



Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát triển
Trường Đại học Nam Cần Thơ

Website: jsde.nctu.edu.vn



Phân tích, đánh giá, tổng hợp các nghiên cứu về tích lũy Carbon của rừng ngập mặn trong nước và trên thế giới

Nguyễn Thiên Hoa^{1*}, Phạm Nhật Trường¹

¹ Trường Đại học Nam Cần Thơ

* Người chịu trách nhiệm bài viết: Nguyễn Thiên Hoa (email: nguyenthienhoa14@gmail.com)

Ngày nhận bài: 15/5/2023

Ngày phản biện: 20/6/2023

Ngày duyệt đăng: 25/7/2023

Title: Analysis, assessment, and summary of research on the carbon accumulation of mangroves in the country and world

Key words: carbon, mangroves, remote sensing

Từ khóa: carbon, rừng ngập mặn, viễn thám

ABSTRACT

In this study, the carbon accumulation capacity of mangroves was concerned. Many studies and different methods have been applied to determine and calculate this possibility. The study focused on synthesizing and analyzing methods from many authors and determining a feasible and appropriate method for assessing the carbon accumulation capacity of mangroves. Research results found methods to determine the carbon accumulation capacity of mangroves such as methods based on the density of the forest biomass; methods based on conventional forest surveys; methods based on forest stand factors; methods based on individual tree data; methods based on growth patterns; methods based on volumetric investigation; methods based on remote sensing technology and geographic information system. A modeling method representing the relationship between biomass and accumulated carbon with investigation factors combined with remote sensing and GIS applications has been identified as a highly effective method, bringing many advantages to carbon accumulation estimates for mangroves.

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, khả năng tích lũy carbon của rừng ngập mặn được quan tâm. Đã có rất nhiều công trình nghiên cứu và áp dụng các phương pháp khác nhau để xác định và tính toán khả năng này. Nghiên cứu tập trung tổng hợp, phân tích các phương pháp từ nhiều tác giả, và xác định phương pháp khả thi và thích hợp cho việc đánh giá khả năng tích lũy carbon của rừng ngập mặn. Kết quả nghiên cứu đã tìm ra được các phương pháp xác định khả năng tích lũy carbon của rừng ngập mặn như: phương pháp dựa trên mật độ sinh khối của rừng; phương pháp dựa trên điều tra rừng thông thường; phương pháp dựa trên các nhân tố lâm phần; phương pháp dựa trên số liệu cây cá lẻ; phương

pháp dựa trên mô hình sinh trưởng; phương pháp dựa trên điều tra thể tích; phương pháp dựa trên công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý. Phương pháp mô hình hoá biểu diễn mối quan hệ giữa sinh khối và carbon tích lũy với các nhân tố điều tra kết hợp ứng dụng viễn thám và GIS được xác định là phương pháp mang lại hiệu quả cao, mang lại nhiều ưu điểm trong việc ước đoán tích lũy carbon cho rừng ngập mặn.

1. GIỚI THIỆU

Sự nóng lên toàn cầu đang là mối quan tâm hàng đầu trên thế giới, hàm lượng carbon chiếm tỷ trọng lớn không ngừng tăng lên là nguyên nhân gây biến đổi khí hậu và ảnh hưởng nghiêm trọng đến hoạt động kinh tế-xã hội, các hệ sinh thái và con người. Việc đốt nhiên liệu hóa thạch trên thế giới năm 1993 đã đưa vào bầu khí quyển 5,9 tỷ tấn carbon dưới dạng CO₂, gấp 4 lần so với năm 1950. Hoạt động trồng rừng và tái trồng rừng trên thế giới có thể hấp thụ CO₂ ở sinh khối trên mặt đất và dưới mặt đất là 0,4-1,2 tấn/ha/năm ở vùng cực Bắc, 1,5-4,5 tấn/ha/năm ở vùng ôn đới và 4-8 tấn/ha/năm ở các vùng nhiệt đới (Dixon và ctv, 1994; IPCC, 2000) [32],[28].

Rừng là bể chứa carbon, có vai trò đặc biệt quan trọng trong cân bằng O₂ và CO₂ trong khí quyển, do đó nó có ảnh hưởng lớn đến khí hậu từng vùng cũng như toàn cầu. Tổng lượng hấp thụ carbon dự trữ của rừng trên toàn thế giới ở trong đất và thảm thực vật chiếm khoảng 830 PgC. Trong đó, lượng carbon chứa trong đất lớn hơn 1,5 lần lượng carbon dự trữ trong thảm thực vật (Brown, 1997) [19]. Đối với rừng nhiệt đới, có đến 50% lượng carbon dự trữ trong thảm thực vật và 50% dự trữ trong đất (Dixon và ctv, 1994; Brown, 1997; IPCC, 2000; Pregitzer và Euskirchen, 2004) [32],[19],[28],[30]. Diện tích rừng ngày càng bị thu hẹp cộng với quá trình khai thác rừng không hợp lý chính là nguyên nhân để lượng carbon tích lũy ngày càng nhiều.

Rừng ngập mặn (RNM) là một hệ sinh thái hết sức quan trọng, vừa cung cấp các nhu cầu cho cuộc sống của cộng đồng dân cư ven biển, vừa là bức tường xanh vững chắc chống gió bão,

xói lở, làm sạch môi trường ven biển, hạn chế xâm nhập mặn, bảo vệ nước ngầm, tích lũy carbon, giảm khí CO₂,... duy trì đa dạng sinh học khi có thiên tai và đóng một vai trò lớn trong việc giảm thiểu thiên tai do biến đổi khí hậu và nước biển dâng.

Nghiên cứu tích lũy carbon, phương pháp nghiên cứu sự tích lũy carbon trở thành vấn đề trọng tâm của khoa học kể từ khi mức độ phát thải khí CO₂ ngày càng tăng lên. Đã có nhiều nghiên cứu về xác định lượng carbon được tích lũy trong rừng ở nhiều bộ phận khác nhau: sinh khối của cây tầng cao, thực vật tầng thấp, vật rơi rụng và mùn trong đất. Tổng sinh khối của cây trên mặt đất là bể chứa carbon quan trọng nhất và trực tiếp bị ảnh hưởng do suy thoái rừng, và việc ước tính tổng lượng sinh khối trên mặt đất là bước quan trọng trong việc đánh giá tổng lượng carbon và tuần hoàn của nó trong hệ sinh thái rừng.

