

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC LÂM NGHIỆP VIỆT NAM

PHẠM TUẤN ANH

**XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP ĐỂ CỘNG ĐỒNG
ỨNG DỤNG TRONG ĐO TÍNH, GIÁM SÁT
CARBON RỪNG LÁ RỘNG THƯỜNG XANH Ở
TÂY NGUYÊN**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP

Hà Nội, tháng 7 năm 2017

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC LÂM NGHIỆP VIỆT NAM

PHẠM TUẤN ANH

**XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP ĐỂ CỘNG ĐỒNG
ỨNG DỤNG TRONG ĐO TÍNH, GIÁM SÁT
CARBON RỪNG LÁ RỘNG THƯỜNG XANH Ở
TÂY NGUYÊN**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP

Chuyên ngành: Lâm sinh

Mã số: 62.62.02.05

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS Bảo Huy

Hà Nội, tháng 7 năm 2017

LỜI CAM ĐOAN

Luận án được hoàn thành trong khuôn khổ Chương trình đào tạo tiến sĩ khóa 22/2010 tại Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam. Tôi xin cam đoan công trình nghiên cứu này là của bản thân tôi. Các số liệu và kết quả trình bày trong luận án là trung thực, nếu có gì sai tôi chịu hoàn toàn trách nhiệm.

Luận án kế thừa số liệu cây mẫu xác định sinh khối cây rừng của đề tài khoa học công nghệ trọng điểm cấp Bộ “Xác định lượng CO₂ hấp thụ của rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên làm cơ sở tham gia chương trình giảm thiểu khí phát thải từ suy thoái và mất rừng” do PGS.TS. Bảo Huy chủ trì, thực hiện từ 2010 – 2012, trong đó Nghiên cứu sinh là thành viên chính của đề tài tham gia trực tiếp vào toàn bộ quá trình thực hiện đề tài và đã được chủ trì đề tài cùng các cộng sự đồng ý cho phép sử dụng trong luận án. Các số liệu còn lại và là chủ đạo của luận án như ô mẫu xác định sinh khối lâm phần, thu thập số liệu đánh giá các phương pháp và công cụ giám sát carbon rừng với sự tham gia của cộng đồng là do tác giả thu thập.

Tác giả

Phạm Tuấn Anh

LỜI CẢM ƠN

Luận án này được hoàn thành theo Chương trình đào tạo tiến sĩ khóa 22/2010 tại Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.

Trong quá trình học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận án, Nghiên cứu sinh đã nhận được sự quan tâm giúp đỡ rất lớn từ Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, UBND tỉnh Đắk Nông, gia đình, đồng nghiệp, các tổ chức, cá nhân có liên quan, đặc biệt là từ người hướng dẫn khoa học và cộng đồng đồng bào dân tộc Châu Mạ tỉnh Lâm Đồng.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến PGS.TS. Bảo Huy, với tư cách là người hướng dẫn khoa học, đã dành nhiều thời gian và công sức cho việc hướng dẫn và giúp đỡ Nghiên cứu sinh hoàn thành luận án này.

Xin trân trọng cảm ơn sự quan tâm, giúp đỡ của lãnh đạo Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Ban Đào tạo và Hợp tác quốc tế, Viện Nghiên cứu Lâm sinh trong quá trình học tập, nghiên cứu tại đây.

Trân trọng cảm ơn GS.TS. Võ Đại Hải, GS.TSKH. Nguyễn Ngọc Lung, GS. TSKH. Đỗ Đình Sâm, PGS. TS. Triệu Văn Hùng, PGS. TS. Phùng Văn Khoa, TS. Lê Xuân Trường, TS. Đào Công Khanh, TS. Vũ Tấn Phương, PGS.TS. Trần Văn Con, PGS.TS. Vũ Nhâm và TS. Đặng Thịnh Triều về những ý kiến góp ý quý báu cho luận án.

Cảm ơn lãnh đạo UBND tỉnh Đắk Nông đã tạo điều kiện thuận lợi trong quá trình thực hiện đề tài.

Cảm ơn Bộ môn Quản lý Tài nguyên rừng và Môi trường, khoa Nông Lâm nghiệp – trường Đại học Tây Nguyên; Trung tâm Nghiên cứu đất, phân bón và môi trường Tây Nguyên đã hỗ trợ cho tôi trong quá trình xử lý số liệu.

Trân trọng cảm ơn các nhóm cộng đồng Châu Mạ xã Lộc Bắc, Lộc Bảo và Lộc Lâm; chuyên viên kỹ thuật của hai công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Lộc Bắc và Bảo Lâm thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng đã tham gia tích cực trong suốt quá trình nghiên cứu, thử nghiệm các phương pháp PCM trên hiện trường.

Chân thành cảm ơn sự chia sẻ của gia đình, những giúp đỡ của bạn bè và đồng nghiệp đã hỗ trợ tôi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu.

Sau cùng, xin trân trọng ghi nhận sự giúp đỡ của tất cả những ai đã quan tâm, hỗ trợ tôi trong quá trình học tập, nghiên cứu và thực hiện luận án.

Tác giả: Phạm Tuấn Anh

TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Tiếng Anh	Nghĩa tiếng Việt
AGB	Above Ground Biomass (kg)	Sinh khối cây rừng trên mặt đất (kg)
BGB	Below Ground Biomass (kg)	Sinh khối cây rừng dưới mặt đất (kg)
CFM	Community Forest Management	Quản lý rừng cộng đồng
COP	Conference of the Parties	Hội nghị các bên
D	Diameter at Breast Height	Đường kính ở độ cao ngang ngực (cm) (vị trí cao 1,3m)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Tổ chức lương nông của Liên hiệp quốc
G (BA)	Basal Area (m ² /ha)	Tổng tiết diện ngang thân cây (m ² /ha)
GHG	Green House Gas	Khí nhà kính
GIS	Geographical Information System	Hệ thống thông tin địa lý
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu
H	Height (m)	Chiều cao (m)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Ủy ban liên Chính phủ về Biến đổi khí hậu
IUCN	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources	Liên minh Quốc tế Bảo tồn Thiên nhiên và Tài nguyên Thiên nhiên
MRV	Measurement, Reporting and Verification	Đo lường, báo cáo và thẩm định
NFI	National Forest Inventory	Điều tra rừng quốc gia
NFMS	National Forest Monitoring Systems	Hệ thống giám sát rừng quốc gia
PCM	Participatory Carbon Monitoring	Giám sát carbon có sự tham gia

PFM	Participatory Forest Monitoring	Giám sát rừng có sự tham gia
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation	Giảm phát thải từ mất rừng và suy thoái rừng
REDD+	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation, Plus the role of conservation, sustainable forest management and enhancement of forest carbon stocks	Giảm phát thải khí nhà kính thông qua nỗ lực hạn chế mất rừng và suy thoái rừng, bảo tồn trữ lượng carbon rừng, quản lý bền vững tài nguyên rừng và tăng cường trữ lượng carbon rừng
REL	Reference Emission Levels	Mức phát thải tham chiếu
TAGB	Total Above Ground Biomass	Tổng sinh khối trên mặt đất (tấn/ha)
TB	Total Biomass	Tổng sinh khối cây rừng trên và dưới mặt đất (tấn/ha)
TBGB	Total Below Ground Biomass	Tổng sinh khối dưới mặt đất (tấn/ha)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu
UN-REDD	United Nations - Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation	Chương trình của Liên hiệp quốc về Giảm phát thải từ mất rừng và suy thoái rừng

MỤC LỤC

	Trang
LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	iv
TỪ VIẾT TẮT	vi
MỤC LỤC	viii
DANH MỤC CÁC BẢNG	xi
DANH MỤC CÁC HÌNH	xiii
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	5
1.1 Trên thế giới	5
1.1.1 Các khái niệm liên quan PCM	5
1.1.2 Vai trò, vị trí của giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng trong hệ thống giám sát rừng quốc gia và chương trình REDD	5
1.1.3 Quản lý rừng cộng đồng và giám sát rừng có sự tham gia của cộng đồng trong REDD	10
1.1.4 Mô hình ước tính sinh khối cây rừng	11
1.1.5 Nội dung và phương pháp của giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng	14
1.1.6 Độ tin cậy, chi phí và hiệu quả của sự tham gia của cộng đồng trong giám sát carbon rừng	17
1.2 Ở trong nước	20
1.2.1 Chương trình UN-REDD ở Việt Nam, vai trò vị trí của cộng đồng trong đo tính, giám sát carbon rừng	20
1.2.2 Mô hình ước tính sinh khối	26
1.2.3 Phát triển phương pháp đo tính, giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng ở Việt Nam	29
1.2.4 Quản lý rừng cộng đồng làm cơ sở cho giám sát carbon rừng có sự tham gia ở Việt Nam	32
1.3 Thảo luận	32

CHƯƠNG 2: ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	38
2.1 Đối tượng nghiên cứu	38
2.2 Đặc điểm khu vực nghiên cứu	40
2.2.1 Đặc điểm điều kiện tự nhiên ở khu vực nghiên cứu.....	40
2.2.2 Đặc điểm về kinh tế xã hội của 3 xã nghiên cứu	41
2.2.3 Tình hình quản lý, sử dụng và bảo vệ tài nguyên rừng	42
2.3 Nội dung nghiên cứu.....	42
2.3.1 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 chính xác	42
2.3.2 Thử nghiệm, đánh giá để lựa chọn các phương pháp, công cụ, bể chứa carbon áp dụng trong PCM.....	43
2.3.3 Tổng hợp và xây dựng hướng dẫn PCM.....	43
2.4 Phương pháp nghiên cứu.....	43
2.4.1 Phương pháp luận và tiếp cận nghiên cứu	43
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	44
2.4.3 Thử nghiệm, đánh giá để lựa chọn các phương pháp, công cụ, bể chứa carbon áp dụng trong PCM.....	52
2.4.4 Phương pháp xây dựng hướng dẫn PCM	64
CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN.....	65
3.1 Mô hình ước tính sinh khối với biến số đầu vào cộng đồng có khả năng đo đạc chính xác	65
3.1.1 Lựa chọn phương pháp thiết lập mô hình.....	65
3.1.2 Mô hình AGB	67
3.1.3 Mô hình BGB	71
3.1.4 Mô hình AGB theo cấp H.....	74
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.....	80

3.1.6	Mô hình sinh khối lâm phần (TAGB, TBGB) theo biến số G	83
3.2	Kết quả thử nghiệm, đánh giá để lựa chọn các phương pháp, công cụ, bể chứa carbon trong PCM.....	91
3.2.1	Xác định trạng thái rừng dựa vào kiến thức địa phương	91
3.2.2	Độ tin cậy khi cộng đồng sử dụng GPS để khoanh vẽ biến động diện tích rừng và xác định vị trí ô mẫu ngẫu nhiên.....	92
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	94
3.2.4	Lựa chọn hình dạng và kích thước ô mẫu trong PCM	100
3.2.5	Lựa chọn đo tính các bể chứa carbon ngoài cây gỗ trong PCM	103
3.3	Hướng dẫn “Giám sát carbon rừng có sự tham gia - PCM”	105
3.3.1	Điều kiện đầu vào cần thiết cho thực hiện PCM	107
3.3.2	Tổ chức nhóm điều tra, giám sát trên hiện trường.....	109
3.3.3	Giám sát thay đổi diện tích, trạng thái rừng	110
3.3.4	Thiết lập ô mẫu, đo đạc cây gỗ trong ô	112
3.3.5	Tổng hợp dữ liệu để ước tính phát thải hoặc hấp thụ CO ₂ tương đương	118
3.3.6	Các mẫu phiếu sử dụng trên hiện trường cho PCM.....	125
KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KIẾN NGHỊ		129
1.	Kết luận	129
2.	Tồn tại	131
3.	Kiến nghị.....	131
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ.....		132
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....		133
PHỤ LỤC		143

DANH MỤC CÁC BẢNG

	Trang
Bảng 1.1: Sự khác biệt giữa ước tính sinh khối bởi cộng đồng và cơ quan chuyên nghiệp ở Tanzania và khu vực Himalaya	18
Bảng 1.2: Chi phí cho giám sát carbon rừng bởi cộng đồng so sánh với cơ quan chuyên nghiệp.....	19
Bảng 1.3: Giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng. Những nội dung cộng đồng có khả năng tham gia và các vấn đề cần nghiên cứu đánh giá độ tin cậy và chi phí ở Việt Nam	34
Bảng 2.1: Dân số, thành phần dân tộc, trình độ dân trí của 03 xã trong khu vực nghiên cứu	41
Bảng 2.2: Tóm tắt thông tin thống kê các biến số của cây mẫu đo tính sinh khối ...	47
Bảng 2.3: Tóm tắt thông tin thống kê biến số G và sinh khối lâm phần. $n = 323$ ô ..	47
Bảng 2.4: Diện tích rừng lá rộng thường xanh theo ba cấp trữ lượng ở khu vực nghiên cứu thuộc 3 xã của huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng	60
Bảng 3.1: Sử dụng chỉ số Furnival's Index để đánh giá hai phương pháp ước lượng mô hình	66
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	68
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	70
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	72
Bảng 3.5: Tham số của mô hình BGB lựa chọn, trên cơ sở toàn bộ dữ liệu	73
Bảng 3.6: So sánh và thẩm định chéo mô hình quan hệ $H = f(D)$	75
Bảng 3.7: Tham số của mô hình $H = f(D)$ lựa chọn, trên cơ sở toàn bộ dữ liệu.....	76
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 ..	82
Bảng 3.9: So sánh và thẩm định chéo mô hình ước tính TAGB và TBGB theo G ..	84
Bảng 3.10: Tham số của mô hình TAGB và TBGB lựa chọn trên cơ sở toàn bộ dữ liệu	86
Bảng 3.11: So sánh nhận dạng trạng thái rừng của cộng đồng với trạng thái, cấp trữ lượng rừng hiện hành cho rừng lá rộng thường xanh.....	91

Bảng 3.12: Kết quả đánh giá cho điểm cộng đồng sử dụng GPS khoanh vẽ diện tích rừng thay đổi.....	93
Bảng 3.13: Kết quả đánh giá cho điểm cộng đồng sử dụng GPS xác định vị trí ô mẫu ngẫu nhiên trên hiện trường.....	93
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 G, D, H ở 39 điểm đánh giá	95
Bảng 3.15: So sánh sai khác kết quả ước tính tổng sinh khối trên mặt đất (TAGB, 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.....	97
Bảng 3.16: So sánh sai khác kết quả ước tính tổng sinh khối dưới mặt đất (TBGB, 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.....	98
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	99
Bảng 3.18: Số ô mẫu theo ba cấp trữ lượng cho từng kiểu dạng ô mẫu	100
Bảng 3.19: Chi phí trung bình cho việc lập một ô/điểm mẫu đo cây gỗ cho các loại ô khác nhau	101
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.....	102
Bảng 3.21: Chi phí lao động trung bình để thu thập dữ liệu trên các bể chứa carbon ngoài gỗ trên mỗi loại ô mẫu	103
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	103
Bảng 3.23: Giá trị thương mại CO ₂ do giảm phát thải ở các bể chứa ngoài gỗ quy thành tiền trung bình/ha/năm.....	105
Bảng 3.24: Hiệu quả kinh tế đo tính carbon ở các bể chứa ngoài gỗ trên toàn bộ khu vực nghiên cứu	105
Bảng 3.25: Tính toán sinh khối, carbon và CO ₂ tương đương của cây gỗ trên và dưới mặt đất theo từng trạng thái rừng	121
Bảng 3.26: Tổng hợp carbon cho từng chủ rừng, khu vực	123

DANH MỤC CÁC HÌNH

Trang

Hình 1.1: Hệ thống giám sát rừng quốc gia và đóng góp của giám sát rừng có sự tham gia của cộng đồng (Gerrand, UN-REDD, 2014)	6
Hình 1.2: MRV theo IPCC (Tác giả biên tập lại dựa vào nguồn của UN-REDD Việt Nam, 2011)	9
Hình 1.3: Các nhóm bên liên quan chủ chốt và chức năng chính trong PCM (Casarim et al., 2013)	23
Hình 1.4: Khung vận hành PCM cho việc tính toán trữ lượng carbon trong REDD (Casarim et al., 2013)	24
Hình 1.5: Hệ thống đo tính, giám sát và báo cáo tài nguyên rừng, sinh khối và carbon (kết hợp PCM với hệ thống quốc gia) (Huy et al., 2013)	25
Hình 1.6: Tiến trình PCM đã được thử nghiệm ở Việt Nam trong các chương trình dự án REDD	31
Hình 2.1: Bản đồ vị trí các ô mẫu thu thập dữ liệu sinh khối cây rừng trên và dưới mặt đất (AGB, BGB) ở Tây Nguyên	45
Hình 2.2: Phân bố số cây mẫu chặt hạ theo cấp kính và chiều cao	46
Hình 2.3: Phân bố ô mẫu để nghiên cứu sinh khối lâm phần ở Tây Nguyên	48
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	55
Hình 2.5: Ô tròn phân tầng 500 m ² và 1.000 m ²	57
Hình 2.6: Ô chữ nhật phân tầng diện tích 500 m ² và 1.000 m ²	58
Hình 2.7: Bản đồ hiện trạng rừng theo cấp trữ lượng ở ba xã nghiên cứu thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng (Nguồn: Kiểm kê rừng tỉnh Lâm Đồng, 2015)	60
Hình 3.1: Mô hình AGB lựa chọn với biến số đầu vào khác nhau: Phân bố %Bias của 200 lần thẩm định (trái), mô hình AGB lựa chọn so với 30% dữ liệu thẩm định chéo được rút mẫu ngẫu nhiên (phải)	69
Hình 3.2: Trái: Ước tính AGB qua mô hình lựa chọn so với quan sát, Phải: Sai số có trọng số theo AGB ước tính qua mô hình. a) Mô hình AGB = $a \times D^b$; b) Mô hình AGB = $a \times (D^2H)^b$	71
Hình 3.3: Mô hình BGB lựa chọn với biến số đầu vào D: Phân bố % Bias của 200 lần thẩm định (trái), mô hình ước tính BGB so với 30% dữ liệu thẩm định được rút mẫu ngẫu nhiên (phải)	72

Hình 3.4: Mô hình BGB = $a \times D^b$: Trái BGB theo mô hình so với quan sát; Phải: Sai số có trọng số theo BGB ước tính qua mô hình.	74
Hình 3.5: Mô hình $H = f(D)$ khác nhau hằng số 1.3. Phân bố % Bias của 200 lần thẩm định (trái), mô hình H so với 30% dữ liệu thẩm định được rút mẫu ngẫu nhiên (phải).....	76
Hình 3.6: Mô hình $H = a \times D^b$: Trái: H theo mô hình so với quan sát; Phải: Sai số có trọng số theo H ước tính qua mô hình.	77
Hình 3.7: Mô hình quan hệ $H = f(D)$ trung bình của ba cấp H với chiều cao chỉ thị S_i so với dữ liệu quan sát.....	78
Hình 3.8: Đồ thị ước lượng AGB theo một biến số D và ba cấp chiều cao chỉ thị S_i (với chiều cao chỉ thị cho ba cấp từ thấp đến cao là S_{16} , S_{21} , S_{26} ở cấp D = 35 cm) so với dữ liệu AGB quan sát theo D	79
Hình 3.9: Đám mây điểm quan sát quan hệ TAGB – G (Trái) và TBGB – G (Phải)	84
Hình 3.10: Phân bố %Bias của 200 lần thẩm định (trái). Các mô hình TAGB = $f(G)$ so với 30% dữ liệu thẩm định được rút mẫu ngẫu nhiên (phải).....	85
Hình 3.11: Phân bố % Bias của 200 lần thẩm định (trái). Mô hình TBGB = $f(G)$ so với 30% dữ liệu thẩm định được rút mẫu ngẫu nhiên (phải)	86
Hình 3.12: Trái: Mô hình so với toàn bộ dữ liệu quan sát, Phải: Sai số có trọng số theo ước tính qua mô hình. A) Mô hình TAGB = $a \times G^b$; B) Mô hình TBGB = $a \times G^b$	87
Hình 3.13: Bản đồ hiện trạng rừng theo cấp trữ lượng ở ba xã nghiên cứu thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng	109
Hình 3.14: Bản đồ thiết kế hệ thống ô mẫu ngẫu nhiên theo trạng thái rừng khu vực 3 xã Lộc Bảo, Lộc Bắc và Lộc Lâm thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng	110
Hình 3.15: Hình máy GPS 60CSx (hình trái), chức năng khoanh vẽ diện tích (track) (hình giữa), và lưu track (hình phải) (Nguồn: Huy et al., 2013)	111
Hình 3.16: Ô tròn phân tầng 1.000 m ² (Nguồn: Huy et al., 2013).....	114
Hình 3.17: Thiết kế các dải màu khác nhau theo từng bán kính ô phụ (Nguồn: Huy et al., 2013)	114
Hình 3.18: Cách đo đường kính ngang ngực cây rừng (Nguồn: Huy et al., 2013).	118
Hình 3.19: Tiếp cận của IPCC để tính toán phát thải khí nhà kính trong lâm nghiệp	124

MỞ ĐẦU

1. Sự cần thiết của luận án

Để góp phần giảm nhẹ biến đổi khí hậu, thế giới đã bắt đầu khởi động một chương trình “Giảm phát thải từ mất rừng và suy thoái rừng” (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation - REDD). Sáng kiến REDD được hình thành trên nguyên tắc cơ bản đó là chi trả tài chính cho các nước đang phát triển để hạn chế lượng khí phát thải CO₂ từ lĩnh vực lâm nghiệp thông qua thực thi kế hoạch và chương trình nhằm ngăn chặn mất rừng và suy thoái rừng (UN-REDD, 2011 [94]; Bảo Huy, 2012 [7]).

Việt Nam là một trong số các quốc gia đầu tiên được Liên hiệp quốc lựa chọn, hỗ trợ xây dựng và thực hiện thí điểm chiến lược quốc gia về REDD từ năm 2009 (UN-REDD, 2011 [94]). Các nước tham gia cần đưa ra bằng chứng của giảm phát thải từ thay đổi sử dụng đất thông qua kết quả dựa vào các hành động của chương trình REDD. Theo đó, hệ thống đo lường, báo cáo và thẩm định (MRV) phát thải cấp quốc gia như là một bộ công cụ để chứng minh về các chỉ số giảm lượng khí thải hoặc tăng cường loại bỏ các khí gây hiệu ứng nhà kính.

Giám sát carbon rừng có sự tham gia (PCM) là một nội dung quan trọng trong hệ thống MRV của chương trình REDD. Casarim et al., (2013) [2] đã đưa ra định nghĩa: “*PCM là một phương pháp nhằm tăng cường sự lồng ghép về thể chế của đa bên liên quan để tính toán lượng khí phát thải trong chương trình REDD*”. PCM cần được coi như là một thành phần của quản lý, giám sát rừng có sự tham gia (PFM). Sự tham gia ở đây được hiểu là các bên liên quan khác nhau thực hiện các chức năng khác nhau dựa trên nhiệm vụ từ trung ương đến địa phương. Hầu hết các thảo luận về PCM trong những tài liệu REDD+ đều tập trung vào vấn đề huy động cộng đồng giám sát các hoạt động của

REDD+ và thường được giới hạn cho công việc thu thập dữ liệu trên hiện trường (UN-REDD, 2011 [94]; Huy, 2012 [7]). REDD hướng đến việc tổ chức thực hiện ở các cộng đồng nghèo sống gần rừng và sinh kế phụ thuộc vào rừng, để cộng đồng có thể tham gia giám sát rừng và có được nguồn tài chính chi trả, bù đắp cho những nỗ lực của họ. Shrestha (2010) [74] cho rằng cần thúc đẩy thể chế địa phương, làm cho vai trò của cộng đồng, người dân địa phương trở thành trung tâm trong hệ thống quản lý tài nguyên thiên nhiên. Skutsch (2011) [78] chỉ ra sự cần thiết liên kết giám sát carbon rừng bởi cộng đồng với hệ thống MRV quốc gia. Vì vậy cần xây dựng các phương pháp đo tính, giám sát carbon rừng phù hợp với năng lực và nguồn lực nhưng vẫn đảm bảo độ tin cậy để cộng đồng có thể áp dụng.

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 REDD của UN-REDD hoặc SNV (Huy et al., 2011a,b [44, 45]; Bảo Huy, 2013 [8]; Huy et al., 2013 [48]); hoặc sự cam kết giữa người dân và cơ quan quản lý lâm nghiệp trong việc giám sát carbon rừng ở một số quốc gia như Nepal, Ấn Độ, Indonesia, Tanzania, Mozambique và kể cả Việt Nam. Thế nhưng hầu hết các hoạt động được phát triển chủ yếu dựa vào sự cam kết của cộng đồng. Thậm chí đã có hướng dẫn để thực hiện PCM như Huy et al., (2013) [48], hướng dẫn này dựa vào kết quả nghiên cứu và hướng dẫn quốc tế, tuy nhiên chưa có báo cáo kiểm nghiệm đánh giá trên thực tế ở Việt Nam.

Đề đóng góp vào cơ sở khoa học và thực tiễn trong xây dựng giám sát carbon rừng có sự tham gia ở Việt Nam, đáp ứng yêu cầu của UNFCCC (2001) [93] 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:

Luận án có các mục tiêu cụ thể để đáp ứng nhu cầu thực tiễn như sau:

- 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 giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng;
- Xây dựng được hướng dẫn giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng (PCM).

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

Ý nghĩa khoa học:

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 và hiệu quả chi phí.

Ý nghĩa thực tiễn:

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

Đóng góp mới của luận án bao gồm:

Bổ sung, cập nhật cơ sở khoa học để xây dựng mô hình ước tính sinh khối cây rừng và lâm phân 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.

Danh mục các công trình khoa học đã công bố của tác giả.

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

1.1 Trên thế giới

1.1.1 Các khái niệm liên quan PCM

Một số khái niệm liên quan đến đo tính và giám sát carbon rừng, PCM được thống nhất như sau:

Carbon rừng: Được hiểu là lượng carbon tích lũy trong hệ sinh thái rừng, nằm trong 5 bể chứa theo IPCC (2006) [52], bao gồm trong thực vật rừng trên mặt đất, thực vật rừng dưới mặt đất (rễ cây), gỗ chết, thảm mục và carbon hữu cơ trong đất (SOC).

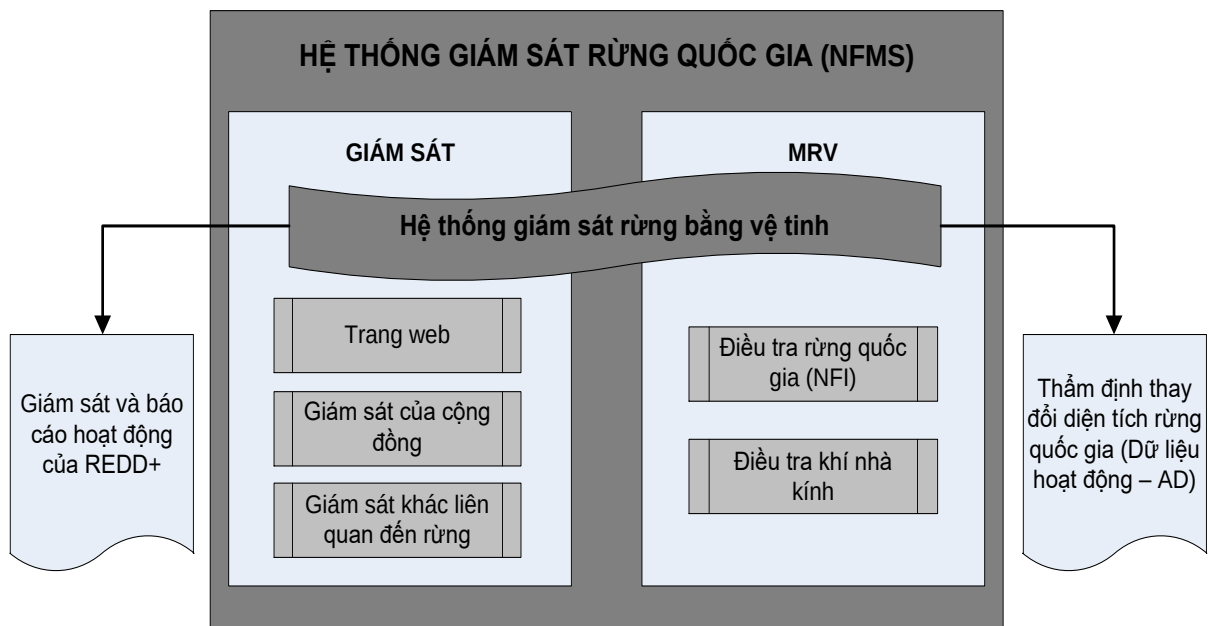
Giám sát carbon rừng: Cung cấp thường xuyên thay đổi diện tích (bằng ảnh viễn thám ở quy mô lớn và dữ liệu mặt đất ở quy mô nhỏ) và các bể chứa carbon rừng dựa vào các hoạt động nhằm giảm phát thải từ REDD+; trong đó cộng đồng và các bên liên quan cần được tham gia vào giám sát carbon rừng (Gerrand, UN-REDD, 2014 [38]).

Sinh khối trên và dưới mặt đất: Là sinh khối ở thực vật rừng nằm trên và dưới mặt đất của rừng (IPCC, 2006). Thực vật rừng nói chung lại bao gồm nhiều dạng sống khác nhau như cây gỗ, cây bụi, dây leo, thảm tươi, ... do đó chúng được xác định bằng các phương pháp khác nhau. Trong đó sinh khối cây gỗ là quan trọng nhất vì có khối lượng lớn nhất, gồm sinh khối cây gỗ phần trên mặt đất (AGB), sinh khối của rễ cây dưới mặt đất (BGB); AGB và BGB được ước lượng thông qua các mô hình sinh trắc (Huy et al, 2016a,b,c [47, 49, 50]).

1.1.2 Vai trò, vị trí của giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng trong hệ thống giám sát rừng quốc gia và chương trình REDD

i) *Hệ thống giám sát rừng quốc gia và giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng*

Vickers (2014) [96] đã giới thiệu rõ ràng về vai trò của giám sát rừng có sự tham gia (Participatory Forest Monitoring - PFM) trong hệ thống giám sát tài nguyên rừng quốc gia (National Forest Monitoring Systems - NFMS). Gerrand (2014) [38] đã sơ đồ hóa vai trò và vị trí của cộng đồng trong hệ thống giám sát rừng quốc gia ở Hình 1.1 bên dưới đây.



Hình 1.1: Hệ thống giám sát rừng quốc gia và đóng góp của giám sát rừng có sự tham gia của cộng đồng (Gerrand, UN-REDD, 2014)

Như vậy với khung khái niệm mới này làm rõ Giám sát (M: Monitoring) với Đo lường (M: Measurement) trong MRV. Ở những quốc gia tham gia chương trình REDD, hệ thống giám sát rừng quốc gia gồm có điều tra kiểm kê rừng và điều tra, báo cáo phát thải khí nhà kính; bao gồm hai nhóm như sau:

- MRV: Cung cấp thay đổi diện tích rừng qua ảnh viễn thám; thay đổi tài nguyên rừng qua điều tra – kiểm kê rừng và báo cáo khí nhà kính từ lâm nghiệp.
- Giám sát: Cũng cung cấp thay đổi diện tích dựa vào ảnh viễn thám nhưng được làm thường xuyên dựa vào các hoạt động nhằm giảm phát thải từ REDD+; cộng đồng tham gia vào giám sát, thông tin tài nguyên rừng, phát thải được cập nhật trên website.

Trong đó PFM/PCM sẽ tham gia chủ yếu vào giám sát tài nguyên rừng ở cấp cơ sở và đóng góp cho hệ thống giám sát tài nguyên rừng quốc gia.

ii) Hệ thống MRV trong chương trình REDD và giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng

Vickers (2014) [96] đã xác định với các quy ước, thỏa thuận quốc tế hiện có, không có gì ngăn cản cộng đồng có một vai trò trong MRV của chương trình REDD ở cấp quốc gia. Để theo dõi sự phát thải hay hấp thụ CO₂ từ rừng, khái niệm MRV được sử dụng (M: Measurement, R: Reporting, V: Verification). Nó bao gồm việc đo lường phát thải/hấp thụ khí nhà kính từ rừng (M), báo cáo lượng phát thải/hấp thụ (R); và cuối cùng dữ liệu này được thẩm định độ tin cậy (V).

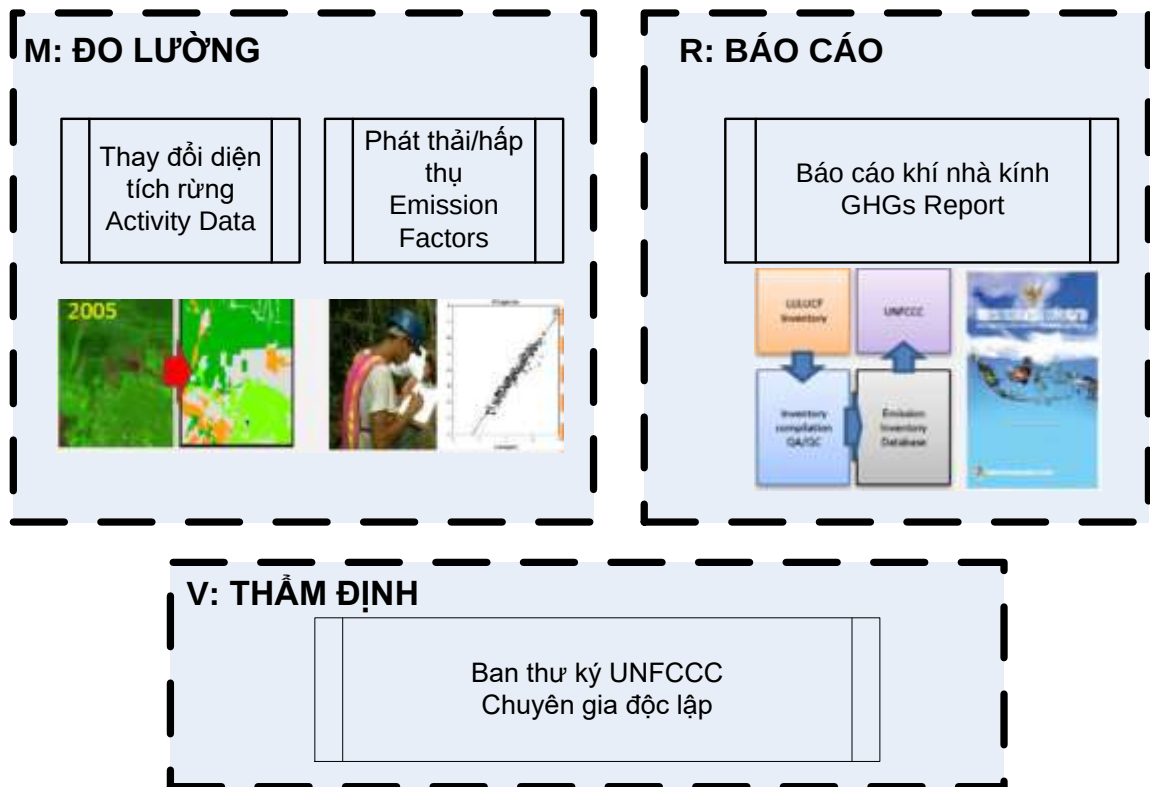
- M (Measurement): Đo lường phát thải và thay đổi sử dụng rừng, bao gồm hai nhóm dữ liệu cần thu thập:
 - Activity data: Thay đổi diện tích rừng (mất rừng), trạng thái rừng (suy thoái). Bản đồ thay đổi sử dụng rừng, trạng thái rừng được xây dựng theo định kỳ song song với xác định lượng phát thải để làm cơ sở cho việc tính tổng lượng phát thải hay hấp thụ cho từng chủ rừng, khu vực và quốc gia. Trong đó ảnh viễn thám và sự tham gia của cộng đồng được tiến hành (Vickers, 2014 [96]).
 - Emission Factor: Phát thải CO₂ trên đơn vị diện tích, đối tượng, trạng thái rừng và đất lâm nghiệp. Trên từng đơn vị rừng/đất rừng định kỳ xác định lượng carbon phát thải do suy thoái và mất rừng thông qua điều tra ô mẫu trên mặt đất kết hợp với sử dụng các mô hình sinh trắc ước tính carbon hoặc dự báo qua ảnh vệ tinh. Hướng dẫn thiết lập mô hình sinh trắc đã được xây dựng rộng rãi (Dietz et al., 2011 [32]; Villamor et al., (2010) [97]; Johannes và Shem, 2011 [58]; Pearson et al., 2007 [64];

Picard et al., 2012 [67]; Silva et al., 2010 [76]). Nhiều mô hình ước tính sinh khối trên mặt đất đã được thiết lập, đặc biệt là cho vùng nhiệt đới (pantropic) (Basuki et al., 2009 [16]; Brown, 2002, 1997 [20, 19]; Chave et al., 2005, 2014 [27, 28]; Ketterings et al., 2001 [60]);

- R (Reporting): Báo cáo phát thải khí nhà kính từ quản lý rừng (Emission Estimates). Dự báo lượng CO₂ phát thải từ quản lý rừng, bao gồm tích số giữa lượng phát thải trên đơn vị diện tích trạng thái $\times$ diện tích các trạng thái.
- V (Verification): Thẩm định. Chuyên gia của UNFCCC sẽ thẩm định dữ liệu phát thải mà mỗi khu vực, quốc gia báo cáo. Nội dung thẩm định bao gồm thay đổi diện tích/trạng thái rừng và lượng phát thải/hấp thụ trên từng đơn vị diện tích.

Ngoài ra trong thực tế thực hiện REDD+ còn xuất hiện khái niệm Giám sát (M: Monitoring) để đóng góp cho hệ thống MRV. Có nghĩa MRV là hệ thống dữ liệu phát thải theo định kỳ kiểm kê khí nhà kính, tuy nhiên việc sử dụng, tác động vào rừng diễn ra thường xuyên, vì vậy cần có giám sát.

Hình 1.2 minh họa nội dung thực hiện MRV để ước tính lượng phát thải khí nhà kính từ rừng (UN-REDD Việt Nam, 2011 [94]).



Hình 1.2: MRV theo IPCC (Tác giả biên tập lại dựa vào nguồn của UN-REDD Việt Nam, 2011)

Nhiều báo cáo, nghiên cứu đã khẳng định cộng đồng đã sẵn sàng, đang và sẽ tham gia có hiệu quả trong MRV cũng như giám sát rừng/carbon rừng thường xuyên. Công việc này là phù hợp với cộng đồng vì sự am hiểu thực tế của họ và chi phí cho giám sát rất thấp nếu so với các đoàn điều tra rừng chuyên nghiệp (Guarin et al., 2014 [40]; Huy, 2011a,b [44, 45]; Huy et al., 2013 [48]; Paudel, 2014 [63]; Poudel et al., 2014 [70]; Scheyvens et al., 2012 [72]; Skutsch, 2011 [78]; Skutsch et al., 2009a,b [79, 80]; RECOFTC, 2010 [90]; Thomas et al., 2011 [91]; Van Laake, 2008 [95]). Đặc biệt là để bảo đảm tính minh bạch của MRV thì sự tham gia của các bên liên quan là rất quan trọng, trong đó sự tham gia của cộng đồng cần được tổ chức và ưu tiên (UNFCCC, 2011 [93]; UN-REDD, 2011 [94]; Vickers, 2014 [96]; Bernard và Minang, 2011 [18]).

1.1.3 Quản lý rừng cộng đồng và giám sát rừng có sự tham gia của cộng đồng trong REDD

Quản lý rừng cộng đồng (CFM) đã được tiến hành rộng rãi ở nhiều quốc gia như Tanzania, India, Senegal và Nepal và đã chứng minh đây là cơ sở để tiếp tục phát triển giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng và cần xem đây là con đường hiệu quả để giảm suy thoái rừng (Skutsch et al., 2009a [79]). Sikor et al., (2013) [75] cho thấy rằng chương trình REDD là cơ hội quan trọng để thúc đẩy phát triển phương thức quản lý rừng cộng đồng ở Châu Á Thái Bình Dương.

Nepal là quốc gia hàng đầu trong các nước đang phát triển đã xây dựng và thực hiện quản lý rừng có hiệu quả từ những năm 1980. Hiện tại có hơn 18.000 nhóm sử dụng rừng ở nước này quản lý hơn 1,7 triệu ha rừng, chiếm 30% diện tích rừng cả nước (Poudel et al., 2014 [70]; Paudel, 2014 [63]). Trên cơ sở kinh nghiệm giám sát rừng theo nhóm sử dụng rừng, với nhiều hướng dẫn đo tính giám sát rừng trong quản lý rừng theo nhóm sử dụng rừng, Nepal đã lần đầu tiên xây dựng các hướng dẫn đo tính, giám sát carbon rừng có sự tham gia của người dân, cộng đồng (Subedi et al., 2010 [85]).

Đề xuất kết hợp quản lý rừng với sự giám sát và quyền quyết định của người dân địa phương có thể giúp quản lý rừng bền vững. Hơn nữa, nhiều quốc gia đã lựa chọn quản lý rừng cộng đồng là một phần trung tâm của kế hoạch REDD+ của họ. Đồng thời, REDD+ có thể cải thiện cơ hội thành công cho CFM (Angelsen, 2009 [14]).

Hiện nay đã có mối quan tâm đáng kể liên quan đến quyền lợi của cộng đồng khi tham gia REDD+ nhưng đồng thời cũng có những e ngại rằng một số cộng đồng có thể mất quyền tiếp cận rừng cho sinh kế của họ nếu như tín chỉ carbon được khẳng định, bởi vì lúc bấy giờ các tổ chức lâm nghiệp khác có thể

sẽ can thiệp quyền quản lý những khu rừng này (Angelsen, 2009 [14]). Kajembe et al., (2012) [59] đã chỉ ra mối quan hệ giữa REDD+ để giải quyết giảm nhẹ biến đổi khí hậu và phát triển sinh kế của cộng đồng.

1.1.4 Mô hình ước tính sinh khối cây rừng

Để ước tính sinh khối, carbon tích lũy trong hai bể chứa quan trọng là phần trên và dưới mặt đất của cây rừng, cần có các mô hình sinh trắc, đó là các mô hình quan hệ giữa sinh khối với các nhân tố điều tra cây rừng hoặc lâm phần (Brown et al., 1989, 2001 [22, 23]; Brown, 1997 [19]; Brown và Iverson, 1992 [21]; Chave et al., 2005 [27]; Picard et al., 2012 [67]).

Về biến số đầu vào của mô hình sinh trắc

Biến số đầu vào quan trọng nhất của mô hình sinh khối là đường kính ngang ngực (D) (Brown et al., 1989, 2001 [22, 23]; Brown, 1997 [19]; Brown và Iverson, 1992 [21]), sau đó là khối lượng thể tích gỗ (WD), và chiều cao cây (H) (Chave et al., 2005 [27]; Basuki et al., 2009 [16]; Ketterings et al., 2001 [60]). WD dùng để chuyển đổi từ thể tích cây sang sinh khối và rất biến động ở các loài khác nhau (Picard et al., 2012 [67]; Chave et al., 2006 [29]). Khi ứng dụng mô hình, WD không thể đo đạc trực tiếp trên hiện trường mà thường được tính bình quân theo loài dựa vào cơ sở dữ liệu WD có sẵn (Fayolle et al., 2013 [35]; IPCC, 2006 [52]; Chave et al., 2009 [30]). Xa hơn, một số tác giả đã đề nghị dùng biến số đường kính tán cây (CD) hoặc diện tích tán lá (CA) để cải thiện độ chính xác và tin cậy của mô hình sinh khối (Dietz et al., 2011 [32]; Henry et al., 2010 [41]).

Về dạng và phương pháp ước lượng mô hình sinh khối

Một cách phổ biến, mô hình ước tính sinh khối thường được ước lượng theo mô hình tuyến tính có dạng logarit hóa hoặc phi tuyến tính (Picard et al., 2012 [67]; Chave et al., 2014 [28]). Một số lượng lớn các bài báo đã công bố

đã đề nghị hàm power là thích hợp cho mô hình sinh trắc nói chung với một hay nhiều biến số đầu vào (Pearson, 2007 [64]; Picard et al., 2015 [68]). Trong một số trường hợp mô hình parabol bậc 2 cũng được sử dụng (Brown, 1997 [19]; Brown et al., 1989 [22]). Basuki et al., (2009) [16] đã sử dụng mô hình mũ được tuyến tính hóa dạng logarit để lập mô hình sinh khối cây rừng trên mặt đất của kiểu rừng khộp vùng thấp ở Indonesia, sau đó so sánh với mô hình parabol bậc cao của Brown et al., (1989) [22] và Chave et al., (2005) [27]. Kết quả cho thấy mô hình power được tuyến tính hóa dạng logarit có sai số nhỏ hơn và có độ tin cậy cao hơn nhờ hàm logarit đã làm giảm sai số do biến động dữ liệu sinh khối cây rừng trên mặt đất (AGB) cao ở các cấp đường kính lớn.

Về phương pháp thiết lập mô hình sinh khối, hầu hết đều áp dụng mô hình power theo cách tuyến tính hóa bằng hàm logarit và áp dụng phương pháp bình phương tối thiểu để ước lượng và đánh giá các tham số của mô hình (Brown, 1997 [19]; IPCC, 2003 [51]). Trong khi đó Picard et al., (2012) [67] đã chỉ ra hiệu quả về sai số nếu áp dụng phương pháp phi tuyến có trọng số.

Mô hình sinh trắc chung hay riêng loài, theo chỉ thực vật thân gỗ

Ở những quốc gia với các kiểu rừng có số loài cây gỗ ít, các mô hình sinh trắc hầu hết được lập theo loài để tăng độ chính xác và tin cậy, vì giữa các loài có sự khác biệt về WD và các đặc điểm sinh học liên quan đến lưu giữ carbon trong sinh khối (Jenkins et al., 2003 [57]). Ví dụ Jenkins et al., (2004) [56] đã tổng hợp được 2.640 mô hình sinh khối dựa vào biến số D để ước tính sinh khối ở các bộ phận và toàn bộ cây rừng khu vực Bắc Mỹ.

Với sự đa dạng thực vật thân gỗ của rừng nhiệt đới, việc xây dựng các mô hình sinh trắc cho từng loài cụ thể là không thực tế, vì vậy hầu hết các nhà khoa học tập trung vào thiết lập các mô hình đa loài nhưng gia tăng số lượng cây mẫu để giảm sai số và tăng độ tin cậy, ví dụ như Brown (1997) [19] đã sử

dùng 371 cây mẫu và Chave et al., (2005) [27] đã sử dụng 2.410 cây mẫu khi lập mô hình chung cho nhiều loài vùng nhiệt đới.

Basuki et al., (2009) [16] đã lập một số mô hình sinh khối cho rừng khộp vùng thấp theo các chỉ thực vật thân gỗ ưu thế. Tuy nhiên tác giả lại chỉ tập trung vào việc so sánh lựa chọn dạng hàm mà không đánh giá, so sánh độ tin cậy của việc sử dụng mô hình chung cho nhiều loài với mô hình cho từng chỉ thực vật.

Mô hình sinh trắc chung vùng nhiệt đới hay riêng cho từng vùng sinh thái, quốc gia cụ thể

Jara et al., (2015) [54] và Chave et al., (2014) [28] đã chỉ ra rằng các mô hình chung cho vùng nhiệt đới có khả năng dẫn đến sai số hệ thống lên đến 400% khi áp dụng cho từng lập địa cụ thể. Vì vậy, phát triển các mô hình sinh trắc theo địa phương có thể là một thay đổi tốt và mong đợi sẽ cung cấp sai số thấp hơn mô hình chung cho vùng nhiệt đới (Chave et al., 2014 [28]). Temesgen et al., (2007, 2015) [88, 87] đã đề nghị phát triển các mô hình sinh khối hoàn chỉnh trong đó có tính đến sự ảnh hưởng của lập địa, mật độ cây rừng trên một dải không gian rộng.

Mô hình sinh khối cây rừng dưới mặt đất (BGB)

Do chi phí cao của thu thập dữ liệu hiện trường sinh khối rễ cây rừng nên mô hình ước tính BGB còn rất ít trên thế giới (Yuen et al., 2013 [101]; Ziegler et al., 2012 [102]). Xây dựng mô hình ước tính BGB đặc biệt có ý nghĩa đối với rừng nhiệt đới Đông Nam Á, vì hiện tại các mô hình BGB chủ yếu cho vùng nam đến trung tâm châu Mỹ (Hertel et al., 2009 [42]).

Mô hình sinh khối cây rừng, lâm phần để áp dụng với dữ liệu đầu vào của cộng đồng

Trên thực tế đã có rất nhiều mô hình ước tính AGB theo biến số đầu vào đơn giản là D, phù hợp với dữ liệu đầu vào của cộng đồng. Các mô hình này thường cho cả vùng nhiệt đới như của Brown (1997) [19], IPCC (2003) [51], Basuki et al., (2009) [16]. Vì vậy nó còn hạn chế về sai số do khác biệt vùng sinh thái.

1.1.5 Nội dung và phương pháp của giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng

FAO (2008, 2010) [33, 34] nhấn mạnh mất rừng không chỉ tăng cường phát thải khí nhà kính mà còn ảnh hưởng đến sinh kế và văn hóa của cộng đồng địa phương. Vì vậy chương trình REDD được xem như là một cơ hội để đền bù cho cộng đồng sống phụ thuộc vào rừng thông qua những nỗ lực giám sát, quản lý rừng, bể chứa carbon rừng của họ. Peskett (2008) [65]; IUCN (2007) [53] đã đề xuất thực hiện chương trình REDD hướng đến người nghèo.

Về phương pháp, Van Laake (2008) [95] đã đề xuất xây dựng các mô hình quan hệ giữa sinh khối và carbon tích lũy trong hệ sinh thái rừng với các nhân tố điều tra rừng đơn giản như loài, mật độ, chu vi cây; đây là các nhân tố mà người dân địa phương có thể đo đếm, từ đây giám sát được lượng carbon theo thời gian. Cho đến nay đã có nhiều cơ quan, cá nhân, dự án nghiên cứu, tổ chức phát triển phương pháp luận và các tiếp cận để thu hút người dân địa phương, cộng đồng bản địa trong đo tính, giám sát các bể chứa carbon rừng cũng như thay đổi diện tích rừng (MacDicken, 1997 [61]; Van Laake, 2008 [95]; Subedi et al., 2010 [85]; Scheyvens et al., 2012 [72]; Thomas et al., 2011 [91]; Danielsen et al., 2013 [31]; Guarin et al., 2010 [40]; Huy, 2011b [45]; Paudel, 2014 [63]; Poudel et al., 2014 [70]; Shrestha, 2010 [74]; Skutsch, 2011 [78]; Skutsch et al., 2009a,b,c [79, 80, 81]; RECOFTC, 2010 [90]; Vickers, 2014 [96]).

Scheyvens et al., (2012) [72] nghiên cứu điểm để phát triển phương pháp tiếp cận có sự tham gia trong đo tính carbon rừng ở bốn quốc gia Đông Nam Á bao gồm: Campuchia, Indonesia, Lào và Việt Nam. Nhìn chung với việc lựa chọn người dân nông cốt và tập huấn chi tiết, dự án này đã chứng minh mạnh mẽ rằng cộng đồng có khả năng đo tính rừng chính xác và đóng góp quan trọng trong giám sát thay đổi sử dụng đất rừng.

Tại Nepal, Subedi et al., (2010) [85], khi chương trình REDD bắt đầu thì phương pháp đo tính carbon rừng trong quản lý rừng cộng đồng ở đây cũng được xây dựng lần đầu tiên dựa vào kinh nghiệm trong quản lý rừng theo nhóm sử dụng rừng. Bao gồm các nội dung chính: Thiết lập ranh giới rừng và ô mẫu; Thiết lập ô mẫu cố định; Lập kế hoạch và chuẩn bị; Định vị ô mẫu và đo tính trên hiện trường; Phân tích dữ liệu; Phân tích rò rỉ carbon ở các bể chứa; Kiểm soát chất lượng.

Tài liệu được phát triển rất đầy đủ các nội dung, phương pháp tính toán carbon rừng ở tất cả các bể chứa. Một số chỉ tiêu khẳng định cộng đồng có thể làm tốt như áp dụng kiến thức bản địa trong phân loại rừng, sử dụng GPS, lập ô mẫu hình tròn phân tầng, đo cây rừng, cân sinh khối, lấy mẫu. Có thể xem đây là một tài liệu kỹ thuật khá hoàn chỉnh cho cán bộ kỹ thuật hiện trường. Tuy nhiên nó chưa làm rõ cộng đồng có thể tham gia ở nội dung nào, chỉ tiêu đo đếm giám sát nào. Một số chỉ tiêu kỹ thuật phức tạp như lập bản đồ phân loại rừng bằng GIS, tính toán số lượng ô mẫu cần thiết và bố trí ngẫu nhiên trên bản đồ, sấy mẫu, phân tích carbon hữu cơ trong đất, sử dụng mô hình sinh trắc, ... thì người dân địa phương có thể áp dụng được hay không hay là do cán bộ kỹ thuật địa phương hỗ trợ? Cộng đồng ở Nepal có thể hiểu là ai? Trình độ học vấn, chuyên môn đã được đào tạo?

Skutsch et al., (2009a) [79] cũng cho thấy ở 6 quốc gia vùng châu Á và châu Phi, các nội dung và phương pháp đã được phát triển để cộng đồng áp dụng bao gồm: vẽ bản đồ ranh giới rừng bằng GPS và chương trình GIS như ArcPad; phân loại trạng thái rừng dựa vào loài cây, mật độ, kích thước, ..; thiết lập và đo cây trong ô mẫu hình tròn phân tầng theo cấp kính; xác định lại vị trí ô mẫu cố định; cân khối lượng thảm tươi, thảm mục, lấy mẫu.

Xu hướng chung để cộng đồng có thể tham gia tiến trình giám sát carbon rừng là các phương pháp luận, kỹ thuật phức tạp được điều chỉnh, thiết kế trở nên đơn giản để cộng đồng có trình độ học vấn không cao có thể áp dụng (Shrestha, 2010 [74]). Ngoài ra, cũng cần thúc đẩy thể chế địa phương, làm cho vai trò của cộng đồng, người dân địa phương trở thành trung tâm trong hệ thống quản lý tài nguyên thiên nhiên.

Tuy nhiên đã có những đề nghị khác nhau về khả năng của cộng đồng trong đo tính các bể chứa carbon rừng, Subedi et al., (2010) [85] ở Nepal cho rằng cộng đồng có khả năng thu thập dữ liệu để ước tính carbon của cả 6 bể chứa; trong khi đó Skutsch et al., (2009a) [79] cho rằng cộng đồng chỉ nên tập trung đo tính các bể chứa carbon trong cây gỗ trên mặt đất, thực vật ngoài gỗ và thảm mục; không đo lường carbon trong đất do sự phức tạp của kỹ thuật trong ước tính thay đổi theo thời gian; đồng thời carbon trong cây dưới mặt đất có thể dễ dàng ước tính qua hệ số chuyển đổi từ phần carbon trong cây trên mặt đất.

Ngoài ra theo xu hướng hiện đại trong điều tra tài nguyên và vẫn thu hút được sự tham gia của cộng đồng; một số nhà nghiên cứu, dự án REDD cũng đã cố gắng xây dựng các phương pháp giúp cộng đồng sử dụng các công nghệ hiện đại như ảnh viễn thám, GIS, Mobile phone để giám sát carbon rừng. Ví dụ như Skutsch et al., (2009a) [79] và Guarin et al., (2010) [40] đã thử nghiệm cho

cộng đồng sử dụng phần mềm Cyber Tracker và Google Earth trên Mobile phone để lập bản đồ giám sát tài nguyên rừng. Tiếp cận này thông qua một số đào tạo cho cộng đồng để họ có thể thu thập được một số thông tin cơ sở. Mục đích là nhằm nâng cao tính sở hữu dữ liệu của cộng đồng cũng như giảm chi phí trong giám sát carbon rừng.

Cyber Tracker nguyên thủy được phát triển để giám sát đa dạng sinh học ở Nam Phi bởi Louis Liebenberg. Nó được thiết kế thân thiện, sử dụng trên Smart phone thông qua hệ thống định vị toàn cầu (GPS) cho người bản địa không quen thuộc với máy tính, thậm chí không biết đọc biết viết. Cộng đồng có thể sử dụng Cyber Tracker để lập bản đồ ranh giới, trạng thái rừng. Nó cũng cung cấp các menus để có thể nhập dữ liệu ô mẫu, dữ liệu đầu vào của các bể chứa carbon.

