

BIẾN ĐỘNG CẤU TRÚC VÀ CHẤT LƯỢNG TẦNG CÂY CAO RỪNG TỰ NHIÊN TẠI VƯỜN QUỐC GIA KON KA KINH, GIA LAI

Bùi Mạnh Hưng, Lê Xuân Trường
Trường Đại học Lâm nghiệp

TÓM TẮT

Cấu trúc rừng đóng vai trò quan trọng trong các hệ sinh thái rừng. Kết quả điều tra cho thấy đường kính trung bình của các trạng thái là 14,6cm (rừng IIb) và 24,4cm (rừng IV). Mức độ biến động của các đại lượng sinh trưởng lớn hơn ở trạng thái rừng IV và nhỏ hơn ở trạng thái rừng IIb. Mô hình tuyến tính hỗn hợp khẳng định sự khác biệt về đường kính và chiều cao giữa hai loại rừng là rất rõ rệt, ảnh hưởng ngẫu nhiên là không đáng kể với đường kính, nhưng tương đối lớn với chiều cao. Kết quả chỉ số AIC cho thấy rằng: đối với cả phân bố số cây theo đường kính và chiều cao thì phân bố Lognormal có khả năng mô phỏng tốt nhất. Độ dốc của đường tương quan rừng IV nhỏ hơn rừng IIb. Độ dài của đoạn tương quan cũng lớn hơn. Tại rừng IIb, chiều cao dưới cành có ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng cây rừng, sau đó đến chiều cao và đường kính. Cũng với loại rừng này thì hệ số ảnh hưởng trực tiếp (AHTT) nhỏ hơn hệ số ảnh hưởng gián tiếp (AHGT). Vì vậy chất lượng cây rừng còn chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi các nhân tố khác như lượng mưa, đất đai, khí hậu... Ngược lại, tại rừng IV, hệ số AHTT lớn hơn rất nhiều hệ số gián tiếp. Điều này cho thấy rừng đã đi vào ổn định, chất lượng cây rừng ít bị ảnh hưởng bởi các nhân tố bên ngoài. Tỷ lệ cây có chất lượng tốt và trung bình (A và B) của rừng IV là 87,60%, trong khi đó tỷ lệ này của rừng thứ sinh nghèo kiệt IIb là 83,65%. Sự khác biệt về chất lượng cây rừng giữa hai trạng thái là thực sự rõ rệt, do giá trị p-value của tiêu chuẩn Chi-squared nhỏ hơn 0,05.

Từ khóa: Cấu trúc rừng, chất lượng cây rừng, phân bố tần số, mô hình tuyến tính hỗn hợp

Changes in structure and quality of natural forest overstorey in National park Kon Ka Kinh, Gia Lai

Forest structure plays a very important role in forest ecosystem management. Analysis results show that the average diameters of stages are 14.67cm (type IIb) and 24.4cm (type IV). The variability of the growth indicators is also greater in type IV and smaller in type IIb. The mixed linear model confirms the difference in diameter and height between the two types is very significant, random effects are negligible with diameter, but relatively important to height. The AIC results indicate that for diameter and height frequency distribution, the Lognormal distribution is best simulated. Slope of correlation line of IV forests is smaller than II forests. The length of the correlation line is also greater. In type IIb, the commercial height has the greatest effect on the tree quality, then the height and diameter. In this type of forest, direct impact is less than the indirect effect coefficient, so the quality of forest trees is greatly influenced by other factors such as rainfall, climate, soil condition and so on. In contrast, IV forest, the direct effect coefficient is much greater than the indirect coefficient. This shows that the forest has been stable and the quality of forest trees is less influenced by outside factors. The percentage of good and average trees (A and B) of forest IV is 87.60%. While this rate of poor secondary forest IIb is 83.65%. The difference in the quality of the trees between the two states is really significant, as the p-value of the Chi-squared test is less than 0.05.

Keywords: Forest structure, forest tree quality, frequency distribution, linear mixed model

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cấu trúc rừng đóng một vai trò quan trọng trong nghiên cứu lâm nghiệp. Điều này thể hiện bởi nhiều lý do khác nhau. Trước hết, cấu trúc rừng sẽ ảnh hưởng trực tiếp tới nơi ở của các loài động thực vật. Cấu trúc rừng phức tạp sẽ làm phong phú hơn nơi ở cho các sinh vật ở cạn. Cấu trúc rừng là chìa khóa để chúng ta hiểu biết hơn về các chức năng của các hệ sinh thái (Thomas A. Spies, 1998). Hay nói cách khác, cấu trúc rừng sẽ ảnh hưởng trực tiếp tới đa dạng sinh học, kiểm soát sói mòn, lượng nước trong rừng và sinh khối Carbon trong rừng. Thay đổi cấu trúc rừng sẽ dẫn đến các thay đổi trong quản lý bền vững tài nguyên rừng (Rubén Valbuena, 2015). Cụ thể hơn nữa, đa dạng sinh học loài sẽ bị tác động trực tiếp bởi cấu trúc tầng số đường kính. Phân loại được cấu trúc rừng là cơ sở rất quan trọng để đánh giá và kiểm soát các hệ sinh thái rừng (Rubén Valbuena, 2015).

