



วิทยานิพนธ์

การประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนจัดการสวนป่า
ไม้ยูคาลิปตัส: กรณีศึกษาสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

**APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING TECHNIQUE
TO MANAGEMENT PLANNING FOR EUCALYPTUS
PLANTATION: A CASE STUDY OF MANCHA KHIRI
PLANTATION, KHON KAEN PROVINCE**

นายสุขสันต์ ทวีชีพ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

ปริญญา

การจัดการป่าไม้

การจัดการป่าไม้

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส:
กรณีศึกษาสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

Application of Linear Programming Technique to Management Planning for Eucalyptus
Plantation: A Case Study of Mancha Khiri Plantation, Khon Kaen Province

นามผู้วิจัย นายสุขสันต์ ทวีชีพ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ปัสลี ประสมสินธ์, Dr.rer.nat.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิรัชย์ ดวงสถาพร, วท.ด.)

กรรมการ

(อาจารย์จรงค์ วัชรินทร์รัตน์, วท.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สันติ สุขสอาด, วท.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 23 เดือน เมษายน พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส: กรณีศึกษา
สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

Application of Linear Programming Technique to Management Planning for Eucalyptus
Plantation: A Case Study of Mancha Khiri Plantation, Khon Kaen Province

โดย

นายสุขสันต์ ทวีชีพ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

พ.ศ. 2551

สุขสันต์ ทวีชีพ 2551: การประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนจัดการสวนป่าไม้
ยูคาลิปตัส: กรณีศึกษาสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(วนศาสตร์) สาขาการจัดการป่าไม้ ภาควิชาการจัดการป่าไม้ ประชานกรรมการที่ปรึกษา:
รองศาสตราจารย์ปัสลี ประสมสินธ์, Dr.rer.nat. 97 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการ
วางแผนจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส โดยศึกษาเฉพาะกรณีสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น มี
ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การเตรียมข้อมูล กำหนดแนวทางในการจัดการสวนป่า
การเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการสวนป่าโดยใช้เทคนิคกำหนดการเชิงเส้น และการจัดทำ
แผนในการจัดการสวนป่า

การวางแผนจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ครอบคลุมพื้นที่สวนป่า
8,160 ไร่ และกำหนดระยะเวลาในการวางแผน 10 ปี แบ่งเป็นระยะคาบของการตัดฟัน 5 ระยะคาบๆ
ละ 2 ปี และกำหนดรอบตัดฟันอย่างน้อย 5 ปี โดยมีเป้าหมายในการจัดการสวนป่า คือ ให้สามารถ
จัดสรรปริมาณการทำไม้ออกให้ได้ผลกำไรสูงสุด และสามารถปรับโครงสร้างของสวนป่าให้มี
ขนาดพื้นที่ที่ใกล้เคียงกัน เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการวางแผน

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น พบว่า มูลค่าปัจจุบันของกำไรตลอดระยะเวลา
ในการวางแผน คือ 81,800,793 บาท และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการวางแผน 10 ปี สวนป่าจะมี
โครงสร้าง 5 ชั้นอายุ โดยแต่ละชั้นอายุจะมีพื้นที่ใกล้เคียงกัน คือ 1,592, 1,592, 1,672, 1,672 และ
1,672 ไร่ ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้สวนป่าสามารถให้ผลผลิตได้อย่างยั่งยืน

กัญญา
กัญญา

ลายมือชื่อนิติ

ปัสลี

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

30 มี.ค. 151

Suksan Taweeshoop 2008: Application of Linear Programming Technique to Management Planning for Eucalyptus Plantation: A Case Study of Mancha Khiri Plantation, Khon Kaen Province. Master of Science (Forestry), Major Field: Forest Management, Department of Forest Management. Thesis Advisor: Associate Professor Patsi Prasomsin, Dr.rer.nat. 97 pages.

The objective of this study was to investigate an application of linear programming (LP) technique to management planning for Eucalyptus plantation. The Mancha Khiri plantation, Khon Kaen province was selected as a case study. The methodology of this study consisted of four stages, namely, data preparation, generation of management alternatives, selection of optimal management alternatives through LP, and management plan formulation.

