# HƯỚNG DẪN GIẢI TÍCH THÂN CÂY GỖ

## ĐỂ TÍNH ĐỘ THON VÀ SẢN LƯỢNG GỖ Ở MỨC CÂY GỖ VÀ QUẦN THỤ

**Áp dụng đối với rừng trồng thuần loài đồng tuổi**

Độ thon thân cây gỗ (Kí hiệu: Dh, cm) biểu thị sự suy giảm đường kính theo chiều cao thân từ gốc đến ngọn.

Trong điều tra rừng, độ thon thân được sử dụng để:

(1) Ước lượng đường kính ở các vị trí khác nhau trên thân.

(2) Tính tổng thể tích thân cây đứng (cây còn sống tại rừng).

(3) Tính tổng thể tích thân cây ngả (cây đã bị chặt hạ và nằm trên mặt đất).

(4) Tính tổng thể tích gỗ thu hoạch (cả vỏ và không vỏ) từ gốc đến đường kính đầu nhỏ được thu hoạch.

(5) Tính thể tích các phân đoạn gỗ (cả vỏ và không vỏ) với chiều dài bất kỳ.

(6) Tính tổng sinh khối thân.

(7) Tính tỷ lệ vỏ…

Theo khái niện về độ thoan thân (Dh), nhà lâm nghiệp cần biết Dh của các cây gỗ ở rừng tự nhiên và rừng trồng thay đổi theo tuổi (A, năm), kích thước thân (D, H), lập địa và các phương thức lâm sinh.

## Phần I. Giải tích thân cây gỗ

**Bước 1**. Chuẩn bị các công cụ giải tích thân cây gỗ. Công cụ giải tích và đo đạc thân cây gỗ bao gồm: (1) Cưa máy cầm tay để cắt cây; (2) Dao quắm để phát cành; (3) Thước đo chiều cao thân cây (Blume-leise); (4) Thước dây 2,0m với độ chính xác 0,1cm để đo chu vi thân và Dh; (5) Thước dây 20-50m với độ chính xác 1,0cm để đo chiều dài thân; (6) Thước kẻ nhựa hoặc thước panme với độ chính xác 0,1cm để đo chiều dày vỏ trên thân; (7) Sổ tay hoặc giấy $A_4$ để ghi chép số liệu; (8) Bút bi để ghi chép; (9)

Bút dầu màu đỏ và màu xanh để đánh dấu các vị trí Dh theo chiều dài thân; (10) Cặp nhựa để lưu số liệu; (11) Đồ dùng cá nhân...

**Bước 2**. Xác định đối tượng thu thập số liệu (nghiên cứu). Đó là các loại rừng trồng thuần loài đồng tuổi ở một khu vực nhất định (BQL rừng, tỉnh, vùng sinh thái); trong đó phân chia chúng theo loài cây gỗ. Chọn các loại rừng trồng có tuổi từ giai đoạn bắt đầu tỉa thưa lần 1 đến tuổi cao nhất (Tuổi khai thác chính).

**Bước 3**. Chọn các cây gỗ để giải tích (Cây giải tích). Tùy theo điều kiện và yêu nghiên cứu (nhân lực, kinh phí, mục tiêu nghiên cứu), các cây giải tích có thể được chọn theo 2 phương pháp khác nhau.

**Phương Pháp 1**: **Chọn các cây giải tích theo các cấp D trong từng cấp tuổi**

Bước 1.1: Phân chia các loại rừng trồng thuần loài đồng tuổi thành các cấp tuổi khác nhau (Cấp A, năm). Đối với các loài cây gỗ sinh trưởng nhanh, đời sống ngắn đến trung bình (A < 30 năm), mỗi cấp A = 2 năm. Đối với các loài cây gỗ sinh trưởng trung bình và chậm, đời sống trung bình đến dài (A > 30 năm), mỗi cấp A = 5 năm.

Bước 1.2: Xác định các đặc trưng lâm học của quần thụ. Ở mỗi cấp A, thống kê mật độ (N, cây), D(cm) và H(m); trong đó mỗi cấp A là 3 ô têu chuẩn (OTC) với diện tính từ 500-1000m$^2$. Sau đó lập bảng phân bố số cây (N, cây/ha) theo các cấp D (Phân bố N/D).

Bước 1.2: Xác định số lượng cây giải tích. Mỗi cấp D chỉ chọn 3 cây; trong đó 1 cây ở giữa cấp, còn 2 cây ở ranh giới dưới và trên. Tổng số cây giải tích ở mỗi cấp A bằng = 3*Số cấp D. Sau đó tổng hợp số lượng cây giải tích trong Bảng Excel theo thứ tự từ cấp A thấp đến cấp A cao; trong đó sắp xếp kích thước cây tăng dần theo cấp D. Ưu điểm: Dung lượng mẫu lớn cho phép ước lượng chính xác Dh, thể tích thân (V, m$^3$) và trữ lượng quần

thụ (M, $m^3$/ha). Nhược điểm: Dung lượng mẫu lớn làm tăng các chi phí nghiên cứu (người, kinh phí, thời gian) và phá hủy nhiều tài nguyên gỗ.

