

SẢN LƯỢNG RỪNG



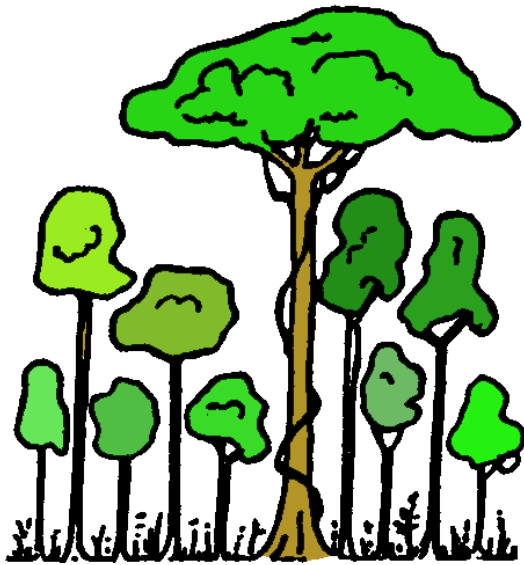
Bảo Huy

12/1/2011

PGS.TS. BẢO HUY

SẢN LƯỢNG RỪNG

Forest Growth and Yield Modelling



Năm 2011

MỤC LỤC

1	Mở đầu.....	5
2	Sử dụng công nghệ Laser trong điều tra rừng	6
2.1	Sử dụng máy đo cây Laser Criterion RD 1000.....	6
2.2	Sử dụng đo cây Laser ACE 3D.....	10
3	Cấp năng suất rừng	13
3.1	Chỉ tiêu phân chia cấp năng suất và thu thập số liệu	14
3.2	Lập biểu cấp năng suất.....	16
3.3	Sử dụng biểu cấp năng suất	23
4	Mô hình hóa quá trình sinh trưởng cây rừng.....	24
4.1	Mục đích thiết lập mô hình sinh trưởng và sản phẩm cây bình quân của lâm phần 24	
4.2	Thu thập dữ liệu để lập mô hình sinh trưởng, sản phẩm cây bình quân lâm phần 24	
4.3	Mô hình hóa quá trình sinh trưởng, sản phẩm cây bình quân lâm phần.....	27
5	Mô hình mật độ rừng	37
5.1	Vai trò của mật độ rừng (N) và cơ sở mô hình hóa mật độ tối ưu (N_{opt}).....	37
5.2	Mô hình hóa mật độ tối ưu.....	40
6	Sinh trưởng trữ sản lượng lâm phần.....	44
7	Biểu sản lượng rừng – Phần mềm quản lý sản lượng	45
7.1	Lập biểu sản lượng.....	45
7.2	Kiểm tra biểu sản lượng.....	49
7.3	Sử dụng biểu sản lượng.....	50
7.4	Xây dựng phần mềm quản lý sản lượng rừng.....	53
8	Tài liệu tham khảo.....	54

DANH SÁCH CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1:	Số liệu đo đường kính ở vị trí 1/10H để lập biểu thể tích cây đứng	9
Bảng 2.2:	Tính thể tích cây qua đường kính ở 1/10H trong Excel	9
Bảng 2.3:	Biểu thể tích cây đứng	10
Bảng 3.1:	Biểu thu thập số liệu chiều cao tầng trội để lập biểu cấp năng suất	16
Bảng 3.2:	Giá trị Hoi theo cấp năng suất ở tuổi Ao	19
Bảng 3.3:	Giá trị Hoi theo cấp năng suất tại Ao =11 rừng tẻch	19
Bảng 3.4:	Biểu cấp năng suất loài	20
Bảng 3.5:	Tham số ai theo cấp năng suất rừng tẻch	20
Bảng 3.6:	Biểu cấp năng suất rừng tẻch ở Tây Nguyên	21
Bảng 4.1:	Biểu thu thập số liệu giải tích cây bình quân lâm phần	26
Bảng 4.2:	Các chỉ tiêu cây bình quân lâm phần	28
Bảng 4.3:	Sinh trưởng, tăng trưởng thể tích bình quân cây tẻch	30
Bảng 5.1:	Mật độ tối ưu và sinh trưởng bình quân lâm phần rừng tẻch theo cấp năng suất, tuổi	42
Bảng 7.1:	Biểu sản lượng tối ưu rừng tẻch – Cấp năng suất I	47
Bảng 7.2:	Biểu sản lượng tối ưu rừng tẻch – Cấp năng suất II	47
Bảng 7.3:	Biểu sản lượng tối ưu rừng tẻch – Cấp năng suất III	48
Bảng 7.4:	Kiểm tra biểu sản lượng	49

DANH SÁCH CÁC HÌNH

Hình 3.1:	Mô hình Ho/A và đám mây điểm rừng tẻch	18
Hình 3.2:	Mô hình 3 cấp năng suất rừng tẻch ở Tây Nguyên	21
Hình 3.3:	Kiểm tra đường giới hạn cấp trên và dưới với đám mây điểm	22
Hình 3.4:	Kiểm nghiệm sự thay đổi Ho/A của các lâm phần	23
Hình 4.1:	Quan hệ Z_v và Δv và tuổi đạt năng suất tối đa và tuổi thành thực số lượng	32
Hình 4.2:	Biến đổi D_{bq} theo A, N và Ho	34
Hình 4.3:	Biến đổi H_g theo A, N và Ho	35
Hình 4.4:	Biến đổi V_{bq} theo A, N, Ho	36
Hình 5.1:	Biến đổi St_{opt} theo Ho và A	41
Hình 7.1:	Tiến trình lập và sử dụng biểu sản lượng	52
Hình 7.2:	Sơ đồ thuật toán lập phần mềm quản lý sản lượng rừng	53

1 Mở đầu

Sản lượng rừng là một khoa học quản lý rừng với mục đích cung cấp các giải pháp nâng cao năng suất và sản lượng rừng. Đồng thời khoa học sản lượng cũng cung cấp nhưng cơ sở khoa học để dự báo sản lượng, làm cơ sở cho việc lựa chọn mô hình trồng rừng, dự toán hiệu quả kinh tế trong đầu tư trồng và phát triển rừng.

Nghiên cứu sản lượng rừng bao gồm các nội dung chính sau:

- i. *Phân chia cấp năng suất rừng*: Bản chất của nó là phân chia cấp đất, hạng đất trong trồng rừng, nhưng cách tiếp cận của nó dựa vào hiệu quả của sinh trưởng rừng để phân cấp. Việc phân chia cấp năng suất rừng làm cơ sở cho việc đánh giá sinh trưởng, sản lượng rừng phù hợp với các điều kiện khác nhau cả về sinh thái lẫn xã hội
- ii. *Nghiên cứu quy luật sinh trưởng của cây rừng*: Cây rừng là một bộ phận của lâm phần, để có được thông tin về sinh trưởng lâm phần thì sinh trưởng cá thể là nhân tố cơ bản. Đồng thời nghiên cứu sinh trưởng cây cá thể cũng giúp cho việc phát hiện quy luật và các giai đoạn phát triển của cây rừng để đề ra biện pháp lâm sinh thích hợp
- iii. *Mô hình mật độ tối ưu*: Trong quản lý rừng, biện pháp tác động có hiệu quả nhất cả về sản lượng và kinh tế là điều chỉnh mật độ để đạt được năng suất tối ưu và phù hợp với mục tiêu kinh doanh. Do đó nghiên cứu mô hình mật độ tối ưu là một nội dung cơ bản trong nghiên cứu sản lượng rừng, đồng thời mô hình mật độ tối ưu sẽ là hướng dẫn cho các biện pháp tỉa thưa rừng hợp lý.
- iv. *Nghiên cứu quy luật sinh trưởng lâm phần*: Để dự báo sản lượng, các nhân tố điều tra lâm phần cần được nghiên cứu trong mối quan hệ với sinh trưởng cây rừng và các nhân tố lâm phần khác và biến đổi theo thời gian. Đây là cơ sở để dự báo năng suất, sản lượng của lâm phần
- v. *Lập biểu sản lượng rừng*: Đây là một biểu tổng hợp quá trình sinh trưởng, phát triển của rừng. Biểu sản lượng là cơ sở để quản lý, giám sát và kinh doanh rừng lâu dài. Thông qua mô hình hóa và với công nghệ tin học, các biểu sản lượng có thể được lập trình để truy cập nhanh chóng các thông tin, dự báo sản lượng có độ chính xác cao.

Khoa học sản lượng rừng có mối quan hệ và dựa vào các tiến bộ của các lĩnh vực khoa học khác như:

- ✓ *Khoa học điều tra rừng*: Các tiến bộ về công nghệ, thiết bị và phương pháp luận điều tra rừng sẽ giúp cho việc nghiên cứu sản lượng rừng đạt độ tin cậy cao hơn và hiệu quả hơn. Ví dụ như ngày nay công nghệ Laser đã được sử dụng trong các thiết bị điều tra rừng, giúp cho việc điều tra nhanh và chính xác hơn, đồng thời.
- ✓ *Khoa học về thống kê và tin học*: Nghiên cứu sản lượng rừng chủ yếu là sử dụng phương pháp mô hình hóa, do vậy thống kê xác suất là nền móng cho công việc này. Đồng thời với thống kê, tin học phát triển đã hỗ trợ cho việc xử lý nhanh chóng một nguồn dữ liệu lớn, phát hiện các mô hình có độ tin cậy cao và tạo ra các cơ sở dữ liệu, biểu sản lượng tự động giúp cho quản lý rừng có hiệu quả cao.

2 Sử dụng công nghệ Laser trong điều tra rừng

2.1 Sử dụng máy đo cây Laser Criterion RD 1000

Công nghệ Laser đã được đưa vào để chế tạo các thiết bị điều tra, đo đạc rừng. Với công nghệ này người ta có thể đo đạc gián tiếp các nhân tố điều tra từ xa như khoảng cách, độ dốc, tổng tiết diện ngang, hoặc không cần chặt hạ cây nhằm đo đếm các chỉ tiêu trên từng phân đoạn để xác định thể tích cây rừng, ... Công nghệ Laser thực sự đã đóng góp quan trọng trong điều tra rừng, làm cho công việc này có độ tin cậy cao hơn và hiệu quả về thời gian, kinh phí. Một trong những thiết bị đo cây đa năng dùng công nghệ Laser là máy **Criterion RD 1000 – Laser Technology**. Máy này có thể đo gián tiếp các chỉ tiêu: Độ dốc, đường kính, tổng tiết diện ngang, đường kính ở độ cao bất kỳ trên thân cây, chiều cao cây, chiều cao cây ở một vị trí đường kính xác định trước, bất kỳ trên thân cây. Dụng cụ này có ưu điểm là đo đạc được các chỉ tiêu gián tiếp, mà trước đây phải giải tích thân cây mới làm được. Với dụng cụ này, thứ nhất nghiên cứu không ảnh hưởng đến cây rừng vì không chặt hạ cây, thứ hai giảm thời gian điều tra và có thể thu thập được nhiều số liệu.

- ✓ **Thao tác cài đặt và sử dụng tổng quát máy Criterion RD 1000**
 - Thay Pin: Dùng Tuavit
 - Tắt mở: Giữ nút Power 2 giây
 - Mở và tắt đèn: Ấn nút Power

- Thay đổi đơn vị đo: HUD – Sys – FWD và Up/Down để chuyển từ hệ mét sang feet
- Sử dụng ống kính khuyên đại: Magnifier: Thay đổi chế độ phóng đại: Mode/Sys > FWD và Up/Down để ON/OFF. Bấm chìm Edit, sau đó Up/Down để thay đổi hệ số phóng đại



Hai nút quan trọng để đo đạc:

- **Trigger Button (Nút phía trước):** Nút bấm (Cò súng): Ấn nhanh: Để xác định phạm vi, và xác định giá trị. Giữ chìm nút: Mở chế độ cảm ứng để đo lường trạng thái động, độ nghiêng
- **Scale Adjust (Nút phía sau):** Chỉnh sửa mức độ, tỷ lệ, mở rộng thu hẹp phạm vi ngắm. Ấn nhanh: Tăng phạm vi từng nấc. Ấn chìm: Tăng liên tục bề rộng phạm vi đo

✓ **Đo % độ dốc:**

- Công thức đo: Percent Slope (% độ dốc) = (Tanx) x 100
- Mở chế độ Mode > Xuất hiện Sys và Prcnt trên LCD
- Ngắm dọc theo chiều dốc và giữ nút Trigger để sử dụng chế độ cảm ứng
- Thả nút Trigger sẽ đọc được % độ dốc: Ví dụ P 18 (dốc 18%)

✓ **Đo đường kính:**

Theo 2 kiểu Solid hoặc Gap: Giữ nút HUD để chuyển đổi chế độ đo: 1) Solid Bar Scale: Đo đặc, theo bề rộng đường kính, sử dụng để đo BA tốt hơn. 2) Gap Bar Scale: Đo từ ngoài vào, sử dụng đo đường kính cây tốt hơn

✓ **Đo tổng tiết diện ngang lâm phần: BA (Basal Area)**

- Không sử dụng kính phóng đại trong trường hợp này
- Vào chế độ Mode – Màn hình xuất hiện BAF (Basal Area Function). Vào Edit, sau đó up / down để chọn giá trị BA cơ sở. Thường lấy = 1.0
- Giữ chìm nút Trigger và quay vòng đếm số cây có giá trị BA cơ sở, tổng lại sẽ là tổng BA của lâm phần. Khi quay ngắm tại DBH
- Giữ nút Trigger trên đất dốc để bộ phận cảm ứng tự điều chỉnh đồ rộng thanh bar thích hợp với BA cơ sở.

✓ **Đo đường kính tại chiều cao bất kỳ trên thân cây và chiều cao cây**

Để đo được rõ nên dùng ống kính phóng đại

- Vào chế độ Mode để xuất hiện chế độ đo đường kính: DIAMETER, HD nhấp nháy để đề nghị nhập khoảng cách ngang (Horizontal Distance). Edit và nhập khoảng cách ngang (m) – Enter
- Lấy độ dốc cơ sở: Giữ chìm nút Trigger, ngắm tại sát gỗ cây, thả nút để xác định độ dốc cơ sở
- Đo đạc: Ngắm vào thân cây:
 - o Đo chiều cao cây và chiều cao dưới cành: Giữ chìm nút Trigger, ngắm đến ngọn cây hoặc vị trí phân cành. Đọc được chiều cao cả cây hoặc chiều cao dưới cành
 - o Đo đường kính ở vị trí có chiều cao xác định:
Giữ chìm nút Trigger để lấy độ cao trên thân cây muốn đo đường kính.
Điều chỉnh nút Scale Adjust để xác định đường kính (Lưu ý nên dùng chế độ Gap: HUD để đổi từ SOLID sang GAP)

✓ **Đo chiều cao ứng với đường kính cho trước**

Để đo được rõ nên dùng kính phóng đại

- Vào chế độ Mode để xuất hiện chế độ HT/DIAMETER, HD nhấp nháy để đề nghị nhập khoảng cách ngang. Edit và nhập khoảng cách (m)/Enter
- Lấy độ dốc cơ sở: Giữ chìm nút Trigger, ngắm tại sát gỗ cây, thả nút để xác định độ.
- Sau đó DIAM nhấp nháy để đề nghị nhập đường kính cần xác định độ cao. Edit, chỉnh đường kính và Enter
- Di chuyển máy dọc thân cây và giữ chìm Trigger để vừa khít đường kính, đọc được độ cao ứng với đường kính cài đặt. Thả nút Trigger máy sẽ hiện chiều cao ứng với đường kính cho trước.