The management planning for Eucalyptus Plantation of the study site covered productive area of 8,160 rai with 5 cutting periods of 2 years each over a 10-year planning horizon. The rotation length has to be equal and greater than 5 years.

The objective function of the LP model for the case study was to maximize the net present value of expected yield while converting the current status of plantations to regulated plantations in a finite period.

The LP solution was found and the value of the objective function at the optimal solution was 81,800,793 baht. At the end of 10- year planning horizon, the age class distribution of forest plantations consists of 5 classes with approximately equal productive area. Then, the forest plantations could produce sustained yield.



Student's signature



Thesis Advisor's signature

30 / 03 / 2008

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ปัสลี ประสมสินธุ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา และคณะกรรมการประกอบด้วยผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญชัย ดวงสถาพร กรรมการวิชาเอก อาจารย์จรงค์ วัชรินทร์รัตน์ กรรมการวิชาการ และอาจารย์สุภัทรา ถิกสถิตย์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบคุณองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าศึกษาในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น รวมทั้งขอบคุณหัวหน้า และเจ้าหน้าที่สวนป่าที่อำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

ขอบคุณ นางสาวเกศรินทร์ เขียวธานี เพื่อนพี่น้องชาววนศาสตร์ และนิสิตวนศาสตร์ รุ่นที่ 66 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่คอยช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล ให้ความรู้ ให้ความรู้ ให้การชี้แนะ และเอื้อเฟื้ออำนวยความสะดวกในการจัดทำ งานงานวิจัยสำเร็จสมบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัย จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ผู้มีพระคุณสูงสุดและเป็นผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของลูกเสมอมา ตลอดจนบรรดาญาติมิตรที่ให้การเกื้อหนุนและมีเมตตาต่อข้าพเจ้า

สุขสันต์ ทวีชีพ

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	23
พื้นที่ศึกษา	36
ผลและวิจารณ์	42
สรุปและข้อเสนอแนะ	57
สรุป	57
ข้อเสนอแนะ	60
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	62
ภาคผนวก	66
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	97

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แนวทางในการจัดการสวนป่ายุคาลิปตัส ที่กำหนดรอบตัดฟันอย่างน้อย 5 ปีขึ้นไป	33
2	การปลูกสร้างสวนป่าของสวนป่ามัธยาศีรี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2522 ถึง พ.ศ. 2534	38
3	อัตรากำลังและยานพาหนะ	40
4	ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการสวนป่ามัธยาศีรี จังหวัดขอนแก่น	42
5	ตัวแบบผลผลิตน้ำหนักรากสดของสวนป่ามัธยาศีรี จังหวัดขอนแก่น	45
6	ผลผลิตของสวนป่าในปัจจุบันของสวนป่ามัธยาศีรี จังหวัดขอนแก่น	46
7	ตัวแบบการเจริญเติบโตในรูปแบบของความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (MAI) ของสวนป่ามัธยาศีรี จังหวัดขอนแก่น	48
8	ตารางผลผลิตที่แสดงผลผลิตในอนาคตของสวนป่ามัธยาศีรี จังหวัดขอนแก่น	49
9	ผลเฉลี่ยที่ดีที่สุดจากตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)	51
10	แผนการจัดการสวนป่ามัธยาศีรี จังหวัดขอนแก่นในรูปแบบของตารางการใช้ประโยชน์ผลผลิต เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)	53
11	ปริมาณผลผลิต ต้นทุน รายได้ และกำไร ที่ได้จากการวางแผนการจัดการสวนป่ามัธยาศีรี จังหวัดขอนแก่น	54
ตารางผนวกที่		
1	ข้อมูลน้ำหนักรากสดของไม้ตัวอย่างในสวนป่ามัธยาศีรี จังหวัดขอนแก่น ที่ได้จากการซั่งจริง	68
2	ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้อัตราผลตอบแทนของการจัดการ ของหน่วยจัดการที่ 1	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
3	ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของ หน่วยจัดการที่ 2	72
4	ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของ หน่วยจัดการที่ 3	73
5	ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของ หน่วยจัดการที่ 4	74
6	ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของ หน่วยจัดการที่ 5	75
7	ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของ หน่วยจัดการที่ 6	76
8	ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของ หน่วยจัดการที่ 7	77
9	ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของ หน่วยจัดการที่ 8	78
10	ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของ หน่วยจัดการที่ 9	79

