

# MÔ HÌNH HÓA PHÂN BỐ TẦN SỐ CỦA CÁC ĐẠI LƯỢNG SINH TRƯỞNG CHO RỪNG TRỒNG SA MỘC

**Bùi Mạnh Hưng**

*Bộ môn Điều tra quy hoạch, Khoa Lâm học, Đại học Lâm nghiệp,  
Xuân Mai, Chương Mỹ, Hà Nội, Việt Nam*

## TÓM TẮT

Những hiểu biết về phân bố tần số theo kích thước cây rừng là điều thực sự cần thiết để quản lý hệ sinh thái rừng bền vững. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm tìm hiểu đặc điểm của các đại lượng sinh trưởng, lựa chọn và so sánh các phân bố tốt nhất cho phân bố tần suất của chúng tại Lào Cai. Nghiên cứu đã thiết lập 9 ô cho các lâm phần Sa mộc và đo đếm các đại lượng sinh trưởng của cây. Nghiên cứu đã thử nghiệm 64 phân phối lý thuyết. Kết quả cho thấy đường kính trung bình là 16,41 cm, đường kính tán trung bình là 71,11 cm. Chiều cao và chiều cao dưới cành trung bình lần lượt là 6,71 m và 2,81 m. Mức độ đồng nhất cao hơn giữa chiều cao và chiều cao dưới cành. Ngược lại, đường kính tán có sự khác biệt lớn hơn so với các đại lượng còn lại. Phân bố chiều cao dưới cành, đường kính tán và đường kính ngang ngực có dạng lệch trái. Trong khi đó, phân bố tần số của chiều cao vút ngọn lại lệch phải. Phân bố Gen. Gamma (4P) là phân bố tốt nhất cho đường kính, phân bố Wakeby lại là phân bố tốt nhất cho đường kính tán. Với đại lượng chiều cao, phân bố Dagum (4P) là phân bố được xếp hạng cao nhất. Ngược lại, với chiều cao dưới cành thì phân bố Fatigue Life (3P) xếp hạng cao nhất. Những mô hình tốt nhất này có thể được sử dụng để đề xuất các biện pháp lâm sinh và góp phần quản lý và quy hoạch rừng bền vững ở khu vực nghiên cứu và các vùng có điều kiện tương tự.

**Từ khóa:** Lào Cai, mô hình hóa, phân bố tần số, Sa mộc

## **Tree-size variable frequency distribution modelling for *Cunninghamia lanceolata* plantation**

Understanding tree-size frequency distributions is essential for sustainable forest ecosystem management. This study was conducted to understand characteristics of growth quantities, select and compare the best distributions for their frequency distributions in Lao Cai. The study established 9 plots for *Cunninghamia lanceolata* stands and measured plannt growth variables. The study tested 64 theoretical distributions. The results showed that the average diameter was 16.41 cm, the average crown diameter was 71.11 cm. The average total height and commercial height were 6.71 m and 2.81 m, respectively. The similarity between the height and the commercial height was higher. In contrast, the crown diameter had a large difference with the remaining quantities. The distribution of commercial height, crown diameter and diameter were left skewed. Meanwhile, the frequency distribution of the total height was right skewed. Gene. Gamma (4P) was the best distribution for diameter, while the Wakeby distribution was the best distribution for crown diameter. For the total height, the Dagum (4P) distribution had the highest ranking. In contrast, for the commercial height, the Fatigue Life (3P) distribution ranked highest. These best models can be used to recommend silvicultural measures and contribute to sustainable forest management and planning in the study area and areas with similar conditions.

**Keywords:** *Cunninghamia lanceolata*, frequency distribution, Lao Cai, modelling

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phân bố tần số hay phân bố số cây theo cỡ đại lượng sinh trưởng đóng vai trò rất quan trọng trong phân tích cấu trúc rừng và có ý nghĩa rất lớn đối với quản lý tài nguyên rừng. Phân phối tần số sẽ cho biết số lượng cá thể trong các nhóm kích thước khác nhau. Phân bố này sẽ cho thấy tỷ lệ cây lớn và cây nhỏ trong lâm phần và dự đoán cấu trúc rừng trong tương lai (Jaworski & Podlaski, 2012). Chúng cũng là cơ sở để tính toán khối lượng, trữ lượng carbon, tăng trưởng, năng suất và tình trạng của rừng (Liu *et al.*, 2014; Niklas *et al.*, 2003), phản ánh các giá trị kinh tế và môi trường của rừng. Phân bố tần suất cũng là cơ sở để đề xuất các biện pháp lâm sinh cần thực hiện trong lâm phần như thời gian, cường độ và thiết bị cần thiết (Lima *et al.*, 2017; Mirzaei *et al.*, 2016; Sheykholeslami *et al.*, 2011). Mô hình hóa phân bố tần số là để tìm ra các phân phối lý thuyết tốt nhất, nhằm mô tả các phân bố thực nghiệm điều tra được (Liu *et al.*, 2014, Mirzaei *et al.*, 2016). Các phân bố lý thuyết tốt nhất có thể được sử dụng để dự đoán tần số cho các tổ lớn hơn hoặc nhỏ hơn những tổ đã nghiên cứu hoặc để dự đoán tần suất cho các khu vực khác.

Sa mộc với tên khoa học là *Cunninghamia lanceolata* Lamb. Hook. Đây là một loài cây thuộc họ Bụt mộc (Taxodiaceae), có phân bố tự nhiên ở những khu vực có độ cao từ 1.000 - 2.000 m so với mặt nước biển ở Trung Quốc, Campuchia, Việt Nam, Lào và Malaysia. Sa mộc thường dùng làm cây trang trí, được trồng phân tán ở các công viên và khu vực có không gian rộng. Gỗ có khả năng chống chịu mối mọt rất tốt nên thường được sử dụng trong xây dựng nhà cửa, làm cột chống, làm cầu, đóng tàu, đồ gỗ. Vỏ của Sa mộc còn được sử dụng để sản xuất tanin hoặc sản xuất giấy, cành được dùng để chiết suất dầu sử dụng trong

ngành công nghiệp chế biến nước hoa (Nguyễn Thị Sa, 2020). Tại Si Ma Cai, Lào Cai, loài cây này có phân bố tự nhiên, dễ gây trồng. Sa mộc góp phần vào bảo vệ môi trường, cung cấp gỗ và nguyên liệu cho người dân địa phương. Tuy nhiên, các yếu tố ngoại cảnh, kiến thức hạn chế về cấu trúc, các biện pháp quản lý, các biện pháp kỹ thuật lâm sinh,... dẫn đến tỷ lệ sống và chất lượng rừng Sa mộc còn nhiều hạn chế. Tại khu vực này, chưa có những nghiên cứu sâu về phân bố tần số theo các đại lượng sinh trưởng. Đặc biệt, phân bố tần số tại khu vực nghiên cứu chưa được mô phỏng bằng các phân bố đa biến như Weibull (4P), Burr, Beta, Gamma,...

