

# ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC KHÔNG GIAN VÀ PHI KHÔNG GIAN RỪNG TỰ NHIÊN Ở VƯỜN QUỐC GIA KON KA KINH, TỈNH GIA LAI

Nguyễn Văn Quý<sup>1</sup>, Bùi Mạnh Hưng<sup>2</sup>, Nguyễn Hữu Thế<sup>3</sup>,  
Nguyễn Văn Hợp<sup>1</sup>, Nguyễn Thanh Tuấn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp - Phân hiệu Đồng Nai

<sup>2</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp

<sup>3</sup>Phân viện Điều tra, Quy hoạch rừng Nam Trung Bộ và Tây nguyên

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.2022.1.024-035>

## TÓM TẮT

Hiểu biết về cấu trúc rừng là một trong những điều kiện cần thiết của quản lý rừng bền vững. Bài báo này công bố kết quả nghiên cứu về đặc điểm cấu trúc phi không gian và không gian của 2 trạng thái rừng trung bình và rừng giàu tại Vườn quốc gia Kon Ka Kinh, tỉnh Gia Lai. Dữ liệu nghiên cứu được thu thập từ 3 ô tiêu chuẩn 1 ha (100 m × 100 m) của 3 lâm phần trong kiểu rừng lá rộng thường xanh ở khu vực nghiên cứu. Kết quả cho thấy, trong số 53-64 loài của 2 trạng thái rừng chỉ có 3-5 loài có ý nghĩa về mặt sinh thái ở thời điểm nghiên cứu. Phân bố Khoảng cách mô phỏng tốt cấu trúc đường kính của các lâm phần, còn phân bố Weibull mô phỏng tốt đối với cấu trúc chiều cao lâm phần. Hàm Logarit và Power phù hợp nhất để mô phỏng tương quan giữa chiều cao và đường kính của cây rừng. Mô hình phân bố không gian của các loài chủ yếu là phân bố cụm và ngẫu nhiên. Các loài ưu thế trong các lâm phần thường xuất hiện cùng nhau, giữa chúng có quan hệ tương hỗ ở mức tương đồng 38-42% trên sơ đồ nhánh Cluster Dendrogram. Những kết quả của nghiên cứu này là cơ sở quan trọng cho việc đề xuất các phương án quản lý phù hợp nhằm bảo vệ và phát triển bền vững rừng tại Vườn quốc gia Kon Ka Kinh.

**Từ khóa:** cấu trúc phi không gian, Kon Ka Kinh, lược đồ Voronoi, quan hệ loài, rừng thường xanh.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quản lý rừng bền vững là xu thế tất yếu của quản lý rừng hiện đại, mục tiêu này có thể đạt được hay không phụ thuộc rất nhiều vào sự hiểu biết về cấu trúc rừng của các nhà hoạch định chính sách lâm nghiệp (Yu, 2019). Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, cấu trúc rừng bao gồm cấu trúc không gian và phi không gian, là những yếu tố có thể điều chỉnh được trong quá trình quản lý tài nguyên rừng (Tao và cộng sự, 2020). Trong đó, cấu trúc phi không gian mô tả các đặc điểm cơ bản của lâm phần như cấu trúc tổ thành, đường kính, chiều cao... Cấu trúc không gian không chỉ phản ánh các thuộc tính không gian của cây rừng mà còn có thể cho biết mối quan hệ loài, sự tương tác của loài với môi trường và các quá trình hình thành quần xã thực vật (Liu và cộng sự, 2021; Yan và cộng sự, 2021). Do đó, nghiên cứu cấu trúc rừng rất hữu ích trong việc cung cấp các thông tin khoa học tạo cơ sở cho việc điều chỉnh hợp lý cấu trúc lâm phần, dự báo xu hướng phát triển của rừng và khám phá các

quy luật duy trì tính ổn định các chức năng của hệ sinh thái rừng.

Từ những năm cuối thập niên 70 của thế kỷ trước, các nhà sinh thái học trên thế giới đã sử dụng các phương pháp phân tích mô hình liên quan đến khoảng cách khi nghiên cứu cấu trúc không gian rừng, như sử dụng chỉ số cụm CI (Clumping index), phân tích dựa trên mối quan hệ của các cây lân cận (Nearest neighborhood), sử dụng các hàm thống kê không gian (hàm Ripley' K, hàm J, hàm Oring...) hoặc lược đồ Voronoi (Ripley, 1977; Moeur, 1993; Zhang, 1998). Trong số các phương pháp kể trên, ngoại trừ sử dụng chỉ số cụm CI, các phương pháp còn lại đều dựa vào sơ đồ phân bố điểm (tọa độ của cây rừng) để phân tích định lượng cấu trúc không gian rừng, vì thế các phương pháp này còn được biết đến với tên gọi phương pháp phân tích mô hình điểm không gian (Spatial point-pattern analysis) (Liu, 2014). Những năm gần đây, phương pháp sử dụng các hàm thống kê không gian đã được phổ biến rộng rãi trong nghiên cứu mô hình không gian

của cây rừng (Ben-Said, 2021). Mặc dù có nhiều ưu điểm nhưng phương pháp sử dụng các hàm thống kê không gian cũng có những nhược điểm nhất định, nó cung cấp mô hình thống kê không gian chủ yếu ở cấp độ quần thể và thường khó thu được các thông tin liên quan trực tiếp đến cấu trúc không gian tổng thể của lâm phần (Liu, 2014). Mặt khác, việc xử lý và phân tích số liệu khi sử dụng các hàm thống kê không gian thường phức tạp, khối lượng tính toán tương đối nhiều (Tang, 2010). Trong khi đó, phương pháp phân tích cấu trúc không gian rừng dựa trên mối quan hệ của các cây lân cận thông qua các chỉ số cấu trúc không gian (độ hỗn loài, hệ sống đồng góc, độ tập trung tán...) được cho là dễ thực hiện hơn (Hui và cộng sự, 2004; Hui và cộng sự, 2009; Wang, 2020). Tuy nhiên, việc sử dụng các chỉ số cấu trúc không gian lại liên quan đến hiệu chỉnh cận biên trong xử lý số liệu, phương pháp này đòi hỏi người thực hiện nghiên cứu cần có kinh nghiệm trong việc lựa chọn độ rộng cho vùng đệm của ô nghiên cứu (Liu và cộng sự, 2017; Nguyễn Văn Quý và cộng sự, 2021). Một phương pháp khác có thể khắc phục được nhược điểm của phương pháp sử dụng các chỉ số cấu trúc không gian là dựa trên lược đồ Voronoi, nó không đòi hỏi hiệu chỉnh cận biên, có thể phản ánh cấu trúc không gian tổng thể của lâm phần cũng như mô hình không gian của quần thể một cách trực quan và kết quả đảm bảo độ tin cậy (Zhu, 2015). Trên thế giới đã có rất nhiều tác giả sử dụng lược đồ Voronoi khi thực hiện nghiên cứu cấu trúc không gian rừng nhưng ở nước ta ứng dụng của nó trong lĩnh vực lâm nghiệp còn khá hạn chế.

