



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0054036

(51)^{2024.01} G06T 17/05; G06T 17/00

(13) B

(21) 1-2025-07741

(22) 01/11/2024

(67) 2-2024-00721

(45) 25/11/2025 452

(43) 03/02/2025 442ASC

(73) CÔNG TY TNHH ĐỊA CHÍNH VÀ XÂY DỰNG NAM HÀ NỘI (VN)
số 619, khu ga, thị trấn Văn Điển, huyện Thanh Trì, thành phố Hà Nội

(72) Lại Thiên Phong (VN); Đặng Nguyên Vũ (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP GIÁM SÁT CHUYỂN ĐỔI SỐ ĐA NGÀNH TRÊN NỀN TẢNG
BẢN SAO SỔ

(21) 1-2025-07741

(57) Sáng chế này đề cập đến phương pháp giám sát và quản lý chuyển đổi số đa ngành dựa trên nền tảng bản sao số (Digital Twin), sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI), cảm biến IoT, và dữ liệu địa không gian để thu thập, xử lý và phân tích dữ liệu từ nhiều lĩnh vực như tài nguyên môi trường, giao thông, xây dựng, và lâm nghiệp. Phương pháp này nhằm mục đích tích hợp dữ liệu từ các nguồn khác nhau, cung cấp giám sát tự động, dự báo rủi ro, và đưa ra các cảnh báo sớm.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp giám sát chuyển đổi số đa ngành trên nền tảng bản sao số (Digital Twin), sử dụng để xây dựng mô hình kỹ thuật số của các hạ tầng và dữ liệu từ nhiều lĩnh vực như tài nguyên môi trường, giao thông, xây dựng và lâm nghiệp. Phương pháp này tích hợp dữ liệu từ các cảm biến IoT và dữ liệu địa không gian, sau đó xử lý và hiển thị trên mô hình bản sao số. Trong đó, mô hình bản sao số giúp hỗ trợ quản lý và phát hiện vi phạm trong xây dựng, lấn chiếm đất đai, và cung cấp cảnh báo ngập lụt. Đồng thời, Sáng chế còn đưa ra phương pháp giám sát và tính toán khối lượng khai thác mỏ, quản lý ranh giới cấp phép, và đo lường sinh khối cây rừng. Ngoài ra, nó cho phép theo dõi và đánh giá tình trạng đường xá, phát hiện hư hỏng như nứt, sụt lún, và hỗ trợ sửa chữa, bảo trì giao thông. Mô hình bản sao số hiển thị trực quan tình trạng đường xá theo thời gian thực, từ đó tối ưu hóa quá trình bảo dưỡng một cách hiệu quả.

Tình trạng kỹ thuật của Sáng chế

Các phương pháp hiện có thường gặp phải nhiều hạn chế trong việc quản lý và giám sát hạ tầng, tài nguyên và các lĩnh vực đa ngành khác nhau như tài nguyên môi trường, giao thông, xây dựng, và lâm nghiệp. Cụ thể: nhiều sản phẩm hiện tại chỉ tập trung vào một lĩnh vực cụ thể và thiếu khả năng tích hợp dữ liệu từ nhiều nguồn. Điều này khiến việc liên kết và phân tích thông tin đa ngành trở nên phức tạp, làm giảm hiệu quả trong quản lý và ra quyết định dựa trên dữ liệu toàn diện. Ngoài ra, hầu hết các hệ thống giám sát trên thị trường đều dựa vào giám sát thủ công hoặc các công cụ không tự động, dẫn đến việc chậm trễ trong phát hiện các vi phạm, chẳng hạn như xây dựng trái phép hoặc lấn chiếm đất đai. Hơn nữa, việc theo

dối tình trạng hạ tầng giao thông thường không được thực hiện theo thời gian thực, gây khó khăn trong việc quản lý và bảo trì kịp thời. Hơn nữa các giải pháp hiện có thiếu khả năng phân tích dữ liệu thời gian thực để đưa ra dự báo chính xác về các tình huống khẩn cấp như ngập lụt, sụt lún hoặc sự cố hạ tầng. Điều này làm giảm khả năng phòng ngừa rủi ro và xử lý các vấn đề ngay khi chúng xảy ra. Nhiều sản phẩm vẫn sử dụng công nghệ 2D hoặc hình ảnh vệ tinh với độ phân giải thấp, không thể cung cấp cái nhìn trực quan chi tiết về các hạ tầng hoặc công trình. Điều này làm giảm khả năng theo dõi và đánh giá tình trạng thực tế của các đối tượng cần quản lý. Một số giải pháp không hỗ trợ truy cập từ xa hoặc qua các thiết bị di động, khiến cho người dùng khó tiếp cận và chia sẻ thông tin một cách linh hoạt, đặc biệt là khi cần ra quyết định tức thời.