**Phương pháp 2**: **Chọn các cây giải tích bình quân theo các cấp A**

Bước 2.1: Thống kê các đặc trưng quần thụ theo các cấp A. Tiếp đến lập bảng phân bố N/D đối với mỗi cấp A. Sau đó xác định D bình quân ($D_{BQ}$, cm) của quần thụ ở các cấp A theo phương pháp bình quân gia quyền hay trọng số. Phương pháp này đòi hỏi số tuổi (A, năm) hoặc cấp A > 5.

Bước 2.2: Xác định số lượng cây giải tích. Mỗi cấp A chỉ chọn 1 cây giải tích bằng cây có $D_{BQ}$. Tổng số cây giải tích bằng số lượng cấp A. Thực chất của phương pháp này dựa trên giả định: Phân bố N/D trong mỗi cấp A có dạng phân bố tiệm cận chuẩn. Từ đó trữ lượng quần thụ tại A năm $M_A = N_A \times V_A$; trong đó $N_A$ (cây/ha) = mật độ quần thụ tại A năm, $V_A$ ($m^3$) = thể tích cây bình quân của quần thụ tại A năm = $0{,}00007854 \times D_{BQ}^2 \times H \times F$. Ưu điểm: Giảm số lượng cây giải tích và tiết kiệm tài nguyên. Nhược điểm: Khi phân bố N/D trong mỗi cấp A có dạng phân bố lệch chuẩn, thì ước lượng V của cây bình quân và M quần thụ bị sai lệch lớn.

**Bước 4**. Xác định tiêu chuẩn cây giải tích. Các cây giải tích phải phải thỏa mãn một số tiêu chuẩn cơ bản sau đây: (a) Sinh trưởng bình thường đến tốt; (b) Thân thẳng, tròn đều và không bị cụt ngọn; (c) Tán lá tròn đều.

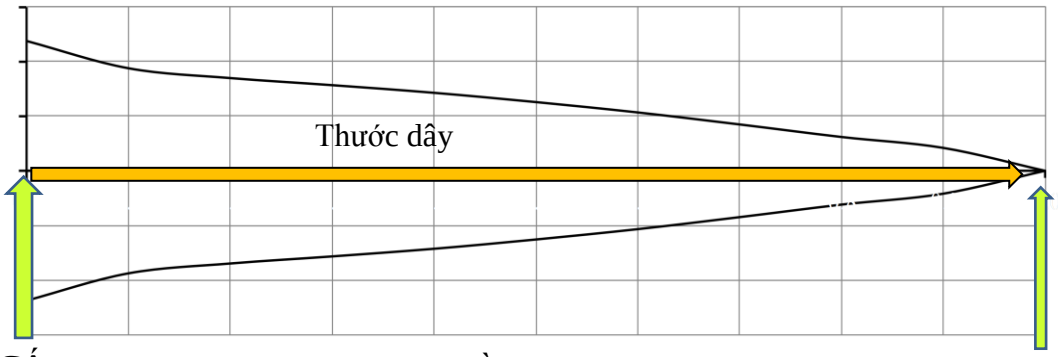
**Bước 5**. Giải tích thân cây mẫu. Bước 5.1: Chặt hạ cây mẫu. Từ những cây được chọn để giải tích, chặt hạ chúng tại vị trí sát gốc (Cách mặt đất = 10-30cm tùy theo kích thước cây to hay nhỏ). Sau khi chặt hạ, các cây mẫu được phát dọn sạch các cành.

Bước 5.2: Đo chiều dài toàn thân (H, m) từ gốc đến đỉnh sinh trưởng (ngọn) bằng thước dây (20, 25…50m) với độ chính xác 1,0cm (Hình 1).

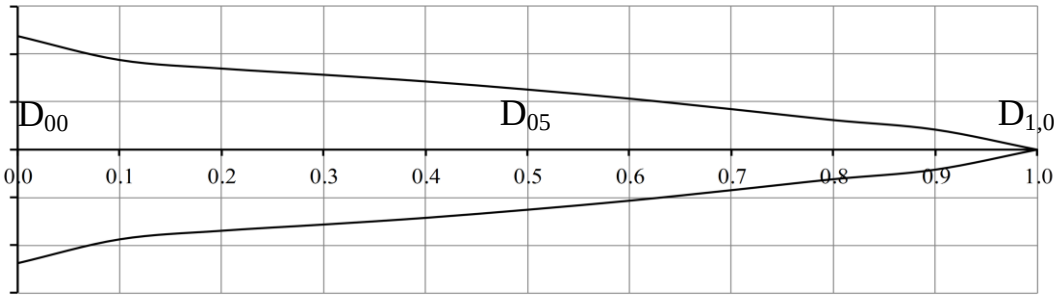
Bước 5.3: Đánh dấu và đo D (cm) hoặc chu vi tại vị trí 1,3m kể từ mặt đất bằng thước dây với độ chính xác 0,1cm.

