

MỞ ĐẦU

1. Sự cần thiết của luận án

Giảm thiểu khí phát thải từ mất rừng và suy thoái rừng (REDD) được đề xuất vào năm 2007, sau đó được bổ sung thành REDD+ với 5 nhóm hành động và trở thành cơ chế chính thức thuộc hệ thống các biện pháp hạn chế biến đổi khí hậu toàn cầu nhờ giảm phát thải từ rừng.

Giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng (PCM) là một nội dung quan trọng trong chương trình REDD (Casarim et al., 2013). Skutsch (2011) đã chỉ ra sự cần thiết liên kết PCM với hệ thống đo lường, báo cáo và thẩm định (MRV) quốc gia về phát thải khí nhà kính.

Mặc dù đã có những hoạt động gắn kết cộng đồng tham gia vào giám sát carbon rừng trong khuôn khổ các chương trình, dự án (Huy et al., 2011a,b; Bảo Huy, 2013; Huy et al., 2013); Thế nhưng hầu hết các hoạt động được phát triển chủ yếu dựa vào sự cam kết của cộng đồng. Cũng đã có hướng dẫn để thực hiện như Huy et al., (2013) song các hướng dẫn này chủ yếu dựa vào kinh nghiệm của các nhà khoa học mà chưa dựa trên một nghiên cứu hoàn chỉnh để đưa ra các luận cứ cho xây dựng hướng dẫn PCM.

Để đóng góp vào cơ sở khoa học và thực tiễn trong xây dựng PCM ở Việt Nam, đáp ứng yêu cầu của UNFCCC (2001), chúng tôi tiến hành nghiên cứu đề tài: “*Xây dựng phương pháp để cộng đồng ứng dụng trong đo tính, giám sát carbon rừng lá rộng thường xanh ở Tây Nguyên*”.

2. Mục tiêu của luận án

Về lý luận:

Thiết lập được cơ sở lý luận và cách tiếp cận để xây dựng phương pháp giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng.

Về thực tiễn:

Lập được các mô hình ước tính sinh khối cây rừng và lâm phần trên và dưới mặt đất cho rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên, với các biến số đầu vào cộng đồng có khả năng đo đạc chính xác;

Xác lập và thẩm định độ tin cậy, hiệu quả của các phương pháp, công cụ áp dụng trong tiến trình PCM;

Xây dựng được hướng dẫn PCM.

3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

Cung cấp cơ sở khoa học trong xây dựng phương pháp và công cụ để hỗ trợ cộng đồng giám sát carbon rừng đạt độ tin cậy, hiệu quả;

Xây dựng được hướng dẫn giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng trên cơ sở lựa chọn các phương pháp, công cụ, bể chứa carbon để giám sát đạt độ tin cậy và có hiệu quả chi phí.

4. Những đóng góp mới của luận án

Bổ sung, cập nhật cơ sở khoa học để xây dựng mô hình ước tính sinh khối cây rừng và lâm phần với biến số đầu vào cộng đồng có khả năng đo đạc chính xác.

Xây dựng được các phương pháp và công cụ phù hợp áp dụng trong giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng.

5. Cấu trúc của luận án

Luận án bao gồm 132 trang (chưa kể tài liệu tham khảo và phụ lục), trong đó bao gồm các phần sau:

Mở đầu. Phần này đề cập các nội dung: sự cần thiết của luận án, mục tiêu, ý nghĩa khoa học và thực tiễn, những đóng góp mới của luận án và cấu trúc luận án.

Chương 1: Tổng quan vấn đề nghiên cứu.

Chương 2: Đối tượng, nội dung và phương pháp nghiên cứu.

Chương 3: Kết quả nghiên cứu và thảo luận.

Kết luận, tồn tại và kiến nghị.

Tài liệu tham khảo.

Phụ lục: Gồm 19 phụ lục cơ sở dữ liệu xây dựng luận án.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Đã tổng quan vấn đề nghiên cứu trên cơ sở 102 tài liệu, gồm 13 tiếng Việt và 89 tiếng Anh.

1.1. Trên thế giới

Giám sát rừng có sự tham gia có một vị trí quan trọng trong hệ thống giám sát tài nguyên rừng ở các quốc gia tham gia REDD (Vickers, 2014). Để bảo đảm tính minh bạch của MRV thì sự tham gia của cộng đồng cần được tổ chức và ưu tiên (UNFCCC, 2011; UN-REDD, 2011; Vickers, 2014; Bernard và Minang, 2011).

Cho đến nay đã có các nghiên cứu phương pháp tiếp cận để thu hút người dân địa phương trong PCM (MacDicken, 1997; Van Laake, 2008; Subedi et al., 2010; Skutsch, 2009, 2011; RECOFTC, 2010; Danielsen et al., 2013; Vickers, 2014).

Sai lệch ước tính sinh khối, carbon rừng của hai đối tượng đo đạc (cộng đồng và tư vấn chuyên nghiệp) chỉ biến động từ 1 - 7%; đồng thời chi phí để cộng đồng thực hiện PCM chỉ xấp xỉ 5 - 34% so với chi phí cho cơ quan chuyên nghiệp (Skutsch et al., 2008, 2009).

Quản lý rừng cộng đồng (CFM) đã được tiến hành rộng rãi và là cơ sở phát triển PCM trong chương trình REDD (Skutsch et al., 2009; Sikor et al., 2013).

1.2. Trong nước

Việt Nam là một trong số chín quốc gia được chọn để thí điểm chương trình UN-REDD. Thủ tướng Chính phủ đã ban hành quyết định số 799/QĐ-TTg ngày 27/6/2012 về phê chuẩn chương trình hành động quốc gia về “Giảm phát thải khí nhà kính thông qua nỗ lực hạn chế mất rừng và suy thoái rừng, quản lý bền vững tài nguyên rừng, bảo tồn và nâng cao trữ lượng carbon rừng”, đây là cơ sở triển khai thực hiện chương trình UN-REDD.

Cách tiếp cận có sự tham gia trong đo tính, giám sát rừng sẽ cung cấp thông tin rừng có chất lượng và số lượng tốt hơn (Wode và Bảo Huy, 2009; Sikor et al., 2013). Casarim et al., (2013) đã đề xuất phân chia rõ nhiệm vụ

cho ba cấp liên quan chính ở Việt Nam (cấp quốc gia, cấp địa phương và cộng đồng) trong đo tính, giám sát carbon rừng. PCM đã được thử nghiệm từ năm 2010 - 2013 trong chương trình UN-REDD (Huy et al., 2013).

Để xây dựng hoàn chỉnh tiếp cận PCM, một số nội dung chính sau cần quan tâm nghiên cứu, thẩm định để lựa chọn công cụ và phương pháp thích hợp:

- Khả năng nhận diện các trạng thái rừng của cộng đồng;
- Độ tin cậy khi cộng đồng sử dụng một số thiết bị điều tra rừng;
- Hình dạng và kích thước ô mẫu phù hợp với năng lực của cộng đồng, đảm bảo hiệu quả chi phí;
- Bể chứa carbon nào cộng đồng có thể giám sát có độ tin cậy và hiệu quả;
- Mô hình ước tính sinh khối – carbon rừng với biến số đầu vào cộng đồng có thể đo đạc nhưng vẫn đảm bảo được độ tin cậy.

CHƯƠNG 2: ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng nghiên cứu

i) *Rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên*: Rừng lá rộng thường xanh ở tỉnh Lâm Đồng là đối tượng nghiên cứu các phương pháp, công cụ để cộng đồng ứng dụng trong PCM; dữ liệu ô và cây mẫu được thu thập ở bốn tỉnh Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông và Lâm Đồng để lập và thẩm định chéo các mô hình ước tính sinh khối.

ii) *Địa phương và cộng đồng dân tộc thiểu số nghiên cứu*: Để xây dựng và ứng dụng phương pháp PCM, địa điểm nghiên cứu gồm 3 xã Lộc Lâm, Lộc Bắc và Lộc Bảo thuộc huyện Bảo Lâm tỉnh Lâm Đồng, với cộng đồng dân tộc thiểu số bản địa tham gia là Châu Mạ.

iii) *Các bể chứa carbon nghiên cứu*: Mô hình ước tính sinh khối và carbon cây rừng và lâm phần bao gồm trên và dưới mặt đất của cây rừng. Đánh giá độ tin cậy và hiệu quả chi phí trong đo tính, giám sát 5 bể chứa carbon rừng theo IPCC (2006).