Với tầm quan trọng như vậy, nhưng hiện nay những kiến thức và sự hiểu biết về cấu trúc rừng còn hạn chế, đặc biệt tại Vườn quốc gia Kon Ka Kinh, tỉnh Gia Lai (sau đây gọi tắt là Vườn). Vườn là một di sản Asean, là nơi tập trung và phát triển của rất nhiều loài thực vật quý hiếm. Tuy nhiên, các hệ sinh thái rừng tại đây cũng bị ảnh hưởng nặng nề bởi các hoạt động khai thác từ quân đội Mỹ và lâm trường Mang Yang, đặc biệt là trong giai đoạn từ 1960 - 1990. Những hoạt động này đã làm ảnh hưởng rất nhiều tới cấu trúc tầng thứ và chất lượng của các khu rừng tại đây. Hiện nay Vườn quốc gia Kon Ka Kinh còn thiếu rất nhiều thông tin cơ bản về cấu trúc cũng như biến đổi chất lượng rừng tự nhiên, do ít các nghiên cứu được tiến hành. Tại đây, mới chỉ có khoảng ba nghiên cứu lớn được tiến hành sau khi thành lập Vườn (KKK, 2013). Vì vậy,

rất thiếu các cơ sở khoa học cho công tác quản lý tài nguyên rừng tại đây.

Để góp phần giải quyết vấn đề này, bài báo sẽ: (1) Tập trung tính toán và so sánh các chỉ tiêu sinh trưởng cho tầng cây cao của một số trạng thái rừng tại Vườn; (2) Phân tích biến đổi cấu trúc và mô hình hóa phân bố tần số bằng năm phân bố lý thuyết; (3) Phân tích biến đổi mối quan hệ giữa đường kính và chiều cao; và (4) đánh giá chất lượng cây rừng tại một số trạng thái làm cơ sở cho công tác quản lý tài nguyên rừng tại đây trong tương lai.

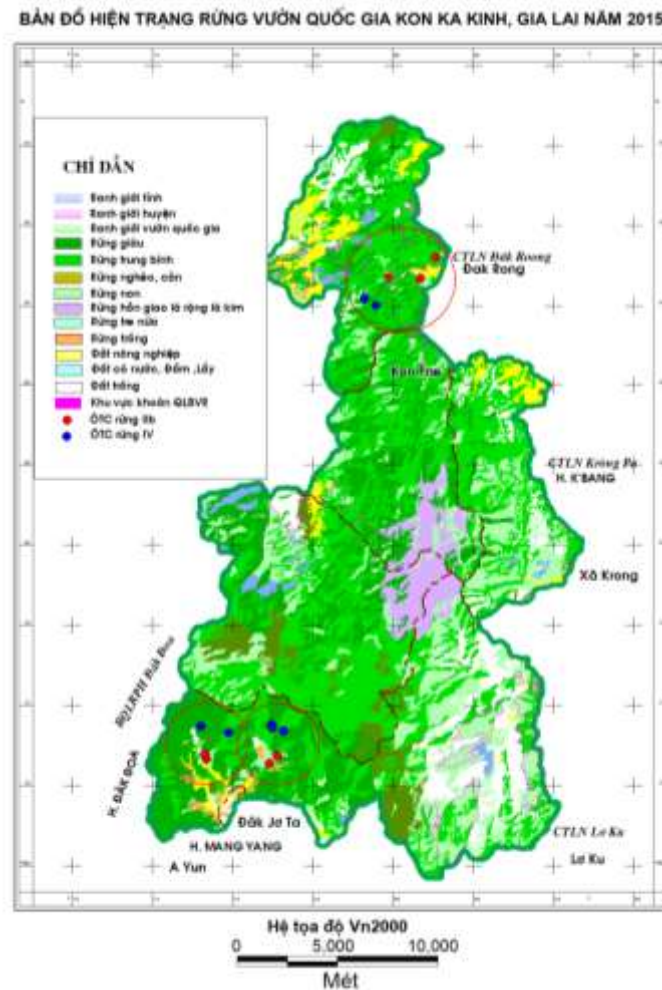
II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp thu thập số liệu

Số liệu được thu thập từ 14 ô tiêu chuẩn (OTC) rừng tự nhiên tại Vườn quốc gia Kon Ka Kinh, Gia Lai, trong đó 7 OTC bố trí ở rừng phục hồi sau khai thác kiệt (IIb) và 7 OTC cho rừng thứ sinh phục hồi ổn định (IV) trong thời gian từ tháng 1 - 3 năm 2015. Khoảng cách tối thiểu giữa các ô là 150m, tối đa là 24km, các ô tiêu chuẩn ở độ cao trung bình từ 700 - 1700m. Mỗi OTC có diện tích 1000m² (25m × 40m). Các ô được phân thành 3 vùng chính (trong vòng tròn đỏ ở hình dưới). Vị trí của các ô được thể hiện trong bản đồ hình 1.

Phương pháp rút mẫu được áp dụng là phương pháp phân tầng ngẫu nhiên để lựa chọn vị trí các OTC. Đây là phương pháp phù hợp khi điều tra tài nguyên rừng, bởi lẽ các hệ sinh thái rừng thường không đồng nhất (Barry D. Shiver, Bruce E. Borders, 1996).

Trong mỗi ÔTC, tất những cây có đường kính lớn hơn 6cm đều được xác định tên và đo đếm đường kính ngang ngực, chiều cao vút ngọn, chiều cao dưới cành, đường kính tán và phân cấp chất lượng cây rừng thành 3 cấp (A, B, C).



Hình 1. Vị trí của các ô tại Vườn quốc gia Kon Ka Kinh

2.2. Phương pháp phân tích số liệu

Toàn bộ số liệu được phân tích bằng ngôn ngữ R, phiên bản 3.3.2. Cụ thể các nội dung và phương pháp phân tích như sau:

2.2.1. Kiểm tra sự thuần nhất của số liệu và tính toán các đặc trưng mẫu

Số liệu của các ô cùng trạng thái được gộp lại với nhau. Mức độ thuần nhất của các ô được kiểm tra bằng biểu đồ đám mây điểm giữa đường kính và chiều cao.