Bài báo này lấy các loài cây gỗ trong kiểu rừng tự nhiên lá rộng thường xanh ở Vườn quốc gia (VQG) Kon Ka Kinh, tỉnh Gia Lai làm đối tượng nghiên cứu. Biểu đồ Venn, lược đồ Voronoi và sơ đồ nhánh Cluster Dendrogram đã được sử dụng để phân tích đặc điểm cấu trúc rừng tại khu vực nghiên cứu (KVNC). Ba câu hỏi nghiên cứu được đặt ra, bao gồm: (i) Đặc điểm cấu trúc phi không gian (cấu trúc tổ thành, đường kính, chiều cao và

mối tương quan giữa đường kính và chiều cao của cây rừng) trong các lâm phần của trạng thái rừng trung bình và rừng giàu như thế nào? (ii) Cấu trúc không gian của cây rừng và các loài ưu thế giữa các trạng thái rừng có sự khác biệt không? (iii) Mối quan hệ sinh thái của các loài ưu thế trong các lâm phần nghiên cứu như thế nào?

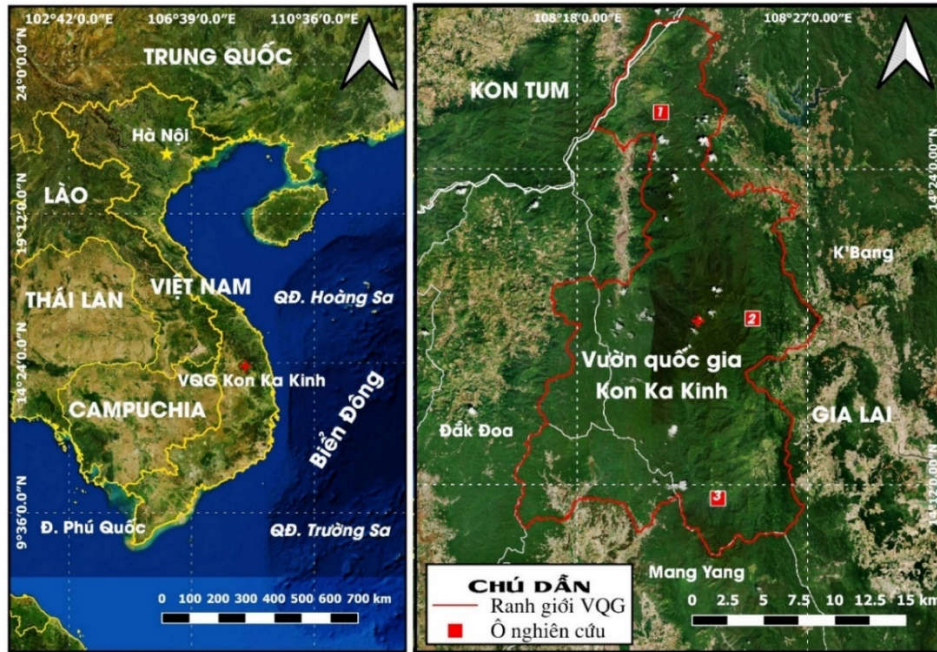
Nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu góp phần cung cấp cơ sở lý thuyết tin cậy phục vụ cho công tác lượng giá trị của rừng và đề xuất các phương án quản lý, bảo vệ và phát triển rừng bền vững tại KVNC.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Địa điểm nghiên cứu

VQG Kon Ka Kinh thuộc địa giới hành chính 3 huyện của tỉnh Gia Lai là Mang Yang, K'bang và Đăk Đoa. Tọa độ địa lý của VQG Kon Ka Kinh từ 14°09'22" đến 14°29'52" vĩ độ Bắc, 108°15'26" đến 108°27'25" kinh độ Đông. Tổng diện tích tự nhiên là 41.780 ha, trong đó 33.146 ha đất có rừng (chiếm 80% tổng diện tích của VQG). Kon Ka Kinh chịu ảnh hưởng của chế độ khí hậu nhiệt đới gió mùa cao nguyên, mỗi năm có 2 mùa rõ rệt là mùa mưa (từ tháng 5-11) và mùa khô (từ tháng 12 đến tháng 4 của năm sau). Nhiệt độ trung bình hàng năm từ 21-25°C, tổng lượng mưa trung bình hàng năm biến động từ 2.000 - 2.500 mm, độ ẩm bình quân năm 80%. Địa hình thấp dần từ Bắc xuống Nam, mức độ chia cắt không quá phức tạp, độ cao dao động từ 900-1.500 m so với mực nước biển (Hà Thăng Long và cộng sự, 2014).

Ba ô tiêu chuẩn (OTC) được đặt tại các vị trí có tọa độ tương ứng, OTC 1: 14°26'0.01" vĩ độ Bắc, 108°21'14.58" kinh độ Đông; OTC 2: 14°18'6.19" vĩ độ Bắc, 108°24'47.17" kinh độ Đông; OTC 3: 14°11'29.11" vĩ độ Bắc, 108°23'25.79" kinh độ Đông (Hình 1). Quần xã thực vật của KVNC đặc trưng bởi kiểu rừng kín thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới núi thấp với một số ưu hợp điển hình là các loài thuộc họ Sim (Myrtaceae), Long não (Lauraceae), Mộc lan (Magnoliaceae), Dẻ (Fagaceae)... (Vườn quốc gia Kon Ka Kinh, 2019).



Hình 1. Địa điểm nghiên cứu và vị trí các ô tiêu chuẩn điều tra

## 2.2. Phương pháp điều tra và thu thập dữ liệu

Tại địa điểm nghiên cứu, 3 OTC có diện tích 1 ha/ô (100×100 m) đã được thiết lập. Sử dụng phương pháp lưới ô vuông chia OTC thành 25 ô thứ cấp 400 m<sup>2</sup>/ô (20×20 m). Trong ô thứ cấp tiến hành thu thập các thông tin cho tất cả các cây gỗ có đường kính tại vị trí 1,3 m ( $D_{1.3}$ ) > 5 cm, bao gồm:  $D_{1.3}$  được đo bằng thước kẹp kính với độ chính xác 0,1 cm; chiều cao vút ngọn ( $H_{vn}$ ) được đo bằng thước Blume – Leiss với độ chính xác 0,5 m; lấy góc giao giữa 2 cạnh của OTC theo hướng Tây – Bắc và Tây – Nam làm gốc tọa độ theo hệ quy chiếu, xác định tên loài và tọa độ tương đối của từng cây trong OTC bằng thước dây và la bàn.

## 2.3. Phương pháp xử lý số liệu

### 2.3.1. Xác định một số chỉ tiêu cấu trúc phi không gian

Trong mỗi OTC, các chỉ tiêu về cấu trúc phi không gian của lâm phần được xác định bao gồm: mật độ (N), đường kính bình quân ( $\bar{D}_{1.3}$ ), chiều cao bình quân ( $\bar{H}_{vn}$ ), tổng tiết diện ngang (G) và trữ lượng (M).

a. *Xác định loài cây ưu thế*: loài ưu thế được xác định dựa trên chỉ số giá trị quan trọng (IVI%) thông qua số cây, tiết diện ngang và thể tích thân cây của loài. Chỉ số IVI% được tính theo công thức sau (dẫn theo

Nguyễn Văn Thêm, 2004):

$$IVI\% = (N_i\% + G_i\% + V_i\%) / 3 \quad (1)$$

Trong đó: IVI% là chỉ số giá trị quan trọng của loài i,  $N_i\%$  là mật độ tương đối,  $G_i\%$  là tiết diện ngang thân cây tương đối và  $V_i\%$  là thể tích thân cây tương đối của loài i so với tất cả cây trong OTC.

