



(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)



2-0004409

(51) **G06T 17/00; G06V 10/80; G06T 19/20**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00762

(22) 05/12/2023

(45) 27/10/2025 451

(43) 26/02/2024 431

(73) Viện Nghiên cứu Lâm Sinh (VN)

Số 46 Đường Đức Thắng, Phường Đức Thắng, Quận Bắc Từ Liêm, TP Hà Nội

(72) Nguyễn Văn Thịnh (VN); Phạm Tiến Dũng (VN); Nguyễn Huy Hoàng (VN);
Nguyễn Văn Tuấn (VN); Nguyễn Văn Cương (VN).

(54) **PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH THỂ TÍCH VÀ SINH KHỐI CÂY BẰNG KỸ
THUẬT QUÉT 3D LAZE VÀ TÁI TẠO ẢNH BA CHIỀU**

(21) 2-2023-00762

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp xác định thể tích và sinh khối của cây bằng kỹ thuật quét và tái tạo ảnh ba chiều. Trong đó bằng việc sử dụng thiết bị quét 3D laze để thu thập dữ liệu hình ảnh ba chiều của cây và dựa trên dữ liệu đám mây điểm hình ảnh của cây thu được tiến hành phân tích hình ảnh cho phép số hóa dữ liệu hình ảnh từ đó xây dựng nên dữ liệu đám mây điểm kết nối dạng lưới cho phép nội suy ngược và tái tạo hình ảnh ba chiều cấu trúc khối và mặt cong dạng ma trận điểm kết nối theo dữ liệu đám mây ban đầu để trích xuất và tính thể tích và sinh khối của cây cần đo. Phương pháp theo sáng chế hữu ích trong việc nghiên cứu, quản lý và kiểm soát sinh khối cây thực địa.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích thuộc lĩnh vực phân tích và đo đạc dựa trên hình ảnh phục vụ cho công tác lâm nghiệp và quản lý tài nguyên rừng, cụ thể là giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp xác định thể tích và sinh khối cây bằng kỹ thuật quét 3D laze làm cơ sở xác định khả năng tích lũy các bon và khả năng hấp thụ CO₂ trong quản lý tài nguyên rừng. Việc áp dụng phương pháp xác định thể tích và sinh khối cây bằng kỹ thuật phân tích hình ảnh này cho phép ứng dụng trong việc giảm thiểu tối đa những tác động trực tiếp đến hệ sinh thái rừng, đặc biệt là trong các khu vực có yêu cầu bảo vệ tính đa dạng sinh học một cách nghiêm ngặt như các Vườn quốc gia, khu bảo tồn cũng như các khu Dự trữ sinh quyển.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Trong thực tiễn nghiên cứu sinh khối cây rừng hiện nay, việc xác định thể tích và sinh khối cây rừng thường được thực hiện theo phương pháp chặt hạ cây mẫu hoặc toàn bộ cây rừng (phương pháp phá hủy) và cân đo trực tiếp để thu thập dữ liệu sinh khối ngay trên hiện trường. Đây là phương pháp được phát triển sớm nhất để xác định thể tích, sinh khối và có độ chính xác cao (Roxburgh và cs., 2015). Phương pháp này thường được sử dụng chủ yếu để xây dựng phương trình sinh trắc để ước tính sinh khối và trữ lượng các bon ở cấp độ cây rừng và lâm phần rừng. Phương pháp chặt hạ được thực hiện bằng cách sau khi xác định số lượng cây sẽ chặt hạ trên một diện tích, các cây này sẽ được đo đếm và ghi chép thông tin về tên loài, đường kính thân cây tại vị trí 1.3m (D1.3), chiều cao vút ngọn (H_{vn}) của cây trước khi chặt hạ. Các bộ phận của cây chặt hạ được để riêng rẽ bao gồm các bộ phận (i) thân (có thể phân tách riêng phần vỏ), (ii) cành lớn (đường kính đầu nhỏ > 5 cm) và cành nhỏ (đường kính đầu nhỏ < 5 cm), và (iii) lá. Thân cây được cắt ở vị trí 1,3 m từ mặt đất và cắt thành mỗi đoạn 2 m cho tới ngọn. Cành được cắt thành mỗi đoạn từ 1 đến 2,5 m. Tất cả các bộ phận này được cân ngay tại hiện trường. Mẫu lá được thu thập ở các phần khác nhau của cành và cân tươi.

