

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÂY NGUYÊN**

NGUYỄN CÔNG TÀI ANH

**XÂY DỰNG MỨC PHÁT THẢI THAM CHIẾU RỪNG
KHU VỰC HUYỆN BẢO LÂM TỈNH LÂM ĐỒNG**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC LÂM NGHIỆP

Chuyên ngành: Lâm học

ĐẮK LẮK, NĂM 2016

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÂY NGUYÊN**

NGUYỄN CÔNG TÀI ANH

**XÂY DỰNG MỨC PHÁT THẢI THAM CHIẾU RỪNG
KHU VỰC HUYỆN BẢO LÂM TỈNH LÂM ĐỒNG**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC LÂM NGHIỆP

Chuyên ngành: Lâm học

Mã số: 60.62.02.01

Người hướng dẫn khoa học

PGS.TS. BẢO HUY

ĐẮK LẮK, NĂM 2016

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi, các số liệu và kết quả nghiên cứu nêu trong luận văn là trung thực, được đồng tác giả cho phép sử dụng và chưa từng được công bố trong bất kỳ công trình nào khác, số liệu được thu thập từ các ô mẫu nghiên cứu của chương trình tư vấn: *“Xây dựng phương pháp đo tính và giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng ở Việt Nam. Đề án thử nghiệm được sự hỗ trợ của dự án HB-REDD của SNV”* do PGS.TS. Bảo Huy chủ trì và tác giả là cộng tác viên thực hiện thu thập số liệu trên hiện trường và đã được chủ nhiệm đề tài đồng ý để sử dụng trong luận văn Thạc Sĩ. Các thông tin, trích dẫn trong luận văn đều được sự đồng ý của các tác giả hoặc đã được ghi rõ nguồn gốc.

Học viên

Nguyễn Công Tài Anh

LỜI CẢM ƠN

Luận văn này được hoàn thành tại Trường Đại học Tây nguyên theo chương trình đào tạo Cao học, chuyên ngành Lâm học, niên khoá 8 (2013 - 2015).

Trong quá trình học tập và thực hiện hoàn thành bản luận văn, tác giả đã nhận được sự quan tâm, giúp đỡ của Ban giám hiệu, Phòng Đào tạo Sau đại học và các thầy, cô giáo Trường Đại học Tây nguyên, các bạn bè đồng nghiệp và địa phương nơi tác giả thực hiện nghiên cứu. Nhân dịp này tác giả xin ghi nhận về sự giúp đỡ quý báu và hiệu quả đó.

Trước tiên, tác giả xin bày tỏ lòng tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến PGS.TS. Bảo Huy, người đã trực tiếp giảng dạy, hướng dẫn khoa học, đã dành nhiều thời gian quý báu và tận tình giúp tôi trong suốt quá trình thực hiện luận văn này.

Cảm ơn Bộ môn Quản lý Tài nguyên rừng và Môi trường, trường Đại học Tây Nguyên đã tạo mọi điều kiện làm việc trong thời gian xử lý số liệu, hoàn thành luận văn.

Trong quá trình thu thập số liệu tại hiện trường chúng tôi đã nhận được sự giúp đỡ vô cùng tích cực và quý báu của Ban giám đốc Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Bảo Lâm và Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Lộc Bắc.

Vô cùng biết ơn về sự quan tâm của gia đình, luôn có sự động viên kịp thời trong suốt quá trình học tập và công tác.

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 đề tài.

Buôn Ma Thuột, tháng 3 năm 2016

Tác giả

Nguyễn Công Tài Anh

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN.....	ii
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	vii
DANH MỤC HÌNH, BIỂU ĐỒ.....	viii
ĐẶT VẤN ĐỀ	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	5
1.1. Biến đổi khí hậu toàn cầu và chương trình REDD+	5
1.2. Thiết lập mức/đường phát thải tham chiếu trong thực hiện REDD+	7
1.2.1. Khái niệm mức/đường phát thải tham chiếu	7
1.2.2. Mô hình sinh khối, carbon để cung cấp ước tính phát thải khi lập đường tham chiếu.....	8
1.2.3. Sử dụng ảnh viễn thám để thu thập biến động tài nguyên rừng, carbon rừng quá khứ để lập đường phát thải tham chiếu.....	8
1.3. Thảo luận về tổng quan vấn đề nghiên cứu	19
CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG, ĐẶC ĐIỂM KHU VỰC NGHIÊN CỨU.....	20
2.1 Vị trí, khu vực nghiên cứu	20
2.2 Đối tượng nghiên cứu	20
2.3 Đặc điểm khu vực nghiên cứu	20
CHƯƠNG 3. MỤC TIÊU, NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	32
3.1 Mục tiêu nghiên cứu	32
3.2 Nội dung nghiên cứu	32
3.3 Phương pháp nghiên cứu	32
3.3.1 Phương pháp luận và tiếp cận nghiên cứu.....	32
3.3.2 Vật liệu và phương pháp nghiên cứu cụ thể.....	35
CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN.....	47

4.1 Ước tính thay đổi diện tích rừng, tổng lượng carbon tích lũy trong rừng 5 năm trong giai đoạn 25 năm (1990 – 2015). Tạo lập cơ sở dữ liệu để lập đường phát thải tham chiếu	47
4.1.1 Hiệu chỉnh hình học ảnh, phân loại thành vùng có rừng và không có rừng.	47
4.1.2 Phân loại ảnh vệ tinh Landsat bằng phương pháp có giám định trên cơ sở phân chia theo kiểu rừng	50
4.1.3 Phân loại ảnh Landsat theo cấp trữ lượng sử dụng phương pháp có giám định	54
4.2. Lập đường phát thải tham chiếu (FRL)	59
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	68
Kết luận	68
Kiến nghị	69
PHỤ LỤC	75
Phụ lục 1: Phiếu điều tra, đo đếm ô mẫu	75
Phụ lục 2: Dữ liệu 99 ô mẫu (70% ô mẫu) được chọn ngẫu nhiên để giải đoán ảnh	79
Phụ lục 3: Dữ liệu 42 ô mẫu (30% ô mẫu) được chọn ngẫu nhiên để thẩm định kết quả giải đoán ảnh	86
Phụ lục 4: Kết quả xây dựng tương quan H/DBH	89

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

AE	Allometric Equations: Mô hình sinh trắc
AGB	Above Ground Biomass: Sinh khối trên mặt đất của thực vật, chủ yếu trong cây gỗ, bao gồm thân, lá và vỏ (kg/cây)
BA	Basal area: Tổng tiết diện ngang cây gỗ/ha (m ² /ha)
BĐKH	Biến đổi khí hậu (Climate change)
BGB	Below Ground Biomass: Sinh khối rễ cây dưới mặt đất (kg/cây)
C(AGB)	Carbon in ABG: Carbon tích lũy trong sinh khối trên mặt đất của thực vật (kg/cây)
COP	Conferences of the Parties: Hội nghị thế giới về biến đổi khí hậu.
DBH	Diameter at Breast Height: Đường kính ngang ngực (cm)
ENVI	Environment for Visualizing Images
FREL:	Forest Reference Emissions Level. Mức phát thải từ suy thoái từ rừng
FREM	Forest Resource & Environment Management Department: Bộ môn Quản lý tài nguyên rừng và Môi trường, Đại học Tây Nguyên
FRL:	Forest Reference Level. Mức tham chiếu rừng, bao gồm phát thải (Emissions) và hấp thụ (Removals)
GPS	Global Positioning System: Hệ thống định vị toàn cầu
GIS	Geographic Information System: Hệ thống thông tin địa lý
H	Height - Chiều cao cây (m)
IUCN	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources: Liên minh <i>quốc tế bảo tồn thiên nhiên</i> và tài nguyên thiên nhiên
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change: Hội đồng quốc tế về biến đổi khí hậu

M	Trữ lượng (m ³)
MTV	Một thành viên
N	Mật độ (cây/ha)
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation: Giảm phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính từ suy thoái và mất rừng
REDD ⁺	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation: Giảm phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính từ suy thoái và mất rừng, bảo tồn rừng, tăng cường dự trữ carbon, quản lý rừng bền vững
TNHH	Trách nhiệm hữu hạn
UN-REDD	United Nations Reduction of Emissions from Deforestation and forest Degradation: Chương trình giảm phát thải từ phá rừng và suy thoái rừng của LHQ
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change: Hiệp định khung của Liên Hiệp Quốc về biến đổi khí hậu

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 3.1: Đặc điểm ảnh Landsat 4 - 5 TM ⁺	36
Bảng 3.2: Đặc điểm ảnh Landsat 7 ETM ⁺	36
Bảng 3.3: Đặc điểm ảnh Landsat 8 OLI ⁺	37
Bảng 4.1: Đánh giá kết quả phân loại ảnh Landsat theo kiểu rừng dựa vào 30% ô mẫu chọn ngẫu nhiên 200 lần, không tham gia phân loại.....	53
Bảng 4.2: Phân cấp trữ lượng M và mã hóa để giải đoán ảnh vệ tinh	54
Bảng 4.3: Diện tích và tổng lượng CO ₂ tương đương của từng kiểu rừng theo từng thời điểm trên cơ sở ảnh Landsat và dữ liệu ô mẫu	58
Bảng 4.4: Lượng CO ₂ tích lũy trong rừng tự nhiên	60
Bảng 4.5: Lượng CO ₂ tương đương hấp thụ/phát thải trung bình năm trong 25 năm từ 1990 - 2015	62
Bảng 4.6: FRL của khu vực nghiên cứu theo 2 kịch bản giảm phát thải.....	64
Bảng 4.7: Tín chỉ CO ₂ khi giảm phát thải từ 2015 đến 2020 theo 2 kịch bản.....	65

DANH MỤC HÌNH, BIỂU ĐỒ

Hình 2.1: Vị trí khu vực nghiên cứu	21
Hình 3.1: Mức phát thải trong quá khứ dạng đường thẳng và FRL được mô hình hóa theo mô hình tuyến tính.....	34
Hình 3.2: Mức phát thải trong quá khứ là ngẫu nhiên. FRL trong tương lai là giá trị trung bình.....	35
Hình 3.3: Ô mẫu tròn phân tầng theo cấp kính (Bảo Huy và cộng sự, 2012 - 2014)	38
Hình 3.4: Phân bố các ô mẫu ngẫu nhiên tính carbon trên mặt đất vùng nghiên cứu	40
Hình 3.5: Thu thập số liệu ô mẫu phân tầng tại hiện trường	42
Hình 3.6: Tiếp cận của IPCC (2006) để tính toán phát thải khí nhà kính trong lâm nghiệp.....	46
Hình 4.1: Ranh giới vùng nghiên cứu đã được cắt trên ảnh Landsat.....	48
Hình 4.2: Mặt nạ lớp dữ liệu (1: Có dữ liệu rừng; 2: Không có dữ liệu rừng)	49
Hình 4.3: Sơ đồ mô phỏng tiến trình thực hiện phân loại ảnh thành có rừng và không rừng	49
Hình 4.4: Ảnh Landsat phân loại thành các kiểu rừng khác nhau	52
Hình 4.5: Ma trận đánh giá độ chính xác phân loại ảnh theo kiểu rừng năm 2010	53
Hình 4.6: Ma trận đánh giá độ chính xác trong phân loại có giám định ảnh vệ tinh Landsat theo các cấp M.....	56
Hình 4.7: Ảnh Landsat phân loại thành kiểu rừng ở 6 thời điểm trong 25 năm (1990 – 2015)	57
Hình 4.8: Lượng CO ₂ tương đương trung bình trên ha tích lũy theo kiểu rừng ..	59
Hình 4.9: Thay đổi diện tích rừng theo kiểu rừng trên cơ sở giải đoán ảnh Landsat trong 25 năm (1990 – 2015).....	60
Hình 4.10: Lượng CO ₂ tích lũy trong rừng tự nhiên trong 25 năm qua	61

Hình 4.11: Lượng CO ₂ tương đương phát thải/hấp thụ trung bình năm.....	62
Hình 4.12: Thiết lập mô hình FRL dạng parabol bậc 3 có trọng số trong Statgraphics	63
Hình 4.13: Đồ thị quan hệ CO ₂ tương đương hấp thụ/phát thải năm trong 25 qua dạng parabol bậc 3.....	63
Hình 4.14: Đồ thị sai số của mô hình parabol bậc 3 ước tính CO ₂ hấp thụ/phát thải từng năm trong 25 năm qua.....	63
Hình 4.15: Đường FREL và các kịch bản giảm phát thải trong giai đoạn 5 năm: 2015 - 2020.....	65
Hình 4.16: Tiếp cận lập FRL với 25 năm quá khứ trên cơ sở sử dụng ảnh vệ tinh Landsat, dữ liệu ô mẫu mặt đất	67

ĐẶT VẤN ĐỀ

“Hiệu ứng nhà kính” và hậu quả của nó là sự “ấm dần lên” của trái đất đang là một trong những mối quan tâm hàng đầu của hầu hết các quốc gia trên thế giới, bởi nguy cơ và hàng loạt các tác động tiêu cực của nó đối với cuộc sống con người trong một tương lai không xa nếu ngay từ bây giờ chúng ta không có những nhận thức đúng và hành động kịp thời để hạn chế, đối phó với thực trạng nói trên.

Trong khi đó rừng có vai trò hết sức quan trọng là duy trì chu trình carbon trên trái đất mà nhờ đó nó có tác dụng trực tiếp đến biến đổi khí hậu toàn cầu. Hay nói cách khác rừng vừa góp phần gây ra biến đổi khí hậu cũng vừa là tác nhân tích cực để giảm nhẹ biến đổi khí hậu. Nếu rừng bị mất, bị suy thoái có thể làm tăng gần 20% lượng phát thải CO₂ toàn cầu; Mặc dù rừng chỉ che phủ 21% diện tích bề mặt đất, nhưng sinh khối thực vật của nó chiếm đến 75% so với tổng sinh khối thực vật trên cạn và lượng tăng trưởng hàng năm chiếm 37%. Lượng carbon hấp thụ bởi rừng chiếm 47% tổng lượng carbon trên trái đất, nên việc chuyển đổi đất rừng thành các loại hình sử dụng đất khác có tác động mạnh mẽ đến chu trình carbon trên hành tinh. Nếu rừng được duy trì có thể giúp chúng ta thích ứng thông qua việc cung cấp các dịch vụ sinh thái quý giá như hấp thụ và lưu giữ CO₂. Trên thực tế lượng CO₂ hấp thụ phụ thuộc vào kiểu rừng, trạng thái rừng, loài cây ưu thế, tuổi lâm phần [2]

Các nhà khoa học đã chỉ ra rằng, ngăn chặn mất rừng và suy thoái rừng sẽ là một biện pháp bảo vệ khí hậu trái đất hiệu quả và tương đối rẻ tiền hơn so với các giải pháp khác. Từ đó khái niệm và chương trình REDD đã ra đời (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation – “Giảm thiểu khí phát thải từ mất rừng và suy thoái rừng”. Đây là sáng kiến được đưa ra tại Hội nghị lần thứ 11 (COP11) các bên tham gia Công ước khung của Liên hiệp quốc về biến đổi khí hậu (UNFCCC) được tổ chức tại thành phố Montreal, Canada năm 2005. Đến Hội nghị lần thứ 13 (COP13) về thay đổi khí hậu (Climate Change Conference) diễn

ra tại Bali Indonesia ngày 15 tháng 12 năm 2007, dưới sự chủ tọa của Liên Hiệp Quốc, 187 quốc gia thành viên trên thế giới đã ký một thỏa hiệp gọi là “Thỏa hiệp Bali”, trong đó có đề xuất lộ trình xây dựng và đưa REDD trở thành một cơ chế chính thức thuộc hệ thống các biện pháp hạn chế biến đổi khí hậu trong tương lai, đặc biệt là sau khi giai đoạn cam kết đầu tiên của Nghị định thư Kyoto hết hiệu lực vào năm 2012. Sau nhiều năm bàn thảo, lần đầu tiên, tại hội nghị này các nước đã nêu lên chương trình giúp đỡ việc hạn chế sự phá hủy vùng rừng nhiệt đới trên thế giới để giảm thiểu phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính, vì đây là nơi sẽ phát thải hơn 20% lượng phát thải mỗi năm. Hội nghị cũng đã kêu gọi các bên tiếp tục nghiên cứu, thử nghiệm REDD và tổng kết kinh nghiệm thực tiễn làm cơ sở để Hội nghị lần thứ 15 (COP15) xem xét, quyết định (đã được tổ chức tại Copenhagen, Đan Mạch vào ngày 7 tháng 12 năm 2009 vừa qua - Dù còn nhiều bất đồng về mức giảm phát thải và cơ chế kiểm soát quốc tế việc thực thi này của một số nước “Top đầu” về mức phát thải, mức đóng góp và cơ chế quản lý tài chính ... song REDD vẫn được nhiều nước quan tâm, vì đó là phương cách rẻ nhất để cứu được các cánh rừng nhiệt đới). Theo đó các nước phát triển sẽ đáp ứng một số mục tiêu giảm phát thải của nước họ bằng cách mua các tín chỉ carbon của các nước đang phát triển từ những cánh rừng hấp thụ CO₂.

Chương trình REDD đang được khởi động ở nước ta cũng như trên thế giới, nhằm vào việc giảm mất rừng dẫn đến thiệt hại đa dạng sinh học, giảm chức năng phòng hộ của rừng và gây phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính CO₂. Việc giảm phát thải khí CO₂ từ mất rừng và suy thoái sẽ được đền bù, chi trả thông qua việc bảo vệ và quản lý rừng bền vững nhằm lưu giữ lượng carbon trong rừng hay còn gọi là trữ lượng carbon rừng cũng như gia tăng lượng CO₂ mà rừng hấp thụ nhờ tăng trưởng sinh khối theo thời gian [10]

Tuy REDD⁺ là một cơ hội cho lâm nghiệp Việt Nam nhưng để tiếp nhận và thực hiện tốt những cam kết ở hiện tại cũng như trong tương lai thì Việt Nam cần

có nghiên cứu phương pháp đo tính, giám sát sự thay đổi lượng carbon lưu giữ và CO₂ hấp thụ của rừng tự nhiên.

Chương trình REDD⁺ cần xây dựng một đường cơ sở để xác định được việc giảm phát thải (Emissions) từ suy thoái và mất rừng, đồng thời hấp thụ CO₂ của rừng (Removals). Hiện tại theo UNFCCC có hai tiếp cận để xác định đường cơ sở khi thực hiện REDD là Forest Reference Emissions Level (FREL) và Forest Reference Level (FRL) với phạm vi có thể là vùng dự án, khu vực và quốc gia. Nếu là khu vực, vùng dự án để tổng hợp cho quốc gia thì cần có sự đồng nhất phương pháp và tránh rò rỉ.

FREL: Chỉ ra tổng số phát thải từ suy thoái và mất rừng

FRL: Chỉ ra tổng số phát thải và hấp thụ của rừng

Để đánh giá giảm phát thải từ rừng khi tham gia chương trình REDD cần phải lập được FREL hoặc FRL ở các cấp độ khác nhau: cấp quốc gia, khu vực hay vùng dự án. Quy mô tùy vào năng lực, cơ sở dữ liệu: như bể chứa carbon nào cần giám sát, mất rừng hoặc suy thoái rừng,... và các dữ liệu quá khứ cũng như phương pháp phải thống nhất để khi tham gia vào REDD theo nguyên tắc hướng dẫn UNFCCC và IPCC [1]:

- **Minh bạch** – giả định và phương pháp sử dụng để phát triển FRL rõ ràng và được mô tả đầy đủ
- **Đầy đủ** – có quan tâm đến các hoạt động và bể chứa carbon liên quan
- **Nhất quán** – với các tiêu chuẩn đã được chấp nhận được khi tính toán carbon
- **Có thể so sánh** – cho phép so sánh giữa các quốc gia/các tỉnh
- **Chính xác** – sai số phải được loại trừ và độ bất định phải được giảm đi
- **Bảo toàn** – nên được áp dụng khi tiếp cận ước tính phát thải và hấp thụ

Để giải quyết các vấn đề nêu trên, chúng tôi tiến hành đề tài nghiên cứu:
**“Xây dựng mức phát thải tham chiếu rừng khu vực huyện Bảo Lâm tỉnh Lâm
Đông”**

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Biến đổi khí hậu toàn cầu và chương trình REDD⁺

Năm 1997, UNFCCC đã thông qua Nghị định thư Kyoto, với mục tiêu giảm phát thải ràng buộc đối với các nước công nghiệp đã phát triển. Trong khi đó một số nước không nằm trong các nước đang phát triển, sử dụng Cơ chế phát triển sạch trong đó có trồng rừng hoặc tái trồng rừng, còn được gọi là AR-CDM. Theo AR-CDM trồng rừng có thể được đặt ra ở các nước đang phát triển, rừng được trồng trên đất không có rừng trước năm 1990. Do những hạn chế và phức tạp của CDM nên chỉ thực hiện ở một số ít các dự án đã được phê duyệt.

Vì sự thất bại toàn diện của ngành lâm nghiệp trong Nghị định thư Kyoto đã dẫn đến sự thành lập Liên minh các quốc gia rừng mưa. Liên minh này bao gồm 20 quốc gia từ các vùng nhiệt đới đã yêu cầu Ban Thư ký của UNFCCC thêm một mục vào chương trình nghị sự của Hội nghị lần thứ 11 (COP11) của UNFCCC tại Montréal, tháng 12 năm 2005, để thảo luận đề trình của Papua New Guinea và Costa Rica về: “Giảm phát thải từ nạn phá rừng ở các nước đang phát triển: Phương pháp tiếp cận để kích thích hành động” (REDD). Tài liệu này kêu gọi các bên xem xét việc giảm lượng khí thải từ nạn phá rừng như là một lựa chọn theo Nghị định thư Kyoto hoặc như một công cụ mới hoàn toàn. Hội nghị các bên đã chấp nhận lời kêu gọi từ Papua New Guinea và Costa Rica và kêu gọi các bên tham gia và cơ quan tư vấn khoa học và công nghệ của UNFCCC để tiếp tục phát triển các tùy chọn để thảo luận tại COP13.

Tại hội nghị lần thứ 13 (COP13) của UNFCCC ở Bali, tháng 12 năm 2007, REDD được tiếp tục thảo luận và phạm vi của nó đã được mở rộng để bao gồm việc giảm phát thải khí nhà kính từ suy thoái rừng, tăng cường trữ lượng carbon rừng và bảo tồn trữ lượng carbon rừng và quản lý bền vững rừng. Cơ chế được đổi tên chính thức cho đến hiện tại là: “Giảm phát thải từ nạn phá rừng và suy thoái rừng ở các nước đang phát triển và vai trò của bảo tồn, quản lý bền vững rừng và tăng cường trữ lượng carbon rừng ở các nước đang phát triển”, viết tắt là REDD⁺.

COP13 cũng chứng kiến sự ra mắt của Chương trình UN-REDD – một chương trình hợp tác của FAO, UNDP và UNEP để thí điểm REDD⁺ ở các nước đang phát triển thông qua Quỹ đối tác carbon rừng (FCPF) của Ngân hàng Thế giới.

COP15 – Copenhagen, tháng 12 năm 2009 không cung cấp sự tiến bộ nhiều cho REDD⁺, nhưng nó đã cung cấp một định nghĩa rõ ràng hơn về MRV: Giám sát, báo cáo và thẩm định và nhu cầu thành lập một “hệ thống giám sát rừng quốc gia”, để phân tích, báo cáo lượng khí thải giảm. Đồng thời đã công nhận “nhu cầu của cộng đồng địa phương và bản địa được tham gia đầy đủ, hiệu quả và đóng góp tiềm năng kiến thức của họ trong theo dõi và báo cáo các hoạt động”

Tại COP16 ở Cancun, Mexico, tháng 12 năm 2010 đã có nhiều tiến triển hơn đã được thực hiện về các vấn đề kỹ thuật như đưa các giai đoạn thực hiện của hệ thống giám sát rừng quốc gia. Đặc biệt là một số biện pháp bảo vệ rừng đã được xác định cần được thúc đẩy và hỗ trợ “trong việc thực hiện các hoạt động REDD⁺”. Trong đó nhấn mạnh tôn trọng các kiến thức và quyền của các dân tộc bản địa và các thành viên của cộng đồng địa phương.

Cuộc họp của UNFCCC, COP17 ở Durban, tháng 12 năm 2011 đã công nhận những lợi ích phụ từ REDD⁺, đặc biệt là nó có thể “thúc đẩy xoá đói giảm nghèo và lợi ích đa dạng sinh học và khả năng phục hồi hệ sinh thái”. REDD⁺ xác định cơ chế hoạt động bao gồm 5 lĩnh vực chính:

- *Giảm phát thải từ mất rừng*
- *Giảm phát thải từ suy thoái rừng*
- *Bảo tồn trữ lượng carbon rừng*
- *Quản lý rừng bền vững*
- *Nâng cao các bể chứa carbon rừng*

Cuộc họp gần đây nhất của UNFCCC, COP 19 tháng 11 năm 2013 tại Vacsava của Ba Lan đã đưa ra một hướng dẫn và quy trình về kỹ thuật thẩm định để các quốc gia đệ trình mức phát thải tham chiếu, đây là cơ sở để thúc đẩy xây dựng FREL hoặc FRL.

Như vậy có thể thấy mặc dù chương trình REDD⁺ chưa hoàn toàn có đầy đủ cơ chế tài chính giữa các quốc gia cho nỗ lực quản lý bảo vệ rừng nhằm giảm phát thải từ suy thoái và mất rừng, nhưng các yếu tố kỹ thuật, vai trò của cộng đồng và lợi ích của REDD đã được xây dựng và thừa nhận. Hiện tại REDD⁺ đang được thực hiện theo chương trình của Liên Hiệp Quốc với tên gọi là UN-REDD⁺ ở các quốc gia thí điểm trong đó có Việt Nam. Đây chính là cơ sở kỹ thuật và cách thức tiếp cận để cung cấp thông tin dữ liệu quốc gia về phát thải để tiến đến chi trả theo hiệp định khung về biến đổi khí hậu trong thời gian đến.

