

TIỀM NĂNG SỐ HÓA MAI VÀNG NGHỆ THUẬT: BÀI HỌC TỪ NGHIÊN CỨU VỀ BONSAI, CẢNH QUAN DI SẢN VÀ TRI THỨC NGHỆ NHÂN

TRẦN ĐỨC THUẬN

Trường Đại học Công thương Thành phố Hồ Chí Minh

NGUYỄN ĐÔNG ANH

HVCH Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh

Nhận bài ngày 25/8/2026. Sửa chữa xong 22/9/2026. Duyệt đăng 28/9/2026.

Abstract

*Approaches to digitizing ornamental plants encompass morphological modeling, plant data collection, and the documentation of artisans and their knowledge. However, these approaches have not yet been integrated into a unified information framework for Vietnam's artistic yellow mai trees (*Ochna integerrima*). This qualitative study combines secondary data analysis with a comparative synthesis of nine purposively selected studies on bonsai, three-dimensional plant modeling, heritage landscapes, artisan knowledge, and yellow mai trees. The selected studies were analyzed according to five criteria: research subject, method or technology, data outputs, purpose, and limitations or implementation requirements. The findings identify three main categories of information relevant to the digitization of artistic yellow mai trees: morphological and physical characteristics; care practices and tree condition; and information about artisans and their knowledge. Accordingly, the study proposes a digital documentation framework comprising tree records, care records, and artisan knowledge records. The findings provide a foundation for identifying information to be digitized and for gradually developing digital records of artistic yellow mai trees under practical conditions in Vietnam.*

Keywords: Artisan knowledge, artistic yellow mai trees, bonsai, digitization, three-dimensional technology.

1. Đặt vấn đề

Mai vàng (*Ochna integerrima* (Lour.) Merr.) là một loại cây cảnh có giá trị thẩm mỹ và kinh tế tại Việt Nam. Ngoài mục đích trồng chậu và phục vụ nhu cầu hoa vào dịp Tết, mai vàng còn được tạo dáng thành bonsai. Do đó, giá trị của cây không chỉ thể hiện qua khả năng sinh trưởng, ra hoa mà còn liên quan đến hình dáng, cấu trúc cây và quá trình chăm sóc, tạo tác. Trong thực tế, công nghệ số đã bước đầu được đưa vào quản lý mai vàng thông qua hệ thống cảm biến độ ẩm, tưới nhỏ giọt, bộ điều khiển và thiết bị truyền dữ liệu (Đặng et al., 2026). Đối với bonsai và thực vật, nhiều phương pháp đã được nghiên cứu nhằm chuyển đặc điểm vật lý của cây sang môi trường số. Cấu trúc phân cành, hình dáng tổng thể và silhouette có thể được biểu diễn bằng mô hình có tham số; trong khi cây thực có thể được quét để tạo point cloud, trích xuất skeleton và tái dựng cấu trúc 3D (Boudon et al., 2003; Liu et al., 2015). Bên cạnh đó, phương pháp chụp ảnh nhiều góc kết hợp với Structure from Motion (SfM) cũng cho phép tái dựng mô hình cây và đo lường một số đặc tính hình học (Lu et al., 2020). Trong lĩnh vực cảnh quan di sản, dữ liệu 3D còn được sử dụng cho mục đích lập hồ sơ, nghiên cứu, bảo tồn và quản lý. Point cloud và mô hình 3D có thể lưu giữ thông tin về các thành phần thực vật; một số trường hợp đã ghi nhận cả thân, cành, lá, hình dạng và màu sắc của cây trong cơ sở dữ liệu cảnh quan (Li et al., 2025; Guo et al., 2024). Như vậy, dữ liệu số của cây không chỉ có ý nghĩa về mặt trực quan mà còn có thể phục vụ việc lưu giữ và khai thác thông tin. Tuy nhiên, đối với cây cảnh nghệ thuật, chỉ ghi nhận hình thái của cây là chưa đầy đủ. Quá trình tạo tác còn liên quan đến thao tác, kinh nghiệm, logic thực hành và phán đoán thẩm

Email: donganh1409a@gmail.com

mỹ của người thực hiện. Những nội dung này khó được chuyển hoàn toàn thành dữ liệu có cấu trúc, mặc dù một phần có thể được ghi nhận bằng các hình thức mô hình hóa và biểu diễn số (Duan, 2026). Đồng thời, những thông tin rõ ràng hơn như hồ sơ nghệ nhân, dòng truyền nghề, kỹ thuật chuyên môn, các công trình đã thực hiện và quá trình học nghề có thể được tổ chức thành cơ sở dữ liệu để lưu giữ và tra cứu (Huang & Chiou, 2025). Qua 9 công trình được lựa chọn, các nghiên cứu hiện nay đang tập trung vào từng khía cạnh tương đối riêng biệt. Nhóm nghiên cứu về bonsai và thực vật chủ yếu quan tâm đến hình thái và dữ liệu 3D; nghiên cứu về mai vàng trong nước bước đầu để cập đến dữ liệu chăm sóc và IoT; trong khi nhóm nghiên cứu về nghệ nhân tập trung vào việc lưu giữ thông tin và tri thức. Trong phạm vi tài liệu được phân tích, chưa có nghiên cứu kết nối đồng thời các nhóm thông tin này để xem xét đối với mai vàng nghệ thuật.

