



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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

(11)



2-0004227

(51) **G01B 11/00; G06T 7/60; G06N 3/00**
2024.01

(13) **Y**

(21) 2-2024-00763

(22) 19/11/2024

(45) 25/07/2025 448

(43) 03/02/2025 442ASC

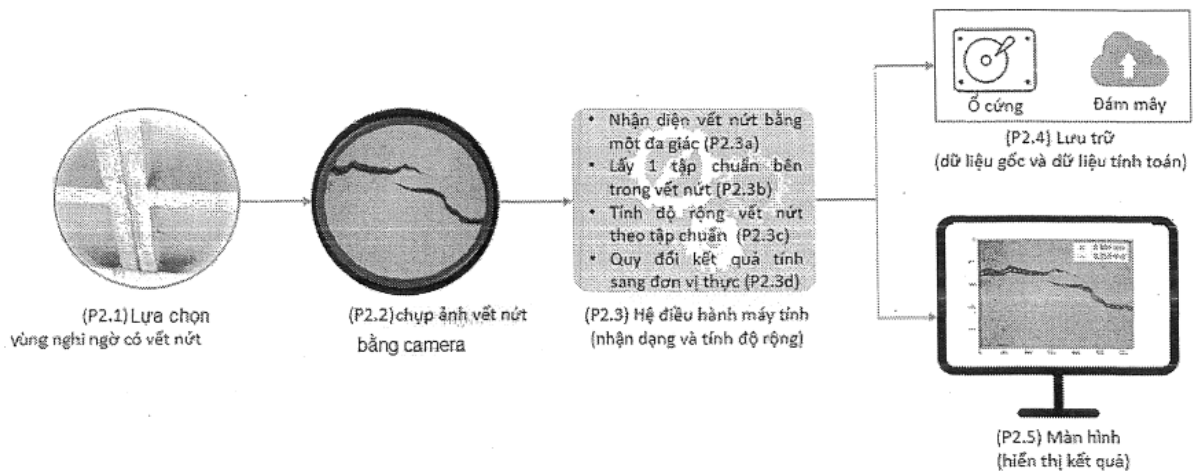
(73) Trường Đại học Bách Khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (VN)
268 Lý Thường Kiệt, Phường 14, Quận 10, Thành phố Hồ Chí Minh

(72) Phan Thành An (VN); Nguyễn Ngọc Hải (VN); Trần Văn Hoài (VN); Lê Hồng Trang (VN); Bùi Đức Vinh (VN); Nguyễn Kiều Linh (VN); Nguyễn Hoàng Hải (VN); Trần Anh Dũng (VN); Trần Văn Tiến (VN); Hồ Quang Chi Bảo (VN).

(54) QUY TRÌNH ĐO ĐỘ RỘNG CỦA CÁC VẾT NÚT ĐÃ CÓ TRÊN BỀ MẶT VẬT
LIỆU CỨNG DỰA TRÊN ẢNH HAI CHIỀU (2D)

(21) 2-2024-00763

(57) Giải pháp hữu ích này đề cập đến quy trình thực hiện đo độ rộng vết nứt dựa trên ảnh hai chiều bằng cách chụp tiếp xúc với vùng nghi ngờ có vết nứt. Trong đó, hình ảnh hai chiều của vết nứt được mô tả bằng một đa giác và được phát hiện trong vùng nghi ngờ có vết nứt bằng trí tuệ nhân tạo. Từ đó, độ rộng của mỗi vết nứt được tính theo tập chuẩn được chọn và tất cả các thông tin về vết nứt được lưu trữ ở đám mây.



Hình 4

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích thuộc lĩnh vực xây dựng, cụ thể đề cập đến quy trình thực hiện đo độ rộng của các vết nứt đã có trên bề mặt vật liệu cứng dựa trên ảnh hai chiều thu được bằng cách chụp tiếp xúc vùng nghi ngờ có vết nứt.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Việc đánh giá các khiếm khuyết xuất hiện trên bề mặt vật liệu cứng, trong đó có vết nứt, là một trong các cơ sở để kiểm định chất lượng của công trình xây dựng. Các thông tin để đánh giá về vết nứt bao gồm chiều dài, độ sâu và độ rộng của nó. Trong sáng chế này, các tác giả dựa trên ảnh hai chiều của vết nứt để cung cấp thông tin về độ rộng của vết nứt đã xuất hiện trên bề mặt vật liệu cứng. Liên quan đến đo độ rộng vết nứt dựa trên ảnh hai chiều của nó hiện tại có các sáng chế liên quan sau:

Bằng độc quyền sáng chế (patent) số KR101764640B1: “Image-based portable surface crack detecting apparatus” được cấp năm 2015. Sáng chế này đề xuất một thiết bị cầm tay đo độ rộng vết nứt dựa trên ảnh hai chiều của vết nứt. Độ rộng vết nứt là khoảng cách giữa hai điểm thuộc biên vết nứt, sau đó khoảng cách này được tính theo các ô pixels nằm ngang và nằm dọc nối hai điểm biên đó trong ảnh hai chiều của vết nứt.