Cyber Tracker là phần mềm mã nguồn mở, do đó có thể tiếp tục được phát triển; đồng thời nó có thể kết hợp với các ảnh vệ tinh của Google Earth và các phần mềm GIS sử dụng mã nguồn mở như ILWIS. Tuy vậy tiếp cận này cần được đánh giá cẩn thận tính phù hợp của nó trong hệ thống quản lý, giám sát rừng quốc gia.

1.1.6 Độ tin cậy, chi phí và hiệu quả của sự tham gia của cộng đồng trong giám sát carbon rừng

Trước đây hầu hết việc giám sát rừng thường được thực hiện bởi các cơ quan chuyên môn bên ngoài (Goldsmith, 1991 [39]; Spellerberg, 2005 [84]), nhưng cách tiếp cận này đã bị chỉ trích là quá tốn kém để duy trì và phụ thuộc vào các kỹ năng mà không phải là không thể thay thế được (Sheil, 2001 [73]).

Độ tin cậy của số liệu do cộng đồng đo đạc và cung cấp luôn là vấn đề gây tranh cãi, và luôn có định kiến cho rằng cộng đồng với trình độ thấp sẽ đo đạc rừng có sai số cao và dẫn đến kết quả sai lệch lớn trong việc ước tính sinh

khối và carbon rừng. Ngược lại với nhận định này, Skutsch et al., (2009b,c) [80, 81] trên cơ sở so sánh sai lệch giữa kết quả ước tính sinh khối trên ha từ số liệu do cộng đồng thực hiện với số liệu do tư vấn chuyên nghiệp. Việc so sánh này được tiến hành ở các kiểu rừng sồi, thông, rừng hỗn giao ở ba nước Ấn Độ, Nepal và Tanzania. Kết quả cho thấy sự sai lệch của hai đối tượng đo đạc (cộng đồng và tư vấn chuyên nghiệp) chỉ biến động từ 1– 7%. Đây là một sai lệch gần như không đáng kể và hoàn toàn có độ tin cậy nếu sử dụng dữ liệu do cộng đồng đo đạc (Bảng 1.1).

Bảng 1.1: Sự khác biệt giữa ước tính sinh khối bởi cộng đồng và cơ quan chuyên nghiệp ở Tanzania và khu vực Himalaya

Địa phương, kiểu rừng	Ước tính bởi cộng đồng	Ước tính bởi cơ quan chuyên nghiệp	% khác biệt
Làng Dhaili, Uttarkhand, Ấn Độ			
- Rừng sồi đồng tuổi			
Sinh khối trung bình (tấn/ha)	64,08	66,97	4
Sai tiêu chuẩn	25,42	25,46	
- Rừng sồi hỗn giao			
Sinh khối trung bình (tấn/ha)	173,39	188,05	7
Sai tiêu chuẩn	59,09	62,37	
- Rừng hỗn giao sồi - thông suy thoái			
Sinh khối trung bình (tấn/ha)	66,29	66,87	<1
Sai tiêu chuẩn	17,75	18,16	
Làng Lamatar, Nepal. Rừng sồi			
Sinh khối trung bình (tấn/ha)	125,28	125,99	<1
Sai tiêu chuẩn	72,56	50,47	
Khu bảo tồn rừng Kitulangalo, Tanzania			
Sinh khối trung bình (tấn/ha)	42,19	43,15	2
Sai tiêu chuẩn	8,65	3,75	

Nguồn: Skutsch et al., 2009c

Tương tự như vậy, Danielsen et al., (2013) [31] cho thấy không có sai khác có ý nghĩa trên 289 ô mẫu trong vùng Đông Nam Á khi ước tính carbon thông qua kết quả đo tính của cộng đồng và cơ quan chuyên nghiệp.

Ngoài ra, một vấn đề khác luôn được quan tâm là chi phí khi cộng đồng tham gia vào việc giám sát carbon rừng so với cơ quan, tư vấn chuyên nghiệp. Skutsch et al., (2008, 2009c) [77, 81] cũng đã thu thập dữ liệu về chi phí trong 4 năm ở bốn cộng đồng và so sánh với chi phí do tư vấn chuyên nghiệp với dữ liệu đầu ra như nhau là ước tính sinh khối trên ha rừng. Kết quả cho thấy chi phí cần để cộng đồng đo đạc, giám sát carbon rừng thấp hơn rất nhiều so với chi phí do cơ quan chuyên nghiệp thực hiện. Bảng 1.2 cho thấy chi phí trung bình của cộng đồng từ 3 – 21 USD/ha, xấp xỉ 5 – 34% so với chi phí do cơ quan chuyên nghiệp là 61 USD/ha; Đây sẽ là một cơ hội tạo ra hiệu quả kinh tế cao hơn cho cộng đồng khi được chi trả theo kết quả trong khuôn khổ chương trình REDD+. Tuy nhiên định mức công lao động của cộng đồng trong khu vực nghiên cứu được tính là 2 USD/ngày, đây là một định mức chi phí khá thấp, cần có xem xét lại cho phù hợp giá trị lao động mà cộng đồng tham gia.

Bảng 1.2: Chi phí cho giám sát carbon rừng bởi cộng đồng so sánh với cơ quan chuyên nghiệp.

Địa điểm nghiên cứu	Diện tích rừng (ha)	Chi phí do cộng đồng tiến hành (USD/ha)				Chi phí do cơ quan chuyên nghiệp tiến hành (USD/ha)
		Năm 1	Năm 2	Năm 3	Năm 4	Hàng năm
Kitulangalo	1,020.0	5	3	2	1	10
Handei	156.0	17	12	8	2	44
Mangala	28.5	53	37	24	6	176
Ayasanda	550.0	8	6	5	1	13
Trung bình	438.6	21	15	10	3	61
%		34%	24%	16%	4%	100%

Nguồn: Skutsch et al., 2009c. Chi phí của cộng đồng được tính là 2 USD/ngày

Skutsch et al., (2009a) [79] trên cơ sở kết quả của các dự án quản lý rừng cộng đồng ở sáu quốc gia ở Châu Á và Châu Phi đã chỉ ra rằng nếu cộng đồng được tập huấn thích hợp thì họ có thể lập bản đồ và đo tính các bể chứa carbon. Các dự án này đã chỉ ra người dân địa phương với trình độ văn hóa lớp 4-7, đặc

biệt là những người đã tham gia vào quản lý rừng cộng đồng (CFM) dễ dàng được đào tạo để tiến hành điều tra rừng theo các tiêu chuẩn do IPCC (2003, 2006) [51, 52] đưa ra.

1.2 Ở trong nước

1.2.1 Chương trình UN-REDD ở Việt Nam, vai trò vị trí của cộng đồng trong đo tính, giám sát carbon rừng

Giảm thiểu khí phát thải từ mất rừng và suy thoái rừng – REDD – được đề xuất tại Hội nghị cấp cao Liên hiệp quốc về Biến đổi khí hậu lần thứ 13 (COP 13) diễn ra tại Bali, Indonesia vào tháng 12 năm 2007. Sau đó REDD được bổ sung thành REDD+, bao gồm năm nhóm hành động: Giảm phát thải từ phá rừng; Giảm phát thải do suy thoái rừng; Bảo tồn trữ lượng carbon rừng; Quản lý rừng bền vững; và Nâng cao trữ lượng carbon rừng (Casarim et al., 2013 [2]).

Việt Nam là một trong chín quốc gia đầu tiên được chọn để thí điểm Chương trình UN-REDD và cũng là một trong những nước đầu tiên nhận được phê duyệt cho đề xuất: Sẵn sàng thực thi REDD+ (R-PIN) thuộc Quỹ đối tác Carbon trong Lâm nghiệp (FCPF) của Ngân hàng Thế giới (WB). Từ năm 2009, Chính phủ Việt Nam, Chương trình UN-REDD và Ngân hàng Thế giới cùng phối hợp triển khai nhiều hoạt động để sẵn sàng tham gia REDD+ trong tương lai (UN-REDD Việt Nam, 2016 [3]). Từ những thành công đạt được của giai đoạn 1, Việt Nam trở thành quốc gia đầu tiên trong 47 nước đối tác UN-REDD được chuyển sang giai đoạn 2.

Năm 2012, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành quyết định số 799/QĐ-TTg ngày 27/6/2012 về việc phê duyệt 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” giai đoạn 2011-2020.

Chương trình UN-REDD giai đoạn 1 được thực hiện trong 3 năm (9/2009 đến 9/2012) với mục tiêu hỗ trợ Việt Nam chuẩn bị các bước cơ bản để thực thi REDD và Lâm Đồng là địa phương duy nhất được chọn triển khai thí điểm tại 2 huyện Lâm Hà và Di Linh. Ở giai đoạn 2 (2016-2020), chương trình UN-REDD mở rộng ra 6 tỉnh, gồm: Lào Cai, Bắc Kạn, Hà Tĩnh, Bình Thuận, Lâm Đồng và Cà Mau. Hầu hết các tỉnh đã ban hành kế hoạch hành động REDD giai đoạn 2016-2020. Tuy nhiên vấn đề PCM chưa được chú trọng. Hiện nay, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đang tổ chức lấy ý kiến để góp ý Dự thảo Quyết định của Thủ tướng Chính phủ thay thế Quyết định số 799/QĐ-TTg (UN-REDD Việt Nam, 2016 [3]).

Cách tiếp cận có sự tham gia trong hệ thống đo tính, giám sát rừng nhằm bảo đảm cải thiện được hoàn cảnh rừng và cung cấp thông tin rừng có chất lượng và số lượng tốt hơn (Wode và Bảo Huy, 2009 [100]; Sikor et al., 2013 [75]). Theo Sikor et al., (2013) [75] thì ngoài các ban quản lý rừng, người dân địa phương là nhóm quản lý rừng lớn nhất ở Việt Nam. Rừng dưới sự quản lý địa phương bao gồm rừng giao cho cộng đồng và hộ gia đình, với tổng diện tích lên tới 3.3 triệu ha – hơn $\frac{1}{4}$ tổng diện tích rừng của cả nước. Hơn 19% diện tích rừng (tương đương 2.6 triệu ha) đang được tạm thời quản lý bởi chính quyền địa phương. Một phần hoặc toàn bộ diện tích này dự kiến sẽ được giao cho người dân địa phương. Với số liệu kể trên, rõ ràng người dân địa phương có một vai trò sống còn trong quản lý rừng; họ sẽ là một đối tác không thể thiếu trong tiến trình thực hiện REDD+.

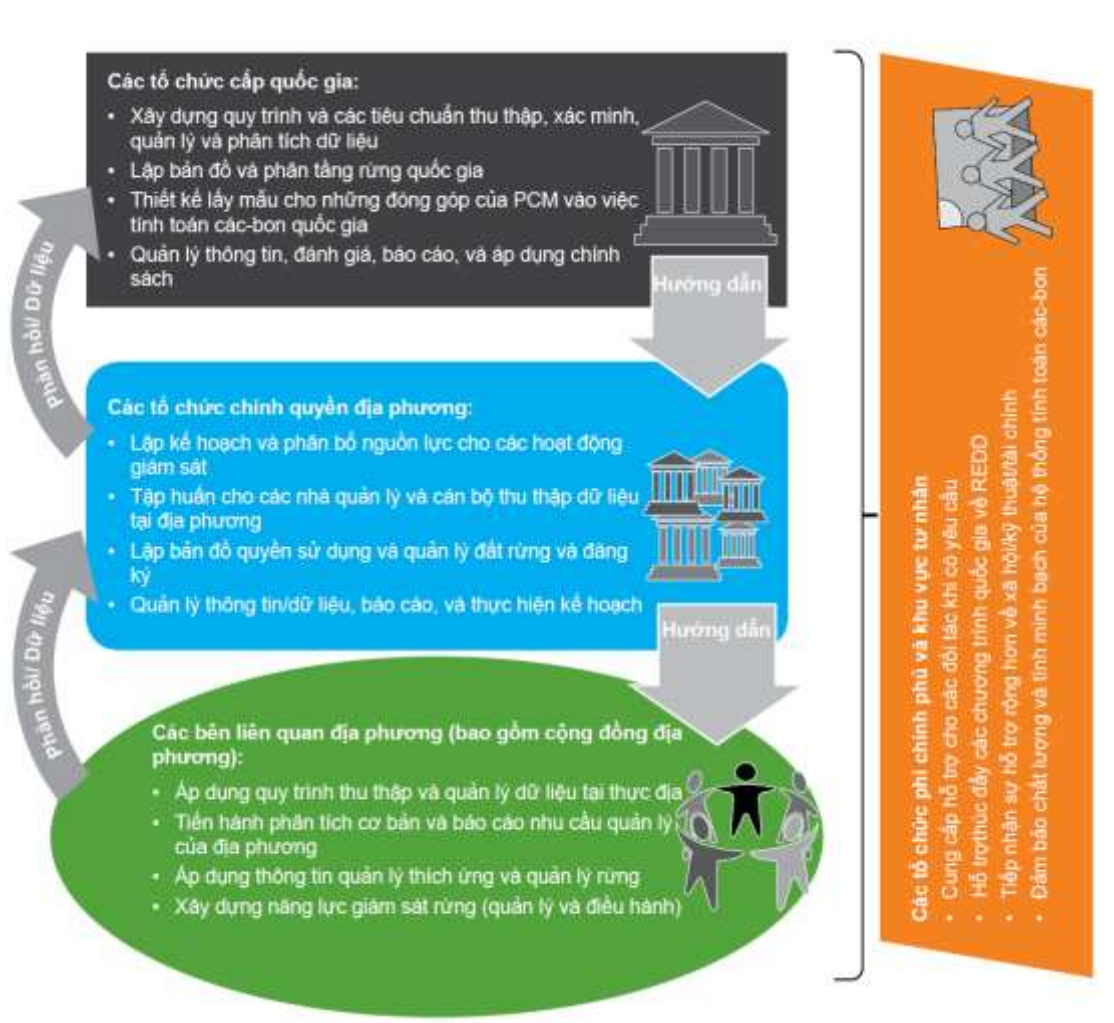
RECOFTC (2010) [90] cho rằng để gia tăng cơ hội cho cộng đồng tham gia REDD, Chính phủ Việt Nam cần quan tâm và nỗ lực thực thi một số giải

pháp được đề xuất như sau: i) Đẩy mạnh chương trình giao đất giao rừng; ii) Thực thi pháp luật quản lý rừng có hiệu quả; iii) Làm rõ chức năng của các cơ quan nhà nước trong quản lý rừng; iv) Giảm thấp nhất chi phí giao dịch; v) Các ưu đãi tạm thời cho cộng đồng: Cần có những hỗ trợ tạm thời cho tới khi có thể tiến hành chi trả REDD dựa vào kết quả thực tế.

Giám sát carbon rừng có sự tham gia (PCM) ở Việt Nam bao gồm 4 nhóm bên liên quan: các tổ chức cấp quốc gia, tổ chức chính quyền địa phương, cộng đồng và các tổ chức phi chính phủ, tổ chức tư nhân (Casarim et al., 2013 [2]). Hình 1.3 chỉ ra các nhóm bên liên quan chủ chốt trong PCM.

Hình 1.3 cho thấy cộng đồng đóng vai trò quan trọng trong áp dụng các quy trình quốc gia để thu thập dữ liệu từ cơ sở phục vụ đo lường và giám sát thay đổi rừng, thay đổi carbon rừng. Cách tiếp cận của Casarim et al., (2013) [2] cũng như của Huy (2011a, b) [44, 45], Huy et al., (2013) [48] đã phân biệt một cách rõ ràng vai trò, nhiệm vụ và chức năng của các bên liên quan trong PCM, đặc biệt là cộng đồng. Trong đó người dân địa phương dựa vào các hướng dẫn, quy trình từ trung ương, tỉnh và kế hoạch của tỉnh, huyện để tổ chức việc đo tính, giám sát tài nguyên rừng, carbon rừng.

PCM vì vậy có thể đóng góp vào cung cấp dữ liệu thay đổi diện tích rừng (Activity Data – AD) và hệ số phát thải (EF)/hệ số hấp thụ (RF) để báo cáo thay đổi trữ lượng carbon rừng trong REDD.



Hình 1.3: Các nhóm bên liên quan chủ chốt và chức năng chính trong PCM (Casarim et al., 2013)

Các mô hình ước tính sinh khối, carbon rừng và các bản đồ phân loại rừng, thiết kế và bố trí ô mẫu ngẫu nhiên cần được thiết lập ở cấp quốc gia, tỉnh. Trên cơ sở cung cấp cùng với các hướng dẫn đơn giản để cộng đồng có thể áp dụng trong đo tính, giám sát các chỉ tiêu thích hợp. Từ kết quả đo tính, giám sát của cộng đồng có thể chuyển đổi thành hai nhóm dữ liệu thay đổi diện tích rừng (Activity Data) và phát thải/hấp thụ CO₂ (Emissions Factor), làm cơ sở cho báo cáo giảm phát thải trong hệ thống MRV của REDD+.

Casarim et al., (2013) [2] đã đề xuất một quy trình vận hành PCM trong REDD như ở Hình 1.4.



Hình 1.4: Khung vận hành PCM cho việc tính toán trữ lượng carbon trong REDD (Casarim et al., 2013)

Trong khung vận hành nói trên đã phân chia rõ nhiệm vụ cho ba cấp, bên liên quan chính (cấp quốc gia, cấp địa phương và cộng đồng) trong đo tính, giám sát carbon rừng. Trong đó cấp quốc gia đưa ra quy trình, thiết kế chọn mẫu, các hệ số, mô hình sinh khối; trong khi đó cấp địa phương và cộng đồng chịu trách nhiệm tổ chức thu thập dữ liệu phục vụ cho tính toán hai nhóm dữ liệu thay đổi diện tích rừng và phát thải/hấp thụ carbon. Khung vận hành đề xuất này là khá cụ thể để làm rõ trách nhiệm mỗi bên và làm cho vai trò và vị trí của PCM được rõ ràng và thừa nhận trong hệ thống MRV.

Theo dự báo, dữ liệu thu thập từ PCM sẽ được tích hợp trong điều tra rừng quốc gia NFI tại Việt Nam theo một khung đơn giản như thể hiện trong Hình 1.5.

giám sát các thay đổi diện tích rừng được phân cấp đến cấp tỉnh, các cơ quan như Chi cục Kiểm lâm, tư vấn độc lập như các trường đại học, viện nghiên cứu sẽ tiến hành đánh giá, giám sát (Huy et al., 2013 [48]).

1.2.2 Mô hình ước tính sinh khối

Để đóng góp cho việc ước tính hấp thụ và phát thải CO₂ rừng trong thực hiện các dự án theo cơ chế phát triển sạch (CDM) và tiếp theo là các chương trình UN-REDD, dự án REDD ở Việt Nam, các nhà khoa học đã thiết lập nhiều mô hình sinh trắc để ước tính sinh khối, carbon rừng cho các kiểu rừng chính ở các vùng sinh thái trong cả nước (Bảo Huy, 2009, 2012, 2013, 2016 [6, 7, 8, 10]; Bảo Huy et al., 2014 [9]; Võ Đại Hải, 2008 [4]; Vũ Tấn Phương, 2006, 2012 [11, 12]; Phương et al., 2012 [66]; Võ Đại Hải và Đặng Thịnh Triều, 2012 [5]; Sola et al., 2014a,b [82, 83]; Huỳnh Nhân Trí, 2014 [13]; Huy et al., 2016a,b,c [49, 47, 50]).

Về biến số đầu vào của mô hình sinh trắc

Biến số đầu vào quan trọng nhất của mô hình sinh khối là D, sau đó là WD và H (Võ Đại Hải và Đặng Thịnh Triều, 2012 [5]; Bảo Huy, 2013 [8]; Huỳnh Nhân Trí, 2014 [13]; Phương et al., 2012 [66]). Xa hơn, Huy et al., (2016a) [49] cho thấy khi bổ sung thêm biến số CA vào mô hình ba biến số (D, H và WD) đã giảm được sai số tuyệt đối trung bình (MAPE%) là 5%.

Về dạng và phương pháp ước lượng mô hình sinh trắc

Cũng như trên thế giới, mô hình sinh trắc được chọn lựa phổ biến là dạng hàm power, tuy nhiên phương pháp ước lượng mô hình chủ yếu là logarit tuyến tính hóa và áp dụng phương pháp bình phương tối thiểu (Võ Đại Hải và Đặng Thịnh Triều, 2012 [5]; Bảo Huy, 2013 [8]; Huỳnh Nhân Trí, 2014 [13]). Trong khi đó phương pháp ước lượng trực tiếp mô hình phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số đã chỉ ra độ tin cậy cao hơn do nắn chỉnh mô hình phù

hợp với sự phân tán dữ liệu quan sát AGB khi D tăng (Sola et al., 2014a,b [82, 83]; Bảo Huy, 2016 [10]; Huy et al., 2016a,b,c [49, 47, 50]).

Mô hình sinh trắc chung hay riêng loài, theo chi thực vật thân gỗ

Huỳnh Nhân Trí (2014) [13] đã thiết lập mô hình theo một số họ thực vật chính và cho thấy có độ tin cậy cao hơn so với mô hình chung các họ. Huy et al., (2016c) [50] đã thiết lập mô hình AGB theo biến số đường kính ngang ngực (D) cho hai chi ưu thế của rừng khộp Việt Nam là *Dipterocarpus* và *Shorea*, tác giả đã chỉ ra mô hình lập cho chi thực vật có một biến số đầu vào D cũng cho độ tin cậy cao hơn mô hình chung nhiều loài với ba biến số D, H và WD. Vì vậy nếu lập được mô hình theo chi thì không chỉ giảm sai số do loài mà còn giảm được chi phí trong việc thu thập số liệu. Ngoài ra tác giả còn cho thấy mô hình lập theo chi thực vật ở Việt Nam và Indonesia chưa có sự sai khác rõ rệt về sai số trên cơ sở thẩm định với 200 lần rút mẫu ngẫu nhiên để tính sai số. Kết quả này cho thấy mô hình sinh khối theo chi thực vật thân gỗ có tiềm năng áp dụng cho vùng nhiệt đới rộng lớn với độ tin cậy tốt.

Mô hình sinh trắc cho từng vùng sinh thái

Ở Việt Nam, Huy và Anh (2008) [46] đã khởi đầu cho việc xây dựng mô hình ước tính sinh khối và carbon cho cây rừng, lâm phần của rừng lá rộng thường xanh ở Tây Nguyên. Theo đó, để chuẩn bị thực hiện chương trình UN-REDD, các hướng dẫn và lập mô hình sinh khối đã và đang được phát triển (Sola et al., 2014a [82]), cùng với nó là việc xây dựng các cơ sở dữ liệu để áp dụng ở Việt Nam (Henry et al., 2010 [41]). Các mô hình để chuyển đổi từ dữ liệu điều tra rừng quốc gia sang sinh khối và carbon rừng đã được đề nghị và thiết lập cho các kiểu rừng chính và vùng sinh thái Việt Nam (Võ Đại Hải và Đặng Thịnh Triều, 2012 [5]; Phương et al., 2012 [66]; Sola et al., 2014a [82]; Bảo Huy, 2013 [8]; Huy et al., 2016a,b,c [49, 47, 50]).

Mô hình sinh khối cây rừng dưới mặt đất (BGB)

Do chi phí cao trong thu thập dữ liệu BGB ở rừng tự nhiên nên hiện có rất ít mô hình BGB được thiết lập, chỉ mới có công bố của Võ Đại Hải và Đặng Thịnh Triều (2012) [5], Bảo Huy (2013) [8] và Huỳnh Nhân Trí (2014) [13]. Các tác giả thử nghiệm thiết lập mô hình BGB với các biến số đầu vào khác nhau và cho thấy mô hình BGB có một biến D có sai số nhỏ nhất cho rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên, Việt Nam; tuy vậy các mô hình này chưa được thiết lập với phương pháp phi tuyến và cũng chưa đánh giá sai số bằng dữ liệu độc lập, khách quan.

Mô hình ước tính sinh khối, carbon lâm phần trên và dưới mặt đất

Mô hình ước tính sinh khối, carbon trên và dưới mặt đất (TAGB, TBGB) ở mức lâm phần còn rất hạn chế. Bảo Huy (2013) [8] và Huỳnh Nhân Trí (2014) [13] trên cơ sở mô hình cây rừng AGB và BGB và hệ thống ô mẫu biến động theo cấp trữ lượng (M) đã thiết lập các mô hình TAGB (tấn/ha) và TBGB (tấn/ha) với các biến số đầu vào lâm phần như tổng tiết diện ngang (G , m^2/ha), trữ lượng cây đứng (M , m^3/ha) và mật độ cây rừng (N , cây/ha). Tuy vậy các mô hình này mới chỉ được lập với phương pháp logarit tuyến tính hóa (chưa so sánh với phương pháp phi tuyến có trọng số) và cũng chưa đánh giá sai số bằng dữ liệu rút mẫu ngẫu nhiên, độc lập, khách quan.

Mô hình sinh khối cây rừng, lâm phần để áp dụng với dữ liệu đầu vào của cộng đồng

Cho đến nay các mô hình AGB có biến số đầu vào đơn giản như D để cộng đồng có thể áp dụng đã được thiết lập, tuy nhiên như các nghiên cứu đã chỉ ra, mô hình có thêm các biến số như WD , H và CA sẽ làm tăng tăng độ tin (Võ Đại Hải và Đặng Thịnh Triều, 2012 [5]; Phương et al., 2012 [66]; Sola et al., 2014a [82]; Bảo Huy, 2013 [8]; Huy et al., 2016a,b,c [49, 47, 50]).

Do vậy cần thiết nghiên cứu giải pháp để nâng cao độ tin cậy, giảm sai số mô hình khi chỉ với một biến số D. Ngoài ra rất thiếu các mô hình ước tính TAGB, TBGB mức lâm phần với biến đầu vào thích hợp từ dữ liệu có thể giám sát, thu thập bởi cộng đồng, hoặc có một ít nhưng cũng chưa được thẩm định, đánh giá để cung cấp thông tin về độ tin cậy, sai số (Bảo Huy, 2013 [8] và Huỳnh Nhân Trí, 2014 [13]).

1.2.3 Phát triển phương pháp đo tính, giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng ở Việt Nam

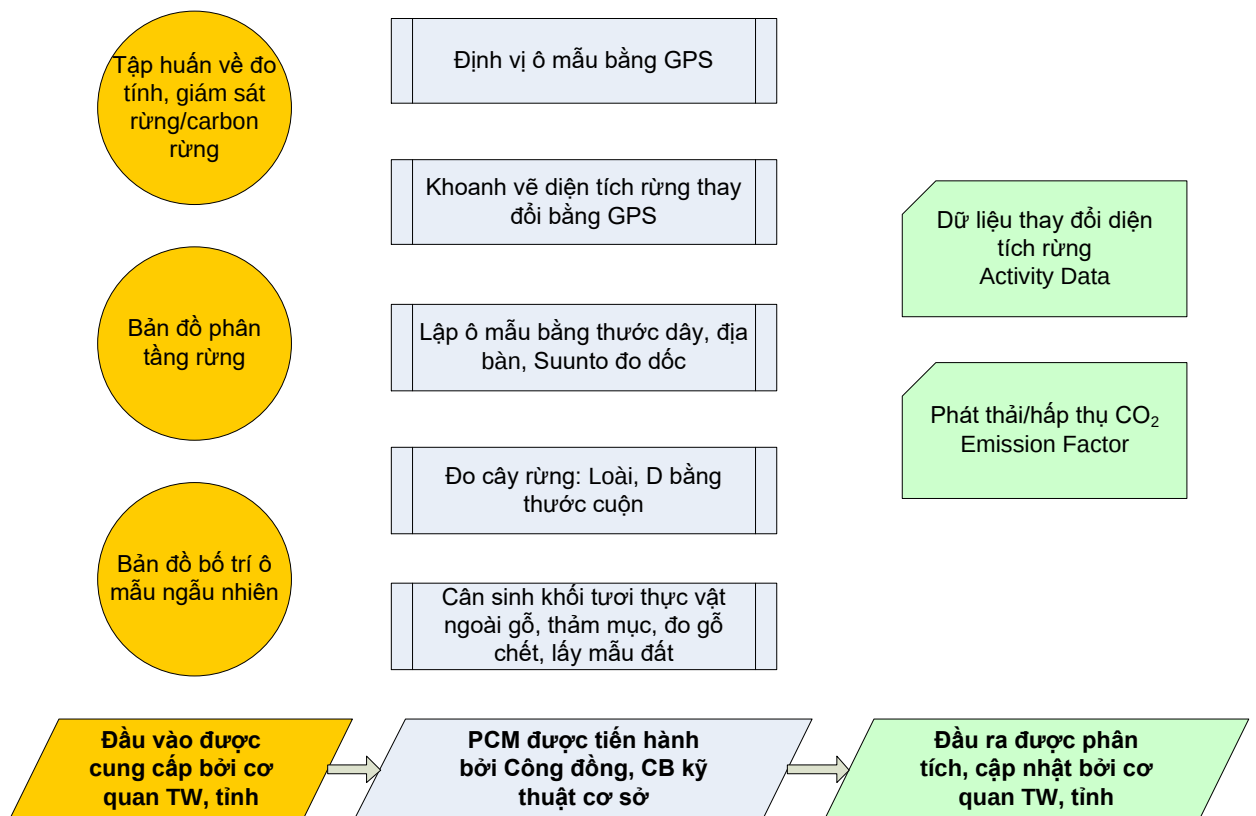
Ở Việt Nam, Huy (2011a,b) [44, 45], Bảo Huy (2012) [7], Huy et al., (2013) [48] đã kế thừa phương pháp luận trên thế giới để phát triển phương pháp tiếp cận “Giám sát carbon rừng có sự tham gia – PCM” và đã tổ chức thử nghiệm trong chương trình UN-REDD Việt Nam và dự án REDD của SNV. Trong khuôn khổ chương trình UN-REDD Việt Nam, PCM đã được thử nghiệm ở hai huyện Di Linh và Lâm Hà tỉnh Lâm Đồng vào năm 2010 – 2011 và với dự án SNV-REDD, PCM cũng đã được thử nghiệm ở hai huyện Cát Tiên và Bảo Lâm tỉnh Lâm Đồng trong năm 2012- 2013. Thành phần tham gia trong PCM ở đây bao gồm cán bộ kỹ thuật các cấp, nhân viên kỹ thuật các công ty, ban quản lý rừng và đặc biệt là nông dân nông cốt, người đang có hợp đồng bảo vệ rừng với các công ty lâm nghiệp, ban quản lý rừng. Sau đó tổ chức ICARF đã tiếp tục xây dựng một hướng dẫn đo lường, tính toán và giám sát carbon có sự tham gia (Bac et. al., 2011 [15]).

PCM bao gồm các công cụ đo tính, điều tra đơn giản để người dân bản địa có thể tham gia như giám sát thay đổi diện tích rừng và xác định vị trí ô mẫu bằng GPS, thiết lập ô mẫu hình tròn phân tầng theo cấp kính, đo tính các nhân tố chủ yếu của cây rừng như xác định loài, đường kính (D), cân khối lượng

thảm mục, thảm tươi, đo gỗ chết, lấy mẫu để quy đổi ra sinh khối và carbon trong 6 bể chứa carbon của rừng.

Để áp dụng PCM thì tác giả cũng đã làm rõ cần có sự hỗ trợ của nhân viên kỹ thuật, cung cấp thông tin đầu vào của các cơ quan chuyên môn như bản đồ phân loại sinh khối rừng dựa vào ảnh viễn thám, tính toán số ô mẫu cần thiết dựa vào biến động của sinh khối, carbon rừng và sai số cho trước. Về căn bản, cộng đồng sử dụng khá tốt kiến thức bản địa để giám sát thay đổi diện tích, quản lý ô mẫu và đo tính các chỉ tiêu cơ bản trên một đến 6 bể chứa carbon rừng. Cộng đồng có thể sử dụng một số công cụ thiết bị như GPS, thước đo đường kính, thước đo độ dốc, thước Suunto đo chiều cao, cân khối lượng sinh khối tươi, ghi chép dữ liệu. Đầu ra được thực hiện bởi cơ quan chuyên nghiệp như phân tích và tổng hợp dữ liệu để quy đổi ra C và CO₂ rừng dựa vào các mô hình sinh khối cho từng kiểu rừng, vùng sinh thái, carbon, hệ thống GIS.

Hình 1.6 là khái quát tiến trình PCM đã được thử nghiệm ở Việt Nam, với đầu vào là các tập huấn, bản đồ phân tầng rừng, bản đồ bố trí ô mẫu ngẫu nhiên được cung cấp bởi cơ quan chuyên môn trung ương hoặc tỉnh; PCM được tiến hành bởi cộng đồng, nhân viên kỹ thuật cơ sở; và đầu ra là biến đổi các bể chứa carbon được phân tích xử lý và cập nhật bởi cơ quan chuyên môn cấp tỉnh, trung ương.



Hình 1.6: Tiến trình PCM đã được thử nghiệm ở Việt Nam trong các chương trình dự án REDD

Tiến trình thử nghiệm và thể chế hóa PFM/PCM được thực hiện ở Việt Nam từ năm 2010 đến nay, với sự hỗ trợ kỹ thuật của FAO, SNV. Kết quả mang lại khá khả quan, thu hút được sự tham gia của cộng đồng và các bên liên quan ở cấp cơ sở; dữ liệu thu thập được đánh giá là có độ tin cậy (Huy et al., 2013 [48])

Tuy nhiên để đưa PFM/PCM vào hệ thống giám sát tài nguyên rừng quốc gia, MRV của REDD thì còn có các thử thách sau:

- Hệ thống điều tra, giám sát tài nguyên rừng Việt Nam truyền thống chủ yếu được thực hiện bởi các cơ quan chuyên nghiệp, thiếu sự tham gia của cộng đồng và các bên liên quan. Tuy trong đợt kiểm kê rừng vừa qua, một số cộng đồng đã được huy động tham gia, nhưng vẫn cần đòi hỏi có sự thiết lập về thể chế để thu hút sự tham gia của họ có tính hệ thống hơn;

- Định kiến về độ tin cậy của dữ liệu được thu thập, giám sát bởi người dân;
- Trách nhiệm và quyền lợi của cộng đồng khi tham gia vào giám sát tài nguyên rừng/carbon rừng chưa được thiết lập.

1.2.4 Quản lý rừng cộng đồng làm cơ sở cho giám sát carbon rừng có sự tham gia ở Việt Nam

Một loạt các tổng kết về hướng dẫn kỹ thuật trong điều tra, giám sát tài nguyên rừng cộng đồng đã được đúc kết, đánh giá từ nhiều chương trình dự án và cấp quốc gia. Các phương pháp cộng đồng áp dụng hoàn toàn có thể kế thừa và phát triển để giám sát carbon rừng trong bối cảnh mới là thực hiện chương trình REDD (Wode và Huy, 2009 [100]; Sikor et al., 2013 [75]).

Quản lý rừng cộng đồng ở Việt Nam đã để lại một nền tảng khá toàn diện và căn bản để cộng đồng tiếp tục vận dụng trong giám sát rừng/carbon rừng trong khuôn khổ chương trình, dự án REDD. Chỉ cần phát triển, bổ sung một số chỉ tiêu, phương pháp để có thể cung cấp đầy đủ thông tin cho ước tính phát thải/hấp thụ CO₂ của khu rừng (Wode và Huy, 2009 [100]).

1.3 Thảo luận

i) Thực hiện yêu cầu quốc tế về sự tham gia của cộng đồng trong giám sát tài nguyên rừng và đóng góp vào MRV trong khuôn khổ REDD+ - Vấn đề thể chế chính sách cho sự tham gia

Để thực hiện REDD+, trong phạm vi quốc tế, sự tham gia của cộng đồng đã được khẳng định như là một giải pháp để nâng cao nhận thức của họ về vai trò của rừng trong giảm nhẹ biến đổi khí hậu, tạo ra sự minh bạch thông tin; và là cơ hội để đền đáp cho người nghèo thông qua cơ chế chi trả theo kết quả quản lý rừng (Skutsch et al., 2009a,b [79, 80]).

Tuy vậy ở Việt Nam, cơ chế chính sách để thu hút sự tham gia của người dân địa phương vào tiến trình giám sát tài nguyên rừng nói chung và giám sát carbon rừng trong khuôn khổ REDD+ còn chưa được làm rõ. Cho dù đã có những thử nghiệm của chương trình UN-REDD, FAO, SNV đã chứng minh tính khả thi và độ tin cậy khi cộng đồng tham gia giám sát tài nguyên rừng (Bảo Huy, 2012 [7]).

Vấn đề đặt ra là cần xác định cộng đồng như là một đối tác, bên liên quan đặc biệt quan trọng trong giám sát tài nguyên rừng, vai trò của kiến thức bản địa trong giám sát rừng, sự tham gia của cộng đồng như là một giải pháp trong quản lý rừng bền vững, an toàn sinh kế và đền bù cho những nỗ lực bảo vệ rừng của họ.

ii) Kỹ thuật quản lý rừng cộng đồng là cơ sở và cần được kế thừa, phát huy để tổ chức giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng trong REDD+

Quản lý rừng cộng đồng đã được phát triển mạnh mẽ trên thế giới vào những năm 1980 và ở Việt Nam là một thập niên sau đó (những năm 1990, 2000). Trong đó các phương pháp điều tra, giám sát tài nguyên rừng có sự tham gia đơn giản đã được phát triển và áp dụng rộng rãi. Cần phát huy các kinh nghiệm, các hướng dẫn kỹ thuật quản lý rừng cộng đồng để phát triển thành các kỹ thuật giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng (Wode và Huy, 2009 [100]; Sikor et al., 2013 [75]).

iii) Độ tin cậy và chi phí giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng

Nghiên cứu của Skutsch et al., (2009b,c) [80, 81] và Danielsen et al., (2013) [31] đã chứng minh ở các nước tham gia REDD+ vùng châu Phi, Nam Á và Đông Nam Á, khi cộng đồng tham gia đã cung cấp dữ liệu ước tính carbon

rừng không có sự sai khác có ý nghĩa so với cơ quan chuyên nghiệp. Đồng thời giá thành khi cộng đồng thu thập dữ liệu chỉ khoảng 5-34% so với cơ quan chuyên nghiệp. Tuy vậy kết quả này không chỉ rõ dữ liệu cộng đồng cung cấp để ước tính carbon ở những bể chứa nào của rừng?

Ở Việt Nam chưa có nghiên cứu đánh giá độ tin cậy khi cộng đồng tham gia giám sát rừng để cung cấp dữ liệu ước tính sinh khối carbon rừng (cho cả 6 bể chứa) và chưa so sánh lợi ích và chi phí khi cộng đồng tham gia giám sát rừng, carbon rừng. Vì vậy chưa có cơ sở thuyết phục để thúc đẩy chính sách, thể chế nhằm thu hút sự tham gia của cộng đồng trong giám sát tài nguyên rừng.

iv) Các nội dung kỹ thuật và phương pháp giám sát carbon rừng có sự tham gia cần được tiếp tục nghiên cứu, phát triển

Từ kết quả tổng quan quản lý rừng cộng đồng và thử nghiệm giám sát carbon rừng trên thế giới và ở Việt Nam, có thể chỉ ra những nội dung, phương pháp đã được khẳng định là cộng đồng có thể thực hiện, những nội dung do cơ quan chuyên môn tiến hành và cung cấp như là đầu vào; Đồng thời cũng đã chỉ ra những nội dung phương pháp cần có nghiên cứu đánh giá độ tin cậy cũng như chi phí khi cộng đồng thực hiện, những vấn đề này được trình bày ở Bảng 1.3.

Bảng 1.3: Giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng. Những nội dung cộng đồng có khả năng tham gia và các vấn đề cần nghiên cứu đánh giá độ tin cậy và chi phí ở Việt Nam

Stt	Nội dung công việc	Do cơ quan chuyên môn lâm nghiệp đảm trách	Cộng đồng có khả năng tham gia có ý nghĩa	Những vấn đề cần nghiên cứu đánh giá độ tin cậy và chi phí khi cộng đồng tiến hành
1	Lập bản đồ hiện trạng rừng	Dựa vào ảnh viễn thám	Rà soát lại ranh giới thôn buôn, trạng thái rừng	
2	Theo dõi thay đổi diện tích rừng	Dựa vào ảnh viễn thám theo định kỳ hàng năm hoặc 5 năm	Theo dõi trên quy mô nhỏ, sử dụng GPS	
3	Đo lường, ước tính sinh khối và carbon trong 6 bể chứa của rừng (M trong MRV)			
3.1	Thiết kế hệ thống ô mẫu trên bản đồ	Tiến hành trên hệ thống GIS		Lựa chọn hình dạng, kích thước ô mẫu phù hợp với độ tin cậy và chi phí
3.2	Xác định ô mẫu bố trí ngẫu nhiên trên hiện trường		Sử dụng GPS	
3.3	Lập ô mẫu trên hiện trường		Sử dụng thước dây, Suunto để cải bằng trên đất dốc	Đánh giá độ chính xác về hình dạng và diện tích ô mẫu trên thực địa
3.4	Đo cây gỗ xác định sinh khối và carbon ở hai bể chứa trên và dưới mặt đất	Sử dụng các mô hình ước tính sinh khối và carbon cây rừng	Sử dụng thước đo D, kiến thức bản địa trong định danh loài	Đánh giá độ tin cậy và chi phí khi ước tính ra sinh khối và carbon của bể chứa là cây gỗ trên mặt đất (AGB) và suy ra dưới mặt đất (BGB) từ cây cá thể
		Sử dụng mô hình ước tính sinh khối lâm phần dựa vào biến đầu vào lâm phần G	Sử dụng Bitterlich để đo G	Đánh giá độ tin cậy và chi phí khi ước tính ra tổng sinh khối và carbon của bể chứa là cây gỗ trên mặt đất (TAGB) và suy ra dưới mặt đất (TBGB) từ giá trị lâm phần G

Stt	Nội dung công việc	Do cơ quan chuyên môn lâm nghiệp đảm trách	Cộng đồng có khả năng tham gia có ý nghĩa	Những vấn đề cần nghiên cứu đánh giá độ tin cậy và chi phí khi cộng đồng tiến hành
3.5	Cân sinh khối thảm mục, lấy mẫu để xác định carbon	Sấy mẫu trong phòng thí nghiệm xác định tỷ lệ sinh khối khô của thảm mục	Lập ô phụ và cân sinh khối	Đánh giá độ tin cậy và chi phí khi ước tính ra sinh khối và carbon của bề chứa là thảm mục
3.6	Cân sinh khối thực vật ngoài gỗ, lấy mẫu để xác định carbon	Sấy mẫu trong phòng thí nghiệm xác định tỷ lệ sinh khối khô của thực vật ngoài gỗ	Lập ô phụ và cân sinh khối	Đánh giá độ tin cậy và chi phí khi ước tính ra sinh khối và carbon của bề chứa là thực vật ngoài gỗ
3.7	Đo gỗ chết và ước tính carbon	Sử dụng công thức, phương trình để ước tính sinh khối, carbon gỗ chết	Đo gỗ chết trong ô mẫu phụ	Đánh giá độ tin cậy và chi phí khi ước tính ra sinh khối và carbon của bề chứa là gỗ chết
3.8	Xác định dung trọng đất, lấy mẫu đất để ước tính carbon hữu cơ trong đất (SOC)	Sấy mẫu đất xác định dung trọng và tỷ lệ %C trong đất	Sử dụng ống dung trọng để lấy mẫu đất	Đánh giá độ tin cậy và chi phí khi ước tính ra SOC
4	Báo cáo phát thải (R trong MRV)			
4.1	Tổng hợp dữ liệu mất và suy thoái rừng (Activity Data)	Tổng hợp từ hệ thống GIS khu vực và quốc gia		
4.2	Tổng hợp dữ liệu phát thải/hấp thụ CO ₂ rừng (Emission Factor)	Tính toán dựa vào dữ liệu PCM và các mô hình sinh trắc		Thiết lập các mô hình ước tính sinh khối, carbon với biến số đầu vào cộng đồng có khả năng đo đạc chính xác. Thăm định sai số các mô hình để áp dụng

Từ bảng 1.3 cho thấy những nội dung cơ bản sau cần nghiên cứu để đưa ra các phương pháp, công cụ mà cộng đồng có thể ứng dụng trong đo tính, giám sát carbon; đây cũng chính là lý do đề tài này được tiến hành:

- Khả năng nhận diện các trạng thái rừng của cộng đồng và sự phù hợp của nó với hệ thống phân chia trạng thái hiện hành, làm cơ sở đề xuất giám sát thay đổi trạng thái rừng dựa vào cộng đồng;
- Khả năng và độ tin cậy khi cộng đồng sử dụng một số thiết bị điều tra rừng như GPS, Suunto đo cao, đo độ dốc, thước đo chu vi đã quy đổi ra đường kính, thước Bitterlich đo G. Làm cơ sở lựa chọn các thiết bị thích hợp trong PCM;
- Hình dạng và kích thước ô mẫu phù hợp với khả năng đo đạc chính xác của cộng đồng, đảm bảo hiệu quả kinh tế;
- Độ tin cậy và vấn đề hiệu quả chi phí khi cộng đồng đo tính giám sát các bể chứa carbon khác nhau để đưa ra khuyến nghị cộng đồng nên đo tính, giám sát bể chứa carbon nào;
- Thiết lập các mô hình ước tính sinh khối – carbon rừng với biến số đầu vào đơn giản mà cộng đồng có thể đo đạc nhưng vẫn đảm bảo được độ tin cậy;
- Ngoài ra, còn có một xu thế khác là ứng dụng công nghệ thông tin hiện đại nhưng với giao diện đơn giản để cộng đồng có thể thao tác trên GPS hoặc Smart phone để giám sát cả hai nhóm dữ liệu: Thay đổi diện tích rừng (Activity Data) và ước tính phát thải/hấp thụ CO₂ rừng (Emissions Factors). Đây cũng là một chủ đề cần được quan tâm nghiên cứu khi mà giá thành Smart phone không cao và GPS được phủ hầu hết ở Việt Nam.

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

2.1 Đối tượng nghiên cứu

Rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên

Rừng lá rộng thường xanh ở tỉnh Lâm Đồng với các trạng thái giàu, trung bình, nghèo là đối tượng để nghiên cứu xây dựng phương pháp để cộng đồng ứng dụng trong PCM.

Để lập mô hình ước tính sinh khối với biến số đầu vào cộng đồng có thể đo đạc được đã thực hiện trên rừng lá rộng thường xanh ở các trạng thái và cấp trữ lượng khác nhau, có biến động mật độ (N) từ 370 – 3.300 cây/ha (với cây có $D \geq 5$ cm) và tổng tiết diện ngang (G) biến động từ 2,6 – 72,6 m²/ha. Dữ liệu ô và cây mẫu trong nghiên cứu này được thu thập ở vùng Tây Nguyên, trên bốn tỉnh Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông và Lâm Đồng. Đặc điểm sinh thái ở các khu vực thiết lập ô mẫu và chặt hạ cây thu thập dữ liệu sinh khối như sau: Độ cao so với mặt biển từ 377 – 1.068 m, độ dốc từ 0 – 36°, lượng mưa trung bình năm từ 2.100 – 2.500 mm, trong năm có sáu tháng mùa khô, nhiệt độ trung bình năm từ 22,2 – 25,0°C. Hầu hết khu vực nghiên cứu có đất nâu đỏ hình thành trên đá bazan trầm tích (Sedimentary) (Nguồn tác giả, Hijmans et al., 2005 [43]; Fischer et al., 2008 [36]).

Địa phương và cộng đồng dân tộc thiểu số nghiên cứu

Để nghiên cứu và ứng dụng phương pháp giám sát carbon rừng có sự tham gia, địa điểm nghiên cứu được lựa chọn ở 3 xã Lộc Lâm, Lộc Bắc và Lộc Bảo thuộc huyện Bảo Lâm tỉnh Lâm Đồng, với cộng đồng đồng bào dân tộc thiểu số bản địa tham gia là Châu Mạ. Cộng đồng ở đây được hiểu là cộng đồng dân cư thôn, buôn.

Cộng đồng Châu Mạ, hay còn gọi là Mạ, là một trong những cộng đồng dân tộc thiểu số chính ở Tây Nguyên. Đồng thời do vùng nghiên cứu thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng nên đây là cộng đồng bản địa chính. Theo Tổng điều tra dân số và nhà ở năm 2009, người Châu Mạ ở Việt Nam có khoảng 41.405 khẩu. Cộng đồng người Châu Mạ cư trú tập trung ven lưu vực sông Đồng Nai thuộc các tỉnh: Lâm Đồng (31.869 người, chiếm 77,0% tổng số người Mạ tại Việt Nam), Đắk Nông (6.456 người), Đồng Nai (2.436 người). Nương rẫy đóng vai trò chủ yếu trong đời sống của người Mạ. Đây là loại rẫy đa canh, ngoài trồng lúa, họ còn trồng các loại cây khác như bắp, bầu, bí, thuốc lá, bông vải. Ở một số nơi ven sông Đồng Nai, người Mạ có làm lúa nước. Công cụ làm rẫy chủ yếu là rìu, xà gạc, dao, liềm, gậy chọc lỗ, gùi. Nghề đánh cá khá phổ biến. Người Mạ nổi tiếng về nghề trồng bông dệt vải.

Ba xã này có diện tích rừng tự nhiên tập trung khá lớn của huyện Bảo Lâm và cũng là nơi có đông đồng bào dân tộc bản địa sinh sống. Các xã này nằm về phía Tây Bắc của huyện Bảo Lâm, cách trung tâm huyện khoảng 25-35 km. Đặc điểm tự nhiên và kinh tế - xã hội của ba xã nghiên cứu được trình bày ở mục 2.2.

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 cả 5 bộ phận của cây là thân, cành, lá, vỏ và rễ ở rừng lá rộng thường xanh của bốn tỉnh Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông và Lâm Đồng.

Đánh giá độ tin cậy và hiệu quả chi phí khi cộng đồng thu thập dữ liệu để ước tính sinh khối và carbon trong 5 bể chứa của rừng theo IPCC (2006) [52]: trong cây gỗ trên mặt đất, dưới mặt đất, trong thảm mục, gỗ chết và carbon hữu cơ trong đất.

2.2 Đặc điểm khu vực nghiên cứu

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

2.2.1.1 Khí hậu:

Khí hậu khu vực nghiên cứu mang tính chất khí hậu nhiệt đới xích đạo gió mùa vùng cao nguyên, có hai mùa mưa nắng rõ rệt: mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10 và mùa khô bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Nhiệt độ trung bình hàng năm là: 22,4°C, với tổng số giờ nắng 2.069 giờ và lượng mưa là 2.530 mm, độ ẩm trung bình là 85%, lượng bốc hơi thấp: 780 mm. Có 2 hướng gió chính: gió mùa Đông Bắc và gió mùa Tây Nam. Ngoài ra ở địa bàn, vào các tháng mùa mưa thường có dông kèm theo gió lốc, mưa to kéo dài gây lũ, ngập úng cục bộ.

2.2.1.2 Địa hình, đất đai:

Địa hình khu vực nghiên cứu khá phức tạp, đồi núi nhiều, độ dốc bình quân từ 15 đến 40°, mức độ chia cắt mạnh và độ cao có xu hướng giảm dần từ Bắc xuống Nam. Độ cao trung bình 450 m đến 918 m, độ cao tuyệt đối cao nhất: 1.137 m, độ cao tuyệt đối thấp nhất: 450 m.

Trong khu vực có 4 loại đất chính, gồm: Đất Feralit phát triển trên đá Bazan (66,5% diện tích tự nhiên), đất Feralit phát triển trên đá mẹ Granit (19,3%), đất phù sa sông suối (8,0%), đất dốc bồi tụ (6,2%).

2.2.1.3 Hệ thống sông, suối, thủy văn:

Trong khu vực nghiên cứu có sông Đồng Nai – ranh giới giữa 2 tỉnh Lâm Đồng và Đắk Nông với chiều dài khoảng 30 km và nhiều hệ thống sông suối khác như: Đa Siat, Đa R'sa, Đa Tẻh phân bố đều trên toàn bộ lâm phần. Hệ thống sông suối trong khu vực có nước quanh năm vì vậy rất thuận tiện cho việc cung cấp nước tưới cho cây trồng, sản xuất nông lâm nghiệp.

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

Tổng số hộ của 3 xã trong khu vực nghiên cứu khoảng 2.188 hộ, 9.029 người, trung bình 4 nhân khẩu/hộ. Tỷ lệ hộ nghèo bình quân của 3 xã rất cao, khoảng 46,2% (Bảng 2.1).

Bảng 2.1: Dân số, thành phần dân tộc, trình độ dân trí của 03 xã trong khu vực 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%

Với tập quán canh tác chủ yếu dựa vào tự nhiên, thu nhập chính của người dân phần lớn là từ rừng. Điều này tạo nên một gánh nặng rất lớn và khó khăn trong việc vừa đảm bảo đời sống, sinh kế cho người dân sống gần và trong khu vực rừng, vừa bảo vệ tài nguyên rừng hiện có tại địa phương.

Nhìn chung đất đai tương đối tốt, có độ phì cao, tầng đất dày, thành phần cơ giới thịt nhẹ đến trung bình, độ pH từ 4,0 – 5,5, tỉ lệ đá lẫn thấp thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của cây rừng, cây công nghiệp và sản xuất nông nghiệp.

Cả 3 xã nghiên cứu đều là các xã vùng sâu, vùng xa, cơ sở hạ tầng còn thiếu thốn. Nguồn lao động chủ yếu là lao động phổ thông nên có trình độ thấp. Tập quán canh tác còn lạc hậu, phương thức sản xuất đa phần còn quảng canh, truyền thống, đầu tư thâm canh và áp dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật vào sản xuất còn hạn chế. Trong sản xuất ít kinh nghiệm, thiếu vốn đầu tư, thiếu tính tự chủ, quy mô sản xuất nhỏ lẻ, manh mún nên đời sống của người dân nơi đây, đặc biệt là các cộng đồng đồng bào dân tộc thiểu số bản địa còn khó khăn.

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

Tổng diện tích tự nhiên của 3 xã khu vực nghiên cứu là 64.684,89 ha (xã Lộc Bảo: 24.633,26 ha; xã Lộc Bắc: 26.509,86 ha; xã Lộc Lâm: 13.541,77 ha), chiếm 44,2% tổng diện tích tự nhiên của toàn huyện.

Tổng diện tích đất có rừng quy hoạch cho lâm nghiệp là 57.362,89 ha, chiếm 88,7%, trong đó rừng tự nhiên lá rộng thường xanh là 26.446,5 ha, chiếm 46,1% tổng diện tích đất lâm nghiệp.

Phần lớn diện tích rừng ở đây thuộc lâm phần quản lý của công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Lộc Bắc, công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Bảo Lâm huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng.

Các công ty này cũng đã tiến hành giao khoán quản lý bảo vệ rừng cho các hộ gia đình và một số tổ chức khác trên địa bàn. Dịch vụ môi trường rừng ở đây cũng đã được triển khai, song vấn đề quản lý bảo vệ, giám sát rừng dựa vào cộng đồng chưa được chú trọng phát triển.

2.3 Nội dung nghiên cứu

2.3.1 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 chính xác

- Lựa chọn phương pháp thiết lập mô hình;
- Thiết lập và đánh giá sai số các mô hình ước tính sinh khối trên, dưới mặt đất của cây rừng (AGB, BGB);
- Nâng cao độ tin cậy của mô hình ước tính sinh khối trên mặt đất (AGB) theo biến D thông qua thiết lập các mô hình theo cấp chiều cao (chỉ thị lập địa S_i);
- Thiết lập và đánh giá sai số các mô hình ước tính sinh khối lâm phần trên và dưới mặt đất (TAGB, TBGB) theo biến số tổng tiết diện ngang (G).

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

- Đánh giá sự phù hợp của phân loại trạng thái rừng dựa vào cộng đồng so với hệ thống phân loại rừng hiện hành;
- Đánh giá độ tin cậy khi người dân sử dụng GPS để đo vẽ diện tích rừng thay đổi và xác định tọa độ ô mẫu ngẫu nhiên;
- Đánh giá độ tin cậy của ước tính sinh khối và carbon cây rừng trên và dưới mặt đất trên cơ sở dữ liệu đầu vào được đo tính, giám sát bởi cộng đồng và so với nhân viên kỹ thuật;
- Lựa chọn hình dạng và kích thước ô mẫu đo đạc cây gỗ thích hợp với khả năng của cộng đồng và hiệu quả chi phí;
- Lựa chọn đo tính các bể chứa carbon ngoài cây gỗ: trong thảm mục, gỗ chết và carbon hữu cơ trong đất trên cơ sở hiệu quả chi phí.