Xuất phát từ vấn đề trên, nghiên cứu tập trung tổng hợp những phương thức số hóa đã được áp dụng cho các đối tượng có liên quan, từ đó xem xét khả năng vận dụng đối với mai vàng nghệ thuật tại Việt Nam. Nghiên cứu không đặt trọng tâm vào một công nghệ cụ thể, mà hướng tới xác định những nhóm thông tin có thể số hóa và cách thức phù hợp với từng nhóm thông tin.

2. Tổng quan nghiên cứu

2.1. Số hóa hình thái bonsai và thực vật

Hình thái vật lý của cây là một trong những nội dung được nghiên cứu khá rõ trong số hóa bonsai và thực vật. Với bonsai, hình dáng tổng thể, silhouette và cấu trúc phân cành có thể được tổ chức thành mô hình đa cấp với các tham số có khả năng điều chỉnh. Cách tiếp cận này cho phép biểu diễn từ hình dáng chung của cây đến các thành phần nhỏ hơn trong môi trường số (Boudon et al., 2003). Đối với cây thực, dữ liệu chiều sâu có thể được thu nhận bằng Kinect và hợp nhất thành point cloud. Sau khi xử lý, skeleton của cây được trích xuất để làm cơ sở tái dựng cấu trúc 3D. Tuy nhiên, đặc điểm hình thái phức tạp của bonsai và hiện tượng cành, lá che khuất nhau có thể làm mất một phần thông tin trong quá trình thu nhận và tái dựng dữ liệu (Liu et al., 2015). Bên cạnh phương pháp quét, mô hình 3D của thực vật cũng có thể được xây dựng từ ảnh chụp ở nhiều góc khác nhau bằng SfM. Dữ liệu thu được có thể được sử dụng để tạo dense point cloud, mesh và ước lượng một số chỉ tiêu hình học. Kết quả tái dựng phụ thuộc vào góc chụp, độ đầy đủ của ảnh và khả năng quan sát các bộ phận của cây (Lu et al., 2020). Nhìn chung, các nghiên cứu cho thấy hình thái của cây có thể được chuyển thành nhiều dạng dữ liệu khác nhau như silhouette, cấu trúc phân cành, skeleton, point cloud, mesh và mô hình 3D. Đây là cơ sở để xem xét khả năng xây dựng hồ sơ hình thái số cho cây cảnh nghệ thuật.

2.2. Số hóa thực vật trong cảnh quan di sản

Trong bảo tồn cảnh quan di sản, công nghệ 3D được sử dụng cho nhiều mục đích hơn so với việc tạo mô hình trực quan. Quy trình số hóa có thể bao gồm các bước thu nhận, xử lý, mô hình hóa và trực quan hóa dữ liệu. Trong đó, point cloud được tạo từ laser scanning hoặc photogrammetry có thể tiếp tục được xử lý để xây dựng mô hình 3D phục vụ nghiên cứu, lưu giữ và quản lý cảnh quan (Li et al., 2025). Đối với thành phần thực vật, dữ liệu cây có thể được tách khỏi point cloud của toàn bộ khu vực để xây dựng mesh và mô hình 3D. Một trường hợp tại vườn Nhật Bản đã ghi nhận các thông tin về thân, cành, lá, hình dạng và màu sắc của cây, sau đó đưa vào cơ sở dữ liệu của khu vườn (Li et al., 2025). Tại vườn cổ San Su Shrine, terrestrial laser scanning kết hợp photogrammetry cũng được sử dụng để tạo dữ liệu định lượng và mô hình số, trong đó cảnh quan thực vật là một thành phần của hệ thống thông tin được ghi nhận (Guo et al., 2024). Các kết quả trên cho thấy dữ liệu số của cây có thể được sử dụng như một dạng hồ sơ phục vụ lưu giữ, nghiên cứu và quản lý. Đây là điểm đáng chú ý khi xem xét số hóa đối với những cây cảnh có giá trị và cần được theo dõi trong thời gian dài.