Các nghiên cứu chỉ ra rằng việc nghiên cứu sinh khối, carbon vẫn là một thử thách, đặc biệt là đối với những khu rừng đặc thù, khó tiếp cận trong đó có các khu rừng ngập mặn, hiện nay việc nghiên cứu sinh khối, carbon của rừng được sử dụng nhiều phương pháp khác nhau, trong bản hướng dẫn về kiểm kê khí nhà kính quốc gia của IPCC (IPPC, 2006) [27] đã đề cập đến 2 cách là trực tiếp và gián tiếp để tính sinh khối trên mặt đất. Trong một hướng nghiên cứu khác có đề cập phương pháp tiếp cận dựa trên đo đếm thực địa, viễn thám và GIS (Lu, 2006) [26].

Nhằm tổng hợp so sánh, đánh giá lại những vấn đề đã được nghiên cứu và chưa nghiên cứu về khả năng tích lũy carbon, phương pháp nghiên cứu sự tích lũy carbon của cây rừng nói

chung và rừng ngập mặn nói riêng, đề tài: “Phân tích, đánh giá, tổng hợp các nghiên cứu về tích lũy Carbon của rừng ngập mặn trong nước và thế giới” được thực hiện với mục tiêu góp phần hoàn thiện cơ sở khoa học ước đoán tích lũy carbon cho rừng ngập mặn cho các nghiên cứu tiếp theo.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Cơ sở lý luận

RNM là hệ sinh thái chuyển tiếp giữa biển và đất liền. Ngoài sự đa dạng sinh học cao, sự thích nghi tuyệt vời của sinh vật với điều kiện môi trường sống khắc nghiệt, rừng ngập mặn còn có một đặc điểm là có cường độ quang hợp

cao, điều đó chứng tỏ khả năng hấp thụ CO₂ và vai trò quan trọng trong việc làm giảm lượng khí CO₂. Hiện nay đã có khá nhiều các nghiên cứu liên quan đến việc xác định sinh khối, khả năng tích lũy carbon của RNM, nhưng chủ yếu chỉ nghiên cứu trên từng loài riêng biệt và đối với loại rừng trồng thuần loại. Kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thanh Hà và ctv. (2007) [11] về hàm lượng carbon tích lũy trong cây (rễ và sinh khối trên mặt đất) ở các loại rừng có thành phần, mật độ khác nhau tại một số RNM ở miền Nam Thái Lan và Indonesia cho biết, tùy vào loại rừng, đặc điểm về cấu trúc, tuổi cây mà hàm lượng carbon tích lũy là khác nhau.

Bảng 1. Tích lũy carbon trong cây rừng ngập mặn

Địa điểm nghiên cứu	Loại cây chính	Mật độ cây (số cây/ha)	Carbon trong cây (tấn/ha)
Sosobok, Indonesia	Bần chua (<i>Sonneratia caseolaris</i> (L.) Engler)	487	117,4
	Rừng đước đôi (<i>Rhizophara apiculata</i> Blume)	761	254,3
	Vẹt dù (<i>Bruguiera gymnorrhiza</i> (L.) Savigny)	400	313,5
Ranong, Thái Lan (Rừng tự nhiên)	Rừng đước đôi (<i>Rhizophara apiculata</i> Blume)	1467	555,8
	Vẹt dù (<i>Bruguiera gymnorrhiza</i> (L.) Savigny)		280,0
	Rừng đước đôi (<i>Rhizophara apiculata</i> Blume)	1489	531,7
Nakorn, Sri Thmarat (Rừng trồng)	Rừng đước đôi (<i>Rhizophara apiculata</i> Blume) 3 tuổi	6900	51,4
	Rừng đước đôi (<i>Rhizophara apiculata</i> Blume) 7 tuổi	2300	163,6

(Nguồn: Hà và ctv, 2002)

Mật độ cây và loài cây là các yếu tố chi phối đến khả năng tích lũy carbon trong RNM. Kết quả nghiên cứu của Sathirathai (2001) [33], về khả năng tích lũy carbon hàng năm của RNM

tại làng Tha Po, Thái Lan ở các loài cây cho thấy, hàm lượng carbon tích lũy trong cây RNM tương đối cao, cây đước đôi (*Rhizophara apiculata*) tích lũy carbon là cao nhất (Bảng 2).

Bảng 2. Tích lũy carbon hàng năm của RNM làng Tha Po, Thái Lan

Loài cây chính	Mật độ cây (Số cây/ha)	Sinh khối (tấn/ha)	Tổng carbon tích lũy (tấn /ha/năm)
Mắm biển (<i>Avicennia marina</i> (Forsk) Vierh)	2337,50	29,06	8,19
Giá (<i>Excoecaria agallocha</i> L.)	1462,50	7,69	4,94
Đước đôi (<i>Rhizophora apiculata</i> Blume)	306,25	4,31	1,19
Tra lâm vồ (<i>Thespesia populnea</i>)	406,25	4,13	0,81

(Nguồn: Sathirathai, 2001) [33]

2.2 Tài liệu nghiên cứu

Thu thập và tổng hợp thông tin từ các tài liệu, công trình khoa học đã được công bố có liên quan tới nghiên cứu sinh khối và khả năng hấp thụ CO₂ của rừng trên thế giới và ở Việt Nam; Nguồn tài liệu tại Trung Tâm học liệu Đại học Cần Thơ, bài báo được công bố, sách xuất bản, trên cơ sở kế thừa các tài liệu có liên quan, tác giả tiến hành phân tích và tổng hợp các vấn đề liên quan đến đề tài.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả các nghiên cứu về tích lũy carbon của rừng ngập mặn

3.1.1 Trên thế giới

Komiyama et al. (2008) [25] đã kiểm tra sinh trưởng, sinh khối và năng suất rừng ngập mặn qua 72 bài báo của các tác giả đã công bố, kết quả tính được sinh khối trên mặt đất rừng ngập mặn ở Malaysia với loài ưu thế là Đước đôi, lớn nhất (460 tấn/ha) và rừng ngập mặn ở Florida (Mỹ) với loài ưu thế là Đước đỏ, thấp nhất (7,9 tấn/ha) trong tất cả các vùng nghiên cứu. Tác giả kết luận sinh khối rừng ngập mặn có quan hệ với tuổi, loài ưu thế và lập địa. Tính trên toàn cầu, rừng ngập mặn ở vùng nhiệt đới có sinh khối trên mặt đất cao hơn rất nhiều so với vùng ôn đới (Cao Huy Bình, 2009) [3].

