

VẤN ĐỀ XÁC ĐỊNH SINH KHỐI VÀ TRỮ LƯỢNG RỪNG TỪ ẢNH VỆ TINH

Phạm Văn Duẩn¹, Vũ Thị Thìn²

¹ThS. Trường Đại học Lâm nghiệp

²KS. Trường Đại học Lâm nghiệp

TÓM TẮT

Ảnh vệ tinh là một trong những nguồn dữ liệu quan trọng cho xác định trữ lượng/sinh khối rừng trên những quy mô khác nhau. Mặc dù đã được sử dụng để xác định trữ lượng/sinh khối rừng ở nhiều nơi trên thế giới, các thuật toán tham số và phi tham số đã được phát triển ứng dụng để tính toán, nhưng đến nay chưa có thuật toán nào được coi là tối ưu có thể sử dụng để xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh cho mọi khu vực trên thế giới. Xác định sinh khối/trữ lượng rừng sử dụng công nghệ viễn thám là công việc bao gồm nhiều bước: thu thập số liệu thực địa, tính toán sinh khối/trữ lượng thực địa, lựa chọn tư liệu ảnh vệ tinh, lựa chọn biến từ ảnh, lựa chọn thuật toán thích hợp, đánh giá độ chính xác của kết quả xác định sinh khối/trữ lượng rừng. Điều quan trọng được các nhà khoa học kết luận khi nghiên cứu về vấn đề này là phải xác định các yếu tố chính gây ra sai số và những giải pháp giảm bớt sai số nhằm phát triển một mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng tối ưu cho một khu vực nghiên cứu cụ thể.

Từ khoá: Ảnh vệ tinh, Sinh khối rừng, trữ lượng rừng, viễn thám.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi sản phẩm từ rừng (chủ yếu là sản phẩm gỗ) được xem như đối tượng của việc trao đổi, mua bán thì nhu cầu xác định trữ lượng/sinh khối rừng ra đời. Trong giai đoạn đầu, trữ lượng/sinh khối rừng được xác định bằng phương pháp điều tra trên mặt đất. Trong khoảng hơn 30 năm trở lại đây, ảnh vệ tinh với phương pháp xử lý số đã được sử dụng rộng rãi phục vụ công tác điều tra, kiểm kê và xác định trữ lượng/sinh khối rừng trên thế giới. Do vậy, hiện nay để xác định trữ lượng/sinh khối rừng, trên thế giới song song tồn tại 2 phương pháp chính: Phương pháp điều tra trên mặt đất và phương pháp sử dụng tư liệu viễn thám. Phương pháp sử dụng công nghệ viễn thám để xác định sinh khối/trữ lượng rừng có ưu điểm nổi bật là thời gian xử lý ngắn, việc phân loại các đối tượng được tiến hành nhanh chóng trên phạm vi rộng, công việc được thực hiện dựa vào cấp độ xám hoặc giá trị phổ của các pixel, nên kết quả thu được khách quan ít phụ thuộc vào chủ quan của người giải đoán.

Hiện nay có nhiều vệ tinh cung cấp ảnh có độ phân giải không gian, phân giải phổ, số

lượng kênh phổ và chu kỳ bay chụp khác nhau, từ các ảnh đa phổ (multispectral sensors) tới ảnh siêu phổ (hyperspectral), bước sóng biến động từ nhìn thấy tới sóng siêu cao tần, độ phân giải không gian từ dưới 1m tới vài km, chu kỳ bay chụp có thể từ hàng ngày tới hàng tuần hoặc hàng tháng làm cho công tác xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh càng trở nên nhanh chóng và thuận tiện hơn.

Bài báo này là sự tổng hợp, biên dịch, đánh giá các kết quả nghiên cứu về vấn đề xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh vệ tinh.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mục tiêu nghiên cứu

Tổng hợp và đánh giá những nghiên cứu về vấn đề xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh vệ tinh.

2.2. Vật liệu nghiên cứu

Để thực hiện nghiên cứu này, tác giả sử dụng kết quả của các bài báo và công trình của các nhà khoa học đã công bố về vấn đề xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh vệ tinh làm vật liệu nghiên cứu.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo được thực hiện chủ yếu thông qua phương pháp và kỹ thuật tra cứu tài liệu tham khảo trong nước và thế giới, phương pháp và kỹ thuật phân tích so sánh, phân tích quan hệ nhân - quả, phân tích tổng hợp, phân tích chuyên gia. Trong đó tập trung vào 5 vấn đề quan trọng:

- Đánh giá ảnh hưởng của việc thu thập dữ liệu xác định sinh khối/trữ lượng rừng tại hiện trường đến xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh: Tác giả tìm hiểu các phương pháp thường sử dụng để xác định sinh khối/trữ lượng rừng tại thực địa, từ đó tổng hợp và đánh giá ưu, nhược điểm của từng phương pháp.

- Đánh giá về việc lựa chọn ảnh và các biến tiềm năng trên ảnh vệ tinh có liên hệ với sinh khối/trữ lượng rừng: Từ các công trình nghiên cứu đã công bố, tác giả phân tích các loại ảnh thường được sử dụng để xác định sinh khối/trữ lượng rừng trên thế giới. Trong từng loại ảnh sẽ tìm hiểu về các kiểu biến tiềm năng hay được các nhà khoa học sử dụng trong mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng. Nhằm cung cấp đến độc giả cái nhìn chung nhất về việc lựa chọn ảnh và các biến tiềm năng trên ảnh vệ tinh để xây dựng mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng.

- Xác định các thuật toán phù hợp cho mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng: Sử dụng phương pháp thống kê, phân tích tổng hợp để xác định đặc điểm, ưu, nhược điểm của từng thuật toán đã được áp dụng để xác định sinh khối/trữ lượng rừng trên thế giới.

- Đánh giá độ chính xác của các mô hình xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh vệ tinh: Tập trung vào việc xác định phương pháp mà các nghiên cứu trước đây sử dụng để đánh giá

độ chính xác của việc xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh và các nhân tố ảnh hưởng đến độ chính xác này từ đó bằng phương pháp phân tích tổng hợp, phân tích quan hệ nhận quả để đưa ra các kết luận cần thiết.