Bằng độc quyền sáng chế số KR101772916B1: “Device for measuring crack width of concrete structure” được cấp năm 2016. Sáng chế này liên quan đến một phương pháp và hệ thống tự động phát hiện vết nứt trên bề mặt bằng cách sử dụng hình ảnh chụp vết nứt dựa trên trí tuệ nhân tạo bằng thuật toán mạng nơ-ron tích chập nhằm giám sát và đánh giá tình trạng vết nứt.

Bằng độc quyền sáng chế số WO2019134252A1: “Method and device for automated portrayal and accurate measurement of width of structural crack” được cấp năm 2018. Sáng chế này đưa ra một phương pháp mô tả cách đo độ rộng vết nứt dựa trên đường cơ sở (the basis of a single-pixel framework) và môment trực

giao Zernike (Zernike orthogonal moment) trong ảnh hai chiều của vết nứt. Đồng thời sáng chế cung cấp một thiết bị kỹ thuật, gồm mô-đun hiệu chuẩn hình ảnh, mô-đun thu thập hình ảnh và mô-đun xử lý hình ảnh, và cũng đề cập đến khả năng thực hiện việc phát hiện tự động các vết nứt trên bề mặt cấu và đo chiều rộng của vết nứt theo mô tả.

Bằng độc quyền sáng chế số US11551341B2: “Method and device for automatically drawing structural cracks and precisely measuring widths thereof” được cấp năm 2018. Sáng chế cũng dựa trên đường cơ sở và môment trực giao Zernike trong ảnh hai chiều của vết nứt để đưa ra một phương pháp mô tả khác so với mô tả trong WO2019134252A1 về cách đo độ rộng vết nứt.

Hình 1 hình vẽ thể hiện quy trình tổng quát để tính độ rộng vết nứt dựa trên mô tả trong các patent KR101764640B1, KR101772916B1, WO2019134252A1.

Ở Việt Nam, chưa có bất kỳ kết quả nghiên cứu nào được đăng ký bảo hộ tương tự như các bằng sáng chế nêu trên. Tuy nhiên, các nghiên cứu về sáng chế loại này phù hợp với Quyết định số 258/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ngày 20/03/2023 về việc phê duyệt Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng, xem [<https://vanban.chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=207592>]. Cụ thể, sáng chế sẽ góp phần trong việc kiểm soát chất lượng công trình, hỗ trợ quá trình nghiệm thu, phục vụ cho việc quản lý và vận hành công trình xây dựng.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất quy trình thực hiện đo độ rộng của các vết nứt đã có trên bề mặt vật liệu cứng một cách tự động dựa trên ảnh hai chiều thu được của vùng nghi ngờ có vết nứt.

Để đạt được mục đích đó, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp mô tả vết nứt bằng một đa giác trên ảnh thu được và phương pháp tính độ rộng của vết nứt dựa trên một tập chuẩn bên trong đa giác này.

Giải pháp hữu ích còn đề xuất quy trình đo độ rộng của các vết nứt đã có trên bề mặt vật liệu cứng một cách tự động dựa trên ảnh hai chiều (2D) thu được bằng cách chụp tiếp xúc vùng nghi ngờ có vết nứt. Trong đó, về cơ bản quy trình này bao gồm các bước:

lựa chọn vùng vật liệu nghi ngờ có vết nứt;

chụp ảnh, bằng camera, tiếp xúc với bề mặt vùng vật liệu nghi ngờ có vết nứt, chuyển dữ liệu ảnh đến một máy tính, máy tính này được cài đặt phần mềm trí tuệ nhân tạo để phát hiện các vết nứt trong ảnh hai chiều chụp tiếp xúc;

nếu có vết nứt S thì vết nứt này sẽ được máy tính xử lý mô hình hóa thành một đa giác (polygon) với các đỉnh được xác định;

chọn một tập, ký hiệu là G, làm chuẩn (G có thể là khung xương của S, có thể lấy trùng với S, G có thể chỉ gồm 1 điểm, ... tùy theo yêu cầu của người đo). Trong giải pháp hữu ích này chúng tôi chọn G là khung xương của S nằm bên trong đa giác nêu trên;