✓ **Ứng dụng máy Criterion RD 1000 trong lập nhanh biểu thể tích cây đứng:**

- 1) Đo đếm các chỉ tiêu đường kính ở vị trí 1/10 chiều cao cây

Bảng 2.1: Số liệu đo đường kính ở vị trí 1/10H để lập biểu thể tích cây đứng

Stt	Loại	D1.3 (cm)	H (m)	Đoi (cm)									
				0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	Long nảo	19.3	14.5	22.3	18.4	15.3	13.5	13.0	12.8	12.6	12.5	11.5	10.9
2	Hoàng Tùng	49.4	21.3	57.1	48.0	42.8	39.5	32.0	30.5	29.1	22.0	19.1	19.0
3	Hoàng Tùng	50.0	18.0	68.0	46.6	42.1	38.0	36.1	32.8	24.6	26.3	22.9	15.1
4	Cồng	15.8	15.7	20.0	14.4	14.0	13.0	11.5	10.8	8.0	7.6	6.0	6.4
5	Tai ngheo	30.5	22.0	38.1	30.2	29.0	27.0	26.1	25.2	19.7	15.8	13.3	12.0
6	Long nảo	10.1	12.5	11.4	9.9	8.6	7.1	6.4	5.5	4.5	4.1	3.0	2.0
7	Long thấp	17.1	10.0	25.0	15.9	12.9	11.1	11.7	9.6	8.5	8.0	7.4	7.2
8	Hoàng Tùng	59.0	16.0	70.9	55.5	49.6	44.1	40.1	37.1	31.3	24.8	29.4	13.9
9	Long tí chum	18.0	11.0	14.0	19.0	12.5	11.8	10.9	11.1	8.5	7.5	6.8	3.8
10	Long tí chum	20.1	16.0	25.8	20.0	19.0	18.7	18.6	13.9	11.8	11.0	10.0	7.6
11	Hoàng Tùng	41.7	20.0	49.6	36.3	32.1	26.6	22.2	22.8	22.4	15.3	16.3	15.0
12	Long tai ngheo	23.0	13.0	29.4	23.0	22.7	23.5	20.5	17.6	17.8	17.0	15.5	11.2
13	Trâm	11.8	11.0	12.3	11.5	9.3	9.1	8.7	7.6	6.7	6.6	6.3	4.6
.....												

2) Nhập dữ liệu vào bảng tính Excel và tính toán thể tích cây đứng (V) và phương trình $V = f(D, H)$, lập biểu thể tích cây đứng 2 nhân tố

Bảng 2.2: Tính thể tích cây qua đường kính ở 1/10H trong Excel

Stt	Loại	D1.3 (cm)	H (m)	Đoi (cm)										V (m3)
				0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
1	Long nảo	19.3	14.5	22.3	18.4	15.3	13.5	13.0	12.8	12.6	12.5	11.5	10.9	0.212427
2	Hoàng Tùng	49.4	21.3	57.1	48.0	42.8	39.5	32.0	30.5	29.1	22.0	19.1	19.0	1.871456
3	Hoàng Tùng	50.0	18.0	68.0	46.6	42.1	38.0	36.1	32.8	24.6	26.3	22.9	15.1	1.683493
4	Cồng	15.8	15.7	20.0	14.4	14.0	13.0	11.5	10.8	8.0	7.6	6.0	6.4	0.147751
5	Tai ngheo	30.5	22.0	38.1	30.2	29.0	27.0	26.1	25.2	19.7	15.8	13.3	12.0	0.935817
6	Long nảo	10.1	12.5	11.4	9.9	8.6	7.1	6.4	5.5	4.5	4.1	3.0	2.0	0.039752
7	Long thấp	17.1	10.0	25.0	15.9	12.9	11.1	11.7	9.6	8.5	8.0	7.4	7.2	0.101195
8	Hoàng Tùng	59.0	16.0	70.9	55.5	49.6	44.1	40.1	37.1	31.3	24.8	29.4	13.9	1.937849
9	Long tí chum	18.0	11.0	14.0	19.0	12.5	11.8	10.9	11.1	8.5	7.5	6.8	3.8	0.100270
10	Long tí chum	20.1	16.0	25.8	20.0	19.0	18.7	18.6	13.9	11.8	11.0	10.0	7.6	0.297707
11	Hoàng Tùng	41.7	20.0	49.6	36.3	32.1	26.6	22.2	22.8	22.4	15.3	16.3	15.0	1.004410
12	Long tai ngheo	23.0	13.0	29.4	23.0	22.7	23.5	20.5	17.6	17.8	17.0	15.5	11.2	0.375609

Bảng 2.3: **Biểu thể tích cây đứng**

Phương trình thể tích: $V = f(D, H)$: Chạy trong Statgraphics

$\ln(V) = a + b1*\ln(D) + b2*\ln(H)$

R-squared = 0.9987

Tham số

a = -9.820460

b1 = 2.061620

b2 = 0.824242

D1.3 (cm)	H (m)									
	2	4	6	8	22	24	26	28
6	0.003867	0.006847	0.009565	0.012124						
8		0.012391	0.017308	0.021939						
10			0.027418	0.034755						
12			0.039928	0.050612						
14				0.069546						
16										
18										
20						0.333994				
22						0.406514				
24						0.486386	0.522550			
26						0.573650	0.616302	0.658334		
28						0.668343	0.718036	0.767006		
.....										

2.2 Sử dụng đo cây Laser ACE 3D

Máy đo cây Laser ACE 3D do công ty MDL (Measurement Devices Ltd (MDL) sản xuất, sử dụng tia laser để đo lường các thông số liên quan đến đo đạc mặt đất, đo cây rừng và có thể lưu giữ số liệu dưới dạng ô mẫu và kết nối với máy tính thông qua Bluetooth để chuyển dữ liệu.

Các tính năng đo đạc chính của máy cho lâm nghiệp:

- *Đo cự ly ngang, góc đứng và góc bằng:* Phục vụ cho đo đạc nhanh trong trắc địa
- *Đo cây:* Đo khoảng cách đến cây, đường kính bất kỳ, chiều cao và thể tích cây đứng, dưới cành, đường kính tán cây

- *Đo ô mẫu của lâm phần:* Có thể lập thành ô mẫu tại một điểm đo, từ đó đo tất cả các chỉ tiêu của cây rừng trong ô mẫu ở một vị trí đứng và lưu số liệu ô mẫu trong máy để chuyển vào máy tính.



Máy đo cây Laser Ace 3D

i) Vận hành máy:

- Mở máy: Bấm nút FIRE màu đỏ
- Tắt máy bấm đồng thời hai nút tròn và vuông giữ 5 giây để tắt máy

ii) Đo đạc:

a) Đo cự ly ngang, góc đứng và góc bằng:

- Rangefinder: Ngắm vào đối tượng và bấm nút FIRE
- Có được 3 thông số: SD: Cự ly ngang, VA: Góc đứng và HA: Góc bằng (So với E: Đông, W: Tây, so với góc nào đo thiết lập trong phần Set Up)

b) Đo đường kính cây, chiều cao đến vị trí đo, khoảng cách:

- Tree Diameter: Bấm nút FIRE
- Chọn tree Scope: Tức là chọn phạm vi giữa hai trong số 5 vạch 0, 1, 2, 3, 4 để vừa lọt đường kính cây.
- Tiến lùi để đường kính tại vị trí ngắm vừa lọt vào 2 vạch (scope) đã cài đặt, bấm nút Fire.
- Có được 3 thông số: Diameter: Đường kính cây tại vị trí ngắm; VD: Chiều cao từ góc đến đường kính đo; HD: Khoảng cách từ vị trí đo đến cây.

c) Đo chiều cao, đường kính, thể tích gỗ, thể tích cây đứng:

- Length/Lean/Vol. bấm Fire
- Tapering%: Mặc định là 0%: Có nghĩa thể tích được tính là hình viên trụ theo một đường kính đo và chiều dài; Ngoài ra có thể đặt tapering khác nếu biết rõ độ thon của cây.
- Bấm Fire sẽ vào các menu con bao gồm các cách đo:
 - o *Single Point (Đo 1 điểm):* Fire, sẽ có hai lựa chọn:
 - *Stadia: NIL: Để đo chiều cao và cự ly ngang:* Ngắm vào vị trí cần đo, bấm Fire sẽ có thông số: i) Log Height: Chiều

cao cây (chưa kể chiều cao từ gốc đến mắt người đo); ii)
HD: Cự ly ngang.

- *Đo đường kính, chiều cao và cự ly ngang:* Chọn Scope khác nhau: Bấm nút tam giác để chọn scope thích hợp với đường kính đo. Bấm Fire. Đặt số hiệu ô, số hiệu cây. Sau đó lùi và tiến để cho đường kính cây vừa lọt scope, bấm fire. Có các thông số: i) Log Diameter: Đường kính tại vị trí đo; ii) Log Height: Chiều cao tại vị trí đo (chưa tính độ cao gốc); iii) Log Volume: Thể tích cây hình trụ từ vị trí đo đến độ cao mắt.
- *Two Point: Đo hai điểm:* Fire, sẽ có hai lựa chọn:
 - *Stadia: NIL: Để đo chiều cao và góc nghiêng của cây:* Ngắm vào gốc và ngọn, bấm Fire sẽ có thông số: i) Tree Length: Chiều dài; ii) Lean: Góc nghiêng cây.
 - *Đo đường kính, chiều cao và thể tích:* Chọn Scope khác nhau: Bấm nút tam giác để chọn scope thích hợp với đường kính đo. Bấm Fire. Đặt số hiệu ô, số hiệu cây. Sau đó lùi và tiến để cho đường kính gốc cây vừa lọt scope, bấm fire và ngắm lên ngọn bấm fire. Có các thông số: i) Log Length: Chiều cao, chiều dài; ii) Log Diameter: Đường kính gốc; iii) Log Volume: Thể tích cây hình trụ từ vị trí từ gốc đến độ cao cây đo.
- *Three Point: Đo ba điểm:* Fire, sẽ có hai lựa chọn:
 - *Stadia: NIL: Để đo chiều cao và cự ly ngang:* Ngắm vào 3 điểm: Giữa, gốc và ngọn, bấm Fire sẽ có thông số: i) Tree HT: Chiều cao; ii) ND: Cự ly ngang.
 - *Đo đường kính, chiều cao và thể tích:* Chọn Scope khác nhau: Bấm nút tam giác để chọn scope thích hợp với đường kính đo. Bấm Fire. Đặt số hiệu ô, số hiệu cây. Sau đó lùi và tiến để cho đường kính giữa cây vừa lọt scope, bấm fire và sau đó bấm gốc và ngọn. Có các thông số: i) Log HT: Chiều cao, chiều dài cây; ii) Log Dia.: Đường kính giữa; iii) Log Volume: Thể tích cây từ vị trí từ gốc

đến ngọn, theo nguyên lý thể tích cây theo đường kính giữa.

d) Đường kính tán cây:

- Canopy Spread: Fire
- Bấm lần lượt hai mép tán cây
- Kết quả cho độ rộng của đường kính tán.

Máy sẽ lưu các cây đo theo ô tiêu chuẩn, số thứ tự cây, các chỉ tiêu đo đạc. Số liệu này có thể chuyển vào máy tính qua kết nối Bluetooth.

Lưu ý khi sử dụng máy, cần vào phần cài đặt để thiết lập đơn vị đo, chiều cao của máy (tầm mắt), ...

3 Cấp năng suất rừng

Thông thường một loài cây rừng được trồng trên các điều kiện lập địa, hoàn cảnh khác nhau; ngay cả trong một địa phương cũng có những điều kiện khác nhau như nơi dốc hoặc không dốc, độ cao khác nhau; và điều kiện này còn khác biệt hơn nữa khi nó được trồng trên nhiều vùng sinh thái khác nhau; do vậy năng suất và sản lượng sẽ khác nhau. Trong khoa học sản lượng và lập biểu, điều đầu tiên là phân loại đối tượng tương đối đồng nhất để dự báo sản lượng.

Năng suất và sản lượng rừng trồng bị chi phối nhiều yếu tố khác nhau như: Nguồn gốc xuất xứ, nguồn giống cây trồng, đất đai, địa hình, độ cao, khí hậu, thời tiết, ... và sự chăm sóc, nuôi dưỡng, tỉa thưa.... Có rất nhiều nhân tố tác động như vậy, do đó không thể tạo thành các tổ hợp đồng nhất các nhân tố sinh thái, nhân tác để dự báo sản lượng; do vậy trong khoa học sản lượng thường dựa vào kết quả sản lượng để phân loại, có nghĩa là phân loại các đối tượng thành các loại, đơn vị tương đối đồng nhất về năng suất rừng, trên cơ sở đó lập biểu sản lượng cho từng loại. Công việc phân loại đối tượng theo năng suất được gọi là lập biểu cấp năng suất rừng.

Do vậy mục đích của lập biểu cấp năng suất là phân loại đối tượng lập biểu sản lượng thành các đơn vị tương đối đồng nhất về năng suất; công việc này cần được tiến hành ở bước đầu tiên.

Vấn đề phân chia cấp năng suất (cấp đất) phục vụ dự đoán sản lượng rừng phù hợp với từng điều kiện lập địa đã được nhiều tác giả quan tâm, xây dựng cho các loài cây, kiểu rừng khác nhau ở Việt Nam: Viên Ngọc Hùng (1985) và Nguyễn Ngọc Lung (1989)

lần đầu tiên sử dụng hàm Schumacher mô phỏng sinh trưởng chiều cao Thông 3 lá Lâm Đồng và dùng phương pháp Affill để phân chia cấp đất cho kiểu rừng này; Trịnh Đức Huy (1988) đã sử dụng hàm Gompertz mô phỏng sinh trưởng chiều cao bình quân cộng rừng trồng Bồ Đề vùng Trung tâm ẩm bắc Việt Nam và dùng phương pháp Affill để xác định các đường cong chiều cao chỉ thị cho 5 cấp đất phân chia; Vũ Văn Nhâm (1988) đã sử dụng hàm Korf mô tả sinh trưởng chiều cao trụi rừng Thông đuôi ngựa làm cơ sở phân chia cấp đất; Bảo Huy (1993, 1998) đã đưa ra phương pháp thay đổi đồng thời 2 tham số a và b trong hàm Schumacher khi xác định các đường cong sinh trưởng chiều cao chỉ thị cho các cấp năng suất rừng Bằng Lăng và rừng Tách ở Tây Nguyên; Vũ Tiến Hình (1995) đã tổng kết đầy đủ các bước tiến hành phân chia cấp đất nói chung, bao gồm: Lựa chọn chỉ tiêu phân chia cấp đất, ảnh hưởng kiểu sinh trưởng đến việc phân chia cấp đất, các phương pháp phân chia các đường cong chỉ thị cấp đất, kiểm nghiệm biểu cấp đất, xác định cấp đất ngoài thực tế.

3.1 Chỉ tiêu phân chia cấp năng suất và thu thập số liệu

Năng suất rừng biểu hiện đầy đủ nhất thông qua tăng trưởng về trữ lượng của lâm phần (Z_M), tuy nhiên xác định Z_M trong thực tế là khó khăn; trong khi đó các loại chiều cao bình quân lâm phần lại có quan hệ chặt chẽ với tăng trưởng và phản ánh tốt năng suất của rừng trồng trong từng giai đoạn sinh trưởng.

Có hai loại chiều cao bình quân lâm phần được sử dụng để làm chỉ tiêu phân cấp năng suất trong từng điều kiện quản lý rừng cụ thể:

- *Chiều cao bình quân tương ứng với cây có tiết diện ngang trung bình (H_g):* H_g được tính thông qua D_g là đường kính ứng với cây có tiết diện ngang bình quân trong lâm phần. H_g thường được sử dụng để lập biểu cấp năng suất trong điều kiện rừng các khu rừng trồng tương đối đồng nhất về mật độ, chăm sóc và không tía thưa
- *Chiều cao bình quân tầng trụi (H_o):* H_o là chiều cao bình quân của tầng cây trụi, thường được tính bình quân từ chiều cao của khoảng 20% số cây cao nhất. H_o phản ánh khách quan năng suất rừng và không chịu ảnh hưởng của tía thưa tầng dưới, hoặc mật độ, do vậy thường được sử dụng trong lập biểu cấp năng suất trong trường hợp rừng có tía thưa hoặc cả khi không tía thưa.

Thu thập số liệu để lập biểu cấp năng suất theo H_o như sau:

- Ở mỗi điều kiện lập địa và tuổi khác nhau tiến hành lập điểm đo đếm chiều cao Ho, và lặp lại 3 lần. Lập địa bao gồm các yếu tố: Loại đất, vị trí địa hình, khí hậu, độ dốc,
- Số điểm đo đếm = Số điều kiện lập địa x Số tuổi x 3 lần lặp lại. Ví dụ cây trồng ở 3 điều kiện khác nhau, rải ở 10 tuổi, với 3 lần lặp, thì sẽ có 90 điểm đo đếm.
- Tại mỗi điểm đo cao 20% cây cao nhất (Ho) trên 0.1 ha (Không phải lập ô mẫu). Ví dụ trên ha có 500 cây, thì số cây cần đo cao Ho = $0.1 \times 500 \times 20\% = 10$ cây. Việc xác định cây cao nhất thông qua mục trắc, và đo cao cây bằng các dụng cụ đo cao với độ chính xác 0.1m
- Đồng thời ghi chép các chỉ tiêu lâm phần, sinh thái, nhân tác liên quan
- Để thu thập số liệu lập biểu cấp năng suất cần chuẩn bị:
 - Thước đo cao: Máy đo cao Sunnto hoặc Blumleiss hoặc Laser; nếu cây ở tuổi nhỏ có thể dùng sào có vạch đến 0.1m
 - Thước đo đường kính: nên sử dụng thước đo chu vi suy ra đường kính, hoặc kẹp kính
 - Lý lịch rừng trồng để biết tuổi, mật độ trồng, quá trình tía thưa, chăm sóc, ...

