

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

\*\*\*\*\*

**Trần Tuấn Ngọc**

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ẢNH VỆ TINH RADAR  
TRONG XÁC ĐỊNH SINH KHỐI RỪNG TỈNH HÒA BÌNH**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA LÝ**

**Hà Nội - 2015**

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

\*\*\*\*\*

**Trần Tuấn Ngọc**

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ẢNH VỆ TINH RADAR  
TRONG XÁC ĐỊNH SINH KHỐI RỪNG TỈNH HÀ BÌNH**

**Chuyên ngành:** Bản đồ, viễn thám và hệ thống tin địa lý

**Mã số:** 62440214

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA LÝ**

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

1. PGS.TS. Phạm Văn Cự
2. PGS.TS. Nguyễn Ngọc Thạch

**Hà Nội - 2015**

## **LỜI CAM ĐOAN**

*Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.*

**Tác giả luận án**

**Trần Tuấn Ngọc**

## LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên tôi xin bày tỏ lòng biết ơn đối với PGS. TS. Phạm Văn Cự, người đã kiên trì và tận tâm giúp đỡ tôi từ việc hoàn thiện đề cương tới thực hiện các nội dung và viết báo cáo luận án. Tôi cũng bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đối với PGS. TS. Nguyễn Ngọc Thạch, người đã nhiệt tình giúp đỡ tôi và có những hướng dẫn quý báu giúp tôi hoàn thành luận án.

Xin cảm ơn các thầy, cô trong Bộ môn Bản đồ Viễn thám, Ban lãnh đạo Khoa Địa lý đã tạo điều kiện thuận lợi cho tôi trong việc thực hiện Luận án.

Xin trân trọng cảm ơn lãnh đạo Trung tâm Viễn thám quốc gia đã tạo điều kiện để tôi có thể thực hiện Luận án.

Cám ơn các đồng nghiệp Ths. Nguyễn Thanh Nga, Ths. Nguyễn Việt Lương, TS. Nguyễn Phú Hùng, trong việc chia sẻ dữ liệu, kiến thức về rừng và xác định sinh khối rừng bằng ảnh RADAR.

Tôi đặc biệt cảm ơn TS. Lê Toàn Thủy về những giúp đỡ tận tình trong ứng dụng dữ liệu viễn thám RADAR tính sinh khối rừng trên mặt đất.

Cuối cùng xin cảm ơn vợ và hai con đã luôn đồng hành và chia sẻ cùng tôi trong quá trình thực hiện Luận án.

*Hà Nội, ngày      tháng      năm 2015*

**Tác giả luận án**

**Trần      Tuấn      Ngọc**

## MỤC LỤC

**DANH MỤC HÌNH VẼ ..... 8**

**DANH MỤC BẢNG .....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

**MỞ ĐẦU .....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

**1. Tính cấp thiết..... Error! Bookmark not defined.**

**2. Mục tiêu và nhiệm vụ nghiên cứu ..... Error! Bookmark not defined.**

**3. Phương pháp nghiên cứu ..... Error! Bookmark not defined.**

**4. Giới hạn và phạm vi nghiên cứu..... Error! Bookmark not defined.**

**5. Điểm mới của Luận án..... Error! Bookmark not defined.**

**6. Luận điểm bảo vệ ..... Error! Bookmark not defined.**

**7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài nghiên cứuError! Bookmark not defined.**

### **CHƯƠNG I: SINH KHỐI RỪNG VÀ ỨNG DỤNG VIỄN THÁM**

#### **TRONG XÁC ĐỊNH SINH KHỐI RỪNG TRÊN MẶT ĐẤTERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

**1.1. Sinh khối thực vật ..... Error! Bookmark not defined.**

**1.1.1. Khái niệm sinh khối thực vật..... Error! Bookmark not defined.**

**1.1.2. Lượng hóa sinh khối cá thể thực vật .... Error! Bookmark not defined.**

**1.2. Rừng Việt Nam và công tác kiểm kê rừng tại Việt NamError! Bookmark not defined.**

**1.2.1. Một số định nghĩa về rừng..... Error! Bookmark not defined.**

**1.2.2. Tổng quan rừng Việt Nam..... Error! Bookmark not defined.**

**1.2.3. Công tác kiểm kê rừng ở Việt Nam..... Error! Bookmark not defined.**

**1.2.4. Một số nhận xét về đặc điểm rừng Việt NamError! Bookmark not defined.**

**1.3. Tổng quan về ứng dụng viễn thám trong xác định sinh khối rừng..... Error! Bookmark not defined.**

**1.3.1. Nghiên cứu, ứng dụng viễn thám trong xác định sinh khối rừng trên thế giới..... Error! Bookmark not defined.**

**1.3.1.1. Xác định sinh khối rừng trên mặt đất bằng viễn thám quang học..... Error! Bookmark not defined.**

**1.3.1.2. Xác định sinh khối rừng trên mặt đất bằng viễn thám lidarError! Bookmark not defined.**

- 1.3.1.3. Xác định sinh khối rừng trên mặt đất bằng viễn thám  
 RADAR ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 1.3.2. Một số nghiên cứu xác định sinh khối rừng ở Việt Nam và  
 Hòa Bình ..... Error! Bookmark not defined.**
- 1.3.2.1. Các công trình nghiên cứu liên quan đến sinh khối rừng **Error! Bookmark not defined.**
- 1.3.2.2. Ứng dụng viễn thám trong nghiên cứu sinh khối rừng **Error! Bookmark not defined.**
- 1.4. Phân tích lựa chọn phương pháp tính sinh khối trên mặt đất  
 của lớp phủ rừng ở Việt Nam ..... Error! Bookmark not defined.**
- 1.5. Tiểu kết chương..... Error! Bookmark not defined.**

