

## Xây dựng hàm thể tích các phân đoạn trên thân cây Keo lai (*Acacia hybrid*) ở Việt Nam

Nguyễn Văn Thêm<sup>1</sup>, Nguyễn Trọng Bình<sup>2</sup>, Nguyễn Trọng Minh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hội Khoa học Kỹ thuật Lâm nghiệp TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp

### Developing the volume functions of logs on the stem of *Acacia hybrid* trees in Vietnam

Nguyen Van Them<sup>1</sup>, Nguyen Trong Binh<sup>2</sup>, Nguyen Trong Minh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Forestry Science and Technology Association of Ho Chi Minh City

<sup>2</sup>Vietnam National University of Forestry

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.13.3.2024.067-075>

#### TÓM TẮT

Nghiên cứu này giới thiệu các hàm ước lượng thể tích gỗ của các phân đoạn và tổng thể tích gỗ từ phân đoạn gốc đến phân đoạn bất kỳ trên thân cây Keo lai (*Acacia hybrid*). Các hàm thể tích này được xây dựng từ 4 biến dự đoán. Đó là đường kính thân ngang ngực ( $D$ , cm), chiều cao toàn thân ( $H$ , m), chiều cao tương đối ( $h/H$ ) và độ thon thân ( $Dh$ ). Đường kính ở những vị trí khác nhau trên thân cây Keo lai ở cấp  $D$  từ 6 đến 26 cm đã được ước lượng từ các hàm độ thon thân. Sau đó tính thể tích của các phân đoạn theo công thức của Smalian, còn đoạn ngọn tính theo công thức hình nón. Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm  $V = a_0 + a_1(D^2 \times H) + a_2(Dh^{a3}/(D^{a4} \times H^a))$  được sử dụng để xây dựng hàm ước lượng thể tích gỗ của mỗi phân đoạn trên thân cây Keo lai. Hàm  $V = \exp(b_0 + b_1 \times \ln(D \times H) + b_2 \times (h/H)^{-b3})$  và  $V = \exp(c_0 + c_1 \times \ln(D \times H) + c_2 \times (Dh/D)^{c3})$  được sử dụng để xây dựng hàm ước lượng thể tích gỗ lũy tích theo các phân đoạn gỗ trên thân cây Keo lai. Hai phương pháp này cho kết quả ước lượng tổng thể tích thân cây Keo lai với sai lệch nhỏ hơn 5% và có thể được sử dụng để ước tính sản lượng gỗ thu hoạch trong điều kiện thực tế.

#### ABSTRACT

This study introduces functions to estimate the wood volume of logs and the total wood volume from the base to any logs on the stem of the *Acacia hybrid* trees. These functions were constructed from four predictor variables such as the stem diameter at breast height ( $D$ , cm), total stem height ( $H$ , m), relative height ( $h/H$ ) and stem taper ( $Dh$ ) of the *Acacia hybrid* trees. Diameters at different heights on the stem of the *Acacia hybrid* trees for  $D$  ranging from 6 to 26cm were estimated from stem taper functions. Then they were used to calculate the log volume according to Smalian's formula, and the top logs were calculated according to the cone formula. Research results showed that the function  $V_{Log} = a_0 + a_1(D^2 \times H) + a_2(Dh^{a3}/(D^{a4} \times H^a))$  was suitable to predict the inside bark and outside bark volume of each log on stem of the *Acacia hybrid* trees. The functions  $V_{Logs} = \exp(b_0 + b_1 \times \ln(D \times H) + a_2 \times (h/H)^{-a3})$ , and  $V = \exp(c_0 + c_1 \times \ln(D \times H) + c_2 \times (Dh/D)^{c3})$  were suitable to build the insidebark and outsidebark volume functions accumulated according to timber logs on the stem of the *Acacia hybrid* trees. These two methods gave results in estimating the total stem volume of the *Acacia hybrid* trees with an error of less than 5% and they could be used to calculate the harvest yield in actual conditions.

#### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 26/02/2024

Ngày phản biện: 27/03/2024

Ngày quyết định đăng: 19/04/2024

#### Từ khóa:

Độ thon thân, hàm thể tích, Keo lai, phân đoạn gỗ.

#### Keywords:

*Acacia hybrid*, stem taper, timber log, volume function.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trữ lượng gỗ của rừng trồng là chỉ tiêu dùng để đánh giá khả năng sản xuất của lập địa và phân tích hiệu quả kinh tế trong kinh doanh rừng [1-3]. Trữ lượng gỗ của một lâm phần là tổng thể tích của các thân cây gỗ trên lâm phần này. Ở Việt Nam, thể tích thân cây gỗ ở rừng trồng thường được xác định nhanh bằng công thức:

$$V = g_{1.3} * H * F$$

Trong đó:

$g_{1.3}$  ( $m^2$ ) là tiết diện ngang thân ở vị trí ngang ngực (cách mặt đất 1,3 m);

H (m) là chiều cao vút ngọn;

F là hệ số hình dạng thân ( $F = 0,5$ ).