2.2 Đặc điểm khu vực nghiên cứu

2.2.1 Đặc điểm điều kiện tự nhiên ở khu vực nghiên cứu

Khí hậu, thủy văn: Trong năm có hai mùa, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10, mùa khô bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Nhiệt độ trung bình hàng năm là: 22,4°C, lượng mưa trung bình năm là 2.530 mm. Khu vực nghiên cứu nằm trong lưu vực của sông Đồng Nai.

Địa hình, đất đai: Địa hình khá phức tạp, đồi núi nhiều, chia cắt mạnh, độ cao so với mặt biển biến động từ 450 – 1.137 m. Có 4 loại đất chính, gồm: đất feralit phát triển trên đá bazan, đất feralit phát triển trên đá mẹ granit, đất phù sa sông suối, đất dốc bồi tụ.

2.2.2 Đặc điểm về kinh tế xã hội của 3 xã nghiên cứu

Các thông tin về kinh tế xã hội được trình bày tóm tắt ở Bảng 2.1:

Bảng 2.1: Dân số, thành phần dân tộc, trình độ dân trí của 03 xã nghiên cứu

Tên xã	Số hộ (hộ)	Số khẩu (khẩu)	Tỷ lệ hộ nghèo (%)	Tỷ lệ DTTS (%)	Thành phần dân tộc chính	Trình độ dân trí
Lộc Lâm	610	2.321	31,3	80,3	Châu Mạ (>90,0%)	Bậc tiểu học: 61,5%;
Lộc Bắc	852	3.598	55,4	81,8	Châu Mạ (95,0%)	Bậc THCS: 30,8%;
Lộc Bảo	726	3.110	48,2	72,0	Châu Mạ (94,6%)	Bậc THPT: 7,7%

2.2.3 Tình hình quản lý, sử dụng và bảo vệ tài nguyên rừng

Diện tích đất có rừng quy hoạch cho lâm nghiệp là 57.363 ha, chiếm 89% đất tự nhiên, trong đó rừng tự nhiên lá rộng thường xanh là 26.445 ha. Phần lớn diện tích rừng thuộc quản lý của các công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Lộc Bắc, Bảo Lâm. Dịch vụ môi trường rừng gắn với giao khoán quản lý bảo vệ rừng cho người dân đã được triển khai khá sớm ở đây.

2.3 Nội dung nghiên cứu

i) Thiết lập và đánh giá sai số hệ thống mô hình ước tính sinh khối với các biến số đầu vào cộng đồng có khả năng đo đạc; ii) Thử nghiệm, đánh giá để lựa chọn các phương pháp, công cụ, bể chứa carbon áp dụng trong PCM; iii) Tổng hợp và xây dựng hướng dẫn PCM.

2.4 Phương pháp nghiên cứu

2.4.1 Phương pháp luận và tiếp cận nghiên cứu

Tiếp cận có sự tham gia của cộng đồng dân tộc thiểu số Tây Nguyên được áp dụng để xây dựng, thẩm định, so sánh và lựa chọn các phương pháp, công cụ thích hợp cho PCM nhằm cung cấp hai nhóm dữ liệu theo IPCC (2006): i) Thay đổi diện tích, trạng thái rừng và ii) Thay đổi 5 bể chứa carbon rừng.

2.4.2 Phương pháp thiết lập và đánh giá sai số các mô hình ước tính sinh khối với các biến số đầu vào cộng đồng có khả năng đo đạc

2.4.2.1 Số liệu thu thập và thông tin các biến số của các mô hình sinh khối cây rừng và lâm phần

Để thiết lập và thẩm định chéo các mô hình sinh khối cây rừng trên và dưới mặt đất (AGB, BGB, kg): 20 ô mẫu 2.000 m² với 222 cây mẫu chặt hạ ở các tỉnh Đắk Lắk, Đắk Nông, Gia Lai;

Để xây dựng và đánh giá sai số các mô hình sinh khối lâm phần trên và dưới mặt đất (TAGB, TBGB, tấn/ha): 323 ô mẫu 1.000 m² được thiết lập ở 2 tỉnh Đắk Nông và Lâm Đồng.

2.4.2.2 Lựa chọn biến số đầu vào, dạng mô hình

Các biến số đầu vào đơn giản cộng đồng có thể đo đạc bao gồm đường kính ngang ngực (D, cm), chiều cao cây (H, m) và tổng tiết diện ngang lâm phần (G, m²/ha) và dạng hàm power được lựa chọn để thiết lập mô hình sinh khối (Brown, 1997; Chave et al., 2014; Huy et al., 2016).

2.4.2.3 Lựa chọn phương pháp thiết lập mô hình sinh khối

Thử nghiệm 2 phương pháp: i) Phương pháp bình phương tối thiểu với hàm được tuyến tính hóa theo dạng logarit; ii) Phương pháp phi tuyến tính hợp lý cực đại (Maximum Likelihood) có trọng số và xét ảnh hưởng của nhân tố lâm phần. Phần mềm mã nguồn mở R được áp dụng theo chương trình nlme (Pinheiro et al., 2014). Sử dụng chỉ số Furnival's Index (FI) để so sánh và lựa chọn phương pháp thích hợp.

2.4.2.4 Phương pháp thiết lập và thẩm định chéo (Cross Validation) mô hình sinh khối

Dữ liệu được lựa chọn ngẫu nhiên trong phần mềm R với 70% để thiết lập mô hình, 30% để đánh giá sai số; lặp lại như vậy 200 lần cho đến khi sai số có phân bố chuẩn và được tính trung bình (Temesgen et al., 2014). Các sai số sử dụng bao gồm % sai lệch giữa quan sát và dự báo qua mô hình (Bias%), sai số trung phương % (RMSE), và sai số tuyệt đối trung bình % (MAPE) (Swanson et al., 2011). Mô hình tốt nhất được lựa chọn dựa vào chỉ tiêu AIC (Akaike Information Criterion) nhỏ hơn (Basuki et al., 2009). Sau khi lựa chọn mô hình, tham số của mô hình cuối cùng được thiết lập lại dựa vào toàn bộ dữ liệu.

2.4.3 Thử nghiệm, đánh giá để lựa chọn các phương pháp, công cụ, bể chứa carbon áp dụng PCM

Có 3 nhóm cộng đồng Châu Mạ (gồm 3 - 5 nông dân/nhóm) cùng 1 nhóm với 3 chuyên viên kỹ thuật của các công ty lâm nghiệp được tập huấn và tham gia tiến trình thử nghiệm.