2.3.3 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

Để xây dựng phương pháp cộng đồng có thể áp dụng để đo tính và giám sát carbon rừng, trước hết cần căn cứ vào yêu cầu của IPCC (2006) [52] về các thông tin dữ liệu nào cần phải báo cáo và sau đó xây dựng mới hoặc thẩm định các phương pháp, công cụ hiện có để có thể thu thập các thông tin theo yêu cầu đạt độ tin cậy và hiệu quả chi phí, làm cơ sở để xây dựng phương pháp PCM phù hợp trong điều kiện của cộng đồng dân tộc thiểu số Tây Nguyên.

Trong đo tính, giám sát carbon rừng, cộng đồng tham gia chủ yếu là thu thập dữ liệu hiện trường bao gồm về thông tin thay đổi diện tích rừng, thu thập dữ liệu ô mẫu, các bể chứa carbon, lấy mẫu để cung cấp dữ liệu đầu vào cho

ước tính hấp thụ hoặc phát thải CO₂. Vì vậy xây dựng phương pháp và công cụ cho PCM cũng căn cứ vào khả năng đó của cộng đồng.

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 của tiến trình PCM nhằm cung cấp thông tin của hai nhóm dữ liệu để báo cáo, giám sát phát thải khí nhà kính từ quản lý rừng: i) Thay đổi diện tích rừng (mất rừng), trạng thái rừng (suy thoái rừng) và ii) Thay đổi 5 bể chứa carbon rừng.

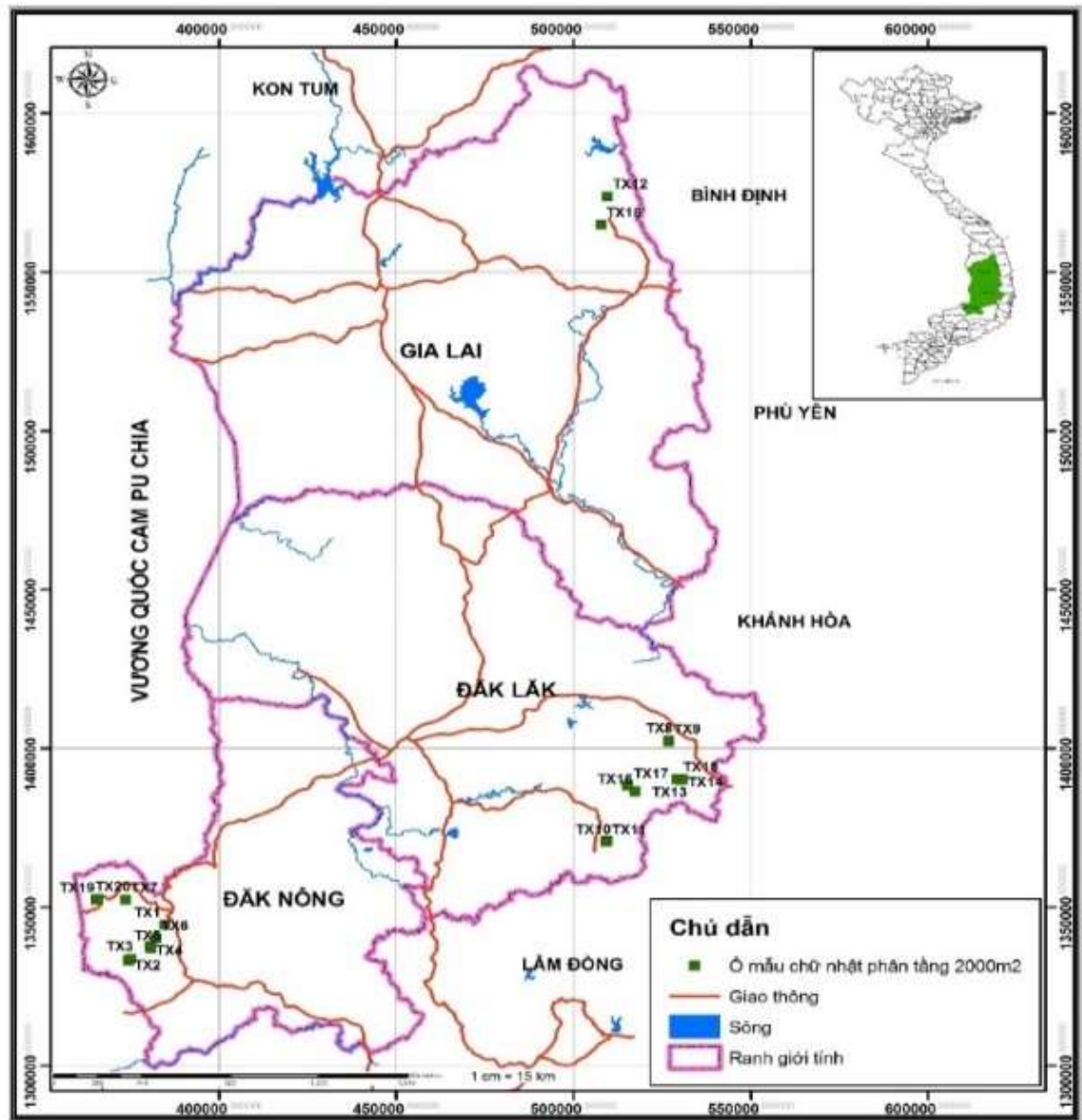
Để cộng đồng có thể đo tính giám sát carbon cây rừng có độ tin cậy, các mô hình ước tính sinh khối – carbon được cập nhật và lựa chọn phương pháp thiết lập hiện đại, có sai số qua thẩm định chéo thấp nhất và có biến số độc lập mà cộng đồng có thể thu thập khi thực hiện giám sát và được nâng cao độ tin cậy nhờ phản ánh được theo các điều kiện hoàn cảnh khác nhau thông qua chỉ thị lập địa.

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

20 ô mẫu 2.000 m² (20×100 m) đã được thiết lập để thu thập số liệu sinh khối cây rừng trên và dưới mặt đất (AGB, BGB). Hình 2.1 chỉ ra phân bố các ô mẫu ở Tây Nguyên, trong đó có 2 ô ở tỉnh Gia Lai, 9 ô ở tỉnh Đắk Lắk và 9 ô ở tỉnh Đắk Nông. Theo trạng thái thì có 5 ô ở rừng nghèo, 10 ô ở rừng trung bình và 5 ô ở rừng giàu (theo Thông tư số 34/2009/TT-BNNPTNT của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn về Quy định tiêu chí xác định và phân loại rừng). Trong mỗi ô mẫu thu thập các dữ liệu thông tin của ô như tọa độ, trạng thái

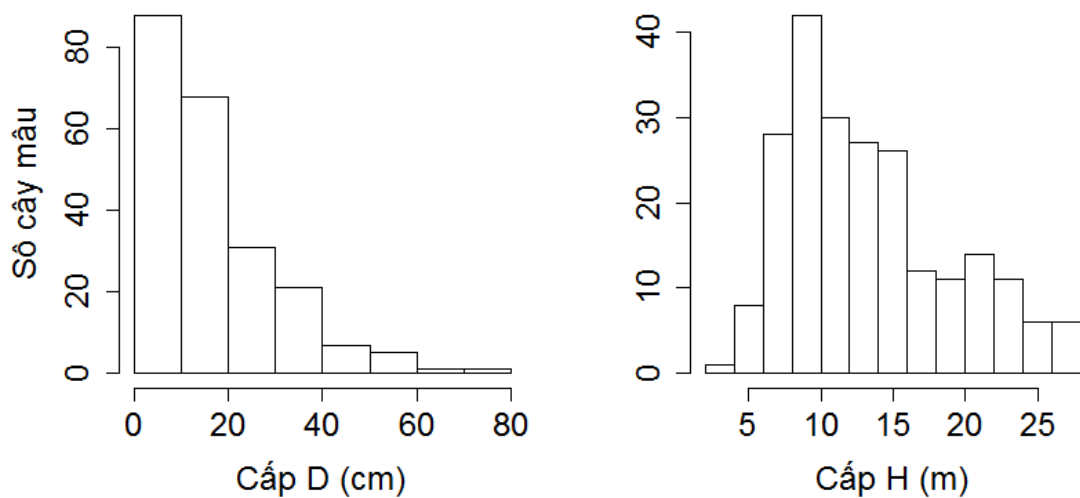
rừng, độ tàn che, G bằng thước Bitterlich, vị trí địa hình, độ dốc, loại đất. Số liệu cây đứng thu thập bao gồm loài, D (cm), H (m) của các cây có $D \geq 5$ cm.



Hình 2.1: Bản đồ vị trí các ô mẫu thu thập dữ liệu sinh khối cây rừng trên và dưới mặt đất (AGB, BGB) ở Tây Nguyên

Trong mỗi ô mẫu, cây mẫu được lựa chọn để chặt hạ và xác định sinh khối tỷ lệ theo phân bố số cây theo cấp kính. Mỗi ô chọn khoảng 10-12 cây để chặt hạ, tổng số có 222 cây mẫu được chặt hạ để thu thập số liệu sinh khối trên mặt đất (AGB), trong đó có khoảng 1/3 số cây được đào rễ để xác định sinh

khối dưới mặt đất (BGB). Phân bố số cây mẫu chặt hạ theo cấp kính và cấp chiều cao ở Hình 2.2. Hình này cho thấy số cây mẫu chặt hạ có phân bố giảm đồng dạng với phân bố N/D của lâm phần và phân bố một đỉnh theo kiểu phân bố N/H của rừng tự nhiên.



Hình 2.2: Phân bố số cây mẫu chặt hạ theo cấp kính và chiều cao

Cây mẫu trước khi chặt hạ được đo D, H và xác định loài. Sau chặt hạ, chiều dài của cây được đo đặc lại. Khối lượng tươi của các bộ phận cây trên mặt đất được xác định trên hiện trường bao gồm lá, cành, thân, vỏ và 1/3 số cây được đào toàn bộ hệ rễ để xác định khối lượng rễ tươi (ngoại trừ các rễ cắm quá nhỏ). Mẫu của 5 bộ phận cây được thu thập bao gồm lá (300g/mẫu), cành (500g/mẫu) ở 3 cấp cành, thân (500g/mẫu) ở 5 vị trí thân cây, vỏ (300g/mẫu) ở 5 vị trí trên thân và rễ (300g/mẫu) theo ba kích thước rễ (nhỏ, trung bình và lớn).

Trong phòng thí nghiệm, các mẫu được sấy ở nhiệt độ 105°C cho đến khi khối lượng không thay đổi, từ đó tính được tỷ lệ khô/tươi của từng bộ phận cây và tính toán được sinh khối cây trên mặt đất (AGB) và dưới mặt đất (BGB).

Bảng 2.2 cung cấp thông tin các biến số độc lập và sinh khối cây mẫu chặt hạ thu thập được. Số liệu sinh khối và các biến số cây mẫu trình bày trong Phụ lục 1.

Bảng 2.2: Tóm tắt thông tin thống kê các biến số của cây mẫu đo tính sinh khối

Chỉ tiêu thống kê	D (cm)	H (m)	BGB (kg)	AGB (kg)
Min	4,7	3,9	0,5	2,9
Trung bình	17,4	13,4	15,8	265,3
Max	76,0	27,5	175,8	3149,0
Sai tiêu chuẩn	12,6	5,7	29,0	471,2
n	222	222	86	222

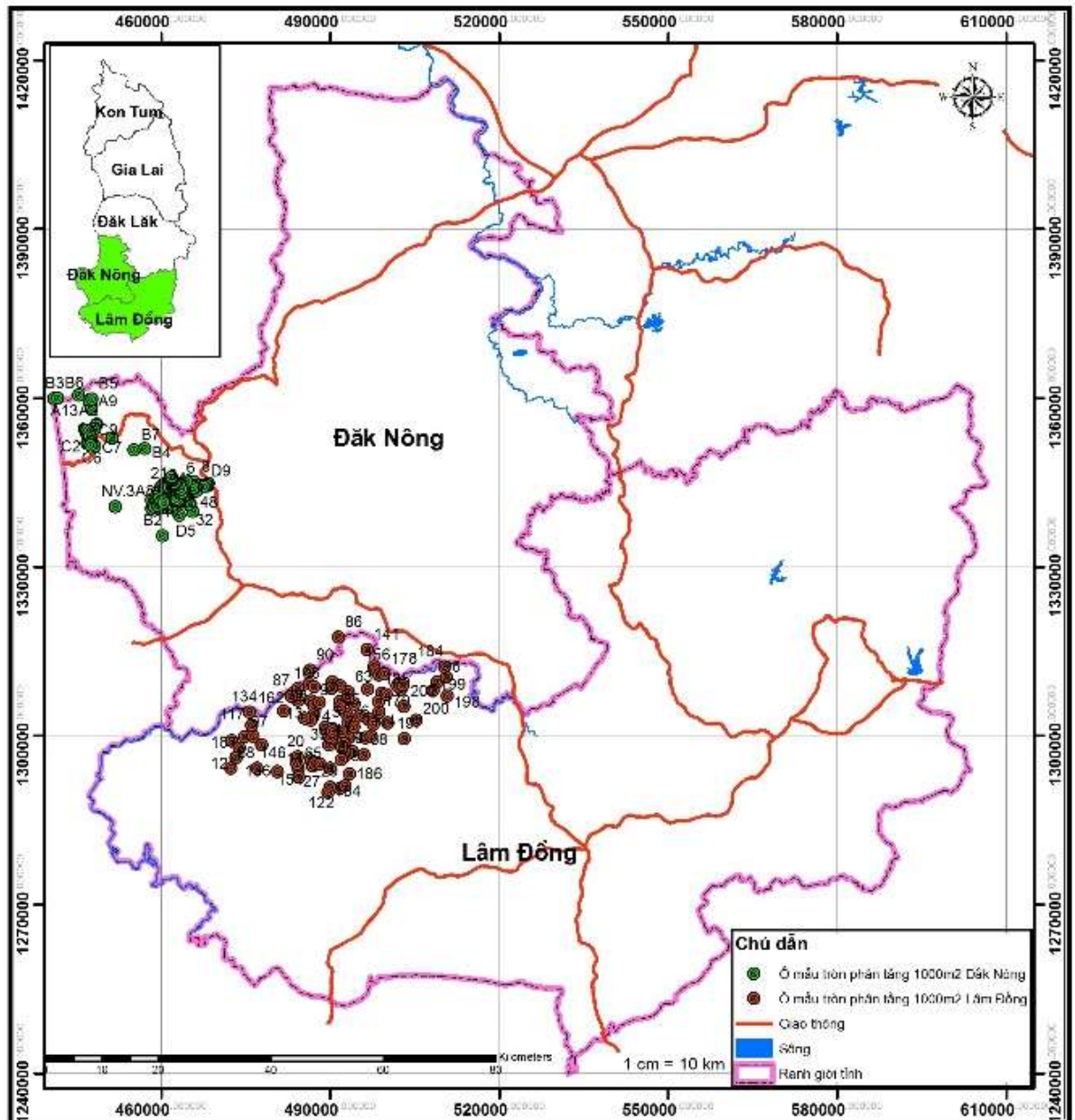
Để ước tính sinh khối lâm phần, 323 ô mẫu 1.000 m² (ô tròn phân tầng có bán kính 17,84 m) đã được thu thập trên các trạng thái rừng khác nhau ở hai tỉnh Đắk Nông (huyện Tuy Đức) và Lâm Đồng (huyện Bảo Lâm). Hình 2.3 là bản đồ chỉ ra khu vực thu thập số liệu ô mẫu để nghiên cứu sinh khối lâm phần. Trong đó ở tỉnh Đắk Nông có 221 ô và Lâm Đồng có 102 ô mẫu; phân chia theo trạng thái rừng của Thông tư 34 là rừng giàu có 229 ô, rừng trung bình có 70 ô, rừng nghèo là 24 ô.

Bảng 2.3: Tóm tắt thông tin thống kê biến số G và sinh khối lâm phần. n = 323 ô

Chỉ tiêu thống kê	G (m ² /ha)	TAGB (tấn/ha)	TBGB (tấn/ha)
Min	2,6	11,0	1,7
Trung bình	28,0	196,1	24,0
Max	72,6	655,3	71,6
Sai tiêu chuẩn	12,5	102,0	11,5

Trên cơ sở các mô hình AGB và BGB lựa chọn, tính toán được tổng sinh khối của cây gỗ trên và dưới mặt đất cho các ô mẫu (TAGB và TBGB). Bảng 2.3 cho thấy biến động của TAGB và TBGB quy ra ha ở các ô mẫu theo biến

số lâm phần G. Phụ lục 2 trình bày dữ liệu sinh khối lâm phần của toàn bộ các ô mẫu.



Hình 2.3: Phân bố ô mẫu để nghiên cứu sinh khối lâm phần ở Tây Nguyên

2.4.2.2 Lựa chọn biến số đầu vào và dạng mô hình

Cộng đồng được tập huấn có thể đo chính xác các biến số như đường kính ngang ngực (D) bằng thước cuộn đo chu vi đã quy đổi ra đường kính,

chiều cao (H) bằng thước Suunto chỉ với 3 cây được chọn lựa trong một cấp kính đại diện trong ô (vì đo cao toàn bộ sẽ bị sai số do khuất tán và gia tăng chi phí) và tổng tiết diện ngang (G) bằng thước Bitterlich.

Do vậy các mô hình ước tính sinh khối cây cá thể và lâm phần được thiết lập trong nghiên cứu này để áp dụng với dữ liệu đo đạc của cộng đồng có biến số đầu vào đơn giản là D, G và phân chia theo cấp H dựa vào kết quả đo cao (H) 3 cây theo cấp đường kính.

Dựa vào xu hướng phân bố đám mây điểm của sinh khối theo các biến số độc lập cũng như kế thừa các kết quả chọn dạng mô hình trên thế giới (Brown, 1997 [19]; Basuki et al., 2009 [134]; Chave et al., 2014 [135]; Huy et al., 2016a,b,c [49, 47, 50]), hàm power đã được lựa chọn để thiết lập các mô hình sinh khối.

2.4.2.3 *Lựa chọn phương pháp thiết lập mô hình sinh khối*

Hai phương pháp thiết lập mô hình power khác nhau cũng được đánh giá và lựa chọn phương pháp tốt nhất, đó là phương pháp bình phương tối thiểu với hàm được tuyến tính hóa theo dạng logarit và phương pháp phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số. Sử dụng chỉ số Furnival's Index (1961) để so sánh và lựa chọn phương pháp tối ưu. Mô hình có chỉ số Furnival's Index nhỏ hơn là tốt hơn.

Khi so sánh các mô hình không giống nhau về biến số phụ thuộc (ví dụ y và $\ln(y)$), lúc này các chỉ tiêu thống kê như R^2 , AIC (Akaike Information Criterion - một chỉ tiêu đo lường độ tin cậy của dự báo qua mô hình), các loại sai số sẽ không thể dùng để so sánh do khác nhau về giá trị của biến phụ thuộc; lúc này chỉ số Furnival's Index (FI) cần được áp dụng (Furnival, 1961 [37]; Jayaraman, 1999 [55]). FI càng bé thì mô hình càng phù hợp.

Công thức tính Furnival's Index (FI) như sau:

$$FI = RMSE * \frac{1}{\text{Geometric mean}(y')} \quad (2.1)$$

Trong đó: RMSE (Root Mean Squared Error) là Sai số trung phương; y' là đạo hàm bậc nhất của biến phụ thuộc y và bằng 1, nếu là biến phụ thuộc được đổi biến số là $\ln(y)$ thì sẽ bằng $1/y$.

Công thức tính trung bình hình học (Geometric mean):

$$\text{Geometric Mean} = \left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{1/n} = \sqrt[n]{x_1 x_2 \cdots x_n}. \quad (2.2)$$

2.4.2.4 Phương pháp thiết lập mô hình sinh khối

Để giảm biến động của sai số vì sự phân tán dữ liệu sinh khối AGB, BGB khi D tăng lên, trọng số được áp dụng trong thiết lập mô hình.

Thông thường các mô hình được thiết lập mà không quan tâm đến ảnh hưởng của các nhân tố khác. Nghiên cứu này áp dụng ước lượng mô hình có xét đến ảnh hưởng của các nhân tố bên ngoài (random effect) bằng cách thay đổi các tham số khi các nhân tố ảnh hưởng thay đổi (Bates, 2010 [17]; Pinheiro et al., 2014 [69]). Sử dụng phương pháp ước lượng hàm phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số có xét đến ảnh hưởng ngẫu nhiên của các nhân tố bên ngoài. Phần mềm mã nguồn mở R (R Core Team, 2015 [71]) được áp dụng theo chương trình nlme (Pinheiro et al., 2014 [69]) và chẩn đoán qua sơ đồ sai khác giữa giá trị quan sát và dự báo cũng như sai số theo giá trị dự báo qua mô hình sử dụng chương trình ggplot2 trong R (Wickham et al., 2013 [99]). Kiểu dạng mô hình tổng quát như sau (Huy et al., 2016b [47]):

$$Y_{ij} = (\alpha + a_i) \times X_{ij}^{(\beta + b_i)} + \varepsilon_{ij} \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim iid \mathcal{N}(0, \sigma^2) \quad (2.4)$$

Trong đó Y_{ij} là AGB (kg), BGB (kg), TAGB (tấn/ha), hoặc TBGB (tấn/ha) ứng với cây/ô thứ j từ cấp i của nhân tố ảnh hưởng; α và β là tham số của mô hình; a_i và b_i là thay đổi của tham số theo cấp i ; X_{ij} là các biến số D (cm), H (m) hoặc G (m²/ha) hoặc tổ hợp biến $D^2 \times H$ (viết tắt biến số tổ hợp là D^2H) ứng với cây/ô thứ j trong cấp i ; và ε_{ij} là sai số ngẫu nhiên ứng với cây/ô thứ j và cấp nhân tố i .

Phân tích ban đầu cho thấy biến động của sai số có xu hướng gia tăng khi gia tăng D trong các mô hình. Vì vậy một hàm phương sai theo trọng số đã được áp dụng điều chỉnh các tham số của mô hình nhằm giảm biến động sai số này. Hàm phương sai có dạng như sau (Huy et al., 2016b [47]):

$$\text{Var}(\varepsilon_{ij}) = \widehat{\sigma^2}(v_{ij})^{2k} \quad (2.5)$$

Trong đó ε_{ij} là sai số ngẫu nhiên; $\widehat{\sigma^2}$ là sai số bình phương; v_{ij} là biến trọng số (D, H, G) tương ứng với cây/ô thứ j và cấp nhân tố ảnh hưởng i ; và k là hệ số của hàm phương sai.

2.4.2.5 Lựa chọn và thẩm định chéo (Cross Validation) các mô hình sinh khối

Dữ liệu được lựa chọn ngẫu nhiên trong phần mềm R với 70% để thiết lập, lựa chọn mô hình và 30% dùng để thẩm định chéo sai số mô hình. Lặp lại việc lập và đánh giá sai số mô hình 200 lần, các chỉ tiêu thống kê lựa chọn mô hình và sai số được tính bình quân thông qua 200 lần (Temesgen et al., 2014 [89]; Huy et al., 2016b [47]). Mô hình tốt nhất được lựa chọn dựa vào hệ số xác định R^2 cao hơn và chỉ số Akaike Information Criterion (AIC) nhỏ hơn (Basuki et al., 2009 [16]):

$$AIC = -2 \ln(L) + 2p \quad (2.6)$$

Trong đó L là Likelihood của mô hình, p là tổng số tham số của mô hình.

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 [86]). Các sai số được tính toán cho từng lần chọn 30% mẫu ngẫu nhiên và được tính trung bình từ 200 lần (Temesgen et al., 2014 [89]; Huy et al., 2016b [47]):

$$Bias (\%) = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \quad (2.7)$$

$$RMSE (\%) = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R 100 \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right)^2} \quad (2.8)$$

$$MAPE (\%) = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \quad (2.9)$$

Trong đó R là số lần rút mẫu ngẫu nhiên để lập và đánh giá mô hình (200); n là số cây/ô (30% dữ liệu để đánh giá) của mỗi lần rút mẫu r ; y_i và $\hat{y}_i$ là giá trị sinh khối quan sát và ước tính qua mô hình. Sau khi lựa chọn dạng mô hình, đánh giá chéo và xác định các sai số của mô hình lựa chọn. 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 trong PCM

Quá trình nghiên cứu có sự tham gia của cộng đồng Châu Mạ, gồm 3 nhóm người dân nông cốt. Các nhóm này được tập huấn và thực hành các nội dung PCM trước khi tham gia đánh giá. Bao gồm 2 đợt tập huấn, mỗi đợt 2

ngày lý thuyết và 3 ngày thực hành trên hiện trường và có 1 ngày đánh giá, tổng kết.

Tiêu chí lựa chọn người dân tham gia bao gồm: i) Có trình độ văn hóa khác nhau, biến động từ lớp 3 đến lớp 12/12 và đại diện trong cộng đồng; ii) Đại diện ở các lứa tuổi; iii) Có am hiểu về rừng trong khu vực của thôn bản; iv) Tham gia vào tổ Quản lý bảo vệ rừng của cộng đồng.

Tùy thuộc vào nội dung công việc trên hiện trường mà trong nhóm có sự phân công nhiệm vụ thích hợp. Về nguyên tắc, người có trình độ cao hơn đảm nhận phần việc ghi chép hoặc đo và đọc dữ liệu trên các dụng cụ điều tra, người khác có trình độ thấp hơn hỗ trợ trong thao tác đơn giản hơn ví dụ cầm móc, kéo dây lập ô. Danh sách người dân tham gia theo các nhóm ở Phụ lục 3.

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

Nhận dạng trạng thái rừng của cộng đồng Châu Mạ đã được tiến hành với ba nhóm (mỗi nhóm 3-5 người dân nòng cốt), lặp lại hai lượt cho mỗi nhóm ở các vị trí có trạng thái rừng khác nhau (ba trạng thái chính). Tiến hành phỏng vấn chung cả nhóm ngoài hiện trường tại những vị trí có các trạng thái rừng khác nhau để liệt kê kiểu rừng, trạng thái, tên gọi của địa phương và mô tả các chỉ tiêu, cách thức nhận biết trạng thái của cộng đồng. Tổng hợp và ghi chép vào mẫu biểu 01 (Phụ lục 19). Tiến hành đối chiếu trạng thái cộng đồng phân chia với cấp trữ lượng theo Thông tư 34/2009/TT-BNNPTNT của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn 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

Tiến hành hướng dẫn và thực hành ngoài hiện trường. Làm việc theo 03 nhóm, mỗi nhóm từ 3 -5 người, mỗi người 2 đến 3 lượt. Tổng cộng có 27 lượt

người dân tham gia đánh giá kỹ năng này. Chấm điểm cho từng kỹ năng theo thang điểm 5.

Kỹ năng sử dụng GPS để đo vẽ diện tích được đánh giá bao gồm: i) Khởi động GPS, vào chức năng Track để khoanh vẽ; ii) Di khoanh vẽ diện tích; iii) Lưu kết quả và đặt tên lô, khu vực thay đổi diện tích rừng; iv) Đọc số đo diện tích và ghi chép.

Kỹ năng sử dụng GPS để xác định tọa độ ô mẫu ngẫu nhiên được đánh giá bao gồm: i) Khởi động GPS, vào chức năng Waypoint để tìm ô; ii) Tìm số hiệu ô mẫu trên GPS; iii) Đi đến ô mẫu đã xác định trước trên GPS; iv) Xác định chính xác vị trí tọa độ ô mẫu đã được cơ quan chuyên môn bố trí ngẫu nhiên trên bản đồ.

Trên cơ sở đánh giá cho điểm, tính điểm trung bình, hệ số biến động CV% cho mỗi kỹ năng sử dụng GPS của người dân địa phương.

$$CV\% = \frac{S}{\bar{X}} 100 \quad (2.10)$$

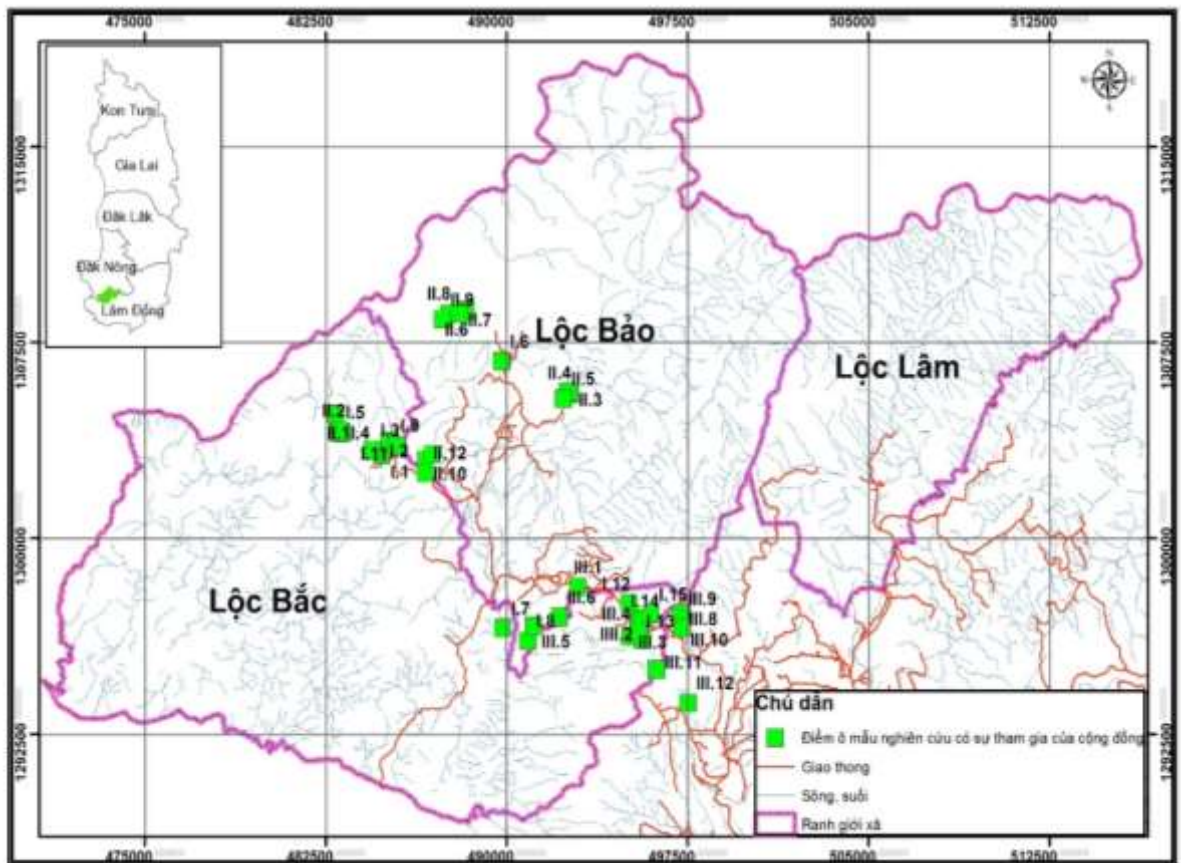
Trong đó: S là sai tiêu chuẩn và $\bar{X}$ là trung bình

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, 39 điểm đánh giá trên hiện trường ở huyện Bảo Lâm tỉnh Lâm Đồng (Hình 2.4) được chọn lựa đại diện cho ba trạng thái rừng, gồm rừng giàu (17 điểm), rừng trung bình (17 điểm) và rừng nghèo (5 điểm).

Tại mỗi điểm có một trong ba nhóm cộng đồng đo đạc theo các nội dung khác nhau, đồng thời có một nhóm gồm 3 chuyên viên kỹ thuật cũng tiến hành đo đạc song song. Dữ liệu của hai nhóm điều tra khác nhau (cộng đồng và kỹ

thuật) được thu thập, cùng với ghi nhận thời gian, lao động để so sánh sai lệch và chi phí cho từng nội dung điều tra trong PCM. Danh sách thành viên các nhóm cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật tham gia đánh giá trong Phụ lục 3 và Phụ lục 4.



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 tổng tiết diện ngang (G , m^2/ha), chiều cao (H , m) và đường kính ngang ngực (D , cm) của cộng đồng so với chuyên viên kỹ thuật:

Tại một vị trí khảo sát, cả hai nhóm đối tượng là cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật dùng thước Bitterlich để đo tổng tiết diện ngang thân cây rừng. Cây cắt được tính là $1,0 m^2/ha$; cây tiếp tuyến được tính là $0,5 m^2/ha$; cây lọt là

0,0 m²/ha. Đo đếm ở 3 điểm khác nhau tại mỗi vị trí, tính trung bình tổng tiết diện ngang trên hecta (G, m²/ha).

Đối tượng đo chiều cao (H, m): Đối với rừng giàu, rừng trung bình có nhiều cây gỗ lớn thì chọn 3 cây trong cấp kính 30 - 40 cm để đo cao; Đối với rừng nghèo, rừng non thì chọn 3 cây trong cấp kính 20 - 30 cm để đo cao. Sử dụng thước Suunto để đo cao. Cách đo: Dùng thước dây để xác định khoảng cách từ cây cần đo đến người đo, thống nhất khoảng cách để đo là 20 m; dùng Suunto đo hai vị trí đỉnh tán cây và gốc cây từ đó xác định chiều cao cây (H, m). Đồng thời đo đường kính tại vị trí ngang ngực (D, cm) bằng thước đo chu vi đã quy đổi ra đường kính.

Tính toán sai lệch giữa giá trị đo G, H và D của cộng đồng so với chuyên viên kỹ thuật bằng chỉ tiêu Bias% như sau:

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

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.

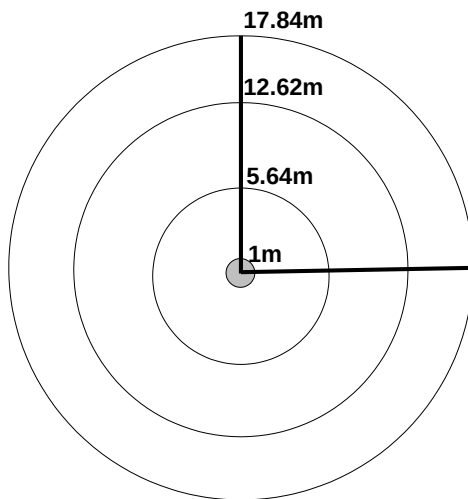
Giá trị G, D, H trung bình của 39 điểm trong Phụ lục 8.

ii) *Phương pháp so sánh Bias trong ước tính AGB, BGB và tổng sinh khối trên và dưới mặt đất cây rừng (TB) từ dữ liệu đầu vào của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật theo các kiểu dạng ô mẫu khác nhau và điểm Bitterlich:*

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

Việc ước tính AGB, BGB và tổng sinh khối trên và dưới mặt đất cây rừng (TB) được thử nghiệm trên cơ sở dữ liệu đầu vào G theo điểm Bitterlich và 4 loại ô mẫu khác nhau, đó là: 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).



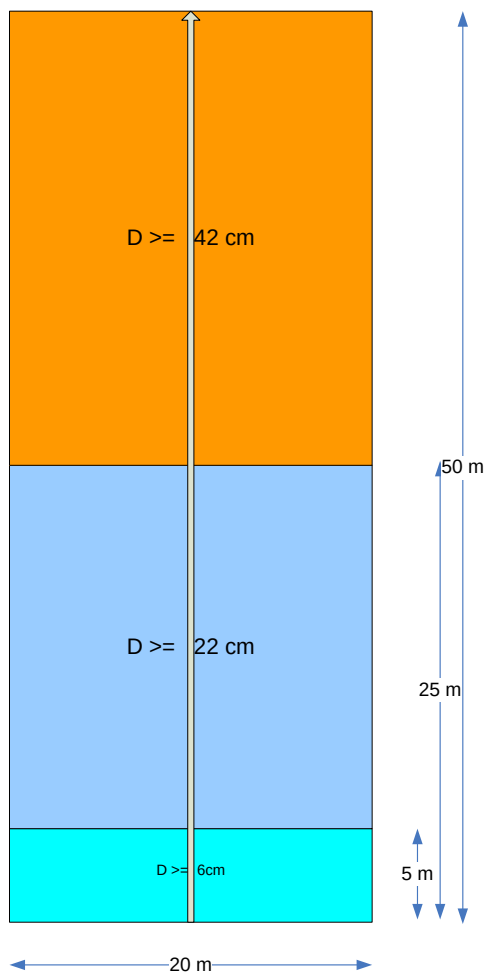
- Ô tròn phân tầng 500 m^2 , bán kính ô tối đa là $12,62 \text{ m}$
- Ô tròn phân tầng 1.000 m^2 , bán kính tối đa là $17,84 \text{ m}$
- Đo cây rừng đối với cả hai loại ô:
 Từ tâm ô trở ra, từ 0 đến bán kính $5,64 \text{ m}$ đo cây có $D \geq 6 \text{ cm}$; từ bán kính $5,64 \text{ m}$ đến $12,62 \text{ m}$ đo các cây có $D \geq 22 \text{ cm}$; từ bán kính $12,62 \text{ m}$ đến $17,84 \text{ m}$ đo các cây có $D \geq 42 \text{ cm}$ (chỉ áp dụng đối với ô 1.000 m^2)

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

Tổng số ô mẫu đã thử nghiệm kiểu dạng khác nhau để ước tính sinh khối và tính hiệu quả chi phí, bao gồm: $39 \text{ điểm thử nghiệm} \times 4 \text{ loại ô} = 156 \text{ ô}$ và có $39 \text{ điểm Bitterlich xác định G}$ (mỗi điểm quay 3 lần). 39 điểm được chọn lựa đại diện cho ba trạng thái rừng giàu, trung bình và nghèo.

Trong ô xác định loài, đo D của toàn bộ cây gỗ có $D \geq 6 \text{ cm}$ theo phân tầng của từng loại và kích thước ô mẫu. Mỗi ô chỉ đo cao 3 cây ở cấp đường kính đại diện (rừng giàu, trung bình ở cấp kính $30 - 40 \text{ cm}$, rừng nghèo, non ở cấp kính $20 - 30 \text{ cm}$).

Để so sánh sai lệch, mỗi loại ô ở mỗi điểm nghiên cứu, hai nhóm đối tượng tiến hành đo song song: Một trong ba nhóm cộng đồng và một nhóm nhân viên kỹ thuật có 3 người (nhân viên kỹ thuật của hai công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Lộc Lâm, Lộc Bắc, huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng).



Ô chữ nhật phân tầng 500 m²: Với cạnh ngang là 20 m.

- Theo cạnh đứng từ 0 – 5 m, đo cây có $D \geq 6$ cm
- Theo cạnh đứng từ 5 m đến 25 m, đo cây có $D \geq 22$ cm

Ô chữ nhật phân tầng 1.000 m²: Tiếp tục mở rộng ô 500 m², theo cạnh đứng từ 25 m đến 50 m đo cây có $D \geq 42$ cm.

Hình 2.6: Ô chữ nhật phân tầng diện tích 500 m² và 1.000 m²

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

Sử dụng các mô hình ước tính AGB, BGB, TAGB và TBGB của Phạm Tuấn Anh và Bảo Huy (2016) [1], trên cơ sở các mô hình AGB và BGB tính cho từng cây và quy ra ha cho từng ô mẫu. $TB = \text{Tổng AGB} + \text{Tổng BGB}$.

Đối với điểm Bitterlich, sử dụng mô hình ước tính sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha), dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha) với biến số độc lập là giá trị G (m²/ha). $TB = TAGB + TBGB$ (tấn/ha).

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 bằng tiêu chuẩn phi tham số Wilcoxon: Áp dụng để so sánh cho trường hợp hai mẫu có liên hệ với nhau và không yêu cầu mẫu chuẩn và phương sai bằng nhau; sự liên hệ là ứng với mỗi loại ô mẫu với 39 lần lặp lại có hai dãy dữ liệu sinh khối được ước tính từ dữ liệu đầu vào của cộng đồng hoặc của chuyên viên kỹ thuật. Tiêu chuẩn phi tham số Wilcoxon, trong đó chênh lệch giữa các cặp dữ liệu được xếp hạng và tính giá trị trung vị Median cho từng mẫu, sau đó so sánh sự sai khác. Kiểm tra theo Wilcoxon với 2 mẫu liên hệ theo Median, nếu Sig (hoặc P-value) > 0,05, có nghĩa là chưa thể bác bỏ giả thuyết H_0 .

Giá trị ước tính TAGB, TBGB, TB cho 4 loại ô, điểm Bitterlich ở 39 điểm theo hai nhóm đối tượng nghiên cứu thử nghiệm được trình bày từ Phụ lục 9 đến Phụ lục 15.

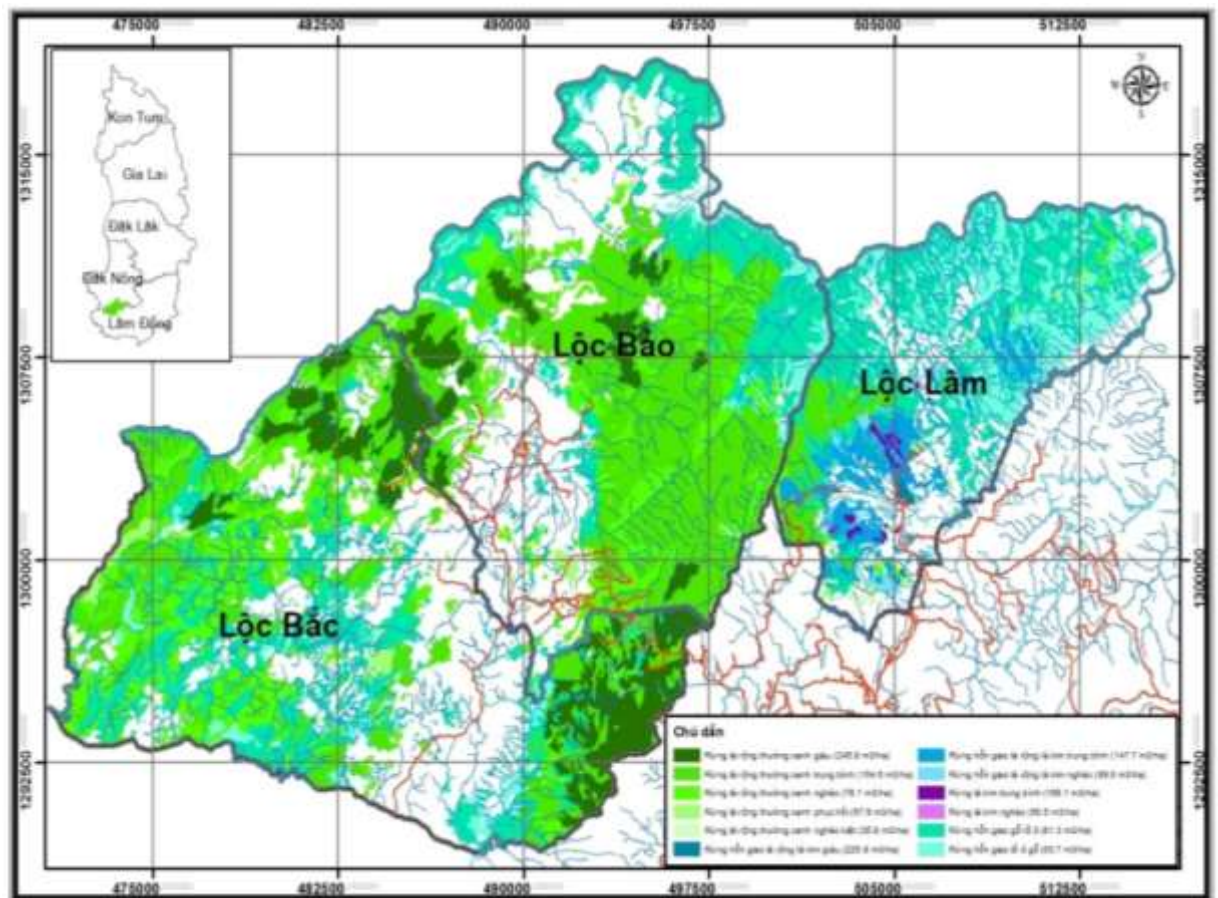
2.4.3.4 *Phương pháp lựa chọn loại ô mẫu cho PCM*

Lựa chọn dạng ô mẫu tối ưu (hình dạng và kích thước) dựa trên cơ sở xác định tổng số ô mẫu cho mỗi loại ô và tính hiệu quả chi phí trong cả khu vực nghiên cứu ở ba xã. Số lượng ô mẫu cho mỗi loại được phân theo cấp trữ lượng rừng và theo công thức của Lackman (2011) với độ tin cậy $P = 95\%$ và sai số cho trước $E\% = 10\%$:

- Dựa vào bản đồ hiện trạng rừng để xác định diện tích mỗi cấp M (có ba cấp: giàu, trung bình và nghèo) (Bảng 2.4, Hình 2.7).

Bảng 2.4: Diện tích rừng lá rộng thường xanh theo ba cấp trữ lượng ở khu vực nghiên cứu thuộc 3 xã của huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng

Loại trạng thái rừng	Diện tích (ha)	Cấp M (m³/ha)
Giàu	4.318,2	> 200
Trung bình	13.608,1	101 - 200
Nghèo	8.520,2	10 - 100
Tổng	26.446,5	



Hình 2.7: Bản đồ hiện trạng rừng theo cấp trữ lượng ở ba xã nghiên cứu thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng (Nguồn: Kiểm kê rừng tỉnh Lâm Đồng, 2015)

- Tính toán số lượng ô mẫu cần thiết cho cấp M theo từng loại ô mẫu (4 loại) dựa vào biến động TAGB như sau (Lackman, 2011):

$$N = \frac{A}{AP} \quad (2.12)$$

$$N_i = \frac{A_i}{AP} \quad (2.13)$$

$$n_{ct} = \frac{t^2 * CV\%^2}{E\%^2 + \frac{t^2 * CV\%^2}{N}} \quad (2.14)$$

$$n_{ict} = n_{ct} \frac{N_i}{N} \quad (2.15)$$

Trong đó:

i: Số thứ tự trạng thái, kiểu rừng được phân loại;

A: Tổng diện tích khu vực điều tra;

A_i : Diện tích trạng thái i;

AP: Diện tích ô mẫu;

N = Số lượng ô mẫu tối đa trong vùng điều tra;

N_i = Số lượng ô mẫu tối đa của trạng thái i;

n_{ct} = Tổng số ô mẫu cần thiết trong vùng điều tra;

n_{ict} = Số ô mẫu cần thiết cho trạng thái i;

E% = Sai số tương đối cho trước, xác định là 10%;

t = 2 (với độ tin cậy ước lượng là 95%);

CV% (Coefficient of Variation %): Hệ số biến động TAGB cho mỗi loại ô.

Trên cơ sở 39 dữ liệu TAGB của 4 loại ô mẫu, tính được số ô mẫu cần thiết cho mỗi loại ô phân theo trạng thái rừng. Giá trị TAGB ở 4 loại ô mẫu theo ba cấp trữ lượng (M) ở Phụ lục 15.

Đồng thời trong quá trình cộng đồng thu thập số liệu trên mỗi loại ô mẫu, số lao động cần có và thời gian cho mỗi loại ô được ghi nhận, kết hợp với tổng số ô cần có với $P = 95\%$, tính được chi phí lao động khác nhau ứng với các loại ô mẫu trong toàn vùng nghiên cứu để lựa chọn ô có hiệu quả kinh tế trong cùng một độ tin cậy. Tổng hao phí thời gian ở các loại ô mẫu của 39 điểm trình bày trong Phụ lục 16.

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

Để xác định hiệu quả kinh tế trong đo tính carbon ở các bể chứa ngoài gỗ, tiến hành xác định chi phí lao động và giá trị CO_2 giảm phát thải ở các bể chứa này.

Ghi chép thời gian, số lao động trong thu thập số liệu và lấy mẫu ở các bể chứa thảm mục, gỗ chết và đất (thực vật ngoài gỗ trong khu vực nghiên cứu không đáng kể nên không thu thập số liệu). Hao phí thời gian lao động ở 39 điểm nghiên cứu cho 4 loại ô, theo từng bể chứa ngoài gỗ tổng hợp trong Phụ lục 17.

- Thu thập và phân tích số liệu các bể chứa carbon ngoài gỗ để tính carbon và giá trị CO_2 do giảm phát thải:

Thu thập mẫu và xác định carbon hữu cơ trong đất (SOC): Tại vị trí tâm của ô mẫu hình tròn (lấy chung cho các loại ô mẫu), lấy mẫu đất bằng ống dung trọng, ống thứ nhất ký hiệu m1, được lấy ở tầng đất 0 - 10 cm, ống thứ 2, ký hiệu m2, lấy ở tầng đất từ 20 - 30 cm. Cân khối lượng tươi của đất cho từng ống dung trọng, toàn bộ mẫu đất tươi của hai ống dung trọng sẽ được đưa về

phòng thí nghiệm sấy khô xác định khối lượng m (g) và phân tích hàm lượng %C trong đất (39 mẫu) theo phương pháp Walkley Black.

Lượng carbon hữu cơ trong đất (SOC) được tính theo công thức (Bảo Huy, 2013 [8]):

$$\text{SOC (tấn/ha)} = \rho \times d \times \%C \times 100 \quad (2.16)$$

Trong đó: ρ là dung trọng đất (g/cm^3) = m đất khô (g) / V đất tươi (cm^3) (là thể tích của 2 ống dung trọng = $50 \times 2 = 100 \text{ cm}^3$); d : bề dày tầng đất lấy mẫu tính SOC là 30 cm theo IPCC (2006) [52]; %C là % hàm lượng C hữu cơ trong đất.

- Thu thập và xác định sinh khối trong gỗ chết:

Gỗ chết bao gồm cây chết nằm và cây chết đứng. Đối với cây chết nằm thì đo đường kính giữa (D_g) và đo chiều dài (L); đối với cây chết đứng chỉ đo đường kính tại vị trí 1,3 m và ghi chú vào cột chiều dài là cây chết đứng. Lấy mẫu gỗ chết 300 g cho mỗi ô, mẫu được lấy rải đều ở 3 cấp kính, lấy từ tâm ô ra. Diện tích đo gỗ chết được xác định theo các dạng ô mẫu: Ô tròn phân tầng 500 m^2 đo trên diện tích 125 m^2 ở 1/4 ô hướng đông bắc; ô tròn phân tầng 1.000 m^2 đo trên diện tích 250 m^2 ở 1/4 ô hướng đông bắc; ô chữ nhật phân tầng 500 m^2 đo trên diện tích 125 m^2 ở góc dưới bên phải của ô; ô chữ nhật phân tầng 1.000 m^2 đo trên diện tích 250 m^2 ở góc dưới bên phải của ô.

Sinh khối gỗ chết = V gỗ chết $\times$ WD gỗ chết; trong đó WD = m (khối lượng khô của mẫu (g) / V mẫu tươi (cm^3)). Từ diện tích lấy mẫu quy ra sinh khối/ha của gỗ chết.

- Thu thập và xác định sinh khối trong thảm mục:

Thu thập số liệu và tính sinh khối trong thảm mục gồm lá hoa quả, thân, cành mục có đường kính từ 2 mm đến < 10 cm. Cân khối lượng thảm mục trên

4 ô mẫu phụ đặt ở 4 hướng, mỗi ô là 50 cm × 50 cm. Lấy mẫu 100 g cho mỗi ô. Mẫu được sấy khô trong phòng thí nghiệm để xác định tỷ lệ khô/tươi, suy ra sinh khối khô của thảm mục cho ô và ha.

Tính hàm lượng carbon ở các bề chứa = Sinh khối khô × 0,47 (IPCC, 2006) [52].

Lượng CO₂ tương đương = 3,67 × C

Kết quả xử lý và tính sinh khối, carbon của các bề chứa ngoài gỗ của các loại ô mẫu trên 39 điểm ở Phụ lục 18.

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:

- Kế thừa các bước tiến hành PCM trên thế giới và trong nước (Huy et al., 2013 [48]);
- Lựa chọn các bước, phương pháp, công cụ thích hợp với cộng đồng dân tộc thiểu số. Các phương pháp công cụ này đạt độ tin cậy và có hiệu quả chi phí;
- 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 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

Trong PCM, người dân có thể đo đạc chính xác các chỉ tiêu rừng đơn giản như đường kính ngang ngực (D) (Bảo Huy, 2012 [7]; Huy et al., 2013 [48]), tổng tiết diện ngang (G) hoặc đo cao (H) 3 cây ở một cấp kính đại diện (Kết quả đánh giá ở mục 3.2.3.1). Để chuyển đổi từ dữ liệu đo đạc bởi cộng đồng sang sinh khối, carbon và lượng CO₂ tương đương thì cần có các mô hình ước tính sinh khối của cây gỗ và lâm phần với biến số đầu vào đơn giản như D, G và theo cấp chiều cao H.

3.1.1 Lựa chọn phương pháp thiết lập mô hình

Một cách phổ biến, mô hình sinh trắc (mô hình ước tính sinh khối, carbon rừng thông qua các biến số điều tra cây cá thể hoặc lâm phần) thường được ước lượng theo phương pháp tuyến tính hóa dạng logarit hoặc phi tuyến tính (Picard et al., 2012 [67]; Chave et al., 2014 [28]).

Trong nghiên cứu này, hai phương pháp ước lượng tham số của hàm power đã được đánh giá, đó là phương pháp bình phương tối thiểu thông qua tuyến tính hóa nhờ hàm logarit và phương pháp phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số; sử dụng chỉ số Furnival's Index (FI) để so sánh hai phương pháp; kết quả thể hiện ở Bảng 3.1. Đã kiểm tra đối với mô hình sinh khối trên và dưới mặt đất (AGB và BGB) với biến số đầu vào D hoặc D và H như là biến riêng lẻ hoặc tổ hợp biến D²H. Với phương pháp ước lượng hàm bằng phương pháp phi tuyến Maximum Likelihood với trọng số 1/D^k đã có chỉ số FI bé hơn rất nhiều so với phương pháp tuyến tính hóa bình phương tối thiểu không có trọng số. Chứng tỏ phương pháp Maximum Likelihood đã nắn chỉnh mô hình phù hợp hơn với số liệu sinh khối quan sát, đặc biệt là khi áp dụng

biên trọng số $1/D$ đã làm giảm sai số trung phương ở các cấp D lớn, nơi mà sinh khối rất biến động. Kết quả này cũng phù hợp với công bố của Huy et al., (2016a) [49] khi lập mô hình AGB cho vùng sinh thái Việt Nam. Từ kết quả này, sử dụng phương pháp phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số để thiết lập các mô hình sinh khối cây rừng và lâm phần.

Bảng 3.1: Sử dụng chỉ số Furnival's Index 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	$1/D^k$	0,799	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	$1/D^2H^k$	0,907	0,021
	$BGB = a \times (D^2H)^b$	0,883	2,6	$1/D^k$	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

Ghi chú: FI là Furnival's Index. Nhóm biến số: $D^2H = D (cm)^2 \times H (m)$; k là hệ số của hàm phương sai.

Về phương pháp thiết lập mô hình ước tính sinh khối, hầu hết đều áp dụng mô hình power theo cách tuyến tính hóa bằng hàm logarit và áp dụng phương pháp bình phương tối thiểu để ước lượng và đánh giá các tham số của mô hình (Brown, 1997 [19]; IPCC, 2003 [51]; Võ Đại Hải và Đặng Thịnh Triều, 2012 [5]; Bảo Huy, 2013 [8]; Huỳnh Nhân Trí, 2014 [13]). Trong khi đó phương pháp ước lượng trực tiếp mô hình phi tuyến tính có trọng số đã chỉ ra độ tin cậy cao hơn phương pháp tuyến tính hóa do nắn chỉnh mô hình phù hợp với sự phân tán dữ liệu quan sát AGB khi D tăng (Sola et al., 2014a,b [82, 83]; Bảo Huy, 2016 [10]; Huy et al., 2016a,b [49, 47]). Kết quả của đề tài khẳng định kết luận này, có nghĩa mô hình sinh khối sẽ có độ tin cậy cao hơn khi áp dụng phương pháp phi tuyến Maximum Likelihood có trọng số.

Luận án sử dụng phương pháp này để thiết lập các mô hình AGB, BGB theo biến đầu vào đơn giản mà cộng đồng có thể đo đạc chính xác.