Thể tích thân cây gỗ cũng có thể được xác định bằng các hàm thể tích với hai biến dự đoán (Đường kính thân ngang ngực (D, cm) và H). Hai phương pháp này chỉ cho biết thể tích toàn thân. Điều tra rừng không chỉ thống kê thể tích toàn thân trên cây đứng, mà còn cả thể tích gỗ thu hoạch hay gỗ thương mại. Thể tích gỗ thu hoạch của một cây gỗ không chỉ được quy định theo D ngang ngực, mà còn theo đường kính đầu nhỏ (d, cm). Hai chỉ tiêu D và d thay đổi tùy theo loài cây gỗ và yêu cầu của thị trường. Khi tính thể tích gỗ thu hoạch của các loại rừng trồng ở những tuổi khác nhau trên không gian rộng lớn, điều tra rừng cần đến các biểu sản lượng gỗ thu hoạch. Loại biểu này thường được xây dựng dựa theo hàm sản lượng gỗ thu hoạch; trong đó biến dự đoán là D, H và d. Để xây dựng các biểu sản lượng gỗ, điều tra rừng cần phải giải tích thân cây. Rừng trồng có diện tích rất lớn ở mỗi địa phương cũng như toàn quốc. Mặt khác, mỗi loại rừng trồng lại có rất nhiều cấp tuổi và phân bố trên những lập địa khác nhau. Vì thế, công tác điều tra rừng ở địa phương và toàn quốc đòi hỏi nhiều thời gian, nhân lực và kinh phí.

Thể tích thân cây gỗ được xác định bằng tổng thể tích của các phân đoạn và thể tích đoạn ngọn. Phần thân có dạng hình paraboloid, còn phần ngọn có dạng hình nón. Thể tích của

$$H = 298,132 \times \exp(-6,01092 \times D^{-0,296492})$$

$$r^2 = 85,7\%; \text{SEE} = \pm 1,4; \text{MAE} = 1,1; \text{MAPE} = 7,2\%.$$

các phân đoạn trên thân có thể được xác định theo công thức thể tích hình hình nón cụt hoặc công thức của Newton hoặc công thức của Smalians, còn thể tích đoạn ngọn được xác định theo thể tích hình nón [4, 5]. Để tính thể tích của các phân đoạn trên thân cây gỗ, số liệu cần phải thu thập là đường kính đầu lớn ( $d_1$ , cm), đường kính đầu nhỏ ( $d_2$ , cm) và chiều dài của các phân đoạn (L, m). Các chỉ tiêu này được xác định thông qua giải tích thân cây gỗ. Đây là công việc đòi hỏi rất nhiều thời gian, nhân lực và kinh phí. Đường kính của các phân đoạn trên thân cây gỗ có thể được ước lượng theo hàm độ thon thân. Từ hàm độ thon thân, áp dụng công thức của Smalians để tính thể tích của các phân đoạn trên thân cây gỗ [3-8]. Tuy vậy, công việc này cũng gây ra nhiều khó khăn cho việc xây dựng biểu thể tích thân cây đứng và biểu sản lượng gỗ thu hoạch. Những khó khăn này có thể được giải quyết bằng cách xây dựng hàm ước lượng thể tích của các phân đoạn và thể tích lũy tích theo các phân đoạn trên thân cây gỗ.

Xuất phát từ những vấn đề trên đây, mục tiêu của nghiên cứu này là xác định những hàm thích hợp để ước lượng thể tích của các phân đoạn và tổng thể tích của các phân đoạn trên thân cây Keo lai. Kết quả của nghiên cứu này là cơ sở khoa học để xây dựng biểu thể tích thân cây đứng và biểu sản lượng gỗ thu hoạch đối với rừng trồng Keo lai ở Việt Nam.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Phương pháp thu thập số liệu

Để xây dựng các hàm thể tích của các phân đoạn và tổng thể tích theo các phân đoạn từ gốc đến ngọn cây Keo lai, số liệu thu thập bao gồm đường kính thân ngang ngực (D, cm), chiều cao toàn thân (H, m), độ thon thân cả vỏ ( $Dh_{cv}$ , cm) và không vỏ ( $Dh_{ov}$ , cm). Ba đại lượng H,  $Dh_{cv}$  và  $Dh_{ov}$  được ước lượng tương ứng theo hàm 1, 2 và 3. Ở hàm 2 và 3, Y = (h/H) là chiều cao tương đối; trong đó h là chiều cao ở các vị trí H/10. Các hàm này được Nguyễn Văn Thêm và cộng sự (2022) [4] xây dựng từ 168 cây mẫu.

(1)

$$Dh_{cv} = 0,827686 \times (D^3 \times H)^{0,229121} \times J$$

$$J = (1,68004 - \sqrt{Y})^{(3,46226 \times Y^2 - 1,93951 \times Y^3 + 1,72821 \times Y^4 + 1,29828 \times (D/H))} \quad (2)$$

$R^2 = 96,64\%$ ;  $SEE = \pm 0,718$ ;  $MAPE = 7,9\%$ ;  $ME = 0,005$ ;  $MPE = -1,5\%$ .

$$Dh_{ov} = 0,758796 \times (D^3 \times H)^{0,230701} \times K$$

$$K = (1,68004 - \sqrt{Y})^{(4,94407 \times Y^2 - 5,83161 \times Y^3 + 4,79294 \times Y^4 + 1,32711 \times (D/H))} \quad (3)$$

$R^2 = 96,09\%$ ;  $SEE = \pm 0,748$ ;  $MAPE = 9,4\%$ ;  $ME = 0,007$ ;  $MPE = -1,6\%$ .