2.3. Số hóa tri thức nghệ nhân

Khác với số hóa hình thái, tri thức của người thực hành có nhiều nội dung khó chuyển thành dữ liệu chuẩn hóa. Kỹ năng thao tác, cảm nhận vật liệu, logic quy trình và phán đoán thẩm mỹ thường được hình thành qua quá trình thực hành và phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm cá nhân. Một phần những nội dung

này có thể được biểu diễn thông qua quét 3D, point cloud và mô hình hóa tham số, nhưng không thể xem đây là cách chuyển đổi toàn bộ tri thức ẩn của nghệ nhân thành dữ liệu (Duan, 2026). Ở mức độ đơn giản hơn, những thông tin có cấu trúc về người thực hành có thể được tổ chức trong cơ sở dữ liệu. Các dữ liệu như tiểu sử, dòng truyền nghề, kỹ thuật chuyên môn, dự án đã thực hiện, quá trình học nghề và quan hệ thầy - trò có thể được lưu trữ, liên kết và truy xuất khi cần thiết (Huang & Chiou, 2025). Bên cạnh nội dung cần ghi nhận, cách thức triển khai cũng có ý nghĩa đối với quá trình số hóa tri thức. Người nắm giữ tri thức cần tham gia vào việc lựa chọn nội dung, giải thích, tạo dữ liệu và xác thực kết quả. Nếu quá trình số hóa tập trung nhiều vào công nghệ nhưng ít có sự tham gia của cộng đồng, dữ liệu được tạo ra có thể trở thành một dạng lưu trữ tĩnh và không phản ánh đầy đủ tính chất của tri thức sống (Tan et al., 2026).

2.4. Mai vàng và điểm tiếp xúc với công nghệ số

Tại Việt Nam, công nghệ IoT đã được thử nghiệm trong hoạt động chăm sóc và quản lý mai vàng tại Ninh Bình. Hệ thống sử dụng tưới nhỏ giọt kết hợp cảm biến độ ẩm đất, bộ điều khiển tự động và thiết bị truyền dữ liệu. Đồng thời, một số chỉ tiêu như tỷ lệ sống, thời gian hồi xanh, số lượng cành, chiều dài cành, chiều cao cây, đường kính thân và các đặc điểm liên quan đến ra hoa được theo dõi trong quá trình nghiên cứu (Đặng et al., 2026). Kết quả này chưa phản ánh một mô hình số hóa hoàn chỉnh đối với mai vàng nghệ thuật. Tuy nhiên, nghiên cứu cho thấy một số thông tin về chăm sóc, sinh trưởng và trạng thái của cây đã có khả năng được đo lường và lưu lại dưới dạng dữ liệu. Khi kết hợp với những nghiên cứu về hình thái và tri thức nghệ nhân, có thể xem xét số hóa mai vàng theo hướng rộng hơn, bao gồm không chỉ bản thân cây mà còn cả quá trình chăm sóc và thông tin của người tạo tác.

3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp định tính dựa trên phân tích dữ liệu thứ cấp và tổng hợp so sánh tài liệu. Phân tích tài liệu là quá trình xem xét, đánh giá và diễn giải có hệ thống các tài liệu nhằm thu nhận thông tin phù hợp với vấn đề nghiên cứu (Bowen, 2009). Phương pháp này được lựa chọn do nghiên cứu không thu thập dữ liệu sơ cấp mà tập trung khai thác các công trình đã công bố để nhận diện những phương thức số hóa có liên quan đến mai vàng nghệ thuật. Nghiên cứu không thực hiện rà soát toàn bộ tài liệu theo quy trình của systematic review, scoping review hay meta-analysis. Thay vào đó, 9 công trình có liên quan trực tiếp đến vấn đề nghiên cứu được lựa chọn có chủ đích để phân tích. Trong đó, 3 công trình đề cập đến bonsai và mô hình hóa thực vật 3D; 2 công trình về cảnh quan di sản có yếu tố thực vật; 3 công trình về tri thức nghệ nhân và sự tham gia của người nắm giữ tri thức; và 1 công trình về mai vàng và ứng dụng IoT tại Việt Nam. Chỉ 9 công trình này được sử dụng làm dữ liệu phân tích. Đơn vị phân tích là từng công trình nghiên cứu. Thông tin được trích xuất theo 5 tiêu chí gồm: (1) đối tượng được số hóa hoặc quản lý; (2) phương pháp hoặc công nghệ được sử dụng; (3) loại dữ liệu đầu ra; (4) mục đích sử dụng; và (5) hạn chế hoặc điều kiện triển khai. Quá trình phân tích được thực hiện theo 4 bước. Trước hết, thông tin trong từng nghiên cứu được trích xuất theo 5 tiêu chí đã xác định. Tiếp theo, các kết quả được so sánh để làm rõ những điểm tương đồng và khác biệt. Những nội dung có đặc điểm gần nhau sau đó được nhóm lại thành các hướng số hóa chính. Cuối cùng, khả năng vận dụng các kết quả này đối với mai vàng nghệ thuật được xem xét cùng với các điều kiện và hạn chế được ghi nhận trong nghiên cứu gốc.