- Tác động của quy mô khu vực nghiên cứu đến xác định sinh khối/trữ lượng rừng: Tác giả tổng hợp và phân tích làm rõ vấn đề quy mô khu vực nghiên cứu ảnh hưởng đến việc xác định sinh khối/trữ lượng rừng theo chiều hướng như thế nào? Từ đó bằng phương pháp phân tích chuyên gia để đưa ra các khuyến nghị cần thiết về vấn đề này.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Nghiên cứu sử dụng ảnh vệ tinh để xác định trữ lượng/sinh khối rừng trên thế giới được áp dụng trong khoảng 30 năm trở lại đây. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu được thực hiện tại vùng ôn đới do rừng tại vùng này có cấu trúc và thành phần loài cây tương đối đơn giản, độ đồng nhất của tán rừng khá cao (Trotter et al 1997, Wu et al 1994). Tại vùng nhiệt đới ẩm, do cấu trúc phức tạp và thành phần loài cây đa dạng khiến cho việc xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh khó khăn hơn, kết quả xác định sinh khối/trữ lượng gặp phải sai số lớn nhất trong trường hợp rừng bị khai thác chọn hoặc tái sinh sau khai thác (Foody et al 2003, Lu 2006, Lucas et al 1998). Theo Fang et al 1998, Brown et al 1989, Lehtonen et al 2004, Wang et al 2011, giữa trữ lượng và sinh khối có thể chuyển đổi cho nhau bằng các phương trình xác định. Vì vậy, các nghiên cứu xác định sinh khối hoặc trữ lượng rừng từ ảnh vệ tinh được coi là có giá trị như nhau.

Theo các kết quả nghiên cứu, xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh vệ tinh là công việc bao gồm nhiều bước. Từ thiết kế và thu thập số liệu xác định sinh khối/trữ lượng rừng tại thực

địa, lựa chọn các biến tiềm năng và các biến tối ưu trên ảnh có liên hệ với sinh khối/trữ lượng rừng, lựa chọn thuật toán thích hợp, đánh giá sai số giải đoán và ảnh hưởng của quy mô khu vực nghiên cứu đến kết quả xác định sinh khối/trữ lượng rừng.

3.1. Ảnh hưởng của việc thu thập dữ liệu xác định sinh khối/trữ lượng rừng tại hiện trường đến xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh

Để xây dựng được các mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh vệ tinh tại một khu vực cụ thể cần phải biết được quy luật hoặc mối liên hệ giữa các chỉ tiêu trên ảnh hoặc phi ảnh với trữ lượng/sinh khối rừng hiện tại ở khu vực đó. Muốn biết quy luật hoặc mối liên hệ này lại cần phải có: (1) Sinh khối/trữ lượng rừng thực tế trên các ô mẫu và (2) Giá trị của các chỉ tiêu trên ảnh hoặc phi ảnh tại vị trí tương ứng. Sau đó xác lập mối quan hệ giữa (1) và (2) bằng các thuật toán tham số hoặc phi tham số để đưa ra quy luật. Quy luật này được dùng để xác định sinh khối/trữ lượng rừng cho toàn khu vực thông qua các chỉ tiêu trên ảnh và/hoặc phi ảnh. Vì vậy, số liệu về sinh khối/trữ lượng rừng xác định trực tiếp thông qua các ô mẫu tại thực địa là căn cứ rất quan trọng để xây dựng nên các mô hình cho phép xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh. Công

việc quan trọng đầu tiên nhằm thu thập số liệu tại thực địa là thiết kế: Số lượng, vị trí và kích thước của ô mẫu.

Để thiết kế hệ thống ô mẫu tại thực địa đáp ứng yêu cầu thường phải quan tâm đến các nội dung sau: 1) Diện tích của khu vực cần xác định trữ lượng/sinh khối rừng; 2) Diện tích cần phải thu thập mẫu; 3) Diện tích của ô mẫu đo đếm tại thực địa; 4) Sự phân bố của các ô mẫu trên đối tượng điều tra. Trong đó, diện tích của khu vực thường biết trước. Từ diện tích của khu vực nghiên cứu thông qua các tiêu chuẩn, quy phạm, thống kê toán học sẽ xác định được diện tích cần phải thu thập mẫu nhằm đảm bảo chất lượng của công tác giải đoán. Từ diện tích cần thu thập mẫu và diện tích của ô đo đếm tại thực địa sẽ xác định được số lượng ô cần đo đếm. Sau khi xác định được số lượng ô mẫu cần đo đếm cần phải xác định vị trí của ô đo đếm trên đối tượng điều tra. Công việc này rất quan trọng vì nó quyết định đến tính đại diện của ô đo đến cho đối tượng điều tra. Bố trí ô đo đếm đại diện cho đối tượng điều tra sẽ làm cho quá trình giải đoán xác định sinh khối/trữ lượng rừng chính xác và ngược lại. Để xác định vị trí ô đo đếm trên đối tượng điều tra thường sử dụng một trong các phương pháp: (1) Lấy mẫu ngẫu nhiên; (2) Lấy mẫu hệ thống; (3) Lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng.

Bảng 3.1. Một số phương pháp thu thập số liệu tại hiện trường phục vụ xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh vệ tinh

Phương pháp	Đặc điểm của phương pháp	Ưu điểm	Nhược điểm	Ghi chú
Chặt hạ và đo đếm trực tiếp	Toàn bộ cây trong ô tiêu chuẩn được chặt hạ và đo đếm để xác định sinh khối/trữ lượng rừng	Là phương pháp chính xác nhất và thường là số liệu đầu vào để xây dựng các mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng tại thực địa	Mẫu bị phá hoại và tổn rất nhiều thời gian, công sức và tiền của. Thường chỉ áp dụng được cho các khu vực nhỏ.	Klinge et al, 1975

