

TỔNG HỢP MỘT SỐ HÀM SINH KHỐI

ÁP DỤNG ĐỐI VỚI CÂY CÁ THỂ VÀ QUẦN THỤ

(Xem tài liệu tham khảo: (1) **Sách: Xây dựng hàm sinh khối đối với rừng tự nhiên và rừng trồng;** (2) **Các bài báo**)

Kí hiệu:

- A (năm) = Tuổi cây gỗ và quần thụ (Rừng).
- D (cm) = Đường kính ngang ngực.
- D_h (m) = Đường kính ở vị trí h bất kì hay độ thon thân cây.
- (D_h/D) = Đường kính tương đối.
- H (m) = Chiều cao toàn thân cây.
- h (m) = Chiều cao từ gốc đến vị trí h bất kì.
- (h/H) = Chiều cao tương đối.
- V (m^3) = Thể tích thân cây.
- G (m^2/ha) = Tiết diện ngang của rừng.
- M (m^3/ha) = Sản lượng hay trữ lượng gỗ của rừng.
- $Y = D, H, V, G, M$.
- SI (m) = Chỉ số lập địa rừng.
- B = Sinh khối của cây gỗ.
- B_i = Sinh khối của các thành phần (i = Tổng số (B_{T0}); Thân (B_T); Cành (B_C); Lá + hoa + quả = B_L ; Cành + Lá = B_{CL}).
- $BEFi$ = Hệ số điều chỉnh sinh khối của các thành phần (i = Tổng số, thân, cành, lá + hoa + quả).
- WD (Wood density) hoặc ρ = Tỉ trọng gỗ.

Bảng 1. Một số hàm mô tả quá trình sinh trưởng sinh khối của cây gỗ và rừng trồng thuần loài đồng tuổi

TT	Tên hàm số	Năm	Hình thái của các hàm
1	Gompertz	1825	$Bi = m \times \exp(-b \times \exp(-c \times A))$
2	Logistic	1838	$Bi = \frac{m}{(1 + b \times \exp(-c \times A))}$
3	Monomolecular		$Bi = m \times (1 - b \times \exp(-c \times A))$
4	Schumacher	1939	$Bi = m \times \exp(-b/A^c)$
5	Korf	1929	$Bi = m \times \exp(-b \times A^{-c})$
6	Korf	1939	$Bi = m \times \exp((b/(1-c)) \times A^{1-c})$
7	Weibull		$Y = m \times (1 - \exp(-b \times A^c))$
8	Bertalanffy	1957	$Bi = m \times (1 - \exp(-b \times A)^3)$
9	Chapman – Richards	1959	$Bi = m \times (1 - \exp(-b \times A))^c$
10	Chapman – Richards	1959	$Bi = m \times (1 - B \times \exp(-b \times A))^c$
11	Korsun – Strand	1964	$Bi = \frac{A^2}{b_0 + b_1 \times A + b_2 \times A^2}$
12	Sloboda	1971	$Bi = m \times \exp(-b_1 \times \exp(-b_2 \times A^{b_3}))$
13	Kumaraswamy	1980	$Bi = m \times (1 - (1 - (A/A_{Max})^{b_1})^{b_2})$
14	Lũy thừa		$Bi = m \times A^b$
15	Nguyễn Văn Thêm	2025(d)	$Bi = K \times \exp(b \times (1 - \exp(-c \times A)))$
16	Nguyễn Văn Thêm	2025(e)	$Bi = K \times \exp(b \times (1 - \exp(-c \times A^d)))$

Bảng 2. Một số hàm thực nghiệm thích hợp để mô tả sự biến đổi sinh khối của cây gỗ và rừng trồng thuần loài đồng tuổi