3.1.2 Mô hình AGB

Để áp dụng với dữ liệu do cộng đồng cung cấp, mô hình AGB chỉ có biến số độc lập đơn giản là D , mô hình có thêm biến số H chỉ để làm cơ sở cho việc nâng cao độ tin cậy của ước tính AGB thông qua cấp chiều cao (cấp H). Bảng 3.2 là kết quả so sánh để lựa chọn và thẩm định chéo các mô hình AGB với biến số đầu vào khác nhau gồm D , D và H hoặc tổ hợp biến D^2H ; đồng thời để thử nâng cao độ tin cậy ước tính AGB, đã xem xét ảnh hưởng ngẫu nhiên (random effect) của biến số tổng tiết diện ngang lâm phần (G), thông qua chương trình nlme trong R, tức là giả định rằng có sự ảnh hưởng của G đến mô hình AGB theo biến D . Việc lựa chọn mô hình cho từng nhóm biến số đầu vào chủ yếu dựa vào giá trị AIC được tính trung bình từ 200 lần rút 70% mẫu ngẫu nhiên (AIC càng nhỏ độ tin cậy càng cao).

Kết quả đối với một biến số D thì mô hình lựa chọn là $AGB = a \times D^b$ và đối với hai biến D và H thì mô hình tổ hợp biến $AGB = a \times (D^2H)^b$ được lựa chọn. Các sai số trung bình (Bias%, RMSPE, MAPE%) từ 200 lần rút 30% mẫu ngẫu nhiên của các mô hình được lựa chọn này cũng bé hơn các mô hình khác. Hình 3.1 biểu diễn phân bố Bias% của 200 lần rút ngẫu nhiên 30% thẩm định và đường ước tính AGB so với 30% dữ liệu thẩm định chéo không tham gia lập mô hình của hai mô hình lựa chọn. Đồ thị cho thấy Bias% phân bố tiệm cận chuẩn, chúng tỏ với 200 lần rút 30% mẫu ngẫu nhiên độc lập để đánh giá đã phản ánh tốt sai số của mô hình (không bị sai lệch sai số) và đồ thị ước tính AGB bám sát 30% giá trị quan sát được rút mẫu ngẫu nhiên và không tham gia lập mô hình AGB, cho thấy mô hình có độ chính xác tốt.

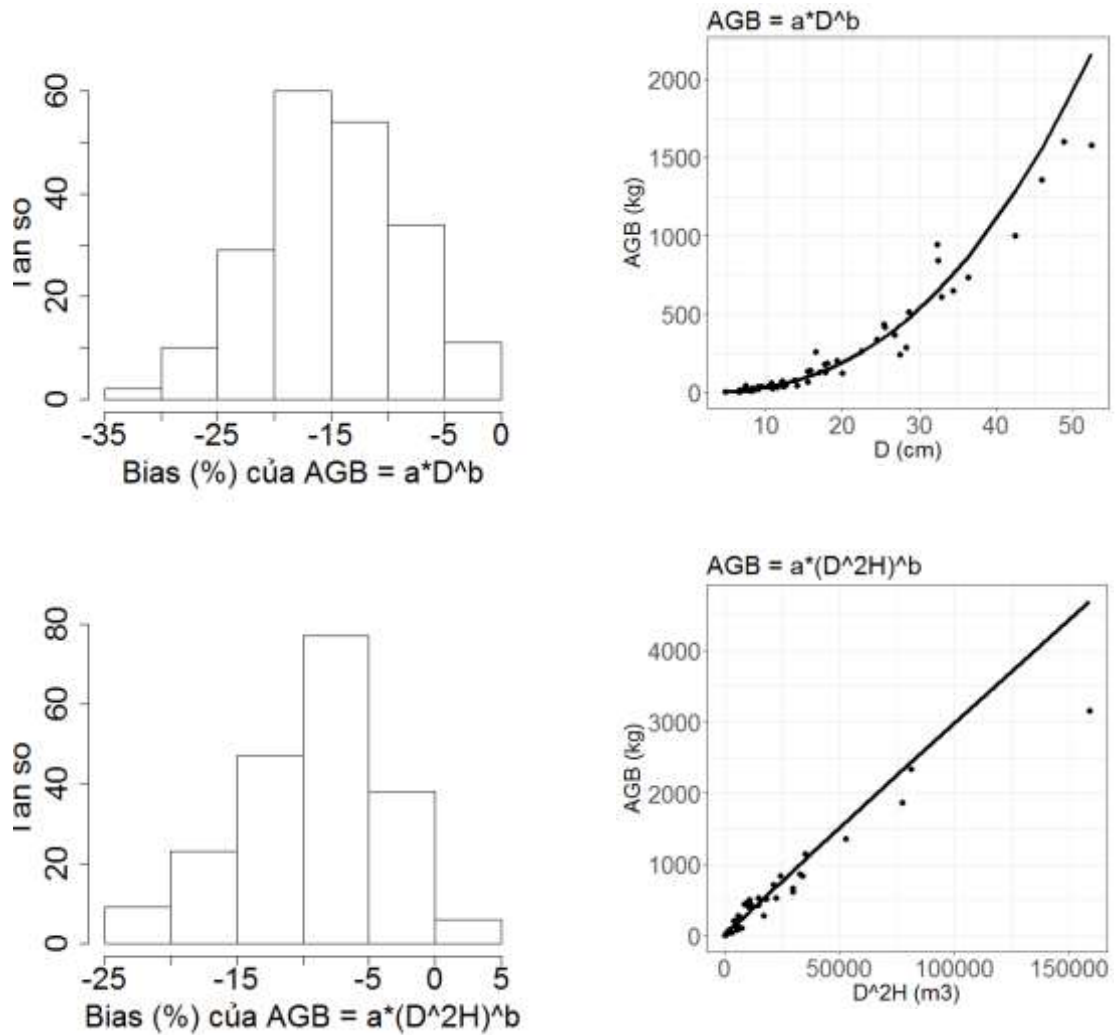
Trong khi đó hầu hết các mô hình sinh trắc hiện có cho rừng nhiệt đới (Brown, 1997 [19]; IPCC, 2003 [51]; Chave et al, 2005, 2014 [27, 28]) hoặc ở Việt Nam (Võ Đại Hải và Đặng Thịnh Triều, 2012 [5]; Bảo Huy, 2013 [8]) đều chưa có giải pháp sử dụng dữ liệu tối ưu để lập và đánh giá sai số khách quan theo phương pháp thẩm định chéo sai số (Cross Validation). Kết quả này phù hợp với kết quả thẩm định chéo mô hình ước tính sinh khối của Huy et al., (2016a,b) [49, 47].

Các mô hình lựa chọn với biến số đầu vào D hoặc D²H cũng được xem xét ảnh hưởng của các cấp G khác nhau từ các lâm phần có sinh khối, trữ lượng rừng khác nhau. Các chỉ số AIC và các sai số trung bình từ 200 lần đánh giá của mô hình có G không được cải thiện rõ rệt; có nghĩa thay đổi cấp G không làm thay đổi có ý nghĩa các tham số của mô hình.

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 H) ^k	1.452	0,911	43,8	-11,8	29,7

(*) Mô hình lựa chọn theo biến số đầu vào. k là hệ số của hàm phương sai. Giá trị thống kê, sai số được tính trung bình từ 200 lần rút mẫu ngẫu nhiên để lập mô hình (70% dữ liệu tính các chỉ tiêu so sánh mô hình AIC và R²) và đánh giá mô hình (30% dữ liệu tính các sai số RMSE%, Bias% và MAPE%)



Hình 3.1: Mô hình AGB lựa chọn với biến số đầu vào khác nhau: Phân bố %Bias của 200 lần thẩm định (trái), mô hình AGB lựa chọn so với 30% dữ liệu thẩm định chéo được rút mẫu ngẫu nhiên (phải)

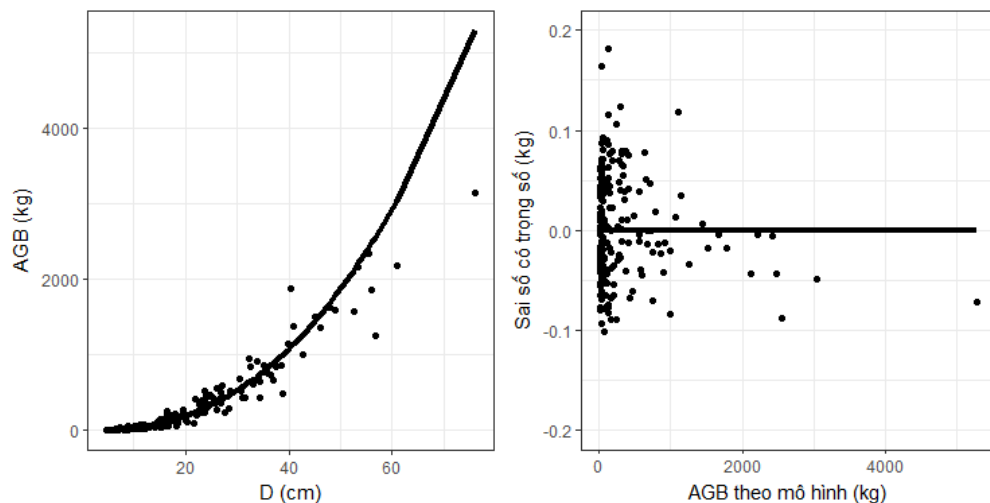
Đối với mô hình AGB, sử dụng mô hình có hai biến số dạng tổ hợp biến D^2H sẽ nâng cao độ tin cậy so với một biến D , tuy nhiên việc đo cao là khó chính xác đối với cộng đồng. Do đó mô hình có biến H chỉ được sử dụng để thay đổi tham số theo cấp H của lâm phần nhằm nâng cao độ tin cậy khi ước tính AGB 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 của các mô hình lựa chọn. Kết quả ở Bảng 3.3.

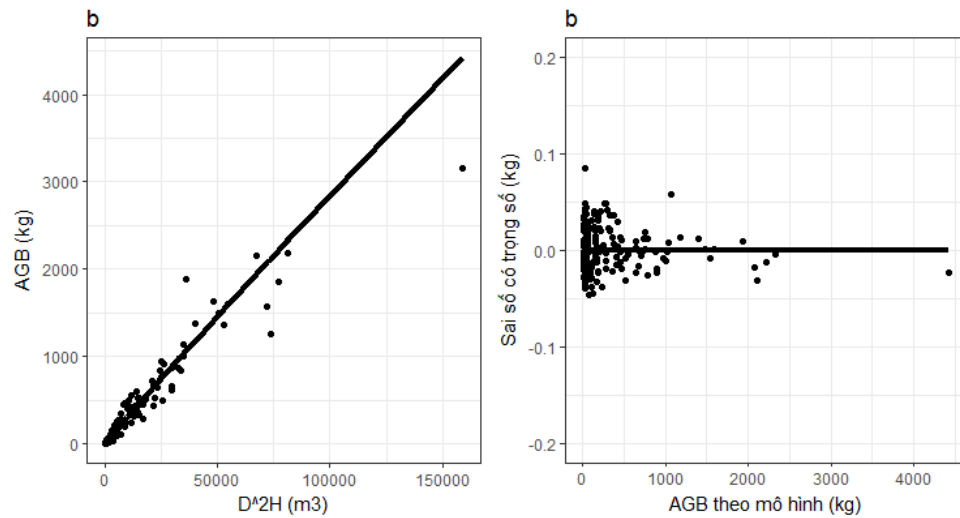
Bảng 3.3: Tham số của mô hình AGB lựa chọn với các biến số đầu vào khác nhau, trên cơ sở toàn bộ dữ liệu

Biến đầu vào	Mô hình lựa chọn	Tham số		Sai số tiêu chuẩn của tham số	
		a	b	a	b
D	$AGB = a \times D^b$	0,114691	2,479829	0,011816	0,03677
D+H	$AGB = a \times (D^2H)^b$	0,044343	0,961302	0,004636	0,01269

Ghi chú: Các tham số đều có mức ý nghĩa $P\text{-value} < 0,0001$.

Nhìn vào biến động sai số AGB có trọng số ở Hình 3.2 cho thấy mô hình có hai biến số dạng D^2H có sai số bé hơn rất nhiều so với một biến số D, vì vậy cần đưa biến H thông qua cấp H vào mô hình AGB để tăng độ tin cậy. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu của Chave et al., (2014) [28]; Sola et al., (2014a) [82]. Huy et al., (2016a,b) [49, 47] chỉ ra rằng khi gia tăng biến số của mô hình chỉ với một biến D với các biến như H, khối lượng thể tích gỗ (WD) hoặc diện tích tán lá (CA) sẽ làm giảm sai số các mô hình sinh khối. Tuy nhiên trong trường hợp dữ liệu đầu vào từ cộng đồng nếu có quá nhiều biến số sẽ dẫn đến sai số đo tính cao hơn và một số biến số cộng đồng không thể tiếp cận được.





Hình 3.2: Trái: Ước tính AGB qua mô hình lựa chọn so với quan sát, Phải: Sai số có trọng số theo AGB ước tính qua mô hình. a) Mô hình $AGB = a \times D^b$; b) Mô hình $AGB = a \times (D^2H)^b$

3.1.3 Mô hình 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 [98]). Trong khi có rất nhiều mô hình sinh khối cây rừng trên mặt đất (AGB) cho các hệ sinh thái rừng khác nhau, thì mô hình sinh khối cây rừng dưới mặt đất (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. Tuy vậy, đối với chương trình REDD, ước tính được cả sinh khối cây rừng trên và dưới mặt đất là rất có giá trị để gia tăng lượng carbon trong thiết lập tín chỉ.

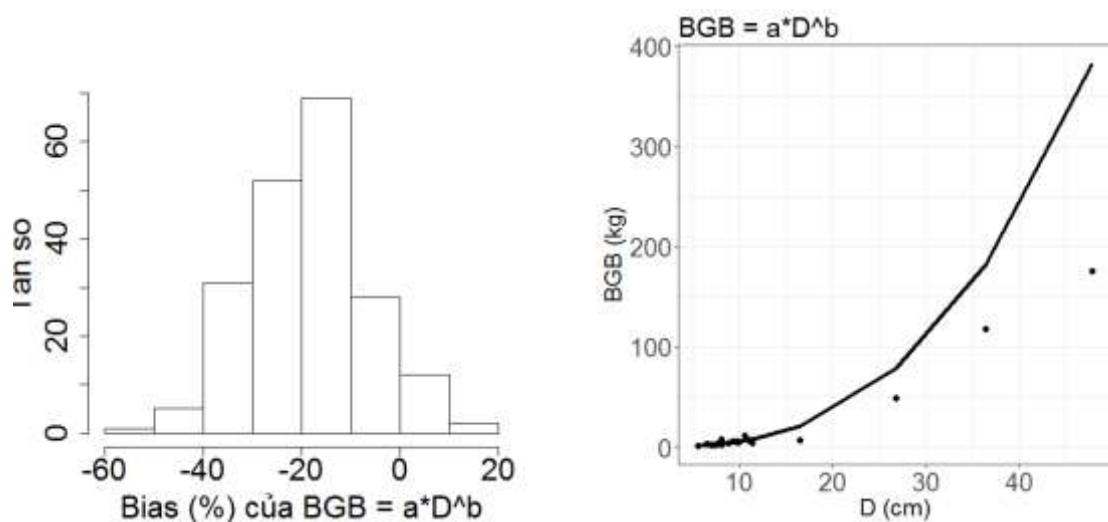
Mô hình BGB cũng được lựa chọn và đánh giá theo phương pháp tương tự như mô hình AGB nói trên. Kết quả từ Bảng 3.4 mô hình BGB có độ tin cậy và sai số bé nhất với chỉ một biến số đầu vào D, cấp G cũng ảnh hưởng không có ý nghĩa đến các tham số của các mô hình. Vì vậy đối với mô hình BGB ứng dụng dữ liệu đầu vào của cộng đồng thì mô hình một biến số D là tối ưu, không có ảnh hưởng của G và không cần phân cấp H để xác định BGB. Hình 3.3 là

phân bố Bias% từ 200 lần đánh giá và giá trị ước tính BGB từ D so với giá trị đánh giá rút mẫu ngẫu nhiên.

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	$BGB = a \times (D^2 H)^b$	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
	$BGB = a \times (D^2 H)^b$	Cấp G	$1/(D^2 H)^k$	311	0,459	60,7	-22,9	45,5

(*) Mô hình lựa chọn theo biến số đầu vào. k là hệ số của hàm phương sai. Giá trị thống kê và sai số được tính trung bình từ 200 lần rút mẫu ngẫu nhiên để lập mô hình (70% dữ liệu tính các chỉ tiêu so sánh mô hình AIC và R²) và đánh giá mô hình (30% dữ liệu tính các sai số RMSE%, Bias và MAPE)



Hình 3.3: Mô hình BGB lựa chọn với biến số đầu vào D: Phân bố % Bias của 200 lần thẩm định (trái), mô hình ước tính BGB so với 30% dữ liệu thẩm định được rút mẫu ngẫu nhiên (phải)

Sau khi lựa chọn và đánh giá, sử dụng toàn bộ số liệu để ước lượng các tham số của các mô hình BGB lựa chọn theo một biến số D; kết quả ở Bảng 3.5 và Hình 3.4. Mô hình BGB chỉ một biến số D là thích hợp với dữ liệu đo đạc của cộng đồng. Kết quả này cũng phù hợp với Bảo Huy (2013) [8] và Huỳnh Nhân Trí (2014) [13].

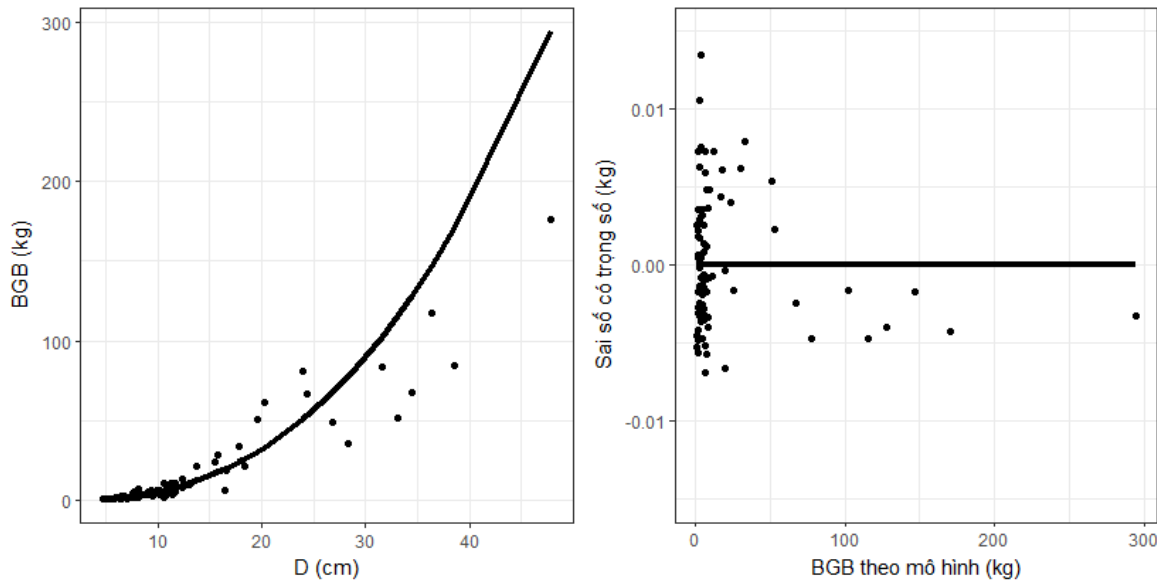
Kết quả này đóng góp cho thiết lập mô hình BGB – hiện tại rất hiếm và thiếu cho ước tính sinh khối rừng cây rừng (Nam et al., 2016 [62]; Yuen et al., 2013 [101]; Ziegler et al., 2012 [102]). Đặc biệt đối với rừng nhiệt đới Đông Nam Á trong đó có Việt Nam, thì cho đến nay chỉ có vài công trình công bố mô hình BGB (Võ Đại Hải và Đặng Thịnh Triều (2012) [5]; Bảo Huy (2013) [8]; Huỳnh Nhân Trí (2014) [13] và Nam et al., 2016 [62]); tuy vậy các mô hình của các tác giả trước đây chưa được thiết lập với phương pháp phi tuyến Maximum Likelihood có trọng số và cũng chưa áp dụng thẩm định chéo sai số bằng dữ liệu độc lập, khách quan. Hiện tại các mô hình BGB chủ yếu cho vùng nam đến trung tâm châu Mỹ (Hertel et al., 2009 [42]).

Kết quả nghiên cứu của luận án này cho thấy các biến số ảnh hưởng đến BGB ở Tây Nguyên là phù hợp với kết luận của Cairns et al., (1997) [25] trong thiết lập các mô hình sinh khối rừng cây rừng ở các khu rừng vùng cao trên thế giới, tác giả đã kết luận BGB có quan hệ chặt chẽ với đường kính ngang ngực (D), quan hệ yếu với khối lượng thể tích gỗ (WD) và hầu như không thấy quan hệ với biến số chiều cao (H).

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-value < 0,0001.



Hình 3.4: Mô hình $BGB = a \times D^b$: Trái BGB theo mô hình so với quan sát; Phải: Sai số có trọng số theo BGB ước tính qua mô hình.

3.1.4 Mô hình AGB theo cấp H

Như các nghiên cứu đã chỉ ra, mô hình ước tính sinh khối cây rừng trên mặt đất (AGB) chỉ có độ tin cậy cao khi bao gồm nhiều biến số đầu vào như là D, H, WD và CA (Bảo Huy, 2016 [10]; Huỳnh Nhân Trí, 2014 [13]; Huy et al., 2016a,b [49, 49]). Vì vậy mô hình AGB chỉ với một biến D đầu vào sẽ cho độ tin cậy thấp, trong khi đó cộng đồng khó có thể đo lường và cung cấp chính xác đối với các biến số như H, WD hoặc CA.

Kết quả trên cho thấy mô hình ước tính AGB theo tổ hợp hai biến D^2H sẽ cho độ tin cậy cao hơn mô hình chỉ có một biến số đầu vào D. Tuy nhiên nếu cộng đồng đo cao (H) cho toàn bộ số cây trong ô mẫu sẽ mắc sai số lớn do phải đo quá nhiều cây và tán cây thường bị che khuất. Vì vậy giải pháp để nâng cao độ tin cậy là lập mô hình AGB theo D và thay đổi các tham số mô hình theo cấp H. Có nghĩa là cộng đồng chỉ cần được tập huấn để đo cao chính xác 3 cây trong một cấp kính đại diện, lúc đó việc đo cao sẽ giảm sai số do số lượng cây

đo rất nhỏ (3 cây) và những cây này sẽ được lựa chọn ở vị trí dễ quan sát ngọn cây.

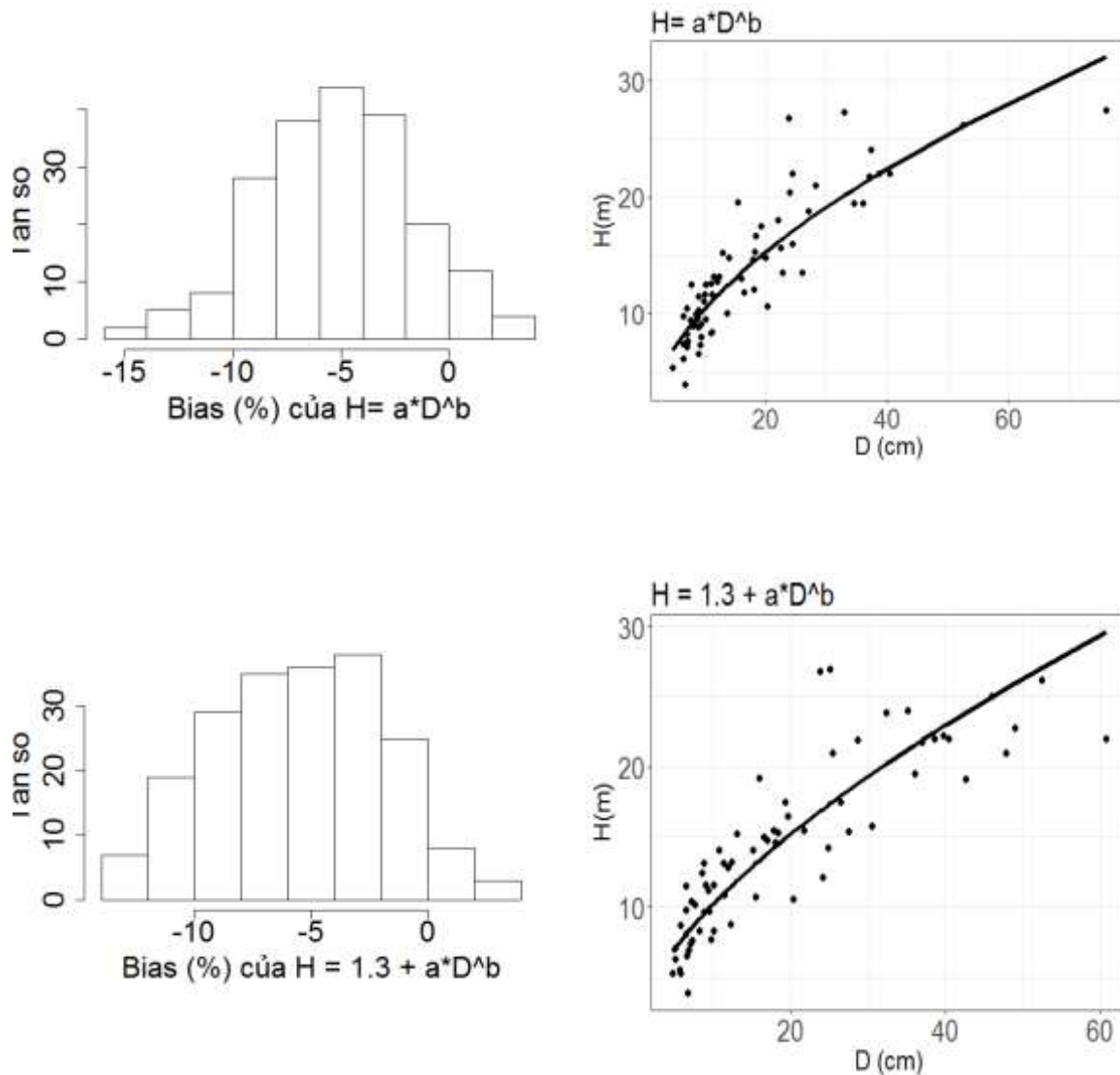
Với tiếp cận như vậy, trước hết lập mô hình quan hệ $H = f(D)$ và phân chia theo cấp H, sau đó thay biến H trong mô hình $AGB = a \times D^2H$ bằng mô hình $H = f(D)$ theo cấp H, sẽ có mô hình AGB theo một biến số D nhưng có tham số thay đổi theo cấp H.

Hàm mũ được sử dụng vì nó là phổ biến trong thiết lập mối quan hệ H/D (Temesgen et al., 2014 [89]). Thử nghiệm mô hình quan hệ H/D dạng mũ có hay không có hằng số 1,3m. Kết quả ở Hình 3.5 và Bảng 3.6 cho thấy cả hai mô hình đều cho kết quả thống kê và thẩm định sai số gần như nhau. Do vậy mô hình lựa chọn là mô hình power đơn giản hơn, không có hằng số 1,3m.

Bảng 3.6: So sánh và thẩm định chéo mô hình quan hệ $H = f(D)$

Mô hình	Trọng số	AIC	Adj. R^2	RMSE%	Bias%	MAPE%
$H = a \times D^b(*)$	$1/D^k$	748	0,740	27,0	-5,5	18,1
$H = 1,3 + a \times D^b$	$1/D^k$	749	0,734	26,9	-4,9	18,2

(*) Mô hình lựa chọn. k là hệ số của hàm phương sai. Giá trị thống kê được tính trung bình từ 200 lần rút mẫu ngẫu nhiên để lập mô hình (70% dữ liệu tính các chỉ tiêu so sánh mô hình AIC và R^2) và đánh giá mô hình (30% dữ liệu tính các sai số RMSE%, Bias và MAPE)



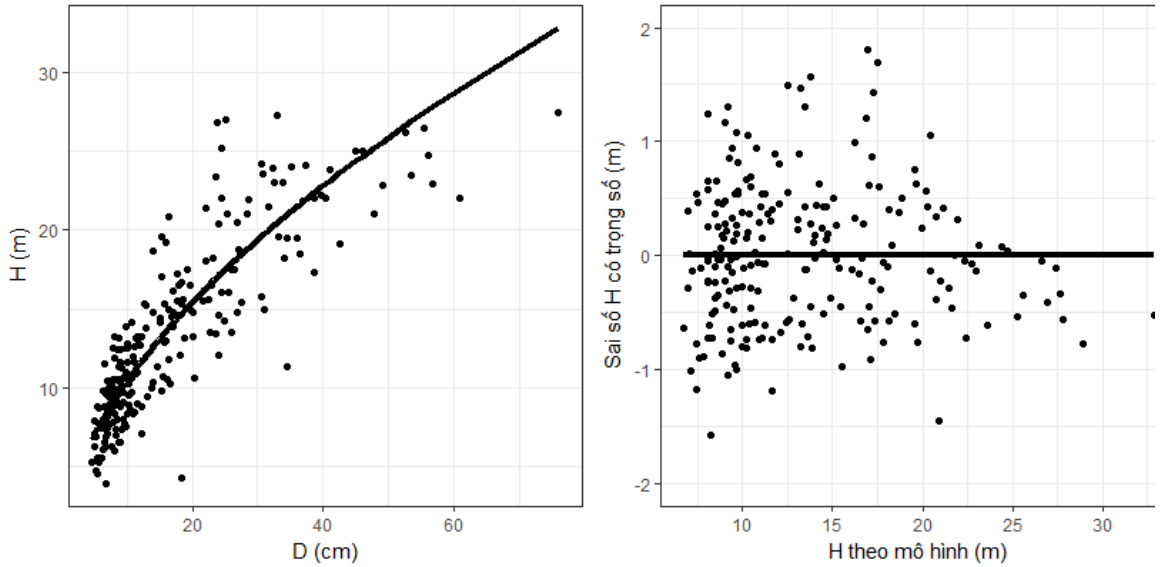
Hình 3.5: Mô hình $H = f(D)$ khác nhau hằng số 1.3. Phân bố % Bias của 200 lần thẩm định (trái), mô hình H so với 30% dữ liệu thẩm định được rút mẫu ngẫu nhiên (phải)

Sau khi đánh giá, sử dụng toàn bộ số liệu để ước lượng các tham số của các mô hình lựa chọn H/D , kết quả ở Bảng 3.7 và Hình 3.6.

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 $P\text{-value} < 0,0001$.



Hình 3.6: Mô hình $H = a \times D^b$: Trái: H theo mô hình so với quan sát; Phải: Sai số có trọng số theo H ước tính qua mô hình.

Từ mô hình H/D lựa chọn, phân chia mô hình theo 3 cấp chiều cao: Khảo sát biến động H ở cấp $D = 30 - 40$ cm, trung bình là 35 cm. Kết quả có $\bar{H} = 20,7$ m và độ lệch chuẩn $S = 3,77$ m. Xác định biến động của H trong cấp kính 35 cm theo quy luật $\pm 2S$ ứng với dữ liệu nằm trong phân bố chuẩn với độ tin cậy 95%. Chia biến động H thành ba cấp. Kết quả có chiều cao chỉ thị S_i chỉ thị cho 3 cấp H_i ở cấp kính trung bình 35 cm là: $S_{26} = 26$ m, $S_{21} = 21$ m và $S_{16} = 16$ m. Thay đổi tham số a_i và cố định b của hàm mũ cho cấp H_i : $a_i = S_i / 35^{0,568826}$. Kết quả cho các tham số a_i : $a_1 = 3,409200$, $a_2 = 2,743552$ và $a_3 = 2,077904$

Phương trình quan hệ $H = a_i \times D^b$ theo 3 cấp H_i :

$$\text{Cấp H 1 với } S_{26}: H = 3,409200 \times D^{0,568826} \quad (3.1)$$

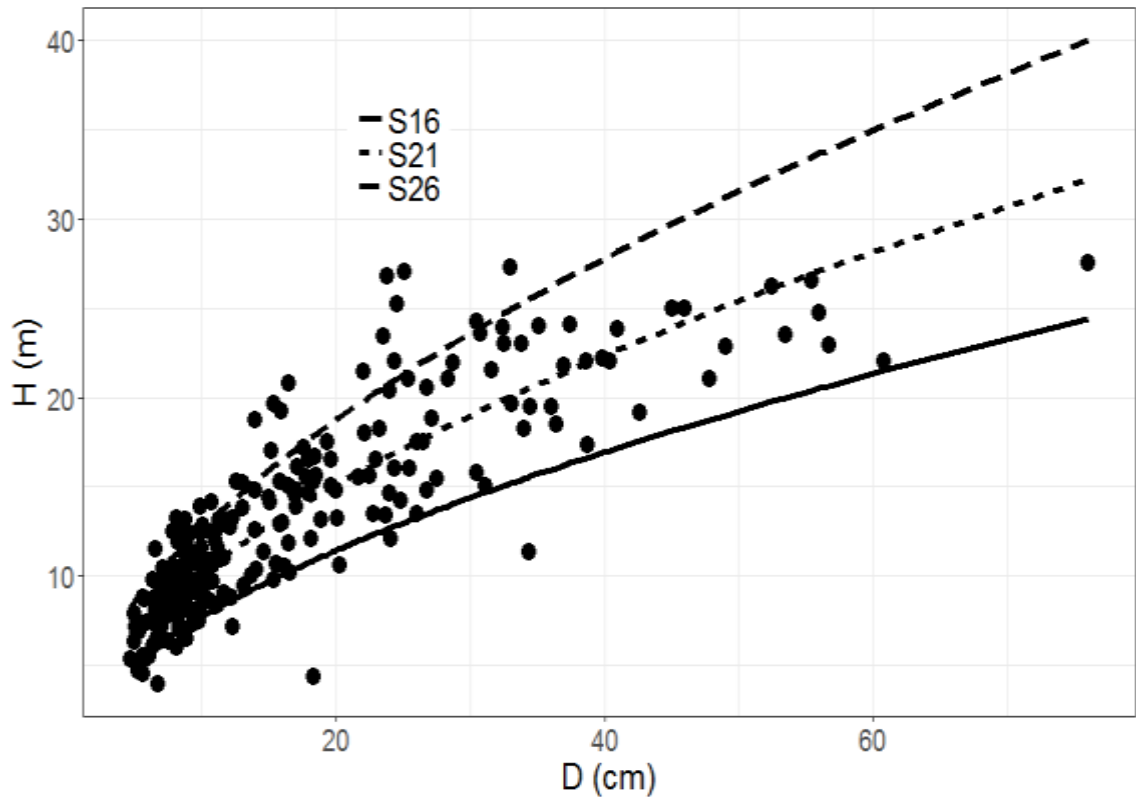
$$\text{Cấp H 2 với } S_{21}: H = 2,743552 \times D^{0,568826} \quad (3.2)$$

$$\text{Cấp H 3 với } S_{16}: H = 2,077904 \times D^{0,568826} \quad (3.3)$$

Trong thực tế để xác định chiều cao chỉ thị cấp H_i là S_i , tiến hành đo H và D khoảng 3 cây trong một cấp kính đại diện của lâm phần, sau đó tính trung

bình có $\bar{H}_i$ và $\bar{D}_i$. Chiều cao chỉ thị S_i tại $D = 35$ cm của lâm phần điều tra sẽ được tính toán theo công thức sau:

$$S_i = \bar{H}_i \times (35 / \bar{D}_i)^{0,568826} \quad (3.4)$$



Hình 3.7: Mô hình quan hệ $H = f(D)$ trung bình của ba cấp H với chiều cao chỉ thị S_i so với dữ liệu quan sát

Hình 3.7 biểu diễn mô hình $H_i = a_i \times D^b$ theo ba cấp có chiều cao chỉ thị khác nhau S_i . Hình này cho thấy việc phân chia 3 cấp H là phù hợp, các đường cong H/D phủ khá kín đám mây điểm quan sát thực tế H/D .

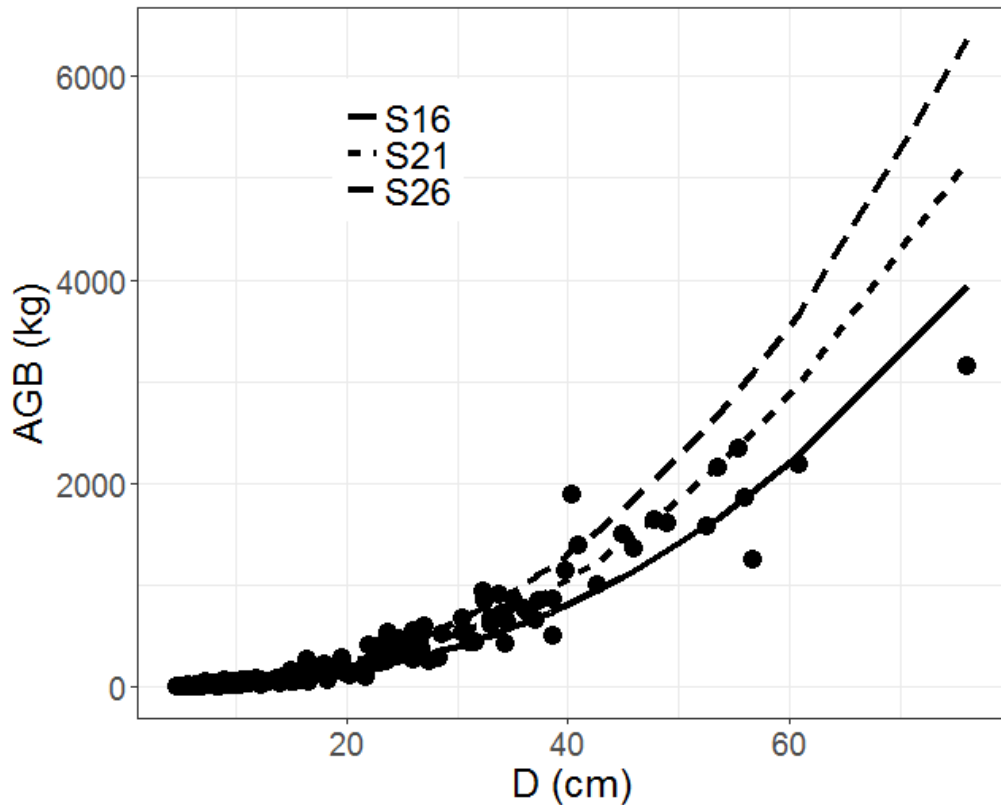
Thế các mô hình $H_i = a_i \times D^b$ theo 3 cấp chiều cao chỉ thị S_i vào biến H mô hình $AGB = a \times D^2H$ sẽ có được mô hình AGB với một biến số D và tham số a_i thay đổi theo chiều cao chỉ thị S_i : $AGB = a_i \times D^b$:

$$\text{Cấp H 1: } S_{26}: \quad AGB = 0,144171 \times D^{2,469418} \quad (3.5)$$

$$\text{Cấp H 2: } S_{21}: \quad AGB = 0,116997 \times D^{2,469418} \quad (3.6)$$

Cấp H 3: S_{16} : $AGB = 0,089569 \times D^{2,469418}$ (3.7)

Các mô hình trên giúp cho việc nâng cao độ tin cậy ước tính AGB chỉ với một biến số D được cộng đồng thu thập. Trong thực tế không cần đo H toàn bộ, chỉ cần xác định cấp H_i qua chiều cao chỉ thị S_i để lựa chọn mô hình thích hợp nhờ đo cao 3 cây ở một cấp kính đại diện trong lâm phần điều tra. Kết quả ở Hình 3.8 chỉ ra mô hình ước tính AGB theo một biến số đầu vào của cộng đồng là D nhưng được phân chia thành ba cấp chiều cao chỉ thị S_i sẽ nâng cao độ chính xác rõ rệt vì các đường cong này bao phủ hầu như toàn bộ dữ liệu AGB quan sát theo cấp D.



Hình 3.8: Đồ thị ước lượng AGB theo một biến số D và ba cấp chiều cao chỉ thị S_i (với chiều cao chỉ thị cho ba cấp từ thấp đến cao là S_{16} , S_{21} , 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

Với cùng bộ dữ liệu 222 cây mẫu ở vùng Tây Nguyên, các tác giả khác nhau đã áp dụng cùng dạng mô hình là hàm power nhưng sử dụng phương pháp thiết lập mô hình AGB và BGB khác nhau theo các biến số đầu vào như sau:

i) Đối với mô hình $AGB = f(D)$:

Bảo Huy (2013) [8] đã áp dụng phương pháp tuyến tính hóa bình phương tối thiểu, có mô hình:

$$\log(AGB) = -2,23927 + 2,49596 \times \log(D) \quad (3.1)$$

Huỳnh Nhân Trí (2014) [13] sử dụng phương pháp tuyến tính hóa bình phương tối thiểu có trọng số $Weight = 1/D$, với mô hình:

$$\log(AGB) = -2,25438 + 2,49193 \times \log(D) \quad (3.2)$$

Kết quả từ đề tài này áp dụng phương pháp phi tuyến Maximum Likelihood có trọng số $Weight = 1/D^k$, với mô hình:

$$AGB = 0,11469 \times D^{2,47983} \quad (3.3)$$

ii) Đối với mô hình $AGB = f(D, H)$:

Bảo Huy (2013) [8] đã áp dụng phương pháp tuyến tính hóa bình phương tối thiểu, có mô hình:

$$\log(AGB) = -2,97660 + 0,53579 \times \log(D) + 0,75932 \times \log(D^2H) \quad (3.4)$$

Huỳnh Nhân Trí (2014) [13] sử dụng phương pháp tuyến tính hóa bình phương tối thiểu có trọng số $Weight = 1/D$, với mô hình:

$$\log(\text{AGB}) = -3,07831 + 2,01893 \times \log(D) + 0,8262 \times \log(H) \quad (3.5)$$

Kết quả từ đề tài này áp dụng phương pháp phi tuyến Maximum Likelihood có trọng số $\text{Weight} = 1/(D^2H)^k$, với mô hình:

$$\text{AGB} = 0,04434 \times (D^2H)^{0,96130} \quad (3.6)$$

iii) Đối với mô hình $\text{BGB} = f(D)$:

Bảo Huy (2013) [8] đã áp dụng phương pháp tuyến tính hóa bình phương tối thiểu, có mô hình:

$$\log(\text{BGB}) = -3,73687 + 2,32102 \times \log(D) \quad (3.7)$$

Huỳnh Nhân Trí (2014) [13] sử dụng phương pháp tuyến tính hóa bình phương tối thiểu có trọng số $\text{Weight} = 1/D$, với mô hình:

$$\log(\text{BGB}) = -3,86955 + 2,409 \times \log(D) \quad (3.8)$$

Kết quả từ đề tài này áp dụng phương pháp phi tuyến Maximum Likelihood có trọng số $\text{Weight} = 1/(D^2H)^k$, với mô hình:

$$\text{BGB} = 0,01531 \times D^{2,55095} \quad (3.9)$$

Đã đánh giá các mô hình ước tính AGB, BGB của một số tác giả khác nhau nói trên với các mô hình thiết lập trong nghiên cứu này nhằm để chỉ ra phương pháp nào có độ tin cậy tốt hơn. Trong các mô hình đã thiết lập vừa trình bày, do có sự khác nhau về biến Y (ví dụ AGB hoặc $\log(\text{AGB})$) thì không thể sử dụng các tiêu chuẩn thống kê so sánh các hàm thông dụng như hệ số xác định R^2 , AIC hoặc các sai số như Bias, MAPE và RMSE; trong khi đó chỉ số Furnival's Index (1961) (FI) là một chỉ tiêu thích hợp để so sánh các mô hình với các biến Y khác nhau. Về bản chất, chỉ số FI có quan hệ thuận và chặt chẽ với sai số trung phương RMSE (công thức 2.1 và 2.2), và khi mô hình nào có

chỉ số FI càng bé có nghĩa là sai số càng nhỏ và đó là mô hình có độ tin cậy tốt hơn.

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 (Weight)	Adj. R²	FI
AGB = f(D)	<i>Nghiên cứu này (2017):</i> $AGB = 0,11469 \times D^{2,47983}$	Phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số	1/D ^k	0,799	0,054
	<i>Bảo Huy (2013):</i> $\log(AGB) = -2,23927 + 2,49596 \times \log(D)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu không trọng số	-	0,950	27,3
	<i>Huỳnh Nhân Trí (2014):</i> $\log(AGB) = -2,25438 + 2,49193 \times \log(D)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu có trọng số	1/D	0,926	27,3
AGB = f(D, H)	<i>Nghiên cứu này (2017):</i> $AGB = 0,04434 \times (D^2H)^{0,96130}$	Phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số	1/(D ² H) ^k	0,907	0,021
	<i>Bảo Huy (2013):</i> $\log(AGB) = -2,97660 + 0,53579 \times \log(D) + 0,75932 \times \log(D^2H)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu không trọng số	-	0,958	27,3
	<i>Huỳnh Nhân Trí (2014):</i> $\log(AGB) = -3,07831 + 2,01893 \times \log(D) + 0,8262 \times \log(H)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu có trọng số	1/D	0,938	24,7
BGB = f(D)	<i>Nghiên cứu này (2017):</i> $BGB = 0,01531 \times D^{2,55095}$	Phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số	1/D ^k	0,484	0,004
	<i>Bảo Huy (2013):</i> $\log(BGB) = -3,73687 + 2,32102 \times \log(D)$	Tuyến tính bình phương tối thiểu không trọng số	-	0,901	2,4
	<i>Huỳnh Nhân Trí (2014):</i> $\log(BGB) = -3,86955 + 2,409 \times \log(D)$	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, log(.): hàm logarit nepper.

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) [8] và Huỳnh Nhân Trí (2014) [13]. Phát hiện này cho thấy mô hình sinh khối cây rừng thiết lập theo phương

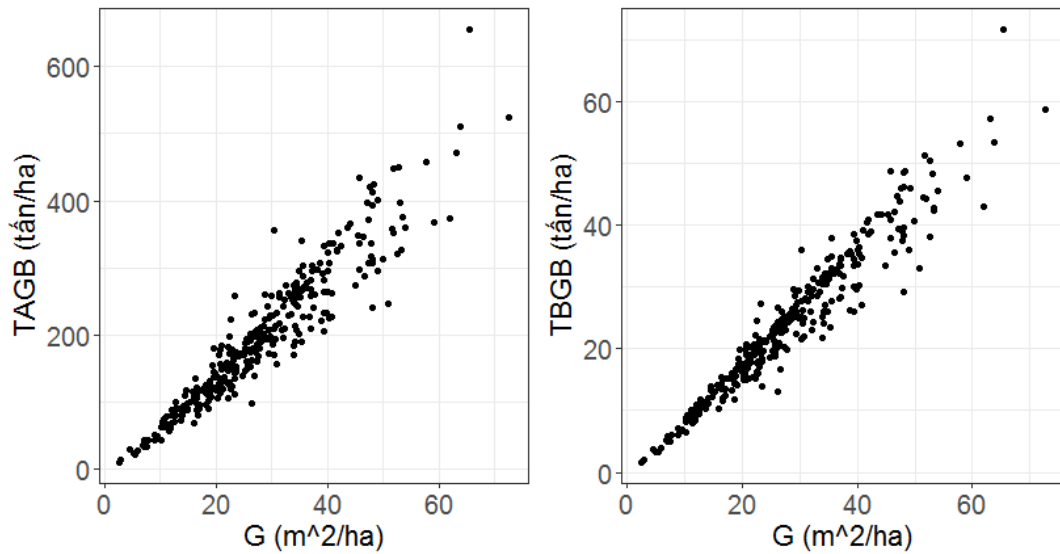
pháp phi tuyến Maximum Likelihood có trọng số được thực hiện trong luận án này đã nâng cao độ tin cậy của mô hình rõ rệt; điều này cũng phù hợp với kết luận của Huy et al., (2016a) [49]. Từ kết quả này cũng chỉ ra rằng không thể dùng hệ số xác định R^2 để so sánh các mô hình khác nhau về biến số Y (nguyên thủy và đã đổi biến), có nhiều trường hợp R^2 lớn hơn rất nhiều nhưng chỉ số FI cũng rất lớn (sai số lớn), vì vậy nếu lựa chọn hàm theo theo R^2 thì mô hình sẽ có độ tin cậy thấp hơn (Picard et al., 2012 [67]).

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

Mô hình ước tính sinh khối, carbon trên và dưới mặt đất (TAGB, TBGB) ở mức lâm phần còn rất hạn chế, chỉ có của Bảo Huy (2013) [8] và Huỳnh Nhân Trí (2014) [13]; tuy vậy các mô hình này lập theo phương pháp logarit tuyến tính hóa bình phương tối thiểu và cũng chưa áp dụng thẩm định chéo để cung cấp sai số khách quan.

Nghiên cứu này thiết lập mô hình ước tính sinh khối lâm phần trên và dưới mặt đất (TAGB và TBGB, tấn/ha) áp dụng biến số đầu vào lâm phần có thể thu thập bởi cộng đồng. Cộng đồng có thể đo đặc tổng tiết diện ngang (G, m^2/ha) bằng dụng cụ Bitterlich, mỗi vị trí đo 3 điểm và tính trung bình. Vì vậy biến số đầu vào lâm phần được lựa chọn trong mô hình là tổng tiết diện ngang (G, m^2/ha).

Hình 3.9 cho thấy xu hướng quan hệ giữa TAGB và TBGB theo G. Quan hệ có xu thế đường thẳng hoặc dạng mũ, vì vậy các dạng mô hình được thử nghiệm để lựa chọn bao gồm hàm tuyến tính và power. Ngoài ra nhìn vào các đồ thị này thấy rằng TAGB và TBGB biến động càng cao khi G tăng, vì vậy phương pháp phi tuyến Maximum Likelihood có trọng số đã được áp dụng để làm giảm sai số ước tính TAGB và TBGB khi cấp G tăng.



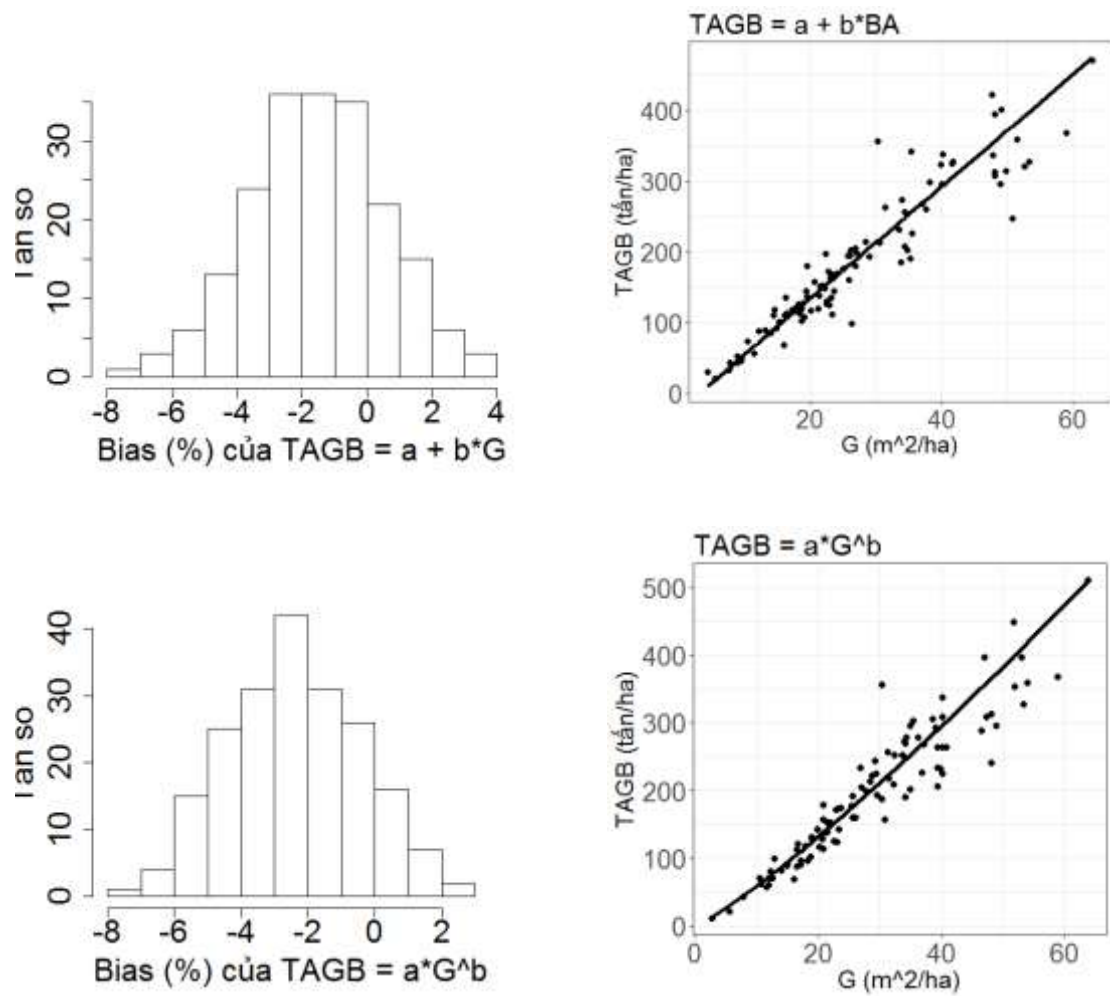
Hình 3.9: Đám mây điểm quan sát quan hệ TAGB – G (Trái) và TBGB – G (Phải)

Kết quả ở Bảng 3.9 cho thấy các mô hình dạng power: $TAGB = a \times G^b$ và $TBGB = a \times G^b$ được lựa chọn vì có chỉ số AIC trung bình của 200 lần rút mẫu tính toán từ 70% dữ liệu bé hơn mô hình tuyến tính. Sai số trung bình từ 200 lần rút mẫu 30% dữ liệu không tham gia lập mô hình cho thấy các mô hình ước tính sinh khối của lâm phần có sai số nhỏ, MAPE từ 9,1 - 12,4%. Hình 3.10 và Hình 3.11 trình diễn phân bố chuẩn của Bias% của 200 lần đánh giá ngẫu nhiên và giá trị ước tính TAGB/TBGB từ các mô hình so với từ 30% dữ liệu đánh giá không tham gia lập mô hình.