Bước 5.4: Tổng hợp D và H của các cây mẫu vào sổ tay; sau đó về nhà chuyển chúng vào Bảng Excel (Bảng 1).

Bước 5.5: Giải tích thân cây mẫu. Trước hết phân chia chiều dài của thân cây mẫu đã chặt hạ thành 10 phân đoạn bằng nhau; mỗi phân đoạn = 1/10H (Hình 2). Ở Hình 2, kí hiệu $D_{00}$ là D ở vị trí gốc (Vị trí cắt cây); Doi = D01, D02, D03, D04, D05, D06, D07, D08 và D09 là D ở vị trí 1/10H, 2/10H…9/10H; D10 = 0 là D ở đỉnh sinh trưởng. Đối với mỗi cây giải tích, đánh dấu các vị trí Doi trên thân bằng bút dầu màu xanh.



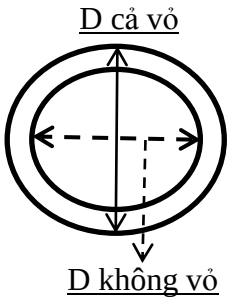

**Hình 1.** Đo chiều dài cây giải tích.




**Hình 2.** Phân chia thân cây giải tích thành 10 phân đoạn bằng nhau.

**Lưu ý:** Về lí thuyết, thân cây giải tích có thể được phân chia thành nhiều phân đoạn với chiều dài bất kì. Khi phân chia thân cây giải tích thành nhiều phân đoạn, thì thể tích của mỗi phân đoạn (Vi, $m^3$) càng gần với V của hình viên trụ. Kết quả nhận được tổng V của thân cây gỗ với độ chính xác cao hơn. Vì thế, để so sánh độ chính xác của các phương pháp phân chia các phân đoạn, thân cây giải tích có thể được phân chia thành 3, 5, 10, 20…phân đoạn.

Bước 5.6: Đo đạc D ở các phân đoạn. Trước hết cắt thân tại vị trí 1,3m (Kí hiệu D). Sau đó đo D cả vỏ ($D_{CV}$, cm) và không vỏ ($D_{OV}$, cm) tại vị trí này bằng thước dây với độ chính xác 0,1cm (Hình 3). Tiếp đến đo $D_{CV}$ và $D_{OV}$ tại các vị trí D00, D01, D02…D09 tương tự như D tại vị trí 1,3m kể từ mặt đất.




**Hình 3**. Đo D cả vỏ và D không vỏ tại các vị trí khác nhau trên thân.

Tất cả các số đo đếm trên đây được ghi vào Bảng 1. Cách ghi số liệu vào Bảng 1 (Sổ tay và Bảng Excel) như sau:

**Bảng 1**. Số liệu các cây giải tích. Ví dụ cây gỗ ở tuổi 10.

| Cột 1 | Cột 2 | Cột 3 | Cột 4 | Cột 5 | Cột 6 | Cột 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A (năm) | D(cm) | H (m) | (h/H) | $Dh_{CV}$ (cm) | $Dh_{OV}$ (cm) | D vỏ |
| 10 | 10 | 12 | 0.0 | 12.0 | 10.0 | 2.0 |
| 10 | 10 | 12 | 0.1 | 10.0 | 9.0 | 1.0 |
| 10 | 10 | 12 | 0.2 | 10.0 | 9 | 1.0 |
| 10 | 10 | 12 | 0.3 | 9.5 | 8.5 | 1.0 |
| 10 | 10 | 12 | 0.4 | 8.7 | 8 | 0.7 |
| 10 | 10 | 12 | 0.5 | 8.4 | 7.7 | 0.7 |
| 10 | 10 | 12 | 0.6 | 8.1 | 7.4 | 0.7 |
| 10 | 10 | 12 | 0.7 | 7.5 | 7 | 0.5 |
| 10 | 10 | 12 | 0.8 | 7.0 | 6.5 | 0.5 |
| 10 | 10 | 12 | 0.9 | 6.0 | 5.5 | 0.5 |
| 10 | 10 | 12 | 1.0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| 12 | 14 | 15 | Từ cây 2-k cũng ghi tương tự như cây 1 | | | |

- ✓ Cột 1: A (năm) = tuổi rừng (Xác định theo lý lịch rừng hoặc đếm vòng năm tại D1.3m).
- ✓ Cột 2: D (cm) = D tại vị trí 1,3m kể từ mặt đất.
- ✓ Cột 3: H (m) = Chiều cao toàn thân cây.
- ✓ Cột 4: Chiều cao tương đối (h/H).
- ✓ Cột 5: D cả vỏ tại (h/H) hay 1/10H.
- ✓ Cột 6: D không vỏ tại (h/H) hay 1/10H.
- ✓ Cột 7: D vỏ ($D_V = D_{CV} - D_{OV}$). Sau khi ghi $D_{CV}$ và $D_{OV}$ vào Bảng Excel, lập công thức để bảng tính tự động $D_V$ cho tất cả các cây giải tích.