Ở Malaysia, đã ghi nhận sinh khối rừng Đước đôi (*Rhizophora apiculata* Blume) tăng theo độ tuổi, cụ thể sinh khối quần thể Đước đôi ở tuổi 5 là 16,25 tấn/ha, tổng sinh khối ở độ tuổi 10 là 180 tấn/ha và đạt cao nhất là quần thể Đước đôi ở độ tuổi 20 với khoảng 200 tấn/ha.

Christensen (1997) [21] nghiên cứu sinh khối và năng suất sơ cấp rừng Đước trên đảo Phuket thuộc bờ biển phía Tây, Thái Lan đã xác định được tổng lượng sinh khối khô trên mặt đất của rừng ở độ tuổi 15 là 159 tấn/ha, tổng năng suất sinh khối khô tăng hàng năm ước tính 27 tấn/ha/năm. Nghiên cứu cũng đã so sánh và chỉ ra lượng vật rụng rừng ngập mặn cao hơn so với rừng mưa nhiệt đới do rừng ngập mặn có tuổi nhỏ hơn và sinh trưởng nhanh. Vai trò của rừng ngập mặn trong tích tụ các bon ở tỉnh Trat, Thái Lan với phương pháp phân tích hàm lượng carbon chứa trong sinh khối khô. Kết quả lượng carbon trung bình chứa trong ba loài nghiên cứu (*Rhizophora mucronata*, *R. apiculata*, *B. cylindrica*) chiếm 47,77 % khối lượng khô và ở rừng nhiều tuổi thì hấp thụ lượng carbon nhiều hơn rừng ít tuổi (Wanthongchai et al, 2006) [36].

Subarudi et al (2004) [34] đã phân tích chi phí cho việc thiết kế và triển khai dự án CDM tại tỉnh Cianjur, miền Tây Java, Indonesia với diện tích là 17,5 ha (đất của các hộ nông dân). Đây là một trong những dự án CDM đã được thiết lập trong một số tỉnh ở Indonesia và được cấp vốn bởi tổ chức JIFPRO của Nhật Bản kết quả cho thấy trữ lượng carbon hấp thụ từ 19,5 – 25,5 tấn C/ha. Theo Lasco et al. (2004) [31], trong nghiên cứu đánh giá sự hấp thụ CO₂ ở rừng thứ sinh của Khu dự trữ Mount Makiling, Philippines đã nhận xét rằng rừng nhiệt đới là một nguồn hấp thụ CO₂ quan trọng. Các tác giả đã xác định lượng sinh khối dưới và trên mặt đất của rừng thứ sinh ở Malaysia đạt 576 tấn/ha, lượng carbon chiếm tỷ

lệ khoảng 43 % so với tổng lượng sinh khối khô (Viên Ngọc Nam, 2009) [17].

Theo Wilson (2009) [37], vị trí các ô tiêu chuẩn được xác định tại Kiên Giang cho cả rừng ngập mặn loại 1 và loại 2 theo các đơn vị địa lý của bản đồ sử dụng đất được khoanh vẽ từ ảnh vệ tinh. Sinh khối trung bình trên và dưới mặt đất tại 40 ô tiêu chuẩn là 157 tấn/ha. Tổng sinh khối khô (trên và dưới mặt đất) đối với rừng loại 1 là 147 tấn/ha, nhỏ hơn tổng trọng lượng khô của rừng ngập mặn loại 2 (190 tấn/ha). Sinh khối trên mặt đất với trên 600 tấn/ha đã ghi nhận được ở rừng ngập mặn, nhưng con số thường thấy dao động trong khoảng 150 và 350 tấn/ha đối với rừng ngập mặn nhiệt đới còn tốt. Các công trình nghiên cứu về sinh khối đã thu về kết quả nhất định, tuy nhiên từ nghiên cứu sinh khối để lượng hóa khả năng tích lũy carbon của cây rừng còn hạn chế, phần lớn các nghiên cứu mới chỉ tập trung vào xác định lượng carbon tích lũy trong thực vật tại thời điểm nghiên cứu. Trên thế giới, các nghiên cứu mới chỉ tập trung vào việc đánh giá lượng carbon, carbon được lưu trữ trong một số kiểu sử dụng đất, một số loài cây rừng trồng mà chưa có đánh giá cụ thể đối với rừng tự nhiên, đồng thời chưa nghiên cứu sâu đối với một loài cụ thể.

3.1.2 Trong nước

Nguyễn Thanh Hà và ctv (2007) [11] đã nghiên cứu tích tụ carbon trong đất rừng ngập mặn tại một số khu rừng trồng ở Nam Định, tác giả đã kết luận rằng tổng sinh khối rễ của rừng nhiều tuổi sẽ lớn hơn tổng sinh khối của rừng còn ít tuổi. Trong khi lượng carbon tích tụ trong đất tăng, giảm không theo quy luật theo độ tuổi.

Nguyễn Thị Hà (2007) [4] đã nghiên cứu sinh khối, làm cơ sở xác định khả năng hấp thụ CO₂ của rừng Keo lai (*Acacia auriculiformis*) trồng tại Quận 9, thành phố Hồ Chí Minh. Tác giả thu thập số liệu sinh khối tươi từ 36 cây giải tích, trên 21 ô tiêu chuẩn tạm thời đo đếm một lần, diện tích 500 m²/ô (20 m x 25 m). Từ hàm lượng carbon tích lũy, tác giả xác định được lượng CO₂ hấp thụ bằng cách nhân với 44/12,

