

SỬ DỤNG ẢNH VỆ TINH SPOT-5 VÀ GIS ĐỂ ƯỚC TÍNH VÀ GIÁM SÁT SINH KHỐI, CARBON Ở RỪNG LÁ RỘNG THƯỜNG XANH VÙNG TÂY NGUYÊN

PGS.TS BẢO HUY

Trường Đại học Tây Nguyên

Thử nghiệm 3 phương pháp ước tính sinh khối và carbon rừng từ ảnh vệ tinh SPOT-5 cho thấy: i) Phương pháp phân loại phi giám định để phân chia rừng thành các lớp (class) và thiết lập mô hình quan hệ giữa tổng sinh khối thực vật trên mặt đất (TAGTB) với mã số các lớp (class-Id) để ước lượng TAGTB qua ảnh có độ tin cậy từ 72 đến 93%; ii) Phương pháp thiết lập hồi quy giữa TAGTB với giá trị ảnh (digital number - DN) để ước lượng TAGTB qua ảnh có độ tin cậy là 53%; iii) Phương pháp phân loại ảnh có giám định theo cấp sinh khối đạt độ tin cậy là 29% khi ước tính TAGTB qua ảnh. Như vậy, phương pháp phân loại ảnh phi giám định và thiết lập quan hệ giữa sinh khối với mã số của các lớp ảnh tỏ ra hiệu quả nhất. Kết quả cũng cho thấy, phối hợp giữa ước tính sinh khối rừng trên ảnh và các mô hình sinh trắc ước lượng sinh khối và carbon lâm phần trong hệ thống GIS sẽ giám sát được CO₂ hấp thụ hoặc phát thải trong quản lý rừng theo thời gian.

Từ khóa: ảnh vệ tinh SPOT-5, carbon rừng, GIS, rừng lá rộng thường xanh, sinh khối, Tây Nguyên.

Đặt vấn đề

Vấn đề ước tính và giám sát trữ lượng carbon rừng tích lũy và lượng CO₂ hấp thụ hoặc phát thải trong quá trình quản lý rừng để tham gia chương trình REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation: giảm phát thải từ suy thoái và mất rừng kết hợp với bảo tồn, quản lý bền vững rừng và tăng cường trữ lượng carbon rừng ở các nước đang phát triển) ở Việt Nam là một nhu cầu cấp thiết, nhằm cung cấp thông tin dữ liệu CO₂ từ quản lý rừng đáng tin cậy theo yêu cầu của IPCC (2006), từ đó có thể xác định tín chỉ carbon trong giảm phát thải và thu được nguồn tài chính từ dịch vụ môi trường hấp thụ CO₂ của rừng.

Việc giám sát phát thải và hấp thụ CO₂ của rừng bao gồm các lĩnh vực: kỹ thuật, công nghệ đo tính, giám sát trữ lượng carbon rừng ở 5 bể chứa (trong thực vật trên mặt đất, rễ cây dưới mặt đất, thảm mục, cây chết và carbon hữu cơ trong đất); kỹ thuật

và công nghệ viễn thám và GIS để giám sát sự biến động diện tích các trạng thái rừng gắn với carbon rừng; giải pháp tiến hành giám sát, đo tính để cung cấp thông tin dữ liệu về hấp thụ hoặc phát thải CO₂ trong quá trình quản lý rừng.

Việc nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám và GIS được áp dụng phổ biến nhất trong phân loại và thành lập bản đồ thảm phủ rừng ở Việt Nam trong gần một thập kỷ qua (Bảo Huy, 2009). Dùng ảnh viễn thám để phân khối trạng thái rừng để đo tính nhân tố điều tra rừng cũng được tiến hành bởi Trisurat và cộng sự (2000), Souza (2003), ICRAF (2007), Nguyễn Văn Lợi (2008), Mallinis và cộng sự (2008), Nguyễn Thị Thanh Hương (2011)... Việc ước tính trữ lượng rừng, carbon thông qua ảnh viễn thám và GIS cũng bắt đầu được nghiên cứu theo các phương pháp hồi quy, phi tham số kNN (k Nearest Neighbor), Franklin (Franklin và McDermid 1993-2001), Rauste và cộng sự (1994-2006), Trotter (1997), Tomppo và cộng sự (1999)... Tuy nhiên, các

USING SPOT-5 IMAGE AND GIS FOR ESTIMATING AND MONITORING BIOMASS AND CARBON IN EVERGREEN BROADLEAF FORESTS OF THE CENTRAL HIGHLANDS

Summary

This paper describes the potential of applying methods to estimate biomass and carbon using SPOT-5 data and GIS for forests in the Central Highlands. The results have been presented as follows: i) Based on the results of unsupervised image classification to establish the relationship between total above-ground tree biomass (TAGTB) and the code of class represented as class-Id for estimating biomass with the reliability from 72-93%; ii) The regression relationship between TAGTB and digital number (DN) with the reliability of 53%; and iii) The overall accuracy of 29% has been found with the method of supervised classification according to biomass stratification. The above results show that the best estimation can be achieved by using the method of unsupervised classification, and then building the relationship between the biomass and the class-Id. It is also indicated that the combination of image -based estimation of biomass and biometric model for estimating biomass and forest carbon using GIS is the potential to monitor CO₂ absorption or emission of forest over time.