Phương pháp	Đặc điểm của phương pháp	Ưu điểm	Nhược điểm	Ghi chú
Sử dụng các mô hình hoặc số liệu có sẵn để xác định	- Sử dụng các mô hình hồi quy tuyến tính hoặc phi tuyến đã xây dựng cho từng loài cây hoặc từng trạng thái rừng dựa trên các mối quan hệ giữa sinh khối/trữ lượng với: đường kính, chiều cao và/hoặc mật độ tại khu vực nghiên cứu. - Sử dụng số liệu điều tra thực địa về đường kính, chiều cao và/hoặc mật độ đã được thu thập kết hợp với số liệu tự thu thập tại khu vực nghiên cứu để xác định sinh khối/trữ lượng rừng.	Có thể kế thừa được các kết quả đã nghiên cứu hoặc các kết quả đã đo đạc hiện trường tại khu vực	- Không phải tất cả các loài cây (Rừng trồng) đều có những mô hình này. - Điều kiện môi trường và khí hậu nhiều khi ảnh hưởng lớn đến kết quả do số liệu không được đo đạc cùng một thời điểm.	Overman et al, 1994; Nelson et al, 1999; Henry et al, 2010; Chave et al, 2014
Chuyển đổi giữa sinh khối và trữ lượng rừng	Giữa sinh khối và trữ lượng rừng (cây gỗ) có thể được chuyển đổi cho nhau bằng các phương trình và hệ số xác định.	Nhiều ô mẫu đã thiết lập để xác định trữ lượng rừng có thể được sử dụng để xác định sinh khối và ngược lại	Thành phần loài cây, điều kiện môi trường có thể ảnh hưởng đến kết quả xác định.	Brown và Lugo, 1984; Brown et al, 1989; Segura và Kanninen 2005

Theo các nhà khoa học, thu thập số liệu tại hiện trường là phương pháp chính xác nhất để có được dữ liệu về trữ lượng/sinh khối rừng. Ngoài việc chặt hạ và đo đếm trực tiếp, phương pháp này thường xác định sinh khối/trữ lượng rừng thông qua các thông tin đo đạc không cần tác động vào đối tượng rừng như: Đường kính ($D_{1.3}$), chiều cao cây (H), và/hoặc mật độ (N) (Overman et al 1994; Chave et al 2014). Nhiều mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ số liệu điều tra ô mẫu tại thực địa đã được phát triển dựa trên sự kết hợp khác nhau của ba thông số nêu trên thông qua các dạng phương trình hồi quy tuyến tính hoặc phi tuyến (Saldarriaga et al 1988, Overman et al 1994, Parresol 1999, Segura và Kanninen 2005, Seidel et al 2011, McRoberts và Westfall 2014). Khi mô hình có sẵn (kế thừa từ các nghiên cứu trước) được sử dụng cho việc xác định sinh khối/trữ lượng rừng

thực địa, cần xem xét thêm các điều kiện: Đất, mật độ cây, lịch sử sử dụng đất và khí hậu... vì những nhân tố này có thể ảnh hưởng đến sự phát triển của đường kính và chiều cao cây, do đó ảnh hưởng đến sinh khối cũng như trữ lượng của cây. Sử dụng không đúng cách các mô hình xác định trữ lượng hoặc sinh khối rừng thông qua đo đếm trên ô mẫu có thể dẫn đến những sai số lớn trong xác định các nhân tố này trên ảnh sau này (Clark và Kellner 2012).

3.2. Các đánh giá về việc lựa chọn ảnh và các biến tiềm năng trên ảnh vệ tinh có liên hệ với sinh khối/trữ lượng rừng

3.2.1. Các đánh giá về lựa chọn loại ảnh nhằm xác định sinh khối/trữ lượng rừng

Theo Lu 2006, Luther et al 2006, Fuchs et al 2009, Lu et al 2012, Song 2013, Du et al 2014, các loại ảnh vệ tinh quang học: Landsat, SPOT, ASTER, CBERS, QuickBird, MODIS, AVHRR... có thể sử dụng để xác định sinh

khối/trữ lượng rừng. Điều quan trọng là sử dụng các kỹ thuật thích hợp để trích xuất các biến cho mô hình xác định sinh khối/trữ lượng.

Ảnh Radar là dữ liệu tốt cho xác định sinh khối/trữ lượng rừng vì sóng radar có khả năng xuyên vào tán rừng đến một độ sâu nhất định, nhạy cảm với hàm lượng nước trong thực vật và đặc biệt là độc lập với thời tiết (Dobson et al 1995, Kasischke et al 1997, Huang và Chen 2013). Tính năng độc lập với thời tiết làm cho ảnh radar được áp dụng nhiều hơn để xác định sinh khối/trữ lượng rừng tại vùng nhiệt đới nơi thường xuyên có mây mù bao phủ rất khó chụp được ảnh quang học có chất lượng tốt. Các kỹ thuật hồi quy dựa trên giá trị tán xạ ngược (Santos et al 2002, Sandberg et al 2011, Rahman và Sumantyo 2013) và các kỹ thuật giao thoa (Balzter et al 2007) thường được sử dụng trong xác định sinh khối/trữ lượng rừng bằng ảnh radar. Tuy nhiên, trong khu vực nghiên cứu với cấu trúc lâm phần phức tạp, độ bão hòa trong dữ liệu radar là vấn đề gây trở ngại khi giá trị tán xạ ngược được sử dụng để xác định sinh khối/trữ lượng rừng (Lucas et al 2007, Solberg et al 2010).

Ảnh lidar có thể cung cấp các thông tin chiều cao, đường kính tán cây, đường kính thân cây... dẫn đến việc xác định sinh khối/trữ lượng rừng tốt hơn so với ảnh quang học hoặc ảnh radar (Clark et al 2011; Bergen et al 2009). Tuy nhiên, khó khăn lớn nhất khi sử dụng ảnh

loại ảnh này là giá thành cao và thường không có sẵn.

Như vậy, mỗi loại ảnh quang học, radar, lidar đều có những ưu, nhược điểm riêng do đó việc kết hợp chúng với nhau có thể cải thiện độ chính xác của việc xác định sinh khối/trữ lượng rừng (Walker et al 2007; Kellndorfer et al 2010).

3.2.2. Lựa chọn các biến tiềm năng trên ảnh có liên hệ với sinh khối/trữ lượng rừng

Nhiều biến xác định từ ảnh vệ tinh đã được sử dụng trong mô hình xác định sinh khối hoặc trữ lượng rừng. Tuy nhiên, không phải tất cả các biến đều hữu ích trong việc xây dựng mô hình xác định các chỉ tiêu này (Lu 2006).

