

# Mô hình phân bố tần suất đường kính và chiều cao rừng kín thường xanh tại Mường Phăng, Điện Biên

Lê Đức Thắng

Viện Nghiên cứu và Phát triển Vùng, Bộ Khoa học và Công nghệ

## Modeling tree diameter and height frequency distribution of closed evergreen broadleaf forests in Muong Phang, Dien Bien

Le Duc Thang

Institute of Regional Research and Development (IRRD), Ministry of Science and Technology

\*Corresponding author: thangs.accr@gmail.com

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.13.3.2024.055-066>

### TÓM TẮT

Mô hình hóa phân bố tần suất đường kính và chiều cao có vai trò quan trọng trong đánh giá và quản lý rừng hiệu quả. Trong nghiên cứu này, đã thiết lập 9 ô tiêu chuẩn kích thước mỗi ô 1.000 m<sup>2</sup> theo phương pháp chọn mẫu phân tầng ngẫu nhiên để thu thập dữ liệu những loài cây gỗ có đường kính ngang ngực từ 6 cm trở lên tại các trạng thái rừng trung bình, nghèo và nghèo kiệt thuộc kiểu rừng kín cây lá rộng thường xanh ẩm, á nhiệt đới núi thấp tại Ban quản lý rừng Di tích lịch sử và Cảnh quan Môi trường Mường Phăng. Các hàm phân phối xác suất Normal, Lognormal, Gamma, Exponential, Weibull, Sinh-Arcsinh (SHASH), và Johnson's SB (JSB) được sử dụng để ước tính tham số cho từng phân bố đường kính, chiều cao, và được kiểm định bằng tiêu chuẩn Kolmogorov-Smirnov và Anderson-Darling. Sự phân bố đường kính và chiều cao ở cả 3 trạng thái rừng đều thể hiện độ lệch dương có khuynh hướng tăng dần theo thứ tự từ trạng thái rừng nghèo đến rừng trung bình và cuối cùng là rừng nghèo kiệt. Phân phối Weibull và Gamma là phù hợp nhất để mô hình hóa quy luật phân bố đường kính và chiều cao lâm phần cho cả ba trạng thái rừng trung bình, nghèo, và nghèo kiệt. Kết quả là cơ sở để xây dựng kế hoạch và áp dụng hiệu quả các biện pháp lâm sinh nhằm phát huy tối đa khả năng diễn thế tự nhiên.

### ABSTRACT

Modeling tree diameter and height frequency distribution plays an important role in forest resource assessment and management. In this study, 9 temporary plots with the size of 1,000 m<sup>2</sup> each were established by stratified random sampling method for three forest types (medium, poor, and very poor) of the tropical evergreen broadleaf closed forest in Muong Phang Forest Management Unit. The Normal, Lognormal, Gamma, Exponential, Weibull, Sinh-Arcsinh, and Johnson's S<sub>B</sub> probability distribution functions were fitted to each tree diameter and height distribution. The comparison of observed and predicted probabilities was performed using Kolmogorov-Smirnov and Anderson-Darling. The distribution of tree diameter and height in all three forest statuses showed a positively skew that tended to increase in the order of poor forests to medium forests and finally very poor forests. The Weibull and Gamma functions showed the highest goodness of fit for tree diameter and height frequency distribution for all three forest statuses medium, poor, and very poor. The results are the basis for building plans and effectively applying silvicultural measures to maximize the ability of natural succession.

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 01/03/2024

Ngày phản biện: 02/04/2024

Ngày quyết định đăng: 22/04/2024

### Từ khóa:

Cấu trúc rừng, hàm phân phối xác suất, phân bố đường kính và chiều cao, rừng thứ sinh nhân tác, rừng kín thường xanh.

### Keywords:

Evergreen closed forests, forest structure, probability distribution functions, secondary forest, tree diameter and height distribution.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ban quản lý rừng Di tích lịch sử và Cảnh quan Môi trường Mường Phăng (sau đây gọi tắt là BQL rừng Mường Phăng) được giao quản lý

2.316,05 ha, trong đó, rừng tự nhiên là 2.206,7 ha, chiếm 95,4% tổng diện tích và rừng trồng là 105,66 ha (chiếm 4,6%); phân bố trên địa phận 2 xã Mường Phăng và xã Pá Khoang, thuộc

thành phố Điện Biên Phủ, tỉnh Điện Biên. Hiện nay, BQL rừng Mường Phăng đã giao khoán bảo vệ rừng cho 29 cộng đồng thôn/bản với diện tích 2.274,31 ha và 01 tổ chức với 41,74 ha. Kiểu rừng thuộc BQL rừng Mường Phăng là rừng kín thường xanh mưa ẩm, cây lá rộng á nhiệt đới núi thấp [1, 2], không còn rừng nguyên sinh, chỉ có rừng thứ sinh nhân tác, gồm các kiểu phụ: rừng thứ sinh nghèo sau khai thác kiệt (IIIa1), rừng trung bình bị khai thác kiệt nhưng đã có thời gian phục hồi và ít bị tác động của con người (IIIa2), rừng giàu (IIIa3), rừng thứ sinh nghèo phục hồi sau nương rẫy, lửa rừng, và khai thác (IIa, IIb) [3].

Nhận thức về sự phân bố đường kính và chiều cao của lâm phần nói chung là cần thiết để lập kế hoạch quản lý rừng hiệu quả và đặc biệt có giá trị trong việc đo đạc và kiểm kê rừng [4]. Các giai đoạn phát triển của lâm phần thường đặc trưng bởi một số chỉ tiêu cấu trúc như thành phần và phân bố loài; cấu trúc ngang, dọc; sức khỏe rừng;... [5]. Sự phân bố đường kính và chiều cao nhằm cung cấp các thông tin về cấu trúc lâm phần thay đổi qua các giai đoạn phát triển dưới tác động của các yếu tố như mật độ, khoảng cách tán,... [6]. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để mô phỏng quy luật phân bố đường kính, chiều cao lâm phần rừng tự nhiên bằng các mô hình toán học ở các khu rừng nhiệt đới ở Brazil [7], rừng sồi hỗn giao ở Iran [8]; rừng khộp ở Tây Nguyên [9]; rừng tự nhiên ở Kon Hà Nừng – Tây Nguyên [10]; rừng tự nhiên ở Hương Sơn – Hà Tĩnh [11];... Các mô hình phù hợp được sử dụng để mô tả đặc điểm cấu trúc lâm phần, làm cơ sở đánh giá, xây dựng kế hoạch, và quản lý rừng hiệu quả, bền vững. Tuy nhiên, hiện chưa có nghiên cứu nào mô hình hóa quy luật phân bố đường kính và chiều cao lâm phần tại khu vực nghiên cứu. Bên cạnh đó, chưa có nghiên cứu ở trong nước thử nghiệm các hàm phân phối xác suất Johnson's  $S_B$  (JSB) và Sinh-Arcsinh (SHASH) để mô phỏng quy luật phân bố đường kính và chiều cao cho rừng tự nhiên. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm: (i) phân tích một số đặc điểm của các đại lượng đường kính, chiều cao lâm phần, và (ii) sử dụng

phương pháp ước lượng hợp lý tối đa (MLE) để ước tính các tham số và được kiểm định thống kê bằng hai tiêu chuẩn Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling cho mỗi phân phối xác suất Normal, Lognormal, Gamma, Exponential, Weibull, Sinh-Arcsinh (SHASH), và Johnson's  $S_B$  (JSB) cho phân bố đường kính, chiều cao cho 3 trạng thái rừng trung bình, nghèo và nghèo kiệt tại BQL rừng Mường Phăng, tỉnh Điện Biên.