tính độ rộng vết nứt theo tập chuẩn G đã chọn bên trong vết nứt S, theo cách:

tại mỗi điểm p thuộc tập G, tìm đoạn thẳng ngắn nhất nối hai điểm biên của vết nứt S mà đi qua điểm này, cuối cùng, với các đoạn thẳng tìm được theo các điểm p thuộc G, độ rộng vết nứt theo G chính là độ dài lớn nhất của các đoạn thẳng này;

thực hiện quy đổi đơn vị tính độ dài của ảnh hai chiều (pixels) sang đơn vị thực (milimet) bằng mô hình hồi quy tuyến tính dựa trên thước vạch chuẩn mẫu.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: hình vẽ thể hiện quy trình tổng quát để tính độ rộng vết nứt dựa trên mô tả trong các patent KR101764640B1, KR101772916B1, WO2019134252A1.

Hình 2: hình vẽ minh họa phương pháp tính độ rộng của vết nứt tại một điểm thuộc vết nứt theo giải pháp hữu ích.

Hình 3: minh họa phương pháp tính độ rộng của vết nứt theo tập chuẩn được chọn theo giải pháp hữu ích.

Hình 4: minh họa sơ đồ quy trình đo tự động độ rộng vết nứt trên bề mặt vật liệu cứng theo giải pháp hữu ích.

Hình 5: minh họa phương pháp quy đổi đơn vị tính độ dài trên ảnh sang đơn vị đo độ dài thực.

Hình 6: hình vẽ thể hiện màn hình hiển thị kết quả tính độ rộng vết nứt theo thời gian thực.

Hình 7: hình vẽ minh họa việc thực hiện đo độ rộng vết nứt trong kiểm định chất lượng công trình tại một dự án thực tế.

Hình 8: hình minh họa thử nghiệm đo độ rộng vết nứt tại một tòa nhà bằng việc chụp tiếp xúc bằng camera.

Hình 9: hình minh họa thử nghiệm đo độ rộng một vết nứt nhân tạo trên mẫu bê tông.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Sau đây, giải pháp hữu ích sẽ được mô tả chi tiết theo các phương án thực hiện ưu tiên dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Hình 5 minh họa phương pháp quy đổi đơn vị tính độ dài trên ảnh sang đơn vị thực. Mô hình quy đổi dựa trên mô hình hồi quy tuyến tính, với x là giá trị được đo trên ảnh chụp của vạch trên thước vạch chuẩn và y là giá trị tương ứng của thước vạch chuẩn.

Hình 6 thể hiện màn hình hiển thị kết quả tính độ rộng vết nứt theo thời gian thực. Độ rộng của các vết nứt được hiển thị trên màn hình (góc phải, bên trên) tương ứng màu với các vết nứt được phát hiện trong ảnh hai chiều.

Sau đây, giải pháp sẽ mô tả chi tiết về phương pháp tính độ rộng của một vết nứt dựa trên ảnh hai chiều thu được.

Phần 1: Phương pháp tính độ rộng của một vết nứt dựa trên ảnh hai chiều thu được.

Trước hết, Hình 2 minh họa phương pháp tính độ rộng của vết nứt tại một điểm thuộc vết nứt. Theo Hình 2 độ rộng vết nứt tại điểm cần tính là độ dài đoạn thẳng màu xanh dương, đây là đoạn ngắn nhất so với các đoạn thẳng màu xanh lá cây. Các đoạn thẳng này nối hai điểm biên của vết nứt và đi qua điểm cần tính.

Như được thể hiện trên Hình 2, độ rộng vết nứt S tại một điểm p và độ rộng vết nứt theo một tập chuẩn G nằm bên trong vết nứt S được đề xuất như trong nghiên cứu [Phan Thanh An, Nguyen Ngoc Hai, The width of a compact set in R^n , IMACS-2022-01 (tiền ấn phẩm), <https://imacs.hcmut.edu.vn/preprints>] và [Phan Thanh An, Nguyen Minh Phuong, Dang Le Quang and Le Hong Trang. A modified pothole detection approach to capture their width. Physica Scripta, 99, 4 (2024), (SCI-E, Q2)]. Cụ thể được xác định lần lượt như sau

(i): Chọn một tập chuẩn G (đường khung xương) nằm bên trong vết nứt S (một đa giác) thu được từ ảnh 2 chiều khi chụp tiếp xúc với bề mặt vật liệu cứng trong vùng nghi ngờ có vết nứt. Ví dụ trong Hình 3, đường màu xanh lá cây là tập chuẩn G được chọn.