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การกระจายตัวของแปลงสำรวจ สวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น	27
2	พื้นที่ศึกษา สวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น	41
3	การแบ่งหน่วยการจัดการ (MU) ของสวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น	43
4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดส่วนที่เป็นสินค้าได้ (Mw) กับขนาดวัตรอบเพียงอก (GBH) ของไม้ยูคาลิปตัส ในสวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น	44
5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (MAI) กับอายุของไม้ยูคาลิปตัส ในสวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น	47
6	แผนการจัดการสวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ในรูปแบบของแผนที่การใช้ประโยชน์ผลผลิต เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)	56
ภาพผนวกที่		
1	แบบบันทึกข้อมูลสำหรับการสำรวจข้อมูลภาคสนามในสวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น	67
2	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) ของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (LP model)	80
3	เงื่อนไขและข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ (area constraints) ของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (LP model)	81
4	เงื่อนไขและข้อจำกัดทางด้านกรอบโครงสร้างสวนป่า (regulation constraints) ของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (LP model)	82
5	เงื่อนไขและข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ (budget constraints) ของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (LP model)	84

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
6	ผลเฉลยตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น สำหรับวางแผนจัดการสวนป่ายูคาลิปตัส เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)	85
7	พื้นที่การตัดฟันของ cutting period ที่ 1 เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดย ควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)	92
8	พื้นที่การตัดฟันของ cutting period ที่ 2 เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดย ควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)	93
9	พื้นที่การตัดฟันของ cutting period ที่ 3 เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดย ควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)	94
10	พื้นที่การตัดฟันของ cutting period ที่ 4 เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดย ควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)	95
11	พื้นที่การตัดฟันของ cutting period ที่ 5 เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดย ควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)	96

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

หน่วยการจัดการ (Management unit, MU) = หน่วยที่เล็กที่สุดในการจัดการป่าไม้ และเป็นแหล่งกำหนดงานและจัดบันทึกรายละเอียดต่างๆ ในการวางแผน ซึ่งจะจำแนกพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันไว้เป็นกลุ่มเดียวกัน ลักษณะแตกต่างกันไว้คนละกลุ่ม เพื่อให้เป็นระบบและสะดวกในการจัดการ โดยการจำแนกในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาจากข้อมูลที่แสดงลักษณะของสวนป่า ประกอบด้วย ชั้นอายุ การปฏิบัติทางวนวัฒน ลักษณะที่ตั้ง และพื้นที่หน้าตัดต่อไร่ ตามลำดับ

แนวทางในการจัดการ (Management regimes, MR) = กิจกรรมที่ต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่องในการจัดการสวนป่า ตลอดระยะเวลาในการวางแผน โดยจะเริ่มตั้งแต่การตัดฟันไม้ออก การเตรียมพื้นที่ปลูก การปลูกทดแทน และดูแลรักษาจนถึงการตัดฟันในครั้งต่อไป

น้ำหนักสดส่วนที่เป็นสินค้าได้ (Merchantable weight, Mw) = น้ำหนักสดส่วนของลำต้นตั้งแต่ระดับความสูงตอ (0.1 เมตร) จนถึงขนาดที่มีขนาดวัดรอบประมาณ 25 เซนติเมตร

รอบตัดฟัน (Rotation) = ระยะเวลาที่กำหนดสำหรับการตัดฟันไม้ออกจากสวนป่า หรือระยะเวลาตั้งแต่การปลูกไม้จนถึงการตัดฟัน ไม้ นั้นมาใช้ประโยชน์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้มีรอบตัดฟันอย่างน้อย 5 ปีขึ้นไป