Phương pháp chặt hạ có thể tiềm ẩn nhiều sai số cần hạn chế trong quá trình thực hiện. Các sai số trong bước lập OTC và đo tính bao gồm: (i) sai số do phương pháp lấy

mẫu: liên quan đến phân bố không gian của ô tiêu chuẩn (OTC) và tính đại diện của chúng cho các trạng thái rừng ở khu vực lấy mẫu; (ii) sai số do OTC: liên quan đến diện tích, kích thước, hình dạng OTC; (iii) sai số do lập OTC: việc lập OTC và đo đếm dẫn đến thêm hoặc bớt các cây ở ranh giới, đặc biệt là những cây lớn có thể dẫn đến ước lượng sinh khối cao hoặc thấp hơn nhiều so với thực tế; (iv) sai số do đo đếm cây: do quá trình đo đường kính, chiều cao đặc biệt ở các cây có hình dạng thân khác thường; do bỏ sót cây; đo hai lần hoặc cây sống được cho là cây chết.

Phương pháp chặt hạ tồn tại các nhược điểm đó là không thể thực hiện do chính sách “đóng cửa rừng tự nhiên” và khó thực hiện nếu nghiên cứu ở cấp độ sinh khối lâm phần vì phải chặt với một số lượng lớn cây rừng. Ngoài ra phương pháp này tốn kém về chi phí và công lao động trên hiện trường cũng như bất lợi khi thực hiện tại những vùng có điều kiện khó khăn, hiểm trở. Hơn thế, phương pháp này không được phép áp dụng được đối với các khu rừng là rừng đặc dụng như các Vườn quốc gia, khu bảo tồn thiên nhiên; khu Dự trữ sinh quyển hoặc những khu vực rừng có sự xuất hiện của các loài quý hiếm.

Việc áp dụng máy quét 3D laze trong nghiên cứu sinh khối cây rừng trên thế giới đã được chứng minh là có khả năng xác định các chỉ tiêu sinh trưởng cây chất lượng cao, có khả năng cải thiện chất lượng và số lượng của dữ liệu tham khảo được thu thập trong điều tra rừng. Tuy nhiên, các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào một khía cạnh cụ thể như Holger Gärtner và cộng sự (2009) đã sử dụng máy quét laser 3D trên mặt đất để nghiên cứu hệ thống rễ cây Vân sam, hay ước tính diện tích lá của từng cây riêng lẻ trong một khu rừng Vân sam Na Uy 39 năm tuổi nằm ở miền nam Bavaria, Đức của *Picea abies* [L.] Karst. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu tập trung vào việc xác định tính khả thi của việc sử dụng phương pháp quét 3D laze để thay thế các phép đo chặt hạ cây rừng trên hiện trường (Ninni Saarinen và cộng sự (2017), trong khi Stéphane Momo Takoudjou và cộng sự (2018) đã sử dụng kết quả ước tính sinh khối trên mặt đất có nguồn gốc từ thiết bị quét 3D laser mặt đất để hiệu chỉnh mô hình tương đối và so sánh mô hình này với mô hình tương ứng được hiệu chỉnh trên dữ liệu của phương pháp chặt hạ.

Do đó, vẫn cần có phương pháp xác định thể tích và sinh khối cây mà không cần chặt hạ nhưng vẫn cho phép xác định chính xác thể tích và sinh khối cây, cho phép ứng dụng trong việc đánh giá ở quy mô lớn, ví dụ về lâm phần, để áp dụng, có khả năng đáp

ứng tốt các yêu cầu về quản lý, bảo vệ đa dạng sinh học cũng như quản lý tài nguyên rừng.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích nhằm xác định thể tích và sinh khối cây mà không cần chặt hạ cây hoặc thực hiện các công việc đo thủ công trên hiện trường. Giải pháp hữu ích cho phép đo và tính thể tích và sinh khối của cây cần đo bằng máy quét 3D laze và tái tạo hình ảnh ba chiều nhằm phân tích và xác định thể tích và sinh khối cây một cách chính xác để hỗ trợ cho công việc thu thập và đo đếm số liệu sinh trưởng của cây trên thực địa. Để đạt được điều này, giải pháp hữu ích đề xuất sử dụng thiết bị quét 3D laze và tái tạo hình ảnh cho phép dễ dàng xác định thể tích và sinh khối cây rừng. Dựa trên nguyên lý hoạt động của máy quét 3D laze đó là sử dụng tia laze để tạo dữ liệu điểm theo tọa độ (theo tọa độ X, Y và Z) của một hay nhiều mẫu vật từ đó tái tạo nên kích thước vật thể cần đo cho phép ứng dụng trong điều tra rừng nằm ở khả năng ghi lại số liệu sinh trưởng và các bộ phận cây rừng trong lâm phần một cách nhanh chóng, tự động và chi tiết ở cấp độ milimet.