Tiếp đó, 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).

2.2.2. So sánh sinh trưởng cây rừng về đường kính ngang ngực và chiều cao

Để so sánh sự khác biệt về sinh trưởng cây rừng giữa hai trạng thái, trước hết các biểu đồ hộp được vẽ để có cái nhìn trực quan về sự khác biệt. Sau đó, các mô hình tuyến tính hỗn hợp được sử dụng để so sánh cho biến đường kính và chiều cao. Mô hình tuyến tính hỗn hợp là một phương pháp phù hợp bởi vì nó không những cho biết sự sai khác giữa các trạng thái, mà còn kiểm tra được ảnh hưởng ngẫu nhiên tới kết quả thí nghiệm. Hay nói cách khác là số

liệu giữa các ô có thực sự độc lập hay không. Đó là cơ sở rất quan trọng để có thể áp dụng các phương pháp thống kê phân tích số liệu sau này. Biến vùng được thể hiện trong sơ đồ vị trí các ô để kiểm tra ảnh hưởng ngẫu nhiên (Julian J. Faraway, 2005, Andrzej Galecki, Tomasz Burzykowski, 2013, Mathworks, 2016, Bui Manh Hung, Bui The Doi, 2017). Lệnh trong R cho biến đường kính như sau, lệnh trong biến chiều cao hoàn toàn tương tự.

```
model = lme(D ~ Loai_rung, data = data,
           random = ~ 1|Vung,
           method = "REML")
```

2.2.3. Phân tích biến đổi cấu trúc tần số

Để phân tích biến đổi cấu trúc tần số cho đại lượng điều tra đường kính và chiều cao cây rừng thì sau khi phân bố tần số thực nghiệm được tạo ra, chúng sẽ được sử dụng để mô hình hóa theo 5 phân bố lý thuyết được thể giới hay sử dụng. Đó là phân bố Weibull, phân bố Gama, phân bố chuẩn Logarit, phân bố giảm và phân bố Logistic (Thomas Nord-Larsen, Quang V. Cao, 2006, Benjamin D. Rubin et al., 2006).

Để đánh giá mức độ phù hợp giữa các phân bố lý thuyết và phân bố thực nghiệm, chỉ số AIC được sử dụng. Đây là một chỉ số tốt hơn so với giá trị hệ số tương quan khi lựa chọn các mô hình tương quan phi tuyến (Mamoun H. Osman et al., 2012). Công thức xác định AIC cho trường hợp bình phương nhỏ nhất được xác định như dưới đây. Mô hình tốt nhất là mô hình có AIC nhỏ nhất (Kenneth P. Burnham, David R. Anderson, 2002).

$$AIC = n * \ln(RSS / n) + 2 * K1, 1$$

Trong đó: n là dung lượng mẫu, RSS là tổng bình phương sai số và K là số tham số của mô hình tương quan.

2.2.4. Phân tích biến đổi quan hệ giữa đường kính và chiều cao

Mối quan hệ này được phân tích bởi hàm tuyến tính $y = a + b.x$ dựa trên biểu đồ đám mây điểm. Mục đích chủ yếu là để thấy được sự biến đổi mối quan hệ giữa hai đại lượng điều tra này theo các trạng thái rừng phân tích.

2.2.5. Phân tích biến đổi chất lượng cây rừng

Phân tích hệ số đường ảnh hưởng được sử dụng để kiểm tra mức độ tác động của các nhân tố như đường kính ngang ngực, chiều cao, chiều cao dưới cành và đường kính tán tới chất lượng cây rừng. Từ đó, thấy được sự khác biệt giữa các trạng thái, đồng thời có cơ sở vững chắc để đề xuất các biện pháp tác động vào rừng nhằm nâng cao chất lượng cây gỗ.

Lệnh trong R được sử dụng như sau:

```
summary(lm(Chat_luong ~ D + H + Hunder +
           Dkt, data=typeII))
model=lm(Chat_luong ~ D + H + Hunder +
          Dkt, data=typeII)
lm.beta(model)
```

Ngoài ra, phân tích thành phần chính cũng được sử dụng để phân loại các nhân tố thành các nhóm: đối kháng, đối kháng ít và không đối kháng. Đó là cơ sở trực quan và định lượng để đề xuất các giải pháp nâng cao chất lượng rừng tự nhiên tại đây (Michael J. Crawley, 2015). So sánh chất lượng cây rừng giữa hai trạng thái được thực hiện bằng tiêu chuẩn χ^2 (Jerrold H. Zar, 2010).

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Biến động cấu trúc và sinh trưởng

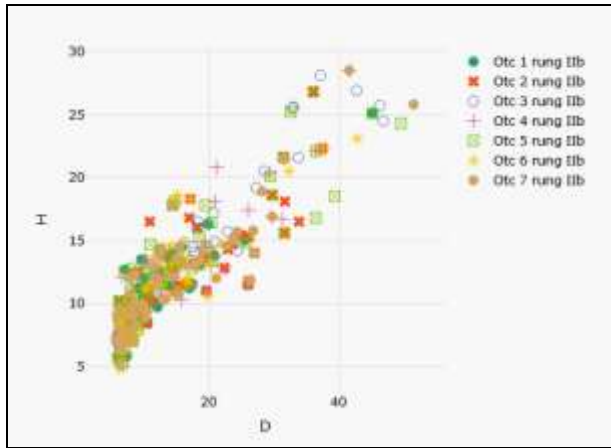
3.1.1. Sự thuần nhất và sinh trưởng cây rừng giữa các ô