Để góp phần giải quyết vấn đề này, bài báo sẽ: (1) Phân tích đặc điểm của các đại lượng sinh trưởng của rừng trồng Sa mộc; (2) Mô hình hóa phân bố tần số cho đường kính thân cây, đường kính tán, chiều cao và chiều cao dưới cành tại khu vực nghiên cứu làm cơ sở cho công tác quản lý tài nguyên rừng bền vững tại khu vực nghiên cứu.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

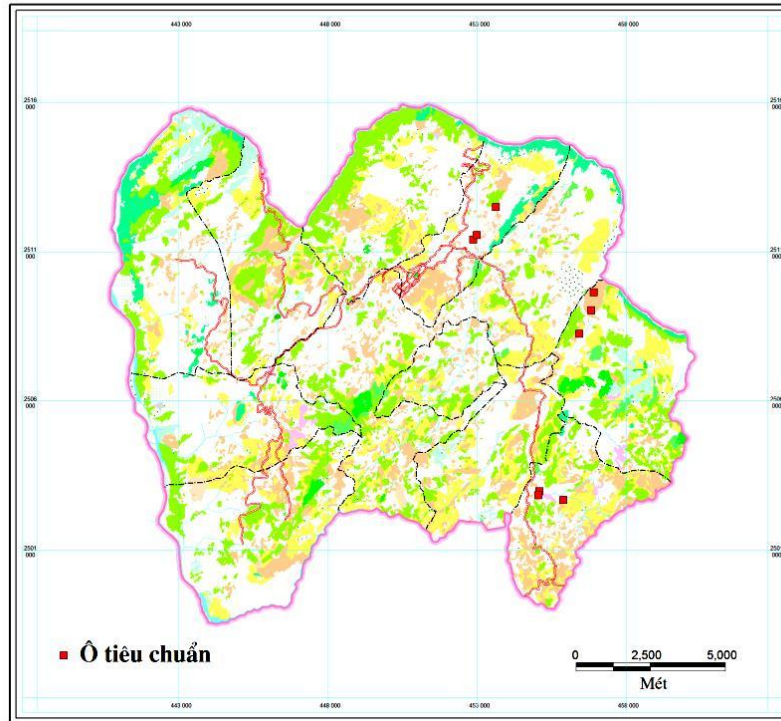
### 2.1. Phương pháp thu thập số liệu

Nghiên cứu đã thiết lập 9 ô tiêu chuẩn (OTC) điển hình tại các lâm phần Sa mộc được trồng ở các cấp tuổi khác nhau tại huyện Si Ma Cai, Lào Cai. Mỗi ô tiêu chuẩn có diện tích 500 m<sup>2</sup> (20 × 25 m). Định vị các OTC bằng máy GPS Garmin Montana 680. Trong mỗi OTC, đo đếm toàn bộ các cây có đường kính lớn hơn 6 cm. Các chỉ tiêu đo đếm gồm đường kính ngang ngực bằng thước kẹp kính (vạch khắc đến mm), đường kính tán được đo đếm bằng thước dây (vạch khắc đến cm) và chiều cao vút ngọn bằng thước Blumeleiss (West, 2009).

Phương pháp phân tầng ngẫu nhiên đã được sử dụng để lựa chọn vị trí của OTC. Đây là phương pháp phù hợp khi điều tra tài nguyên

rừng, bởi lẽ các hệ sinh thái rừng thường không đồng nhất (Shiver & Borders, 1996). Sơ đồ vị trí các ô được thể hiện trong hình dưới đây.

### BẢN ĐỒ VỊ TRÍ Ô TIÊU CHUẨN TẠI HUYỆN SI MA CAI TỈNH LÀO CAI



Hình 1. Sơ đồ vị trí các ô tiêu chuẩn

## 2.2. Phương pháp phân tích số liệu

### 2.2.1. Tính toán các đặc trưng mẫu và so sánh sinh trưởng giữa các đại lượng

Các giá trị đặc trưng mẫu như dung lượng mẫu, số trung bình, sai tiêu chuẩn, giá trị nhỏ nhất, lớn nhất, khoảng biến động, độ lệch, độ nhọn và sai số của số trung bình mẫu được tính toán cho hai đại lượng điều tra là đường kính ngang ngực và chiều cao (Nguyễn Hải Tuất *et al.*, 2006; Zar, 1999).

Tiếp đó, phân tích tách biệt đa biến dựa vào ma trận gồm biến đường kính thân cây, đường kính tán, chiều cao và chiều cao dưới cành được tiến hành để phân nhóm và trực quan hóa sự khác biệt giữa các đại lượng điều tra. Phân tích tách biệt là phân tích phù hợp để kiểm tra

sự khác nhau giữa các nhóm, các cấp (Klecka *et al.*, 1980).

Sau đó, nghiên cứu tiến hành so sánh sự khác biệt về hình dạng và kích thước của các phân bố tần số bằng phân tích phương sai đa biến lặp. Đây một giải pháp mới để vượt qua được điểm hạn chế trong phân tích phương sai. Công cụ này không đòi hỏi điều kiện hay giả thuyết với số liệu. Bởi lẽ nó là các công cụ thống kê phi tham số (Hamann, 2016). Do đó, công cụ này phù hợp với các đại lượng không có phân bố chuẩn. Nguyên lý toán học của phân tích phương sai lặp đa biến là sử dụng các ma trận khoảng cách để phân chia tổng bình phương. Để tính toán giá trị F, công thức sau đây được sử dụng (Anderson, 2011; Mier, 2012).

$$F = \frac{SS_A / (a - 1)}{SS_W / (N - a)}$$

$$SS_A = SS_T - SS_W$$

Trong đó:  $SS_T$  là tổng bình phương các khoảng cách chia cho N (số lượng quan sát).

$SS_W$  là tổng bình phương các khoảng cách trong mỗi nhóm chia cho n (dung lượng mẫu của mỗi nhóm).

a là số lượng nhóm.