Key words: biomass, the Central Highlands, evergreen broadleaf forests, forest carbon, GIS, SPOT5 image.

ngiên cứu này chủ yếu tập trung ở rừng trồng và rừng ôn đới. Ở Việt Nam, việc ứng dụng công nghệ này cũng chỉ dừng lại ở việc phân loại rừng song vẫn đang ở giai đoạn bắt đầu. Hiếm có nghiên cứu thiết lập mối quan hệ giữa giá trị ảnh với nhân tố điều tra rừng và hầu như chưa có nghiên cứu nào xây dựng mối quan hệ giữa sinh khối, trữ lượng carbon với giá trị ảnh trong điều kiện rừng nhiệt đới ở Việt Nam. Do đó, nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám và GIS là một hướng đi cần được tiếp thu và phát triển ở Việt Nam, đồng thời trong chương trình REDD⁺, nó sẽ hỗ trợ đắc lực cho cung cấp dữ liệu hấp thụ và phát thải CO₂ từ quản lý rừng.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu nằm trong vùng phân bố đại diện của rừng lá rộng thường xanh ở 3 tỉnh Tây Nguyên (huyện K'Bang, tỉnh Gia Lai; huyện Krông Bông và M'Đrăk, tỉnh Đắk Lắk; huyện Tuy Đức, tỉnh Đắk Nông). Vị trí địa lý khu vực nghiên cứu nằm từ 11°44'34" đến 14°36'25" vĩ độ Bắc và từ 107°11'52" đến 108°59'49" kinh độ Đông.

Vật liệu nghiên cứu

- Kiểu rừng lá rộng thường xanh bao gồm các trạng thái rừng giàu, trung bình, nghèo và non.
- Tổng sinh khối và carbon lâm phần bao gồm sinh khối ở các bộ phận trên mặt đất của tất cả các cây rừng và carbon trong các bộ phận trên mặt đất của tất cả các cây rừng (TAGTC).
- Ảnh viễn thám: ảnh vệ tinh đa phổ SPOT-5 độ phân giải 10 x 10 m, được xử lý ở mức 2A. Ảnh được chụp vào ngày 15.3.2009 với chất lượng trung bình. Nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám được thực hiện trong phạm vi rừng lá rộng thường xanh thuộc huyện Tuy Đức, tỉnh Đắk Nông, ứng với một cảnh của ảnh vệ tinh có độ phủ trên diện tích 60 x 60 km = 3.600 km².
- Các phần mềm xử lý ảnh như ENVI 4.7, Erdas Image 9.1, ArcGIS 9.2 và phần mềm thống kê Statgraphics Centurion Plus.

Phương pháp nghiên cứu

Ảnh viễn thám và GIS giúp cho việc giám sát thay đổi diện tích rừng, ngoài ra sinh khối và carbon không thể đo đếm trực tiếp trong không gian nhưng dữ liệu viễn thám có quan hệ với sinh khối được đo trực tiếp trên mặt đất (IPCC, 2003; Brown, 2002; Dong và cộng sự, 2003); do vậy xây dựng mô hình toán học quan hệ giữa sinh khối và carbon rừng với dữ liệu ảnh viễn thám là cơ sở để ước tính gián tiếp carbon rừng theo thời gian và không gian trên diện rộng, giảm chi phí đo tính trực tiếp trên mặt đất với độ tin cậy cho phép.

Thu thập số liệu ô mẫu mặt đất, tính toán sinh khối và carbon phần cây gỗ trên mặt đất của lâm phần: tiến hành đặt 61 ô mẫu ngẫu nhiên trong vùng ảnh nghiên cứu được phân phối theo tỷ lệ diện tích các khối trạng thái được phân loại ban đầu trên ảnh, mỗi ô có diện tích 1.000 m². Ô mẫu ngẫu nhiên được thiết lập dựa vào phần mềm ArcGIS. Từ số liệu ô mẫu, sắp xếp phân bố số cây theo cấp kính (N/DBH) với cự ly cấp kính 10 cm, sử dụng các hàm tương quan chiều cao đường kính ngang ngực (H/DBH) theo từng cấp H và các mô hình sinh trắc (allometric equations) của Bảo Huy và cộng sự (2012) để tính tổng sinh khối cây gỗ trên mặt đất cho lâm phần (TAGTB, tấn/ha) và tổng lượng carbon của cây gỗ trên mặt đất cho lâm phần (TAGTC, tấn/ha). Đây là cơ sở dữ liệu sinh khối, carbon lâm phần để phân tích quan hệ với các dữ liệu ảnh vệ tinh SPOT-5.