Theo đó giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp xác định thể tích và sinh khối của cây bằng kỹ thuật quét và tái tạo ảnh ba chiều, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

a) thu thập dữ liệu hình ảnh ba chiều của cây bằng cách sử dụng thiết bị quét hình ảnh laze và quét hình ảnh xung quanh toàn bộ cây cần đo với một cùng một khoảng cách, độ cao và độ cao xác định trước để thu dữ liệu đám mây điểm hình ảnh của cây sao cho dữ liệu này bao gồm toàn bộ hình ảnh từ gốc đến ngọn cây;

b) số hóa dữ liệu hình ảnh bằng cách trích xuất dữ liệu đám mây điểm hình ảnh của cây từ thiết bị quét hình ảnh laze ba chiều và lọc bỏ dữ liệu nhiễu, từ dữ liệu đám mây điểm ảnh xây dựng nên dữ liệu đám mây điểm kết nối dạng lưới với mỗi điểm kết nối với ít nhất hai điểm liền kề gần nhất kết hợp với hiệu chỉnh theo góc xiên theo khoảng cách và độ cao vị trí thiết bị quét hình ảnh laze, từ dữ liệu này nội suy ngược và tái tạo hình ảnh ba chiều cấu trúc khối và mặt cong dạng ma trận điểm kết nối theo dữ liệu đám mây ban đầu;

c) trích xuất thể tích cây được đo bằng cách dựa vào dữ liệu khoảng cách và độ cao, tính toán thể tích thân cây, thể tích từng cành lớn có đường kính đầu cành từ $\geq 5\text{cm}$, thể

tích cành nhỏ cành nhỏ có đường kính đầu cành < 5cm thông qua việc giả lập hình ảnh và tính theo mô hình toán học theo hình ảnh ba chiều được tái tạo;

d) xác định sinh khối từng bộ phận của cây bao gồm:

+ xác định sinh khối thân (B_t) theo khối lượng riêng của loài cây và tổng thể tích của thân cây theo công thức $B_t = V_t \times P_t$, trong đó V_t là thể tích thân cây và P_t là khối lượng riêng của loại cây được đo, từ đó xác định được sinh khối của thân cây;

+ xác định sinh khối của cành lớn (B_{cl}) theo khối lượng riêng trung bình của cành lớn và tổng thể tích của cành lớn theo công thức:

$$B_{cl} = \sum_{n=1}^n B_n$$

$$B_n = V_{cl} \times P_{cl}$$

trong đó B_n là sinh khối cành lớn thứ n ; V_{cl} là thể tích cành lớn và P_{cl} là khối lượng riêng của cành lớn;

+ xác định sinh khối của cành nhỏ (B_{cn}) theo khối lượng riêng trung bình của cành nhỏ và tổng thể tích của cành nhỏ theo công thức:

$$B_{cn} = \sum_{n=1}^n B_n$$

$$B_n = V_{cn} \times P_{cn}$$

trong đó B_n là sinh khối cành nhỏ thứ n ; V_{cn} là thể tích cành nhỏ và P_{cn} là khối lượng riêng của cành nhỏ; và

e) xác định tổng sinh khối (B_{tc}) các bộ phận của cây được đo bao gồm sinh khối thân (B_t), sinh khối cành lớn (B_{cl}) và sinh khối cành nhỏ (B_{cn}) theo công thức $B_{tc} = B_t + B_{cl} + B_{cn}$, từ đó đưa ra được tổng sinh khối của cây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ khối của phương pháp xác định thể tích và sinh khối của cây bằng kỹ thuật quét 3D laze và tái tạo ảnh ba chiều theo giải pháp hữu ích.

Hình 2 là ảnh chụp thực địa trong bước sử dụng máy quét 3D laze để thu thập dữ liệu hình ảnh ba chiều xung quanh cây cần xác định.

Hình 3 là hình ảnh tái tạo từ dữ liệu hình ảnh ba chiều từ máy quét 3D laze để tạo lập hình ảnh cây sau khi loại nhiễu và hiệu chỉnh dữ liệu.

Hình 4 là hình ảnh số hóa được trích xuất và lọc để thu được dữ liệu hình ảnh và tính thể tích và sinh khối cây dựa trên hình ảnh trích số hóa với (A) là hình ảnh số hóa tổng thể cây, (B) là hình ảnh trích xuất thân và cành cây; và (C) là hình ảnh số hóa cho phép tính thể tích và sinh khối cây cho phép trích xuất thân, cành lớn và cành nhỏ để tính toán.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Các nội dung được trình bày dưới đây sẽ làm rõ giải pháp hữu ích sẽ được mô tả chi tiết với các ví dụ và các phương án thực hiện cụ thể, tuy nhiên các ví dụ và các phương án thực hiện này chỉ nhằm làm rõ bản chất của giải pháp chứ không nhằm giới hạn phạm vi yêu cầu bảo hộ của giải pháp hữu ích.

Giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp xác định thể tích và sinh khối của cây bằng kỹ thuật quét và tái tạo ảnh ba chiều, trong đó phương pháp này bao gồm các bước thu thập dữ liệu hình ảnh ba chiều của cây, số hóa dữ liệu hình ảnh, trích xuất thể tích cây được đo, và xác định sinh khối từng bộ phận của cây.

Trong bước thu thập dữ liệu hình ảnh ba chiều của cây, tiến hành sử dụng công cụ quét 3D laze. Thiết bị này cho phép tạo ra dữ liệu đám mây điểm hình ảnh của vật thể. Theo đó, để quét, cây cần đo được quét bằng cách sử dụng thiết bị quét hình ảnh 3D laze và quét hình ảnh xung quanh. Tiến hành quét sao cho thu được toàn bộ hình ảnh của cây cần đo. Việc quét được thực hiện với một cùng một khoảng cách, độ cao và độ cao xác định trước để thu dữ liệu đám mây điểm hình ảnh của cây sao cho dữ liệu này bao gồm toàn bộ hình ảnh từ gốc đến ngọn cây. Hình ảnh bao gồm cả thân chính, cành lớn, cành nhỏ và tán lá của cây.

Hình ảnh của cây rừng sau khi được quét bao gồm dữ liệu đám mây điểm hình ảnh bộ phận thân chính, cành lớn, cành nhỏ, tán lá của cây và các đối tượng xung quanh cây phạm vi bán kính xác định, ví dụ trong khoảng cách gần 100m, hoặc khoảng cách từ 2 đến 20 mét. Chiều cao tốt nhất là cách gốc khoảng từ 1 đến 1,5 mét phù hợp với chiều cao của người thao tác.

Trong bước số hóa dữ liệu hình ảnh bằng cách trích xuất dữ liệu đám mây điểm hình ảnh của cây từ thiết bị quét hình ảnh laze ba chiều. Theo đó lọc bỏ dữ liệu nhiễu, ví dụ các cây hoặc các dây leo. Từ dữ liệu đám mây này tiến hành xử lý dữ liệu hình ảnh 3D của cây rừng. Việc xử lý này được thực hiện trên máy tính với các công cụ, ví dụ phân

mềm GeoSLAM Connect, xuất dữ liệu đám mây điểm theo định dạng phổ thông. Sau khi xử lý dữ liệu, các đối tượng nhiễu được xóa bỏ. Điểm ảnh xây dựng nên dữ liệu đám mây điểm kết nối dạng lưới với mỗi điểm kết nối với ít nhất hai điểm liền kề gần nhất kết hợp với hiệu chỉnh theo góc xiên theo khoảng cách và độ cao vị trí thiết bị quét hình ảnh laze, từ dữ liệu này nội suy ngược và tái tạo hình ảnh ba chiều cấu trúc khối và mặt cong dạng ma trận điểm kết nối theo dữ liệu đám mây ban đầu. Dữ liệu được tạo ở dạng dữ liệu đám mây điểm cây xương cá bằng phần mềm, ví dụ Geomagic.

Trong bước trích xuất thể tích cây được đo, tiến hành thiết kế ngược dữ liệu trên phần mềm Geomagic. Trong đó đo lấy các kích thước chính của cây từ dữ liệu đám mây điểm cây xương cá và nội suy và thiết kế ngược bán kính thân và cành cây. Bằng cách dựa vào dữ liệu khoảng cách và độ cao, tiến hành tính toán thể tích thân cây, thể tích từng cành lớn có đường kính đầu cành từ $\geq 5\text{cm}$. Thể tích cành nhỏ cành nhỏ có đường kính đầu cành nhỏ hơn 5cm thông qua việc giả lập hình ảnh và tính theo mô hình toán học theo hình ảnh ba chiều được tái tạo. Sau đó xuất dữ liệu 3D cây dạng nguyên khối và mặt cong theo định dạng phổ thông.

Trong bước xác định sinh khối từng bộ phận của cây bao gồm việc xác định sinh khối thân cây, sinh khối cành lớn và sinh khối cành nhỏ. Bằng cách này loại bỏ được phần tán lá. Theo đó hình ảnh được trích xuất thể tích thân cây trực tiếp từ phần mềm Geomagic. Tổng thể tích cành lớn của cây rừng được xác định bằng cách đếm toàn bộ số cành lớn cấp 1 (sơ cấp, tính từ thân cây chính) có đường kính đầu cành $\geq 5\text{ cm}$. Tổng số lượng cành lớn trên từng cây và thể tích cành lớn (V_{cl}) được xác định và đo đếm thông qua hình ảnh dữ liệu quét và sử dụng phần mềm Geomagic. Tổng thể tích cành nhỏ của cây rừng: Đếm toàn bộ số cành nhỏ cấp 1 (sơ cấp, tính từ thân cây chính) có đường kính đầu cành $< 5\text{ cm}$. Tổng số lượng cành lớn trên từng cây và thể tích cành lớn (V_{cn}) được xác định và đo đếm thông qua hình ảnh dữ liệu quét và sử dụng phần mềm Geomagic.