(ii): Tính độ rộng vết nứt theo tập chuẩn G đã chọn bên trong vết nứt S . Cụ thể, tại mỗi điểm p thuộc tập G , ta sẽ tìm đoạn thẳng ngắn nhất nối hai điểm biên của vết nứt S mà đi qua điểm này như Hình 2. Cuối cùng, với các đoạn thẳng tìm được theo các điểm p thuộc G , độ rộng vết nứt theo G chính là độ dài lớn nhất của các đoạn thẳng này như Hình 3.

Hình 3 minh họa phương pháp tính độ rộng của vết nứt theo tập chuẩn được chọn theo giải pháp hữu ích. Độ rộng vết nứt theo một tập chuẩn bên trong nó là độ rộng lớn nhất của các điểm thuộc tập chuẩn màu xanh bên trong vết nứt, được minh họa bằng đoạn thẳng màu đỏ.

Phương pháp tính độ rộng này được áp dụng tại giai đoạn (P2.3) trong quy trình được nêu ở Phần 2 sau đây.

Phần 2 (P2): Quy trình đo độ rộng vết nứt dựa trên hình ảnh hai chiều của vết nứt.

Hình 4 minh họa sơ đồ quy trình đo tự động độ rộng vết nứt trên bề mặt vật liệu cứng theo giải pháp hữu ích. Theo quy trình này, hình ảnh hai chiều và bối cảnh của vết nứt được chụp từ camera, hình ảnh này được gửi về máy tính để tính toán. Kết quả hình ảnh gốc và hình ảnh tính toán là đa giác nêu trên được lưu trữ lại trên ổ cứng của máy tính xử lý, đồng thời dữ liệu được chuyển về đám mây.

Như được thể hiện trên Hình 4, trước hết, hình ảnh hai chiều của vết nứt sẽ được chụp lại bằng cách tiếp xúc với bề mặt vật liệu cứng thông qua camera (P2.2) tại vụ nghi ngờ có vết nứt (P2.1). Sau đó dữ liệu ảnh sẽ được chuyển đến một máy tính (P2.3). Trên máy tính, đầu tiên trí tuệ nhân tạo bằng thuật toán mạng nơ-ron tích chập được đề xuất sử dụng, cụ thể là YOLOv8 [Link: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>], để phát hiện các vết nứt trong ảnh hai chiều chụp tiếp xúc với bề mặt bê tông trong vùng nghi ngờ có vết nứt. Nếu có vết nứt thì nó sẽ được mô hình lại thành một đa giác với các đỉnh được xác định (P2.3a).

Sau đó, một tập chuẩn bên trong vết nứt (đa giác) được chọn để thực hiện đo độ rộng vết nứt theo tập chuẩn này (P2.3b). Trong giải pháp hữu ích này, các tác giả lấy tập chuẩn là đường khung xương (skeleton) của đa giác. Đường này được xác định bằng một thuật toán được trình bày trong [T. C. Lee and R. L.

Kashyap and C. N. Chu. Building Skeleton Models via 3-D Medial Surface Axis Thinning Algorithms. CVGIP: Graphical Models and Image Processing, volume 56, number 6, pages 462-478. 1994].

Tiếp theo, độ rộng của vết nứt được xác định là độ rộng lớn nhất của các điểm thuộc đường khung xương của vết nứt được tính theo phương pháp ở Phần 1, thuộc giai đoạn (P2.3c) trong quy trình này. Ở giai đoạn (P2.3d), thực hiện quy đổi đơn vị tính độ dài của ảnh hai chiều (pixels) sang đơn vị thực (milimet) bằng mô hình hồi quy tuyến tính dựa trên thước vạch chuẩn mẫu, trong đó độ rộng mỗi vạch chuẩn trên thước theo ảnh hai chiều là độ rộng của tập S (vạch chuẩn xem như là vết nứt hình chữ nhật) theo tập chuẩn G (đường khung xương của vạch chuẩn) như được tính theo phương pháp ở Phần 1.

Hình ảnh gốc và hình ảnh tính toán được lưu trữ lại trên ổ cứng của thiết bị xử lý, đồng thời dữ liệu được chuyển về đám mây (P2.4). Kết quả đo độ rộng của vết nứt theo đơn vị thực được hiện ra màn hình và minh họa đúng vị trí đã đo (P2.5).

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Ví dụ 1. Thực hiện đo độ rộng vết nứt trong kiểm định chất lượng công trình tại một dự án thực tế

Hình 7 minh họa việc thực hiện đo độ rộng vết nứt trong kiểm định chất lượng công trình tại một Dự án thực tế.

(1) Thiết bị được tích hợp quy trình (P2) trong sáng chế này (prototype).