Bảng 3.1: **Biểu thu thập số liệu chiều cao tăng trội để lập biểu cấp năng suất**

Số thứ tự điểm: Loài: Tuổi (năm) (A):

Mô tả các nhân tố lâm phần, sinh thái:

Đất đai		Địa hình, khí hậu	
Loại đất		Độ dốc	
Màu sắc đất		Độ cao s/v biển (m)	
Nhận xét về độ tốt xấu của đất		Vị trí địa hình (Bằng, chân, sườn, đỉnh)	
		Hướng phơi	
pH đất		P (mm/năm)	
% kết von, đá nổi		T bình quân năm	
Lâm phần			
Mật độ trồng/ha		Độ tàn che (1/10)	
Mật độ hiện tại/ha		Nhận xét tình hình sinh trưởng	
Thảm thực bì (Loại cây chính, % che phủ mặt đất)			
Nhân tác			
Số lần tỉa thưa		Mô tả chế độ chăm sóc (bón phân, làm cỏ, bảo vệ lửa, ...)	
Số cây đã tỉa thưa/ha			

Đo 20% cây cao nhất (Ho) trên 0.1 ha:

D _{1.3} (cm)	Ho (m)	D _{1.3} (cm)	Ho (m)

3.2 Lập biểu cấp năng suất

Từ số liệu điều tra Ho theo các điều kiện, tuổi khác nhau và lặp lại; tiến hành lập biểu cấp năng suất dựa trên quan hệ Ho/A.

Các bước tiến hành:

i. *Tính chiều cao bình quân Ho cho mỗi điểm điều tra, tạo được bộ dữ liệu Ho theo tuổi (A)*

Stt điểm điều tra	Ho bình quân (m)	Tuổi (A)
1		
2		
.		
n		

ii. *Mô hình hóa mối quan hệ Ho/A theo dạng hàm sinh trưởng thích hợp:*

Cây mọc nhanh, chu kỳ ngắn có thể là dạng đường thẳng, cây mọc tương đối chậm, chu kỳ tương đối dài thì hàm mô phỏng có thể là dạng đường cong. Mô hình hóa có thể bằng các phần mềm Excel, SPSS, Statgraphics Plus. Chọn hàm thích hợp với hệ số xác định R^2 cao nhất và đường lý thuyết đi qua trung tâm đám mây điểm Ho/A.

Các dạng hàm có thể dùng mô phỏng quan hệ Ho/A:

Dạng hàm đường cong: Hàm mũ: $Ho = a.A^b$

Hàm Schumacher: $Ho = a. \exp(-b.A^{-m})$

Ví dụ minh họa, lập mô hình Ho/A của rừng tếch theo hàm Schumacher, với 120 ô tiêu chuẩn $1000m^2$, tiến hành tính toán Ho theo tuổi, lập mô hình Ho/A dạng hàm Schumacher trong Statgraphics. Kết quả cho thấy mô hình này rất phù hợp, đường cong nắn đi qua trung tâm đám mây điểm số liệu Ho/A thực tế

Estimation Results

			Asymptotic	95.0%
			Confidence	Interval
Parameter	Estimate	Standard Error	Lower	Upper
a	29.5537	2.2761	25.046	34.0614
b	4.91131	0.619868	3.6837	6.13893
m	0.792576	0.0947551	0.604918	0.980234

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	23756.4	3	7918.79
Residual	359.388	117	3.07169
Total	24115.8	120	
Total (Corr.)	2642.88	119	

R-Squared = 86.4016 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 86.1692 percent

Standard Error of Est. = 1.75262

Mean absolute error = 1.35575

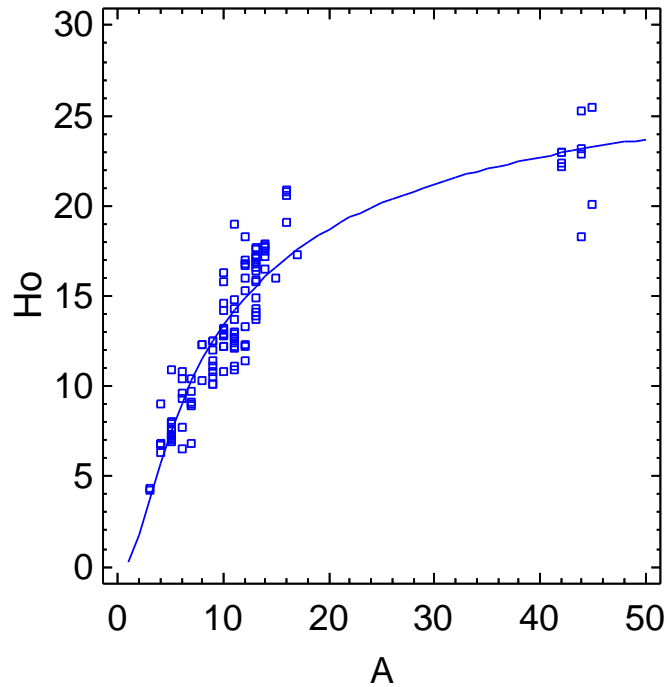
Durbin-Watson statistic = 1.44464

Lag 1 residual autocorrelation = 0.274138

N = 120

$$Ho = 29.5537 * \exp(-4.91131 * A^{-0.792576}) \quad (3.1)$$

Plot of Fitted Model



Hình 3.1: Mô hình H_o/A và đám mây điểm rừng tểch

iii. Phân cấp năng suất:

Xác định số cấp năng suất: Tùy theo biến động về điều kiện lập địa thông qua H_o mà phân chia số cấp, thông thường phân chia thành 3 – 5 cấp.

Chọn một tuổi A_o cơ sở để xét biến động H_o : Tuổi này nên chọn là tuổi có số liệu quan sát nhiều, là thời điểm mà các lâm phần khác nhau đã có sự phân hóa chiều cao H_o rõ rệt (quan sát trên biểu đồ đám mây điểm H_o/A , đám mây rẽ quạt rõ)

Tính toán H_{oi} cho mỗi cấp năng suất i ở tuổi khảo sát (A_o): Tuổi A_o là tuổi có số liệu thu thập nhiều và H_o tương đối ổn định, tại A_o chia phạm vi biến động H_o theo số cấp để có cự ly H_o mỗi cấp (K):

$$K = \frac{H_o \max - H_o \min}{\text{Số cấp}} \tag{3.2}$$

Từ đây tính được Hoi cho từng cấp năng suất i tại Ao khảo sát

Bảng 3.2: Giá trị Hoi theo cấp năng suất ở tuổi Ao

(Ví dụ chia thành 3 cấp)

Cấp năng suất	Hoi tại tuổi Ao
Giới hạn	Ho max
Cấp năng suất I	Ho max - $\frac{1}{2} K$
Giới hạn	Ho max - K
Cấp năng suất II	Ho max - $\frac{3}{2} K = Ho \text{ min} + \frac{3}{2} K$
Giới hạn	Ho min + K
Cấp năng suất III	Ho min + $\frac{1}{2} K$
Giới hạn	Ho min

Ví dụ đối với rừng téch, chọn Ao = 11, có Ho biến động từ 10 – 17m, chia thành 3 cấp với cự ly K = (17 – 10)/3 = 2.3m. Tính được các Hoi giới hạn, giữa cấp tại Ao = 11

Bảng 3.3: Giá trị Hoi theo cấp năng suất tại Ao =11 rừng téch

Cấp năng suất	Hoi (m) tại tuổi Ao = 11
Giới hạn	17.0
Cấp năng suất I	15.8
Giới hạn	14.7
Cấp năng suất II	13.5
Giới hạn	12.3
Cấp năng suất III	11.2
Giới hạn	10.0

Tính toán mô hình Hoi/A cho mỗi cấp năng suất: Từ mô hình Ho/A chung đã lập ở trên, sử dụng phương pháp Affill để xác định các tham số của mô hình cho từng cấp:

Ví dụ Ho/A có quan hệ dạng hàm Scumacher: $Ho = a \cdot \exp(-b \cdot A^{-m})$, sử dụng phương pháp Affill cố định tham số b và m; và thay đổi tham số a, tạo thành các ai cho từng cấp năng suất. Xác định được ai khi phương trình đi qua tọa độ điểm (Hoi, Ao):

Phương trình đường cong Ho/A giữa cấp và giới hạn cấp đi qua tọa độ (Hoi, Ao), từ đó có:

$$Hoi = ai \cdot \exp(-bAo^{-m})$$

$$\text{suy ra } ai = Hoi \cdot \exp(b \cdot Ao^{-m}) \quad (3.3)$$

Có phương trình H_{oi}/A giữa cấp và giới hạn cấp: $H_{oi} = a_i \cdot \exp(-bA_o^{-m})$, từ mô hình H_{oi}/A cho trung bình và giới hạn các cấp, lập được biểu cấp năng suất

Bảng 3.4: **Biểu cấp năng suất loài**

Cấp năng suất	Ho (m) theo tuổi (A) (năm)						
	1	2	3	.	.	.	n
GH							
I							
GH							
II							
GH							
III							
GH							

Ví dụ đối với rừng tẻch với mô hình chung là $H_o = 29.5537 \cdot \exp(-4.91131 \cdot A^{-0.792576})$ và các giá trị H_{oi} tại $A_o = 11$, tính được tham số a_i theo cấp năng suất. Từ đây có được mô hình cho từng cấp năng suất và giới hạn cấp:

$H_o = a_i \cdot \exp(-4.911 \cdot A^{-0.793})$ với a_i theo bảng sau

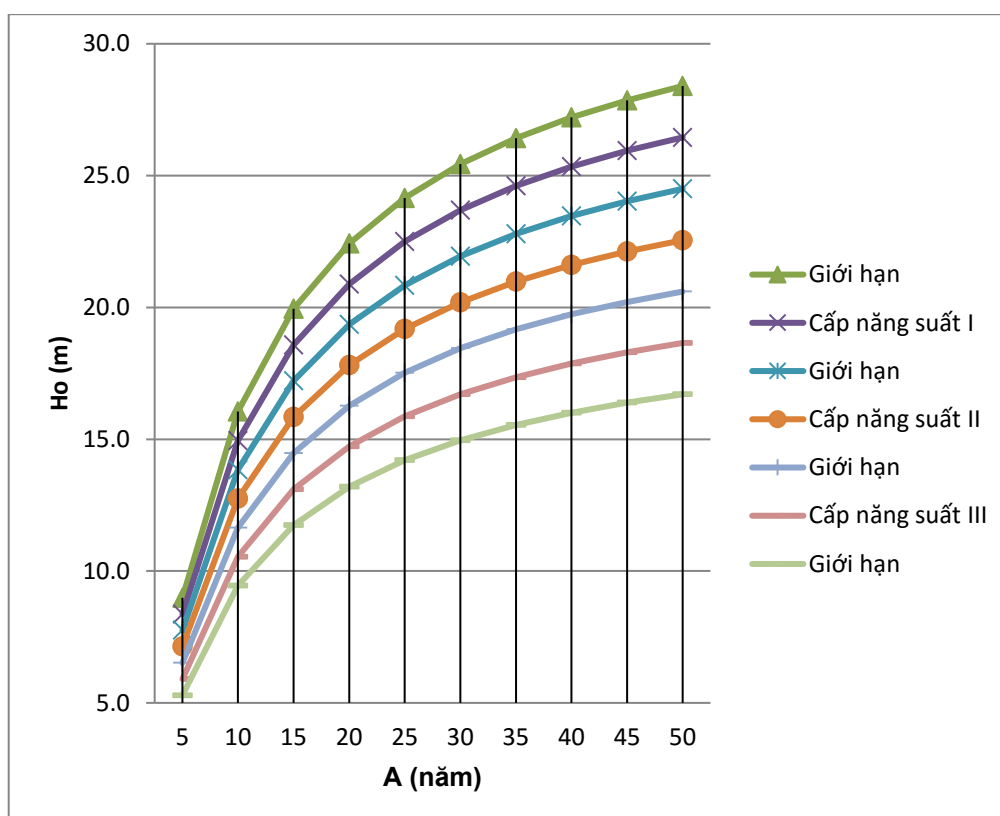
Bảng 3.5: **Tham số a_i theo cấp năng suất rừng tẻch**

Cấp năng suất	a_i
Giới hạn	35.425
Cấp năng suất I	32.994
Giới hạn	30.563
Cấp năng suất II	28.131
Giới hạn	25.700
Cấp năng suất III	23.269
Giới hạn	20.838

Từ các mô hình H_{oi}/A ở các cấp lập được biểu cấp năng suất rừng tẻch

Bảng 3.6: **Biểu cấp năng suất rừng tếch ở Tây Nguyên**

Cấp năng suất	Ho (m) theo tuổi (A) (năm)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Giới hạn	9.0	16.0	19.9	22.4	24.2	25.4	26.4	27.2	27.9	28.4
Cấp năng suất I	8.4	14.9	18.6	20.9	22.5	23.7	24.6	25.3	25.9	26.4
Giới hạn	7.8	13.8	17.2	19.3	20.8	21.9	22.8	23.5	24.0	24.5
Cấp năng suất II	7.1	12.7	15.8	17.8	19.2	20.2	21.0	21.6	22.1	22.6
Giới hạn	6.5	11.6	14.5	16.3	17.5	18.4	19.2	19.7	20.2	20.6
Cấp năng suất III	5.9	10.5	13.1	14.7	15.9	16.7	17.4	17.9	18.3	18.7
Giới hạn	5.3	9.4	11.7	13.2	14.2	15.0	15.5	16.0	16.4	16.7



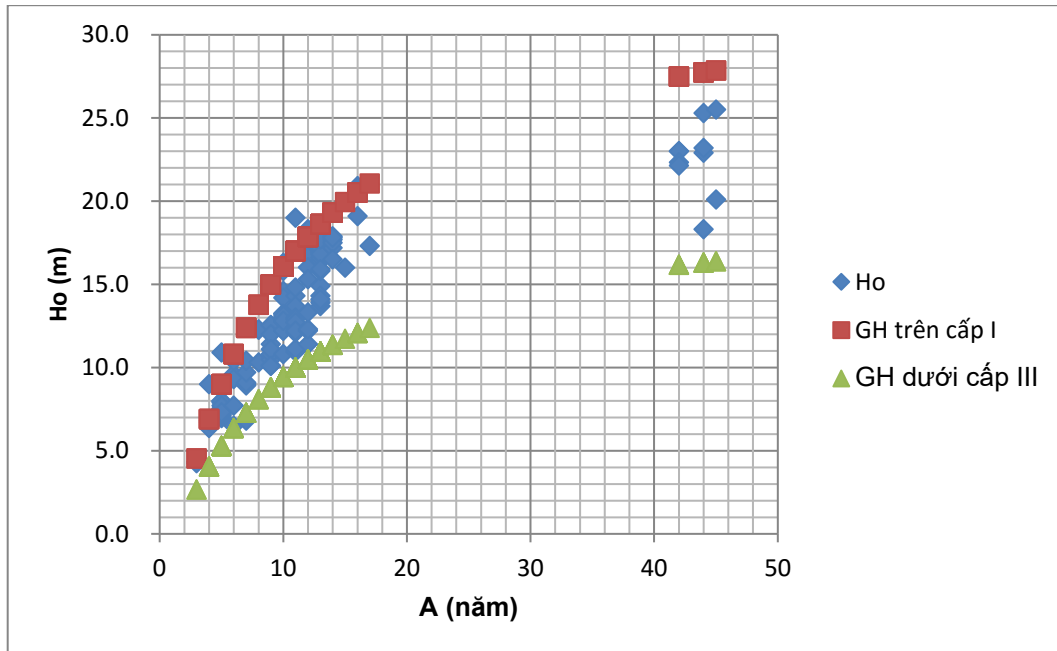
Hình 3.2: Mô hình 3 cấp năng suất rừng tếch ở Tây Nguyên

iv. Kiểm nghiệm biểu cấp năng suất:

Biểu cấp năng suất cần được kiểm nghiệm với 2 điều kiện:

- Hệ thống phân cấp bảo đảm đại diện toàn bộ các điều kiện nghiên cứu: Có nghĩa làm hệ thống đường phân cấp bao phủ toàn bộ dữ liệu thực tế. Về đường Ho/A giới hạn trên của cấp I và giới hạn dưới của cấp III, nếu chúng bao phủ toàn bộ đám mây điểm thì bảo đảm được điều kiện này.