2.4.3.1 Phương pháp đánh giá sự phù hợp xác định trạng thái rừng dựa vào cộng đồng

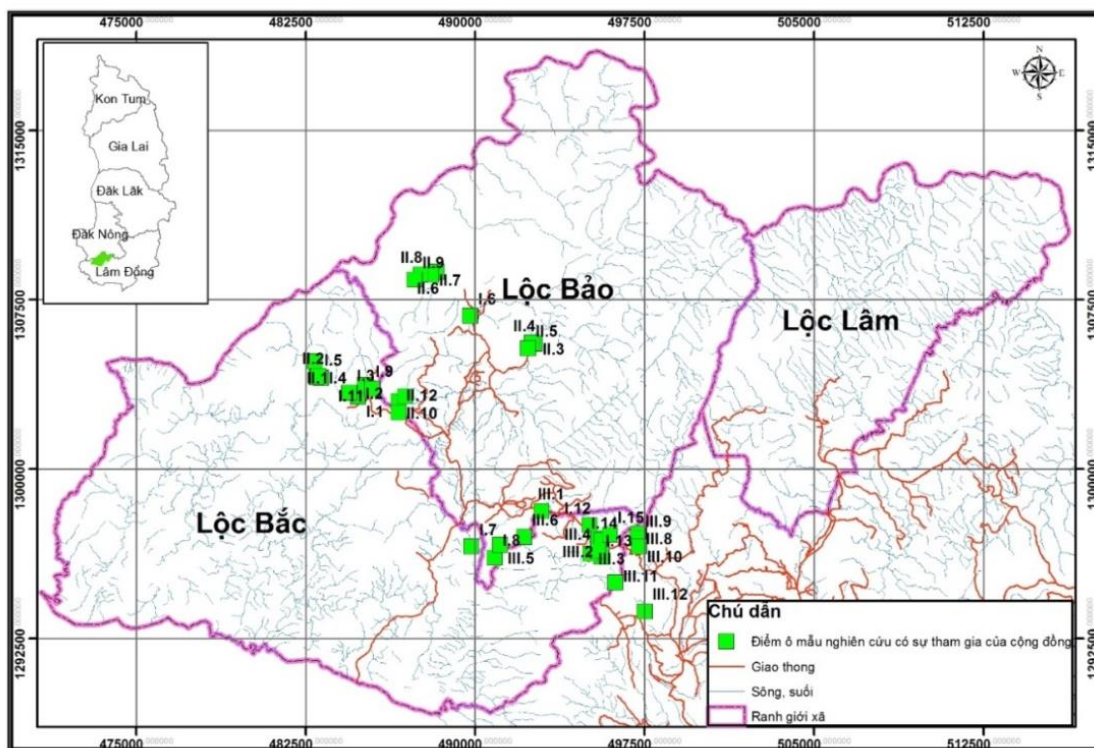
Tiến hành từng nhóm, mỗi nhóm lặp lại hai lần ở các vị trí có trạng thái rừng khác nhau. Đối chiếu với Thông tư 34/2009/TT-BNNPTNT của Bộ Nông nghiệp và PTNT về Quy định tiêu chí xác định và phân loại rừng.

2.4.3.2 Phương pháp đánh giá độ tin cậy về kỹ năng sử dụng GPS của cộng đồng

Kỹ năng sử dụng GPS được đánh giá bao gồm đo vẽ thay đổi diện tích rừng và xác định tọa độ ô mẫu ngẫu nhiên. Mỗi người thực hành 2 đến 3 lượt, tổng cộng có 27 lượt người dân tham gia đánh giá kỹ năng này. Chấm điểm từng kỹ năng theo thang điểm 5. Tính điểm trung bình, hệ số biến động CV% cho mỗi kỹ năng sử dụng GPS của người dân địa phương.

2.4.3.3 Phương pháp đánh giá độ tin cậy của ước tính sinh khối dựa vào dữ liệu đầu vào của cộng đồng so với chuyên viên kỹ thuật

Để đánh giá độ tin cậy của dữ liệu được đo đạc bởi cộng đồng, có 39 điểm thử nghiệm trên hiện trường (Hình 2.4). Tại mỗi điểm có một trong ba nhóm cộng đồng đo đạc theo các nội dung khác nhau, song song có một nhóm gồm 3 chuyên viên kỹ thuật cũng tiến hành đo đạc. Dữ liệu của hai nhóm điều tra được thu thập, cùng với ghi nhận thời gian, lao động để so sánh sai lệch và chi phí.



Hình 2.4: Bản đồ vị trí các điểm nghiên cứu có sự tham gia của cộng đồng ở 3 xã thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng

i) Đánh giá sai khác trong đo đạc D, H và G của cộng đồng so với chuyên viên kỹ thuật:

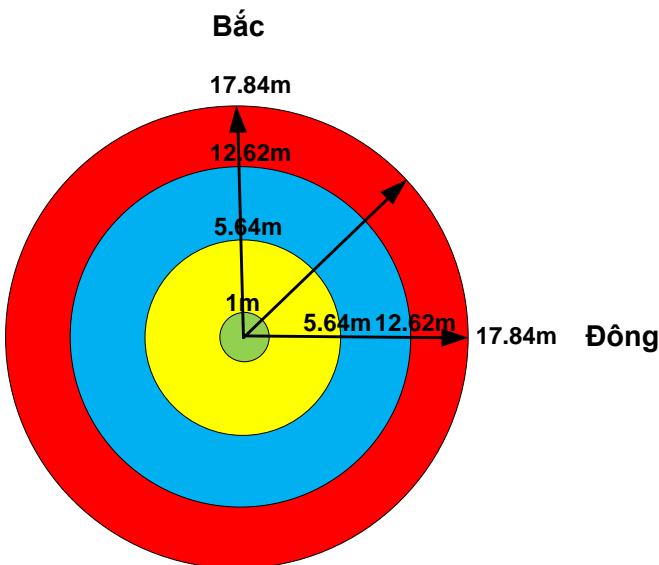
Tính toán sai lệch giữa giá trị đo D (sử dụng thước đo chu vi đã quy đổi ra đường kính), H (sử dụng thước Suunto) và G (sử dụng thước Bitterlich) của cộng đồng so với chuyên viên kỹ thuật bằng chỉ tiêu Bias% (công thức 2.11), trong đó: y_i là giá trị đo bởi cộng đồng; \hat{y}_i là giá trị đo bởi chuyên viên kỹ thuật, n là số điểm/ô kiểm tra sai khác:

$$\text{Bias (\%)} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \quad (2.11)$$

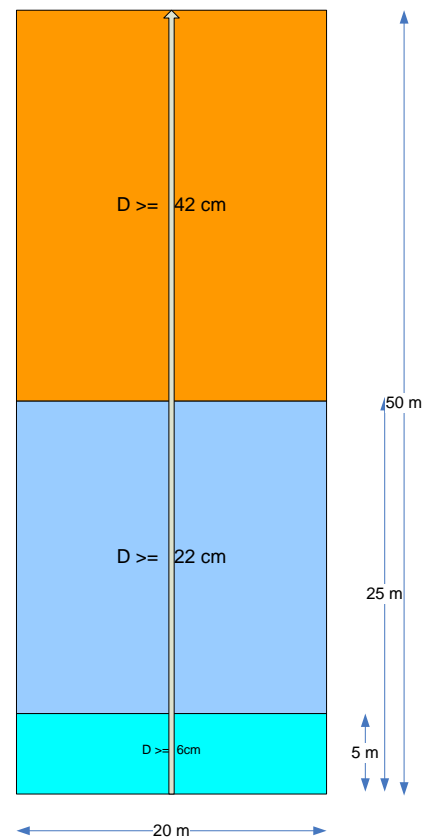
ii) Phương pháp so sánh Bias trong ước tính AGB, BGB và tổng sinh khối trên, dưới mặt đất cây rừng (TB):

- Lập các ô mẫu theo hình dạng và kích thước khác nhau:

Có 4 loại ô mẫu khác nhau được thử nghiệm: Ô hình tròn phân tầng theo cấp kính có diện tích 500 m^2 ($R = 12,62 \text{ m}$) hoặc 1.000 m^2 ($R = 17,84 \text{ m}$) (Hình 2.5); Ô hình chữ nhật phân tầng theo cấp kính cũng có hai loại diện tích là 500 m^2 ($20 \times 25 \text{ m}$), 1.000 m^2 ($20 \times 50 \text{ m}$) (Hình 2.6). Tổng số ô mẫu đã thử nghiệm: $39 \text{ điểm} \times 4 \text{ loại ô} = 156 \text{ ô}$ và cùng với 39 điểm Bitterlich xác định tiết diện ngang (G).



