

## ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC KHÔNG GIAN CỦA CÁC LOÀI CÂY ƯU THẾ TRONG RỪNG TỰ NHIÊN TRUNG BÌNH KHU BẢO TỒN THIÊN NHIÊN BÌNH CHÂU - PHƯỚC BỬU

Nguyễn Văn Quý<sup>1</sup>, Nguyễn Thanh Tuấn<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Hợp<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Thành<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

### TÓM TẮT

Lấy ArcGIS làm nền tảng, nghiên cứu sử dụng công cụ tạo đa giác Thiessen, TIN để xây dựng lược đồ Voronoi và lưới tam giác Delaunay của các loài cây trong ô tiêu chuẩn tạm thời (OTC) Iha thuộc trạng thái rừng tự nhiên trung bình tại Khu bảo tồn thiên nhiên Bình Châu - Phước Bửu với mục tiêu nghiên cứu đặc điểm phân bố không gian của các loài cây ưu thế. Số liệu thu thập trong OTC bao gồm: DBH, đường kính tán, chiều cao vút ngọn, tên loài và tọa độ của tất cả các cây gỗ (DBH > 5 cm). Dựa vào lược đồ Voronoi và lưới tam giác Delaunay đã tính toán được 5 chỉ số cấu trúc không gian theo từng loài ưu thế. Nghiên cứu đã xác định được 5 loài cây ưu thế trong tổng số 67 loài cây trong OTC, thứ tự với chỉ số IV% lần lượt là Táo trắng (17,47%), Máu chó thẩu kính (14,73%), Trường chua (8,69%), Cà ná (6,9%) và Trâm vối (5,39%). Đặc điểm cấu trúc không gian chỉ ra rằng lâm phần có sự đa dạng về loài cây gỗ với mức độ hỗn loài rất cao ( $M \approx 0,83$ ), mật độ phân bố dày, 4/5 loài ưu thế (ngoại trừ Cà ná) phân bố đều ở các tầng tán rừng ( $U \approx 0,2$ ), chỉ số đồng góc và độ tụ hợp đều cho thấy 3/5 loài ưu thế (Táo trắng, Máu chó thẩu kính và Cà ná) có dạng phân bố cụm, 2/5 loài ưu thế (Trâm vối và Trường chua) có dạng phân bố ngẫu nhiên. Kết quả của nghiên cứu giúp nắm được đặc điểm sinh trưởng của quần xã thực vật rừng, làm cơ sở khoa học cho việc bảo tồn đa dạng sinh học, đề xuất các phương án quản lý rừng bền vững tại khu vực nghiên cứu. Đồng thời nghiên cứu cũng đề xuất sử dụng ArcGIS trong nghiên cứu đặc điểm cấu trúc không gian lâm phần bởi đây là cách tiếp cận có nhiều ưu điểm hơn so với các phần mềm khác.

**Từ khóa:** Cấu trúc không gian, loài ưu thế, phần mềm ArcGIS, lược đồ Voronoi, lưới tam giác Delaunay

**Keywords:** Spatial structural, dominant species, Voronoi diagram, Delaunay triangular networks, ArcGIS

### Spatial structure characteristics of dominant species in medium natural forest at Binh Chau - Phuoc Buu nature reserve

This article used Create Thiessen Polygons and TIN tools in ArcGIS to build the Voronoi diagram and Delaunay triangular networks of all tree species in Iha - plot of the medium natural forest state at Binh Chau - Phuoc Buu Nature Reserve with the objective study the spatial structural characteristics of dominant tree species. Data collected in the plot include DBH, crown diameter, overall height, tree species names, and coordinates of all trees (DBH > 5 cm). The article identified 5 dominant species of 67 tree species in the study plot with the descending order of IV% index were *Vatica odorata* (17.47%), *Knema lenta* (14.73%), *Nephelium chryseum* (8.69%), *Garcinia merguensis* (6.9%) and *Syzygium cumini* (5.39%). The spatial distribution characteristics of the stand was a species diversity, the

mingling of dominant species was complete mixture ( $M \approx 0.83$ ), the density distribution was dense, 4 of 5 dominant species (except *G. merguensis*) were regular distributed in the canopy layers ( $U \approx 0.2$ ), the uniform angle index and the coefficient of variation both showed that 3 of 5 dominant species (*V. odorata*, *K. lenta* and *G. merguensis*) were clumped distribution, 2 of 5 dominant species (*S. cumini* and *N. chryseum*) were random distribution. Research results help to grasp the growth characteristics of forest plant communities, serve as a scientific basis for biodiversity protection and propose sensible forest management measures in the study area. At the same time, the article also proposes to use ArcGIS in studying the spatial structure characteristics of the stand because this approach has many advantages over other software.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khu bảo tồn thiên nhiên Bình Châu - Phước Bửu là khu rừng tự nhiên ven biển duy nhất còn lại ở Đông Nam Bộ. Thảm thực vật rừng Bình Châu - Phước Bửu là kiểu rừng kín nửa rụng lá ẩm nhiệt đới, với nhiều kiểu phụ đặc trưng (Trần Văn Bằng *et al.*, 2013). Rừng Bình Châu - Phước Bửu giữ vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội, bảo vệ môi trường đối với khu vực Đông Nam Bộ nói chung và với tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu nói riêng. Trong bối cảnh dân số gia tăng, hoạt động du lịch sinh thái ngày càng phát triển, sự biến đổi của thảm thực vật rừng do các hoạt động của con người gây ra ngày càng rõ nét. Các tác động của con người không thể tránh khỏi làm xáo trộn thành phần loài và suy giảm sự phong phú ban đầu, dẫn đến những thay đổi trong cấu trúc quần xã. Cấu trúc quần xã bao gồm cấu trúc phi không gian và cấu trúc không gian. Cấu trúc không gian ảnh hưởng đến tính cạnh tranh giữa các cá thể cây rừng; ở quy mô lớn, nó quyết định sự ổn định, khả năng phát triển của lâm phần (Liu *et al.*, 2011). Vì vậy, nghiên cứu cấu trúc không gian của lâm phần được sử dụng trong quản lý rừng hiện đại, có ý nghĩa rất lớn về mặt kinh tế và sinh thái, là cơ sở khoa học cho việc điều chỉnh cấu trúc rừng theo mục đích của nhà quản lý.

Tuy nhiên, nghiên cứu về cấu trúc rừng ở nước ta hiện nay vẫn chủ yếu tập trung theo hướng nghiên cứu đặc điểm cấu trúc phi không gian. Mới chỉ có một số ít tác giả đi sâu vào nghiên cứu cấu trúc không gian của lâm phần và hầu hết trong số này đều sử dụng phần mềm Crancod hoặc R-package của ngôn ngữ R để tính toán các tham số (Nguyễn Hồng Hải, 2017; Lê Hồng Việt *et al.*, 2020; Nguyễn Thanh Tuấn và Trần Thanh Cường, 2020). Bên cạnh đó, việc lựa chọn phương pháp hiệu chỉnh cận biên trong nghiên cứu cấu trúc không gian cũng rất quan trọng, nó ảnh hưởng đáng kể đến độ tin cậy của kết quả nghiên cứu; nhưng phần mềm Crancod, Winkelmass và một số R-package (forestSAS, siplab,...) chỉ cho phép sử dụng phương pháp hiệu chỉnh cận biên là phương pháp tạo vùng đệm. Phương pháp tạo vùng đệm có một nhược điểm lớn là mang tính chủ quan cao và đòi hỏi nhà nghiên cứu cần có kinh nghiệm trong việc lựa chọn độ rộng cho vùng đệm của ô nghiên cứu (Liu *et al.*, 2017). Trái ngược lại, sử dụng ArcGIS ngoài được quyền lựa chọn phương pháp hiệu chỉnh cận biên thích hợp, nó còn có thể phản ánh cấu trúc không gian của lâm phần một cách trực quan hơn. Đặc biệt, với sự hỗ trợ của các công cụ phân tích không gian, khoảng cách và góc đo giữa các cây tham chiếu dùng cho tính toán các chỉ số cấu trúc

không gian được xử lý nhanh chóng và chính xác mà không yêu cầu đo đạc ngoài thực địa, giúp làm giảm đáng kể khối lượng công việc khi điều tra. Do đó, sử dụng ArcGIS để nghiên cứu cấu trúc không gian rừng còn có ý nghĩa cả về mặt phương pháp luận.