Các mô hình sinh trắc áp dụng (Bảo Huy và cộng sự, 2012):

- Mô hình xác định sinh khối cây rừng trên mặt đất (AGB, kg/cây) theo 2 nhân tố chiều cao (H) và đường kính ngang ngực (DBH):

$$\ln(\text{AGB_kg/cây}) = -2,9766 + 0,535797 \times \ln(\text{DBH_cm}) + 0,759321 \times \ln(\text{H_m} \times \text{DBH_cm}^2).$$

$$\text{Với } R^2_{\text{adj.}} = 96,804, P < 0,000, n = 161 \quad (1)$$

- Mô hình xác định carbon tích lũy trong cây rừng phần trên mặt đất (C_{AGB}, kg/cây) theo 2 nhân tố chiều cao (H) và đường kính (DBH):

$$\log(\text{C_AGB_kg/cây}) = -3,72664 + 2,05141 \times \log(\text{DBH_cm}) + 0,760168 \times \log(\text{H_m}).$$

$$\text{Với } R^2_{\text{adj.}} = 96,280, P < 0,000, n = 93 \quad (2)$$

Tương quan H/DBH:

$$\text{H_m} = (0,799577 + 1,05918 \times \ln(\text{DBH_cm}))^2.$$

$$\text{Với } R^2_{\text{adj.}} = 77,76, P < 0,000, n = 241 \quad (3)$$

Thử nghiệm các phương pháp sử dụng ảnh vệ tinh SPOT-5 trong ước lượng sinh khối và carbon rừng theo 3 phương pháp sau:

● Phương pháp phân loại ảnh phi giám định và quan hệ với sinh khối rừng: nhằm mục đích thử nghiệm khả năng phân loại ảnh dựa vào giá trị ảnh và quan hệ của nó với sinh khối, carbon rừng trên mặt đất để phân loại rừng và ước lượng sinh khối, carbon rừng. Phương pháp phân loại ảnh phi giám định ISODATA được áp dụng để phân chia

ảnh thành các lớp, số lớp do người phân loại quyết định. Mỗi lớp bao gồm tập hợp các pixel tương đối đồng nhất, giá trị ảnh được thiết lập theo một số điều kiện đặt trước như: i) Số pixel tối thiểu trong một lớp (minimum pixel in class) bằng 50 pixel, ứng với 5.000 m² để mỗi tập hợp pixel trong từng lớp có thể bao phủ toàn bộ diện tích 1 ô mẫu (1.000 m²), đồng thời phù hợp với quy định kiểm kê rừng của Việt Nam là một trạng thái rừng chỉ được tách ra khi có diện tích lớn hơn 5.000 m²; ii) Độ lệch chuẩn tối đa của lớp (maximum class stdv) lấy bằng 1,00.

Thử nghiệm phân loại phi giám định với số lượng lớp khác nhau: từ 2 đến 4 lớp (trung bình là 3 lớp), từ 3 đến 5 lớp (trung bình là 4 lớp), từ 4 đến 6 lớp (trung bình là 5 lớp). Lập quan hệ giữa TAGTB với các mã số lớp đã phân loại trên ảnh: TAGTB = f(id_{class}) theo 3 trường hợp có 3, 4 và 5 lớp. Mỗi hệ thống phân loại, chọn mô hình tương quan có hệ số quan hệ $R^2_{\text{adj.}}$ cao nhất và tồn tại ở mức ý nghĩa $P < 0,05$. Sau đó so sánh 3 mô hình tương quan cao nhất của 3 hệ thống lớp với nhau để lựa chọn ra một mô hình có $R^2_{\text{adj.}}$ cao nhất tương ứng với một hệ thống lớp, đó chính là số lớp cần phân chia có mối quan hệ chặt chẽ nhất với sinh khối và carbon rừng. Cuối cùng, kết quả phân loại sinh khối, carbon trên ảnh được đánh giá sai số S% với các ô mẫu độc lập, tức là ô mẫu không tham gia trong phân loại trên ảnh.