Các phương pháp khác nhau có thể được sử dụng để xác định các biến phù hợp cho mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng như: (1) Xác định các biến dựa trên kiến thức chuyên môn và kinh nghiệm trong lĩnh vực nghiên cứu cụ thể; (2) Lựa chọn các biến có tương quan mạnh với sinh khối hoặc trữ lượng; (3) Sử dụng phân tích hồi quy từng bước để xác định các biến sử dụng trong mô hình hồi quy; (4) Kết hợp các chỉ số xác định từ các loại ảnh khác nhau tại cùng một khu vực vào một tập tin và xác định các biến mới, sau đó sử dụng một số giới hạn các biến ban đầu cho mô hình ước lượng sinh khối; và (5) Sử dụng các thuật toán ngẫu nhiên để xếp hạng tầm quan trọng của các biến xác định sinh khối/trữ lượng rừng.

Bảng 3.2. Các biến tiềm năng trên ảnh vệ tinh thường được sử dụng trong mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng

Thể loại	Kiểu biến sử dụng	Mô tả biến	Ghi chú
Ảnh vệ tinh quang học	Giá trị phản xạ phổ của đối tượng trên ảnh	Biến là giá trị phổ của từng band ảnh, chỉ số thực vật, giá trị phổ sau chuyển đổi ảnh	Foody et al, 2003; Zheng et al, 2004
	Đặc điểm không gian của đối tượng trên ảnh	Biến là các chỉ tiêu về cấu trúc ảnh và giá trị phổ của đối tượng sau phân đoạn ảnh	Lu et al, 2005
	Kết hợp giữa giá trị phản xạ phổ và đặc điểm không gian của đối tượng trên ảnh	Sử dụng kết hợp: Giá trị phổ của từng band ảnh, chỉ số thực vật, giá trị phổ sau chuyển đổi ảnh, các chỉ tiêu cấu trúc ảnh, giá trị phổ sau phân đoạn... làm biến đầu	Lu, 2005; Lu et al, 2012

Thể loại	Kiểu biến sử dụng	Mô tả biến	Ghi chú
		vào để xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh.	
Ảnh siêu cao tần	Ảnh Radar	Các biến sử dụng như: Hệ số tán xạ ngược, cấu trúc ảnh, chỉ số giao thoa SAR, chỉ số phân cực SAR...	Mitchard et al, 2011; Nafised et al, 2011; Saatchi et al, 2011; Carreiras et al, 2012; Sarker et al, 2012
Tích hợp ảnh quang học và siêu cao tần	Trộn ảnh của các cảm biến khác nhau để tạo ra một ảnh chung	Sử dụng phương pháp kết hợp ảnh (Fussion) để trộn ảnh của các cảm biến khác nhau (ví dụ trộn ảnh Landsat và ảnh radar) để tạo ra ảnh có tính năng của cả 2 loại ảnh đầu vào sử dụng các biến trên ảnh đầu ra này để xác định sinh khối/trữ lượng rừng.	Chen, 2013; Montesano et al, 2013
	Kết hợp các loại ảnh như các biến khác nhau	Ảnh của các loại cảm biến được sử dụng như các biến đầu vào để xác định sinh khối/trữ lượng rừng theo vị trí. Theo phương pháp này, tại một vị trí nhất định, người ta xác định giá trị các loại ảnh theo chỉ tiêu cho trước và sử dụng chúng làm biến đầu vào để xác định sinh khối/trữ lượng cho vị trí đó.	Nelson et al, 2009; Chen et al, 2012; Selkowitz et al, 2012; Vaglio Laurin et al, 2014

Các kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, hầu hết các mô hình ước lượng sinh khối chỉ thích hợp cho các khu vực nghiên cứu cụ thể mà các mô hình đang phát triển và rất khó áp dụng cho các khu vực khác do ảnh hưởng của môi trường trên dữ liệu viễn thám.

3.3. Xác định các thuật toán phù hợp cho mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng

Rất nhiều kỹ thuật (thuật toán) đã được phát triển cho việc xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh, chúng có thể được chia thành hai loại lớn: thuật toán tham số và thuật toán phi tham số.

Thuật toán tham số giả định rằng mối quan hệ giữa biến phụ thuộc (Sinh khối hoặc trữ lượng) và biến độc lập có nguồn gốc từ dữ liệu ảnh vệ tinh (Giá trị phản xạ phổ Band, chỉ số thực vật...) có thể được mô hình hóa bằng các mô hình hồi quy tuyến tính đơn biến, đa biến hoặc hàm phi tuyến. Tuy nhiên, sinh khối

thường có mối quan hệ phi tuyến với các biến độc lập trên ảnh vệ tinh. Do đó, các mô hình phi tuyến như hàm số mũ (Næsset et al 2011, Chen et al 2012); hàm logarit (McRoberts et al 2013) thường được sử dụng để xác định sinh khối/trữ lượng rừng.

Trong thực tế, các mối quan hệ giữa sinh khối/trữ lượng rừng và các biến độc lập xác định từ ảnh vệ tinh thường rất phức tạp. Ngược lại, các thuật toán phi tham số không ấn định trước một cách rõ ràng cấu trúc mô hình vì vậy nó có tính linh hoạt hơn. Do tính linh hoạt của các thuật toán phi tham số nên chúng được đánh giá là chuyên nghiệp hơn trong việc tạo ra các mô hình xác định sinh khối/trữ lượng cho các đối tượng rừng có cấu trúc phức tạp. Các thuật toán phi tham số thường gặp bao gồm: Thuật toán láng giềng gần nhất (K-NN), mạng lưới nơtron (ANN), thuật toán cây hồi

quy (Regression tree), thuật toán rừng ngẫu nhiên (Random forest), thuật toán SVM... (Moisen và Frescino 2002, Lu 2006, Powell et al 2010, Saatchi et al 2011, Song 2013).