Vì vậy, các sản phẩm hiện tại chưa giải quyết được đầy đủ nhu cầu về tích hợp dữ liệu đa ngành, giám sát thông minh và cảnh báo thời gian thực trong quản lý đô thị, tài nguyên và hạ tầng. Những hạn chế này tạo ra khoảng trống cho một giải pháp toàn diện hơn, như Sáng chế về nền tảng bản sao số (Digital Twin), cho phép giám sát và quản lý đa ngành một cách đồng bộ và hiệu quả.

Bản chất kỹ thuật của Sáng chế

Mục đích của Sáng chế là cung cấp một phương pháp giám sát và quản lý chuyển đổi số đa ngành dựa trên nền tảng bản sao số (Digital Twin), nhằm tạo ra một hệ thống kỹ thuật số đồng bộ và thông minh để quản lý, giám sát, và dự báo trong các lĩnh vực như tài nguyên môi trường, giao thông, xây dựng, và lâm nghiệp.

Cụ thể, Sáng chế đề xuất phương án tích hợp dữ liệu từ nhiều ngành: giúp thu thập và hợp nhất dữ liệu từ các nguồn khác nhau, như dữ liệu địa không

gian, cảm biến IoT, và thông tin quy hoạch, để tạo nên một cơ sở dữ liệu tập trung cho nhiều lĩnh vực, từ đó dễ dàng quản lý và truy cập. Ngoài ra, tăng cường khả năng giám sát tự động và phát hiện vi phạm: Sáng chế cho phép hệ thống tự động phát hiện các vi phạm trong xây dựng, lấn chiếm đất đai, và các bất thường về hạ tầng (như sụt lún, nứt đường). Điều này giúp giảm bớt sự phụ thuộc vào con người trong việc giám sát và phát hiện sớm các vấn đề. Sáng chế cũng cung cấp một hệ thống cảnh báo sớm khi phát hiện các nguy cơ như ngập lụt, suy thoái môi trường, hoặc các sự cố hạ tầng. Nhờ đó, các cơ quan quản lý có thể đưa ra các biện pháp phòng ngừa và khắc phục kịp thời. Sáng chế cũng đề ra giải pháp cải thiện tính trực quan và truy cập dữ liệu thời gian thực để cho phép người dùng truy cập và hiển thị dữ liệu một cách trực quan trên các thiết bị di động hoặc nền tảng trực tuyến. Điều này giúp người dùng có thể giám sát các đối tượng và tình trạng hạ tầng theo thời gian thực, đồng thời ra quyết định nhanh chóng và chính xác hơn. Sáng chế cũng đề xuất mô hình bản sao số giúp cải thiện quá trình quản lý và bảo trì hạ tầng giao thông, xây dựng và tài nguyên, thông qua việc theo dõi, đánh giá, và phân tích tình trạng hạ tầng theo thời gian thực. Từ đó, quá trình bảo trì, sửa chữa trở nên hiệu quả và tiết kiệm chi phí.

Sáng chế này nhằm mục đích giải quyết các hạn chế của các hệ thống quản lý hiện tại, nâng cao khả năng tích hợp dữ liệu, giám sát thông minh, và dự báo rủi ro, đồng thời hỗ trợ các cơ quan quản lý và nhà đầu tư trong việc ra quyết định nhanh chóng và hiệu quả.

Mô tả chi tiết Sáng chế

Các bước thực hiện phương pháp giám sát và quản lý chuyển đổi số đa ngành trên nền tảng bản sao số (Digital Twin) được chia thành nhiều giai đoạn, từ thu thập dữ liệu, xử lý, đến hiển thị và giám sát.

Ở bước thu thập dữ liệu, triển khai hệ thống cảm biến IoT: cảm biến IoT được cài đặt tại các khu vực cần giám sát như đường giao thông, công trình xây dựng, rừng, và các khu vực có nguy cơ ngập lụt. Các cảm biến thu thập dữ liệu thời gian thực về tình trạng công trình, mực nước, độ ẩm, nhiệt độ, chuyển động đất, v.v... Trong đó, còn bao gồm bước thu thập dữ liệu địa không gian và quy hoạch bằng cách sử dụng hệ thống GIS để thu thập dữ liệu địa lý, bản đồ quy hoạch và kế hoạch sử dụng đất; lấy dữ liệu từ các nguồn vệ tinh, máy bay không người lái (drone) hoặc các hệ thống cảm biến khác để ghi nhận các thay đổi không gian theo thời gian thực.