Xuất phát từ thực tiễn nêu trên, nghiên cứu cấu trúc không gian của các loài cây ưu thế trong trạng thái rừng tự nhiên trung bình tại Khu bảo tồn thiên nhiên (BTTN) Bình Châu - Phước Bửu là cần thiết. Kết quả nghiên cứu đã ứng dụng phần mềm ArcGIS xây dựng lược đồ Voronoi và lưới tam giác Delaunay của cây rừng trong ô nghiên cứu, sử dụng phương pháp so sánh khoảng cách 4 cây láng giềng gần nhất để hiệu chỉnh cận biên, từ đó xác định cây mục tiêu, cây cạnh tranh của các loài ưu thế và phân tích đặc điểm phân bố không gian nhằm đề xuất các phương án quản lý rừng bền vững tại Khu bảo tồn.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Khu BTTN Bình Châu - Phước Bửu có tọa độ địa lý từ 10°27'57"-10°37'46" vĩ độ Bắc, 107°24'31"-107°36'07" kinh độ Đông. Tổng diện tích 10.537,3 ha, trong đó Phân khu bảo vệ nghiêm ngặt có diện tích 5.017,2 ha. Chế độ khí hậu có 2 mùa rõ rệt: Mùa mưa từ tháng 5 - 10, mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 của năm sau. Nhiệt độ trung bình 25,8°C, cao nhất 38°C vào tháng 4, 5 và thấp nhất 15°C vào tháng 12. Độ ẩm tương đối 80 - 85% và lượng mưa trung bình hàng năm 1.396 mm.

Ô tiêu chuẩn (OTC) được đặt tại trạng thái rừng tự nhiên trung bình mang tính đại diện cho khu vực nghiên cứu, thuộc Phân khu bảo vệ nghiêm ngặt, vị trí tọa độ 10°36'21" vĩ độ Bắc, 107°31'43" kinh độ Đông.

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 11/2020 đến 2/2021 với 2 đợt điều tra thực địa.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

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

Tại địa điểm nghiên cứu, thiết lập 1 OTC điển hình tạm thời có diện tích 1 ha (100 × 100 m). Sử dụng phương pháp lưới ô vuông chia OTC thành 25 ô thứ cấp, diện tích mỗi ô 400 m<sup>2</sup> (20 × 20 m).

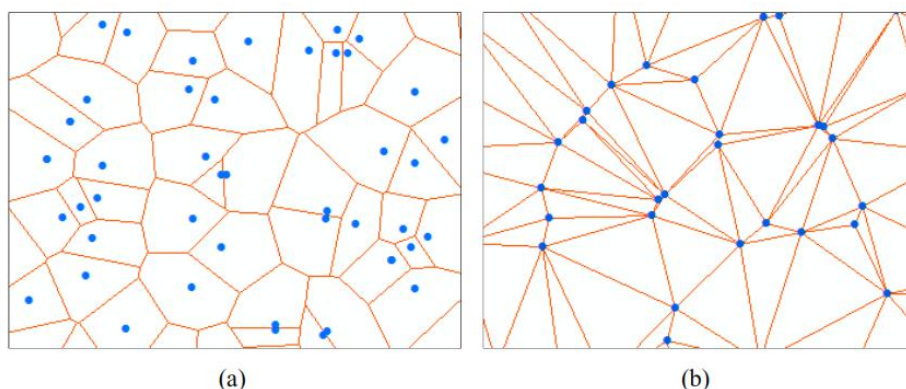
Trong ô thứ cấp thu thập thông tin của các cây gỗ có DBH > 5 cm: Tên loài, đường kính tại vị trí 1,3 m (DBH) được xác định bằng thước kẹp kính, đường kính tán được xác định bằng thước dây theo 2 hướng Đông - Tây và Nam - Bắc, chiều cao vút ngọn (H<sub>vn</sub>) được đo bằng thước Blume - Leiss; lấy điểm giao giữa 2 cạnh của OTC theo hướng Tây - Bắc và Tây - Nam làm gốc tọa độ theo hệ quy chiếu, xác định tọa độ tương đối của từng cây trong OTC bằng thước dây và la bàn để phục vụ cho việc xây dựng lược đồ phân bố Voronoi của cây rừng trên phần mềm ArcGIS.

Xác định loài cây: Tên loài cây gỗ được xác định bằng phương pháp hình thái so sánh. Các tài liệu được sử dụng bao gồm: Cây cỏ Việt Nam (Phạm Hoàng Hộ, 1999 - 2003), Cây gỗ Việt Nam (Trần Hợp, 2002), Tên khoa học được hiệu chỉnh bởi Kew Science, World flora online.

#### 2.2.2. Phương pháp xử lý số liệu

##### 2.2.2.1. Xác định khoảng cách và góc đo của các cây tham chiếu

Nghiên cứu dựa trên nguyên lý của biểu đồ Voronoi và lưới tam giác Delaunay để xác định khoảng cách giữa cây mục tiêu và 4 cây láng giềng gần nhất, góc đo tạo bởi 2 cây láng giềng liền kề gần nhất với cây mục tiêu phục vụ cho việc tính toán các chỉ số cấu trúc không gian của lâm phần (Okabe *et al.*, 2000; Chew, 1989; Peng và Liu, 2002; Zhao *et al.*, 2010).



**Hình 1.** Lược đồ Voronoi (a) và lưới tam giác Delaunay (b)

2.2.2.2. *Xác định loài cây ưu thế và tính trữ lượng bình quân của lâm phần*

**Độ ưu thế (Dominance):** được tính bằng chỉ số giá trị quan trọng (IV%) của loài thông qua số cây và tiết diện ngang thân cây của nó. Theo Daniel Marmillod, chỉ số IV% có thể tính theo công thức sau (dẫn theo Đào Công Khanh, 1996):

$$IV_i \% = \frac{N_i \% + G_i \%}{2}$$

Trong đó:  $IV_i\%$  là chỉ số giá trị quan trọng của loài  $i$ .  $N_i\%$  là tỷ lệ phần trăm của số cây loài  $i$  so với tổng số cây trong OTC.  $G_i\%$  là tỷ lệ phần trăm tổng tiết diện ngang thân cây của loài  $i$  so với tổng tiết diện ngang thân cây của tất cả các loài trong OTC.

Theo Daniel Marmillod, những loài cây nào có  $IV\% > 5\%$  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  $IV\% \geq 50\%$  tổng số cá thể của tầng cây cao thì nhóm loài đó được coi là nhóm loài ưu thế.

Công thức tính trữ lượng bình quân của lâm phần (dẫn theo Bảo Huy, 2011):

$$M = \frac{10.000}{S_{OTC}} \times \sum_{i=1}^n G_i \times H_i \times F$$

Trong đó:  $M$  là trữ lượng bình quân của lâm phần ( $m^3/ha$ ),  $n$  là số cây trong OTC,  $G_i$  là tiết

diện ngang của cây thứ  $i$  tính qua DBH ( $m^2/ha$ ),  $H_i$  là chiều cao vút ngọn của cây thứ  $i$  (m),  $F$  là hình số chung của cây rừng ( $F=0,45$ ),  $S_{OTC}$  là diện tích OTC.