Bảng 3.3. Một số thuật toán phi tham số thường được sử dụng để xác định sinh khối/trữ lượng rừng

Thuật toán	Mô tả thuật toán	Ưu điểm	Nhược điểm	Ghi chú
Láng giềng gần nhất K-nearest neighbor (K-NN)	Giá trị (sinh khối/trữ lượng rừng) tại một điểm nhất định được dự báo là trung bình có trọng số giá trị này của k điểm xung quanh bằng phương pháp nghịch đảo khoảng cách	Đơn giản, có thể sử dụng để dự đoán cho nhiều loại biến khác nhau	Lựa chọn được các biến dự báo đúng tốn nhiều thời gian	Chirici et al, 2008; McRoberts, 2012
Mạng lưới Neuron Artificial neural network (ANN)	Là mô hình trong đó giá trị đầu ra được kết nối với các biến đầu vào thông qua mạng lưới (mẫu – kết quả) được huấn luyện từ trước	ANN cung cấp giải pháp mạnh mẽ xác định giá trị đối với các vấn đề phức tạp do có tính phổ quát cao và không cần giả định về mối quan hệ giữa giá trị xác định và biến đầu vào	Cần một số lượng ô mẫu tương đối lớn để huấn luyện mẫu khi sử dụng mô hình	Foody et al, 2001
Cây hồi quy Regression tree	Chia mô hình xác định sinh khối/trữ lượng rừng thành mạng lưới hình cây theo các điều kiện, đảm bảo sự đồng nhất cao hơn dự trên lý thuyết về cây hồi quy. Sau đó, xác định giá trị sinh khối/trữ lượng rừng cho từng nhánh của cây	Mô hình cung cấp dữ liệu đầu ra dễ hiểu, dễ áp dụng	Nếu dữ liệu có sự thay đổi thì mô hình cũng phải thay đổi theo cho phù hợp nên phụ thuộc nhiều vào nguồn dữ liệu	Hese et al, 2005; Saatchi et al, 2007
Rừng ngẫu nhiên Random forest	Một số lượng lớn các cây hồi quy được xác định hoàn toàn ngẫu nhiên từ các biến đầu vào (có thể là biến liên tục hoặc rời rạc) để xác định giá trị đầu ra. Các giá trị đầu ra sau đó được xác định bằng trung bình cộng kết quả đầu ra từ tất cả các cây hồi quy	Giảm được những nhiễu loạn của dữ liệu đầu vào, do đó có xu hướng đạt độ chính xác cao hơn so với phương pháp cây hồi quy đơn thuần	Phải xử lý khối lượng công việc nhiều hơn gấp nhiều lần so với phương pháp cây hồi quy	Baccini et al, 2008; Eskelson et al, 2009; Vauhkonen et al, 2010; Avitabile et al, 2012; Hudak et al, 2012; Pflugmacher et al, 2014; Tanase et al, 2014

Nhằm xác định một thuật toán tối ưu, nhiều nghiên cứu đã tiến hành phân tích so sánh các thuật toán khác nhau bao gồm cả thuật toán tham số và phi tham số để xác định thuật toán

thích hợp nhất cho việc thiết lập mô hình ước lượng sinh khối hoặc trữ lượng thảm thực vật (Moisen và Frescino 2002, Labrecque et al 2006, Baccini et al 2008, Goetz et al 2009, Latifi et al 2010). Tuy nhiên, do số lượng ô mẫu hạn chế nên việc so sánh này chưa đưa ra được hiệu quả rõ rệt. Vì vậy, việc xác định các thuật toán khác nhau ảnh hưởng đến hiệu quả xác định sinh khối/trữ lượng rừng hầu như vẫn đang bị bỏ ngỏ.

3.4. Đánh giá độ chính xác của các mô hình xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh vệ tinh

Xác định sai số của các phương pháp ước tính sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh vệ tinh có tầm quan trọng đặc biệt và đã được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu (Gahegan và Ehlers 2000, Crosetto et al 2001, Wang et al 2009, Gonzalez et al 2010, Olofsson et al 2013, Rocchini et al 2013, Montesano et al 2014, Zhang et al 2014). Hiện nay, có 2 phương pháp chính được sử dụng rộng rãi trên thế giới để đánh giá sai số xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh vệ tinh.

Phương pháp thứ nhất, một tập hợp các ô mẫu được thiết kế theo một trong các phương pháp: lấy mẫu ngẫu nhiên, lấy mẫu hệ thống hoặc lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng. Sau khi đã thiết kế được hệ thống vị trí ô mẫu, tiến hành điều tra thu thập số liệu trên các ô mẫu nhằm xác định chính xác sinh khối/trữ lượng rừng tại thực địa. Các ô mẫu thu được sau đó được chia thành tập con bằng phương pháp chọn ngẫu nhiên: một tập con được sử dụng để xây dựng mô hình (*Nội dung 3.1*) và một tập con được sử dụng để đánh giá độ chính xác. Hai tập hợp con này được chọn ngẫu nhiên từ một tập hợp các ô mẫu ban đầu vì vậy có thể có ô mẫu

trùng nhau. Ưu điểm của phương pháp này là số lượng ô mẫu cần lấy tại thực địa ít sẽ làm giảm chi phí thu thập dữ liệu. Tuy nhiên, cả hai tập con được lấy ngẫu nhiên từ tập ban đầu nên nhiều ô mẫu có thể trùng nhau có thể dẫn đến sự đánh giá quá cao về độ chính xác.

Phương pháp thứ hai, một tập hợp các ô mẫu được thiết kế và thu thập tại thực địa theo phương pháp thứ nhất. Các ô mẫu thu được sau đó được đánh số từ 1 đến hết và chia thành 2 phần: 1) Sử dụng phương pháp chọn ngẫu nhiên phân tầng để chọn ra các ô mẫu sử dụng để xây dựng mô hình (*Thường chọn ra khoảng 75% số ô mẫu ban đầu*); 2) Các ô mẫu còn lại (*khoảng 25%*) được sử dụng để đánh giá độ chính xác của kết quả. Với phương pháp này, về mặt lý thuyết đáng tin cậy hơn so với phương pháp thứ nhất, nhưng làm tăng chi phí do phải điều tra thu thập số lượng ô mẫu nhiều hơn (*Ngoài số lượng ô mẫu như nội dung 3.1 cần phải điều tra thêm hơn 25% số ô để đánh giá độ chính xác*).