## **2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Đặc điểm đối tượng nghiên cứu**

Ban quản lý rừng Di tích lịch sử và Cảnh quan Môi trường Mường Phăng nằm ở phía Đông Bắc huyện Điện Biên, có tọa độ địa lý từ  $21^{\circ}37'97''$  đến  $21^{\circ}49'43''$  vĩ độ Bắc và  $103^{\circ}5'47''$  đến  $103^{\circ}18'58''$  kinh độ Đông. Tổng diện tích là 2.316 ha, trong đó rừng tự nhiên là 2.207 ha. Kiểu rừng khu vực nghiên cứu là rừng kín thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới núi thấp [2], gồm các kiểu phụ rừng thứ sinh nhân tác: rừng thứ sinh nghèo sau khai thác kiệt, rừng trung bình bị khai thác kiệt đã có thời gian phục hồi, rừng giàu, rừng thứ sinh nghèo phục hồi sau nương rẫy, lửa rừng và khai thác [3]. Khu vực chịu ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới gió mùa, với 2 mùa rõ rệt, mùa mưa từ tháng 4 – 10, mùa khô từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau. Nhiệt độ bình quân năm  $22,3^{\circ}\text{C}$ . Lượng mưa trung bình năm từ 1.600 – 2.000 mm. Đối tượng nghiên cứu thuộc 3 loại rừng phân theo trữ lượng: trung bình, nghèo, và nghèo kiệt [12].

### **2.2. Phương pháp nghiên cứu**

#### *\*Lập ô tiêu chuẩn và thu thập số liệu*

Tại khu vực nghiên cứu, dựa trên bản đồ hiện trạng rừng (tỷ lệ 1/10.000) bố trí các ô tiêu chuẩn (OTC) theo phương pháp chọn mẫu phân tầng ngẫu nhiên không theo tỉ lệ cho 3 trạng thái rừng (trung bình [TB1, TB2, TB3], nghèo [N1, N2, N3], và nghèo kiệt [NK1, NK2, NK3]); khoảng cách tối thiểu giữa mỗi 2 OTC là 1.000 m. Lập ô tiêu chuẩn (3 OTC/trạng thái rừng) kích thước mỗi ô là  $1.000\text{ m}^2$ . Trong mỗi OTC, thống kê những cây gỗ có đường kính ngang ngực từ 6 cm trở lên và xác định đường kính ( $D_{1.3}$ ) bằng thước dây đo chu vi với độ chính xác 0,1 cm; chiều cao cây ( $H_{VN}$ ) được đo bằng thước

đo cao Blume-Leise với độ chính xác 0,1 m.

*\*Xử lý số liệu*

Nghiên cứu này sử dụng 7 hàm phân phối xác suất [Normal, Lognormal, Gamma,

Exponential, Weibull, Johnson's  $S_B$  (JSB), và Sinh-Arcsinh (SHASH)] để mô hình hóa quy luật phân bố  $N/D_{1,3}$  và  $N/H_{VN}$  cho các trạng thái rừng tự nhiên nghiên cứu.

**Bảng 1. Hàm phân phối xác suất được áp dụng cho các trạng thái rừng tự nhiên**

Hàm phân phối xác suất	Công thức
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$ [13] (1)
Lognormal	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(\ln x - \mu)^2/2\sigma^2}$ [14] (2)
Gamma	$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \cdot e^{(-x/\beta)}$ [15] (3)
Exponential	$f(x) = \lambda e^{(-\lambda x)}$ [16] (4)
Weibull	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{(-x/\beta)^\alpha}$ [17] (5)
Johnson's $S_B$ (JSB)	$f(x) = \frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi}z(1-z)} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right)$ [18] (6)
Sinh-Arcsinh (SHASH)	$f(x) = \frac{\delta}{\eta\sqrt{1+S^2}} \exp\left(-\frac{1}{2}S^2\right)$ [19] (7)

Phương pháp ước lượng hợp lý tối đa (MLE) đã được sử dụng trong nghiên cứu để ước tính các tham số của mỗi hàm phân phối và được kiểm định thống kê bằng hai tiêu chuẩn Kolmogorov-Smirnov (K-S) và Anderson-Darling (A-D). Hàm phân phối phù hợp nhất được lựa chọn dựa trên tiêu chuẩn AIC (Akaike Information Criterion) thấp nhất [20] và kết quả kiểm định giả thuyết có ý nghĩa thống kê (công thức 12).

$$AIC = \text{Residual Deviance} + 2x$$

(số tham số của mô hình) (8)

Sự khác biệt giữa mỗi phân phối được đánh giá qua giá trị D của tiêu chuẩn K-S (công thức

$$AD = -n - S$$

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(2i-1)}{n} [\ln F(x_i) + \ln(1 - F(x_{n+i+1}))]$$
 (11)

*Trong đó:*

Supx = giá trị cận trên đúng của biến x ( $D_{1,3}$ ,  $H_{VN}$ );

n là cỡ mẫu;

$F(x_i)$  là hàm phân phối tần suất tích lũy được quan sát cho các đối tượng  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3... n$ );

$F_0(x_i)$  là xác suất của tần suất tích lũy lý thuyết ước tính.

9 và 10) và giá trị A của tiêu chuẩn A-D (công thức 11). Giả thuyết ( $H_0^+$ ) là các phân phối của biến ( $D_{1,3}$ ,  $H_{VN}$ ) quan sát phù hợp (nhất quán) với ước tính, nghĩa là phân bố lý thuyết mô phỏng tốt cho phân bố thực nghiệm. Ngược lại, mỗi phân phối của biến ( $D_{1,3}$ ,  $H_{VN}$ ) quan sát chưa phù hợp với ước tính ( $H_0^-$ ).

- Kiểm định Kolmogorov-Smirnov (K-S):

$$D_n = \text{Supx} |F(x_i) - F_0(x_i)|$$
 (9)

$$D\alpha = \sqrt{\frac{-\ln\left(\frac{1}{2}\alpha\right)}{2n}}$$
 (10)

- Kiểm định Anderson-Darling (A-D):

Để đánh giá sự phù hợp của phân bố lý thuyết với phân bố thực nghiệm, nghiên cứu sử dụng tiêu chuẩn Khi bình phương (Chi-squared test:  $\chi^2$ ):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k (O_i - E_i)^2 / E_i$$
 [21] (12)

*Trong đó:*

$O_i$  là tần suất quan sát thực nghiệm của phân phối  $i$ ;

$E_i$  là tần suất lý thuyết ước tính của phân phối  $i$ .

Kiểm tra giả thuyết của mỗi hàm phân phối xác suất được xác định thông qua trị số  $P$ . Nếu trị số  $P$  thấp hơn 0,05 thì giả thuyết vô hiệu không phù hợp với quan sát (bác bỏ giả thuyết –  $H_0$ ). Ngược lại trị số  $P$  lớn hơn 0,05 thì giả thuyết phù hợp với quan sát và các hàm phân phối xác suất được chấp nhận ( $H^+_0$ ) và được xếp hạng theo giá trị tính (giá trị  $D$  và  $A$ ).