ระยะเวลาในการวางแผน (Planning period) = ระยะเวลาที่กำหนดสำหรับวางแผนจัดการสวนป่า เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในการให้ผลผลิต โดยทั่วไปควรกำหนดไม่น้อยกว่าเท่าครึ่ง หรือสองเท่าของรอบตัดฟัน เพื่อให้มีเวลาเพียงพอในการปรับโครงสร้างป่าในปัจจุบันให้เป็นป่าที่มีลักษณะ โครงสร้างตามที่กำหนดในอนาคตเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในแผน ทั้งนี้เพื่อให้ป่าสามารถอำนวยผลผลิตได้อย่างยั่งยืน

ระยะคาบของการตัดฟัน (Cutting period) = ระยะเวลาที่กำหนดเป็นช่วงสั้นๆ ภายในระยะเวลาในการวางแผน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสะดวกในการดำเนินกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติในการจัดการสวนป่า ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดระยะคาบของการตัดฟันเป็น 5 คาบๆ ละ 2 ปี ภายในระยะเวลาในการวางแผน 10 ปี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

การควบคุมผลผลิตป่าไม้โดยใช้เนื้อที่เป็นเกณฑ์ (Area control) = วิธีควบคุมผลผลิตป่าไม้เพื่อให้ได้ผลผลิตอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้เนื้อที่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละปีหรือแต่ละระยะคาบควรเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

การควบคุมผลผลิตป่าไม้โดยใช้ผลผลิตเป็นเกณฑ์ (Yield control) = วิธีการควบคุมผลผลิตป่าไม้เพื่อให้ได้ผลผลิตอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้ปริมาณผลผลิตที่จะเก็บเกี่ยวจากป่าในแต่ละปีหรือแต่ละระยะคาบควรเท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน

การควบคุมผลผลิตป่าไม้โดยใช้เนื้อที่และปริมาณผลผลิตเป็นเกณฑ์ (Combined area and yield control) = วิธีการควบคุมผลผลิตป่าไม้เพื่อให้ได้ผลผลิตอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้เนื้อที่และปริมาณผลผลิตที่จะเก็บเกี่ยวจากป่าในแต่ละปีหรือแต่ละระยะคาบควรเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

การประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส:
กรณีศึกษาสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

Application of Linear Programming Technique to Management Planning for Eucalyptus
Plantation: A Case Study of Mancha Khiri Plantation, Khon Kaen Province

คำนำ

สวนป่าเป็นรูปแบบหนึ่งของการใช้ที่ดินที่ต้องการใช้พื้นที่เพื่อให้ได้ประโยชน์ในรูปแบบของผลผลิตไม้เป็นสำคัญ ในปัจจุบันหน่วยงานรัฐวิสาหกิจที่รับผิดชอบการผลิตและค้าไม้ที่สำคัญในประเทศไทยมีอยู่สองหน่วยงานใหญ่ที่สำคัญ นั่นก็คือ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และบริษัทไม้อัดไทยจำกัด ในส่วนขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (ออป.) จะเป็นที่รู้จักกันเป็นส่วนมาก เนื่องจากว่าเป็นองค์กรขนาดใหญ่ และรับผิดชอบการจัดการสวนป่าที่มีไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ไม้สัก ไม้ยูคาลิปตัส และไม้อื่นๆ รวมทั้งยังเป็นผู้ที่ทำการพัฒนาระบบการรับรองการจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืน เพื่อให้ป่าไม้ให้ประโยชน์สูงสุดในทุกด้าน

สวนป่าไม้ยูคาลิปตัสขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับการจัดการสวนป่าอย่างมากมาย ส่วนแรกเป็นส่วนของการพัฒนาสวนป่าซึ่งได้แก่ การขาดแคลนบุคลากรในการปฏิบัติงาน ขาดพาหนะในการดำเนินงาน รวมทั้งการขาดแคลนเทคโนโลยี และงบประมาณในการพัฒนาสวนป่าให้เติบโตอย่างต่อเนื่อง และให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ได้คุ้มค่ามากที่สุด และส่วนที่สองเป็นส่วนของการดำเนินการปลูก ซึ่งในอดีตการปลูกไม้ยูคาลิปตัสนั้นจะเป็นการปลูกด้วยระยะปลูกที่ไม่เหมาะสม สายพันธุ์ไม่ดี อีกทั้งอายุของตอที่ยาวนาน ทำให้ได้ผลผลิตลดน้อยลงทุกปี แต่ในปัจจุบันก็ได้มีการปรับปรุงพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัสให้ดีขึ้น โดยให้มีอัตราการเจริญเติบโตสูง ด้านทานโรคได้ดี ทำให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่เพิ่มมากขึ้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ก็ยังขาดแคลนงบประมาณในการซื้อปลูกใหม่ และการดำเนินงาน รวมทั้งบุคลากรในการปฏิบัติงานยังขาดความรู้ความเข้าใจที่ดี ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