Sự hiểu biết về nguồn gốc gây nên sai số là rất quan trọng để nâng cao chất lượng công tác xác định sinh khối/trữ lượng rừng. Nhiều tác giả đã nghiên cứu nguồn gây ra sai số trong xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh vệ tinh. Theo đó, sai số của ước lượng sinh khối/trữ lượng rừng có thể thay đổi từ 5% đến 30%, tùy thuộc vào các hệ sinh thái rừng, đặc điểm địa hình, dữ liệu thực địa, độ phân giải không gian của ảnh, phương pháp sử dụng... (Chen et al 2000, Heath và Smith 2000, Keller et al 2001, Chave et al 2004, Saatchi et al 2007, Nabuurs et al 2008, Asner et al 2009, 2011, Mascaro et al 2011).

Keller và cộng sự đã nghiên cứu nguồn sai

số do lấy mẫu và thấy rằng nguồn chính gây ra sai số là việc lựa chọn các mô hình hồi quy để xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ các chỉ tiêu đo đếm tại thực địa như: đường kính ($D_{1.3}$), chiều cao cây (H), và/hoặc mật độ (N) và sai số do việc đo đếm các chỉ tiêu này tại thực tế (Keller et al 2001).

Việc lựa chọn các mô hình hồi quy để thiết lập mối quan hệ giữa sinh khối/trữ lượng rừng với các chỉ tiêu trên ảnh hoặc phi ảnh nhằm xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh vệ tinh có thể cho sai số đến 20% (Saatchi et al 2007).

Độ chính xác của xác định sinh khối/trữ lượng rừng cũng phụ thuộc vào kích thước của ô mẫu. Keller et al (2001) đã chứng minh rằng độ chính xác xác định sinh khối/trữ lượng rừng có thể tăng 10% khi kích thước của ô mẫu tăng từ 0,25 ha lên 1 ha. Chave et al (2004) đã nghiên cứu mối quan hệ giữa độ chính xác của các ước tính sinh khối rừng và kích thước của ô mẫu tại rừng nhiệt đới và chỉ ra rằng ô mẫu nên có kích thước lớn hơn 0,25 ha. Mascaro et al (2011) cũng cho thấy sai số ước lượng sinh khối rừng đã giảm tới 38% khi kích thước ô mẫu tăng từ 0,36 ha lên 1 ha.

Độ phân giải không gian, ảnh hưởng của điều kiện khí quyển, công tác nắn chỉnh hình học ảnh cũng ảnh hưởng đến độ chính xác của xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh.

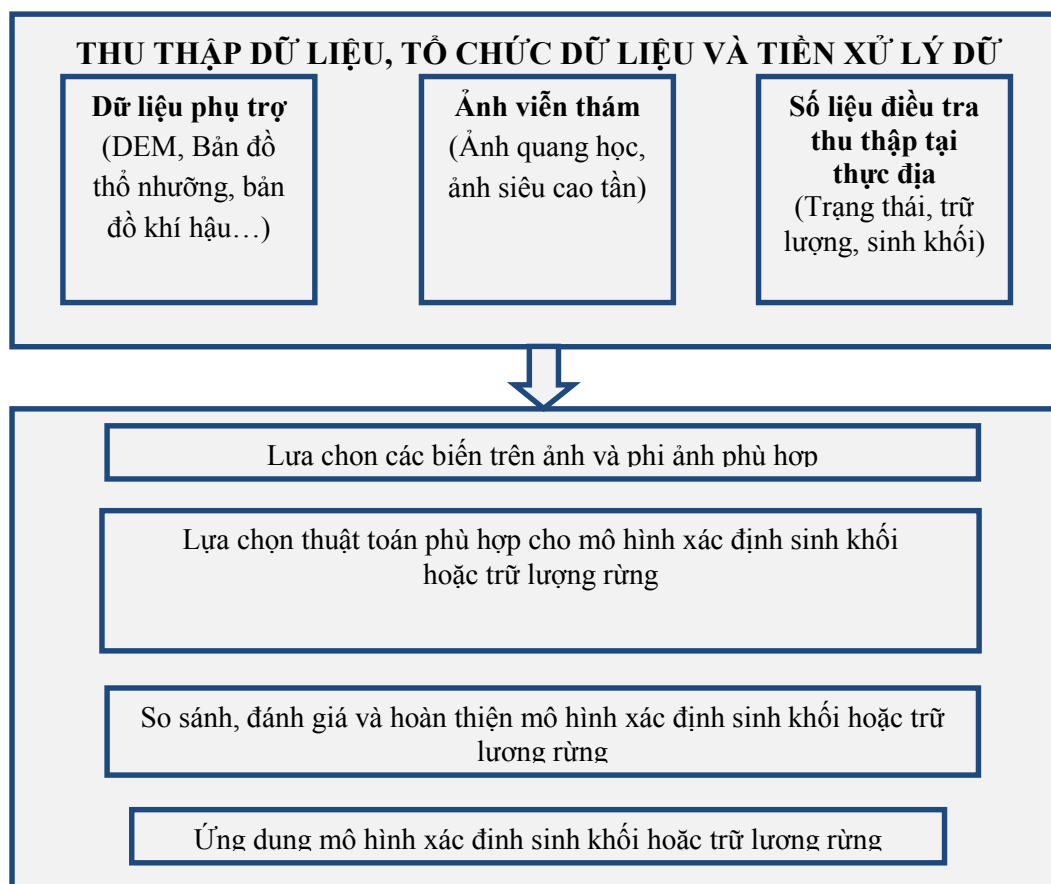
Montesano et al (2014) cho rằng điều kiện địa hình có ảnh hưởng đến kết quả xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh vệ tinh. Mặt khác, khi rừng có sinh khối/trữ lượng càng cao, cấu trúc rừng càng ổn định thì sai số tương đối xác định sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh càng

nhỏ. Theo Montesano và cộng sự thật khó để xác định sai số chung xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh vệ tinh cho các trạng thái rừng của một khu vực cụ thể là bao nhiêu vì chúng có thể rất nhỏ với rừng giàu nhưng lại rất lớn đối với rừng có trữ lượng thấp.