**Bước 6**. Kiểm tra khả năng ứng dụng của các hàm độ thon và thể tích thân. Để kiểm định khả năng ứng dụng đối với các hàm Dh, mỗi cấp A sử dụng 5-10 cây giải tích ở các cấp D từ nhỏ đến lớn. Những cây này không tham gia vào việc xây dựng các hàm Dh. Số liệu giải tích của những cây này được ghi riêng vào sổ tay và chuyển vào Bảng Excel giống như Bảng 1. Tuy vậy, khi số lượng cây giải tích đủ lớn (≥ 30 cây mẫu), thì Bước 6 có thể được bỏ qua.

## Phần II. Xây dựng các hàm ước lượng độ thon thân cây gỗ

**Bước 1**. Chuẩn bị số liệu để xây dựng các hàm độ thon. Số liệu đối với mỗi loại rừng trồng thuần loài đồng tuổi bao gồm tuổi (A, năm), đường kính thân ngang ngực (D, cm), chiều cao toàn thân (H, m), độ thon thân cả vỏ ($Dh_{CV}$, cm), độ thon thân không vỏ ($Dh_{OV}$, cm), chiều cao từ gốc đến độ cao bất kì (h, m) và chiều cao tương đối (h/H) của tất cả các cây giải tích. Tập số liệu này được ghi vào bảng tính Excel như ở Bảng 1.

**Bước 2**. Chọn các hàm độ thon dự tuyển. Để xây dựng các hàm độ thon thân cả vỏ ($Dh_{CV}$, cm) và không vỏ ($Dh_{OV}$, cm), trước hết chọn các hàm độ thon dự tuyển. Số lượng hàm Dh dự tuyển càng nhiều càng tốt, tối thiểu 3÷5 hàm. Bảng 2 giới thiệu hình thái của 22 hàm Dh của nhiều tác giả khác nhau. Sau đó xây dựng các hàm Dh; trong đó xác định hệ số xác định ($R^2$)

và các thống kê sai lệch theo các Hàm 1-7. Mục đích của phân tích hồi quy là chọn hàm Dh với độ chính xác cao nhất. Theo mục đích này, hàm Dh thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn $SSE_{Min}$ hoặc $SEE_{Min}$.

$$R^2 = [1- \frac{\sum_{(i = 1, n)}(Dh_i - Dh_J)^2}{\sum_{(i = 1, n)}(Dh_i - Dh_{Bq})^2}]100 \quad (1)$$

$$SSR = \sum_{(i = 1, n)}(Dh_i - Dh_J)^2 \quad (2)$$

$$SEE = \sqrt{\frac{SSR}{n-p}} \quad (3)$$

$$MAE = |(Dh_i - Dh_J)/n| \quad (4)$$

$$MAPE = \frac{MAE}{Dh_i} 100 \quad (5)$$

$$ME = (Dh_i - Dh_J) \quad (6)$$

$$MPE = \frac{(Dh_i - Dh_J)}{Dh_i}100 \quad (7)$$

**Bảng 2. Một số hàm độ thon dự tuyển**

**2.1. Những kí hiệu trong các hàm độ thon**

| TT | Viết tắt | Tên gọi | Định nghĩa |
|---|---|---|---|
| 1 | $D_0$(cm) | Đường kính gốc | Đường kính tại vị trí sát mặt đất |
| 2 | D(cm) | Đường kính ngang ngực | D từ gốc đến 1.3m kể từ gốc |
| 3 | Dh(cm) | Độ thon thân | D ở vị trí bất kì trên thân (h) |
| 4 | KD = (Dh/D) | Hệ số độ thon | Độ thon thân tương đối |
| 5 | H(m) | Chiều cao toàn thân | H từ gốc đến đỉnh sinh trưởng |
| 6 | h(m) | Chiều cao từng phân đoạn kể từ gốc | Chiều cao từ gốc đến vị trí h bất kì trên thân |
| 7 | KH = (h/H) | Hệ số chiều cao | Chiều cao tương đối: Tỉ lệ (h/H). |
| 8 | Y | Chiều cao tương đối | Y = (h/H) |
| 9 | X | Chiều cao tương đối | X = (H-h)/(H-1.3) |
| 10 | Xi | | $Xi = (1 - Y^{1/2})/(1 - P^{1/2})$ |
| 11 | Xj | | $Xj = (1 - Y^{1/4})/(1 - 0.01^{1/4})$ |
| 12 | Xk | | $Xk = Q/(1 - P^{1/3})$ |
| 13 | P | | P = 1,3/H |
| 14 | Z | | Z = h/1.3 |
| | Q | | $Q = (1 - Y^{1/3})$ |