2.2.2.3. *Các chỉ số cấu trúc không gian của lâm phần*

**Hệ số hỗn loài (Species mingling - M):** phản ánh mức độ tương đồng về loài giữa cây mục tiêu và 4 cây láng giềng gần nhất. Công thức tính (Gadow và Fuldner, 1992; Hui *et al.*, 1999):

$$M_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_{ij}$$

Trong đó:  $j$  là cây láng giềng so với cây mục tiêu  $i$ ,  $v_{ij} = 1$  nếu cây láng giềng và cây mục tiêu không cùng loài, ngược lại  $v_{ij} = 0$ . Giá trị của  $M$  càng lớn chứng tỏ thành phần loài đa dạng.

**Độ ưu thế (Tree dominance - U):** phản ánh mối quan hệ kích thước giữa cây trung tâm và các cây láng giềng. Công thức tính (Hui *et al.*, 1999):

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 k_{ij}$$

Trong đó,  $k_{ij} = 1$ , nghĩa là cây láng giềng kích thước nhỏ hơn cây trung tâm, ngược lại  $k_{ij} = 0$ . Giá trị  $U$  càng lớn chứng tỏ cây trung tâm vượt trội so với các cây xung quanh.


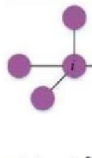
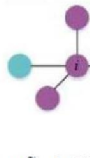
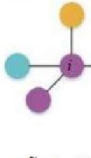
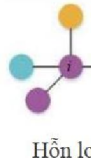
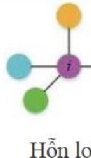
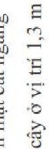
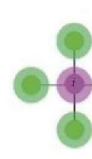
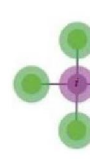
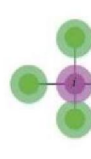
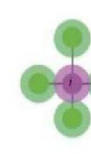
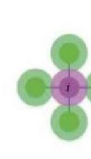
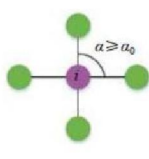
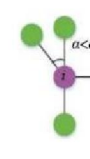
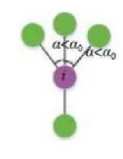
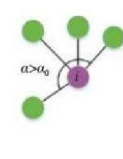
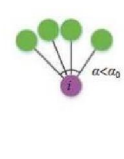

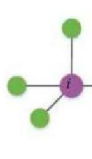
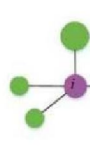
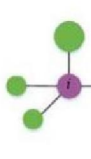
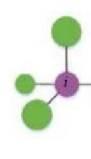
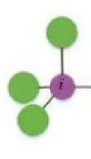
**Độ tập trung tán (Tree corwding degree - C):** phản ánh mối quan hệ về tán cây giữa cây

mục tiêu và cây láng giềng. Công thức tính (Gadow *et al.*, 1998):

$$C_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 Y_{ij}$$

Trong đó  $y_{ij} = 1$ , nghĩa là cây mục tiêu và cây láng giềng giao tán, ngược lại  $y_{ij} = 0$ .

Chỉ số  $C_i$  không những phản ánh mức độ cạnh tranh không gian dinh dưỡng giữa cây mục tiêu và các cây xung quanh mà còn nói lên độ tàn che của rừng. Giá trị của  $C$  càng lớn đồng nghĩa với mật độ cây rừng cao và độ che phủ lớn.

Các giá trị		0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Các chỉ số cấu trúc không gian	Độ hỗn loài (M)  Các loài khác nhau	 Không hỗn loài	 Hỗn loài thấp	 Hỗn loài vừa	 Hỗn loài mức cao	 Hỗn loài rất cao
	Độ tập trung tán (C) Diện tích mặt cắt ngang của thân cây ở vị trí 1,3 m  Diện tích tán cây	 Rất thưa thớt	 Thưa thớt	 Mật độ trung bình	 Mật độ dày	 Mật độ rất dày
	Hệ số đồng góc (W) $\alpha$ : Góc đo thực tế $\alpha_0$ : Góc chuẩn	 Rất đều	 Đều	 Ngẫu nhiên	 Cụm	 Rất cụm
	Độ ưu thế (U)  ƯU THẾ DBH KHÁC "1, 2, 3, ..."	 Ưu thế	 Phụ ưu thế	 Tầng giữa	 Bị chèn ép	 Bị chèn ép hoàn toàn

**Hình 2.** Các giá trị cụ thể và ý nghĩa sinh học của 4 chỉ số cấu trúc không gian

**Hệ số góc (Tree uniform angle index - W):** là tỷ lệ thành phần của những cây có hệ số góc  $\alpha < \alpha_0$  ( $72^\circ$ ) trong 4 cây láng giềng nghiên cứu. Công thức tính (Pommerening *et al.*, 2011):

$$W_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 Z_{ij}$$

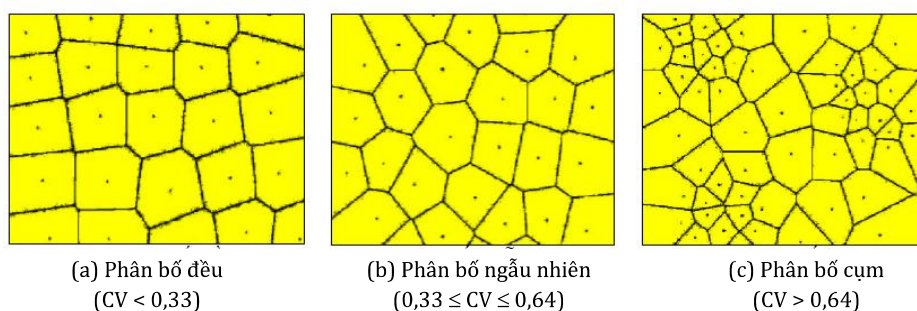
Trong đó:  $z_{ij} = 1$ , nếu  $\alpha < \alpha_0$  và ngược lại  $z_{ij} = 0$ . Hệ số  $W$  biểu thị mức độ phân tán của 4 cây láng giềng so với cây trung tâm. Giá trị của  $W$  tăng lên khi cây rừng chuyển từ phân bố đều sang ngẫu nhiên rồi phân bố cụm.

**Độ tụ hợp (Coefficient of Variation - CV):** Lược đồ Voronoi của 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 của cây rừng và sự thay đổi này được ước tính bằng độ tụ hợp. Độ tụ hợp là tỷ số giữa độ lệch chuẩn của diện tích các đa giác Voronoi với giá trị trung bình. Công thức tính (Zhao *et al.*, 2010):

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

Trong đó,  $\mu$  là diện tích trung bình của các đa giác Voronoi,  $\sigma$  là 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. Duyckaerts đã đưa ra 3 giá trị cho độ tụ hợp (dẫn theo Zhao *et al.*, 2010): 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 3).