Theo Daniel Marmillod, những loài cây nào có  $IVI\% > 5\%$  thì loài đó mới thực sự có ý nghĩa về mặt sinh thái trong lâm phần (dẫn theo Nguyễn Thị Thu Hiền, 2015). Mặt khác, theo Thái Văn Trùng (1978), trong một lâm phần nhóm loài cây nào có trị số  $IVI\% \geq 50\%$  tổng số cá thể của tầng cây cao thì nhóm loài đó được coi là nhóm loài ưu thế.

b. *Xác định trạng thái rừng*: trạng thái rừng của các lâm phần được xác định dựa trên Thông tư số 33/2018 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn: Quy định về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng (Bộ Nông nghiệp và phát triển Nông thôn, 2018).

c. *Sự tương đồng về thành phần loài cây giữa các lâm phần*: dựa trên thành phần và số lượng loài của mỗi OTC, chỉ số tương đồng (SI) được sử dụng để phân tích sự tương đồng về thành phần loài giữa các lâm phần nghiên cứu. Công thức tính chỉ số tương đồng như sau (dẫn theo Nguyễn Thị Yên, 2015):

$$SI = 2C/(A+B) \quad (2)$$

Trong đó: C là số lượng loài xuất hiện cả ở 2 khu vực A và B; A là số lượng loài của khu vực A; B là số lượng loài của khu vực B.

Ngoài ra, biểu đồ Venn cũng được sử dụng để mô tả sự tương đồng về thành phần loài giữa các lâm phần. Biểu đồ Venn được xây dựng thông qua Package ‘nVennR’ trên phần mềm R phiên bản 4.1.2.

### 2.3.2. Xác định một số quy luật cấu trúc phi không gian

a. Phân bố số cây theo cấp đường kính ( $N/D_{1.3}$ ) và cấp chiều cao ( $N/H_{vn}$ )

Các phân bố thực nghiệm  $N/D_{1.3}$  và  $N/H_{vn}$  được mô tả bằng các mô hình phân bố lý thuyết là phân bố giảm (dạng hàm Meyer), phân bố Khoảng cách và phân bố Weibull dựa trên Package ‘MASS’ trên phần mềm R v4.1.2.

b. Mô phỏng quy luật tương quan giữa chiều cao và đường kính ( $H_{vn}/D_{1.3}$ )

Nghiên cứu tiến hành thử nghiệm 4 dạng phương trình để biểu diễn mối quan hệ giữa chiều cao vút ngọn và đường kính ngang ngực của các cây trong lâm phần, các phương trình cụ thể như sau:

Logarit:  $H = a + b \cdot \ln(D)$  (3)

Power:  $H = a \cdot D^b$  (4)

Compound:  $H = a \cdot b^D$  (5)

Hàm S:  $H = \text{Exp}(a + b/D)$  (6)

Phương trình được chọn là phương trình có hệ số xác định ( $R^2$ ) cao nhất, sai tiêu chuẩn hồi quy (SE) nhỏ và các tham số đều tồn tại trong tổng thể với  $\text{Sigf.} < 0,05$ .

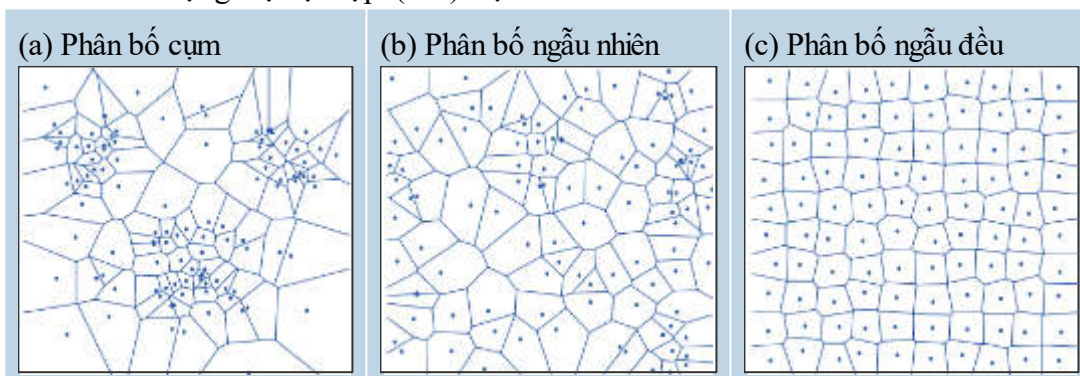
### 2.3.3. Phân tích đặc điểm cấu trúc không gian của lâm phần và các loài cây ưu thế

Nghiên cứu sử dụng độ tụ hợp (CV) dựa

trên lược đồ Voronoi của các loài cây trong các OTC để phân tích đặc điểm phân bố không gian của các loài. Trong đó, lược đồ Voronoi của các loài cây rừng là một phép chia mặt phẳng thành nhiều đa giác Voronoi, mỗi cây rừng tương ứng với một đa giác Voronoi. Diện tích của đa giác Voronoi thay đổi theo sự phân bố không gian của cây rừng và sự thay đổi này được ước tính bằng độ tụ hợp (Hệ số biến thiên - CV). Độ tụ hợp là tỷ số giữa độ lệch chuẩn của diện tích các đa giác Voronoi và giá trị trung bình. Công thức tính (dẫn theo Zhao và cộng sự, 2010):

$$CV = \sigma/\mu \quad (7)$$

Trong đó,  $\mu$  là giá trị diện tích trung bình của các đa giác Voronoi,  $\sigma$  là giá trị của phương sai. Độ tụ hợp được sử dụng để xem xét mức độ thay đổi không gian của cây rừng và phản ánh mật độ không gian vĩ mô của lâm phần. Khi cây rừng có dạng phân bố đều, sự thay đổi của diện tích các đa giác Voronoi là nhỏ và giá trị CV thấp; ngược lại, khi cây rừng phân bố ngẫu nhiên hay cụm lại, sự thay đổi của diện tích các đa giác Voronoi là lớn và giá trị CV cao. Charles và Gilles (2000) đã đưa ra 3 mức giá trị của độ tụ hợp (CV) để phản ánh cấu trúc không gian rừng: nếu  $CV < 0,33$  thì cây rừng có dạng phân bố đều; nếu  $0,33 \leq CV \leq 0,64$  thì cây rừng có dạng phân bố ngẫu nhiên; nếu  $CV > 0,64$  thì cây rừng có dạng phân bố cụm (Hình 2). Xây dựng lược đồ Voronoi và tính toán giá trị diện tích các đa giác Voronoi của các loài cây được thực hiện thông qua Package ‘ggvoronoi’ trên phần mềm R phiên bản 4.1.2.