### 2.3. Phương pháp xử lý số liệu

#### 2.3.1. Xác định độ thon và thể tích của các phân đoạn trên thân cây Keo lai

Trước hết sử dụng hàm 2 và 3 để xác định  $Dh_{cv}$  và  $Dh_{ov}$  ở các vị trí  $H/10$  trên thân cây Keo lai ở các cấp  $D$  từ 6 đến 24 cm. Sau đó, đối với mỗi cấp  $D$ , thể tích của phân đoạn thứ  $i$  với chiều dài  $H/10$  (Kí hiệu:  $L$ ,  $m$ ) được tính gần đúng theo công thức của Smalians (công thức 4); trong đó  $G_1$  ( $m^2$ ) là tiết diện ngang đầu lớn,  $G_2$  ( $m^2$ ) là tiết diện ngang đầu nhỏ. Giá trị  $G_1$  và  $G_2$  được tính tương ứng theo công thức 5 và 6; trong đó  $D_1$ (cm) và  $D_2$ (cm) tương ứng là đường kính đầu lớn và đầu nhỏ của mỗi phân đoạn. Thể tích đoạn ngọn được tính theo công thức hình nón (công thức 7); trong đó  $g_n = (\pi/4)D_n^2$ ,  $D_n$  và  $L_n$  tương ứng là đường kính đáy và chiều dài đoạn ngọn. Thể tích gỗ thu hoạch ( $V_{TH}$ ,  $m^3$ ) được xác định từ gốc đến  $Dh \cong 3$  cm.

$$V_i (m^3) = ((G_1 + G_2)/2) \times L \quad (4)$$

$$G_1 (m^2) = (\pi/4) \times D_1^2 \quad (5)$$

$$G_2 (m^2) = (\pi/4) \times D_2^2 \quad (6)$$

$$V_n (m^3) = (1/3) \times g_n \times L_n \quad (7)$$

#### 2.3.2. Xây dựng hàm ước lượng thể tích của các phân đoạn trên thân cây Keo lai

Hàm ước lượng thể tích của các phân đoạn trên thân cây Keo lai ( $V_{ij}$ ) được đề xuất theo 2 hàm dự tuyến (8) và (9); trong đó  $V_{ij}$  là thể tích của đoạn  $i$  ở cấp  $D$  thứ  $j$ ,  $H$  là chiều cao toàn thân, còn  $a_i$  và  $b_i$  là các tham số. Thể tích của toàn thân cây Keo lai là tổng thể tích của các phân đoạn.

$$V_{ij} = \exp(a_1 + a_2 \times \ln(D \times H) + a_3 \times (h/H)^{-a_4}) \quad (10)$$

$$V_{ij} = \exp(c_1 + c_2 \times \ln(D \times H) + c_3 \times (Dh/D)^{c_4}) \quad (11)$$

$$KH_{ij} = b_1 \times (D^3 \times H)^{b_2} (b_3 - \sqrt{I})^{(b_4 \times I + b_5 \times I^2 + b_6 \times I + b_7 \times (D/H))} \quad (12)$$

#### 2.3.4. Đánh giá sai lệch của các hàm thể tích

Các tham số của hàm hồi quy và những

$$V_{ij} = a_1 + a_2(D^2 \times H) + a_3(Dh^{a_4}/(D^{a_5} \times H^{a_6})) \quad (8)$$

$$V_{ij} = b_1 \times (D^{b_2} \times H^{b_3}) + b_4(Dh^{b_5}/(D^{b_6} \times H^{b_7})) \quad (9)$$

#### 2.3.3. Xây dựng hàm ước lượng tổng thể tích của các phân đoạn trên thân cây Keo lai

Hàm ước lượng tổng thể tích từ đoạn gốc đến đoạn thứ  $i$  ở cấp  $D$  thứ  $j$  ( $V_{ij}$ ,  $m^3$ ) được xây dựng theo hai dạng. Dạng hàm 1: Khi biết  $D$  (cm),  $H$ (m) và  $(h/H)$  hay hệ số chiều cao (KH), thì  $V_{ij} = f(D, H, h/H)$ . Trong trường hợp này, hàm ước lượng  $V_{ij}$  được đề xuất theo hàm 10. Hàm 10 được sử dụng để ước lượng  $V_{ij}$  từ gốc đến chiều dài thân nào đó ( $h$ ,  $m$ ) trên thân cây Keo lai. Dạng hàm 2: Khi biết  $D$ ,  $H$  và hệ số độ thon thân ( $KD = Dh/D$ ), thì  $V_{ij} = f(D, H, Dh/D)$ . Trong trường hợp này, hàm ước lượng  $V_{ij}$  được đề xuất ở dạng hàm 11. Hàm 11 được sử dụng để ước lượng  $V_{ij}$  từ gốc đến  $Dh$  nào đó trên thân cây Keo lai. Hệ số  $KH_{ij}$  được ước lượng theo hàm 12; trong đó  $I = Dh/D$ ,  $J = (D-Dh)/D$ . Đối với mỗi cấp  $D$ , khi biết  $Dh_i$ , thì  $h_i = H \times KH_{ij}$ . Ở hàm 10-12,  $D$  là đường kính ngang ngực,  $H$  là chiều cao toàn thân,  $Dh$  là độ thon thân, còn  $a_i$ ,  $b_i$  và  $c_i$  là các tham số. Hai dạng hàm này được sử dụng để ước lượng tổng thể tích thân cả vỏ ( $V_{cv}$ ,  $m^3$ ) và không vỏ ( $V_{ov}$ ,  $m^3$ ) từ đoạn gốc đến đoạn thứ  $i$  ở cấp  $D$  thứ  $j$ . Ở mỗi cấp  $D$ , khi biết chiều dài đoạn gỗ thu hoạch ( $h$ ,  $m$ ) và đường kính thu hoạch ở đầu nhỏ ( $Dh_n$ , cm), thì tổng thể tích gỗ sản phẩm ( $V_{sp}$ ,  $m^3$ ) có thể được xác định theo hàm 10 và 12. Khi  $h = H$ , thì  $V_{ij}$  là tổng thể tích gỗ toàn thân.