lượng CO₂ rừng hấp thụ tập trung nhiều trong các cấp tuổi cao. Sinh khối trung bình trên mặt đất của các loại rừng khác nhau có sự khác biệt đáng kể (Vũ Tấn Phương và ctv, 2013) [16] ở Cà Mau và Kiên Giang, rừng trồng Đước 16 tuổi là 80,10 tấn/ha, rừng trồng Mắm đen là 109,81 tấn/ha và rừng Mắm trắng tự nhiên là 232,6 tấn/ha. Khả năng hấp thụ các bon trung bình của rừng trồng Đước, Mắm đen và Mắm trắng tự nhiên lần lượt là 136,6 tấn CO₂/ha, 511,6 tấn CO₂/ha và 198,7 tấn CO₂/ha. Giá trị hấp thụ CO₂ của rừng phụ thuộc vào sinh trưởng của rừng. Với diện tích gần 27.500 ha, mỗi năm rừng ngập mặn ở Cần Giờ hấp thụ được hơn 9,5 triệu tấn CO₂ (Viên Ngọc Nam và ctv, 2011) [18]. Viên Ngọc Nam và ctv (2011) [18] đã nghiên cứu tích tụ carbon của rừng Đước đôi (*Rhizophora apiculata* Blume) trồng ở Khu Dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh, kết quả cho thấy tỉ lệ các bon tích lũy trong cây cá thể của thân là cao nhất và tăng theo khi đường kính tăng, tỉ lệ carbon tích lũy trong lá giảm dần khi đường kính tăng lên trong khi đó cành và rễ tương đối ít biến động. Phan Nguyên Hồng và ctv (1997) [12] nghiên cứu sinh khối và năng suất sơ cấp rừng Đước (*Rhizophora apiculata*) trồng ở Cần Giờ, kết quả cho thấy, sinh khối rừng Đước có lượng tăng từ 5,93 – 12,44 tấn/ha/năm, trong đó tuổi 4 có lượng tăng sinh khối thấp nhất và cao nhất ở tuổi 12; lượng tăng đường kính 0,46 – 0,81 cm/năm, trữ lượng thảm mục tích lũy carbon trên sàn rừng là 3,4 - 12,46 tấn/ha. Sử dụng phương trình tương quan giữa sinh khối các thành phần trên mặt đất với chu vi thân cây tại vị trí ngang ngực (GBH) để ước tính sinh khối, phương trình có dạng: $\log W = a + b \log GBH$, phương trình này đã được sử dụng để tính sinh khối các thành phần trên mặt đất của rừng Đước tại Cà Mau trong đó biến độc lập GBH được thay bằng chỉ tiêu đường kính ngang ngực (DBH). Tác giả đã thực hiện thu mẫu sinh khối cây ở các cấp tuổi rừng: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 22 và 34 Lập các ô định vị và đo đếm trên 160 ô ở các cấp tuổi rừng khác nhau.

Phương trình hồi quy giữa sinh khối với đường kính ngang ngực cũng được xây dựng để ước tính sinh khối quần thể Dà voi (*Ceriops tagal* C. B. Rob) và Cóc trắng (*Lumnitzera racemosa*) trồng tại Khu Dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ - Thành phố Hồ Chí Minh (Viên Ngọc Nam và ctv, 2009) [17].

Rừng Đước Cà Mau cung cấp một lượng roi 9,75 tấn/ha/năm; trong đó lượng roi của lá chiếm 79,71%. Rừng Đước 12 tuổi trồng ở Cần Giờ cung cấp lượng roi trung bình 8,47 tấn/ha/năm; trong đó lá chiếm 75,42% (Phan Nguyên Hồng và ctv, 1997) [12]. Theo Dự án GTZ CZM - Bảo tồn rừng ngập mặn Sóc Trăng, cứ mỗi hécta RNM cho 3,6 tấn mùn bã hữu cơ/năm, đây là nguồn thức ăn của nhiều loài cá biển (Phạm Văn Ngọt và ctv, 2011) [14]. Lê Tấn Lợi và ctv (2013) [5] đã nghiên cứu tích lũy carbon của rừng ngập mặn tại cồn Ông Trang

huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau trên ba loại trạng thái, kết quả nghiên cứu cho thấy, tổng lượng carbon tích lũy trong 1 ha tại cồn Ông Trang cao nhất tại trạng thái rừng Đước đôi chiếm ưu thế là 448,47 tấn/ha, kế đến là tại trạng thái rừng Vẹt tách chiếm ưu thế là 423,74 tấn/ha và tích lũy các bon tại trạng thái Mắm trắng chiếm ưu thế là thấp nhất 387,65 tấn/ha, từ kết quả nghiên cứu trên có thể thấy loại Đước đôi chiếm ưu thế.

Kết quả nghiên cứu tài liệu cho thấy, đã có rất nhiều tác giả trong và ngoài nước nghiên cứu đề cập vấn đề tích lũy carbon của rừng, đánh giá giá trị của rừng thông qua nghiên cứu về sinh khối của rừng, tuy nhiên việc nghiên cứu chi tiết cho một loài cây trong điều kiện rừng tự nhiên ở Việt Nam còn hạn chế, chưa có nghiên cứu sâu.

3.2 Tổng hợp các phương pháp nghiên cứu tích lũy carbon

Bảng 3. Tổng hợp tóm tắt các phương pháp nghiên cứu tích lũy carbon

TT	Phương pháp nghiên cứu	Địa điểm nghiên cứu	Kết quả nghiên cứu	Tác giả nghiên cứu
1	Phương pháp dựa trên mật độ sinh khối của rừng	Xác định lượng CO ₂ hấp thụ của rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên làm cơ sở tham gia chương trình giảm thiểu khí thải từ suy thoái và mất rừng	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình ước tính sinh khối và carbon cây rừng: + Khối lượng thể tích gỗ (WD) đại diện cho các nhóm loài có cùng sinh khối trên đơn vị thể tích. + Ước tính sinh khối và carbon trong 4 bộ phận của cây trên mặt đất với các biến số DBH, H và WD cho thấy thân cây đạt độ tin cậy tốt nhất. + Hàm ước tính sinh khối cây trên mặt đất (AGB) có 3 biến số DBH, H và WD đạt độ tin cậy cao nhất. - Ứng dụng viễn thám và GIS trong ước tính – giám sát sinh khối và carbon rừng. 	Bảo Huy (2012) [1]
2	Phương pháp dựa trên điều tra rừng thông thường	Nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của trạng thái rừng cộng đồng thôn Cái Mát, xã Tiên Lăng, huyện Tiên Yên, tỉnh Quảng Ninh	<ul style="list-style-type: none"> - Tổ thành loài: khá đa dạng về loài chủ yếu là những cây ưa sáng có giá trị cao. - Tổng lượng carbon của rừng là 36,87 tấn/ha. Giá trị kinh tế đạt 7.706.178 đồng/ha. 	Phạm Ngọc Minh, 2009 [39]

