

XÂY DỰNG MÔ HÌNH 3D TỪ DỮ LIỆU THU NHẬN BỞI MÁY QUÉT LASER HOKUYO UTM 30LX: TRƯỜNG HỢP ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU MỘT PHÒNG CHỨC NĂNG CỦA CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG

PHAN THỊ ANH THU

Trường Đại Học Bách Khoa - ĐHQG TP. HCM

Tóm tắt:

Mô hình 3D của vật thể là một công cụ hữu dụng cho các kỹ sư đánh giá tình trạng hiện tại của công trình. Công nghệ laser đã giúp cho việc thu thập dữ liệu dày đặc và chính xác trong thời gian ngắn nhằm tái tạo mô hình 3D của vật thể. Trong nghiên cứu này, máy quét 2D đơn tia giá thành rẻ Hokuyo UTM 30LX được sử dụng để tái tạo mô hình 3D của đối tượng là một căn phòng chức năng nhỏ. Thuật toán được phát triển bằng ngôn ngữ lập trình R để tạo ra các đám mây điểm 3D từ dữ liệu quét laser. Máy quét được ngàm trên một khung nhôm đặt biệt có đường ray bằng cao su nhằm giảm rung động và một mô tơ điều khiển có thể cài đặt các vận tốc di chuyển khác nhau. Để có hình ảnh 3D đầy đủ của căn phòng, máy quét phải được thiết lập 4 lần quét tại các vị trí khác nhau trong căn phòng nhằm thu được hình ảnh đầy đủ bên trong phòng. Hơn thế nữa, để đảm bảo độ chính xác của đám mây điểm, máy quét di chuyển ở vận tốc ổn định theo chiều dọc đường ray. Dữ liệu thô của căn phòng được xử lý qua thuật toán được viết bằng ngôn ngữ lập trình R cho mỗi lần quét. Bằng phần mềm CloudCompare, 4 đám mây điểm được ghép lại với nhau thông qua những đặc điểm của đối tượng. Từ đó, đám mây điểm với mật độ dày được thành lập giúp cho kỹ sư có thể nhìn thấy tình trạng thực của đối tượng. Quá trình tạo ảnh màu giả của các đối tượng cơ bản trong căn phòng được tiến hành để tái tạo lại mô hình 3D của căn phòng sử dụng phần mềm Revit. Do đám mây điểm dày đặc nên yêu cầu thời gian xử lý dài.

Từ khóa: 3D Model, point cloud, Hokuyo UTM 30LX

1. Đặt vấn đề

Cùng với sự phát triển của xã hội nhu cầu số hóa và lưu trữ thông tin công trình để phục vụ cho công tác vận hành, duy tu, bảo dưỡng và quản lý cơ sở vật chất hạ tầng càng tăng cao. Với sự tiến bộ của các ứng dụng hiện đại nhu cầu số hóa các công trình hiện hữu thành mô hình 3D trực quan đang tăng lên từng

ngày. Các mô hình 3D được ứng dụng cho nhiều lĩnh vực khác nhau như khảo cổ học, cơ khí, khảo sát, xây dựng dân dụng... Trong lĩnh vực xây dựng dân dụng, công nghệ quét laser được ứng dụng trong xây dựng mô hình 3D phục vụ cho công tác quản lý dữ liệu BIM (Building Information Modeling) và các mục đích khác. BIM là viết tắt của mô hình thông

Ngày nhận bài: 21/2/2022, ngày chuyển phản biện: 25/2/2022, ngày chấp nhận phản biện: 28/2/2022, ngày chấp nhận đăng: 5/3/2022

tin công trình được mô phỏng trên máy tính phục vụ các mục đích lập kế hoạch, thiết kế, xây dựng và vận hành một tòa nhà. BIM được sử dụng rộng rãi trong các giai đoạn thiết kế hoặc xây dựng của vòng đời tòa nhà nhưng hầu như không được sử dụng trong giai đoạn quản lý. Tuy nhiên, với sự trợ giúp của máy quét laser mặt đất (terrestrial laser scanners-TLS) việc xây dựng nguồn thông tin đầu vào cho các mô hình BIM trở nên dễ dàng hơn. Các mô hình 3D có thể được xây dựng một cách nhanh chóng từ dữ liệu đám mây điểm. Nhiều nghiên cứu được thực hiện và chứng minh được tính hữu ích của công tác xây dựng mô hình 3D của đối tượng từ dữ liệu quét laser. Cụ thể, Altunas và cộng sự tiến hành thu dữ liệu bằng máy quét laser và tích hợp dữ liệu để tạo ra mô hình đám mây điểm 3D của bảo tàng Mevlana, Thổ Nhĩ Kỳ (Altunas và cộng sự, 2016). Bên cạnh đó, các sản phẩm được tạo ra từ dữ liệu quét laser có thể được sử dụng để đánh giá sức khỏe của kết cấu bê tông thông qua phương pháp phần tử hữu hạn. Việc sử dụng các máy quét TLS mang lại nhiều thuận lợi trong việc tạo và hiệu chỉnh các mô hình được thành lập bằng phương pháp phần tử hữu hạn (finite element method - FEM) do khả năng thu thập dữ liệu nhanh chóng với độ chính xác cao. Từ đó, các mô phỏng được thực hiện để xây dựng một mô hình hiệu quả, thuận tiện phục vụ cho công tác đánh giá hiện trạng của nhiều loại cấu trúc (Yang và cộng sự, 2014).