Dữ liệu điều tra được tổng hợp, phân tích theo các mục đích nghiên cứu trên cơ sở các thuật toán của phần mềm R [20, 22]. Các gói sử dụng để xử lý số liệu và vẽ biểu đồ trong nghiên cứu gồm: gplot2, gridExtra, nortest, và gamlss.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Đặc điểm đặc trưng mẫu về đường kính và chiều cao các trạng thái rừng tự nhiên

Tính chung, mật độ bình quân lâm phần có khuynh hướng tăng theo các trạng thái rừng từ trung bình đến nghèo và cuối cùng là nghèo kiệt. Mật độ bình quân 300 cây/ha, khoảng tin cậy (KTC) 95%: 99 – 501 cây/ha, hệ số biến thiên (CV%) là 12,0% ở rừng trung bình; tăng lên 350 cây/ha, KTC 95%: 149 – 551 cây/ha, CV%: 11,4% ở rừng nghèo; và tăng lên 543 cây/ha, KTC 95%: 342 – 745 cây/ha, CV%: 44,3 % ở rừng nghèo kiệt.

**Bảng 1. Đặc trưng mẫu về đường kính và chiều cao các trạng thái rừng tự nhiên**

Trạng thái	N (cây/ha)	Trung bình	CV (%)	Trung vị	mad	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Độ lệch	Độ nhọn	Sai số chuẩn
<b><math>D_{1.3}</math></b>										
TB1	340	26,68	32,8	27,06	11,21	10,50	41,70	0,06	-1,18	1,50
TB2	290	26,72	58,1	23,87	11,80	10,19	74,80	1,39	1,68	2,88
TB3	270	24,47	57,9	20,37	7,08	9,23	71,30	1,66	2,44	2,73
N1	310	19,03	41,0	17,51	7,55	9,55	40,74	0,89	0,39	1,40
N2	390	17,44	27,2	16,23	3,78	10,19	30,56	0,91	0,41	0,76
N3	350	18,12	33,8	17,51	6,61	8,91	35,97	0,80	0,57	1,04
NK1	380	14,62	36,0	13,85	4,25	8,59	32,47	1,45	1,99	0,85
NK2	820	11,11	27,0	10,19	1,89	7,32	27,37	2,48	9,71	0,33
NK3	430	13,84	37,6	11,78	3,30	7,96	28,97	1,43	1,33	0,79
<b><math>H_{VN}</math></b>										
TB1	340	16,15	23,9	15,75	4,08	9,00	24,00	0,09	-0,87	0,66
TB2	290	16,43	21,5	15,50	3,71	11,00	23,50	0,36	-1,08	0,66
TB3	270	14,41	23,7	13,50	2,22	10,00	21,50	0,67	-0,74	0,66
N1	310	14,05	24,0	14,00	4,45	8,00	22,00	0,08	-0,67	0,61
N2	390	12,82	25,4	12,50	3,71	7,00	19,00	0,39	-0,59	0,52
N3	350	14,17	20,0	14,50	2,97	6,00	19,50	-0,56	0,25	0,48
NK1	380	11,85	18,1	12,25	1,85	7,50	17,50	0,31	-0,06	0,35
NK2	820	9,45	17,2	9,50	1,33	6,50	15,00	0,76	0,97	0,18
NK3	430	11,56	25,9	11,00	2,22	5,50	19,00	0,69	0,37	0,46

Ghi chú: CV(%) - hệ số biến thiên; mad - độ lệch tuyệt đối trung bình.

Trong khi đó, đường kính và chiều cao bình quân lâm phần có sự sai khác rõ và có khuynh hướng giảm theo các trạng thái rừng trung bình đến nghèo và cuối cùng là nghèo kiệt. Đường kính bình quân đạt 26,0 cm, KTC 95%: 24,4 – 27,7 cm ở rừng trung bình; giảm xuống 18,1 cm, KTC 95%: 16,6 – 19,6 cm ở rừng nghèo; và

giảm xuống 12,6 cm, KTC 95%: 11,4 – 13,9 cm ở rừng nghèo kiệt. Tương tự, chiều cao bình quân đạt 15,7 m, KTC 95%: 15,1 – 16,3 m ở rừng trung bình; giảm xuống 13,6 m, KTC 95%: 13,1 – 14,2 m ở rừng nghèo; và giảm xuống 10,6 m, KTC 95%: 10,0 – 11,0 m ở rừng nghèo kiệt.

Đường cong của biến đường kính và chiều cao các trạng thái rừng đều có giá trị dương, liên tục, dạng một đỉnh, và phân bố bất đối xứng (lệch trái); độ lệch của đường cong có xu hướng tăng theo thứ tự từ rừng nghèo đến rừng trung bình và cuối cùng là rừng nghèo kiệt (Bảng 1). Độ lệch của biến đường kính dao động từ 0,80 – 0,91 (rừng nghèo), 0,06 – 1,66 (rừng trung bình), đến 1,43 – 2,48 (rừng nghèo kiệt) và độ lệch của biến chiều cao từ - 0,56 – 0,39 (rừng nghèo), 0,09 – 0,67 (rừng trung bình), đến 0,31 – 0,76 (rừng nghèo kiệt).

**3.2. Mô hình phân bố N/D<sub>1.3</sub> và N/H<sub>VN</sub> các trạng thái rừng tự nhiên**

**3.2.1. Mô hình hóa phân bố N/D<sub>1.3</sub>**

Kiểm tra mức độ phù hợp cho từng hàm phân phối xác suất của biến đường kính bằng tiêu chuẩn K-S cho thấy, số giả thuyết được chấp nhận cao nhất ở trạng thái rừng trung bình (chiếm 52,4 % tổng số giả thuyết kiểm tra), rừng nghèo và nghèo kiệt đều có 38,1 % số giả

thuyết được chấp nhận, trong đó, phân phối Normal và Weibull đều có số giả thuyết được chấp nhận cao nhất (9 giả thuyết), cao hơn có ý nghĩa so với các phân phối còn lại; tiếp đến phân phối Gamma có 5 giả thuyết được chấp nhận; phân phối Exponential (có 3 giả thuyết), và phân phối SHASH (1 giả thuyết). Trong khi đó, kiểm tra bằng tiêu chuẩn A-D có 38,1 % số giả thuyết được chấp nhận cho cả trạng thái rừng trung bình và rừng nghèo, chỉ có 33,3 % giả thuyết được chấp nhận cho trạng thái rừng nghèo kiệt, trong đó, phân phối Normal và Weibull đều có số giả thuyết được chấp nhận cao nhất (9 giả thuyết), cao hơn có ý nghĩa so với các phân phối còn lại; tiếp đến phân phối Gamma có 5 giả thuyết được chấp nhận; phân phối SHASH và Johnson’s S<sub>B</sub> đều có 1 giả thuyết được chấp nhận. Tuy nhiên, chưa có sự khác nhau rõ về số giả thuyết được chấp nhận ở mỗi trạng thái rừng giữa kiểm định K-S và A-D.