1.2. Thiết lập mức/đường phát thải tham chiếu trong thực hiện REDD⁺

1.2.1. Khái niệm mức/đường phát thải tham chiếu

Đã có các chương trình nghiên cứu về khả năng hấp thụ CO₂ của các kiểu rừng khác nhau, nhưng chưa có nghiên cứu về FREL/FRL để đưa ra phương pháp chính thức cho quốc gia và khu vực. Mỗi quốc gia và khu vực cần căn cứ vào khả năng của mình để lựa chọn cách xây dựng đường cơ sở, bao gồm các lựa chọn (IPCC, 2006) [21]:

- Phát thải hoặc bao gồm cả hấp thụ C:
 - o Mức phát thải từ suy thoái mất rừng (FREL)
 - o Mức phát thải và hấp thụ của rừng (FRL)
- Phạm vi: Cấp quốc gia hay khu vực hay vùng dự án
- Quy mô: Phát thải và hấp thụ của bể chứa nào? Cả 5 bể chứa rừng theo IPCC (2006) hay chỉ cây gỗ? Chỉ tính cho mất rừng hay cả suy thoái rừng?
- Phương pháp và dữ liệu tiếp cận nào là phù hợp với từng khu vực, nguồn lực?
- Đồng nhất về phương pháp lập FRL với giám sát carbon sau này khi thực hiện REDD⁺

1.2.2. Mô hình sinh khối, carbon để cung cấp ước tính phát thải khi lập đường tham chiếu

Khoa học về sinh khối, carbon rừng đã được nghiên cứu từ lâu trên thế giới trong các môn sinh thái rừng, năng suất sơ cấp của rừng. Trong giai đoạn 10 năm gần đây với vai trò của rừng trong hấp thụ khí nhà kính CO₂ để giảm nhẹ biến đổi khí hậu thì nở rộ các công trình nghiên cứu mô hình ước tính sinh khối, carbon rừng (Bảo Huy và cộng sự, 2012) [8]

Để có thể tính được lượng phát thải hay hấp thụ CO₂ cần có các mô hình ước tính sinh khối, carbon rừng, điều này ở Việt Nam đã được chương trình UN-REDD tiến hành với sự hỗ trợ kỹ thuật của FAO (Bảo Huy và cộng sự, 2012) [8], đã xây dựng các mô hình sinh trắc ước tính sinh khối, C cho các kiểu rừng chính ở các vùng sinh thái của Việt Nam. Ngoài ra ở Tây Nguyên, Bảo Huy và cộng sự (2012) [8] đã xây dựng một hệ thống các mô hình ước tính sinh khối và carbon của cả 5 bể chứa và đưa ra giải pháp ứng dụng ảnh vệ tinh và GIS để giám sát lượng phát thải – hấp thụ từ rừng. Đây là cơ sở để tính được sự biến động C trên từng đơn vị diện tích rừng, trạng thái rừng khi xây dựng FREL và FRL.

1.2.3. Sử dụng ảnh viễn thám để thu thập biến động tài nguyên rừng, carbon rừng quá khứ để lập đường phát thải tham chiếu

Ảnh viễn thám được sử dụng rất mạnh ở Hoa Kỳ. Kỹ thuật viễn thám phát triển theo chiều hướng ngày càng phong phú, tinh vi, chính xác và cập nhật hơn với chương trình Interkosmos và vệ tinh Landsat. Song song với hai hệ thống trên là hệ thống trạm thu và xử lý thông tin ở nhiều quốc gia trên thế giới như Canada, Brazil, Ấn Độ, Thái Lan, Trung Quốc,... Gần đây hệ thống vệ tinh ảnh SPOT, ảnh ADEOS, ảnh TERRA đã nâng cao hơn nữa khả năng ứng dụng của kỹ thuật viễn thám trong lâm nghiệp. Những loại ảnh có độ phân giải càng cao thì thời gian bay chụp càng ngắn và dùng ảnh này sẽ dễ dàng phân loại các đối tượng đồng nhất. Do đó, có thể giám sát thay đổi diện tích, trữ lượng rừng, carbon rừng thường xuyên, tuy nhiên những ảnh này hiện có giá thành cao khó tiếp cận ở Việt Nam.

Dữ liệu ảnh viễn thám được dùng trong lâm nghiệp là rất nhiều, tuy nhiên tùy theo mục đích, mức độ chi tiết, nguồn lực, kinh phí và yêu cầu độ chính xác cụ thể mà lựa chọn ảnh để áp dụng cho phù hợp.

- i) **Một số ảnh viễn thám ứng dụng trong quản lý tài nguyên rừng và nghiên cứu giám sát sinh khối, carbon rừng:**

Ảnh vệ tinh LANDSAT:

Hiện nay ảnh vệ tinh LANDSAT có nhiều thế hệ với số lượng kênh phổ và độ phân giải khác nhau. Tuy nhiên, thế hệ ảnh LANDSAT TM được thu từ vệ tinh LANDSAT - 4 và 5 và ảnh LANDSAT ETM+ được thu từ vệ tinh LANDSAT - 7 được sử dụng phổ biến nhất. Ảnh LANDSAT TM gồm 6 kênh phổ nằm trên dải sóng nhìn thấy và hồng ngoại với độ phân giải không gian 30m x 30m và một dải phổ hồng ngoại nhiệt kênh 6, độ phân giải 120m x 120m để đo nhiệt độ bề mặt. Ảnh Landsat ETM+ ghi phổ trên 8 kênh ở các bước sóng giống như của ảnh LANDSAT TM, điều khác biệt là ở LANDSAT ETM+, kênh hồng ngoại nhiệt (Thermal) có độ phân giải cao hơn (60m x 60m) và có thêm kênh toàn sắc (Pan) với độ phân giải không gian là 15m x 15m. Ảnh LANDSAT được ứng dụng trong nghiên cứu của nhiều lĩnh vực từ nghiên cứu hiện trạng đến giám sát độ biến động và được sử dụng phổ biến nhất với giá thành thấp. Trong lâm nghiệp, dữ liệu ảnh vệ tinh LANDSAT được sử dụng để thành lập bản đồ thảm phủ, bản đồ sử dụng đất, bản đồ đất. Đặc biệt trong giám sát tài nguyên rừng và môi trường. Sự thành công của LANDSAT là nhờ vào việc kết hợp nhiều kênh phổ để quan sát mặt đất. Landsat 8 (LDCM) mang theo 2 bộ cảm: bộ thu nhận ảnh mặt đất (OLI - Operational Land Imager) và bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS - Thermal Infrared Sensor). Những bộ cảm này được thiết kế để cải thiện hiệu suất và độ tin cậy cao hơn so với các bộ cảm Landsat thế hệ trước. Landsat 8 thu nhận ảnh với tổng số 11 kênh phổ, bao gồm 9 kênh sóng ngắn và 2 kênh nhiệt sóng dài. Hai bộ cảm này sẽ cung cấp chi tiết bề mặt Trái Đất theo mùa ở độ phân giải không gian 30 mét (ở các kênh nhìn thấy, cận hồng ngoại, và hồng ngoại sóng ngắn); 100 mét

ở kênh nhiệt và 15 mét đối với kênh toàn sắc. Dải quét của LDCM giới hạn trong khoảng 185 km x 180 km. Độ cao vệ tinh đạt 705 km so với bề mặt trái đất.

Ảnh vệ tinh MODIS:

Ảnh MODIS được thu từ bộ cảm MODIS đặt trên vệ tinh Terra (2000) và vệ tinh Aqua (2002) đây là hai vệ tinh nghiên cứu môi trường của NASA có mục đích cung cấp dữ liệu về đất liền, biển và khí quyển một cách đồng thời. Độ rộng của cảnh chụp MODIS là 2.330km, gồm 36 băng phổ từ bước sóng 0,4 đến 14 micro mét và độ phân giải không gian là 250m (băng 1, 2), 500m (băng 3 đến băng 7) và 1.000m (băng 8 đến băng 36), dữ liệu ở 12 bit. Vệ tinh MODIS quan sát được mọi điểm trên Trái Đất 1 - 2 ngày lần với 36 kênh phổ riêng biệt, MODIS cải tiến trên cơ sở kế thừa thiết bị đo phổ phân giải cao (AVHRR) của NOAA và theo dõi các dấu hiệu quan trọng của trái đất rộng hơn bất kỳ cảm biến Terra nào. Với ảnh MODIS, có thể sử dụng trong quan trắc thay đổi sinh quyển, nghiên cứu chu trình carbon toàn cầu. Những đo đạc sinh quyển của ảnh MODIS giúp cho các nhà khoa học theo dõi được nguồn tài nguyên và các nguồn CO₂ do sự thay đổi khí hậu.

Ảnh vệ tinh NOAA:

Vệ tinh NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) là vệ tinh nghiên cứu khí tượng đã phát triển đến thế hệ 17. Dữ liệu ảnh có tính chất toàn cầu được đưa về độ phân giải 4km và được cung cấp một ngày một lần trên dải sóng nhìn thấy và dải phổ hồng ngoại, trường phủ mặt đất của ảnh là 2.400km. Ảnh NOAA đã được sử dụng để nghiên cứu thực vật trên diện rộng. Các kênh phổ được sử dụng trong nghiên cứu nằm trong dải sóng nhìn thấy (0,58 - 0,68 μ m) và kênh 2 dải sóng hồng ngoại gần (0,73 - 1,1 μ m). Dữ liệu ảnh NOAA dùng trong việc lập bản đồ nhiệt độ, tuyết phủ, điều tra lụt, phân tích độ ẩm đất trên cấp độ lưu vực, giám sát cháy rừng, nghiên cứu biến đổi khí hậu.

Ảnh vệ tinh ASTER:

Ảnh ASTER được thu từ bộ cảm ASTER đặt trên vệ tinh Terra, độ phủ của ảnh là 60km. Bộ cảm ASTER được cấu thành từ 3 phụ hệ riêng rẽ, mỗi hệ phụ hoạt động trên một hệ quang riêng biệt. Các hệ phụ này là nhìn thấy và hồng ngoại

gần (VNIR), bao gồm các kênh phổ 1 - 3, hồng ngoại sóng ngắn (SWIR) gồm các kênh phổ 4 - 9 và hồng ngoại nhiệt (TIR) gồm các kênh phổ 10 - 14. Các ứng dụng chính của ảnh ASTER là quan sát đất liền, biển, mặt tuyết, quá trình mây; Nghiên cứu về động lực và cấu trúc của thực vật; Nghiên cứu về cân bằng phóng xạ của khí quyển, mây và sự mở rộng đặc tính tần đối lưu; Xác định nồng độ và biến động của các khí nhà kính; Nghiên cứu về núi lửa và các quá trình bề mặt của trái đất.

Ảnh vệ tinh SPOT:

Ảnh vệ tinh SPOT (Systeme Pour l'Observation de la Terre) được cơ quan hàng không Pháp chế tạo và phát triển. Vệ tinh đầu tiên là SPOT - 1 được phóng lên quỹ đạo năm 1986, tiếp theo là các vệ tinh SPOT - 2, SPOT - 3, SPOT - 4, SPOT - 5 lần lượt vào các năm 1990, 1993, 1998 và 2002 được đưa vào hoạt động. Các bộ cảm của vệ tinh SPOT bao gồm: HRV (High Resolution Visible) sử dụng cho SPOT - 1, 2, 3; HRV (High Resolution Visible) và HRVIR (High Resolution Visible and Middle Infrared) sử dụng cho SPOT - 4 và HRG (High Resolution Geometric) sử dụng cho SPOT - 5. Ảnh SPOT tương đối đa dạng về dải phổ và độ phân giải không gian từ thấp, trung bình đến cao (5m - 1km), trường phủ mặt đất của ảnh SPOT cũng tương đối đa dạng từ 10km x 10km đến 200km x 200km. Ảnh SPOT có thể thu ảnh của từng ngày, thường vào 1h sáng. Trong các ảnh vệ tinh SPOT thì SPOT 5 mang theo công nghệ lập thể mới với một kênh toàn sắc và 4 kênh đa phổ. Độ phân giải từ 5 - 10m. Hiện nay, ảnh SPOT được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như nghiên cứu hiện trạng sử dụng đất, khai khoáng trong địa chất, thành lập bản đồ tỷ lệ 1: 30.000 đến 1:100.000, nghiên cứu về thực vật ở cấp độ khu vực, vùng, địa phương. Ảnh SPOT có thể ghi phản xạ phổ của toàn mặt đất với sự khác biệt về dữ liệu, độ phân giải cao và có khả năng nhìn nổi, nhạy cảm về hồng ngoại cho thực vật.

Ảnh vệ tinh IKONOS:

Ảnh IKONOS được thu từ vệ tinh tạo ảnh vũ trụ phân giải siêu cao tần. IKONOS được phóng lên quỹ đạo vào ngày 24 tháng 9 năm 1999 tại độ cao 682 km, cắt xích đạo vào 10h30 phút sáng, bởi công ty Space Image. Độ lặp lại quỹ

đạo tại một điểm trên trái đất là sau 11 ngày, độ rộng của ảnh trên mặt đất là 11 km và độ phủ là 11km x 11km. Ảnh có trên 4 kênh đa phổ với độ phân giải là 4m và kênh toàn sắc có độ phân giải là 0,6 - 1m. Các kênh đa phổ và kênh toàn sắc kết hợp cho phép tạo ảnh có độ phân giải 1m giả màu. Dữ liệu số có cấu trúc là 11 bit (2.048 mức xám). IKONOS có thể nhìn vào vật, vào đối tượng và cố định vài giây và có thể hướng theo đối tượng khảo sát.

Ảnh vệ tinh QuickBird:

Ảnh QuickBird là ảnh có độ phân giải không gian cao nhất hiện nay cho ra kênh toàn sắc có độ phân giải là 0,61m và độ phân giải của các kênh đa phổ là 2,44m, trường phủ mặt đất của ảnh là 16,5km x 16,5km. QuickBird cho ảnh độ phân giải 0,7m ghép kênh toàn sắc tổ hợp với kênh hồng ngoại. Với độ phân giải cao ảnh QuickBird được sử dụng trong nhiều lĩnh vực cần độ chính xác lớn, như qui hoạch sử dụng đất, xác định các đối tượng, thành lập bản đồ giao thông. Hiện nay ảnh QuickBird được sử dụng phổ biến vào các lĩnh vực dân sự, an ninh, quản lý môi trường.

Ảnh vệ tinh ARIES

Ảnh ARIES (Australia Resource In formation and Environmental Satellite) là loại ảnh siêu phổ với số kênh phổ là 105 kênh trên dải sóng từ 0,49 đến 0,25km, cho độ phân giải là 30m với độ phủ mặt đất là 15km x 15km, độ nhìn lặp một điểm là 7 ngày, kênh toàn sắc có độ phân giải là 10m. Mục đích của ảnh này là dung vào việc khai khoáng, ngoài ra còn được dùng vào mục đích nghiên cứu nông nghiệp, rừng, đất âm và điều tra môi trường.

Dữ liệu Radar

Một kỹ thuật khác đang phát triển cho việc theo dõi rừng là ảnh Radar. Khi mây che phủ thường ngăn cản các quan sát thường xuyên ở các vùng nhiều mây (như rừng nhiệt đới) ảnh hưởng tới các vệ tinh quang học (LANDSAT hoặc SPOT). Vì vậy, sử dụng ảnh Radar là một phương pháp để theo dõi rừng thường xuyên bị mây che. Việc kết hợp các loại ảnh khác nhau có thể tăng cường độ chính

xác của việc tạo ra bản đồ che phủ đất đai và ước tính trữ lượng carbon. Ảnh Radar rất hữu dụng trong việc theo dõi sự thay đổi độ che phủ rừng.

Dữ liệu LiDAR

Công nghệ viễn thám LiDAR (Light Detection and Ranging) đã phát triển trong vòng vài thập kỷ gần đây như là một công cụ để đo và hiểu cấu trúc rừng. Lợi thế của ảnh LiDAR cho việc áp dụng vào lâm nghiệp là nó cung cấp thông tin về cấu trúc rừng và vì vậy có thể phân loại các đặc điểm như chiều cao cây, sự phân bố theo chiều cao của tán, và thể tích tán. Nếu sử dụng dữ liệu LiDAR riêng rẽ thì thường không đủ để tạo ra các bản đồ che phủ đất đai, nhưng kết hợp với các đặc điểm cấu trúc rừng với các dữ liệu khác có thể rất hữu ích cho việc phân biệt các loại rừng khác nhau. Các đặc điểm này có thể được sử dụng để lập bản đồ sinh khối rừng trong các diện tích lớn.

Việc chọn dữ liệu viễn thám cho việc ước tính, giám sát sinh khối trữ lượng carbon rừng cần được lựa chọn, xem xét tùy thuộc vào diện tích mất rừng ở mức độ nhỏ hay lớn; tùy thuộc vào loại rừng nhiệt đới hay ôn đới; tùy thuộc chi phí dữ liệu ảnh cho các cấp cũng khác nhau và còn tùy thuộc vào năng lực tiếp cận công nghệ viễn thám mà lựa chọn loại ảnh thích hợp để nghiên cứu.

ii) Viễn thám ứng dụng trong phân loại rừng, ước tính trữ lượng, sinh khối, carbon rừng

Để lập đường phát thải tham chiếu, cần có dữ liệu biến động diện tích rừng, trữ lượng, sinh khối/carbon rừng trong quá khứ, ít nhất là 10 năm. Các nguồn dữ liệu đã có thường kém tin cậy, không được lưu trữ tốt, đặc biệt là không gắn với hệ thống thông tin địa lý GIS, vì vậy rất khó và có thể nói là không thể sử dụng được. Vì vậy ảnh viễn thám là một giải pháp gần như duy nhất và hữu hiệu để truy cập lại dữ liệu quá khứ của nguồn tài nguyên rừng.

Đối với các nước trên thế giới việc ứng dụng ảnh vệ tinh trong phân loại điều tra rừng được thực hiện từ rất sớm. Ở Việt Nam, trong chương trình điều tra, đánh giá và theo dõi diễn biến tài nguyên rừng toàn quốc giai đoạn 5 năm của công tác điều tra rừng đã ứng dụng ảnh vệ tinh từ năm 1980. Ảnh vệ tinh được sử dụng thời

kỳ đó là ảnh Landsat MSS. Tuy nhiên, ảnh vệ tinh và ảnh hàng không còn rất hạn chế, chỉ đáp ứng yêu cầu điều tra rừng ở một số vùng nhất định nên đã tạo ra bộ số liệu về diện tích, trữ lượng các loại rừng theo từng tỉnh. Đến giai đoạn năm 1991 - 1995, công tác điều tra rừng Việt Nam đã sử dụng ảnh vệ tinh Landsat MSS và Landsat TM có độ phân giải 30m x 30m để cập nhật những khu vực thay đổi sử dụng đất, những nơi mất rừng hoặc những nơi có rừng trồng mới hay tái sinh phục hồi. Kết quả đã xây dựng được bản đồ sinh thái thảm thực vật rừng các vùng tỷ lệ 1:250.000 và bản đồ dạng đất đai các tỉnh tỷ lệ 1:100.000 và các vùng tỷ lệ 1:250.000. Những cải tiến về sau đến giai đoạn 1996 - 2000, công tác điều tra sử dụng ảnh vệ tinh SPOT 3 có độ phân giải 15m x 15m. Tuy nguồn ảnh sử dụng chất lượng cao hơn ảnh Landsat nhưng việc giải đoán bằng mắt thường nên kết quả giải đoán vẫn phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của chuyên gia giải đoán và chất lượng ảnh. Đến giai đoạn năm 2000 - 2005, xây dựng bản đồ hiện trạng rừng từ ảnh vệ tinh Landsat ETM⁺ với độ phân giải 30m x 30m. Đồng thời, Viện điều tra qui hoạch rừng đã ứng dụng công nghệ giải đoán ảnh số với phần mềm chuyên dụng như ERDAS IMAGE 8.5 nên đã tiết kiệm được thời gian và có thể giải đoán thử nhiều lần [13]. Ngày nay, với sự phát triển công nghệ việc giải đoán ảnh với các phần mềm được phát triển cùng chất lượng ảnh được nâng cao có thể ứng dụng trong nhiều lĩnh vực.

Ứng dụng ảnh vệ tinh trong giải đoán thảm phủ và trạng thái rừng là công việc quan trọng trong quản lý tài nguyên rừng và môi trường. Sử dụng ảnh vệ tinh giúp giảm chi phí điều tra mặt đất, tăng độ tin cậy, đồng thời có thể theo dõi thường xuyên thông qua hệ thống ảnh được cập nhật, Bảo Huy, (2009) [6].

Trong phân loại rừng bằng ảnh viễn thám, độ chính xác phân loại được đánh giá qua sai số. Với mức sai số thấp cho kết quả phân loại ảnh chính xác cao. Nguyễn Cao Cường, (2011) [3], đánh giá độ chính xác phân loại của ảnh SPOT 5 (năm 2009) khu vực huyện Tuy Đức, tỉnh Đắk Nông đã được Fusion cho kết quả cao. Với độ tin cậy tổng thể 94,5% và chỉ số Kappa của ảnh Fusion là 0,92. Với các thảm phủ như trắng cỏ và le tre khả năng phân loại trên 2 ảnh tương đối như

nhau. Nhưng với khả năng phân loại các loại thảm phủ như đất nông nghiệp, rừng trồng, lò ô xen gỗ, đặc biệt là rừng nghèo và rừng trung bình đã chứng minh rằng khả năng phân loại thảm phủ trên ảnh Fusion đạt độ chính xác cao hơn trên ảnh gốc (ảnh không được Fusion).

Để xây dựng đường cơ sở của mất rừng và suy thoái rừng được xác định bằng kinh nghiệm phân loại ảnh vệ tinh. Dùng ảnh vệ tinh Landsat 5 và 7 để phân tích độ che phủ rừng thể hiện trên bản đồ thay đổi sử dụng đất (LULC) và thể hiện tốc độ phá rừng cho Campuchia giai đoạn 1990 - 2004. Độ chính xác phân loại cho từng ảnh qua các năm khác nhau. Ảnh Landsat năm 1994 cho độ chính xác 98%, năm 2003 có độ chính xác 99%, đến năm 2002 độ chính xác giảm còn 96% và năm 2006, 2008 độ chính xác phân loại với 94%. Dựa vào ảnh phân loại, từ lớp rừng hỗn loài đến lớp không có rừng tính được trung bình diện tích rừng bị mất hàng năm $1.567 \text{ ha năm}^{-1}$ tương đương với $1,1\% \text{ năm}^{-1}$. Với lớp rừng thường xanh đến lớp không có rừng, tốc độ mất rừng $8.726 \text{ ha năm}^{-1}$ tương đương $3,03\% \text{ năm}^{-1}$ [28].

Độ chính xác quan tâm liên quan đến mục tiêu sử dụng ảnh như là phân loại rừng hay là diện tích (Foody, 2002) [17]. Khi các lớp phân loại càng tăng khả năng sai số càng tăng, ví dụ trong một nghiên cứu phân loại rừng nhiệt đới được thực hiện ở Brazil, Souza và cộng sự (2003) [32] đã đưa ra kết quả độ chính xác toàn bộ là 93% khi phân thành 2 loại là có rừng và không có rừng; trong khi đó độ chính xác này là 86% khi phân thành ba lớp bao gồm không rừng, rừng bị suy thoái và rừng qua khai thác chọn. Tương tự như vậy, Trisurat và cộng sự (2000) [33] đã sử dụng phương pháp phân loại có giám định để phân loại ảnh Landsat TM thành sáu loại, kết quả đưa ra độ chính xác toàn bộ là 79%. Nguyễn Văn Lợi (2008) [27] đã phối hợp phương pháp phân loại không giám định ISODATA và phân loại có giám định Maximum Likelihood phân chia thành sáu lớp đất rừng là rừng dày, rừng bị suy thoái, rừng trồng, trảng cỏ, cây bụi và đất trống; độ chính xác toàn bộ trong nghiên cứu này đạt được khá cao.

Nguyễn T.T. Hương (2011) [5, 25], đã sử dụng ảnh SPOT 5 để phân loại rừng thường xanh khu vực huyện Tuy Đức đã bị tác động ở các mức độ khác nhau thành 4 lớp rừng tự nhiên là rừng giàu, rừng trung bình, rừng nghèo kiệt, và rừng non phục hồi, độ chính xác toàn bộ đạt được trong nghiên cứu này là 82%. Trong đó, phạm vi độ chính xác biến động trong các lớp rừng tự nhiên từ 69% đến 86% trên đối tượng rừng nhiệt đới đã bị tác động để thành lập bản đồ hiện trạng rừng.

Dùng dữ liệu ảnh viễn thám và các kỹ thuật phân tích ảnh tự động nhằm giám sát rừng thường xuyên trên diện rộng. Nhiều kiểu dữ liệu ảnh viễn thám như: Ảnh hàng không, Radar, Lidar và dữ liệu Videographic đã được các nhà nghiên cứu lâm nghiệp sử dụng để phát hiện, xác định, phân loại, đánh giá và tính được độ che phủ các kiểu rừng và những thay đổi độ che phủ rừng. Trong những thập kỷ qua, các tiến bộ vượt bậc đã được thể hiện trong việc chứng minh các tiềm năng và giới hạn của các ứng dụng viễn thám trong lâm nghiệp. Viễn thám có thể phát hiện, xác định, phân loại, đánh giá và đo tính nhiều đặc điểm khác nhau của rừng cả chất lượng và số lượng. Yousif Ali Hussin và Witske Bijker [20], đã dùng ảnh viễn thám trong phân tích độ che phủ các kiểu rừng, kiểm kê rừng, phát hiện mất rừng và suy thoái rừng, giám sát rừng, đánh giá và quản lý nơi sống của động vật hoang dã,... đã mang lại độ chính xác ít nhất là 75%. Đối với định lượng, viễn thám có thể phân loại độ che của các kiểu rừng: rừng cây lá kim, rừng rụng lá, rừng ngập mặn, rừng đầm lầy và rừng trồng...

Bảo Huy (2010-2012) [8], đã phân loại rừng bằng ảnh vệ tinh SPOT 5 cho rừng lá rộng thường xanh ở khu vực huyện Tuy Đức, tỉnh Đắk Nông, phân chia rừng thành 3 lớp/ khối trạng thái cho mỗi quan hệ sinh khối cây rừng trên mặt đất và chỉ số ảnh là cao nhất, với $R^2 = 88,01\%$ và sử dụng mô hình này để ước tính TAGTB.

Nhiều quốc gia trên thế giới đã sử dụng các ảnh vệ tinh như Landsat, SPOT, NOAA để tính toán sinh khối rừng, trữ lượng sinh khối của thảm thực vật thông qua các giá trị như hệ số bức xạ, hệ số phản xạ, chỉ số chuẩn hóa thực vật khác nhau NDVI, chỉ số diện tích bề mặt lá LAI, hệ số bức xạ của hoạt động quang hợp

fAPAR. Do địa hình phức tạp nên việc tính toán sinh khối bằng phương pháp thủ công rất mất nhiều thời gian và công sức. Bùi N. L. Hà và cộng sự, (2011) [4] sử dụng ảnh vệ tinh ALOS AVNIR - 2 có độ phân giải không gian 10m, gồm 3 kênh nằm trong vùng khả kiến và kênh 4 có bước sóng nằm thuộc vùng hồng ngoại để tính toán các chỉ số liên quan đến sinh khối. Ước tính dựa trên bề mặt tán rừng được thực hiện dựa vào kênh ảnh thông qua chỉ số NDVI, từ giá trị này sẽ xác định được độ che phủ của tán rừng thông qua giá trị LAI và đánh giá hiệu suất của hoạt động quang hợp, tức là đánh giá khả năng tạo sinh khối của rừng thông qua giá trị fAPAR- bức xạ được hấp thụ cho hoạt động quang hợp tạo sinh khối của cây. Kết quả thống kê chỉ số NDVI cho vườn quốc gia Cát Tiên cho giá trị trung bình khá cao với NDVI bằng 0,45. Diện tích khu vực cây có rừng ở điều kiện phát triển tốt chiếm 63,3% có chỉ số NDVI từ 0,5 - 0,8. Diện tích có thực vật phát triển ở trạng thái trung bình chiếm 19,7% có chỉ số NDVI từ 0,3 - 0,4. Và một diện tích rất nhỏ (khoảng 1%) có giá trị NDVI < 0 – đây chủ yếu là vùng đất đô thị, hồ nước, đất trống. Phần sinh khối trên bề mặt tán rừng được tính thông qua các giá trị. Kết quả phân tích thống kê cho giá trị trung bình của LAI là 4, giá trị tối đa là 6, đây là những khu vực được che phủ bởi một thảm thực vật rậm rạp với lượng sinh khối lớn và giá trị tối thiểu là 0 được thể hiện chủ yếu ở khu vực có hồ nước, vùng đất trống. Vùng có giá trị LAI khoảng từ 0 - 14 ước tính có sinh khối rất thấp. Vùng có giá trị LAI từ 1,5 - 2,9 có sinh khối mức thấp. Vùng có sinh khối trung bình thể hiện ở khu vực rừng tái sinh, rừng trồng với giá trị LAI từ 3,0 - 4,4. Và vùng thể hiện sinh khối cao thuộc khu vực rừng tự nhiên, rừng trồng lâu năm với giá trị LAI từ 4,5 - 6,0. Đồng thời, mối quan hệ giữa các chỉ số NDVI-LAI và NDVI-fAPAR tương quan chặt chẽ với nhau. Khi diện tích bề mặt lá tăng lên phần năng lượng được hấp thụ bởi hoạt động quang hợp cũng tăng theo. Do vậy, thành lập bản đồ chỉ số NDVI từ ảnh vệ tinh đã tạo ra giải pháp hiệu quả trong ước tính sinh khối rừng trên khu vực rộng.