Hình 2. Đặc trưng của độ tụ hợp dựa trên lược đồ Voronoi

**2.3.4. Phân tích mối quan hệ của các loài cây rừng**

Nghiên cứu mối quan hệ của các loài cây trong lâm phần được thực hiện dựa trên phương pháp phân tích tương đồng của Bray - Curtis và nhóm trung bình (Group average), trong đó hai biến được sử dụng là loài cây và ô thứ cấp. Nghiên cứu đã sử dụng kỹ thuật phân tích sơ đồ nhánh (Cluster Dendrogram - CD) trên phần mềm R v4.1.2 thông qua Package ‘ggdendro’ để xác định các loài cây thường

xuất hiện cùng nhau và có số lượng cá thể tương đương.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Một số chỉ tiêu cấu trúc của các lâm phần**

Một số chỉ tiêu về yếu tố cấu trúc của các lâm phần là mật độ (N), đường kính ngang ngực bình quân ( $\bar{D}_{1.3}$ ), chiều cao vút ngọn bình quân ( $\bar{H}_{vn}$ ), tổng tiết diện ngang (G) và trữ lượng (M) được tổng hợp trong bảng 1.

**Bảng 1. Tổng hợp một số đặc điểm cấu trúc lâm phần tại khu vực nghiên cứu**

OTC	N (cây/ha)	$\bar{D}_{1.3}$ (cm)	$\bar{H}_{vn}$ (m)	G (m <sup>2</sup> /ha)	M (m <sup>3</sup> /ha)	Trạng thái
1	1839	11,44 ± 5,13	8,23 ± 1,97	22,70	101,65	TXB
2	1322	15,27 ± 10,3	12,77 ± 4,18	35,23	284,47	TXG
3	997	17,26 ± 11,37	13,06 ± 4,36	33,42	268,49	TXG

Ghi chú: TXB – trạng thái rừng thường xanh trung bình; TXG – trạng thái rừng thường xanh giàu.

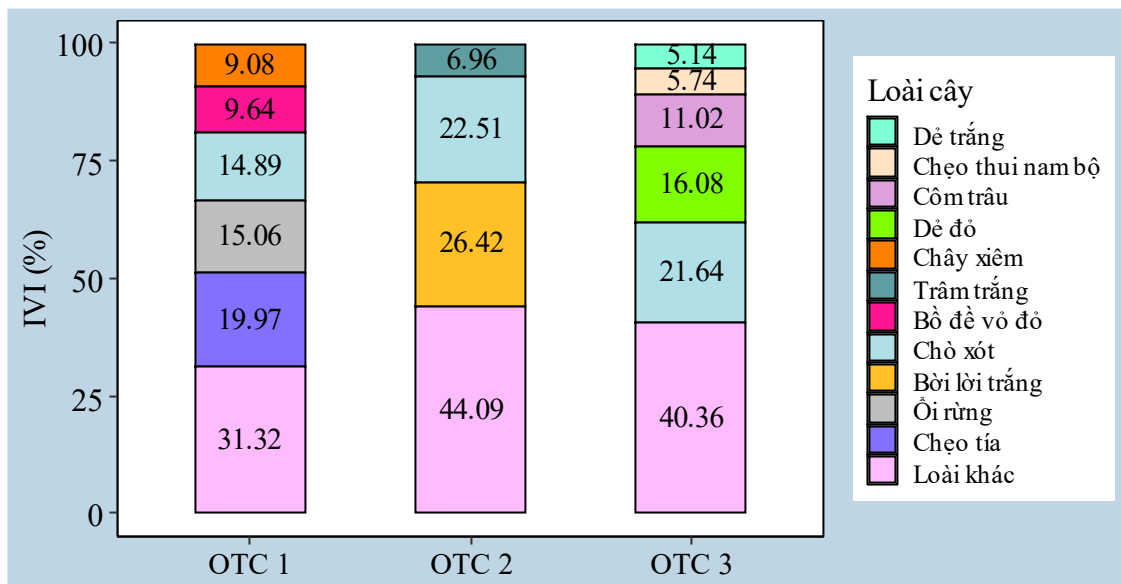
Kết quả phân tích các chỉ tiêu cấu trúc của các lâm phần cho thấy, mật độ của trạng thái rừng trung bình (1839 cây/ha) lớn hơn so với rừng giàu (1322 và 997 cây/ha). Tuy nhiên đường kính, chiều cao bình quân, tổng tiết diện ngang và trữ lượng của trạng thái rừng trung bình (OTC 1) thấp hơn so với rừng giàu (OTC 2 và 3). Ở trạng thái rừng giàu, mật độ các lâm phần có sự chênh lệch lớn (325 cây/ha) nhưng tổng tiết diện ngang và trữ lượng chênh lệch

không quá nhiều (1,81 m<sup>2</sup>/ha và 15,98 m<sup>3</sup>/ha).

**3.2. Đặc điểm cấu trúc phi không gian của các lâm phần**

**3.2.1. Cấu trúc tổ thành và sự tương đồng về thành phần loài giữa các lâm phần**

Kết quả nghiên cứu cho thấy, số loài ghi nhận ở trạng thái rừng giàu (58 loài của OTC 2 và 64 loài của OTC 3) là nhiều hơn so với rừng trung bình (53 loài của OTC 1).



**Hình 3. Cấu trúc tổ thành của các lâm phần tại KVNC**

Đối với trạng thái rừng trung bình (OTC 1), chỉ có 5 loài thực sự có ý nghĩa về mặt sinh thái (IVI > 5%) tạo thành nhóm loài ưu thế với tổng giá trị IVI% chiếm 68,68%; bao gồm Chẹo tía (*Engelhardtia roxburghiana*), Chây xiêm (*Buchanania siamensis*), Bồ đề vỏ đỏ (*Styrax suberifolium*), Chò xốt (*Schima superba*) và Ổi rừng (*Tristaniopsis burmanica*) (Hình 3). Ở trạng thái rừng giàu (OTC 2 và 3), nhóm loài cây ưu thế có sự khác biệt rõ ràng về số lượng và thành phần loài cây. Nhóm loài ưu thế của OTC 2 gồm 3 loài là Bời lời vàng (*Litsea pierrei*), Chò xốt và Trâm trắng (*Syzygium wightianum*); 3 loài này có tổng IVI% chiếm 55,9% so với 61 loài khác. Trong khi đó, nhóm loài ưu thế của OTC 3 gồm 5 loài là Chò

xốt, Côm trâu (*Elaeocarpus floribundus*), Dẻ đỏ (*Lithocarpus ducampii*), Dẻ trắng (*Lithocarpus dealbatus*) và Chẹo thui nam bộ (*Helicia cochinchinensis*); tổng IVI% của 5 loài ưu thế chiếm 59,64%.

