sát địa chất công trình – địa kỹ thuật. Các biểu mẫu này được thiết kế bám sát quy trình kỹ thuật và tiêu chuẩn hiện hành, cho phép thay thế hoàn toàn sổ ghi chép truyền thống bằng hình thức số hóa ngay tại hiện trường.

Đối với công tác khoan địa chất, frontend hỗ trợ nhập liệu theo chiều sâu, bao gồm thông tin về chiều sâu khoan, mô tả mẫu đất đá, trạng thái mẫu, tỷ lệ thu hồi lõi và các ghi chú kỹ thuật liên quan. Đối với công tác xuyên, hệ thống hỗ trợ các loại xuyên phổ biến như SPT, CPT hoặc xuyên nhẹ, với các trường dữ liệu tương ứng như số búa, lực xuyên, sức kháng mũi, ma sát thành và các thông số đo đạc khác.

Đối với thí nghiệm hiện trường, frontend cho phép nhập và quản lý các dữ liệu như thí nghiệm cắt cánh (vane shear), thí nghiệm thấm hiện trường, đo mực nước ngầm hoặc các thí nghiệm chuyên sâu khác. Việc nhập liệu được thực hiện theo từng bước thí nghiệm hoặc từng khoảng chiều sâu, giúp dữ liệu được tổ chức có cấu trúc rõ ràng và sẵn sàng cho các bước phân tích tiếp theo.

Trong thực tế khảo sát nền móng nhà cao tầng, số liệu SPT có thể được nhập trực tiếp theo từng mét khoan ngay trên điện thoại thông minh, đồng thời tự động liên kết với vị trí lỗ khoan trên bản đồ GIS. Cách làm này giúp giảm đáng kể thời gian xử lý dữ liệu hậu kỳ, đồng thời hạn chế sai sót do nhập lại số liệu từ sổ tay sang máy tính.

3. Biểu mẫu Số hóa Khoan & Thí nghiệm hiện trường

Thay thế hoàn toàn sổ ghi chép hiện trường bằng các bảng nhập liệu tối ưu cho cảm ứng.

- **Tab điều hướng:** Chia thành các tab: [Khoan] - [SPT/CPT] - [Thí nghiệm khác].
- **Bảng số liệu SPT:**
 - Cột nhập số búa cho từng hiệp xuyên (15cm đầu, 15cm giữa, 15cm cuối).
 - Hệ thống tự động cộng tổng N_{SPT} và vẽ biểu đồ đường ngay tại chỗ để kiểm tra tính hợp lý.
- **Theo dõi mực nước ngầm:** Ô nhập liệu ngày/giờ và độ sâu mực nước xuất hiện, mực nước ổn định.

4.1.4 Ghi nhận hình ảnh, video và dữ liệu bổ trợ

Một ưu thế nổi bật của frontend di động là khả năng tích hợp ghi nhận dữ liệu đa phương tiện trực tiếp tại hiện trường. Thông qua camera của điện thoại thông minh, người dùng có thể chụp ảnh hoặc quay video mẫu đất, lõi khoan, mặt cắt hố đào, hiện trạng mái dốc hoặc các hiện tượng địa kỹ thuật đặc biệt.

Frontend cho phép đính kèm các hình ảnh và video này vào từng bản ghi dữ liệu khảo sát hoặc từng lớp địa tầng cụ thể. Các tệp đa phương tiện được tự động gắn tọa độ và thời gian, qua đó hỗ trợ hiệu quả cho công tác kiểm tra, đối chiếu và giải trình kỹ thuật trong các giai đoạn thiết kế, thẩm tra và thi công.

Ngoài ra, hình ảnh và video có thể được gắn thẻ liên kết với các đối tượng dữ liệu khác như điểm xuyên, kết quả thí nghiệm hoặc sự kiện quan trắc. Trong thực tế, việc đính kèm ảnh lõi khoan theo từng lớp địa tầng giúp kỹ sư thiết kế và chuyên gia thẩm tra hình dung rõ hơn điều kiện nền đất, ngay cả khi không trực tiếp tham gia khảo sát hiện trường.

4. Thư viện Đa phương tiện (Hình ảnh & Video)

Giao diện quản lý hình ảnh gắn liền với dữ liệu kỹ thuật.

- **Gallery theo lớp đất:** Mỗi lớp địa tầng có một icon camera. Nhấp vào sẽ mở kho ảnh của riêng lớp đó (Ảnh mẫu lõi, ảnh hố đào).
- **Gắn thẻ tự động (Watermark):** Hình ảnh khi chụp qua app sẽ tự động chèn đè (Overlay) thông tin: Tọa độ GPS, Mã lỗ khoan, Độ sâu, Ngày giờ.
- **Trình xem Video:** Hỗ trợ xem lại các đoạn quay video mô tả trạng thái mẫu đất tại hiện trường.