## **CHƯƠNG II: CƠ CHẾ THU NHẬN THÔNG TIN RADAR VÀ CÁC NHÂN TỐ TỰ NHIÊN ẢNH HƯỞNG TỚI THUỘC TÍNH ẢNH RADAR Ở TỈNH HOÀ BÌNH****ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

- 2.1 Cơ sở vật lý sử dụng giá trị tán xạ ngược trên ảnh viễn thám  
 RADAR trong xác định sinh khối rừng trên mặt đất****Error! Bookmark not defined.**
- 2.1.1. Viễn thám RADAR ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.1.2. Cơ sở vật lý của ứng dụng viễn thám RADAR trong xác định  
 sinh khối rừng ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.2. Đặc điểm và sự ảnh hưởng của địa hình tỉnh Hòa Bình tới thuộc  
 tính của ảnh RADAR..... Error! Bookmark not defined.**
- 2.2.1. Địa hình tỉnh Hòa Bình..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.2.2. Ảnh hưởng của địa hình tới thuộc tính hình học ảnh RADAR **Error! Bookmark not defined.**
- 2.2.3. Ảnh hưởng của địa hình tới tán xạ RADAR **Error! Bookmark not defined.**
- 2.3. Tương tác của RADAR với đặc điểm sinh thái rừng tỉnh  
 Hòa Bình ..... Error! Bookmark not defined.**
- 2.3.1. Đặc điểm sinh thái rừng tỉnh Hòa Bình **Error! Bookmark not defined.**
- 2.3.1.1. Phân bố rừng tỉnh Hòa Bình theo vành đai độ cao **Error! Bookmark not defined.**
- 2.3.1.2. Phân loại rừng tỉnh Hòa Bình ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.3.2. Tương tác của RADAR với lớp phủ thực vật rừng tỉnh Hòa  
 Bình..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.3.2.1. Tương tác của RADAR với lớp phủ thực vật rừng. **Error! Bookmark not defined.**
- 2.3.2.2. Tương tác của RADAR với đặc trưng rừng tỉnh Hòa Bình **Error! Bookmark not defined.**
- 2.4. Tiểu kết chương..... Error! Bookmark not defined.**

**CHƯƠNG III: THỰC NGHIỆM TÍNH SINH KHỐI RỪNG TRÊN MẶT ĐẤT TỈNH HÒA BÌNH BẰNG DỮ LIỆU ENVISAT ASAR VÀ ALOS PALSAR .....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

**3.1. Dữ liệu sử dụng..... Error! Bookmark not defined.**

**3.1.1. Dữ liệu ảnh ..... Error! Bookmark not defined.**

**3.1.1.1. Dữ liệu ảnh ENVISAT ASAR .....Error! Bookmark not defined.**

**3.1.1.2. Dữ liệu ảnh ALOS PALSAR .....Error! Bookmark not defined.**

**3.1.2. Dữ liệu ô tiêu chuẩn..... Error! Bookmark not defined.**

**3.1.3. Dữ liệu bản đồ hiện trạng rừng..... Error! Bookmark not defined.**

**3.2. Các bước tính sinh khối rừng ..... Error! Bookmark not defined.**

**3.2.1. Kiểm định ảnh (calibration)..... Error! Bookmark not defined.**

**3.2.1.1. Kiểm định ảnh ENVISAT ASAR APP.....Error! Bookmark not defined.**

**3.2.1.2. Kiểm định ảnh ALOS PALSAR .....Error! Bookmark not defined.**

**3.2.2. Xử lý hình học ảnh ..... Error! Bookmark not defined.**

**3.2.3. Hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình tới tán xạ trên ảnh RADAR.....Error! Bookmark not defined.**

**3.2.4. Đo giá trị tán xạ trên ảnh tại vị trí các ô tiêu chuẩn.....Error! Bookmark not defined.**

**3.2.4.1. Đo giá trị tán xạ ngược trên ảnh.....Error! Bookmark not defined.**

**3.2.4.2. Phân tích quan hệ giữa giá trị tán xạ ngược trên ảnh và sinh khối rừng trên mặt đất.....Error! Bookmark not defined.**

**3.2.5. Thiết lập hàm tương quan..... Error! Bookmark not defined.**

**3.2.6. Tính sinh khối ..... Error! Bookmark not defined.**

**3.2.7. Đánh giá kết quả tính sinh khối ..... Error! Bookmark not defined.**

**3.3. Tính toán hồi quy giữa kết quả đo sinh khối ô tiêu chuẩn và giá trị tán xạ ngược tại các vị trí tương ứng trên ảnh.....Error! Bookmark not defined.**