● Phương pháp phân tích hồi quy giữa sinh khối rừng với giá trị ảnh (DN): nhằm phát hiện trực tiếp quan hệ giữa sinh khối, carbon trên mặt đất với giá trị phổ của từng pixel, làm cơ sở lập bản đồ và dữ liệu sinh khối, carbon rừng từ ảnh SPOT (Franklin và McDermid, 1993; Poso và cộng sự, 1999) với các bước tiến hành như sau:

+ Tạo vùng mẫu trên ảnh ứng với các tọa độ ô mẫu, sử dụng chức năng tạo Buffer trong phần mềm ArcGis để tiến hành tạo ra ô mẫu trên ảnh có kích thước bằng với kích thước ô mẫu trên thực địa. Với Buffer R = 17,84 m ứng với diện tích ô mẫu tròn 1.000 m².

+ Chồng file dữ liệu ô mẫu lên ảnh để gán với các giá trị trung bình DN của 4 band ảnh SPOT là b1, b2, b3 và b4. Sử dụng phần mềm ENVI để chuyển dữ liệu về dạng bảng mã ASCII.

+ Thiết lập mô hình quan hệ giữa sinh khối, carbon rừng với giá trị band ảnh: sử dụng phần mềm

Statgraphics Centurion phân tích hồi quy dạng: TAGTB/TAGTC (tấn/ha) = f (bandi), với bandi là giá trị của các kênh ảnh và lựa chọn hàm tối ưu với R² cao nhất và tồn tại ở mức ý nghĩa P < 0,05.

+ Lập ảnh với các pixel được gán giá trị sinh khối, carbon rừng: sử dụng chức năng Modeler của phần mềm Erdas Image để tạo lập ảnh sinh khối, carbon rừng trên cơ sở mô hình đã lập.

+ Chuyển bản đồ ảnh sinh khối thành vector trong ArcGIS và chồng các ô mẫu lên để đánh giá sai số S% của lập bản đồ sinh khối theo phương pháp hồi quy.

● Phương pháp phân loại ảnh có giám định và phân chia khối rừng theo cấp sinh khối: phương pháp này dựa trên ô mẫu quan sát thực địa để phân loại ảnh thành các lớp đồng nhất về sinh khối và carbon rừng. Các bước tiến hành như sau:

+ Phân cấp sinh khối dựa vào ô mẫu.

+ Tạo ô mẫu trên ảnh với buffer là bán kính ô mẫu 17,84 m (1.000 m²) trong ArcGIS.

+ Phân lập ảnh theo cấp sinh khối: các ô mẫu là vùng mẫu ROI (region of interest) đại diện cho từng cấp. Sử dụng thuật toán phân loại maximum likelihood để phân thành các lớp sinh khối, carbon trong phần mềm ENVI.

+ Sử dụng các ô mẫu độc lập để đánh giá sai số S% của phân loại ảnh thành các cấp sinh khối, carbon trong ENVI.

Công thức biến động trung bình S% giữa ước lượng trên ảnh so với thực tế:

$$S\% = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_{ilt} - Y_i|}{Y_i} \quad (4)$$

Trong đó: Y_{ilt}: giá trị sinh khối, carbon ước lượng trên ảnh vệ tinh; Y_i: giá trị sinh khối, carbon đo tính trên ô mẫu; n: số điểm/ô mẫu.

Ứng dụng GIS trong quản lý, giám sát sinh khối, carbon rừng: trên cơ sở ảnh SPOT-5 đã được giải đoán và phân loại theo từng cấp sinh khối, carbon, tiến hành lập cơ sở dữ liệu sinh khối, carbon cho một khu vực: sử dụng các mô hình allometric equations lâm phần để tính gián tiếp các giá trị sinh khối, carbon trong các bể chứa khác và toàn lâm phần; theo dõi và cập nhật thay đổi diện tích, trữ lượng carbon trong ArcGIS thông qua chức năng cập nhật của các trường theo các hàm allometric equations.

Kết quả và thảo luận

Phân loại ảnh SPOT-5 bằng phương pháp phi giám định và lập mối quan hệ sinh khối, carbon rừng với các lớp phân loại

Phân chia ảnh thành các lớp, thử nghiệm 3 trường hợp phân chia ảnh thành 3, 4 hoặc 5 lớp (dựa vào thực tế biến đổi trạng thái rừng có khả năng ít nhất là 3 và nhiều nhất là 5 lớp). Với 41 ô dữ liệu điều tra sinh khối và gán với mã số lớp đã được phân loại trên ảnh, lập mô hình quan hệ giữa tổng sinh khối cây gỗ trên mặt đất hoặc lượng carbon tương ứng với mã số các lớp (class_id) cho từng hệ thống phân loại với số lớp khác nhau từ 3, 4 đến 5 lớp. Kết quả nhận được phân loại rừng thành 3 lớp ở vùng nghiên cứu có quan hệ cao nhất.

$$\text{TAGTB } t_{\text{ha}} = 1/(0,00588673 - 0,000281795 * \text{Class_Id}^2) \quad (5)$$

Với R² adj.% = 88,01%, P < 0,000, n = 41, RSE = 0,0003

Trong đó class_id: mã số các lớp phân loại trên ảnh bằng phương pháp phi giám định. Kết quả này cho thấy, đối với khu vực rừng nghiên cứu, phân chia rừng thành 3 lớp/trạng thái sẽ cho mối quan hệ giữa sinh khối cây rừng trên mặt đất và giá trị ảnh là cao nhất. Trong thực tế, tùy theo mỗi vùng và sự biến động của sinh khối rừng mà số lớp được xác định thích hợp dựa trên nguyên tắc quan hệ giữa TAGTB với mã số lớp đạt là cao nhất.