Nếu F tính toán < F tra bảng (hoặc p-value > 0,05) thì các phân bố tần số là tương tự nhau. Ngược lại, nếu F tính toán > F tra bảng (hoặc p-value < 0,05) thì các phân bố tần số có sự sai khác rõ rệt.

**2.2.2. Mô hình hóa phân bố số cây theo cỡ đường kính và chiều cao**

Để phân tích biến đổi cấu trúc tần số cho đại lượng điều tra đường kính thân cây, đường kính tán, chiều cao và chiều cao dưới cành của cây rừng thì sau khi phân bố tần số thực nghiệm được tạo ra, chúng sẽ được sử dụng để mô hình hóa theo 64 phân bố lý thuyết bao gồm: Beta, Burr, Burr (4P), Cauchy, Chi-Squared, Chi-Squared (2P), Dagum, Dagum (4P), Erlang, Erlang (3P), Error, Error Function, Exponential, Exponential (2P), Fatigue Life, Fatigue Life (3P), Frechet, Frechet (3P), Gamma, Gamma (3P), Gen. Extreme Value, Gen. Gamma, Gen. Gamma (4P), Gen. Logistic, Gen. Pareto, Gumbel Max, Gumbel Min, Hypersecant, Inv. Gaussian, Inv.

Gaussian (3P), Johnson SB, Kumaraswamy, Laplace, Levy, Levy (2P), Log-Gamma, Log-Logistic, Log-Logistic (3P), Log-Pearson 3, Logistic, Lognormal, Lognormal (3P), Nakagami, Normal, Pareto, Pareto 2, Pearson 5, Pearson 5 (3P), Pearson 6, Pearson 6 (4P), Pert, Phased Bi-Exponential, Phased Bi-Weibull, Power Function, Rayleigh, Rayleigh (2P), Reciprocal, Rice, Student's t, Triangular, Uniform, Wakeby, Weibull, Weibull (3P).

Tiêu chuẩn Anderson-Darling được sử dụng để kiểm tra sự phù hợp của phân thực nghiệm và phân phối lý thuyết. Công thức của Anderson-Darling như sau (Hongjoon Shin *et al.*, 2012):

$$AD = -n \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i-1) [\ln F(X_i) + \ln(1 - F(X_{n-i+1}))]$$

Trong đó: n là dung lượng mẫu, i là mẫu thứ i và F(x) là hàm phân phối lý thuyết. Nếu giá trị AD nhỏ hơn giá trị tra bảng, thì dữ liệu tuân theo phân phối lý thuyết và ngược lại.

**III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Đặc điểm các đại lượng sinh trưởng của rừng Sa mộc**

**3.1.1. Đặc điểm sinh trưởng của các đại lượng**

Số liệu của các đại lượng sinh trưởng như đường kính thân cây, đường kính tán, chiều cao và chiều cao dưới cành của cây rừng được sử dụng để tính toán các đặc trưng thống kê, kết quả tính toán các chỉ tiêu này được trình bày trong bảng 1.

**Bảng 1.** Kết quả tính toán các đặc trưng thống kê cho các đại lượng sinh trưởng

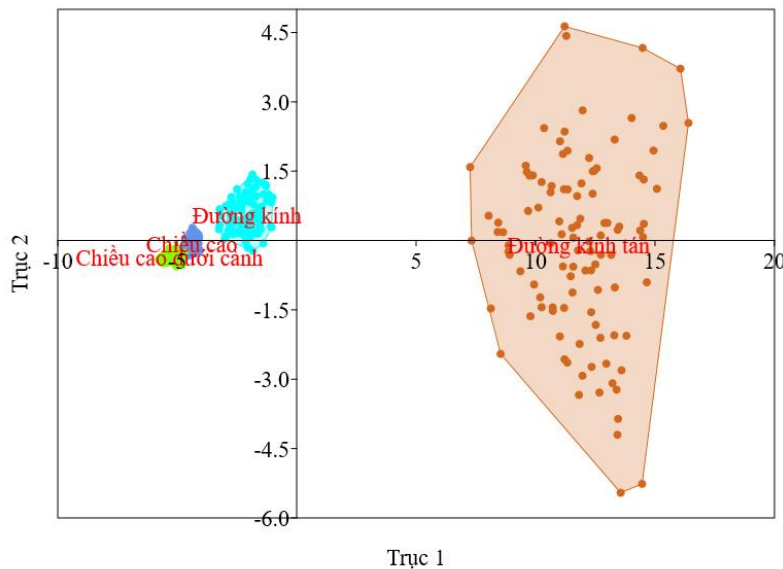
Đại lượng	Số cây	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình	Sai tiêu chuẩn	Phương sai	Độ lệch	Độ nhọn
Đường kính (cm)	325	3,10	37,00	16,41	7,04	49,55	0,30	-0,41
Đường kính tán (cm)	325	40,00	141,00	71,11	17,42	303,35	0,68	1,00
Chiều cao (m)	325	1,60	12,30	6,71	2,47	6,08	-0,10	-0,76
Chiều cao dưới cành (m)	325	1,00	8,10	2,81	1,39	1,93	1,21	1,21

Kết quả tính toán ở bảng 1 cho thấy tổng số cây rừng được nghiên cứu là 325 cây. Đường kính trung bình là 16,41 cm, đường kính tán trung bình là 71,11 cm. Chiều cao và chiều cao dưới cành trung bình lần lượt là 6,71 m và 2,81 m. Khoảng biến động đạt giá trị lớn nhất ở đại lượng đường kính tán và nhỏ nhất ở chiều cao dưới cành. Đây cũng là một trong các nguyên nhân gây ảnh hưởng tới kết quả tính toán sai tiêu chuẩn và phương sai. Trong các đại lượng điều tra thì đường kính tán có mức độ biến động là lớn nhất giữa các trị số quan sát, sau đó đến đường kính và cuối cùng là chiều cao dưới cành. Kết quả này được

chứng minh bằng kết quả tính toán sai tiêu chuẩn và phương sai mẫu.

### 3.1.2. So sánh sự khác biệt về phân bố tần số của các đại lượng

Xét về độ lớn của các giá trị quan sát khi quy về cùng một đơn vị, sự khác biệt này đã được so sánh bởi phân tích tách biệt. Kết quả của phân tích tách biệt được thể hiện trong hình 2. Trong hình, ta thấy mức độ đồng nhất cao hơn giữa chiều cao và chiều cao dưới cành. Ngược lại, đường kính tán có sự khác biệt lớn hơn với các đại lượng còn lại.