Viễn thám đã chứng minh một công cụ quan trọng trong đánh giá sinh khối trên mặt đất ở cấp khu vực, cấp quốc gia hay toàn cầu, (Brown. 2002, Patenaude

et al 2005, Rosenqvist et al 2003, UNFCCC 2009) [15, 28, 30]. Dùng phương pháp hồi qui để tìm quan hệ giữa sự phản xạ quang phổ với chỉ số thực vật hoặc sinh khối, (Foody et al., 2003; Lu et al., 2004) [18, 22]. Các chỉ số NDVI hầu hết được dùng để so sánh với các chỉ số thực vật khác, (Lu et al., 2004) [22]. Một vài nghiên cứu trước đây đã tìm thấy NDVI có quan hệ quan trọng với AGB, trong khi đó một vài nghiên cứu khác không thể áp dụng tham số này để ước tính (Lu et al., 2004; Sader et al. 1989) [22, 31]. Sự chính xác phụ thuộc vào tham số sinh lý và đặc điểm của khu vực nghiên cứu (Lu et al., 2004) [22]. Dùng ảnh vệ tinh Landsat đã được áp dụng để ước tính, đánh giá AGB, nhiều nghiên cứu dựa trên sự phản xạ quang phổ hoặc các chỉ số thực vật hay tích hợp dữ liệu điều tra rừng với sự phản xạ của sáu band TM và nhiều chỉ số khác để ước tính AGB. Sự thể hiện các giá trị từng band ảnh có thể áp dụng ước tính từng giá trị khác nhau. Ở rừng nhiệt đới ở Brazil, dùng band 5 được chọn là band tốt nhất để ước tính sinh khối trên mặt đất. Với ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+, Basuki, (2012) [14] đã dùng để ước tính sinh khối trên mặt đất dựa trên sự phản xạ thực vật (veg), và đất (soil) cho rừng khộp, theo phương trình 1.1 và 1.2:

$$AGB = - 258.055 + 1305.342*veg \quad (1.1)$$

Với: $R^2 = 0.632$; P-value = 0.00

$$AGB = - 200.793 + 1303.543*veg - 723.260*soil \quad (1.2)$$

Với $R^2 = 0.635$; P-value = 0.0

Sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh SPOT 5 để ước tính sinh khối rừng trên mặt đất cho kiểu rừng lá rộng thường xanh khu vực Tây Nguyên [10] đã cho thấy phương pháp phân loại phi giám định và thiết lập mô hình quan hệ giữa TAGTB = f(class) có độ tin cậy từ 72 - 93%; phương pháp thiết lập hồi qui giữa TAGTB = f(DN) đạt độ tin cậy là 53%; phương pháp phân loại có giám định theo cấp sinh khối TAGTB đạt độ tin cậy là 29%. Như vậy, thông qua dữ liệu ảnh vệ tinh có thể lựa chọn phương pháp đo tính carbon rừng đạt độ tin cậy cao.

Những phương pháp ước tính lượng carbon rừng dựa trên ảnh viễn thám khác nhau sẽ tạo ra những kết quả mang ưu điểm và hạn chế khác nhau. Sử dụng thiết

bị cảm biến quang viễn thám để đo các chỉ số quang phổ và tương quan với những đo đạc carbon rừng trên mặt đất như ảnh LANDSAT, MODIS thì sẽ tạo ra kết quả mang tính thống nhất toàn cầu nhưng nó hạn chế trong việc phát triển các mô hình tốt cho các khu rừng nhiệt đới và đòi hỏi kỹ thuật cao. Vì vậy, cần nghiên cứu phát triển phương pháp kỹ thuật cụ thể áp dụng viễn thám khi tham gia chương trình REDD⁺.

1.3. Thảo luận về tổng quan vấn đề nghiên cứu

Qua tình hình nghiên cứu về mức phát thải tham chiếu rừng tham gia chương trình REDD⁺ ở Việt Nam, nhận thấy rằng:

- ✓ Hiện nay chưa có phương pháp luận cụ thể nhằm xây dựng FREL/FRL ở Việt Nam để tham gia vào chương trình REDD⁺
- ✓ Các dữ liệu quá khứ chủ yếu số liệu rừng không gắn với hệ thống thông tin địa lý nên không thể phân tích sự thay đổi thảm phủ rừng
- ✓ Sử dụng ảnh viễn thám để phân tích thay đổi phát thải CO₂ quá khứ chưa được tiến hành đầy đủ.

Tuy nhiên nghiên cứu xây dựng FREL/FRL hiện nay đã có một số thuận lợi đó là: Đã có một hệ thống các mô hình sinh trắc cho từng kiểu rừng, vùng sinh thái (Bảo Huy và cộng sự, FAO, 2014) và có thể dễ dàng tiếp cận miễn phí các ảnh vệ tinh có độ phân giải trung bình như Landsat.

Dựa vào những vấn đề tồn tại cần nghiên cứu, và điều kiện để nghiên cứu; đặc biệt là trong nước nên chúng tôi tiến hành thực hiện đề tài: ***“Xây dựng mức phát thải tham chiếu rừng khu vực huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng”*** góp phần vào phương pháp tiếp cận để lập đường phát thải tham chiếu cho các dự án REDD⁺ và chương trình REDD⁺ quốc gia.

CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG, ĐẶC ĐIỂM KHU VỰC NGHIÊN CỨU

2.1 Vị trí, khu vực nghiên cứu

Thử nghiệm ở 3 xã vùng dự án SNV – REDD⁺ bao gồm Lộc Lâm, Lộc Bắc, Lộc Bảo của huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng.

2.2 Đối tượng nghiên cứu

- Các lâm phần với các kiểu rừng, các trạng thái khác nhau thuộc hai công ty TNHH MTV Lâm nghiệp là Lộc Bắc và Bảo Lâm thuộc ba xã Lộc Bắc, Lộc Bảo, Lộc Lâm, huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng.
- Tổng carbon của cây rừng phần trên mặt đất (Total above ground biomass/carbon - TAGB, TAGC) trong 25 năm từ 1990 đến 2015.
- Ảnh vệ tinh Landsat giai đoạn 1990 – 2015.

2.3 Đặc điểm khu vực nghiên cứu

Đề tài tiến hành nghiên cứu tập trung ở hai công ty TNHH MTV Lâm nghiệp là Lộc Bắc và Bảo Lâm thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng. Thuộc 3 xã đã nói trên trình bày trên bản đồ ở Hình 2.1.



Hình 2.1: Vị trí khu vực nghiên cứu

❖ Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Lạc Bắc

Vị trí địa lý:

Lâm phận Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Lạc Bắc quản lý diện tích 24.507,97 ha.

- Phía Bắc giáp Tỉnh Đắk Nông.
- Phía Đông giáp Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Bảo Lâm và ban quản lý rừng ĐamRi.
- Phía Tây và giáp Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Đa Tẻ và VQG Cát Tiên.

Ranh giới hành chính thuộc 02 xã: Lạc Bắc, Lạc Bảo - Huyện Bảo Lâm – Tỉnh Lâm Đồng.

Địa hình:

Địa hình là khu vực chuyển tiếp từ Cao nguyên xuống Đông Nam Bộ, phần lớn là đồi núi, sườn dốc. Độ dốc từ 20°- 40°, mức độ chia cắt mạnh có một số thung lũng, trảng cỏ có độ dốc nhỏ hơn nhưng chiếm tỷ lệ diện tích ít.

- Độ cao trung bình 450 m đến 918 m, độ dốc phổ biến 20⁰ – 25⁰, một số nơi 5° – 10°.
- Độ cao tuyệt đối bình quân: 793,5 m.
- Độ cao tuyệt đối cao nhất: 1.137 m.
- Độ cao tuyệt đối thấp nhất: 450 m.

Đất đai thổ nhưỡng:

Có 04 loại đất chính là:

- Đất Feralit phát triển trên đá Bazan chiếm tỉ lệ 66,5 % diện tích tự nhiên.
- Đất Feralit phát triển trên đá mẹ chiếm tỉ lệ 30,3 % diện tích tự nhiên.
- Đất phù sa sông suối chiếm 8,0 % diện tích tự nhiên.
- Đất dốc bồi tụ chiếm tỉ lệ 6,2 % diện tích tự nhiên.

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

Khí hậu:

Lâm phận quản lý nằm trên địa danh hành chính 02 xã Lộc Bắc, Lộc Bảo của huyện Bảo Lâm nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa. Khí hậu chia làm 2 mùa rõ rệt, mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10, mùa khô từ tháng 11 năm trước đến tháng 4 năm sau, do đặc điểm mùa khô kéo dài kèm theo gió mùa Đông Bắc làm nóng thực bì trong khu vực rừng trồng và bồi thực vật ở các khu vực canh tác nông nghiệp của dân cư lân cận rừng trồng nên rất dễ xảy ra hỏa hoạn lan sang rừng trồng và các lô rừng giáp liền kề với diện tích đất canh tác của người dân địa phương.

Nhiệt độ:

- Nhiệt độ trung bình năm: 22,2⁰ C.
- Nhiệt độ trung bình năm cao nhất: 23,8⁰ C.
- Nhiệt độ trung bình năm thấp nhất: 20,6⁰ c.

Lượng mưa:

- Lượng mưa trung bình năm: 2.400 mm.
- Lượng mưa trung bình năm cao nhất: 2.700 mm.
- Lượng mưa trung bình năm thấp nhất: 2.200 mm.

Lượng mưa phân bố không đều trong năm. Mưa tập trung chủ yếu từ tháng 5 đến tháng 10 hàng năm chiếm trên 95% tổng lượng mưa, các tháng còn lại mưa rất ít (đặc biệt là tháng 12, tháng 1, tháng 2 và tháng 3 hầu như không mưa), mùa khô hạn kéo dài làm ảnh hưởng rất lớn đến sản xuất nông lâm nghiệp và đời sống nhân dân đặc biệt là công tác PCCCR.

Độ ẩm không khí: Độ ẩm không khí trung bình năm cao 85%, lượng bốc hơi thấp: 780 mm.

Gió: Hàng năm có 2 hướng gió chính: Gió đông Bắc từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau. Gió mùa Tây Nam hình thành từ tháng 5 đến tháng 11. Ngoài ra ở địa bàn vào các tháng mùa mưa thường có dông kèm theo gió lốc: Mùa mưa thường có mưa to kéo dài gây lũ, ngập úng. Các tháng mùa khô không có mưa nên gây hạn nghiêm trọng ảnh hưởng lớn đến sự sinh trưởng, phát triển của cây trồng và đời sống của nhân dân.

Hệ thống sông suối, thủy văn: Khu vực quản lý có một hệ thống sông chính là sông Đồng Nai dài khoảng 30 km và nhiều hệ thống suối khác phân bố đều trên toàn bộ lâm phần có nước quanh năm như: Đasiat, Đa R'Sa, Đa Têh... Một số sông suối là phụ lưu của các hệ thống thủy điện Đồng Nai 4, Đồng Nai 5, Đasiat, ĐamBor và một số hồ thủy lợi tưới tiêu tại địa phương. Vì vậy rất thuận tiện cho việc cung cấp nước để ứng cứu khi có cháy rừng xảy ra.

Cơ sở hạ tầng.

Những năm qua, việc đầu tư cơ sở hạ tầng tăng đáng kể, giao thông tương đối thuận tiện, có đường tỉnh lộ 725 từ Huyện Bảo Lâm vào Công ty nối liền xã Lộc Bắc đi Đạ Tẻh có chiều dài khoảng 30 km. Các tuyến đường được đầu tư từ nguồn vốn 135 đang tiếp tục thực hiện nối liền trung tâm đến các thôn buôn của 02 xã. Đặc biệt tuyến đường thi công phục vụ các công trình thủy điện và các hệ thống đường lâm nghiệp với tổng chiều dài khoảng 80 km.

Tại các khu vực rừng trồng, các diện tích rừng tự nhiên của đơn vị đã có sẵn hệ thống đường lâm nghiệp. Tuy nhiên trải qua mùa mưa hệ thống đường lâm nghiệp bị xói lở, một số vị trí trọng tâm cần sửa chữa lại để đáp ứng trong công tác PCCCR.

Dân số, dân tộc, lao động.

Khu vực nằm trong địa giới hành chính 2 xã đó là xã Lộc Bắc và xã Lộc Bảo. Các xã thuộc vùng sâu, vùng xa phần lớn là đồng bào dân tộc bản địa và dân di cư tự do từ các tỉnh khác đến, Thành phần dân tộc gồm có: Kinh, K'ho, Chil, Mạ, Tày, H'Mông....

- Tổng số hộ: 1.584 hộ; tổng số nhân khẩu 6.549 khẩu gồm:

Dân tộc kinh có 1.930 khẩu chiếm 29,47 %.

Dân tộc khác có 4.619 khẩu chiếm 70,53 %.

- Tổng số lao động: 3.512 lao động. trong đó:

+ Lao động Nam có: 1.757 lao động chiếm 50,02 % tổng số lao động.

+ Lao động Nữ có: 1.755 lao động chiếm 49,98 % tổng số lao động.

Tình hình xã hội:

Trong những năm gần đây với sự quyết tâm của Đảng, chính quyền địa phương đã ban hành và thực hiện nhiều chính sách, dự án thiết thực (135, 661,

30A, 178 ... dịch vụ môi trường, tái định canh, định cư, chương trình giảm nghèo nhanh và bền vững theo nghị quyết 30a ...) đã tác động mạnh mẽ làm thay đổi, ổn định, nâng cao đời sống của người dân về mọi mặt, dân cư vùng đồng bào dân tộc đã ổn định được cuộc sống, không còn cuộc sống du canh du cư như trước đây. Các buôn làng hiện nay đã được định canh, định cư ổn định, cơ sở hạ tầng đã được nâng cấp, đất sản xuất được bố trí ổn định, số hộ giàu, hộ khá ngày một nhiều hơn, số hộ nghèo giảm đi đáng kể, không có hộ đói. Tình hình chính trị, trật tự an ninh, quốc phòng ổn định và giữ vững. Tuy nhiên bên cạnh vẫn còn một số hộ nghèo cần được hỗ trợ giải quyết khó khăn.

Qua điều tra cho thấy đời sống của người dân từng bước nâng cao và ổn định.

- Số hộ giàu chiếm 8%, thu nhập > 100 triệu đồng/hộ/năm.
- Số hộ khá chiếm 21%, thu nhập từ 50-100 triệu đồng/hộ/năm.
- Số hộ đủ ăn chiếm 59%, thu nhập từ 30-50 triệu đồng/hộ/năm.
- Số hộ nghèo chiếm 22%, thu nhập < 20 triệu đồng/hộ/năm.

Đặc điểm kinh tế:

Là hai xã miền núi 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 trong sản xuất, một số hộ kinh doanh, sản xuất nhỏ lẻ nên đời sống còn gặp nhiều khó khăn.

Nguồn thu nhập chủ yếu là sản xuất nông nghiệp, thiếu đất sản xuất nông nghiệp bình quân /hộ là: 1,8 ha, cơ cấu cây trồng chủ yếu là cây công nghiệp như Cà phê, Chè, điều...cây nông nghiệp ngắn ngày theo mùa vụ như Lúa, Mỳ, Đậu, Rau màu...ít, năng xuất chất lượng còn thấp, chăn nuôi phân tán nhỏ lẻ.

Về sản xuất lâm nghiệp góp phần nâng cao đời sống người dân trong vùng một cách đáng kể. Thông qua việc nhận khoán quản lý bảo vệ rừng, trồng và chăm sóc rừng trồng, khai thác chế biến lâm sản... đã giải quyết được công ăn việc làm cho nhiều hộ đồng bào dân tộc địa phương, hạn chế được việc phát nương làm rẫy, cưa xẻ gỗ trái phép, nâng cao được độ che phủ của rừng, năng suất chất lượng rừng ngày được phát triển tốt hơn. Một số hộ nhận đất khoán theo 30a – 135 để trồng rừng. Người dân đã thành thực các bước trong việc trồng, chăm sóc, khai thác rừng trồng. Và thực tế diện tích rừng trồng của đơn vị cũng phân tán ở các địa bàn các xã, đan xen các diện tích rừng trồng của người dân, cũng như có nhiều vị trí giáp ranh với vườn rẫy của nhân dân rải khắp trên địa bàn hai xã. Đây là một đặc điểm riêng ảnh hưởng rất lớn đến công tác phòng cháy chữa cháy rừng nói chung và phòng cháy chữa cháy rừng trồng nói riêng trong suốt mùa khô.

❖ Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Lộc Bắc

Vị trí địa lý

Công ty TNHH MTV lâm nghiệp Bảo Lâm nằm trong địa giới hành chính huyện Bảo Lâm thuộc các xã: Lộc Lâm, B' Lá, Lộc Phú, Lộc Quảng và Thị trấn Lộc Thắng.

- Tọa độ địa lý:

+ Từ $11^{\circ} 52' 30''$ vĩ độ Bắc đến $11^{\circ} 38' 02''$ vĩ độ Nam.

+ Từ $107^{\circ} 50' 08''$ kinh độ Đông đến $107^{\circ} 42' 30''$ kinh độ Tây.

- Vị trí:

- Phía Bắc giáp sông Đồng Nai.
- Phía Nam giáp thị trấn Lộc Thắng.
- Phía Đông giáp xã Lộc Ngãi, Lộc Phú.
- Phía Tây giáp xã Lộc Quảng, Lộc Bắc.

Nằm cách Trung tâm thành phố Bảo Lộc khoảng 20 km về hướng bắc.

Đặc điểm tự nhiên

Địa hình

Địa hình Công ty TNHH MTV lâm nghiệp Bảo Lâm thuộc Nam cao nguyên Lâm Đồng, nên có đặc điểm địa hình cao nguyên. Khu vực trung tâm và phía Nam là hệ thống dãy đồi, núi liền nhau. Khu vực phía Bắc và Tây bắc địa hình chia cắt mạnh, dạng đồi núi dốc hiểm trở.

- Độ dốc: Trung bình 25⁰; cao nhất 45⁰. Độ cao so với mặt nước biển: độ cao cao nhất: 1.380 m, độ cao thấp nhất 425 m, độ cao trung bình: 902 m.

Khí hậu

Nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới mưa mùa, một năm có 2 mùa rõ rệt. Mùa mưa: Từ tháng 4 đến tháng 10 hàng năm. Mùa khô: Từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau. Tổng lượng mưa bình quân/năm: 3.300 mm.

Độ ẩm không khí bình quân/năm: Khoảng 82%.

Chế độ gió: Bao gồm 02 hướng chính là Tây bắc và Đông nam.

Nhiệt độ bình quân/năm: Khoảng 22⁰C, cao nhất 24⁰C, thấp nhất 19⁰C.

Mùa đông ít chịu ảnh hưởng của gió mùa đông bắc, mức độ lạnh chủ yếu do độ cao quyết định. Cường độ mưa lớn tập trung vào tháng 7, tháng 8. Thời điểm cực hạn thường xuất hiện vào tháng 1 và tháng 2 hàng năm với độ ẩm không khí thấp.

Thủy văn

Chế độ mưa:

+ Lượng mưa bình quân năm: 3.300 mm. Mưa tập trung nhiều nhất vào các tháng 7, 8 và 9 hàng năm.

+ Có hai mùa: mùa mưa và mùa khô. Mùa mưa có 06 tháng và bắt đầu từ tháng 04 năm trước đến tháng 10 năm sau, lượng mưa vào mùa mưa: 2.300mm, mùa khô có 06 tháng và bắt đầu từ tháng 11 năm trước đến tháng 04 năm sau, lượng mưa vào mùa khô: hầu như không có mưa khoảng 30 mm.

Hệ thống sông, suối

Công ty TNHH MTV lâm nghiệp Bảo Lâm có hệ thống thủy văn khá phong phú, phân bố đều khắp trong toàn diện tích trong một hệ thống sông chính là sông Đồng Nai. Cùng với ranh giới tỉnh, sông Đồng Nai tạo thành ranh giới phía Bắc và Đông Bắc của Công ty, dài khoảng 20km. Hệ thống sông suối phía Bắc và trung tâm Công ty chảy trực tiếp vào sông Đồng Nai. Những con suối lớn nhất ở khu vực này là Đạ Kơi, Đạ Sou, Đạ Krea và Đạ Nour. Suối Đạ Krea và Đạ Nour bắt nguồn từ phía Bắc Công ty ở bình nguyên Bazan Bảo Lộc, sau đó chảy về phía Bắc để đổ vào sông Đồng Nai. Suối Đạ Kơi bắt nguồn từ phía Tây và chảy về phía Đông và Đông Bắc của công ty và nhập vào sông Đồng Nai. Tương tự suối Đạ Sou bắt nguồn từ phần trung tâm của công ty chảy về phía Đông và Đông Bắc và đổ vào sông Đồng Nai. Suối Đạ R'Gna bắt nguồn từ phía tây của Công ty, chảy về phía Đông Nam tạo thành một phần ranh giới phía Đông Nam của công ty.

Lượng nước trong mùa khô chỉ còn lại ở những con suối lớn, tuy nhiên trong mùa mưa có rất nhiều con suối nhỏ hình thành và có thể diễn ra lụt cục bộ.

Do có nhiều sông suối nên trên các đường giao thông và đường vận xuất vận chuyển cần phải làm khá nhiều cầu cống mới đáp ứng được việc đi lại và sản xuất kinh doanh và không có khả năng vận chuyển thủy.

Đặc điểm về đất đai

Đất đai thuộc Công ty quản lý có đặc điểm chung là đất Feralit thuộc nhóm đất Bôxít có độ pH khá lớn, do địa hình dốc nên bị xói mòn mạnh vào mùa mưa. Có thể chia ra thành các nhóm sau:

- Nhóm Feralit nâu đỏ phát triển trên đá mẹ Bazan với thành phần cơ giới thịt nhẹ, kết cấu viên toi xốp, sét nhẹ, tầng dày phù hợp cho việc gây trồng cây lâm – nông - công nghiệp. Nhóm Feralit xám phát triển trên đá cuội kết, trong thành phần của đất có pha cát, khả năng giữ nước kém, mùa khô dễ bị mất nước, mùa mưa đất bị rửa trôi và xói mòn mạnh. Nhìn chung loại đất này nghèo dinh dưỡng.

- Nhóm Feralit vàng đỏ – vàng nhạt phát triển trên phiến thạch sét, tầng đất mỏng, thành phần cơ giới thịt nhẹ, khả năng giữ nước kém, nghèo dinh dưỡng.

- Nhóm đất phù sa sông suối, thường phân bố dọc theo sông suối, thung lũng với diện tích nhỏ. Loại đất này phù hợp cho việc trồng cây công nghiệp, hoa màu.

- Thành phần cơ giới của đất thuộc loại thịt nhẹ, thịt pha cát hoặc sét nhẹ.

- Độ sâu tầng đất AB từ 20 - 25 cm. Đá nổi xuất hiện ít, tỷ lệ đá lẫn < 25%.

- Độ pH từ 4 - 5 (đất hơi chua). Nhìn chung theo định chuẩn xác định cấp đất thuộc cấp II, phù hợp với sinh trưởng của các loài cây lá kim và cây lá rộng núi cao đến trung bình.

Đặc điểm kinh tế - xã hội

Nhìn chung nguồn thu nhập chính của phần lớn hộ dân trong khu vực là từ sản xuất nông nghiệp; bên cạnh đó từ các chương trình dự án, giao khoán QLBR, các công trình sản xuất Lâm nghiệp đã tạo thêm nguồn thu nhập ổn định cho bà con, từ đó đã góp phần làm giảm tỷ lệ hộ đói, nghèo.

Kết cấu hạ tầng được đầu tư xây dựng, từng bước đáp ứng yêu cầu sản xuất và đời sống nhân dân. Đến nay, tất cả các xã đều có lưới điện quốc gia, có đường

ô tô thông suốt đến trung tâm các xã, thôn; buôn trong cả hai mùa mưa, nắng. Hệ thống trường học, trạm y tế, công trình nước sạch, trạm phát thanh truyền hình, các công trình văn hóa phục vụ cho nhu cầu vui chơi, giải trí ngày càng được bổ sung, phát triển. Bộ mặt nông thôn nói chung và vùng đồng bào dân tộc thiểu số có nhiều thay đổi theo chiều hướng tích cực. Quan hệ sản xuất nông thôn được củng cố, đã hình thành các tổ chức, cộng đồng thôn buôn giúp đỡ nhau trong SXKD, QLTVR, đặc biệt các mô hình QLTVR theo cộng đồng thôn với sự quản lý và giúp đỡ của Công ty đang phát huy được tính tích cực. An ninh trật tự nông thôn và vùng đồng bào dân tộc thiểu số nhìn chung là ổn định.

Tuy nhiên, tình hình nông nghiệp, nông dân, nông thôn của các xã trên lâm phần quản lý còn nhiều khó khăn, hạn chế cơ bản quy mô sản xuất nhỏ bé, nông nghiệp phát triển chưa bền vững, chưa chủ động được vấn đề nước tưới cho nông nghiệp, sản xuất phụ thuộc nhiều thời tiết, giá cả nông sản bấp bênh. Trình độ canh tác còn thấp, chậm ứng dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật, cơ giới hóa trong nông nghiệp còn hạn chế. Trình trạng chạy theo lợi nhuận giá cả thị trường và sang nhượng đất đai, có nguy cơ gây ra bất hợp lý về cơ cấu cây trồng, sản xuất thiếu bền vững và nguy cơ thiếu đất sản xuất trong đồng bào dân tộc do sang nhượng và thu hồi đất.

Trong những năm vừa qua, đồng bào dân tộc ít người (dân tộc Châu Mạ, K'ho...) đã tham gia sản xuất lâm nghiệp cùng Công ty trong các khâu trồng rừng, chăm sóc rừng, quản lý bảo vệ rừng đã và đang tạo nguồn thu nhập đáng kể góp phần cải thiện đời sống, qua đó đã hạn chế tình trạng phá rừng làm nương rẫy, khai thác lâm sản trái phép của một bộ phận đồng bào.