**Hình 3.** Đặc trưng của độ tụ hợp (CV) trên cơ sở lược đồ Voronoi

#### 2.2.2.4. Phương pháp hiệu chỉnh cận biên

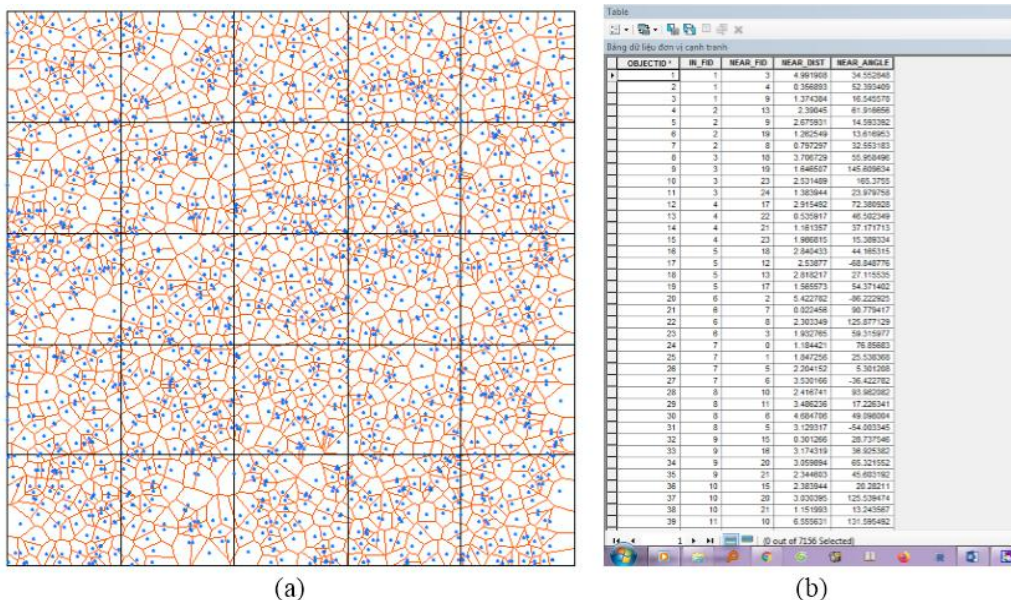
Xử lý dữ liệu trong phân tích cấu trúc không gian của lâm phần liên quan đến vấn đề loại bỏ ranh giới của ô nghiên cứu một cách hợp lý. Phương pháp loại bỏ ranh giới hay hiệu chỉnh cận biên có tác động đến cấu trúc không gian của lâm phần (Tang *et al.*, 2009; Liao *et al.*, 2007).

Tham khảo các phương pháp hiệu chỉnh cận biên như tạo vùng đệm, dịch chuyển 8 cây láng giềng,... nghiên cứu đã lựa chọn phương pháp so sánh khoảng cách 4 cây láng giềng gần nhất. Khi tính toán số liệu, nếu cây láng giềng có khoảng cách so với cây mục tiêu là lớn nhất trong số 4 cây láng giềng và khoảng cách này lại lớn hơn khoảng cách giữa cây mục tiêu và ranh giới của OTC, thì cây láng giềng bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng cận biên. Các thông tin liên quan đến cây này sẽ không tham

gia vào quá trình tạo đa giác Voronoi và tính toán các chỉ số cấu trúc không gian. Đối với các cây mục tiêu khác, nếu cây láng giềng không tồn tại tình trạng trên, nó vẫn được sử dụng làm cây láng giềng của cây mục tiêu đó. Đồng thời, khi loài cây ưu thế ở cạnh ranh giới của OTC thì nó sẽ chỉ được coi là cây láng giềng mà không phải là cây mục tiêu.

#### 2.2.2.5. Xây dựng lược đồ Voronoi và lưới tam giác Delaunay

Nghiên cứu đã tổng hợp số liệu điều tra (loài cây, tọa độ của cây rừng), sử dụng công cụ tạo đa giác Thiessen và TIN trong ArcGIS để xây dựng lược đồ Voronoi và lưới tam giác Delaunay (hình 4a). Dựa trên cấu trúc không gian của lược đồ Voronoi và lưới tam giác Delaunay, phân loại cây mục tiêu mục tiêu và 4 cây láng giềng gần nhất, tạo bảng dữ liệu về đơn vị cạnh tranh của từng loài cây ưu thế (hình 4b).



Hình 4. Lược đồ Voronoi của cây rừng trong 25 ô thứ cấp (a) và bảng dữ liệu đơn vị cạnh tranh trên ArcGIS (b)

(Trong bảng dữ liệu về đơn vị cạnh tranh: IN\_FID là nhãn tương ứng của cây rừng trong lược đồ Voronoi, NEAR\_FID là nhãn tương ứng của 4 cây láng giềng gần nhất, NEAR\_DIST là khoảng cách giữa cây mục tiêu và cây láng giềng gần nhất, NEAR\_ANGLE là góc giữa hai cây láng giềng liền kề gần nhất với cây mục tiêu).

### III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Đặc điểm các loài cây ưu thế trong khu vực nghiên cứu

Trong rừng nhiệt đới, thành phần loài cây rất phức tạp, muốn phản ánh đúng thực trạng của lâm phần, việc xác định các loài cây ưu thế để phục vụ cho mục đích quản lý là cần thiết. Loài ưu thế là loài có khả năng kiểm soát đáng kể sự hình thành cấu trúc quần xã thực vật. Mức độ ưu thế của loài cây được thể hiện ở số lượng các cá thể của loài trong lâm phần và mối quan hệ tương đối về mặt không gian. Phương pháp xác định mức độ ưu thế truyền thống chủ yếu sử dụng một số chỉ số sinh thái của loài cây như mật độ tương đối, độ che phủ

tương đối, tổng tiết diện ngang thân cây tương đối của mỗi loài... Ngoài ra, một số tác giả cho rằng thành phần loài trong cấu trúc tổ thành cũng có thể phản ánh các điều kiện ưu thế của loài trong lâm phần.

Các loài cây ưu thế là lớp xây dựng cơ sở của quần xã, chúng ảnh hưởng lớn đến sự ổn định của quần xã do khả năng thích ứng với môi trường là cao hơn. Đồng thời, loài cây ưu thế còn quyết định thành phần, hình thái, cấu trúc của quần xã và các đặc điểm chính của môi trường bên trong quần xã.

Thống kê số liệu điều tra cho thấy trong OTC có 67 loài với 1.895 cây. Dựa trên chỉ số giá trị quan trọng (IV%) của các loài cây, nghiên cứu đã xác định được 5 loài cây ưu thế (IV% chiếm 53,16%), trật tự ưu thế theo thứ tự IV% giảm dần là Táo trắng (*Vatica odorata* (Giff.) Symington), Máu chó thẩu kính (*Knema lenta* Warb.), Trùng chua (*Nephelium chryseum* Blume), Cà ná (*Garcinia merguensis* Wight.) và Trâm vôi (*Syzygium cumini* (L.) Druce). Trong nhóm 5 loài cây ưu thế, Táo trắng có chỉ số IV% cao nhất (17,47%) và thấp nhất là Trâm vôi (5,39%). 62 loài cây khác có chỉ số

IV% chiếm 46,84%. Đặc điểm sinh trưởng của quần thụ: DBH,  $H_{vn}$  trung bình, tổng tiết diện ngang thân cây và trữ lượng của lâm phần lần lượt là 11,26 cm, 9,31 m, 21,7 m<sup>2</sup>/ha và 110,87 m<sup>3</sup>/ha (bảng 1).

**Bảng 1.** Một số đặc trưng của các loài cây chiếm ưu thế trong OTC

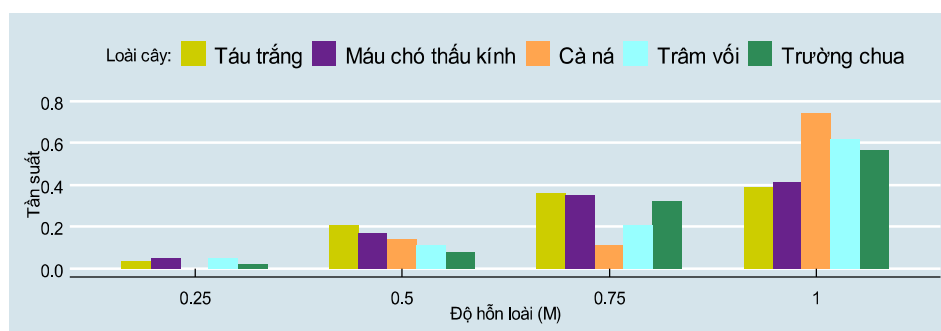
TT	Loài cây	N (cây/ha)	DBH (cm)	$H_{vn}$ (m)	G (m <sup>2</sup> /ha)	M (m <sup>3</sup> /ha)	IV%
1	Táo trắng	374	10,0 ± 3,48	9,1 ± 1,46	3,30	14,77	17,47
2	Máu chó thẩu kính	331	9,3 ± 3,75	8,9 ± 1,37	2,60	12,33	14,73
3	Trường chua	165	11,1 ± 4,81	9,2 ± 1,55	1,88	8,86	8,69
4	Cà ná	82	15,9 ± 8,29	10,9 ± 2,45	2,05	12,28	6,90
5	Trâm vối	99	11,1 ± 5,75	9,4 ± 2,06	1,20	6,35	5,39
	Cộng 5 loài	1.051	11,45 ± 4,31	9,50 ± 1,72	11,03	54,59	53,16
	62 loài khác	844	11,25 ± 5,63	9,29 ± 2,09	10,67	56,28	46,84
	<b>Tổng cộng</b>	<b>1.895</b>	<b>11,26 ± 5,35</b>	<b>9,31 ± 1,88</b>	<b>21,70</b>	<b>110,87</b>	<b>100,00</b>