## 2.2. Hình thái của các hàm độ thon

| TT | Các hàm độ thon | Tác giả |
|---|---|---|
| 1 | $Dh = a_1(D^2H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y + a5Y^2 + a6Y^3 + a7(D/H))}$ | Them-Binh (2022a) |
| 2 | $Dh = a_1(D^2H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y^2 + a5Y^3 + a6Y^4 + a7(D/H))}$ | Them-Binh (2022b) |
| 3 | $Dh = a_1(D^3H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y + a5Y^2 + a6Y^3 + a7(D/H))}$ | Them-Binh (2022c) |
| 4 | $Dh = a_1(D^3H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y^2 + a5Y^3 + a6Y^4 + a7(D/H))}$ | Them-Binh (2022d) |
| 5 | $Dh = a_1(D^4H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y^2 + a5Y^3 + a6Y^4 + a7(D/H))}$ | Them-Binh (2022e) |
| 6 | $Dh = a_1D^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y + a5Y^2 + a6Y^3 + a7(D/H))}$ | Thêm (2022) |
| 7 | $Dh = a_1(D^3H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y + a5Y^2 + a6X + a7(D/H))}$ | Them(2022-1) |
| 8 | $Dh = a_1(D^2H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y + a5Y^2 + a6X + a7(D/H))}$ | Them(2022-2) |
| 9 | $Dh = a_1(D^3H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y + a5Y^2 + a6X + a7exp(D/H))}$ | Them(2022-3) |
| 10 | $Dh = a_1(D^2H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y + a5Y^2 + a6X + a7exp(D/H))}$ | Them(2022-4) |
| 11 | $Dh = a_1(D^3H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y + a5Y^2 + a6/exp(D/H) + a7exp(D/H))}$<br>$Dh = a_1(D^3H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^{(a4Y + a5Y^2 + a6/exp(D/H) + a7*(D/H))}$ | Them(2022-5a)<br>Them(2022-5b) |
| 12 | $Dh = a_1(D^2H) + a_2(D^{a3}H^{a4})(a_5 - \sqrt{Y})^{(a6Y + a7Y^2 + a8Y^3 + a9(D/H))}$ | Them(2022-6) |
| 13 | $Dh = a_1(D^2H)^{a2}(a_5 - \sqrt{Y})^{(a4Y + a5Y^2 + a6X + a7X^2 + a8(D/H))}$ | Them(2022-7) |
| 14 | $KD = a_1(D^2H) + a_2(D^{a3}H^{a4})(a_5 - \sqrt{Y})^{(a6Y + a7Y^2 + a8Y^3 + a9(D/H))}$ | Them(2022-8) |
| 15 | $Dh = a_1D^{a2}a_3^{D}Xi^{(a4Y^2 + a5Ln(Y + 0.001) + a6Y^{1/2} + a7exp(Y) + a8(D/H)}$ | Kozak (1988) |
| 16 | $Dh = a_1D^{a2}X_j^{(a3 + a4/exp(Z) + a5D^Xj + a6Xj^Z}$ | Kozak (2001) |
| 17 | $Dh = a_1D^{a2}H^{a3}X_k^{(a4Y^4 + a5/exp(D/H) + a6Xj^{0.1} + a7/D + a8H^Q + a9Xk}$ | Kozak (2002) |
| 18 | $Dh = a_1D^{a2}(1 - \sqrt{Y})^{(a3Y + a4Y^2 + a5/Y + a6Y^3 + a7D + a8(D/H))}$<br>$Dh = a_1D^{a2}(1 - \sqrt{Y})^{(a3Y + a4Y^2 + a5/Y + a6Y^3 + a7D + a8(D/Y))}$ | Muhairwe (1999) |
| 19 | $Dh = a_1D^{a2}(1 - Y)^{(a3Y^2 + a4/Y + a5)}$ | Lee (2003) |
| 20 | $Dh^2 = a_1D^2XZ^{(2 - a2 + a3Y + a4Y^2))}$ | Sharma-Zhang (2004) |
| 21 | $(Dh/D) = KD = a_1D^2XY^{(a2 + a3Y + a4Y^2)}$ | Sharma-Parton (2009) |
| 22 | **$KD = (Dh/D_0) = b_0 + b_1Y + b_2Y^2 + \ldots + b_kY^k$** | **Hệ số độ thon** |