**Hình 2.** Kết quả phân nhóm bằng phân tích tách biệt

Xét về hình dạng và phân bố tần số tại các tổ, phân bố chiều cao dưới cành, đường kính tán và đường kính ngang ngực có dạng lệch trái so với số trung bình. Mức độ lệch trái lớn nhất ở chiều cao dưới cành và nhỏ nhất ở đường kính ngang ngực. Ngược lại, phân bố tần số của chiều cao vút ngọn lại có xu hướng lệch sang phải so với số trung bình do độ nhọn âm. Trong 4 đại lượng nghiên cứu thì đường kính thân và chiều cao dưới cành có phân bố nhọn hơn phân bố chuẩn. Ngược lại, đường kính tán và chiều cao vút ngọn lại có phân bố tần số tù

hơn phân bố chuẩn. Kết quả so sánh bằng phân tích phương sai đa biến lặp đã cho thấy rằng các phân bố tần số giữa bốn đại lượng điều tra được sử dụng trong nghiên cứu này là thực sự khác biệt (Permanova, p-value = 0,00001).

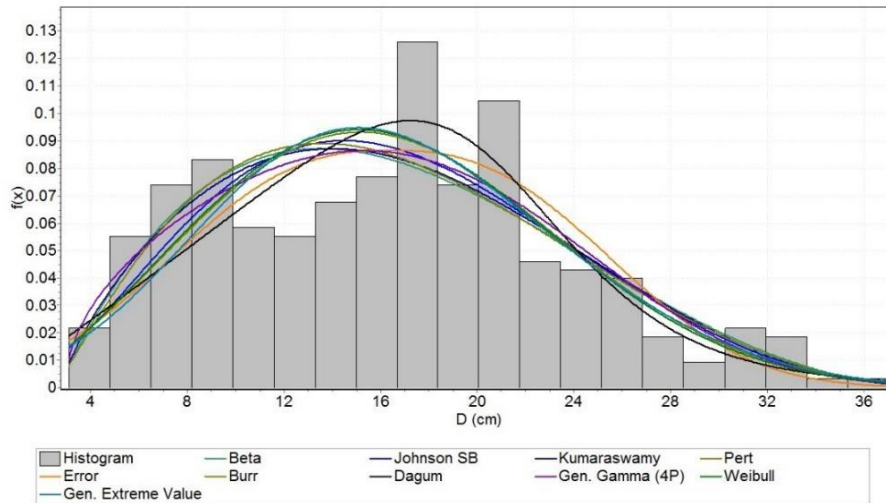
### 3.2. Kết quả mô hình hóa phân bố cho các đại lượng sinh trưởng

#### 3.2.1. Mô hình hóa đại lượng đường kính

Kết quả mô hình hóa theo 64 phân bố lý thuyết được lựa chọn cho phân bố thực

thực nghiệm số cây theo cỡ đường kính được trình bày trong hình dưới đây. Phân bố tần số cho thấy số lượng cá thể tập trung nhiều nhất tại các cỡ đường kính từ 16 - 22 cm, tiếp đó là từ

6 - 10 cm. Sau đó, số lượng cá thể giảm dần về hai phía. Hình 03 thể hiện phân bố thực nghiệm và 10 hàm tốt nhất được lựa chọn cho đại lượng đường kính.



**Hình 3.** Phân bố thực nghiệm và 10 hàm tốt nhất cho đại lượng đường kính

Kết quả tính toán cho các tham số hình dạng, tham số tỷ lệ và các tham số khác của 10 hàm tốt nhất cho biến đường kính được trình bày trong bảng 2. Với toàn bộ 10 hàm thì phân bố lý thuyết đều có thể mô phỏng tốt cho phân bố

thực nghiệm bởi lẽ giá trị tính toán của tiêu chuẩn Anderson Darling đều nhỏ hơn giá trị tra bảng, trong đó phân bố Gen. Gamma (4P) là phân bố tốt nhất, tiếp đó là phân bố Kumaraswamy và Johnson SB.

**Bảng 2.** Kết quả các tham số và kiểm định Anderson Darling của 10 hàm tốt nhất cho đại lượng đường kính

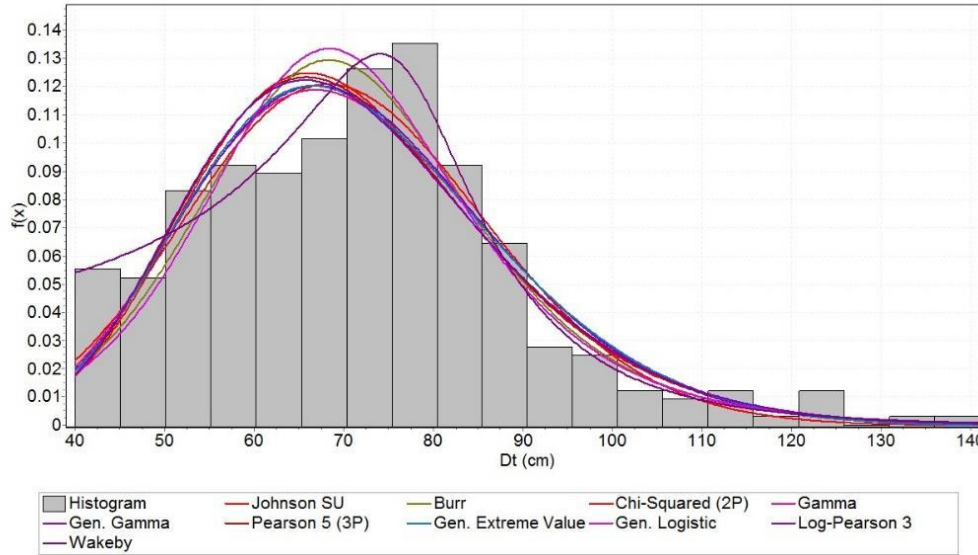
Stt	Phân bố lý thuyết	Tham số	Tiêu chuẩn Anderson Darling	
			AD	Xếp hạng
1	Gen. Gamma (4P)	$k = 3,4069$ $\beta = 21,664$ $\alpha = 0,44074$ $\gamma = 2,9649$	0,73	1
2	Kumaraswamy	$\alpha_1 = 1,7419$ $a = 2,8156$ $\alpha_2 = 4,2915$ $b = 41,566$	0,96	2
3	Johnson SB	$\gamma = 0,68569$ $\lambda = 47,885$ $\delta = 1,4897$ $\xi = -2,6052$	1,02	3
4	Burr	$k = 3,4069$ $\beta = 21,664$ $\alpha = 0,44074$ $\gamma = 2,9649$	1,06	4
5	Dagum	$k = 0,27724$ $\alpha = 7,377$ $\beta = 22,831$	1,06	5
6	Beta	$\alpha_1 = 1,9899$ $a = 2,6748$ $\alpha_2 = 3,4168$ $b = 39,91$	1,08	6
7	Weibull	$\alpha = 2,533$ $\beta = 18,403$	1,12	7
8	Pert	$m = 13,59$ $a = 2,4854$ $b = 41,301$	1,13	8
9	Gen. Extreme Value	$k = -0,19626$ $\sigma = 6,7204$ $\mu = 13,639$	1,21	9
10	Error	$k = 2,5698$ $\sigma = 7,0391$ $\mu = 16,406$	1,28	10