thống kê sai lệch của các hàm (8)-(12) được xác định theo phương pháp hồi quy và tương quan

phi tuyến tính của Marquartz. Mức độ chặt chẽ của mối quan hệ giữa các biến phụ thuộc với các biến dự đoán được đánh giá theo hệ số xác định ( $R^2$ ; công thức 13). Sai lệch của các hàm hồi quy được đánh giá theo 4 tiêu chuẩn: (1) Tổng sai lệch bình phương (SSE; công thức 14); (2) Sai số ước lượng (SEE; công thức 15); (3) Sai số tuyệt đối trung bình (MAE; công thức 16); (4) Sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE; công thức 17). Ở công thức (13)-(17),  $Y_i$  và  $Y_j$  tương ứng là biến phụ thuộc thực tế và ước lượng;  $Y_{bq}$  là giá trị bình quân thực tế của biến phụ thuộc;  $n$  = dung lượng mẫu;  $p$  = số tham số của hàm hồi quy. Hàm thể tích thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn  $SSE_{Min}$ . Các bước phân tích hồi quy và tương quan được

thực hiện bằng phần mềm thống kê STATGRAPHICS Centurion XV.I 15.1.02.

$$R^2 = (1 - (SSE/SST)) \times 100 \quad (13)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_j)^2 \quad (14)$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{bq})^2$$

$$SEE = \sqrt{\frac{SSE}{n-p}} \quad (15)$$

$$MAE = \sum_{i=1}^n (|Y_i - Y_j|) / n \quad (16)$$

$$MAPE = (1/n) (|Y_i - Y_j| / Y_i) \times 100 \quad (17)$$

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Hàm thể tích theo các phân đoạn trên thân cây Keo lai

Những phân tích hồi quy và tương quan cho thấy sai lệch giữa 2 hàm ước lượng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  đối với các phân đoạn trên thân cây Keo lai được dẫn ra ở Bảng 1 và 2.

**Bảng 1. Sai lệch của các hàm thể tích gỗ cả vỏ theo các phân đoạn trên thân cây Keo lai**

Hàm $V_{CV}$	$P^{(*)}$	$R^2$	SSE	SEE	MAPE
(1)	(2)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hàm 10	< 0,01	99,24	0,0008	0,0028	28,4
Hàm 11	< 0,01	98,95	0,0011	0,0033	33,2

(\*) P = Mức ý nghĩa thống kê.

**Bảng 2. Sai lệch của các hàm thể tích gỗ không vỏ theo các phân đoạn trên thân cây Keo lai**

Hàm $V_{CV}$	$P^{(*)}$	$R^2$	SSE	SEE	MAPE
(1)	(2)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hàm 10	< 0,01	99,35	0,0005	0,0023	37,9
Hàm 11	< 0,01	99,13	0,0011	0,0027	41,7

(\*) P = Mức ý nghĩa thống kê.

Số liệu ở Bảng 1 và 2 cho thấy cả 2 hàm (8) và (9) đều tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao ( $P < 0,01$ ). Hệ số  $R^2$  nhận giá trị cao nhất ở hàm 8, thấp nhất ở hàm 9. Ba chỉ tiêu thống kê (SSE, SEE và MAPE) đều nhận giá trị thấp nhất ở hàm 8, cao nhất ở hàm 9. Theo tiêu chuẩn  $SSE_{Min}$ , hàm 8 là hàm thích hợp để xây dựng hàm ước lượng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  theo các phân đoạn trên thân cây Keo lai. Những phân tích hồi quy cho thấy hai hàm ước lượng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  theo các phân đoạn trên thân cây Keo lai có dạng như hàm 18 và 19. Từ hàm 18 và 19, xác định được  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  đối

với các phân đoạn trên thân cây Keo lai ở các cấp D khác nhau. Bảng 3 dẫn ví dụ xác định  $V_{CV}$  của các phân đoạn trên thân cây Keo lai ở cấp D = 16 cm. Phân tích số liệu ở Bảng 3 cho thấy, so với  $V_{CV}$  của các phân đoạn được tính theo công thức của Smalians (Kí hiệu:  $V_{Smalians}$ ) (Phương pháp 1), đại lượng này được tính theo hàm 18 (Phương pháp 2) nhận sai lệch trung bình (MAPE) là 8,2%. Nói chung, khi áp dụng cho các cấp D từ 6 đến 24cm, thì sai lệch trung bình (MAPE) giữa hai phương pháp này là nhỏ hơn 10%.

$$V_{CV} = 0,0000864 + 3,68496E-7 \times (D^2H) + 0,000009 \times (Dh^{2,50229} / (D^{0,285135} H^{-0,809697})) \quad (18)$$

$R^2 = 99,24\%$ ;  $SEE = 0,0028$ .

$$V_{OV} = 0,00015679 + 2,498E-7 \times (D^2H) + 0,0000067 \times (Dh^{2.65343} / (D^{0.597213} H^{-1.03801})) \quad (19)$$

$R^2 = 99,35\%$ ;  $SEE = 0,0023$ .