| | | |
|---|---|---|
| | • Trường hợp 1: Xây dựng hàm KD chung cho các cấp D. Ưu điểm: (1) Chỉ phải xây dựng 1 hàm KD. (2) Số bước tính toán không nhiều. Nhược điểm: (1) Kết quả chỉ nhận được hình dạng thân ở các cấp D là như nhau. (2) Không chỉ rõ sự khác nhau về hình dạng thân ở các cấp tuổi (A, năm), cấp D và điều kiện môi trường...(3) Sai số ($SSE_{Min}$) rất lớn.<br>• Trường hợp 2: Xây dựng hàm KD riêng rẽ theo từng cấp A, cấp D và điều kiện môi trường…Ưu điểm: (1) Cho biết hình dạng thân thay đổi theo các cấp cấp A, cấp D và điều kiện môi trường. (2) Sai số ($SSE_{Min}$) rất nhỏ. Nhược điểm: (1) Phải xây dựng rất nhiều hàm Dh cho các cấp tuổi, cấp D và điều kiện môi trường. (2) Số bước tính toán rất nhiều. | |

**Bước 3**. Xây dựng biểu độ thon thân cây gỗ. Trình tự xử lí số liệu như sau.

**Bước 3.1.** Xây dựng các hàm H = f(D). Các hàm này được sử dụng để ước lượng H của các cấp D ở các cấp A khác nhau. Hàm H = f(D) có thể được xây dựng theo 2 phương pháp.

Phương pháp 1: Xây dựng hàm H = f(D) đối với từng cấp A. Trước hết thống kê H theo các cấp D ở mỗi cấp A. Tiếp đến xây dựng hàm H = f(D). Hàm này có thể được xây dựng theo hàm Korf (Hàm 8), hàm Chapman-Richards (Hàm 9) và hàm Gompertz (Hàm 10); trong đó hàm thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn $SSE_{Min}$. Ưu điểm: Sử dụng hàm H = f(D) để ước lượng H ở các cấp D ở mỗi cấp A với sai lệch nhỏ. Nhược điểm: Số lượng cấp A càng nhiều, thì chi phí thời gian để xây dựng các hàm H = f(D) cũng càng nhiều. Sau đó sử dụng các hàm H = f(D) để ước lượng H đối với từng cấp A.

Phương pháp 2: Xây dựng hàm H = f(D) chung cho mỗi loại rừng trồng. Trước hết thống kê H theo các cấp D đối với mỗi loại rừng trồng. Tiếp đến xây dựng hàm H = f(D) theo hàm Korf (Hàm 8), hàm Chapman-Richards (Hàm 9) và hàm Gompertz (Hàm 10); trong đó hàm thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn $SSE_{Min}$. Sau đó sử dụng các hàm H = f(D) để ước lượng H đối với mỗi loại rừng trồng. Ưu điểm: Giảm thiểu số lượng hàm H = f(D) cần được xây dựng. Nhược điểm: Sử dụng hàm H = f(D) để ước lượng H ở các cấp D với sai lệch lớn hơn so với phương pháp 1.

$$H_{Korf} = m\exp(-bD^{-c}) \quad (8)$$

$$H_{Chapman} = m(1 - \exp(-bD))^{c} \quad (9)$$

$$H_{Gompertz} = m\exp(-b\exp(-cD)) \quad (10)$$

**Bước 3.2.** Xác định $Dh_{CV}$ và $Dh_{OV}$ ở các cấp D đối với mỗi loại rừng trồng. Từ các hàm $Dh_{CV}$ và $Dh_{OV}$ thích hợp, ước lượng $D_{CV}$ và $Dh_{OV}$ ở các cấp $D_{Min}$ đến cấp $D_{Max}$; trong đó mỗi cấp D = 2-4cm tùy theo loại rừng, cấp $D_{Min}$ = 6cm, cấp $D_{Max}$ tùy theo chuỗi phân bố N/D của các loại rừng trồng. Chiều cao ở các cấp D được xác định theo hàm H = f(D). Bảng 3 giới thiệu cấu trúc của biểu độ thon thân.