a. Sự thuần nhất số liệu

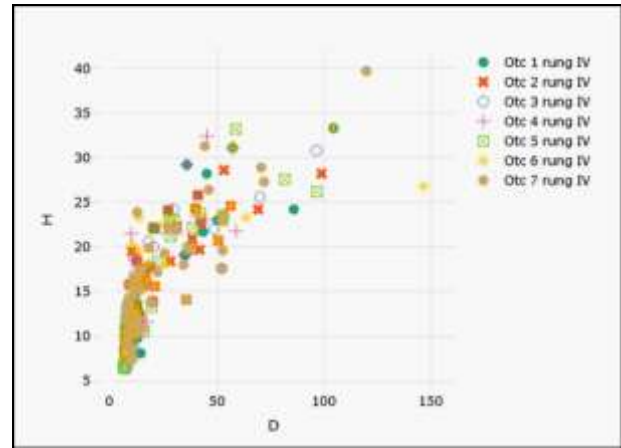
Để giảm thiểu số lượng phân tích, phản ánh khách quan hơn các trạng thái, số liệu giữa các

ô của cùng trạng được gộp lại. Bởi vì chúng khá thuần nhất, điều này thể hiện trong biểu đồ đám mây điểm giữa đường kính, chiều cao của

các ô như trong hình 2. Biểu đồ của cả hai trạng thái cho thấy rằng các điểm của các ô khác nhau hòa lẫn và không có sự biệt dị nào.



a. Rừng IIb



b. Rừng IV

Hình 2. Biểu đồ đám mây điểm giữa đường kính và chiều cao

b. Sinh trưởng đường kính ngang ngực, chiều cao vút ngọn giữa các trạng thái

chiều cao của các trạng thái rừng được thể hiện trong bảng 1.

Kết quả tính toán đặc trưng mẫu cho các đại lượng sinh trưởng đường kính ngang ngực và

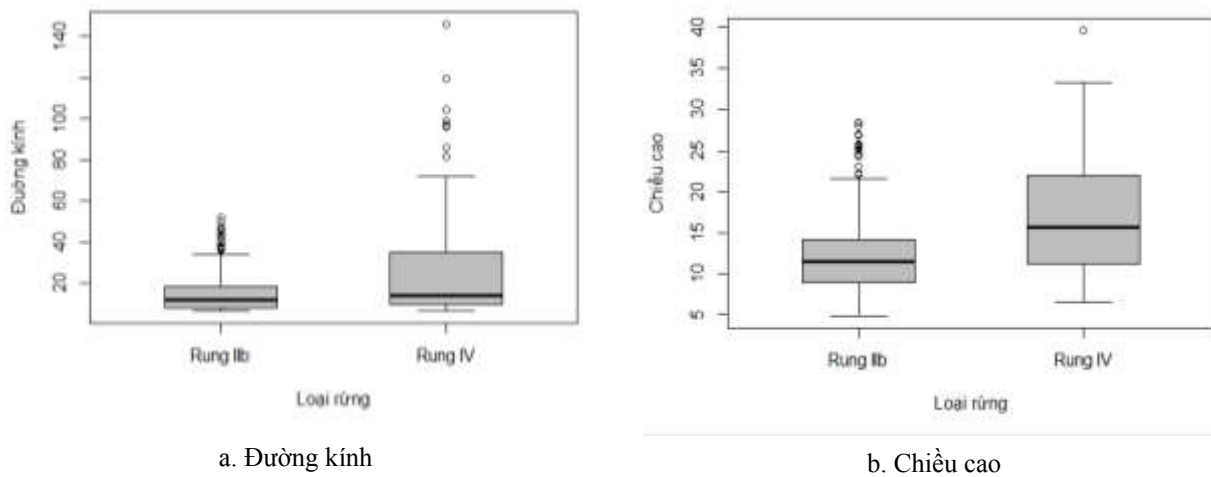
Bảng 1. Kết quả tính toán các đặc trưng mẫu

Loại rừng	Đại lượng	Dung lượng	Trung bình	Sai tiêu chuẩn	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Khoảng biến động	Độ lệch	Độ nhọn	Sai số trung bình
IIb	Đường kính	416	14,67	9,23	6,05	51,50	45,45	1,50	1,91	0,45
	Chiều cao	416	12,15	4,62	4,80	28,50	23,70	1,21	1,53	0,23
IV	Đường kính	258	24,40	22,99	6,25	146,35	140,10	2,18	5,64	1,43
	Chiều cao	258	16,56	6,77	6,40	39,70	33,30	0,71	0,07	0,42

Số liệu ở bảng trên cho thấy rằng đường kính ngang ngực và chiều cao của rừng IV đều lớn hơn rừng IIb. Đường kính trung bình lần lượt là 24,4cm và 14,67cm. Đồng thời phạm vi biến động về đường kính ngang ngực và chiều cao của trạng thái rừng IV lớn hơn so với trạng thái rừng IIb. Điều này được thể hiện qua sai tiêu chuẩn của rừng IV cho đường kính và chiều cao là: 22,99 và 6,77. Trong khi đó

những kết quả cho rừng IIb là 9,23 và 4,62. Đây là kết quả của quá trình sinh trưởng của cây rừng, dẫn đến việc phân hóa lớn hơn ở rừng già, rừng phục hồi đã ổn định.

Sự khác biệt về đường kính và chiều cao được nhận thấy rõ trong hình 3. Các biểu đồ cho thấy phân bố số cây theo đường kính lệch trái nhiều, còn phân bố đó của biến chiều cao có xu hướng cân đối hơn.