TT	Hình thái của các hàm
I Các hàm ước lượng $B_i = f(D, H)$	
1	$B_i = a \times (D^2 \times H)$
2	$B_i = a \times (D^2 \times H)^b$
3	$B_i = a + b \times (D^2 \times H)$
4	$B_i = a + (D^2 \times H)^c$
5	$B_i = a + (D^b \times H^c)$
6	$B_i = a + b \times (D^2 H) + c \times (D^d \times H^e)$. Nguyễn Văn Thêm
7	$B_i = a \times D^b$
8	$B_i = (a \times \rho) \times D^b$
9	$B_i = a \times (D^2 \times H)^b$
10	$B_i = (a \times \rho) \times (D^2 \times H)^b$
11	$B_i = (a \times \rho) \times (D^2 H)^b$
12	$B_T = (F \times \rho) \times (0,785 \times D^2 \times H)$
13	$\ln(B_T) = a_0 + a_1 \times \ln(D) + a_2 \times \ln(H) + a_3 \times \ln(\rho)$
14	$\ln(B_T) = b_0 + b_1 \times \ln(D^2 \times H \times \rho)$
15	$\ln(B_T) = c_0 + c_1 \times \ln(D) + c_2 \times \ln(D^2) + c_3 \times \ln(D^3) + c_4 \times \ln(\rho)$
II Các hàm $B_i = f(A, D, H, G, M, N$ và SI) ở mức quần thụ	
16	$B_i = b_0 + b_1 \times A + b_2 A^2 + b_3 \times (D^2 H) - b_4 \times (SI/H)$
17	$B_i = b_0 + b_1 \times (D^2 H) - b_2 \times (SI/H)$
18	$B_i = \exp(b_0 + b_1 \times A + b_2/A + b_3 \times \ln(SI) + b_4 \times \ln(N))$
19	$B_i = \exp(b_0 + b_1 \times A + b_2/A^{b_3} + b_4 \times \ln(SI) + b_5 \times \ln(N))$
20	$B_i = \exp(b_0 + b_1 \times \ln(SI) - b_2 \times A^{-b_3})$. Nguyễn Văn Thêm
21	$B_i = b_0 \times \exp(b_1 \times A^{b_2} + b_3/\exp(SI/A))$. Nguyễn Văn Thêm

$$22 \quad B_i = \exp(b_0 + b_1 \times G + b_2 \times \ln(A) + b_3 \times (SI/A))$$

$$23 \quad B_i = \exp(b_0 + b_1 \times SI + b_2 \times \ln(G) + b_3/A)$$

$$24 \quad B_i = \exp(b_0 + b_1 \times SI + b_2 \times \ln(M) + b_3/A)$$

III Các hàm ước lượng tăng trưởng tổng sinh khối

$$25 \quad ZB_i = a_0 + a_1 \times A + a_2 \times A^2 + a_3 \times B + a_4 B^2$$

$$26 \quad \Delta B_i = b_0 + b_1 \times A + b_2 \times A^2 + b_3 \times B + b_4 \times B^2$$

IV Hệ số chuyển đổi sinh khối (BC = Biomass Convert) của thân cây gỗ

$$27 \quad BC_T = B_T \text{ (kg hay tấn/m}^3\text{)} = V_T \times WD \text{ với } WD = \text{Tỉ trọng gỗ}$$

V Hệ số điều chỉnh sinh khối (BEF = Biomass Expansin Factor) của các thành phần ở mức cây cá thể

$$28 \quad BEF_i \text{ (kg hay tấn/m}^3\text{)} = B_i/V_T \text{ với } V_T = \text{Thể tích thân cây}$$

$$29 \quad BEF_i = B_i/B_T \text{ với } B_T = \text{Sinh khối thân cây}$$

$$30 \quad BCEF_i \text{ (kg hay tấn/m}^3\text{)} = BEF_i \times WD$$

VI Hệ số điều chỉnh sinh khối của các thành phần ở mức quần thụ (BEFi)

$$31 \quad BEF_i \text{ (Tấn/m}^3\text{)} = B_i/M \text{ với } M \text{ (m}^3\text{/ha)} = \text{Sản lượng gỗ của quần thụ}$$

$$BEF_i \text{ (Tấn/m}^3\text{)} = B_i/G \text{ với } G \text{ (m}^2\text{/ha)} = \text{Tiết diện ngang thân của quần thụ}$$

$$32 \quad BEF_i \text{ (Tấn/m}^3\text{)} = B_i/B_T \text{ với } B_T \text{ (Tấn/ha)} = \text{Tổng B thân của quần thụ}$$