Ở bước tích hợp dữ liệu từ cơ quan quản lý, lấy dữ liệu quy hoạch đô thị, xây dựng và các giấy phép khai thác khoáng sản từ cơ quan nhà nước. Ngoài ra, kết hợp dữ liệu về sinh khối rừng, quản lý tài nguyên khoáng sản và các thông tin pháp lý khác liên quan đến tài nguyên môi trường. Dữ liệu địa chính ở mỗi nước có đặc trưng quản lý riêng biệt. Ở VN các dữ liệu địa chính vẫn quản lý ở dạng hồ sơ giấy hoặc hồ sơ số dạng tĩnh (không thuộc tính). Để chuyển đổi dữ liệu địa chính sang GIS. Nguồn dữ liệu đầu vào được lấy từ dữ liệu hiện đang được sử dụng tại địa phương. Cấu trúc dữ liệu được phân chia theo từng tờ bản đồ. Mỗi tờ bản đồ sẽ bao gồm các file dữ liệu như sau:

- File DGN chứa dữ liệu bản đồ địa chính của tờ bản đồ.
- File DBF chứa dữ liệu chủ sử dụng các thửa đất trong tờ bản đồ đi kèm file DGN

Tiến hành chuyển đổi các file định dạng *.dgn (sử dụng trong Microstation) sang dạng *.GDB (sử dụng trong ArcGIS) bằng các công cụ được tạo ra bằng các công cụ chuyển đổi được phát triển riêng. Các công cụ chuyển đổi được lập trình mới giúp cho công việc chuyển đổi nhanh chóng và tự động hóa.

Dữ liệu thu thập từ các nguồn khác nhau sẽ được chuẩn hóa để đồng nhất về định dạng và hệ quy chiếu. Ví dụ, dữ liệu địa lý sẽ được chuyển đổi về cùng hệ tọa độ và chuẩn hóa theo các quy định kỹ thuật hiện hành.

Sau khi chuẩn hóa, dữ liệu được nhập vào một cơ sở dữ liệu tập trung. Hệ thống tập trung này liên kết dữ liệu từ nhiều lĩnh vực như giao thông, tài nguyên môi trường, lâm nghiệp và xây dựng để tạo ra một mô hình toàn diện.

Xây dựng mô hình bản sao số (Digital Twin) từ dữ liệu đã tích hợp, tạo lập một mô hình bản sao số mô phỏng các đối tượng cần giám sát như hạ tầng giao thông, công trình xây dựng, sinh khối rừng, và khu vực khai thác khoáng sản. Mô hình này hiển thị các đối tượng trong không gian 3D và phản ánh trạng thái hiện tại của chúng.

Mô hình bản sao số được cập nhật liên tục từ các dữ liệu thời gian thực thu thập qua cảm biến IoT và dữ liệu vệ tinh. Điều này cho phép mô hình phản ánh chính xác tình trạng hiện tại và dự đoán các biến đổi sắp tới của các đối tượng giám sát.

Phân tích dữ liệu bằng trí tuệ nhân tạo (AI) các dữ liệu đã thu thập, so sánh với các mô hình lý tưởng và quy hoạch đã được duyệt. Hệ thống phát hiện các thay đổi bất thường hoặc vi phạm như xây dựng không phép, lấn chiếm đất đai, hoặc sai phạm về mật độ xây dựng.

Dữ liệu thời gian thực từ các cảm biến sẽ được sử dụng để dự báo các rủi ro như ngập lụt, sụt lún hoặc các sự cố môi trường. Mô hình AI phân tích lịch sử dữ liệu và mô hình hóa các tình huống tiềm ẩn để đưa ra cảnh báo sớm và đề xuất giải pháp phòng ngừa.

Hệ thống sẽ tự động giám sát và theo dõi các hoạt động liên quan đến xây dựng, giao thông, và khai thác tài nguyên. Ngoài ra, phát hiện các vi phạm trong xây dựng như chiều cao vượt quá quy hoạch, lấn chiếm đất đai, hoặc sử dụng sai mục đích đất. Dữ liệu từ cảm biến giao thông sẽ giúp phát hiện sụt lún, nứt đường, hoặc các sự cố hạ tầng khác cần bảo trì hoặc sửa chữa. Khi có sự cố xảy ra, hệ thống sẽ ngay lập tức gửi cảnh báo đến trung tâm điều hành hoặc các bên liên quan.