Hình 2.5: Ô tròn phân tầng 500 m^2 và 1.000 m^2



Hình 2.6: Ô chữ nhật phân tầng 500 m^2 và 1.000 m^2

- *Ước tính AGB, BGB và TB theo ô mẫu; ước tính TAGB, TBGB và TB của điểm Bitterlich:*

Sử dụng mô hình ước tính AGB, BGB tính cho cây cá thể, quy ra hecta cho từng ô mẫu; và mô hình TAGB và TBGB cho lâm phần theo G (Phạm Tuấn Anh và Bảo Huy, 2016).

- *Chỉ tiêu kiểm tra sai khác sinh khối từ dữ liệu đo đạc của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật:*

Sử dụng sai lệch Bias% theo công thức (2.11). Kiểm tra sai khác bằng tiêu chuẩn phi tham số Wilcoxon trong trường hợp hai mẫu có liên hệ.

2.4.3.4 Phương pháp lựa chọn loại ô mẫu cho PCM

Lựa chọn dạng ô mẫu tối ưu dựa trên cơ sở xác định tổng số ô mẫu từng loại ô và hiệu quả chi phí trong toàn khu vực nghiên cứu: i) Tính toán số lượng ô mẫu cần thiết cho cấp trữ lượng (M) theo từng loại ô mẫu dựa vào biến động TAGB theo công thức của Lackman (2011) với độ tin cậy $P = 95\%$ và sai số cho trước $E\% = 10\%$; ii) Tính toán chi phí lao động khác nhau ứng với các loại ô mẫu trong toàn vùng nghiên cứu.

2.4.3.5 Phương pháp lựa chọn đo tính các bể chứa carbon ngoài cây gỗ

Để xác định hiệu quả chi phí trong đo tính carbon ở các bể chứa ngoài cây gỗ, tiến hành xác định chi phí lao động và giá trị CO₂ giảm phát thải ở các bể chứa này: carbon hữu cơ trong đất (SOC); trong gỗ chết; và trong thảm mục.

2.4.4 Phương pháp xây dựng hướng dẫn PCM

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, một tiến trình đầy đủ của PCM được xây dựng dựa trên: i) Kế thừa các bước tiến hành PCM trên thế giới và trong nước (Huy et al., 2013); ii) Lựa chọn các bước, phương pháp, công cụ thích hợp với cộng đồng đạt độ tin cậy và có hiệu quả; iii) Lựa chọn mô hình ước tính sinh khối cây rừng và lâm phần có độ tin cậy, có biến số đầu vào cộng đồng có thể thu thập trong quá trình giám sát carbon rừng.

CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Mô hình ước tính sinh khối với biến số đầu vào cộng đồng có khả năng đo đạc chính xác

3.1.1. Lựa chọn phương pháp thiết lập mô hình sinh khối

Phương pháp ước lượng hàm phi tuyến Maximum Likelihood với trọng số $1/D^k$ được lựa chọn vì có chỉ số FI bé hơn rất nhiều so với phương pháp tuyến tính hóa bình phương tối thiểu không có trọng số (Bảng 3.1).

Bảng 3.1: Sử dụng chỉ số FI để đánh giá hai phương pháp ước lượng mô hình

Biến số đầu vào	Mô hình	Phương pháp logarit bình phương tối thiểu		Phương pháp phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số		
		Adj. R ²	FI	Trọng số	Adj. R ²	FI
D	$AGB = a \times D^b$	0,950	27,3	$1/D^k$	0,801	0,054
	$BGB = a \times D^b$	0,901	2,4		0,484	0,004
D và H	$AGB = a \times (D^2H)^b$	0,958	25,1	$1/D^k$	0,908	0,058
	$BGB = a \times (D^2H)^b$	0,883	2,6		0,718	0,004
	$AGB = a \times D^b \times H^c$	0,901	24,7	$1/D^k$	0,883	0,056
	$BGB = a \times D^b \times H^c$	0,901	2,4		0,494	0,004

3.1.2. Mô hình ước tính sinh khối cây rừng trên mặt đất (AGB)

Đối với biến số D thì mô hình lựa chọn là $AGB = a \times D^b$ và đối với hai biến D, H thì mô hình tổ hợp biến $AGB = a \times (D^2H)^b$ được lựa chọn. Cấp G ảnh hưởng không có ý nghĩa đến các tham số của các mô hình (Bảng 3.2).

Bảng 3.2: So sánh và thẩm định chéo mô hình ước tính AGB có hay không có ảnh hưởng của cấp G theo các biến số đầu vào khác nhau

Biến số đầu vào	Mô hình	Nhân tố ảnh hưởng	Trọng số	AIC	Adj. R ²	RMSE %	Bias %	MAPE %
D	$AGB = a \times D^b$	Không (*)	$1/D^k$	1.489	0,795	47,8	-14,7	34,2
	$AGB = a \times D^b$	Cấp G	$1/D^k$	1.491	0,806	48,2	-15,3	34,3
D + H	$AGB = a \times (D^2H)^b$	Không (*)	$1/D^k$	1.464	0,908	43,6	-10,4	29,6
	$AGB = a \times D^b \times H^c$	Không	$1/D^k$	1.468	0,883	43,4	-12,0	29,9
	$AGB = a \times (D^2H)^b$	Cấp G	$1/(D^2)^k$	1.452	0,911	43,8	-11,8	29,7

(*) Mô hình lựa chọn theo biến số đầu vào

Mô hình AGB với tổ hợp biến D^2H có độ tin cậy cao hơn so với một biến D , tuy nhiên việc đo cao là khó khăn đối với cộng đồng. Do đó mô hình có biến H chỉ được sử dụng để thay đổi tham số theo cấp H của lâm phần nhằm nâng cao độ tin cậy khi ước tính AGB chỉ với một biến số đầu vào là D . Sau khi lựa chọn mô hình và đánh giá chéo, sử dụng toàn bộ số liệu để ước lượng các tham số. Kết quả ở Bảng 3.3.

Bảng 3.3: Tham số của mô hình AGB lựa chọn với các biến số đầu vào khác nhau, trên cơ sở toàn bộ dữ liệu

Biến đầu vào	Mô hình lựa chọn	Tham số		Sai số tiêu chuẩn của tham số	
		a	b	a	b
D	$AGB = a \times D^b$	0,11469	2,47983	0,01182	0,03677
$D+H$	$AGB = a \times (D^2H)^b$	0,04434	0,96130	0,00464	0,01269

Ghi chú: Các tham số đều có mức ý nghĩa P -value < 0.0001

3.1.3. Mô hình ước tính sinh khối cây rừng dưới mặt đất (BGB)

Rễ cây là một bộ phận quan trọng trong các bể chứa carbon cây rừng, đến gần một nửa chu trình carbon rừng hàng năm được đóng góp từ hệ rễ cây (Vogt et al., 1996). Trong khi đó mô hình BGB rất hiếm hoi. Lý do chủ yếu là việc thu thập dữ liệu sinh khối rễ cây rừng rất khó khăn, chi phí cao, đặc biệt là rừng nhiệt đới với cây có đường kính lớn.

Bảng 3.4: So sánh và thẩm định chéo mô hình ước tính BGB có hay không có ảnh hưởng của cấp G theo biến số đầu vào

Biến số đầu vào	Mô hình	Nhân tố ảnh hưởng	Trọng số	AIC	Adj.R ²	RMSE%	Bias%	MAPE%
D	$BGB = a \times D^b$	Không (*)	$1/D^k$	294	0,444	55,4	-17,8	40,6
	$BGB = a \times D^b$	Cấp G	$1/D^k$	294	0,466	57,4	-20,2	42,2
$D + H$	$BGB = a \times (D^2H)^b$	Không	$1/D^k$	303	0,686	52,9	-13,6	40,8
	$BGB = a \times D^b \times H^c$	Không	$1/D^k$	301	0,436	58,3	-20,4	43,3
	$BGB = a \times (D^2H)^b$	Cấp G	$1/(D^2H)^k$	311	0,459	60,7	-22,9	45,5

(*) Mô hình lựa chọn theo biến số đầu vào.