Hình 3. Biểu đồ hộp cho đường kính và chiều cao

c. Khác biệt về sinh trưởng đường kính, chiều cao

Kết quả phân tích mô hình tuyến tính hỗn hợp đã một lần nữa khẳng định sự khác biệt về đường kính và chiều cao giữa hai loại rừng là rất rõ rệt, bởi lẽ tất cả p-value đều nhỏ hơn 0,05. Đường kính rừng IV lớn hơn rừng IIb là 9,72cm, trong khi đó chiều cao lớn hơn 4,49 m. Đồng thời kết quả mô hình tuyến tính hỗn hợp dưới đây cũng phản ánh rằng ảnh hưởng

ngẫu nhiên là không đáng kể với đường kính, nhưng tương đối lớn với chiều cao. Bởi lẽ, sai tiêu chuẩn của ảnh hưởng ngẫu nhiên cho biến đường kính là 0,001 (nhỏ hơn 0,1), ngược lại giá trị này của chiều cao là 0,3 (lớn hơn 0,1). Như vậy, tính độc lập giữa các ô về đường kính được đảm bảo cao hơn đại lượng chiều cao cây rừng.

Kết quả cho đại lượng đường kính:

```

Random effects:
Formula: ~1 | Vung
(Intercept) Residual
StdDev: 0.001068373 15.9604

Fixed effects: D ~ Loai_rung
Value Std.Error DF t-value p-value
(Intercept) 14.672957 0.782523 669 18.750831 0
Loai_rungRung IV 9.728012 1.264786 669 7.691428 0
    
```

Kết quả cho đại lượng chiều cao:

```

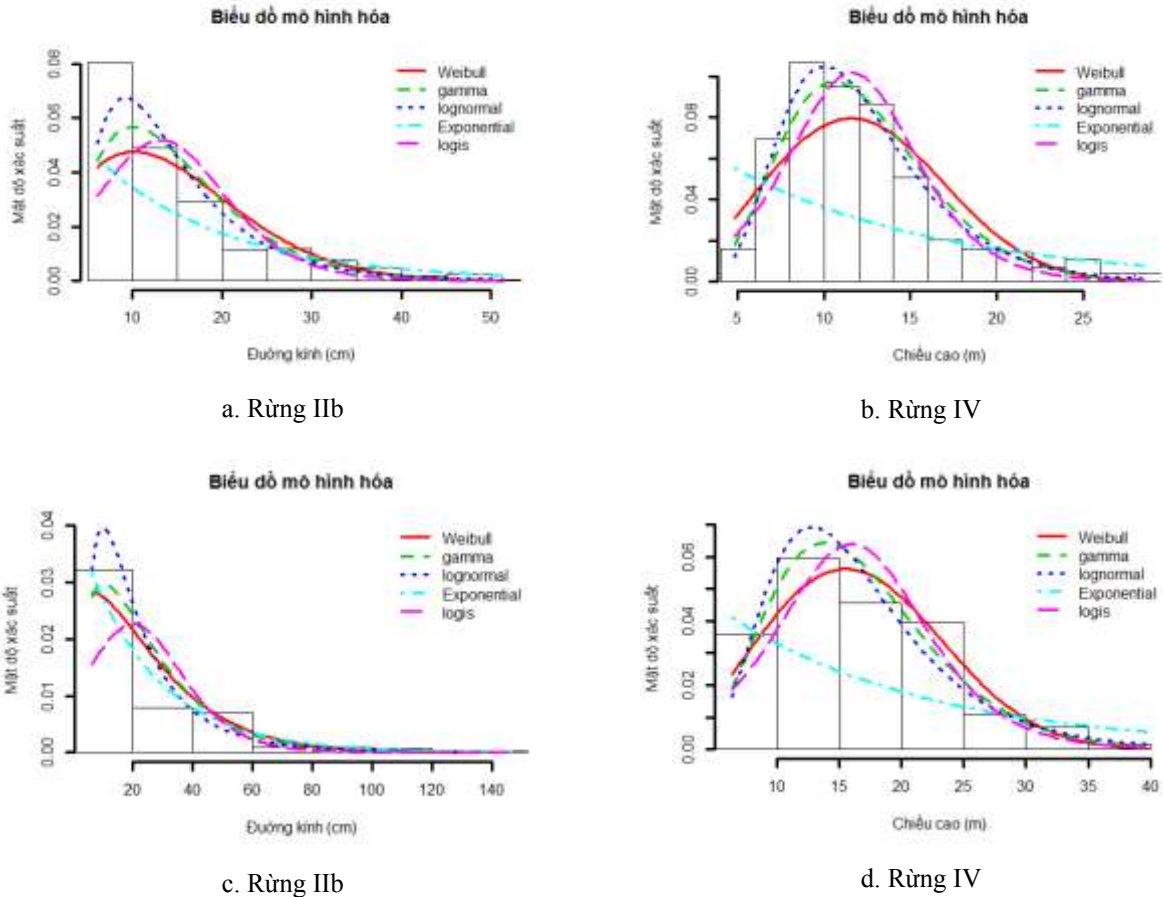
Random effects:
Formula: ~1 | Vung
(Intercept) Residual
StdDev: 0.34565 5.535591

Fixed effects: H ~ Loai_rung
Value Std.Error DF t-value p-value
(Intercept) 12.143382 0.3366854 669 36.06745 0
Loai_rungRung IV 4.497325 0.4693878 669 9.58126 0
    
```

3.1.2. Biến đổi phân bố số cây theo đường kính ngang ngực và chiều cao

Phân bố thực nghiệm số cây theo đường kính và chiều cao, như biểu đồ mô hình hóa theo các phân bố lý thuyết được trình bày trong

hình dưới đây. Kết quả phân bố mật độ xác suất cho thấy rằng phân bố số cây theo đường kính luôn ở dạng giảm, còn phân bố số cây theo chiều cao luôn ở dạng 1 đỉnh lệch trái. Đây là quy luật rất phổ biến ở rừng tự nhiên Việt Nam (Bui Manh Hung, 2016).