**Bảng 2. Kiểm tra mức độ phù hợp các phân phối xác suất của biến đường kính**

Trạng thái	Hàm phân phối	Kolmogorow Smirnov			Anderson Darling		
		D	P-value	Xếp hạng	A	P-value	Xếp hạng
TB1	Normal	0,14287	0,0762 <sup>ns</sup>	2	0,51545	0,1781 <sup>ns</sup>	3
	Lognormal	0,18845	0,0035*	-	1,97740	< 0,001*	-
	Gamma	0,12917	0,1599 <sup>ns</sup>	1	2,51380	< 0,001*	-
	Exponential	0,20597	< 0,001*	-	2,90940	< 0,001*	-
	Weibull	0,14703	0,0602 <sup>ns</sup>	3	0,38569	0,3725 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,30101	< 0,001*	-	6,87520	< 0,001*	-
	Johnson’s S <sub>B</sub>	0,15202	0,0449*	-	0,29654	0,5724 <sup>ns</sup>	1
TB2	Normal	0,08018	0,9045 <sup>ns</sup>	1	0,32305	0,5111 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,22918	< 0,001*	-	1,40590	< 0,001*	-
	Gamma	0,15689	0,0659 <sup>ns</sup>	4	1,05460	0,0076*	-
	Exponential	0,15714	0,0651 <sup>ns</sup>	5	1,63570	< 0,001*	-
	Weibull	0,09617	0,7052 <sup>ns</sup>	2	0,43767	0,2758 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,13183	0,2218 <sup>ns</sup>	3	0,79206	0,0353*	-
	Johnson’s S <sub>B</sub>	0,50000	< 0,001*	-	10,38900	< 0,001*	-
TB3	Normal	0,13921	0,1969 <sup>ns</sup>	3	0,60100	0,1069 <sup>ns</sup>	3
	Lognormal	0,20509	0,0050*	-	1,53230	< 0,001*	-
	Gamma	0,13179	0,2662 <sup>ns</sup>	1	0,34476	0,4596 <sup>ns</sup>	1
	Exponential	0,20008	0,0070*	-	1,30390	0,0018*	-
	Weibull	0,13843	0,2035 <sup>ns</sup>	2	0,35555	0,4334 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,46610	< 0,001*	-	8,35710	< 0,001*	-
	Johnson’s S <sub>B</sub>	0,39836	< 0,001*	-	8,76720	< 0,001*	-

Trạng thái	Hàm phân phối	Kolmogorow Smirnov			Anderson Darling		
		D	P-value	Xếp hạng	A	P-value	Xếp hạng
N1	Normal	0,13562	0,1551 <sup>ns</sup>	2	0,27412	0,6400 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,27200	< 0,001*	-	1,11040	0,0056*	-
	Gamma	0,19414	0,0043*	-	0,70957	0,0576 <sup>ns</sup>	3
	Exponential	0,22371	< 0,001*	-	3,13440	< 0,001*	-
	Weibull	0,06552	0,9821 <sup>ns</sup>	1	0,33876	0,4784 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,48607	< 0,001*	-	8,28080	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,48948	< 0,001*	-	11,24100	< 0,001*	-
N2	Normal	0,09019	0,5872 <sup>ns</sup>	2	0,20632	0,8596 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,24511	< 0,001*	-	2,81130	< 0,001*	-
	Gamma	0,12226	0,1495 <sup>ns</sup>	3	1,30070	0,0019*	-
	Exponential	0,16920	0,0065*	-	2,81310	< 0,001*	-
	Weibull	0,08270	0,7193 <sup>ns</sup>	1	0,21471	0,8376 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,23151	< 0,001*	-	2,55560	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,15082	0,0256*	-	2,53460	< 0,001*	-
N3	Normal	0,07780	0,8541 <sup>ns</sup>	2	0,35007	0,4529 <sup>ns</sup>	2
	Lognormal	0,22727	< 0,001*	-	4,19860	< 0,001*	-
	Gamma	0,18798	0,0030*	-	0,43664	0,2809 <sup>ns</sup>	3
	Exponential	0,07309	0,9069 <sup>ns</sup>	1	2,65300	< 0,001*	-
	Weibull	0,11209	0,3220 <sup>ns</sup>	3	0,17949	0,9099 <sup>ns</sup>	1
	SHASH	0,50620	< 0,001*	-	11,53100	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,22311	< 0,001*	-	2,94990	< 0,001*	-
NK1	Normal	0,06841	0,9249 <sup>ns</sup>	1	0,48810	0,2105 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,20702	< 0,001*	-	4,96790	< 0,001*	-
	Gamma	0,13957	0,0596 <sup>ns</sup>	4	1,49090	< 0,001*	-
	Exponential	0,11849	0,1956 <sup>ns</sup>	3	3,72020	< 0,001*	-
	Weibull	0,11350	0,2489 <sup>ns</sup>	2	0,49812	0,1986 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,35034	< 0,001*	-	1,59850	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,41628	< 0,001*	-	10,73800	< 0,001*	-
NK2	Normal	0,09192	0,0836 <sup>ns</sup>	2	0,21219	0,8506 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,29295	< 0,001*	-	12,50300	< 0,001*	-
	Gamma	0,15927	< 0,001*	-	3,44960	< 0,001*	-
	Exponential	0,17710	< 0,001*	-	2,96900	< 0,001*	-
	Weibull	0,05455	0,7916 <sup>ns</sup>	1	0,45665	0,2597 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,43894	< 0,001*	-	29,25900	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,32811	< 0,001*	-	17,35900	< 0,001*	-
NK3	Normal	0,08355	0,6340 <sup>ns</sup>	2	0,23369	0,7828 <sup>ns</sup>	2
	Lognormal	0,16415	0,0052*	-	6,36350	< 0,001*	-
	Gamma	0,24730	< 0,001*	-	1,94040	< 0,001*	-
	Exponential	0,17041	0,0030*	-	3,14140	< 0,001*	-
	Weibull	0,06532	0,9165 <sup>ns</sup>	1	0,22063	0,8222 <sup>ns</sup>	1
	SHASH	0,19630	< 0,001*	-	0,58677	0,1185 <sup>ns</sup>	3
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,48356	< 0,001*	-	13,89400	< 0,001*	-

Ghi chú: \* - giả thuyết bị bác bỏ ở mức  $\alpha = 0,05$  ( $H_0$ ) và <sup>ns</sup> - không có ý nghĩa thống kê ( $H_0^+$ ).

Trên cơ sở các giả thuyết được chấp nhận khi kiểm định giả hai tiêu chuẩn K-S, A-D, kết quả xếp hạng (Bảng 2) và tiêu chuẩn AIC thấp

nhất (Bảng 3), nghiên cứu xác định phân phối Weibull phù hợp nhất để mô phỏng quy luật phân bố đường kính cho lâm phần TB1 và TB3

(kiểm định bằng K-S và A-D đều chấp nhận giả thuyết, giá trị AIC thấp nhất, và đều được xếp hạng 2) và phân phối Gamma phù hợp nhất cho lâm phần TB2. Tương tự, phân phối Weibull phù hợp nhất cho cả 3 lâm phần (N1, N2, và N3)

của trạng thái rừng nghèo. Phân phối Gamma phù hợp nhất cho lâm phần NK1, phân phối Normal (NK2), và phân phối SHASH (NK3) ở trạng thái rừng nghèo kiệt.