Dịch vụ môi trường rừng

Toàn bộ diện tích của Công ty nằm trong hệ thống lưu vực sông Đồng Nai. Công ty hưởng lợi dịch vụ môi trường rừng từ quỹ bảo vệ phát triển rừng tỉnh Lâm Đồng.

* Tổng diện tích khoán BVR được chi trả DVMTR năm 2015 là: 18.212,18 ha; Gồm: 875 lô; 229 khoảnh; tại 24 tiểu khu: 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 435, 436, 437, 447, 448, 449.

Tổng diện tích được chi trả : **18.212,18** ha, trong đó:

+ Rừng phòng hộ : 3.667,57 ha

+ Rừng sản xuất : 14.544,61 ha

* **Số hộ được chi trả:** Tổng số hộ nhận khoán BVR được chi trả tiền DVMTR năm 2015 là: 886 hộ, trong đó:

- Hộ đồng bào dân tộc: 691 hộ; Diện tích nhận khoán: 13.892,86 ha.

- Hộ kinh: 195 hộ; Diện tích nhận khoán: 4.319,32 ha.

* **Hình thức chi trả:** Quỹ BV&PTR tỉnh Lâm Đồng chi trả tiền DVMTR hạng mục khoán BVR cho Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Bảo Lâm để Công ty trả tiền công khoán BVR trực tiếp đến từng hộ nhận khoán.

CHƯƠNG 3. MỤC TIÊU, NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1 Mục tiêu nghiên cứu

Góp phần xây dựng phương pháp tiếp cận kỹ thuật để lập đường phát thải tham chiếu (FRL) làm cơ sở tính toán lượng giảm phát thải CO₂ khi thực hiện chương trình REDD⁺.

3.2 Nội dung nghiên cứu

- i) Ước tính thay đổi diện tích rừng, tổng lượng carbon tích lũy trong rừng 5 năm trong giai đoạn 25 năm (1990 – 2015) thông qua ảnh vệ tinh kết hợp với dữ liệu ô mẫu mặt đất và mô hình sinh trắc. Tạo lập cơ sở dữ liệu để lập đường phát thải tham chiếu
- ii) Lập đường phát thải tham chiếu (FRL) theo quy mô (scope) là mất, suy thoái rừng (Emissions) và hấp thụ (Removals) CO₂ của bể chứa cây rừng phân trên mặt đất.

3.3 Phương pháp nghiên cứu

3.3.1 Phương pháp luận và tiếp cận nghiên cứu

i) Lập đường FREL hay FRL?

Theo UNFCCC có hai tiếp cận để xác định đường cơ sở khi thực hiện REDD⁺ là Forest Reference Emissions Level (FREL) và Forest Reference Level (FRL):

- FREL là mức phát thải từ suy thoái và mất rừng
- FRL là mức phát thải và hấp thụ của rừng

Nếu lập FREL thì sẽ bỏ qua lượng hấp thụ CO₂ của rừng, còn lập FRL thì rất khó để tách biệt dữ liệu giữa suy thoái rừng gây phát thải với tăng trưởng rừng để hấp thụ CO₂ với nguồn dữ liệu quá khứ hiện có, hoặc ngay cả sử dụng ảnh viễn thám.

Với ý định sử dụng ảnh vệ tinh để thu thập dữ liệu quá khứ của rừng, thì có khả năng tính được sự thay đổi bể chứa carbon theo thời gian (bao gồm hấp thụ và phát thải). Do đó đề tài lập đường phát thải tham chiếu trên cơ sở thay đổi bể chứa carbon ở hai thời điểm theo công thức của IPCC (2006) bao gồm cả phát thải và hấp thụ CO₂. Như vậy về bản chất cũng là lập đường FRL, tuy nhiên không tách biệt phát thải hoặc hấp thụ và chỉ tính sự thay đổi toàn bể chứa carbon ở các thời điểm quan sát.

ii) Phạm vi đường FRL: FRL được lập theo tiếp cận dự án, trong khu vực dự án SNV-REDD gồm 3 xã Lộc Lâm, Lộc Bắc và Lộc Bảo thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng.

iii) Quy mô của FRL: Theo IPCC (2006), rừng có 5 bể chứa carbon là trong thực vật phần trên mặt đất (AGB), dưới mặt đất (BGB), trong gỗ chết (Deadwood), trong thảm mục (Litter) và carbon hữu cơ trong đất (SOC). Nếu đường FRL tính phát thải/hấp thụ carbon từ cả 5 bể chứa thì trong tương lai thực hiện chương trình REDD⁺ cần đo tính, giám sát đồng nhất cả 5 bể chứa để báo cáo giảm phát thải. Thực tế cho thấy với nguồn lực hiện tại thì khả thi nhất nên tập trung vào đo tính giảm phát thải carbon phần trên mặt đất. Do đó đề tài tập trung tính toán phát thải và hấp thụ CO₂ chỉ cho bể chứa là trong cây gỗ phần trên mặt đất (Above ground biomass/carbon – AGB, AGC)

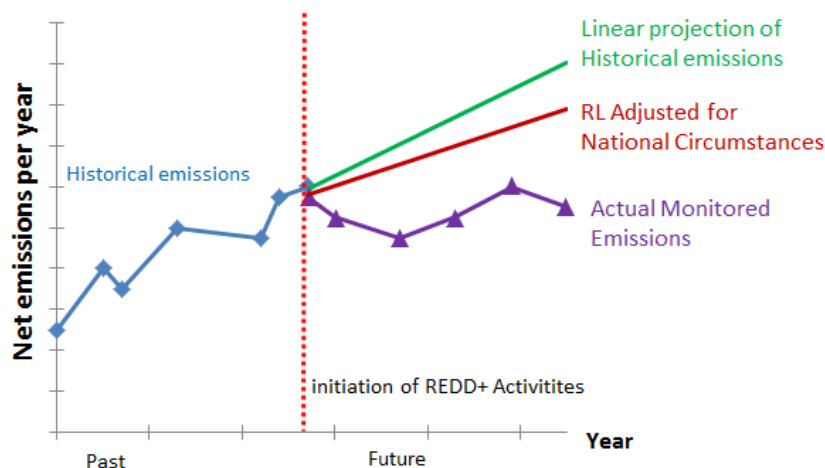
iv) Tiếp cận dữ liệu phát thải, hấp thụ carbon quá khứ: Để lập đường phát thải tham chiếu FRL, với dữ liệu tài nguyên rừng được quản lý bởi ngành lâm nghiệp trong quá khứ 25 năm thường không đồng nhất về khái niệm rừng, ranh giới hành chính, phân định đất lâm nghiệp, thiếu và đôi khi không được cập nhật; do đó đề tài sử dụng ảnh vệ tinh Landsat từ năm 1990 đến 2015 (25 năm) kết hợp với hệ thống ô mẫu bố trí ngẫu nhiên trên mặt đất để giải đoán ảnh và ước tính sinh khối, carbon rừng trên mặt đất; từ đó tính thay đổi toàn bộ bể chứa carbon trên mặt đất (hấp thụ và phát thải) trong quá khứ ở từng thời điểm cách nhau 5 năm.

v) Lập đường FRL trong quá khứ và dự báo cho tương lai:

Trên cơ sở dãy dữ liệu phát thải trong quá khứ xác định từ ảnh vệ tinh và mô hình sinh trắc cùng với dữ liệu ô mẫu mặt đất. Từ đây có 2 lựa chọn để ước tính đường tham chiếu FRL cho tương lai.

Nếu phát thải theo thời gian trong quá khứ có quy luật thì sẽ lập mô hình quan hệ FRL theo năm (đường thẳng hoặc phi tuyến), từ đó suy ra cho 5 năm đến theo mô hình. Hình 3.1 mô tả đường FRL được lập theo dạng đường thẳng.

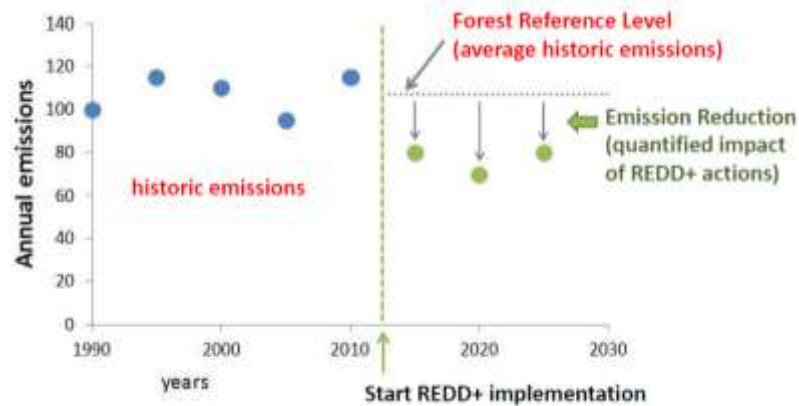
Nếu phát thải trong quá khứ là ngẫu nhiên thì FRL cho tương lai sẽ là giá trị bình quân phát thải hàng năm trong qua khứ (Hình 3.2)



Hình 3.1: Mức phát thải trong quá khứ dạng đường thẳng và FRL được mô hình hóa theo mô hình tuyến tính (UN-REDD, 2014)

Trong đó:

- Net emissions per year: Lượng phát thải ròng hàng năm
- Linear projection of Historical emissions: Đường tuyến tính của phát thải trong quá khứ
- RL Adjusted for National Circumstances: Điều chỉnh cho quốc gia
- Actual Monitored Emissions: Phát thải thực tế khi thực hiện REDD⁺



Hình 3.2: Mức phát thải trong quá khứ là ngẫu nhiên. FRL trong tương lai là giá trị trung bình (UN-REDD, 2014)

Trong đó:

- Annual emissions: Lượng phát thải hàng năm
- Historic emissions: Lượng phát thải trong quá khứ
- Forest Reference Level (average historic emissions): Mức tham chiếu rừng, bao gồm phát thải (Emissions) và hấp thụ (Removals) (Trung bình lượng phát thải trong quá khứ)
- Emission Reduction (quantified impact of REDD+ actions): Giảm phát thải hàng năm (Định lượng tác động của các hoạt động trong chương trình REDD+)
- Start REDD+ implementation: Bắt đầu thực hiện chương trình REDD+

3.3.2 Vật liệu và phương pháp nghiên cứu cụ thể

i) Dữ liệu ảnh vệ tinh sử dụng:

Ảnh vệ tinh Landsat từ năm 1990 đến 2015 có độ phân giải 30m x 30m, cảnh ảnh có kích thước 170km phương Bắc – Nam và 183km phương Đông - Tây.

Ảnh Landsat 4 - 5: Ảnh có 7 kênh mang số thứ tự từ 1 đến 7. Kênh 1, 2 và 3 thuộc vùng bức xạ nhìn thấy; kênh 4, 5 và 7 thuộc vùng hồng ngoại có độ phân

giải 30m; kênh 6 thuộc vùng hồng ngoại nhiệt có độ phân giải 120m và các kênh có kèm theo bước sóng và độ phân giải được thể hiện ở Bảng 3.1.

Bảng 3.1: Đặc điểm ảnh Landsat 4 - 5 TM⁺

Kênh	Bước sóng (micromet)	Độ phân giải (m)
Kênh 1	0,45- 0,52	30
Kênh 2	0,52-0,60	30
Kênh 3	0,63- 0,69	30
Kênh 4	0,76-0,90	30
Kênh 5	1,55-1,75	30
Kênh 6	10,4- 12,5	120
Kênh 7	2,09-2,35	30

Ảnh Landsat 7: Ảnh có 7 kênh mang số thứ tự từ 1 đến 7 và kênh toàn sắc (Panchromatic hay viết tắt là PAN). Kênh 1, 2 và 3 thuộc vùng bức xạ nhìn thấy; kênh 4, 5 và 7 thuộc vùng hồng ngoại có độ phân giải 30m; kênh 6 thuộc vùng hồng ngoại nhiệt có độ phân giải 60m và kênh Pan có độ phân giải 15m. Các kênh có kèm theo bước sóng và độ phân giải được thể hiện ở Bảng 3.2.

Bảng 3.2: Đặc điểm ảnh Landsat 7 ETM⁺

Kênh	Bước sóng (micromet)	Độ phân giải (m)
Kênh 1	0,45- 0,52	30
Kênh 2	0,53-0,61	30
Kênh 3	0,63- 0,69	30
Kênh 4	0,75-0,90	30
Kênh 5	1,55-1,75	30
Kênh 6	10,4- 12,5	60
Kênh 7	2,09-2,35	30
Pan	0,52- 0,90	15

Ảnh Landsat 8: Landsat 8 (LDCM) mang theo 2 bộ cảm: bộ thu nhận ảnh mặt đất (OLI - Operational Land Imager) và bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS - Thermal Infrared Sensor). Những bộ cảm này được thiết kế để cải thiện hiệu suất và độ tin cậy cao hơn so với các bộ cảm Landsat thế hệ trước. Landsat 8 thu nhận

ảnh với tổng số 11 kênh phổ, bao gồm 9 kênh sóng ngắn và 2 kênh nhiệt sóng dài. Hai bộ cảm này sẽ cung cấp chi tiết bề mặt Trái Đất theo mùa ở độ phân giải không gian 30 mét (ở các kênh nhìn thấy, cận hồng ngoại, và hồng ngoại sóng ngắn); 100 mét ở kênh nhiệt và 15 mét đối với kênh toàn sắc. Dải quét của LDCM giới hạn trong khoảng 185 km x 180 km. Độ cao vệ tinh đạt 705 km so với bề mặt trái đất. Bộ cảm OLI cung cấp hai kênh phổ mới, Kênh 1 dùng để quan trắc biến động chất lượng nước vùng ven bờ và Kênh 9 dùng để phát hiện các mật độ dày, mỏng của đám mây ti (có ý nghĩa đối với khí tượng học), trong khi đó bộ cảm TIRS sẽ thu thập dữ liệu ở hai kênh hồng ngoại nhiệt sóng dài (kênh 10 và 11) dùng để đo tốc độ bốc hơi nước, nhiệt độ bề mặt. Bộ cảm OLI và TIRS đã được thiết kế cải tiến để giảm thiểu tối đa nhiễu khí quyển (SNR), cho phép lượng tử hóa dữ liệu là 12 bit nên chất lượng hình ảnh tăng lên so với phiên bản trước. Các kênh có kèm theo bước sóng và độ phân giải được thể hiện ở Bảng 3.3.

Bảng 3.3: Đặc điểm ảnh Landsat 8 OLI⁺

Kênh	Bước sóng (micrometers)	Độ phân giải (meters)
Band 1 - Coastal aerosol	0,433 - 0,453	30
Band 2 - Blue	0,450 - 0,515	30
Band 3 - Green	0,525 - 0,600	30
Band 4 - Red	0,630 - 0,680	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0,845 - 0,885	30
Band 6 - SWIR 1	1,560 - 1,660	30
Band 7 - SWIR 2	2,100 - 2,300	30
Band 8 - Panchromatic	0,500 - 0,680	15
Band 9 - Cirrus	1,360 - 1,390	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIR) 1	10,3 - 11,3	100
Band 11 - Thermal Infrared (TIR) 2	11,5 - 12,5	100

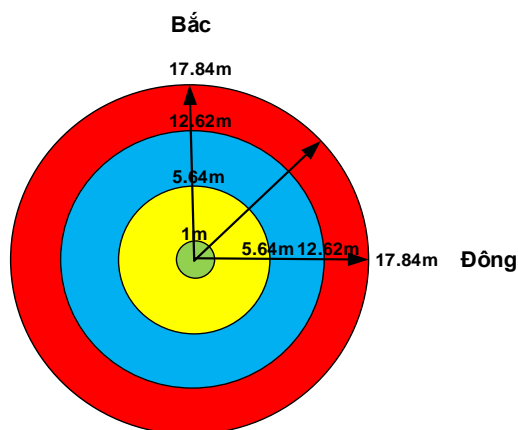
Cùng với các các bản đồ cơ sở như địa hình, sông suối, hành chính khu vực 3 xã Lộc Bắc, Lộc Bảo, Lộc Lâm, huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng.

Các phần mềm xử lý ảnh ENVI 4.7, phần mềm GIS: ArcGIS, Mapinfo và phần mềm thống kê Statgraphics Centurion Plus.

ii) Thu thập dữ liệu ô mẫu mặt đất và tính toán trữ lượng, sinh khối, carbon phần trên mặt đất:

Lập ô mẫu tròn phân tầng theo cấp kính, được bố trí ngẫu nhiên theo trạng thái, kiểu rừng trong chương trình của ArcGIS theo phương pháp của Bảo Huy và cộng sự (2012 - 2014) [9]. Bản đồ phân bố ô mẫu ngẫu nhiên ở Hình 3.4.

Trong ô mẫu chính được chia thành các ô mẫu phụ theo nguyên tắc cấp kính càng nhiều cây như các cấp kính nhỏ, tái sinh thì diện tích ô mẫu phụ sẽ nhỏ và diện tích ô Hình 3.3

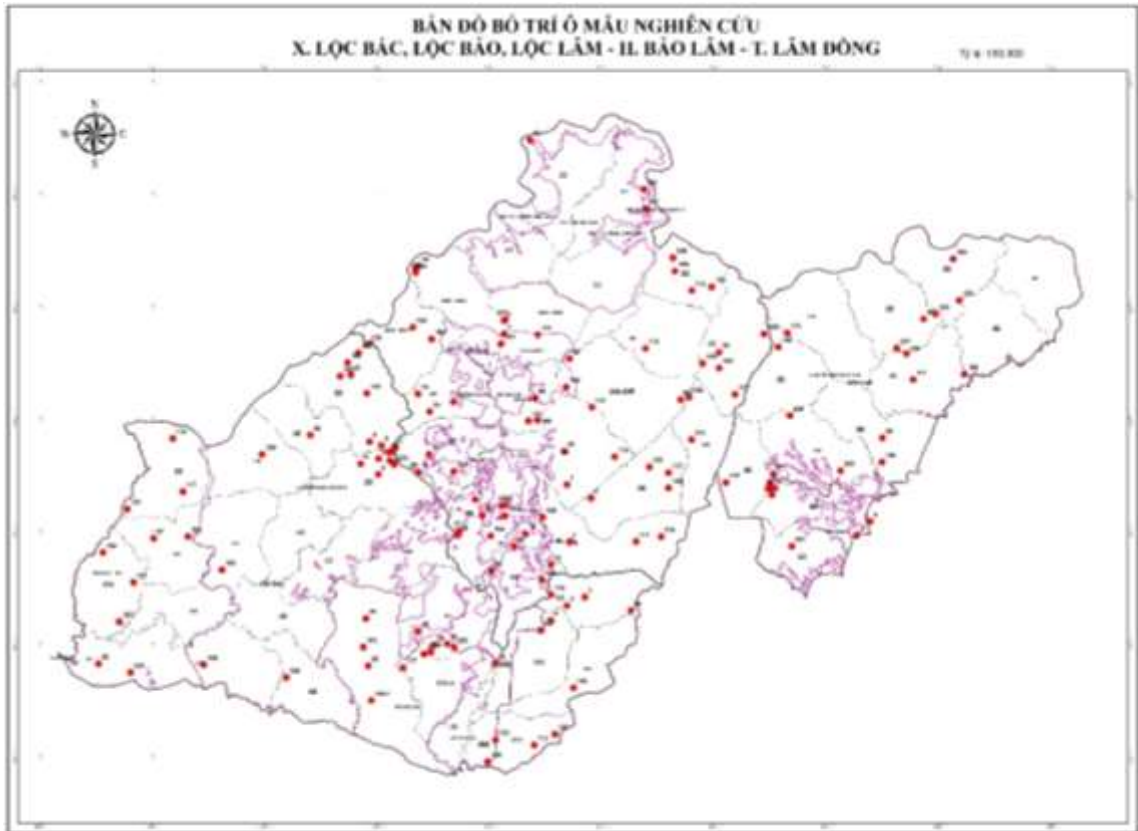


Hình 3.3: Ô mẫu tròn phân tầng theo cấp kính (Bảo Huy và cộng sự, 2012 - 2014)

- Cách đo đếm theo từng vùng bán kính:
 - ✓ Ô tròn có bán kính từ 0 – 17,84 m tương ứng với diện tích 1.000 m² đo các cây gỗ có đường kính ngang ngực (DBH) \geq 42 cm;
 - ✓ Ô phụ tròn có bán kính từ 0 – 12,62 m tương ứng với diện tích 500 m² đo các cây gỗ có 42 cm \geq DBH \geq 22 cm;
 - ✓ Ô phụ tròn có bán kính từ 0 – 5,64 m tương ứng với diện tích 100 m² đo các cây gỗ có 22 cm \geq DBH \geq 6 cm;
 - ✓ Ô phụ tròn có bán kính từ 0 – 1,0 m tương ứng với diện tích 3,14 m² đo các cây gỗ tái sinh có DBH < 6 cm, chiều cao cây H \geq 1,3 m;
- Dữ liệu đo trong ô: Loài, DBH (cm), chiều cao (m).

- Đối với mỗi hướng bán kính, nếu trên sườn dốc thì cần đo độ dốc bằng máy Clinometer. Xác định độ dốc và tra bảng điều chỉnh chiều dài, từ đó dùng thước cuộn đo chiều dài cần cộng thêm và di chuyển mốc của bán kính dài thêm ứng với chiều dài cần bổ sung. Một bảng tính sẵn chiều dài cộng thêm trên đất dốc so với bán kính ô mẫu đã được lập sẵn. Chiều dài trên đất dốc được tính theo công thức: Bán kính ô mẫu trên dốc = $\frac{\text{Bán kính ô mẫu}}{\text{Cos}(\alpha)}$, trong đó α là độ dốc đo từ máy Clinometer.

Kế thừa dữ liệu 122 ô mẫu của nhóm tư vấn FREM (Bộ môn Quản lý tài nguyên rừng và Môi trường - Khoa Nông lâm nghiệp – Trường Đại học Tây Nguyên) trong chương trình tư vấn cho dự án SNV – REDD+ tại khu vực 3 xã Lộc Lâm, Lộc Bắc, Lộc Bảo thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng từ năm 2010 đến 2012. Cùng với bổ sung thêm 19 ô mẫu của tác giả được đo đếm cùng phương pháp và tiến hành trên cùng địa phương. Tổng số có 141 ô mẫu.



Hình 3.4: Phân bố các ô mẫu ngẫu nhiên tính carbon trên mặt đất vùng nghiên cứu

Các ô mẫu sẽ được tập hợp theo từng đối tượng (kiểu rừng, trạng thái, cấp trữ lượng (M)) để tính toán mật độ N (câyha^{-1}), trữ lượng rừng (M, m^3ha^{-1}), tổng sinh khối/carbon, CO_2 tương đương trong cây rừng phần trên mặt đất rừng (TAGB, TAGC, TCO_2).

Dựa vào mô hình sinh trắc để ước tính trữ lượng, sinh khối, carbon cho từng ô mẫu. Sử dụng các mô hình của Bảo Huy và cộng sự (2012) [11] cho rừng lá rộng thường xanh, mô hình của Brown (1989) [15] cho rừng thông, và của UN-REDD (2012) [34] cho rừng lồ ô.

❖ Các mô hình ước tính sinh khối và carbon rừng được sử dụng:

- *Rừng lá rộng thường xanh*: Mô hình ước tính sinh khối cây rừng phần trên mặt đất (Above ground biomass – AGB):

$$\text{AGB (kg/tree)} = \text{Exp}(-2.23927 + 2.49596 * \ln(\text{DBH_cm})) \quad (3.1)$$

- *Rừng lồ ô*: Mô hình ước tính sinh khối trên mặt đất cây lồ ô:

$$AGBB \text{ kg/cây} = \text{Exp}(-1.69181 + 2.0931 * \ln(\text{DBH_cm})) \quad (3.2)$$

- *Rừng thông 3 lá*: Mô hình ước tính sinh khối trên mặt đất

$$\text{AGB (kg/cây)} = \text{Exp}(-1.170 + 2.119 * \ln(\text{DBH})) \quad (3.3)$$

❖ Các mô hình ước tính trữ lượng rừng:

Thiết lập mô hình tương quan H/DBH theo các dạng:

$$\text{Power: } H = 1.3 + a * \text{DBH}^b \quad (3.4)$$

$$\text{Ratkowsky and Giles (1990): } H = 1.3 + a * \exp(-b / (\text{DBH} + c)) \quad (3.5)$$

$$\text{Weibull in (Yang et al., 1978): } H = 1.3 + a * (1 - \exp(-b * \text{DBH}^c)) \quad (3.6)$$

Sử dụng phương pháp phi tuyến tính Marquardt có trọng số để ước tính và chọn lựa được mô hình tối ưu tương quan H/DBH. Kết quả có được mô hình theo Weibull:

$$H(m) = 1.3 + 28.8081 * (1 - \exp(-0.0371111 * \text{DBH}^{1.04268})) \quad (3.7)$$

$$\text{Với } R_{adj}^2 = 72,8895\% \quad N = 440 \quad \text{Weight} = 1 / \text{DBH}^{0.6}$$

Sử dụng kết hợp mô hình H/DBH lựa chọn và mô hình thể tích cây rừng của Bảo Huy và cộng sự (2014) để tính thể tích cây (V , m^3) và quy ra trữ lượng ô mẫu (M , m^3ha^{-1}):

$$V_m3 = \text{Exp}(-9.802 + 1.8829 * \ln(\text{DBH_cm}) + 1.06268 * \ln(H_m)) \quad (3.8)$$

Carbon và CO_2 được chuyển đổi từ sinh khối theo IPCC (2006):

- Carbon = $0.47 * \text{sinh khối}$
- CO_2 tương đương = Carbon * 3.67



Hình 3.5: Thu thập số liệu ô mẫu phân tầng tại hiện trường

iii) Giải đoán ảnh Landsat để phân loại theo cấp trữ lượng, kiểu rừng theo thời gian làm cơ sở xác định tổng CO₂ tích lũy ở từng thời điểm trong 25 năm quá khứ:

Để xác định phát thải hay hấp thụ CO₂ từ rừng theo thời gian thì cần biết thay đổi diện tích kiểu rừng, trạng thái, cấp trữ lượng (M), từ đó dựa vào mô hình sinh trắc ước tính được tổng lượng CO₂ tích lũy tại mỗi thời điểm trong quá khứ.

Đề tài thử nghiệm áp dụng ảnh Landsat từ 1990 đến 2015 và giải đoán ảnh theo hai hướng:

- Xác định thay đổi diện tích của từng kiểu rừng qua các thời điểm
- Xác định thay đổi cấp M rừng qua các thời điểm

Các bước tiến hành như sau:

- Giải đoán bằng mắt ảnh ở tất cả thời điểm để phân chia ảnh thành:
 - o Có rừng
 - o Đất không có rừng (Cây công nghiệp, nông nghiệp, dân cư, giao thông, mặt nước, ...)
- Giải đoán có giám định để phân chia nơi có rừng thành các kiểu rừng, hoặc cấp M ở các thời điểm các nhau 5 năm từ 1990 – 2015:

Từ 141 ô mẫu, chọn ngẫu nhiên 200 lần để lấy 70% ứng với 99 ô mẫu dùng làm điểm giải đoán kiểu rừng, cấp M và 30% ứng với 42 ô mẫu còn lại dùng để đánh giá kết quả phân loại từ ảnh. Việc chọn ngẫu nhiên ô mẫu để giải đoán ảnh và đánh giá được thực hiện trong chương trình mã nguồn mở để bảo đảm tính khách quan của sử dụng ảnh. Cơ sở dữ liệu ô mẫu chọn ngẫu nhiên dùng phân loại ảnh và đánh giá ghi trong phụ lục 2 và 3.