(2) Các kết quả đo độ rộng vết nứt được hiển thị trên màn hình của thiết bị.

Ví dụ 2. Thử nghiệm đo độ rộng vết nứt tại một tòa nhà

Hình 8 hình minh họa thử nghiệm đo độ rộng vết nứt tại một tòa nhà bằng việc chụp tiếp xúc bằng camera.

Vết nứt được chụp tiếp xúc bằng camera trong ảnh bên trái (Hình 8), sau đó ảnh vết nứt được gửi về máy tính và kết quả tính sau đó được hiển thị ở ảnh bên phải.

Ví dụ 3. Thử nghiệm đo độ rộng của một vết nứt nhân tạo trên mẫu bê tông

Hình 9 hình minh họa thử nghiệm đo độ rộng của một vết nứt nhân tạo trên mẫu bê tông.

Trên hình 9, ở bên trái là một vết nứt nhân tạo trên vật mẫu có độ rộng 0.5mm được đo bằng thiết bị ở Ví dụ 2 với kết quả nhận được là 0.57036mm. Trong ảnh bên phải, chuyên viên Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam dùng kính hiển vi điện tử có tại đơn vị để kiểm tra lại kết quả đo độ rộng vết nứt trên vật mẫu bê tông với thiết bị kể trên.

Giải pháp hữu ích đã được mô tả chi tiết dựa vào các phương án ưu tiên và các hình vẽ kèm theo trong phần mô tả chi tiết. Các nội dung và hình vẽ trên nhằm mục đích minh họa, giúp hiểu rõ hơn giải pháp và không nhằm giới hạn phạm vi bộc lộ của giải pháp này.

Hiệu quả của giải pháp hữu ích

Kết quả của giải pháp hữu ích có thể được áp dụng để xây dựng thiết bị đo độ rộng vết nứt một cách chính xác, không phụ thuộc vào người thực hiện đo vết nứt, không đòi hỏi người đo có kinh nghiệm chuyên môn về vết nứt góp phần giảm thiểu sử dụng nguồn nhân lực có chuyên môn về lĩnh vực này.

Giải pháp này hỗ trợ việc kiểm soát chất lượng công trình, quá trình nghiệm thu, phục vụ cho việc quản lý và vận hành công trình xây dựng một cách hiệu quả, góp phần thúc đẩy sự phát triển về kinh tế - xã hội theo Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng của Thủ tướng Chính phủ.

Do độ rộng vết nứt được tính một cách duy nhất dựa trên phương pháp đã nêu nên từ kết quả lưu trữ có thể xác định lại được độ rộng đã đo ở vị trí nào. Trí tuệ nhân tạo và đám mây là những công cụ hiện đại trong việc xác định số lượng vết nứt trong ảnh và lưu trữ kết quả đo độ rộng vết nứt chính xác, nhanh chóng và tiện lợi.

Các thiết bị, quy trình đo độ rộng theo giải pháp hữu ích có thể đáp ứng được nhu cầu của các doanh nghiệp, góp phần giúp nước ta giảm phụ thuộc công nghệ vào nước ngoài, làm chủ công nghệ mới, phát triển kinh tế nước nhà.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình đo độ rộng của các vết nứt đã có trên bề mặt vật liệu cứng dựa trên ảnh hai chiều (2D) thu được bằng cách chụp tiếp xúc vùng nghi ngờ có vết nứt, quy trình này bao gồm các bước:

lựa chọn vùng vật liệu nghi ngờ có vết nứt;

chụp ảnh, bằng camera, tiếp xúc với bề mặt vùng vật liệu nghi ngờ có vết nứt, chuyển dữ liệu ảnh đến một máy tính, máy tính này được cài đặt phần mềm trí tuệ nhân tạo có thuật toán mạng nơ-ron tích chập YOLOv8 để phát hiện các vết nứt trong ảnh hai chiều chụp tiếp xúc;

nếu có vết nứt S thì vết nứt này sẽ được máy tính xử lý mô hình hóa thành một đa giác (polygon) với các đỉnh được xác định;