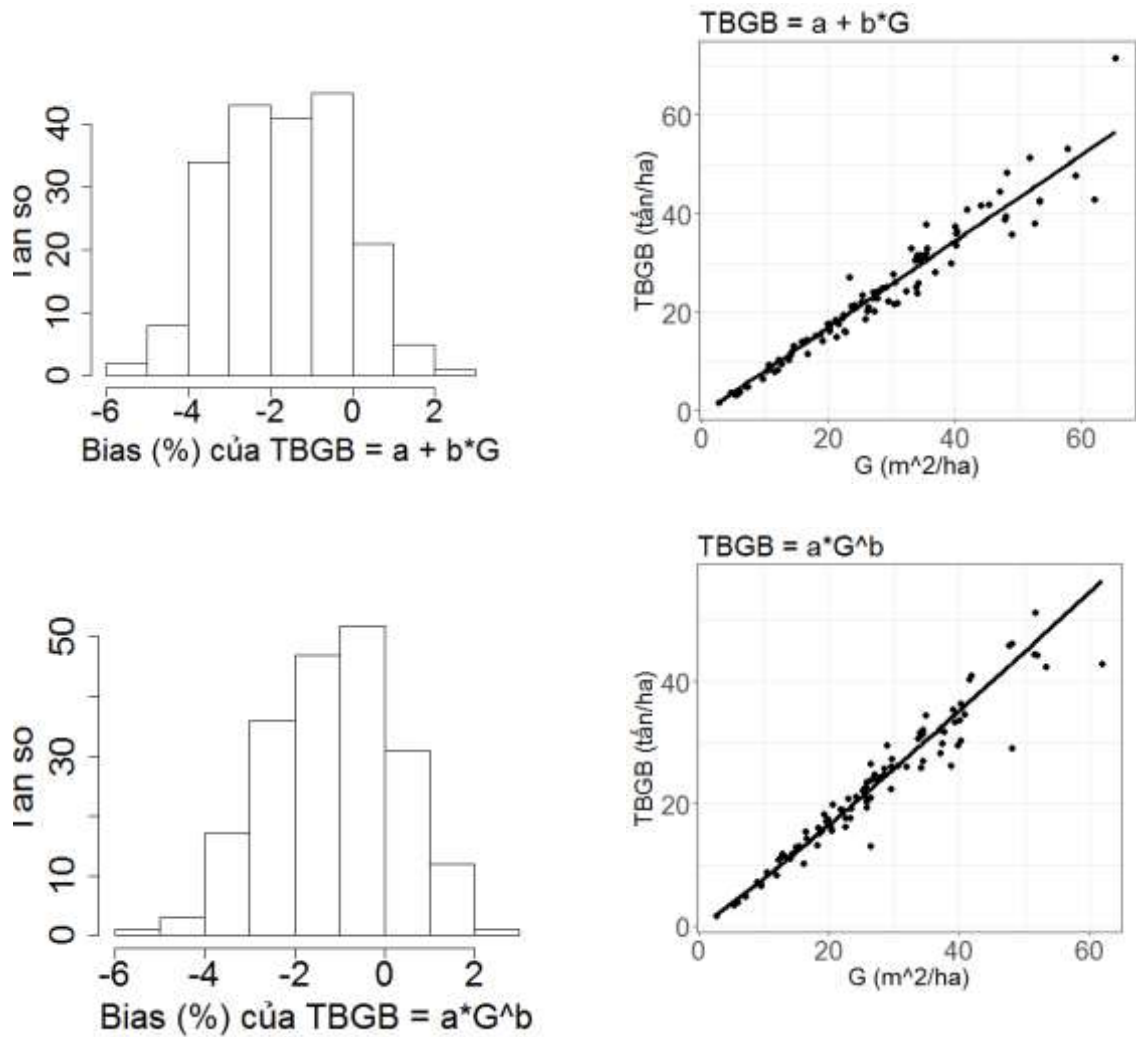
Bảng 3.9: So sánh và thẩm định chéo mô hình ước tính TAGB và TBGB theo G

Mô hình	Trọng số	AIC	Adj. R ²	RMSE %	Bias %	MAPE %
$TAGB = a + b G$		2.230	0,891	17,9	-1,8	13,0
$TAGB = a \times G^b$ (*)	$1/G^k$	2.127	0,887	16,2	-2,1	12,4
$TBGB = a + b G$		1.145	0,93	12,4	-1,8	9,1
$TBGB = a \times G^b$ (*)	$1/G^k$	1.032	0,925	12,2	-1,3	9,1

(*) Mô hình lựa chọn. k là hệ số của hàm phương sai. Giá trị thống kê và sai số được tính trung bình từ 200 lần rút mẫu ngẫu nhiên để lập mô hình (70% dữ liệu tính các chỉ tiêu so sánh mô hình AIC và R²) và đánh giá mô hình (30% dữ liệu tính các sai số RMSE%, Bias và MAPE)



Hình 3.10: Phân bố %Bias của 200 lần thẩm định (trái). Các mô hình $TAGB = f(G)$ so với 30% dữ liệu thẩm định được rút mẫu ngẫu nhiên (phải)



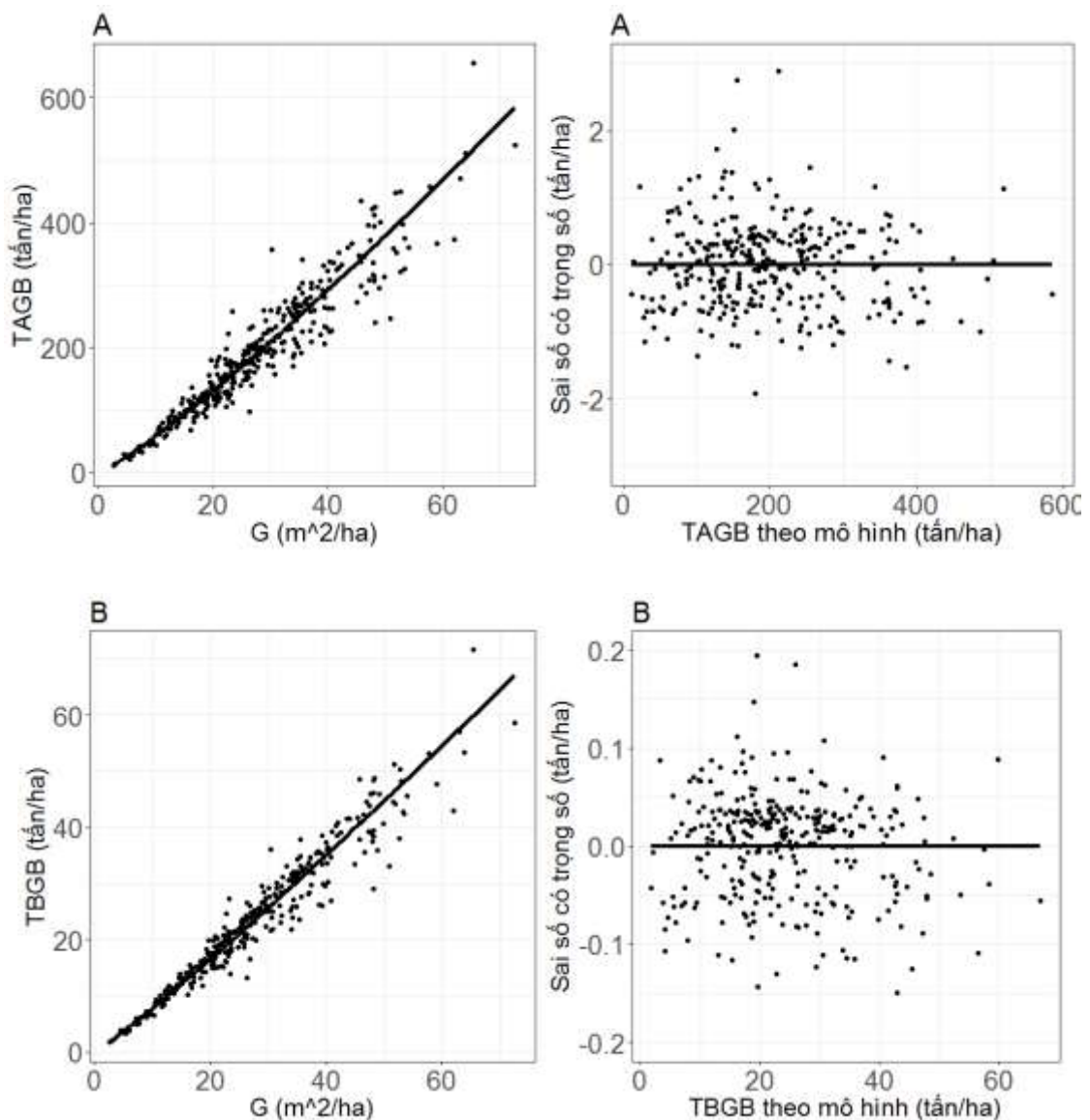
Hình 3.11: Phân bố % Bias của 200 lần thử định (trái). Mô hình $TBGB = f(G)$ so với 30% dữ liệu thử định được rút mẫu ngẫu nhiên (phải)

Các tham số của các mô hình sinh khối lâm phần lựa chọn được ước tính từ toàn bộ số liệu; kết quả thể hiện ở Bảng 3.10. Hình 3.12 trình diễn mô hình mũ ước tính TAGB và TBGB theo G so với toàn bộ dữ liệu; và biến động sai số của mô hình có trọng số theo giá trị sinh khối lâm phần ước tính.

Bảng 3.10: Tham số của mô hình TAGB và 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 $P\text{-value} < 0,001$.



Hình 3.12: Trái: Mô hình so với toàn bộ dữ liệu quan sát, Phải: Sai số có trọng số theo ước tính qua mô hình. A) Mô hình $TAGB = a \times G^b$; B) Mô hình $TBGB = a \times G^b$

Sai số khi ứng dụng các mô hình sinh khối lâm phần (TAGB và TBGB) theo G còn bao gồm sai số sử dụng các mô hình sinh khối cây cá thể. Có nghĩa là nếu sử dụng mô hình ước tính sinh khối lâm phần sẽ mắc sai số cao hơn so với sử dụng mô hình sinh khối của cây. Tuy nhiên sai số tích lũy thêm khi sử dụng các mô hình lâm phần là 10% có thể chấp nhận được trong trường hợp không có yêu cầu độ chính xác quá cao; việc đo đặc biến số G khá đơn giản, ít tốn kém. Điều này cũng đồng nhất với kết luận của Torres và Lovett (2013)

[92] khi sử dụng G làm biến đầu vào cho mô hình ước tính sinh khối và carbon lâm phần ở Mexico, nó giúp làm giảm khối lượng điều tra hiện trường rất lớn so với sử dụng mô hình sinh khối cây cá thể.

Tổng quát lại cho thấy mô hình ước tính sinh khối cây rừng trên mặt đất (AGB) cho rừng lá rộng thường xanh với một biến số đầu vào đơn giản là D cũng đã được xây dựng cho cả vùng rừng nhiệt đới (pantropic) (Brown, 1997 [19]; IPCC, 2003 [51]), hoặc cụ thể cho vùng Tây Nguyên (Võ Đại Hải và Đặng Thịnh Triều, 2012 [5]; Bảo Huy, 2013 [8]; Huỳnh Nhân Trí, 2014 [13]), hoặc cho các vùng sinh thái của Việt Nam trong đó có Tây Nguyên (Phuong et al., 2012 [66]; Huy et al., 2016b [47]). Trong khi đó sinh khối rễ cây rừng là một bộ phận rất quan trọng trong chu trình carbon rừng (Vogt et al., 1996 [98]) nhưng mô hình ước tính sinh khối cây rừng dưới mặt đất (BGB) rất ít được lập do việc thu thập dữ liệu sinh khối rễ cây quá khó khăn, tốn kém và mô hình này cho thấy có quan hệ chặt với biến đơn giản là D . Riêng mô hình ước tính sinh khối của lâm phần trên và dưới mặt đất (TAGB, TBGB) cũng bắt đầu được thiết lập với các biến số độc lập ảnh hưởng như tổng tiết diện ngang (G), trữ lượng rừng (M) và mật độ (N) (Bảo Huy, 2013 [8]; Huỳnh Nhân Trí, 2014 [13]).

Tuy vậy, hầu hết các mô hình trước đây chủ yếu sử dụng phương pháp ước lượng bình phương tối thiểu với hàm mũ được tuyến tính bằng hàm logarit và chưa có nhiều công trình thử nghiệm phương pháp phi tuyến tính Maximum Likelihood có trọng số để nắn chỉnh mô hình phù hợp với sự phân tán dữ liệu quan sát AGB khi D tăng (Sola et al., 2014a,b [83, 84]; Huy et al., 2016a,b [49, 47]).

Ngoài ra, hầu hết các mô hình ước tính sinh khối, carbon đã công bố ở Việt Nam đều chưa có giải pháp sử dụng dữ liệu tối ưu để lập, thẩm định và

đánh giá khách quan để chỉ ra sai số của các mô hình với biến số đầu vào khác nhau (ngoại trừ công bố gần đây của Bảo Huy, 2016 [10]; Huy et al., 2016b [47]), tuy nhiên các mô hình này cũng chưa có giải pháp nâng cao độ tin cậy khi chỉ với một biến đầu vào là D.

Trong khi đó các mô hình ước tính sinh khối thiết lập trong nghiên cứu này đã đóng góp và cải thiện những vấn đề chính như sau:

- Đã có so sánh đánh giá giữa hai phương pháp ước lượng mô hình là logarit hóa bình phương tối thiểu với phương pháp phi tuyến tính hợp lý cực đại (Maximum Likelihood) và chỉ ra phương pháp Maximum Likelihood có trọng số sẽ ước lượng các mô hình có độ tin cậy cao hơn nhiều. Vì vậy các mô hình ước tính sinh khối lập trong nghiên cứu này được cập nhật phương pháp mới là theo phương pháp Maximum Likelihood có trọng số.
- Mô hình ước tính AGB theo biến số đơn giản là D mà cộng đồng có thể đo đạc chính xác cũng được cải thiện độ tin cậy khi phân chia mô hình này theo các cấp chiều cao (H), hay còn gọi là theo chỉ thị lập địa S_i . Trong khi đó để xác định S_i thì chỉ cần đo cao chính xác khoảng 3 - 5 cây ở một cấp kính đại diện cho lâm phần.
- Mô hình ước tính BGB khẳng định có quan hệ chặt với D, kết quả này là phù hợp vì biến số đầu vào D là biến số mà cộng đồng có khả năng đo đạc chính xác.
- Đã thiết lập các mô hình ước tính sinh khối lâm phần TAGB và TBGB có quan hệ với nhân tố tổng hợp lâm phần là G; đồng thời G cũng có thể thu thập bởi cộng đồng có độ tin cậy bằng thước Bitterlich.
- Mô hình cho vùng sinh thái, địa phương giúp cải thiện độ tin cậy: Các mô hình chung cho rừng nhiệt đới đã được thiết lập (Brown, 1997 [19]; IPCC, 2003 [51]), nhưng có khả năng dẫn đến sai số hệ thống lên đến 400% khi áp dụng cho tiểu vùng sinh thái cụ thể như Tây Nguyên (Jara et al., 2015 [54]) và

Chave et al., 2014 [28]). Vì vậy, đề tài này đã phát triển các mô hình sinh trắc cho vùng Tây Nguyên nhằm cải thiện độ tin cậy, điều này phù hợp với ý kiến của Temesgen et al., (2007, 2015) [88, 87] là cần phát triển các mô hình sinh khối có tính đến sự ảnh hưởng của vùng sinh thái và các nhân tố lâm phần ảnh hưởng. Tương tự, Huy et al., (2016a) [49] cũng đã chứng minh mô hình cho từng vùng sinh thái đã cải thiện rõ rệt độ tin cậy khi so với áp dụng mô hình chung vùng nhiệt đới; trong đó mô hình lập cho địa phương đã giảm sai số trung phương tương đối (RMSE%) đến 10%.

- 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, và việc này được lặp lại cho đến khi các loại sai số có phân bố chuẩn ứng với 200 lần rút mẫu. Có nghĩa là sai số trung bình với 200 lần đánh giá ngẫu nhiên của các mô hình công bố trong nghiên cứu này là khách quan. Kết quả này khắc phục hạn chế cách đánh giá sai số mô hình truyền thống trước đây, đó là phân chia dữ liệu làm hai phần lập mô hình và đánh giá hoặc thu thập mẫu độc lập để đánh giá, cách làm như vậy chỉ đánh giá được sai số đối với dữ liệu được chọn để đánh giá, nếu phân chia lại dữ liệu lập và đánh giá mô hình, hoặc rút mẫu đánh giá độc lập khác sẽ cho sai số khác. Trong khi đó sai số trung bình theo phương pháp thẩm định chéo áp dụng trong nghiên cứu này là phù hợp trong mọi dữ liệu đã có hoặc dữ liệu rút độc lập.

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 đánh giá, so sánh việc nhận dạng trạng thái rừng của cộng đồng Châu Mạ ở các vị trí có trạng thái rừng khác nhau 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 Nông nghiệp và Phát triển nông thôn về Quy định tiêu chí xác định và phân loại rừng và được tổng hợp trong Bảng 3.11.

Phân chia cấp trữ lượng rừng là phức tạp và cộng đồng chưa thể xác định được. Tuy nhiên với kết quả nói trên thì cộng đồng đã phân chia rừng lá rộng thường xanh ở Tây Nguyên thành 3 loại 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.

Bảng 3.11: So sánh nhận dạng trạng thái rừng của cộng đồng với trạng thái, cấp trữ lượng rừng hiện hành cho rừng lá rộng thường xanh

Stt	Tên gọi trạng thái rừng của cộng đồng	Mô tả của cộng đồng	Cấp M theo thông tư 34	So sánh
1	Rừng già (Pri Rlau)	Rừng có nhiều cây to, lâu năm, ít bị chặt phá, tốt	Cấp trữ lượng: rừng rất giàu, rừng giàu	Trạng thái này của cộng đồng là bao gồm các trạng thái rừng giàu, ít bị tác động, có trữ lượng > 200 m ³ /ha
2	Rừng nghèo (Pri Rlố)	Rừng già nhưng đã bị chặt lấy cây to, cây gỗ tốt, còn lại cây xấu	Cấp trữ lượng: rừng trung bình, rừng nghèo	Trạng thái này của cộng đồng bao gồm các trạng thái rừng đã bị tác động ở các mức độ khác nhau, gồm các trạng thái từ trung bình đến non không đều tuổi, ứng với trữ lượng từ 100 – 200 m ³ /ha
3	Rừng non (Pri Rlú)	Rừng tái sinh sau nương rẫy ở các tuổi <15 năm	Cấp trữ lượng: rừng chưa có trữ lượng	Trạng thái này chủ yếu là rừng non sau nương rẫy, ứng với các trạng thái rừng non khác tuổi và đồng tuổi, chưa có trữ lượng

Ghi chú: Cộng đồng nghiên cứu là dân tộc thiểu số Châu Mạ.

Cách phân chia này chưa hoàn toàn đồng nhất trạng thái rừng của Loeschau (1963) và Thông tư 34/2009/TT-BNNPTNT về quy định tiêu chí xác định và phân loại rừng. Tuy nhiên trong thực tế thì giữa rừng rất giàu và rừng giàu, rừng trung bình với rừng nghèo thường đan xen lẫn nhau, khó phân biệt. Do vậy có thể điều chỉnh hoặc đơn giản hóa cấp trữ lượng (M) để phù hợp với khả năng phân biệt của cộng đồng. Đồng thời thực tế rừng lá rộng thường xanh cũng phổ biến ba loại: Rừng giàu, rừng nghèo và non theo đúng như tên gọi của cộng đồng.

Đề nghị trong giám sát thay đổi diện tích trạng thái rừng trong PCM, đơn giản hóa theo 3 kiểu trạng thái này để có thể phân loại rừng dựa vào cộng đồng; nó cũng là cơ sở để phân chia rừng khi giải đoán ảnh vệ tinh để lập bản đồ hiện trạng rừng của các cơ quan chuyên nghiệp.

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

Tiến hành đánh giá cho điểm thao tác sử dụng GPS của từng thành viên cộng đồng tham gia theo hai nội dung: Khoanh vẽ diện tích rừng thay đổi và xác định vị trí ô mẫu ngẫu nhiên trên hiện trường. Có 27 lượt người dân Châu Mạ tham gia đánh giá. Mỗi nội dung được cho điểm theo thang điểm 1-5 (Kém – Rất tốt). Kết quả tính trung bình điểm, hệ số biến động CV%, biến động điểm min – max với độ tin cậy 95% trình bày ở hai bảng Bảng 3.12 và Bảng 3.13.

Kết quả Bảng 3.12 cho thấy kỹ năng vào chức năng track và lưu kết quả đặt tên trong GPS có điểm trung bình thấp nhất, đều là 3,7 (trên mức trung bình). Nguyên nhân được xác định là do giao diện tiếng Anh và menu trên GPS khá phức tạp. Ngược lại, kỹ năng đi đo vẽ có điểm trung bình cao nhất, vì công đoạn này khá phù hợp với năng lực của cộng đồng.

Bảng 3.12: Kết quả đánh giá cho điểm cộng đồng sử dụng GPS khoanh vẽ diện tích rừng thay đổi

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

Ghi chú: Điểm trung bình theo thang điểm 1 (Kém) - 5 (Rất tốt). CV%: Hệ số biến động = $S/\bar{X}$, S: Sai tiêu chuẩn, $\bar{X}$: Trung bình điểm

Với kết quả đánh giá khách quan nói trên, điểm trung bình thấp nhất là 3,7/5 cho tất cả các kỹ năng sử dụng GPS, cho thấy cộng đồng đủ năng lực để tiến hành đo vẽ, giám sát biến động thay đổi diện tích rừng bằng GPS. Tuy nhiên cũng cần lưu ý đến việc tập huấn ban đầu để hỗ trợ nâng cao năng lực cho cộng đồng trong việc sử dụng GPS.

Bảng 3.13: Kết quả đánh giá cho điểm cộng đồng sử dụng GPS xác định vị trí ô mẫu ngẫu nhiên trên hiện trường

Stt	Kỹ năng, hoạt động	Tổng số lượt người	Trung bình điểm	CV%	Biến động	
					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

Ghi chú: Điểm trung bình theo thang điểm 1 (Kém) - 5 (Rất tốt). CV%: Hệ số biến động = $S/\bar{X}$, S: Sai tiêu chuẩn, $\bar{X}$: Trung bình điểm

Để điều tra tài nguyên và carbon rừng, một số lượng ô mẫu ngẫu nhiên được xác định với sai số cho phép và các ô mẫu này được bố trí ngẫu nhiên trên bản đồ phân loại rừng dựa vào một chương trình GIS (ví dụ như ArcGIS). Bản đồ bố trí ô mẫu ngẫu nhiên này cùng với tọa độ của nó cài đặt trong GPS được

chuyển đến cộng đồng tham gia giám sát carbon rừng. Từ đó cộng đồng sử dụng GPS có tọa độ ô mẫu ngẫu nhiên cùng với bản đồ để định vị vị trí các ô trên thực địa để đo tính.

Điểm số trung bình của các kỹ năng xác định tọa độ ô mẫu ngẫu nhiên đạt ở mức khá trở lên (điểm 4,0/5,0 trở lên), trong đó kỹ năng đi đến vị trí ô mẫu có điểm trung bình cao nhất, ngược lại, kỹ năng khởi động máy để vào chức năng Waypoint và kỹ năng tìm số hiệu, mở tọa độ ô mẫu trong GPS có điểm số thấp hơn (điểm 3,7-3,8), với hệ số biến động cao nhất cho thấy kỹ năng này có sự sai khác giữa các thành viên cộng đồng. Từ đó khẳng định cộng đồng có đủ năng lực để xác định vị trí ô mẫu ngẫu nhiên ngoài thực địa bằng GPS với điều kiện đã có sẵn dữ liệu được cài đặt và sự trợ giúp của cán bộ kỹ thuật trong tập huấn hướng dẫn một vài thao tác căn bản trên GPS.

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

Trên thế giới cho đến nay hầu hết việc giám sát rừng thường được thực hiện bởi các cơ quan chuyên nghiệp (Goldsmith, 1991 [39]; Spellerberg, 2005 [84]), vì luôn có định kiến về độ tin cậy của số liệu do cộng đồng đo đạc và cung cấp; nhưng cách tiếp cận này đã bị chỉ trích bởi Sheil (2001) [73]. Vì vậy đã có nhiều nghiên cứu, dự án thúc đẩy và chứng minh độ tin cậy của dữ liệu đo đạc và giám sát rừng bởi cộng đồng (Skutsch et al., 2009b,c [80, 81]).

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

Ba chỉ tiêu đo cây gỗ và đo nhanh lâm phần gồm D, H và G do cộng đồng thực hiện được đánh giá trên cơ sở so sánh sai lệch Bias% so với chuyên viên kỹ thuật. Chỉ tiêu D là bắt buộc để cộng đồng đo cây rừng nhằm quy đổi ra sinh khối, carbon của cây gỗ trên và dưới mặt đất thông qua các mô hình

sinh trắc. Trong khi đó đo cao (H) là hạn chế trong tiếp cận PCM vì sự phức tạp và độ tin cậy của nó, chỉ đo cao 3 cây trong mỗi ô làm cơ sở xác định chỉ số lập địa S_i nhằm nâng cao độ chính xác ước lượng carbon với mô hình ước tính sinh khối chỉ một biến số đầu vào là D. Cuối cùng nhân tố G được đánh giá trong trường hợp sử dụng để điều tra nhanh lâm phần, xác định tổng sinh khối, carbon lâm phần thông qua mô hình có biến số độc lập là G.

Cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật tiến hành đo song song các chỉ tiêu G (m^2/ha) bằng thước Bitterlich, đồng thời lựa chọn 3 cây có đường kính đại diện lâm phần để đo chiều cao (H, m) và đo đường kính ngang ngực (D, cm). Có 39 điểm đánh giá được thực hiện với 3 nhóm cộng đồng và một nhóm chuyên viên kỹ thuật (3 người). Kết quả so sánh Bias% giá trị đo trung bình G, D và H giữa cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật trình bày trong Bảng 3.14.

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 G, D, H ở 39 điểm đánh giá

Chỉ tiêu đo đạc	n, số điểm đánh giá	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%

Kết quả đánh giá trên cho thấy cộng đồng đo D có sai khác khá nhỏ so với chuyên viên kỹ thuật, với Bias = -1,2%. Như vậy cộng đồng tham gia đo đạc và cung cấp dữ liệu D có độ tin cậy. Tiếp đó việc cộng đồng sau khi được tập huấn và sử dụng thước Suunto đo cao có sai lệch so với chuyên viên chuyên nghiệp cao hơn so với D, với Bias là -2,7%. Tuy nhiên, việc đo H ở đây chỉ giới hạn 3 cây tại mỗi điểm/ô, các cây này được lựa chọn đại diện, ngọn cây dễ quan sát, do vậy sẽ có độ tin cậy. Không khuyến khích đo cao toàn bộ số cây có trong ô mẫu, vì sẽ mắc sai số lớn do bị khuất tán. Sai lệch đo G của cộng đồng với nhân viên lâm nghiệp là cao nhất, Bias là -4,1%. Do đó chỉ sử dụng

dữ liệu G trong trường hợp cần ước tính nhanh sinh khối, carbon lâm phần thông qua mô hình với biến độc lập là G.

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.

Giữa số liệu đo đạc bởi cộng đồng với chuyên viên kỹ thuật có sự khác biệt, theo chiều hướng dữ liệu thu thập bởi cộng đồng nhỏ hơn. G (m^2) là chỉ tiêu có biến động lớn nhất với -4,1%, tiếp theo là chiều cao H (m) là -2,7%, thấp nhất là D (cm) có sai số là -1,2%; và tất cả đều nhỏ hơn 5%. Do đó có thể sử dụng ba biến số này được đo đạc bởi cộng đồng để ước tính sinh khối, carbon ở cây gỗ trên và dưới mặt đất thông qua các mô hình sinh trắc.

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 thông qua mô hình sinh trắc đã tính toán sinh khối trên mặt đất AGB, dưới mặt đất BGB và tổng sinh khối TB ở 39 điểm cho 4 kiểu dạng ô mẫu (ô tròn phân tầng 500 m^2 , ô tròn phân tầng 1.000 m^2 , ô chữ nhật phân tầng 500 m^2 , ô chữ nhật phân tầng 1.000 m^2) với dữ liệu từ cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật; và TAGB, TBGB, TB cho 39 điểm Bitterlich.

Tiến hành so sánh sai khác giá trị ước tính tổng sinh khối trên mặt đất cây rừng (TAGB, tấn/ha), tổng sinh khối dưới mặt đất cây rừng (TBGB, tấn/ha) và TB = TAGB + TBGB 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. Kết quả được trình bày ở các Bảng 3.14, Bảng 3.15, Bảng 3.16.

Bảng 3.15: So sánh sai khác kết quả ước tính tổng sinh khối trên mặt đất (TAGB, 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

Điểm, kiểu dạng ô mẫu	TAGB trung bình của 39 ô mẫu (tấn/ha)			P-value theo Wilcoxon	Giả thuyết Ho: Trung vị của hai dãy TAGB của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật là bằng nhau
	Ước tính qua mô hình từ dữ liệu của cộng đồng	Ước tính qua mô hình từ dữ liệu của kỹ thuật	Bias %		
Bitterlich	106,0	110,0	-4,9	0,008	Bác bỏ Ho
Ô tròn phân tầng 500 m ²	229,2	234,1	-3,7	0,276	Chấp nhận Ho
Ô tròn phân tầng 1.000 m ²	224,1	229,0	-3,7	0,255	Chấp nhận Ho
Ô CN phân tầng 500 m ²	220,3	224,8	-3,7	0,279	Chấp nhận Ho
Ô CN phân tầng 1.000 m ²	223,1	228,4	-3,9	0,126	Chấp nhận Ho

Pvalue > 0,05: Chấp nhận Ho, hai mẫu có trung vị không có sự sai khác

Chỉ số Bias% cho thấy hầu hết dữ liệu được đo đếm bởi cộng đồng có xu hướng thấp hơn dữ liệu được thu thập bởi chuyên viên kỹ thuật. Bias% giữa các giá trị so sánh <5%, chấp nhận được.

Kiểm tra bằng tiêu chuẩn phi tham số Wilcoxon đã cho kết quả ước tính TAGB của điểm Bitterlich (Bi) có $P = 0,008 < 0,05$, tức là có sự sai khác đáng kể khi ước lượng TAGB theo G đo bằng thước Bitterlich (biến số đầu vào của mô hình TAGB) được thu thập bởi cộng đồng với dữ liệu của chuyên viên kỹ thuật.

Đối với các loại ô phân tầng khác nhau, kiểm tra Wilcoxon đều có $P > 0,05$, chứng tỏ giá trị ước tính TAGB từ dữ liệu đầu vào của cộng đồng và nhân viên kỹ thuật không có sự khác biệt. Hay nói cách khác, dữ liệu thu thập bởi cộng đồng có độ tin cậy đảm bảo ở các kiểu dạng ô mẫu và phân tầng khác nhau.

Khác với TAGB, Bias% của TBGB ước tính từ dữ liệu cộng đồng và nhân viên kỹ thuật ở các loại ô mẫu phân tầng biến động nhỏ hơn (Bias <1%),

ngoại trừ điểm Bitterlich (Bias = -4,5%). Kết quả kiểm tra bằng tiêu chuẩn phi tham số Wilcoxon cũng cho thấy TBGB ước tính từ dữ liệu của các ô mẫu phân tầng có $P > 0,05$, tức là không có sự khác biệt giữa dữ liệu của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật trong đo tính sinh khối cây rừng dưới mặt đất. Kết quả này cho thấy dữ liệu cộng đồng cung cấp từ 4 kiểu dạng ô mẫu khác nhau ước tính TBGB có độ tin cậy. Riêng đối với TBGB của điểm Bitterlich là có sự sai khác đáng kể giữa cộng đồng và kỹ thuật.

Bảng 3.16: So sánh sai khác kết quả ước tính tổng sinh khối dưới mặt đất (TBGB, 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

Điểm, kiểu dạng ô mẫu	TBGB (tấn/ha) trung bình của 39 điểm lập ô			P-value theo Wilcoxon n	Giả thuyết Ho: Trung vị của hai dãy TBGB của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật là bằng
	Ước tính qua mô hình từ dữ liệu của cộng đồng	Ước tính qua mô hình từ dữ liệu của kỹ	Bias %		
Bitterlich	13,6	14,1	-4,5	0,007	Bác bỏ Ho
Ô tròn phân tầng 500 m ²	36,0	35,9	0,5	0,298	Chấp nhận Ho
Ô tròn phân tầng 1.000 m ²	35,5	35,1	-0,9	0,635	Chấp nhận Ho
Ô chữ nhật phân tầng 500	34,8	34,7	0,5	0,285	Chấp nhận Ho
Ô chữ nhật phân tầng 1.000	35,2	35,2	0,3	0,640	Chấp nhận Ho

P-value > 0,05: Chấp nhận Ho, hai mẫu có trung vị không có sự sai khác

Sau cùng, kết quả so sánh sai lệch theo Bias% và tiêu chuẩn phi tham số Wilcoxon đối với tổng sinh khối trên và dưới mặt đất (TB, tấn/ha) cũng 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 khi ước tính từ dữ liệu cộng đồng và nhân viên kỹ thuật.

Như vậy, kết quả này cho thấy những mối quan ngại cho rằng dữ liệu được thu thập bởi cộng đồng có sai số lớn là thiếu cơ sở khoa học và thực tiễn.

Cộng đồng với kiến thức bản địa và kinh nghiệm quản lý sử dụng tài nguyên truyền thống nếu được hỗ trợ nâng cao năng lực, họ hoàn toàn có thể đảm nhận công việc đo đếm trên hiện trường để có thể ước tính sinh khối, carbon ở hai bể chứa trong cây gỗ phần trên và dưới mặt đất đạt độ tin cậy.

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
	Ước tính qua mô hình từ dữ liệu của cộng đồng	Ước tính qua mô hình từ dữ liệu của chuyên viên	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 chữ nhật phân tầng 500 m ²	255,1	259,5	-3,0	0,276	Chấp nhận Ho
Ô chữ nhật phân tầng 1.000 m ²	258,3	263,6	-3,2	0,118	Chấp nhận Ho

P-value > 0,05: Chấp nhận Ho, hai mẫu có trung vị không có sự sai khác

Kết quả này thống nhất với kết quả nghiên cứu ở nhiều quốc gia đang phát triển như Ấn Độ, Nepal và Tanzania của Skutsch et al., (2009b,c) [80, 81]; sai lệch chỉ biến động từ 1– 7% giữa hai đối tượng đo đặc là cộng đồng và tư vấn chuyên nghiệp. Cũng như kết quả của đề tài này, đây là một sai lệch gần như không đáng kể, do vậy thu hút sự tham gia của cộng đồng trong PCM là có tính thực tiễn và bảo đảm về độ tin cậy trong cung cấp dữ liệu đầu vào ước tính và báo cáo phát thải trong khuôn khổ chương trình UN-REDD theo yêu cầu của IPCC (2003, 2006) [51, 52].

Bên cạnh đó, kết quả cũng cho thấy dùng biến G đo bằng thước Bitterlich để ước tính sinh khối lâm phần (TAGB, TBGB và TB) thông qua các mô hình lâm phần có giá trị sai khác rõ rệt so với sử dụng dữ liệu ô mẫu. Cụ thể, với G bình quân đo bằng Bitterlich biến động từ 16,7 – 17,2 m²/ha (Bảng 3.14) thấp

hơn rất nhiều so với G trung bình trong vùng nghiên cứu là 28,0 m²/ha (Bảng 2.3). Vì vậy đề nghị không sử dụng biến G được đo bằng thước Bitterlich.

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

Như đánh giá trên, sử dụng dữ liệu do cộng đồng thu thập ở cả 04 loại ô mẫu để ước tính sinh khối, kết quả đều cho độ tin cậy xấp xỉ nhau và sai lệch Bias < 5% so với nhân viên kỹ thuật, vì vậy ở đây để tối ưu hóa trong PCM, chỉ cần tiếp tục chọn loại ô đạt hiệu quả về lao động và chi phí trong một khu vực đo tính hấp thụ hoặc phát thải carbon nhất định.

Số ô mẫu được phân bổ theo tỷ lệ diện tích của ba cấp trữ lượng. Diện tích mỗi cấp M trong ba xã nghiên cứu thu thập dựa vào kết quả kiểm kê rừng tỉnh Lâm Đồng năm 2015. Số lượng ô mẫu theo từng kiểu dạng ô được tính dựa vào biến động TAGB và trên tổng diện tích là 26.446,5 ha được phân chia cho 3 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 ba 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 chữ nhật phân tầng 500 m ²	Ô chữ nhật 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

Kết quả nghiên cứu này chỉ ra 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 CV% nhỏ nhất và ổn định so với các ô mẫu dạng khác.

Cùng một diện tích ô mẫu, thì ô hình tròn luôn luôn có số ô cần thiết (cùng sai số 10%) bé hơn. Điều này khẳng định ưu thế của ô hình tròn. Đồng

thời trên thực tế ô tròn cũng dễ lập vì bất đẳng hướng nên không cần sử dụng địa bàn và cải bằng thuận lợi theo từng hướng bán kính và không bị khó khăn như phải khép góc vuông ở các ô như hình vuông và ô chữ nhật.

Đã giám sát số lao động cần có và thời gian tác nghiệp cho từng loại ô, từ đây tính toán được hao phí thời gian lao động trung bình cho mỗi loại ô và tính chi phí. Ở đây tính chi phí thời gian, công và thành tiền chỉ cho thao tác trên mỗi loại ô làm cơ sở cho việc lựa chọn ô mẫu tối ưu đạt hiệu quả chi phí lao động trên toàn khu vực nghiên cứu ở ba xã của huyện Bảo Lâm.

Bảng 3.19: Chi phí trung bình cho việc lập một ô/điểm mẫu đo cây gỗ cho các loại ô khác nhau

Stt	Bể chứa/loại ô	Thời gian trung bình tác nghiệp/ ô (phút)	Số lao động/nhóm	Hao phí công lao động/ô	Đơn giá công VND	Thành tiền (VND/ô, điểm)
1	Gỗ G	22,9	3	0,14	500	71.715
2	Gỗ ô tròn 500 m ²	47,0	5	0,49	500	244.925
3	Gỗ ô tròn 1.000 m ²	56,1	5	0,58	500	292.308
4	Gỗ ô chữ nhật 500 m ²	51,9	5	0,54	500	270.393
5	Gỗ ô chữ nhật 1.000 m ²	65,7	5	0,68	500	342.094

Bảng 3.19 chỉ ra chi phí lao động cho mỗi loại ô mẫu khác nhau. Kết quả cho thấy đo G theo phương pháp Bitterlich có chi phí thấp nhất, tuy nhiên như đã đánh giá, cộng đồng đo G sẽ mắc sai số khá cao và có sự khác biệt rõ so với yêu cầu kỹ thuật, vì vậy chỉ áp dụng trong điều tra nhanh. Riêng đối với các loại ô mẫu, điều hiển nhiên là diện tích ô càng nhỏ khi cùng kiểu dạng sẽ có chi phí lao động thấp hơn. Tuy nhiên khi cùng một diện tích ô mẫu, thì ô tròn có chi phí lao động thấp hơn ô chữ nhật, điều này cho thấy sự thuận tiện của ô bất đẳng hướng (ô hình tròn) khi thao tác trên hiện trường so với ô chữ nhật, đặc biệt là khi lập ô ở những nơi có độ dốc lớn.

Trên cơ sở đơn giá 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 lao động cho 4 kiểu dạng ô mẫu khác nhau (Bảng 3.20).

Kết quả cho thấy, trên diện tích điều tra là 26.446 ha, với sai số rút mẫu $E\% = 10\%$, sử dụng ô mẫu hình tròn phân tầng diện tích 1.000 m² có chi phí lao động là thấp nhất (Bảng 3.20). Ngoài ra ô này có số lượng ô ít nhất cũng sẽ giảm chi phí đi lại, di chuyển giữa các ô mẫu trong rừng so với các loại ô mẫu khác.

Kết quả này đồng nhất với hướng dẫn PCM của Huy et al., (2013) [48], vì vậy khuyến nghị sử dụng ô mẫu hình tròn phân tầng 1.000 m² trong điều tra cây gỗ khi thực hiện PCM.

Cộng đồng tiến hành lập và đo tính trong ô mẫu có giá thành rất thấp, với mỗi ô tròn phân tầng tối đa chỉ là khoảng 300.000 VND/ô. Kết quả này phù hợp nhận định của Guarin và McCall (2010) [40], Skutsch (2011) [78], Skutsch et al., (2009a,b) [79, 80]; theo đó chi phí cho cộng đồng để giám sát rất thấp nếu so với các đoàn điều tra rừng chuyên nghiệp, trong khi đó độ tin cậy của dữ liệu từ cộng đồng không có sự sai biệt. Skutsch et al., (2008, 2009c) [77, 81] cho thấy chi phí trong 4 năm ở bốn cộng đồng và so sánh với chi phí do tư vấn chuyên nghiệp với dữ liệu đầu ra là ước tính sinh khối trên ha rừng; kết quả đã chỉ ra chi phí sẽ giảm rõ rệt khi cộng đồng áp dụng PCM, chỉ chiếm từ 4 – 34% so với cơ quan chuyên nghiệp. Đồng thời nó sẽ giúp tạo ra thêm thu nhập cho cộng đồng nghèo ở các vùng tiếp cận rừng.

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

St t	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	Tròn phân tầng 500 m ²	244.925	94	23.022.950
2	Tròn phân tầng 1.000 m²	292.308	76	22.215.408
3	Chữ nhật phân tầng 500 m ²	270.393	99	26.768.907
4	Chữ nhật phân tầng 1.000 m ²	342.094	97	33.183.118

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 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 này trong PCM hay không. Bảng 3.21 trình bày kết quả tính chi phí lao động trong thu thập dữ liệu các bể ngoài gỗ cho các loại ô mẫu khác nhau và Bảng 3.22 ước tính sinh khối gỗ chết, thảm mục và carbon hữu cơ trong đất (SOC) quy ra hecta cho các loại ô mẫu.

Bảng 3.21: Chi phí lao động trung bình để thu thập dữ liệu trên các bể chứa carbon ngoài gỗ trên mỗi loại ô mẫu

Stt	Bể chứa carbon/loại ô	Thời gian (phút)	Số lao động/nhóm	Hao phí công lao động/ô	Đơn giá công VND	Thành tiền (đồng/ô)
1	Đất	6,5	5	0,068	500	34.054
2	Thảm mục	17,4	5	0,182	500	90.812
3	Gỗ chết (ô tròn 500 m ²)	3,8	5	0,040	500	20.032
4	Gỗ chết (ô tròn 1.000 m ²)	6,2	5	0,064	500	32.051
5	Gỗ chết (ô chữ nhật 500 m ²)	3,8	5	0,040	500	20.032
6	Gỗ chết (ô chữ nhật 1.000 m ²)	6,2	5	0,064	500	32.051

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 [26]) của tỉnh Lâm Đồng là 1,2%; giả định là rừng được quản lý tốt và giảm hoàn toàn mất rừng; như vậy tín chỉ carbon chính là lượng CO₂ tương đương trên 1,2% diện tích rừng có nguy cơ bị mất. Giá tạm tính cho một tấn CO₂ là 10 USD. Không tính cho SOC vì bể chứa này khá ổn định khi mất và suy thoái rừng. Bảng 3.24 tính hiệu quả giữa giá trị CO₂ giảm phát thải trên toàn khu vực nghiên cứu và chi phí cho đo tính các bể chứa.

Đã có những quan điểm khác nhau về giám sát các bể chứa carbon bởi cộng đồng. Subedi et al., (2010) [85] ở Nepal cho rằng cộng đồng có khả năng thu thập dữ liệu để ước tính carbon của cả 6 bể chứa; trong khi đó Skutsch et al., (2009a) [79] cho rằng cộng đồng chỉ nên tập trung đo tính các bể chứa carbon trong cây gỗ trên mặt đất, thực vật ngoài gỗ và thảm mục. Kết quả của đánh giá trong nghiên cứu này đã cho thấy hiệu quả kinh tế mang lại từ giá trị CO₂ giảm phát thải của các bể chứa ngoài gỗ là không đáng kể, do vậy đề nghị không thiết kế thu thập dữ liệu và ước tính sinh khối và carbon cho các bể chứa này để giảm hao phí lao động cho cộng đồng khi giám sát carbon rừng.

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

Bể 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

Bảng 3.24: Hiệu quả kinh tế đo tính carbon ở các bể chứa ngoài gỗ trên toàn bộ khu vực nghiên cứu

Bể chứa	Diện tích (ha)	Giá trị CO ₂ /ha/năm (đồng/ha) giảm phát thải	Giá trị CO ₂ do giảm phát thải trên toàn diện tích (đồng)	Số ô mẫu tròn 1000 m ²	Chi phí điều tra mỗi ô (đồng/ô)	Tổng chi phí điều tra toàn diện tích (đồng)	Giá trị CO ₂ giảm phát thải sau trừ chi phí (đồng)	Giá trị CO ₂ giảm phát thải sau trừ chi phí/ha (đồng/ha)
Gỗ chết	26.447	15.545	411.122.046	76	32.051	2.435.876	408.686.170	15.453
Thảm mục	26.447	22.172	586.365.052	76	90.812	6.901.712	579.463.340	21.911

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

Trên cơ sở thẩm định, đánh giá độ tin cậy, hiệu quả chi phí của các nội dung cộng đồng có khả năng thu thập số liệu để làm cơ sở ước tính và báo cáo phát thải/hấp thụ CO₂, kế thừa các hướng dẫn PCM trong và ngoài nước, xây dựng thành hướng dẫn thực hiện PCM.

Những nội dung, phương pháp cơ bản áp dụng đã được thẩm định, đánh giá và lựa chọn trong nghiên cứu này để đưa vào PCM bao gồm:

- Xác định trạng thái rừng dựa vào kiến thức địa phương là phù hợp với hệ thống phân loại rừng theo trạng thái và trữ lượng hiện hành;
- Cộng đồng có khả năng sử dụng GPS để khoanh vẽ diện tích rừng thay đổi trên quy mô nhỏ và xác định vị trí ô mẫu được bố trí ngẫu nhiên trên thực địa;

- Ô mẫu hình tròn 1.000 m² phân tầng theo 3 cấp kính đạt hiệu quả nhất về chi phí và thuận tiện trong thao tác trên hiện trường như bất đẳng hướng, cải bằng độ dốc theo từng bán kính ô, không có khép góc vuông như ô chữ nhật. Vì vậy loại ô mẫu này được đưa vào trong PCM để đo cây gỗ và ước tính sinh khối cây rừng trên và dưới mặt đất thông qua các mô hình;
- Các biến số D, H (đo 3 cây trong một ô) do cộng đồng đo đạc không có sai khác đáng kể so với nhân viên kỹ thuật chuyên nghiệp (Bias < - 5%), vì vậy trong ô mẫu, D cần được đo đạc toàn bộ, H chỉ đo 3 cây ở cấp kính đại diện cho lâm phần;
- Đo G bằng thước Bitterlich có sai lệch đáng kể giữa cộng đồng với nhân viên kỹ thuật và so với dữ liệu ô mẫu, vì vậy không sử dụng trong PCM;
- Việc đo đạc và ước tính carbon tích lũy trong các bể chứa ngoài cây gỗ như thảm mục, gỗ chết không mang lại hiệu quả kinh tế khi tính toán giá trị CO₂ thu được nhờ giảm phát thải trong khu vực nghiên cứu. Vì vậy không đưa việc giám sát, đo đạc các chỉ tiêu để ước tính sinh khối và carbon cho các bể chứa ngoài cây gỗ trong PCM;
- Mô hình ước tính AGB tốt nhất theo một biến số đơn giản là D mà cộng đồng có khả năng đo chính xác và được cải thiện độ tin cậy nhờ phân chia theo chỉ thị lập địa S_i; trong khi đó BGB được ước tính qua biến số đơn giản D là bảo đảm độ tin cậy. Sinh khối lâm phần TAGB và TBGB có thể ước tính nhanh qua G (từ dữ liệu ô mẫu), nhưng sẽ tăng sai số tương đối lên 10%, do vậy đề nghị áp dụng với điều tra phát thải nhanh, không đưa vào PCM;
- Sau cùng, nghiên cứu này đã chứng minh rằng từ dữ liệu đo đạc của cộng đồng gồm xác định vị trí ô mẫu, lập ô mẫu hình tròn phân tầng 1.000 m² và đo các chỉ tiêu D, đo H (3 cây), thông qua các mô hình đã ước tính được lượng carbon trong cây rừng trên và dưới mặt đất có sai khác không đáng kể so với

chuyên viên kỹ thuật. Vì vậy có thể khẳng định độ tin cậy của PCM trong báo cáo phát thải/hấp thụ CO₂.

- Cộng đồng tham gia chủ yếu là thu thập dữ liệu trên hiện trường với hai nhóm dữ liệu để ước tính phát thải và hấp thụ CO₂ theo IPCC (2006) [52], bao gồm: thay đổi diện tích rừng và thu thập dữ liệu ô mẫu theo chỉ tiêu đơn giản.

3.3.1 Điều kiện đầu vào cần thiết cho thực hiện PCM

Skutsch et al. (2009a) [79] đã thực hiện PCM tại sáu quốc gia ở Châu Á và Châu Phi đã chỉ ra rằng người dân địa phương với trình độ văn hóa lớp 4-7, nhưng dễ dàng đào tạo để tiến hành điều tra rừng theo các tiêu chuẩn do IPCC (2003, 2006) [51, 52] đưa ra.

Vì vậy một trong những vấn đề quan tâm là cung cấp các đào tạo thích hợp cho người dân địa phương về tiến trình và sử dụng các phương pháp, công cụ của PCM. Để nâng cao hiệu quả công việc và độ tin cậy, người dân được đào tạo cần lựa chọn là những người nông cốt, có uy tín trong cộng đồng, có trình độ văn hóa cao trong thôn buôn, ít nhất là lớp 6. Phương pháp đào tạo chủ yếu là thực hành trên hiện trường và tổng hợp số liệu trong phòng.

Để tiến hành PCM thì cộng đồng cần được cơ quan chuyên môn cung cấp các dữ liệu đầu vào bao gồm:

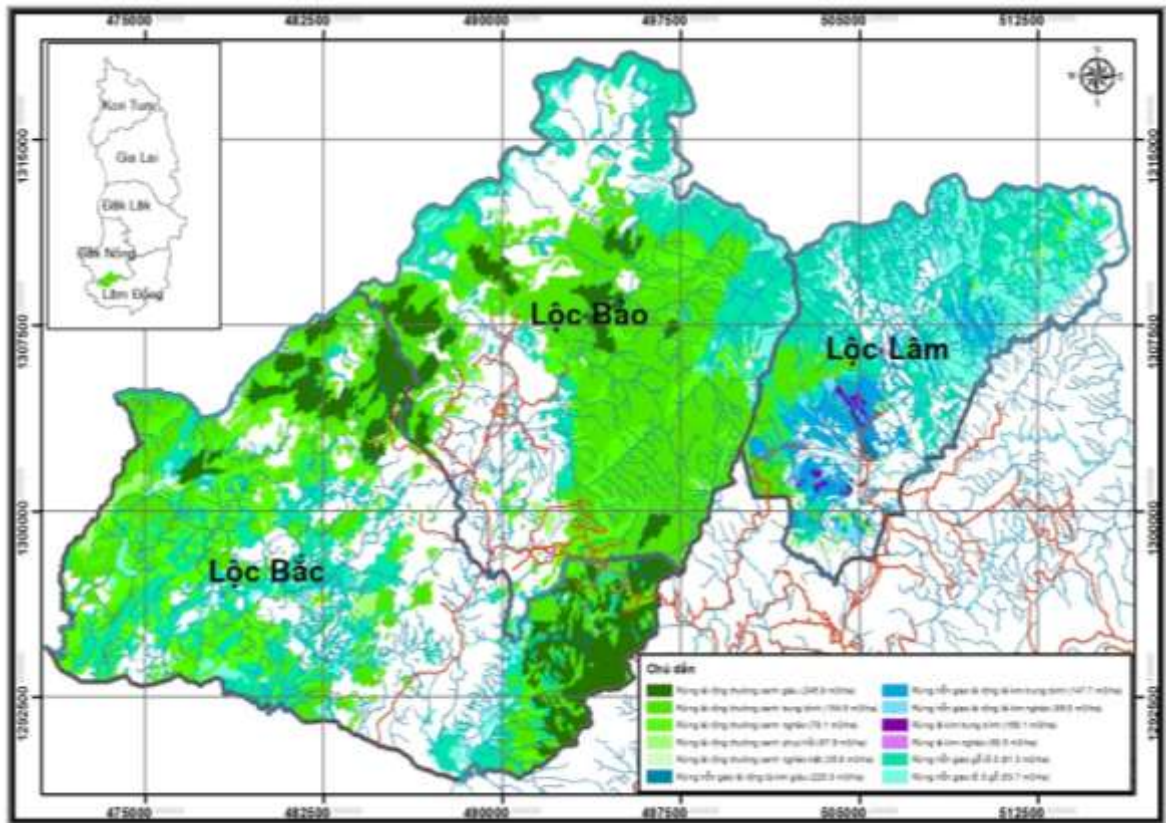
- Bản đồ phân khối, trạng thái rừng cho từng vùng sinh thái. Bản đồ này cần phân chia theo ranh giới hành chính tỉnh, huyện, xã và chủ rừng (ví dụ như Hình 3.13).
- Số lượng và bản đồ vị trí ô mẫu được bố trí ngẫu nhiên trên các khối trạng thái, sinh khối khác nhau cho từng vùng sinh thái và phân chia đến đơn vị hành chính như tỉnh, huyện, xã và chủ rừng (Hình 3.14).
- Tọa độ ô mẫu được chuyển vào trong GPS.

Các cơ sở dữ liệu này cần được tiến hành bởi hệ thống điều tra rừng quốc gia (NFI) hoặc phân cấp đến cấp tỉnh, từ đó cung cấp cho chủ rừng, địa phương để tiến hành PCM.

Ngoài ra cộng đồng còn cần được trang bị các dụng cụ, vật liệu cần thiết như danh sách sau

Dụng cụ, vật liệu cần thiết trong PCM cho một nhóm:

TT	Hạng mục	Đơn vị	Số lượng	Mục đích
1	Bản đồ hiện trạng rừng có ranh giới chủ rừng, hộ gia đình nhận khoán rừng và ô mẫu	Cái	1	Kiểm tra giám sát diện tích lô rừng, chủ rừng; Định vị ô
2	Bản đồ bố trí ô mẫu	Cái	1	Xác định vị trí ô mẫu trên thực địa
3	GPS	Cái	1	Xác định ranh giới, thay đổi diện tích, xác định vị trí ô mẫu
4	Pin cho GPS	Viên	10	
5	Máy chụp hình kỹ thuật số	Cái	1	Chụp ảnh ô mẫu, tọa độ GPS
6	Phiếu đo thay đổi diện tích rừng	Phiếu	50	Ghi chép thay đổi diện tích
7	Dây có gút màu theo bán kính ô mẫu phụ	dây	4	Lập ô mẫu hình tròn phân tầng
8	Địa bàn, đo cao, dốc (Clinometer)	Cái	1	Định hướng, đo cao cây, đo độ dốc ô mẫu
9	Thước đo đường kính	Cái	2	Đo đường kính cây gỗ
10	Phiếu đo rừng gỗ	Phiếu	10	Ghi chép số liệu ô mẫu



Hình 3.13: Bản đồ hiện trạng rừng theo cấp trữ lượng ở ba xã nghiên cứu thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng

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

Trước hết cần có tập huấn đầy đủ nội dung và các bước PCM cho nông dân nòng cốt và các bên liên quan. Sau đó hình thành các nhóm giám sát rừng.

Thành phần và số lượng người của một nhóm. Tổng số 5 người, bao gồm:

- 01 cán bộ lâm nghiệp cơ sở: Có trình độ trung cấp lâm nghiệp trở lên.
- 04 người dân đại diện hộ gia đình: Những người này cần am hiểu về rừng trong khu vực của thôn bản, biết đọc biết viết. Tối thiểu có hai người có trình độ văn hóa lớp 6 trở lên để ghi chép và sử dụng các dụng cụ đo đạc.

3.3.3 Giám sát thay đổi diện tích, trạng thái rừng

Kết quả:

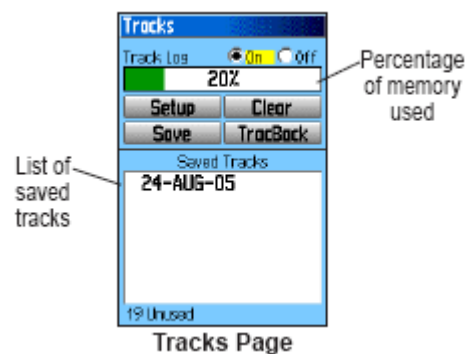
- Chuẩn bị, vật liệu:

- Bản đồ hiện trạng rừng, địa hình tỷ lệ 1:10.000 - 1:25.000 được giải đoán từ ảnh vệ tinh hoặc ảnh hàng không do cơ quan chuyên môn cung cấp.

- Máy định vị GPS;
- Mẫu phiếu ghi chép thông tin về thay đổi diện tích rừng.

Tiến hành:

Bước 1. Khoanh vẽ sự thay đổi diện tích, trạng thái rừng trên thực địa. Sự thay đổi diện tích rừng được phản ánh trên bản đồ hiện trạng. Sử dụng GPS để khoanh vẽ (Hình 3.15): Nhấn Menu hai lần để vào Tracks và bấm Enter; Sử dụng nút Clear để xóa bộ nhớ Track cũ; Bấm Menu và chọn Area Calculation, Enter 2 lần để bắt đầu đi khoanh vẽ (sử dụng chức năng Track); Sử dụng GPS đang mở để đi quanh khu vực cần khoanh vẽ diện tích; Khi kết thúc bấm enter 2 lần để stop track; và lưu (Save) kết quả khoanh vẽ, đặt tên cho khu vực đã khoanh vẽ và chọn OK để kết thúc.



Hình 3.15: Hình máy GPS 60CSx (hình trái), chức năng khoanh vẽ diện tích (track) (hình giữa), và lưu track (hình phải) (Nguồn: Huy et al., 2013)

Bước 2. Ghi chép thông tin thay đổi diện tích rừng. Sử dụng phiếu 1 ở phụ lục để ghi chép các thông tin sau: Các thông tin chung về vị trí, chủ rừng, thời gian, người đo vẽ. Tọa độ VN2000 (X/Y) ở bốn góc của lô rừng bị thay đổi. Thông tin tọa độ cũng được lưu trong GPS. Mô tả sự thay đổi và lý do của nó.

Hoàn thành bước này, các kết quả trên GPS sẽ chỉ ra sự thay đổi diện tích các trạng thái rừng. Dữ liệu này cần được chuyển đến đơn vị quản lý để cập nhập và lưu trữ.

3.3.4 Thiết lập ô mẫu, đo đạc cây gỗ trong ô

3.3.4.1 Xác định vị trí ô mẫu trên thực địa

Kết quả:

Tạo lập được hệ thống ô mẫu ngẫu nhiên, cố định trên thực địa để thu thập số liệu.