Khi phát hiện các vi phạm hoặc sự cố, hệ thống sẽ gửi cảnh báo đến các cơ quan quản lý thông qua nhiều kênh thông tin như email, tin nhắn hoặc ứng dụng di động. Các cảnh báo sẽ bao gồm thông tin chi tiết về vị trí, mức độ vi phạm hoặc sự cố, giúp người quản lý dễ dàng ra quyết định. Dựa trên các cảnh báo, các cơ quan chức năng có thể thực hiện các biện pháp xử lý, chẳng hạn như yêu cầu dừng công trình xây dựng, điều động lực lượng khắc phục sự cố hạ tầng, hoặc cảnh báo người dân về tình hình thiên tai sắp xảy ra.

Hệ thống cung cấp giao diện hiển thị trực quan, giúp người dùng có thể theo dõi các đối tượng giám sát dưới dạng mô hình 3D và thời gian thực. Các lớp dữ liệu khác nhau như quy hoạch đất đai, hiện trạng xây dựng, và tình trạng giao thông có thể được hiển thị hoặc ẩn đi tùy theo yêu cầu quản lý.

Người dùng có thể truy cập dữ liệu và mô hình bản sao số từ xa thông qua các thiết bị như điện thoại di động, máy tính bảng hoặc máy tính cá nhân. Điều này giúp các cơ quan quản lý và nhà đầu tư có thể theo dõi tình trạng hạ tầng và công trình bất kỳ lúc nào và ở bất kỳ đâu.

Hệ thống có thể được mở rộng thêm tính năng mới như quản lý năng lượng, đo lường tín chỉ carbon hoặc hỗ trợ công tác giải phóng mặt bằng. Các cải tiến liên

tục giúp hệ thống linh hoạt và mở rộng quy mô ứng dụng cho nhiều lĩnh vực khác nhau.

Phương pháp này bao gồm các bước từ thu thập dữ liệu, chuẩn hóa, tích hợp vào mô hình bản sao số, cho đến việc phân tích, giám sát và cảnh báo. Hệ thống thực hiện phương pháp này giúp các cơ quan quản lý nâng cao hiệu quả giám sát, phát hiện và phản ứng nhanh chóng với các sự cố hoặc vi phạm trong nhiều lĩnh vực.

Trong trường hợp này, trí tuệ nhân tạo (AI) được xây dựng và triển khai để thực hiện các chức năng chính như phân tích dữ liệu, dự báo rủi ro, phát hiện vi phạm, và đưa ra các quyết định tự động dựa trên các dữ liệu thu thập từ hệ thống cảm biến IoT và các nguồn khác. Mô hình AI trong Sáng chế này được xây dựng dựa trên việc thu thập và phân tích dữ liệu đa ngành từ nhiều nguồn khác nhau, sử dụng các thuật toán học máy và học sâu để tự động hóa giám sát, dự báo và cảnh báo. AI tích hợp với mô hình bản sao số, giúp tối ưu hóa khả năng giám sát thời gian thực, dự đoán rủi ro, và phản ứng kịp thời, từ đó cải thiện hiệu quả quản lý và bảo trì hạ tầng, tài nguyên và môi trường. Trong đó, công nghệ bay chụp UAV kết hợp với công nghệ quét 3D mặt đất. Cụ thể hơn, bằng công nghệ AI và thu thập dữ liệu địa không gian 3D, các dữ liệu sẽ được so sánh với nhau giữa các chu kỳ, từ đó thấy được sự khác nhau của chiều cao các công trình cũng như sự thay đổi về hiện trạng sử dụng đất. Công nghệ AI tự động nhận dạng các vị trí sai khác trên ảnh 2D hoặc dữ liệu 3D. Từ đó đưa ra dữ liệu sai khác thể hiện trên phần mềm quản lý. Khảo sát bằng công nghệ bay chụp là việc sử dụng một thiết bị bay chụp (UAV hoặc Drone) để lấy dữ liệu từ trên không bằng camera độ nét cao kết hợp với bộ thu tín hiệu vệ tinh GPS. Ở những khu vực có nhiều công trình, thực phủ nhiều, nơi không thể áp dụng công nghệ bay chụp ảnh, việc áp dụng thêm công nghệ quét 3D laser mặt đất rất quan trọng. Với các công nghệ hiện đại hiện nay như giải pháp quét 3D di động có thể giảm thời gian thu thập rất nhiều với những khu vực khó tiếp cận.