Chương trình R để chọn ngẫu nhiên 200 lần 70% ô mẫu dùng phân loại ảnh và 30% dùng để thẩm định kết quả:

```
for(i in 1:200){
  t_va <- t[sample(nrow(t), length(t$Mm3)*0.3), ]
  t_an <- t[!t$Id %in% t_va$Id, ]
}
```

```
write.table(t_an, file="t_an.txt", sep="\t",dec=".", row.names= FALSE)
write.table(t_va, file="t_va.txt", sep="\t",dec=".", row.names= FALSE)
```

t_va là file chứa 30% ô mẫu dùng thẩm định; t_an là file chứa 70% ô mẫu dùng để phân loại ảnh

Phân loại ảnh thành các kiểu rừng ở các thời điểm quá khứ:

- o Kiểu rừng gỗ (Gồm rừng lá rộng, hỗn giao lá rộng lá kim, rừng trồng thông)
- o Kiểu rừng lồ ô thuần
- o Kiểu rừng tre gỗ + lồ ô

Như vậy dữ liệu giải đoán lúc này mã theo kiểu rừng: Gỗ = 1, hỗn giao gỗ - lồ ô = 2, lồ ô thuần = 3, không rừng = 4. Từ đó giải đoán thành kiểu rừng theo phương pháp có giám định với 70% ô mẫu dùng giải đoán.

Tương tự tiến hành phân loại ảnh theo cấp trữ lượng rừng ở các thời điểm quá khứ: Giải đoán ảnh có giám định để phân chia nơi có rừng thành các cấp M, sử dụng 70% ô mẫu làm điểm giải đoán theo mã hóa cấp M như sau:

- Cấp M cho rừng gỗ: 1, 2, 3 và 4 (Lần lượt theo cấp M của thông tư 34 là $>300\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, 201 - 300, 101 - 200, 10 - $100\text{m}^3\text{ha}^{-1}$)
- Cấp M trung bình cho rừng gỗ - lồ ô = 5
- Cấp M cho rừng lồ ô = 6

Như vậy phân thành 6 cấp M

Xác định giá trị t khi so sánh sự khác biệt giữa các cặp cấp M, các kiểu rừng đã phân loại trên ảnh trong ENVI. Với $t > 1,96$ thì có sự khác biệt ở mức tin cậy 95%, $t > 1,64$ thì mức tin cậy có sự khác biệt là 90%

Sử dụng 30% ô mẫu rút ngẫu nhiên 200 lần độc lập, đánh giá kết quả phân loại ảnh theo hai hướng là kiểu rừng và cấp M thông qua chỉ số Kappa

Giá trị Kapa	Mức độ chặt chẽ
Dưới 0,00	Thấp
0,00–0,20	Nhẹ
0,21–0,40	Vừa
0,41–0,60	Tương đối chặt
0,61–0,80	Chặt
0,81–1,00	Rất chặt

(Nguồn: Navulur, 2007)

So sánh kết quả độ tin cậy và chỉ số Kapa để chọn lựa việc phân loại ảnh theo kiểu rừng hay cấp M

iv) Thiết lập đường phát thải tham chiếu (FRL)

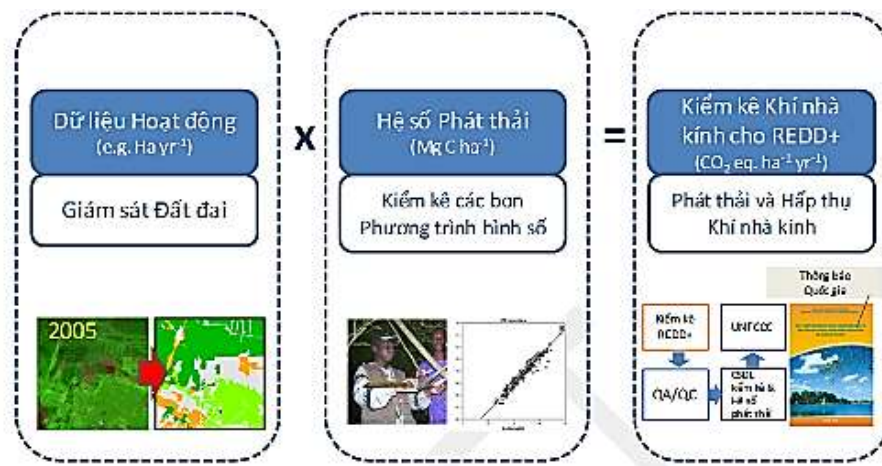
- Từ tất cả 141 ô mẫu, phân loại thành 4 loại kiểu rừng (gỗ, hỗn giao gỗ + lồ ô, lồ ô thuần, không rừng)
- Mỗi kiểu rừng tính trung bình $\text{CO}_2\text{ha}^{-1}$, trong đó rừng gỗ thì là CO_2 của gỗ, gỗ + lồ ô thì là của cả hai CO_2 gỗ + lồ ô lấy trung bình; cuối cùng lồ ô là CO_2 của nó tính trung bình
- Mỗi thời điểm dựa vào diện tích kiểu rừng * CO_2 trung bình/ha = CO_2 tổng/năm
- Tính toán thay đổi CO_2 rừng tích lũy theo định kỳ 5 năm trong thời gian 25 năm quá khứ:

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

$$\Delta C_B = \frac{C_{t_2} - C_{t_1}}{t_2 - t_1} \quad (3.9)$$

- Trong đó:
- ΔC_B : Thay đổi sinh khối, carbon, CO_2 rừng trên mặt đất
 - 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 2

Để tính được CO_2 rừng phát thải (Forest Carbon Emissions) hoặc CO_2 rừng hấp thụ (forest carbon absorption), khối lượng carbon ở hai thời điểm: Trên cơ sở carbon tính toán, hấp thụ hoặc phát thải CO_2 từ rừng được tính toán kết hợp với thay đổi diện tích rừng, trạng thái rừng ở hai thời điểm điều tra (Hình 3.6)



Hình 3.6: Tiếp cận của IPCC (2006) để tính toán phát thải khí nhà kính trong lâm nghiệp

(Nguồn: Tài liệu về MRV của chương trình UN-REDD Việt Nam: Activity data: Dữ liệu thay đổi diện tích rừng (ha/năm); Emission factor: Nhân tố phát thải dựa vào điều tra carbon (Carbon inventory) và hàm sinh học (Allometric equations) (tấn/ha); REDD+ GHG: Phát thải khí nhà kính từ REDD+ (GHG emissions and removals)

- Từ các giá trị ΔC_B thay đổi CO_2 ở thời điểm cách nhau 5 năm trong 25 năm, tiến hành khảo sát quy luật biến đổi lượng phát thải và hấp thụ theo thời gian:
 - o Nếu phát thải không có quy luật (ngẫu nhiên) thì FRL được tính trung bình phát thải trong quá khứ/năm
 - o Nếu phát thải có quy luật thì tiến hành mô phỏng theo dạng hàm thích hợp theo thời gian (Năm) và lựa chọn hàm tối ưu. Sử dụng phương pháp phi tuyến tính của Marquardt có trọng số là $Weight = 1/Nam^a$, trong đó a biến động từ - 20 đến + 20. Mô hình tối ưu có $R_{adj}^{2\%}$ cao nhất, sai số bé nhất, biến động sai số phù hợp.

CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1 Ước tính thay đổi diện tích rừng, tổng lượng carbon tích lũy trong từng 5 năm trong giai đoạn 25 năm (1990 – 2015). Tạo lập cơ sở dữ liệu để lập đường phát thải tham chiếu

Đề tài thử nghiệm ứng dụng ảnh vệ tinh Landsat kết hợp với dữ liệu ô mẫu mặt đất để giải đoán ảnh theo kiểu rừng hoặc cấp trữ lượng, từ đó lập bản đồ và lượng CO₂ phát thải cho từng thời điểm giải đoán ảnh.

4.1.1 Hiệu chỉnh hình học ảnh, phân loại thành vùng có rừng và không có rừng.

a) Hiệu chỉnh hình học ảnh

Mặc dù có sự hiệu chỉnh ảnh ở các trạm thu trên mặt đất, dữ liệu ảnh vệ tinh vẫn cần được hiệu chỉnh thêm bởi người sử dụng. Hiệu chỉnh hình học ảnh thông qua việc đăng ký tọa độ cho ảnh là một trong những phần việc của tiền xử lý ảnh. Việc đăng ký ảnh có thể sử dụng một số cách khác nhau như:

- i) Đăng ký ảnh với một ảnh khác đã được hiệu chỉnh (image to image)
- ii) Có thể tham chiếu với tọa độ thực được thu thập trực tiếp trên mặt đất (image to map)

Trong nghiên cứu này, ảnh Landsat đã được hiệu chỉnh hình học dựa trên các điểm khống chế thu thập được trên mặt đất (GCP- Ground control points).

Để hiệu chỉnh ảnh cho vùng 3 xã thuộc huyện Bảo Lâm tỉnh Lâm Đồng, thu thập các điểm khống chế bằng GPS cầm tay. Ảnh đã được đăng ký theo phép chiếu UTM zone 48N, với ellip thực dụng là WGS 84. Phương pháp “nearest neighbor – người láng giềng gần nhất” được áp dụng với độ phân giải không gian 30 x 30m để bảo toàn tính nguyên vẹn của các giá trị pixel. Hiệu chỉnh hình học ảnh giúp cho dữ liệu ảnh vệ tinh có thể tích hợp được với các loại dữ liệu không gian khác ở một hệ thống tọa độ chung. Sai số hiệu chỉnh ảnh không nên vượt quá 0.5 pixel. Sau khi hiệu chỉnh hình học ta tiến hành dùng ranh giới của 3 xã thuộc khu vực nghiên cứu để cắt ranh giới khu vực nghiên cứu như hình Hình 4.1.

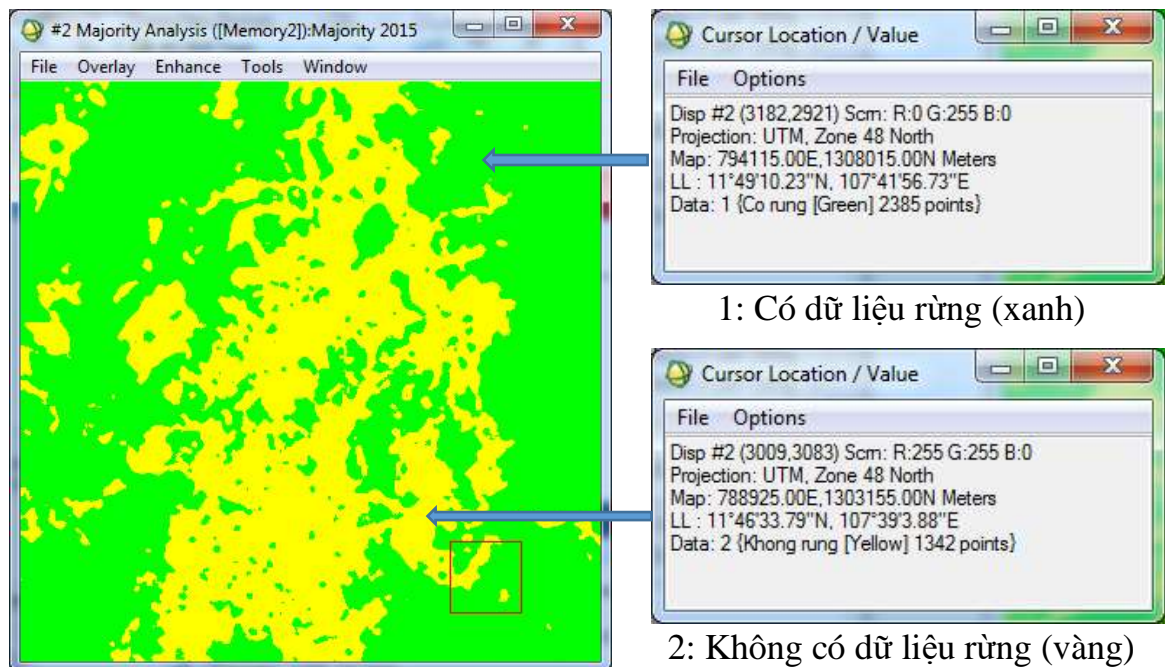


Hình 4.1: Ranh giới vùng nghiên cứu đã được cắt trên ảnh Landsat

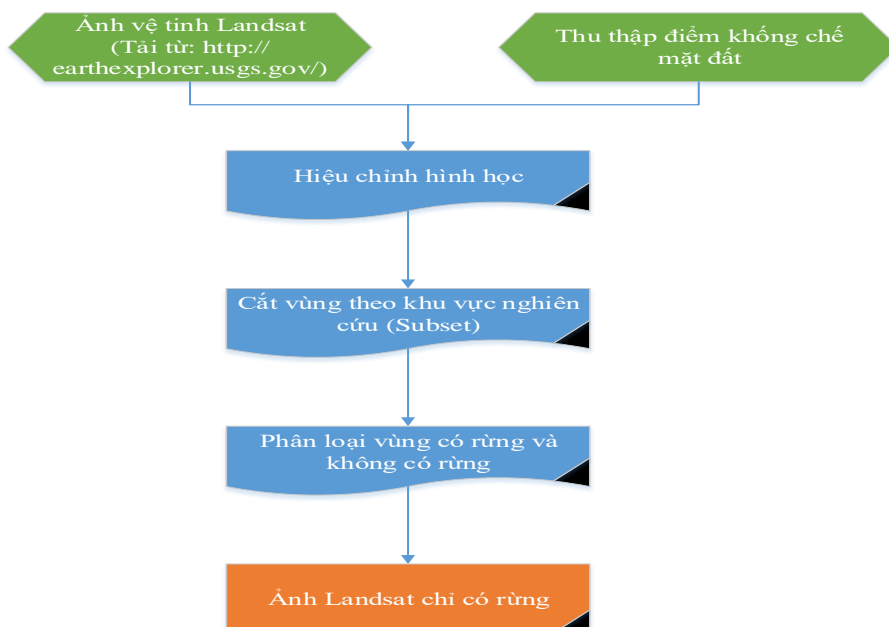
b) Phân loại vùng có rừng và không có rừng

Một ảnh thường bao phủ một vùng rất rộng với các thảm phủ khác nhau thể hiện khách quan trên ảnh chụp. Quan sát trên ảnh có thể nhận thấy khá rõ vùng có rừng và không có rừng. Vì đối tượng quan tâm là rừng, do vậy các thảm phủ không phải là rừng như đất nông nghiệp, đất trống, trảng cỏ cây bụi, mặt nước đều được gộp thành diện tích không có rừng. Trên ảnh tạo các vùng quan tâm (ROI – Region of Interest) như các vùng mẫu cho 2 đối tượng là có rừng và không có rừng. Kiểm tra mức độ phân biệt giữa các mẫu dựa vào tiêu chí thống kê của Jeffries-Matusita và Transformed Divergence. Mức độ phân biệt thay đổi trong phạm vi từ 0 đến 2. Nếu giá trị phân biệt này $\geq 1,9$ chỉ ra độ phân biệt rất rõ. Những cặp ROI thấp hơn giá trị này nên cải thiện bằng cách chọn lại vùng mẫu để tăng cường độ chính xác khi phân loại. Trường hợp các cặp ROI có mức độ phân biệt quá thấp (<1) thì nên gộp lại với nhau để tránh hiện tượng phân loại nhầm. Giá trị 2 biểu thị cho mức độ phân biệt hoàn toàn. Dựa trên các vùng mẫu này, sử dụng phương pháp phân loại có kiểm định Maximum Likelihood để phân thành 2 loại thảm phủ không rừng và có rừng vào trên ảnh đã được hiệu chỉnh hình học. Kết quả phân loại mặc định theo thứ tự có rừng mang giá trị 1, trong khi không có rừng mang giá trị 2. Dựa trên ảnh đã được phân loại, tiến hành tạo mặt nạ cho vùng có rừng. Dựa trên mặt nạ có rừng này, cắt ảnh (Subset) theo vùng có rừng để nghiên cứu. Kết quả sẽ cho

được ảnh chỉ có vùng có rừng theo Hình 4.2 và sơ đồ mô phỏng tiến trình thực hiện theo Hình 4.3:



Hình 4.2: Mặt nạ lớp dữ liệu (1: Có dữ liệu rừng; 2: Không có dữ liệu rừng)



Hình 4.3: Sơ đồ mô phỏng tiến trình thực hiện phân loại ảnh thành có rừng và không rừng

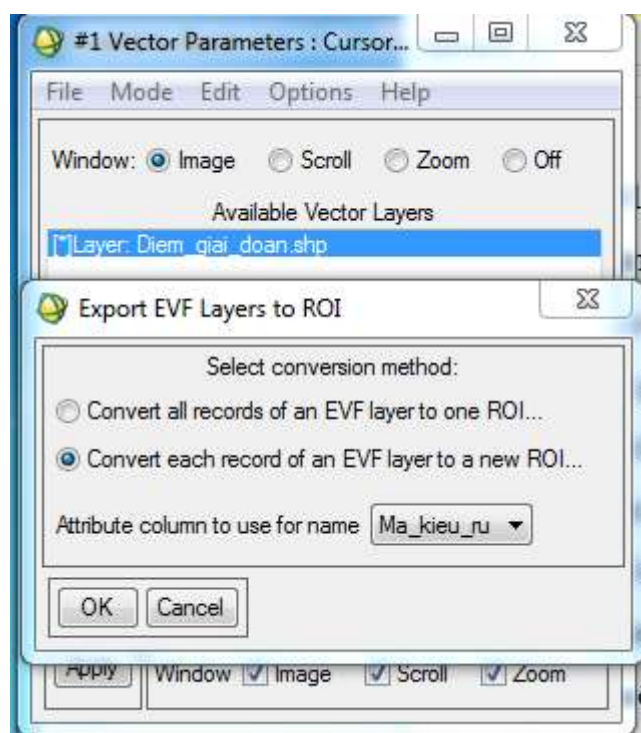
4.1.2 Phân loại ảnh vệ tinh Landsat bằng phương pháp có giám định trên cơ sở phân chia theo kiểu rừng

a) Phân chia kiểu rừng.

Kiểu rừng được chia thành các kiểu: lá rộng thường xanh bao gồm rừng lá rộng thường xanh, rừng thông trồng và cả rừng thông tự nhiên; rừng hỗn giao gỗ - lồ ô là những kiểu rừng mà trong đó có xen cây gỗ và lồ ô hoặc tre nứa, luồng, ...; lồ ô thuần và không rừng ở đây là các thảm cây bụi, cây bụi có xen cây gỗ nhỏ, trắng cỏ, ...

b) Phân loại ảnh có giám định theo kiểu rừng.

Với 141 ô mẫu đã thu thập trên thực địa phân chia theo các kiểu rừng, tiến hành tạo thành file shape trong ArcGIS, trong đó sử dụng 99 ô làm ô giải đoán ảnh, còn lại 42 ô làm ô kiểm định. Việc lựa chọn 70% tổng số ô mẫu làm ô giải đoán, 30% còn lại làm ô kiểm định được chạy trong phần mềm mã nguồn mở R, và chạy ngẫu nhiên 200 lần lặp, từ đó chọn ra các ô mẫu để giải đoán và kiểm định một cách khách quan.



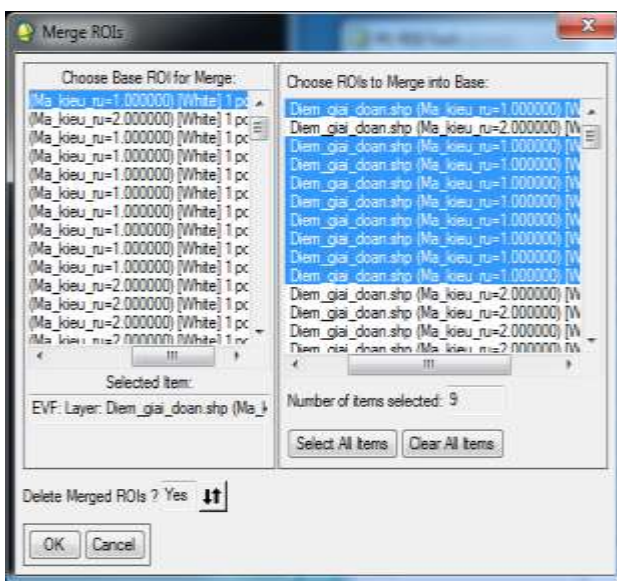
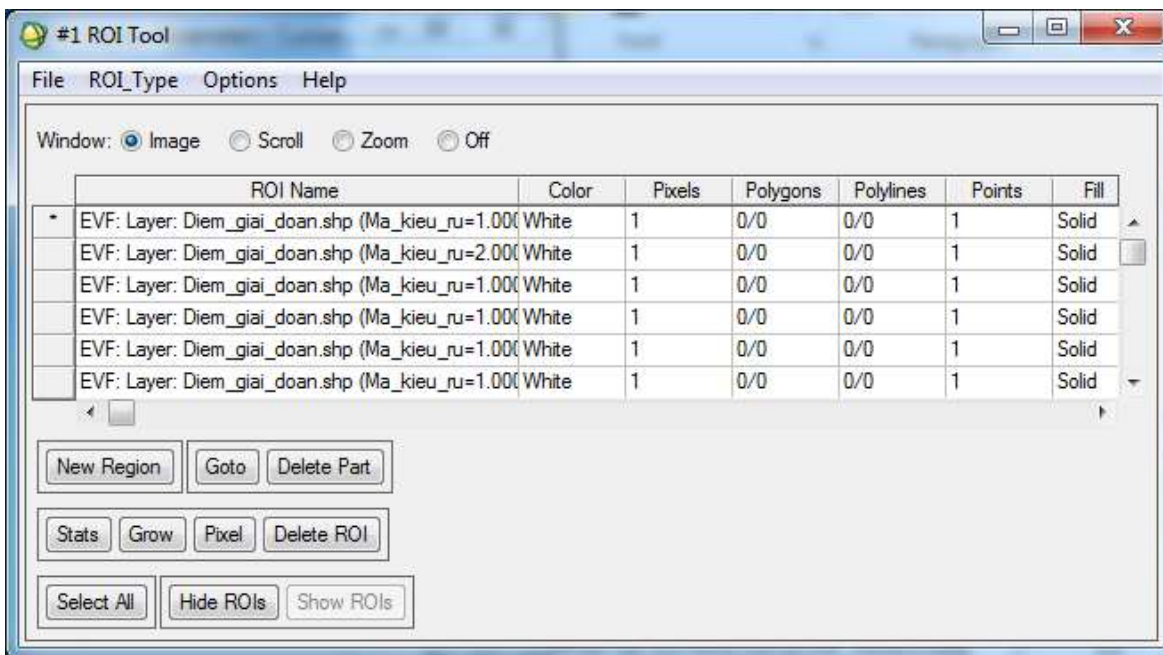
Sử dụng thuật toán Maximum likelihood để phân thành các cấp sinh khối cho từng kiểu ô.

Các bước tiến hành:

Sử dụng file ảnh đã cắt vùng có rừng để phân loại thành 4 loại kiểu rừng (Rừng thường xanh: 1, rừng hỗn giao gỗ - lồ ô: 2, rừng lồ ô thuần: 3, không rừng: 4) trong Envi. Đối với mỗi dạng ô chồng file tọa độ (dạng file shape) phân loại trong ArcGIS lên ảnh và chuyển thành file ROI. Trong cửa sổ Vector Parametes

vào File/Export Active Layers to ROI, tại cửa sổ Export EVF Layers to ROI, Chọn Convert each record of an EVF layer to a new ROI và trong Attribute column to use for name ta chọn trường dùng để phân cấp (Ma kieu rung).

Mở file ROI vừa tạo để gộp các ROI có cùng cấp đã phân chia: Vào Overlay/Region Of Interest. Trong hộp thoại ROI tool vào Options chọn Merge ROI để tiến hành gộp các ROI là kiểu rừng giống nhau thành 1 ROI.



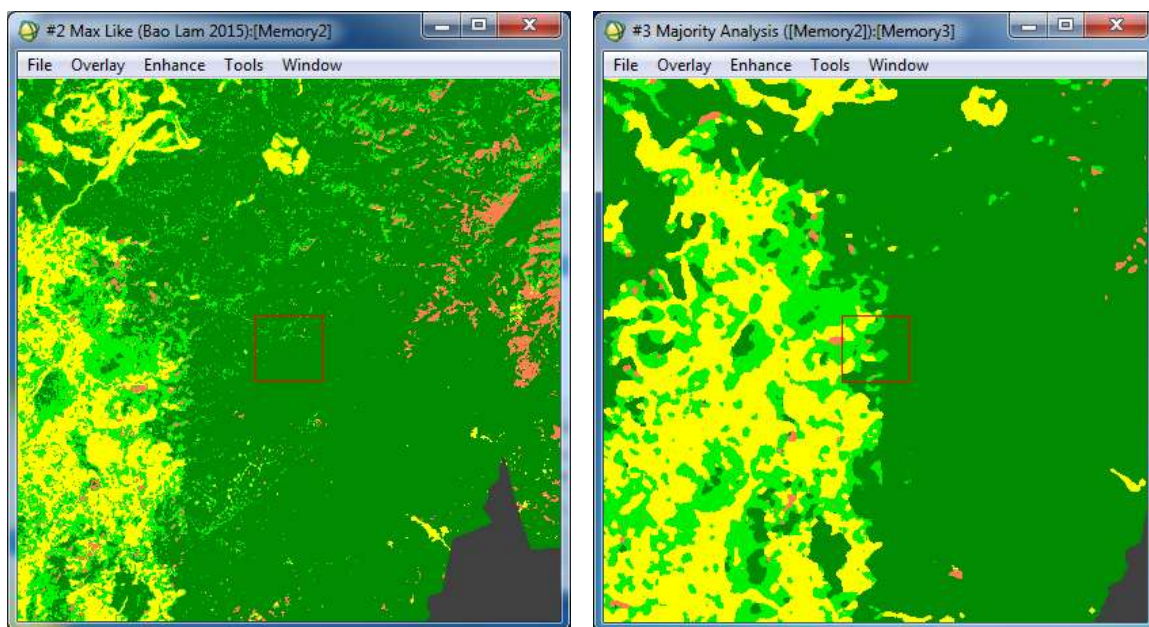
Gộp các ROI có cùng cấp và lưu các file ROI.

Sau khi kết thúc chọn vùng mẫu sử dụng công cụ Comput ROI separability để kiểm tra thống kê mức độ phân biệt giữa các vùng mẫu này.