### 3.2. Đặc điểm phân bố không gian của các loài cây ưu thế

#### 3.2.1. Độ hỗn loài (M)

Kết quả nghiên cứu đặc điểm hỗn loài của 5 loài cây ưu thế tại khu vực nghiên cứu cho thấy giá trị tần suất tăng dần khi mức độ hỗn loài tăng lên (hình 5). Mức độ hỗn loài có tần suất phân bố tập trung chủ yếu ở giá trị 0,75 - 1 chiếm từ 75 - 88%. Trong 5 loài cây ưu thế, mức độ hỗn loài trung bình cao nhất là ở loài Trường chua (M = 88%) và thấp nhất là ở loài Táo trắng (M = 75%), điều này chứng tỏ độ hỗn loài có tỷ lệ nghịch với mật độ của loài, loài có mật độ cao thì độ hỗn loài sẽ thấp hơn. Mức độ hỗn loài trung bình của 5 loài ưu thế M ≈ 83%, đối chiếu với các giá trị cụ thể và ý nghĩa sinh học của các chỉ số cấu trúc không gian về độ hỗn loài (hình 2) thì độ hỗn loài của

khu vực nghiên cứu là rất cao. Điều này được giải thích là trong giai đoạn phát triển của rừng, sự cạnh tranh cùng loài sẽ khốc liệt hơn khác loài nên sự xuất hiện phân bố gần nhau giữa các cây cùng loài sẽ giảm, trong khi mức độ tập trung của các cây khác loài sẽ tăng lên (Nguyễn Thanh Tuấn, Trần Thanh Cường, 2020). Theo Wan và đồng tác giả (2019) thì mức độ hỗn loài tỷ lệ thuận với mức độ đa dạng sinh học của quần xã. Do đó, khu vực nghiên cứu thể hiện sự đa dạng về loài cây gỗ với mức độ hỗn loài rất cao (M ≈ 83%). Kết quả phân tích độ hỗn loài sẽ là cơ sở để đánh giá mức độ đa dạng loài giữa các lâm phần, các trạng thái rừng ở các nghiên cứu trong thời gian tới, phục vụ cho mục đích bảo tồn đa dạng sinh học và đề xuất các biện pháp quản lý tại Khu BTTN Bình Châu - Phước Bửu.



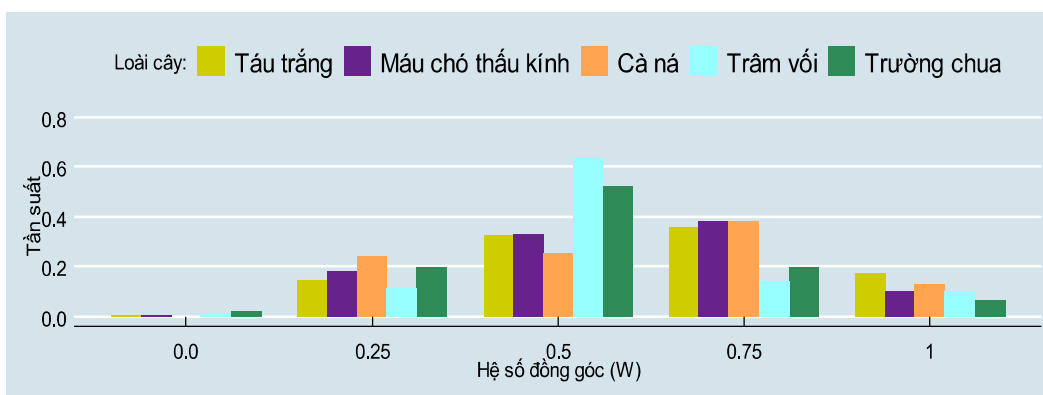
**Hình 5.** Đặc điểm hỗn loài của 5 loài cây ưu thế



### 3.2.2. Hệ số đồng góc (W)

Kết quả nghiên cứu đặc điểm hệ số đồng góc của 5 loài cây ưu thế cho thấy, ngoại trừ Cà ná không có dạng phân bố rất đều, còn lại các loài cây khác đều có đặc điểm chung tần suất có mức độ phân bố từ rất đều đến rất cụm. Đặc điểm đồng góc của các loài Trâm với, Trường chua có tần suất tập trung chủ yếu ở giá trị 0,5 (phân bố ngẫu nhiên), với sự dao động từ 53 - 64% (hình 6). 3 loài cây ưu thế khác là Táo trắng, Máu chó thẩu kính và Cà ná lại có tần suất tập trung ở giá trị 0,75 nhiều hơn so với 4 giá trị còn lại ( $W = 36 - 38\%$ ), chứng tỏ chúng có dạng phân bố cụm là chủ yếu. Trong quá trình sinh trưởng của cây rừng, ở giai đoạn cây con, cây thường có xu hướng phân bố theo dạng cụm là do có sự tương đồng về nhu cầu

sinh thái hoặc tái sinh dưới tán cây mẹ, các loài cây giống nhau thường tập trung cụm gần nhau (Malkinson *et al.*, 2003). Ở các giai đoạn sau, do nhu cầu dinh dưỡng và sự cạnh tranh giữa các cá thể tăng lên, để tận dụng được nguồn sống tiềm tàng trong môi trường nên cây rừng có xu hướng chuyển sang dạng phân bố ngẫu nhiên hoặc để làm giảm mức độ cạnh tranh giữa các cá thể trong quần thể mà chúng sẽ có xu hướng chuyển thành dạng phân bố đều. Tất cả 5 loài cây ưu thế đều có cây láng giềng phân bố cụm và rất cụm so với cây mục tiêu. Đối với 3 loài cây ưu thế là Táo trắng, Máu chó thẩu kính và Cà ná, chúng có dạng phân bố chủ yếu là dạng cụm, điều này có thể do số lượng cây trưởng thành của loài ít hơn so với số lượng cây nhờ và cây con.



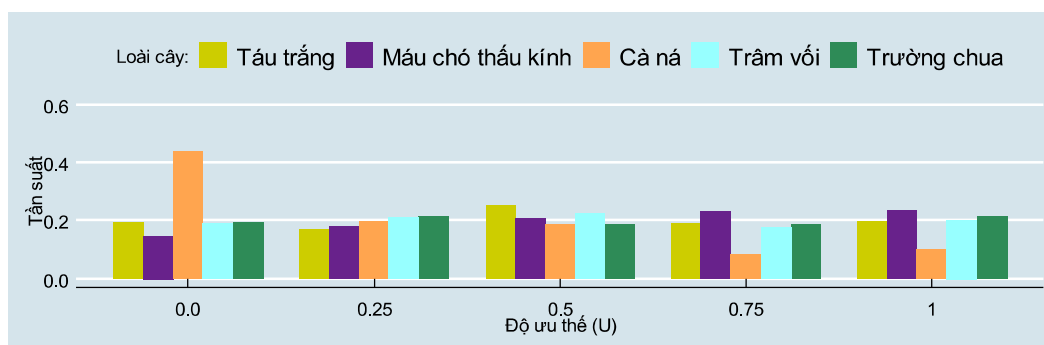
Hình 6. Đặc điểm đồng góc của 5 loài cây ưu thế

### 3.2.3. Độ ưu thế (U)

Kết quả phân tích độ ưu thế cho thấy, ngoại trừ loài Cà ná là có sự khác biệt về tần suất phân bố ở các giá trị từ 0 - 1, 4 loài ưu thế còn lại đều có tần suất phân bố xấp xỉ nhau ở các giá trị đối chiếu (hình 7). Sự khác biệt giữa Cà ná và các loài ưu thế khác là do nó có giá trị DBH và  $H_{vn}$  bình quân lớn nhất (bảng 1). Vì vậy, xét về không gian theo mặt phẳng nằm ngang, Cà ná có sự vượt trội hơn hẳn so với các loài xung quanh nó, hay nói cách khác nó có xu hướng lấn át các loài xung quanh về đường kính và chiều cao. Đối với 4 loài còn lại, độ ưu thế xấp xỉ gần bằng nhau ( $U \approx 0,2$ ), điều này cho thấy

chúng phân bố ở các tầng tán rừng với tỷ lệ là khá đều.