Hình 4. Biểu đồ mô hình hóa

Kết quả chỉ số AIC trong bảng 2 cho thấy rằng đối với cả phân bố số cây theo đường kính và chiều cao thì phân bố Lognormal là mô phỏng tốt nhất cho phân bố thực nghiệm. Đây là

những phân bố rất ít được kiểm chứng trong các nghiên cứu trước kia trong lĩnh vực lâm nghiệp (Bui Manh Hung, 2016).

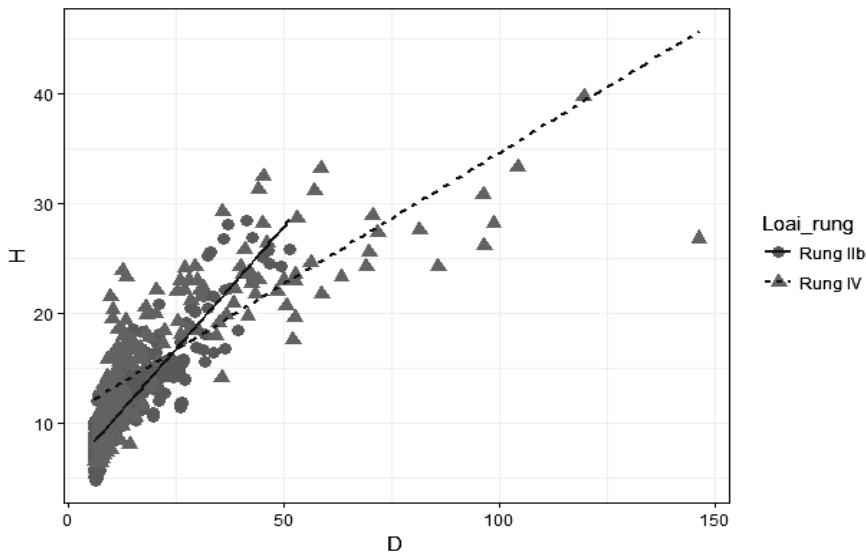
Bảng 2. Kết quả AIC cho các phân bố lý thuyết

Loại rừng	Đại lượng	Chỉ số	weibull	gamma	Inorm	exponential	logis
IIb	Đường kính	AIC	2890,04	2838,99	2788,42	3068,76	2994,79
	Chiều cao	AIC	2437,37	2368,71	2349,12	2911,88	2428,49
IV	Đường kính	AIC	2147,91	2129,15	2071,92	2166,43	2298,37
	Chiều cao	AIC	1703,83	1685,49	1683,13	1966,28	1728,96

3.1.3. Thay đổi mối quan hệ giữa đường kính và chiều cao

Mối mục đích chính là tìm hiểu được sự thay đổi trong mối quan hệ giữa đường kính và chiều cao cây rừng, phân tích tương quan tuyến tính được lựa chọn. Bởi lẽ, hàm tuyến tính sẽ chỉ cho chúng ta thấy được độ dốc của đám mây điểm. Kết quả tính toán các tham số của phương trình tuyến tính cho hai loại rừng

lần lượt như sau: rừng IIb là 5,66 và 0,44 và rừng IV là 10,73 và 0,24. Điều này đã cho thấy độ dốc của đường tương quan rừng IV nhỏ hơn rừng IIb. Độ dài của đoạn tương quan cũng lớn hơn. Điều này cho thấy rằng rừng IV có nhiều cây gỗ lớn. Như vậy, khi cây gỗ đạt kích thước lớn hơn thì tốc độ sinh trưởng đường chiều cao chậm lại và chậm hơn tốc độ sinh trưởng đường kính.



Hình 5. Biểu đồ tương quan cho cả hai loại rừng

3.2. Biến động chất lượng cây rừng

3.2.1. Các nhân tố ảnh hưởng tới chất lượng cây rừng

Hệ số đường ảnh hưởng đã kiểm tra ảnh hưởng của các nhân tố đường kính ngang ngực, chiều cao vút ngọn, chiều cao dưới cành, đường kính tán tới chất lượng cây rừng. Kết quả được thể hiện trong bảng 3. Kết quả cho thấy rằng, với rừng IIb thì chiều cao dưới cành có ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng cây rừng, sau đó đến chiều cao và đường kính