**Bước 3.3**. Xác định đường kính vỏ ($D_{Vo}$, cm). $D_{Vo} = D_{CV} - D_{OV}$.

**Bảng 3**. Biểu độ thon thân cả vỏ ở các cấp D của rừng trồng Keo lai

| D(cm) | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H(m) | **8.1** | **10.5** | **13.0** | **15.5** | **17.8** | **19.9** | **21.8** | **23.4** | **24.9** | **26.1** | **27.1** | **28.0** | **28.7** |
| (h/H) | | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 7,6 | 10,0 | 12,3 | 14,6 | 16,8 | 19,1 | 21,4 | 23,8 | 26,3 | 29,0 | 24,5 | 35,1 | 38,6 |
| 0,1 | 6,2 | 8,1 | 9,9 | 11,8 | 13,5 | 15,3 | 17,0 | 18,8 | 20,6 | 22,5 | 21,9 | 26,6 | 29,0 |
| 0,2 | 5,7 | 7,4 | 9,1 | 10,7 | 12,4 | 13,9 | 15,5 | 17,0 | 18,6 | 20,2 | 20,0 | 23,7 | 25,6 |
| 0,3 | 5,3 | 6,9 | 8,5 | 10,0 | 11,5 | 12,9 | 14,3 | 15,7 | 17,1 | 18,5 | 18,0 | 21,5 | 23,1 |
| 0,4 | 4,9 | 6,3 | 7,8 | 9,2 | 10,5 | 11,8 | 13,1 | 14,3 | 15,5 | 16,7 | 15,8 | 19,3 | 20,7 |
| 0,5 | 4,4 | 5,7 | 6,9 | 8,2 | 9,4 | 10,5 | 11,6 | 12,6 | 13,7 | 14,7 | 13,2 | 16,9 | 18,0 |
| 0,6 | 3,7 | 4,8 | 5,9 | 7,0 | 8,0 | 8,9 | 9,8 | 10,7 | 11,5 | 12,3 | 10,3 | 14,0 | 14,9 |
| 0,7 | 3,0 | 3,9 | 4,8 | 5,6 | 6,4 | 7,1 | 7,8 | 8,5 | 9,1 | 9,7 | 7,5 | 10,9 | 11,6 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,8 | 2,3 | 2,9 | 3,6 | 4,2 | 4,8 | 5,3 | 5,8 | 6,2 | 6,7 | 7,1 | 4,9 | 7,8 | 8,2 |
| 0,9 | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 2,9 | 3,3 | 3,6 | 3,9 | 4,2 | 4,4 | 4,7 | 3,2 | 5,1 | 5,3 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

## Phần III. Xây dựng các hàm thể tích thân cây gỗ

**Bước 1**. Xây dựng các hàm thể tích thân cây. Các bước xử lí số liệu như sau.

**Bước 1.1.** Xác định thể tích thân ở các cấp D. Các loại thể tích thân cần được xác định: (1) Thể tích thân cây đứng cả vỏ ($V_{CV}$); (2) Thể tích thân cây đứng không vỏ ($V_{OV}$); (3) Thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ ($V_{SPCV}$)' (4) Thể tích gỗ sản phẩm không vỏ ($V_{SPOV}$). Bốn đại lượng này được xác định theo công thức 11; trong đó $V_j$ = thể tích cây j, $V_{ij}$ = thể tích phân đoạn i của cây j, $V_{nj}$ = thể tích đoạn ngọn của cây j. Đại lượng $V_{ij}$ được xác định theo công thức hình nón cụt (Công thức 12); trong đó L = chiều dài của mỗi phân đoạn), $D_1$ (cm) = đường kính đầu nhỏ cả vỏ và không vỏ của mỗi phân đoạn, $D_2$ (cm) = đường kính đầu lớn cả vỏ và không vỏ của mỗi phân đoạn. Thể tích đoạn ngọn của từng cấp D ($V_{nj}$) được tính theo công thức hình nón (Công thức 13); trong đó $g_n = 0{,}00007854*D_n^2$ với $D_n$ = đường kính đáy đoạn ngọn cả vỏ và không vỏ, $L_n$ = chiều dài đoạn ngọn.

**Bước 1.2**. Xây dựng các hàm tổng $V_{CV}$, $V_{OV}$, $V_{SPCV}$ và $V_{SPOV}$. Bốn hàm này có thể được xây dựng theo 2 hàm $V_1$ (Hàm 14) và $V_2$ (Hàm 15); trong đó D = đường kính ở vị trí 1,3 m kể từ mặt đất, H = chiều cao toàn thân được ước lượng theo hàm H = f(D), còn a, b, c, i và j là các tham số của các hàm.

**Bước 1.3**. Xây dựng các hàm ước lượng tổng thể tích lũy kế từ gốc đến chiều cao và Dh bất kì. Tổng thể tích từ gốc đến phân đoạn thứ i ở cấp D thứ j (Vij, $m^3$) có thể được xây dựng theo hai dạng hàm.

Dạng hàm 1: Khi biết D (cm), H(m) và (h/H), thì Vij được ước lượng theo Hàm 16. Hàm này được sử dụng để ước lượng Vij từ gốc đến chiều dài bất kì (h, m) trên thân cây.

Dạng hàm 2: Khi biết D, H và hệ số độ thon thân (KD = Dh/D), thì Vij được đề xuất ở dạng Hàm 17. Hàm này được sử dụng để ước lượng Vij từ gốc đến Dh bất kì.