Tiến hành phân loại giám định thành các kiểu rừng. Sử dụng chức năng phân loại trong Envi:

Classification/Supervisor/ Maximum Likelihood. Chọn ảnh, chọn mặt nạ có rừng và chọn ROI để phân loại. Sau khi có kết quả phân loại ta tiến hành làm mịn ảnh

bằng cách trên thanh Menu của phần mềm ENVI ta vào Classification/Post Classification/Majority/Minority Analysis, chọn Kernel Size là 5x5 hoặc 7x7. Kết quả phân loại được các kiểu rừng trên ảnh Landsat thể hiện ở Hình 4.4.



a. Ảnh trước khi làm mịn

b. Ảnh sau khi làm mịn (Kernel size 5x5)

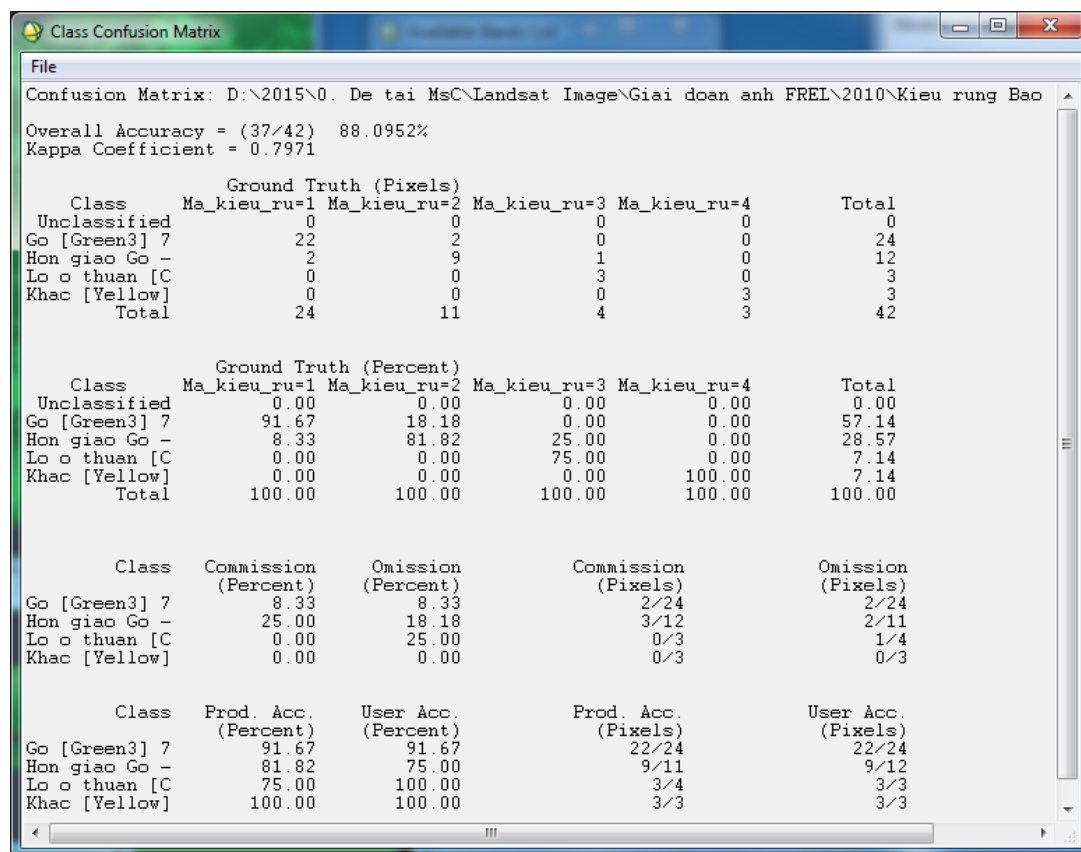
Hình 4.4: Ảnh Landsat phân loại thành các kiểu rừng khác nhau

c) Đánh giá độ tin cậy của phân loại ảnh theo kiểu rừng:

Kết quả phân loại cần được kiểm tra trước khi tiến hành các bước phân tích ảnh và biên tập bản đồ. Chức năng lập ma trận sai số của ENVI cho phép so sánh ảnh đã được phân loại với kết quả thực địa hoặc các vùng mẫu độc lập; với mục đích đánh giá độ chính xác kết quả phân loại.

Sử dụng 42 ô mẫu đã được chọn ngẫu nhiên sau 200 lần lặp lại trong phần mềm mã nguồn mở R độc lập không tham gia phân loại ảnh để kiểm định kết quả phân loại. Kết quả đánh giá dựa trên các tiêu chí thống kê độ chính xác toàn bộ (Overall accuracy), độ chính xác của người sản xuất (Producer accuracy) và độ chính xác của người sử dụng (User accuracy). Vì nghiên cứu này sử dụng các ô mẫu được thu thập từ năm 2010 đến 2015 nên trong quá trình giải đoán, để mang

tính khách quan trong quá trình đánh giá đề tài sẽ sử dụng ảnh Landsat năm 2010 để đánh giá độ tin cậy của phân loại ảnh theo kiểu rừng.



Hình 4.5: Ma trận đánh giá độ chính xác phân loại ảnh theo kiểu rừng năm 2010

Bảng 4.1: Đánh giá kết quả phân loại ảnh Landsat theo kiểu rừng dựa vào 30% ô mẫu chọn ngẫu nhiên 200 lần, không tham gia phân loại

Kiểu rừng	Gỗ	Hỗn giao	Lò ô	Khác	Tổng	Độ chính xác người sử dụng (%)
Gỗ	22	2	0	0	24	91
Hỗn giao	2	9	1	0	12	75
Lò ô	0	0	3	0	3	100
Khác	0	0	0	3	3	100
Tổng	24	11	4	3	Độ chính xác tổng thể = 88,095 %	
Độ chính xác nhà sản xuất (%)	91	82	75	100	Chỉ số Kappa = 0,7971	

Qua kết quả đánh giá ở Hình 4.5 và Bảng 4.1 cho thấy độ tin cậy của việc phân loại kiểu rừng theo phương pháp phân loại có giám định có độ chính xác toàn cục là 88,095% và nhìn vào đây cho thấy chỉ số Kappa = 0,7971 là mức có quan hệ chặt. Tuy có độ chính xác toàn cục cao và chỉ số Kappa ở mức quan hệ chặt nhưng vì một số kiểu rừng có dữ liệu đánh giá còn ít nên khi điểm kiểm định thì có thể có độ chính xác của nhà sản xuất là cao, đạt đến 100%. Vì vậy để có thể đánh giá một cách khách quan hơn trong quá trình giải đoán, trong tương lai có thể bổ sung thêm số lượng ô mẫu đánh giá, lúc đó số lượng ô giải đoán và ô kiểm định ở các đối tượng sẽ nhiều hơn và có thể đánh giá sẽ có độ chính xác hơn, đây cũng là một hạn chế trong quá trình làm đề tài.

4.1.3 Phân loại ảnh Landsat theo cấp trữ lượng sử dụng phương pháp có giám định

Trữ lượng có quan hệ chặt chẽ với sinh khối, carbon rừng, đồng thời Việt Nam hiện nay trong điều tra tài nguyên rừng, chỉ tiêu đo tính chủ yếu là trữ lượng gỗ. Do đó phân loại rừng trên ảnh theo cấp trữ lượng là cơ sở để chuyển đổi sang sinh khối và carbon rừng phân trên mặt đất.

Dựa vào thông tư 34/2009TT-BNNPTNT về quy định tiêu chí xác định và phân loại rừng, phân chia rừng theo trữ lượng, đề tài chia theo 4 cấp trữ lượng tương ứng cấp 1: là rừng rất giàu với trữ lượng cây đứng > 300m³ha⁻¹, cấp: rừng giàu với trữ lượng cây đứng từ 201 – 300m³ha⁻¹, cấp 3 rừng trung bình với trữ lượng cây đứng từ 101 – 200 m³ha⁻¹, cấp 4: rừng nghèo với trữ lượng cây đứng từ 10 – 100 m³ha⁻¹. Và đối với rừng có xen lộ ô thì phân cấp 5: rừng hỗn giao gỗ - lồ ô, và cấp 6: Rừng lồ ô thuần.

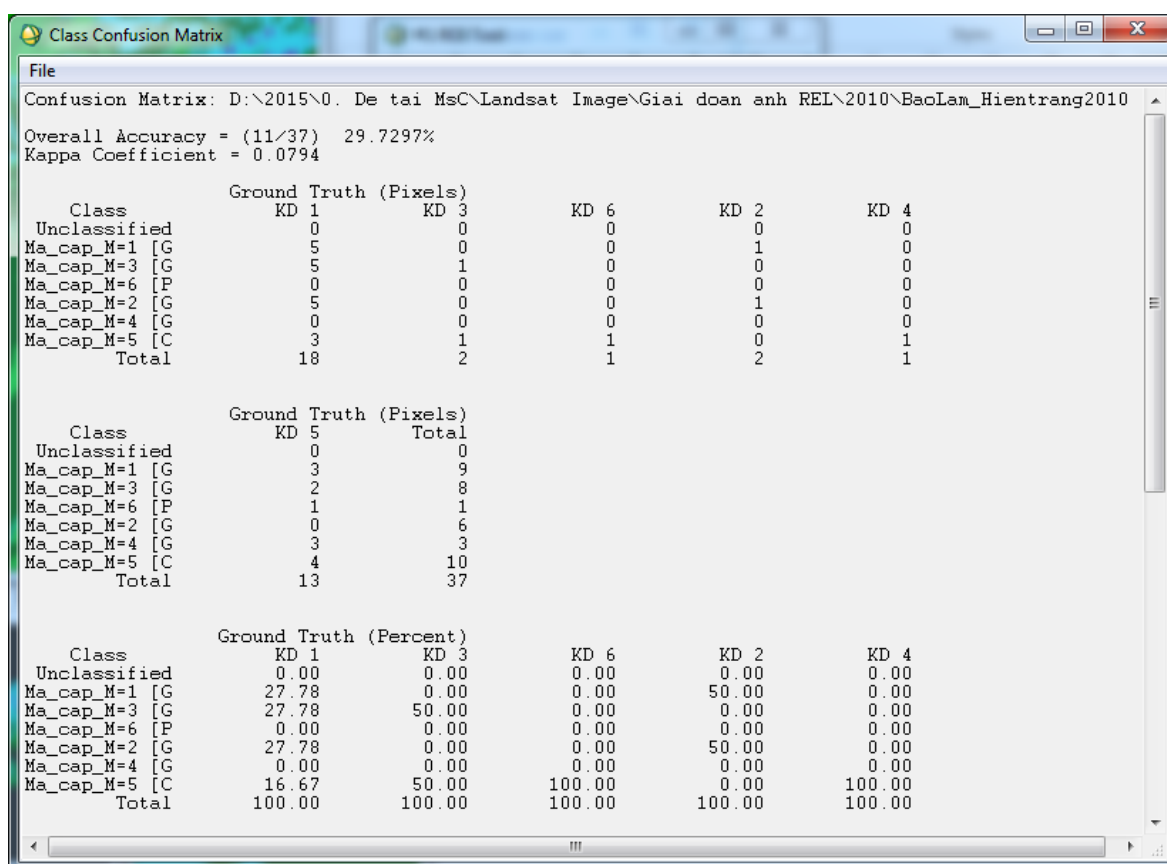
Bảng 4.2: Phân cấp trữ lượng M và mã hóa để giải đoán ảnh vệ tinh

Stt	Mã cấp M	Trữ lượng
1	1	Trữ lượng cây đứng > 300 m ³ ha ⁻¹
2	2	Trữ lượng cây đứng từ 201 – 300 m ³ ha ⁻¹
3	3	Trữ lượng cây đứng từ 101 – 200 m ³ ha ⁻¹

Stt	Mã cấp M	Trữ lượng
4	4	Trữ lượng cây đứng từ 10 – 100 m ³ ha ⁻¹
5	5	Rừng hỗn giao gỗ - lồ ô
6	6	Rừng lồ ô thuần

Tương tự như quá trình giải đoán ảnh vệ tinh để phân loại kiểu rừng, cũng dùng 141 ô mẫu điều tra trên thực địa để giải đoán và kiểm định, trong đó có 99 ô mẫu chọn ngẫu nhiên 200 lần dùng để giải đoán (tương ứng 70% tổng số ô mẫu điều tra) và 42 ô mẫu ngẫu nhiên còn lại dùng để kiểm định, đánh giá kết quả giải đoán (tương ứng với 30% tổng số ô mẫu điều tra).

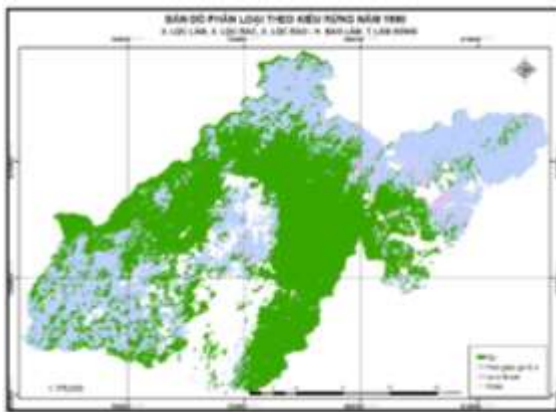
Sau khi kết thúc chọn vùng mẫu sử dụng công cụ Compute ROI separability để kiểm tra thống kê mức độ phân biệt giữa các vùng mẫu này, tức là giữa các cấp M khi phân loại trên ảnh Landsat. Mức độ phân biệt thay đổi trong phạm vi từ 0 đến 2. Giá trị phân biệt này ít nhất phải lớn hơn 1,64 để đảm bảo sự phân biệt giữa các cấp M được phân loại ở độ tin cậy 90%. Kết quả cho thấy hầu hết có $t < 1.64$, có nghĩa là sự phân biệt giữa các cấp M trên ảnh Landsat là chưa rõ.



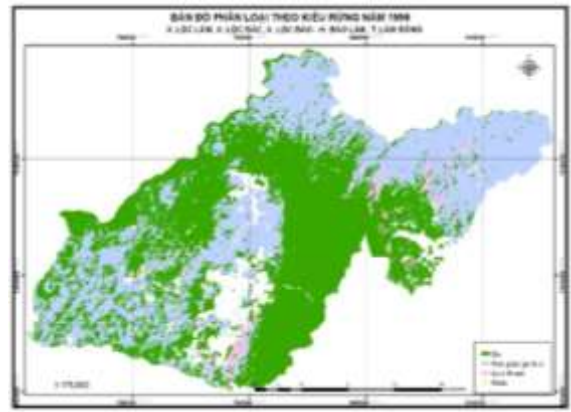
Hình 4.6: Ma trận đánh giá độ chính xác trong phân loại có giám định ảnh vệ tinh Landsat theo các cấp M

Nhìn vào ma trận đánh giá độ chính xác trong quá trình giải đoán ảnh theo cấp M theo Hình 4.6 cho thấy độ chính xác toàn cục (Overall Accuracy) = 29,73% và chỉ số Kappa = 0,0794. Độ chính xác trong việc giải đoán khá thấp, không đáp ứng được yêu cầu trong việc phân cấp ảnh vệ tinh thành các cấp M để chuyển đổi sang CO₂ tương đương.

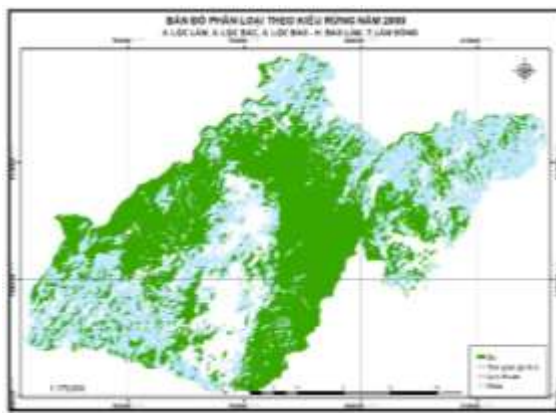
Từ kết quả này, đề tài chọn lựa việc phân loại ảnh vệ tinh Landsat theo kiểu rừng ở các thời điểm cách nhau 5 năm trong giai đoạn 25 năm (1990 – 2015) để xác định thay đổi diện tích kiểu rừng và từ đó ước tính tổng lượng CO₂ tương đương tích lũy theo từng thời điểm ở Bảng 4.3. Đây là cơ sở dữ liệu quá khứ trong 25 năm để lập đường phát thải tham chiếu (FRL). Ảnh phân loại theo kiểu rừng ở các thời điểm cách nhau 5 năm trong 25 năm trình bày trong Hình 4.7.



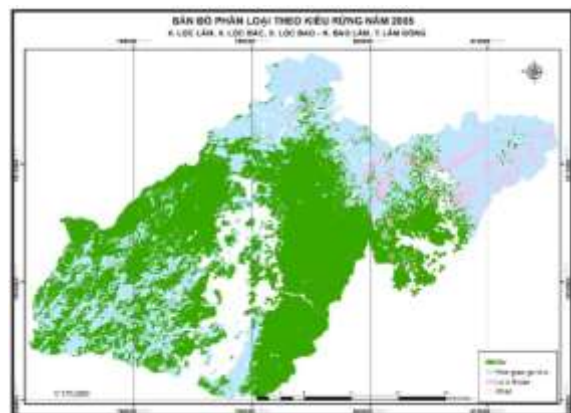
Năm 1990



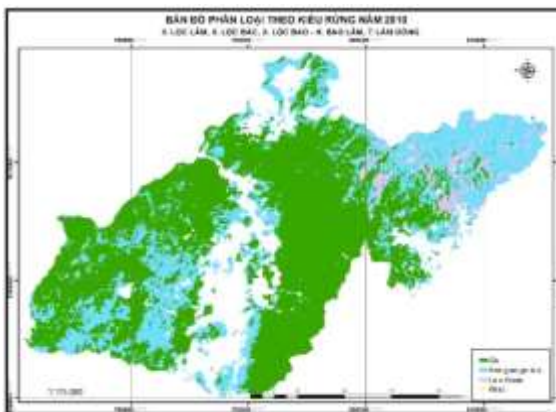
Năm 1995



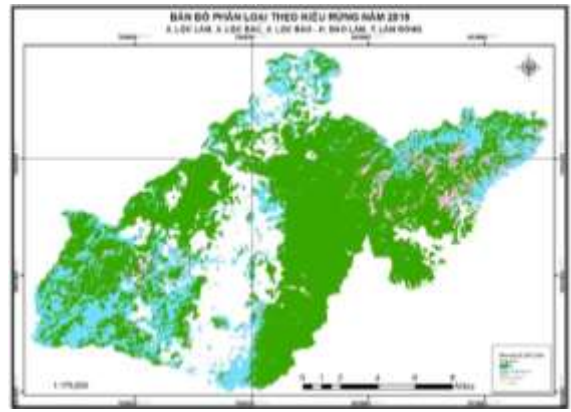
Năm 2000



Năm 2005



Năm 2010



Năm 2015

Hình 4.7: Ảnh Landsat phân loại thành kiểu rừng ở 6 thời điểm trong 25 năm (1990 – 2015)

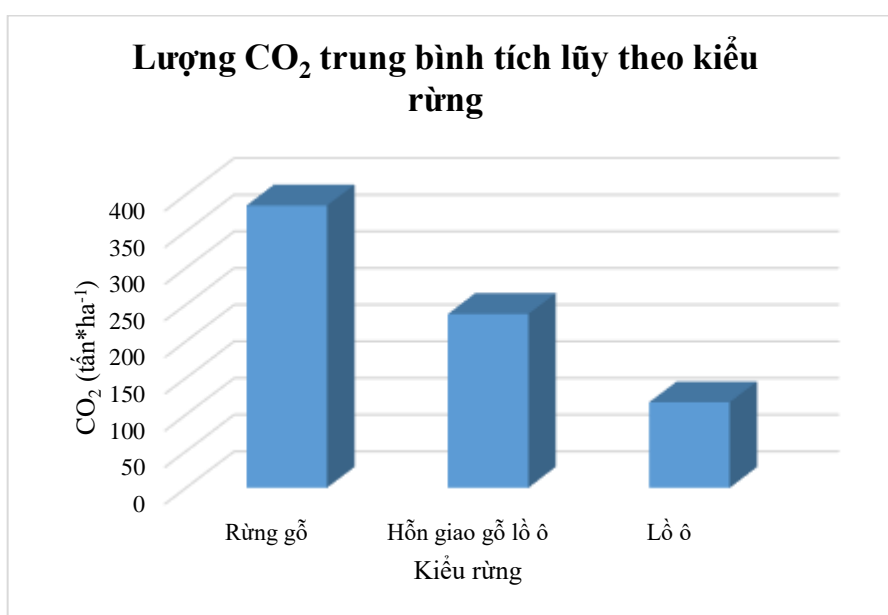
Bảng 4.3: Diện tích và tổng lượng CO₂ tương đương của từng kiểu rừng theo từng thời điểm trên cơ sở ảnh Landsat và dữ liệu ô mẫu

Kiểu rừng	Năm	1990	1995	2000	2005	2010	2015	Tổng
Lá rộng thường xanh	Diện tích (ha)	30.834,9	32.310,2	30.936,5	33.092,9	33.288,8	30.834,9	191.298,2
	CO ₂ trung bình/ha	385,1	385,1	385,1	385,1	385,1	385,1	
	Tổng CO ₂ tương đương	11.875.090,6	12.443.256,0	11.914.218,7	12.744.688,2	12.820.132,9	11.875.090,6	73.672.477,1
Hỗn giao gỗ - lồ ô	Diện tích (ha)	22.779,4	25.914,7	23.954,8	21.572,2	18.808,3	12.572,9	125.602,3
	CO ₂ trung bình/ha	237,0	237,0	237,0	237,0	237,0	237,0	
	Tổng CO ₂ tương đương	5.399.572,0	6.142.755,7	5.678.185,9	5.113.420,4	4.458.272,4	2.980.248,8	29.772.455,3
Lồ ô thuần	Diện tích (ha)	945,6	1.525,4	1.030,6	2.231,2	1.579,5	2.262,8	9.575,1
	CO ₂ trung bình/ha	116,5	116,5	116,5	116,5	116,5	116,5	116,5
	Tổng CO ₂ tương đương	110.192,1	177.757,0	120.097,3	260.004,9	184.061,4	263.687,3	1.115.800,1
Không rừng	Diện tích (ha)	350,7	363,7	0,6	0,5	31,0	31,4	777,9
	CO ₂ trung bình/ha	-	-	-	-	-	-	
	Tổng CO ₂ tương đương	-	-	-	-	-	-	-
Tổng các kiểu rừng	Diện tích (ha)	54.910,6	60.114,0	55.922,5	56.896,8	53.707,6	45.702,0	327.253,5
	Tổng CO ₂ tương đương	17.384.854,8	18.763.768,7	17.712.501,9	18.118.113,5	17.462.466,8	15.119.026,8	104.560.732,5

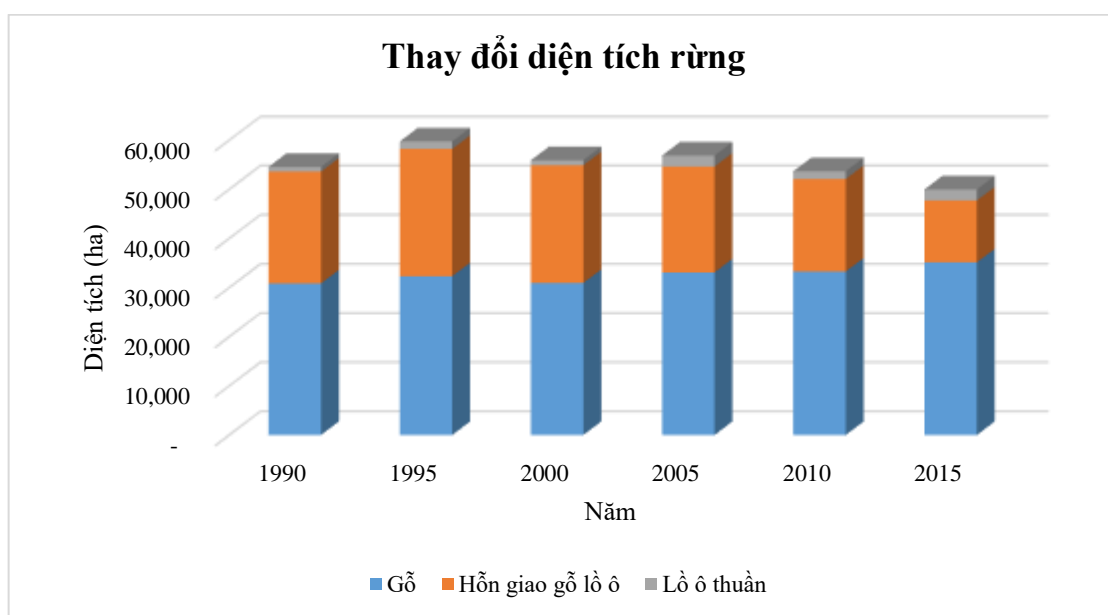
4.2. Lập đường phát thải tham chiếu (FRL)

Từ kết quả giải đoán ảnh Landsat theo kiểu rừng ở các thời điểm cách nhau 5 năm trong 25 năm và kết quả tổng hợp các ô mẫu tính trung bình CO₂ theo kiểu rừng, có bảng số liệu tổng hợp diện tích, tổng lượng CO₂ của từng kiểu rừng qua từng thời điểm được thể hiện qua Bảng 4.3.

Từ tất cả 141 ô mẫu tính trung bình CO₂ha⁻¹ của từng kiểu rừng, trong đó rừng gỗ thì là CO₂ của cây gỗ, rừng hỗn giao gỗ + lồ ô thì là tổng CO₂ của cả hai rừng gỗ + lồ ô; cuối cùng lồ ô thuần là CO₂ của nó. Với giả định các kiểu rừng có trung bình tích lũy CO₂ tương đương như nhau trong giai đoạn từ năm 1990 đến 2015, theo đó có trung bình của các kiểu rừng như sau: Rừng gỗ: 385,1 tấn CO₂ha⁻¹, rừng hỗn giao gỗ - lồ ô: 237,0 tấn CO₂ha⁻¹, rừng lồ ô thuần: 116,5 tấn CO₂ha⁻¹. (Hình 4.8)



Hình 4.8: Lượng CO₂ tương đương trung bình trên ha tích lũy theo kiểu rừng

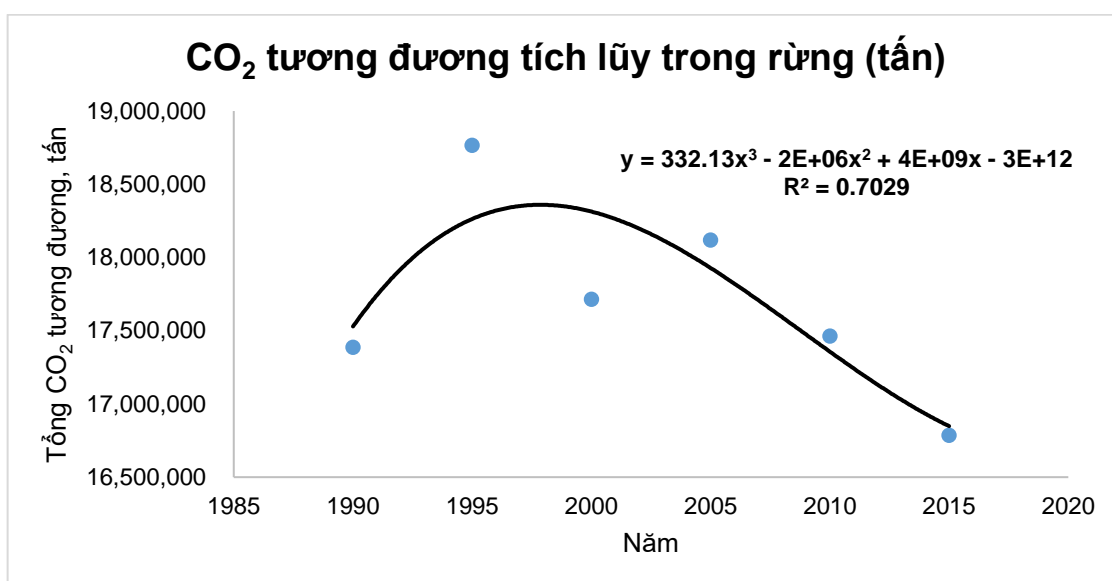


Hình 4.9: Thay đổi diện tích rừng theo kiểu rừng trên cơ sở giải đoán ảnh Landsat trong 25 năm (1990 – 2015)

Hình 4.9 cho thấy, diện tích rừng tự nhiên trong giai đoạn từ năm 1990 – 1995 tăng lên một ít, do giai đoạn này có khả năng rừng bị bỏ hóa của dân tộc thiểu số phục hồi, chưa có nhu cầu phát triển đất nông nghiệp, cây công nghiệp. Giai đoạn từ năm 1995 đến nay, diện tích rừng luôn có xu hướng giảm đều do người dân chuyển đổi rừng sang đất nông nghiệp, cây công nghiệp phục vụ đời sống. Đặc biệt trong giai đoạn gần đây, từ năm 2010 đến 2015 rừng bị giảm mạnh do chính sách chuyển đổi rừng tự nhiên sang trồng các loài cây công nghiệp đặc biệt là cao su, chỉ riêng ở khu vực nghiên cứu, trong giai đoạn này đã mất đến gần 4.000 ha rừng tự nhiên.