Do phần lớn tài liệu được thực hiện trên bonsai, thực vật, cảnh quan di sản hoặc nghề thủ công, những nội dung đề xuất đối với mai vàng trong bài viết được xem là kết quả tổng hợp và phân tích khả năng chuyển giao, không phải kết quả thực nghiệm trực tiếp trên mai vàng nghệ thuật.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Tổng hợp các nghiên cứu được phân tích

Kết quả tổng hợp cho thấy 9 công trình có sự khác biệt về đối tượng, công nghệ và mục đích ứng dụng. Các nghiên cứu về bonsai và thực vật tập trung nhiều vào dữ liệu hình thái; nghiên cứu trong cảnh quan di sản mở rộng dữ liệu 3D sang phục vụ lưu giữ và quản lý; nghiên cứu mai vàng đề cập đến dữ liệu chăm sóc và trạng thái cây; trong khi các nghiên cứu về nghệ nhân tập trung vào thông tin, tri thức và sự tham gia của người nắm giữ tri thức.

Bảng 1: Tổng hợp các hướng số hóa trong 9 nghiên cứu

Nghiên cứu	Đối tượng	Công nghệ/phương pháp	Dữ liệu đầu ra	Mục đích	Hạn chế/điều kiện
Boudon et al. (2003)	Hình thái bonsai	Mô hình đa cấp, decomposition graph, tham số hóa	Cấu trúc phân cảnh, silhouette, mô hình bonsai	Biểu diễn và chỉnh sửa hình thái	Cấu trúc bất quy tắc; quản lý tham số phức tạp
Liu et al. (2015)	Bonsai thực	Kinect Fusion, point cloud, skeleton extraction	Point cloud, skeleton, mô hình 3D	Tái dựng và mô phỏng	Cảnh lá che khuất; hình thái đa dạng
Lu et al. (2020)	Thực vật	Multi-camera, SfM	Dense point cloud, mesh, dữ liệu hình học	Tái dựng và đo lường	Phụ thuộc góc chụp và độ đầy đủ dữ liệu
Li et al. (2025)	Vườn lịch sử, thực vật	Laser scanning, photogrammetry, công nghệ 3D	Point cloud, ảnh, metadata, mô hình 3D	Nghiên cứu, bảo tồn, quản lý	Phương pháp phụ thuộc đối tượng và nhu cầu sử dụng
Guo et al. (2024)	Vườn cổ, cảnh quan thực vật	Terrestrial laser scanning, photogrammetry	Dữ liệu định lượng, mô hình số	Ghi nhận, phân tích, bảo tồn	Gắn với bối cảnh di sản cụ thể
Duan (2026)	Tri thức ẩn và hình thái thủ công	3D scanning, point cloud, parametric modeling	Mô hình, tham số, quy tắc hình thái	Ghi nhận một phần tri thức	Tri thức ẩn khó mã hóa đầy đủ
Huang & Chiou (2025)	Nghệ nhân truyền thống	Phân tích tài liệu, phỏng vấn, MySQL	Hồ sơ nghệ nhân, cơ sở dữ liệu	Lưu giữ, truy xuất, chia sẻ	Cần chuẩn hóa và quản lý dữ liệu
Tan et al. (2026)	Di sản phi vật thể, cộng đồng	Công nghệ số kết hợp sự tham gia cộng đồng	Khung liên kết công nghệ - cộng đồng	Bảo tồn và truyền tiếp tri thức	Phụ thuộc nguồn lực và mức độ tham gia
Đặng et al. (2026)	Mai vàng và chăm sóc	IoT, cảm biến, tưới tự động	Dữ liệu độ ẩm, tưới, sinh trưởng	Chăm sóc và quản lý sản xuất	Gắn với điều kiện sinh thái Ninh Bình

Nguồn: Tổng hợp của tác giả từ 9 nghiên cứu được phân tích.

Từ kết quả ở bảng trên, có thể nhận diện 3 nhóm thông tin có khả năng liên quan trực tiếp đến số hóa mai vàng nghệ thuật, gồm: hình thái và đặc điểm vật lý của cây; dữ liệu chăm sóc và trạng thái cây; thông tin và tri thức của người tạo tác. Đây cũng là 3 hướng được tiếp tục phân tích trong các phần sau.