Mô hình BGB với một biến số đầu vào là D có dạng $BGB = a \times D^b$ có độ tin cậy cao nhất. Kết quả trình bày ở Bảng 3.4. Cấp G cũng ảnh hưởng không có ý nghĩa đến các tham số của các mô hình. Sau khi lựa chọn và đánh giá, sử dụng toàn bộ số liệu để ước lượng các tham số của mô hình, kết quả ở Bảng 3.5. Mô hình BGB chỉ một biến số D là thích hợp với dữ liệu đo đạc của cộng đồng.

Bảng 3.5: Tham số của mô hình BGB lựa chọn trên cơ sở toàn bộ dữ liệu

Biến đầu vào	Mô hình lựa chọn	Tham số		Sai số tiêu chuẩn của tham số	
		a	b	a	b
D	$BGB = a \times D^b$	0,015306	2,550949	0,003349	0,094112

Ghi chú: Các tham số đều có mức ý nghĩa $P\text{-value} < 0.0001$

3.1.4. Mô hình AGB theo cấp H

Mô hình ước tính AGB theo tổ hợp hai biến D^2H sẽ cho độ tin cậy cao hơn mô hình chỉ có biến D . Tuy nhiên nếu cộng đồng đo H cho toàn bộ số cây trong ô mẫu sẽ mắc sai số lớn. Vì vậy giải pháp để nâng cao độ tin cậy là lập mô hình ABG theo D và thay đổi các tham số mô hình theo cấp H . Lúc này cộng đồng chỉ cần được tập huấn để đo cao chính xác 3 cây trong một cấp kính đại diện để xác định cấp H , khi đó việc đo cao sẽ giảm sai số do số lượng cây đo rất nhỏ (3 cây). Để phân chia cấp H , quan hệ H/D được lựa chọn ở Bảng 3.7 theo dạng hàm power không có hằng số 1.3 m.

Bảng 3.7: Tham số của mô hình $H = f(D)$ lựa chọn, trên cơ sở toàn bộ dữ liệu

Mô hình lựa chọn	Tham số		Sai số tiêu chuẩn của tham số	
	a	b	a	B
$H = a \times D^b$	2,796423	0,568826	0,165503	0,021573

Ghi chú: Các tham số đều có mức ý nghĩa $P\text{-value} < 0.0001$

Từ mô hình H/D lựa chọn, phân chia mô hình theo 3 cấp chiều cao; với chiều cao chỉ thị S_i tại $D = 35$ cm của lâm phần điều tra sẽ được tính toán theo công thức sau:

$$S_i = \bar{H}_i \times (35 / \bar{D}_i)^{0.568826} \quad (3.4)$$

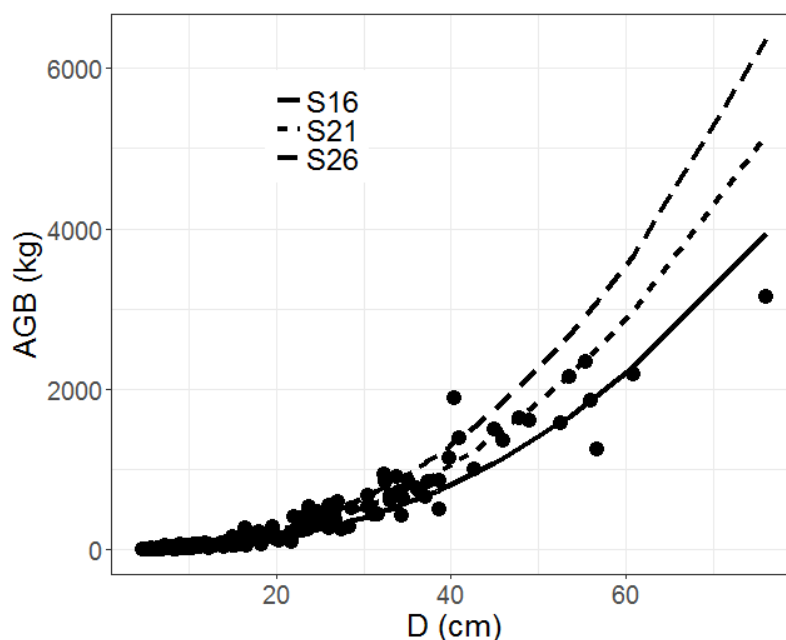
Thế mô hình $H_i = a_i \times D^b$ theo 3 cấp H vào mô hình $AGB = a \times D^2H$ có được mô hình AGB với một biến số D và tham số a_i thay đổi theo chiều cao chỉ thị S_i :

$$\text{Cấp H 1: } S_{26}: \quad AGB = 0.144171 \times D^{2.469418} \quad (3.5)$$

$$\text{Cấp H 2: } S_{21}: \quad AGB = 0.116997 \times D^{2.469418} \quad (3.6)$$

$$\text{Cấp H 3: } S_{16}: \quad AGB = 0.089569 \times D^{2.469418} \quad (3.7)$$

Hình 3.8 cho thấy mô hình ước tính AGB với một biến số đầu vào là D nhưng được phân chia thành 3 cấp chiều cao chỉ thị S_i sẽ nâng cao độ chính xác rõ rệt.



Hình 3.8: Đồ thị ước lượng AGB theo một biến số D và 3 cấp chiều cao chỉ thị S_i (với chiều cao chỉ thị cho 3 cấp từ thấp đến cao là S_{16} , S_{21} và S_{26} ở cấp $D = 35$ cm) so với dữ liệu AGB quan sát theo D

3.1.5. So sánh các mô hình AGB và BGB cây rừng lá rộng thường xanh ước lượng theo các phương pháp khác nhau ở vùng Tây Nguyên

Đã đánh giá các mô hình ước tính AGB, BGB của một số tác giả khác nhau với các mô hình được thiết lập trong nghiên cứu này nhằm để chỉ ra phương pháp nào có độ tin cậy tốt hơn. Kết quả ở Bảng 3.8 cho thấy tất cả các mô hình AGB, BGB theo các biến số đầu vào khác nhau của luận án này đều có chỉ số FI nhỏ hơn đáng kể và rất nhiều so với các mô hình của Bảo Huy (2013) và Huỳnh Nhân Trí (2014).

Bảng 3.8: Sử dụng chỉ số FI để so sánh các mô hình sinh khối cây rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên được thiết lập theo phương pháp khác nhau

Biến số đầu vào	Mô hình/tác giả	Phương pháp ước lượng mô hình	Trọng số	Adj. R ²	FI
AGB = f(D)	Nghiên cứu này (2017): $AGB = 0.11469 \times D^{2.47983}$	Phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số	1/D ^k	0,799	0,054
	Bảo Huy (2013): $\log(AGB) = -2.23927 + 2.49596 \times \log(D)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu không trọng số	-	0,950	27,3
	Huyền Nhân Trí (2014): $\log(AGB) = -2.25438 + 2.49193 \times \log(D)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu có trọng số	1/D	0,926	27,3
AGB = f(D, H)	Nghiên cứu này (2017): $AGB = 0.04434 \times (D2H)^{0.96130}$	Phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số	1/(D ² H) ^k	0,907	0,021
	Bảo Huy (2013): $\log(AGB) = -2.97660 + 0.53579 \times \log(D) + 0.75932 \times \log(D2H)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu không trọng số	-	0,958	27,3
	Huyền Nhân Trí (2014): $\log(AGB) = -3.07831 + 2.01893 \times \log(D) + 0.8262 \times \log(H)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu có trọng số	1/D	0,938	24,7
BGB = f(D)	Nghiên cứu này (2017): $BGB = 0.01531 \times D^{2.55095}$	Phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số	1/D ^k	0,484	0,004
	Bảo Huy (2013): $\log(BGB) = -3.73687 + 2.32102 \times \log(D)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu không trọng số	-	0,901	2,4
	Huyền Nhân Trí (2014): $\log(BGB) = -3.86955 + 2.409 \times \log(D)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu có trọng số	1/D	0,869	2,4

Ghi chú: k là hệ số của hàm phương sai

3.1.6. Mô hình sinh khối lâm phần (TAGB, TBGB) theo biến số G

Kết quả các mô hình dạng power: $TAGB = a \times G^b$ và $TBGB = a \times G^b$ được lựa chọn vì có AIC trung bình của 200 lần rút mẫu tính toán từ 70% dữ liệu bé hơn mô hình tuyến tính.