Máy quét laser trên mặt đất (TLS) là một công cụ quang học cho phép tạo ra biểu diễn hình học của các đối tượng bằng các đám mây dày đặc và chính xác của các điểm 3D. Thiết bị có thể cung cấp thông tin bổ sung, chẳng hạn như giá trị phản xạ hoặc màu sắc. Mặc dù chi phí cao, TLS ngày nay được sử dụng để thực hiện nhiều nhiệm vụ do cảm biến cho

phép thu nhận dữ liệu trong thời gian ngắn, tình trạng hiện tại của đối tượng được khảo sát và thu được ảnh chụp nhanh về hình dạng của chúng. Hướng nghiên cứu này đã được áp dụng rất nhiều trong lĩnh vực di sản văn hóa để hỗ trợ các nghiên cứu đa ngành như giám sát tình trạng của các tòa nhà lịch sử và cũng để hỗ trợ các công trình cần được trùng tu hoặc kiểm tra phân tích cấu trúc (Luhmann và cộng sự, 2020). Mô hình 3D cho phép lưu trữ thông tin định lượng của đối tượng để phục vụ cho các phân tích tiếp theo. Khả năng có được góc quét bao quát của một tòa nhà thay đổi quan niệm truyền thống về khảo sát khi chỉ có dữ liệu của một số bộ phận quan trọng một cách rời rạc. Hơn nữa, lợi ích phát sinh từ khả năng tích hợp thông tin hình học và dữ liệu cường độ phản xạ, để tạo ra các mô hình 3D có kết cấu mà màu sắc trực quan là rất lớn. Ví dụ, chúng có thể hỗ trợ việc phân tích một số điều kiện hư hỏng của công trình xây dựng, chẳng hạn như sự suy giảm do sự hiện diện của độ ẩm, đối lưu không khí.... Bên cạnh đó, không bị giới hạn ở các mặt tiền bên ngoài, TLS cũng có thể được sử dụng để khảo sát các bộ phận bên trong của tòa nhà. Ví dụ, để đánh giá thiệt hại sau động đất của các tòa nhà (Jiao và cộng sự, 2019). Một số nghiên cứu giới thiệu các quy trình bán tự động mới để tạo ra mô hình phần tử hữu hạn (FEM) từ dữ liệu khảo sát bằng máy quét laser của toàn bộ tòa nhà. Ưu điểm vượt trội của thiết bị quét laser mặt đất (TLS) là khả năng thu thập dữ liệu nhanh chóng với độ chính xác cao, công nghệ này cũng có thể giữ cho tình trạng của đối tượng không bị phá hủy do việc thu thập dữ liệu được tiến hành từ xa. Phương pháp này được ưu tiên sử dụng trong lĩnh vực khảo cổ học hoặc khôi phục hiện trạng của các công trình kiến trúc cổ có tuổi đời lâu năm. Tuy nhiên giá

thành cao là một vấn đề cần cân nhắc cho các dự án có kinh phí thấp và quy mô nhỏ.

Việc dựng lại mô hình bề mặt công trình từ những đám mây điểm nhận được từ dữ liệu máy quét laser là một vấn đề nan giải, chưa được giải quyết triệt để do dữ liệu thừa thớt, chưa hoàn thiện và bị nhiễu. Bên cạnh đó, việc mô hình hóa chính xác các bề mặt kín hoặc các vật thể có hình dáng phức tạp chưa được giải quyết triệt để và vẫn là một vấn đề quan trọng trong các hoạt động nghiên cứu. TLS được ứng dụng trong việc phân tích cấu trúc của một tòa nhà hoành tráng đòi hỏi sự phát triển của một chuỗi các thao tác được kết nối với nhau nhằm mục đích thu được dữ liệu chính xác về công trình. Từ đó có thể thấy, việc tách đối tượng từ mô hình 3D toàn thể là vô cùng cần thiết và hỗ trợ rất nhiều cho các công tác trên. Nhưng nếu thực hiện thủ công thì rất tốn công, tốn thời gian và độ chính xác không cao. Do đó, cần thiết phải có biện pháp tách dữ liệu bằng giải thuật. Tuy nhiên, ở Việt Nam chưa có nghiên cứu cụ thể nào cho giải thuật này. Vì thế, cần thực hiện nghiên cứu phương pháp tách dữ liệu theo từng đối tượng từ đám mây điểm thu nhận bởi máy quét laser.