**3.2.2. Mô hình hóa đại lượng đường kính tán**

Với biến đường kính tán, kết quả mô hình hóa theo 64 phân bố lý thuyết được lựa chọn cho phân bố thực nghiệm được thể hiện trong hình 4. Số lượng cây rừng có đường kính tán

từ 70 - 80 cm chiếm tỷ lệ lớn nhất trong lâm phần. Sau đó, số lượng cá thể giảm dần về hai phía. Hình 4 thể hiện phân bố thực nghiệm và 10 hàm tốt nhất được lựa chọn cho đại lượng đường kính tán tại khu vực nghiên cứu.



**Hình 4.** Phân bố thực nghiệm và 10 hàm tốt nhất cho đại lượng đường kính tán

Kết quả tính toán cho các tham số hình dạng, tham số tỷ lệ, tham số vị trí và các tham số khác của 10 hàm tốt nhất cho biến đường kính tán được trình bày trong bảng 3. Với toàn bộ 10 hàm thì phân bố lý thuyết đều có thể mô

phong tốt cho phân bố thực nghiệm bởi lẽ giá trị tính toán của tiêu chuẩn Anderson Darling đều nhỏ hơn giá trị tra bảng, trong đó phân bố Wakeby là phân bố tốt nhất, tiếp đó là phân bố Burr và Gen. Gamma.

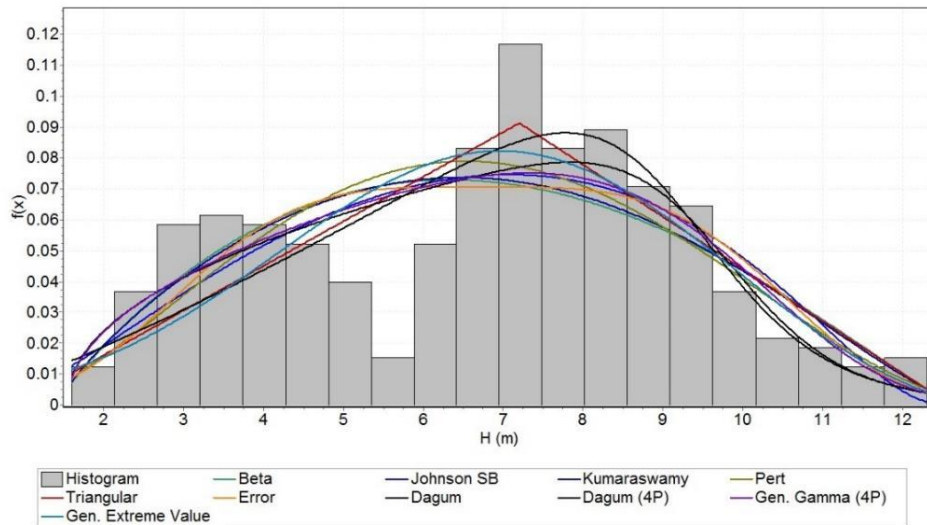
**Bảng 3.** Kết quả các tham số và kiểm định Anderson Darling của 10 hàm tốt nhất cho đại lượng đường kính tán

Stt	Phân bố lý thuyết	Tham số			Tiêu chuẩn Anderson Darling	
					AD	Xếp hạng
1	Wakeby	a = 83,925 d = 0,10272	b = 3,1074 $\xi$ = 39,997	g = 9,5871	0,84	1
2	Burr	k = 1,5081	a = 6,4004	b = 76,016	0,87	2
3	Gen. Gamma	k = 1,0053	a = 16,927	b = 4,2657	0,94	3
4	Gamma	a = 16,671	b = 4,2657		0,95	4
5	Gen. Logistic	k = 0,07921	$\sigma$ = 9,533	m = 69,863	1,01	5
6	Gen. Extreme Value	k = -0,14641	$\sigma$ = 15,642	m = 64,088	1,02	6
7	Chi-Squared (2P)	v = 141	g = -70,775		1,05	7
8	Johnson SU	g = -3,2525 l = 38,995	d = 3,4737 $\xi$ = 27,246		1,10	8
9	Pearson 5 (3P)	a = 16,94	b = 1135,3		1,12	9
10	Log-Pearson 3	a = 622,73	b = -0,00977	g = 10,32	1,13	10

**3.2.3. Mô hình hóa đại lượng chiều cao**

Kết quả trực quan hóa 10 phân bố lý thuyết tốt nhất và phân bố tần số thực nghiệm cho đại lượng chiều cao được thể hiện trong hình 5 dưới đây. Qua hình 5 chúng ta thấy phân bố có dạng lệch sang phải và có hai đỉnh. Số lượng cây rừng có chiều cao từ 6,5 - 8,5 m chiếm tỷ

lệ lớn nhất trong lâm phần. Một khu vực tập trung cũng tương đối lớn các giá trị chiều cao là từ khoảng 2,5 - 4,5 m. Các cỡ chiều cao khác có số lượng cây thấp hơn. Hình 5 thể hiện phân bố thực nghiệm và 10 hàm tốt nhất được lựa chọn cho đại lượng chiều cao tại khu vực nghiên cứu.



**Hình 5.** Phân bố thực nghiệm và 10 hàm tốt nhất cho đại lượng chiều cao

Bảng 4 thể hiện kết quả tính toán cho các tham số hình dạng, tham số tỷ lệ, tham số vị trí và các tham số khác của 10 hàm tốt nhất cho đại lượng chiều cao vút ngọn. Các phân bố lý thuyết đều có thể mô hình hóa tốt cho phân bố

thực nghiệm bởi lẽ giá trị tính toán của tiêu chuẩn Anderson Darling đều nhỏ hơn giá trị tra bảng, trong đó phân bố Dagum (4P) là phân bố tốt nhất, tiếp đó là phân bố Dagum và phân bố thứ ba là Gen. Gamma (4P).