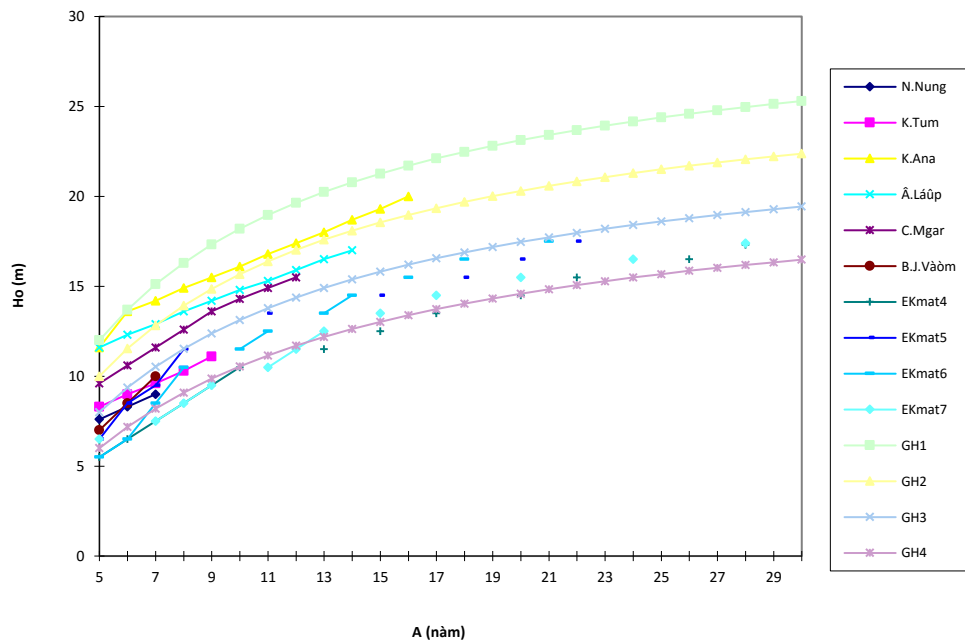
Đối với ví dụ rừng tếch, đường giới hạn trên cấp I và dưới cấp III phải bao phủ toàn bộ đám mây điểm H_0/A , chứng tỏ nó đại diện cho toàn bộ các điều kiện của rừng tếch ở Tây Nguyên.



Hình 3.3: Kiểm tra đường giới hạn cấp trên và dưới với đám mây điểm

- Mức độ thích ứng của biểu cấp năng suất: Một biểu phân cấp năng suất thích ứng khi trong quá trình sinh trưởng, một lâm phần sẽ có đường sinh trưởng H_0/A luôn ở trong phạm vi của cấp đó, không có hiện tượng thay đổi cấp năng suất.

Ví dụ đối với rừng tếch, sử dụng số liệu giải tích cây bình quân tầng trội ở 10 lâm phần: Nam Nung, Kon Tum, Krông Ana, Đức Lập, Cư M'Gar, Buôn Ja Vằm và Ea Kmat (trong đó Ea Kmat có 4 lâm phần giải tích) không tham gia lập biểu, vẽ tất cả các đường thực nghiệm lên biểu đồ phân chia cấp năng suất. Từ đồ thị cho thấy sinh trưởng H_0 ở các lâm phần đa số có cùng hướng với hệ thống đường cong chỉ thị cấp năng suất. Chỉ có 1 lâm phần có đường thực nghiệm cắt đường giới hạn khi vượt qua tuổi 7. Như vậy biểu lập được chấp nhận, độ chính xác biểu càng cao nếu sử dụng xác định cấp năng suất các lâm phần có tuổi trên 7.



Hình 3.4: Kiểm nghiệm sự thay đổi H_o/A của các lâm phần

3.3 Sử dụng biểu cấp năng suất

Để sử dụng biểu cấp năng suất theo mô hình H_o/A , tiến hành:

- Cấp năng suất được xác định thông qua chiều cao bình quân tầng trội, do vậy cần đo cao các cây trội. Số lượng đo cao khoảng 20% số cây cao nhất trên 01 ha (H_o)
- Tính chiều cao bình quân trội H_o , và ứng với tuổi của lâm phần, tra vào biểu cấp năng suất sẽ xác định được cấp năng suất. Trường hợp chưa trồng rừng nhưng muốn dự tính sản lượng, thì có thể xác định cấp năng suất thông qua các khu rừng trồng trong khu vực có cùng điều kiện lập địa.

Như vậy việc xác định cấp năng suất chỉ cần đo cao một số cây cao nhất trong lô rừng trồng, tuy nhiên nếu sử dụng các dụng cụ đo cao, thì cần phải đo tính cẩn thận để bảo đảm không bị sai lệch so với thực tế.

4 Mô hình hóa quá trình sinh trưởng cây rừng

4.1 Mục đích thiết lập mô hình sinh trưởng và sản phẩm cây bình quân của lâm phần

Sinh trưởng, năng suất, sản phẩm của lâm phần là tổng hợp sinh trưởng, năng suất, sản phẩm của các cây rừng. Đối với lâm phần rừng trồng đều tuổi, thì các đường cong phân bố số cây theo đường kính, chiều cao, thể tích ở từng thời điểm tiệm cận với phân bố chuẩn; do đó có thể sử dụng giá trị sinh trưởng, sản phẩm của cây bình quân lâm phần như đường kính (D_{bq}), chiều cao bình quân (H_{bq}), thể tích bình quân (V_{bq}), thể tích sản phẩm (V_{sp}) để suy ra cho lâm phần.

Mô hình sinh trưởng, sản phẩm cây bình quân lâm phần (D_{bq} , H_{bq} , V_{bq} , V_{sp}) được thiết lập quan hệ với tuổi (A) và các nhân tố ảnh hưởng đến sinh trưởng là mật độ (N/ha) và cấp năng suất, biểu thị qua H_0

Thiết lập mô hình sinh trưởng và sản phẩm cây bình quân lâm phần là một cấu phần quan trọng trong lập biểu sản lượng. Đồng thời thông qua đó cũng phát hiện các quy luật sinh trưởng của cây rừng làm cơ sở xác lập các biện pháp lâm sinh.

Phương pháp lập mô hình sinh trưởng cần phải áp dụng mô hình hóa để phát hiện quy luật, do vậy thống kê và tin học là quan trọng để xây dựng các mô hình này.

4.2 Thu thập dữ liệu để lập mô hình sinh trưởng, sản phẩm cây bình quân lâm phần

Việc thu thập số liệu cần tiến hành theo tuần tự:

- Xác định số lượng điểm điều tra cây bình quân lâm phần: Điều tra cây bình quân lâm phần cần tiến hành trên các cấp năng suất đã phân chia, rải theo tuổi trong suốt chu kỳ kinh doanh và được lặp lại. Ví dụ có 3 cấp năng suất, chu kỳ kinh doanh là 15 năm và lặp lại 3 lần; thì tổng số điểm giải tích cây bình quân là: $3 \times 15 \times 3 = 135$ điểm.
- Xác định năng suất của lâm phần điều tra: Đo cao 20% cây cao nhất trên 0.1 ha, tính được H_0 bình quân (H_{0bq}), tra vào biểu H_0 tương ứng với A , xác định được cấp năng suất lâm phần.
- Xác định cây bình quân lâm phần: Đo đếm hệ thống theo hàng khoảng 20% số cây trên 0.1 ha (n cây). Mỗi cây đo đường kính $D_{1.3}$. Tính đường kính bình quân lâm phần (D_g) là đường kính ứng với cây có tiết diện ngang bình quân (g_{bq}):

$$gbq = \frac{\sum gi}{n} = \frac{\pi/4 \sum Di^2}{n} \quad (4.1)$$

$$Dg = 2 \sqrt{\frac{gbq}{\pi}} = \sqrt{\frac{\sum Di^2}{n}} \quad (4.2)$$

- Giải tích cây bình quân lâm phần: Tại mỗi điểm giải tích 3 – 5 cây, cây giải tích là cây có đường kính xấp xỉ Dg đã xác định. Như vậy tổng số cây giải tích sẽ vào khoảng 135 điểm x 3-5 cây = 405 – 675 cây. Chặt hạ cây và thu thập các chỉ tiêu cây giải tích ở mỗi điểm, trước khi chặt hạ mô tả lâm phần và đo bán kính tán theo 4 hướng (Rt). Các chỉ tiêu thu thập bao gồm: D_{1.3}, L (chiều dài); đường kính Doi (chia thân cây làm 5 – 10 phần bằng nhau), đo đường kính lần lượt sát gốc (D₀₀), ở 1/10 L là D₀₁, ở 2/10 L là D₀₂, ... cho đến 9/10 L là D₀₉, các chỉ tiêu Doi dùng để tính chính xác thể tích cây bình quân (Vbq); xác định vị trí đường kính đầu nhỏ cho sản phẩm (Dn), ví dụ đường kính đầu nhỏ là 6cm thì sẽ cho thương phẩm, đo chiều dài từ gốc chặt đến Dn có Ln, đây là cơ sở để tính thể tích sản phẩm của cây bình quân (Vsp). Nếu áp dụng thiết bị Laser thì không cần phải chặt hạ cây mà vẫn có thể đo đếm tất cả các chỉ tiêu nói trên, do vậy rất tiết kiệm nguồn lực và không tác động đến rừng.

Để lập biểu cấp năng suất cần chuẩn bị:

- Thước đo cao: Máy đo cao Sunnto hoặc Blumbleiss, nếu cây ở tuổi nhỏ có thể dùng sào có vạch đến 0.1m
- Thước đo đường kính: nên sử dụng thước đo chu vi suy ra đường kính, hoặc kẹp kính
- Lý lịch rừng trồng để biết tuổi, mật độ trồng, quá trình tĩa thưa, chăm sóc, ...
- Biểu cấp năng suất đã lập
- Cưa xăng hoặc cưa tay để chặt hạ cây tiêu chuẩn
- Nếu có thể được nên dùng thiết bị Laser để giảm công đo đếm cũng như chặt hạ cây rừng làm ảnh hưởng đến tài nguyên.

Bảng 4.1: **Biểu thu thập số liệu giải tích cây bình quân lâm phần**

Số thứ tự điểm:

Các chỉ tiêu lâm phần

Loài		Dg (cm)	
A (năm)		N (cây/ha)	
Ho (m)		Mật độ trồng/ha	
Cấp năng suất		Thảm thực bì (Loài cây chính, % che phủ mặt đất)	
Độ tàn che (1/10)		Nhận xét tình hình sinh trưởng	

Mô tả các nhân tố lâm phần, sinh thái:

Đất đai		Địa hình, khí hậu	
Loại đất		Độ dốc	
Màu sắc đất		Độ cao s/v biển	
Nhận xét về độ tốt cấu của đất		Vị trí địa hình (Bằng, chân, sườn, đỉnh)	
		Hướng phơi	
pH đất		P (mm/năm)	
% kết von, đá nổi		T bình quân năm	
Nhân tác			
Số lần tỉa thưa		Mô tả chế độ chăm sóc (bón phân, làm cỏ, bảo vệ lửa, ...)	
Số cây đã tỉa thưa/ha			

Đo cây giải tích bình quân lâm phần

Chỉ tiêu	Cây 1	Cây 2	Cây 3
Rt bắc (m)			
Rt đông (m)			
Rt nam (m)			
Rt tây (m)			
D _{1.3} (cm)			
L (m)			
D00 (cm)			
D01 (cm)			
D02 (cm)			
D03 (cm)			
D04 (cm)			
D05 (cm)			
D06 (cm)			
D07 (cm)			
D08 (cm)			
D09 (cm)			
Dn (cm)			
Ln (m)			

4.3 Mô hình hóa quá trình sinh trưởng, sản phẩm cây bình quân lâm phần

Từ số liệu giải tích cây bình quân lâm phần ở mỗi điểm, tập hợp để tính các giá trị bình quân cho từng điểm. Từ đó lập các mô hình sinh trưởng, sản phẩm của cây bình quân. Mô hình hóa sinh trưởng là mô phỏng quá trình sinh trưởng của cây bình quân lâm phần, thông qua phát hiện quá trình này sẽ giúp cho việc xác định các thời điểm tác động lâm sinh phù hợp và chu kỳ kinh doanh hợp lý nhằm nâng cao sản lượng rừng; đồng thời mô hình sinh trưởng cây bình quân là cơ sở để dự báo sinh trưởng, sản lượng của cả lâm phần đều tuổi. Trên cơ sở đó xác định mối quan hệ giữa các lượng tăng trưởng thường xuyên và bình quân, từ đây sẽ tìm được tuổi năng suất tối đa và thành thực số lượng.

i. Tính toán các chỉ tiêu bình quân

- D_g, H : Bình quân của các cây giải tích của mỗi điểm
- H_o : Giá trị chiều cao bình quân trội ở mỗi điểm xác định qua 20% cây cao nhất
- St : Diện tích tán bình quân của các cây giải tích ở mỗi điểm, diện tích tán mỗi cây được tính qua bán kính tán đo 4 hướng (R_{ti})
- V_{bq} : là thể tích bình quân của các cây bình quân lâm phần ở mỗi điểm. Thể tích của mỗi cây bình quân lâm phần được tính theo công thức chia cây làm 5 - 10 phân đoạn bằng nhau. Ví dụ chia thân cây thành 5 phân đoạn, mỗi đoạn có chiều dài là $L/5$: (Trong các công thức sau đường kính đã được quy về m và thể tích được tính là m^3)

$$V_{bq} = \frac{\pi L}{80} \{ (D_{00} + D_{01})^2 + (D_{01} + D_{02})^2 + (D_{02} + D_{03})^2 + (D_{03} + D_{04})^2 + (D_{04} + 0)^2 \} \quad (4.3)$$

- V_{sp} : Là thể tích sản phẩm của cây bình quân ứng với một đường kính đầu nhỏ cho trước, cách tính:

$$V_{sp} = \frac{\pi L n}{16} (D_{00} + D_n)^2 \quad (4.4)$$

- $A, N, \text{Cấp năng suất}$: Là chỉ tiêu tuổi, mật độ, cấp năng suất tại điểm điều tra.
- N_{opt} : Là mật độ cây tối ưu ứng với cây bình quân lâm phần. N_{opt} được tính thông qua St bình quân:

$$N_{opt} = \frac{10.000}{St} \quad (4.5)$$

Bảng 4.2: Các chỉ tiêu cây bình quân lâm phần

Các chỉ tiêu bình quân	Điểm 1	Điểm 2	.	.	.	Điểm n
D_g (cm)						
H_g (m)						
H_o (m)						
St (m^2)						
V_{bq} (m^3)						
V_{sp} (m^3)						
A (năm)						
N (cây/ha)						
Cấp năng suất						

ii. Mô hình hóa sinh trưởng của cây bình quân lâm phần

Mô hình sinh trưởng cây bình quân thường xác định theo các nhân tố D, H và V, Trong đó mô hình sinh trưởng thể tích (V) là quan trọng nhất, vì thông qua mô hình giúp xác định quá trình sinh trưởng toàn diện của cây rừng. Mô hình này thường được mô phỏng tốt bằng hàm Schumacher.

Ví dụ trên cơ sở 120 cặp số liệu sinh trưởng thể tích (V) theo tuổi (A) của cây tẻch ở Tây Nguyên, sử dụng hàm Schumacher ($V = a \cdot \exp(-b A^{-m})$) mô tả quy luật sinh trưởng thể tích bình quân lâm phần. Với tham số m được dò tìm tối ưu, kết quả thu được phương trình có tổ hợp tham số có hệ số tương quan cao nhất và sai số bé nhất:

$$\ln(V) = 3.465 - 10.689 A^{-0.3} \quad (4.6)$$

$$\text{Hay: } V = 31.980 \text{ Exp}(-10.689 A^{-0.3}) \quad (4.7)$$

$$\text{Với: } N = 120 \quad r = -0.917 \quad Fr = 619.60 \quad \alpha < 0.01 \quad Sy/x = 0.399$$

Mô hình Schumacher mô tả rất tốt quy luật sinh trưởng thể tích cây tẻch. Từ mô hình này dễ dàng xác định quá trình sinh trưởng thể tích bình quân lâm phần. Từ hàm này, suy diễn được các hàm tăng trưởng tương ứng làm cơ sở xác định các thời điểm quan trọng của cây tẻch:

Hàm tăng trưởng thường xuyên hàng năm và tuổi đạt năng suất tối đa:

Tuổi đạt năng suất (A_1) được xác định trên cơ sở lượng tăng tăng trưởng thường xuyên (Z_V) đạt cực đại. Với hàm Z_V được xác định qua hàm sinh trưởng:

$$Z_V = V' = \{31.980 \text{ Exp}(-10.689 A^{-0.3})\}' \quad (4.8)$$

Đạo hàm bậc nhất Z_V cho triệt tiêu tìm được A_1 :

$$Z_V' = 0 \Rightarrow A_1 = (bm/(1+m))^{1/m} \quad (4.9)$$

Suy ra $A_1 = 20$ năm

Trong trường hợp mục tiêu điều chế rừng trồng tẻch là gỗ nhỏ đến gỗ vừa, có thể lấy tuổi đạt năng suất tối đa làm cơ sở xác định chu kỳ kinh doanh, vì ở thời điểm này rừng đạt được năng suất thường xuyên cao nhất. *Như vậy chu kỳ kinh doanh tẻch theo mục tiêu gỗ nhỏ-vừa nên lấy là thời điểm thể tích đạt năng suất tối đa hoặc sau đó một*

cấp tuổi: Từ 20 đến 25 năm là hợp lý. Nếu kinh doanh gỗ lớn, thì tuổi $A_1 = 20$ năm là thời điểm cần tía thưa mạnh để thúc đẩy sinh trưởng đường kính và chiều cao cây rừng để đạt được sản phẩm cao và nhanh hơn.