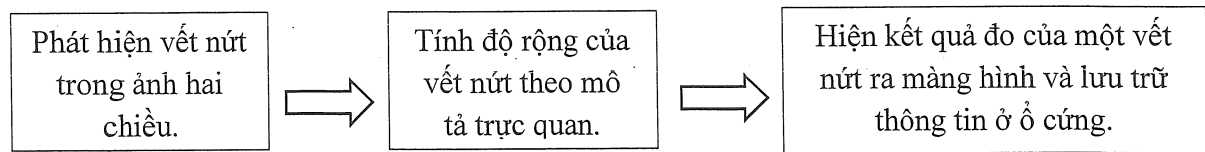
chọn một tập chuẩn G là đường khung xương nằm bên trong đa giác nêu trên; tính độ rộng vết nứt theo tập chuẩn G đã chọn bên trong vết nứt S, theo cách: tại mỗi điểm p thuộc tập G, tìm đoạn thẳng ngắn nhất nối hai điểm biên của vết nứt S mà đi qua điểm này, cuối cùng, với các đoạn thẳng tìm được theo các điểm p thuộc G, độ rộng vết nứt theo G chính là độ dài lớn nhất của các đoạn thẳng này;

thực hiện quy đổi đơn vị tính độ dài của ảnh hai chiều theo đơn vị pixel sang đơn vị thực (milimet) bằng mô hình hồi quy tuyến tính dựa trên thước vạch chuẩn mẫu, trong đó độ rộng mỗi vạch chuẩn trên thước theo ảnh hai chiều là độ rộng của tập S, vạch chuẩn xem như là vết nứt hình chữ nhật theo tập chuẩn G là đường khung xương của vạch chuẩn;

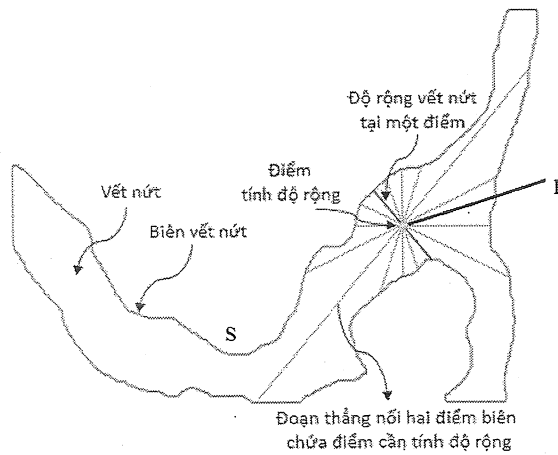
hiển thị kết quả đo độ rộng của vết nứt theo đơn vị thực được hiển trên màn hình và minh họa đúng vị trí đã đo.

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó hình ảnh gốc và hình ảnh tính toán là đa giác nêu trên và kết quả tính độ rộng được lưu trữ lại trên ổ cứng của máy tính xử lý, đồng thời dữ liệu được chuyển về đám mây.