Hai Hàm 16 và 17 cũng được sử dụng để: (1) Ước lượng tổng $V_{CV}$ ($m^3$) và $V_{OV}$ ($m^3$) đối với các cấp D khác nhau. (2) Xác định tổng thể tích gỗ sản phẩm cả vỏ và không vỏ ($V_{SP}$, $m^3$) ở các cấp D khác nhau.

Biến H ở Hàm 14-18 được ước lượng theo Hàm H = f(D).

$$V_J = V_{ij} + V_{nj} \quad (11)$$

$$V_{ij}\ (m^3) = (\pi L/(3*4*10000))(D_1^2 + D_2^2 + (D_1D_2)) \quad (12)$$

$$V_{nj} = (1/3)g_{nj}L_n \quad (13)$$

$$V_1 = aD^bH^c \quad (14)$$

$$V_2 = a + b(D^2H) + c(D^iH^j) \quad (15)$$

$$V_h = Vij = \exp(a1 + a2\times\ln(D\times H) + a3\times(h/H)^{-a4}) \quad (16)$$

$$V_{Dh} = Vij = \exp(c1 + c2\times\ln(D\times H) + c3\times(Dh/D)^{c4}) \quad (17)$$

$$D_{Vo} = a_1(D^3H)^{a2}(a_3 - \sqrt{Y})^J \quad (18)$$

$$J = (a4Y + a5Y^2 + a6/\exp(D/H) + a7(D/H))$$

$$F = m\exp(-bD) + k \quad (19)$$

**Bước 1.4**. Xác định thể tích vỏ ($V_{Vo}$, $m^3$) bằng $V_{CV}$ - $V_{OV}$.

**Bước 1.5**. Xác định hình số thân cây (F). Giá trị F = tỉ lệ ($V_{CV}/V_{Viên\ trụ}$); trong đó đường kính hình viên trụ = D, còn chiều cao = H của cây gỗ. Hình số F được ước lượng theo Hàm 19.

## Phần III. Xây dựng hàm sản lượng gỗ ở mức quần thụ

**Bước 1**. Xây dựng hàm ước lượng phân bố số cây N (cây/ha) theo các cấp D ở mỗi cấp A. Sau đó sử dụng hàm này để ước lượng cố cây (Ni, cây/ha) theo các cấp D khác nhau trong mỗi cấp A. Số liệu này dùng để tính $V_i$ theo từng cấp D. Tổng $V_i$ của các cấp D = Tổng thể tích thân cây.

**Bước 2**. Xây dựng hàm ước lượng phân bố số cây (N, cây/ha) theo các cấp A. Sau đó sử dụng hàm N = f(A) để ước lượng số cây (Ni, cây/ha) theo các

cấp A. Khi biết N (cây/ha) và V bình quân của từng cấp A, xác định được sản lượng rừng ở từng cấp A.

**Bước 3**. Xây dựng hàm ước lượng sản lượng gỗ (M, $m^3$/ha) ở mức quần thụ. Sản lượng gỗ của mỗi loại rừng trồng được phân chia thành sản lượng gỗ cây đứng cả vỏ ($M_{CV}$, $m^3$/ha), sản lượng gỗ cây đứng không vỏ vỏ ($M_{OV}$, $m^3$/ha), sản lượng gỗ sản phẩm cây đứng cả vỏ ($M_{SPCV}$, $m^3$/ha), sản lượng gỗ sản phẩm cây đứng không vỏ ($M_{SPOV}$, $m^3$/ha). Để xây dựng hàm sản lượng gỗ (M, $m^3$/ha) ở mức quần thụ, trước hết tập hợp M theo các cấp A. Tiếp đến xây dựng hàm M = f(A). Hàm này có thể được xây dựng theo hàm Korf, hàm Chapman-Richards và hàm Gompertz. Sau đó sử dụng hàm M = f(A) để ước lượng và dự đoán M cho toàn bộ quần thụ.

**Bước 3.1**. Xác định sản lượng gỗ (M, $m^3$/ha) theo các cấp D. Phương pháp: M = Ni×Vi; trong đó Ni = số cây ở cấp Di, còn Vi = thể tích bình quân ở cấp Di.

**Bước 3.2**. Xác định sản lượng gỗ (M, $m^3$/ha) theo các cấp A. Phương pháp 1: $M_A$ = Tổng sản lượng gỗ của các cấp D ở mỗi cấp A. Phương pháp 2: $M_A = N_A \times V_A$; trong đó $N_A$ = số cây ở mỗi cấp A, còn $V_A$ = thể tích cây bình quân ở mỗi cấp A. Phương pháp 3: Sử dụng hàm M = f(A) để ước lượng M ở các cấp A khác nhau.