**Bảng 3. Ước tính tham số các phân phối xác suất của biến đường kính các trạng thái rừng**

Trạng thái	Các hàm phân phối						
	Normal	Lognormal	Gamma	Exponential	Weibull	SHASH	Johnson's S <sub>B</sub>
TB1	mu=26,68 sigma=2,155	mu=3,226 sigma=-1,045	mu=3,284 sigma=-1,087	mu=3,284	mu=3,393 sigma=1,245	mu=26,38 sigma=2,468 nu=0,308 tau=0,232	mu=26,68 sigma=2,156 nu=18,43 tau=2,767
	AIC= 247,04	AIC= 248,77	AIC= 247,23	AIC= 293,30	<b>AIC= 246,08</b>	AIC= 249,08	AIC= 250,99
TB2	mu=26,72 sigma=2,725	mu=3,145 sigma=-0,652	mu=3,285 sigma=-0,657	mu=3,285	mu=3,412 sigma=0,638	mu=21,51 sigma=2,433 nu=0,445 tau=-0,4126	mu=27,32 sigma=3,032 nu=7,924 tau=0,146
	AIC= 244,34	<b>AIC= 230,89</b>	AIC= 233,19	AIC= 250,54	AIC= 236,68	AIC= 235,33	AIC= 233,35
TB3	mu=24,47 sigma=2,632	mu=3,072 sigma=-0,737	mu=3,198 sigma=-0,712	mu=3,198	mu=3,325 sigma=0,648	mu=20,03 sigma=1,331 nu=-0,184 tau=-0,852	mu=24,57 sigma=2,749 nu=1,543 tau=0,136
	AIC= 222,73	<b>AIC= 206,74</b>	AIC= 210,24	AIC= 228,67	AIC= 214,97	AIC= 207,38	AIC= 209,16
N1	mu=19,03 sigma=2,037	mu=2,869 sigma=-0,938	mu=2,946 sigma=-0,947	mu=2,946	mu=3,066 sigma=0,966	mu=16,79 sigma=2,099 nu=0,492 tau=-0,169	mu=19,99 sigma=2,506 nu=7,81 tau=0,185
	AIC= 218,28	<b>AIC= 211,66</b>	AIC= 212,64	AIC= 246,64	AIC= 216,10	AIC= 216,07	AIC= 215,39
N2	mu=17,44 sigma=1,543	mu=2,825 sigma=-1,364	mu=2,859 sigma=-1,358	mu=2,859	mu=2,957 sigma=1,333	mu=16,47 sigma=1,115 nu=0,028 tau=-0,418	mu=17,47 sigma=1,566 nu=8,988 tau=0,966
	AIC= 234,99	<b>AIC= 228,66</b>	AIC= 230,01	AIC= 302,99	AIC= 237,26	AIC= 232,14	AIC= 321,89
N3	mu=18,12 sigma=1,798	mu=2,843 sigma=-1,112	mu=2,897 sigma=-1,124	mu=2,897	mu=3,007 sigma=1,143	mu=17,11 sigma=1,602 nu=0,118 tau=-0,269	mu=18,15 sigma=1,825 nu=10,20 tau=1,062
	AIC= 229,17	<b>AIC= 224,47</b>	<b>AIC= 224,91</b>	AIC= 274,78	AIC= 229,01	AIC= 229,42	AIC= 228,46
NK1	mu=14,62 sigma=1,646	mu=2,629 sigma=-1,159	mu=2,682 sigma=-1,132	mu=2,682	mu=2,796 sigma=1,05	mu=13,01 sigma=1,314 nu=0,365 tau=-0,4315	mu=14,99 sigma=1,864 nu=8,059 tau=0,293
	AIC= 236,96	AIC= 223,60	AIC= 226,93	AIC= 281,85	AIC= 236,18	AIC= 224,36	<b>AIC= 221,95</b>
NK2	mu=11,11 sigma=1,093	mu=2,380 sigma=-1,484	mu=2,408 sigma=-1,441	mu=2,408	mu=2,504 sigma=1,209	mu=10,29 sigma=0,513 nu=0,182 tau=-0,526	mu=11,17 sigma=1,106 nu=2,595 tau=0,437
	AIC= 415,92	AIC= 383,64	AIC= 392,17	AIC= 560,88	AIC= 428,25	<b>AIC= 375,50</b>	<b>AIC= 373,57</b>
NK3	mu=13,84 sigma=1,638	mu=2,57 sigma=-1,13	mu=2,627 sigma=-1,096	mu=2,627	mu=2,744 sigma=1,014	mu=11,86 sigma=1,181 nu=-0,446 tau=-0,514	mu=14,36 sigma=1,977 nu=2,354 tau=0,113
	AIC= 266,90	AIC= 249,91	AIC= 254,39	AIC= 313,94	AIC= 264,94	<b>AIC= 245,44</b>	AIC= 245,60

3.2.2. Mô hình hóa phân bố N/H<sub>VN</sub>

Kiểm tra bằng tiêu chuẩn K-S cho biến chiều cao cho thấy, ở trạng thái rừng trung bình và rừng nghèo đều có số giả thuyết được chấp nhận cao nhất (có 47,6 % giả thuyết được chấp nhận) và rừng nghèo kiệt có 38,1 % số giả thuyết được chấp nhận. Phân phối Normal và Weibull đều có số giả thuyết được chấp nhận cao nhất (9 giả thuyết), cao hơn có ý nghĩa so với các phân phối còn lại; tiếp đến phân phối Gamma (6 giả thuyết); Johnson's S<sub>B</sub> (3 giả thuyết), và Exponential (1 giả thuyết). Kiểm tra

bằng tiêu chuẩn A-D có 38,1 % số lượng giả thuyết được chấp nhận cho trạng thái rừng nghèo, tiếp đến rừng trung bình (33,3 % giả thuyết được chấp nhận), và rừng nghèo kiệt (19,0 %). Phân phối Normal có số giả thuyết được chấp nhận cao nhất (8 giả thuyết), tiếp đến phân phối Weibull (6 giả thuyết), Gamma (4 giả thuyết), và Johnson's S<sub>B</sub> (1 giả thuyết). Tuy nhiên, chưa có sự khác nhau rõ về số giả thuyết được chấp nhận ở mỗi trạng thái rừng giữa kiểm định K-S và A-D.

Bảng 4. Kiểm tra mức độ phù hợp các phân phối xác suất của biến chiều cao

Trạng thái	Hàm phân phối	Kolmogorow Smirnov			Anderson Darling		
		D	P-value	Xếp hạng	A	P-value	Xếp hạng
TB1	Normal	0,08707	0,7390 <sup>ns</sup>	2	0,31743	0,5229 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,25394	< 0,001*	-	3,65220	< 0,001*	-
	Gamma	0,10612	0,4292 <sup>ns</sup>	3	1,04310	0,0084*	-
	Exponential	0,19242	0,0026*	-	2,96670	< 0,001*	-
	Weibull	0,08156	0,8195 <sup>ns</sup>	1	0,41856	0,3104 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,49964	< 0,001*	-	12,35400	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,11185	0,3461 <sup>ns</sup>	4	0,56222	0,1349 <sup>ns</sup>	3
TB2	Normal	0,14081	0,1494 <sup>ns</sup>	3	0,60364	0,1061 <sup>ns</sup>	2
	Lognormal	0,23646	< 0,001*	-	0,93752	0,0151*	-
	Gamma	0,12566	0,2857 <sup>ns</sup>	2	0,94027	0,0149*	-
	Exponential	0,29825	< 0,001*	-	0,86084	0,0236*	-
	Weibull	0,11083	0,4814 <sup>ns</sup>	1	0,27057	0,6501 <sup>ns</sup>	1
	SHASH	0,50284	< 0,001*	-	10,49000	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,22059	< 0,001*	-	1,93140	< 0,001*	-
TB3	Normal	0,12853	0,3016 <sup>ns</sup>	2	0,57679	0,1207 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,28088	< 0,001*	-	4,79160	< 0,001*	-
	Gamma	0,15649	0,0882 <sup>ns</sup>	3	0,66792	0,0722 <sup>ns</sup>	2
	Exponential	0,17643	0,0305*	-	0,92621	0,0159*	-
	Weibull	0,11417	0,4880 <sup>ns</sup>	1	1,07740	0,0066*	-
	SHASH	0,49861	< 0,001*	-	5,47170	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,37056	< 0,001*	-	5,60120	< 0,001*	-
N1	Normal	0,11740	0,3392 <sup>ns</sup>	3	0,19142	0,8893 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,31641	< 0,001*	-	4,60020	< 0,001*	-
	Gamma	0,21807	< 0,001*	-	1,28330	0,0020*	-
	Exponential	0,12530	0,2464 <sup>ns</sup>	4	2,24690	< 0,001*	-
	Weibull	0,09845	0,6220 <sup>ns</sup>	1	0,30096	0,5584 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,40612	< 0,001*	-	0,51063	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,10301	0,5495 <sup>ns</sup>	2	0,80936	0,0322*	-