**3.3.1 Tính toán hồi quy đối với sinh khối rừng toàn tỉnh Hòa Bình.....Error! Bookmark not defined.**

**3.3.1.1. Ô tiêu chuẩn sử dụng để tính toán hồi quy ..Error! Bookmark not defined.**

**3.3.1.2. Kết quả hồi quy đối với dữ liệu ENVISAT ASAR.....Error! Bookmark not defined.**

**3.3.1.3. Kết quả hồi quy đối với dữ liệu ALOS PALSAR.....Error! Bookmark not defined.**

**3.3.2 Hồi quy sinh khối rừng tự nhiên..... Error! Bookmark not defined.**

**3.3.2.1. Ô tiêu chuẩn sử dụng .....Error! Bookmark not defined.**

**3.3.2.2. Kết quả hồi quy đối với dữ liệu ENVISAT ASAR.....Error! Bookmark not defined.**

**3.3.2.3. Kết quả hồi quy đối với dữ liệu ALOS PALSAR.....Error! Bookmark not defined.**

**3.3.3 Hồi quy sinh khối rừng trồng ..... Error! Bookmark not defined.**

- 3.3.3.1. Ô tiêu chuẩn sử dụng .....Error! Bookmark not defined.
- 3.3.3.2. Kết quả hồi quy đối với dữ liệu ENVISAT ASARError! Bookmark not defined.
- 3.3.3.3. Kết quả hồi quy đối với dữ liệu ALOS PALSARError! Bookmark not defined.

### **3.4. Đánh giá quan hệ giữa sinh khối rừng trên mặt đất tỉnh**

**Hòa Bình và tán xạ ngược trên ảnh RADARError! Bookmark not defined.**

### **3.5. Kết quả tính sinh khối rừng trên mặt đất bằng ảnh RADARError! Bookmark not defined.**

### **3.6. Đánh giá kết quả tính sinh khối rừng trên mặt đất tỉnh**

**Hòa Bình bằng dữ liệu viễn thám RADARError! Bookmark not defined.**

3.6.1. Đánh giá độ chính xác kết quả tính sinh khốiError! Bookmark not defined.

3.6.2. Đánh giá kết quả tính sinh khối theo bản đồ rừngError! Bookmark not defined.

### **3.7. Tiềm năng ứng dụng giá trị tán xạ ảnh RADAR trong xác định**

**sinh khối rừng trên mặt đất ở Việt Nam. Error! Bookmark not defined.**

**KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

**Kết luận ..... Error! Bookmark not defined.**

**Kiến nghị ..... Error! Bookmark not defined.**

**DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN  
QUAN ĐẾN LUẬN ÁN .....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

**TÀI LIỆU THAM KHẢO ..... 10**

**PHỤ LỤC 1 : KẾT QUẢ ĐO TÁN XẠ NGƯỢC TẠI VỊ TRÍ Ô  
TIÊU CHUẨN TRÊN ẢNH ALOS PALSARError! BOOKMARK NOT DEFINED**

**PHỤ LỤC 2 : KẾT QUẢ ĐO TÁN XẠ NGƯỢC TẠI VỊ TRÍ Ô  
TIÊU CHUẨN TRÊN ẢNH ENVISAT ASARError! BOOKMARK NOT DEFINED**



## DANH MỤC HÌNH VẼ

- Hình 1. 1: Các thành phần sinh khối của thực vật **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 1: Dải phổ sóng điện từ ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 2: Nguyên lý chụp ảnh RADAR quét nghiêng **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 3: Mô hình số độ cao tỉnh Hòa Bình. **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 4: Biến dạng ảnh RADAR do địa hình **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 5: Nắn chỉnh hình học ảnh RADAR. **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 6: Ảnh hưởng của địa hình đến tán xạ RADAR **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 7: Hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình đến tán xạ RADAR..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 8: Ảnh ASAR phía Tây Nam tỉnh Hòa Bình **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 9: Bản đồ thổ nhưỡng tỉnh Hòa Bình **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 10: Rừng Tòng Đậu, Mai Châu, Hòa Bình **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 11: Rừng trồng tỉnh Hòa Bình..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 12: Rừng trên núi đá vôi Đồng Chum, Đà Bắc, Hòa Bình ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 13: Thống kê rừng trồng trên địa bàn tỉnh Hòa Bình..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 14: Tán xạ RADAR của lớp phủ thực vật rừng **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 15: Tán xạ RADAR và thực vật..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 16: Tương tác của RADAR với lớp phủ thực vật rừng tỉnh Hòa Bình ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2. 17: Ô tiêu chuẩn số 53 (sinh khối 15 tấn/ha) **Error! Bookmark not defined.**