Trong công tác phục hồi rừng bằng con đường trồng rừng mới, bắt chước tự nhiên luôn là cách nhanh nhất để thu được hiệu quả cao. Do đó, việc lựa chọn danh mục cây trồng cần xem xét đến đặc điểm sinh thái, tính cạnh tranh của các loài,... Phân tích độ ưu thế, hệ số đồng góc cung cấp một trong số những thông tin quan trọng trên. Theo kết quả phân tích độ ưu thế, Cà ná là loài có sự lấn át mạnh các loài sống xung quanh nó, vì vậy cần xem xét khi lựa chọn loài cây này trong trồng rừng hỗn loài Cà ná với các loài khác.

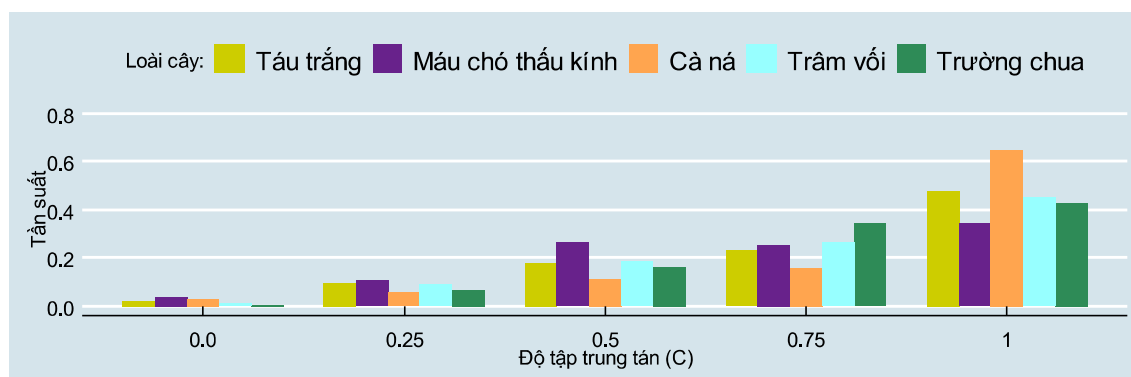


**Hình 7.** Đặc điểm ưu thế của 5 loài cây chủ yếu

### 3.2.4. Độ tập trung tán (C)

Kết quả phân tích độ tập trung tán cho thấy, cũng giống như độ ưu thế, Cà ná là loài duy nhất có sự khác biệt đáng kể so với 4 loài ưu thế còn lại. Cà ná có tần số phân bố nhiều ở giá trị  $C = 1$  (chiếm 64%) (hình 8). Điều này cho biết, những vị trí trong lâm phần nơi có loài Cà ná phân bố,

mật độ rất dày, nó giao tán với các loài cây xung quanh. Đối với 5 loài ưu thế, độ tập trung tán ở giá trị 0,75 - 1 tần suất phân bố trung bình  $C \approx 76\%$ , đồng nghĩa cây rừng trong lâm phần phân bố với mật độ dày. Kết quả phân tích độ tập trung tán cung cấp các thông tin bổ sung thêm về đặc điểm sinh thái của các loài cây.



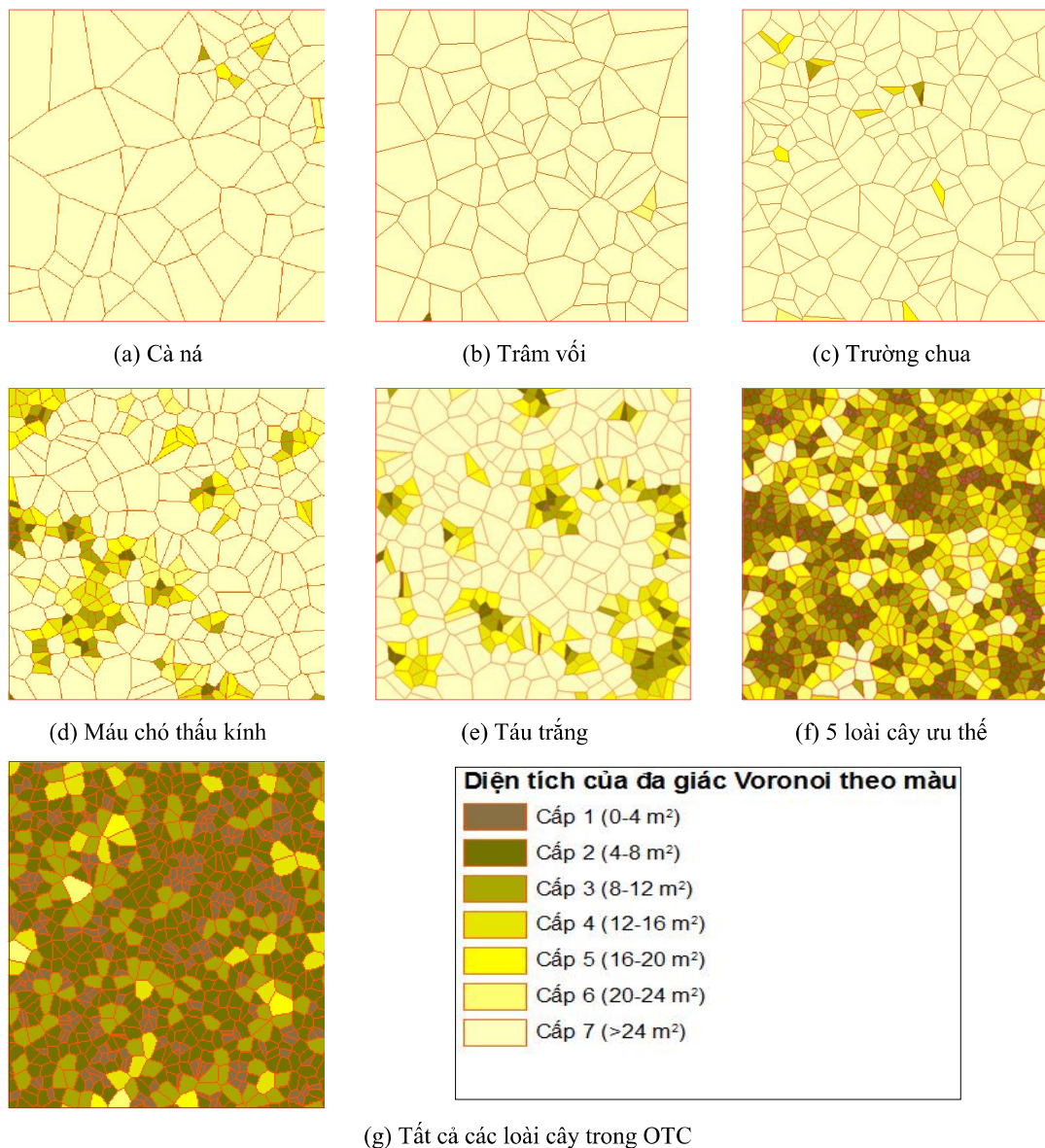
**Hình 8.** Đặc điểm tập trung tán của 5 loài cây ưu thế

### 3.2.5. Độ tụ hợp (CV)

Các hình từ 9a - 9e lần lượt là lược đồ Voronoi của các loài cây ưu thế theo từng loài riêng biệt, của nhóm 5 loài cây ưu thế (9f) và của tất cả các loài cây trong OTC (9g). Mỗi đa giác Voronoi trong lược đồ là một đơn vị cạnh tranh của cây mục tiêu, diện tích trung bình của các đa giác Voronoi giảm khi mật độ cây rừng tăng lên.