4.2. Tiềm năng số hóa hình thái và hồ sơ vật lý của cây mai

Kết quả tổng hợp cho thấy một cây có thể được biểu diễn dưới nhiều dạng dữ liệu số khác nhau, từ cấu trúc phân cảnh và silhouette đến skeleton, point cloud, mesh và mô hình 3D. Đối với bonsai, mô hình đa cấp cho phép tổ chức các thành phần hình thái của cây thành một cấu trúc có thể điều chỉnh. Trong khi đó, phương pháp quét cây thực cho phép tạo point cloud, trích xuất skeleton và tái dựng cấu trúc ba chiều (Boudon et al., 2003; Liu et al., 2015). Ngoài phương pháp quét, ảnh chụp từ nhiều góc cũng có thể được sử dụng để tạo dense point cloud và mesh, từ đó phục vụ tái dựng và đo lường một số đặc điểm hình học của cây. Tuy nhiên, chất lượng kết quả phụ thuộc đáng kể vào thiết kế quá trình thu nhận hình ảnh (Lu et al., 2020). Đáng chú ý, dữ liệu 3D về cây trong cảnh quan di sản không chỉ phục vụ mục đích trình bày hình ảnh mà còn được sử dụng như một phần của hồ sơ nghiên cứu và bảo tồn. Điều này cho thấy dữ liệu hình thái có thể được lưu giữ để phục vụ việc theo dõi và quản lý đối tượng trong thời gian dài (Li et al., 2025; Guo et al., 2024). Trên cơ sở đó, đối với một số cây mai nghệ thuật được lựa chọn, có thể xem xét xây dựng hồ sơ hình thái số thay cho việc chỉ lưu trữ ảnh 2D. Hồ sơ có thể bao gồm thông tin nhận dạng, hình dáng tổng thể, cấu trúc thân - cành, kích thước và những thay đổi hình thái qua các lần ghi nhận. Đối với những cây cần lưu giữ chi tiết, point cloud hoặc mô hình 3D có thể được bổ sung khi điều kiện kỹ thuật cho phép. Tuy nhiên, khả năng này được rút ra từ kết quả nghiên cứu trên bonsai, thực vật và cảnh quan di sản. Do đó, việc áp dụng cho mai vàng nghệ thuật cần được kiểm chứng thêm trên cây thực tế trước khi hình thành một quy trình kỹ thuật cụ thể.

4.3. Tiềm năng số hóa dữ liệu chăm sóc và trạng thái cây

Bên cạnh dữ liệu về hình thái, quá trình chăm sóc cũng tạo ra một nhóm thông tin có khả năng được số hóa. Trong trường hợp mai vàng tại Ninh Bình, hệ thống IoT sử dụng cảm biến độ ẩm đất, tưới nhỏ giọt, bộ điều khiển tự động và thiết bị truyền dữ liệu; đồng thời theo dõi các chỉ tiêu như tỷ lệ sống, thời gian hồi xanh và một số đặc điểm sinh trưởng của cây (Đặng et al., 2026). Trong điều kiện thí nghiệm, phương thức ứng dụng IoT ghi nhận tỷ lệ sống cao hơn, thời gian hồi xanh ngắn hơn và sự cải thiện ở một số chỉ tiêu sinh trưởng so với đối chứng (Đặng et al., 2026). Đối với nghiên cứu này, giá trị chính của kết quả trên là cho thấy một phần hoạt động chăm sóc và trạng thái của mai vàng có thể được ghi nhận dưới dạng dữ liệu định lượng. Nếu hồ sơ hình thái phản ánh cây tại từng thời điểm, dữ liệu chăm sóc có thể bổ sung thông tin về quá trình phát triển của cây giữa các thời điểm đó. Chẳng hạn, ngoài hình ảnh và kích thước, hồ sơ có thể ghi nhận lịch sử chăm sóc, một số điều kiện môi trường và các sự kiện kỹ thuật quan trọng. Khi được kết hợp, hai nhóm thông tin này có thể giúp hồ sơ số phản ánh đầy đủ hơn quá trình thay đổi của cây theo thời gian. Cần lưu ý rằng các kết quả kỹ thuật trong nghiên cứu tại Ninh Bình được xác lập trong điều kiện thí nghiệm và sinh thái cụ thể. Vì vậy, việc vận dụng đối với mai vàng nghệ thuật ở các địa phương khác trước hết nên tập trung vào khả năng ghi nhận dữ liệu, thay vì áp dụng trực tiếp các thông số chăm sóc đã được sử dụng trong nghiên cứu.