Bên cạnh những lợi ích của việc sử dụng máy quét laser mặt đất vấn đề chi phí thiết bị cần được cân nhắc. Máy quét laser 3D vẫn là một phương pháp đắt tiền và khó tiếp cận đối với một số quốc gia. Do đó, nghiên cứu này nhằm mục đích không chỉ đưa ra một phương pháp rẻ hơn nhiều mà còn đảm bảo tính chính xác của dữ liệu thu thập được. Tác giả thử nghiệm thu thập dữ liệu quét laser và dựng mô hình 3D hiện trạng của một căn phòng đang được sử dụng bằng cách sử dụng máy quét laser 2D, Hokuyo UTM 30LX. Một mô hình 3D đơn giản của căn phòng và tình trạng hiện tại của nó được tạo ra trực tiếp từ đám mây điểm được tạo lập. Dữ liệu thu thập của phòng

có thể được sử dụng cho nhu cầu đánh giá hiện trạng phòng, thống kê tài sản hoặc kiểm tra các đặc tính của phòng.

2. Thu thập dữ liệu

2.1. Mô tả hệ thống

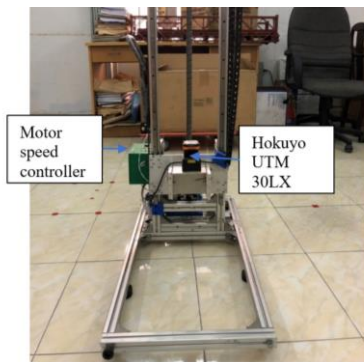
Kỹ thuật quét laser dựa trên sự truyền và nhận tín hiệu của các xung ánh sáng. Bằng cách xác định sự dịch chuyển pha của chùm tia laser, kỹ thuật quét laser có thể phát hiện thông tin khoảng cách từ máy quét đến bề mặt của đối tượng cần thu nhận dữ liệu đồng thời ghi nhận lại giá trị phản xạ. Hướng truyền của các xung laser được thay đổi nhờ sự chuyển động của các lăng kính từ đó ghi nhận một tập điểm mô tả bề mặt các đối tượng được gọi là đám mây điểm. Thông tin đám mây điểm, về cơ bản bao gồm các vị trí vật lý của bất kỳ bề mặt nào mà tia laser “nhìn thấy”, sau đó có thể được sử dụng để phát hiện thông tin quan trọng hữu ích về một cấu trúc bao gồm độ cao, bề mặt và biến dạng... Trái ngược với phân tích thông thường của ảnh chụp, các thuật toán tương đối đơn giản có thể được sử dụng để thao tác dữ liệu đám mây điểm để lấy thông tin hình học của đối tượng như đã đề cập ở trên.

Để thu thập dữ liệu đám mây điểm trong nghiên cứu này, một máy quét laser đơn tia - Hokuyo UTM 30LX với bước sóng 905 nm, độ phân giải góc 0,25 độ và trường nhìn 270 độ đã được sử dụng (Bảng 1). Máy quét laser này có trọng lượng nhẹ và có thể dễ dàng gắn trên các dạng phẳng khác nhau để thu được vật thể ở khoảng cách tối đa là 30 m. Bằng cách kiểm soát chuyển động của máy quét laser, đám mây điểm 3D của các đối tượng mục tiêu có thể được tạo ra. Trong nghiên cứu này, thiết bị laser được gắn chặt trên một khung nhôm đặc biệt bằng bu lông (Hình 1). Động cơ điện (được cung cấp bởi Pin 12V) chuyển động

máy quét cùng với khung. Máy quét được cung cấp năng lượng bằng cách kết nối với máy tính xách tay bằng kết nối USB.