**defined.**

Hình 2. 18: Rừng tại ô tiêu chuẩn 83 ..... **Error! Bookmark not defined.**

Hình 2. 19: Ô tiêu chuẩn 63 sinh khối (26 tấn/ha)**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 1: Ảnh ASAR tỉnh Hòa Bình ..... **Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 2: Sơ đồ ảnh ENVISAT-ASAR sử dụng trong thực nghiệm  
tính sinh khối rừng trên mặt đất tỉnh Hòa Bình**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 3: Ảnh ALOS PALSAR khu vực tỉnh Hòa Bình**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 4: Đo cao cây bằng sào gỗ và thước Blume-leiss**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 5: Khảo sát thực địa rừng tỉnh Hòa Bình**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 6: Sơ đồ các ô tiêu chuẩn được đo tại tỉnh Hòa Bình**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 7: Bản đồ phân loại rừng tỉnh Hòa Bình**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 8: Các bước tính sinh khối ..... **Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 9: Ảnh ASAR ngày 30 tháng 3 năm 2009 sau kiểm định.....**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 10: Ảnh trực giao ASAR ngày 30 tháng 3 năm 2009 đập  
thủy điện Hòa Bình ..... **Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 11: Ảnh ASAR sau khi hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa hình.....**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 12: Công cụ đo giá trị tán xạ ngược trên ảnh**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 13: Minh họa đo giá trị tán xạ ngược trên ảnh tại vị trí ô tiêu  
chuẩn ..... **Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 14: Quan hệ giữa tán xạ ảnh và sinh khối rừng tỉnh Hòa Bình...**Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 15: Quan hệ giữa tán xạ ảnh ALOS PALSAR và sinh khối  
rừng tỉnh Hòa Bình ..... **Error! Bookmark not defined.**

Hình 3. 16: Sơ đồ các điểm được lựa chọn để xây dựng hàm tương quan

- ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3. 17: Hồi quy tuyến tính giá trị sinh khối và giá trị tán xạ của ảnh  
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3. 18: Hồi quy đa thức bậc hai giá trị sinh khối và giá trị tán xạ  
của ảnh ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3. 19: Hồi quy đa thức bậc 2 giá trị sinh khối tại các ô tiêu chuẩn  
có giá trị sinh khối nhỏ hơn 70 tấn và giá trị tán xạ của ảnh **Error! Bookmark**
- Hình 3. 20: Quan hệ tuyến tính của tán xạ ngược và sinh khối mặt đất.. **Error!**  
**Bookmark not defined.**
- Hình 3. 21: Quan hệ phi tuyến giữa tán xạ ngược trên ảnh và sinh khối  
rừng trên mặt đất..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3. 22: Sơ đồ vị trí ô tiêu chuẩn sử dụng. **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3. 23: Sơ đồ phân bố vị trí ô tiêu chuẩn rừng trồng sử dụng để  
tính toán hồi quy ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3. 24: Bản đồ sinh khối rừng trên mặt đất tỉnh Hòa Bình..... **Error!**  
**Bookmark not defined.**
- Hình 3. 25: So sánh giá trị sinh khối đo và sinh khối tính **Error! Bookmark**  
**not defined.**
- Hình 3. 26: Tương quan giá trị sinh khối đo và sinh khối tính trên ảnh.. **Error!**  
**Bookmark not defined.**
- Hình 3. 27: Biểu đồ phân bố trữ lượng sinh khối theo từng loại rừng .... **Error!**  
**Bookmark not defined.**
- Hình 3. 28: Biểu đồ thống kê sinh khối tỉnh Hòa Bình **Error! Bookmark not**  
**defined.**
- Hình 3. 29: Biểu đồ năng suất sinh khối từng loại rừng **Error! Bookmark not**  
**defined.**
- Hình 3. 30: So sánh giá ảnh quang học và RADAR độ phân giải siêu cao  
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3. 31: So sánh đơn giá ảnh quang học và ảnh RADAR độ phân  
giải cao ..... **Error! Bookmark not defined.**