Bằng cách sử dụng công nghệ AI tự động nhận dạng các điểm giống nhau của dữ liệu ảnh trên cao và mặt đất, kết hợp với dữ liệu đám mây điểm của 2 công nghệ ở trên. Phần mềm tự động xây dựng mô hình 3D tổng thể.

Để tối ưu hóa dữ liệu 3D từ một khối dữ liệu khổng lồ. Sáng chế đã tạo ra công cụ tối ưu hóa bằng cách phân mảnh nhỏ khối dữ liệu đó và sử dụng trên phần mềm tích hợp.

- Định dạng file OBJ là một trong những định dạng file quan trọng nhất trong các ứng dụng in 3D và đồ họa 3D. Đây là định dạng tiện dụng để in 3D nhiều màu và được sử dụng rộng rãi làm định dạng trao đổi trung gian giữa các mô hình 3D dạng khối. Định dạng file OBJ lưu trữ thông tin về các mô hình 3D. Nó có thể mã hóa hình học bề mặt của mô hình 3D và cũng có thể lưu trữ thông tin màu sắc và kết cấu. Định dạng này không lưu trữ bất kỳ thông tin texture nào (như vị trí ánh sáng) hoặc animation.

Định dạng file OBJ thường được tạo bởi phần mềm thiết kế 3D – CAD (Computer Aided Design) như một sản phẩm cuối cùng của quy trình thiết kế mô hình 3D. Định dạng file OBJ là mã nguồn mở và trung tính. Nó được sử dụng nhiều để chia sẻ các mô hình 3D trong các ứng dụng đồ họa vì nó được hỗ trợ nhập và xuất tốt từ hầu hết các phần mềm CAD. Trong những năm gần đây, nó cũng đang trở nên phổ biến dưới dạng định dạng file thực tế cho in 3D nhiều màu vì định dạng in 3D tiêu chuẩn STL không hỗ trợ thông tin màu sắc và kết cấu.

Định dạng file OBJ ban đầu được tạo bởi Wavefront Technologies cho ứng dụng Advanced Visualizer của nó để lưu trữ các đối tượng hình học bao gồm các đường, đa giác và các đường cong và bề mặt dạng tự do. Phiên bản gần đây nhất là v3.0, thay thế cho phiên bản v2.11 trước đó.

File OBJ có thể có cấu trúc là một file OBJ đơn lẻ hoặc một nhóm nhiều file Obj được chia nhỏ. Đối với cấu trúc đơn lẻ, một file OBJ cho một đối tượng lớn dạng công trình thường có kích thước vô cùng lớn chỉ cho phép kỹ thuật viên thao tác trên máy tính cá nhân mà khó có thể chia sẻ. Vì vậy giải pháp tạo ra một nhóm nhiều file OBJ được chia nhỏ thành từng phần có thể được gọi là OBJ Tiles.

Với OBJ Tiles là một định nghĩa cao cấp hơn về mô hình. Mô hình 3D ở dạng này sẽ được chia nhỏ thành từng phần, có thể chia đều hoặc chia ở dạng Kim tự tháp. Cho phép dữ liệu được đọc nhanh và tối ưu hơn ở định dạng OBJ.

Tuy nhiên đối với hệ thống online, các dữ liệu OBJ Tile cần được tối ưu hơn nữa ở định dạng chuyên dụng. Với các thuật toán chuyển đổi và xây dựng tối ưu. Công ty đã đưa các dữ liệu OBJ với khối lượng lớn lên hệ thống online. Các OBJ Tiles được chuẩn hóa thành các Lod tree và tạo thành các LODTiles Model, tích hợp hoàn chỉnh lên hệ thống.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp giám sát chuyển đổi số đa ngành trên nền tảng bản sao số (Digital Twin) bao gồm các bước:

a) thu thập dữ liệu đa ngành từ các nguồn khác nhau, cụ thể là:

từ hệ thống cảm biến Internet vạn vật (Internet of Things – IoT): dữ liệu theo thời gian thực về tình trạng công trình, mực nước, độ ẩm, nhiệt độ, chuyển động của đất;

từ hệ thống thông tin địa lý (Geographic Information Systems – GIS): dữ liệu địa lý, bản đồ quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất;

từ vệ tinh và thiết bị bay không người lái (Unmanned Aerial Vehicle – UAV): các dữ liệu về sự thay đổi của không gian theo thời gian thực;