4.4. Tiềm năng số hóa tri thức và thông tin nghệ nhân

Kết quả phân tích cho thấy thông tin liên quan đến nghệ nhân có thể được số hóa ở các mức độ khác nhau. Trước hết, những thông tin có cấu trúc như tiểu sử, chuyên môn, dòng truyền nghề, dự án, quá trình học nghề và quan hệ thầy - trò có thể được tổ chức trong cơ sở dữ liệu để phục vụ lưu giữ và tra cứu (Huang & Chiou, 2025). Đối với tri thức kỹ năng, quá trình số hóa phức tạp hơn. Những nội dung như thao tác, cảm nhận vật liệu, logic quy trình và phán đoán thẩm mỹ gắn nhiều với kinh nghiệm của người thực hành và khó chuyển đầy đủ thành dữ liệu chuẩn hóa. Một số đặc điểm có thể được ghi nhận thông qua mô hình hóa và biểu diễn tham số, nhưng công nghệ chỉ phản ánh được một phần tri thức thực hành (Duan, 2026). Do đặc điểm này, người nắm giữ tri thức cần tham gia vào quá trình số hóa. Việc lựa chọn nội dung, giải thích kỹ thuật, bổ sung bối cảnh và xác thực dữ liệu có ý nghĩa quan trọng trong việc duy trì tính chính xác của thông tin. Những dự án sử dụng công nghệ nhưng thiếu sự tham gia của cộng đồng có nguy cơ tạo ra kho dữ liệu tĩnh, trong khi tri thức thực hành vốn luôn gắn với con người và bối cảnh sử dụng (Tan et al., 2026). Đối với mai vàng nghệ thuật, điều này cho thấy hồ sơ số có thể không chỉ dừng ở việc xác định một cây cụ thể mà còn gắn cây với người tạo tác hoặc chăm sóc, kỹ thuật đã được thực hiện và những kinh nghiệm liên quan đến quá trình hình thành cây. Đây là nhóm thông tin bổ sung cho dữ liệu hình thái và dữ liệu chăm sóc.

4.5. Đề xuất cấu trúc số hóa tối giản cho mai vàng nghệ thuật

Từ kết quả tổng hợp, nghiên cứu đề xuất cấu trúc hồ sơ số mai vàng nghệ thuật gồm 3 thành phần:

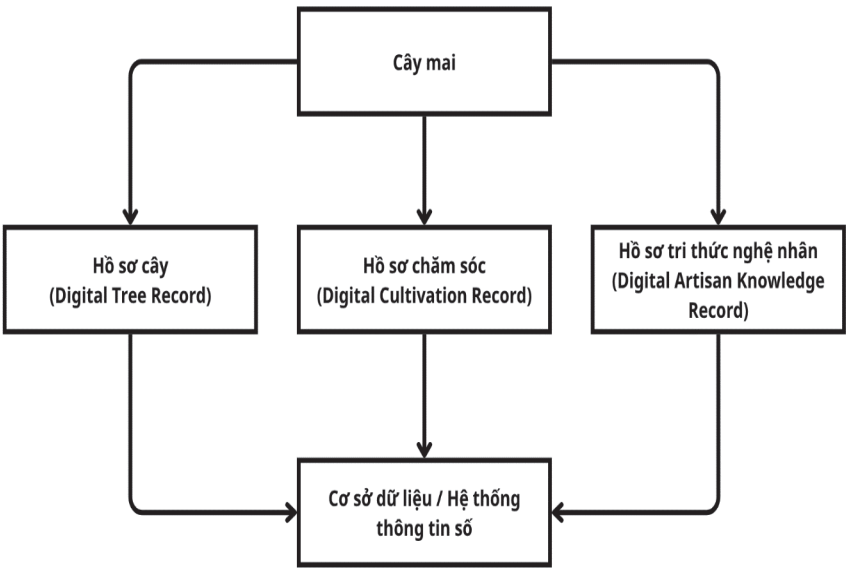
Hồ sơ cây (Digital Tree Record) ghi nhận các thông tin liên quan đến bản thân cây như nhận dạng, hình ảnh, hình thái tổng thể, cấu trúc thân - cành, kích thước và, trong trường hợp cần thiết, dữ liệu 3D. Khả năng biểu diễn và tái dựng cấu trúc cây đã được ghi nhận trong các nghiên cứu về bonsai và thực vật (Boudon et al., 2003; Liu et al., 2015).

Hồ sơ chăm sóc (Digital Cultivation Record) ghi nhận lịch sử chăm sóc, dữ liệu sinh trưởng, những thông số môi trường có thể thu nhận và các sự kiện kỹ thuật quan trọng trong quá trình phát triển của cây. Việc sử dụng IoT trong chăm sóc mai vàng cho thấy một số loại dữ liệu này đã có khả năng được đo lường và quản lý bằng công nghệ số (Đặng et al., 2026).

Hồ sơ tri thức nghệ nhân (Digital Artisan Knowledge Record) gắn cây với người tạo tác hoặc chăm sóc, kỹ thuật đã sử dụng, quá trình tạo tác, kinh nghiệm và các thông tin được người nắm giữ tri thức xác thực. Thành phần này vừa có thể bao gồm dữ liệu có cấu trúc về nghệ nhân, vừa ghi nhận những nội dung thực hành cần được giải thích và xác nhận bởi chính người thực hiện (Huang & Chiou, 2025; Tan et al., 2026).