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

TIẾNG VIỆT

1. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2006), *Báo cáo ngành Lâm nghiệp 2005*, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội.
2. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2011), *Báo cáo tiến độ ngành Lâm nghiệp 2006 - 2010*, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Hà Nội.
3. Võ Văn Hồng, Trần Văn Hùng, & Phạm Ngọc Bảy (2006), *Cẩm nang ngành Lâm nghiệp: Công tác điều tra rừng ở Việt Nam*, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Lưu hành nội bộ.
4. Phùng Ngọc Lan, Phan Nguyên Hồng, Trần Văn Hùng, Nguyễn Nghĩa Thìn, & Lê Trần Chấn (2006), *Cẩm nang ngành Lâm nghiệp: Các hệ sinh thái rừng Việt Nam*, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Lưu hành nội bộ.
5. Nguyễn Ngọc Lung, Đặng Đình Sâm, Nguyễn Xuân Quát, Trần Việt Liên, Nguyễn Đình Quế, Trần Văn Con, Nguyễn Đình Kỳ, Lại Vĩnh Cẩm, Hoàng Việt Anh, Đặng Thanh Giang, & Phạm Ngọc Thành (2011), *Báo cáo cuối cùng phân vùng sinh thái lâm nghiệp ở Việt Nam*, UN-REED Programme Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam.
6. Lê Hồng Phúc (1996), *Đánh giá sinh trưởng, tăng trưởng, sinh khối, năng suất rừng thông ba lá (Pinus kesiya Royle ex Gorden) vùng Đà Lạt, Lâm Đồng*, Luận án Phó tiến sĩ Khoa học Nông nghiệp, Viện khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam.
7. Nguyễn Đình Quế, Nguyễn Đức Minh, Vũ Tấn Phương, Lê Quốc Huy, Đặng Thanh Giang, Nguyễn Thanh Tùng, & Nguyễn Văn Thắng (2006), "Khả năng hấp thụ CO<sub>2</sub> ở một số loại rừng trồng chủ yếu của Việt Nam", *Nông nghiệp và phát triển nông thôn*, pp.71-75.
8. Quốc hội Cộng hòa Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam (2004), *Luật bảo vệ và phát triển rừng*, Quốc hội Cộng hòa Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam.
9. Nguyễn Hoàng Trí (1986), *Góp phần nghiên cứu sinh khối và năng suất quần xã rừng đước đôi (Rhizophora apiculata) ở Cà Mau - tỉnh Minh Hải*, Trường Đại học Lâm Nghiệp, Hà Nội.
10. Nguyễn Nghĩa Thìn (1997), *Cẩm nang nghiên cứu đa dạng sinh vật*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
11. Nguyễn Ngọc Thạch, Nhữ Thị Xuân, Nguyễn Quang Mỹ, Phan Văn Quỳnh, Nguyễn Đình Minh, Đinh Bảo Hoa, Đặng Văn Bào, Trần Văn Thụy, & Nguyễn Thị Hiền (2002), *Áp dụng viễn thám và hệ thống tin địa lý -(GIS) để nghiên cứu và dự báo tai biến tự nhiên tỉnh Hòa Bình*, Đề tài cấp Đại học Quốc gia Hà Nội.

12. Thái Văn Trưng (1998), *Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
13. Gujarati DN (2011), *Kinh tế lượng cơ sở: Phép phân tích hồi quy đa biến: Vấn đề suy luận*, Chương trình giảng dạy kinh tế Fulbright, Thành phố Hồ Chí Minh.

#### TIẾNG ANH

14. Nguyễn Việt Lương (2012), "Estimation of biomass for calculating carbon storage and CO<sub>2</sub> sequestration using remote sensing technology in Yok Don National Park, Central Highlands of Vietnam", *Vietnam Journal of Forest Science*, 3(1), pp.14-18.
15. Askne J & Santoro M (2008), "Boreal forest stem volume estimation from multitemporal C-band InSAR observation", *Conference on ENVISAT Symposium 2007, European Space Agency*, pp.1146-1152.
16. Austine JM, Mackey BG, & Van Niel KP (2003), "Estimating forest biomass using satellite radar: an exploratory study in a temperate Australia Eucalyptus forest", *Forest ecology management*, 176(1-3), pp.575-583.
17. Balzter H (2001), "Forest Mapping and Monitoring with Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR)", *Progress in Physical Geography*, 25(2), pp.159-177.
18. Balzter H, Rowland CS, & Saich P (2007), "Forestry Canopy Height and Carbon Estimation at Monks Wood National Nature Reserve, UK, Using Dual-wavelength SAR Interferometry", *Remote Sensing of Environment*, 108(3), pp.224-239.
19. Barbosa PM, Stroppiana D, & Gregoire J (1999), "An assessment of vegetation fire in Africa 1981–1991: burned areas, burned biomass, and atmospheric emissions", *Global Biogeochemical Cycles*, 13(1), pp.933-950.
20. Barker JR, Mitchell PL, Cordey RA, Groom GB, Settle JJ, & Stileman MR (1994), " Relationships between physical characteristics and polarimetric radar backscatter for Corsican pine stands in Thetford Forest, U.K", *International Journal of Remote Sensing*, 15, pp.2827-2849.
21. Beaudoin A, Le Toan T, S G, E N, A L, E M, Hsu C, Han C, Kong JA, & Shin TT (1994), "Retrieval of forest Biomass form SAR data", *International Journal of Remote Sensing*, 15(14), pp.2777-2796.

22. Bombelli A, *et al.* (2009), *Biomass, in: Assessment of the Status of the Development of the Standards for Terrestrial Essential Climate Variables*, Food and Agriculture Organization, Rome.
23. Bortolota ZJ & Wynneb RH (2005), "Estimating forest biomass using small footprint LiDAR data: An individual tree-based approach that incorporates training data", *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 59 (3), pp.342- 360.
24. Brown S (1997), *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer*, Food and Agriculture Organization, Rome.
25. Brown S, Gillespie AJR, & Lugo Ae (1989), "Biomass Estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data", *Forest science*, 35(4), pp.881-902.
26. Castel T, Guerra F, Caraglio Y, & Houllier F (2002), "Retrival biomass of a large Venezuelan pine plantation using JERS-1 SAR data. Analysis of forest structure impact on radar signature", *Remote Sensing of Environment* 79, pp.30-41.
27. Crosetto M (2002), "Calibration and validation of SAR interferometry for DEM generation", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57, pp.213- 227.
28. Culvenor DS (2003), *Remote Sensing of Forest Environments: Concepts and Case Studies*, Kluwer Academic Publishers, Norwell Massachusetts.
29. Davis R & Holmgren P (2000), *On definition of forest and forest change*, Forestry Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
30. De Jong SM, Pebesma EJ, & Lacaze B (2003), "Above ground biomass assessment of Mediterranean forests using airborne imaging spectrometry: the DAIS Payne experiment", *International Journal of Remote Sensing*, 24, pp.1505-1520.
31. Dobson MC, Ulaby FT, Le Toan T, Beaudoin A, Kasischke ES, & Christensen N (1992,), "Dependence of Radar Backscatter on Coniferous Forest Biomass", *IEEE Transactions on Geosience and Remote Sensing*, 30(2), pp.412-425.
32. Dong J, Kaufmann RK, Mynei RB, Tucker CJ, Kauppi PE, Liski J, Beurmann W, Alexeyev V, & Hughes MK (2003), "Remote sensing estimates of boreal and temperate forest woody biomass: carbon pools, sources, and sinks", *Remote Sensing of Environment*, 84,