TT	Phương pháp nghiên cứu	Địa điểm nghiên cứu	Kết quả nghiên cứu	Tác giả nghiên cứu
3	Phương pháp dựa trên các nhân tố lâm phần	Xác định lượng CO ₂ hấp thụ của rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên làm cơ sở tham gia chương trình giảm thiểu khí thải từ suy thoái và mất rừng	<p>- Mô hình ước tính sinh khối và carbon lâm phần:</p> <p>+ Sinh khối và carbon trong thảm tươi biến động ngẫu nhiên.</p> <p>+ Sinh khối và carbon trong gỗ chết biến động ngẫu nhiên rất lớn.</p> <p>+ Giữ sinh khối, carbon trong lâm phần và mỗi bộ phận trên dưới mặt đất có quan hệ chặt chẽ với nhau.</p> <p>+ Tổng lượng carbon của 5 bề chứa trong lâm phần (TC) có quan hệ chặt chẽ với đá mẹ, lượng mưa bình quân năm, nhiệt độ bình quân năm và tổng sinh khối cây rừng trên mặt đất.</p>	Bảo Huy (2012) [1]
4	Phương pháp dựa trên số liệu cây cá thể	Nghiên cứu khả năng tích tụ carbon của rừng Cóc trắng (<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd) trồng tại Khu Dự trữ Sinh quyển Rừng ngập mặn Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh	<p>- Kết cấu sinh khối tươi từng bộ phận của cây cá thể được sắp xếp theo thứ tự: thân tươi trung bình > cành tươi > lá tươi.</p> <p>- Kết cấu sinh khối khô từng bộ phận của cây Cóc trắng được sắp xếp theo thứ tự: thân khô trung bình > cành khô trung bình > lá khô trung bình.</p> <p>- Kết cấu sinh khối khô các bộ phận của từng quần thể được sắp xếp theo thứ tự: thân > cành > lá.</p>	Phan Văn Trung (2009) [13]
5	Phương pháp dựa trên mô hình sinh trưởng	Nghiên cứu mô hình ước tính sinh khối, trữ lượng carbon rừng ngập mặn trên cơ sở ứng dụng Viễn thám và GIS tại tỉnh Cà Mau	<p>Hàm logarit 2 chiều dự báo sinh khối và tích lũy carbon của cây rừng.</p> <p>Mô hình ước tính sinh khối tươi rừng Đước: $W_{tt} = \exp(-0,728 + 2,33 \cdot \ln(D1,3))$</p> <p>Mô hình ước tính sinh khối khô rừng Đước theo cấp tuổi:</p> <p>$W_{tk} = 0,529 \cdot \exp(-0,728 + 2,33 \cdot \ln(D1,3))$</p> <p>$W_{tk} = 0,595 \cdot \exp(-0,728 + 2,33 \cdot \ln(D1,3))$</p> <p>$W_{tk} = 0,622 \cdot \exp(-0,728 + 2,33 \cdot \ln(D1,3))$</p>	Nguyễn Thị Hà (2007) [4]

TT	Phương pháp nghiên cứu	Địa điểm nghiên cứu	Kết quả nghiên cứu	Tác giả nghiên cứu
			$W_{tk} = 0,640 \exp(-0,728 + 2,33 \cdot \ln(D1,3))$ $W_{tk} = 0,639 \cdot \exp(-0,728 + 2,33 \cdot \ln(D1,3))$ $W_{tk} = 0,652 \cdot \exp(-0,728 + 2,33 \cdot \ln(D1,3))$ Mô hình ước tính sinh khối quần thể: $\log(TAGB) = \exp(0,768 + 0,0873 \cdot \ln(M^2))$. Mô hình ước tính tích lũy carbon quần thể: $TAGC = 1 / (0,000663 + 1,65/M)$	
6	Phương pháp dựa trên công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý	Nghiên cứu mô hình ước tính sinh khối, trữ lượng carbon rừng ngập mặn trên cơ sở ứng dụng Viễn thám và GIS tại tỉnh Cà Mau	- Tổng sinh khối và tích lũy carbon của toàn lâm phần có sự biến động mạnh giữa các cấp kính và cấp tuổi, tổng sinh khối và tích lũy carbon quần thể tăng lên theo cấp kính và cấp tuổi. - Lượng tăng trưởng sinh khối của quần thể Đước tăng khá nhanh trong khoảng 10 năm đầu và sau đó giảm dần; trong đó lượng tăng trưởng hàng năm (ZB) đạt cao nhất 23,7 tấn/năm ở tuổi 4.	Nguyễn Thị Hà (2007) [4]

3.3 Phương pháp nghiên cứu sự tích lũy carbon rừng ngập mặn ở Đồng bằng sông

Cửu Long (ĐBSCL)

Bảng 4. Phương pháp nghiên cứu sự tích lũy carbon sử dụng cho rừng ngập mặn ở ĐBSCL

TT	Công trình nghiên cứu	Kết quả nghiên cứu	Phương pháp nghiên cứu	Tác giả nghiên cứu
1	Nghiên cứu sự tích lũy carbon trong cây và mối quan hệ giữa tích lũy carbon với các tính chất đất tại cồn Ông Trang, huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau	- Sinh khối và tích lũy carbon giữa các loài cây có sự khác biệt ý nghĩa thống kê. - Sinh khối và tích lũy carbon ở loài theo thứ tự tăng dần: Mắm Trắng < Vẹt Tách < Đước Đồi	Phương pháp lập ô định vị, khảo sát đo đạc thực tế và phân tích phòng thí nghiệm	Nguyễn Hà Quốc Tín, Lê Tấn Lợi, Lý Hằng Ni (2015) [8]