Chuẩn bị và vật liệu:

- Bản đồ thiết kế ô mẫu ngẫu nhiên;
- Suunto bao gồm địa bàn để định hướng, đo chiều cao, và độ dốc;
- GPS đã được cài đặt toàn bộ tọa độ ô mẫu ngẫu nhiên.

Tiến hành:

Tọa độ các ô mẫu ngẫu nhiên được cơ quan chuyên môn chuyển từ bản đồ thiết kế ô mẫu ngẫu nhiên qua GPS nhờ phần mềm DNR Garmin. Cộng đồng sử dụng chức năng dẫn đường của GPS và địa bàn để xác định chính xác vị trí trung tâm ô mẫu.

Sử dụng GPS: Bấm nút Find/Waypoint, sau đó chọn số hiệu ô mẫu cần đi đến và chọn Go to. Bấm nút Find, sau đó enter để vào Waypoint:

- Chọn số hiệu ô mẫu cần đi đến để điều tra
- Chọn Goto và chọn off Road để đi thẳng đến ô mẫu trong rừng.
- Sử dụng GPS dẫn đường, khi đến gần tâm ô mẫu thì GPS sẽ phát tiếng bíp để báo hiệu.
- Tại vị trí tâm ô đã xác định, tiến hành kiểm tra tọa độ trên GPS với tọa độ đã được bố trí trên bản đồ. Sai số cho phép về tọa độ tâm ô mẫu trên GPS với tọa độ đã bố trí ngẫu nhiên trong phạm vi sai số của GPS.
- Kết thúc việc dẫn đường, bấm vào Menu và chọn Stop Navigation.

3.3.4.2 Thiết lập ô mẫu

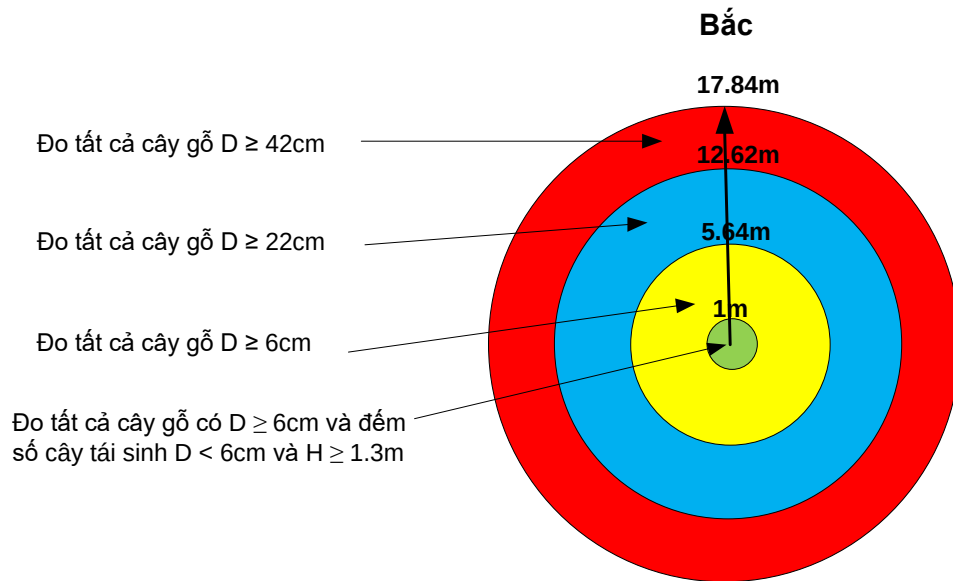
Trong tài liệu hướng dẫn này, ô mẫu hình tròn phân tầng 1.000 m² được đề nghị sử dụng vì tính hiệu quả của nó và dễ thiết lập trong rừng có độ dốc. Trong ô tròn, các cây có kích thước khác nhau sẽ được đo đếm ở các ô phụ có bán kính khác nhau, cây có kích thước càng lớn sẽ được đo trong ô phụ lớn hơn và cây có kích thước càng nhỏ được đo trong ô phụ nhỏ hơn.

Kết quả: Ô mẫu phân tầng hình tròn được thiết lập trên thực địa đúng với vị trí tọa độ ô đã bố trí ngẫu nhiên.

Chuẩn bị, vật liệu:

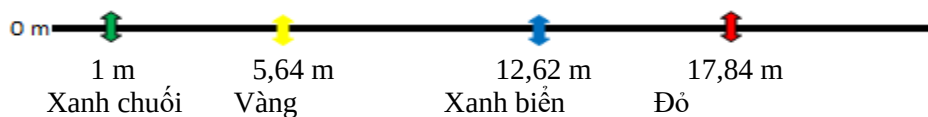
- Máy Suunto đo cao, độ dốc
- Thước dây đã buộc các nút màu theo bán kính các ô mẫu phụ (4 thước);
- Mẫu phiếu tính chiều dài cộng thêm bán kính trên đất dốc.

Tiến hành:



Hình 3.16: Ô tròn phân tầng 1.000 m^2 (Nguồn: Huy et al., 2013)

- Chuẩn bị dây có thắt nút bằng dải màu ở các bán kính của các ô mẫu phụ lần lượt là 1 m (màu xanh chuối), 5,64 m (màu vàng), 12,62 m (màu xanh biển) và 17,84 m (màu đỏ) theo Huy et al., (2013) [48]. Như vậy có 4 vị trí được xác định bằng dải màu, mỗi vị trí một màu khác nhau. Để tiến hành lập một ô cần 4 dây. Đồng thời trên mỗi dây, ứng với mỗi vị trí buộc thêm một dải cùng màu có thể di chuyển để cộng thêm chiều dài bán kính ô mẫu trong trường hợp trên đất dốc. Mỗi dây thiết kế dài 25 m để có thể cộng thêm chiều dài bán kính trên dốc (Hình 3.17).



Hình 3.17: Thiết kế các dải màu khác nhau theo từng bán kính ô phụ (Nguồn: Huy et al., 2013)

- Đo độ dốc theo từng hướng bán kính, có 8 hướng bán kính, sử dụng máy Clinometer.

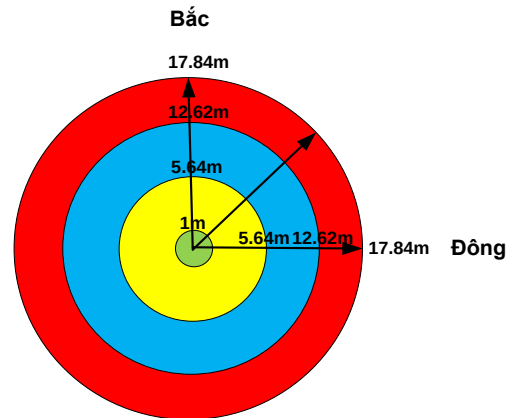
- Sử dụng máy đo độ dốc Clinometer bằng cách ngấm đến đầu người đứng trên hoặc dưới dốc, tạo một đường ngấm song song với mặt đất, đọc bàn độ bên trái để có độ dốc (đọc từ số nhỏ đến vạch ngang, trong đó bàn độ được khắc vạch chia độ cách nhau 1 độ).
- Một bảng tra điều chỉnh bổ sung chiều dài bán kính ô phụ được chuẩn bị sẵn trong phụ lục, từ đó dùng thước cuộn đo chiều dài cần cộng thêm và di chuyển mốc của bán kính theo từng màu dài thêm ứng với chiều dài cần bổ sung.



Máy Clinometer: Địa bàn và đo cao, dốc

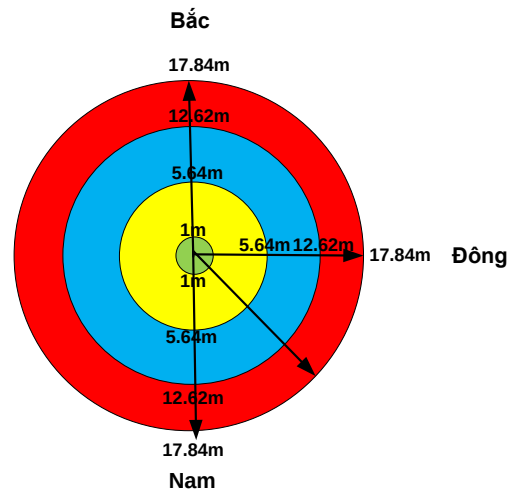
- Bắt đầu ở tâm ô, đó là vị trí tọa độ ô mẫu ngẫu nhiên đã được xác định và được đóng mốc, treo bảng cố định ghi rõ số hiệu ô.
- Tiến hành thiết lập ô mẫu tròn với các ô phụ lần lượt theo từng múi 45° từ hướng Bắc và theo chiều kim đồng hồ cho đến khi khép kín vòng tròn.

Bắt đầu kéo dây theo hướng Bắc, sau đó kéo một dây khác sang hướng Đông vuông góc với hướng Bắc và kéo một dây thứ ba ở giữa (45° so với hướng Bắc) đến hướng Đông. Tiến hành đo đếm trong từng múi từ trái sang phải và từ tâm ô ra theo từng vòng bán kính phụ.



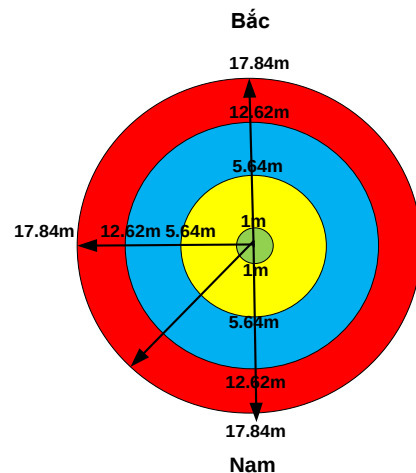
Ô mẫu theo hướng đông bắc

Cố định dây hướng Bắc và Đông. Di chuyển dây ở giữa về hướng Nam (thẳng với hướng Bắc) và kéo thêm một dây ở giữa hai hướng Đông và Nam. Tạo được 2 múi giữa hướng Đông và Nam. Tiến hành đo đếm trong từng múi từ trái sang phải và từ tâm ra theo từng vòng bán kính phụ.



Ô mẫu theo hướng đông nam

Cố định dây hướng Bắc và Nam. Di chuyển dây ở giữa về hướng Tây (thẳng với hướng Đông) và sau đó di chuyển dây hướng Đông vào giữa hai hướng Nam và Tây. Tạo được 2 múi giữa Nam và Tây. Tiến hành đo đếm trong từng múi từ trái sang phải và từ tâm ra theo từng vòng bán kính phụ.



Ô mẫu theo hướng tây nam

3.3.4.3 Đo cây trong ô mẫu

Kết quả: Số liệu đo cây gỗ và các thông tin tài nguyên rừng được thu thập trên các ô mẫu hàng năm.

Chuẩn bị, vật liệu:

- Thước đo chu vi đã quy đổi ra đường kính;
- Thước Suunto đo cao, độ dốc;
- Phấn hoặc sơn để đánh dấu cây đã đo;
- Phiếu ghi chép dữ liệu ô mẫu.

Tiến hành:

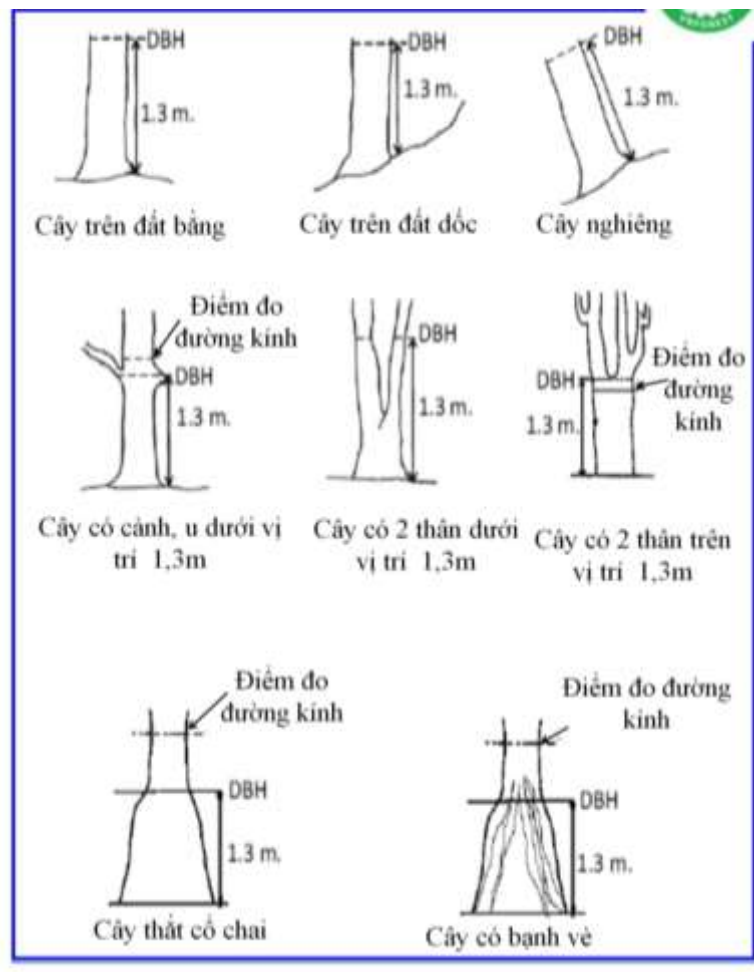
Đo đếm cây tái sinh và cây gỗ theo cấp đường kính ở các bán kính phân tầng khác nhau theo hướng từ tâm ô ra:

- Với bán kính từ tâm ô đến 1m (xanh chuối): Đếm tất cả cây tái sinh ($D < 6$ cm, $H \geq 1,3$ m) và đo tất cả cây gỗ có đường kính ngang ngực từ 6 cm trở lên ($D \geq 6$ cm);
- Với bán kính từ 1 m (xanh chuối) đến 5,64 m (vàng): Đo tất cả các cây có đường kính ngang ngực từ 6 cm trở lên ($D \geq 6$ cm);
- Với bán kính từ 5,64 m (vàng) đến 12,62 m (xanh biển): Chỉ đo những cây có đường kính ngang ngực từ 22 cm trở lên ($D \geq 22$ cm);
- Với bán kính từ 12,62 m (xanh biển) đến 17,84 m (đỏ): Chỉ đo những cây có đường kính ngang ngực từ 42 cm trở lên ($D \geq 42$ cm).

Xác định loài, đo đường kính ngang ngực (D) của cây có $D \geq 6$ cm, với cây nhỏ hơn 6 cm và chiều cao > 1.3 m thì chỉ đếm số cây trong ô phụ nhỏ (ô phụ 1). Đo D theo hướng dẫn ở Hình 3.18.



Thước đo chu vi đã quy đổi ra đường kính



Hình 3.18: Cách đo đường kính ngang ngực cây rừng (Nguồn: Huy et al., 2013)

Trong mỗi ô, cần đo cao (H, m) và đường kính (D, cm) 3 cây để xác định chỉ thị lập địa S_i nhằm chọn mô hình ước tính AGB theo từng cấp S_i để nâng cao độ chính xác của ước tính sinh khối, carbon rừng từ dữ liệu PCM. Đối với rừng trung bình đến giàu, chọn đo 3 cây trong cấp kính 30 – 40 cm, đối với rừng nghèo, rừng non chọn trong cấp kính 20 – 30 cm.

3.3.5 Tổng hợp dữ liệu để ước tính phát thải hoặc hấp thụ CO_2 tương đương

Việc tổng hợp dữ liệu từ kết quả đo đếm PCM để ước tính sinh khối, carbon rừng cần tiến hành bởi cơ quan chuyên môn lâm nghiệp, lý tưởng là ở cấp huyện hoặc tỉnh.

Kết quả: Có hai nhóm dữ liệu được tổng hợp: i) Thay đổi diện tích trạng thái của lô rừng; ii) Ước tính trữ lượng, sinh khối và carbon cho khu vực rừng tại thời điểm điều tra.

Chuẩn bị và vật liệu:

- Bảng thu thập số liệu về thay đổi diện tích và tọa độ track trong GPS.
- Các bảng số liệu thu thập từ các ô mẫu.
- Máy vi tính để bàn hoặc laptop.
- Bảng tra tên cây rừng phổ biến trong khu vực và các loài thực vật.
- Các biểu mẫu tổng hợp, chuyển đổi ra trữ lượng, sinh khối, carbon và CO₂ tương đương.
- Các mô hình sinh trắc (allometric equations) để chuyển đổi từ nhân tố điều tra rừng sang sinh khối và carbon rừng. Các tương quan H/D và phương trình thể tích để tính trữ lượng rừng.

3.3.5.1 *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 (như đã giới thiệu ở phần sử dụng chức năng track của GPS để cập nhật thay đổi diện tích ở phần trên).

3.3.5.2 *Ước tính sinh khối và carbon rừng tại thời điểm điều tra*

- Dữ liệu thu thập được sắp xếp theo chủ rừng và trạng thái rừng
- 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 ha. Mỗi cấp kính được điều tra ở các ô phụ có diện tích khác nhau, số cây trên ha ở các cấp kính khác nhau được tính toán dựa vào các công thức sau:

Đối với $D < 6$ cm và $H > 1,3$ m:

$$N/ha = \frac{10^4}{3,14 \cdot n_o} \sum N(D < 6 \text{ cm}) \quad (3.8)$$

Đối với D : 6 - 22 cm:

$$N/ha = \frac{10^4}{100 \cdot n_o} \sum N(6 \leq D < 22 \text{ cm}) \quad (3.9)$$

Đối với D : 22 - 42 cm:

$$N/ha = \frac{10^4}{500 \cdot n_o} \sum N(22 \leq D < 42 \text{ cm}) \quad (3.10)$$

Đối với $D \geq 42$ cm

$$N/ha = \frac{10^4}{1000 \cdot n_o} \sum N(D \geq 42 \text{ cm}) \quad (3.11)$$

Trong đó n_o là số ô mẫu của mỗi trạng thái rừng, D là đường kính cây và N là số cây trên hecta (N/ha).

- Tính toán sinh khối/carbon cho ô mẫu và quy ra cho mỗi trạng thái rừng:

Mỗi ô mẫu được tính toán sinh khối và carbon thông qua sắp xếp phân bố N/D và chuyển đổi từ D sang sinh khối trên mặt đất (AGB) và carbon, CO_2 tương đương nhờ các mô hình sinh trắc đã được thiết lập. Từ đây quy ra hecta cho từng trạng thái, khối rừng.

Mô hình sinh trắc đã được xây dựng với biến số đầu vào cộng đồng có khả năng đo đạc chính xác cho rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên trong nghiên cứu này là:

$$\text{Cấp H 1:} \quad AGB = 0,144171 \times D^{2,469418} \quad (3.12)$$

$$\text{Cấp H 2:} \quad AGB = 0,116997 \times D^{2,469418} \quad (3.13)$$

$$\text{Cấp H 3: S-} \quad AGB = 0,089569 \times D^{2,469418} \quad (3.14)$$

Trong đó để xác định cấp H nhằm chọn mô hình, từ số liệu đo cao và đường kính 3 cây trên ô mẫu, tính bình quân, thế vào công thức sau để xác định cấp chiều cao (chỉ thị lập địa) S_i :

$$S_i = \bar{H}_i \times (35 / \bar{D}_i)^{0,568826} \quad (3.15)$$

Chiều cao chỉ thị S_i chỉ thị cho 3 cấp H_i ở cấp kính trung bình 35 cm là: $S_{26} = 26$ m, $S_{21} = 21$ m và $S_{16} = 16$ m.

Mô hình ước tính BGB theo một biến số độc lập D:

$$BGB = 0,015306 \times D^{2,550949} \quad (3.16)$$

Trên cơ sở các mô hình AGB và BGB tính cho từng cây và quy ra hecta lượng carbon, CO_2 tương đương cho từng ô mẫu theo hướng dẫn ở Bảng 3.25. Sau đó sử dụng Bảng 3.26 để tổng hợp cho từng khu vực, chủ rừng.

Bảng 3.25: Tính toán sinh khối, carbon và CO_2 tương đương của cây gỗ trên và dưới mặt đất theo từng trạng thái rừng

Kiểu rừng: Trạng thái: Chỉ lập địa S_i :
Số lượng ô mẫu: Số hiệu các ô mẫu:
Địa phương (Xã, huyện, tỉnh):
Chủ rừng:
Người hợp đồng bảo vệ:
Người tính toán:
Ngày:

Stt	Phạm vi cỡ kính D (cm)	D bình quân (cm)	Tổng số cây ở các ô mẫu	Số cây /ha	AGB (kg/cây)	BGB (kg/cây)	TB (tấn/ha)	TC (tấn/ha)	CO_2 (tấn/ha)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	< 6	4							
2	6-10	8							
3	10-14	12							
4	14 - 18	16							
5	18 - 22	20							

Stt	Phạm vi cỡ kính D (cm)	D bình quân (cm)	Tổng số cây ở các ô mẫu	Số cây /ha	AGB (kg/cây)	BGB (kg/cây)	TB (tấn/ha)	TC (tấn/ha)	CO ₂ (tấn/ha)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	22 - 26	24							
7	26 - 30	28							
8	30 - 34	32							
9	34 - 38	36							
10	38 - 42	40							
11	42 - 46	44							
12	46 - 50	48							
13	50 - 54	52							
14	54 - 58	56							
15	58 - 62	60							
16	62 - 66	64							
17	66 - 70	68							
18	70 - 74	72							
19	74 - 78	76							
20	78 - 82	80							
21	82 - 86	84							
22	86 - 90	88							
23	90 - 94	92							
24	94 - 100	96							
25	> 100	100							
Tổng									

Giải thích:

- Cột 1: Số thứ tự cấp kính
- Cột 2: Phạm vi cỡ kính cách nhau 4 cm
- Cột 3: Giá trị D bình quân của cỡ kính (cm)
- Cột 4: Tổng số cây trong tất cả các ô mẫu có cùng trạng thái theo từng cỡ kính
- Cột 5: Quy đổi số cây ra hecta cho từng cỡ kính
- Cột 6: Sử dụng mô hình ước tính AGB theo D theo từng S_i
- Cột 7: Sử dụng mô hình ước tính BGB theo D
- Cột 8: Cột 5 × (Cột 6 + Cột 7)
- Cột 9: Cột 8 × 0,47
- Cột 10: Cột 9 × 3,67

Bảng 3.26: Tổng hợp carbon cho từng chủ rừng, khu vực

Địa phương (Xã, huyện, tỉnh):

Chủ rừng:

Người hợp đồng bảo vệ rừng:

Người tính toán:

Ngày:

Stt	Tỉnh	Huyện	Xã	Chủ rừng	Tiểu khu	Lô rừng	Trạng thái	Diện tích (ha)	TC tấn/ha	TC/lô (tấn)	CO ₂ /lô (tấn)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1											
2											
3											
Tổng tiểu khu											
Tổng theo xã											
Tổng theo huyện											
Tổng theo chủ rừng											

Chú thích:

Mỗi trạng thái sau khi tính toán có được giá trị sinh khối/ha, C/ha và CO₂/ha từng thời điểm. Tổng hợp lại theo lô rừng, lô có trạng thái nào thì sử dụng giá trị bình quân carbon của trạng thái đó, cùng với diện tích sẽ tổng hợp được tổng trữ lượng rừng, sinh khối, C và CO₂ của lô, từ đây tổng hợp theo tiểu khu, xã, huyện, chủ rừng. Cụ thể như sau:

- Cột 1: Số thứ tự theo lô rừng
- Cột 2: Tên tỉnh
- Cột 3: Tên huyện
- Cột 4: Tên xã
- Cột 5: Tên chủ rừng
- Cột 6: Số hiệu tiểu khu
- Cột 7: Tên lô rừng
- Cột 8: Trạng thái của lô rừng
- Cột 10: Tổng carbon tấn/ha của trạng thái
- Cột 11: Cột 9 × Cột 10
- Cột 12: Cột 11 × 3,67

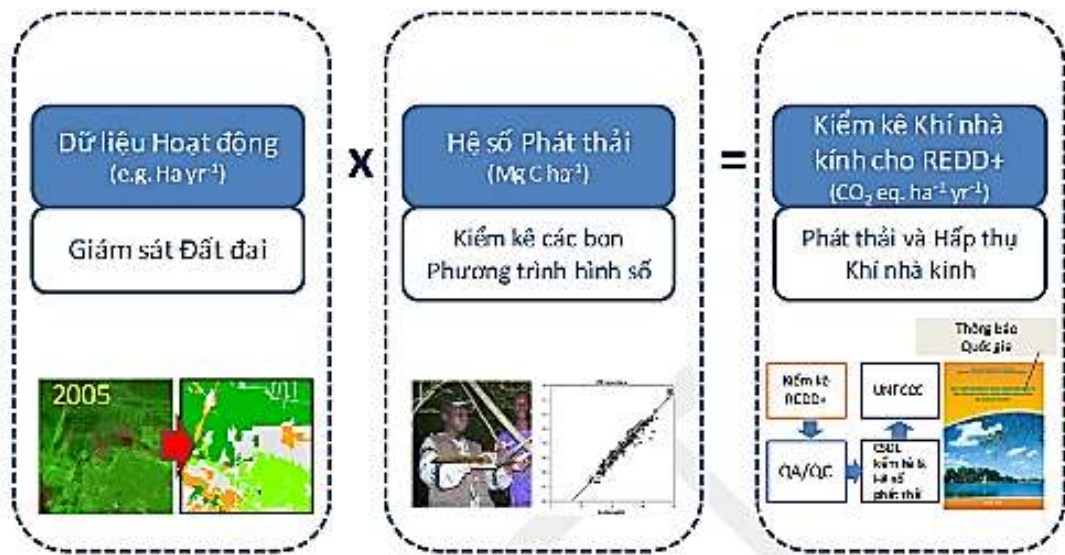
3.3.5.3 Tính toán thay đổi sinh khối và carbon rừng

Sử dụng phương pháp thay đổi bể chứa carbon (Stock – difference method) của IPCC (2006) [52]. Trong trường hợp này dựa vào hai lần điều tra đo tính trữ lượng carbon ở các bể chứa, tính toán được tăng giảm bình quân của lượng carbon theo công thức sau:

$$\Delta C_B = \frac{C_{t_2} - C_{t_1}}{t_2 - t_1} \quad (3.17)$$

- Trong đó:
- ΔC_B : Thay đổi sinh khối, carbon, CO_2
 - C_{t^*} : Tổng sinh khối/carbon, CO_2 ở thời điểm t_1 hoặc t_2
 - $t_{1,2}$: Thời điểm đo tính thứ nhất và thứ hai.

Trên cơ sở carbon tích lũy từ rừng được tính toán ở hai thời điểm điều tra, giám sát, kết hợp với thay đổi diện tích rừng, trạng thái rừng ở hai thời điểm điều tra (Hình 3.19) tính được lượng CO_2 hấp thụ hoặc phát thải.



Hình 3.19: Tiếp cận của IPCC để tính toán phát thải khí nhà kính trong lâm nghiệp

3.3.6 Các mẫu phiếu sử dụng trên hiện trường cho PCM

Phiếu 1: Đo biến động diện tích, trạng thái của lô rừng, chủ rừng

Kiểu rừng và trạng thái trên bản đồ:

Tọa độ trung tâm lô VN2000: X:

Y:

Kiểu rừng thực tế:

Trạng thái rừng thực tế:

Chủ rừng:

Người hợp đồng/khoán rừng:

Địa phương (Thôn, xã, huyện, tỉnh):

Tiểu khu:

Khoảnh:

Lô:

Người đo tính:

Ngày:

Ảnh chụp: Có/Không:

Số hiệu	Tọa độ VN2000 bốn góc của lô rừng, chủ rừng				Mô tả thay đổi: Mất rừng, thay đổi trạng thái rừng	Lý do thay đổi
	X/Y	X/Y	X/Y	X/Y		
1	2	3	4	5	6	7

Ghi chú: Mỗi vùng khoanh vẽ thay đổi diện tích, trạng thái được lưu trong GPS dạng track và được đặt tên theo số hiệu từng vùng khoanh vẽ

Giải thích Phiếu 1:

- Cột 1: Số hiệu của vùng khoanh vẽ được đặt thống nhất, ví dụ là 1, 2, 3. Nếu khoanh vẽ ở lô rừng khác thì dùng phiếu khác.
- Cột 2, 3, 4 và 5: Ghi tọa độ X và Y từ máy GPS ở 4 góc của diện tích rừng thay đổi. Trong đó X là giá trị bên trên và Y là bên dưới trong trang tọa độ của GPS.
- Cột 6: Mô tả rõ hai hình thức: i) Mất rừng; ii) Giảm chất lượng rừng, ví dụ vừa khai thác chọn

- Cột 7: Nêu lý do của sự thay đổi, ví dụ chặt rừng làm rẫy, sau khai thác theo kế hoạch năm .
...

Phiếu 2: Đo cây gỗ trong ô mẫu

Số hiệu ô mẫu: Kiểu rừng - Trạng thái trên bản đồ:
 Tọa độ VN2000: X: Y:
 Kiểu rừng thực tế: Trạng thái rừng thực tế:
 Chủ rừng: Người hợp đồng/khoán rừng:
 Địa phương (Thôn, xã, huyện, tỉnh):
 Tiểu khu: Độ cao (m)
 Khoảnh: Che phủ tán cây (%)
 Lô: Độ dốc ô mẫu
 Người điều tra: Ngày: Ảnh chụp: Có/Không:

Đo cây gỗ có $D \geq 6$ cm trong tất cả các ô phụ

Tt	Tên loài		D (cm)	Ghi chú	Tt	Tên loài		D (cm)	Ghi chú
	Địa phương	Phổ thông				Địa phương	Phổ thông		
1					16				
2					17				
3					18				
4					19				
5					20				
6					21				
7					22				
8					23				
9					24				
10					25				
11					26				
12					27				
13					28				
14					29				
15					30				

Đo D và H của 3 cây ở cấp kính đại diện

Stt	Loài	D (cm)	H (m)
1			
2			
3			

Phiếu 3: Ghi chép số lượng cây gỗ tái sinh có $D < 6$ cm và $H > 1,3$ m trong ô có bán kính 1 m

Số hiệu ô mẫu:

Tt	Tên loài		Số cây	Ghi chú	Tt	Tên loài		Số cây	Ghi chú
	Địa phương	Phổ thông				Địa phương	Phổ thông		
1					6				
2					7				
3					8				
4					9				
5					10				

Bảng tra chiều dài cộng thêm bán kính ô mẫu theo độ dốc

Độ dốc (độ)	Bán kính ô mẫu hình tròn (m)			
	1,00 Xanh chuối	5,64 Vàng	12,62 Xanh biển	17,84 Đỏ
0	0	0	0	0
2	0	0	0,01	0,01
4	0	0,01	0,03	0,04
6	0,01	0,03	0,07	0,10
8	0,01	0,06	0,12	0,18
10	0,02	0,09	0,19	0,28
12	0,02	0,13	0,28	0,40
14	0,03	0,17	0,39	0,55
16	0,04	0,23	0,51	0,72
18	0,05	0,29	0,65	0,92
20	0,06	0,36	0,81	1,14
22	0,08	0,44	0,99	1,40
24	0,09	0,53	1,19	1,69
26	0,11	0,64	1,42	2,01
28	0,13	0,75	1,67	2,37
30	0,15	0,87	1,95	2,76

Độ dốc (độ)	Bán kính ô mẫu hình tròn (m)			
	1,00 Xanh chuối	5,64 Vàng	12,62 Xanh biển	17,84 Đỏ
32	0,18	1,01	2,26	3,20
34	0,21	1,16	2,6	3,68
36	0,24	1,33	2,98	4,21
38	0,27	1,52	3,40	4,80
40	0,31	1,72	3,85	5,45
42	0,35	1,95	4,36	6,17
44	0,39	2,2	4,92	6,96
46	0,44	2,48	5,55	7,84
48	0,49	2,79	6,24	8,82
50	0,56	3,13	7,01	9,91

Ghi chú: Chỉ cộng thêm bán kính ô mẫu khi độ dốc > 10°

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 và có xét đến ảnh hưởng của các nhân tố lâm phần cho độ tin cậy cao hơn phương pháp thông dụng là tuyến tính logarit bình phương tối thiểu. Áp dụng rút mẫu ngẫu nhiên để phân chia dữ liệu riêng biệt để lập mô hình (70% dữ liệu) và thẩm định chéo (30% dữ liệu) mô hình, tiến hành lập và tính sai số các mô hình 200 lần (cho đến khi sai số tiệm cận chuẩn) đã giúp lựa chọn và cung cấp khách quan sai số của các mô hình sinh khối.
- Mô hình sinh khối cây rừng trên mặt đất AGB được ước tính theo biến đầu vào đơn giản mà cộng đồng có thể thu thập chính xác là D , đồng thời độ tin cậy của nó được cải thiện khi phân chia mô hình theo ba cấp chiều cao có dạng $AGB = a_i \times D^b$, trong đó tham số a_i thay đổi theo chiều cao chỉ thị S_i của lâm phần điều tra. Mô hình ước tính sinh khối cây rừng dưới mặt đất 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 là: $TAGB = a \times G^b$ và $TBGB = a \times G^b$. Tuy nhiên sai số MAPE sẽ tích lũy thêm 9 - 12% so với sử dụng mô hình cho cá thể cây rừng.

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

- Sử dụng kiến thức địa phương của cộng đồng sẽ hỗ trợ cho việc nhận dạng trạng thái rừng đơn giản, 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 trên quy mô nhỏ, xác định vị trí ô mẫu ngẫu nhiên.
- Dữ liệu D và H của ba cây trong một cấp kính đo cộng đồng đo đạc trong ô mẫu là đạt độ tin cậy, từ đó ước tính sinh khối của cây rừng trên và dưới mặt đất có sai lệch không đáng kể so với chuyên viên kỹ thuật chuyên nghiệp (Bias % < -5%).
- Ô mẫu hình tròn 1.000 m² phân tầng theo cấp kính đo đạc khác nhau có hiệu quả tốt nhất về chi phí, có biến động và số lượng ô ít nhất và thuận tiện trong thao tác, đặc biệt là trên đất dốc khi áp dụng PCM.
- Việc đo tính carbon của các bể chứa ngoài cây gỗ là không đạt hiệu quả chi phí và kinh tế, vì vậy trong PCM để giảm lao động, chỉ cần tập trung đo đạc các bể chứa carbon trong cây gỗ phần 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: Điều kiện đầu vào; Tổ chức nhóm điều tra giám sát trên hiện trường; 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 mới 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:

- 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.
- Đánh giá kết quả áp dụng hướng dẫn PCM ở ngoài vùng nghiên cứu để hoàn chỉnh.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

Phạm Tuấn Anh và Bảo Huy. 2016. *Giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng địa phương - Kết quả đạt được và những vấn đề đặt ra cần giải quyết*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp 2016 (3): 4498 – 4512. ISSN: 1859 – 0373.

Phạm Tuấn Anh và Bảo Huy. 2016. *Mô hình ước tính sinh khối rừng sử dụng biến số đầu vào cộng đồng có khả năng đo đạc*. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, số 23 (2016): 98-107. ISSN 1859-4581.

Bảo Huy, Võ Hùng, Nguyễn Thị Thanh Hương, Cao Thị Lý, Phạm Tuấn Anh, Huỳnh Nhân Trí, Nguyễn Đức Định. 2014. *Sinh khối và carbon của rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên Việt Nam*. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, số 3-4 (2014): 195 – 202. ISSN 1859-4581.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Phạm Tuấn Anh, Bảo Huy. 2016. Mô hình ước tính sinh khối rừng sử dụng biến số đầu vào cộng đồng có khả năng đo đạc. Tạp chí Nông nghiệp và PTNT, số 23 (2016): 98-107.
2. Casarim, F.M., Walker, S.M., Swan, S.R., Sharma, B.D., Grais, A., Stephen, P. 2013. Giám sát carbon rừng có sự tham gia: Hướng dẫn vận hành tính toán trữ lượng carbon cho chương trình REDD Quốc Gia. Tổ chức Phát triển Hà Lan SNV, Chương trình REDD, Tp. Hồ Chí Minh.
3. Chương trình UN-REDD Việt Nam. 2016. Tổng cục Lâm nghiệp, Bộ Nông nghiệp và PTNT, truy cập ngày 25/12/2016: <http://www.vietnam-redd.org>.
4. Võ Đại Hải. 2008. Nghiên cứu khả năng hấp thụ và giá trị thương mại Carbon của một số dạng rừng trồng chủ yếu ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
5. Võ Đại Hải, Đặng Thịnh Triều. 2012. Nghiên cứu khả năng hấp thụ Carbon của rừng tự nhiên lá rộng thường xanh, bán thường xanh và rừng lá ở Tây Nguyên. Báo cáo khoa học đề tài nghiên cứu khoa học Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn.
6. Bảo Huy. 2009. Phương pháp nghiên cứu ước tính trữ lượng carbon của rừng tự nhiên làm cơ sở tính toán lượng CO₂ phát thải từ suy thoái và mất rừng ở Việt Nam. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 1(2009): 85 – 91.
7. Bảo Huy. 2012. Xây dựng phương pháp giám sát và đo tính carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng ở Việt Nam. Tạp chí Rừng và Môi trường, 44 – 45 (2012): 34 – 45.
8. Bảo Huy. 2013. Mô hình sinh trắc và viễn thám GIS để xác định CO₂ hấp thụ của rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên. Tp. HCM, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
9. Bảo Huy, Võ Hùng, N.T.T. Hương, Cao Thị Lý, Phạm Tuấn Anh, Huỳnh Nhân Trí, Nguyễn Đức Định. 2014. Sinh khối và carbon rừng lá rộng thường xanh ở Tây Nguyên. Tạp chí Khoa học và Công nghệ NN&PTNT, số 3-4 (2004): 195 – 202.
10. Bảo Huy. 2016. Phương pháp thiết lập mô hình ước tính sinh khối, carbon rừng theo kiểu rừng và vùng sinh thái: Trường hợp rừng lá rộng thường xanh vùng Nam Trung bộ. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn số 10(2016): 121 – 130.

11. Vũ Tấn Phương. 2006. Nghiên cứu trữ lượng carbon thảm tươi và cây bụi: Cơ sở để xác định đường carbon cơ sở trong các dự án trồng rừng/tái trồng rừng theo cơ chế phát triển sạch ở Việt Nam. Tạp chí NN & PTNT.
12. Vũ Tấn Phương. 2012. Xác định trữ lượng Carbon và phân tích hiệu quả kinh tế rừng trồng thông ba lá (*Pinus keyisia* Royle ex Gordon) theo cơ chế phát triển sạch ở Việt Nam. Luận án Tiến sĩ Lâm nghiệp. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
13. Huỳnh Nhân Trí. 2014. Xây dựng các cơ sở khoa học và thực tiễn để giám sát lượng CO₂ hấp thụ của rừng lá rộng thường xanh ở Tây Nguyên. Luận án Tiến sĩ chuyên ngành Lâm học. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.

Tiếng Anh

14. Angelsen, A. 2009. Realising REDD+ National Strategy and Policy Options. CIFOR, Bogor, Indonesia.
15. Bac, D.V., Hoan, D.T., Chung, D.H., Hung, B.M. 2011. Technical Manual: Participatory Monitoring, Calculation and Measurement. World Agroforestry Center (ICRAF), Ha Noi, Viet Nam
16. Basuki, T.M., Van Lake, P.E., Skidmore, A.K., Hussin, Y.A., 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in the tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management* 257(2009): 1684-1694.
17. Bates, D.M., 2010. lme4: Mixed-effects modeling with R. Springer, 131 p.
18. Bernard, F., Minang, P.A. 2011. Strengthening Measurement, Reporting and Verification (MRV) for REDD+. International Institute for Sustainable Development (IISD), Manitoba, Canada.
19. Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer. FAO Forestry paper – 134. ISBN 92-5-103955-0. Available on web site: <http://www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm#Contents>.
20. Brown, S. 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution*, 3(116): 363–372.
21. Brown, S. and Iverson, L. R., 1992. Biomass estimates for tropical forests. *World Resources Review* 4:366-384.
22. Brown, S., Gillespie, A.J.R., and Lugo, A.E. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35:881-902.
23. Brown, S., Iverson, L. R., Prasad, A. 2001. Geographical Distribution of Biomass Carbon in Tropical Southeast Asian Forests: A database. University of Illinois.
24. Brown, S., Sathaye, J., Cannell, M., Kauppi, P. 1996. Management of forests for mitigation of greenhouse gas emissions. In: Watson, R.T., Zinyowera, M.C.,

- Moss, R.H. (Eds.), *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific- Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge and New York, pp. 773–797.
25. Cairns, M.A.; Brown, S.; Helmer, E.H.; Baumgardner, G.A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*. 1997; 111: 1–11.
 26. Chau, T.V. 2014. Establishing interim FRLs for PRAP of Lam Dong. USAID ASIA, Leaf Project.
 27. Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Folster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Rier, B., Yamakura, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145, 87–99.
 28. Chave, J., Mechain, M.R., Burquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Yrizar, A.M., Mugasha, W.A., Mullerlandau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Pelissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G., Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* 20, 3177–3190.
 29. Chave, J., Muller-Landau, H.C., Baker, T.R., Easdale, T.A., ter Steege, H., Webb, C.O., 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 Neotropical tree species. *Ecological Applications* 16, 2356–2367.
 30. Chave, J.; Coomes, D.; Jansen, S.; Lewis, S.L.; Swenson, N.G.; Zanne A.E. 2009. Towards a worldwide wood economic spectrum. *Ecology Letters* 12: 351–366. DOI 10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x.
 31. Danielsen, F., Adrian, T., Brofeldt, S., van Noordwijk, M., Poulsen, M.K., Rahayu, S., Rutishauser, E., Theilade, I., Widayati, A., An, N.T., Bang, N.T., Budiman, A., Enghoff, M., Jensen, A.E., Kurniawan, Y., Li, Q., Mingxu, Z., Schmidt-Vogt, D., Prixa, S., Thoumton, V., Warta, Z., and Burgess, N. 2013. Community monitoring for REDD+: international promises and field realities. *Ecology and Society* 18(3): 41. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05464-180341>.
 32. Dietz, J., Kuyah, S., 2011. Guidelines for establishing regional allometric equations for biomass estimation through destructive sampling. World Agroforestry Center (ICRAF). Protocol CBP 1.3. Available at <http://reddcommunity.org/sites/default/files/field/publications/allometry2013.pdf>.

33. FAO, 2008. Guidelines for Country Reporting to FRA 2010, FAO Rome.
34. FAO, 2010. Managing forests for climate change. I1960E/1/11.10. <http://www.fao.org/forestry>.
35. Fayolle, A., Doucet, J.L., Gillet, J.F., Bourland, N., Lejeune, P., 2013. Tree allometry in Central Africa: testing the validity of pan tropical multi-species allometric equations for estimating biomass and carbon stocks. *Forest Ecology and Management* 305, 29–37.
36. Fischer, G., Nachtergaele, F.O., Prieler, S., Teixeira, E., Toth, G., van Velthuisen, H., Verelst, L., Wiberg, D. 2008. Global Agro-ecological Zones Assessment for Agriculture (GAEZ 2008). IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Rome, Italy.
37. Furnival, G.M. (1961). An index for comparing equations used in constructing volume tables. *For. Sci.* 7: 337-341.
38. Gerrand, A. 2014. Forest Monitoring Systems and Reference Levels for REDD+. Presentation of the 5th Regional UN-REDD Lessons Learned Workshop, Ha Noi, 20 - 22 October, 2014. Available at <http://www.un-redd.org>.
39. Goldsmith, B. 1991. Monitoring for conservation and ecology. Chapman & Hall, London, New York.
40. Guarin G.P., McCall, M.K. 2010. Community Carbon Forestry (CCF) for REDD. Using CyberTracker for Mapping and Visualising of Community Forest Management in the Context of REDD. K:TGAL (Kyoto: Think Global, Act Local) Report. University of Twente, Enschede and CIGA UNAM, Morelia.
41. Henry, M., Besnard, A., Asante, W.A., Eshun, J., Adu-Bredu, S., Valentini, R., Bernoux, M., Saint-Andre, L., 2010. Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management* 260, 1375-1388.
42. Hertel, D.; Moser, G.; Culmsee, H.; Erasmi, S.; Horna, V.; Schuldt, B.; Leuschner, C.H. 2009. Below-and above-ground biomass and net primary production in a paleotropical natural forest (Sulawesi, Indonesia) as compared to neotropical forests. *For. Ecol. and Manag.* 258(9): 1904-1912. DOI 10.1016/j.foreco.2009.07.019.
43. Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
44. Huy, B., 2011a. Technical Manuals for Participatory Carbon Monitoring (PCM). UN-REDD Vietnam program.
45. Huy, B., 2011b. Technical Manuals for Participatory Forest Carbon Measurement. Paper of the International Workshop on "Linking community

- monitoring with National MRV for REDD+”. Organized by CIGA-REDD, UNAM. Mexico City 12-14 September 2011.
46. Huy, B., Anh, P.T., 2008. Estimating CO₂ sequestration in natural broad-leaved evergreen forests in Vietnam. *Asia-Pacific Agroforestry News*, FAO, SEANAFE 32, 7 – 10.
 47. Huy, B., Kralicek, K., Poudel, K.P., Phuong, V.T., Khoa, P.V., Hung, N.D., Temesgen, H. 2016b. Allometric Equations for Estimating Tree Aboveground Biomass in Evergreen Broadleaf Forests of Viet Nam. *For. Ecol. and Mgmt.* 382: 193-205.
 48. Huy, B., Nguyen, T.T.H, NTT., Sharma, B.D., Quang, N.V., 2013. Participatory Carbon Monitoring: Manual for Local Staff; Local People and Field Reference. (In English and Vietnamese). SNV Netherlands Development Organization, REDD+ Programme. Publishing permit number: 1813- -2013/CXB/03-96/TĐ.
 49. Huy, B., Poudel K.P., Temesgen, H. 2016a. Aboveground biomass equations for evergreen broadleaf forests in South Central Coastal ecoregion of Viet Nam: Selection of eco-regional or pantropical models. *For. Ecol. and Mgmt.* 376: 276-282.
 50. Huy, B., Poudel, K.P., Kralicek, K., Hung, N.D., Khoa, P.V., Phuong, V.T., Temesgen, H. 2016c. Allometric Equations for Estimating Tree Aboveground Biomass in Tropical Dipterocarp Forests of Viet Nam. *Forests* 2016, 7(180): 1-19.
 51. IPCC, 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Hayama, Japan. 295 pp.
 52. IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., (eds). Published: IGES, Japan.
 53. IUCN, 2007. Forest and livelihoods. Reducing emissions from deforestation and ecosystem degradation (REDD). Climate change briefing.
 54. Jara, M.C., Henry, M., Rejou-Mechain, M., Wayson, C., Zapata-Cuartas, M., Piotto, D., Guier, F.A., Lombis, H.C., Lopez, E.C., Lara, R.C., Rojas, K.C., Pasquel, J.D., Montoya, A.D., Vega, J.F., Galo, A.J., Lopez, O.R., Marklund, L.G., Fuentes, J.M.M., Milla, F., Chaidez, J.D.N., Malavassi, E.O., Perez, J., Zea, C.R., Garcia, L.R., Pons, R.R., Saint-Andre, L., Sanquetta, C., Scott, C., Westfall, J., 2015. Guidelines for documenting and reporting tree allometric equations. *Annals of Forest Science* 72, 763-768.
 55. Jayaraman, K., 1999. A Statistical Manual for Forestry Research. FAO, 231pp.

56. Jenkins, J.C., Chojnacky, D.C., Heath, L.S., Birdsey, R.A., 2004. Comprehensive Database of Diameter-based Biomass Regressions for North American Tree Species. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Northeastern Research Station. 45 p.
57. Jenkins, J.C., Chojnacky, D.C., Heath, L.S., Birdsey, R.A., 2003. National-Scale Biomass Estimators for United States Tree Species. *Forest Science* 49, 12-35.
58. Johannes, D; Shem, K., 2011, Guidelines for establishing regional allometric equations for biomass estimation through destructive sampling. CIFOR
59. Kajembe, G.C., Silayo, D.A., Kitula, M. M Lyatura, N. Mutabaz, K.J., Massawe, F., and Vatn, A. 2012. REDD Realities: Lessons Learned from REDD+ Pilot Projects in Kondoa and Rungwe Districts, Tanzania. Proceedings of the first Climate Change Impacts, Mitigation and Adaptation Programme Scientific Conference, 2012.
60. Ketterings, Q.M., Richard, C., Meine van N., Ambagau, Y., Palm, C.A., 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146(2001): 199-209
61. MacDicken, K.G., 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development.
62. Nam, V.T.; van Kuijk, M.; Anten, N.P.R. 2016. Allometric equations for aboveground and belowground biomass estimations in an evergreen forest in Vietnam. *PLoS ONE* 11(6): e0156827. DOI 10.1371/journal.pone.0156827.
63. Paudel, S.K. 2014. Participatory Forest Monitoring in Nepal. Presentation of the 5th Regional UN-REDD Lessons Learned Workshop, Ha Noi, 20 - 22 October, 2014. Available at <http://www.un-redd.org>.
64. Pearson, T., R., H., Brown, S., L., Birdsey, R., A., 2007. Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon. United States Department of Agriculture (USDA) Forest Service. General Technical Report NRS-18.
65. Peskett, 2008. Making REDD work for the Poor. IUCN.
66. Phuong, V.T., Inoguchi, A., Birigazzi, L., Henry, M., Sola, G. 2012. Introduction and Background of the study, Vietnam, in (Eds) Inoguchi, A., Henry, M. Birigazzi, L. Sola, G. Tree allometric equation development for estimation of forest above-ground biomass in Viet Nam (Part A), UN-REDD Programme, Hanoi, Viet Nam.
67. Picard, N., Saint-André L., Henry M. 2012. Manual for building tree volume and biomass allometric equations: from field measurement to prediction. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, and Centre de

- Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, 215 pp.
68. Picard, N; Rutishauser, E.; Ploton, P.; Ngomanda, A.; Henry, M. 2015. Should tree biomass allometry be restricted to power models? *For. Ecol. and Manag.* 353: 156-163. DOI 10.1016/j.foreco.2015.05.035.
 69. Pinheiro, J., Bates, D., Debroy, S., Sarkar, D. & Team, R. C. 2014. nlme: Linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-117.
 70. Poudel, M, Bhandari, S., Dangi, R., Paudel, S.K. 2014. Participatory Forest Monitoring and REDD+ MRV in Nepal. Presentation of the 5th Regional UN_REDD Lessons Learned Workshop, Ha Noi, 20 - 22 October, 2014. Available at <http://www.un-redd.org>.
 71. R Core Team, 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>.
 72. Scheyvens, H., Setyarso, A., Khoa, P.V., Bouthavong, S. 2012. Participatory Approaches to Forest Carbon Accounting to Mitigate Climate Change, Conserve Biodiversity, and Promote Sustainable Development. Final Report. Asia-Pacific Network for Global Change Research (APN).
 73. Sheil, D., 2001. Conservation and biodiversity monitoring in the tropics: realities, priorities, and distractions. *Conservation Biology*, 15(4):1179– 1182.
 74. Shrestha, R.K. 2010. Participatory Carbon Monitoring: An Experience from the Koshi Hills, Nepal. In (Eds) Balla, M.K., Singh, A.K. 2010. Proceedings, National Conference on Forest – People Interaction. Institute of Forestry, Pokhara, Nepal.
 75. Sikor, T., Gritten, D., Atkinson, J., Huy, B., Dahal, R., Duangsathaporn, K., Hurahura, F., Phanvilay, K., Maryudi, A., Pulhin, J., Ramirez, M.A., Win, S., Toh, S., Vaz, J., Sokchea, T., Marona, S., and Yaqiao, Z. 2013. Community forestry in Asia and the Pacific: Pathway to inclusive development. RECOFTC, Bangkok, Thailand.
 76. Silva, H.P., Erin, S., Michael, N., Sarah, M. W., Sandra, B. 2010. Manual technical issues related to implementing REDD+ programs in Mekong Countries. Winrock International, USA.
 77. Skutsch, M. 2008. Financing CFM through REDD. *ETFRN News* (49):159-162. ISSN 1876-5866.
 78. Skutsch, M. 2011. Linking community monitoring to national measurement, reporting and verification for REDD+. Forest Carbon Partnership, REDD CIGA-UNAM, GEF.