การที่สวนป่าไม้ยูคาลิปตัสจะให้ผลผลิตที่ดีเพื่อให้คุ้มค่าต่อการลงทุนนั้น ต้องอาศัยประสิทธิภาพของการจัดการเพื่อเป็นการกำหนดปัจจัยด้านผลผลิตให้เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นแรงงาน เงินทุน และทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่ และสิ่งสำคัญที่จะเป็นตัวควบคุมผลผลิตนั้นก็คือการ

ตัดสินใจของนักจัดการป่าไม้ เช่น มีความต้องการจัดการพื้นที่ที่ตรงไหน เมื่อไร และมีรูปแบบและวิธีการดำเนินการอย่างไร เป็นต้น ความซับซ้อนในการตัดสินใจจึงเป็นสิ่งที่มิรายละเอียดค่อนข้างมาก เมื่อความซับซ้อนมีมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นเรื่องเกี่ยวกับเศรษฐกิจ สภาพทางชีววิทยา และวิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการของกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการที่ใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการแก้ปัญหาการจัดการป่าไม้ในระยะยาว เพื่อให้มีแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องและเหมาะสมที่สุดในการดำเนินงาน และเพื่อให้ได้ผลประโยชน์สูงสุดและสม่ำเสมอ โดยหลีกเลี่ยงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เกินความจำเป็น ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคของกำหนดการเชิงเส้นมาช่วยในการวางแผนการจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสให้มีความยั่งยืนด้านผลผลิต กรณีศึกษาสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น และจะได้มีข้อมูลที่จำเป็นต่อการเสนอแนะเกี่ยวกับการวางแผนการจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสแห่งอื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันด้วย

วัตถุประสงค์

การประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส:
กรณีศึกษาสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาข้อมูลที่เป็นจำเป็นสำหรับการวางแผนจัดการสวนป่ายูคาลิปตัส ของสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น
2. เพื่อประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนจัดการสวนป่ายูคาลิปตัส ของสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

การตรวจเอกสาร

1. ไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*)

ไม้ยูคาลิปตัสกามาลดูเลนซิสมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. อยู่ในวงศ์ Mytaceae มีชื่อสามัญแตกต่างกันไป เช่น red river gum, murray red gum และ river gum (อำนาจ, 2525) เป็นไม้พื้นเมืองของออสเตรเลีย ในจำนวนไม้ยูคาลิปตัสที่มีอยู่หลายชนิดนี้ ยูคาลิปตัสกามาลดูเลนซิสเป็นชนิดที่ถือว่ามีความสำคัญมาก และมีการนำไปปลูกนอกถิ่นกำเนิดมากที่สุด ในสภาพธรรมชาติผลปรากฏว่ายูคาลิปตัสกามาลดูเลนซิสสามารถขึ้นกระจัดกระจายอยู่เป็นบริเวณกว้างทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่นของประเทศออสเตรเลีย สามารถพบได้เกือบทุกรัฐของประเทศ ยกเว้นรัฐทัสมาเนีย ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15.5-38 องศาใต้ เส้นแวงที่ 112-115 องศาตะวันออก และมีพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 300-600 เมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 250-625 มิลลิเมตรต่อปี (FAO, 1981) ไม้ชนิดนี้เป็นที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ในประเทศไทยสามารถขึ้นได้ดี และเจริญเติบโตในดินเกือบทุกสภาพ (อนันวรรต, 2528)