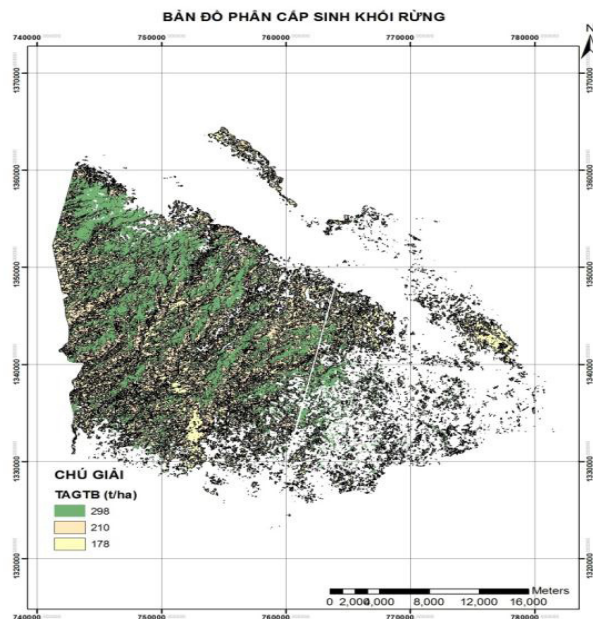
Đánh giá sai số ước tính sinh khối trên ảnh với 20 ô độc lập ngẫu nhiên có được biến động trung bình S% = 28,1%. Kết quả này cho thấy, sử dụng phương pháp phân loại ảnh vệ tinh phi giám định và kết hợp với mô hình quan hệ TAGTB = f (class - Id) đã cho kết quả ước lượng trên ảnh đạt độ tin cậy gần 72%. Kết quả này là chấp nhận được để ước lượng sinh khối rừng trên quy mô rộng.

Kết quả đánh giá trên là tính sai số ước lượng trên ảnh với từng ô mẫu. Trong thực tế mỗi lớp (khối trạng thái rừng) được tính toán trung bình một giá trị sinh khối. Do vậy, gộp các ô đánh giá theo từng lớp tính trung bình TAGTB và so sánh với giá trị qua ảnh; kết quả có S% = 6,6%. Như vậy, sử dụng phương pháp phi giám định và ước lượng TAGTB trung bình cho mỗi lớp qua mô hình quan hệ với lớp đạt đến độ tin cậy 93,4%.

Trên cơ sở phân loại ảnh, chuyển sang dạng vector và tính toán trường dữ liệu TAGTB theo lớp

bằng mô hình 3 lớp, lập được bản đồ phân khối rừng theo sinh khối (hình 1) và cơ sở dữ liệu sinh khối cho từng lớp trong ArcGIS.

Phân tích hồi quy giữa sinh khối rừng với giá trị của ảnh SPOT-5



Hình 1: bản đồ sinh khối rừng giải đoán từ ảnh SPOT-5 theo phương pháp phân loại phi giám định

Phương pháp này dựa trên cơ sở phát hiện mối quan hệ giữa giá trị sinh khối trên mặt đất (TAGTB) với giá trị ảnh theo pixel của các band ảnh. Trên cơ sở mối quan hệ đó lập được bản đồ sinh khối và phân cấp sinh khối.

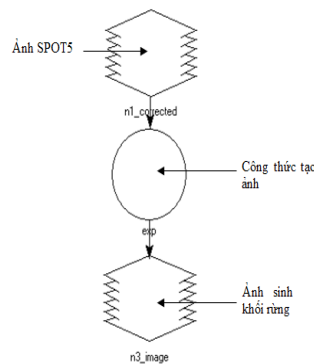
Phân tích hồi quy TAGTB (tấn/ha) = $f(\text{bandi})$, với bandi giá trị của các kênh ảnh i . Kết quả tìm được biến số B4 (giá trị DN của band 4 của ảnh SPOT-5) có quan hệ tốt nhất với TAGTB.

$$\text{TAGTB (tấn/ha)} = \exp \left(\frac{1}{(0,00000548887 + 2,15963E-19 \cdot (B4)^7)} \right)^{(1/7)} \quad (6)$$

Với: $R^2 \text{ adj.} \% = 54,23\%$, $P < 0,000$, $n = 61$, $RSE = 0,000004$

Phần mềm Erdas được áp dụng để tạo ảnh theo sinh khối rừng. Sử dụng chức năng Modeller của Erdas để tạo lập ảnh TAGTB trên cơ sở mô hình đã lập (6) theo hình 2 và 3.