79. Skutsch, M., McCall, M.K., Karky, B., Zahabu, E., Guarin, P.G. 2009a. Community Measurement of Carbon Stock Change for REDD. Working Paper, FAO, Rome, Italy, 9p.
80. Skutsch, M., Van Laake, P.E., Zahabu, E., Karky, B.S., Phartiyal, P. 2009b. The value and feasibility of community monitoring of biomass under REDD+. In "Think Global Act Local Project" (www.communitycarbonforestry.org). GOFC-GOLD Sourcebook, Netherlands Development Cooperation.
81. Skutsch, M., Van Laake, P.E., Zahabu, E.M., Karky, B.S., and Phartiyal, P., 2009c. Community monitoring in REDD+. In (Eds) Angelsen, A. 2009. Realising REDD+ National Strategy and Policy Options. CIFOR, Bogor, Indonesia, pp. 101 – 113.
82. Sola, G., Inoguchi, A., Garcia-Perez, J., Donegan, E., Birigazzi, L., Henry, M., 2014a. Allometric equations at national scale for tree biomass assessment in Viet Nam. Context, methodology and summary of the results, UN-REDD Programme, Ha Noi, Viet Nam.
83. Sola, G., Inoguchi, A., Phuong, V.T., Huy, B., Khoa, P.V., Hung, N.D., Xuan, N.V. and Henry, M., 2014b. Allometric equations at national scale for tree biomass assessment in Viet Nam, UN-REDD Programme, Ha Noi, Viet Nam.
84. Spellerberg, I. 2005. Monitoring ecological change. Cambridge University Press, United Kingdom.
85. Subedi, B.P., Pandey, S. S., Pandey, A., Rana, E. B., Bhattarai, S., Banskota, T. R., Charmakar, S., Tamrakar, R., 2010. Forest Carbon Stock Measurement: Guidelines for measuring carbon stocks in community – managed forests. Asia Network for Sustainable, Agriculture and Bioresources (ANSAB). Federation of Community Forest, Users, Nepal (FECOFUN). International Centre for Integrated, Mountain Development (ICIMOD). Kathmadu, Nepal. 69p.
86. Swanson, D.A., Tayman, J., Bryan, T.M., 2011. MAPE-R: a rescaled measure of accuracy for cross-sectional subnational population forecasts. *J Pop Research* 28(2011):225-243. DOI 10.1007/s12546-011-9054-5.
87. Temesgen, H., Affleck, D., Poudel, K., Gray, A., Sessions, J., 2015. A review of the challenges and opportunities in estimating above ground forest biomass using tree-level models. *Scandinavian Journal of Forest Research* 30, 326-335.
88. Temesgen, H., Goerndt, M.E., Johnson, G.P., Adams, D.M., Monserud, R.A., 2007. Forest measurement and biometrics in forest management: Status and Future Needs of the Pacific Northwest USA. *Journal of Forestry* 105, 233 – 238.
89. Temesgen, H., Zhang, C.H., Zhao, X.H., 2014. Modelling tree height-diameter relationships in multi-species and multi-layered forests: A large observational study from Northeast China. *Forest Ecology and Management* 316, 78-89

90. The Center for People and Forests (RECOFTC), 2010. Vietnam: Why REDD+ needs local people. Available at www.recoftc.org in June 2010.
91. Thomas, E., Huy, B., Budhita, K. 2011. REDD+, Governance, and Community Forestry. RECOFTC, IIED, REDD-Net. Bangkok, Thailand.
92. Torres, A.B., Lovett, J.C. 2013. Using basal area to estimate aboveground carbon stocks in forests: La Primavera Biosphere's Reserve, Mexico. *Forestry* 86(2013): 267-281.
93. UNFCCC, 1997 – 2011: United Nation Framework Convention on Climate Change. United Nations.
94. UN-REDD, 2011: Measurement, Reporting & Verification (MRV) Framework Document. UN-REDD Vietnam Programme. Ha Noi, Viet Nam.
95. Van Laake, P. 2008. Forest biomass assessment in support of REDD by indigenous people and local communities. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC).
96. Vickers, B. 2014. Participatory Forest Monitoring (PFM) in National Forest Monitoring Systems (NFMS) in the context of REDD+. Presentation of the 5th Regional UN-REDD Lessons Learned Workshop, Ha Noi, 20 - 22 October, 2014. Available at <http://www.un-redd.org>.
97. Villamor, G.B., Pampolina, N., Forcadilla, R., Bugtong, N., Alano, J., Rice, D., Omas, T., Castillo, R., Pulan, D. 2010. Rapid Carbon Stock Appraisal: Kalahan, Nueva Vizcaya, Philippines. Working paper 106. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Program. 87p.
98. Vogt, K.A.; Vogt, D.J.; Palmiotto, P.A.; Boon, P.; O'Hara J.; Asbjornsen H. 1996. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant and Soil*. 187: 159-219. DOI 10.1007/BF00017088.
99. Wickham, H. & Chang, W. 2013. Package 'ggplot2': an implementation of the Grammar of Graphics.
100. Wode, B., Huy, B. 2009. Study on State of the Art of Community Forestry in Viet Nam. GTZ/GIZ, Ha Noi, Viet Nam, 102p.
101. Yuen, J.Q.; Ziegler, A.D.; Webb, E.L.; Ryan, C.M. 2013. Uncertainty in below-ground carbon biomass for major land covers in Southeast Asia. *Forest Ecology and Management*, 310: 915-926. DOI 10.1016/j.foreco.2013.09.042.
102. Ziegler, A.D.; Phelps, J.; Yuen, J.Q.; Webb, E.L.; Lawrence, D.; Fox, J.M.; Bruun, T.B.; Leisz, S.J.; Ryan, C.M.; Dressler, W.; Mertz, O. 2012. Carbon outcomes of major land-cover transitions in SE Asia: great uncertainties and REDD+ policy implications. *Global Change Biology*, 18(10): 3087-3099. DOI 10.1111/j.1365-2486.2012.02747.x.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1: Số liệu sinh khối và các thông tin của cây mẫu chặt hạ

ID	ID ô	ID cây mẫu	Tỉnh	Tên khoa học loài	Tên loài	D (cm)	H (m)	AGB (kg)	BGB (kg)	G (m ² /ha)
1	TX12	TX 12.5	Gia Lai	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	4.7	5.3	3.9	0.5	34
2	TX12	TX 12.10	Gia Lai	<i>Polyalthia cerasoides</i>	Quần đầu	17.6	17.2	180.4	NA	34
3	TX12	TX 12.3	Gia Lai	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	36.4	18.5	733.6	117.8	34
4	TX12	TX 12.8	Gia Lai	<i>Symplocos sp.</i>	Dung	5.6	4.5	5.9	1.3	34
5	TX12	TX 12.2	Gia Lai	<i>Canarium album</i>	Trám Trắng	19.6	16.5	265.5	50.5	34
6	TX12	TX 12.6	Gia Lai	<i>Polyalthia cerasoides</i>	Quần đầu	22.0	21.4	410.1	NA	34
7	TX12	TX 12.4	Gia Lai	NA	Sp	10.0	11.6	34.4	4.5	34
8	TX12	TX 12.9	Gia Lai	<i>Celtis philippinensis</i> Blanco var. <i>wightii</i> (Planch.) Soepadmo	Ma trá	15.9	19.2	138.5	NA	34
9	TX12	TX 12.1	Gia Lai	<i>Dialium cochinchinense</i>	Xoay	18.3	4.3	65.4	21.1	34
10	TX12	TX 12.7	Gia Lai	<i>Camellia vietnamensis</i>	Trí Hoa	32.4	23.9	944.3	NA	34
11	TX5	TX 5.8	Dak Nong	<i>Mallotus cochinchinensis</i>	Ba Bét, Ba Soi	6.5	7.5	7.3	NA	9
12	TX5	TX 5.9	Dak Nong	<i>Mallotus cochinchinensis</i>	Ba Bét, Ba Soi	5.0	7.9	5.0	NA	9
13	TX5	TX 5.2	Dak Nong	<i>Trema orientalis</i>	Hu đay	10.8	9.7	30.3	NA	9
14	TX5	TX 5.6	Dak Nong	<i>Trema orientalis</i>	Hu đay	9.4	9.1	21.2	NA	9
15	TX5	TX 5.3	Dak Nong	<i>Trema orientalis</i>	Hu đay	12.2	8.8	36.6	NA	9
16	TX5	TX 5.5	Dak Nong	<i>Mallotus cochinchinensis</i>	Ba Bét, Ba Soi	8.8	9.6	16.8	NA	9
17	TX5	TX 5.7	Dak Nong	<i>Trema orientalis</i>	Hu đay	6.5	8.0	10.1	NA	9
18	TX5	TX 5.1	Dak Nong	<i>Trema orientalis</i>	Hu đay	15.4	9.8	50.1	NA	9
19	TX5	TX 5.4	Dak Nong	<i>Trema orientalis</i>	Hu đay	14.1	10.3	46.0	NA	9
20	TX20	TX-20.7	Dak Nong	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	7.3	10.0	44.5	NA	38
21	TX20	TX-20.1	Dak Nong	<i>Garcinia oblongifolia</i>	Bứa	23.7	13.4	244.2	NA	38
22	TX20	TX-20.6	Dak Nong	<i>Litsea glutinosa</i>	Bời lời	30.5	15.8	533.2	NA	38
23	TX20	TX-20.8	Dak Nong	NA	Sp	8.1	13.2	28.2	7.1	38
24	TX20	TX-20.4	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	7.2	8.5	17.1	NA	38
25	TX20	TX-20.5	Dak Nong	<i>Garcinia oblongifolia</i>	Bứa	5.0	6.3	5.3	1.1	38
26	TX20	TX-20.3	Dak Nong	<i>Schima superba</i>	Chò xót	22.5	15.6	263.7	NA	38
27	TX20	TX-20.2	Dak Nong	<i>Elaeocarpus sp.</i>	Côm	18.0	14.6	184.7	NA	38
28	TX20	TX-20.9	Dak Nong	<i>Prunus arborea</i>	Xoay	6.5	8.1	9.5	3.0	38
29	TX1	TX 1.2	Dak Nong	<i>Syzygium hancei</i>	Trâm trắng	6.7	3.9	10.2	NA	29
30	TX1	TX 1.6	Dak Nong	<i>Michelia mediocris</i>	Giôi lông	6.1	5.5	6.3	NA	29
31	TX1	TX 1.4	Dak Nong	<i>Macaranga indica</i>	Mã rặng	7.0	9.5	11.0	NA	29
32	TX1	TX 1.7	Dak Nong	<i>Syzygium zeylanicum</i>	Trâm	5.1	7.1	9.6	NA	29
33	TX1	TX 1.9	Dak Nong	<i>Macaranga indica</i>	Mã rặng	13.0	13.8	49.3	NA	29
34	TX1	TX 1.1	Dak Nong	<i>Schima superba</i>	Chò xót	55.4	26.5	2337.0	NA	29
35	TX1	TX 1.3	Dak Nong	<i>Gironniera nervosa</i>	Ngát To	8.6	8.0	8.3	NA	29
36	TX1	TX 1.11	Dak Nong	<i>Cinnamomum iners</i>	Quế rừng	13.1	9.4	54.6	NA	29
37	TX1	TX 1.10	Dak Nong	<i>Syzygium zeylanicum</i>	Trâm	12.1	12.7	70.9	NA	29

ID	ID ô	ID cây mẫu	Tỉnh	Tên khoa học loài	Tên loài	D (cm)	H (m)	AGB (kg)	BGB (kg)	G (m ² /ha)
38	TX1	TX 1.5	Dak Nong	<i>Walsura pinnata</i> Hassk.	Nhân rừng	9.4	8.0	40.3	NA	29
39	TX1	TX 1.13	Dak Nong	<i>Endospermum chinense</i>	Vàng trứng	27.5	15.4	245.6	NA	29
40	TX1	TX 1.8	Dak Nong	<i>Syzygium zeylanicum</i>	Trâm	19.3	17.5	202.2	NA	29
41	TX1	TX 1.12	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	27.1	18.8	600.1	NA	29
42	TX9	TX - 9.14	Dak Lak	NA	Sp	8.2	8.3	22.4	4.2	44
43	TX9	TX - 9.4	Dak Lak	NA	Sp	11.2	11.6	57.3	6.7	44
44	TX9	TX - 9.12	Dak Lak	<i>Sandoricum sp.</i>	Sp	11.6	9.0	53.6	10.8	44
45	TX9	TX - 9.15	Dak Lak	NA	Sp	8.3	7.3	19.4	3.5	44
46	TX9	TX - 9.7	Dak Lak	NA	Sp	20.3	10.6	117.4	61.3	44
47	TX9	TX - 9.11	Dak Lak	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	8.1	6.0	13.4	2.1	44
48	TX9	TX - 9.10	Dak Lak	<i>Sandoricum sp.</i>	Sp	10.1	12.8	28.3	3.7	44
49	TX9	TX - 9.3	Dak Lak	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	13.7	10.0	80.2	21.0	44
50	TX9	TX - 9.2	Dak Lak	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	17.8	15.5	128.1	33.8	44
51	TX9	TX - 9.1	Dak Lak	NA	Sp	11.0	8.3	27.9	6.4	44
52	TX9	TX - 9.13	Dak Lak	NA	Sp	5.2	4.7	2.9	0.6	44
53	TX9	TX - 9.5	Dak Lak	<i>Trevesia palmata</i>	Đu đủ rừng	10.2	10.2	26.3	5.4	44
54	TX9	TX - 9.6	Dak Lak	<i>Sandoricum sp.</i>	Sp	11.3	13.1	40.9	10.9	44
55	TX9	TX - 9.9	Dak Lak	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	15.5	10.7	67.1	24.1	44
56	TX9	TX - 9.8	Dak Lak	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	10.2	8.9	24.4	4.2	44
57	TX3	TX 3.7	Dak Nong	<i>Elaeocarpus sp.</i>	Côm	56.7	22.9	1255.8	NA	19
58	TX3	TX 3.4	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	15.1	14.1	153.5	NA	19
59	TX3	TX 3.3	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	8.8	13.1	36.0	NA	19
60	TX3	TX 3.8	Dak Nong	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	9.9	11.0	36.2	NA	19
61	TX3	TX 3.2	Dak Nong	<i>Calophyllum calaba</i>	Cồng tía	12.6	15.3	42.6	NA	19
62	TX3	TX 3.9	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	5.3	6.9	9.5	NA	19
63	TX3	TX 3.1	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	24.0	20.4	429.5	NA	19
64	TX3	TX 3.6	Dak Nong	<i>Cinnamomum iners</i>	Quế rừng	7.7	9.4	18.4	NA	19
65	TX3	TX 3.5	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	11.1	12.6	69.4	NA	19
66	TX11	TX - 11.11	Dak Lak	<i>Alstonia scholaris</i>	Mồ Cua	6.4	6.1	6.1	1.3	27
67	TX11	TX - 11.5	Dak Lak	<i>Lithocarpus annamensis</i>	Dẻ đá trung bộ	16.5	15.0	210.3	NA	27
68	TX11	TX - 11.12	Dak Lak	<i>Dysoxylum binectariferum</i>	Chạc khế	10.2	9.5	41.4	6.5	27
69	TX11	TX - 11.1	Dak Lak	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i>	Xá xị	18.9	13.1	167.4	NA	27
70	TX11	TX - 11.7	Dak Lak	<i>Lithocarpus annamensis</i>	Dẻ đá trung bộ	10.6	10.8	65.3	10.8	27
71	TX11	TX - 11.8	Dak Lak	<i>Elaeocarpus sp.</i>	Côm	22.1	18.0	200.9	NA	27
72	TX11	TX - 11.10	Dak Lak	<i>Phoebe lanceolata</i>	Kháo	5.6	8.8	5.0	0.7	27
73	TX11	TX - 11.2	Dak Lak	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i>	Xá xị	8.1	8.9	21.0	2.4	27
74	TX11	TX - 11.4	Dak Lak	<i>Tetradium sp</i>	sp	7.0	8.2	16.6	1.3	27
75	TX11	TX - 11.6	Dak Lak	<i>Alstonia scholaris</i>	Mồ Cua	21.7	15.5	102.8	NA	27
76	TX11	TX - 11.9	Dak Lak	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Bàng lằng tím	23.2	18.2	402.3	NA	27
77	TX11	TX - 11.13	Dak Lak	<i>Nephelium lappaceum</i>	Vối rừng	19.6	15.0	276.6	NA	27

ID	ID ô	ID cây mẫu	Tỉnh	Tên khoa học loài	Tên loài	D (cm)	H (m)	AGB (kg)	BGB (kg)	G (m ² /ha)
78	TX11	TX - 11.3	Dak Lak	<i>Phoebe lanceolata</i>	Kháo	20.1	13.2	150.4	NA	27
79	TX15	TX 15.6	Dak Lak	<i>Wrightia pubescens</i>	Thừng mực lông	38.7	17.3	494.3	NA	17
80	TX15	TX 15.3	Dak Lak	NA	Sp	9.5	9.7	21.9	2.7	17
81	TX15	TX 15.5	Dak Lak	<i>Vitex quinata</i>	Bình Linh 5 lá	34.4	11.3	425.1	NA	17
82	TX15	TX 15.2	Dak Lak	<i>Garcinia sp1</i>	Búra	11.0	12.0	52.7	7.8	17
83	TX15	TX 15.1	Dak Lak	<i>Litsea glutinosa</i>	Bời lời	5.6	5.5	7.3	1.1	17
84	TX4	TX 4.5	Dak Nong	<i>Lagerstroemia floribunda</i>	Bằng lăng	11.9	12.8	75.3	NA	19
85	TX4	TX 4.4	Dak Nong	<i>Lagerstroemia floribunda</i>	Bằng lăng	7.6	10.2	22.5	NA	19
86	TX4	TX 4.3	Dak Nong	<i>Lagerstroemia floribunda</i>	Bằng lăng	8.8	10.5	27.9	NA	19
87	TX4	TX 4.1	Dak Nong	<i>Cratoxylum prunifolium</i>	Thành ngành	5.7	8.7	11.3	NA	19
88	TX4	TX 4.8	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	40.4	22.0	1882.4	NA	19
89	TX4	TX 4.2	Dak Nong	<i>Knema poilanei</i>	Máu Chó	8.2	11.9	15.5	NA	19
90	TX4	TX 4.6	Dak Nong	<i>Lagerstroemia floribunda</i>	Bằng lăng	17.1	16.1	175.8	NA	19
91	TX4	TX 4.7	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	24.4	16.0	472.6	NA	19
92	TX7	TX 7.13	Dak Nong	NA	Sp	7.0	7.8	14.7	1.5	44
93	TX7	TX 7.5	Dak Nong	<i>Garcinia oblongifolia</i>	Búra	7.3	9.4	16.0	2.2	44
94	TX7	TX 7.7	Dak Nong	<i>Cinnamomum iners</i>	Quế rừng	16.5	11.8	59.0	6.1	44
95	TX7	TX 7.3	Dak Nong	<i>Walsura pinnata Hassk.</i>	Nhân rừng	6.8	6.9	15.4	2.4	44
96	TX7	TX 7.8	Dak Nong	<i>Garcinia oblongifolia</i>	Búra	5.9	7.4	7.0	1.5	44
97	TX7	TX 7.14	Dak Nong	<i>Garcinia oblongifolia</i>	Búra	7.5	9.0	16.4	2.2	44
98	TX7	TX 7.11	Dak Nong	NA	Pô Đô*	8.9	8.8	31.5	3.3	44
99	TX7	TX 7.2	Dak Nong	<i>Syzygium zeylanicum</i>	Trâm	26.8	14.8	501.4	48.6	44
100	TX7	TX 7.1	Dak Nong	NA	Plo*	5.8	5.3	6.2	0.8	44
101	TX7	TX 7.1	Dak Nong	<i>Schima superba</i>	Chò xót	47.8	21.0	1631.1	175.8	44
102	TX7	TX 7.9	Dak Nong	<i>Hydnocarpus kurzii</i> (King) Warb	Nhọ nôi	6.4	7.4	11.6	0.9	44
103	TX7	TX 7.12	Dak Nong	<i>Cinnamomum iners</i>	Quế rừng	11.5	13.2	62.0	4.7	44
104	TX7	TX 7.6	Dak Nong	<i>Semecarpus sp.</i>	Sp	11.4	10.9	32.2	3.4	44
105	TX7	TX 7.4	Dak Nong	<i>Quercus glauca</i> Thunb	Dẻ lá nhỏ	10.1	12.5	52.9	3.9	44
106	TX8	TX-8.1	Dak Lak	<i>Litsea glutinosa</i>	Bời lời	38.6	22.0	865.3	84.4	42
107	TX8	TX-8.17	Dak Lak	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	9.7	7.7	25.0	4.8	42
108	TX8	TX-8.10	Dak Lak	NA	Sp	12.3	13.2	18.2	8.5	42
109	TX8	TX-8.4	Dak Lak	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	34.5	19.5	648.0	68.1	42
110	TX8	TX-8.16	Dak Lak	<i>Cinnamomum iners</i>	Quế rừng	6.4	9.8	11.2	1.3	42
111	TX8	TX-8.9	Dak Lak	<i>Syzygium zeylanicum</i>	Trâm	31.6	21.5	437.7	83.5	42
112	TX8	TX-8.12	Dak Lak	<i>Trevesia palmata</i>	Đu đủ rừng	13.0	15.2	54.4	9.9	42
113	TX8	TX-8.6	Dak Lak	<i>Morinda sp.</i>	Nhàu	11.6	11.0	47.4	5.4	42
114	TX8	TX-8.5	Dak Lak	<i>Schefflera octophylla</i>	Chân Chim	16.6	10.2	55.8	19.1	42
115	TX8	TX-8.14	Dak Lak	<i>Careya sphaerica</i>	Vùng	15.8	15.3	99.2	28.5	42
116	TX8	TX-8.11	Dak Lak	NA	Sp	7.6	9.4	17.8	2.7	42

ID	ID ô	ID cây mẫu	Tỉnh	Tên khoa học loài	Tên loài	D (cm)	H (m)	AGB (kg)	BGB (kg)	G (m ² /ha)
117	TX8	TX-8.2	Dak Lak	<i>Schefflera octophylla</i>	Chân Chim	28.3	21.0	285.9	35.8	42
118	TX8	TX-8.3	Dak Lak	<i>Syzygium zeylanicum</i>	Trâm	24.4	22.0	319.3	66.4	42
119	TX8	TX-8.8	Dak Lak	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	24.0	14.6	448.5	81.1	42
120	TX8	TX-8.15	Dak Lak	<i>Trema orientalis</i>	Hu đay	9.3	7.3	24.9	3.4	42
121	TX8	TX-8.13	Dak Lak	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	8.0	9.8	32.1	5.2	42
122	TX8	TX-8.7	Dak Lak	<i>Syzygium levinei</i>	Trâm Núi	33.1	19.6	672.3	51.9	42
123	TX14	TX 14.4	Dak Lak	<i>Donella sp.</i>	Sp	10.7	14.1	60.9	10.2	44
124	TX14	TX 14.8	Dak Lak	NA	Sp	22.8	13.5	348.7	NA	44
125	TX14	TX 14.5	Dak Lak	<i>Litsea glutinosa</i>	Bời lời	6.5	11.5	14.8	2.1	44
126	TX14	TX 14.2	Dak Lak	<i>Diospyros ehretioides</i>	Thị mâm	6.6	6.5	9.8	2.5	44
127	TX14	TX 14.6	Dak Lak	<i>Garcinia sp1</i>	Búra	28.7	21.9	514.0	NA	44
128	TX14	TX 14.7	Dak Lak	<i>Spondias pinnata</i>	Cóc rừng	42.6	19.1	1003.2	NA	44
129	TX14	TX 14.1	Dak Lak	<i>Aglaia annamensis</i>	Ngâu rừng	9.3	11.2	42.2	5.9	44
130	TX14	TX 14.3	Dak Lak	<i>Pterospermum heterophyllum</i>	Lòng máng	9.9	13.9	35.4	6.6	44
131	TX17	TX-17.4	Dak Lak	<i>Gironniera nervosa</i>	Ngát To	6.5	9.7	10.0	1.1	39
132	TX17	TX-17.1	Dak Lak	<i>Syzygium hancei</i>	Trâm trắng	24.8	14.2	461.9	NA	39
133	TX17	TX-17.2	Dak Lak	<i>Ternstroemia kwangtungensis</i>	Giăng Quảng Đông	24.1	12.1	285.5	NA	39
134	TX17	TX-17.5	Dak Lak	<i>Styrax annamensis</i>	An tức	8.7	11.3	20.7	3.5	39
135	TX17	TX-17.3	Dak Lak	NA	Sp	8.9	10.3	23.8	3.6	39
136	TX2TA	TX 2.2 TA	Dak Nong	<i>Mallotus cochinchinensis</i>	Ba Bét, Ba Soi	8.5	9.0	18.3	NA	31
137	TX2TA	TX 2.3 TA	Dak Nong	NA	sp	14.0	12.6	52.0	NA	31
138	TX2TA	TX 2.1 TA	Dak Nong	<i>Melia sp.</i>	Xoan	20.0	14.8	126.2	NA	31
139	TX2TA	TX 2.4 TA	Dak Nong	NA	sp	6.5	8.8	7.1	NA	31
140	TX6	TX 6.1	Dak Nong	<i>Lagerstroemia floribunda</i>	Bằng lăng	26.8	20.5	369.5	NA	43
141	TX6	TX 6.3	Dak Nong	<i>Dipterocarpus duperreanus</i>	Dầu	18.3	15.3	133.4	NA	43
142	TX6	TX 6.2	Dak Nong	<i>Lagerstroemia floribunda</i>	Bằng lăng	15.0	14.4	45.2	NA	43
143	TX6	TX 6.5	Dak Nong	<i>Cinnamomum iners</i>	Quế rừng	8.9	6.5	13.5	NA	43
144	TX6	TX 6.7	Dak Nong	<i>Grewia paniculata</i>	Cò ke	6.8	6.3	11.1	NA	43
145	TX6	TX 6.4	Dak Nong	<i>Dipterocarpus duperreanus</i>	Dầu	8.7	6.5	14.0	NA	43
146	TX6	TX 6.6	Dak Nong	<i>Dipterocarpus duperreanus</i>	Dầu	8.6	9.5	33.4	NA	43
147	TX6	TX 6.8	Dak Nong	<i>Lagerstroemia floribunda</i>	Bằng lăng	76.0	27.5	3149.3	NA	43
148	TX16	TX-16.3	Dak Lak	<i>Aporosa microcalyx</i>	Thầu tẩu	23.8	26.8	528.0	NA	49
149	TX16	TX-16.5	Dak Lak	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	7.7	9.4	19.8	5.5	49
150	TX16	TX-16.2	Dak Lak	<i>Machilus parviflora</i>	Kháo hoa nhỏ	23.5	23.4	359.7	NA	49
151	TX16	TX-16.7	Dak Lak	<i>Calophyllum dongnaiense</i>	Còng nước	25.1	27.0	456.5	NA	49
152	TX16	TX-16.6	Dak Lak	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	7.0	7.4	14.5	2.3	49
153	TX16	TX-16.1	Dak Lak	<i>Cinnamomum iners</i>	Quế rừng	7.8	12.5	25.5	2.2	49
154	TX16	TX-16.4	Dak Lak	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	14.0	18.7	37.9	NA	49
155	TX1TA	TX 1.6 TA	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	34.0	18.3	716.7	NA	27

ID	ID ô	ID cây mẫu	Tỉnh	Tên khoa học loài	Tên loài	D (cm)	H (m)	AGB (kg)	BGB (kg)	G (m ² /ha)
156	TX1TA	TX 1.3 TA	Dak Nong	<i>Litsea glutinosa</i>	Bời lời	36.0	19.5	762.4	NA	27
157	TX1TA	TX 1.2 TA	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	17.0	13.9	201.4	NA	27
158	TX1TA	TX 1.1 TA	Dak Nong	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	7.0	8.5	13.8	NA	27
159	TX1TA	TX 1.5 TA	Dak Nong	<i>Calophyllum sp.</i>	Còng	41.0	23.8	1385.5	NA	27
160	TX1TA	TX 1.4 TA	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	26.0	17.5	554.3	NA	27
161	TX3TA	TX 3.1 TA	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	17.0	14.8	182.1	NA	32
162	TX3TA	TX 3.6 TA	Dak Nong	<i>Schima superba</i>	Chò xót	56.0	24.7	1860.0	NA	32
163	TX3TA	TX 3.8 TA	Dak Nong	<i>Schima superba</i>	Chò xót	45.0	25.0	1497.7	NA	32
164	TX3TA	TX 3.5 TA	Dak Nong	<i>Hydnocarpus kurzii</i> (King) Warb	Nhọ nôi	37.0	21.8	660.0	NA	32
165	TX3TA	TX 3.4 TA	Dak Nong	<i>Schima superba</i>	Chò xót	33.0	27.3	611.5	NA	32
166	TX3TA	TX 3.3 TA	Dak Nong	<i>Calophyllum sp.</i>	Còng	7.0	7.1	18.0	NA	32
167	TX3TA	TX 3.7 TA	Dak Nong	<i>Schima superba</i>	Chò xót	8.5	10.5	25.3	NA	32
168	TX3TA	TX 3.2 TA	Dak Nong	<i>Engelhardtia roxburghiana</i>	Chèo tía	26.0	13.5	274.4	NA	32
169	TX2	TX 2.7	Dak Nong	<i>Tetrameles nudiflora</i>	Tung	60.8	22.0	2179.5	NA	10
170	TX2	TX 2.2	Dak Nong	<i>Vitex pubescens</i>	Bình Linh Cánh	9.0	12.4	21.8	NA	10
171	TX2	TX 2.3	Dak Nong	<i>Lagerstroemia floribunda</i>	Bằng lăng	8.6	9.9	18.1	NA	10
172	TX2	TX 2.4	Dak Nong	<i>Barringtonia acutangula</i>	Lộc vùng	7.2	7.6	21.8	NA	10
173	TX2	TX 2.6	Dak Nong	<i>Xylocarpus granatum</i> J.Koenig	Xương cá	9.7	10.7	34.1	NA	10
174	TX2	TX 2.5	Dak Nong	<i>Lagerstroemia floribunda</i>	Bằng lăng	7.1	10.4	6.3	NA	10
175	TX2	TX 2.1	Dak Nong	<i>Pterospermum greuiifolium</i> Pierre	Lòng máng lá nhỏ	8.3	7.0	7.6	NA	10
176	TX13	TX 13.4	Dak Lak	<i>Elaeocarpus sp.</i>	Côm	37.4	24.1	844.7	NA	11
177	TX13	TX 13.3	Dak Lak	<i>Grewia paniculata</i>	Cò ke	8.3	9.2	29.1	NA	11
178	TX13	TX 13.2	Dak Lak	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	7.5	8.7	18.0	4.1	11
179	TX13	TX 13.5	Dak Lak	<i>Irvingia malayana</i>	Cơ nia	26.5	17.5	413.4	NA	11
180	TX19	TX-19.2	Dak Nong	<i>Gironniera nervosa</i>	Ngát To	31.1	15.0	435.2	NA	38
181	TX19	TX-19.1	Dak Nong	<i>Donella sp.</i>	Sp	14.6	11.3	115.2	NA	38
182	TX19	TX-19.7	Dak Nong	<i>Aporosa microcalyx</i>	Thầu tẩu	7.6	6.3	19.7	3.1	38
183	TX19	TX-19.6	Dak Nong	<i>Litsea glutinosa</i>	Bời lời	10.5	8.6	21.4	2.1	38
184	TX19	TX-19.3	Dak Nong	<i>Litsea glutinosa</i>	Bời lời	12.3	7.1	61.9	13.7	38
185	TX19	TX-19.5	Dak Nong	<i>Chukrasia tabularis</i> A.Juss	Lát	10.0	8.3	26.9	4.7	38
186	TX19	TX-19.8	Dak Nong	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	11.2	8.4	34.7	6.0	38
187	TX19	TX-19.4	Dak Nong	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	33.8	23.0	913.1	NA	38
188	TX10	TX - 10.15	Dak Lak	<i>Michelia balansae</i>	Giổi lông	24.5	25.2	341.1	NA	34
189	TX10	TX - 10.13	Dak Lak	<i>Manglietia sp.</i>	sp	30.8	23.6	526.1	NA	34
190	TX10	TX - 10.3	Dak Lak	<i>Manglietia conifera</i>	Vàng tâm	35.1	24.0	864.9	NA	34
191	TX10	TX - 10.5	Dak Lak	<i>Alstonia scholaris</i>	Mồ Cua	18.5	15.6	88.9	NA	34
192	TX10	TX - 10.9	Dak Lak	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i>	Xá xị	18.4	16.7	118.3	NA	34
193	TX10	TX - 10.4	Dak Lak	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	16.5	20.8	261.8	NA	34

ID	ID ô	ID cây mẫu	Tỉnh	Tên khoa học loài	Tên loài	D (cm)	H (m)	AGB (kg)	BGB (kg)	G (m ² /ha)
194	TX10	TX - 10.10	Dak Lak	<i>Gironniera subaequalis</i>	Ngát Vng	10.8	10.6	28.3	3.3	34
195	TX10	TX - 10.6	Dak Lak	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	39.8	22.2	1147.1	NA	34
196	TX10	TX - 10.8	Dak Lak	<i>Alphonsea sp.</i>	Thâu lĩnh	7.9	8.4	16.3	3.8	34
197	TX10	TX - 10.11	Dak Lak	<i>Lithocarpus annamensis</i>	Dẻ đá trung bộ	9.0	11.5	37.1	5.5	34
198	TX10	TX - 10.12	Dak Lak	<i>Manglietia sp.</i>	sp	15.4	19.6	134.0	NA	34
199	TX10	TX - 10.7	Dak Lak	<i>Gironniera nervosa</i>	Ngát To	7.9	10.5	19.2	NA	34
200	TX10	TX - 10.2	Dak Lak	<i>Symplocos sp.</i>	Dung	7.9	9.9	21.2	2.5	34
201	TX10	TX - 10.14	Dak Lak	<i>Canarium sp1</i>	Trám	16.9	14.5	129.4	NA	34
202	TX10	TX - 10.1	Dak Lak	<i>Acronychia pedunculata</i>	Buối bung	15.8	12.9	140.2	NA	34
203	TX5TA	TX 5.1 TA	Dak Nong	<i>Melia sp.</i>	Xoan	8.5	12.4	18.8	NA	31
204	TX5TA	TX 5.4 TA	Dak Nong	<i>Ixora coccinea</i>	Trang	14.0	14.8	52.2	NA	31
205	TX5TA	TX 5.3 TA	Dak Nong	<i>Cinnamomum iners</i>	Quế rừng	8.0	7.8	12.8	NA	31
206	TX5TA	TX 5.2 TA	Dak Nong	<i>Melia sp.</i>	Xoan	16.0	13.0	79.3	NA	31
207	TX6TA	TX 6.2 TA	Dak Nong	<i>Schima superba</i>	Chò xót	46.0	25.0	1359.9	NA	33
208	TX6TA	TX 6.6 TA	Dak Nong	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	18.0	16.5	222.8	NA	33
209	TX6TA	TX 6.4 TA	Dak Nong	<i>Hydnocarpus kurzii</i> (King) Warb	Nhọ nôi	23.0	16.5	230.6	NA	33
210	TX6TA	TX 6.3 TA	Dak Nong	<i>Schima superba</i>	Chò xót	52.5	26.2	1580.7	NA	33
211	TX6TA	TX 6.1 TA	Dak Nong	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	9.0	11.6	57.0	NA	33
212	TX6TA	TX 6.5 TA	Dak Nong	<i>Schima superba</i>	Chò xót	30.5	24.2	678.6	NA	33
213	TX18	TX 18.3	Gia Lai	<i>Streblus ilicifolius</i>	Dúi	9.8	7.5	41.9	5.6	24
214	TX18	TX 18.1	Gia Lai	<i>Diospyros maritima</i>	Cắm thị	18.1	12.1	172.6	NA	24
215	TX18	TX 18.4	Gia Lai	<i>Syzygium levinei</i>	Trâm Núi	16.2	10.5	58.1	NA	24
216	TX18	TX 18.2	Gia Lai	<i>Diospyros sp.</i>	Thị	25.5	16.0	420.1	NA	24
217	TX4TA	TX 4.1 TA	Dak Nong	<i>Mallotus cochinchinensis</i>	Ba Bét, Ba Soi	9.8	12.5	44.6	NA	27
218	TX4TA	TX 4.4 TA	Dak Nong	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	49.0	22.8	1600.5	NA	27
219	TX4TA	TX 4.2 TA	Dak Nong	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	25.4	21.0	435.1	NA	27
220	TX4TA	TX 4.5 TA	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	15.2	17.0	99.9	NA	27
221	TX4TA	TX 4.6 TA	Dak Nong	<i>Syzygium sp.</i>	Trâm	32.5	23.0	844.7	NA	27
222	TX4TA	TX 4.3 TA	Dak Nong	<i>Castanopsis sp.</i>	Dẻ	53.5	23.5	2159.2	NA	27

Phụ lục 2: Số liệu sinh khối lâm phần và thông tin các ô mẫu

ID	ID ô mẫu	X	Y	G (m ² /ha)	TAGB (tấn/ha)	TBGB (tấn/ha)
1	A1	367028	1355588	48	240	29
2	A2	366941	1355441	23	111	14
3	A3	366436	1354773	39	206	26
4	A5	364983	1354591	62	373	43
5	A6	365296	1354611	27	139	17
6	A7	379878	1342179	35	191	23
7	A8	378430	1341727	53	321	38
8	A9	366061	1358231	19	90	12
9	A10	366053	1358750	51	247	33
10	A11	369656	1353159	35	202	26
11	A13	363789	1360741	64	511	53
12	A14	365620	1359881	26	153	19
13	B1	384003	1340070	37	226	28
14	B2	378606	1335708	26	179	20
15	B3	359390	1360171	53	375	42
16	B4	375546	1351226	40	232	29
17	B5	366128	1360100	27	161	20
18	B6	360067	1360242	73	524	59
19	B7	373617	1350969	48	317	38
20	C1	365290	1352170	48	337	39
21	C2	365351	1352474	47	288	35
22	C3	365804	1353067	26	153	20
23	C4	365834	1353320	25	147	20
24	C5	365805	1353471	30	170	22
25	C6	366159	1352369	21	113	15
26	C7	366661	1351692	59	367	48
27	C8	366032	1352023	52	353	44
28	C9	365909	1351852	38	260	32
29	D4	381005	1340304	21	128	17
30	D5	381599	1339391	32	210	24
31	D6	386736	1345033	23	119	16
32	D7	386665	1344648	24	153	18
33	D8	386473	1344717	19	112	14
34	D9	385966	1344523	32	243	28
35	D10	385948	1344412	29	172	22
36	1	382132	1343801	36	226	28
37	2	381742	1344029	32	195	23
38	3	381718	1343771	48	413	48
39	4	381001	1343306	36	278	33
40	5	382136	1343126	25	177	24
41	6	382672	1345082	22	148	19
42	7	383248	1345462	26	175	21
43	8	384343	1345280	34	171	22
44	13	381360	1344919	13	70	10
45	15	384668	1343699	31	195	24
46	16	383352	1343419	28	180	20
47	21	380736	1344111	22	126	18
48	22	383298	1343612	22	153	18

ID	ID ô mẫu	X	Y	G (m ² /ha)	TAGB (tấn/ha)	TBGB (tấn/ha)
49	23	384064	1344516	34	190	24
50	24	384462	1344399	25	139	19
51	27	383392	1341760	48	313	38
52	29	381273	1343748	15	118	14
53	30	381247	1342577	32	275	31
54	32	383391	1341278	42	325	40
55	33	382278	1343317	28	201	24
56	34	382342	1342695	23	258	27
57	35	382842	1343424	20	136	17
58	36	381525	1343217	30	259	29
59	40	381149	1342825	49	296	36
60	41	382434	1343463	22	128	15
61	42	382802	1344573	23	145	18
62	43	383365	1344465	45	273	33
63	44	383537	1343819	37	241	30
64	45	382538	1343124	23	153	18
65	46	381427	1343658	24	150	18
66	47	383769	1344460	37	268	33
67	48	384183	1344302	21	119	15
68	49	382920	1345359	23	130	16
69	51	382685	1343196	39	234	30
70	I.1	379743	1344421	17	112	14
71	I.2	378225	1344111	25	171	22
72	I.3	380052	1345492	30	187	25
73	I.4	378454	1340613	34	265	31
74	I.5	378489	1341433	26	191	23
75	I.6	378897	1341547	11	62	9
76	I.7	380309	1345287	28	169	23
77	I.8	379794	1345335	11	74	9
78	I.9	380663	1345260	35	270	32
79	I.1.1	379216	1345044	39	292	35
80	I.1.2	378956	1345023	15	91	12
81	I.1.3	379203	1344901	40	308	36
82	I.1.4	379442	1344892	28	192	24
83	I.1.5	379700	1344862	27	174	23
84	I.1.6	379980	1345463	28	196	25
85	II.1	380667	1345081	26	195	23
86	II.2	380359	1345519	35	256	31
87	II.3	380652	1344779	15	98	13
88	II.4	378925	1342700	16	111	14
89	II.5	378635	1342474	40	323	37
90	II.6	378699	1343051	28	212	26
91	II.7	378247	1344093	37	281	34
92	II.8	378503	1344505	47	397	45
93	II.9	378979	1344373	16	136	15
94	II.1.1	379488	1345103	11	67	9
95	II.1.2	379483	1344834	34	246	31
96	II.1.3	379880	1344683	36	270	33
97	II.1.4	379431	1344678	44	366	42
98	II.1.5	379267	1344290	30	229	28

ID	ID ô mẫu	X	Y	G (m ² /ha)	TAGB (tấn/ha)	TBGB (tấn/ha)
99	II.1.6	378780	1343926	34	249	30
100	III.1	380161	1343188	35	267	32
101	III.2	379608	1343286	24	173	21
102	III.4	377745	1340934	21	136	18
103	III.5	377768	1340675	24	148	20
104	III.6	378176	1343440	19	127	16
105	III.7	378069	1343372	34	279	32
106	III.8	378639	1343328	8	43	6
107	III.1.1	379573	1345090	34	252	31
108	III.1.2	379608	1344767	30	193	25
109	III.1.3	379879	1344948	24	145	20
110	III.1.4	378727	1343053	33	256	31
111	III.1.5	378682	1342771	9	52	7
112	III.1.6	379162	1342995	48	422	46
113	IV.1	380088	1342903	37	296	34
114	IV.2	379828	1342490	19	118	16
115	IV.3	379622	1342226	15	110	13
116	IV.5	376980	1340765	11	79	10
117	IV.6	376668	1340576	42	333	39
118	IV.7	380369	1344468	39	306	36
119	IV.8	380098	1344357	13	91	11
120	IV.9	380151	1344683	20	122	17
121	IV.1.1	379906	1344113	29	202	25
122	IV.1.2	379751	1344380	17	121	15
123	IV.1.4	377627	1342684	22	156	20
124	IV.1.5	377898	1342387	29	201	25
125	NI.1	376946	1341088	38	298	35
126	NI.2	377086	1341175	28	214	26
127	NI.3	377498	1341553	49	401	46
128	NII.1	376890	1341753	16	99	13
129	NII.2	377169	1341737	22	153	19
130	NII.3	377243	1342024	7	36	5
131	NII.4	377048	1342273	32	252	30
132	NII.5	376705	1342063	22	151	19
133	NIII.1	377955	1342353	14	80	11
134	NIII.2	377399	1342597	14	82	11
135	NIV.1	377295	1341130	17	117	15
136	NIV.2	377352	1341413	13	99	12
137	NIV.3	377157	1340849	21	157	19
138	NIV.4	377802	1341236	18	116	15
139	NV.1	377970	1342255	25	176	22
140	NV.2	378145	1341159	25	181	22
141	NV.3	370274	1340890	18	118	15
142	NV.4	378482	1341186	26	160	21
143	NV.5	377848	1340959	28	194	24
144	NVI.1	378593	1341611	15	100	13
145	NVI.2	378365	1341732	22	152	19
146	NVI.3	378705	1341339	15	89	12
147	NVI.4	378914	1341656	13	90	11
148	A.1	381939	1343615	25	173	22

ID	ID ô mẫu	X	Y	G (m ² /ha)	TAGB (tấn/ha)	TBGB (tấn/ha)
149	A.2	381803	1343602	23	173	21
150	A.3	381611	1343568	47	372	44
151	B.1	381864	1342654	21	150	19
152	B.2	381214	1342380	20	137	18
153	C.1	382065	1343880	21	149	19
154	C.2	381913	1343787	42	328	38
155	C.3	381885	1343609	35	243	30
156	D.1	381908	1343799	31	218	28
157	D.2	381668	1343672	27	198	24
158	D.3	381331	1343535	36	273	32
159	A.1.1	381914	1342494	26	192	24
160	A.1.2	381768	1342530	21	185	20
161	A.1.3	381545	1342589	19	119	16
162	A.1.4	381326	1342651	22	182	21
163	A.1.5	381172	1343055	29	223	26
164	B.1.1	381811	1342616	18	126	16
165	B.1.2	381606	1342592	34	273	32
166	B.1.3	382443	1342747	21	138	18
167	B.1.4	381316	1342851	41	227	27
168	C.1.1	381934	1343278	26	198	24
169	C.1.2	381773	1343362	19	145	18
170	C.1.3	381662	1343316	22	158	20
171	C.1.4	381545	1343372	22	154	20
172	C.1.5	381401	1343443	34	231	29
173	C.1.6	381176	1343517	16	116	14
174	C.1.7	381047	1343505	23	163	20
175	C.1.8	381266	1343649	23	168	21
176	D.1.1	381616	1343187	36	287	33
177	D.1.2	381539	1343296	26	150	19
178	D.1.3	381443	1343285	19	102	14
179	D.1.4	381344	1343054	14	72	10
180	D.1.5	381251	1343067	20	122	16
181	E.1.1	381767	1343561	53	451	50
182	E.1.2	381625	1343532	30	208	26
183	E.1.3	381546	1343410	39	221	26
184	E.1.4	381429	1343435	30	198	25
185	E.1.5	381258	1343425	17	96	13
186	E.1.6	381141	1343208	23	143	19
187	T.1.1	381646	1342199	40	337	35
188	T.1.2	381698	1341928	12	88	11
189	T.2.1	381452	1342101	7	43	6
190	T.2.2	381452	1342101	13	80	11
191	T.2.3	381131	1342325	24	175	21
192	T.3.1	382563	1343548	26	162	21
193	T.3.2	382451	1343463	34	214	26
194	T.3.3	382321	1343492	34	269	31
195	T.3.4	382311	1343348	31	234	28
196	T.3.5	382144	1343420	26	190	23
197	X.1.1	380718	1344072	20	143	18
198	X.1.2	380591	1344208	19	131	17

ID	ID ô mẫu	X	Y	G (m ² /ha)	TAGB (tấn/ha)	TBGB (tấn/ha)
199	X.1.3	380670	1343912	37	303	35
200	X.1.5	381029	1343887	23	172	21
201	X.1.6	381187	1343863	24	169	21
202	X.1.7	381068	1343768	19	112	15
203	X.2.1	381514	1344044	20	122	17
204	X.2.2	381925	1344001	20	117	16
205	X.2.3	381315	1343917	27	198	24
206	X.2.4	381611	1343994	28	191	24
207	X.2.5	381720	1344078	29	194	25
208	X.2.6	381950	1344034	21	130	17
209	X.3.1	380722	1344599	16	103	14
210	X.3.2	380897	1344655	18	117	15
211	X.3.3	381099	1345001	34	264	32
212	X.3.4	381239	1344792	25	188	23
213	X.3.5	381339	1344904	58	457	53
214	X.3.7	381489	1344932	40	295	36
215	X.3.8	381734	1344972	41	263	35
216	X.4.1	380750	1344889	26	179	22
217	X.4.2	380760	1345169	23	135	18
218	X.4.3	380366	1345574	21	127	17
219	X.4.4	380254	1345837	34	208	27
220	X.4.5	380055	1345990	37	209	28
221	X.4.6	380251	1346127	32	208	26
222	1	493192	1302179	48	394	46
223	3	493976	1297173	48	307	40
224	4	493359	1299653	33	229	29
225	5	489108	1301524	23	124	17
226	6	494261	1301570	46	337	41
227	7	493294	1299616	29	224	27
228	8	492470	1296144	63	471	57
229	9	493188	1296802	54	360	46
230	11	487063	1303528	39	264	33
231	13	486574	1302732	39	332	39
232	14	486574	1295640	17	90	12
233	15	490421	1301256	6	27	4
234	16	491354	1299985	40	264	34
235	19	487147	1294741	12	70	9
236	20	484258	1296225	10	44	6
237	23	487867	1295102	7	33	5
238	24	490296	1301240	9	43	6
239	26	489847	1298346	17	81	12
240	27	486843	1294647	16	68	10
241	28	490004	1294218	5	30	4
242	29	487273	1295044	10	62	8
243	30	492476	1298609	53	397	48
244	32	489437	1300819	14	85	11
245	39	490838	1299429	6	21	3
246	63	493305	1307779	39	281	35
247	65	484358	1294120	31	158	22
248	66	491778	1306032	26	202	24

ID	ID ô mẫu	X	Y	G (m ² /ha)	TAGB (tấn/ha)	TBGB (tấn/ha)
249	68	496029	1296580	47	308	39
250	74	486571	1306205	48	425	49
251	85	493063	1303661	33	263	33
252	86	491551	1317488	5	24	3
253	87	483587	1307053	25	194	23
254	88	472377	1294211	13	70	9
255	90	486464	1311608	27	186	23
256	93	487096	1305413	41	336	39
257	96	509033	1309539	10	46	7
258	97	474824	1299785	35	303	35
259	98	481792	1304373	52	448	51
260	100	477865	1298387	20	117	16
261	102	476348	1299868	18	121	15
262	103	483439	1307602	35	295	34
263	104	472561	1299153	53	327	43
264	105	484302	1306236	22	197	22
265	107	488142	1305852	3	15	2
266	108	484331	1308415	35	341	38
267	109	497895	1312262	10	48	7
268	110	492493	1297280	65	655	72
269	111	496255	1299644	27	180	23
270	112	494289	1305627	46	435	49
271	113	491738	1290606	27	207	25
272	114	497372	1299856	27	205	25
273	115	496674	1308236	12	60	8
274	117	476121	1301860	30	356	36
275	119	495310	1303410	43	360	42
276	121	473932	1297829	12	57	8
277	122	490012	1290837	46	298	38
278	123	497698	1302706	29	244	29
279	125	492660	1291082	46	346	42
280	126.1	484492	1292586	31	256	30
281	129	492069	1297948	19	107	14
282	130	496850	1302965	30	229	27
283	131	498724	1304173	26	195	24
284	134	475675	1304225	27	180	23
285	136	480712	1293596	26	160	21
286	138	492108	1300727	20	116	16
287	140	493147	1306501	31	194	25
288	141	496604	1315296	10	70	9
289	142	497696	1302032	37	259	32
290	143	490452	1309528	42	353	41
291	144	491890	1308844	20	180	20
292	145	500246	1302270	51	359	45
293	146	477047	1294173	18	96	13
294	147	492026	1295694	50	314	41
295	151	484141	1294950	3	11	2
296	152	510622	1310362	14	95	12
297	154	489793	1299896	8	33	5
298	156	497980	1311666	19	155	18

ID	ID ô mẫu	X	Y	G (m ² /ha)	TAGB (tấn/ha)	TBGB (tấn/ha)
299	157	490443	1300792	22	173	21
300	159	499213	1307573	17	106	14
301	161	502576	1308290	26	98	13
302	162	483110	1306992	26	231	27
303	163	486338	1309165	21	178	21
304	164	489660	1289852	30	210	26
305	168	498608	1306075	29	260	30
306	169	501938	1308874	22	106	15
307	170	502982	1308926	12	81	10
308	172	498726	1310801	21	171	20
309	178	499619	1310962	23	223	25
310	183	490265	1308444	27	234	26
311	184	510344	1312208	5	24	3
312	185	499941	1307361	28	199	24
313	186	493477	1293146	23	179	22
314	187	473295	1296082	34	256	31
315	188	485526	1303059	20	107	15
316	192	487177	1308643	31	213	26
317	194	491877	1305044	17	88	12
318	197	503174	1299434	40	225	30
319	198	510843	1307084	34	185	25
320	199	508268	1307999	5	23	3
321	200	505339	1302792	31	263	29
322	202	503099	1305244	45	348	42
323	203	488176	1294941	7	34	5

Phụ lục 3: Danh sách các thành viên cộng đồng tham gia nghiên cứu hiện trường

Stt	Họ và tên	Dân tộc	Địa chỉ	Tình độ văn hóa	Nghề nghiệp	Nhóm
1	K' Nhòm	Châu Mạ	Lộc Bắc, Bảo Lâm	5/12	Ban LN xã	Nhóm 1 (Nhóm trưởng)
2	K' Ninh	Châu Mạ	Lộc Bắc, Bảo Lâm	2/12	Làm vườn	Nhóm 1
3	K'Wuâng	Châu Mạ	Lộc Bắc, Bảo Lâm	3/12	Làm vườn	Nhóm 1
4	K'Pía	Châu Mạ	Lộc Bắc, Bảo Lâm	3/12	Làm vườn	Nhóm 1
5	K'Bảy	Châu Mạ	Lộc Bảo, Bảo Lâm	6/12	Làm vườn	Nhóm 2 (Nhóm trưởng)
6	K'Minh	Châu Mạ	Lộc Bảo, Bảo Lâm	7/12	Làm vườn	Nhóm 2
7	K'Đia	Châu Mạ	Lộc Bảo, Bảo Lâm	3/12	Làm vườn	Nhóm 2
8	K'Hiệp	Châu Mạ	Lộc Bảo, Bảo Lâm	9/12	Làm vườn	Nhóm 2
9	K'Ráh	Châu Mạ	Lộc Bảo, Bảo Lâm	3/12	Làm vườn	Nhóm 2
10	K'Quyền	Châu Mạ	Lộc Bảo, Bảo Lâm	12/12	Làm vườn	Nhóm 2
11	K'Quý	Châu Mạ	Lộc Bắc, Bảo Lâm	9/12	Làm vườn	Nhóm 3 (Nhóm trưởng)
12	K'Quốc	Châu Mạ	Lộc Bắc, Bảo Lâm	3/12	Làm vườn	Nhóm 3
13	K'Lòng	Châu Mạ	Lộc Bắc, Bảo Lâm	3/12	Làm vườn	Nhóm 3

Phụ lục 4: Danh sách các chuyên viên kỹ thuật tham gia nghiên cứu hiện trường

Stt	Họ và tên	Chuyên môn	Cơ quan công tác
1	Tăng Xuân Giang	Kỹ sư Lâm nghiệp	Cty TNHH MTV Lâm nghiệp Lộc Bắc
2	Ngo Thế Sơn	Kỹ sư Lâm nghiệp	Cty TNHH MTV Lâm nghiệp Lộc Bắc
3	Nguyễn Quốc Sĩ	Kỹ sư Lâm nghiệp	Cty TNHH MTV Lâm nghiệp Bảo Lâm

Phụ lục 5: Kết quả đánh giá kỹ năng sử dụng GPS của cộng đồng

TT	Họ và tên	Kết quả cho điểm từng thao tác						Đánh giá chung
		Lượt	Khởi động GPS, vào Waypoint	Tìm số hiệu ô trên GPS	Đi đến điểm	Xác định vị trí ô mẫu	TB	
1	K' Nhòm	1	4.5	4.0	4.5	4.5	4.4	Tốt
2	K' Nhòm	2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	Tốt
3	K' Nhòm	3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	Tốt
4	K' Wuâng	1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	Đạt
5	K' Wuâng	2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
6	K' Wuâng	3	4.0	4.0	5.0	5.0	4.5	Tốt
7	K' Ninh	1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	Đạt
8	K' Ninh	2	3.0	4.0	3.0	3.0	3.3	Đạt
9	K' Ninh	3	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
10	K' Pia	1	2.0	2.0	4.0	3.0	2.8	Chưa đạt
11	K' Minh	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
12	K' Minh	2	4.0	4.0	5.0	5.0	4.5	Tốt
13	K' Bảy	1	3.0	3.0	4.0	4.0	3.5	Đạt
14	K' Bảy	2	4.0	4.0	5.0	4.0	4.3	Khá
15	K' Bảy	3	4.0	4.0	5.0	4.0	4.3	Khá
16	K' Hiệp	1	2.0	3.0	3.0	2.0	2.5	Chưa đạt
17	K' Hiệp	2	3.0	3.0	4.0	4.0	3.5	Đạt
18	K' Địa	1	2.0	2.0	3.0	2.0	2.3	Chưa đạt
19	K' Địa	2	3.0	3.0	4.0	4.0	3.5	Đạt
20	K' Quyền	1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	Tốt
21	K' Rah	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
22	K' Quốc	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
23	K' Quốc	2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	Tốt
24	K' Lòng	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
25	K' Lòng	2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	Tốt
26	K' Quý	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
27	K' Quý	2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	Tốt
Chỉ tiêu thống kê								
Dung lượng mẫu (n)			27	27	27	27	27	
Điểm số trung bình			3.7	3.8	4.1	4	3.9	
Sai tiêu chuẩn (S)			0.881	0.8	0.691	0.831	0.747	
Hệ số biến động (CV%)			23.60%	21.10%	16.70%	21.00%	19.10%	
Biến động với P=95%			0.349	0.316	0.273	0.329	0.295	
Giá trị nhỏ nhất (Min)			3.4	3.5	3.9	3.6	3.6	
Giá trị lớn nhất (Max)			4.1	4.1	4.4	4.3	4.2	

Phụ lục 6: Kết quả đánh giá kỹ năng khoan vẽ diện tích

TT	Họ và tên	Lượt	Kết quả cho điểm từng thao tác				Trung bình	Xếp loại
			Khởi động GPS, vào Track	Đi khoan vẽ diện tích	Lưu kết quả và đặt tên lô	Đọc số đo diện tích		
1	K' Nhôm	1	4.5	4.5	4.0	4.0	4.3	Tốt
2	K' Nhôm	2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	Tốt
3	K' Nhôm	3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	Tốt
4	K' Wuâng	1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	Đạt
5	K' Wuâng	2	4.0	4.0	3.0	3.0	3.5	Khá
6	K' Wuâng	3	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
7	K' Ninh	1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	Đạt
8	K' Ninh	2	3.0	4.0	3.0	3.0	3.3	Đạt
9	K' Ninh	3	3.0	4.0	3.0	4.0	3.5	Khá
10	K' Pia	1	2.0	3.0	2.0	2.0	2.3	Chưa đạt
11	K' Minh	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
12	K' Minh	2	4.0	4.0	4.0	5.0	4.3	Tốt
13	K' Bảy	1	3.0	4.0	3.0	4.0	3.5	Đạt
14	K' Bảy	2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
15	K' Bảy		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
16	K' Hiệp	1	2.0	3.0	2.0	2.0	2.3	Chưa đạt
17	K' Hiệp	2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	Đạt
18	K' Địa	1	2.0	3.0	2.0	2.0	2.3	Chưa đạt
19	K' Địa	2	3.0	4.0	3.0	3.0	3.3	Đạt
20	K' Quyền	1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	Tốt
21	K' Rah	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
22	K' Quốc	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
23	K' Quốc	2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	Tốt
24	K' Lòng	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
25	K' Lòng	2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	Tốt
26	K' Quý	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	Khá
27	K' Quý	2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	Tốt
Chỉ tiêu thống kê								
Dung lượng mẫu (n)			27	27	27	27	27	
Điểm số trung bình			3.7	4	3.6	3.8	3.8	
Sai tiêu chuẩn (S)			0.891	0.619	0.886	0.903	0.796	
Hệ số biến động (CV%)			24.10%	15.60%	24.30%	24.00%	21.10%	
Biến động với P=95%			0.352	0.245	0.35	0.357	0.315	
Giá trị nhỏ nhất (Min)			3.4	3.7	3.3	3.4	3.5	
Giá trị lớn nhất (Max)			4.1	4.2	4	4.1	4.1	

Phụ lục 7: Thông tin chung về 39 điểm lập ô mẫu nghiên cứu trên địa bàn 3 xã Lộc Bắc, Lộc Bảo, Lộc Lâm huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng

TT	Điểm lập ô	Tọa độ Vn2000		Kiểu rừng	Độ cao (m)	Che phủ tán cây (%)	Độ dốc ô mẫu (độ)
		X	Y				
1	I.1	484834	1303205	LRTX	731	70	5
2	I.2	484803	1303275	LRTX	710	70	15
3	I.3	484428	1303395	LRTX	710	70	5
4	I.4	483184	1304053	LRTX	684	80	10
5	I.5	482980	1304087	LRTX	680	80	5
6	I.6	489796	1306790	LRTX	750	50	15
7	I.7	489846	1296581	LRTX	750	50	15
8	I.8	490876	1296100	LRTX	617	50	15
9	I.9	485258	1303596	LRTX	730	80	5
10	I.10	485124	1303737	LRTX	737	80	10
11	I.11	485444	1303560	LRTX	731	80	10
12	I.12	495067	1297528	LRTX	929	70	20
13	I.13	495444	1296959	LRTX	973	80	25
14	I.14	495600	1296870	LRTX	992	80	20
15	I.15	495972	1297115	LRTX	1050	80	20
16	II.1	482909	1304780	LRTX	712	80	5
17	II.2	483059	1304142	LRTX	683	70	10
18	II.3	492640	1305555	LRTX	605	50	10
19	II.4	492522	1305605	LRTX	637	50	20
20	II.5	492338	1305360	LRTX	617	40	5
21	II.6	488296	1308754	LRTX	655	60	15
22	II.7	488068	1308606	LRTX	687	70	5
23	II.8	487602	1308629	LRTX	657	40	5
24	II.9	487332	1308403	LRTX	659	70	5
25	II.10	486614	1303027	LRTX	739	70	5
26	II.11	486903	1303248	LRTX	708	70	5
27	II.12	486615	1302521	LRTX	728	70	5
28	III.1	492943	1298151	LRTX	816	50	15
29	III.2	495595	1296126	LRTX	954	70	15
30	III.3	495115	1296259	Hỗn giao LR-LK	970	80	10
31	III.4	495454	1296378	Hỗn giao LR-LK	1021	70	20
32	III.5	491113	1296648	LRTX	678	60	25
33	III.6	492179	1297006	LRTX	943	65	25
34	III.7	497261	1297173	Hỗn giao LR-LK	1080	75	25
35	III.8	497217	1297110	LRTX	1056	70	20
36	III.9	497190	1296956	LRTX	1055	65	15
37	III.10	497266	1296578	LRTX	989	60	20
38	III.11	496210	1294988	LRTX	960	60	20
39	III.12	497505	1293707	LRTX	967	60	15

Phụ lục 8: Kết quả xác định cấp chiều cao, cấp trừ lượng từ giá trị trung bình của 3 cây tại 39 điểm lập ô mẫu nghiên cứu được đo đạc bởi cộng đồng

Stt	Điểm lập ô	G (m ² /ha)	D (cm)	H (m)	Si	Cấp H	M	Cấp M
1	I.1	18.5	32.9	24	24.9	1	222	2
2	I.2	19	36.1	23	22.6	2	218.5	2
3	I.3	18	38	27.3	26.1	1	246	2
4	I.4	22	38.2	25	23.8	1	275	2
5	I.5	23.5	34.3	25.5	25.8	1	299.2	2
6	I.6	14.5	25.3	15.3	18.4	3	111.2	3
7	I.7	17.5	32.1	19	19.9	2	166.3	3
8	I.8	16.5	25.2	14.3	17.3	3	118.3	3
9	I.9	24.5	35.4	26.7	26.5	1	326.7	1
10	I.10	20	36.3	25.7	25.2	1	256.7	2
11	I.11	23	35.4	25.3	25.2	1	291.3	2
12	I.12	12.7	32.1	20	21	2	127	3
13	I.13	14.5	34.2	22.7	23	2	164.3	3
14	I.14	18.2	33.7	24	24.5	1	218.4	2
15	I.15	17.5	36.6	25.7	25	1	224.6	2
16	II.1	22	30.8	20.3	21.9	2	223.7	2
17	II.2	19.5	35	25	25	1	243.8	2
18	II.3	16	24.3	15	18.5	3	120	3
19	II.4	10.5	25.6	13.3	15.9	3	70	4
20	II.5	16.5	23.9	17	21.1	2	140.3	3
21	II.6	18.3	34.7	25.3	25.5	1	232.2	2
22	II.7	18.8	37.6	26	24.9	1	244.8	2
23	II.8	14	33.4	21.7	22.3	2	151.7	3
24	II.9	20.5	38.2	27.3	26	1	280.2	2
25	II.10	17.2	34.5	23.2	23.4	2	198.8	3
26	II.11	18.7	37.5	24.7	23.7	1	230.2	2
27	II.12	18.7	34.5	22.7	22.8	2	211.6	2
28	III.1	15.7	37.5	22.7	21.8	2	177.6	3
29	III.2	16.3	31.2	21.7	23.1	2	176.9	3
30	III.3	12.2	34.7	23	23.1	2	139.9	3
31	III.4	14.3	35.8	19.3	19.1	2	138.6	3
32	III.5	11.8	22	16.7	21.7	2	98.6	4
33	III.6	11	22.5	17.8	22.9	2	98.1	4
34	III.7	15.3	34.3	25.7	25.9	1	196.8	3
35	III.8	13.8	34.3	27.3	27.6	1	189.1	3
36	III.9	13.5	28.2	21.3	24.1	1	144	3
37	III.10	13.2	34.8	25.3	25.4	1	166.8	3
38	III.11	10.7	23.6	16.3	20.5	2	87.1	4
39	III.12	11.5	24.1	16.3	20.2	2	93.9	4

Phụ lục 9: Kết quả so sánh Bias% giữa dữ liệu cộng đồng với chuyên viên kỹ thuật về giá trị trung bình G (m²/ha), D (cm), H (m) của 3 cây đại diện tại 39 điểm lập ô mẫu nghiên cứu

Điểm lập ô	G (m ² /ha)			D (cm)			H (m)		
	Số liệu của cộng đồng	Số liệu của chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Số liệu của cộng đồng	Số liệu của chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Số liệu của cộng đồng	Số liệu của chuyên viên kỹ thuật	Bias%
I.1	18.5	20.5	-10.8%	32.9	34.1	-3.5%	24.0	24.8	-3.5%
I.2	19.0	21.5	-13.2%	36.1	36.8	-1.9%	23.0	24.0	-4.3%
I.3	18.0	19.0	-5.6%	38.0	37.4	1.7%	27.3	26.3	3.7%
I.4	22.0	20.5	6.8%	38.2	37.8	1.0%	25.0	24.7	1.3%
I.5	23.5	24.5	-4.3%	34.3	35.1	-2.3%	25.5	25.7	-0.8%
I.6	14.5	13.0	10.3%	25.3	25.9	-2.4%	15.3	16.2	-5.4%
I.7	17.5	16.5	5.7%	32.1	32.7	-1.7%	19.0	20.0	-5.3%
I.8	16.5	18.5	-12.1%	25.2	24.8	1.6%	14.3	15.5	-8.1%
I.9	24.5	23.5	4.1%	35.4	35.2	0.8%	26.7	26.8	-0.6%
I.10	20.0	22.0	-10.0%	36.3	35.8	1.2%	25.7	26.3	-2.6%
I.11	23.0	22.5	2.2%	35.4	35.9	-1.2%	25.3	25.8	-2.0%
I.12	12.7	13.0	-2.4%	32.1	32.5	-1.2%	20.0	20.7	-3.3%
I.13	14.5	16.5	-13.8%	34.2	34.2	0.0%	22.7	23.3	-2.9%
I.14	18.2	18.5	-1.6%	33.7	34.8	-3.2%	24.0	24.7	-2.8%
I.15	17.5	18.5	-5.7%	36.6	37.4	-2.0%	25.7	25.5	0.6%
II.1	22.0	20.5	6.8%	30.8	32.5	-5.4%	20.3	21.5	-5.7%
II.2	19.5	19.0	2.6%	35.0	35.5	-1.4%	25.0	24.7	1.3%
II.3	16.0	15.5	3.1%	24.3	25.7	-5.6%	15.0	15.8	-5.6%
II.4	10.5	12.5	-19.0%	25.6	26.2	-2.2%	13.3	14.5	-8.8%
II.5	16.5	17.5	-6.1%	23.9	23.0	3.5%	17.0	17.7	-3.9%
II.6	18.3	19.0	-3.6%	34.7	35.2	-1.3%	25.3	25.2	0.7%
II.7	18.8	19.5	-3.5%	37.6	37.0	1.8%	26.0	25.8	0.6%
II.8	14.0	14.5	-3.6%	33.4	34.1	-2.0%	21.7	23.0	-6.2%
II.9	20.5	19.7	4.1%	38.2	37.9	0.9%	27.3	26.7	2.4%
II.10	17.2	17.0	1.0%	34.5	34.2	1.0%	23.2	24.0	-3.6%
II.11	18.7	19.3	-3.6%	37.5	37.7	-0.5%	24.7	25.5	-3.4%
II.12	18.7	18.5	0.9%	34.5	35.2	-1.8%	22.7	23.2	-2.2%
III.1	15.7	15.2	3.2%	37.5	37.6	-0.3%	22.7	23.2	-2.2%
III.2	16.3	16.7	-2.0%	31.2	32.1	-3.0%	21.7	22.0	-1.5%
III.3	12.2	13.5	-11.0%	34.7	35.4	-2.0%	23.0	24.5	-6.5%
III.4	14.3	15.7	-9.3%	35.8	36.8	-2.8%	19.3	20.5	-6.0%
III.5	11.8	14.3	-21.1%	22.0	22.9	-4.4%	16.7	17.5	-5.0%
III.6	11.0	11.8	-7.6%	22.5	23.0	-2.4%	17.8	18.8	-5.6%
III.7	15.3	15.7	-2.2%	34.3	34.9	-1.6%	25.7	25.3	1.3%
III.8	13.8	14.2	-2.4%	34.3	35.0	-1.9%	27.3	27.0	1.2%
III.9	13.5	14.2	-4.9%	28.2	27.7	1.8%	21.3	21.5	-0.8%
III.10	13.2	14.2	-7.6%	34.8	35.3	-1.4%	25.3	23.7	6.6%
III.11	10.7	12.0	-12.5%	23.6	23.2	1.4%	16.3	17.8	-9.2%
III.12	11.5	13.0	-13.0%	24.1	24.5	-1.9%	16.3	17.5	-7.1%
	16.7	17.2	-4.1%	32.3	32.6	-1.2%	22.0	22.5	-2.7%

Phụ lục 10: Kết quả so sánh Bias% sử dụng dữ liệu của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật để ước tính sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha), sinh khối dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha) và tổng sinh khối (TB, tấn/ha) của điểm Bitterlich

Điểm lập ô	Sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha)			Sinh khối dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha)			Tổng sinh khối trên và dưới mặt đất (TB, tấn/ha)		
	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%
I.1	119.2	134.3	-12.7%	15.2	17	-11.8%	134.4	151.3	-12.6%
I.2	122.9	141.9	-15.5%	15.6	17.9	-14.4%	138.6	159.8	-15.3%
I.3	115.4	122.9	-6.5%	14.8	15.6	-6.0%	130.2	138.6	-6.4%
I.4	145.8	134.3	7.9%	18.3	17	7.4%	164.1	151.3	7.8%
I.5	157.4	165.2	-5.0%	19.7	20.6	-4.6%	177.1	185.9	-4.9%
I.6	89.7	79	11.9%	11.7	10.4	11.2%	101.4	89.4	11.8%
I.7	111.7	104.3	6.6%	14.3	13.4	6.2%	126	117.7	6.6%
I.8	104.3	119.2	-14.2%	13.4	15.2	-13.2%	117.7	134.4	-14.1%
I.9	165.2	157.4	4.7%	20.6	19.7	4.4%	185.9	177.1	4.7%
I.10	130.5	145.8	-11.7%	16.5	18.3	-10.9%	147	164.1	-11.6%
I.11	153.5	149.6	2.5%	19.2	18.8	2.4%	172.8	168.4	2.5%
I.12	76.9	79	-2.8%	10.1	10.4	-2.6%	87	89.4	-2.7%
I.13	89.7	104.3	-16.2%	11.7	13.4	-15.1%	101.4	117.7	-16.1%
I.14	116.9	119.2	-1.9%	14.9	15.2	-1.8%	131.8	134.4	-1.9%
I.15	111.7	119.2	-6.7%	14.3	15.2	-6.2%	126	134.4	-6.6%
II.1	145.8	134.3	7.9%	18.3	17	7.4%	164.1	151.3	7.8%
II.2	126.7	122.9	3.0%	16.1	15.6	2.8%	142.8	138.6	3.0%
II.3	100.6	97	3.6%	13	12.5	3.4%	113.6	109.5	3.6%
II.4	61.6	75.5	-22.5%	8.2	9.9	-20.8%	69.8	85.4	-22.3%
II.5	104.3	111.7	-7.1%	13.4	14.3	-6.6%	117.7	126	-7.0%
II.6	117.9	122.9	-4.2%	15	15.6	-4.0%	133	138.6	-4.2%
II.7	121.7	126.7	-4.1%	15.5	16.1	-3.9%	137.2	142.8	-4.1%
II.8	86.1	89.7	-4.2%	11.2	11.7	-3.9%	97.4	101.4	-4.1%
II.9	134.3	128	4.7%	17	16.2	4.4%	151.3	144.2	4.7%
II.10	109.2	108	1.1%	14	13.9	1.1%	123.2	121.9	1.1%
II.11	120.4	125.4	-4.2%	15.3	15.9	-3.9%	135.8	141.4	-4.1%
II.12	120.4	119.2	1.0%	15.3	15.2	1.0%	135.8	134.4	1.0%
III.1	98.2	94.6	3.7%	12.7	12.2	3.5%	110.9	106.8	3.7%
III.2	103.1	105.5	-2.4%	13.3	13.6	-2.2%	116.4	119.1	-2.4%
III.3	73.2	82.6	-12.9%	9.6	10.8	-12.0%	82.8	93.4	-12.8%
III.4	88.5	98.2	-10.9%	11.5	12.7	-10.1%	100.1	110.9	-10.8%
III.5	70.8	88.5	-25.0%	9.4	11.5	-23.1%	80.2	100.1	-24.8%
III.6	65.1	70.8	-8.9%	8.6	9.4	-8.3%	73.7	80.2	-8.8%
III.7	95.8	98.2	-2.5%	12.4	12.7	-2.4%	108.2	110.9	-2.5%
III.8	85	87.3	-2.8%	11.1	11.4	-2.6%	96	98.7	-2.8%
III.9	82.6	87.3	-5.8%	10.8	11.4	-5.4%	93.4	98.7	-5.7%
III.10	80.2	87.3	-8.9%	10.5	11.4	-8.3%	90.7	98.7	-8.8%
III.11	62.8	72	-14.7%	8.4	9.5	-13.6%	71.1	81.5	-14.6%
III.12	68.5	79	-15.3%	9.1	10.4	-14.2%	77.6	89.4	-15.2%
	106	110	-4.90%	13.6	14.1	-4.50%	119.6	124	-4.90%

Phụ lục 11: Kết quả so sánh Bias% sử dụng dữ liệu của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật để ước tính sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha), sinh khối dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha) và tổng sinh khối (TB, tấn/ha) của ô tròn phân tầng 500m²

Điểm lập ô	Sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha)			Sinh khối dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha)			Tổng sinh khối trên và dưới mặt đất (TB, tấn/ha)		
	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%
I.1	385.2	387	-0.5%	56.4	56.7	-0.5%	441.6	443.7	-0.5%
I.2	224.3	223.7	0.2%	39.8	39.7	0.3%	264	263.4	0.3%
I.3	515.4	500.3	2.9%	76.3	74	3.0%	591.7	574.3	2.9%
I.4	336.1	339.9	-1.1%	48.1	48.7	-1.2%	384.3	388.6	-1.1%
I.5	306	308.3	-0.7%	44.3	44.7	-0.8%	350.4	353	-0.7%
I.6	112.2	146.1	-30.2%	24.8	24.7	0.3%	137	170.8	-24.7%
I.7	244.5	248.6	-1.7%	42.8	43.5	-1.8%	287.3	292.1	-1.7%
I.8	102.1	132	-29.3%	22	21.8	1.1%	124.1	153.8	-23.9%
I.9	339.2	345.8	-2.0%	49.2	50.3	-2.1%	388.4	396.1	-2.0%
I.10	372.2	377.8	-1.5%	53.5	54.4	-1.6%	425.7	432.2	-1.5%
I.11	321.9	326.1	-1.3%	47.1	47.7	-1.4%	369	373.8	-1.3%
I.12	139.4	136.4	2.2%	23.7	23.1	2.4%	163.1	159.5	2.2%
I.13	174.2	211.8	-21.6%	29.6	29.2	1.4%	203.8	241	-18.2%
I.14	405.9	412.4	-1.6%	58.8	59.8	-1.6%	464.7	472.2	-1.6%
I.15	346.1	339.3	2.0%	49.3	48.3	2.0%	395.4	387.5	2.0%
II.1	303.7	298.6	1.7%	54	53.1	1.8%	357.7	351.7	1.7%
II.2	424.6	418.4	1.5%	61.9	60.9	1.5%	486.5	479.3	1.5%
II.3	126.1	160.2	-27.1%	28.2	27.3	3.1%	154.3	187.6	-21.6%
II.4	57.8	58.7	-1.4%	12.8	13	-1.4%	70.7	71.7	-1.4%
II.5	81.1	79.5	2.0%	13.3	13	2.2%	94.4	92.4	2.1%
II.6	256.6	259.9	-1.3%	36.6	37.1	-1.3%	293.3	297	-1.3%
II.7	227.3	222.7	2.0%	31.9	31.2	2.1%	259.2	254	2.0%
II.8	157	153.7	2.1%	27.3	26.7	2.2%	184.3	180.4	2.1%
II.9	215	217	-1.0%	29.8	30.1	-1.0%	244.7	247.1	-1.0%
II.10	199.6	243.9	-22.2%	35.1	34.8	0.9%	234.7	278.6	-18.7%
II.11	288	290	-0.7%	40.4	40.7	-0.7%	328.4	330.7	-0.7%
II.12	330.2	332	-0.6%	58.7	59	-0.6%	388.8	391	-0.6%
III.1	194.3	188.3	3.1%	33.5	32.4	3.3%	227.8	220.7	3.1%
III.2	142.6	140.1	1.8%	24.7	24.2	1.9%	167.3	164.2	1.8%
III.3	225.4	275	-22.0%	39.3	38.9	1.0%	264.7	313.9	-18.6%
III.4	213.7	210.5	1.5%	37.1	36.5	1.6%	250.8	247	1.5%
III.5	142.8	143.5	-0.5%	23.7	23.8	-0.5%	166.5	167.4	-0.5%
III.6	96.4	113.9	-18.2%	16	15.3	4.2%	112.4	129.3	-15.0%
III.7	214.4	211.8	1.2%	29.6	29.3	1.3%	244	241	1.2%
III.8	189	183.6	2.8%	26.7	25.9	3.0%	215.6	209.5	2.9%
III.9	107.7	104.8	2.6%	14.5	14.1	2.7%	122.2	119	2.6%
III.10	209.3	174	16.9%	29.2	30	-2.5%	238.5	203.9	14.5%
III.11	103.7	105.9	-2.1%	17.3	17.7	-2.3%	120.9	123.5	-2.1%
III.12	108	110.1	-1.9%	17.9	18.3	-2.0%	125.9	128.3	-1.9%
	229.2	234.1	-3.7%	36	35.9	0.5%	265.2	270	-3.0%

Phụ lục 12: Kết quả so sánh Bias% sử dụng dữ liệu của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật để ước tính sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha), sinh khối dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha) và tổng sinh khối (TB, tấn/ha) của ô tròn phân tầng 1.000m²

Điểm lập ô	Sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha)			Sinh khối dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha)			Tổng sinh khối trên và dưới mặt đất (TB, tấn/ha)		
	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%
I.1	304.8	306.3	-0.5%	43.9	44.1	-0.5%	348.7	350.4	-0.5%
I.2	205.7	203.4	1.2%	35.7	35.2	1.3%	241.4	238.6	1.2%
I.3	326.1	315.7	3.2%	47	45.4	3.4%	373.1	361.1	3.2%
I.4	316.2	318.8	-0.8%	45.1	45.5	-0.8%	361.3	364.3	-0.8%
I.5	422.1	406	3.8%	62.7	60.1	4.1%	484.8	466.1	3.9%
I.6	112.2	146.1	-30.2%	24.8	24.7	0.3%	137	170.8	-24.7%
I.7	208.5	209.9	-0.7%	36.1	36.4	-0.7%	244.6	246.3	-0.7%
I.8	102.1	132.2	-29.5%	22	21.8	1.0%	124.1	154	-24.1%
I.9	316.6	320.5	-1.3%	45.7	46.2	-1.3%	362.2	366.8	-1.3%
I.10	407.6	412.1	-1.1%	59.4	60	-1.2%	466.9	472.2	-1.1%
I.11	271.9	277.2	-1.9%	39.5	40.3	-2.1%	311.4	317.5	-2.0%
I.12	163.9	160.4	2.2%	28.2	27.5	2.4%	192.1	187.9	2.2%
I.13	212.3	258.9	-21.9%	36.5	36.1	1.1%	248.8	295	-18.6%
I.14	375.1	382.2	-1.9%	54.1	55.2	-2.0%	429.2	437.4	-1.9%
I.15	340.3	332.1	2.4%	48.6	47.4	2.5%	388.9	379.4	2.4%
II.1	279.9	276.8	1.1%	49.8	49.3	1.2%	329.7	326.1	1.1%
II.2	364.7	355.8	2.5%	72.2	52.3	27.6%	436.9	408	6.6%
II.3	113.7	147.5	-29.7%	25.2	25	0.9%	138.9	172.5	-24.2%
II.4	57.8	58.7	-1.4%	9.3	13	-40.2%	67.1	71.7	-6.8%
II.5	112.7	110.8	2.0%	13.3	13	2.2%	94.4	92.4	2.1%
II.6	228.4	229	-0.3%	32.2	32.3	-0.3%	260.5	261.3	-0.3%
II.7	238.9	233.9	2.1%	33.6	32.8	2.2%	272.4	266.8	2.1%
II.8	165.8	162.1	2.2%	28.9	28.2	2.3%	194.7	190.3	2.2%
II.9	238.3	242.8	-1.9%	33.1	33.7	-2.0%	271.3	276.6	-1.9%
II.10	191.2	231.1	-20.8%	33.7	33	2.0%	224.9	264.1	-17.4%
II.11	303.1	308.6	-1.8%	42.9	43.7	-1.9%	346	352.3	-1.8%
II.12	369.6	378.1	-2.3%	66.4	68	-2.4%	436.1	446.1	-2.3%
III.1	183.3	177.8	3.0%	31.6	30.6	3.1%	214.8	208.3	3.0%
III.2	146.1	144.3	1.3%	25.3	25	1.3%	171.4	169.2	1.3%
III.3	222.5	271.9	-22.2%	38.7	38.3	0.9%	261.2	310.2	-18.8%
III.4	225.1	224	0.5%	39.2	39	0.5%	264.3	263	0.5%
III.5	142.8	143.5	-0.5%	23.7	23.8	-0.5%	166.5	167.4	-0.5%
III.6	96.4	113.9	-18.2%	16	15.3	4.2%	112.4	129.3	-15.0%
III.7	246.8	245.6	0.5%	34.3	34.2	0.5%	281.1	279.8	0.5%
III.8	229.7	230.6	-0.4%	33	33.2	-0.5%	262.7	263.7	-0.4%
III.9	107.7	104.8	2.6%	14.5	14.1	2.7%	122.2	119	2.6%
III.10	209	173.5	17.0%	29.2	29.9	-2.4%	238.1	203.3	14.6%
III.11	103.7	105.9	-2.1%	17.3	17.7	-2.3%	120.9	123.5	-2.1%
III.12	108	110.1	-1.9%	17.9	18.3	-2.0%	125.9	128.3	-1.9%
	224.1	229.8	-3.7%	35.7	35.1	0.1%	259.7	264.1	-3.1%

Phụ lục 13: Kết quả so sánh Bias% sử dụng dữ liệu của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật để ước tính sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha), sinh khối dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha) và tổng sinh khối (TB, tấn/ha) của ô chữ nhật phân tầng 500m²

Điểm lập ô	Sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha)			Sinh khối dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha)			Tổng sinh khối trên và dưới mặt đất (TB, tấn/ha)		
	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%
I.1	274.5	281.5	-2.5%	38.8	39.8	-2.7%	313.3	321.3	-2.6%
I.2	335.1	341.7	-2.0%	59.7	61	-2.1%	394.8	402.7	-2.0%
I.3	453	443.3	2.1%	67.4	65.9	2.2%	520.3	509.2	2.1%
I.4	329.6	320.9	2.6%	47.7	46.4	2.8%	377.2	367.2	2.7%
I.5	410.8	426	-3.7%	59.8	62.2	-4.0%	470.7	488.2	-3.7%
I.6	109.2	138.9	-27.1%	23.6	22.9	2.8%	132.8	161.8	-21.8%
I.7	171.1	165.4	3.3%	30.3	29.2	3.5%	201.4	194.6	3.3%
I.8	87.2	110.3	-26.5%	18.9	18.3	3.3%	106.1	128.6	-21.2%
I.9	285.2	280.8	1.6%	41.3	40.6	1.6%	326.5	321.4	1.6%
I.10	337.2	343.2	-1.8%	49	49.9	-1.9%	386.3	393.1	-1.8%
I.11	324.2	318.6	1.7%	46.8	46	1.8%	371	364.6	1.7%
I.12	326.5	320.3	1.9%	58.9	57.7	2.1%	385.4	378	1.9%
I.13	147.1	175.9	-19.5%	25.5	24.7	3.2%	172.6	200.6	-16.2%
I.14	309.3	301	2.7%	44.5	43.2	2.9%	353.8	344.2	2.7%
I.15	292.5	288.8	1.3%	41.6	41	1.3%	334.1	329.8	1.3%
II.1	249.9	252.9	-1.2%	44.7	45.3	-1.2%	294.7	298.2	-1.2%
II.2	431.7	436.7	-1.2%	63.2	64	-1.2%	494.9	500.6	-1.2%
II.3	69.9	89.6	-28.2%	15.4	15	2.0%	85.3	104.6	-22.7%
II.4	53	51.7	2.4%	11.7	11.4	2.5%	64.7	63.1	2.4%
II.5	62.7	61.3	2.2%	10.6	10.3	2.4%	73.3	71.6	2.3%
II.6	142.7	140.8	1.4%	19.6	19.4	1.4%	162.4	160.1	1.4%
II.7	149.6	151.2	-1.1%	21.2	21.5	-1.1%	170.8	172.7	-1.1%
II.8	137.1	139.9	-2.0%	24	24.5	-2.1%	161.1	164.3	-2.0%
II.9	110.1	107.7	2.1%	14.9	14.5	2.3%	125	122.3	2.2%
II.10	287.2	347.7	-21.1%	51.8	50.8	1.8%	339	398.5	-17.6%
II.11	253.5	246.8	2.6%	35.8	34.8	2.8%	289.3	281.6	2.7%
II.12	228.8	232.7	-1.7%	40.6	41.3	-1.8%	269.4	274	-1.7%
III.1	170.1	175	-2.9%	29.4	30.3	-3.1%	199.5	205.3	-2.9%
III.2	184.7	187.7	-1.6%	32.2	32.8	-1.7%	217	220.5	-1.6%
III.3	190.6	233.7	-22.6%	33	32.8	0.6%	223.6	266.5	-19.2%
III.4	214.3	219.9	-2.7%	37.3	38.4	-2.8%	251.6	258.3	-2.7%
III.5	135.3	134.7	0.5%	22.5	22.4	0.5%	157.9	157.1	0.5%
III.6	135.2	165.4	-22.4%	22.7	22.5	0.7%	157.8	187.9	-19.1%
III.7	243.1	240	1.3%	34.5	34	1.4%	277.5	274	1.3%
III.8	357	348.4	2.4%	51.3	50	2.5%	408.4	398.5	2.4%
III.9	136.6	137.7	-0.8%	18.5	18.7	-0.8%	155.1	156.4	-0.8%
III.10	261.8	214.5	18.1%	36.6	37	-1.0%	298.4	251.5	15.7%
III.11	109.1	108.7	0.4%	18.1	18	0.4%	127.2	126.7	0.4%
III.12	84	85.4	-1.6%	14.1	14.3	-1.7%	98.1	99.7	-1.6%
	220.3	224.8	-3.7%	34.8	34.7	0.5%	255.1	259.5	-3.0%

Phụ lục 14: Kết quả so sánh Bias% sử dụng dữ liệu của cộng đồng và chuyên viên kỹ thuật để ước tính sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha), sinh khối dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha) và tổng sinh khối (TB, tấn/ha) của ô chữ nhật phân tầng 1.000m²

Điểm lập ô	Sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha)			Sinh khối dưới mặt đất (TBGB, tấn/ha)			Tổng sinh khối trên và dưới mặt đất (TB, tấn/ha)		
	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%	Cộng đồng	Chuyên viên kỹ thuật	Bias%
I.1	379	391.9	-3.4%	55.5	57.5	-3.6%	434.6	449.5	-3.4%
I.2	287.6	293.2	-1.9%	51	52	-2.0%	338.6	345.2	-2.0%
I.3	267.7	262.5	1.9%	39.4	38.5	2.0%	307	301.1	1.9%
I.4	296.5	291.4	1.7%	42.8	42.1	1.8%	339.3	333.5	1.7%
I.5	488.3	500.4	-2.5%	71.3	73.2	-2.6%	559.7	573.5	-2.5%
I.6	109.2	138.9	-27.1%	23.6	22.9	2.8%	132.8	161.8	-21.8%
I.7	118.9	116	2.5%	20.8	20.2	2.7%	139.7	136.2	2.5%
I.8	87.2	110.3	-26.5%	18.9	18.3	3.3%	106.1	128.6	-21.2%
I.9	434.9	428.6	1.4%	64	63.1	1.5%	498.9	491.7	1.5%
I.10	367.5	371.8	-1.2%	53.9	54.6	-1.2%	421.4	426.4	-1.2%
I.11	288.8	285.5	1.2%	41.5	41	1.2%	330.4	326.5	1.2%
I.12	267.9	264.9	1.1%	47.8	47.2	1.3%	315.7	312.1	1.1%
I.13	186.4	224.8	-20.6%	32.5	31.8	2.2%	218.8	256.5	-17.2%
I.14	309	303.4	1.8%	44.4	43.5	1.9%	353.4	346.9	1.8%
I.15	249	245.9	1.3%	39.7	39.4	0.9%	288.7	285.2	1.2%
II.1	198.1	200.3	-1.1%	35.1	35.5	-1.2%	233.2	235.8	-1.1%
II.2	442.4	449.6	-1.6%	65.8	66.9	-1.7%	508.2	516.5	-1.6%
II.3	69.9	89.6	-28.1%	15.4	15	2.0%	85.3	104.6	-22.7%
II.4	53	51.7	2.4%	11.7	11.4	2.5%	64.7	63.1	2.4%
II.5	62.7	61.3	2.2%	10.6	10.3	2.8%	73.3	71.6	2.3%
II.6	182.8	180.7	1.1%	25.5	25.2	1.2%	208.3	205.9	1.1%
II.7	333.1	340.1	-2.1%	49.4	50.5	-2.2%	382.5	390.5	-2.1%
II.8	162.6	165.7	-1.9%	28.6	29.2	-2.0%	191.2	194.9	-2.0%
II.9	209	205.9	1.5%	29.3	28.8	1.5%	238.3	234.8	1.5%
II.10	249.1	303.6	-21.9%	44.6	44.1	1.1%	293.6	347.7	-18.4%
II.11	287.2	281.2	2.1%	40.8	39.9	2.2%	328	321.1	2.1%
II.12	170.7	173.2	-1.5%	30.1	30.6	-1.6%	200.8	203.8	-1.5%
III.1	177.6	182.2	-2.6%	30.8	31.6	-2.8%	208.4	213.9	-2.6%
III.2	171.2	175.1	-2.2%	29.9	30.6	-2.3%	201.1	205.6	-2.2%
III.3	215.6	263.6	-22.2%	37.7	37.3	0.9%	253.3	300.9	-18.8%
III.4	186.6	191.5	-2.6%	32.4	33.3	-2.8%	219	224.8	-2.6%
III.5	135.3	134.7	0.5%	22.5	22.4	0.5%	157.9	157.1	0.5%
III.6	135.2	165.4	-22.4%	22.7	22.5	0.7%	157.8	187.9	-19.1%
III.7	232.4	228.6	1.6%	32.8	32.3	1.7%	265.2	260.9	1.6%
III.8	286.6	280.9	2.0%	41	40.1	2.1%	327.6	321.1	2.0%
III.9	136.6	137.7	-0.8%	18.5	18.7	-0.8%	155.1	156.4	-0.8%
III.10	271.6	221.7	18.4%	38	38.2	-0.6%	309.5	259.9	16.0%
III.11	109.1	108.7	0.4%	18.1	18	0.4%	127.2	126.7	0.4%
III.12	84	85.4	-1.6%	14.1	14.3	-1.7%	98.1	99.7	-1.6%
	223.1	228.4	-3.9%	35.2	35.2	0.3%	258.3	263.6	-3.2%

Phụ lục 15: Tổng sinh khối trên mặt đất (TAGB, tấn/ha) của các loại ô từ dữ liệu của cộng đồng được sắp xếp theo cấp trừ lượng làm cơ sở tính số ô mẫu cần thiết (Nct)

Stt	Điểm lập ô	M	Cấp M	Trạng thái rừng	Ô tròn phân tầng 500m ²	Ô tròn phân tầng 1.000m ²	Ô chữ nhật phân tầng 500m ²	Ô chữ nhật phân tầng 1.000m ²
1	I.9	327	1	Giàu	339.2	316.6	285.2	434.9
2	I.1	222	2	Giàu	385.2	304.8	274.5	379.0
3	I.2	219	2	Giàu	224.3	205.7	335.1	287.6
4	I.3	246	2	Giàu	515.4	326.1	453.0	267.7
5	I.4	275	2	Giàu	336.1	316.2	329.6	296.5
6	I.5	299	2	Giàu	306.0	422.1	410.8	488.3
7	I.10	257	2	Giàu	372.2	407.6	337.2	367.5
8	I.11	291	2	Giàu	321.9	271.9	324.2	288.8
9	I.14	218	2	Giàu	405.9	375.1	309.3	309.0
10	I.15	225	2	Giàu	346.1	340.3	292.5	249.0
11	II.1	224	2	Giàu	303.7	279.9	249.9	198.1
12	II.2	244	2	Giàu	424.6	364.7	431.7	442.4
13	II.6	232	2	Giàu	256.6	228.4	142.7	182.8
14	II.7	245	2	Giàu	227.3	238.9	149.6	333.1
15	II.9	280	2	Giàu	215.0	238.3	110.1	209.0
16	II.11	230	2	Giàu	288.0	303.1	253.5	287.2
17	II.12	212	2	Giàu	330.2	369.6	228.8	170.7
18	I.6	111	3	Trung bình	112.2	112.2	109.2	109.2
19	I.7	166	3	Trung bình	244.5	208.5	171.1	118.9
20	I.8	118	3	Trung bình	102.1	102.1	87.2	87.2
21	I.12	127	3	Trung bình	139.4	163.9	326.5	267.9
22	I.13	164	3	Trung bình	174.2	212.3	147.1	186.4
23	II.3	120	3	Trung bình	126.1	113.7	69.9	69.9
24	II.5	140	3	Trung bình	81.1	81.1	62.7	62.7
25	II.8	152	3	Trung bình	157.0	165.8	137.1	162.6
26	II.10	199	3	Trung bình	199.6	191.2	287.2	249.1
27	III.1	178	3	Trung bình	194.3	183.3	170.1	177.6
28	III.2	177	3	Trung bình	142.6	146.1	184.7	171.2
29	III.3	140	3	Trung bình	225.4	222.5	190.6	215.6
30	III.4	139	3	Trung bình	213.7	225.1	214.3	186.6
31	III.7	197	3	Trung bình	214.4	246.8	243.1	232.4
32	III.8	189	3	Trung bình	189.0	229.7	357.0	286.6
33	III.9	144	3	Trung bình	107.7	107.7	136.6	136.6
34	III.10	167	3	Trung bình	209.3	209.0	261.8	271.6
35	II.4	70	4	Nghèo	57.8	57.8	53.0	53.0
36	III.5	99	4	Nghèo	142.8	142.8	135.3	135.3
37	III.6	98	4	Nghèo	96.4	96.4	135.2	135.2
38	III.11	87	4	Nghèo	103.7	103.7	109.1	109.1
39	III.12	94	4	Nghèo	108.0	108.0	84.0	84.0

Phụ lục 16: Hao phí thời gian (phút) cho mỗi loại ô mẫu ở 39 điểm lập ô mẫu nghiên cứu và các chỉ tiêu thống kê trung bình

Điểm lập ô	Ô tròn phân tầng 500m ²	Ô tròn phân tầng 1.000m ²	Ô chữ nhật phân tầng 500m ²	Ô chữ nhật phân tầng 1.000m ²
I.1	44	53	50	65
I.2	38	46	45	63
I.3	35	42	40	66
I.4	60	68	60	70
I.5	41	50	50	78
I.6	53	64	60	76
I.7	41	50	45	52
I.8	55	66	60	70
I.9	35	42	40	50
I.10	41	49	45	53
I.11	35	44	40	64
I.12	51	62	59	76
I.13	51	59	55	67
I.14	39	47	40	50
I.15	38	46	42	53
II.1	40	48	45	60
II.2	35	40	40	50
II.3	55	64	60	75
II.4	55	65	60	75
II.5	55	66	55	70
II.6	57	66	60	80
II.7	55	65	60	70
II.8	35	44	40	50
II.9	59	70	60	75
II.10	46	55	50	60
II.11	53	64	55	65
II.12	53	62	55	67
III.1	55	66	60	78
III.2	51	61	57	73
III.3	45	60	56	71
III.4	45	60	50	60
III.5	55	66	56	71
III.6	50	60	55	66
III.7	52	61	55	63
III.8	35	41	39	49
III.9	54	64	60	70
III.10	42	50	51	64
III.11	48	52	60	80
III.12	47	52	55	65
Chỉ tiêu thống kê trung bình				
Số điểm (n)	39	39	39	39
Trung bình thời gian (phút)	47	56.1	51.9	65.7
Sai tiêu chuẩn	7.932	9.105	7.689	9.28
Hệ số biến động (CV%)	16.90%	16.20%	14.80%	14.10%
Biến động với P = 95%	2.571	2.952	2.492	3.008
min	44.5	53.2	49.4	62.7
max	49.6	59.1	54.4	68.7

Phụ lục 17: Hao phí thời gian (phút) cho việc thu thập số liệu các bể chứa carbon ngoài gỗ của 39 điểm lập ô mẫu nghiên cứu và các chỉ tiêu thống kê trung bình

Stt	Điểm lập ô	Đất	Thâm mục	Gỗ chết			
				Tròn 500m ²	Tròn 1.000m ²	CN 500m ²	CN 1.000m ²
1	I.1	10	20	20	30	20	30
2	I.2	10	30	10	15	10	15
3	I.3	10	25	0	0	0	0
4	I.4	5	15	0	0	0	0
5	I.5	5	20	5	5	5	5
6	I.6	5	25	0	0	0	0
7	I.7	5	15	0	0	0	0
8	I.8	10	15	0	0	0	0
9	I.9	10	15	10	15	10	15
10	I.10	5	20	0	0	0	0
11	I.11	10	20	0	0	0	0
12	I.12	5	20	10	15	10	15
13	I.13	5	15	0	0	0	0
14	I.14	5	15	10	15	10	15
15	I.15	5	10	0	0	0	0
16	II.1	10	20	10	20	10	20
17	II.2	10	30	0	0	0	0
18	II.3	10	25	0	0	0	0
19	II.4	5	15	10	15	10	15
20	II.5	5	20	0	0	0	0
21	II.6	5	25	10	15	10	15
22	II.7	5	15	0	0	0	0
23	II.8	10	15	0	0	0	0
24	II.9	10	15	0	0	0	0
25	II.10	5	20	0	0	0	0
26	II.11	10	20	0	0	0	0
27	II.12	5	20	0	0	0	0
28	III.1	5	15	0	0	0	0
29	III.2	5	15	5	10	5	10
30	III.3	5	15	10	15	10	15
31	III.4	5	15	10	10	10	10
32	III.5	5	10	0	0	0	0
33	III.6	5	10	0	0	0	0
34	III.7	5	15	0	0	0	0
35	III.8	5	10	10	20	10	20
36	III.9	5	15	10	20	10	20
37	III.10	5	15	5	10	5	10
38	III.11	5	15	0	0	0	0
39	III.12	5	10	5	10	5	10
Chỉ tiêu thống kê trung bình							
Số điểm n		39	39	39	39	39	39
Trung bình thời gian (phút)		6.5	17.4	3.8	6.2	3.8	6.2
Sai tiêu chuẩn		2.338	5.113	5.189	8.308	5.189	8.308
Hệ số biến động (CV%)		35.80%	29.30%	134.90%	135.00%	134.90%	135.00%
Biến động với P = 95%		0.758	1.658	1.682	2.693	1.682	2.693
min		5.8	15.8	2.2	3.5	2.2	3.5
max		7.3	19.1	5.5	8.8	5.5	8.8

Phụ lục 18: Dữ liệu sinh khối các bể chứa ngoài gỗ (thảm mục, đất và gỗ chết) của 39 điểm lập ô mẫu nghiên cứu

Stt	Điểm lập ô	Sinh khối của Thảm mục chung cho các ô (tấn/ha)	Carbon trong đất chung cho các ô (tấn C/ha)	Gỗ chết (tấn/ha)			
				Ô tròn phân tầng 500m ²	Ô tròn phân tầng 1.000m ²	Ô CN phân tầng 500m ²	Ô CN phân tầng 1.000m ²
1	I.1	3.9	93	3.1	3.3	3.1	3.5
2	I.2	5.5	81.8	8.5	24	7.8	23.3
3	I.3	3.1	88.6	0	0	0	0
4	I.4	4.1	78.2	0	0	0	0
5	I.5	3.9	79.5	5.1	2.6	5.1	2.6
6	I.6	3.5	75.2	0	0	0	0
7	I.7	4.4	72.9	0	0	0	0
8	I.8	3.8	152.4	0	0	0	0
9	I.9	3.1	84.2	13.5	25.6	26	19.6
10	I.10	3.4	77.3	0	0	0	0
11	I.11	8.5	66	0	0	0	0
12	I.12	7.8	57.8	7.6	6.2	11.7	6.1
13	I.13	6.9	117.4	0	0	0	0
14	I.14	5	161.6	7.6	4.3	1.6	1.2
15	I.15	7	77.4	0	0	0	0
16	II.1	2.2	73	15.5	10	15.5	11.5
17	II.2	2.6	84.8	0	0	0	0
18	II.3	3.2	85.2	0	0	0	0
19	II.4	2.4	72.3	2.8	1.3	1.8	2.3
20	II.5	3.3	112.7	0	0	0	0
21	II.6	3.7	87.8	10.4	10.2	6.7	7
22	II.7	3.9	91.5	0	0	0	0
23	II.8	5.1	77.9	0	0	0	0
24	II.9	2.9	90	0	0	0	0
25	II.10	3.6	104.4	0	0	0	0
26	II.11	4.1	93	0	0	0	0
27	II.12	3.7	82.2	0	0	0	0
28	III.1	3	91.2	0	0	0	0
29	III.2	6.5	90.7	5	2.7	4.7	3.5
30	III.3	6.9	74.9	2.7	2.5	4.3	2.1
31	III.4	6.9	70.1	4	2	4	2.4
32	III.5	4.9	120.5	0	0	0	0
33	III.6	8.4	61	0	0	0	0
34	III.7	6.5	69.4	0	0	0	0
35	III.8	6.5	76.3	6.2	4.1	6.2	3.7
36	III.9	6.8	122.1	17.4	18	20.2	16.4
37	III.10	5.4	127.5	8.4	4.2	8.4	4.2
38	III.11	6.4	120.7	0	0	0	0
39	III.12	2.9	109.3	18.5	9.3	18.5	9.3
Chỉ tiêu thống kê trung bình							
Dung lượng mẫu		39	39	39	39	39	39
Giá trị trung bình		4.8	91.1	3.5	3.3	3.7	3
Sai tiêu chuẩn (S)		1.8	23.4	5.3	6.4	6.4	5.7
Hệ số biến động		37.40%	25.70%	153.10%	190.60%	172.50%	186.20%
Biến động với P = 0.05		0.6	7.6	1.7	2.1	2.1	1.8
Min		4.2	83.5	1.8	1.3	1.6	1.2
Max		5.3	98.7	5.2	5.4	5.8	4.9

Phụ lục 19: Các mẫu phiếu lập ô mẫu điều tra gỗ, cây tái sinh, các bể chứa carbon

Phiếu phân loại rừng bởi cộng đồng

Đối tượng được phỏng vấn:..... Dân tộc:.....Lần:.....

Ngày:..... Người điều tra, phỏng vấn:.....

Hiện trường:

Kiểu rừng	Trạng thái	Tên gọi địa phương	Chỉ tiêu nhận biết/Mô tả	Trạng thái về kỹ thuật (trên hiện trường)	Nhận xét

Phiếu kiểm tra kỹ năng sử dụng GPS của cộng đồng để khoanh vẽ diện tích

Ngày:Nhóm thực hiện:Lần thứ:

Người kiểm tra:Tỉnh Lâm Đồng, Huyện Bảo Lâm, xã:

Hiện trường:

TT	Họ và tên	Cho điểm từng thao tác (kém: 1 – giỏi: 5)				Đánh giá chung
		Khởi động GPS, vào Track	Đi khoanh vẽ diện tích	Lưu kết quả và đặt tên lô	Đọc số đo diện tích	
1						
...						
n						

Phiếu đánh giá tra kỹ năng sử dụng GPS của cộng đồng để xác định tọa độ ô mẫu ngẫu nhiên

Ngày:Nhóm thực hiện:Lần thứ:

Người kiểm tra:Tỉnh Lâm Đồng, Huyện Bảo Lâm, xã:

Hiện trường:

TT	Họ và tên	Cho điểm từng thao tác (kém: 1 – giỏi: 5)				Đánh giá chung
		Khởi động GPS, vào Waypoint	Tìm số hiệu ô trên GPS	Đi đến điểm	Xác định vị trí ô mẫu	
1						
...						
n						

Phiếu dành cho cộng đồng

Phiếu điều tra lập ô mẫu ảo Bitterlich (điểm Bi)

Số hiệu ô mẫu:Tọa độ VN2000: X:.....Y:

Ngày điều tra:Nhóm điều tra:

Tỉnh: Lâm Đồng; Huyện: Bảo Lâm; Xã:Chủ rừng:

Đo đếm tiết diện ngang bằng thước Bitterlich

Tại một vị trí bất kỳ (trong trường hợp này, đứng tại vị trí tâm ô) dùng thước Bitterlich quay theo chiều kim đồng hồ một vòng khép kín, tầm ngắm tại vị trí cao 1.3m. Cây cắt được tính là 1; Cây tiếp tuyến được tính là 0,5; Cây lọt là 0.

Cây cắt (1)	Cây tiếp tuyến (0,5)
Cộng:	Cộng
Tổng G (m ² /ha)	

Phiếu dành cho Kỹ thuật

Phiếu điều tra hao phí lao động, thời gian và kỹ năng tác nghiệp của cộng đồng đối với ô ảo Bitterlich

Số hiệu ô mẫu:Tọa độ VN2000: X:.....Y:

Ngày điều tra:Nhóm điều tra:Kỹ thuật:

Tỉnh: Lâm Đồng; Huyện: Bảo Lâm; Xã:Chủ rừng:

Đo đếm tiết diện ngang bằng thước Bitterlich

Thời gian bắt đầu:Thời gian kết thúc:.....Cộng:.....

Cây cắt (1)		Cây tiếp tuyến (0,5)	
Cộng đồng	Kỹ thuật	Cộng đồng	Kỹ thuật
Cộng:		Cộng	
Tổng G (m ² /ha)			

Đánh giá kỹ năng và tổng hợp thời gian tác nghiệp

	Đo G bằng Bitterlich
Đánh giá kỹ năng	
Thời gian	

Phiếu dành cho cộng đồng

Phiếu điều tra lập ô mẫu hình tròn phân tầng, diện tích: 500m²

Số hiệu ô mẫu:Tọa độ VN2000: X:.....Y:

Ngày điều tra:Nhóm điều tra:

Tỉnh: Lâm Đồng; Huyện: Bảo Lâm; Xã:Chủ rừng:

Lập ô, điều tra cây tái sinh và cây gỗ

Số lượng cây gỗ tái sinh ($D < 6\text{cm}$ và $H > 1.3\text{m}$) trong ô có bán kính 1m

Thao tác để tính thời gian, số liệu lấy theo ô tròn, phân tầng 1.000m²

Đo cây gỗ có $D \geq 6\text{cm}$ trong ô tròn, phân tầng 500m²

TT	Loài		D (cm)	TT	Loài		D (cm)
	Địa phương	Phổ thông			Địa phương	Phổ thông	
1				16			
2				17			
3				18			
4				19			
5				20			
6				21			
7				22			
8				23			
9				24			
10				25			
11				26			
12				27			
13				28			
14				29			
15				30			

Điều tra gỗ chết với $D > 10\text{cm}$ (góc $\frac{1}{4}$ ô theo hướng B-Đ có diện tích 125m²)

TT	Dg; D (cm)	Chiều dài (m)	TT	Dg; D (cm)	Chiều dài (m)	TT	Dg; D (cm)	Chiều dài (m)
1			4			7		
2			5			8		
3			6			9		

Phiếu điều tra lập ô mẫu hình tròn phân tầng, diện tích: 1.000m²

Số hiệu ô mẫu:.....Tọa độ VN2000: X:Y:

Ngày điều tra:Nhóm điều tra:

Tỉnh: Lâm Đồng; Huyện: Bảo Lâm; Xã:Chủ rừng:

Độ cao (m):Che phủ tán cây (%):Độ dốc ô mẫu:

Lập ô, điều tra cây tái sinh và cây gỗ*Số lượng cây gỗ tái sinh ($D < 6\text{cm}$ và $H > 1.3\text{m}$) trong ô có bán kính 1m**Số lượng cây gỗ tái sinh được ghi bằng cách đánh dấu thể thao:* 

TT	Loài		Số cây	TT	Loài		Số cây
	Địa phương	Phổ thông			Địa phương	Phổ thông	
1				5			
2				6			
3				7			
4				8			

Đo cây gỗ có $D \geq 6\text{cm}$ trong ô tròn, phân tầng 1.000m²

Từ tâm ô trở ra: đo các cây có $D > 6\text{cm}$; Từ dây màu vàng đến xanh biển: đo các cây có $D > 22\text{cm}$; Từ dây màu xanh chuối đến đỏ: đo các cây có $D > 42\text{cm}$

TT	Loài		D (cm)	TT	Loài		D (cm)
	Địa phương	Phổ thông			Địa phương	Phổ thông	
1				21			
2				22			
3				23			
4				24			
5				25			
6				26			
7				27			
8				28			
9				29			
10				30			
11				31			
12				32			
13				33			
14				34			
15				35			
16				36			
17				37			
18				38			
19				39			
20				40			

Điều tra thảm tươi và thảm mục ở 4 ô phụ 50 x 50cm

Thảm tươi là cây thân thảo, dương xỉ, lâm sản ngoài gỗ đang sống; Thảm mục gồm lá hoa quả, thân, cành mục có đường kính từ 2mm đến <10cm. Khối lượng mẫu của mỗi loại là 300g.

TT	Hạng mục	Khối lượng tươi (kg)/ô mẫu phụ				Mẫu (300g)	
		1	2	3	4	KL (g)	Ký hiệu mẫu
1	Thảm tươi						
2	Thảm mục						

Điều tra gỗ chết có $D > 10\text{cm}$ (ở góc $\frac{1}{4}$ ô theo hướng B-Đ có diện tích 250m^2)

Gỗ chết bao gồm cây chết nằm và cây chết đứng. Đối với cây chết nằm thì đo đường kính giữa (D_g) và đo chiều dài; Đối với cây chết đứng chỉ đo đường kính tại vị trí 1.3m (D) và ghi chú vào cột chiều dài là cây chết đứng. Mẫu 300g, mẫu được lấy rải đều ở 3 cấp kính, lấy từ tâm ra; bao gồm cả cây chết đứng.

TT	D_g ; D (cm)	Dài (m)	TT	D_g ; D (cm)	Dài (m)	Ký hiệu mẫu (300g)
1			6			
2			7			
3			8			
4			9			
5			10			

Điều tra đất tại trung tâm ô mẫu

Loại đất	Màu đất	KL đất của ống dung trọng 1: m_1 (g)	KL đất của ống dung trọng 2: m_2 (g)	Ký hiệu mẫu đất ($V = m_1 + m_2 = 100\text{cm}^3$)

Đo chiều cao 3 cây

Đối với rừng già, có nhiều cây gỗ lớn thì đo cao trong cấp kính 30-40cm; Đối với rừng nghèo, rừng non thì đo cao trong cấp kính 20-30cm. Ở khoảng cách 10m, lấy số đo trên cộng số đo dưới, bỏ bớt 1 số 0 ta có được chiều cao cây; Ở khoảng cách 20m: Lấy số đo trên cộng số đo dưới, bỏ bớt 1 số 0 rồi nhân cho 2 ta có được chiều cao cây;

TT	Loài		Đường kính (cm)	Chiều cao vút ngọn (m)
	Tên địa phương	Phổ thông		
1				
2				
3				

Phiếu điều tra lập Ô hình chữ nhật phân tầng, diện tích: $500m^2$

Số hiệu ô mẫu:Tọa độ VN2000: X:..... Y:.....

Ngày điều tra:Nhóm điều tra:

Tỉnh: Lâm Đồng; Huyện: Bảo Lâm; Xã:Chủ rừng:

Điều tra tái sinh và cây gỗ

Số lượng cây gỗ tái sinh ($D < 6cm$ và $H > 1.3m$) trong ô $1 \times 2 = 2m^2$

Thao tác để tính thời gian, số liệu lấy theo ô chữ nhật, phân tầng $1.000m^2$

Đo cây gỗ có $D \geq 6cm$ trong ô chữ nhật có diện tích $500m^2$

Tính theo trục chính, từ gốc (điểm 0) đến màu vàng (5m) đo $D \geq 6cm$; từ màu vàng đến màu xanh biển (25m) đo $D \geq 22cm$.

TT	Loài		D (cm)	TT	Loài		D (cm)
	Địa phương	Phổ thông			Địa phương	Phổ thông	
1				16			
2				17			
3				18			
4				19			
5				20			
6				21			
7				22			
8				23			
9				24			
10				25			
11				26			
12				27			
13				28			
14				29			
15				30			

Điều tra gỗ chết có $D > 10cm$ (ô phụ $10 \times 12.5m = 125m^2$ bên phải)

TT	Dg; D (cm)	Chiều dài (m)	TT	Dg; D (cm)	Chiều dài (m)	TT	Dg; D (cm)	Chiều dài (m)
1			4			7		
2			5			8		
3			6			9		

Mẫu phiếu lập ô điều tra ô mẫu chữ nhật phân tầng $1.000m^2$ (phiếu dành cho cộng đồng)

Phiếu điều tra lập ô mẫu hình chữ nhật phân tầng, diện tích: $1.000m^2$

Số hiệu ô mẫu: Tọa độ VN2000: X: Y:

Ngày điều tra: Nhóm điều tra:

Tỉnh: Lâm Đồng; Huyện: Bảo Lâm; Xã: Chủ rừng:

Lập ô, điều tra tái sinh và cây gỗ

Số lượng cây gỗ tái sinh ($D < 6cm$ và $H > 1.3m$) trong ô $1 \times 2 = 2m^2$

TT	Loài		Số cây	TT	Loài		Số cây
	Địa phương	Phổ thông			Địa phương	Phổ thông	
1				5			
2				6			
3				7			
4				8			

Đo cây gỗ có $D \geq 6cm$ trong ô chữ nhật, phân tầng $1.000m^2$

Tính theo trục chính, từ gốc (điểm 0) đến màu vàng (5m) đo $D \geq 6cm$; từ màu vàng đến màu xanh biển (25m) đo $D \geq 22cm$; từ màu xanh biển đến màu đỏ (50m) đo $D \geq 42cm$

TT	Loài		D (cm)	TT	Loài		D (cm)
	Địa phương	Phổ thông			Địa phương	Phổ thông	
1				16			
2				17			
3				18			
4				19			
5				20			
6				21			
7				22			
8				23			
9				24			
10				25			
11				26			
12				27			
13				28			
14				29			
15				30			

Điều tra gỗ chết có $D > 10cm$ (ô phụ $10 \times 25m = 250m^2$ bên phải)

T T	Dg; D (cm)	Chiều dài (m)	TT	Dg; D (cm)	Chiều dài (m)	TT	Dg; D (cm)	Chiều dài (m)
1			4			7		
2			5			8		
3			6			9		