สำหรับประเทศไทยการปลูกยูคาลิปตัสเริ่มขึ้นเป็นครั้งแรกในปีพ.ศ. 2493 ที่สถานีวนกรรม ดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งการปลูกครั้งนั้นเป็นเพียงการทดลองเท่านั้น ต่อมากรมป่าไม้ได้จัดตั้งโครงการการสำรวจวัตถุประสงค์เพื่อทำเชื้อกระดาษก็ได้นำไม้ยูคาลิปตัสมาปลูก 15 ชนิด และมีการปลูกสร้างเป็นสวนป่าอย่างจริงจังในปี พ.ศ. 2521 (บุญวงศ์, 2530) โดยกระจายปลูกตามภาคต่างๆ ทั่วประเทศ เมื่อการปลูกได้รับผลตอบแทนดีก็ขยายการปลูกไปสู่ภาคเอกชน ซึ่งในปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมมาก ในส่วนของรัฐบาลได้ส่งเสริมการปลูกไม้ยูคาลิปตัสในพื้นที่แห้งแล้ง ดินเลว โดยปลูกในรูปแบบป่าชุมชนซึ่งยูคาลิปตัสที่นิยมปลูกในประเทศไทยคือยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส (มนตรีและคณะ, 2529)

ไม้ยูคาลิปตัสกามาลดูเลนซิส สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพภูมิประเทศที่ร้อนและแห้งแล้ง ทนทานต่ออุณหภูมิสูงๆ ได้ในช่วง 29-35 องศาเซลเซียส และทนทานต่ออุณหภูมิต่ำๆ ได้ถึงติดลบ 5 องศาเซลเซียส (National Academy of Science, 1980) ขึ้นได้ดีในระดับความสูงตั้งแต่ระดับน้ำทะเลไปจนถึงที่สูงกว่า 1,200 เมตร ถิ่นกำเนิดของไม้ยูคาลิปตัสกามาลดูเลนซิสพบทั้งในบริเวณที่มีฝนตกชุกและฝนน้อย ก็อยู่ในช่วง 200-1,250 มิลลิเมตรต่อปี หรือแล้งกว่านี้ก็สามารถ

เจริญเติบโตได้ดีถ้ามีน้ำท่วมตามฤดูกาล หรือระดับน้ำใต้ดินไม่ลึกเกินไป อย่างไรก็ตามพื้นที่ที่มีอากาศแห้งแล้งฝนตกน้อย (FAO, 1981) ลำต้นจะมีลักษณะเล็ก สูงประมาณ 24-26 เมตร หรืออาจจะสูงถึง 50 เมตรก็มี ถ้าขึ้นในที่โล่งแจ้งจะมีเรือนยอดโปร่งบาง แผ่กว้าง กล้าไม้และใบอ่อนเกิดเป็นคู่ตรงข้ามกัน 3-4 คู่ แล้วเรียงสลับกัน ลักษณะใบเรียวยาว ใบอ่อนมีสีเขียวปนเทา มีขน ใบแก่เรียงสลับกัน ลักษณะใบเป็นรูปหอก มีขนาดตั้งแต่ 1.2-2.5 x 0.3-0.8 นิ้ว ใบสีเขียวอ่อนอมสีเทา ใบบางและห้อยลง เส้นใบมองเห็นได้ชัด เปลือกมีลักษณะเรียบ เป็นมัน สีเทาสลับขาวและน้ำตาลแดง เป็นบางแห่ง สลับกันยาวตามลำต้น เปลือกนอกจะแตกออกเป็นแผ่นออกจากผิวของลำต้นเมื่อถึงฤดูแต่ละปี เปลือกนอกหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร เมล็ดมีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร สีเหลือง เมล็ดจำนวน 1 กรัม มีเมล็ดประมาณ 773 เมล็ด ช่อดอกเกิดตรงระหว่างกิ่งใบ มีก้านดอกเรียวยาว ก้านดอกย่อย ตาดอกมีกลีบรองดอกที่มีโคนกลีบติดกันแบบรูปถ้วย ดอกมีสีขาวเหลือง และมีลักษณะครึ่งวงกลมหรือรูปถ้วย มีขนาด 0.2-0.3 x 0.2-0.3 นิ้ว ผิวนอกแข็ง เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีสีเขียวและจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่อผลแก่ผ่าจะแยกออกทำให้เมล็ดที่อยู่ภายในร่วงหล่นออกมา ลักษณะเนื้อไม้มีสีน้ำตาลอ่อน น้ำตาลแดง กระจุกและแก่นสีต่างกัน เนื้อไม้ค่อนข้างละเอียด เสี้ยนสน (interlocked grain) มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.9-1.0 ในสภาพแห้งแล้วมีความแข็งสูงถึง 868 กิโลกรัม จึงทำให้การแปรรูปตกแต่งได้ยาก (มนตรีและคณะ, 2529) ลักษณะดินที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 6-8 และเป็นดินร่วนปนทราย หรือดินทรายที่มีการระบายน้ำได้ดี (ชนิดและประสิทธิ์, 2525)