Từ kết quả ảnh với pixel đã được gán giá trị sinh



Hình 2: lập mô hình tạo ảnh sinh khối rừng trong Erdas



Hình 3: pixel ảnh đã được gán giá trị TAGTB (tấn/ha) thông qua mô hình

khối, tiến hành gộp các pixel thành 3 cấp sinh khối trong ArcGIS thông qua chức năng phân tích không gian. Đánh giá biến động trung bình giữa TAGTB thực tế ở các ô mẫu với ước lượng trên ảnh theo cấp sinh khối, cho kết quả có sự biến động khá lớn, $S\% = 46,7\%$, có nghĩa độ tin cậy chỉ đạt được ở mức 53,3% khi ước lượng từ ảnh theo phương pháp này.

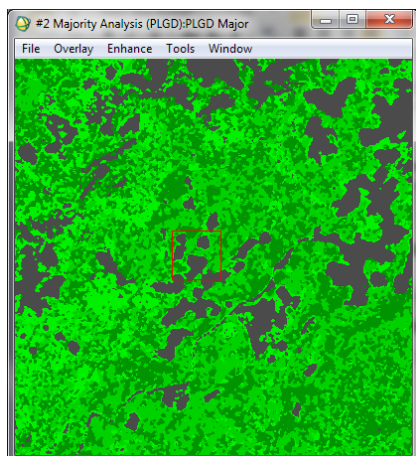
Phân loại ảnh có giám định để phân chia rừng theo cấp sinh khối

Phương pháp này thường áp dụng cho việc phân chia các trạng thái rừng, khối rừng trên ảnh. Sự khác biệt ở đây là phân chia rừng thành các khối về sinh khối trên mặt đất của thực vật thân gỗ. Từ 61 ô điều tra, xác định được TAGTB (tấn/ha) cho mỗi ô, tính biến động trong độ tin cậy $P = 95\%$ và chia thành 3 cấp (cấp 1: sinh khối thấp nằm ở phía trái của ước lượng 95%; cấp 2: trung bình nằm trong phạm vi ước lượng 95% và cấp 3: sinh khối cao nằm ở phía phải của ước lượng 95%) (bảng 1).

Bảng 1: phân cấp TAGTB

Cấp sinh khối	TAGTB (tấn/ha)	
	Min	Max
1	72	198
2	198	248
3	248	664

Dựa trên tọa độ 41 ô mẫu đã được phân chia theo các cấp sinh khối, tạo lập các vùng mẫu ROI đại diện cho từng cấp. Sử dụng thuật toán phân loại Maximum likelihood để phân thành 3 cấp sinh khối trên ảnh trong hình 4. Sử dụng 20 ô mẫu độc lập không tham gia phân loại để kiểm định kết quả phân loại. Kết quả cho thấy, độ tin cậy của phương pháp



Hình 4: ảnh SPOT-5 được phân loại giám định thành 3 cấp sinh khối

phân loại ảnh có giám định theo cấp sinh khối là rất thấp. Độ tin cậy toàn bộ chỉ đạt được 29,41%.

Tổng kết lại kết quả thử nghiệm ba phương pháp được sử dụng phân loại ảnh SPOT-5 để ước tính sinh khối rừng phần trên mặt đất cho thấy: phương pháp phân loại phi giám định và thiết lập mô hình quan hệ $TAGTB = f(class_Id)$ có độ tin cậy từ 72 đến 93%; phương pháp thiết lập hồi quy $TAGTB = f(DN)$ đạt độ tin cậy là 53%; phương pháp phân loại có giám định theo cấp sinh khối TAGTB đạt độ tin cậy là 29%.

Như vậy, phương pháp phân loại phi giám định và thiết lập quan hệ giữa sinh khối với mã số các lớp tỏ ra hiệu quả nhất, đồng thời nó lại khá đơn giản, nên đề nghị ứng dụng phương pháp này trong phân loại ảnh vệ tinh SPOT-5 và ước lượng sinh khối, carbon rừng.

Ứng dụng GIS trong quản lý, giám sát sinh khối và carbon rừng

Chức năng của GIS trong quản lý tài nguyên rừng nói chung và quản lý carbon rừng nói riêng tập trung vào quản lý, cập nhật và báo cáo kết quả dữ liệu số bao gồm bản đồ, dữ liệu biến động trữ lượng, sinh khối, carbon rừng. Đồng thời GIS có chức năng phân tích, liên kết các trường dữ liệu bằng mô hình toán, do đó có thể vận dụng để quản lý một cách hệ thống sự thay đổi các giá trị tài nguyên, mà cụ thể ở đây là sự biến động các bể chứa carbon rừng.