**Bảng 3. Thể tích gỗ cả vỏ của các phân đoạn trên thân cây Keo lai ở cấp D = 16cm.**

Cấp D(cm)	H(m)	(h/H)	Dh(cm)	V <sub>cv</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>Smalians</sub> (m <sup>3</sup> )	(V <sub>cv</sub> /V <sub>Smalians</sub> )%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
16	21,1	0,1	15,3	0,04787	0,04694	1,9
16	21,1	0,2	14,1	0,03594	0,03849	7,1
16	21,1	0,3	13,1	0,03063	0,03217	5,0
16	21,1	0,4	12,0	0,02599	0,02619	0,7
16	21,1	0,5	10,7	0,02124	0,02016	5,1
16	21,1	0,6	9,1	0,01625	0,01434	11,8
16	21,1	0,7	7,4	0,01132	0,00929	17,9
16	21,1	0,8	5,5	0,00692	0,00557	19,5
16	21,1	0,9	3,7	0,00356	0,00338	5,0
<b>Trung bình</b>						<b>8,2</b>

**3.2. Hàm ước lượng tổng thể tích gỗ theo các phân đoạn trên thân cây Keo lai**

Những phân tích hồi quy cho thấy hàm tích lũy thể tích gỗ cả vỏ (V<sub>CVTL</sub>, m<sup>3</sup>) và không vỏ (V<sub>OVTL</sub>, m<sup>3</sup>) theo các phân đoạn kể từ gốc đến ngọn của cây Keo lai ở cấp D từ 6 đến 24 cm có

dạng như hàm 20-23. Ở hàm 21 và 23, Dh là Dh<sub>cv</sub>. Bốn hàm này có hệ số xác định rất cao (R<sup>2</sup> > 99,8%) và sai lệch nhỏ (MAPE < 10%). Vì thế, chúng được sử dụng để xác định V<sub>CVTL</sub> và V<sub>OVTL</sub> theo các phân đoạn trên thân cây Keo lai.

$$V_{CVTL} = \exp(-9,5553 + 1,43838 \times \ln(D \times H) - 0,417565 \times (h/H)^{0,66817}) \quad (20)$$

$R^2 = 99,89\%$ ;  $SSE = 0,0035$ ;  $SEE = 0,0057$ ;  $MAPE = 4,7\%$ .

$$V_{CVTL} = \exp(-9,85708 + 1,40126 \times \ln(D \times H) - 1,76563 \times (Dh/D)^5,28659) \quad (21)$$

$R^2 = 99,95\%$ ;  $SSE = 0,0014$ ;  $SEE = 0,0036$ ;  $MAPE = 8,1\%$ .

$$V_{OVTL} = \exp(-10,1212 + 1,50107 \times \ln(D \times H) - 0,34892 \times (h/H)^{0,70813}) \quad (22)$$

$R^2 = 99,86\%$ ;  $SSE = 0,0039$ ;  $SEE = 0,0061$ ;  $MAPE = 7,7\%$ .

$$V_{OVTL} = \exp(-10,1557 + 1,44053 \times \ln(D \times H) - 1,8363 \times (Dh/D)^5,95356) \quad (23)$$

$R^2 = 99,92\%$ ;  $SSE = 0,0021$ ;  $SEE = 0,0045$ ;  $MAPE = 10,5\%$ .

Những phân tích hồi quy cũng cho thấy hàm ước lượng hệ số KH<sub>ij</sub> ở các cấp D từ 6 đến 24 cm có dạng như hàm 24. Hệ số hình dạng thân cả vỏ

(F) của cây Keo lai ở các cấp D từ 6-24cm có dạng như hàm 25.

$$KH_{ij} = 0,989861(D^3 \times H)^{-0,0135614} (1,5105 - \sqrt{i})^{(-4,80006 \times i + 5,29684 \times i^2 - 0,769981 \times i + 3,23278 \times (D/H))} \quad (24)$$

$R^2 = 99,24\%$ ;  $SEE = 0,0232$ ;  $MAPE = 6,6\%$ .

$$F = 0,633837 \times (D^{-0,445234} \times H^{0,299282}) \quad (25)$$

$R^2 = 98,8\%$ ;  $SEE = 0,0053$ ;  $MAPE = 0,6\%$ .