Căn cứ vào diện tích lớn nhất và nhỏ nhất của các đa giác Voronoi trên các lược đồ, các đa giác Voronoi được chia thành 7 cấp

loại theo diện tích, cấp 1 có diện tích 0 - 4 m<sup>2</sup> và cấp 7 là nhóm các đa giác có diện tích trên 24 m<sup>2</sup>. Các cây trưởng thành đều nằm trong các đa giác có diện tích nhỏ, màu tối. Ngược lại, các cây con nằm trong các đa giác có kích thước lớn, màu sáng. Lược đồ Voronoi ngoài khả năng phân tích đặc điểm cấu trúc không gian của lâm phần, nó còn có khả năng mô tả động thái tái sinh của cây rừng. Đối với hiện tượng tái sinh lỗ trống, sự hình thành và thay đổi các khoảng trống trên lược đồ được thể hiện ở cấu trúc vết khảm không cố định (Zhao *et al.*, 2010).



**Hình 9.** Lược đồ Voronoi theo loài cây trong OTC

Kết quả thống kê đặc trưng độ tụ hợp theo loài cây được thể hiện trong bảng 2.

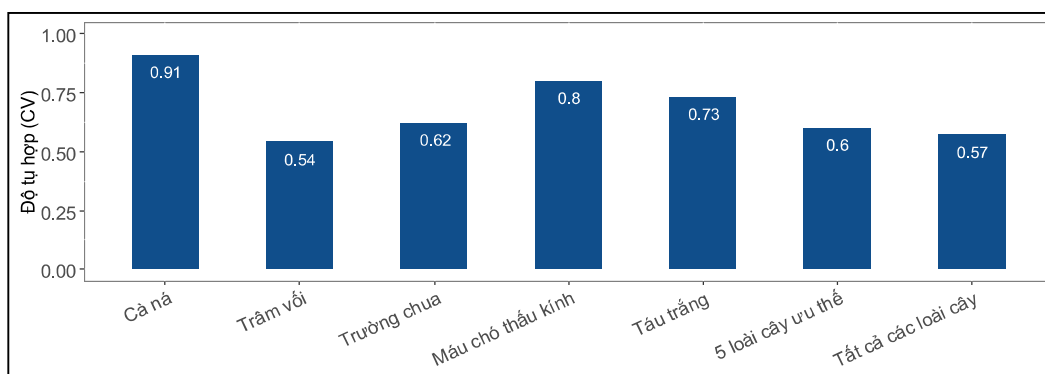
**Bảng 2.** Đặc trưng độ tụ hợp của các loài cây

TT	Loài cây	N (cây/ha)	N* (cây/ha)	$\mu$ (m <sup>2</sup> )	$\sigma$	CV
1	Cà ná	82	79	128,53	116,92	0,91
2	Trâm vối	99	90	112,82	60,86	0,54
3	Trường chua	165	156	65,09	40,12	0,62
4	Máu chó thấu kính	331	315	32,24	25,70	0,80
5	Tàu trắng	374	365	27,59	20,21	0,73
6	5 loài cây ưu thế	1.051	1.005	10,10	6,05	0,60
7	Tất cả các loài trong OTC	1.895	1.797	5,65	3,22	0,57

(N: Mật độ ban đầu, N\*: Mật độ sau khi hiệu chỉnh cận biên).

Phân tích chỉ số CV của các loài cây ưu thế (hình 10) và đối chiếu với thang đo do Duyckaerts đề xuất, trong nhóm 5 loài cây ưu thế có 2 loài có dạng phân bố ngẫu nhiên là Trâm voi và Trường chua ( $0,33 < CV < 0,64$ ), 3 loài cây ưu thế còn lại là Táo trắng, Máu chó thẩu kính và Cà ná có dạng phân bố cụm ( $CV > 0,64$ ). Chỉ số CV của 5 loài cây ưu thế và tất cả các loài cây trong OTC cho biết cây rừng trong ô nghiên cứu có dạng phân bố chung là ngẫu nhiên. Kết quả phân tích chỉ số độ tụ hợp của các loài cây ưu thế cho thấy hoàn toàn tương đồng với kết quả phân tích chỉ số đồng góc. Ngoài ra, sử dụng chỉ số độ tụ hợp cũng cho kết quả giống với kết quả trong nghiên cứu của Nguyễn Thanh Tuấn và Trần Thanh Cường (2020): khi nghiên cứu biến đổi cấu trúc không gian của rừng tự

nhiên trung bình và giàu tại Khu BTTN Văn hóa Đồng Nai, các tác giả dựa vào chỉ số đồng góc cũng đã chỉ ra rằng ở các trạng thái rừng tự nhiên trung bình, tất cả các loài cây rừng trong lâm phần chủ yếu có dạng phân bố ngẫu nhiên. Do đó, có thể khẳng định việc dùng chỉ số độ tụ hợp (CV) để thay thế cho chỉ số đồng góc (W) trong nghiên cứu cấu trúc không gian lâm phần không làm ảnh hưởng đến kết quả nghiên cứu mà còn phản ánh cấu trúc lâm phần ở mức độ vĩ mô hơn. Mặt khác, với việc sử dụng ArcGIS trong tính toán và phân tích chỉ số độ tụ hợp ngoài thuận lợi còn có thể giúp trực quan hóa được dữ liệu nghiên cứu, dựa vào hình dạng, kích thước của các đa giác Voronoi trên lược đồ có thể bước đầu phán đoán nhanh chóng được dạng phân bố của cây rừng.



**Hình 10.** Đặc điểm tụ hợp của các loài cây

#### IV. KẾT LUẬN

Sử dụng công cụ tạo đa giác Thiessen và TIN trong phần mềm ArcGIS 10.2 phù hợp với nghiên cứu đặc điểm cấu trúc không gian của các loài cây ưu thế tại Khu BTTN Bình Châu - Phước Bửu. Kết quả nghiên cứu đã xác định được 5 chỉ số cấu trúc không gian, cụ thể là: Độ hỗn loài, độ ưu thế, độ tập trung tán, hệ số góc và độ tụ hợp. Bài báo đề xuất khi nghiên cứu đặc điểm cấu trúc không gian của lâm phần nên lựa chọn phần mềm ArcGIS và dùng chỉ số độ tụ hợp thay thế cho chỉ số đồng góc.

Kết quả nghiên cứu về đặc điểm cấu trúc của lâm phần cho thấy trong OTC có 67 loài cây và có 5 loài nằm trong nhóm loài cây ưu thế. Chỉ số giá trị quan trọng của nhóm 5 loài ưu thế chiếm 53,16%; 62 loài còn lại chiếm 46,84%. Trong nhóm 5 loài cây ưu thế, theo thứ tự IV% giảm dần lần lượt là: Táo trắng (17,47%), Máu chó thẩu kính (14,73%), Trường chua (8,69%), Cà ná (6,9%) và Trâm voi (5,39%). Đặc điểm sinh trưởng của quần tụ có các giá trị DBH,  $H_v$  trung bình, tổng tiết diện ngang thân cây và trữ lượng của lâm phần tương ứng là 11,26 cm, 9,31 m, 21,7 m<sup>2</sup>/ha và 110,87 m<sup>3</sup>/ha.