VII Các hàm sinh khối của các thành phần đối với rừng tự nhiên hỗn loài. Các hàm do Nguyễn Trọng Minh và Nguyễn Văn Thêm đề xuất (2026)

$$33 \quad B_i = a \times (1 - \exp(-b \times D))^c$$

$$34 \quad BEF_i = a \times \exp(-b \times D) + c$$

$$35 \quad BEF_i = a \times \exp(-b \times M) + c$$

- 36 $BEF_{T0} = a \times \exp(-b \times M) + c$
 37 $BEF_T = \sqrt{a + b \times \ln(M)}$
 38 $BEF_C = a \times \exp(-b \times M) + c$
 39 $BEF_L = 1/(a + b \times \sqrt{M})$
 40 $BEF_{CL} = a \times \exp(-b \times M) + c$

VIII Các hàm sinh khối của các thành phần đối với rừng trồng thuần loài đồng tuổi. Các hàm do Nguyễn Văn Quý và Nguyễn Văn Thêm đề xuất (2026)

- 41 $Bi = \exp(b_0 + b_1 \times \ln(SI) - b_2 \times A^{-b_3})$
 42 $BEF_i = b_0 \times \exp(b_1 \times A^{b_2} + b_3 \times \ln(SI/A))$
 43 $BEF_i = \exp(b_0 + b_1 \times \ln(H/D) - b_2 \times \ln(SI))$
 44 $BEF_i = \exp(b_0 - b_1 \times \ln(G)) + b_2 \times \ln(SI/A)$
 45 $BEF_i = \exp(b_0 + b_1 \times \ln(M)) + b_2 \times \ln(SI/A)$
-

Bảng 3. Những thống kê đánh giá sai lệch giữa hàm hồi quy ước lượng sinh khối (Y_i = Tổng số, thân, cành, lá + hoa + quả) và Y_i thực nghiệm

TT	Thống kê	Công thức
1	Hệ số xác định	$R^2 = (1 - \frac{SSE}{SST})100$
2	Tổng sai lệch bình phương	$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_j)^2$
3	Tổng sai lệch bình phương toàn bộ	$SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{Bq})^2$
4	Sai số ước lượng	$RMSE = SEE = \sqrt{SSE/(n - p)}$
5	Bình phương trung bình do hồi quy	$MSR = \frac{SSR}{p}$
6	Bình phương trung bình do sai số	$MSE = \frac{SSE}{n - p}$
7	Kiểm định F của Fisher	$F = \frac{MSR}{MSE}$

8	Sai số tuyệt đối trung bình	$MAE = ((Y_i - Y_j)/n) $
9	Sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm	$MAPE = (MAE/Y_i) \times 100$
10	Sai số trung bình (Bias)	$ME = (Y_i - Y_j)/n$
11	Sai số trung bình theo phần trăm (Bias%)	$MPE = ((Y_i - Y_j)/Y_i) \times 100$
12	Chỉ số phù hợp	$FI = 1 - \frac{(Y_i - Y_j)^2}{(Y_i - Y_{BQ})^2}$
13	Tiêu chuẩn thông tin Akaike	$AIC = n \times \ln(SSE/n) + 2 \times p$
15	Tiêu chuẩn thông tin Bayes	$BIC = n \times \ln(SSE/n) + p \times \ln(n)$
15	Tiêu chuẩn U của Theil	$U = \frac{SEE}{\sqrt{Y_j^2/n} + \sqrt{Y_i^2/n}}$

Ghi chú: n = Dung lượng quan sát; p = số lượng tham số của hàm hồi quy

Quy tắc quyết định

Đối với hàm sinh trường tốt nhất hay hàm sinh trường tối ưu, $R^2 = 1$; $SSE = 0$; $SEE = 0$; $MAE = 0$; $MAPE = 0$; $ME = 0$; $MPE = 0$; $FI = 1$; $AIC = 0$, $BIC = 0$; $U = 0$. Vì thế, khi chọn nhiều hàm dự tuyến, thì hàm phù hợp nhất là hàm có R^2_{Max} , SSE_{Min} ; SEE_{Min} , MAE_{Min} , $MAPE_{Min}$, ME_{Min} ; MPE_{Min} ; AIC_{Min} , BIC_{Min} ; FI_{Min} , U_{Min} .

Theo quan điểm thực hành, mục đích của phân tích hồi quy là xác định hàm hồi quy mô tả quan hệ giữa Y và X với sai lệch nhỏ nhất. Theo mục đích này, **hàm hồi quy thích hợp nhất được chọn theo tiêu chuẩn Min(SSE hoặc SEE)**.

Nguyễn Văn Thêm