Bảng 1: Đặc điểm máy quét laser HOKUYO UTM 30LX

Model No.	UTM-30LX
Nguồn	12VDC±10%
Bước sóng	$\lambda=905\text{nm}$
Khoảng cách quét	0.1m đến 30m
Độ chính xác	Khoảng cách 0.1 đến 10m: $\pm 30\text{mm}$, từ 10m đến 30m: $\pm 50\text{mm}$
Độ phân giải góc quét	0.25° ($360^\circ/1,440$ điểm)
Tần suất quét	25msec/scan
Trọng lượng	370g (có cab kèm theo)

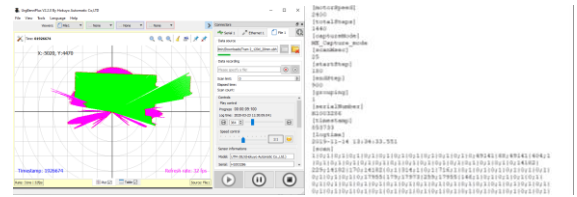


Hình 1: Máy quét HOKUYO UTM 30LX được gắn trên khung nhôm và di chuyển nhờ sức kéo của động cơ truyền qua dây truyền động

2.2. Thu thập dữ liệu

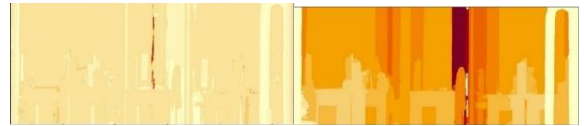


Hình 2: Hình ảnh căn phòng chức năng được sử dụng trong nghiên cứu



(a) (b)

Hình 3: Thu thập dữ liệu bằng phần mềm Urg Benri Plus. (a) giao diện phần mềm khi đang thu dữ liệu và (b) hình ảnh dữ liệu thô bao gồm phần thông tin header của file dữ liệu



(a) (b)

Hình 4: Hiển thị trực quan dữ liệu quét tại một trạm a) Hình ảnh cường độ và b) Hình ảnh phạm vi.

Nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho công tác thu thập dữ liệu tác giả chọn đối tượng nghiên cứu là một phòng chức năng trực thuộc bộ môn Địa Tin Học, Khoa Kỹ Thuật Xây dựng, trường đại học Bách Khoa-ĐHQG TP.HCM. Bên trong căn phòng chứa nhiều đồ đạc và bàn ghế (Hình 2). Với đặc thù của máy quét laser 2D, tác giả thiết kế 4 lần quét độc lập tương ứng với vị trí của 4 mặt tường của căn phòng nhằm đảm bảo có được đầy đủ đám mây điểm của cả phòng. Đối với mỗi lần quét, động cơ được đặt với tốc độ không đổi bằng 20 mm/s và máy quét laser được đặt để di chuyển theo hướng thẳng đứng với trường quan sát là 270° . Máy quét được kết nối với máy tính xách tay và dữ liệu được thu thập bằng cách chạy chương trình Urg Benri Plus (Hình 3a). Trên giao diện, phần màu xanh lá cây minh họa giá trị trong khoảng cách từ vật thể đến trạm, trong khi phần màu hồng biểu thị cường độ phản xạ của xung laser. Hình ảnh cường độ và phạm vi quét được tạo lập tại hiện trường bằng một chương trình được phát triển trên ngôn

ngữ R để kiểm tra sơ bộ thông tin thu nhận (Hình 4). Kết quả thí nghiệm ghi nhận được thông tin dữ liệu thô của 4 bề mặt căn phòng. Dữ liệu thô được thu thập rất khó để xử lý trực tiếp. Mỗi dòng quét được mã hóa riêng và chứa thông tin khoảng cách quét và cường độ phản xạ của từng điểm quét (Hình 3b).

3. Xử lý dữ liệu

3.1. Tạo lập đám mây điểm từ dữ liệu quét

Sau khi kết thúc quá trình thu thập dữ liệu, tệp dữ liệu thô (*.ubh) chứa thông tin phạm vi, cường độ, thời gian quét. Tệp * ubh có cấu trúc phức tạp với sự kết hợp của các định dạng số và bảng chữ cái (Hình 3b). Do đó, dữ liệu phạm vi và cường độ được tách thành tệp văn bản để truy cập dữ liệu theo từng điểm quét. Sau đó, dữ liệu phạm vi được sử dụng để tạo ra tọa độ 3D của tất cả các điểm quét bằng cách hiệu chỉnh giá trị góc quét và tốc độ di chuyển của máy quét. Dựa trên mặt phẳng quét, hệ tọa độ máy quét laser được coi là hệ tọa độ bên tay phải. Cụ thể, trục X song song với thanh trượt và hướng vào hướng chuyển động; trục Z vuông góc với mặt phẳng quét. Chiều dương của nó trùng với trọng lực và quy tắc bàn tay phải xác định trục Y (Trần và cộng sự, 2021). Do đó, tọa độ của các điểm trong đám mây điểm có thể được tính bằng công thức (1). Bằng cách này, các điểm quét không trùng nhau, vị trí của các điểm quét có thể được xác định thông qua giá trị hàng và cột trong đó hàng là số của dòng quét và cột là số của điểm quét. Sau đó, bốn đám mây điểm 3D tương ứng với bốn trạm được xử lý để loại trừ dữ liệu nhiễu và không cần thiết. Cuối cùng, chúng được hợp nhất với nhau bằng phần mềm mã nguồn mở Cloudcompare. Hai đám mây liền kề sẽ được kết hợp thông qua 4 cặp điểm trùng ở cả hai đám mây. Từ bộ tọa độ của 4 cặp điểm trùng bộ thông số chuyển đổi