Theo đó, sinh khối thân (B_t) theo khối lượng riêng của loại cây và tổng thể tích của thân cây theo công thức $B_t = V_t \times P_t$, trong đó V_t là thể tích thân cây và P_t là khối lượng riêng của loại cây được đo, từ đó đưa ra sinh khối của thân cây.

Sinh khối của cành lớn (B_{cl}) theo khối lượng riêng trung bình của cành lớn và tổng thể tích của cành lớn theo công thức:

$$B_{cl} = \sum_1^n B_n$$

$$B_n = V_{cl} \times P_{cl}$$

trong đó B_n là sinh khối cành lớn thứ n ; V_{cl} là thể tích cành lớn và P_{cl} là khối lượng riêng của cành lớn;

Sinh khối của cành nhỏ (B_{cn}) theo khối lượng riêng trung bình của cành nhỏ và tổng thể tích của cành nhỏ theo công thức:

$$B_{cn} = \sum_1^n B_n$$

$$B_n = V_{cn} \times P_{cn}$$

trong đó B_n là sinh khối cành nhỏ thứ n ; V_{cn} là thể tích cành nhỏ và P_{cn} là khối lượng riêng của cành nhỏ.

Các dữ liệu tính toán này tốt nhất được thực hiện trên phần mềm máy tính. Từ đó để đưa ra dữ liệu xác định tổng sinh khối (B_{tc}). Trong đó các bộ phận của cây được đo bao gồm sinh khối thân (B_t), sinh khối cành lớn (B_{cl}) và sinh khối cành nhỏ (B_{cn}) theo công thức $B_{tc} = B_t + B_{cl} + B_{cn}$, từ đó đưa ra được tổng sinh khối của cây. Quá trình này được thực hiện thông qua sử dụng phần mềm Geomagic.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Ví dụ 1. Xác định thể tích và sinh khối của cây

Sử dụng máy quét hình ảnh 3D laze, tiến hành thu thập dữ liệu hình ảnh ba chiều của cây như nêu trong Hình 2. Theo đó dữ liệu hình ảnh được quét xung quanh toàn bộ cây cần đo với một cùng một khoảng cách, độ cao và độ cao xác định trước để thu dữ liệu đám mây điểm hình ảnh của cây. Thu thập dữ liệu này bao gồm toàn bộ hình ảnh từ gốc đến ngọn cây.

Sử dụng phần mềm GeoSLAM Connect để trích xuất dữ liệu đám mây điểm hình ảnh của cây từ thiết bị quét hình ảnh laze ba chiều. Kết quả hình ảnh 3D của cây được thể hiện trên Hình 2 sau khi đã loại bỏ dữ liệu nhiễu từ các hình ảnh cây liền kề.

Tiến hành xây dựng nên dữ liệu đám mây điểm kết nối dạng lưới với mỗi điểm kết nối với ít nhất hai điểm liền kề gần nhất kết hợp với hiệu chỉnh theo góc xiên theo khoảng cách và độ cao vị trí thiết bị quét hình ảnh laze, từ dữ liệu này nội suy ngược và

tái tạo hình ảnh ba chiều cấu trúc khối và mặt cong dạng ma trận điểm kết nối theo dữ liệu đám mây ban đầu. Các điểm ảnh sau khi được tạo kết nối, tái tạo hình ảnh số như thể hiện trên Hình 4A. Từ dữ liệu hình ảnh này tiến hành lọc dữ liệu liên quan đến lá như thể hiện trên Hình 4B. Sau khi xác định hình ảnh, tiến hành tính toán thể tích từng cành lớn có đường kính đầu cành từ $\geq 5\text{cm}$, thể tích cành nhỏ có đường kính đầu $< 5\text{cm}$ thông qua việc giả lập hình ảnh và tính theo mô hình toán học theo hình ảnh ba chiều được tái tạo như hình 4C.

Kết quả thể tích cây được trích xuất và đo, trả về thông số của cây cần đo như bảng bên dưới Hình 4.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Lần đầu tiên, máy quét 3D lase cầm tay được sử dụng để thu thập dữ liệu 3D làm cơ sở xác định thể tích và sinh khối cây rừng. Kết quả ứng dụng phương pháp này sẽ góp phần hoàn thiện các phương pháp xác định thể tích và sinh khối nghiên cứu ở cấp độ cây trong rừng tại thực địa. Qua các nghiên cứu được thực hiện cho thấy, tính ứng dụng của phương pháp là hoàn toàn phù hợp với thực tiễn, vì phương pháp đã được khẳng định là thân thiện với môi trường, giảm thiểu tác động trực tiếp lên cây rừng, đặc biệt là đối với các Khu dự trữ Sinh quyển, nơi có nhiều loài cây rừng có giá trị bảo tồn nguồn gen, những loài cây quý hiếm có số lượng thấp và cần có những giải pháp để hạn chế những tác động tiêu cực lên đối tượng nghiên cứu.