Các tham số của các mô hình sinh khối lâm phần lựa chọn được ước tính từ toàn bộ số liệu thể hiện ở Bảng 3.10.

Bảng 3.10: Tham số của mô hình TAGB, TBGB lựa chọn trên cơ sở toàn bộ dữ liệu

Mô hình lựa chọn	Tham số		Sai số tiêu chuẩn của tham số	
	a	b	a	b
$TAGB = a \times G^b$	3,992639	1,163908	0,215972	0,016557
$TBGB = a \times G^b$	0,638988	1,086061	0,022851	0,011119

Ghi chú: Các tham số đều có mức ý nghĩa $P\text{-value} < 0.001$

Sau cùng nhưng rất quan trọng là các mô hình được thiết lập trong nghiên cứu này đã chỉ ra được sai số chính xác, ổn định nhờ áp dụng phương pháp thẩm định chéo (Cross Validation) bằng cách rút mẫu ngẫu nhiên với 70% dữ liệu để lập mô hình và 30% để đánh giá sai số, lặp lại 200 lần cho đến khi các loại sai số có phân bố chuẩn; các sai số được tính trung bình từ 200 lần lặp. Kết quả này khắc phục hạn chế cách đánh giá sai số mô hình truyền thống trước đây.

3.2. Kết quả thử nghiệm, đánh giá để lựa chọn các phương pháp, công cụ, bể chứa carbon trong PCM

3.2.1. Xác định trạng thái rừng dựa vào kiến thức địa phương

Kết quả nhận dạng trạng thái rừng của cộng đồng Châu Mạ so sánh với phân loại rừng theo trữ lượng được quy định tại Điều 8, Thông tư 34/2009/TT-BNNPTNT ngày 10/6/2009 của Bộ NN và PTNT về Quy định tiêu chí xác định và phân loại rừng cho thấy có nhiều trùng hợp.

Cộng đồng đã phân chia rừng lá rộng thường xanh ở Tây Nguyên thành 3 trạng thái. Được gọi đơn giản: rừng già, rừng nghèo, rừng non ứng với rừng rất giàu - giàu, trung bình - nghèo và chưa có trữ lượng của Thông tư 34. Đề nghị trong giám sát thay đổi diện tích rừng trong PCM, đơn giản hóa theo 3 kiểu trạng thái này để có thể phân loại rừng dựa vào cộng đồng.

3.2.2. Độ tin cậy khi cộng đồng sử dụng GPS để khoanh vẽ biến động diện tích rừng và vị trí ô mẫu bố trí ngẫu nhiên

Kết quả đánh giá, cho điểm từng kỹ năng đối với từng thành viên tham gia thử nghiệm được trình bày Bảng 3.12 và Bảng 3.13.

*Bảng 3.12: Kết quả đánh giá kỹ năng sử dụng GPS khoanh vẽ diện tích rừng thay đổi.
Điểm tối đa = 5*

Stt	Kỹ năng, hoạt động	Tổng số lượt người	Điểm trung bình	CV%	Biến động điểm với P=95%	
					Min	Max
1	Khởi động GPS, vào Track	27	3,7	24,60%	3,3	4,1
2	Khoanh vẽ diện tích	27	4,3	14,30%	4,1	4,6
3	Lưu kết quả và đặt tên khu vực thay đổi diện tích rừng	27	3,7	22,70%	3,3	4,0
4	Đọc số đo diện tích	27	4,0	19,60%	3,7	4,3

*Bảng 3.13: Kết quả đánh giá kỹ năng sử dụng GPS xác định vị trí ô mẫu ngẫu nhiên.
Điểm tối đa = 5*

Stt	Kỹ năng, hoạt động	Tổng số lượt người	Điểm trung bình	CV%	Biến động điểm với P=95%	
					Min	Max
1	Khởi động GPS, vào Waypoint	27	3,7	23,60%	3,4	4,1
2	Tìm số hiệu ô mẫu trên GPS	27	3,8	21,10%	3,5	4,1
3	Đi đến vị trí ô mẫu ngẫu nhiên trên hiện trường	27	4,1	16,70%	3,9	4,4
4	Xác định vị trí ô mẫu	27	4,0	21,00%	3,6	4,3

Từ kết quả trên, khẳng định cộng đồng có đủ năng lực sử dụng GPS để xác định vị trí ô mẫu ngẫu nhiên ngoài thực địa và khoanh vẽ diện tích rừng thay đổi trên quy mô nhỏ của lô rừng.

3.2.3. Độ tin cậy của dữ liệu sinh khối và carbon ước tính từ dữ liệu đầu vào do cộng đồng đo đạc

3.2.3.1. Sai khác trong đo đạc các biến số D, H và G giữa cộng đồng với chuyên viên kỹ thuật

Kết quả Bias% về giá trị đo trung bình D, H và G ở Bảng 3.14 cho thấy số liệu đo đạc bởi cộng đồng so với chuyên viên kỹ thuật nhỏ hơn -5%. Do đó cộng đồng có thể đo đạc 3 biến số này để ước tính sinh khối, carbon ở cây gỗ trên và dưới mặt đất thông qua các mô hình sinh trắc; trong đó đo H chỉ giới hạn 3 cây ở một cấp kính đại diện để giảm sai số.

Bảng 3.14: Kết quả so sánh biến động CV% và sai lệch Bias% do cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật về các giá trị trung bình đo D, H và G ở 39 điểm đánh giá

Chỉ tiêu đo đạc	Số điểm đánh giá (n)	Cộng đồng		Nhân viên kỹ thuật		Bias%
		Trung bình	CV%	Trung bình	CV%	
D (cm)	39	32,3	15,6%	32,6	15,3%	-1,2%
H (m)	39	22,0	18,5%	22,5	16,2%	-2,7%
G (m ² /ha)	39	16,7	22,1%	17,2	19,5%	-4,1%

Ngoài ra, giá trị CV% của cộng đồng ở cả ba chỉ tiêu đều cao hơn so với nhân viên kỹ thuật, điều này phản ánh đúng thực tế về sự không đồng đều trong kỹ năng đo đạc giữa các thành viên trong cộng đồng. Tuy nhiên sự khác biệt về CV% giữa hai nhóm đối tượng là không lớn.

3.2.3.2. So sánh sai lệch ước tính sinh khối trên, dưới mặt đất và tổng sinh khối cây rừng của điểm đo Bitterlich và các loại ô mẫu từ dữ liệu đo đạc của cộng đồng với chuyên viên kỹ thuật

Kết quả so sánh sai khác giá trị ước tính tổng sinh khối TAGB, TBGB và TB từ số liệu đầu vào của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật theo giá trị Bias% và tiêu chuẩn phi tham số Wilcoxon cho từng kiểu dạng ô mẫu khác nhau được trình bày Bảng 3.17 (cho sai lệch TB). Kết quả đã cho thấy có sự sai khác đối với điểm Bitterlich, còn đối với các loại ô mẫu phân tầng thì không có sự sai khác trong ước lượng TAGB, TBGB và TB từ dữ liệu đo đạc của cộng đồng so với chuyên viên kỹ thuật (Bias < -5%).

Kết quả này đồng nhất với kết quả nghiên cứu ở nhiều quốc gia như Ấn Độ, Nepal và Tanzania (Skutsch et al., 2009), sai lệch ước tính sinh khối chỉ biến động từ 1 - 7% giữa hai đối tượng đo đạc là cộng đồng và tư vấn chuyên nghiệp; Do vậy thu hút sự tham gia của cộng đồng trong PCM là có tính thực tiễn và bảo đảm độ tin cậy trong cung cấp dữ liệu đầu vào để ước tính phát thải trong khuôn khổ chương trình UN-REDD theo yêu cầu của IPCC (2003, 2006).