TT	Công trình nghiên cứu	Kết quả nghiên cứu	Phương pháp nghiên cứu	Tác giả nghiên cứu
3	Ảnh hưởng của một số tính chất đất đến sự tích lũy carbon trong cây tại cồn Ông Trang, huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau	<ul style="list-style-type: none"> - Kết quả nghiên cứu cho thấy tích lũy carbon ở loài Mắm Trắng là thấp nhất và cao nhất là loài Đước Đồi. - Eh và pH có xu hướng giảm dần từ lập địa cao xuống lập địa thấp, giá trị độ mặn của nước trong đất giảm theo địa hình nhưng không đáng kể, không ảnh hưởng đến sinh khối và tích lũy carbon. 	Phương pháp lập địa, đo đạc thực tế	Lý Hằng Ni, Lê Tấn Lợi (2015) [9]
5	Tích lũy carbon của rừng ngập mặn ở Cồn Trong, vườn quốc gia mũi Cà Mau theo từng giai đoạn	<ul style="list-style-type: none"> - Kết quả đã tính toán được trữ lượng carbon trung bình trong sinh khối cây ngập mặn ở Cồn Trong. - Trữ lượng carbon trung bình trong sinh khối trên mặt đất và dưới mặt đất có sự khác biệt rõ giữa các khu vực tương ứng với các giai đoạn hình thành. 	Khảo sát, đo đếm ô tiêu chuẩn kết hợp viễn thám	Lư Ngọc Trâm Anh, Võ Hoàng Anh Tuấn, Viên Ngọc Nam (2017) [6],[7]
7	Nghiên cứu mô hình ước tính sinh khối, trữ lượng các bon rừng ngập mặn trên cơ sở ứng dụng Viễn thám và GIS tại tỉnh Cà Mau	<ul style="list-style-type: none"> - Tỷ lệ sinh khối và tích lũy carbon các bộ phận trên mặt đất của cây Đước cũng như của quần thể Đước phần lớn nằm trong bộ phận thân. - Tổng sinh khối và tích lũy carbon của toàn lâm phần có sự biến động mạnh giữa các cấp kính và cấp tuổi. - Tổng sinh khối và tích lũy carbon quần thể tăng lên theo cấp kính và cấp tuổi. 	Phương pháp đo đếm trực tiếp kết hợp phương pháp sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám và GIS	Nguyễn Thị Hà (2007) [4]
8	Ứng dụng quy trình CIFOR nghiên cứu sự tích lũy carbon trong cây đước tại hệ thống rừng ngập mặn huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau	<ul style="list-style-type: none"> - Sinh khối trung bình các ô tiêu chuẩn với dạng lập địa ven biển có giá trị sinh khối giảm dần: dạng lập địa cửa sông > dạng lập địa ven sông. - Lượng carbon tích lũy của cây đước có xu hướng giảm dần theo lập địa từ ven biển đến ven sông và thấp nhất ở cửa sông. - Có mối quan hệ thuận giữa sự tích lũy C với cao trình mặt đất, EC và Eh. Đối với chất hữu cơ trong đất thì có mối quan hệ nghịch với sự tích lũy C. 	Phương pháp lập ô định vị, khảo sát đo đạc thực tế và phân tích phòng thí nghiệm	Lê Tấn Lợi (2013) [5]

TT	Công trình nghiên cứu	Kết quả nghiên cứu	Phương pháp nghiên cứu	Tác giả nghiên cứu
9	Sinh khối và khả năng hấp thụ CO ₂ của rừng tràm khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng, huyện Phụng Hiệp, tỉnh Hậu Giang	Giữa đường kính ngang ngực và sinh khối cây tràm có mối tương quan chặt chẽ với nhau (hệ số tương quan R = 0,93). Thành phần vật rụng ở hai cấp tuổi rừng tràm nhỏ hơn 10 và lớn hơn 10 chuẩn.	Phương pháp lập ô định vị, khảo sát đo đạc thực tế và phân tích phòng thí nghiệm	Bùi Thị Thu Thảo và Lê Anh Tuấn (2017) [2]
10	Đánh giá lượng carbon tích lũy của sinh khối rừng tràm trên nền đất sét tại Vườn quốc gia U Minh Thượng	Không có sự khác biệt về thành phần vật rụng giữa hai cấp độ tuổi rừng tràm. Hàm lượng carbon ước tính của rừng tràm theo hai độ tuổi nhỏ hơn 10 và lớn hơn 10 thì có sự khác biệt.	Phương pháp lập ô định vị, khảo sát đo đạc thực tế và phân tích phòng thí nghiệm	Trương Hoàng Đan, Lê Hoàng Tất và Bùi Trường Thọ (2014) [15]

3.4 Đánh giá chung

Trên thế giới có nhiều nghiên cứu khả năng tích lũy carbon, phương pháp nghiên cứu khá đa dạng. Để ước tính sinh khối của cây rừng phần trên mặt đất (AGB) cho một số kiểu rừng nhiệt đới, phương pháp chặt hạ cây (destructive sampling) và lập mô hình ước tính sinh khối, carbon rừng (allometric equations) đã được thực hiện bởi Brown (1997) [19], MacDicken (1997) [29], Chave et al. (2004 - 2005) [20], Pearson (2007) [35], Basuki et al. (2009) [38], Henry et al. (2010) [23], Dietz et al. (2011) [22], Johannes et al. (2011) [24], tuy nhiên, các tác giả chưa tìm ra các nghiên cứu liên quan đến phương pháp mô hình kết hợp với ảnh viễn thám. Nghiên cứu khả năng tích lũy carbon được sử dụng bằng nhiều phương pháp: phương pháp dựa trên mật độ sinh khối của rừng; phương pháp dựa trên điều tra rừng thông thường; phương pháp dựa trên các nhân tố lâm phân; phương pháp dựa trên số liệu cây cá thể; phương pháp dựa trên mô hình sinh trưởng; phương pháp dựa trên công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý; phương pháp dựa trên điều tra thể tích, mỗi phương pháp đều có ưu và nhược điểm riêng:

- *Phương pháp dựa trên mật độ sinh khối của rừng:* Mật độ sinh khối của rừng phụ thuộc

chủ yếu vào tổ thành loài cây, độ phì của đất và tuổi rừng. Phương pháp này có sai số tương đối lớn nên chỉ được dùng để ước lượng trong điều tra sinh khối rừng nhanh ở phạm vi quốc gia.

- *Phương pháp dựa trên điều tra rừng thông thường:* Phương pháp đo đếm trực tiếp truyền thống trên một số lượng ô tiêu chuẩn đủ lớn của các đối tượng rừng khác nhau cho kết quả đáng tin cậy. Tuy nhiên, phương pháp này khá tốn kém.

- *Phương pháp dựa trên các nhân tố lâm phân:* Yêu cầu cao về độ chính xác của số liệu các nhân tố điều tra để xây dựng phương trình.