pp.393-410.

33. Durst P (2010), *Vietnam forestry outlook study*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.
34. El-rayes M & Ulaby FT (1987), "Microwave Dielectric Spectrum of Vegetation Part I: Experimental observations", *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, 25(5), pp.541-549.
35. Enghart S, Keuck V, & Siegert F (2011), "Aboveground Biomass Retrieval in Tropical Forests - The potential of Combined X- and L-SAR Data Use", *Remote Sensing of Environment*, 115(5), pp.1260-1271.
36. European Space Agency (ESA) (2004), *Absolute calibration of ASAR Level 1 products*, ESA, Paris.
37. European Space Agency (ESA) (2007), *ENVISAT ASAR Product Handbook*, ESA, Paris.
38. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010), *FAO strategy for forest and forestry*, Food and Agriculture Organization, ROME.
39. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010), *Report: Global Forest Resources Assessment 2010*, Food and Agriculture Organization, Rome.
40. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012), *State of the World's Forests*, Food and Agriculture Organization, ROME.
41. Foody GM, Boyd DS, & Cutler MEJ (2003), "Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions", *Remote Sensing of Environment*, 85, pp.463-474.
42. Forestry Inventory and Planning Institute (2009), *Report on National Programme of Vietnam on Monitoring, Assessment, and Reporting on Forests under the Project: Strengthening Monitoring, Assessment, and Reporting on Sustainable Forest Management in Asia*, Food and Agriculture Organization, Hanoi.
43. Framework Convention on Climate Change (2009), *Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009*, United Nations, Copenhagen.
44. Franco-Lopez HEAR & Bauer ME (2001), "Estimation and mapping of forest stand density, volume, and cover type using k-nearest neighbors method", *Remote Sensing of Environment*, pp.251-274.

45. Fransson JE (2001), "Stem volume estimation in boreal forests using ERS1/2 coherence and SPOT XS optical data", *International Journal of Remote Sensing*, 25, pp.2777-2791.
46. Fransson JES & Israelsson H (1999), "Estimate of stem volume in boreal forests using ERS-1 C and JERS-1 L band SAR data", *International Journal of Remote Sensing*, 20, pp.123-137.
47. Gaveau DLA, Balzter H, & Plummer S (2003), "Forest Woody Biomass Classification with Satellite-based Radar Coherence over 900 000 km<sup>2</sup> in Central Siberia", *Forest Ecology and Management*, 174, pp.65-75.
48. Hame T, Salli A, Anderson K, & Lohi A (1997), "A new methodology for the estimation of biomass of conifer-dominated boreal forest using NOAA AVHRR data", *International Journal of Remote Sensing*, 18, pp.3211-3243.
49. Harell PA, Kasischke ES, Bourgeau-Chavez LL, Haney EM, & Christensen NL (1997), "Evaluation of approaches to estimating above ground biomass in southern pine forest using SIR-C data", *Remote Sensing of Environment*, 59, pp.223-233.
50. Henderson FM & Lewis AJ (1998), *Principles and applications of Imaging radar*, John Wiley & Sons, New York.
51. Hung ND, Giang LT, Tu DN, Hung PT, Lam PT, Khanh NT, & Thuy HM (2012), *Tree allometric equations in Evergreen broadleaf and Bamboo forests in the North East region, Viet Nam*, UN-REDD Programme, Hanoi, Viet Nam.
52. Imhoff ML, Johnson P, Holford W, Hyer J, May L, Lawrence W, & Harcombe P (2000), "BioSar (TM): an inexpensive airborne VHF multiband SAR system for vegetation biomass measurement", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38, pp.1458-1462.
53. Israelsson H, Askne J, & Sylander R (1994), "Potential of SAR for forest bole volume estimation", *International Journal of Remote Sensing*, 15, pp.2809-2826.
54. Jensen. J. R. (2000), *Remote sensing of the Environment*, Upper Saddle River, New Jersey.
55. Jérôme N, Daniel E, Claude B, & Granier A (2005), "Estimating the contribution of leaf litter decomposition to soil CO<sub>2</sub> efflux in a beech forest using C-depleted litter", *Global Change Biology*, 11(10), pp.1768-1776.