của mô hình Affine trong không gian được xác định bao gồm thông số dịch chuyển ngang (T_x, T_y, T_z), thông số tỷ lệ trên ba trục (S_x, S_y, S_z) và 3 góc xoay trên ba trục (ϕ, θ, φ). Sau đó, các thông số mô hình chuyển đổi này được áp dụng để quy đổi tọa độ của hai đám mây về một tọa độ thống nhất (công thức 2). Quá trình này sẽ được tiến hành tuần tự cho đến đám mây điểm cuối cùng được chuyển đổi hệ tọa độ. Kết quả là đám mây điểm đầy đủ của căn phòng được tạo lập.

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \sin \theta \\ y &= v \cdot t \\ z &= r \cdot \cos \theta \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó: r : phạm vi quét

v : tốc độ di chuyển của máy quét

θ : góc quét

t : thời gian quét

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} S_x \\ S_y \\ S_z \end{bmatrix} \cdot R(\omega, \theta, \varphi) \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (2)$$

Trong đó:

x, y, z : tọa độ 3D gốc của đám mây điểm

x', y', z' : tọa độ 3D sau chuyển đổi

T_x, T_y, T_z : thông số dịch chuyển ngang

S_x, S_y, S_z : thông số tỷ lệ trên ba trục

$R(\phi, \theta, \varphi)$: Ma trận xoay trên ba trục

3.2. Tạo hình ảnh màu giả phục vụ cho công tác số hóa trực tiếp

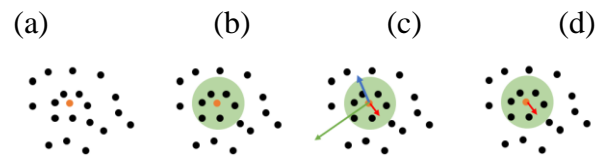
Nhiều đối tượng xuất hiện bên trong khu vực mục tiêu trong quá trình thu thập dữ liệu tạo nên các điểm dữ liệu nhiễu. Do đó, các điểm nhiễu được loại trừ một cách thủ công để đảm bảo cho quá trình xử lý tiếp theo. Bên cạnh đó, đám mây điểm được hiển thị với màu tương ứng với giá trị cường độ phản xạ của điểm quét gây khó khăn cho người sử dụng

trong việc phân biệt đường nét của đối tượng. Tác giả đề xuất giải pháp tạo lập tổ hợp màu giả của đám mây điểm nhằm hỗ trợ người dùng phân biệt các đối tượng riêng biệt một cách trực quan hơn. Dựa trên đặc điểm của căn phòng chức năng bao gồm các bề mặt thẳng đứng của tường và nằm ngang của mặt bàn, các điểm nhiễu nằm phía ngoài sẽ tạo thành một góc xiên so với các mặt phẳng cơ bản này. Do đó, nhằm hỗ trợ trực quan cho công tác số hóa hình ảnh của căn phòng nhóm tác giả đề xuất tạo ra ảnh tổ hợp màu giả của đám mây điểm dựa trên giá trị của vector pháp tuyến của các điểm quét.

Vector pháp tuyến của tất cả các điểm được xác định thông qua phân tích thành phần chính của một nhóm các điểm liên kề với điểm được xem xét. Giá trị riêng nhỏ nhất thu nhận được là vector pháp tuyến của điểm đang xét. Để thực hiện công tác này việc ước lượng mặt phẳng cục bộ được đại diện bởi điểm đang xét và các điểm lân cận là cần thiết. Cụ thể tập k điểm gần nhất được xác định cho mỗi điểm trong đám mây theo phương pháp người láng giềng gần nhất. Một mặt phẳng cục bộ được xác định với trọng tâm là điểm đang xét. Tiếp theo, phương pháp phân tích thành phần chính được áp dụng cho tập điểm vừa xác định bao gồm cả điểm đang xét. Vector pháp tuyến được xác định là vector trị riêng nhỏ nhất của tập điểm và được định hướng bằng phương pháp minimum panning tree (Hình 5). Phương pháp này cố gắng định hướng lại tất cả các vector thông thường của một đám mây theo hướng thống nhất. Nó bắt đầu từ một điểm ngẫu nhiên sau đó truyền hướng bình thường từ điểm lân cận này sang điểm lân cận khác.