- *Phương pháp dựa trên số liệu cây cá lẻ:* Sinh khối cây cá lẻ được xác định từ mối quan hệ của nó với các nhân tố điều tra khác của cây cá lẻ như: chiều cao, đường kính ngang ngực, tiết diện ngang, thể tích hoặc tổ hợp của các nhân tố này của cây. Phương pháp này khá tốn kém.

- *Phương pháp dựa trên mô hình sinh trưởng:* Cần phải xác định được những điểm chung để phân loại mô hình như BIOMASS, ProMod, 3 PG, Gen WTO, CO2Fix, CENTURY,... trong đó mô hình CO2Fix có khả năng áp dụng cho các nước đang phát triển chưa có điều kiện thực hiện và thu thập số liệu trên các thí nghiệm, ô định vị lâu năm. Mô hình này đã được sử dụng độc lập hoặc kết hợp với các mô hình khác để điều tra hấp

thụ carbon và động thái qui mô lâm phần cho đến qui mô quốc gia; Vì vậy có thể sử dụng mô hình vào điều tra carbon, động thái quá trình này ở hệ sinh thái rừng ở Việt Nam.

- *Phương pháp dựa trên điều tra thể tích*: Áp dụng cho rừng khép tán thành thực thứ cấp trong điều kiện khí hậu ẩm và khô. Dữ liệu cần thiết cho phương pháp là thể tích thân cây VOB/ha, điều tra thể tích tất cả các loài cây với đường kính tại vị trí 1,3 m nhỏ nhất là 10 cm. Tuy nhiên, phương pháp này khá tốn kém.

- *Phương pháp dựa trên công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý*: Phương pháp này đòi hỏi thiết bị xử lý, nhân lực trình độ cao. Kỹ thuật viễn thám đã có nhiều thuận lợi hơn trong việc ước tính sinh khối trên mặt đất so với phương pháp truyền thống và cung cấp tiềm năng ước tính sinh khối trên mặt đất ở các quy mô khác nhau. Nhu cầu người sử dụng, đặc điểm dữ liệu viễn thám, quy mô khu vực nghiên cứu và hỗ trợ kinh phí có ảnh hưởng quan trọng quyết định đến thiết kế phương pháp ước tính sinh khối trên mặt đất. Kết hợp viễn thám và

GIS cũng có ích trong việc cải thiện kết quả ước lượng AGB từ dữ liệu đa nguồn có sẵn.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Trên thế giới có nhiều nghiên cứu khả năng tích lũy carbon, phương pháp nghiên cứu khá đa dạng, để ước tính sinh khối của cây rừng phần trên mặt đất (AGB) cho một số kiểu rừng nhiệt đới nhưng chưa tìm ra các nghiên cứu liên quan đến phương pháp mô hình kết hợp với ảnh viễn thám. Nghiên cứu khả năng tích lũy carbon được sử dụng nhiều phương pháp như phương pháp dựa trên mật độ sinh khối của rừng, phương pháp dựa trên điều tra rừng thông thường, phương pháp dựa trên các nhân tố lâm phần, phương pháp dựa trên số liệu cây cá thể, phương pháp dựa trên mô hình sinh trưởng, phương pháp dựa trên công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý, phương pháp dựa trên điều tra thể tích. Phương pháp kết hợp nghiên cứu thực địa và ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS là một trong những phương pháp áp dụng hiệu quả, đây là phương pháp hay có thể áp dụng để thực hiện nghiên cứu về rừng ngập mặn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Báo Huy (2012). “Ước lượng năng lực hấp thụ CO₂ của cây Bời lời đỏ (*Litsea glutinosa*) trong mô hình nông lâm kết hợp bời lời đỏ - sắn ở Tây Nguyên làm cơ sở chi trả dịch vụ môi trường”. *Tạp chí Rừng và Môi trường*, (44-45), 14-21, ISSN 1859 – 1248.
- [2] Bùi Thị Thu Thảo, Lê Anh Tuấn (2017). Sinh khối và khả năng hấp thụ CO₂ của rừng tràm khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, tập 50, phần A (2017): 58-65.
- [3] Cao Huy Bình (2009). *Nghiên cứu khả năng hấp thụ CO₂ của quần thể Dà quánh (*Cerriops decandra* Dong Hill) tự nhiên tại khu dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh* (Luận văn Thạc sỹ Khoa học Nông nghiệp). Trường Đại học Nông lâm, TP.Hồ Chí Minh.
- [4] Nguyễn Thị Hà (2007). *Nghiên cứu sinh khối, làm cơ sở xác định khả năng hấp thụ CO₂ của rừng keo lai trồng tại Quận 9, thành phố Hồ Chí Minh* (Luận văn Thạc sỹ Khoa học nông nghiệp). Đại học Nông Lâm, TP Hồ Chí Minh.
- [5] Lê Tấn Lợi (2013). Ứng dụng quy trình CIFOR nghiên cứu sự tích lũy Carbon trong cây đước hệ thống rừng ngập mặn huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau. *Báo cáo tổng kết đề tài Khoa học và Công nghệ cấp trường*.
- [6] Lư Ngọc Trâm Anh, Võ Hoàng Anh Tuấn, Viên Ngọc Nam (2017). *Tích lũy carbon của rừng ngập mặn ở Cồn Trong, vườn quốc gia mũi Cà Mau theo từng giai đoạn*.
- [7] Lư Ngọc Trâm Anh, Võ Hoàng Anh Tuấn, Viên Ngọc Nam (2017). *Trữ lượng carbon đất của rừng ngập mặn ở Cồn ngoài Vườn Quốc gia Mũi Cà Mau*.