Trạng thái	Hàm phân phối	Kolmogorow Smirnov			Anderson Darling		
		D	P-value	Xếp hạng	A	P-value	Xếp hạng
N2	Normal	0,10335	0,3670 <sup>ns</sup>	2	0,65825	0,0794 <sup>ns</sup>	3
	Lognormal	0,28799	< 0,001*	-	4,32960	< 0,001*	-
	Gamma	0,17599	0,0037*	-	0,28709	0,6031 <sup>ns</sup>	2
	Exponential	0,17516	0,0040*	-	1,24590	0,0026*	-
	Weibull	0,08436	0,6906 <sup>ns</sup>	1	0,20307	0,8677 <sup>ns</sup>	1
	SHASH	0,45575	< 0,001*	-	9,69800	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,24626	< 0,001*	-	1,05730	0,0079*	-
N3	Normal	0,12143	0,2131 <sup>ns</sup>	2	0,15258	0,9549 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,37102	< 0,001*	-	2,97330	< 0,001*	-
	Gamma	0,12808	0,1546 <sup>ns</sup>	4	0,25271	0,7162 <sup>ns</sup>	3
	Exponential	0,17915	0,0060*	-	1,14930	0,0045*	-
	Weibull	0,06491	0,9685 <sup>ns</sup>	1	0,25195	0,7188 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,50109	< 0,001*	-	12,69400	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,12215	0,2060 <sup>ns</sup>	3	0,94168	0,0151*	-
NK1	Normal	0,10797	0,3193 <sup>ns</sup>	2	1,13960	0,0049*	-
	Lognormal	0,34138	< 0,001*	-	7,76350	< 0,001*	-
	Gamma	0,11762	0,2041 <sup>ns</sup>	3	1,19800	0,0035*	-
	Exponential	0,17265	0,0059*	-	1,41060	0,0010*	-
	Weibull	0,07916	0,7927 <sup>ns</sup>	1	0,77546	0,0401*	-
	SHASH	0,33225	< 0,001*	-	8,68090	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,19134	0,0012*	-	2,17130	< 0,001*	-
NK2	Normal	0,07194	0,3692 <sup>ns</sup>	2	0,36940	0,4190 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,32525	< 0,001*	-	16,03700	< 0,001*	-
	Gamma	0,06478	0,5389 <sup>ns</sup>	1	1,35090	0,0016*	-
	Exponential	0,15393	< 0,001*	-	3,13710	< 0,001*	-
	Weibull	0,07838	0,2449 <sup>ns</sup>	3	0,52968	0,1712 <sup>ns</sup>	2
	SHASH	0,43832	< 0,001*	-	25,65900	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,13825	< 0,001*	-	6,29010	< 0,001*	-
NK3	Normal	0,08775	0,5559 <sup>ns</sup>	2	0,18286	0,9055 <sup>ns</sup>	1
	Lognormal	0,26335	< 0,001*	-	4,85960	< 0,001*	-
	Gamma	0,16152	0,0065*	-	0,59727	0,1139 <sup>ns</sup>	2
	Exponential	0,16519	0,0048*	-	1,29390	0,0020*	-
	Weibull	0,08282	0,6476 <sup>ns</sup>	1	0,89648	0,0202*	-
	SHASH	0,42985	< 0,001*	-	12,87500	< 0,001*	-
	Johnson's S <sub>B</sub>	0,34123	< 0,001*	-	8,17190	< 0,001*	-

Ghi chú: \* - giả thuyết bị bác bỏ ở mức  $\alpha = 0,05 (H_0)$  và <sup>ns</sup> - không có ý nghĩa thống kê ( $H_0^+$ ).

Trên cơ sở các giả thuyết được chấp nhận khi kiểm định giả hai tiêu chuẩn K-S, A-D, kết quả xếp hạng (Bảng 4) và tiêu chuẩn AIC thấp nhất (Bảng 5) chỉ ra rằng phân phối Gamma phù hợp nhất để mô phỏng quy luật phân bố chiều cao cho lâm phần TB2 và TB3 và phân phối Weibull phù hợp nhất cho lâm phần TB1 của

trạng thái rừng trung bình. Tương tự, phân phối Gamma phù hợp nhất cho lâm phần N2 và N3; phân phối Weibull phù hợp nhất cho lâm phần N1 của trạng thái rừng nghèo. Phân phối Gamma phù hợp nhất cho cả ba lâm phần NK1, NK2 và NK3 ở trạng thái rừng nghèo kiệt.