Sau khi có được giá trị vector pháp tuyến của đám mây điểm, ảnh tổ hợp màu giả theo HSV được tạo lập. Tổ hợp màu HSV bao gồm 3 thành phần chính là hue, độ bão hòa và độ

sáng. Trong đó giá trị hue được quy đổi từ độ lớn của góc nghiêng của vector pháp tuyến so với mặt phẳng cục bộ của điểm đang xét (Bảng 2).



Hình 5: Quy trình xác định vector pháp tuyến tại một điểm quét. (a) xác định điểm mục tiêu, (b) xác định tập điểm lân cận trong bán kính dò tìm, (c) xác định 3 vector theo phương pháp phân tích thành phần chính, (d) vector pháp tuyến được xác định là giá trị vector trị riêng nhỏ nhất

Bảng 2: Bảng quy đổi màu hue từ giá trị góc của vector pháp tuyến tương ứng

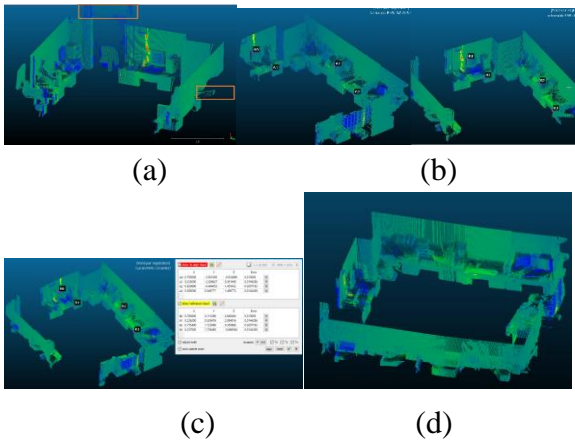
Màu	Góc (độ)
Màu đỏ	0-60
Màu vàng	60-120
Màu xanh lá	120-180
Cyan	180-240
Màu xanh da trời	240-300
Màu đỏ tươi	300-360

3.3. Dựng mô hình 3D của căn phòng

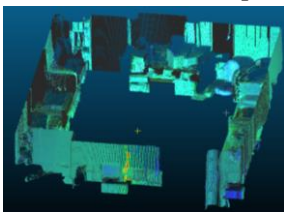
Trong quản lý đám mây điểm nói chung và vẽ lại mô hình nói riêng, việc phân nhóm các điểm quét là việc cần thiết. Kết quả tạo tổ hợp màu giả sẽ hỗ trợ rất nhiều cho việc thực hiện công tác số hóa đối tượng bởi vì không thể phác thảo mô hình trong một khối lớn hoặc các đám mây điểm xếp chồng lên nhau với phần mềm Revit. Bên cạnh đó, định dạng tệp cũng cần được thay đổi vì sử dụng nhiều phần mềm khác nhau cho các hoạt động khác nhau. Do đó, tập dữ liệu được lưu dưới dạng tệp ".txt". Sau đó, cần sử dụng Autodesk Recap làm phần mềm trung gian để chuyển đổi thành định dạng ".rcp". Dữ liệu được nhập vào Revit Architecture để xây dựng lại mô hình 3D của căn phòng.

4. Kết quả

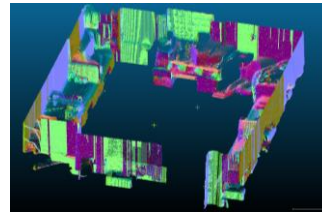
Một chương trình được phát triển trên ngôn ngữ R để tạo lập đám mây điểm của các trạm quét độc lập theo giải thuật đề xuất. Kết quả tạo lập đám mây điểm cung cấp cái nhìn trực quan về các đối tượng được ghi nhận. Từ hình ảnh hiển thị trực quan cho thấy có thể dễ dàng phân biệt các đối tượng bên trong căn phòng như bàn, ghế, tường, màn hình máy tính.... Tuy nhiên, Bức tường không thể được quan sát đầy đủ vì các vật thể che phủ nó. Các vách ngăn giữa các bàn làm việc bị biến dạng nhẹ. Do trường quét lớn được thiết lập (270 độ) có nhiều điểm nhiễu xuất hiện. Do đó, các điểm nhiễu này được loại trừ một cách thủ công trên ứng dụng Cloudcompare (Hình 6a).