Bảng 4 dẫn ví dụ xác định V<sub>CVTL</sub> theo các phân đoạn trên thân cây Keo lai ở cấp D = 16 cm. Số liệu ở cột 5 (V<sub>CV1</sub>) là V<sub>CVTL</sub> theo các phân đoạn được tính từ hàm 20 (phương pháp 1). Số liệu ở cột 6 (V<sub>CV2</sub>) là V<sub>CVTL</sub> được tính từ hàm 21

(phương pháp 2). Sai lệch trung bình tuyệt đối (MAPE) giữa phương pháp 1 và 2 là 3%. Khi áp dụng cho các cấp D từ 6 đến 24 cm, thì sai lệch giữa 2 phương pháp này ở mức nhỏ hơn 5%.

**Bảng 4. Thể tích gỗ cả vỏ tích lũy theo các phân đoạn trên thân cây Keo lai với D = 16 cm**

Cấp D (cm)	H (m)	(h/H)	Dh (cm)	V <sub>CV1</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>CV2</sub> (m <sup>3</sup> )	(V <sub>CV1</sub> /V <sub>CV2</sub> ) %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
16	21,2	0,1	15,3	0,04643	0,04381	5,6
16	21,2	0,2	14,0	0,08403	0,09011	7,2
16	21,2	0,3	13,0	0,11568	0,12048	4,2
16	21,2	0,4	12,0	0,14169	0,14184	0,1
16	21,2	0,5	10,6	0,16170	0,15782	2,4
16	21,2	0,6	9,1	0,17575	0,17029	3,1
16	21,2	0,7	7,3	0,18469	0,18037	2,3
16	21,2	0,8	5,4	0,19006	0,18872	0,7
16	21,2	0,9	3,7	0,19341	0,19577	1,2
<b>Trung bình</b>						<b>3,0</b>

### 3.3. Thảo luận và áp dụng kết quả nghiên cứu

#### 3.3.1. Thảo luận

Trong nghiên cứu này, các hàm thể tích được xây dựng để sử dụng cho mục đích xây dựng biểu thể tích và biểu sản lượng gỗ thu hoạch của rừng Keo lai. Khi biết độ thon ở các vị trí khác nhau trên thân, thì thể tích của các phân đoạn ở phần thân có thể được xác định theo công thức của Smalians. Thể tích đoạn ngọn được xác định theo thể tích hình nón. Sau đó tính thể tích toàn thân cây bằng cách cộng dồn thể tích của các phân đoạn. Những tính toán này có thể được thực hiện nhờ sự trợ giúp của phần mềm Excel. Tuy vậy, cách tính toán này mất khá nhiều thời gian và công sức, nhất là thống kê tài nguyên rừng trồng Keo lai trên không gian rộng lớn. Để hạn chế những khó khăn kể trên, nghiên cứu này đã xây dựng các

hàm ước lượng thể tích gỗ cả vỏ và không vỏ của các phân đoạn (Hàm 18 và 19) và hàm tổng thể tích theo các phân đoạn trên thân cây Keo lai (Hàm 20-23). Hàm 18-23 cũng được sử dụng để tính thể tích gỗ thu hoạch ở mức cây cá thể của rừng Keo lai.

#### 3.3.2. So sánh một số phương pháp ước lượng thể tích thân cây Keo lai

Khi biết Dh ở các vị trí khác nhau trên thân, thì hai đại lượng V<sub>CV</sub> và V<sub>OV</sub> của cây Keo lai có thể được xác định theo công thức của Smalians và công thức hình nón (Phương pháp 1). Khi biết D, H và (h/H) = 1, thì hai đại lượng V<sub>CV</sub> và V<sub>OV</sub> được xác định theo hàm 20 và 22 (Phương pháp 2). Theo tài liệu tham khảo số [5], hai đại lượng V<sub>CV</sub> và V<sub>OV</sub> của cây Keo lai được xác định tương ứng theo hàm 26 và 27 (Phương pháp 3).

$$V_{CV} = 0,000974 + 0,000023 \times (D^2 \times H) + 0,000023 (D^{0,80518} H^{1,9319}) \quad (26)$$

$$V_{OV} = 0,000648 + 0,0000219 \times (D^2 H) + 0,000019 \times (D^{0,789658} H^{1,90741}) \quad (27)$$

Bảng 5 và 6 dẫn kết quả so sánh 3 phương pháp xác định V<sub>CV</sub> và V<sub>OV</sub> của cây Keo lai được tính theo 3 phương pháp kể trên. Ở Bảng 5, số liệu ở cột 3 (V<sub>1</sub>) được tính theo công thức của Smalians và công thức hình nón. Số liệu ở cột 4 (V<sub>2</sub>) được tính theo hàm 20. Số liệu ở cột 5 (V<sub>3</sub>) được tính theo hàm 26. Ở Bảng 6, số liệu ở cột 3 (V'<sub>1</sub>) được tính theo công thức của Smalians và công thức hình nón. Số liệu ở cột 4 (V'<sub>2</sub>)

được tính theo hàm 22. Số liệu ở cột 5 (V'<sub>3</sub>) được tính theo hàm 27.