56. Kellndorfer J, Walker W, Pierce L, Dobson C, Fites JA, Hunsaker C, Vona J, & Clutter M (2004), "Vegetation Height Estimation from Shuttle Radar Topography Mission and National Elevation Data Sets", *Remote Sensing of Environment*, 93, pp.339-358.
57. Koch B (2010), "Status and Future of Laser Scanning, SAR and Hyperspectral Remote Sensing Data for Forest Biomass Assessment", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, pp.581-590.
58. Kuplich TM, Salvatori V, & Curran PJ (2000), "JERS-1/SAR backscatter and its relationship with biomass of regenerating forests", *International Journal of Remote Sensing*, 21(12), pp.2513-2518.
59. Landsberg JJ & Waring RH (1997), "A generalized model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning", *Forest Ecology and Management* 95, pp.209-228.
60. Lavallo M & Wright T (2009), *Absolute radiometric and polarimetric calibration of ALOS PALSA products*, ESA, Paris.
61. Le Toan T, Beaudoin A, & Guyon D (1992), "Relating forest biomass to SAR data.", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30, pp.403-411.
62. Le Toan T, Picard G, Martinez J, Melon P, & Davidson M (2001), "On the Relationship Between Radar Measurements and Forest Structure and Biomass", *Proceedings of the 3th International Symposium on Retrieval of Bio- and Geo-physical Parameters from SAR data for Land Application, Sheffield, UK*, pp.3-12.
63. Le Toan. T., Beaudoin A, Riom J, & Guyon D (1992), "Relating forest biomass to SAR data ", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30 (2), pp.403 - 411
64. Lefsky MA, Cohen WB, & Spies TA (2001), "An evaluation of alternate remote sensing products for forest inventory, monitoring, and mapping of Douglas fir forests in western Oregon", *Canadian Journal of Forest Research*, 31, pp.78-87.
65. Lévesque J & King DJ (2003), "Spatial analysis of radiometric fractions from high-resolution multispectral imagery for modeling individual tree crown and forest canopy structure and health", *Remote Sensing of Environment*, 84(4), pp.589-602.
66. Lillesand M & Kiefer RW (2000), *Remote Sensing and Image*

*Interpretation* John Wiley & Son, Inc., USA, New York.

67. Lu D (2006), "The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation", *International Journal of Remote Sensing*, 27(7), pp.1297 - 1328.
68. Luckman AJ, Kuplich TM, Baker J, Yanasse CCF, Filho PH, Saitch P, & Cordey R (1996), "Comparing Biomass Retrieval from Temperate, Boreal and Tropical Forests using Spaceborne SAR Imagery", *Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil*, pp.519-520.
69. Lusch DP (1999), *Introduction to Microwave Remote Sensing*, Michigan State University, Michigan, USA.
70. Mcdonald J (2008), *Hand book of biological statistics*, Sparky House Publishing, University of Delaware, Baltimore, Maryland.
71. Moghaddam M & Saatchi S (1999), "Monitoring Tree Moisture Using an Estimation Algorithm Applied to SAR Data from BOREAS", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37(2), pp.901-916.
72. Musselman RC & Fox DG (2012), "A Review of the Role of Temperate Forests in the Global CO<sub>2</sub> Balance", *Journal of the Air and Waste Management Association*, pp.798-807.
73. Mutaga O & Skidmore AK (2004), "Narrow band vegetation indices overcome the saturation problem in biomass estimation", *International Journal of Remote Sensing*, 25, pp.3999-4014.
74. Næsset E (2007), "Airborne laser scanning as a method in operational forest inventory: Status of accuracy assessments accomplished in Scandinavia", *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22 pp.433-442.
75. Nelson RF, Kimes DS, Salas WA, & Routhier M (2000), "Secondary forest age and tropical forest biomass estimation using Thematic Mapper imagery", *Bioscience*, 50, pp.419-431.
76. Nguyễn H., Killmann W, Phạm X. P., & Trines E (2011), *Viet Nam National REDD+ Program: Background document*, REED+ Việt Nam, Hà Nội.
77. Pandey U, Kushwaha SPS, Kachhwaha TS, Kunwar P, & Dadhwal VK (2010), "Potential of Envisat ASAR data for woody biomass assessment", *International Society for Tropical Ecology*, 51(1), pp.117-124.
78. Pulliainen JM, Engdahl M, & Hallikainen M (2003), "Feasibility of

multitemporal interferometric SAR data for standlevel estimation of boreal forest stem volume", *Remote Sensing of Environment*, 85(4), pp.397-409.