Ba thành phần được liên kết trong một cơ sở dữ liệu hoặc hệ thống thông tin số chung. Cấu trúc đề xuất chỉ xác định những nhóm thông tin chính cần được ghi nhận, không phải kiến trúc phần mềm và cũng không yêu cầu tất cả các trường hợp phải sử dụng công nghệ phức tạp. Theo cách tiếp cận này, vấn đề cần được xác định trước tiên là thông tin nào của cây, quá trình chăm sóc và người tạo tác cần được lưu giữ; công nghệ được lựa chọn sau dựa trên mục đích và điều kiện triển khai.

Biểu đồ 1: Cấu trúc đề xuất cho hồ sơ số mai vàng nghệ thuật



Nguồn: Đề xuất của tác giả từ kết quả tổng hợp 9 nghiên cứu.

4.6. Hạn chế và điều kiện khi áp dụng

Khả năng triển khai các hướng số hóa trên còn phụ thuộc vào một số điều kiện kỹ thuật và thực tế. Trước hết, cây có cấu trúc phức tạp, trong đó cành và lá thường che khuất lẫn nhau. Điều này có thể làm dữ liệu point cloud hoặc mô hình 3D bị thiếu một số bộ phận. Bên cạnh đó, góc chụp và mức độ đầy đủ của dữ liệu đầu vào cũng ảnh hưởng đến kết quả tái dựng (Liu et al., 2015; Lu et al., 2020).

Thứ hai, dữ liệu hình thái không thể thay thế hoàn toàn tri thức tạo tác. Mô hình 3D có thể thể hiện vị trí và cấu trúc của thân, cành nhưng không tự giải thích vì sao người tạo tác lựa chọn một thể cây, giữ lại một cành hoặc thực hiện một kỹ thuật nhất định. Những nội dung dựa trên cảm nhận, kinh nghiệm và phán đoán vẫn khó được chuẩn hóa đầy đủ (Duan, 2026).

Thứ ba, mức độ ứng dụng công nghệ cần phù hợp với nguồn lực thực tế. Những giải pháp phức tạp có thể yêu cầu chi phí, thiết bị và kỹ năng vận hành cao. Trong một số trường hợp, phương thức đơn giản nhưng có khả năng duy trì lâu dài và có sự tham gia của người nắm giữ tri thức có thể phù hợp hơn (Tan et al., 2026).

Cuối cùng, kết quả về IoT và kỹ thuật chăm sóc mai vàng hiện được kiểm chứng trong điều kiện sinh thái tại Ninh Bình. Do đó, nghiên cứu này chỉ sử dụng kết quả trên để làm rõ khả năng số hóa dữ liệu chăm sóc, không xem các thông số kỹ thuật hoặc kết quả thí nghiệm là quy trình chung có thể áp dụng cho mai vàng ở mọi địa phương (Đặng et al., 2026).

5. Kết luận

Kết quả phân tích 9 công trình cho thấy số hóa các đối tượng có liên quan đến mai vàng nghệ thuật hiện tập trung vào 3 nhóm thông tin chính, gồm: hình thái và đặc điểm vật lý của cây; dữ liệu chăm sóc và trạng thái cây; thông tin và tri thức của nghệ nhân. Mỗi nhóm có phương pháp thu nhận và hình thức dữ liệu khác nhau, từ point cloud, mô hình 3D và dữ liệu sinh trưởng đến hồ sơ nghệ nhân và thông tin thực hành. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất cấu trúc hồ sơ số gồm 3 thành phần là Hồ sơ

cây, Hồ sơ chăm sóc và Hồ sơ tri thức nghệ nhân. Hồ sơ cây ghi nhận thông tin nhận dạng và hình thái; Hồ sơ chăm sóc phản ánh quá trình phát triển và những dữ liệu kỹ thuật có thể theo dõi; Hồ sơ tri thức nghệ nhân liên kết cây với người tạo tác, kỹ thuật và kinh nghiệm liên quan. Cấu trúc đề xuất cho thấy số hóa mai vàng nghệ thuật không nhất thiết bắt đầu bằng một công nghệ phức tạp. Quan trọng hơn là xác định những thông tin cần được ghi nhận và duy trì theo thời gian, sau đó lựa chọn công nghệ phù hợp với từng nhu cầu cụ thể.