Phân tích số liệu ở Bảng 5 và 6 cho thấy, so với phương pháp 1, hai đại lượng V<sub>CV</sub> và V<sub>OV</sub> của cây Keo lai được xác định theo phương pháp 2 nhận MAPE < 3,5%. So với phương pháp 3, hai đại lượng V<sub>CV</sub> và V<sub>OV</sub> của cây Keo lai được xác định theo phương pháp 2 nhận MAPE < 6,0%. Những tính toán cũng cho thấy hai phương

pháp xác định tổng  $V_{CV}$  của cây Keo lai ở các cấp D từ 6 đến 24 cm theo hàm 20 và 21 chỉ khác nhau khoảng 6% (Bảng 7). Những so sánh trên đây cho thấy hàm 20 và 21 có thể được sử dụng để xác định  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  của cây Keo lai ở các cấp D từ 6 đến 24 cm. Ngoài ra, khi biết chiều dài của đoạn gỗ thu hoạch (h), thì hàm 20 và 22 được sử dụng để ước lượng thể tích gỗ thu hoạch cả vỏ và không vỏ của cây Keo lai. Khi biết đường kính gỗ thu hoạch ở đầu nhỏ ( $Dh_n$ ), thì hàm 21 và 23 được sử dụng để ước lượng

thể tích gỗ thu hoạch cả vỏ và không vỏ của cây Keo lai.

Nếu xác định  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  của các cấp D từ 6 đến 24 cm bằng công thức  $V = G \times H \times F$  với  $F = 0,5$ , thì phương pháp này nhận  $MAPE \cong 9\%$  so với phương pháp 2 được đề xuất trong nghiên cứu này. Khi thay F từ hàm 25 vào công thức  $V = G \times H \times F$ , thì kết quả nhận được  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  của cây Keo lai ở các cấp D từ 6 đến 24 cm tương tự như tính theo hàm 20 và 21.

**Bảng 5. So sánh thể tích gỗ cả vỏ của cây Keo lai được tính theo ba phương pháp khác nhau**

Cấp D (cm)	H (m)	$V_1(m^3)$	$V_2(m^3)$	$V_3(m^3)$	$(V_2/V_1) \%$	$(V_2/V_3) \%$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
6	8,6	0,01374	0,01326	0,01442	3,5	8,0
8	11,5	0,03129	0,03038	0,03180	2,9	4,5
10	14,2	0,05765	0,05644	0,05837	2,1	3,3
12	16,7	0,09344	0,09230	0,09515	1,2	3,0
14	18,9	0,13912	0,13360	0,14296	4,0	6,5
16	21,1	0,19511	0,19577	0,20248	0,3	3,3
18	23,1	0,26177	0,26420	0,27433	0,9	3,7
20	25,0	0,33949	0,34415	0,35903	1,4	4,1
22	26,7	0,42864	0,43582	0,45704	1,7	4,6
<b>Trung bình</b>					<b>2,0</b>	<b>4,6</b>

**Bảng 6. So sánh thể tích gỗ không vỏ của cây Keo lai được tính theo ba phương pháp khác nhau**

Cấp D (cm)	H (m)	$V'_1$	$V'_2$	$V'_3$	$(V'_2/V'_1) \%$	$(V'_2/V'_3) \%$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
6	8,6	0,01174	0,01039	0,01128	11,5	7,9
8	11,5	0,02665	0,02468	0,02420	7,4	2,0
10	14,2	0,04938	0,04711	0,04488	4,6	5,0
12	16,7	0,08084	0,07873	0,07457	2,6	5,6
14	18,9	0,12175	0,12034	0,11391	1,2	5,6
16	21,1	0,17275	0,17260	0,16299	0,1	5,9
18	23,1	0,23438	0,23601	0,22148	0,7	6,6
20	25,0	0,30715	0,31102	0,28879	1,3	7,7
22	26,7	0,39153	0,39798	0,36422	1,6	9,3
<b>Trung bình</b>					<b>3,4</b>	<b>6,0</b>

### 3.3.3. Áp dụng kết quả nghiên cứu

(a) *Xác định thể tích của từng phân đoạn trên thân cây Keo lai*

Để tìm  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  của từng phân đoạn trên thân cây Keo lai ở cấp D từ 6 đến 26 cm, thay

tương ứng D, H và  $Dh_{CV}$  vào hàm 18 và 19. Hai hàm này chỉ được áp dụng để xác định  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  của từng phân đoạn đối với các cấp D = 6-24 cm; trong đó thân cây Keo lai được phân chia thành 10 đoạn bằng nhau.

(b) *Xác định  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  của các phân đoạn theo chiều dài cho trước*

Khi biết D, H và h, thì  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  của các phân đoạn được xác định bằng cách thay những biến này vào hàm 20 và 22. Khi xác định  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  theo chiều dài thân cây với độ dài bất kỳ (L, m), thì thay tương ứng D, H và  $(h/H) = (L/H)$  vào hàm 20 và 22. Tổng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  của toàn thân cây được xác định bằng cách thay D, H và  $(h/H) = 1$  vào hàm 20 và 22.

(c) *Xác định  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  từ gốc đến đường kính đầu nhỏ cho trước*

Ở mỗi cấp D, khi cần xác định tổng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  từ gốc đến đường kính đầu nhỏ cho trước (Dh, cm), thì thay tương ứng D, H và Dh vào hàm 21 và 23; trong đó Dh là  $Dh_{CV}$ . Khi tính tổng thể tích gỗ thu hoạch cả vỏ và không vỏ từ gốc đến  $Dh = 3$  cm, thì thay D, H và  $Dh = 3$  cm vào hàm 21 và 23.