**Bảng 5. Ước tính tham số các phân phối xác suất của biến chiều cao các trạng thái rừng**

Trạng thái	Các hàm phân phối						
	Normal	Lognormal	Gamma	Exponential	Weibull	SHASH	Johnson's S <sub>B</sub>
TB1	mu=16,15 sigma=1,335	mu=2,753 sigma=-1,404	mu=2,782 sigma=-1,426	mu=2,782	mu=2,871 sigma=1,554	mu=16,04 sigma=1,475 nu=0,153 tau=0,090	mu=16,15 sigma=1,336 nu=17,06 tau=2,782
	<b>AIC= 191,29</b>	AIC= 192,18	<b>AIC= 191,37</b>	AIC= 259,15	<b>AIC= 191,48</b>	AIC= 194,64	AIC= 195,22
TB2	mu=16,43 sigma=1,247	mu=2,777 sigma=-1,559	mu=2,799 sigma=-1,562	mu=2,799	mu=2,883 sigma=1,628	mu=15,65 sigma=1,435 nu=0,444 tau=-0,013	mu=16,45 sigma=1,308 nu=11,59 tau=1,068
	AIC= 158,59	<b>AIC= 156,92</b>	AIC= 157,20	AIC= 222,35	AIC= 159,87	AIC= 159,39	AIC= 160,60
TB3	mu=14,41 sigma=1,209	mu=2,642 sigma=-1,499	mu=2,668 sigma=-1,491	mu=2,668	mu=2,758 sigma=1,498	mu=13,46 sigma=0,762 nu=0,088 tau=-0,458	mu=14,45 sigma=1,307 nu=9,739 tau=0,695
	AIC= 145,91	<b>AIC= 142,37</b>	AIC= 143,25	AIC= 200,06	AIC= 147,65	AIC= 145,28	AIC= 144,69
N1	mu=14,05 sigma=1,199	mu=2,613 sigma=-1,398	mu=2,643 sigma=-1,420	mu=2,643	mu=2,731 sigma=1,544	mu=14,06 sigma=1,090 nu=-0,053 tau=-0,063	mu=14,05 sigma=1,199 nu=10,53 tau=2,721
	<b>AIC= 166,32</b>	AIC= 167,34	<b>AIC= 166,52</b>	AIC= 227,84	AIC= 166,61	AIC= 170,58	AIC= 170,28
N2	mu=12,82 sigma=1,166	mu=2,52 sigma=-1,375	mu=2,551 sigma=-1,387	mu=2,551	mu=2,644 sigma=1,455	mu=12,49 sigma=0,914 nu=-0,026 tau=-0,251	mu=12,82 sigma=1,178 nu=13,60 tau=1,553
	AIC= 205,586	<b>AIC= 203,97</b>	<b>AIC= 203,84</b>	AIC= 278,98	AIC= 206,77	AIC= 208,56	AIC= 207,91
N3	mu=14,17 sigma=1,029	mu=2,628 sigma=-1,487	mu=2,651 sigma=-1,543	mu=2,651	mu=2,726 sigma=1,80	mu=14,49 sigma=0,769 nu=-0,266 tau=-0,017	mu=14,17 sigma=1,033 nu=-8,294 tau=1,507
	AIC= 175,34	AIC= 183,18	AIC= 179,84	AIC= 257,59	<b>AIC= 173,52</b>	AIC= 177,66	AIC= 177,28
NK1	mu=11,85 sigma=0,751	mu=2,456 sigma=-1,712	mu=2,472 sigma=-1,72	mu=2,472	mu=2,545 sigma=1,764	mu=11,72 sigma=0,642 nu=0,007 tau=-0,131	mu=11,85 sigma=0,752 nu=5,288 tau=1,807
	<b>AIC= 168,89</b>	<b>AIC= 168,41</b>	<b>AIC= 168,18</b>	AIC= 265,90	AIC= 171,98	AIC= 172,40	AIC= 172,21
NK2	mu=9,445 sigma=0,483	mu=2,231 sigma=-1,789	mu=2,245 sigma=-1,785	mu=2,245	mu=2,317 sigma=1,735	mu=9,315 sigma=0,086 nu=-0,111 tau=-0,343	mu=9,445 sigma=0,485 nu=11,51 tau=1,374
	AIC= 316,02	<b>AIC= 309,28</b>	AIC= 310,72	AIC= 534,26	AIC= 328,74	AIC= 314,13	AIC= 312,51
NK3	mu=11,56 sigma=1,081	mu=2,416 sigma=-1,37	mu=2,448 sigma=-1,379	mu=2,448	mu=2,542 sigma=1,392	mu=11,12 sigma=0,514 nu=-0,168 tau=-0,458	mu=11,57 sigma=1,118 nu=0,904 tau=0,522
	AIC= 219,26	<b>AIC= 215,98</b>	AIC= 216,07	AIC= 298,51	AIC= 221,83	AIC= 218,55	AIC= 219,11

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm so sánh hiệu quả của các phân phối xác suất cho phân bố đường kính và chiều cao các trạng thái rừng tự nhiên tại Mường Phăng. Kết quả cho thấy, sự phân bố lý thuyết mô phỏng tốt nhất cho phân bố  $N/D_{1.3}$ ,  $N/H_{VN}$  là khác nhau giữa

các trạng thái rừng. Thật vậy, đường cong phân bố đường kính và chiều cao ở cả 3 trạng thái rừng đều thể hiện độ lệch dương, độ lệch có khuynh hướng tăng dần theo thứ tự từ rừng nghèo đến rừng trung bình và cuối cùng là rừng nghèo kiệt. Hơn nữa, độ nhọn (độ dốc) của

phân bố tương đối bằng phẳng ( $E_x$  đều nhỏ hơn 3) (Bảng 1). Sự khác nhau về cấu trúc rừng giữa các trạng thái có thể giải thích cho kết quả khác nhau này.

Phân phối Weibull và Gamma là phù hợp nhất mô phỏng quy luật phân bố đường kính cả ba trạng thái rừng. Ngoài ra, phân phối Normal và SHASH cũng được ghi nhận phù hợp cho phân bố đường kính ở trạng thái rừng nghèo kiệt, nhưng ở mức độ thấp hơn. Sự phân bố đường kính được đặc trưng bởi một số lượng lớn cây (75% số cây trong lâm phần) có đường kính dưới 33 cm, với đỉnh phân bố ở 20,7 cm, lệch dương (độ lệch từ 0,06 – 1,66) ở rừng trung bình; đường kính dưới 21 cm, đỉnh phân bố ở 17,5 cm, lệch dương (0,80 – 0,91) ở rừng nghèo; và đường kính dưới 14,0 cm, đỉnh phân bố ở 9,5 cm, lệch dương (1,43 – 2,48) ở rừng nghèo kiệt. Kết quả ở nghiên cứu này cũng tương đối phù hợp với kết quả ở một số nghiên cứu gần đây, phân phối Weibull được áp dụng rộng rãi để lập mô hình phân bố đường kính bởi tính linh hoạt của nó [23]. Phân phối Lognormal, Weibull và Johnson's  $S_B$  phù hợp cho phân bố đường kính rừng sồi hỗn giao ở Iran tương ứng ở các giai đoạn ban đầu, tối ưu, và suy giảm [6]. Phân phối Weibull phù hợp mô phỏng cấu trúc đường kính cho rừng khộp ở Tây Nguyên [9] và thích hợp nhất để mô phỏng phân bố  $N/D_{1.3}$  cho tất cả các trạng thái rừng tự nhiên, cho dù phân bố thực nghiệm có dạng giảm liên tục hay một đỉnh [10].

Phân bố chiều cao ở cả ba trạng thái rừng phù hợp nhất với phân phối Weibull và Gamma. Phân bố chiều cao được đặc trưng bởi một số lượng lớn cây (75% số cây trong lâm phần) có chiều cao dưới 18,0 m, với đỉnh phân bố ở 13,5 m, độ lệch dương (0,09 – 0,67) ở rừng trung bình; chiều cao dưới 15,5 m, với đỉnh phân bố ở 14,0 m, lệch dương (0,08 – 0,39) ở rừng nghèo; và chiều cao dưới 12,0 m, với đỉnh phân bố ở 12,0 m, lệch dương (0,31 – 0,76) ở rừng nghèo kiệt. Điều này cũng tương đối phù hợp với kết quả ở một số nghiên cứu trước tác, phân phối Beta, Gamma và Weibull phù hợp để giải thích sự phân bố đường kính,

chiều cao và đường kính tán cho các lâm phần sồi ở Iran [8]. Phân phối Weibull có liên quan chặt chẽ hơn đến sự phân bố chiều cao các lâm phần không đồng tuổi [24]. Hàm Weibull thích hợp để mô tả phân bố  $N/H_{VN}$  có dạng một đỉnh với nhiều đỉnh phụ hình răng cưa ở các kiểu rừng thường xanh [10]; cho rừng tự nhiên hỗn loài sau khai thác ở Hương Sơn – Hà Tĩnh [11].