**Bảng 4.** Kết quả các tham số và kiểm định Anderson Darling của 10 hàm tốt nhất cho đại lượng chiều cao vút ngọn

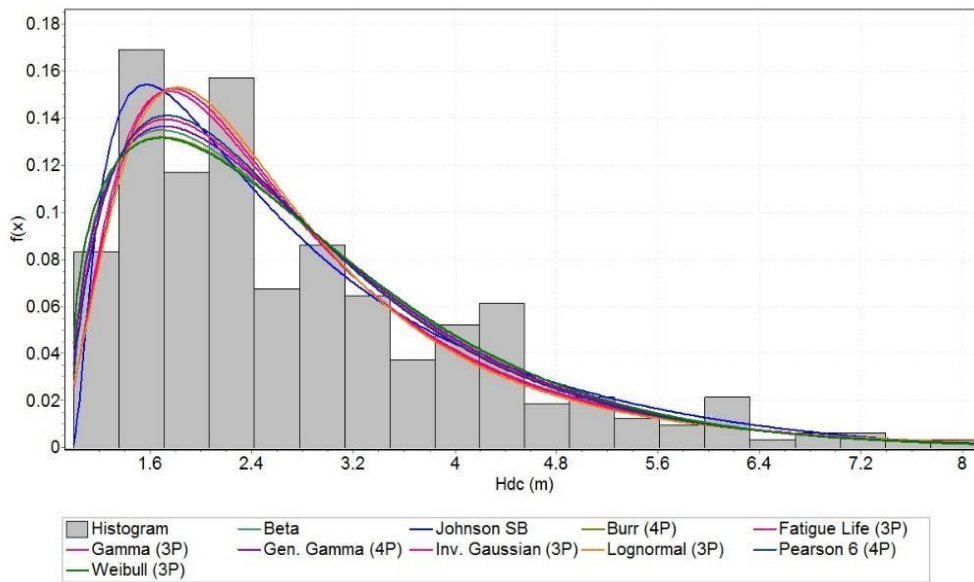
Stt	Phân bố lý thuyết	Tham số			Tiêu chuẩn Anderson Darling		
					AD	Xếp hạng	
1	Dagum (4P)	$k = 0,12832$ $\beta = 8,3819$	$\alpha = 11,436$ $\gamma = 1,5451$			1,25	1
2	Dagum	$k = 0,18562$	$\alpha = 11,908$ $\beta = 9,4921$			1,44	2
3	Gen. Gamma (4P)	$k = 5,9626$ $\beta = 8,7814$	$\alpha = 0,24978$ $\gamma = 1,5411$			1,52	3
4	Johnson SB	$\gamma = -0,15414$ $\lambda = 12,852$	$\delta = 1,1135$ $\xi = -0,09647$			1,88	4
5	Gen. Extreme Value	$k = -0,35479$	$\sigma = 2,5721$ $\mu = 5,9154$			2,08	5
6	Error	$k = 3,7055$	$\sigma = 2,4659$ $\mu = 6,708$			2,09	6
7	Kumaraswamy	$\alpha_1 = 1,783$ $a = 1,4338$	$\alpha_2 = 2,438$ $b = 12,813$			2,31	7
8	Beta	$\alpha_1 = 1,9388$ $a = 1,393$	$\alpha_2 = 2,2076$ $b = 12,696$			2,44	8
9	Pert	$m = 6,5342$	$a = 0,62627$ $b = 13,373$			2,55	9
10	Triangular	$m = 7,2$	$a = 0,87836$ $b = 12,603$			2,62	10



**3.2.4. Mô hình hóa đại lượng chiều cao dưới cành**

Kết quả trực quan hóa 10 phân bố lý thuyết tốt nhất và phân bố tần số thực nghiệm cho đại lượng chiều cao dưới cành được thể hiện trong hình 6 dưới đây. Qua hình này, chúng ta thấy rằng phân bố có dạng lệch trái tương đối rõ rệt.

Số lượng cây rừng có chiều cao dưới cành từ 1,5 - 2,5 m chiếm tỷ lệ cao nhất trong lâm phần. Các cỡ chiều cao khác có số lượng cây thấp thớt. Hình 6 thể hiện phân bố thực nghiệm và 10 hàm tốt nhất được lựa chọn cho đại lượng chiều cao dưới cành tại khu vực nghiên cứu.



**Hình 6.** Phân bố thực nghiệm và 10 hàm tốt nhất cho đại lượng chiều cao dưới cành

**Bảng 5.** Kết quả các tham số và kiểm định Anderson Darling của 10 hàm tốt nhất cho đại lượng chiều cao dưới cành

STT	Phân bố lý thuyết	Tham số			Tiêu chuẩn Anderson Darling	
					AD	Xếp hạng
1	Fatigue Life (3P)	$\alpha = 0,65534$	$\beta = 1,8066$	$\gamma = 0,61242$	0,83	1
2	Gamma (3P)	$\alpha = 1,7029$	$\beta = 1,0826$	$\gamma = 0,96414$	0,89	2
3	Pearson 6 (4P)	$\alpha_1 = 1,765$ $\beta = 75,424$	$\alpha_2 = 73,281$ $\gamma = 0,9586$		0,89	3
4	Inv. Gaussian (3P)	$\lambda = 5,2874$	$\mu = 2,2641$	$\gamma = 0,54363$	0,90	4
5	Gen. Gamma (4P)	$k = 1,1209$ $\beta = 1,4228$	$\alpha = 1,3764$ $\gamma = 0,97442$		0,95	5
6	Johnson SB	$\gamma = 1,4969$ $\lambda = 8,6918$	$\delta = 0,92961$ $\xi = 0,97813$		0,97	6
7	Beta	$\alpha_1 = 1,5322$ $a = 0,97644$	$\alpha_2 = 16,269$ $b = 22,257$		0,99	7
8	Lognormal (3P)	$\sigma = 0,64497$	$\mu = 0,56977$	$\gamma = 0,64887$	1,01	8
9	Burr (4P)	$k = 87,523$ $\beta = 54,896$	$\alpha = 1,3443$ $\gamma = 0,98621$		1,09	9
10	Weibull (3P)	$\alpha = 1,3343$	$\beta = 1,9831$	$\gamma = 0,98682$	1,11	10

Bảng 5 thể hiện kết quả tính toán cho các tham số hình dạng, tham số tỷ lệ, tham số vị trí và các tham số khác của 10 hàm tốt nhất cho đại lượng chiều cao dưới cành. Các phân bố lý thuyết đều có thể được sử dụng để mô hình hóa tốt cho phân bố thực nghiệm, bởi lẽ giá trị tính toán của tiêu chuẩn Anderson Darling đều nhỏ hơn giá trị tra bảng. Trong 10 phân bố tốt nhất thì phân bố Fatigue Life (3P) xếp hạng cao nhất, tiếp đó là phân bố Gamma (3P) và thứ ba là phân bố Pearson 6 (4P).