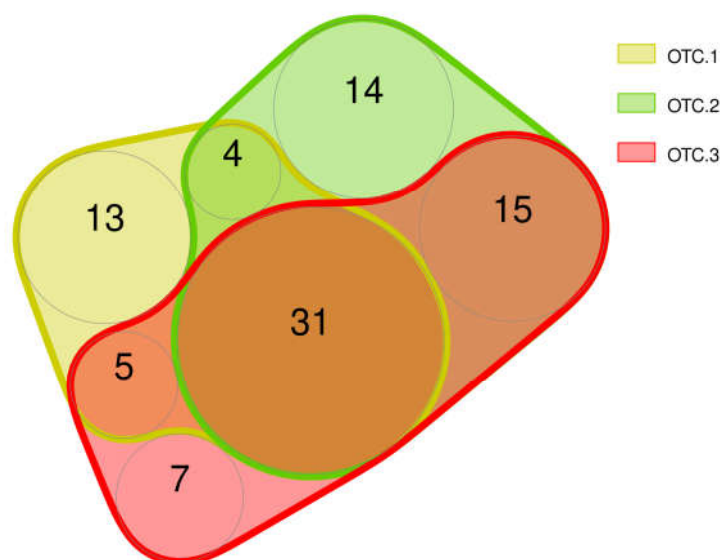
Thuộc cùng một kiểu rừng, nhưng do tác động của các nhân tố bên ngoài khác nhau có thể xuất hiện các quần lạc thực vật thứ sinh với cấu trúc tổ thành khác nhau (Nguyễn Nghĩa Thìn, 2004). Kết quả phân tích cho thấy, chỉ số tương đồng SI biến động từ 0,598-0,754 (Bảng 2). Thành phần loài giữa các lâm phần của trạng thái rừng giàu có sự tương đồng cao (0,754), trong khi giữa trạng thái rừng trung bình và rừng giàu chỉ số tương đồng SI thấp hơn (0,598-0,649).

**Bảng 2. Chỉ số tương đồng SI giữa các lâm phần**

Lâm phần	OTC 1	OTC 2	OTC 3
OTC 1	1	0,598	0,649
OTC 2		1	0,754
OTC 3			1

Kết quả phân tích biểu đồ Venn cũng chỉ ra rằng, số loài có phạm vi phân bố rộng ở KVNC là nhiều hơn so với các loài có phạm vi phân bố hẹp (Hình 4). Trong khu vực nghiên cứu, có

tới 31 loài xuất hiện ở cả 3 lâm phần, trong số đó các loài cây ưu thế đều có mặt; số loài có phạm vi phân bố hẹp tại KVNC biến động từ 7-14 loài.



**Hình 4. Biểu đồ Venn mô tả sự tương đồng về thành phần loài của các lâm phần**

**3.2.2. Cấu trúc đường kính và chiều cao của các lâm phần**

Phân bố số cây theo cấp đường kính (N/D<sub>1.3</sub>) được mô phỏng bằng phân bố Khoảng cách và

phân bố số cây theo cấp chiều cao (N/H<sub>vn</sub>) được mô phỏng theo phân bố Weibull, kết quả được thể hiện trong bảng 3.

**Bảng 3. Kết quả mô phỏng cấu trúc đường kính và chiều cao của các lâm phần**

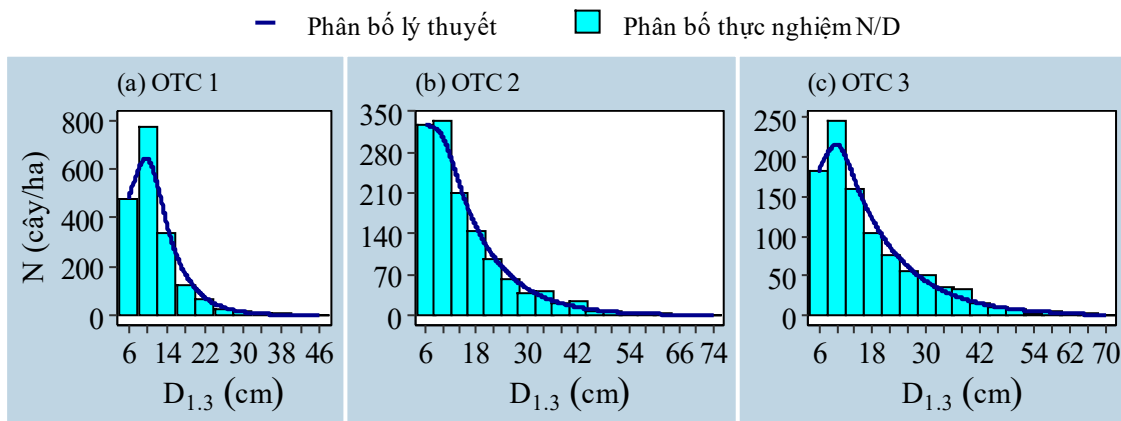
OTC	Chỉ tiêu	Tham số			$\chi^2_{tính}$	$\chi^2_{05} (kt)$	Kết luận
		$\alpha$	$\gamma$	$\lambda$			
1	D <sub>1.3</sub>	0,44	0,26		7,78	11,07	H <sub>0</sub> <sup>+</sup>
2		0,67	0,25		14,52	16,92	H <sub>0</sub> <sup>+</sup>
3		0,71	0,18		13,65	18,31	H <sub>0</sub> <sup>+</sup>
1	H <sub>VN</sub>	2,43		0,018	1,33	9,49	H <sub>0</sub> <sup>+</sup>
2		2,34		0,003	12,16	18,31	H <sub>0</sub> <sup>+</sup>
3		2,11		0,007	9,61	16,92	H <sub>0</sub> <sup>+</sup>

Kết quả nghiên cứu cấu trúc đường kính cho thấy, phân bố Khoảng cách mô phỏng tốt cho phân bố thực nghiệm, trong khi đó phân bố Weibull phù hợp để mô phỏng cấu trúc chiều cao của cây rừng trong các lâm phần.

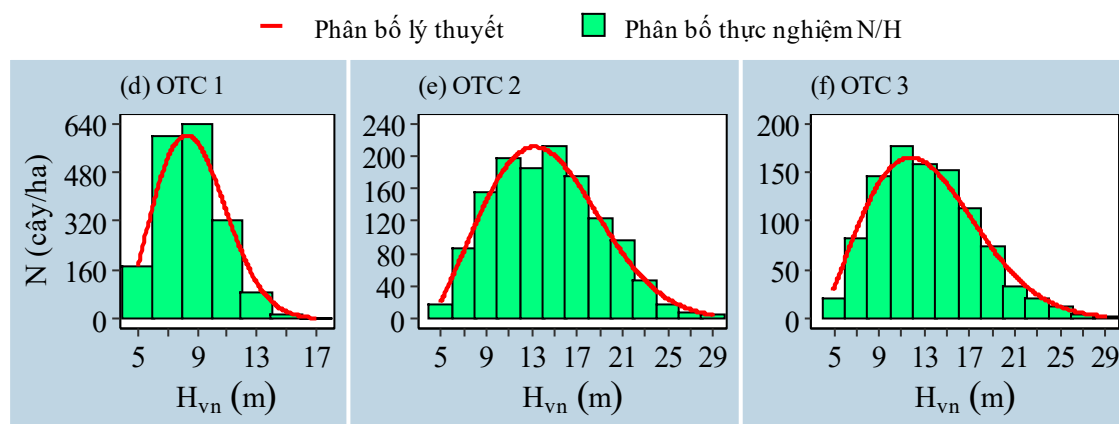
Cấu trúc đường kính có dạng hình chữ J ngược, số cây tập trung phần lớn ở các cấp kính nhỏ (6-22 cm), số cây ở các cấp kính lớn ít hơn, điều này chỉ ra rằng các lâm phần trong KVNC có sự đa dạng về sinh trưởng và đây cũng là đặc trưng về cấu trúc đường kính của rừng tự nhiên hỗn loài khác tuổi (Hình 5a-c). So với phân bố lý thuyết, số cây thực tế ít hơn ở các cấp kính 10, 16 cm (TXB) và các cấp kính 18, 20, 30 cm (TXG). Nghiên cứu về cấu trúc đường kính trên đối tượng rừng thường xanh lá rộng ở trong nước đã có rất nhiều, các nghiên cứu trước đây cũng chỉ ra rằng phân bố số cây theo cấp đường kính của cây rừng tự nhiên thường có xu hướng giảm dần (Nguyễn Thị Thu Hiền, 2015). Kết quả của nghiên cứu này có sự tương đồng so với kết quả của nhiều tác giả đã công bố trước đây. Khi nghiên cứu về cấu trúc rừng và đa dạng loài cây gỗ của