Khu vực nghiên cứu có sự đa dạng về loài cây gỗ với mức độ hỗn loài rất cao (83%). Độ ưu thế của 4/5 loài cây ưu thế phân bố đều ở các giá trị từ 0 - 1, xấp xỉ gần bằng nhau; ngoại trừ Cà ná là loài có sự vượt trội về mặt đường kính so với các cây xung quanh, nó có xu hướng lấn át các loài cây bên cạnh. Đặc điểm tập trung tán, cây rừng trong lâm phần phân bố với mật độ dày. Cà ná là loài cạnh tranh mạnh với các cây xung quanh và mật độ những nơi có loài này phân bố trong OTC là rất dày. Kết quả phân tích 2 chỉ số là độ tụ hợp của cây rừng và hệ số đồng góc cho thấy không có sự khác biệt về kết quả tính toán. Cả hai chỉ số này đều cho kết quả có 2/5 loài cây ưu thế (Trâm vối, Trường chua) có dạng phân bố ngẫu nhiên và 3/5 loài ưu thế (Táo trắng, Máu chó thẩu kính, Cà ná) có dạng phân bố cụm.

Để nâng cao hiệu quả cho công tác bảo tồn đa dạng sinh học và phát triển rừng bền vững tại khu vực nghiên cứu, bài báo đưa ra một số giải pháp chính như sau:

1. Trước mắt cần tiếp tục thực hiện nghiên cứu đặc điểm cấu trúc không gian rừng dựa trên phần mềm ArcGIS ở quy mô rộng và các trạng thái rừng khác nhau, từ đó có đủ dữ liệu để theo dõi và đánh giá định kỳ cũng như toàn diện về đa dạng thực vật thân gỗ trong toàn bộ diện tích thuộc Khu bảo tồn. Về lâu dài, khi đã có bộ dữ liệu đầy đủ, cần nghiên cứu xây dựng hệ thống giám sát, đánh giá và dự báo biến động của đa dạng loài trên nền tảng là phần mềm GIS, giống như một số tỉnh trong nước đã áp dụng trong dự báo cháy rừng, sâu bệnh hại rừng trồng, ví dụ như Lạng Sơn, Yên Bái, Lâm Đồng.

2. Trong trồng rừng mới ở phân khu phục hồi sinh thái hoặc những địa điểm có điều kiện tương đồng với khu vực nghiên cứu, cần hạn chế hoặc tránh chọn loài Cà ná để trồng hỗn giao với các loài như Táo trắng, Máu chó thẩu kính, Trâm vối và Trường chua.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Văn Bằng, Vũ Long, Hoàng Minh Đức, 2013. Khu hệ thú tại Khu bảo tồn thiên nhiên Bình Châu - Phước Bửu, huyện Xuyên Mộc, tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu. Hội nghị Khoa học toàn quốc về Sinh thái và Tài nguyên sinh vật lần thứ 5, trang 384 - 385.
2. Chew, P. L., 1989. Constrained Delaunay Triangulations. *Algorithmica*, 4(1 - 4): 97 - 108.
3. Gadow, K. V. and Fuldner, K., 1992. Zur Methodik der Bestandesbeschreibung. Vortrag anlaesslich der Jahrestagung der AG Forsteinrichtung in Klieken b. Dessau.
4. Gadow, K. V., Hui, G. Y. and Albert, M., 1998. Das Winkelmaß - ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 115(1): 1 - 9.
5. Nguyễn Hồng Hải, 2017. Phân tích đặc điểm cây lân cận gần nhất của rừng lá rộng nhiệt đới. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp số 05/2017*, trang 43 - 52.
6. 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 sỹ, Đại học Thái Nguyên.
7. Hui, G. Y., Gadow, K. V., Albert, M., 1999. The neighbourhood pattern - A new structure parameter for describing distribution of forest tree position. *Scientia Silvae Sinicae*, 35(1): 37 - 42.
8. Bảo Huy, 2011. Sản lượng rừng. Đại học Tây Nguyên: 55 trang.
9. Phạm Hoàng Hộ, 1999 - 2003. Cây cỏ Việt Nam (tập 1 - 3), tái bản lần thứ 2. NXB Trẻ, Hà Nội.
10. Trần Hợp, 2002. Cây gỗ Việt Nam. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.

11. Đào Công Khanh, 1996. Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc của rừng lá rộng thường xanh ở Hương Sơn, Hà Tĩnh làm cơ sở đề xuất các biện pháp kỹ thuật lâm sinh phục vụ khai thác và nuôi dưỡng rừng. Luận án tiến sĩ, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
12. Kew science, 2020. <<http://www.plantsoftheworldonline.org>>. Accessed March 2021.
13. Liao, C. X., Wu, Y., Yi, D., 2007. Research on the spatial structure of forest stand. Forestry Science and Technology Information, 39(2): 40 - 41.
14. Liu, F. Q., Cao, Y. S., Yang, X. B., Zhang, J. Y., Song, Q. F., Lu, S. W., 2011. Spatial structure and point pattern analysis of *Larix principis - Rupprechtii* mayr and *Betula* spp. Mixed forest in Northern Hebei mountain. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 32(3): 32 - 38.
15. 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.
16. Malkinson, D., Kadmon, R., & Cohen, D., 2003. Pattern analysis in successional communities-an approach for studying shifts in ecological interactions. Journal of Vegetation Science, 14(2): 213 - 222.
17. Okabe, A., Boots, B., Sugihara, S., Chiu, S. N. and Kendall, D. G., 2000. Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams, Second Edition. The Wiley Classics Library, volume 501.
18. Peng, Y. P., Liu, W. X., 2002. Research on the application of Delaunay triangulation and Voronoi diagram in GIS. Engineering of surveying and mapping, 11(3): 39 - 41.
19. Pommerening, A., LeMay, V. and Stoyan, D., 2011. Model-based analysis of the influence of ecological processes on forest point pattern formation - A case study. Ecological Modelling, 222: 666 - 678.
20. Pommerening, A., Gonçalves, A. C. and Rodríguez-Soalleiro, R., 2011. Species mingling and diameter differentiation as second-order characteristics. German Journal of Forest Research, 182: 115 - 129.
21. Tang, M. P., Zhou, G. M., Chen, Y. G., Zhao, M. S., He, Y. B., 2009. Mingling of evergreen broad-leaved forest in Tianmu mountain based on Voronoi diagram. Forestry Science, 45(6): 1 - 5.
22. Thái Văn Trùng, 1978. Thảm thực vật rừng Việt Nam. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
23. Nguyễn Thanh Tuấn, Trần Thanh Cường, 2020. Biến đổi cấu trúc không gian của rừng tự nhiên trung bình và giàu tại Khu bảo tồn thiên nhiên văn hóa Đồng Nai. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp số 01, trang 62 - 71.
24. Lê Hồng Việt, Nguyễn Hồng Hải, Trần Quang Bảo, Nguyễn Văn Tín, Lê Ngọc Hoàn, 2020. Đặc điểm cấu trúc không gian của các loài cây ưu thế rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới tại khu vực Tân Phú, Đồng Nai. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp số 01/2020, trang 72 - 83.
25. Wan, P., Zhang, G., Wang, H., Zhao, Z., Hu, Y., Zhang, G., & Liu, W., 2019. Impacts of different forest management methods on the stand spatial structure of a natural *Quercus aliena* var. *acuteserrata* forest in Xiaolongshan, China. Ecological informatics, 50: 86 - 94.
26. World flora online, 2020. <<http://104.198.148.243>>. Accessed March 2021.
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.

**Email tác giả liên hệ:** quyforest@vnuf2.edu.vn

**Ngày nhận bài:** 08/05/2021

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa:** 18/05/2021

**Ngày duyệt đăng:** 02/06/2021