### 3.3. Thảo luận

Một số nghiên cứu trước đây đã tiến hành phân tích các đặc điểm biến đổi về các đại lượng sinh trưởng như đường kính, chiều cao của Sa mộc (Nguyễn Thị Sa, 2020). Khoảng biến động giá trị về đường kính và chiều cao hoàn toàn tương tự như một nghiên cứu trước tại Ba Vì đã phân tích. Tuy nhiên, có một điều khác biệt trong nghiên cứu này là các lâm phần Sa mộc được thu thập từ các đai cao khác nhau (Nguyễn Thị Sa, 2020). Việc so sánh và tìm hiểu sự thuần nhất về số liệu giữa các nhóm đại lượng, giữa các trạng thái rừng, giữa các nhóm nghiên cứu nói chung đã và đang được ứng dụng nhiều trong lâm nghiệp ở các nước trên thế giới với các phân tích đa biến như phân tích tương đồng, phân tích thành phần chính, phân tích tỷ lệ,... Tuy nhiên, tại Việt Nam, những phân tích này còn ít được ứng dụng. Vì vậy, chúng nên được khai thác và sử dụng nhiều hơn bởi tính ưu việt của chúng là đa biến, nên độ chính xác sẽ cao hơn. Đồng thời, một số công cụ là phân tích lặp, do vậy không cần phải thỏa mãn điều kiện (Mier, 2012).

Việc mô hình hóa phân bố tần số cho các đại lượng sinh trưởng đã và đang được thực hiện bởi nhiều nghiên cứu khác nhau trong và ngoài nước. Việc mô hình hóa đã được thực hiện cho

nhiều đối tượng rừng khác nhau từ rừng nhiệt đới đến rừng ôn đới, từ rừng tự nhiên đến rừng trồng (Niklas *et al.*, 2003, Mirzaei *et al.*, 2016). Rất nhiều loại hàm lý thuyết khác nhau đã được sử dụng như Normal, LogNormal, Weibull, Exponential, SHASH và Jonhson. Những hàm này đã được sử dụng ở nhiều khu vực khác nhau trên thế giới (Mirzaei *et al.*, 2016; Fonseca *et al.*, 2009). Tuy nhiên, tại Việt Nam, các nghiên cứu trước đây phần lớn tập trung vào khai thác và sử dụng các phân bố như phân bố chuẩn, Weibull 2 biến, Myer và phân bố Khoảng cách để mô hình hóa (Nguyễn Hải Tuất *et al.*, 2006). Những hàm khác như Johnson, Fatigue Life, Burr và ngay cả Weibull nhưng với nhiều hơn 2 tham số cũng chưa được khai thác và sử dụng cho việc mô hình hóa các phân bố tần số của các đại lượng sinh trưởng.

Kết quả mô hình hóa cho các đại lượng với 64 hàm lý thuyết được thử nghiệm cho thấy rằng các phân phối lý thuyết tốt nhất là phong phú và đa dạng giữa các đại lượng. Sự đa dạng này có thể là do sự khác biệt về loài cây, điều kiện môi trường và tác động của con người trong quá khứ (Lima *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2014; Mirzaei *et al.*, 2016). Xét ở cấp độ 10 phân bố tốt nhất cho tất cả các biến thì bốn phân bố: Johnson SB, Gen. Gamma (4P), Gen. Extreme Val và Beta có tần suất cao nhất (3 lần, tương đương 7,5%), tiếp đến là các phân bố: Pert, Kumaraswamy, Error, Dagum và Burr với tần suất là 2 lần (tương đương 5,0%). Cuối cùng là các phân bố còn lại chỉ xuất hiện 1 lần (chiếm 2,5%). Tất cả các phân phối này đều có ý nghĩa với  $p < 0,001$ . Vì vậy, chúng đều rất có giá trị, có thể sử dụng để mô phỏng phân bố tần suất và ứng dụng trong tính toán trữ lượng, đề xuất các biện pháp kỹ thuật lâm sinh, điều tiết mật độ

lâm phần một cách bền vững và nâng cao tính đa dạng sinh học ở khu vực nghiên cứu và các khu vực khác có điều kiện tương tự (Lima *et al.*, 2017, Mirzaei *et al.*, 2016).

Một số phân phối lý thuyết tốt nhất được tìm thấy trong nghiên cứu này cũng đã được xác nhận là phù hợp nhất cho các biến kích thước cây ở các khu vực khác. Đối với rừng thưa ở Iran, phân phối Beta, Weibull và Gamma là tốt nhất cho mô hình hóa phân bố chiều cao của cây. Weibull và Beta phù hợp nhất cho đại lượng đường kính, trong khi Weibull và Gamma lại là phân bố phù hợp nhất cho đường kính tán (Mirzaei *et al.*, 2016). Hàm Burr cho thấy tính linh hoạt tốt để mô phỏng phân bố tần số đường kính (Lima *et al.*, 2017). Hàm Weibull (3P) là phù hợp nhất với phân bố đường kính của rừng tự nhiên tại Anapu, Brazil (Souza *et al.*, 2020). Phân phối Lognormal được tìm thấy là thích hợp nhất cho mô phỏng phân bố tần số của đường kính ngang ngực tại Nigeria (Ogana & Danladi, 2018). Việc khai thác và ứng dụng các phân bố đa biến rất nên được khai thác và sử dụng trong các nghiên cứu tiếp theo, cho nhiều đối tượng rừng khác nhau tại Việt Nam. Chúng sẽ là cơ sở rất tốt cho việc quản lý và phát triển tài nguyên rừng.

#### IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã được tiến hành để phân tích đặc điểm sinh trưởng của các đại lượng và mô hình hóa cho phân bố tần của các đại lượng nghiên cứu. Kết quả tính toán các đặc trưng thống kê cho các đại lượng cho thấy rằng Sa mộc có khả năng sinh trưởng và phát triển tốt tại khu vực nghiên cứu. Với 325 cá thể được đo đếm, thì đường kính trung bình là 16,41 cm, đường kính tán trung bình là 71,11 cm. Chiều cao và chiều

cao dưới cành trung bình lần lượt là 6,71 m và 2,81 m. Trong các đại lượng điều tra thì đường kính tán có mức độ biến động là lớn nhất giữa các trị số quan sát, sau đó đến đường kính và cuối cùng là chiều cao dưới cành. Mức độ đồng nhất cao hơn giữa chiều cao và chiều cao dưới cành. Ngược lại, đường kính tán có sự khác biệt lớn hơn với các đại lượng còn lại. Kết quả phân tích hình dạng cho thấy phân bố chiều cao dưới cành, đường kính tán và đường kính ngang ngực có dạng lệch trái so với số trung bình. Ngược lại, phân bố tần số của chiều cao vút ngọn lại có xu hướng lệch sang phải. Từ kết quả của 10 hàm tốt nhất cho thấy rằng phân bố Gen. Gamma (4P) là phân bố tốt nhất, tiếp đó là phân bố Kumaraswamy và Johnson SB cho đại lượng đường kính. Với đường kính tán, thì phân bố Wakeby lại là phân bố tốt nhất, tiếp đó là phân bố Burr và Gen. Gamma. Với đại lượng chiều cao, phân bố Dagum (4P) là phân bố được xếp hạng cao nhất, tiếp đó là phân bố Dagum và phân bố thứ ba là Gen. Gamma (4P). Cuối cùng, với đại lượng chiều cao dưới cành thì phân bố Fatigue Life (3P) xếp hạng cao nhất, tiếp đó là phân bố Gamma (3P) và thứ ba là phân bố Pearson 6 (4P). Những kết quả từ nghiên cứu này là cơ sở quan trọng cho việc quản lý rừng Sa mộc bền vững trong khu vực nghiên cứu. Đồng thời, là nền móng cho các nghiên cứu khác tiếp tục phát triển. Dung lượng mẫu điều tra trong các nghiên cứu trong tương lai cần được cải thiện để nâng cao độ chính xác trong mô hình hóa phân bố tần số. Ngoài ra, một số tiêu chuẩn kiểm định mức độ phù hợp giữa phân bố lý thuyết và phân bố thực nghiệm khác cũng nên được sử dụng để chứng minh vững chắc hơn khả năng mô hình hóa của các hàm tốt nhất cho đối tượng nghiên cứu.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Jaworski, A. and Podlaski R., 2012. Modelling irregular and multimodal tree diameter distributions by finite mixture models: an approach to stand structure characterisation. *Journal of forest research*, 17(1): p. 79 - 88.
2. Liu, F., 2014. Modeling diameter distributions of mixed-species forest stands. *Scandinavian journal of forest research*. 29(7): p. 653 - 663.
3. Niklas, K.J., Midgley, J.J., and R.H. Rand, 2003. Tree size frequency distributions, plant density, age and community disturbance. *Ecology letters*, 6(5): p. 405 - 411.
4. Lima, R.B., 2017. Diameter distribution in a Brazilian tropical dry forest domain: predictions for the stand and species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89: p. 1189 - 1203.
5. Mirzaei, M., 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*, 2016. 27(4): p. 901 - 906.
6. Sheykholeslami, A., Pasha K., and Lashaki K., 2011. A study of tree distribution in diameter classes in natural forests of Iran (case study: Liresara forest). *Annals of Biological Research*, 2(5): p. 283 - 290.
7. Sa, N.T., 2020. Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc và sinh trưởng loài cây Sa mộc tại Vườn Quốc gia Ba Vì, Hà Nội. *Đại học Lâm nghiệp, Xuân Mai, Hà Nội*.
8. West, P.W., 2009. *Tree and Forest Measurement*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
9. Shiver, B.D. and B.E, 1996. *Borders, Sampling techniques for forest resources inventory*: John Wiley & Sons, Inc. Canada.
10. Nguyễn Hải Tuất, Vũ Tiến Hình, Ngô Kim Khôi, 2006. *Phân tích thống kê trong lâm nghiệp*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, Việt Nam.
11. Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, USA.
12. Klecka, W.R., Iversen G.R., and Klecka W.R., 1980. *Discriminant analysis*. Vol. 19. Sage.
13. Hamann, A., 2016. *Permutational ANOVA and permutational MANOVA*. Department of Renewable Resources, Faculty of Agricultural, Life, and Environmental Sciences, University of Alberta, Canada. Available from: <https://www.ualberta.ca/~ahamann/teaching/renr480/Lab13.pdf> (Accessed 27 April, 2016).
14. Anderson, M.J., 2011. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, (26): p. 32 - 46.
15. Mier, K., 2012. Separating spatial and temporal variation in multi-species community structure using PERMANOVA, a permutational MANOVA. Alaska Fisheries Science Center, 7600 Sand Point Way, Seattle, USA. Available from: [http://www.pmel.noaa.gov/foci/seminars/presentations/Mier\\_FOCI\\_seminar\\_11.14.12.pdf](http://www.pmel.noaa.gov/foci/seminars/presentations/Mier_FOCI_seminar_11.14.12.pdf) (Accessed 28 April, 2016).
16. Shin, H., 2012. Assessment of modified Anderson-Darling test statistics for the generalized extreme value and generalized logistic distributions. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 26(1): p. 105 - 114.
17. Fonseca, T.F., Marques C.P. and Parresol B.R., 2009. Describing Maritime pine diameter distributions with Johnson's sB distribution using a new all-parameter recovery approach. *Forest Science*, 55(4): p. 367 - 373.
18. Souza, D.V., 2020. *Diameter Structure, Spatial Pattern, and Management Scenarios of Acapu Trees: A Case Study*. *Floresta e Ambiente*, 28.
19. Ogana, F.N. and Danladi W.A. , 2018. Comparison of Gamma, Lognormal and Weibull Functions for Characterising Tree Diameters in Natural Forest. *Journal of Forestry Research and Management*, 15(2): p. 33 - 43.

**Email tác giả chính:** hungbm@vfu.edu.vn

**Ngày nhận bài:** 13/01/2023

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa:** 01/02/2023

**Ngày duyệt đăng:** 03/02/2023