Hàm tăng trưởng bình quân và tuổi thành thực số lượng:

Tuổi thành thực số lượng (A_2) được xác định trên cơ sở lượng tăng tăng trưởng bình quân đạt (Δv) cực đại và bằng (Zv). Với hàm Δv được xác định qua hàm sinh trưởng:

$$\Delta v = V/A = \{31.980 \text{ Exp}(-10.689 A^{-0.3})\}/A \quad (4.10)$$

Đạo hàm bậc nhất Δv cho triệt tiêu tìm được A_2 :

$$\Delta v' = 0 \Rightarrow A_2 = (bm)^{1/m} \quad (4.11)$$

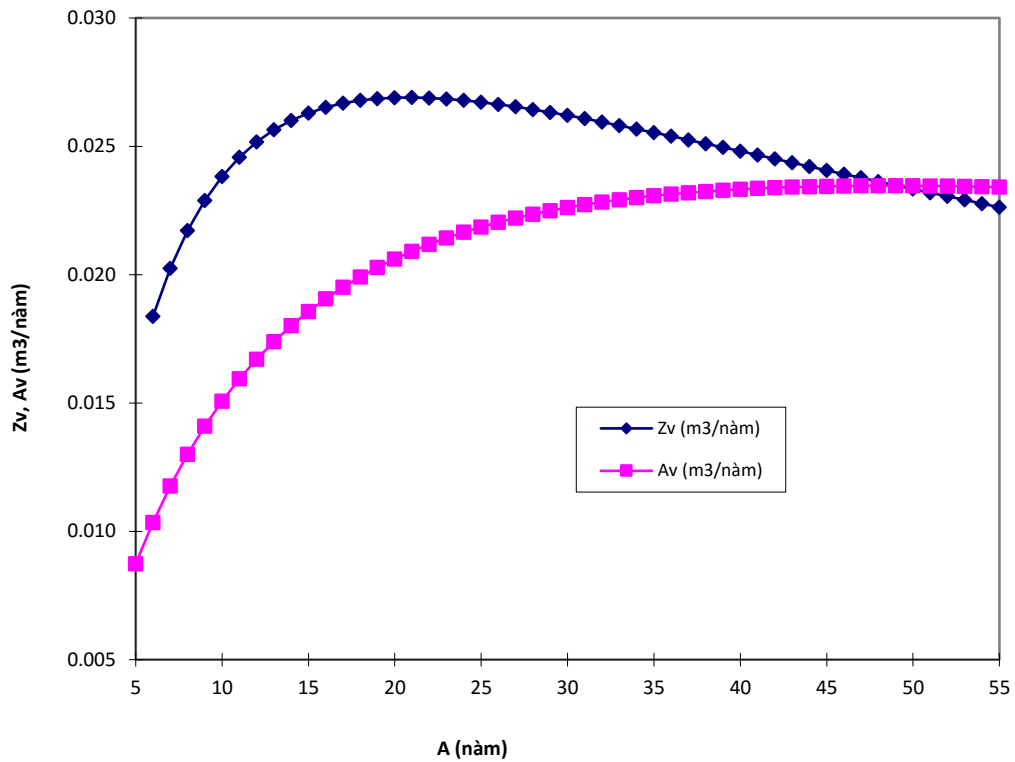
Suy ra $A_2 = 49$ năm

Trong trường hợp mục tiêu điều chế rừng trồng tẻch là gỗ lớn, thì tuổi thành thực số lượng sẽ là cơ sở xác định chu kỳ kinh doanh, vì ở thời điểm này rừng đạt được năng suất bình quân cao nhất, rừng lợi dụng tốt điều kiện hoàn cảnh, hiệu quả sản lượng tối ưu. *Như vậy chu kỳ kinh doanh tẻch theo mục tiêu gỗ lớn được xác định là thời điểm tăng trưởng bình quân thể tích đạt cực đại hoặc sau đó một cấp tuổi: Từ 50 đến 55 năm là phù hợp với quy luật sinh trưởng, sản lượng.*

Bảng 4.3: Sinh trưởng, tăng trưởng thể tích bình quân cây tẻch

A (năm)	V (m3)	Zv (m3/năm)	Δv (m3/năm)
5	0.044		0.009
6	0.062	0.018	0.010
7	0.082	0.020	0.012
8	0.104	0.022	0.013
9	0.127	0.023	0.014
10	0.151	0.024	0.015
11	0.175	0.025	0.016
12	0.201	0.025	0.017
13	0.226	0.026	0.017
14	0.252	0.026	0.018
15	0.278	0.026	0.019
16	0.305	0.027	0.019
17	0.332	0.027	0.020
18	0.358	0.027	0.020
19	0.385	0.027	0.020
20	0.412	0.027	0.021

A (nám)	V (m3)	Zv (m3/nám)	Δv (m3/nám)
21	0.439	0.027	0.021
22	0.466	0.027	0.021
23	0.493	0.027	0.021
24	0.520	0.027	0.022
25	0.546	0.027	0.022
26	0.573	0.027	0.022
27	0.600	0.027	0.022
28	0.626	0.026	0.022
29	0.652	0.026	0.022
30	0.678	0.026	0.023
31	0.705	0.026	0.023
32	0.731	0.026	0.023
33	0.756	0.026	0.023
34	0.782	0.026	0.023
35	0.808	0.026	0.023
36	0.833	0.025	0.023
37	0.858	0.025	0.023
38	0.883	0.025	0.023
39	0.908	0.025	0.023
40	0.933	0.025	0.023
41	0.958	0.025	0.023
42	0.982	0.025	0.023
43	1.007	0.024	0.023
44	1.031	0.024	0.023
45	1.055	0.024	0.023
46	1.079	0.024	0.023
47	1.103	0.024	0.023
48	1.126	0.024	0.023
49	1.150	0.023	0.023
50	1.173	0.023	0.023
51	1.196	0.023	0.023
52	1.219	0.023	0.023
53	1.242	0.023	0.023
54	1.265	0.023	0.023
55	1.288	0.023	0.023



Hình 4.1: Quan hệ Z_v và Δv và tuổi đạt năng suất tối đa và tuổi thành thực số lượng

iii. Mô hình hóa quá trình sinh trưởng cây bình quân lâm phần theo cấp năng suất

Quá trình sinh trưởng của cây bình quân phụ thuộc vào cấp năng suất, do đó để dự báo sinh trưởng, sản lượng cần mô hình hóa quá trình này theo cấp năng suất. Trong khi đó H_0 phản ánh cấp năng suất, đồng thời mật độ (N) cũng làm thay đổi giá trị sinh trưởng bình quân lâm phần. Vì vậy quá trình sinh trưởng D , H , V , V_{sp} bình quân cần được mô hình hóa theo các biến số A , H_0 và N .

Các loại mô hình sau được ước lượng để dự báo sinh trưởng, sản phẩm của cây bình quân lâm phần

$$D_{bq} = f(A, H_0, N) \quad (4.12)$$

$$H_{bq} = f(A, H_0, N) \quad (4.13)$$

$$V_{bq} = f(A, H_0, N) \quad (4.14)$$

$$V_{sp} = f(A, H_0, N) \quad (4.15)$$

Từ kết quả các mô hình này có thể ước lượng, dự báo các chỉ tiêu sinh trưởng và sản phẩm của cây bình quân lâm phần theo tuổi, theo cấp năng suất khác nhau và theo mật độ. Các mô hình trên là hàm đa biến tuyến tính hoặc phi tuyến tính, việc ước lượng cần được tiến hành trong SPSS hoặc Statgraphics để dò tìm được hàm tối ưu bảo đảm các tiêu chuẩn thống kê. Từ các mô hình này, dự báo được các giá trị sinh trưởng cây bình quân lâm phần theo tuổi, cấp năng suất và mật độ khác nhau.

Dưới đây là minh họa kết quả mô hình hóa các quá trình sinh trưởng cây bình quân lâm phần tẻ ở Tây Nguyên.

Mô hình sinh trưởng đường kính bình quân lâm phần (D_{bq}):

Estimation Results

			Asymptotic	95.0%
			Confidence	Interval
Parameter	Estimate	Standard Error	Lower	Upper
bo	7.08054	1.77397	3.56696	10.5941
b1	0.0719838	0.048477	-0.0240311	0.167999
b2	-0.164904	0.0300709	-0.224463	-0.105345
b3	0.683791	0.0776932	0.52991	0.837672

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	40985.3	4	10246.3
Residual	666.251	116	5.74355
Total	41651.5	120	
Total (Corr.)	5320.28	119	

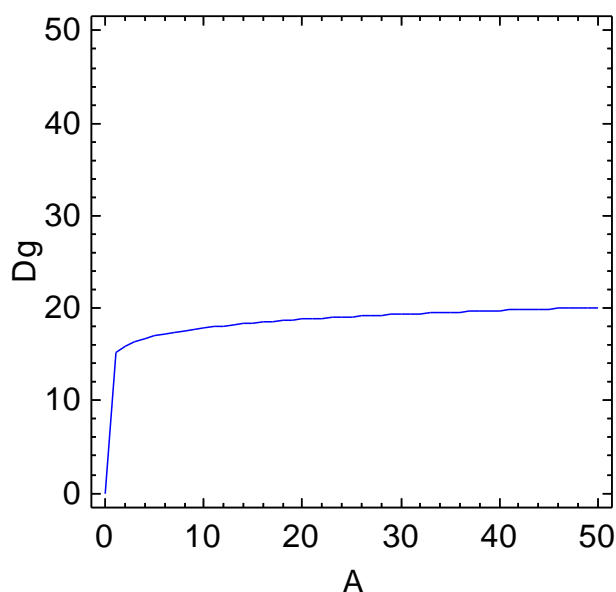
R-Squared = 87.4771 percent
R-Squared (adjusted for d.f.) = 87.1533 percent
Standard Error of Est. = 2.39657
Mean absolute error = 1.73487
Durbin-Watson statistic = 1.71966
Lag 1 residual autocorrelation = 0.134461

$$D_g = 7.08054 * A^{0.0719838} * N^{-0.164904} * H_o^{0.683791} \quad (4.16)$$

Từ mô hình này cho thấy quy luật biến đổi sinh trưởng đường kính bình quân lâm phần như sau:

- Quá trình sinh trưởng D_g tăng theo tuổi
- Trong phạm vi một tuổi và cấp năng suất thì D_g giảm khi mật độ gia tăng. Do vậy điều chỉnh mật độ thích hợp là cần thiết để thúc đẩy sinh trưởng đường kính trong từng giai đoạn tuổi và cho từng cấp năng suất cụ thể
- Trong cùng một tuổi và mật độ thì D_g tăng theo chiều tốt lên của lập địa. Vì vậy chọn lập địa thích hợp là quan trọng để bảo đảm sản phẩm đạt tiêu chuẩn đường kính đáp ứng được yêu cầu công nghệ.

Plot of Fitted Model



N=750.0
Ho=15.0

Hình 4.2: Biến đổi D_{bq} theo A, N và H_0

Mô hình sinh trưởng chiều cao bình quân lâm phần (Hg)

Estimation Results

			Asymptotic	95.0%
		Asymptotic	Confidence	Interval
Parameter	Estimate	Standard Error	Lower	Upper
bo	0.73446	0.0558965	0.623749	0.84517
b1	0.0478463	0.0139395	0.0202373	0.0754553
b2	0.01591	0.0086741	-0.00127018	0.0330902
b3	1.00523	0.0222054	0.961245	1.04921

Analysis of Variance

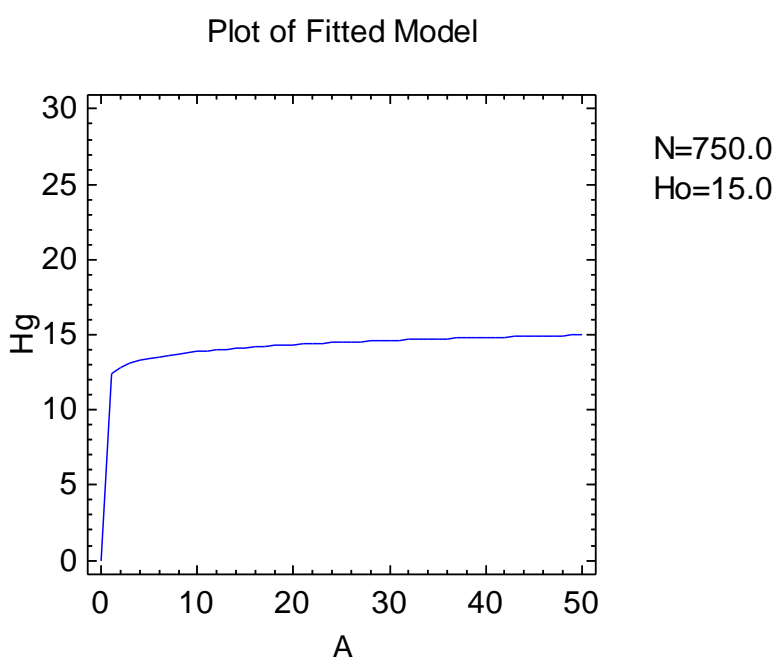
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	21132.5	4	5283.11
Residual	26.4493	116	0.228011
Total	21158.9	120	
Total (Corr.)	2616.23	119	

R-Squared = 98.989 percent
 R-Squared (adjusted for d.f.) = 98.9629 percent
 Standard Error of Est. = 0.477505
 Mean absolute error = 0.337241
 Durbin-Watson statistic = 1.96612
 Lag 1 residual autocorrelation = 0.0130924

$$Hg = 0.73446 * A^{0.0478463} * N^{0.01591} * Ho^{1.00523} \tag{4.17}$$

Từ mô hình này cho thấy quy luật biến đổi sinh trưởng chiều cao bình quân lâm phần như sau:

- Quá trình sinh trưởng Hg tăng theo tuổi
- Trong phạm vi một tuổi và cấp năng suất thì Hg gia tăng khi mật độ gia tăng. Trong khi đó Dg lại suy giảm, và như vậy kích thước hình thân sẽ không cân đối.
- Trong cùng một tuổi và mật độ thì Hg tăng theo chiều tốt lên của lập địa.