79. Pulliainen JT, Mikhela PJ, Hallikainen MT, & Ikonen J-P (1996), "Seasonal dynamics of C-band backscatter of boreal forests with applications to biomass and soil moisture estimation ", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 34(3), pp.758 - 770.
80. Ranson KJ & Sun G (1994), "Mapping Biomass of Northern Forests using Multi-frequency SAR Data", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32(2), pp.388-396.
81. Rauste TH, Pulliainen J, Heiska K, & Hallikainen M (1994), "Radar-based Forest Biomass Estimation", *International Journal of Remote Sensing*, 15(14), pp.2797-2808.
82. Romshoo SA & Shimada M (2001), "Employing SAR for Biomass Retrieval from Tropical Forests of Southeast Asian," *The 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore*, pp.55-61.
83. Saatchi SS & Moghaddam M (2000), "Estimation of crown and stem water content and biomass of boreal forest using polarimetric SAR imagery", *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing* 38(2), pp.697-709.
84. Saatchi SS, Soares JV, & Aalves SD (1997), "Mapping Deforestation and Land-Use in Amazon Rainforest by Using SIR-C Imagery", *Remote Sensing of Environment*, 59(2), pp.191-202.
85. Sader SA (1987), " Forest biomass, canopy structure, and species composition relationships with multipolarisation L-band SAR data", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 53, pp.193-202.
86. Salas WA, Ducey MJ, Rignot E, & Skole D (2002), "Assessment of JERS-1 SAR for monitoring secondary vegetation in Amazonia: 1. Spatial and temporal variability in backscatter across a chronosequence of secondary vegetation stands in Rhondonia.", *International Journal of Remote Sensing*, 23, pp.1357-1379.
87. Schlamadinger B & Marland G (1996), "The role of forest and bioenergy strategies in the global carbon cycle", *Biomass and Bioenergy*, 10 (5-6), pp.275-300.
88. Shimada. M. (2010), "Ortho-rectification and slope correction of SAR data using DEM and its accuracy evaluation", *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing*, 3(4), pp.657

– 671.

89. Small D, Holecz F, Meier E, Nüesch D, & Barmettler A (1997), "Geometric and radiometric calibration for RADASAT images", *Proceedings of Geomatics in Era of RADASAT, Ottawa, Canada*,
90. Small D, Holecz F, Meier E, Nüesch D, & Barmettler A (1997), "Geometric and radiometric calibration for RADASAT images", *Proceedings of Geomatics in Era of RADASAT, Ottawa, Canada*, pp.24-30.
91. Small D, Miranda N, & Meier E (2009), "A revised radiometric normalization standard for SAR", *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2009), Cape Town, South Africa*, 4, pp.566 - 569.
92. Small D, Miranda N, & Meier E (2009), "A revised radiometric normalization standard for SAR", *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2009), Cape Town, South Africa*,. 4, pp.566 - 569.
93. Solberg S, Næsset E, & Bollandsås OM (2006), "Single-tree segmentation using airborne laser scanner data in a structurally heterogeneous spruce forest", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72, pp.1369-1378.
94. Steininger MK (2000), "Satellite estimation of tropical secondary forest aboveground biomass data from Brazil and Bolivia", *International Journal of Remote Sensing*, 21, pp.1139-1157.
95. Stussi N, Beaudoin A, Castel T, & Gigord P (1995), "Radiometric correction of multi-configuration spaceborne SAR data over hilly terrain", *International Symposium on Retrieval of Bio- and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Applications*, 10-13, pp.469-478.
96. Thenkabail PS, Stucky N, Giscom BW, Ashton MS, Diels J, Van Der Meer B, & Enclona E (2004), "Biomass estimations and carbon stock calculations in the oil palm plantations of African derived savannas using IKONOS data", *International Journal of Remote Sensing*, 25, pp.5447-5472.
97. Tiwari AK & Singh JS (1984), "Mapping of forest biomass in India using aerial photographs and non-destructive field sampling", *Applied Geography*, 4, pp.151-165.
98. Toutin T & Gray. L. (2000), "State of the art of elevation extraction from satellite SAR data", *ISPRS Journal of Photogrammetry and*

*Remote Sensing*, 55(1), pp.13-33.

99. Ulaby FT, Moore RK, & Fung AK (1986), *Microwave Remote Sensing-Active and Passive*, Artech House Inc, Dedham.
100. United Nation (1998), *Kyoto protocol to the United Nations Framework convention on climate change*, United Nations, Kyoto.
101. USAID (2011), *Climate change in Vietnam: assessment of issues and option for Usaid funding*, USAID, Hanoi.
102. Wang Y, Davis FW, Melack JM, Kaischke ES, & Christensen NL (1995), "The effects of changes in forest biomass on radar backscatter from tree canopies", *International Journal of Remote Sensing*, 16, pp.503-513.
103. Wenjian N, Guoqing S, Zhifeng G, Zhiyu Z, Yating H, & Wenli H (2013), "Retrieval of Forest Biomass From ALOS PALSAR Data Using a Lookup Table Method", *IEEE journal of selected topics in applied Earth observations and remote sensing*, 6(2), pp.875-886.
104. West PW (2009), *Tree and forest measurement*, Springer, New York.
105. Zebker HA, Werner CL, Rosen PA, & Hensley. S. (1994), "Accuracy of topographic maps derived from ERS-1 Interferometric Radar", *IEEE Transaction on Geo-science and Remote sensing*, 32(4), pp.823-836.
106. Zink M, Kietzmann H, Borner T, Blotscher H, & Seifert F (1997), "Microwave Remote Sensing for Monitoring Forest Vitality ", *3rd ERS Symposium, Florence Italia*, 3(414), pp.1891-1897.