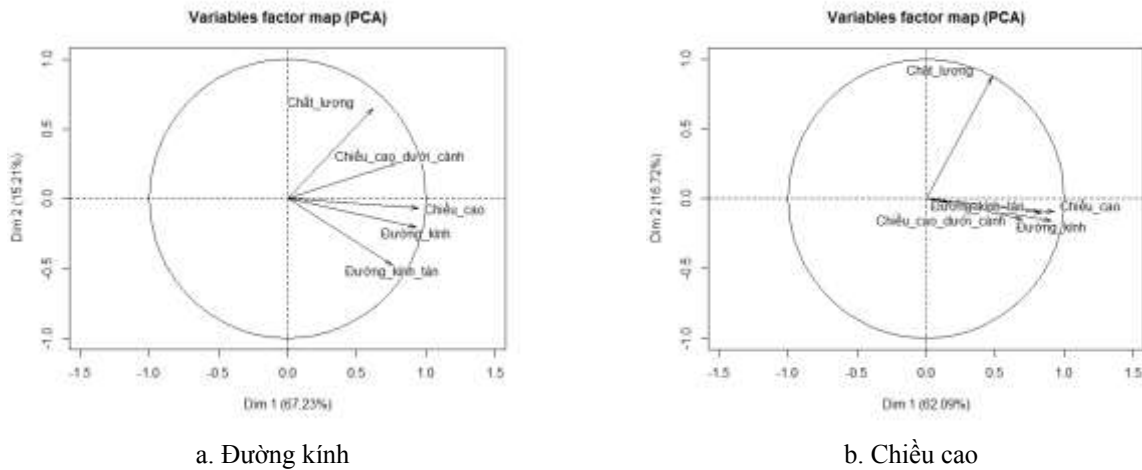
ngang ngực. Cũng với loại rừng này thì hệ số ảnh hưởng trực tiếp (AHTT) nhỏ hơn hệ số ảnh hưởng gián tiếp (AHGT). Điều này chứng tỏ rằng ở trạng thái này chất lượng cây rừng còn chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi các nhân tố khác như lượng mưa, đất đai, khí hậu... Có nhiều điểm khác, tại rừng IV, thì chiều cao và đường kính tán có mối quan hệ chặt nhất với chất lượng cây rừng. Hệ số AHTT lớn hơn rất nhiều hệ số AHGT. Điều này cho thấy rừng đã đi vào ổn định, chất lượng cây rừng ít bị ảnh hưởng bởi các nhân tố bên ngoài.

Bảng 3. Kết quả hệ số đường ảnh hưởng

Loại rừng	D	H	H dưới cành	Đường kính tán	Bx	Hệ số AHTT	Hệ số AHGT
IIb	0,07	0,13	0,28	0,09	0,24	0,11	0,13
IV	-0,12	0,37	-0,02	0,15	0,12	0,17	-0,05

Kết quả này sẽ trực quan hơn trong biểu đồ của phân tích thành phần chính trong hình 6. Kết quả phân tích thành phần chính đã cho thấy với rừng IIB thì chất lượng cây rừng có mối quan hệ chặt chẽ với chiều cao dưới cành

và ít đối kháng với đường kính và đường kính tán. Ngược lại với rừng IV, ảnh hưởng của các yếu tố trở lên đồng đều hơn, không có sự khác biệt nhiều giữa các yếu tố. Đó cũng là một dấu hiệu của ổn định rừng.



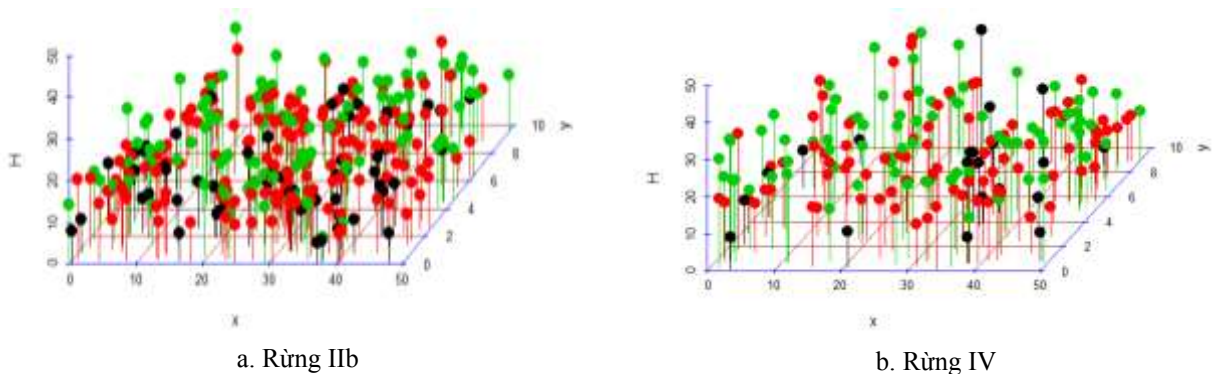
Hình 6. Phân tích thành phần chính

3.2.2. Chất lượng cây rừng giữa các trạng thái

Kết quả phân tích cho thấy, tỷ lệ cây có chất lượng tốt và trung bình (A và B) của rừng IV là 87,60%. Trong khi đó tỷ lệ này của rừng thứ sinh nghèo kiệt IIB là 83,65%. Tỷ lệ cây có chất lượng xấu (C) của rừng IV thấp hơn rừng IIB. Sự khác biệt về chất lượng cây rừng giữa hai trạng thái là thực sự rõ rệt, do giá trị p-value của tiêu chuẩn Chi-squared là 0,0055 (nhỏ hơn 0,05).

đồ không gian 3d được thể hiện dưới đây cho chúng ta cái nhìn trực quan hơn. Màu đen là những cây chất lượng xấu, màu đỏ là những cây chất lượng trung bình và màu xanh lá là những cây có chất lượng tốt. Biểu đồ cho thấy rằng phần lớn cây chất lượng xấu của rừng IIB nằm ở tầng thấp, cây có chất lượng tốt nằm ở tầng cao hơn. Vì vậy, chất lượng phụ thuộc chặt vào chiều cao. Ngược lại, rừng IV thì chất lượng cây được phân bố đều ở các độ cao hơn, do đó, chất lượng ít bị ảnh hưởng bởi độ cao. Rừng IV cũng có sự phân tầng mạnh hơn và có nhiều cây gỗ cao lớn hơn.