Hình 4.3: Biến đổi Hg theo A, N và Ho

Mô hình sinh trưởng thể tích cây bình quân lâm phần (V_{bq})

Estimation Results

			Asymptotic	95.0%
			Confidence	Interval
Parameter	Estimate	Standard Error	Lower	Upper
bo	0.0143973	0.0151198	-0.0155495	0.044344
b1	0.0619224	0.101014	-0.13815	0.261995
b2	-0.464663	0.0963866	-0.655569	-0.273757
b3	2.0615	0.223087	1.61965	2.50335

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	15.6106	4	3.90265
Residual	0.997167	116	0.00859626

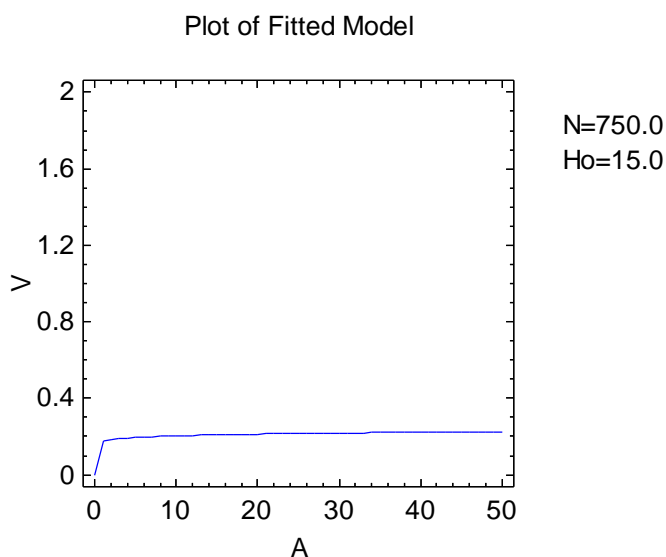
Total	16.6078	120	
Total (Corr.)	9.76345	119	

R-Squared = 89.7867 percent
R-Squared (adjusted for d.f.) = 89.5226 percent
Standard Error of Est. = 0.092716
Mean absolute error = 0.047889
Durbin-Watson statistic = 1.76662
Lag 1 residual autocorrelation = 0.107452

$$V = 0.0143973 * A^{0.0619224} * N^{-0.464663} * H_o^{2.0615} \quad (4.18)$$

Từ mô hình này cho thấy quy luật biến đổi sinh trưởng thể tích bình quân lâm phần như sau:

- Quá trình sinh trưởng V tăng theo tuổi
- Trong phạm vi một tuổi và cấp năng suất thì V giảm khi mật độ gia tăng, đồng thời với nó là Dg tăng và Hg giảm. Như vậy cho thấy cho dù có gia tăng mật độ thì Hg tăng, nhưng kết quả cuối cùng đã làm cho sản lượng giảm. Do vậy điều chỉnh mật độ thích hợp là cần thiết để thúc đẩy gia tăng sản lượng.
- Trong cùng một tuổi và mật độ thì V tăng theo chiều tốt lên của lập địa. Vì vậy chọn lập địa thích hợp là quan trọng để bảo đảm có được sản lượng cao và có hiệu quả kinh tế.



Hình 4.4: Biến đổi V_{bq} theo A , N , H_o

Mô hình sinh trưởng thể tích sản phẩm cây bình quân lâm phần (V_{sp})

Estimation Results

			Asymptotic	95.0%
			Confidence	Interval
Parameter	Estimate	Standard Error	Lower	Upper
b1	0.0105765	0.0111111	-0.0114305	0.0325836
b2	0.0586358	0.100922	-0.141254	0.258526
b3	-0.469435	0.096326	-0.660221	-0.278649
b4	2.05792	0.222784	1.61666	2.49917

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	7.64898	4	1.91224
Residual	0.488829	116	0.00421404
Total	8.1378	120	
Total (Corr.)	4.78409	119	

R-Squared = 89.7822 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 89.5179 percent

Standard Error of Est. = 0.0649157

Mean absolute error = 0.0335476

Durbin-Watson statistic = 1.76738

Lag 1 residual autocorrelation = 0.107086

$$V_{sp} = 0.0105765 * A^{0.0586358} * N^{-0.469435} * H_0^{2.05792} \quad (4.19)$$

Từ mô hình này cho thấy quy luật biến đổi sinh trưởng thể tích sản phẩm của cây bình quân lâm phần giống như quy luật biến đổi thể tích:

- Quá trình sinh trưởng V_{sp} tăng theo tuổi
- Trong phạm vi một tuổi và cấp năng suất thì V_{sp} giảm khi mật độ gia tăng. Như vậy cho thấy cho dù có gia tăng mật độ vượt quá tối ưu thì kết quả cuối cùng sẽ làm cho sản lượng giảm. Do vậy điều chỉnh mật độ thích hợp là cần thiết để thúc đẩy gia tăng sản lượng.
- Trong cùng một tuổi và mật độ thì V_{sp} tăng theo chiều tốt lên của lập địa.

Từ các mô hình trên có thể dự báo sinh trưởng đường kính, chiều cao, thể tích cây bình quân cho từng cấp năng suất; thông qua biểu cấp năng suất xác định được hai biến A và H_0 và ứng với mật độ thực tế. Nếu thay biến N thực tế bằng mật độ tối ưu (N_{opt}) thì sẽ dự báo được sinh trưởng tối ưu của cây bình quân lâm phần.

5 Mô hình mật độ rừng

5.1 Vai trò của mật độ rừng (N) và cơ sở mô hình hóa mật độ tối ưu (N_{opt})

Phùng Ngọc Lan (1986-1992) cho thấy mật độ ảnh hưởng trực tiếp đến tăng trưởng và sản lượng rừng. Sản lượng rừng là một hàm số phụ thuộc vào hai biến số: lượng tăng trưởng cá thể và mật độ lâm phần. Tính phức tạp của việc xác định mật độ tối ưu là

phải tìm ra được mật độ mà ở đó có sự dung hòa giữa lượng tăng trưởng cá thể và mật độ quần thể để hàm số sản lượng đạt tới giá trị cực đại.

Nguyễn Ngọc Lung (1987-1989) trong công trình về Điều tra rừng Thông Pinus kesiya Việt Nam làm cơ sở tổ chức kinh doanh đã bàn về lý thuyết “chủ động điều khiển mật độ theo mục tiêu điều chế”, tác giả đã tổng hợp lịch sử nghiên cứu về khoảng sống và mật độ tối ưu, cho thấy có 4 hướng nghiên cứu chủ yếu:

- Hiệu quả của mật độ ban đầu đến năng suất rừng (Vaculynk 1980, Chiabera 1982, Kairukstis 1983, Piskun 1984...).
- Lý thuyết về khoảng sống, không gian sinh trưởng và mật độ tối ưu (Stohr 1968, Thomasius 1972, Chiabera 1978, Kairukstis 1980).
- Năng suất tối ưu và mô hình hóa chúng (Assmann 1961, 1963, 1964; Svalov 1979, Antanaichis 1966, 1983).
- Lý thuyết điều khiển rừng bằng tia thưa nuôi dưỡng (Sennov 1971, 1975; Stefancik 1984).

Theo Kairukstis (1980) việc nghiên cứu ảnh hưởng của độ dày tới lượng tăng trưởng tối đa tới nay cho kết quả trái ngược nhau, vì vậy ông đã khẳng định hướng sử dụng diện tích hình chiếu tán lá để tối ưu hóa mật độ cần được phát triển. Trên cơ sở đó Nguyễn Ngọc Lung đã xây dựng quy luật về nhu cầu không gian dinh dưỡng tối ưu, mô hình hóa nhu cầu sử dụng không gian dinh dưỡng và mật độ hợp lý cho rừng Thông 3 lá Lâm Đồng theo mô hình Kairukstis.

Phạm Ngọc Giao (1989, 1996) thông qua nghiên cứu động thái cấu trúc số cây theo cỡ kính đã xây dựng mô hình mật độ tối ưu cho rừng Thông đuôi ngựa (*Pinus massoniana* Lamb) vùng Đông Bắc. Vũ Tiến Hinh (1989) đã xây dựng tiêu chuẩn rừng trồng khép tán, và năm 1995 đứng trên góc độ sản lượng rừng đã nêu lên: Mật độ tối ưu là mật độ tại đó lâm phần cho trữ lượng, tổng tiết diện ngang hay tăng trưởng lâm phần trên đơn vị diện tích cao nhất. Theo khái niệm này, bất kỳ một phương pháp xác định mật độ nào, dù trực tiếp hay gián tiếp làm tăng sản lượng đều được coi là phương pháp xác định mật độ tối ưu. Vũ Tiến Hinh (1995) đã cho thấy mật độ lâm phần có ảnh hưởng rõ nét đến sản lượng, đặc biệt là đến sinh trưởng đường kính. Do đó tác giả lưu ý việc tìm hiểu quy luật biến đổi của mật độ, vì đây là cơ sở xác định biện pháp tác động hợp lý để lâm phần đạt sản lượng cao nhất. Trong đó mật độ biến đổi theo tuổi, điều kiện lập địa, hai nhân tố này được phản ánh tổng hợp bằng kích thước bình quân của cây.

Phan Hoàng Đồng (1997) trình bày quy trình chăm sóc và tỉa thưa rừng Thông đã đề nghị sử dụng dạng hàm của S.Anders (1982) để xác định mật độ theo chiều cao với diện tích choán chỗ tối ưu cho rừng Thông 3 lá (*Pinus khasya*) tại Đà Lạt: $N = a + b_1/H + b_2/H^2 + b_3/H^3$.

Điểm qua các quan điểm và các nghiên cứu đã có cho thấy sản lượng rừng phụ thuộc chặt chẽ vào mật độ, nó biến đổi từ mật độ trồng rừng ban đầu cho đến mật độ sau tỉa thưa và mật độ cuối cùng khi khai thác. Ngoài ra trong khoa học sản lượng, năng suất rừng có thể đạt cao nhất khi rừng được điều tiết về mật độ tối ưu trong quá trình sinh trưởng. Vì vậy nghiên cứu biến đổi mật độ và xây dựng mô hình mật độ tối ưu là một nội dung quan trọng của nghiên cứu sản lượng rừng

Trong quá trình kinh doanh rừng thuần loài đều tuổi, biện pháp lâm sinh hết sức quan trọng là điều khiển mật độ rừng theo mục tiêu điều chế. Ở từng giai đoạn sinh trưởng, rừng phải được điều tiết mật độ để bảo đảm không gian dinh dưỡng cho cây rừng sinh trưởng phát triển tốt nhất, đáp ứng được mục đích kinh doanh khi khai thác chính, làm cho rừng lợi dụng được tối đa tiềm năng lập địa, năng suất sản lượng cao, rút ngắn được chu kỳ kinh doanh...đồng thời lợi dụng sản phẩm trung gian trong chặt tỉa thưa. Như vậy việc xác định mật độ tối ưu là một nội dung hết sức cần thiết phục vụ công tác tỉa thưa và dự đoán sự biến đổi mật độ, sản lượng. Mật độ tối ưu cần được xác định theo mục tiêu điều chế cụ thể, với đơn vị là tuổi và cấp năng suất.

Có nhiều phương pháp xác định N_{opt} , mỗi phương pháp dựa trên các cơ sở khác nhau để xác định mật độ tối ưu như thông qua diện tích dinh dưỡng, độ đầy, tăng trưởng, diện tích tán lá... Nhưng dù là phương pháp nào, đều có một mục tiêu chung là xác định mật độ để lâm phần cho sản lượng, tăng trưởng trên một đơn vị diện tích là cao nhất, rừng đáp ứng tốt nhất mục đích kinh doanh. Trong các phương pháp trên, mật độ tối ưu xác định qua diện tích tán lá được sử dụng rộng rãi nhất do việc thu thập số liệu đơn giản hơn, ngoài ra nhiều nghiên cứu đã cho thấy diện tích tán lá là một chỉ tiêu phản ảnh khá tốt yêu cầu không gian dinh dưỡng của cây rừng trong từng giai đoạn sinh trưởng và điều kiện hoàn cảnh khác nhau.

Sử dụng phương pháp L. Kairukstis: N_{opt} xác định qua diện tích tán lá bình quân của một cây đáp ứng mục tiêu điều chế (quy cách, chất lượng) theo tuổi và cấp đất S_{topt} :

$$N_{opt} = \frac{10000}{S_{topt}} \quad (5.1)$$

Trong đó St_{opt} thay đổi theo tuổi và cấp năng suất, được mô hình hóa dưới dạng $St_{opt} = f(A, Ho)$, trong đó Ho phản ảnh cấp năng suất; và như vậy N_{opt} sẽ thay đổi theo tuổi và cấp năng suất.

5.2 Mô hình hóa mật độ tối ưu

Mô hình N_{opt} theo tuổi và cấp năng suất cần được dự báo qua mô hình diện tích tán lá tối ưu $St_{opt} = f(A, Ho)$. Từ đây xác định được mô hình N_{opt} theo tuổi và cấp năng suất:

$$N_{opt} = \frac{10.000}{f(A, Ho)} \quad (5.2)$$

Trên cơ sở St_{opt} bình quân của cây tiêu chuẩn và số liệu A và Ho tương ứng của lâm phần, thiết lập một số mô hình quan hệ $St_{opt}=f(A, Ho)$ với nhiều kiểu hàm khác nhau và lựa chọn mô hình tối ưu theo các tiêu chuẩn thống kê là R^2 lớn nhất và các tham số tồn tại với mức $P < 0.05$

Ví dụ đối với rừng tếch, đã thu thập số liệu 42 ô tiêu chuẩn, các ô rải trên các điều kiện hoàn cảnh, phân bố ở các tuổi; tính diện tích tán bình quân của các cây đã chọn lựa được giá trị St_{opt} cho từng ô.

Mô hình biến đổi diện tích tán lá tối ưu của cây bình quân (St_{opt})

Estimation Results

			Asymptotic	95.0%
			Confidence	Interval
Parameter	Estimate	Standard Error	Lower	Upper
b1	0.0599158	0.0508525	-0.0413878	0.161219
b2	1.9857	0.411993	1.16496	2.80643
b3	0.0286467	0.161971	-0.294017	0.35131

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	19671.3	3	6557.1
Residual	4302.21	75	57.3629
Total	23973.5	78	
Total (Corr.)	9185.37	77	

R-Squared = 53.1623 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 51.9133 percent

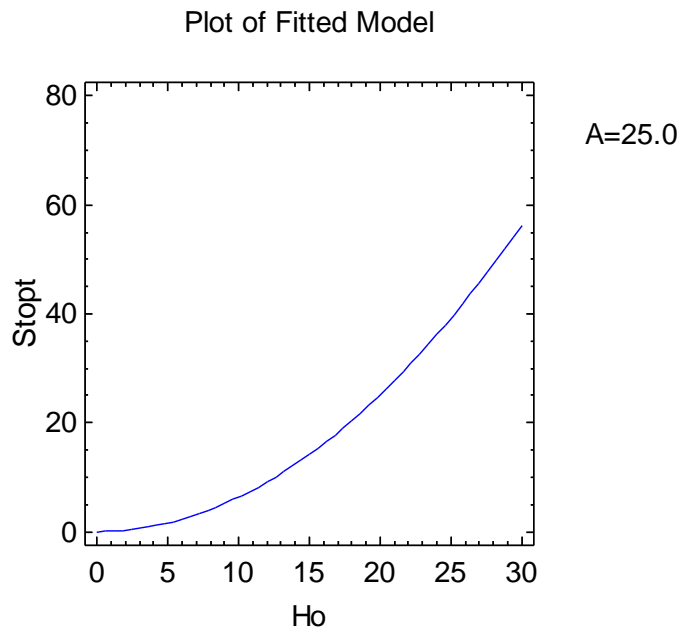
Standard Error of Est. = 7.57383

Mean absolute error = 5.243

Durbin-Watson statistic = 1.59025

Lag 1 residual autocorrelation = 0.203176

$$St_{opt} = 0.0599158 Ho^{1.9857} A^{0.0286467} \quad (5.3)$$



Hình 5.1: Biến đổi St_{opt} theo Ho và A

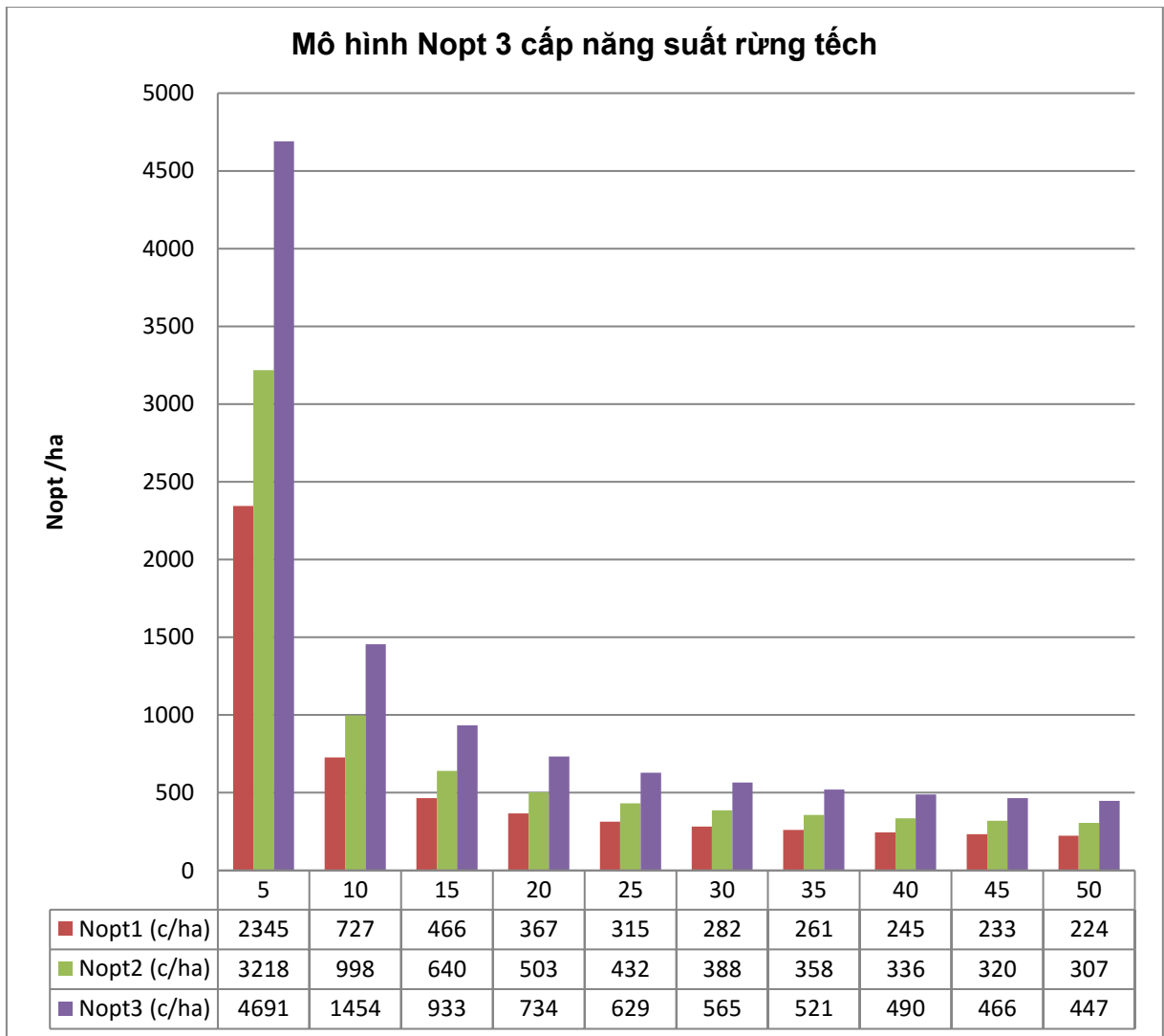
Từ đây xác định được mô hình N_{opt} rừng tếch:

$$N_{opt} = \frac{10^4}{0.05991Ho^{1.9857} A^{0.02864}}$$

Từ mô hình này, kết hợp với biểu cấp năng suất xác định được N_{opt} theo tuổi và cấp năng suất. Từ N_{opt} đã xác định, sử dụng các mô hình sinh trưởng, xác định được sinh trưởng bình quân lâm phần Dg , Hg và V_{bq} tương ứng.

Bảng 5.1: Mật độ tối ưu và sinh trưởng bình quân lâm phần rừng tếch theo cấp năng suất, tuổi

A (năm)	Cấp năng suất I					Cấp năng suất II					Cấp năng suất III				
	Ho (m)	Nopt1 (c/ha)	Dg (cm)	Hg (m)	V bq(m3)	Ho (m)	Nopt2 (c/ha)	Dg (cm)	Hg (m)	V bq(m3)	Ho (m)	Nopt3 (c/ha)	Dg (cm)	Hg (m)	V bq(m3)
5	8.4	2345	9.5	7.6	0.034506	7.1	3218	8.0	6.5	0.021442	5.9	4691	6.6	5.4	0.012172
10	14.9	727	17.9	13.8	0.205062	12.7	998	15.3	11.8	0.127428	10.5	1454	12.6	9.8	0.072333
15	18.6	466	23.0	17.4	0.404737	15.8	640	19.6	14.9	0.251508	13.1	933	16.2	12.4	0.142766
20	20.9	367	26.5	19.8	0.586534	17.8	503	22.6	16.9	0.364479	14.7	734	18.6	14.1	0.206893
25	22.5	315	29.1	21.5	0.744079	19.2	432	24.7	18.4	0.462379	15.9	629	20.4	15.3	0.262465
30	23.7	282	31.1	22.8	0.879763	20.2	388	26.4	19.5	0.546695	16.7	565	21.8	16.2	0.310326
35	24.6	261	32.7	23.8	0.997265	21.0	358	27.8	20.4	0.619712	17.4	521	22.9	16.9	0.351774
40	25.3	245	34.0	24.6	1.099906	21.6	336	28.9	21.1	0.683495	17.9	490	23.9	17.5	0.387979
45	25.9	233	35.1	25.4	1.190384	22.1	320	29.9	21.7	0.739719	18.3	466	24.7	18.1	0.419894
50	26.4	224	36.1	26.0	1.270833	22.6	307	30.7	22.2	0.789710	18.7	447	25.4	18.5	0.448271



Ở đây mật độ tối ưu cần được hiểu là “Mật độ hợp lý”. Vì theo Nguyễn Ngọc Lung (1987):” Mô hình xác định mật độ sử dụng không gian sinh trưởng gọi là “mật độ hợp lý” vì thực chất là “tối ưu tối thiểu” do giới hạn tối ưu quá rộng. Từ đó đang tiếp tục các mức thang mật độ cao dần để tìm lượng tăng trưởng Z_{Mmax} và còn đòi hỏi thời gian và quy mô khảo nghiệm. Mặc khác các tiến bộ kỹ thuật mới được áp dụng do chọn lọc cây theo hướng trội, tán nhỏ nên dần dần mật độ tối ưu sẽ được nâng theo sản lượng”.

6 Sinh trưởng trữ sản lượng lâm phần

Sinh trưởng trữ lượng lâm phần biến đổi khá phức tạp. Trong quá trình sinh trưởng, cây rừng gia tăng thể tích đã đóng góp vào gia tăng trữ sản lượng lâm phần. Tuy nhiên cũng trong quá trình phát triển, tĩa thưa tự nhiên và nhân tạo đã làm cho trữ lượng giảm ở những thời điểm nhất định. Đồng thời với nó là ảnh hưởng của cấp năng suất và các nguyên nhân tự nhiên khác đã làm biến động trữ lượng, thay đổi tăng trưởng lâm phần. Vì vậy nghiên cứu sinh trưởng trữ lượng, tăng trưởng lâm phần với chu kỳ kinh doanh dài là một vấn đề khá phức tạp, đòi hỏi phải có theo dõi thường xuyên trên các ô định vị lâu dài.

Một cách tổng thể, biến đổi trữ sản lượng lâm phần là tổng hợp nhiều nhân tố, trong đó quan trọng nhất là tốc độ sinh trưởng của cây rừng ở từng giai đoạn, sự biến đổi mật độ và tác động của cấp năng suất. Vì vậy để nghiên cứu biến đổi trữ sản lượng lâm phần có thể dựa vào nghiên cứu biến đổi sinh trưởng cây bình quân lâm phần, biến đổi mật độ cho từng cấp năng suất cụ thể.

Đồng thời đối với rừng thuần loại đều tuổi, quy luật phân bố số cây theo cấp kính, chiều cao, thể tích thường tiệm cận chuẩn, do đó có thể sử dụng sinh trưởng bình quân lâm phần để dự báo sinh trưởng trữ sản lượng.

Kết hợp với nó là quy luật giảm mật độ theo tuổi và cấp năng suất sẽ hỗ trợ cho việc dự báo năng suất sản lượng rừng. Và với rừng đều tuổi, trong một giai đoạn chỉ có một tầng rừng chính thì quy luật phát triển tán lá, không gian dinh dưỡng của cây bình quân cũng tiệm cận chuẩn, do đó có thể dựa vào đó mà xác định mô hình mật độ thích hợp, tối ưu.

Từ mô hình sinh trưởng bình quân và mật độ tối ưu dự báo được trữ sản lượng tối ưu, hoặc có thể dự báo được trữ sản lượng trung bình ứng với một mật độ thực tế trên từng điều kiện cụ thể.

Trên cơ sở đó trữ sản lượng lâm phần được dự báo như sau :

○ Trữ lượng lâm phần/ha (M): $M = N \times Vbq$ (6.1)

○ Trữ lượng sản phẩm theo quy cách đầu nhỏ/ha (Msp):

$$Msp = N \times Vsp \quad (6.2)$$

○ Trữ lượng lâm phần tối ưu/ha (M_{opt}): $M_{opt} = N_{opt} \times Vbq$ (6.3)

- Trữ lượng sản phẩm lâm phần tối ưu theo quy cách đầu nhỏ:

$$M_{sp} = N_{opt} \times V_{sp} \quad (6.4)$$

- Lượng tăng trưởng về M hàng năm (Z_M): $Z_M = M_A - M_{A-1}$ (6.5)

- Lượng tăng trưởng bình quân về M hàng năm (Δ_M): $\Delta_M = M/A$ (6.6)

- Suất tăng trưởng về M (Pm%): $Pm\% = Z_M / M$ (6.7)

Trong đó V_{bq} , V_{sp} được mô hình hóa theo các nhân tố A, Ho, N và N và N_{opt} theo các nhân tố A, Ho. Do đó mô hình dự báo M và M_{sp} cũng như các loại lượng tăng trưởng sẽ được tính toán theo tuổi, cấp năng suất và mật độ cụ thể.

7 Biểu sản lượng rừng – Phần mềm quản lý sản lượng

Biểu sản lượng rừng là biểu tổng hợp quá trình sinh trưởng, tăng trưởng của một loài cây rừng. Trong quản lý kinh doanh rừng trồng, biểu sản lượng giúp cho:

- Ước lượng năng suất, sản lượng rừng trồng tại thời điểm hiện tại
- Dự báo sản lượng rừng trồng trong suốt chu kỳ kinh doanh
- Xác định các biện pháp tía thưa để nâng cao sản lượng theo mục đích kinh doanh: Thời điểm tía thưa, mật độ tía thưa, mật độ tối ưu.
- Xác định sản lượng tối ưu

Như vậy có thể thấy biểu sản lượng không chỉ là một biểu ghi chép quá trình sinh trưởng của cây rừng, lâm phần; mà còn là một công cụ để quản lý kinh doanh rừng có hiệu quả.

7.1 Lập biểu sản lượng

Sử dụng kết quả mô hình hóa quá trình sinh trưởng, sản phẩm của cây bình quân lâm phần và quy luật biến đổi mật độ theo tuổi, cấp năng suất để lập biểu sản lượng. Biểu được lập cho từng cấp năng suất

Hai loại biểu được lập là:

- *Biểu sản lượng tối ưu*: Là biểu ứng với cường độ kinh doanh cao, rừng được kiểm soát và điều chỉnh về mật độ tối ưu theo từng giai đoạn, lợi dụng tối đa tiềm năng lập địa.

- *Biểu sản lượng thực tế*: Là biểu ứng với tình hình thực tế, chưa có nhiều tác động điều tiết rừng về mật độ tối ưu trong từng giai đoạn. Lúc này mật độ được lấy các giá trị biến động thực tế. Biểu này được tính từ biểu tối ưu, trong đó chỉ cần thay N_{opt} bằng N/ha thực tế.

Bảng 7.1: Biểu sản lượng tối ưu rừng tếch – Cấp năng suất I

A (năm)	Ho (m)	Nopt (c/ha)	Dg (cm)	Hg (m)	Vbq (m3)	Vsp (m3)	Mopt (m3/ha)	Msp opt (m3/ha)	Zm (m3/ha/năm)	ΔM (m3/ha/năm)
5	8.4	2345	9.5	7.6	0.034506		80.9		13.635	16.183
10	14.9	727	17.9	13.8	0.205062		149.1		7.943	14.909
15	18.6	466	23.0	17.4	0.404737		188.8		5.255	12.587
20	20.9	367	26.5	19.8	0.586534		215.1		3.787	10.754
25	22.5	315	29.1	21.5	0.744079		234.0		2.892	9.361
30	23.7	282	31.1	22.8	0.879763		248.5		2.300	8.282
35	24.6	261	32.7	23.8	0.997265		260.0		1.886	7.428
40	25.3	245	34.0	24.6	1.099906		269.4		1.584	6.735
45	25.9	233	35.1	25.4	1.190384		277.3		1.355	6.163
50	26.4	224	36.1	26.0	1.270833		284.1			5.682

Bảng 7.2: Biểu sản lượng tối ưu rừng tếch – Cấp năng suất II

A (năm)	Ho (m)	Nopt (c/ha)	Dg (cm)	Hg (m)	Vbq (m3)	Vsp (m3)	Mopt (m3/ha)	Msp opt (m3/ha)	Zm (m3/ha/năm)	ΔM (m3/ha/năm)
5	7.1	3218	8.0	6.5	0.021442		69.0		11.628	13.801
10	12.7	998	15.3	11.8	0.127428		127.1		6.774	12.715
15	15.8	640	19.6	14.9	0.251508		161.0		4.482	10.735
20	17.8	503	22.6	16.9	0.364479		183.4		3.230	9.171
25	19.2	432	24.7	18.4	0.462379		199.6		2.466	7.983
30	20.2	388	26.4	19.5	0.546695		211.9		1.962	7.064
35	21.0	358	27.8	20.4	0.619712		221.7		1.609	6.335
40	21.6	336	28.9	21.1	0.683495		229.8		1.351	5.744
45	22.1	320	29.9	21.7	0.739719		236.5		1.156	5.256
50	22.6	307	30.7	22.2	0.789710		242.3			4.846

Bảng 7.3: Biểu sản lượng tối ưu rừng tếch – Cấp năng suất III

A (năm)	Ho (m)	Nopt (c/ha)	Dg (cm)	Hg (m)	Vbq (m3)	Vsp (m3)	Mopt (m3/ha)	Msp opt (m3/ha)	Zm (m3/ha/năm)	ΔM (m3/ha/năm)
5	5.9	4691	6.6	5.4	0.012172		57.1		9.621	11.419
10	10.5	1454	12.6	9.8	0.072333		105.2		5.605	10.520
15	13.1	933	16.2	12.4	0.142766		133.2		3.708	8.882
20	14.7	734	18.6	14.1	0.206893		151.8		2.673	7.588
25	15.9	629	20.4	15.3	0.262465		165.1		2.040	6.605
30	16.7	565	21.8	16.2	0.310326		175.3		1.623	5.844
35	17.4	521	22.9	16.9	0.351774		183.4		1.331	5.241
40	17.9	490	23.9	17.5	0.387979		190.1		1.118	4.753
45	18.3	466	24.7	18.1	0.419894		195.7		0.956	4.349
50	18.7	447	25.4	18.5	0.448271		200.5			4.009

7.2 Kiểm tra biểu sản lượng

Biểu sản lượng được xây dựng trên cơ sở số liệu thực tế, đồng thời thông qua các dạng hàm mô phỏng quy luật biến đổi, nên sẽ tạo nên sai số. Một biểu sản lượng có thể sử dụng được khi kết quả dự báo của nó có sai số trong vòng 10 – 15%.

Vì vậy công việc kiểm tra biểu trước khi sử dụng là cần thiết, trong một số trường hợp nếu sai số vượt cho phép, cần phải kiểm tra lại việc tính toán hoặc đôi khi phải bổ sung thêm số liệu.

Kiểm tra biểu có ba bước chính: i) Thu thập số liệu thực tế; ii) Tính toán các giá trị lâm phần; iii) So sánh kết quả thực tế với biểu

- i. *Thu thập số liệu thực tế:* Được tiến hành giống như lập biểu, tuy nhiên số điểm điều tra chỉ cần đại diện. Cần tiến hành trên các cấp năng suất đã phân chia, ở tuổi trung bình và tuổi gần khai thác, lặp lại 2 lần. Ví dụ có 3 cấp năng suất, điều tra ở hai thời điểm và lặp lại 2 lần; thì tổng số điểm giải tích cây bình quân là: $3 \times 2 \times 2 = 12$ điểm.
- ii. *Tính toán các chỉ tiêu cây bình quân và lâm phần:* Được tiến hành như lập biểu, với các chỉ tiêu cần tính toán bình quân cho mỗi lâm phần: A, D_{bq} , H_g , H_o , V_{bq} , V_{sp} , N/ha, N_{opt}/ha , M, M_{opt} , M_{sp} , M_{Spopt} , Z_M , Δ_M
- iii. *So sánh kết quả điều tra với biểu:* Các kết quả được tính bình quân và sắp xếp theo A và cấp năng suất, sử dụng biểu sản lượng theo cấp năng suất để so sánh, tính sai số tương đối. Các chỉ tiêu so sánh chính là M và M_{sp} , vì đây là hai thông số cơ bản của năng suất và sản lượng cần được dự báo chính xác.

$$\text{Sai số \%M} = (M - M_{kt})/M_{kt} (\%) \text{ và sai số \%M}_{sp} = (M_{sp} - M_{spkt})/M_{spkt} (\%)$$

Bảng 7.4: **Kiểm tra biểu sản lượng**

Loài: Cấp năng suất:

A (năm)	Theo biểu		Số liệu kiểm tra		Sai số %	
	M (m ³ /ha)	M_{sp} (m ³ /ha)	M_{kt} (m ³ /ha)	M_{spkt} (m ³ /ha)	M	M_{sp}

7.3 Sử dụng biểu sản lượng

Đối với người trồng rừng, biểu sản lượng cần được sử dụng trong các trường hợp sau:

- Cần dự báo hiệu quả kinh tế thông qua sản lượng trước khi quyết định trồng rừng
- Cần đánh giá năng suất của lô rừng hiện tại mà không tốn quá nhiều công sức điều tra toàn diện
- Cần dự báo sản lượng đến cuối chu kỳ để dự báo hiệu quả kinh tế
- Cần xem xét việc tía thưa rừng trong từng giai đoạn
- Dự báo năng suất tối ưu để quyết định các giải pháp lâm sinh và đầu tư

Đây là những giá trị quan trọng để chủ rừng có những quyết định đúng đắn trong lựa chọn đầu tư trồng rừng và áp dụng biện pháp lâm sinh.