Sự phân bố đường kính và chiều cao nhằm cung cấp các thông tin về cấu trúc lâm phần thay đổi qua các giai đoạn phát triển dưới tác động của các yếu tố khác nhau như mật độ, khoảng cách tán, cạnh tranh ánh sáng... [6]. Ở nghiên cứu này, phân phối Weibull và Gamma là phù hợp nhất mô phỏng quy luật cho cả phân bố đường kính và chiều cao ở cả 3 trạng thái rừng (trung bình, nghèo và nghèo kiệt). Kết quả này cũng tương đối phù hợp với một nghiên cứu gần đây cho rằng, phân phối Weibull và Gamma có tính linh hoạt và phổ quát nhất để mô phỏng phân bố đường kính rừng sồi ở giai đoạn tối ưu [6]. Do đó, hai phân phối này có thể được sử dụng để mô phỏng quy luật phân bố đường kính và chiều cao nhằm cung cấp các thông tin về cấu trúc rừng, mức độ ổn định của lâm phần... làm cơ sở để xây dựng kế hoạch và áp dụng hiệu quả các biện pháp can thiệp như loại bỏ cây phi mục đích, cây phẩm chất xấu ở tầng dưới... nhằm phát huy tối đa khả năng diễn thế tự nhiên cũng như nâng cao tính đa dạng sinh học lâm phần.

#### 4. KẾT LUẬN

Mật độ lâm phần có xu hướng tăng theo thứ tự từ rừng trung bình đến nghèo và cuối cùng là nghèo kiệt. Phân bố đường kính và chiều cao ở cả ba trạng thái rừng đều có giá trị dương, liên tục, dạng một đỉnh, và lệch trái; độ lệch dương của đường cong có khuynh hướng tăng dần theo thứ tự rừng nghèo đến rừng trung bình và cuối cùng là rừng nghèo kiệt. Phân phối Weibull và Gamma là phù hợp nhất để mô phỏng quy luật phân bố đường kính và chiều cao các trạng thái rừng tự nhiên, thuộc kiểu rừng kín cây lá rộng thường xanh ẩm, á nhiệt đới núi thấp tại Ban quản lý rừng Di tích

lịch sử và Cảnh quan Môi trường Mường Phăng, tỉnh Điện Biên.

### **Lời cảm ơn**

Tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ, Viện Nghiên cứu và Phát triển Vùng và Đề tài mã số NVQG-2019/ĐT.07 đã hỗ trợ kinh phí để nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu này.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1]. Bộ NN&PTNT (2001). Quy phạm thiết kế kinh doanh rừng (QPn 6-84). Văn bản tiêu chuẩn kỹ thuật lâm sinh. Tập II. Nxb Nông nghiệp, Hà Nội.

[2]. Thái Văn Trưng (1999). Các hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam. Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.

[3]. Sở NN&PTNT tỉnh Điện Biên (2020). Phương án quản lý rừng bền vững giai đoạn 2021 - 2023 (Ban quản lý rừng di tích lịch sử và cảnh quan môi trường Mường Phăng).

[4]. Khongor Tsogt, Tsogt Zandraabal & Chinsu Lin (2013). Diameter and height distributions of natural even-aged pine forests (*Pinus sylvestris*) in Western Khentey, Mongolia. *Taiwan J For Sci.* 28(1): 29-41.

[5]. Ai-guo Duan, Jian-guo Zhang, Xiong-qing Zhang & Cai-yun He (2013). Stand diameter distribution modelling and prediction based on Richards function. *PLoS one.* 8(4): e62605.

[6]. Maryam Kazempour Larsary, Kambiz Taheri Abkenar, David Pothier, Hassan Pourbabaei & Farhad Fadaie Khoshkebijari (2016). Comparison of probability distribution functions applied to tree diameter and height of three development stages in a mixed beech (*fagus orientalis lipsky*) forest in hyrcanean region of iran. *Forestry Ideas.* 22(1): 65-84.

[7]. Renato Augusto Ferreira de Lima, João Luís Ferreira Batista & Paulo Inácio Prado (2015). Modeling tree diameter distributions in natural forests: an evaluation of 10 statistical models. *Forest Science.* 61(2): 320-327, ROBSON B LIMA, Lina Bufalino, FRANCISCO T ALVES, José AA DA Silva & Rinaldo LC Ferreira (2017). Diameter distribution in a Brazilian tropical dry forest domain: predictions for the stand and species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.* 89: 1189-1203.

[8]. Mehrdad Mirzaei, Jalal Aziz, Ali Mahdavi & Asma Mohammad Rad (2016). Modeling frequency distributions of tree height, diameter and crown area by six probability functions for open forests of *Quercus persica* in Iran. *Journal of forestry research.* 27: 901-906.

[9]. Trần Văn Con (1991). Khả năng ứng dụng mô phỏng toán để nghiên cứu một vài đặc trưng cấu trúc và động thái của hệ sinh thái rừng Khộp ở Tây Nguyên. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.

[10]. Lê Sáu (1996). Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc rừng và đề xuất các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cho phương thức khai thác chọn nhằm sử dụng rừng bền vững ở Kon Hà Nừng - Tây Nguyên. Trường Đại học Lâm nghiệp.

[11]. Trần Cẩm Tú (1999). Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc và tăng trưởng rừng tự nhiên phục hồi sau khai thác làm cơ sở đề xuất một số biện pháp xử lý lâm sinh trong điều chế rừng ở Hương Sơn - Hà Tĩnh. Trường Đại học Lâm nghiệp. 158.

[12]. Bộ NN&PTNT (2018). Quy định về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng (Thông tư số 33/2018/TT-BNNPTNT ngày 16/11/2018).

[13]. Douglas G Altman & J Martin Bland (1995). Statistics notes: the normal distribution. *Bmj.* 310(6975): 298.

[14]. MJ Fryer (1989). Lognormal Distributions: Theory and Applications. Wiley Online Library.

[15]. Herbert CS Thom (1958). A note on the gamma distribution. *Monthly weather review.* 86(4): 117-122.

[16]. Albert W Marshall & Ingram Olkin (1967). A multivariate exponential distribution. *Journal of the American Statistical Association.* 62(317): 30-44.

[17]. Waloddi Weibull (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of applied mechanics.* 18(3): 293-297.

[18]. Teresa Fidalgo Fonseca, Carlos Pacheco Marques & Bernard R Parresol (2009). Describing maritime pine diameter distributions with Johnson's SB distribution using a new all-parameter recovery approach. *Forest Science.* 55(4): 367-373.

[19]. M Chris Jones & Arthur Pewsey (2009). Sinh-arcsinh distributions. *Biometrika.* 96(4): 761-780.

[20]. Nguyễn Văn Tuấn (2014). Phân tích số liệu với R. Nxb Tổng hợp Thành phố Hồ Chí Minh.

[21]. George W Snedecor & William G Cochran (1989). *Statistical Methods*, eight edition. Iowa state University press, Ames, Iowa. 1191(2): 491.

[22]. R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.

[23]. Thomas Nord-Larsen & Quang V Cao (2006). A diameter distribution model for even-aged beech in Denmark. *Forest ecology and management.* 231(1-3): 218-225.

[24]. Khosro Mohammadalizadeh, Manouchehr Namirani, Mahmood Zobeiri, Abd Alhosein Hoorfar & Mohajer Mohammad Reza Marvie (2013). Modeling of frequency distribution of tree-s height in uneven-aged stands (case study: gorazbon district of khyroud forest). *Journal of Forest and Wood products (JFWP).* 66(2): 156-165.