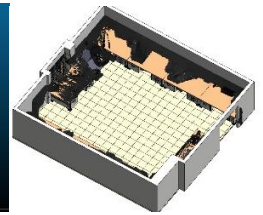
Hình 6: Quá trình hợp nhất dữ liệu 4 trạm quét độc lập thành 1 tập dữ liệu thể hiện phòng chức năng hoàn chỉnh. (a) Dữ liệu nhiễu được loại bỏ (vùng bên trong hình chữ nhật màu cam), (b) chọn 4 cặp điểm nối giữa hai đám mây liền kề, (c) hai đám mây liền kề được hợp nhất, và (d) dữ liệu đám mây hoàn chỉnh thể hiện hình ảnh phòng chức năng



(a)



(b)



(c)

Hình 7: Quá trình tạo lập mô hình 3D của căn phòng. (a) Giá trị vector pháp tuyến của đám mây điểm, (b) ảnh tổ hợp màu giả của các đối tượng và (c) mô hình 3D được tạo lập bằng phần mềm Revit

Quá trình liên kết dữ liệu giữa các trạm được thực hiện tuần tự giữa hai trạm liền kề. Bốn cặp điểm trùng nhau giữa hai đám mây được xác định để tính toán thông số của mô hình chuyển đổi Affine (Hình 6b). Sau đó, tọa độ mới của đám mây điểm được tính toán lại theo công thức 2. Bốn đám mây điểm độc lập được kết nối tạo nên hình ảnh trực quan bên trong căn phòng (Hình 6). Kết quả thu được đám mây điểm dày đặc bao gồm 1,7 tỷ điểm quét đơn lẻ. Khoảng cách giữa các điểm quét được ước tính là 3 mm.

Với mật độ điểm dày đặc của đám mây điểm hình ảnh các chi tiết bên trong được hiển thị rõ nét. Tuy nhiên, do ảnh hiển thị từ giá trị cường độ phản xạ của điểm quét nên sẽ gây ra một số nhầm lẫn trong công tác nhận diện các đối tượng trong quá trình số hóa. Do đó, quá trình tính toán vector pháp tuyến và tổ hợp màu HSV cần được tiến hành. Như đã đề cập trước đó tập 6 điểm lân cận điểm đang xét được xác định theo phương pháp người láng giềng gần nhất. Mặt phẳng cục bộ được tạo lập từ tập 7 điểm quét (bao gồm điểm đang xét). Vector pháp tuyến được xác định là trị riêng nhỏ nhất của tập dữ liệu này (Hình 7a). Dựa trên bảng phân màu theo giá trị góc của vector pháp tuyến hình ảnh tổ hợp màu của các đối tượng khác nhau được tạo lập. Nhờ đó, tác giả

có thể dễ dàng nhận ra từng đồ vật bên trong phòng (Hình 7b). Cuối cùng, dữ liệu đám mây được tổ hợp màu được chuyển đổi định dạng để có thể hiển thị trong phần mềm Revit. Các bộ phận cơ bản của căn phòng được số hóa. Các vật thể trên bàn với hình dạng phức tạp như cáo cáo, mô hình cầu thép không được số hóa vì chúng không phải là tài sản cần được thống kê và quản lý (Hình 7c).

5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, máy quét laser 2D Hokuyo UTM 30LX đã được sử dụng để quan sát vật thể bên trong phòng chức năng. Để nắm bắt thông tin đầy đủ của căn phòng, thí nghiệm đã được thiết lập tại 4 trạm. Kết quả là, đám mây điểm đầy đủ với mật độ dày đặc được tạo ra. Nhìn chung, đám mây điểm có thể hiển thị rõ ràng chi tiết và sự sắp xếp tổng thể của căn phòng. Vị trí của đồ đạc trong phòng và ngoài thực tế có sự khác biệt nhỏ. Những khác biệt này không ảnh hưởng đến độ chính xác của kích thước đồ vật trong phòng. Vì các bức tường có nhiều điểm đặc trưng, máy quét phải được thiết lập ở nhiều trạm để thu được hình ảnh tốt nhất và đám mây điểm trong khi công nghệ máy quét laser mặt đất (TLS) có thể thực hiện công việc này chỉ trong một lần quét. Mặc dù mô hình 3D trong nghiên cứu này có thể minh họa đầy đủ mặt bên của phòng chức năng, nhưng nó không thể thu được bề mặt trần và bề mặt sàn do góc đặt của mặt phẳng quét, dẫn đến khó đánh giá hiện trạng của các kết cấu này. Nhiều vấn đề liên quan đến sự biến dạng của hình ảnh như một số hình ảnh ần, điểm ma, ... Chúng là vấn đề cơ bản của kỹ thuật quét laser. Trong tương lai, chúng tôi sẽ điều chỉnh phương pháp thu thập dữ liệu và quy trình xử lý dữ liệu để có thể mang lại kết quả chính xác hơn. Trong nghiên cứu này, với mật độ điểm dày đặc, mô hình đám mây được