4.1.5 Dashboard quan trắc và phân tích dữ liệu thời gian thực

Với sự phát triển của các hệ thống quan trắc tự động và IoT, frontend đóng vai trò trung tâm trong việc tổng hợp, hiển thị và phân tích dữ liệu quan trắc theo thời gian thực.

Các dashboard được thiết kế theo hướng gọn nhẹ, trực quan, phù hợp với cả thiết bị di động và màn hình lớn tại văn phòng hoặc trung tâm điều hành.

Một dashboard quan trắc hiệu quả cần thể hiện rõ các thông số then chốt như độ lún, chuyển vị, mực nước ngầm, áp lực nước lỗ rỗng hoặc các chỉ số môi trường liên quan. Các thông số này được trình bày dưới dạng biểu đồ xu thế theo thời gian, kết hợp với các ngưỡng cảnh báo được thiết lập sẵn để hỗ trợ phát hiện sớm các dấu hiệu bất thường.

Trong các dự án quan trắc mái dốc, hồ đào sâu hoặc nền móng công trình lớn, dashboard trên frontend cho phép kỹ sư theo dõi liên tục trạng thái ổn định của công trình, kịp thời đưa ra các quyết định điều chỉnh biện pháp thi công hoặc ứng phó rủi ro.

5. Dashboard Quan trắc & Cảnh báo (Real-time)

Dành cho quản lý và kỹ sư theo dõi biến động công trình.

- **Biểu đồ đường (Line Chart):** Hiển thị diễn biến độ lún, áp lực nước lỗ rỗng theo thời gian.
- **Hệ thống đèn tín hiệu (Traffic Light):**
 -  **Xanh:** An toàn.
 -  **Vàng:** Chạm ngưỡng cảnh báo (Warning).
 -  **Đỏ:** Vượt ngưỡng nguy hiểm (Critical) - App sẽ gửi thông báo đẩy (Push Notification).
- **Báo cáo nhanh:** Nút xuất file PDF/Excel báo cáo ngày ngay trên điện thoại để gửi qua Zalo/Email cho các bên liên quan.

4.1.6 Tính năng quản lý, báo cáo và tương tác người dùng

Bên cạnh các chức năng thu thập và hiển thị dữ liệu, frontend di động cần tích hợp các tính năng quản lý và tương tác người dùng nhằm hoàn thiện chu trình làm việc số. Hệ thống phân quyền cho phép quản lý vai trò của từng người dùng, đảm bảo mỗi cá nhân chỉ truy cập và chỉnh sửa các dữ liệu phù hợp với trách nhiệm được giao.

Khi các thông số kỹ thuật hoặc quan trắc vượt ngưỡng cho phép, frontend hiển thị cảnh báo trực quan và hỗ trợ xuất báo cáo kỹ thuật theo các định dạng tiêu chuẩn. Đồng thời, việc ghi nhận lịch sử thao tác và chỉnh sửa dữ liệu góp phần nâng cao tính minh bạch và trách nhiệm trong môi trường làm việc số, đặc biệt quan trọng đối với các dự án địa chất công trình – địa kỹ thuật có nhiều bên tham gia.

5. KẾT LUẬN VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Báo cáo đã làm rõ vai trò của frontend trong các ứng dụng chuyển đổi số địa kỹ thuật và môi trường, đồng thời đề xuất các định hướng xây dựng tính năng phù hợp với đặc thù chuyên ngành. Trong tương lai, việc tích hợp AI, Digital Twin và các công nghệ

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1/. Tan W., Wu S., Li Y., Guo Q. (2025) – Digital Twins’ Application for Geotechnical Engineering: A Review of Current Status and Future Directions in China (Applied Sciences)
- 2/. Yuxin Wang, Alireza Rezaei & Stephen Hicks (2025) – Digital twin applications in geotechnical engineering: a systematic review
- 3/. Stephen Wu, Yu Otake, Yosuke Higo & Ikumasa Yoshida (2023) – Pathway to a fully data-driven geotechnics: lessons from materials informatics
- 4/. Robert D. Holtz & William D. Kovacs – An Introduction to Geotechnical Engineering (Textbook)
- 5/. S. Li, S. Dragicevic, F. Anton, M. Sester et al. (2015) – Geospatial Big Data Handling Theory and Methods: A Review and Research Challenges