Bảng 3.17: So sánh sai khác kết quả ước tính tổng sinh khối trên và dưới mặt đất (TB, tấn/ha) của điểm Bitterlich và các loại ô mẫu từ số liệu đầu vào của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật theo Bias% và tiêu chuẩn phi tham số Wilcoxon

Loại điểm và ô	Trung bình TB (tấn/ha)			P-value theo Wilcoxon	Giả thuyết Ho: Trung vị của hai dãy TB của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật là bằng nhau
	Từ dữ liệu của cộng đồng	Từ dữ liệu của chuyên viên kỹ thuật	Bias%		
Điểm Bitterlich	119,6	124,0	-4,9	0,006	Bác bỏ Ho
Ô tròn phân tầng 500 m ²	265,2	270,0	-3,0	0,289	Chấp nhận Ho
Ô tròn phân tầng 1.000m ²	259,5	264,1	-3,2	0,214	Chấp nhận Ho
Ô CN phân tầng 500 m ²	255,1	259,5	-3,0	0,276	Chấp nhận Ho
Ô CN phân tầng 1.000 m ²	258,3	263,6	-3,2	0,118	Chấp nhận Ho

Pvalue > 0.05: Chấp nhận Ho, hai mẫu có trung vị không có sự sai khác

3.2.4. Lựa chọn hình dạng và kích thước ô mẫu trong PCM

Để tối ưu hóa cả về độ tin cậy và hiệu quả chi phí trong PCM, cần chọn loại ô mẫu thích hợp. Số ô mẫu được phân bổ theo tỷ lệ diện tích của ba cấp trữ lượng (M). Số lượng ô mẫu cần thiết theo từng kiểu dạng ô dựa vào biến động TAGB và trên tổng diện tích là 26.446,5 ha vùng nghiên cứu được phân chia ba cấp M theo phương pháp của Lackman (2010) với sai số cho trước $E\% = 10\%$ và độ tin cậy $P = 95\%$, kết quả ở Bảng 3.18.

Bảng 3.18: Số ô mẫu theo cấp trữ lượng cho từng kiểu dạng ô mẫu

Cấp M (m ³ /ha)	Diện tích (ha)	Số ô mẫu với sai số 10%			
		Ô tròn phân tầng 500 m ²	Ô tròn phân tầng 1.000 m ²	Ô CN phân tầng 500 m ²	Ô CN phân tầng 1.000 m ²
>200	4.318,2	15	12	16	16
101 - 200	13.608,1	49	39	51	50
10 - 100	8.520,2	30	25	32	31
Tổng	26.446,5	94	76	99	97

Loại ô mẫu hình tròn phân tầng 1.000 m² có số lượng ô mẫu cần thiết nhỏ nhất (76 ô) trong 4 loại ô nghiên cứu. Điều đó chứng tỏ loại ô mẫu này có biến động nhỏ nhất và ổn định so với các ô mẫu dạng khác.

Trên cơ sở chi phí lao động cho mỗi loại ô, dựa vào tổng số ô mẫu cần lập để đạt sai số $E\% = 10\%$ trong khu vực nghiên cứu, tính toán được tổng chi phí cho 4 kiểu dạng ô mẫu được trình bày ở Bảng 3.20.

Bảng 3.20: Tổng chi phí lao động lập ô mẫu đo cây gỗ theo bốn dạng ô khác nhau cho toàn khu vực nghiên cứu

Stt	Loại ô mẫu	Chi phí lao động/ô (VND)	Tổng số ô	Tổng chi phí lao động cho các ô ở trên toàn diện tích nghiên cứu (VND)
1	Ô tròn phân tầng 500 m ²	244.925	94	23.059.838
2	Ô tròn phân tầng 1.000 m²	292.308	76	22.284.312
3	Ô CN phân tầng 500 m ²	270.393	99	26.689.677
4	Ô CN phân tầng 1.000 m ²	342.094	97	33.328.251

Kết quả này đồng nhất với hướng dẫn PCM của Huy et al., (2013), vì vậy khuyến nghị sử dụng ô mẫu hình tròn phân tầng 1.000 m² trong điều tra cây gỗ khi thực hiện PCM.

3.2.5. Lựa chọn đo tính các bể chứa carbon ngoài cây gỗ trong PCM

Vấn đề đặt ra là việc đo tính các bể chứa carbon ngoài cây gỗ có mang lại hiệu quả kinh tế khi giảm phát thải trong thực hiện chương trình UN-REDD. Thử nghiệm ước tính chi phí đo tính và giá trị CO₂ giảm phát thải ở các bể chứa thảm mục, gỗ chết và đất để có khuyến nghị cho việc có nên đo tính các bể chứa carbon này trong PCM hay không.

Bảng 3.22 trình bày kết quả ước tính sinh khối gỗ chết, thảm mục và carbon hữu cơ trong đất (SOC) quy ra hecta cho các loại ô mẫu.

Bảng 3.22: Trung bình và biến động sinh khối, carbon ở 3 bể chứa gỗ chết, thảm mục và trong đất từ các dạng ô mẫu khác nhau

Chỉ tiêu thống kê	Đất (SOC) (Carbon tấn/ha), chung các ô	Thảm mục (sinh khối, tấn/ha), chung các ô	Gỗ chết (Sinh khối, tấn/ha)			
			Ô tròn 500 m ²	Ô tròn 1.000 m ²	Ô CN 500 m ²	Ô CN 1.000 m ²
n	39	39	39	39	39	39
Trung bình	91,1	4,8	3,5	3,3	3,7	3,0
Sai tiêu chuẩn	23,4	1,8	5,3	6,4	6,4	5,7
CV%	26%	37%	153%	191%	172%	186%
min	83,5	4,2	1,8	1,3	1,6	1,2
max	98,7	5,3	5,2	5,4	5,8	4,9

Bảng 3.23 tính toán giá trị CO₂ tương đương do giảm phát thải cho một hecta trong một năm. Việc tính toán dựa vào tỷ lệ % mất rừng trong quá khứ 15 năm thể hiện qua mức phát thải rừng tham chiếu (FRL) (Chau, 2014) của tỉnh Lâm Đồng là 1,2%; giả định là rừng được quản lý tốt; như vậy tín chỉ

carbon chính là lượng CO₂ tương đương trên 1,2% diện tích rừng có nguy cơ bị mất. Không tính cho SOC vì bề chứa này khá ổn định khi mất và suy thoái rừng.

Bảng 3.23: Giá trị thương mại CO₂ do giảm phát thải ở các bề chứa ngoài cây gỗ quy thành tiền trung bình/ha/năm

Bề chứa	Sinh khối (tấn/ha)	Carbon (tấn/ha)	CO ₂ tương đương (tấn/ha)	CO ₂ tương đương do giảm mất rừng 1,2%/năm (tấn/ha/năm)	Đơn giá USD/tấn CO ₂	Giá trị CO ₂ /ha do giảm phát thải (USD/ha/năm)	Thành tiền do giảm phát thải CO ₂ (VND/ha/năm)
Gỗ chết	3,3	1,57	5,76	0,07	10	0,7	15.545
Thảm mục	4,8	2,24	8,21	0,10	10	1,0	22.172

Kết quả cho thấy hiệu quả kinh tế mang lại từ giá trị CO₂ giảm phát thải của các bề chứa ngoài cây gỗ là không đáng kể, do vậy đề nghị không thiết kế thu thập dữ liệu để ước tính sinh khối và carbon cho các bề chứa này trong PCM.

3.3. Hướng dẫn “Giám sát carbon rừng có sự tham gia - PCM”

3.3.1. Điều kiện hoặc dữ liệu đầu vào cần thiết và mức độ tham gia của cộng đồng trong PCM

Cộng đồng cần được đào tạo phù hợp và cần được cung cấp thông tin đầu vào như bản đồ các loại, tọa độ ô mẫu được cài đặt trong GPS, hệ thống mẫu biểu.