Wang et al (2011), Zhang et al (2013) đã nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí của ô mẫu đến độ chính xác của các ước tính sinh khối rừng và phát hiện ra rằng vị trí ô mẫu không ảnh hưởng nhiều đến độ chính xác của việc xác định trữ lượng/sinh khối rừng nhưng lại có ảnh hưởng đến mối quan hệ giữa sinh khối/trữ lượng rừng với các chỉ tiêu trên ảnh và phi ảnh từ đó ảnh hưởng đến sự phân bố không gian của trữ lượng.

Tóm lại, các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, nguồn gốc sai số ước lượng trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh vệ tinh có thể xuất hiện từ: (1) Sai số xác định đường kính, chiều cao cây rừng tại thực địa là nhân tố cấu thành trữ lượng/sinh khối rừng; (2) Sai số xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ dữ liệu thực địa do lựa chọn mô hình hoặc cách tính trữ lượng khác nhau; (3) Sai số do giá trị phản xạ phổ của ảnh vệ tinh bị ảnh hưởng của khí quyển, của độ dốc, độ cao, kết quả nắn chỉnh hình học ảnh...; (4) Sai số do độ chính xác của vị trí điểm mẫu – không xác định được chính xác vị trí điểm mẫu do máy GPS có sai số lớn, việc nắn chỉnh hình học ảnh có độ chính xác không cao; (5) Sự khác biệt về kích thước của ô mẫu và độ phân giải ảnh vệ tinh.

Sơ đồ các bước nghiên cứu xác định sinh khối/trữ lượng rừng như sau:



Hình 3.1. Sơ đồ các bước nghiên cứu xác định sinh khối/trữ lượng rừng

3.5. Tác động của quy mô khu vực nghiên cứu đến xác định sinh khối/trữ lượng rừng

Diện tích khác nhau của khu vực nghiên cứu trực tiếp ảnh hưởng đến thiết kế quy trình xác định sinh khối/trữ lượng rừng và sự lựa chọn loại tư liệu ảnh.

Trên quy mô nhỏ như: thôn/bản/chủ rừng việc xác định trữ lượng/sinh khối rừng thường thông qua các tư liệu ảnh có độ phân giải cao nên kết quả ước tính có độ chính xác cao. Các tư liệu ảnh quang học như QuickBird và IKONOS là những nguồn phổ biến cho mục đích này (Thenkabail et al 2004, Leboeuf et al 2007). Tuy nhiên, cấu trúc rừng phức tạp, vấn đề bóng cây, và sự biến thiên giá trị phổ cao đã làm giảm độ chính xác của kết quả.

Ước lượng sinh khối/ trữ lượng rừng ở quy mô lục địa và toàn cầu đã đạt được sự chú ý ngày càng tăng trong những thập kỷ qua do những lo ngại về biến đổi khí hậu toàn cầu và

sự sẵn có của tư liệu ảnh độ phân giải không gian thấp như: MODIS, AVHRR (Baccini et al 2008, Du et al 2014). Tuy nhiên, do độ phân giải không gian lớn dẫn đến sự không thống nhất giữa kích cỡ ô mẫu và điểm ảnh làm tăng sai số trong xác định sinh khối/trữ lượng rừng (Wang và Zhang 2014).

Như vậy, vấn đề quy mô khu vực nghiên cứu rõ ràng có ảnh hưởng đến độ chính xác của ước lượng sinh khối/trữ lượng rừng từ ảnh vệ tinh thông qua sự phù hợp giữa kích thước ô mẫu và độ phân giải không gian của tư liệu ảnh. Về lý thuyết, ảnh có độ phân giải không gian cao không cần ô mẫu có diện tích quá lớn, nhưng trong hệ sinh thái rừng, ô mẫu quá nhỏ sẽ mất tính đại diện và tạo ra sai số lớn trong việc xác định trữ lượng

ngay tại thực địa do cấu trúc phức tạp của nó. Đa số các ô mẫu sử dụng trong điều tra rừng có kích thước từ 400-1000 m² (Keller et

al 2001, Næsset et al 2011, Lu et al 2012). Các kích thước này có thể quá lớn cho ảnh có độ phân giải không gian cao như QuickBird (độ phân giải kênh toàn sắc 0,6 m; kênh đa phổ 2,4 m) dẫn đến sự biến thiên giá trị phổ lớn trên cùng một ô mẫu. Các kích thước ô mẫu này tương đối phù hợp cho ảnh vệ tinh có độ phân giải không gian trung bình như Landsat, nhưng có thể không phù hợp với ảnh có độ phân giải không gian thấp như MODIS hoặc AVHRR.

Thu thập số liệu hiện trường là công việc rất tốn kém. Do đó ưu tiên số một là chọn một kích thước ô mẫu đại diện cho khu vực nghiên cứu với chi phí thu thập thấp nhất giữa trên các yếu tố: khoảng cách đi lại, khả năng tiếp cận. Ưu tiên thứ hai là trong ô mẫu phải chứa được những cây có kích thước khác nhau, vì cây thường là đơn vị lấy mẫu tối thiểu trong lĩnh vực nghiên cứu sinh khối/trữ lượng rừng cho dù ảnh vệ tinh có thể có độ phân giải không gian rất cao.

V. KẾT LUẬN

Việc xác định sinh khối/trữ lượng rừng sử dụng ảnh vệ tinh đòi hỏi sự thiết kế cẩn thận từng bước từ việc lựa chọn ô mẫu, điều tra ô mẫu tại thực địa, tính toán xác định trữ lượng rừng thực địa, lựa chọn loại ảnh vệ tinh, lựa chọn các thuật toán cho việc thiết lập các mô hình ước lượng sinh khối/trữ lượng.