Bảng 4.4: Lượng CO₂ tích lũy trong rừng tự nhiên

Năm	CO ₂ tương đương tích lũy (tấn)
1990	17.386.845
1995	18.765.764
2000	17.714.502
2005	18.120.119
2010	17.464.477
2015	16.786.294



Hình 4.10: Lượng CO₂ tích lũy trong rừng tự nhiên trong 25 năm qua

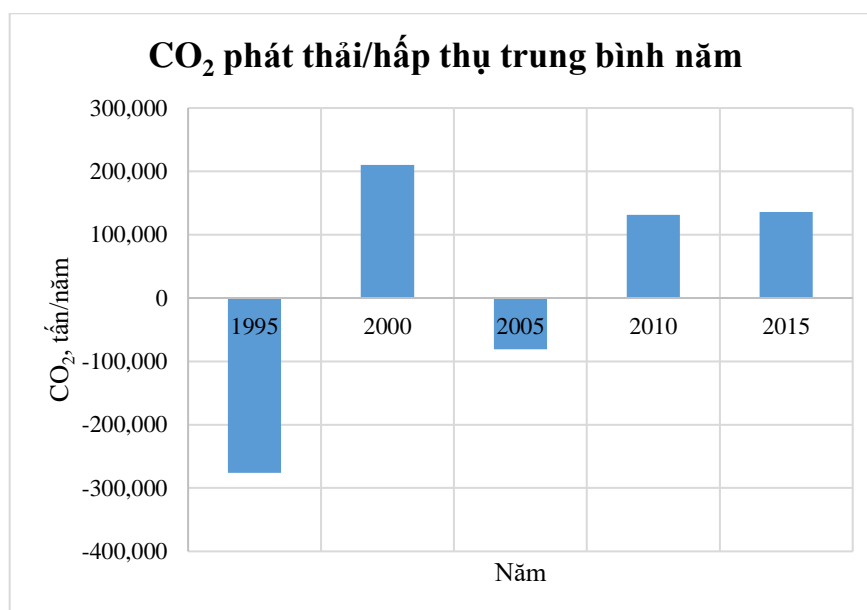
Lượng CO₂ tích lũy được thể hiện qua Bảng 4.4 và Hình 4.10 tăng từ năm 1990 đến 1995 là do có khả năng rừng được phục hồi sau nương rẫy, từ năm 1995 đến nay tốc độ phát thải rất cao, lượng CO₂ rừng tích lũy giảm nhanh chóng theo dạng hàm Parabol bậc 3: $CO_2 = 332.13 \cdot \text{Nam}^3 - 2E+06 \cdot \text{Nam}^2 + 4E+09 \cdot \text{Nam} - 3E+12$, có đỉnh ở giai đoạn 1995 – 2000 sau đó giảm mạnh do quá trình chuyển đổi đất lâm nghiệp sang nông nghiệp, trồng cây công nghiệp dài ngày, đặc biệt là trong giai đoạn từ năm 2010 đến 2015 đã chuyển đổi một diện tích rất lớn đất lâm nghiệp để trồng cao su.

Thay đổi bể chứa carbon trung bình năm trong 5 thời điểm của 25 năm qua được tính theo công thức của IPCC (2006). Kết quả cho thấy lượng CO₂ phát thải hoặc hấp thụ được thể hiện qua Bảng 4.5 và Hình 4.11 có quy luật theo đường Parabol bậc 3, có các cực đại và cực tiểu trong quá khứ, trong thời gian đến có xu hướng tăng nhanh phát thải. Rừng hấp thụ thêm được CO₂ trong giai đoạn 1995 và 2005, trong khi đó phát thải mạnh ở các giai đoạn gần đây. Trong 5 năm gần đây từ 2010 – 2015, trung bình hàng năm rừng bị mất và suy thoái đã làm phát thải trên 130.000 tấn CO₂ năm⁻¹. Lượng phát thải như vậy là đáng kể và góp phần vào biến đổi khí hậu một cách có ý nghĩa. Vì vậy tham gia và thực hiện chương trình REDD⁺ để giảm phát thải từ rừng là rất quan trọng trong những năm đến ở địa phương này.

Bảng 4.5: Lượng CO₂ tương đương hấp thụ/phát thải trung bình năm trong 25 năm từ 1990 - 2015

Năm	CO ₂ phát thải/hấp thụ (tánnăm ⁻¹)
1995	-275.784
2000	210.252
2005	-81.123
2010	131.128
2015	135.637

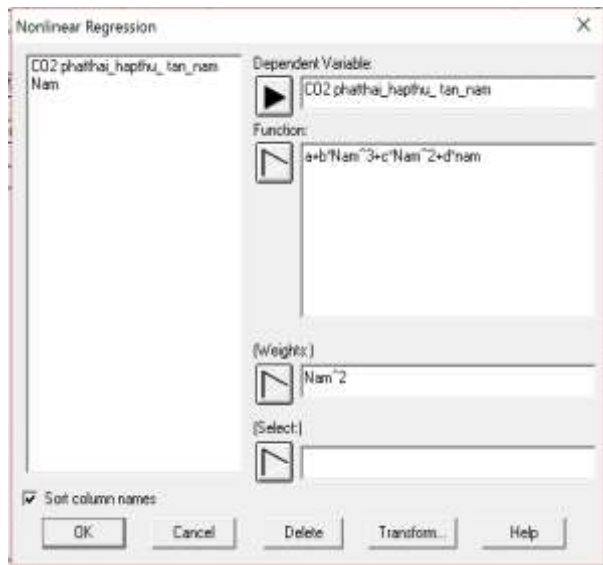
(+ Phát thải (Emission); - Hấp thụ (Removal))



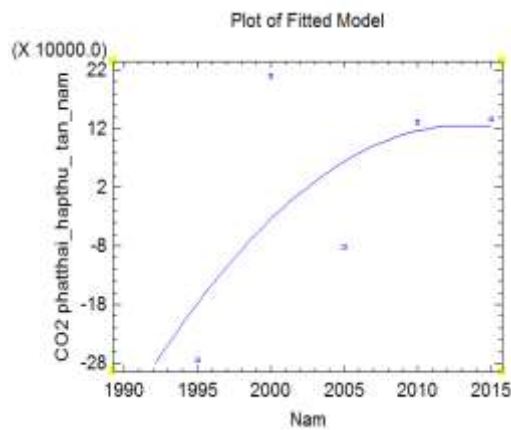
Hình 4.11: Lượng CO₂ tương đương phát thải/hấp thụ trung bình năm

Từ Hình 4.11 cho thấy lượng CO₂ tương đương phát thải có quy luật theo dạng hàm parabol bậc cao. Vì vậy tiến hành mô hình hóa lượng phát thải quá khứ để lập đường FRL và dự báo phát thải trong tương lai một cách có quy luật.

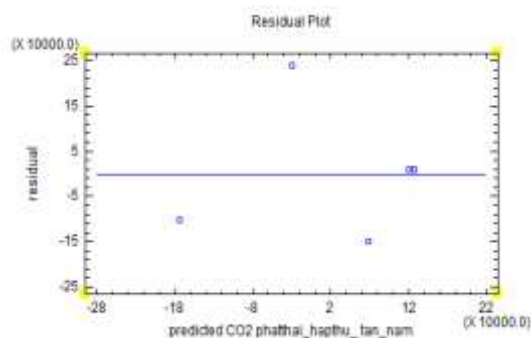
Sử dụng phần mềm Stargraphics Centurion XV để lập FRL theo mô hình parabol bậc cao có trọng số. Kết quả cho thấy với trọng số tối ưu là Weight = Nam² thì hàm parabol bậc 3 là tiếp cận tốt nhất với quy luật phát thải CO₂ trong 25 qua. (Minh họa ở các Hình 4.12, Hình 4.13, Hình 4.14)



Hình 4.12: Thiết lập mô hình FRL dạng parabol bậc 3 có trọng số trong Statgraphics



Hình 4.13: Đồ thị quan hệ CO₂ tương đương hấp thụ/phát thải năm trong 25 năm qua dạng parabol bậc 3



Hình 4.14: Đồ thị sai số của mô hình parabol bậc 3 ước tính CO₂ hấp thụ/phát thải từng năm trong 25 năm qua

Kết quả đã thiết lập được mô hình phát thải CO₂ hàng năm trong 25 năm quá khứ, đây chính là đường phát thải tham chiếu (FRL):

$$\text{CO}_2 \text{ tương đương hấp thụ/phát thải (tấn/năm)} = -2.13765\text{E}9 - 0.196337 \cdot \text{Năm}^3 + 263.048 \cdot \text{Năm}^2 + 1.32806\text{E}6 \cdot \text{Năm} \quad (4.1)$$

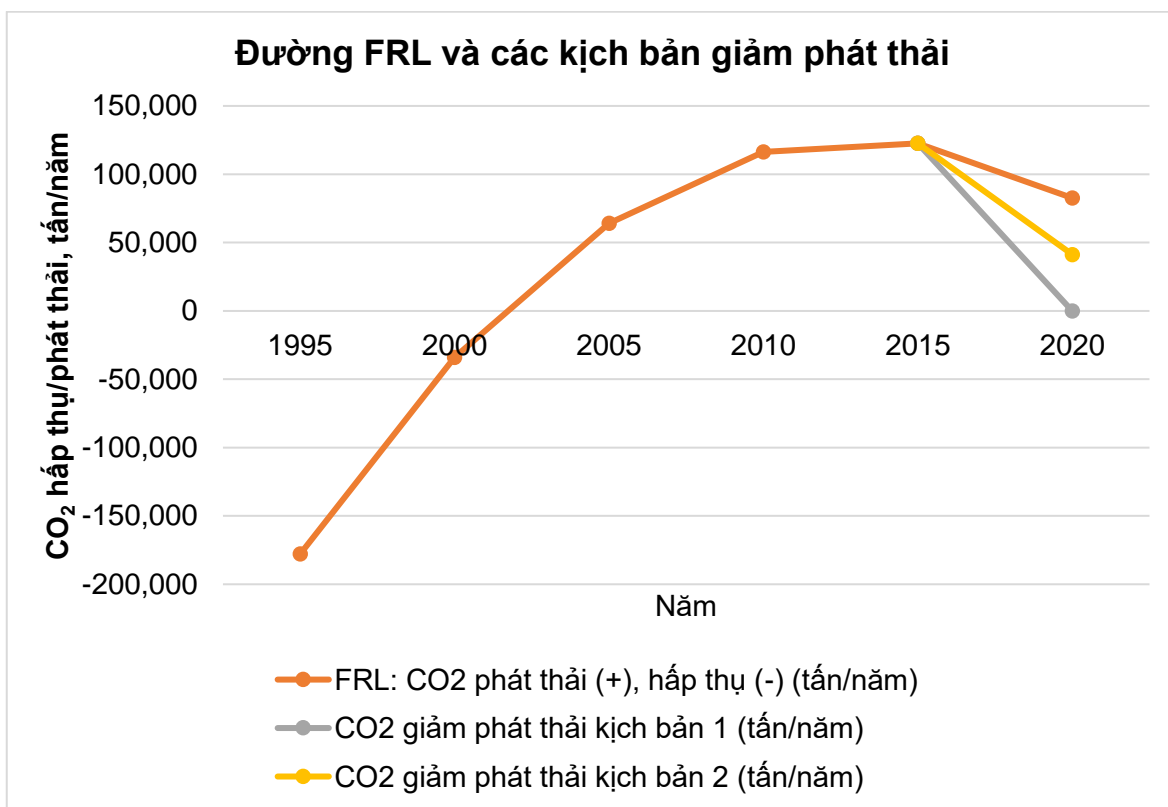
Với R= 0,657, sai số tuyệt đối trung bình (ME) = 1.596,8 tấn/năm

Từ những kết quả lập đường FRL, từ quy luật mất, suy thoái rừng dẫn đến phát thải trong quá khứ, có thể dự báo được lượng phát thải trong tương lai. Kết quả dự báo từ FRL lượng phát thải trung bình đến năm 2020 là trên 80.000 tấn CO₂ tương đương (Bảng 4.6). Thực hiện REDD⁺ nếu lượng phát thải từ suy thoái và mất rừng bé hơn 80.000 tấn CO₂/năm sẽ tạo thành tín chỉ CO₂ để bán trên thị trường carbon thế giới.

Đề tài xây dựng hai kịch bản giảm phát thải khi thực hiện chương trình REDD⁺ ở khu vực này. Kịch bản 1: Đưa mức phát thải từ năm 2015 dẫn về 0 năm 2020. Kịch bản 2: Giữ mức phát thải ở năm 2015 giảm 50% đến năm 2020 được thể hiện trong Bảng 4.6 và Hình 4.15.

Bảng 4.6: FRL của khu vực nghiên cứu theo 2 kịch bản giảm phát thải

Năm	FRL: CO ₂ phát thải (+), hấp thụ (-) (tấn/năm)	CO ₂ giảm phát thải kịch bản 1 (tấn/năm)	CO ₂ giảm phát thải kịch bản 2 (tấn/năm)
1995	-177.890		
2000	-34.000		
2005	64.141		
2010	116.386		
2015	122.588	122.588	122.588
2020	82.600	0	41.300



Hình 4.15: Đường FRL và các kịch bản giảm phát thải trong giai đoạn 5 năm: 2015 - 2020

Với giả định 1 tấn CO₂ có giá 20 USD, và 1 USD = 22.500 VND thì sẽ có tính chi CO₂ khi giảm phát thải đến năm 2020 theo 2 kịch bản như Bảng 4.7

Bảng 4.7: Tính chi CO₂ khi giảm phát thải từ 2015 đến 2020 theo 2 kịch bản trong vùng dự án

	Dự báo theo FRL	Kịch bản 1	Kịch bản 2
CO ₂ phát thải (+), hấp thụ (-) (tấn/năm)	82.600	0	41.300
Lượng CO ₂ giảm phát thải (tấn/năm) thành tính chi		82.600	41.300
Thành tiền giá trị CO ₂ giảm phát thải (VND/năm)		37.170.000.000	18.585.000.000

Theo kết quả ở Bảng 4.7 cho thấy nếu giảm phát thải theo kịch bản 1, tức là đến năm 2020 sẽ giảm phát thải 82.600 tấn CO₂ /năm, tức là mức phát thải bằng 0, lúc này rừng thực sự được quản lý bền vững; đây là kịch bản lý tưởng nhất nhưng có rất nhiều thử thách trong thực tế quản lý rừng. Trong khi đó ở kịch bản 2, mức phát thải được giảm 50% ứng với phát thải còn lại là 41.300 tấn CO₂/năm, rừng được quản lý tốt hơn trước; kịch bản này có tính khả thi hơn để định hướng cho quản lý rừng.

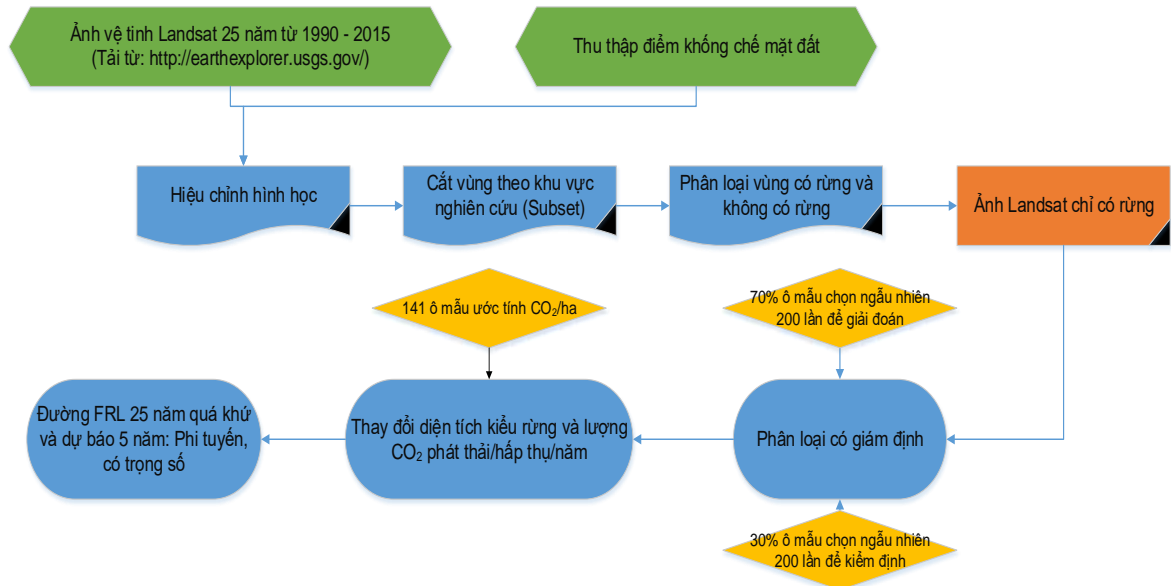
Thực hiện một trong hai kịch bản đều đóng góp vào giảm nhẹ biến đổi khí hậu thông qua giảm mất rừng và suy thoái rừng.

Trên cơ sở ước tính giá trị kinh tế của tín chỉ CO₂, cho thấy nếu quản lý rừng tự nhiên trong khu vực dự án nghiên cứu với diện tích là 45.702 ha (tại năm 2015) thuộc khuôn khổ REDD theo kịch bản 1 sẽ thu hút được bình quân khoảng 31,2 tỷ VND/năm, ứng với 813.312 VND/ha/năm và theo kịch bản 2 là sẽ thu hút được bình quân khoảng 18,6 tỷ VND/năm, ứng với 406.656 VND/ha/năm. Đây là giá trị kinh tế, tài chính môi trường, nó cần cung cấp cho các nhà quản lý để cân nhắc trong việc quản lý rừng, tính chi trả dịch vụ môi trường rừng hấp thụ CO₂, quy hoạch, chuyển đổi rừng và có giải pháp thay thế để giảm áp lực lên rừng, cũng như so sánh lợi ích kinh tế để lựa chọn phương án thích hợp.

Dựa vào những tính toán trên, có thể thấy rằng giá trị được tạo nên từ những cánh rừng tham gia thị trường REDD⁺ là rộng lớn, nó sẽ là tiềm năng và cơ hội cho việc huy động sự tham gia của toàn xã hội vào bảo vệ, xây dựng và phát triển rừng trong những năm sắp đến.

Từ các kết quả nói trên cho thấy phương pháp lập đường FRL có thể áp dụng được với dữ liệu ảnh vệ tinh quá khứ như ảnh vệ tinh Landsat miễn phí và dữ liệu mặt đất hiện tại với độ tin cậy khá cao. Có quy luật trong phát thải và hấp thụ trong quá khứ, do đó có thể lập mô hình FRL dạng mô hình toán và đưa ra các kịch bản phát thải trong tương lai nhằm định hướng cho các đơn vị chủ rừng, các cơ quan chức năng trong quá trình quy hoạch, quản lý sử dụng rừng và đất rừng bền vững

hơn, góp phần không chỉ cho giảm nhẹ biến đổi khí hậu mà còn cho phát triển kinh tế xã hội. Hình 4.16 là tóm tắt giải pháp lập đường FRL mà đề tài đã lựa chọn



Hình 4.16: Tiếp cận lập FRL với 25 năm quá khứ trên cơ sở sử dụng ảnh vệ tinh Landsat, dữ liệu ô mẫu mặt đất

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

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

1. Về tạo lập cơ sở dữ liệu phát thải/hấp thụ CO₂ quá khứ để lập đường phát thải tham chiếu:

- Giải đoán ảnh Landsat khu vực nghiên cứu trong 25 năm từ 1990 -2015 theo phương pháp Maximum Likelihood với nhân tố kiểu rừng dựa vào ô mẫu mặt đất, kết quả cho thấy có khả năng phân loại kiểu rừng trong quá khứ trên ảnh rất tốt. Độ chính xác toàn bộ là 88,09 % và chỉ số Kappa = 0,7971.
- Kết quả giải đoán ảnh kết hợp với mô hình hình sinh trắc đã tạo được cơ sở dữ liệu phát thải/hấp thụ trong vòng 25 năm qua, làm cơ sở tốt cho việc lập đường phát thải tham chiếu.

2. Lập đường FRL:

Lượng phát thải/hấp thụ CO₂ trong 25 năm qua của khu vực nghiên cứu có quy luật, dạng nhiều đỉnh theo mô hình parabol bậc cao.

Đã lập được đường FRL hấp thụ và phát thải CO₂ tương đương trong quá khứ 25 năm qua và để dự báo cho tương lai khi thực hiện REDD⁺ như sau:

$$\text{CO}_2 \text{ tương đương hấp thụ/phát thải (tấn/năm)} = -2.13765\text{E}9 - 0.196337 \cdot \text{Năm}^3 + 263.048 \cdot \text{Năm}^2 + 1.32806\text{E}6 \cdot \text{Năm}$$

Từ đó đưa ra 2 kịch bản giảm phát thải cho tương lai trên cơ sở so sánh với FRL trong khu vực nghiên cứu: Kịch bản 1: Đưa mức phát thải từ năm 2015 dẫn về 0 năm 2020, kịch bản 2: Giữ mức phát thải ở năm 2015 giảm 50% đến năm 2020. Đây là cơ sở để định hướng quản lý rừng và bán tín chỉ carbon khi thực hiện REDD⁺ trong khu vực.

Kiến nghị

Từ quá trình nghiên cứu, đề tài có kiến nghị cụ thể sau:

Cần tiếp tục nghiên cứu sử dụng ảnh vệ tinh có độ phân giải cao hơn, bổ sung thêm số lượng ô mẫu để trong quá trình giải đoán và kiểm định phân loại ảnh, vì một số loại kiểu rừng trong quá trình kiểm định số lượng ô ít nên khi đánh giá thì tỷ lệ chính xác đạt rất cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Alexandre Grais và Siliva Petrova (2013), Tập huấn kỹ thuật về phân lớp carbon rừng và ước tính phát thải lịch sử ở Lâm Đồng - Việt Nam, Winrock International.
2. Lê Huy Bá, Nguyễn Thị Phú, Nguyễn Đức An (2001): Môi trường khí hậu thay đổi môi hiểm họa của toàn cầu. NXB Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.
3. Nguyễn Cao Cường (2011): Tìm hiểu một số phương pháp nhằm nâng cao độ chính xác phân loại thảm phủ tại tỉnh Đắk Nông. Luận văn tốt nghiệp đại học, Đại học Tây Nguyên.
4. Bùi Nguyễn Lâm Hà, Lê Văn Trung, Bùi Thị Nga (2011): Ước tính sinh khối trên bề mặt tán rừng sử dụng ảnh vệ tinh ALOS AVNIR-2. Khoa môi trường đại học Đà Lạt, khoa môi trường trường Đại học Bách Khoa Thành Phố Hồ Chí Minh.
5. Nguyễn Thị Thanh Hương (2009): Áp dụng phương pháp địa thống kê để ước lượng trữ lượng lâm phần dựa vào ảnh SPOT 5. Luận án tiến sĩ lâm nghiệp, trường Đại học Freiburg, Đức.
6. Bảo Huy (2009): GIS và Viễn thám trong quản lý tài nguyên rừng và môi trường. NXB Tổng hợp Thành phố Hồ Chí Minh.
7. Bảo Huy (2009): Phương pháp nghiên cứu ước tính trữ lượng các bon 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): trang 85 – 91.
8. Bảo Huy và cộng sự: Nguyễn Thị Thanh Hương, Võ Hùng, Cao Thị Lý, Nguyễn Công Tài Anh, Phạm Đoàn Phú Quốc, Hoàng Trọng Khánh, Hồ Đình Bảo, Nguyễn Đức Định, Nguyễn Thế Hiển (2010- 2012): 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. Đề tài khoa học và công nghệ cấp bộ.

9. Bảo Huy (2012 - 2014): Xây dựng phương pháp đo tính và giám sát carbon rừng có sự tham gia của cộng đồng ở Việt Nam. Đề án thử nghiệm được sự hỗ trợ của dự án HB-REDD của SNV và được tư vấn bởi nhóm tư vấn Quản lý tài nguyên rừng và môi trường (FREM), trường Đại học Tây Nguyên.
10. Bảo Huy (2012): Mô hình sinh trắc và công nghệ viễn thám - GIS để xác định lượng CO₂ hấp thụ của rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên. Kết quả nghiên cứu đề tài khoa học công nghệ trọng điểm cấp Bộ (Bộ giáo dục và Đào tạo) - đạt loại xuất sắc năm 2012.
11. Bảo Huy (2012): Thiết lập mô hình ước tính sinh khối và carbon của cây rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên. Tạp chí Rừng và Môi trường, 51 (2012): 21-30.
12. 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. Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
13. Võ Văn Hồng, Trần Văn Hùng, Phạm Ngọc Bảy (2006): Cẩm nang ngành Lâm nghiệp, chương công tác điều tra rừng ở Việt Nam.