3.3.2. Tổ chức nhóm điều tra, giám sát trên hiện trường

Một nhóm điều tra, giám sát rừng tối ưu là 5 người, bao gồm: 01 cán bộ lâm nghiệp; 04 người dân đại diện cộng đồng, là những người am hiểu về rừng trong khu vực, và tối thiểu phải có hai người có trình độ văn hóa lớp 6 trở lên để ghi chép và sử dụng các dụng cụ điều tra rừng.

3.3.3. Dữ liệu đầu vào cần có cho PCM

Dữ liệu đầu vào cần có trong PCM bao gồm: i) Bản đồ trạng thái; ii) Bản đồ vị trí ô mẫu; iii) Tọa độ ô mẫu được chuyển vào GPS. Các dữ liệu này được cung cấp bởi cơ quan lâm nghiệp cấp huyện hoặc tỉnh.

3.3.4. Giám sát thay đổi diện tích, trạng thái rừng

Sử dụng GPS đo tính diện tích rừng bị mất hoặc thay đổi và cung cấp dữ liệu cho cơ quan chuyên môn, đơn vị quản lý để cập nhật, lưu trữ.

3.3.5. Thiết lập ô mẫu, đo đạc cây gỗ trong ô

Sử dụng ô mẫu hình tròn 1.000 m² phân tầng theo ba cấp kính 6 - 22 cm, 22 - 42 cm và > 42 cm ứng với diện tích 100, 500 và 1.000 m².

Gồm các bước: i) Xác định vị trí ô mẫu trên thực địa; ii) Thiết lập ô mẫu; iii) Đo cây trong ô mẫu: Loài, D và đo H của 3 cây ở cấp kính đại diện.

3.3.6. Tổng hợp dữ liệu để ước tính phát thải hoặc hấp thụ CO₂ tương đương

Việc tổng hợp dữ liệu từ kết quả đo đếm PCM để ước tính sinh khối, carbon rừng cần được tiến hành bởi cơ quan chuyên môn. Kết quả có hai nhóm dữ liệu được tổng hợp: i) Thay đổi diện tích trạng thái rừng; ii) Ước tính trữ lượng, sinh khối và carbon cho khu vực rừng tại thời điểm điều tra. Tiến trình tổng hợp dữ liệu để ước tính phát thải hoặc hấp thụ CO₂ gồm các bước cơ bản sau:

3.3.6.1. Tính toán thay đổi diện tích rừng

Từ kết quả theo dõi thay đổi diện tích bằng GPS, chuyển vào bản đồ để điều chỉnh diện tích trạng thái các lô rừng theo định kỳ.

3.3.6.2. Ước tính sinh khối và carbon rừng tại thời điểm điều tra

Sắp xếp số cây theo cấp kính (N/D): i) Phân chia cấp kính với cự ly 4 cm cho cây gỗ; ii) Sắp xếp số cây trong các ô mẫu theo từng cấp kính; iii) Tính toán số cây trên hecta. Mỗi ô mẫu được tính toán sinh khối và carbon thông qua phân bố N/D và chuyển đổi từ D sang AGB theo cấp H, BGB và carbon, CO₂ tương đương nhờ các mô hình sinh trắc đã được thiết lập. Từ đây quy ra hecta cho từng trạng thái, khối rừng.

3.3.6.3. Tính toán thay đổi sinh khối và carbon rừng

Sử dụng phương pháp thay đổi bể chứa carbon (Stock – difference method) của IPCC (2006) để tính toán thay đổi sinh khối và carbon rừng.

KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu, luận án có các kết luận chính như sau:

i) Hệ thống mô hình ước tính sinh khối cây cá thể và lâm phần trên và dưới mặt đất để áp dụng với dữ liệu PCM:

- Sử dụng phương pháp thiết lập mô hình sinh khối dạng power phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số, có xét đến ảnh hưởng của các nhân tố lâm phần cho độ tin cậy cao hơn phương pháp tuyến tính logarit bình phương tối thiểu. Việc rút mẫu ngẫu nhiên với 70% dữ liệu để lập mô hình, 30% dữ liệu để thẩm định chéo mô hình, lặp lại 200 lần đã giúp lựa chọn và cung cấp khách quan sai số của mô hình ước tính sinh khối.

- Mô hình ước tính sinh khối AGB theo biến đầu vào cộng đồng có thể thu thập chính xác là D , độ tin cậy được cải thiện khi phân chia mô hình theo 3 cấp chiều cao dạng $AGB = a_i \times D^b$. Mô hình ước tính sinh khối BGB có độ tin cậy cao nhất với một biến số D dạng $BGB = a \times D^b$ là phù hợp với dữ liệu đo đạc, giám sát của cộng đồng.

- Mô hình ước tính sinh khối lâm phần trên và dưới mặt đất: $TAGB = a \times G^b$ và $TBGB = a \times G^b$; trong đó G là chỉ tiêu mà cộng đồng có thể đo đạc được trên hiện trường. Tuy nhiên sai số sẽ tích lũy thêm 9 - 12% so với sử dụng mô hình cây cá thể.

ii) Lựa chọn các phương pháp, công cụ, bể chứa carbon áp dụng trong PCM:

- Sử dụng kiến thức địa phương giúp cho việc theo dõi thay đổi diện tích trạng thái rừng dựa vào cộng đồng.

- Cộng đồng có khả năng sử dụng GPS trong giám sát biến động diện tích rừng ở quy mô nhỏ, xác định vị trí ô mẫu ngẫu nhiên.

- Dữ liệu D và H của 3 cây trong một cấp kính do cộng đồng đo đạc là đạt độ tin cậy, từ đó ước tính sinh khối cây rừng trên và dưới mặt đất có sai lệch không đáng kể so với chuyên viên kỹ thuật ($Bias\% < -5\%$).

- Ô mẫu hình tròn 1.000 m² phân tầng theo ba cấp kính có hiệu quả tốt nhất về chi phí, biến động thấp và thuận tiện trong thao tác.
- Việc đo tính carbon các bể chứa ngoài cây gỗ là không đạt hiệu quả chi phí, vì vậy trong PCM chỉ cần tập trung đo đạc các bể chứa carbon trong cây gỗ phân trên và dưới mặt đất.

iii) Hướng dẫn PCM:

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu thăm định, đánh giá độ tin cậy của các phương pháp, công cụ, mô hình; đã xây dựng thành hướng dẫn, bao gồm các hoạt động chính: Tổ chức nhóm điều tra giám sát trên hiện trường; Xác định dữ liệu đầu vào cần có cho PCM; Giám sát thay đổi diện tích, trạng thái rừng; Thiết lập ô mẫu và đo đạc cây gỗ; Tổng hợp dữ liệu để ước tính phát thải hoặc hấp thụ CO₂ tương đương; Các mẫu phiếu sử dụng trên hiện trường cho PCM.

2. Tồn tại

Đề tài nghiên cứu thử nghiệm PCM với đối tượng là cộng đồng Châu Mạ, tỉnh Lâm Đồng mà chưa có điều kiện mở rộng cho các cộng đồng dân tộc thiểu số khác.

3. Kiến nghị

Trên cơ sở nghiên cứu, luận án có các kiến nghị như sau:

- i) Áp dụng hướng dẫn PCM của nghiên cứu này trong các khu vực tham gia chương trình UN-REDD Việt Nam; những địa phương thực hiện chính sách chi trả dịch vụ môi trường rừng theo Nghị định số 99/2010/NĐ-CP ngày 24/9/2010 của Chính phủ, Nghị định số 147/2016/NĐ-CP ngày 02/11/2016 của Chính phủ về sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 99/2010/NĐ-CP.
- ii) Đánh giá kết quả áp dụng hướng dẫn PCM ở ngoài vùng nghiên cứu để hoàn chỉnh.