Hàm ý thực tiễn

Việc triển khai có thể bắt đầu ở quy mô nhỏ với một số cây tiêu biểu. Hồ sơ ban đầu có thể gồm hình ảnh, thông tin nhận dạng, đặc điểm cây, lịch sử, người tạo tác hoặc chăm sóc và những dữ liệu kỹ thuật có thể ghi nhận. Cách làm này giúp hình thành nguồn dữ liệu cơ bản mà không đòi hỏi đầu tư lớn ngay từ đầu. Đối với những cây có giá trị cao hoặc cần được lưu giữ chi tiết, hồ sơ có thể được mở rộng bằng dữ liệu 3D, lịch sử chăm sóc theo thời gian và thông tin về người tạo tác. Việc lựa chọn công nghệ cần căn cứ vào mục đích sử dụng, nguồn lực và khả năng duy trì hệ thống. Đối với thông tin nghệ nhân, quá trình ghi nhận cần có sự tham gia của chính người tạo tác hoặc người trực tiếp chăm sóc cây. Điều này giúp dữ liệu không chỉ phản ánh thông tin kỹ thuật mà còn giữ được bối cảnh và ý nghĩa của quá trình thực hành.

Hạn chế nghiên cứu và hướng nghiên cứu tiếp theo

Nghiên cứu còn một số hạn chế. Thứ nhất, dữ liệu phân tích chỉ gồm 9 công trình được lựa chọn có chủ đích nên không đại diện cho toàn bộ tài liệu quốc tế về số hóa cây cảnh và tri thức nghệ nhân. Thứ hai, phần lớn bằng chứng được rút ra từ bonsai, thực vật, cảnh quan di sản và nghề thủ công, do đó những nội dung đề xuất cho mai vàng mới dừng ở mức phân tích khả năng chuyển giao. Thứ ba, ngoài nghiên cứu thực nghiệm tại Ninh Bình, bài viết chưa sử dụng dữ liệu sơ cấp từ người trồng hoặc nghệ nhân mai vàng.

Trong thời gian tới, có thể thử nghiệm cấu trúc hồ sơ số trên một số cây mai thực tế; đánh giá khả năng và chi phí của phương pháp tái dựng 3D; phỏng vấn người trồng và nghệ nhân để xác định những loại tri thức cần được lưu giữ; đồng thời kiểm chứng mức độ phù hợp của cấu trúc 3 thành phần được đề xuất.

Tài liệu tham khảo

- Boudon, F., Prusinkiewicz, P., Federl, P., Godin, C., & Karwowski, R. (2003). Interactive design of bonsai tree models. *Computer Graphics Forum*, 22(3), 591–599. <https://doi.org/10.1111/1467-8659.t01-2-00707>.
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>.
- Đặng Văn Đông, Đặng Thị Phương Anh, Chu Thị Ngọc Mỹ, & Nguyễn Thị Liên (2026). Nghiên cứu một số biện pháp kỹ thuật xây dựng quy trình trồng, chăm sóc, điều khiển nở hoa cho cây mai vàng (*Ochna integerrima* (Lour.) Merr.) tại tỉnh Ninh Bình. *Bản B của Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*. Advance online publication. <https://doi.org/10.31276/VJST.2026.3963>.
- Duan, Z. (2026). Digitalization of artisans' tacit knowledge: A 3D modeling-based knowledge management framework for intangible handicraft brand design. *International Journal of Knowledge Management*, 22(1), 1–17. <https://doi.org/10.4018/IJKM.411887>.
- Guo, L., Ma, W., Gong, X., Zhang, D., Zhai, Z., & Li, M. (2024). Digital preservation of classical gardens at the San Su Shrine. *Heritage Science*, 12, Article 66. <https://doi.org/10.1186/s40494-024-01138-z>.
- Huang, S.-H., & Chiou, S.-C. (2025). Constructing a knowledge management system for traditional craftsmen through digitalization. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-9-2025, 601–606. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-601-2025>.
- Li, F., Achille, C., Vassena, G. P. M., & Fassi, F. (2025). The application of three dimensional digital technologies in historic gardens and related cultural heritage: A scoping review. *Heritage*, 8(2), Article 46. <https://doi.org/10.3390/heritage8020046>.
- Liu, X., Yang, M., Wang, C., & Yang, G. (2015). Approach for 3D reconstructing bonsai plant. In *2015 IEEE International Conference on Multimedia Big Data* (pp. 366–370). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BIGMM.2015.73>.
- Lu, X., Ono, E., Lu, S., Zhang, Y., Teng, P., Aono, M., Shimizu, Y., Hosoi, F., & Omasa, K. (2020). Reconstruction method and optimum range of camera-shooting angle for 3D plant modeling using a multi-camera photography system. *Plant Methods*, 16, Article 118. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00658-6>.
- Tan, Y.-C., Yang, L.-H., & Wang, B. (2026). Community-engaged digital safeguarding of intangible cultural heritage: A review of methods and challenges. *npj Heritage Science*, 14, Article 184. <https://doi.org/10.1038/s40494-026-02458-y>.