**Bảng 7. So sánh thể tích gỗ cả vỏ của cây Keo lai được tính theo hàm 20 và 21**

Cấp D (cm)	H (m)	$V_{(Hàm\ 20)}$	$V_{(Hàm\ 21)}$	MAE
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
6	8,7	0,01338	0,01336	0,2
8	11,6	0,03068	0,02997	2,3
10	14,3	0,05701	0,05482	3,8
12	16,8	0,09326	0,08855	5,0
14	19,1	0,14004	0,13161	6,0
16	21,2	0,19785	0,18431	6,8
18	23,2	0,26702	0,24686	7,6
20	25,1	0,34784	0,31941	8,2
22	26,9	0,44051	0,40208	8,7
24	28,6	0,54521	0,49494	9,2
<b>Trung bình</b>				<b>6,0</b>

(d) *Xác định tổng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  của rừng Keo lai trong một khu vực nhất định*

Trình tự xác định tổng trữ lượng của rừng cây Keo lai trong một khu vực nhất định bao gồm 5 bước. Bước 1 lập các ô tiêu chuẩn với diện tích 500-1000 m<sup>2</sup> ở rừng Keo lai từ tuổi 3 trở đi. Mỗi tuổi rừng Keo lai cần lập tối thiểu 3 ô tiêu chuẩn. Bước 2 đo đạc D (cm) của tất cả các cây trong các ô tiêu chuẩn, còn H (m) được ước lượng theo hàm 1. Bước 3 tập hợp số liệu D và H ở các ô tiêu chuẩn của mỗi tuổi và phân chia D thành các cấp D với mỗi cấp D = 1-2 cm tùy theo phạm vi biến động D. Sau đó chuyển đổi số cây ở các cấp D ra đơn vị 1 ha. Bước 4 sử dụng hàm 20 và 22 để ước lượng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  trung bình của từng cấp D; trong đó  $(h/H) = 1$ . Bước 5 tính tổng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  trên 1ha đối với mỗi

tuổi của rừng Keo lai. Để đạt mục đích này, trước hết nhân số cây (n, cây/ha) ở mỗi cấp D với  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  trung bình của từng cấp D. Sau đó tính tổng  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  trên 1ha ở mỗi tuổi bằng cách cộng dồn  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  của các cấp D. Các bước trên cũng được áp dụng để xác định trữ lượng gỗ thu hoạch đối với rừng Keo lai. Sau đó tổng hợp trữ lượng gỗ cây đứng và gỗ thu hoạch đối với các tuổi của rừng Keo lai trong khu vực nghiên cứu bằng cách nhân diện tích ở mỗi tuổi với  $V_{CV}$  và  $V_{OV}$  trung bình trên 1 ha.

**4. KẾT LUẬN**

Thể tích gỗ của các phân đoạn trên thân cây Keo lai được xác định theo công thức thể tích hình nón cụt, công thức của Newton hoặc công thức của Smalians. Phương pháp này khó áp dụng trong trường hợp lập biểu thể tích gỗ cây



đứng và gỗ thu hoạch. Nghiên cứu này đã xây dựng các hàm ước lượng thể tích gỗ của các phân đoạn trên thân cây Keo lai dựa theo 3 biến dự đoán D, H và Dh. Tổng thể tích gỗ của các phân đoạn trên thân cây Keo lai được ước lượng theo hàm với 3 biến dự đoán D, H và (h/H). Những hàm thể tích này không chỉ cho phép tính thể tích gỗ thu hoạch của các đoạn gỗ theo yêu cầu của thị trường, mà còn có thể để xác định tổng thể tích gỗ thu hoạch của toàn thân cây Keo lai. Nhóm tác giả kiến nghị các cơ sở lâm nghiệp có thể áp dụng kết quả của nghiên cứu này để xác định thể tích gỗ thu hoạch của rừng Keo lai từ cấp D = 6-24 cm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Thêm (2002). Sinh thái rừng. Nxb. Nông nghiệp. Hà Nội. 250.
- [2]. Nguyễn Văn Thêm (2023). Xây dựng các hàm sản lượng và phân tích biến động sản lượng gỗ của rừng Keo lai (*Acacia hybrid*) theo những lập địa khác nhau ở tỉnh Đồng Nai. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. 22(5). 22-35.
- [3]. Vũ Tiến Hinh & Phạm Ngọc Giao. (1997). Giáo trình Điều tra rừng. Nxb. Nông nghiệp. Hà Nội. 183.
- [4]. Nguyễn Văn Thêm, Nguyễn Trọng Bình & Nguyễn Trọng Minh (2022). Phát triển những hàm độ thon thân cây Keo lai (*Acacia hybrid*) trồng thuần loài ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp. 2: 22-31.  
<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.2022.2.022-031>
- [5]. Vũ Tiến Hinh (2012). Phương pháp lập biểu thể tích cây đứng rừng tự nhiên ở Việt Nam. Nxb. Nông nghiệp. Hà Nội. 196.
- [6]. Kozak A (2004). My last words on taper equations. For Chronology. 80: 507-515.
- [7]. Muhairwe C.K. (1999). Taper equations for *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus grandis* for the north coast in New South Wales, Australia. For Ecological Management. 113: 251-269.
- [8]. Lee WK, Seo J.H, Son YM, Lee K.H & Von G.K (2003). Modeling stem profiles for *Pinus densiflora* in Korea. For Ecological Management. 172: 69-77.