Phương pháp theo giải pháp hữu ích cho phép giảm tối đa về chi phí và nhân công lao động trên hiện trường khi áp dụng cho cùng 1 đối tượng. Kết quả kiểm chứng trên hiện trường cho thấy sử dụng máy quét 3D lase để thu thập dữ liệu về sinh trưởng và thể tích cây rừng đã thể hiện được độ chính xác so với phương pháp chặt mẫu (phương pháp phá hủy). Qua đó có thể khẳng định rằng máy quét 3D laser cầm tay có thể thay thế cho các hoạt động đo đếm sinh khối và thu thập số liệu theo phương pháp chặt mẫu. Điều này đặc biệt quan trọng trong việc ứng dụng quét 3D lase vào hoạt động nghiên cứu và theo dõi sinh khối và khả năng tích lũy các bon của cây rừng.

Phương pháp xác định thể tích và sinh khối cây rừng công nghệ quét 3D lase sẽ giúp các cơ quan quản lý nhà nước, cơ quan nghiên cứu (trường đại học và viện nghiên cứu), đơn vị quản lý rừng (vườn quốc gia, khu bảo tồn, khu dự trữ sinh quyển...) có thêm cơ sở khoa học và công cụ để cải thiện các hoạt động quản lý rừng nhằm giảm thiểu

những tác động tiêu cực đến đa dạng sinh học, nâng cao chất lượng rừng phục hồi và sử dụng rừng tự nhiên theo hướng đa chức năng và bền vững. Trên cơ sở đó, phương pháp xác định thể tích và sinh khối cây rừng bằng máy quét 3D laze có thể trở thành luận chứng kinh tế - kỹ thuật cho các doanh nghiệp, chủ rừng, cơ quan quản lý lâm nghiệp đầu tư vào lĩnh vực kinh doanh dịch vụ các bon trong tương lai.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp xác định thể tích và sinh khối của cây bằng kỹ thuật quét và tái tạo ảnh ba chiều, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

- a) thu thập dữ liệu hình ảnh ba chiều của cây bằng cách sử dụng thiết bị quét hình ảnh laze và quét hình ảnh xung quanh toàn bộ cây cần đo với một cùng một khoảng cách, độ cao và độ cao xác định trước để thu dữ liệu đám mây điểm hình ảnh của cây sao cho dữ liệu này bao gồm toàn bộ hình ảnh từ gốc đến ngọn cây;
- b) số hóa dữ liệu hình ảnh bằng cách trích xuất dữ liệu đám mây điểm hình ảnh của cây từ thiết bị quét hình ảnh laze ba chiều và lọc bỏ dữ liệu nhiễu, từ dữ liệu đám mây điểm ảnh xây dựng nên dữ liệu đám mây điểm kết nối dạng lưới với mỗi điểm kết nối với ít nhất hai điểm liền kề gần nhất kết hợp với hiệu chỉnh theo góc xiên theo khoảng cách và độ cao vị trí thiết bị quét hình ảnh laze, từ dữ liệu này nội suy ngược và tái tạo hình ảnh ba chiều cấu trúc khối và mặt cong dạng ma trận điểm kết nối theo dữ liệu đám mây ban đầu;
- c) trích xuất thể tích cây được đo bằng cách dựa vào dữ liệu khoảng cách và độ cao, tính toán thể tích thân cây, thể tích từng cành lớn có đường kính đầu cành từ $\geq 5\text{cm}$, thể tích cành nhỏ cành nhỏ có đường kính đầu cành $< 5\text{cm}$ thông qua việc giả lập hình ảnh và tính theo mô hình toán học theo hình ảnh ba chiều được tái tạo;
- d) xác định sinh khối từng bộ phận của cây bao gồm:
 - + xác định sinh khối thân (B_t) theo khối lượng riêng của loài cây và tổng thể tích của thân cây theo công thức $B_t = V_t \times P_t$, trong đó V_t là thể tích thân cây và P_t là khối lượng riêng của loại cây được đo, từ đó xác định được sinh khối của thân cây;
 - + xác định sinh khối của cành lớn (B_{cl}) theo khối lượng riêng trung bình của cành lớn và tổng thể tích của cành lớn theo công thức:

$$B_{cl} = \sum_{i=1}^n B_n$$

$$B_n = V_{cl} \times P_{cl}$$

trong đó B_n là sinh khối cành lớn thứ n ; V_{cl} là thể tích cành lớn và P_{cl} là khối lượng riêng của cành lớn;