kiểu rừng lá rộng thường xanh tại VQG Ba Bể, Cao Thị Thu Hiền và cộng sự (2019) phát hiện phân bố Khoảng cách có thể mô phỏng tốt cấu trúc đường kính của các lâm phần. Nguyễn Thị Thu Hiền (2015) cũng nhận định, có thể sử dụng phân bố Khoảng cách và phân bố Weibull để mô phỏng cấu trúc đường kính của cây rừng trong các lâm phần của kiểu rừng tự nhiên lá rộng thường xanh ở một số khu rừng đặc dụng miền Bắc Việt Nam.

Kết quả mô phỏng cấu trúc chiều cao theo phân bố Weibull cho thấy, phân bố số cây theo cấp chiều cao của cây rừng có dạng một đỉnh lệch trái ( $\alpha < 3$ ). Số cây tập trung nhiều ở cấp chiều cao 7-9 m (TXB) và 11-17 m (TXG) (Hình 5d-f). So với phân bố lý thuyết, phân bố thực nghiệm tương đối tiệm cận; ở trạng thái rừng giàu số cây ở các cấp chiều cao 5-7 m ít hơn so với phân bố lý thuyết. Kết quả nghiên cứu cấu trúc chiều cao của các lâm phần cũng chỉ ra rằng, cấu trúc tầng tán ở trạng thái rừng giàu là phức tạp hơn so với rừng trung bình (đa dạng các cấp chiều cao).



**Hình 5. Phân bố số cây theo cấp đường kính và chiều cao của các lâm phần**



Hình 5 (tiếp). Phân bố số cây theo cấp đường kính và chiều cao của các lâm phần

### 3.2.3. Quy luật tương quan giữa chiều cao và đường kính của cây rừng

Kết quả thử nghiệm 4 dạng phương trình biểu diễn mối tương quan giữa H<sub>vn</sub> và D<sub>1.3</sub> của cây rừng ở các lâm phần nghiên cứu được tổng hợp trong Bảng 4. Từ dẫn liệu trong Bảng 4 cho thấy, hệ số xác định R<sup>2</sup> dao động từ 0,54-0,691; điều này chứng tỏ cả 4 dạng hàm S, Logarit, Power, Compound đều có thể mô tả tốt quy luật tương quan giữa chiều cao và

đường kính. Đối với trạng thái rừng trung bình (OTC 1), hàm Logarit với hệ số R<sup>2</sup> lớn nhất (0,637), chỉ số SE nhỏ và các tham số đều tồn tại trong tổng thể với Sig.f < 0,05; trong khi đó hàm Power có hệ số R<sup>2</sup> lớn nhất đối với trạng thái rừng giàu (0,691 và 0,682), do đó 2 dạng hàm này được lựa chọn để biểu diễn mối tương quan H<sub>vn</sub>/D<sub>1.3</sub> của cây rừng trong các lâm phần. Phương trình cụ thể như sau:

Trạng thái rừng trung bình:  $H_{vn} = -2,282 + 4,570 * \ln(D_{1.3})$  (OTC 1)  
 Trạng thái rừng giàu:  $H_{vn} = 3,297 * D_{1.3}^{0,508}$  (OTC 2)  
 $H_{vn} = 3,137 * D_{1.3}^{0,509}$  (OTC 3)

Bảng 4. Kết quả lựa chọn dạng tương quan H<sub>vn</sub>/D<sub>1.3</sub> cho các lâm phần tại KVNC

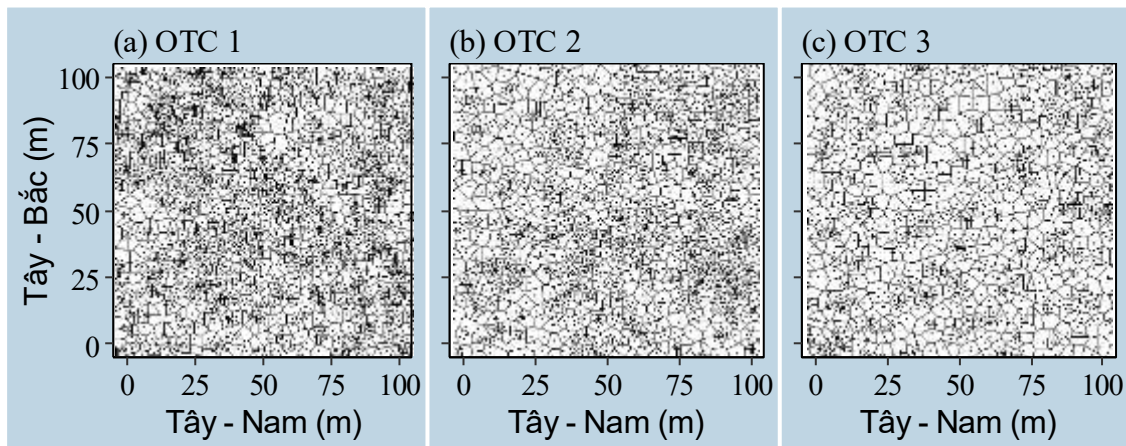
OTC	Hàm	R <sup>2</sup>	SE	Sig.f	a	b
1	Logarit	0,637	0,407	0,000	-2,282	4,470
	Power	0,604	0,237	0,000	2,544	0,486
	Compound	0,534	0,352	0,000	5,391	1,036
	S	0,540	0,461	0,000	2,611	-5,317
2	Logarit	0,690	0,506	0,000	-4,766	6,865
	Power	0,691	0,461	0,000	3,297	0,508
	Compound	0,588	0,549	0,000	7,973	1,028
3	S	0,594	0,684	0,000	3,040	-6,159
	Logarit	0,645	0,719	0,000	-5,039	6,783
	Power	0,682	0,475	0,000	3,137	0,509
	Compound	0,597	0,667	0,000	7,936	1,025
	S	0,622	0,607	0,000	3,053	-6,782

### 3.3. Đặc điểm cấu trúc không gian của các lâm phần

Các Hình 6a-c lần lượt là lược đồ Voronoi của cây rừng trong các lâm phần, ứng với mỗi đa giác Voronoi trên lược đồ là 1 cá thể cây trong ô nghiên cứu, diện tích trung bình của các đa giác

Voronoi giảm khi mật độ của cây rừng tăng lên. Lược đồ Voronoi ngoài khả năng mô tả cấu trúc không gian của rừng còn có thể phản ánh động thái tái sinh dựa trên sự hình thành và thay đổi các khoảng trống trên lược đồ (cấu trúc vết khảm không cố định) (Zhao và cộng sự, 2010).