Trên cơ sở dữ liệu đầu vào từ kết quả phân tích ảnh vệ tinh SPOT-5 theo phương pháp phi giám định, trong đó phân chia rừng thành 3 lớp và ước tính được giá trị trung bình sinh khối TAGTB của mỗi lớp; sử dụng mô hình sinh trắc lâm phần với biến độc lập TAGTB, ước lượng được các giá trị sinh khối và carbon của các bể chứa khác và tổng

chung cho lâm phần trong phần mềm ArcGIS.

Các mô hình sinh trắc ước tính sinh khối, carbon lâm phần (Bảo Huy và cộng sự 2012):

+ Tổng sinh khối của cây gỗ dưới mặt đất (TBGTB):

$$TBGTB_{tan_ha} = 1/(0,00311757 + 6,58855/TAGTB_{tan_ha}) \quad (7)$$

+ Tổng carbon của cây rừng phần trên mặt đất (TAGTC):

$$TAGTC_{tan_ha} = \exp(-0,752059 + 0,998844 \cdot \ln(TAGTB_{tan_ha})) \quad (8)$$

+ Tổng carbon của cây rừng phần dưới mặt đất TBGTC:

$$TBGTC_{tan_ha} = \exp(-0,9889 + 1,04495 \cdot \ln(TBGTB_{tan_ha})) \quad (9)$$

+ Tổng sinh khối cây gỗ trên và dưới mặt đất: $TTB_{tan_ha} = TAGTB + TBGTB$

+ Tổng lượng carbon tích lũy trong cây gỗ trên và dưới mặt đất: $TTC_{tan_ha} = TAGTC + TBGTC$

Từ đó tính được tổng sinh khối và carbon TTBclass và TTCclass theo từng lớp trên cơ sở diện tích của mỗi lớp đã được phân loại trên ảnh:

$$TTBclass \text{ (tấn)} = TTB_{tan_ha} \cdot \text{Diện tích class}$$

$$TTCclass \text{ (tấn)} = TTC_{tan_ha} \cdot \text{Diện tích class}$$

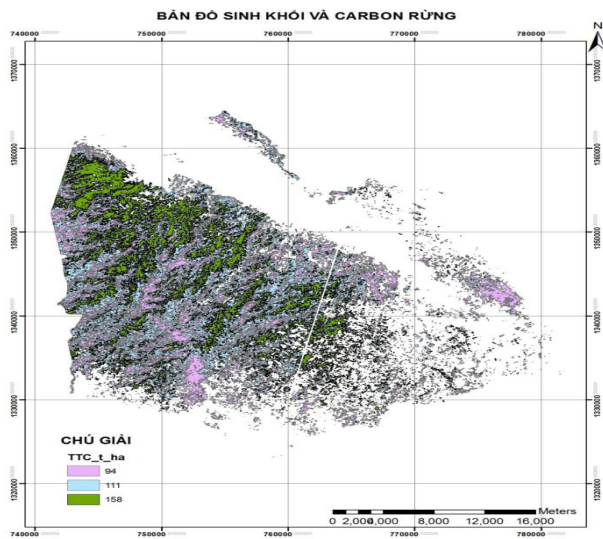
Cuối cùng, lượng CO_2 hấp thụ ở từng thời điểm của từng lớp sẽ là $TCO_2class \text{ (tấn)} = TTCclass \text{ (tấn)} \cdot 3,67$.

Kết quả tính được toàn bộ dữ liệu sinh khối và carbon trong khu vực giám sát cùng với nó là bản đồ phân cấp sinh khối, carbon rừng trong ArcGIS ở hình 5 và 6.

FID	Shape	Class_Id	Area_ha	TAGTB_t_ha	TBGTB_t_ha	TAGTC_t_ha	TBGTC_t_ha	TTB_t_ha	TTC_t_ha	TTB_Cla_t	TTC_Cla_t	TCO2_Cla_t
0	Polygon	1	12888.4	178	25	83	11	203	94	2816548	1211694	4448587
1	Polygon	2	24886.2	210	29	98	13	239	111	5947802	2782388	10137891
2	Polygon	3	12434.1	298	40	140	18	338	158	4202726	1964588	7210038

Hình 5: cơ sở dữ liệu, sinh khối, carbon và CO_2 hấp thụ trong khu vực nghiên cứu được quản lý trong phần mềm ArcGIS

Lượng CO_2 hấp thụ hoặc phát thải do mất rừng theo thời gian được tính toán theo phương pháp Difference stock method (IPCC, 2006), tức là so



Hình 6: bản đồ phân cấp carbon rừng khu vực nghiên cứu

sánh lượng CO₂ của khu vực ở hai thời điểm giám sát:

$$\Delta C_B = \frac{C_{t_2} - C_{t_1}}{t_2 - t_1} \quad (10)$$

Trong đó: ΔC_B : thay đổi sinh khối, carbon, CO₂ rừng; C_t : sinh khối, carbon, CO₂ ở thời điểm 1 hoặc 2; t : thời điểm đo tính.