Tiếng Anh

14. Basuki (2012): Quantifying Tropical Forest Biomass, chapter 3: The potential of spectral mixture analysis to improve the estimation accuracy of tropical forest biomass: 48-56.
15. 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

16. Brown, S. 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution*, 3(116): 363–372.
17. Foody, G.M. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80: 185– 201.
18. Foody, G.M., D.S. Boyd, and M.E.J. Cutler, 2003. Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions, *Remote Sensing of Environment*, 85:463–474.
19. Franklin, S.E. and McDermid, G.J. (1993): Empirical relation between digital SPOT HRV and CASI spectral response and lodgepole pine (*Pinus contorta*) forest stand parameters. *International Journal of Remote Sensing*, 4(12): 2331-2348.
20. Hussin, Y.A. and Bijker, W.: Inventory of remote sensing application in forestry for sustainable management. The International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC) 7500 AA, Enschede, The Netherlands.
21. IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Bunendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., (eds). Published: IGES, Japan
22. Lu, D., Mausel, P., Brondízio, E., and Moran, E. 2004. Relationships between forest stand parameters and Landsat TM spectral responses in the Brazilian Amazon Basin. *Forest Ecology and Management*, 198: 149–167.
23. MacDicken, K.G., (1997): A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development.
24. Navulur, K. (2007). Multispectral image analysis using object-oriented paradigm. CRC Press, 206p.
25. Nguyen, T. T. H. (2009): Classification of natural broad-leaved evergreen forests based on multi-data for forest inventory in the Central Highlands of

- Vietnam. Doctoral thesis. Freiburg University, Germany.
26. Nguyen, T.T. Huong (2011): Forestry Remote Sensing: Using multidata sources for unventory of Natural broad leaved ever-green forests in the Central Highlands of Vietnam. Lambert Academic Publishing, Germany.
 27. Nguyen Van Loi (2008): Use of GIS modeling in assessment of forestry land's potential in Thua Thien Hue province of Central Vietnam. Doctoral thesis. Department of Mathematic-natural science. Georg-August-Universität zu Göttingen. Germany.
 28. Patenaude, G. L., Milne, R., & Dawson, T. P. (2005). Synthesis of remote sensing approaches for forest carbon estimation: Reporting to the Kyoto Protocol. *Environmental Science & Policy*, 8, 161–178.
 29. Reduced Emissions from Degradation and Deforestation in Community Forests – Oddar Meanchey, Cambodia (2012): Developed by Terra Global Capital for The Forestry Administration of the Royal Government of Cambodia.
 30. Rosenqvist, A., Milne, A., Lucas, R., Imhoff, M. and Dobson, C., 2003, A review of remote sensing technology in support of the Kyoto Protocol. *Environmental Science and Policy*, 6, pp. 441–455.
 31. Sader, S.A., R.B. Waide, W.T. Lawrence, and A.T. Joyce, 1989: Tropical forest biomass and successional age class relationships to a vegetational index derived from Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, 28, 143-156
 32. Souza, C.J., Firestone, L., Silva, L.M., and Roberts, D. (2003): Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT 4 through spectral mixture models. *Remote Sensing of Environment*.
 33. Trisurat, Y., Eiumnoh, A., Murat, S., Hussain, M.Z. & Shrestha, R.P. (2000): Improvement of tropical vegetation mapping using a remote sensing technique: a case of Khao Yai National Park, Thailand. *International Journal of Remote Sensing*.

34. UN-REDD PROGRAMME Viet Nam (2014) Allometric equations at national scale for estimating tree and forest biomass in Viet Nam. Part B1: Equations for biomass of aboveground trees, branches and leaves biomass in Evergreen Broadleaved forests, and for aboveground biomass of six tree families in Evergreen and Deciduous forests, Ha Noi, Viet Nam.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1: Phiếu điều tra, đo đếm ô mẫu

Phiếu 1: Đo đếm trong ô mẫu

Số hiệu ô mẫu:

Tọa độ Vn2000: X:

Kiểu rừng:

Chủ rừng:

Tiểu khu

Khoảnh

Lô

Người điều tra:

Y:

Trạng thái rừng:

Độ cao (m)

Che phủ tán cây (%)

Độ dốc ô mẫu

Ngày:

Đo cây gỗ có DBH \geq 6cm trong tất cả các ô phụ (Đo chiều cao tất cả các cây trong ô)

Tt.	Loài		DBH (cm)	H (m)	Ghi chú
	Địa phương	Phổ thông			
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Phiếu 2: Ghi chép số lượng cây gỗ tái sinh có DBH < 6 cm và H > 1,3 m trong ô có bán kính 1 m

Số hiệu ô mẫu:

Tt.	Loài		Số cây	Ghi chú
	Địa phương	Phổ thông		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

Phiếu 3: Đo đếm tre nửa lò ô trong ô tròn có bán kính 5,64 m

Số hiệu ô mẫu:

Tọa độ Vn2000: X:

Y:

Kiểu rừng:

Trạng thái rừng:

Chủ rừng:

Độ dốc ô mẫu

Tiểu khu

Độ cao (m)

Khoảnh

Che phủ tán cây (%)

Người điều tra:

Ngày:

Loài tre, lò ô:

Chiều cao bình quân

Tt	DBH (cm)	Tuổi	Ghi chú	Tt	DBH (cm)	Tuổi	Ghi chú
1				26			
2				27			
3				28			
4				29			
5				30			
6				31			
7				32			
8				33			
9				34			
10				35			
11				36			
12				37			
13				38			
14				39			
15				40			
16				41			
17				42			
18				43			
19				44			
20				45			
21				46			
22				47			
23				48			
24				49			
25				50			

Đối với le, nửa tếp: (Không đo từng cây) chỉ đo các chỉ tiêu sau:

Loài:

Chiều cao bình quân (m)

Số cây:

DBH bình quân (cm):

Phiếu 4: Bảng tra chiều dài cộng thêm bán kính ô mẫu theo độ dốc

Độ dốc (độ)	Bán kính ô mẫu tròn (m)			
	1,00 Xanh chuối	5,64 Vàng	12,62 Xanh biển	17,84 Đỏ
0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,01	0,01
4	0,00	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
32	0,18	1,01	2,26	3,20
34	0,21	1,16	2,60	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	2,20	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

Phụ lục 2: Dữ liệu 99 ô mẫu (70% ô mẫu) được chọn ngẫu nhiên để giải đoán ảnh

Id	Ma.o	X	Y	Kieu.rung.thuc.te	Trang.thai.thuc.te	Nha	Mm 3	TAGT B	TAGT C	TAGTC O2	Nloo	TAGB B	TAGB C	TAGBC O2	Kieu.rung.sau.cung	Ma.kieu.rung	Ma.cap.M
3	4	49335 9	12996 53	LRTX	Trung binh	1280	381	229	110	403	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
4	5	48910 8	13015 24	Hon giao go lo o	Phuc hoi	1500	214	124	60	219	1540 0	3	1	4	Go lo o	2	5
5	6	49426 1	13015 70	LRTX	Trung binh	2430	524	337	162	593	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
6	7	49329 4	12996 16	LRTX	Trung binh	1140	355	224	108	395	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
8	9	49318 8	12968 02	LRTX	Trung binh	2200	615	360	172	633	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
9	11	48706 3	13035 28	LRTX	Trung binh	1540	444	264	127	465	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
11	14	48657 4	12956 40	LRTX	Phuc hoi	1400	154	90	43	159	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
13	16	49135 4	12999 85	LRTX	Trung binh	1520	450	264	126	464	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
15	19	48714 7	12947 41	LRTX	Phuc hoi	620	120	70	33	123	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
16	20	48425 8	12962 25	LRTX	Phuc hoi	1400	70	44	21	77	NA	NA	NA	NA	Go	1	4
17	23	48786 7	12951 02	Hon giao go lo o	Phuc hoi	700	56	33	16	59	5400	13	5	19	Go lo o	2	5
18	24	49029 6	13012 40	Hon giao go lo o	Phuc hoi	800	72	43	21	76	3200	9	4	14	Go lo o	2	5
19	26	48984 7	12983 46	Hon giao go lo o	Phuc hoi	1500	136	81	39	142	800	0	0	0	Go lo o	2	5
21	28	49000 4	12942 18	Hon giao go lo o	Trung binh	100	52	30	14	52	1050 0	87	36	133	Go lo o	2	5

Id	Ma.o	X	Y	Kieu.rung.thuc.te	Trang.thai.thuc.te	Nha	Mm3	TAGTB	TAGTC	TAGTC O2	Nloo	TAGB B	TAGB C	TAGBC O2	Kieu.rung.sau.cung	Ma.kie.u.rung	Ma.cap.M
22	29	487273	1295044	Hon giao go lo o	Phuc hoi	600	107	62	30	109	3000	31	13	48	Go lo o	2	5
23	30	492476	1298609	LRTX	Trung binh	1670	648	397	191	700	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
24	32	489437	1300819	LRTX	Phuc hoi	820	145	85	41	149	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
25	33	488326	1299940	Lau say	Lau say	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Khong rung	4	7
26	39	490838	1299429	LRTX	Phuc hoi	1100	33	21	10	37	NA	NA	NA	NA	Go	1	4
27	63	493305	1307779	LRTX	Trung binh	1950	447	281	135	495	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
28	65	484358	1294120	LRTX	Trung binh	3160	262	158	76	277	NA	NA	NA	NA	Go	1	2
29	66	491778	1306032	LRTX	Trung binh	870	323	202	97	356	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
30	68	496029	1296580	LRTX	Trung binh	2470	515	308	148	543	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
32	85	493063	1303661	LRTX	Trung binh	2050	435	263	126	463	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
37	92	486481	1311774	Lo o thuan	Lo o thuan	200	18	11	5	19	4800	37	16	57	Go lo o	2	5
39	94	486604	1311897	Lo o thuan	Lo o	NA	NA	NA	NA	NA	6300	52	22	80	Lo o	3	6
40	95	507204	1304253	Rung trong thong	Rung trong thong	2360	248	161	76	278	NA	NA	NA	NA	Go	1	2
41	96	509033	1309539	Hon giao go lo o	Phuc hoi	1000	77	46	22	81	4500	1	0	1	Go lo o	2	5
43	98	481792	1304373	Hon giao go lo o	Trung binh	1830	647	448	215	790	6000	1	0	2	Go lo o	2	5

Id	Ma.o	X	Y	Kieu.rung.thuc.te	Trang.thai.thuc.te	Nha	Mm3	TAGTB	TAGTC	TAGTC O2	Nloo	TAGB B	TAGB C	TAGBC O2	Kieu.rung.sau.cung	Ma.kie.u.rung	Ma.cap.M
44	99	49994 6	13080 58	Lo o thuan	Lo o	NA	NA	NA	NA	NA	1720 0	163	68	251	Lo o	3	6
47	102	47634 8	12998 68	LRTX	Trung binh	790	202	121	58	213	NA	NA	NA	NA	Go	1	2
48	103	48343 9	13076 02	Hon giao go lo o	Trung binh	720	462	295	142	520	900	4	2	6	Go lo o	2	5
49	104	47256 1	12991 53	Hon giao go lo o	Trung binh	2980	557	327	157	575	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
51	107	48814 2	13058 52	LRTX	Phuc hoi	300	25	15	7	26	NA	NA	NA	NA	Go	1	4
52	108	48433 1	13084 15	Hon giao go lo o	Trung binh	820	477	341	164	601	3400	41	17	64	Go lo o	2	5
53	109	49789 5	13122 62	LRTX	Phuc hoi	820	82	48	23	85	NA	NA	NA	NA	Go	1	4
56	112	49428 9	13056 27	LRTX	Trung binh	740	628	435	209	767	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
57	113	49173 8	12906 06	LRTX	Phuc hoi	890	303	207	99	365	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
58	114	49737 2	12998 56	LRTX	Trung binh	870	338	205	98	360	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
59	115	49667 4	13082 36	Hon giao go lo o	Phuc hoi	1140	93	93	93	93	1100	2	1	3	Go lo o	2	5
61	119	49531 0	13034 10	LRTX	Phuc hoi	1690	515	360	173	633	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
63	122	49001 2	12908 37	Hon giao go lo o	Trung binh	2460	489	298	143	525	3300	24	10	36	Go lo o	2	5
64	123	49769 8	13027 06	LRTX	Trung binh	650	384	244	117	429	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
66	125	49266 0	12910 82	LRTX	Trung binh	930	575	346	166	609	NA	NA	NA	NA	Go	1	1

Id	Ma.o	X	Y	Kieu.rung.thuc.te	Trang.thai.thuc.te	Nha	Mm3	TAGTB	TAGTC	TAGTC O2	Nloo	TAGB B	TAGB C	TAGBC O2	Kieu.rung.sau.cung	Ma.kie.u.rung	Ma.cap.M
68	129	492069	1297948	LRTX	Phuc hoi	1040	185	107	51	189	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
69	130	496850	1302965	LRTX	Trung binh	800	367	229	110	403	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
70	131	498724	1304173	LRTX	Trung binh	830	313	195	93	343	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
71	132	488158	1302763	Ca phe	Nong nghiep	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Khong rung	4	7
72	134	475675	1304225	LRTX	Ngheo	1130	304	180	86	317	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
73	136	480712	1293596	Hon giao go lo o	Phuc hoi	1770	267	160	77	282	2200	23	10	35	Go lo o	2	5
74	138	492108	1300727	Hon giao go lo o	Phuc hoi	1040	200	116	56	204	700	2	1	4	Go lo o	2	5
75	140	493147	1306501	LRTX	Trung binh	1930	323	194	93	341	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
76	141	496604	1315296	Hon giao go lo o	Ngheo	740	112	70	34	124	400	0	0	0	Go lo o	2	5
77	142	497696	1302032	LRTX	Trung binh	1430	423	259	124	455	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
78	143	490452	1309528	LRTX	Trung binh	1190	526	353	169	622	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
79	144	491890	1308844	LRTX	Phuc hoi	450	251	180	86	317	NA	NA	NA	NA	Go	1	2
80	145	500246	1302270	LRTX	Trung binh	2390	578	359	172	632	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
81	146	477047	1294173	LRTX	Phuc hoi	1980	160	96	46	170	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
83	151	484141	1294950	LRTX	Phuc hoi	400	18	11	5	19	NA	NA	NA	NA	Go	1	4

Id	Ma.o	X	Y	Kieu.rung.thuc.te	Trang.thai.thuc.te	Nha	Mm3	TAGTB	TAGTC	TAGTC O2	Nloo	TAGB B	TAGB C	TAGBC O2	Kieu.rung.sau.cung	Ma.kie.u.rung	Ma.cap.M
84	152	51062 2	13103 62	Hon giao go lo o	Phuc hoi	940	152	95	45	167	2200	12	5	18	Go lo o	2	5
85	153	49823 6	13059 51	Lo o thuan	Lo o	NA	NA	NA	NA	NA	5700	30	13	46	Lo o	3	6
88	156	49798 0	13116 66	Hon giao go lo o	Ngheo	500	240	155	74	273	1250 0	2	1	3	Go lo o	2	5
89	157	49044 3	13007 92	Hon giao go lo o	Ngheo	1060	266	173	83	304	1400	5	2	8	Go lo o	2	5
92	162	48311 0	13069 92	Hon giao go lo o	Trung binh	310	359	231	111	407	4000	38	16	59	Go lo o	2	5
93	163	48633 8	13091 65	LRTX	Trung binh	410	270	178	86	314	NA	NA	NA	NA	Go	1	2
94	164	48966 0	12898 52	Hon giao go lo o	Trung binh	1180	353	210	101	370	2000	13	5	20	Go lo o	2	5
95	166	50955 7	13097 53	Lo o thuan	Lo o	420	58	34	16	60	5200	29	12	44	Go lo o	2	5
96	167	50065 1	13061 86	Lo o thuan	Lo o	900	32	21	10	36	2900	5	2	7	Go lo o	2	5
97	168	49860 8	13060 75	Hon giao go lo o	Trung binh	590	387	260	125	458	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
98	169	50193 8	13088 74	Hon giao go lo o	Phuc hoi	2320	176	106	51	186	5400	14	6	21	Go lo o	2	5
100	171	50856 3	13068 43	Lo o thuan	Lo o	NA	NA	NA	NA	NA	5300	57	24	88	Lo o	3	6
101	172	49872 6	13108 01	Hon giao go lo o	Trung binh	630	262	171	82	301	2500	1	0	1	Go lo o	2	5
104	183	49026 5	13084 44	LRTX	Trung binh	920	374	234	112	412	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
105	184	51034 4	13122 08	Hon giao go lo o	Phuc hoi	600	39	24	11	42	4800	24	10	37	Go lo o	2	5

Id	Ma.o	X	Y	Kieu.rung. thuc.te	Trang.thai. thuc.te	Nha	Mm 3	TAGT B	TAGT C	TAGTC O2	Nloo	TAGB B	TAGB C	TAGBC O2	Kieu.run g. sau.cung	Ma. kie u. run g	Ma.cap. M
10 6	185	49994 1	13073 61	LRTX	Trung binh	1290	323	199	95	350	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
10 7	186	49347 7	12931 46	LRTX	Trung binh	410	296	179	86	315	NA	NA	NA	NA	Go	1	2
10 8	187	47329 5	12960 82	LRTX	Trung binh	900	430	256	123	451	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
10 9	188	48552 6	13030 59	LRTX	Phuc hoi	1740	181	107	51	188	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
11 0	189	47964 5	13035 21	Khai thac chuyen muc dich	Khong rung	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Khong rung	4	7
11 1	191	48392 4	13080 37	Rung da phat don	Khong rung	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Khong rung	4	7
11 2	192	48717 7	13086 43	LRTX	Trung binh	1460	344	213	102	375	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
11 3	194	49187 7	13050 44	Hon giao go lo o	Trung binh	1260	148	88	42	154	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
11 4	195	49147 9	13050 10	Rung trong sao xen lo o	Rung trong sao	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Khong rung	4	7
11 5	196	50718 7	13031 74	Rung trong thong	Rung trong thong	3740	175	114	53	196	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
11 6	197	50317 4	12994 34	Hon giao la rong la kim	Trung binh	2990	378	225	108	396	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
11 8	199	50826 8	13079 99	Hon giao go lo o	Phuc hoi	920	37	23	11	41	3900	18	7	27	Go lo o	2	5
11 9	200	50533 9	13027 92	Rung hon giao la rong la kim	Trung binh	1050	425	263	126	462	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
12 0	201	50784 4	13082 43	Lo o thuan	Lo o	400	12	8	4	13	6000	29	12	44	Go lo o	2	5

Id	Ma.o	X	Y	Kieu.rung.thuc.te	Trang.thai.thuc.te	Nha	Mm3	TAGTB	TAGTC	TAGTC O2	Nloo	TAGB B	TAGB C	TAGBC O2	Kieu.rung.sau.cung	Ma.kie.u.rung	Ma.cap.M
121	202	50309	13052	LRTX	Trung binh	1470	556	348	167	612	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
122	203	48817	12949	Hon giao go lo o	Phuc hoi	700	58	34	17	61	400	1	0	1	Go lo o	2	5
123	LB 1.1	78520	13040	LRTX	Trung binh	990	695	450	216	793	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
127	LB 1.5	78526	13044	LRTX	Trung binh	940	464	325	156	573	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
133	LB 1.11	79023	13103	LRTX	Ngheo	950	277	194	93	342	NA	NA	NA	NA	Go	1	2
134	LB 1.12	78391	13039	LRTX	Ngheo	1090	181	124	60	219	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
135	LL 1.1	80214	13032	LRLK	Ngheo	1760	355	237	114	418	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
137	LL 1.3	80220	13027	LRLK	Ngheo	1540	337	227	109	400	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
138	LL 1.4	80223	13029	LRLK	Trung binh	840	512	347	167	611	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
139	LL 1.5	80226	13036	LRLK	Trung binh	580	437	305	146	537	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
141	LL 1.7	80600	13009	LRLK	Ngheo	1180	359	248	119	436	NA	NA	NA	NA	Go	1	1

Phụ lục 3: Dữ liệu 42 ô mẫu (30% ô mẫu) được chọn ngẫu nhiên để thẩm định kết quả giải đoán ảnh

Id	Ma.o	X	Y	Kieu.rung. thuc.te	Trang.th ai. thuc.te	Nha	Mm3	TAGT B	TAGT C	TAGT CO2	Nloo	TAGB B	TAGB C	TAGB CO2	Kieu.run g. sau.cung	Ma.kie u. rung	Ma. cap. M
67	126.1	484492	1292586	LRTX	Trung binh	760	403	256	123	451	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
34	87	483587	1307053	Hon giao go lo o	Trung binh	690	320	194	93	342	5700	59	25	90	Go lo o	2	5
7	8	492470	1296144	LRTX	Trung binh	2250	750	471	226	830	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
36	90	486464	1311608	Hon giao go lo o	Ngheo	1180	309	186	89	328	3700	68	29	105	Go lo o	2	5
50	105	484302	1306236	LRTX	Trung binh	700	301	197	95	348	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
33	86	491551	1317488	Hon giao go lo o	Phuc hoi	600	39	24	11	42	5700	57	24	88	Go lo o	2	5
86	154	489793	1299896	LRTX	Phuc hoi	1200	53	33	16	58	NA	NA	NA	NA	Go	1	4
91	155	502576	1308290	Hon giao go lo o	Phuc hoi	1120	168	98	47	172	700	3	1	5	Go lo o	2	5
103	178	499619	1310962	Hon giao go lo o	Trung binh	250	317	223	107	393	1570 0	3	1	4	Go lo o	2	5
136	LL 1.2	802061	1302973	LRTX	Non	1460	138	90	43	159	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
128	LB 1.6	785455	1304641	LRTX	Trung binh	1310	382	259	124	457	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
10	13	486574	1302732	LRTX	Trung binh	670	517	332	159	585	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
126	LB 1.4	784298	1304898	LRTX	Trung binh	1160	260	176	84	310	NA	NA	NA	NA	Go	1	2

Id	Ma.o	X	Y	Kieu.rung. thuc.te	Trang.th ai. thuc.te	Nha	Mm3	TAGT B	TAGT C	TAGT CO2	Nloo	TAGB B	TAGB C	TAGB CO2	Kieu.run g. sau.cung	Ma.kie u. rung	Ma. cap. M
131	LB 1.9	784713	1304145	LRTX	Trung binh	510	585	422	203	744	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
99	170	502982	1308926	Hon giao go lo o	Phuc hoi	410	139	81	39	143	3000	24	10	37	Go lo o	2	5
60	117	476121	1301860	LRTX	Ngheo	1430	363	356	171	628	700	1	1	2	Go lo o	2	5
125	LB 1.3	784821	1304750	LRTX	Trung binh	1540	399	251	120	441	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
45	100	477865	1298387	LRTX	Phuc hoi	1370	196	117	56	205	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
14	17	488396	1300117	Lau say	Lau say	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Khong rung	4	7
12	15	490421	1301256	Hon giao go lo o	Phuc hoi	700	44	27	13	47	1660 0	26	11	40	Go lo o	2	5
124	LB 1.2	785156	1304422	LRTX	Trung binh	970	464	300	144	529	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
117	198	510843	1307084	LRTX	Trung binh	2440	314	185	89	325	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
1	1	493192	1302179	Hon giao go lo o	Trung binh	1410	599	394	189	694	3800	30	12	45	Go lo o	2	5
55	111	496255	1299644	LRTX	Ngheo	1550	291	180	86	317	NA	NA	NA	NA	Go	1	2
102	177	485906	1294026	Lua ray	Khong rung	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Khong rung	4	7
54	110	492493	1297280	LRTX	Trung binh	1210	899	655	315	1155	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
90	159	499213	1307573	Hon giao go lo o	Ngheo	1090	173	106	51	187	2900	9	4	14	Go lo o	2	5
42	97	474824	1299785	Hon giao go lo o	Trung binh	1500	445	303	146	534	1300	9	4	14	Go lo o	2	5
140	LL 1.6	806594	1301576	LRLK	Ngheo	1040	327	218	105	384	NA	NA	NA	NA	Go	1	1

Id	Ma.o	X	Y	Kieu.rung.thuc.te	Trang.thai.thuc.te	Nha	Mm3	TAGT B	TAGT C	TAGT CO2	Nloo	TAGB B	TAGB C	TAGB CO2	Kieu.rung.sau.cung	Ma.kieu.rung	Ma.cap.M
35	88	472377	1294211	Hon giao go lo o	Phuc hoi	600	109	70	33	123	2400	12	5	19	Go lo o	2	5
129	LB 1.7	785260	1304049	LRTX	Trung binh	810	636	461	221	812	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
31	74	486571	1306205	LRTX	Trung binh	800	638	425	204	749	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
20	27	486843	1294647	LRTX	Phuc hoi	2400	110	68	33	120	NA	NA	NA	NA	Go	1	3
46	101	496691	1314444	Lo o thuan	Lo o	NA	NA	NA	NA	NA	6100	32	13	49	Lo o	3	6
65	124	473651	1301102	Trang co day leo	Khong rung	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Khong rung	4	7
2	3	493976	1297173	LRTX	Trung binh	2050	522	307	147	541	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
82	147	492026	1295694	LRTX	Trung binh	2460	535	314	150	552	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
62	121	473932	1297829	Hon giao go lo o	Ngheo	1120	94	57	27	100	1100	6	2	9	Go lo o	2	5
130	LB 1.8	784697	1303445	LRTX	Trung binh	520	585	422	203	744	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
38	93	487096	1305413	LRTX	Trung binh	1440	500	336	161	591	NA	NA	NA	NA	Go	1	1
87	155	473794	1293824	Lo o thuan	Lo o	120	13	8	4	14	4200	27	11	42	Go lo o	2	5
132	LB 1.10	790237	1309753	LRTX	Trung binh	840	313	219	105	386	NA	NA	NA	NA	Go	1	1

Phụ lục 4: Kết quả xây dựng tương quan H/DBH

Nonlinear Regression - H

Dependent variable: H

Independent variables:

DBH

Weight variable: 1/DBH^{0.6}

Function to be estimated: $1.3 + a*(1 - \exp(-b*DBH^c))$

Initial parameter estimates:

a = 200.0

b = 0.1

c = 1.0

Estimation method: Marquardt

Estimation stopped due to convergence of residual sum of squares.

Number of iterations: 7

Number of function calls: 32

Estimation Results

			Asymptotic	95.0%
			Confidence	Interval
Parameter	Estimate	Standard Error	Lower	Upper
a	28.8081	1.36512	26.1251	31.4911
b	0.0371111	0.00497434	0.0273345	0.0468877
c	1.04268	0.0644122	0.916083	1.16928

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	22588.0	3	7529.34
Residual	1196.86	437	2.73881
Total	23784.9	440	
Total (Corr.)	4434.96	439	

R-Squared = 73.013 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 72.8895 percent

Standard Error of Est. = 1.65494

Mean absolute error = 3.0322

Durbin-Watson statistic = 1.22909

Lag 1 residual autocorrelation = 0.383463

Residual Analysis

	Estimation	Validation
n	440	
MSE	2.73881	
MAE	3.0322	
MAPE	22.2495	
ME	0.0209563	
MPE	-6.93902	

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a nonlinear regression model to describe the relationship between H and 1 independent variables. The equation of the fitted model is

$$H = 1.3 + 28.8081*(1 - \exp(-0.0371111*DBH^{1.04268}))$$

In performing the fit, the estimation process terminated successfully after 7 iterations, at which point the estimated coefficients appeared to converge to the current estimates.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 73.013% of the variability in H. The adjusted R-Squared statistic, which is more suitable for comparing models with different numbers of independent variables, is 72.8895%. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 1.65494. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu. The mean absolute error (MAE) of 3.0322 is the average value of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic tests the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they occur in your data file.

The output also shows asymptotic 95.0% confidence intervals for each of the unknown parameters. These intervals are approximate and most accurate for large sample sizes. You can determine whether or not an estimate is statistically significant by examining each interval to see whether it contains the value 0. Intervals covering 0 correspond to coefficients which may well be removed from the model without hurting the fit substantially.