- + xác định sinh khối của cành nhỏ (B_{cn}) theo khối lượng riêng trung bình của cành nhỏ và

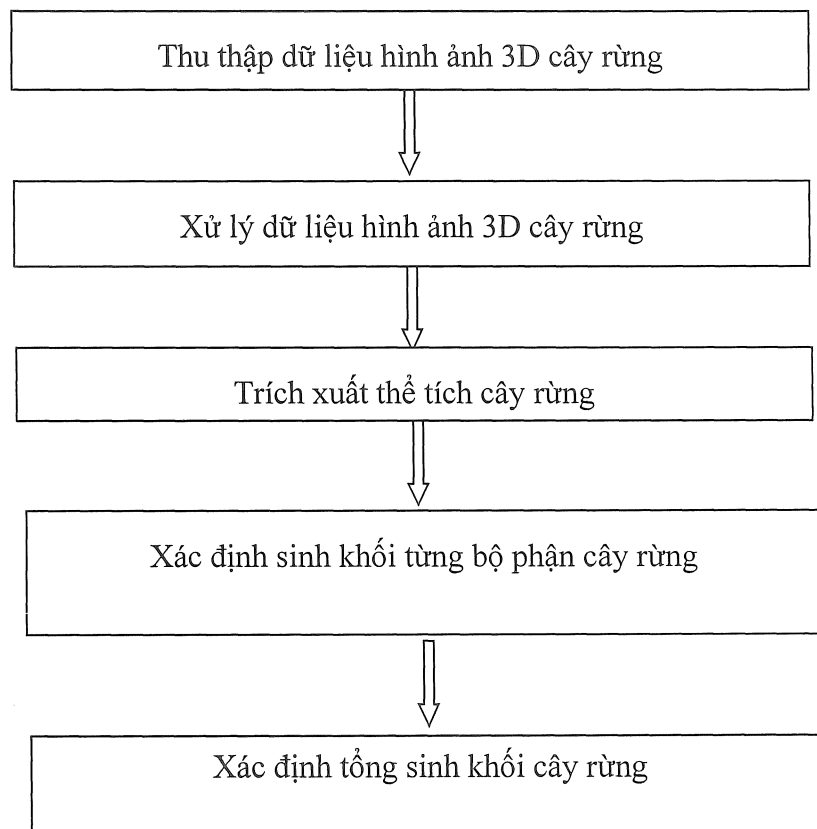
tổng thể tích của cành nhỏ theo công thức:

$$B_{cn} = \sum_{1}^n B_n$$

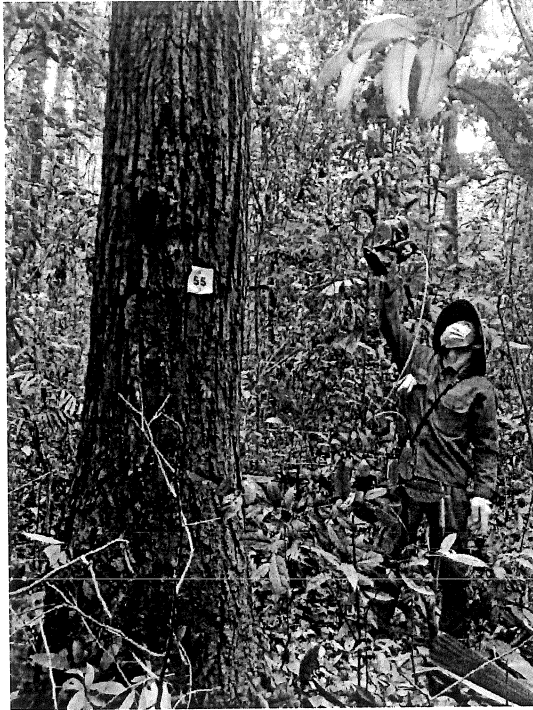
$$B_n = V_{cn} \times P_{cn}$$

trong đó B_n là sinh khối cành nhỏ thứ n ; V_{cn} là thể tích cành nhỏ và P_{cn} là khối lượng riêng của cành nhỏ; và