Sinh khối ở thời điểm sau được cập nhật thông qua phân loại ảnh vệ tinh bằng phương pháp phi giám định; sau đó chỉ cập nhật trường dữ liệu TAGTB trong ArcGIS thì toàn bộ cơ sở dữ liệu sẽ được tự động tính toán lại theo các mô hình allometric equations và cho biết giá trị sinh khối, carbon và CO₂ ở kỳ giám sát sau, từ đó tính được lượng hấp thụ hoặc phát thải CO₂ trong quản lý rừng.

Kết luận

Ảnh vệ tinh SPOT-5 đã được sử dụng để thử nghiệm ước tính sinh khối và carbon rừng của thực vật thân gỗ trên mặt đất theo 3 phương pháp: i) Phương pháp phân loại ảnh phi giám định và lập quan hệ giữa sinh khối với mã số các lớp phân loại; ii) Phương pháp phân tích hồi quy giữa sinh khối rừng với giá trị ảnh (DN) và iii) Phương pháp phân loại ảnh có giám định để phân chia khối rừng theo cấp sinh khối. Kết quả cho thấy: để ước tính sinh khối của thực vật thân gỗ trên mặt đất (TAGTB) thông qua ảnh vệ tinh SPOT-5, phương pháp phân loại ảnh phi giám định và thiết lập mô hình quan

hệ TAGTB = $f(\text{class_ld})$ có độ tin cậy từ 72-93%; phương pháp thiết lập hồi quy TAGTB = $f(DN)$ đạt độ tin cậy là 53%; và phương pháp phân loại có giám định theo cấp sinh khối TAGTB đạt độ tin cậy là 29%. Như vậy, phương pháp phân loại phi giám định và thiết lập quan hệ giữa sinh khối với mã số từng lớp tỏ ra hiệu quả nhất, đồng thời nó lại khá đơn giản, nên đề nghị ứng dụng phương pháp này trong phân loại ảnh vệ tinh và ước lượng sinh khối, carbon rừng.

Phối hợp kết quả phân loại sinh khối rừng trên ảnh và các mô hình sinh trắc ước lượng sinh khối và carbon lâm phần trong hệ thống GIS sẽ giám sát được CO₂ hấp thụ hoặc phát thải trong quản lý rừng theo thời gian ■

Tài liệu tham khảo

1. Bảo Huy, 2009. GIS và viễn thám trong quản lý tài nguyên rừng và môi trường. Nhà xuất bản Tổng hợp TP Hồ Chí Minh.
2. Bảo Huy, Nguyễn Thị Thanh Hương, Võ Hùng, Cao Thị Lý, Nguyễn Đức Định, Nguyễn Công Tài Anh, Phạm Đoàn Phú Quốc, Huỳnh Nhân Trí, Phạm Tuấn Anh, 2012. Xác định lượng CO₂ hấp thụ của rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên là cơ sở tham gia chương trình giảm phát thải khí nhà kính từ suy thoái và mất rừng. Báo cáo đề tài nghiên cứu khoa học, Bộ Giáo dục và Đào tạo.
3. Brown J.F., Loveland T. R., Ohlen D.O., and Zhu Z. 1999. The global land-cover characteristics database: the user's perspective. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 65: 1069-1074.
4. Brown S. 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. Environmental Pollution, 3(116): 363-372.
5. Dong J., Kaufmann R.K., Myneni R.B., Tucker C.J., Kauppi P., Liski J., Buermann W., Alexeyev V. & Hughes M.K, 2003. Remote sensing estimates of boreal and temperate forest woody biomass: carbon pools, sources, and sinks. Remote Sensing of Environment 84: 393-410.
6. Franklin S.E., 2001. Remote Sensing for Sustainable Forest Management. Lewis Publishers, New York. 425p.
7. Franklin S.E. and McDermid G.J., 1993. Empirical relation between digital SPOT HRV and CASI spectral response and lodgepole pine (Pinus contorta) forest stand parameters. International Journal of Remote Sensing, 4(12): 2331-2348.
8. IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., (eds). Published: IGES, Japan.
9. IPCC, 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Hayama, Japan. 295 pp.
10. IUCN, 2007. Forest and livelihoods. Reducing emissions from deforestation and ecosystem degradation (REDD). Climate change briefing.