tạo lập với kích thước thực tế, khoảng cách giữa các điểm được ước tính là 3 mm nên đảm bảo độ chính xác cho quá trình số hóa. Việc tạo lập ảnh tổ hợp màu giả từ giá trị vector pháp tuyến hỗ trợ rất nhiều trong công tác số hóa trực tiếp các đối tượng. Tuy một số dữ liệu sàn và trần vẫn chưa được ghi nhận nhưng kết quả của nghiên cứu cho thấy tiềm năng của việc sử dụng máy quét 2D trong công tác thu thập và quản lý tài sản của các công trình dân dụng nhỏ. ○

Lời cảm ơn: Tác giả chân thành cảm ơn nhóm sinh viên Nguyễn Quốc Gia Bảo, Nguyễn Thái Khiêm, Nguyễn Đức Nhã và Trần Vũ Kim Sơn đã hỗ trợ nhiệt tình trong quá trình thu thập dữ liệu cho nghiên cứu. Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ từ Trường ĐHBK, ĐHQG-HCM cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Altuntas, Cihan & Yildiz, Ferruh & Scaioni, Marco. (2016) - *Laser Scanning and Data Integration for Three-Dimensional Digital Recording of Complex Historical Structures: The Case of Mevlana Museum*. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 5. 18. 10.3390/ijgi5020018.
- [2]. Mill, Tarvo & Alt, Aivars & Liias, Roode. (2013) - *Combined 3D building surveying techniques-Terrestrial laser scanning (TLS) and total station surveying for BIM data management purposes*. *Journal of Civil Engineering and Management*. 19. S23-S32. 10.3846/13923730.2013.795187.
- [3]. Luhmann, Thomas, Maria Chizhova, and Denys Gorkovchuk. 2020. "Fusion of UAV and Terrestrial Photogrammetry with Laser Scanning for 3D Reconstruction of Historic Churches in Georgia" *Drones* 4, no. 3: 53. <https://doi.org/10.3390/drones4030053>

[4]. Qisong Jiao, Hongbo Jiang, Qiang Li, "Building Earthquake Damage Analysis Using Terrestrial Laser Scanning Data", *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, Article ID 8308104, 12 pages, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8308104>

[5]. The properties of Hokuyo UTM 30LX,
<https://www.hokuyo-aut.jp/search/single.php?serial=169>

[6]. Tran Viet Quoc, To Phuong Anh Thi, Huynh Thi Ngoc, Phan Anh Thu Thi, Detection of Asphalt Pavement Cracks using mobile 2D laser scanning system: A case study of UTM 30LX laser scanner, *Journal of Physics Conference Series*, 1793, 2021/02/1.○

Summary

Generating 3D model from point cloud collected by laser scanner Hokuyo UTM 30LX: case study is a room of a civil structure

Phan Thi Anh Thu, Ho Chi Minh City University Of Technology-VNU

3D model of objects has become a useful tool for engineers to assess the current status of the structure. LiDAR technology has the advantage of gathering dense and accurate data in a short time for 3D model generation. In this study, the 2D line laser scanner Hokuyo UTM 30LX, which is cheaper than a 3D scanner, is used to generate a 3D point cloud model of a small function room. Using a 2D laser scanner makes the cost much lower than the others. The algorithm is developed by the R programming language to generate a 3D point cloud from laser scan data. The laser scanner is attached to a special aluminum frame equipped with a rubber railway to reduce vibration and a programmable speed motor. In order to get a full image of the room, the scanner has to be set up 4 times in different positions to cover the full scan sight. Moreover, the precise point cloud requires constant speed during data collecting and the scanner moves along the track in vertical direction. Raw data is processed through a script written in R language to produce the point cloud for each scan. By using the Cloud Compare application, 4 point-clouds are combined to make a full image of the structure based on the structural characteristic of each point cloud so that we can find common points between each point cloud. As a result, a 3D point cloud is generated allowing engineers to visualize the 3D image of the room, hologram in specific. Then, the point cloud is colored and has been performed to reconstruct the 3D model of the room using Revit software. However, the dense point cloud requires a significant amount of time to process.○

Key words: 3D Model, point cloud, Hokuyo UTM 30LX