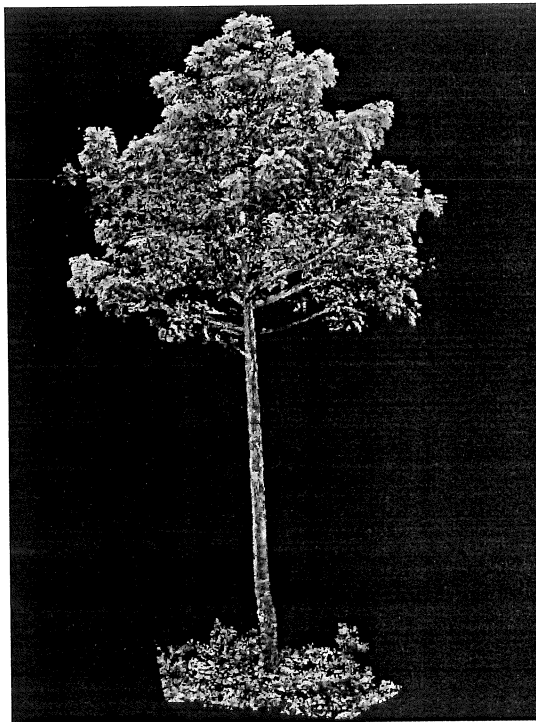
e) xác định tổng sinh khối (B_{tc}) các bộ phận của cây được đo bao gồm sinh khối thân (B_t), sinh khối cành lớn (B_{cl}) và sinh khối cành nhỏ (B_{cn}) theo công thức $B_{tc} = B_t + B_{cl} + B_{cn}$, từ đó đưa ra được tổng sinh khối của cây.

Hình 1

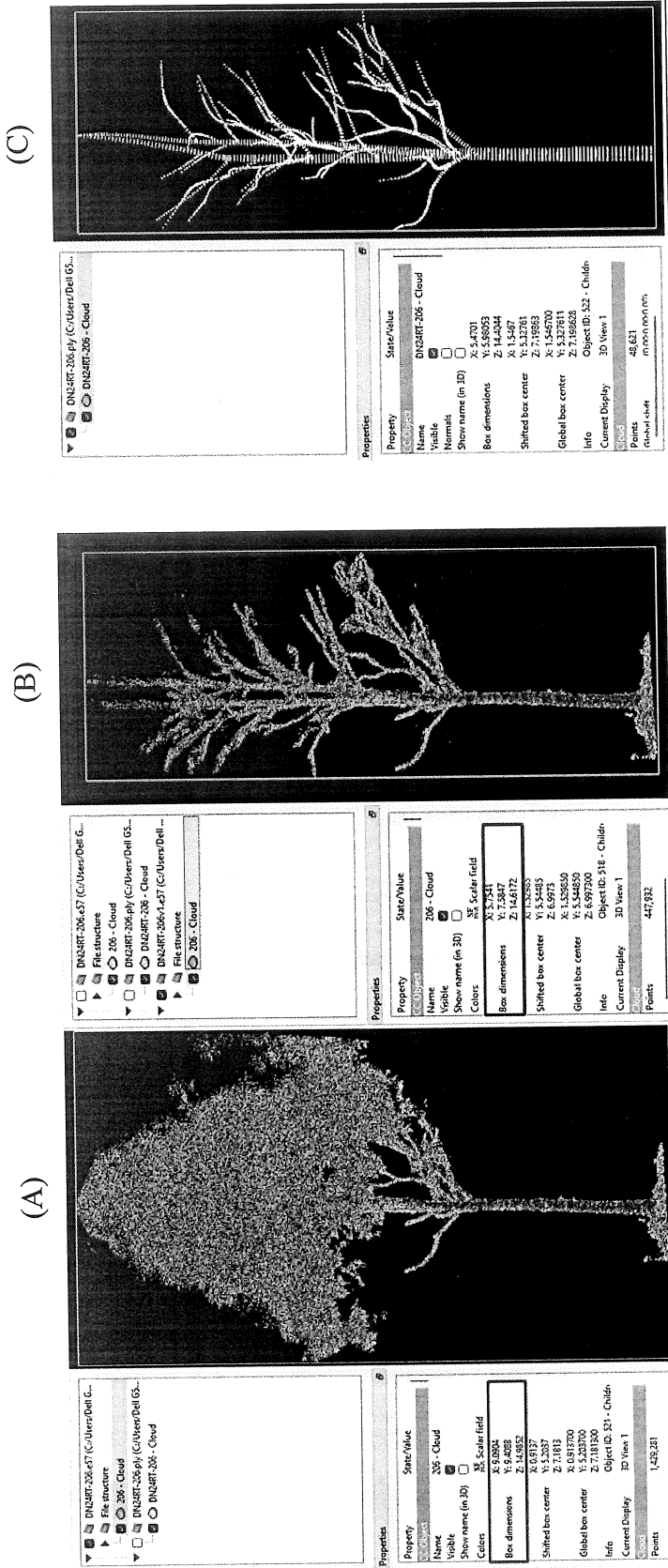
Hình 2



Hình 3



Hình 4



THÔNG SỐ

Đường kính (m)	Chiều cao (m)	Thể tích (m ³)	
		Thân chính (m ³)	C1 > 0.05 (m) C2 > 0.05 (m) C < 0.05 (m)
0,34	14,9852	0,598	0,1745 0,034 0,0492
		Tổng thể tích (m ³): V= 0,8557	