từ các cơ quan quản lý nhà nước: dữ liệu về quy hoạch đô thị, xây dựng, dữ liệu địa chính, giấy phép khai thác khoáng sản, dữ liệu về sinh khối rừng, quản lý tài nguyên khoáng sản và các thông tin pháp lý khác liên quan đến tài nguyên môi trường;

b) chuẩn hóa các dữ liệu thu thập được về một định dạng duy nhất để đảm bảo tính đồng nhất của dữ liệu;

c) lưu trữ và tích hợp các dữ liệu đã được chuẩn hóa vào cơ sở dữ liệu tập trung;

d) xây dựng mô hình bản sao số từ các dữ liệu đã được tích hợp bằng cách hợp nhất không gian và dựng mô hình 3D tổng thể, từ đó tạo mô hình bản sao số mô phỏng toàn bộ các đối tượng cần giám sát trong không gian 3D nhằm phản ánh trạng thái của các đối tượng này theo thời gian thực, trong đó các đối tượng này ít nhất bao gồm:

hạ tầng đô thị và công trình xây dựng;
mạng lưới giao thông;
sinh khối rừng và thảm thực vật;
khu vực khai thác khoáng sản;

e) tối ưu hóa hiệu năng của mô hình 3D bằng cách phân mảnh nhỏ khối dữ liệu, cụ thể là:

phân mảnh dữ liệu dưới dạng các mảnh dữ liệu OBJ Tiles đơn lẻ được chia đều hoặc chia ở dạng kim tự tháp để dễ dàng cập nhật và quản lý theo từng khu vực;

hợp nhất và chuẩn hóa các mảnh dữ liệu OBJ Tiles thành cấu trúc đa mức chi tiết LOD Tiles, từ đó cho phép mô hình vận hành theo thời gian thực, cải thiện tốc độ truy cập, đồng thời có thể được hiển thị ở nhiều độ phân giải khác nhau;

f) giám sát và phân tích để phát hiện sự thay đổi của đối tượng ngoài không gian thực so với đối tượng trên mô hình bản sao số, trong đó bao gồm các bước:

thu thập theo chu kỳ dữ liệu hình ảnh 2D của đối tượng ngoài không gian thực từ trên cao bằng cách sử dụng UAV;

thu thập theo chu kỳ dữ liệu địa không gian 3D theo thời gian thực bằng cách sử dụng công nghệ quét 3D laser mặt đất;

thu thập theo chu kỳ dữ liệu từ hệ thống cảm biến IoT;

thực hiện so sánh theo chu kỳ giữa dữ liệu của đối tượng ngoài không gian thực với đối tượng trên mô hình bản sao số, trong đó sử dụng mô hình trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence – AI) và các mô hình học máy/học sâu (Machine Learning/Deep Learning) nhằm xử lý, phân tích và so sánh dữ liệu để tự động nhận dạng sự khác biệt về vị trí, độ cao, mật độ, độ sụt lún, mực nước, tình trạng ngập lụt, các vết nứt gãy và các sự cố khác, từ đó phát hiện các thay đổi về tình trạng xây dựng, hạ tầng, quy hoạch, giao thông và các điều kiện tự nhiên;

g) trong trường hợp phát hiện sự khác biệt giữa đối tượng ngoài không gian thực với đối tượng trên mô hình bản sao số, tiếp tục giám sát và theo dõi theo chu kỳ để đánh giá sự thay đổi của đối tượng, sau đó:

đối với sự khác biệt về vị trí, độ cao, mật độ, phân tích dữ liệu bằng mô hình AI để đánh giá mức độ thay đổi, đồng thời xác định loại thay đổi, ví dụ như chiều cao vượt quá quy hoạch, lấn chiếm đất đai, khai thác tài nguyên trái phép, v.v..., sau đó gửi cảnh báo đến trung tâm điều hành và/hoặc các bên liên quan;

đối với sự khác biệt về độ sụt lún, mực nước, tình trạng ngập lụt, các vết nứt gãy, phân tích dữ liệu bằng mô hình AI để dự báo rủi ro, mô hình hóa các tình huống tiềm ẩn và đưa ra cảnh báo sớm tới cơ quan chức năng, đồng thời đề xuất giải pháp phòng ngừa và khắc phục tình huống;

h) cung cấp giao diện trực quan tới người dùng, trong đó người dùng có thể truy cập và theo dõi mô hình bản sao số thông qua giao diện người dùng trên thiết bị đầu cuối.