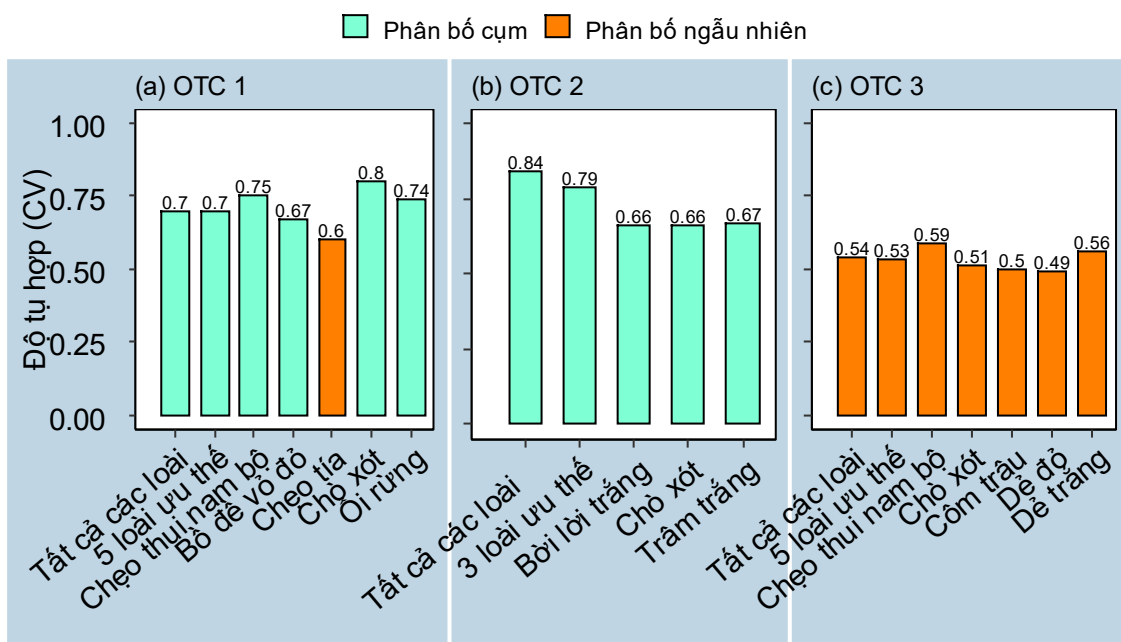




Hình 6. Lược đồ Voronoi của cây rừng trong các lâm phần

Kết quả phân tích cấu trúc không gian của các lâm phần và các loài ưu thế dựa trên độ tụ hợp cho thấy, mô hình không gian của cây rừng trong 3 lâm phần chủ yếu là kiểu cụm và ngẫu nhiên (Hình 7). Đối với trạng thái rừng trung bình, mô hình không gian của cây rừng, của 5 loài ưu thế và tính riêng cho từng loài là phân bố kiểu cụm (ngoại trừ loài Chẹo tía phân bố kiểu ngẫu nhiên) (Hình 7a). Ở trạng thái rừng giàu có sự khác biệt rất rõ ràng về mô hình không gian của các loài cây trong các lâm phần (Hình 7b và c); cây rừng có phân bố kiểu cụm ở OTC 2 và có phân bố kiểu ngẫu nhiên ở OTC 3, điều này có thể do mật độ của các lâm phần chênh lệch lớn (325 cây/ha). Kết quả nghiên cứu này có sự tương đồng so với một số

nghiên cứu về cấu trúc không gian rừng đã được công bố trước đây. Nghiên cứu được thực hiện bởi Nguyễn Văn Quý và cộng sự (2021) đã phát hiện mật độ chi phối mô hình phân bố không gian của cây rừng tự nhiên tại Khu bảo tồn thiên nhiên Núi Ông, tỉnh Bình Thuận. Trong nghiên cứu của Nguyễn Văn Quý và cộng sự (2021) tại Khu bảo tồn thiên nhiên Bình Châu – Phước Bửu, các tác giả cũng đã chứng minh việc sử dụng chỉ số độ tụ hợp (CV) dựa trên lược đồ Voronoi cho kết quả hoàn toàn tương đồng so với phương pháp sử dụng hệ số đồng góc dựa trên mối quan hệ của các cây lân cận, nhưng phương pháp dựa trên lược đồ Voronoi có nhiều ưu điểm như phản ánh cấu trúc không gian của lâm phần ở mức vĩ mô hơn.



Hình 7. Đặc điểm tụ hợp (CV) của các loài cây trong các lâm phần



thích hợp để mô phỏng cấu trúc chiều cao của cây rừng. Mỗi tương quan giữa chiều cao và đường kính của cây rừng trong các lâm phần có thể mô phỏng dưới 4 dạng hàm S, Logarit, Power, Compound; tuy nhiên, đối với trạng thái rừng trung bình hàm Logarit là thích hợp nhất và ở trạng thái rừng giàu là hàm Power.

Mô hình phân bố không gian của cây rừng chủ yếu là phân bố cụm và ngẫu nhiên. Mật độ của lâm phần có ảnh hưởng đến mô hình phân bố không gian của các loài trên mặt đất rừng; các loài cây ưu thế của trạng thái rừng trung bình và giàu với mật độ cao > 1300 cây/ha chủ yếu có phân bố kiểu cụm; ở mật độ dưới 1000 cây/ha, các loài cây ưu thế chủ yếu có kiểu phân bố là ngẫu nhiên. Các loài cây ưu thế của các lâm phần có phạm vi phân bố rộng, thường xuất hiện cùng nhau và có quan hệ tương hỗ về mặt sinh thái ở mức tương đồng từ 38-42% trên sơ đồ nhánh CD.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Bộ Nông nghiệp và phát triển Nông thôn (2018). *Thông tư số 33/2018/TT-BNNPTNT: Thông tư Quy định về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng, ban hành ngày 16 tháng 11 năm 2018.*
2. Charles D, Gilles G (2000). Voronoi tessellation to study the numerical density and the spatial distribution of neurones. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 20(1): 83-92.
3. Cao Thị Thu Hiền, Nguyễn Đăng Cường, Bùi Mạnh Hưng, Nguyễn Văn Bích (2019). Một số đặc điểm cấu trúc và đa dạng loài cây gỗ của rừng lá rộng thường xanh tại Vườn quốc gia Ba Bê. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, số 3-2019: 35-45.
4. Nguyễn Thị Thu Hiền (2015). *Nghiên cứu cấu trúc và xây dựng mô hình tăng trưởng đường kính rừng tự nhiên lá rộng thường xanh một số khu rừng đặc dụng miền Bắc Việt Nam.* Luận án tiến sĩ, Đại học Thái Nguyên.
5. Hui G Y, Von Gadow K, Hu Y B, Chen B W (2004). Characterizing forest spatial distribution pattern with the mean value of uniform angle index. *Acta Ecologica Sinica*, 24(6): 1225-1229.
6. Hui G Y, Von Gadow K, Alert M (1999). The neighbourhood pattern-a new structure parameter for describing distribution of forest tree position. *Scientia Silvae Sinicae*, 35(1): 37-42.
7. Liu S, Wu S C, Wang H, Zhang J, Li J J, Wang C L (2014). The stand spatial model and pattern based on Voronoi diagram. *Acta Ecologica Sinica*, 34(6): 1436-1443.
8. Liu, S., Zhang, J., Li J. J, Zhou, G. X, Wu, S. C

(2017). Edge correction of Voronoi diagram in forest spatial structure analysis. *Scientia Silvae Sinicae*, 53(1): 28-37.