Tiếp cận với biểu sản lượng là phù hợp với nhiều đối tượng, có thể không cần có chuyên môn sâu về lập biểu, vì xây dựng biểu thường phải dựa vào cơ sở lý luận, thuật toán; nhưng khi đã có biểu thì việc sử dụng là đơn giản; do đó đặt vấn đề lập biểu để áp dụng là có tính thực tế.

Để sử dụng biểu cấp sản lượng cần chuẩn bị:

- Thước đo cao: Máy đo cao Sunnto hoặc Blumleiss hoặc Laser, nếu cây ở tuổi nhỏ có thể dùng sào có vạch đến 0.1m
- Thước đo đường kính: Nên sử dụng thước đo chu vi suy ra đường kính, hoặc kẹp kính
- Lý lịch rừng trồng để biết tuổi, mật độ trồng, quá trình tía thưa, chăm sóc, ...

Như vậy có thể thấy, việc sử dụng biểu chỉ yêu cầu những dụng cụ đơn giản, rẻ tiền.

Để sử dụng biểu sản lượng, có ba bước sau được tiến hành:

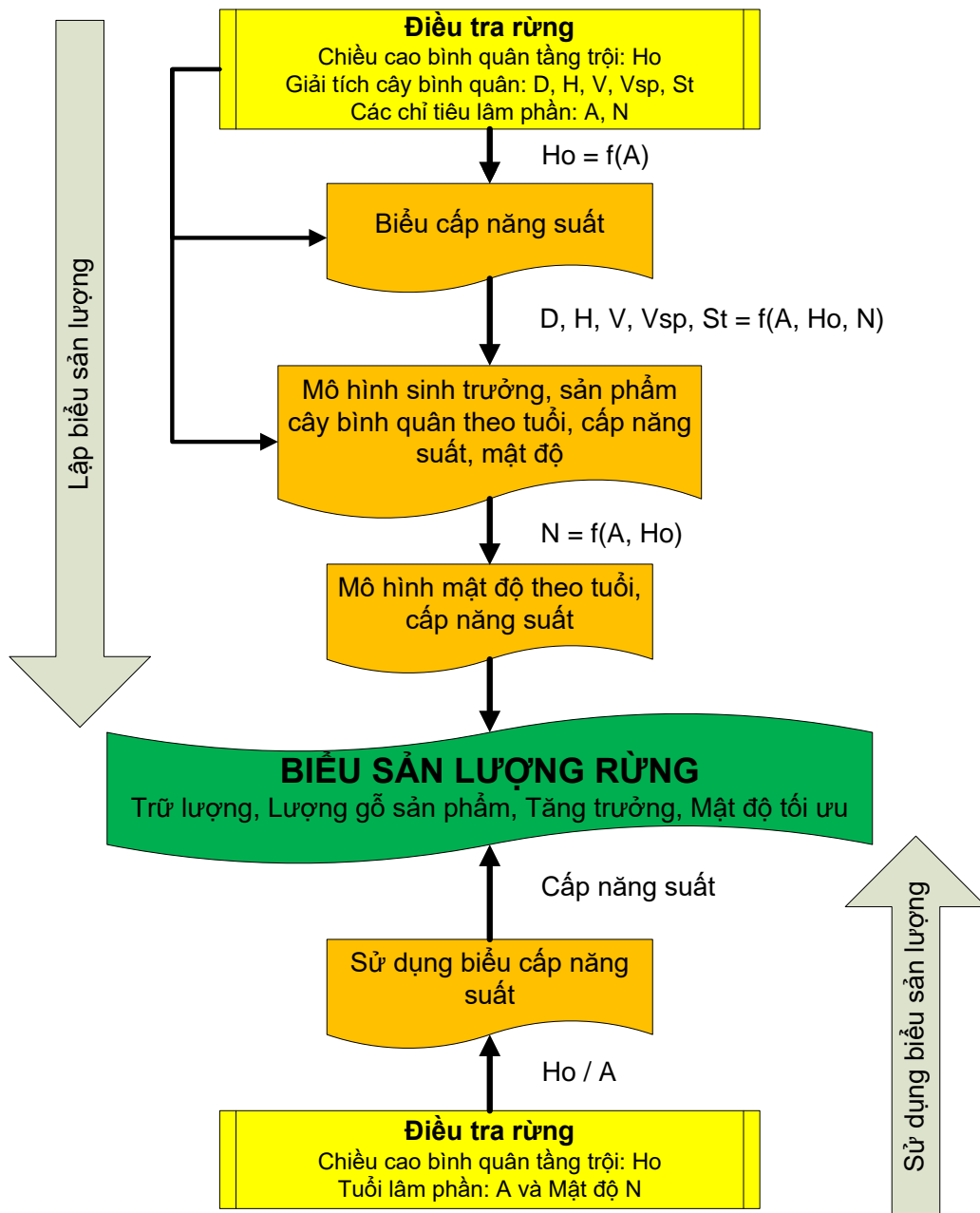
- Đo đếm 3 nhân tố: Tuổi lâm phần (A), mật độ hiện tại (N/ha) và chiều cao bình quân tầng trội với số lượng đo cao khoảng 20% số cây cao nhất trên 01 ha (Ho)
- Xác định cấp năng suất của lâm phần muốn dự báo sản lượng: Cấp năng suất được xác định thông qua chiều cao bình quân tầng trội và tuổi
- Từ cấp năng suất tra biểu sản lượng tương ứng sẽ có được các giá trị dự báo sản lượng. Trường hợp chưa trồng rừng nhưng muốn dự tính sản lượng, thì

có thể xác định cấp năng suất thông qua các khu rừng trồng trong khu vực có cùng điều kiện lập địa.

Sử dụng một trong hai loại biểu sản lượng để dự báo được đầy đủ các chỉ tiêu sinh trưởng cây bình quân, năng suất, sản lượng sản phẩm của rừng theo thời gian. Cụ thể là:

Sử dụng biểu sản lượng thực tế: Dùng để dự báo, ước lượng sản lượng trong điều kiện bình thường

Sử dụng biểu sản lượng tối ưu: Dùng để xác định biện pháp tỉa thưa thông qua mật độ tối ưu và dự báo được tiềm năng tối đa về sản lượng của một loài cây trong một cấp năng suất cụ thể.

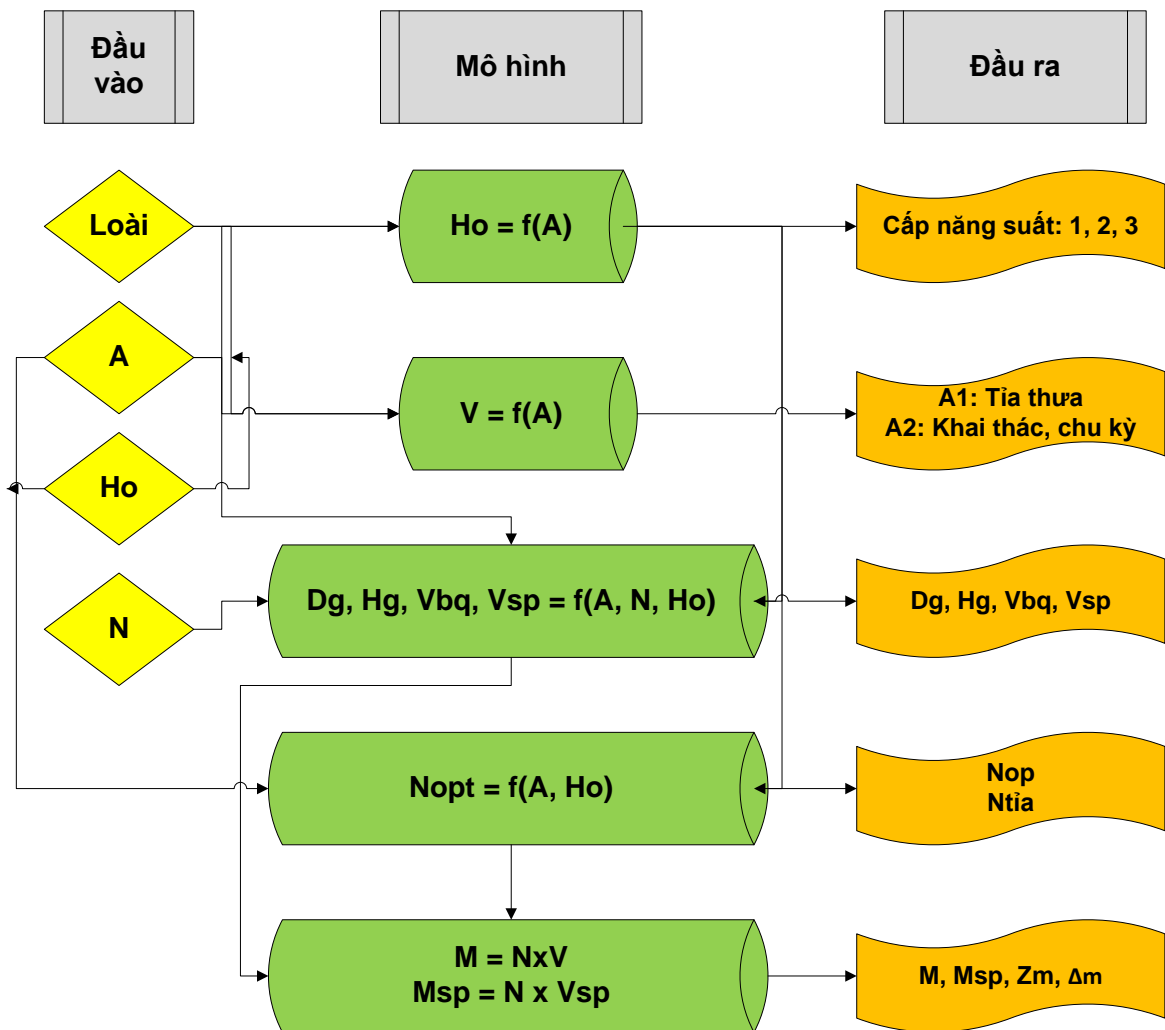


Tiến trình lập và sử dụng biểu sản lượng rừng

Hình 7.1: Tiến trình lập và sử dụng biểu sản lượng

7.4 Xây dựng phần mềm quản lý sản lượng rừng

Tiến trình lập các mô hình để xây dựng biểu sản lượng có tính logic và có mối quan hệ hàm số chặt chẽ, từ một số nhân tố đầu vào có thể truy xuất các kết quả đầu ra từng bước thông qua các thuật toán mà không nhất thiết phải tra các bảng biểu in trên giấy. Với ý nghĩa đó, khả năng xây dựng phần mềm quản lý sản lượng là có cơ sở khoa học. Thuật toán và biến đổi của nó để xây dựng phần mềm được biểu diễn ở sơ đồ sau



Hình 7.2: Sơ đồ thuật toán lập phần mềm quản lý sản lượng rừng

Như vậy việc tiếp tục phát triển các phần mềm ứng dụng trong quản lý sản lượng các loài cây rừng là thực tế và cần thiết được áp dụng. Việc xây dựng cũng tương đối đơn giản với các chương trình lập trình cơ bản.

Tuy nhiên đơn giản hơn, có thể sử dụng các bảng tính của Excel và chức năng hàm số và liên kết của nó để quản lý sản lượng rừng có hiệu quả và nhanh chóng.

8 Tài liệu tham khảo

Tiếng Việt

1. Đồng Sĩ Hiền (1974): Lập biểu thể tích và biểu độ thon cây đứng cho rừng Việt Nam. NXB Khoa học-Kỹ thuật, Hà Nội.
2. Vũ Tiến Hình (1995): Một số phương pháp thống kê. ĐHLN.
3. Vũ Tiến Hình (2003): Sản lượng rừng. Nxb Nông Nghiệp, Hà Nội
4. Bảo Huy (1993): Góp phần nghiên cứu cấu trúc rừng nửa rụng lá-rụng lá ưu thế Bằng lăng làm cơ sở đề xuất giải pháp kỹ thuật khai thác-nuôi dưỡng ở Đăklăk-Tây nguyên. Luận án Tiến sĩ, Viện KH Lâm nghiệp VN, Hà Nội.
5. Bảo Huy (1995): Thử nghiệm các mô hình dự đoán sản lượng rừng Tẻch ở Đăklăk. TCLN số 3/1995, tr20-21, Hà Nội.
6. Bảo Huy (1995): Dự đoán sản lượng rừng Tẻch ở Đăklăk. TCLN số 4/1995, tr11, Hà Nội.
7. Bảo Huy (1995): Sinh trưởng và sản lượng rừng trồng Tẻch ở Đăk Lăk. Hội thảo quốc gia lần thứ nhất về trồng rừng Tẻch.
8. Bảo Huy (1997): Đặc điểm sinh thái và sinh trưởng loài cây bản địa Xoan Mộc. Báo cáo khoa học, Hội thảo KH Lâm nghiệp vùng Tây Nguyên.
9. Bảo Huy (1998): Nghiên cứu các cơ sở khoa học để kinh doanh rừng trồng tẻch ở Tây Nguyên. Bộ Giáo dục và Đào tạo.
10. Bảo Huy (2008): Thống kê và tin học trong lâm nghiệp. Đại học Tây Nguyên
11. Bảo Huy (2008): Quy hoạch và Điều chế rừng. Đại học Tây Nguyên
12. Bảo Huy, Đào Công Khanh (2008): Biểu sản lượng rừng trồng trám trắng tại các tỉnh Lạng Sơn, Bắc Giang, Quảng Ninh Bộ NN & PTNT, Dự án kfw
13. Nguyễn Ngọc Lung (1987): Bàn về lý thuyết chủ động điều khiển mật độ rừng theo mục tiêu điều chế. TCLN số 7/1987, tr18-21, Hà Nội.
14. Nguyễn Ngọc Lung (1987): Mô hình hóa quá trình sinh trưởng các loài cây mọc nhanh để dự đoán sản lượng. TCLN số 8/1987, tr 14-19, Hà Nội.
15. Nguyễn Ngọc Lung (1989): Điều tra rừng Thông Pinus kesiya Việt Nam làm cơ sở tổ chức kinh doanh. Tóm tắt luận án Tiến sĩ khoa học, Học viện kỹ thuật lâm nghiệp Leningrad mang tên S.M.Kirov, Leningrad.
16. Nguyễn Hải Tuất (1991): Ứng dụng lý thuyết ngẫu nhiên để nghiên cứu quá trình sinh trưởng cây rừng. TTin KHKT, ĐHLN số 1/1991, tr1-10.

17. Nguyễn Hải Tuất (2007): Một số phương pháp sinh thái học định lượng. Trường Đại học Lâm nghiệp.

Tiếng Anh:

18. Ahmed,-GU (1992): Height, diameter and age relationships of *Tectona grandis* L., *Syzygium grande* Sheele and *Dipterocarpus turbinatus* Gaertn. Institute of Forestry, University of Chittagong, Bangladesh. Chittagong-University-Studies,-Science. 1992., 16: 2, 7-10; 7 ref.

19. E.K.S. Nambiar, J. Ranger, A. Tiarks, T. Toma (2003): Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests. Workshops in Congo July 2001 and China February 2003, CIFOR

20. Robert M. Scheller*, David J. Mladenoff (2003): A forest growth and biomass module for a landscape simulation model. University of Wisconsin-Madison, 1630 Linden Drive, Madison, WI 53706, USA

21. Xiaolu Zhou (2002): Environmental Modelling and Software. Lakehead University, Canada.