Việc thu thập số liệu trên ô mẫu là hoạt động tốn nhiều thời gian và nhân lực. Vì vậy, trước khi tiến hành thu thập dữ liệu trên ô mẫu việc xác định số lượng, vị trí và kích thước của ô mẫu là rất quan trọng. Kích cỡ ô mẫu phải phù hợp với các yêu cầu thống kê tối thiểu, vị trí của ô mẫu nên xác định thông qua các kỹ thuật lấy mẫu thống kê: ngẫu nhiên, hệ thống, ngẫu nhiên phân tầng và phải xem xét cẩn trọng các yếu tố về: phạm vi khu vực nghiên cứu, loại đất, khả năng tiếp cận. Việc có đủ dung lượng ô mẫu và các chỉ tiêu trên ô mẫu được đo chính xác là điều kiện tiên quyết cho

việc xác định trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh vệ tinh đạt độ chính xác cao.

Ảnh vệ tinh được hiệu chỉnh tốt sẽ góp phần nâng cao độ chính xác của kết quả xác định sinh khối/trữ lượng rừng. Đối với ảnh quang học cần phải được nắn chỉnh trực giao và hiệu chỉnh khí quyển, đối với ảnh radar cần phải được nắn chỉnh hình học trước khi sử dụng để xác định trữ lượng/sinh khối rừng.

Việc xác định các biến thích hợp từ ảnh để xây dựng mô hình xác định trữ lượng/sinh khối rừng rất quan trọng. Việc sử dụng các biến khác nhau của một loại ảnh hoặc từ các loại ảnh vệ tinh khác nhau có thể rất quan trọng trong việc nâng cao độ chính xác của xác định trữ lượng/sinh khối rừng.

Việc lựa chọn thuật toán tốt nhất cho khu vực nghiên cứu đòi hỏi phải có sự so sánh về kết quả xác định trữ lượng/sinh khối rừng của từng thuật toán tiềm năng. Nhiều khi thuật toán khác nhau lại có ảnh hưởng lớn đến kết quả xác định trữ lượng/sinh khối rừng tại một khu vực cụ thể.

Việc xác định độ chính xác ước lượng trữ lượng/sinh khối rừng từ ảnh rất quan trọng, khó khăn lớn nhất là cần thu thập một số lượng đủ lớn các ô mẫu tại thực địa. Đánh giá độ chính xác của xác định trữ lượng nhằm xác định các yếu tố chính ảnh hưởng đến ước lượng trữ lượng/sinh khối. Dựa trên phân tích sai số giúp hiểu rõ hơn về điều kiện môi trường, sự phức tạp của rừng, dữ liệu ảnh và các thuật toán ảnh hưởng như thế nào đến kết quả xác định trữ lượng rừng từ ảnh, từ đó có biện pháp để tối ưu hóa các mô hình xác định trữ lượng/sinh khối rừng cho khu vực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dobson, M. C., F. T. Ulaby, L. E. Pierce, T. L. Sharik, K. M. Bergen, J. Kellndorfer, J. R. Kendra, et al (1995), *Estimation of Forest Biomass Characteristics in Northern Michigan with SIR-C/XSAR Data*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 33: 877-894.

2. Foody, G.M., Boyd, D.S. and Cutler, M.E.J. (2003), Predictive relation of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions. *Remote Sensing of Environment*, No 85, pp 463-474.

3. Huang, Y. P., and J. S. Chen (2013), Advances in the Estimation of Forest Biomass Based on SAR Data. *Remote Sensing for Land and Resources* 25: 7–13.

4. Oliver Cartus, Maurizio Santoro, Josef Kellndorfer (2012), Mapping forest aboveground biomass in the Northeastern United States with ALOS PALSAR dual-polarization L-band. *Remote Sensing of Environment*, No 124, pp 466 – 478.

5. Powell, S. L., W. B. Cohen, S. P. Healey, R. E. Kennedy, G. G. Moisen, K. B. Pierce, and J. L. Ohmann (2010), Quantification of Live Aboveground Forest Biomass Dynamics with Landsat Time-series and Field Inventory Data: A Comparison of Empirical Modeling Approaches. *Remote Sensing of Environment* 114 (5): 1053–1068.

6. Rahman, M. M., and J. T. S. Sumantyo (2013), Retrieval of Tropical Forest Biomass Information from

ALOS PALSAR Data. *Geocarto International* 28 (5): 382–403.

7. Sandberg, G., L. M. H. Ulander, J. E. S. Fransson, J. Holmgren, and T. Le Toan (2011), L- and P-band Backscatter Intensity for Biomass Retrieval in Hemiboreal Forest. *Remote Sensing of Environment* 115 (11): 2874–2886.

8. Solberg, S., R. Astrup, T. Gobakken, E. Naeset, and D. J. Weydahl (2010), Estimating Spruce and Pine Biomass with Interferometric X-Band SAR. *Remote Sensing of Environment* 114 (10): 2353–2360.

9. Trotter, C.M., Dymond, J.R. and Goulding, C.J. (1997), Estimation of timber volume in a coniferous plantation forest using Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing*, No 18, pp 2209-2223.

10. Zhang, G., S. Ganguly, R. R. Nemani, M. A. White, C. Milesi, H. Hashimoto, W. Wang, S. Saatchi, Y. Yu, and R. B. Myneni (2014), Estimation of Forest Aboveground Biomass in California Using Canopy Height and Leaf Area Index Estimated from Satellite Data. *Remote Sensing of Environment* 151: 44–56.

DETERMINE ESTIMATE BIOMASS AND VOLUME FORESTS FROM SATELLITE IMAGES

Pham Van Duan, Vu Thi Thin

SUMMARY

Remote sensing is a major data source for biomass estimation on various scales. Although different sensor data have been used, the guidelines to support automated selection of optimal variables and modeling algorithms do not exist. Various parametric and nonparametric algorithms have been developed, but no universal algorithm is available and selection of an optimal algorithm for biomass modeling is poorly understood. In reality, biomass estimation using remote sensing technology is a comprehensive procedure with many steps: field survey data collection, biomass calculation at plot level, remote sensing data selection, variable extraction, proper algorithm selection, and error evaluation. It is important to identify major factors causing uncertainties, and put substantial effort into reducing these uncertainties to develop an optimal biomass estimation procedure.

Keywords: *Forest biomass, forest reserves, remote sensing, satellite images.*

Người phản biện	: TS. Hoàng Việt Anh
Ngày nhận bài	: 08/8/2015
Ngày phản biện	: 25/8/2015
Ngày quyết định đăng	: 15/9/2015