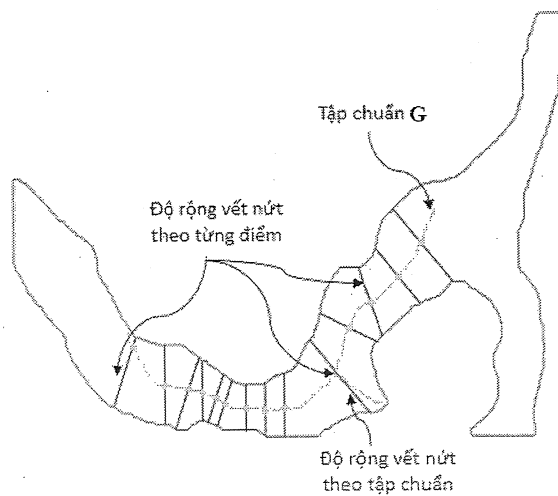
Hình vẽ



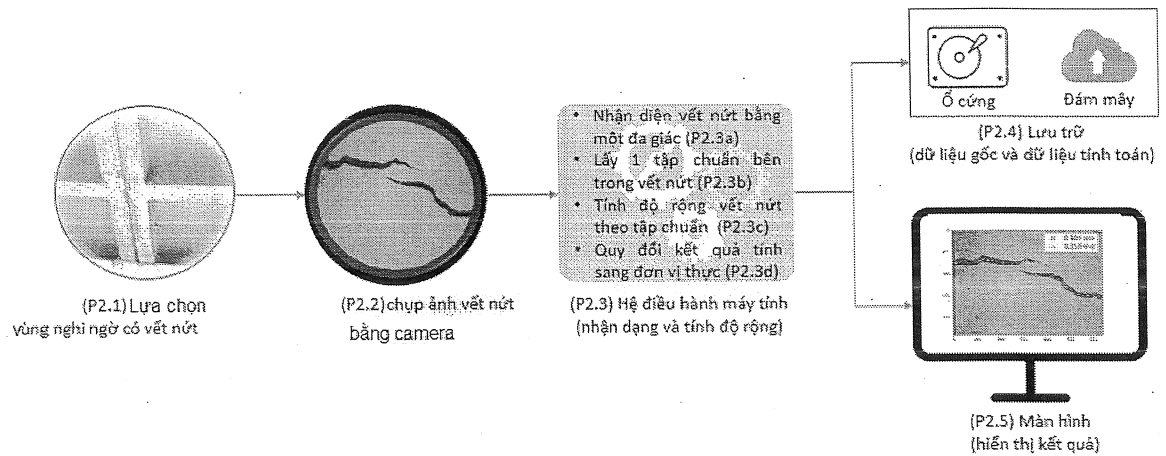
Hình 1



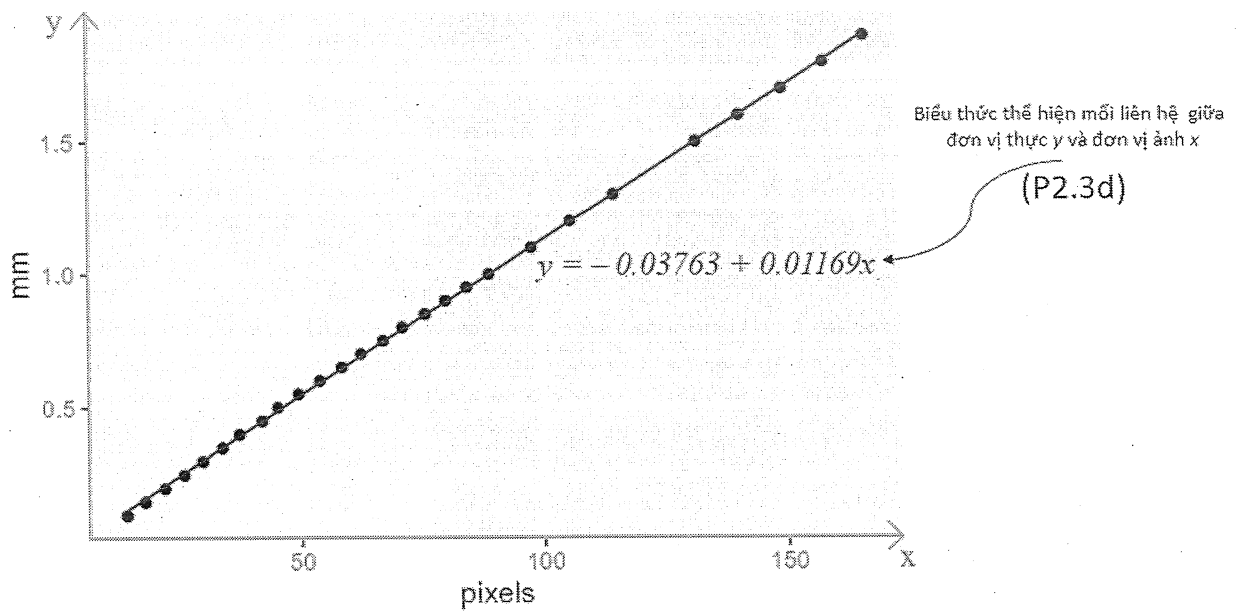
Hình 2



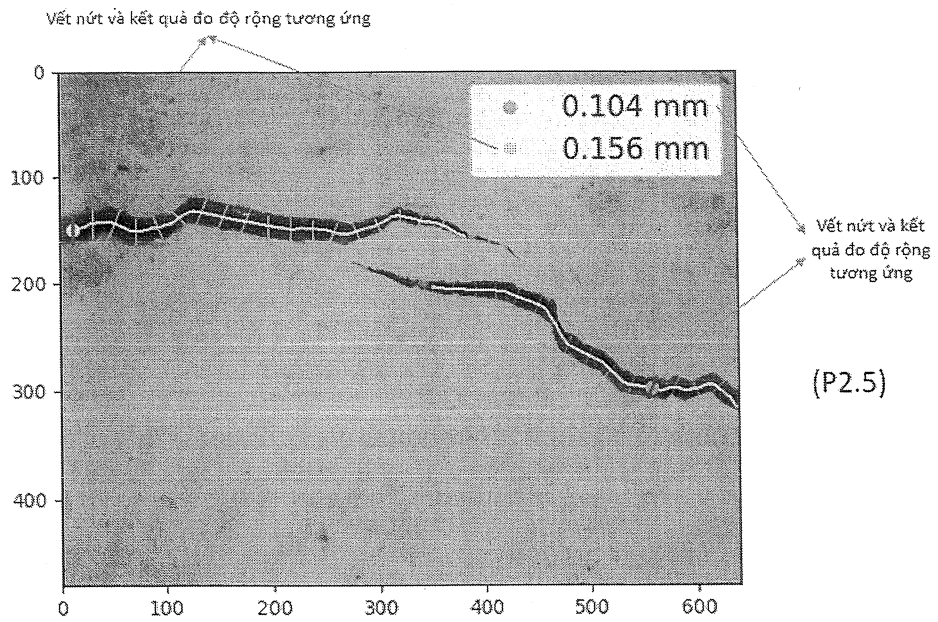
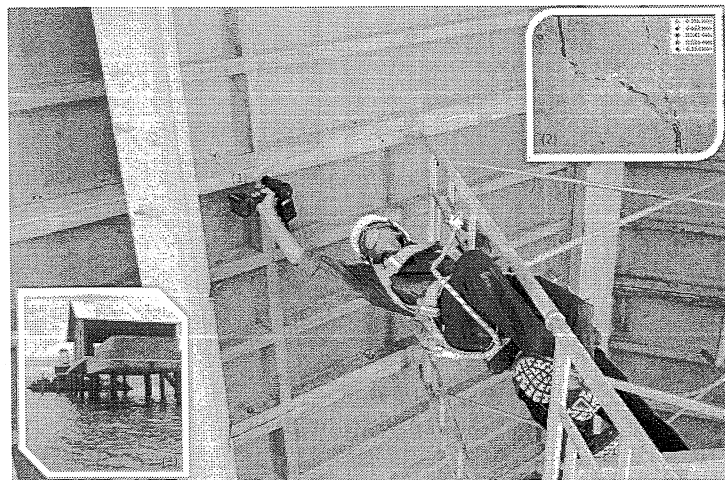
Hình 3