9. Liu Y, Li C X, Meng Y B, Wang Z C, Zhao J H, Li Y X (2021). Stand structure characteristics of secondary mixed forests in Great Xing'an mountains based on CAPV. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 41(3): 96-110.

10. Hà Thăng Long, Nguyễn Văn Hoan, Nguyễn Thị Tịnh, Trần Hữu Vỹ, Nguyễn Ái Tâm, Bùi Văn Tuấn, Nguyễn Thị Tiên (2014). *Vườn quốc gia Kon Ka Kinh vùng đa dạng sinh học quan trọng của Tây Nguyên.* Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.

11. Mariem Ben-Said (2021). Spatial point-pattern analysis as a powerful tool in identifying pattern-process relationships in plant ecology: an updated review. *Ecological Processes*, (2021) 10:56.

12. Moeur M (1993). Characterizing spatial patterns of trees using stemmapped data. *Forest Science*, 39(4): 756-775.

13. Nguyễn Văn Quý, Nguyễn Thanh Tuấn, Nguyễn Văn Hợp, Nguyễn Văn Thành (2021). Đặc điểm cấu trúc không gian của các loài cây ưu thế trong rừng tự nhiên trung bình tại khu bảo tồn thiên nhiên Bình Châu – Phước Bửu. *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp*, số 3/2021: 93-105.

14. Nguyễn Văn Quý, Bùi Mạnh Hưng, Phạm Thanh Hà, Nguyễn Thanh Tuấn, Nguyễn Hữu Thế (2021). Đặc điểm cấu trúc không gian cây rừng tự nhiên Khu Bảo tồn thiên nhiên Núi Ông, tỉnh Bình Thuận. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, số 6-2021: 69-80.

15. Ripley B D (1977). Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 39(2): 172-212.

16. Tang M P (2010). Advances in study of forest spatial structure. *Scientia Silvae Sinicae*, 46(1): 117-122.

17. Tao G H, Bu Y K, Xue W P, Zuo M M, Lu R, Li W Z (2020). Relationship between understory diversity and stand spatial structure in air-drilled *Pinus tabulaeformis* forests of different densities. *Journal of Forest and Environment*, 40(2): 171-177.

18. Nguyễn Văn Thâm (2004). *Hướng dẫn sử dụng Statgraphics Plus Version 3.0&5.1 để xử lý thông tin trong lâm học.* Nhà xuất bản Nông nghiệp, chi nhánh thành phố. Hồ Chí Minh.

19. Nguyễn Nghĩa Thìn (2004). *Hệ sinh thái rừng nhiệt đới.* Nhà xuất bản Đại học quốc gia Hà Nội.

20. Thái Văn Trùng (1978). *Thảm thực vật rừng Việt Nam.* Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.

21. Vườn quốc gia Kon Ka Kinh (2019). *Báo cáo công tác quản lý, bảo vệ rừng tại Vườn quốc gia Kon Ka Kinh, tỉnh Gia Lai năm 2019.*

22. Wang Y R, Li J P, Cao X Y, Tang T, Yan J R, Wang X (2020). Stand Structure of Chinese fir and *Phoebe bournei* Mixed Forest with Binary Distribution

Spatial Structure Parameters. *Journal of Northeast Forestry University*, 48(7): 55-59.

23. Yan H, Sun F F, Ma S M, Wang C C, Zhang D, Zhang Y L (2021). Population structure and spatial distribution pattern of *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum*. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 34(8): 1781-1787.

24. Nguyễn Thị Yên (2015). *Nghiên cứu tính đa dạng thực vật trong các hệ sinh thái rừng ở Vườn quốc gia Xuân Sơn, tỉnh Phú Thọ làm cơ sở cho công tác quy hoạch và bảo tồn*. Luận án tiến sĩ, Đại học Thái Nguyên.

25. Yu S F (2019). *Correlation analysis of stand structure and site environmental characteristics of three typical coniferous-broadleaved mixed secondary forests*

*in Nan Pan Jiang River Basin*. Ph.D. thesis of Nanjing Forestry University.

26. Zhang J T (1998). Analysis of spatial point pattern for plant species. *Acta Phytoecologica Sinica*, 22(4): 344-349.

27. Zhao C Y, Li J P, Li J J (2010). Quantitative analysis of forest stands spatial structure based on Voronoi diagram and Delaunay triangulation. *Forestry Science*, 46(6): 78-84.

28. Zhu L N, Peng Z D, Yu L F (2015). Analysis of spatial structure of scenic and recreational forest of Olympic Forest Park based on Voronoi. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 35(7): 57-61.

## SPATIAL AND NON-SPATIAL STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF NATURAL FOREST IN KON KA KINH NATIONAL PARK, GIA LAI PROVINCE

**Nguyen Van Quy<sup>1</sup>, Bui Manh Hung<sup>2</sup>, Nguyen Huu The<sup>3</sup>,  
Nguyen Van Hop<sup>1</sup>, Nguyen Thanh Tuan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Vietnam National University of Forestry - Dong Nai Campus*

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

<sup>3</sup>*South Central and Central Highlands Sub-Institute of Forest Inventory and Planning*

### SUMMARY

A comprehensive understanding of forest structure is one of the essential conditions in sustainable forest management. This article presents the research results on the spatial and non-spatial structural characteristics of the medium and rich natural forests in Kon Ka Kinh National Park, Gia Lai province. Data was collected from three 1 ha-plots (100×100 m) of three stands in the evergreen broadleaved forest of the study area. Research results show that only three to five species are ecologically dominant species among fifty-three to sixty-four species of two forest types. The diameter structure of forest trees follows the Distance distribution, meanwhile, the height structure follows the Weibull distribution. The functions Logarithmic and Power are the two most suited functions that describe the relationship between the height and diameter of forest trees in the studied stands. The spatial patterns of species were mainly aggregation and randomness. Most dominant species often grow together and among them have a mutual relationship at a similarity of 38-42 percent. These results are a basis to assess the values of forests and to make plans for sustainable forest management in Kon Ka Kinh National Park.

**Keywords:** evergreen forest, Kon Ka Kinh, non-spatial forest structure, species relationship, Voronoi diagram.

**Ngày nhận bài** : 24/12/2021

**Ngày phản biện** : 28/01/2022

**Ngày quyết định đăng** : 15/02/2022