- [8] Nguyễn Hà Quốc Tín, Lê Tấn Lợi, Lý Hằng Ni (2015). *Nghiên cứu sự tích lũy carbon trong cây và mối quan hệ giữa tích lũy cacbon với các tính chất đất tại cồn Ông Trang, huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau.*
- [9] Lý Hằng Ni, Lê Tấn Lợi (2015). *Ảnh hưởng của một số tính chất đất đến sự tích lũy cacbon trong cây tại cồn Ông Trang, huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau.*
- [10] Nguyễn Hà Quốc Tín và Lê Tấn Lợi (2015). *Ảnh hưởng của cao trình đến khả năng tích lũy carbon trên mặt đất của rừng ngập mặn Cồn Ông Trang, huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau.*
- [11] Nguyễn Thanh Hà, Reiji Yoneda, Ikuo Ninomiya, Ko Harada, Đào Văn Tấn, Mai Sỹ Tuấn và Phan Nguyên Hồng (2007). *“Tích tụ C trong đất rừng ngập mặn tại một số khu rừng trồng ở Nam Định”*. Tài liệu về Vai trò của hệ sinh thái rừng ngập mặn và rạn san hô, Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội, trang 135 - 149. *Change Biology 10: 2052-2077.*
- [12] Phan Nguyên Hồng, Trần Văn Ba, Viên Ngọc Nam, Hoàng Thị Sản, Lê Thị Trễ, Nguyễn Hoàng Trí, Mai Sỹ Tuấn, Lê Xuân Tuấn (1997). *Vai trò của RNM Việt Nam, kỹ thuật trồng và chăm sóc.* Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội.
- [13] Phan Văn Trung (2009). *Nghiên cứu khả năng tích tụ cacbon của rừng Cóc trắng (Lumnitzera racemosa Willd) trồng tại Khu Dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ, TP. Hồ Chí Minh.*
- [14] Phạm Văn Ngọt, Quách Văn Toàn Em, Nguyễn Kim Hồng, Trần Thị Tuyết Nhung (2011). *Vai trò của rừng ngập mặn ven biển Việt Nam.* *Tạp chí Khoa học ĐHSP TP. HCM.*
- [15] Trương Hoàng Đan, Lê Hoàng Tất và Bùi Trường Thọ (2014). *Đánh giá lượng cacbon tích lũy của sinh khối rừng tram trên nền đất sét tại vườn Quốc gia U Minh Thượng.* *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ.* Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi Trường: 31 (2014): 125 – 135.
- [16] Vũ Tấn Phương và Nguyễn Viết Xuân (2013). *Giá trị hấp thụ các bon của rừng phòng hộ chắn sóng tại Kiên Giang và Cà Mau.* *Tạp chí Khoa học Công nghệ Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn,* 14/2013:93 – 98.
- [17] Viên Ngọc Nam (2009). *Xác định giá trị tích tụ carbon của một số loại rừng ở phía Nam làm cơ sở xác định giá trị dịch vụ môi trường.*
- [18] Viên Ngọc Nam (2011). *Nghiên cứu tích tụ carbon của rừng Đước đôi (Rhizophora Apiculata Blume) trồng ở khu dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh.*
- [19] Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer.* *FAO Forestry paper – 134.* ISBN 92-5-103955-0. Available on web site: <http://www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm#Contents>
- [20] Chave, J. C., Andalo, S., Brown, M.A., Cairns, J.Q., Chambers, D., Eamus, H., Fölster, F., Fromard, N., Higuchi, T., Kira, J.-P., Lescure, B.W., Nelson, H., Ogawa, H., Puig, B., Riéra, T., & Yamakura (2005). *Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests.* *Oecologia 145.*
- [21] Christensen B. (1997). *Biomass and primary production of Rhizophora apiculata BL, In a mangrove in Southern Thailand.* *Phuket Marine Biological Center, Phuket, P, O, Box 60 Thailand, Aquatic Botany, 4: 43 - 52,* Elsevier Scientific Publishing company, Amsterdam – Netherlands.
- [22] Dietz, J., Kuyah, S. (2011). *Guidelines for establishing regional allometric equations for biomass estimation through destructive sampling.* World Agroforestry Center (ICRAF).

- [23] Henry, H., Besnard, A., Asante, W.A., Eshun, J., Adu-Bredu, S., Valentini, R., Bernoux, M., & Saint-Andre, L. (2010). Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management Journal*, 260(2010): 1375-1388.
- [24] Johannes, D., Shem, K. (2011). *Guidelines for establishing regional allometric equations for biomass estimation through destructive sampling*. CIFOR
- [25] Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongpan, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 128-137.
- [26] Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2006). Relationships between forest stand parameters and Landsat TM spectral responses in the Brazilian Amazon Basin. *Forest Ecology and Management*.
- [27] IPCC. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [28] IPCC. (2000). *Special report on land use, land-use change and forestry*. Cambridge University Press, UK.
- [29] MacDicken, K.G.. (1997). *A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development.
- [30] Pregitzer, K. S., & Euskirchen, E. (2004). "C cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age." Global.
- [31] Lasco, R.D., Guillermo, I.Q., Cruz, R.V.O., Bantayan, N.C., & Pulhin, F.B. (2004). Carbon stocks assessment of a secondary forest in mount makiling forest reserve. *Philippines. Journal of Tropical Forest Science* 16(1): 35-45 (2004).
- [32] Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., & Wisniewski, J. (1994). *Carbon pools and Flux of Global Forest Ecosystems*. DOI:10.1126/science.263.5144.185
- [33] Sathirathai, S., Edward, B., & Barbier (2001). "Valuing Mangrove Conservation in Southern Thailand". Research gate. DOI: 10.1093/cep/19.2.109
- [34] Subarudi, D. H., Ginoga, K., Djaenudin, D., & Lugina, M. (2004). *Cost Analysis for a CDM-Like Project Established in Cianjur, West Java Indonesia*. Working Paper CC13 Aciar Project ASEM 2002/066. Download at: <http://www.une.edu.au/carbon/CC13>. PDF (May 3, 2013).
- [35] Pearson, T., R., H., Brown, S., L., & Birdsey, R., A. (2007). *Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon*. United States Department of Agriculture (USDA) Forest Service. General Technical Report NRS-18.
- [36] Wanthongchai, P., Piriyaota, S. (2006). *Role of mangrove plantation on carbon sink case study: Trat province, Thailand*, Office of mangrove conservation, Department of Marine and Coastal Resource (DMCR), Thailand.
- [37] Wilson (2009). *Báo cáo nghiên cứu sinh khối và các bon tại tỉnh Kiên Giang, Dự án bảo tồn và phát triển khu dự trữ sinh quyển Kiên Giang*.
- [38] Basuki, T.M., Van Lake, P.E., Skidmore, A.K., & Hussin, Y.A., 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in the tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management* 257(2009): 1684-1694.
- [39] Phạm Ngọc Minh (2009). *Chuyên đề Đánh giá nhanh khả năng tích lũy carbon của Rừng cộng đồng tại xã Tiên Lãng, huyện Tiên Yên, tỉnh Quảng Ninh*. Trường Đại học Lâm Nghiệp.