Để mô phỏng cấu trúc tầng thứ và thể hiện một phần chất lượng cây rừng trong lâm phần, biểu



Hình 7. Mô hình 3d lâm phần

IV. KẾT LUẬN

Đường kính trung bình của các trạng thái rừng trong khu vực nghiên cứu là 14,67cm (rừng IIb) và 24,4cm (rừng IV). Mức độ biến độ của các đại lượng sinh trưởng cũng lớn hơn ở rừng IV và nhỏ hơn ở rừng IIb. Mô hình tuyến tính hỗn hợp đã khẳng định sự khác biệt về đường kính và chiều cao giữa hai loại rừng là rất rõ rệt vì có p-value đều nhỏ hơn 0,05. Đồng thời ảnh hưởng ngẫu nhiên là không đáng kể với đường kính, nhưng tương đối lớn với chiều cao. Tính độc lập giữa các ô về đường kính được đảm bảo cao hơn đại lượng chiều cao cây rừng.

Kết quả chỉ số AIC cho thấy rằng đối với cả phân bố số cây theo đường kính và theo chiều cao thì hàm Lognormal có thể mô phỏng tốt nhất. Kết quả tính toán các tham số của phương trình tuyến tính đã minh chứng rằng độ dốc của đường tương quan rừng IV nhỏ hơn rừng IIb. Độ dài của đoạn tương quan cũng lớn hơn.

Về ảnh hưởng tới chất lượng cây rừng, với trạng thái rừng IIb, chiều cao dưới cành có ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng cây rừng, sau đó đến chiều cao và đường kính. Cũng với loại rừng này thì hệ số ảnh hưởng trực tiếp (AHTT) nhỏ hơn hệ số ảnh hưởng gián tiếp (AHGT). Vì vậy chất lượng cây rừng còn chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi các nhân tố khác như lượng mưa, đất đai, khí hậu... Ngược lại, tại rừng IV, hệ số AHTT lớn hơn rất nhiều hệ số gián tiếp. Điều này cho thấy rừng đã đi vào ổn định, chất lượng cây rừng ít bị ảnh hưởng bởi các nhân tố bên ngoài. Điều này cũng đã được thể hiện trên biểu đồ phân tích thành phần chính.

Tỷ lệ cây có chất lượng tốt và trung bình (A và B) của trạng thái rừng IV là 87,60%, trong khi đó tỷ lệ này của rừng thứ sinh nghèo kiệt IIb là 83,65%. Tỷ lệ cây có chất lượng xấu (C) của rừng IV thấp hơn rừng IIb. Sự khác biệt về chất lượng cây rừng giữa hai trạng thái là thực sự rõ rệt, do giá trị p-value của tiêu chuẩn Chi-squared nhỏ hơn 0,05.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kenneth P. Burnham và David R. Anderson, 2002. *Model Selection and Multimodel Inference A Practical Information-Theoretic Approach*, Springer-Verlag New York, USA.
2. Michael J. Crawley, 2015. *Statistics: An Introduction Using R*, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom.
3. Julian J. Faraway, 2005. *Linear Models with R*, Chapman & Hall/CRC, Washington, D.C., USA.
4. Andrzej Gałecki và Tomasz Burzykowski, 2013. *Linear Mixed-Effects Models Using R: A Step-by-Step Approach*, Springer New York, USA.
5. Bui Manh Hung, 2016. Structure and restoration of natural secondary forests in the Central Highlands, Vietnam. *Chair of Silviculture, Institute of Silviculture and Forest protection, Faculty of Environmental Sciences, Dresden University of Technology*. Doctoral thesis.
6. Bui Manh Hung và Bui The Doi, 2017. "Applying linear mixed model (LMM) to analyze forestry data, checking autocorrelation and random effects, using R." *Journal of Forestry Science and technology* 2: 17 - 26.
7. KKK, 2013. Báo cáo quy hoạch tài nguyên rừng bền vững, Vườn quốc gia Kon Ka Kinh, Mang Yang, Gia Lai, Việt Nam.
8. Mathworks, 2016. *Linear Mixed-Effects Models*, Mathworks. Available from: <http://de.mathworks.com/help/stats/linear-mixed-effects-models.html> (Accessed 10 August, 2016).
9. Thomas Nord-Larsen và Quang V. Cao, 2006. "A diameter distribution model for even-aged beech in Denmark." *Forest Ecology and Management* 231: 218 - 225.

10. Mamoun H. Osman, Zein A. Idris và Mugira M. Ibrahim, 2012. "Modelling Height-Diameter Relationships of Selected Economically Important Natural Forests Species." *Journal of Forest products & industries* 2(1): 34 - 42.
11. Benjamin D. Rubin, Paul D. Manion và Don Faber-Langendoen, 2006. "Diameter distributions and structural sustainability in forests." *Forest Ecology and Management* 222: 427 - 438.
12. Barry D. Shiver và Bruce E. Borders, 1996. *Sampling techniques for forest resources inventory*, John Wiley & Sons, Inc. Canada.
13. Thomas A. Spies, 1998. *Forest Structure: A Key to the Ecosystem. Proceedings of a workshop on Structure, Process, and Diversity in Successional Forests of Coastal British Columbia*. J. A. Trofymow and A. MacKinno, Northwest Science, Washington State University Press.
14. Nguyễn Hải Tuất, Vũ Tiến Hình và Ngô Kim Khôi, 2006. *Phân tích thống kê trong lâm nghiệp*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
15. Rubén Valbuena, 2015. *Forest structure indicators based on tree size inequality and their relationships to airborne laser scanning*. Faculty of Science and Forestry, University of Eastern Finland. Doctoral thesis.
16. Jerrold H. Zar, 2010. *Biostatistical Analysis (5th Edition)*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, USA.

Email của tác giả chính: buimanhhungvfu@gmail.com

Ngày nhận bài: 21/09/2017

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 23/09/2017

Ngày duyệt đăng: 23/09/2017