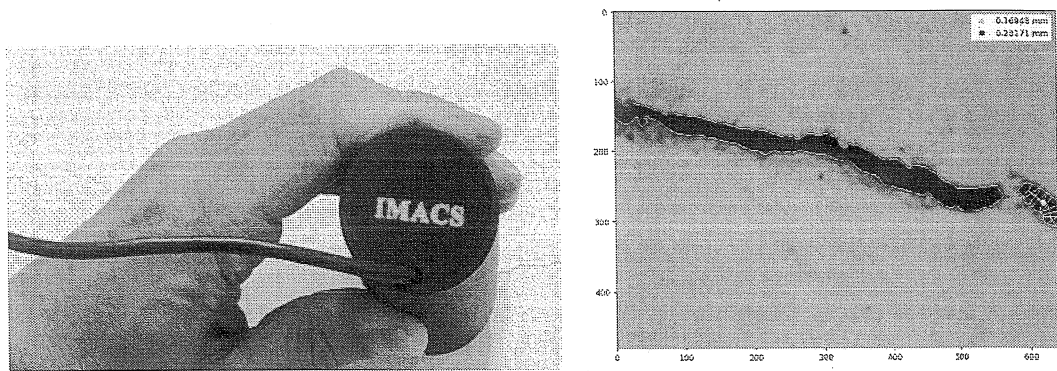


Hình 4

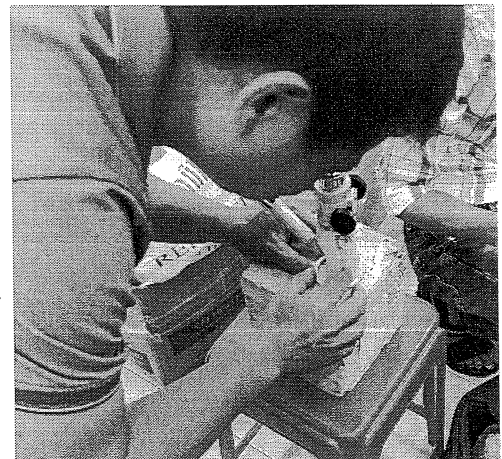
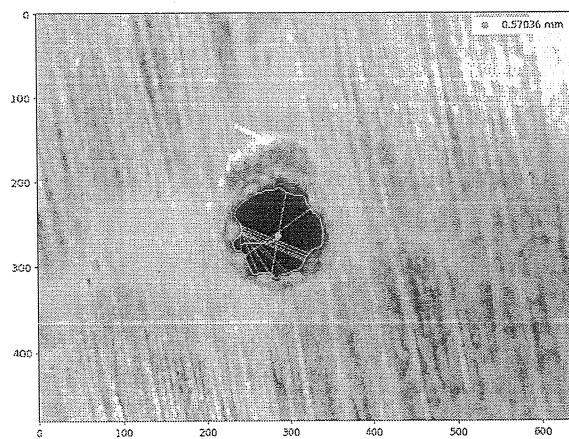


Hình 5

**Hình 6****Hình 7**



Hình 8



Hình 9