อัตราการเจริญเติบโตของไม้ชนิดนี้เติบโตเร็วมาก ถ้าปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสมที่เป็นดินร่วนปนทราย และความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่า 600 เมตร ซึ่งเกษมสุข (2533) ได้ทำการทดลองในพื้นที่ลักษณะดังกล่าวผลปรากฏว่าอัตราความเพิ่มพูนทางด้านความสูงมีถึง 2 เมตร ในปีแรก และ 2-4 เมตรในปีต่อมา อัตราความเพิ่มพูนทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยปีละ 2 เซนติเมตร โดยจะมีอัตราความเพิ่มพูนระดับนี้ในช่วง 10 ปีแรกเท่านั้น และจงรัก (2538) ได้มีการศึกษาในเรื่องการเติบโตของไม้ชนิดนี้ในพื้นที่ต่างกัน พบว่าในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสอายุ 13 ปี มีผลผลิตในรูปน้ำหนักสดอยู่ระหว่าง 8-21 ต้นต่อไร่

ไม้ยูคาลิปตัส คามาเลคูลเลนซีสจัดว่าเป็นไม้เนื้อแข็งขนาดใหญ่พอที่จะใช้ประโยชน์มากกว่าใช้ทำไม้ฟืนและเผาถ่านเพียงอย่างเดียว เมื่ออายุครบ 5 ปีโดยประมาณ มากกว่า 25% ของจำนวนที่ปลูกทั้งหมดจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่า 15 เซนติเมตร ซึ่งสามารถจะนำไปใช้

ประโยชน์ได้หลายด้านด้วยกันดังนี้ ด้านพลังงาน ใช้ทำฟืนในครัวเรือน ทำฟืนในอุตสาหกรรม เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ทำถ่าน เป็นต้น ด้านอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้ทำผลิตภัณฑ์ ใช้ทำเชื้อกระดาษ และกระดาษไม้อัดแผ่นเรียบ ไม้บาง เป็นต้น ด้านก่อสร้างใช้ทำเสาบ้าน เสาไฟฟ้า ทำพื้นบ้าน นอกจากนี้ยังใช้ทำเครื่องมือการเกษตร ใช้เป็นอาหาร ทำน้ำมันระเหยจากใบ ดอกใช้เลี้ยงผึ้ง (มนตรีและคณะ, 2529) การใช้ประโยชน์จากสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส นอกเหนือจากวิธีการตัดหมดเพียงครั้งเดียวแล้ว ทวีโชค (2539) ยังได้แนะนำว่ายังสามารถที่จะตัดสายขยายระยะเพื่อให้ได้ไม้ขนาดใหญ่ โดยการตัดสายขยายระยะจากระยะปลูก 2 x 8 เมตร เป็น 4 x 8 เมตร แต่ถ้าต้องการมวลชีวภาพต่อพื้นที่สูงก็ควรปลูกระยะ 2 x 2 เมตร โดยไม่ต้องทำการตัดสายขยายระยะ

2. สถานการณ์ของไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย

เนื่องจากการยกเลิกสัมปทานการทำไม้ในป่าธรรมชาติในปีพ.ศ. 2532 ทำให้ประเทศไทยขาดแคลนไม้ใช้สอยในประเทศ ต้องนำเข้าไม้จำนวนมากจากต่างประเทศทั้งที่เป็นไม้ท่อน ไม้แปรรูป รวมทั้งเชื้อ และกระดาษ ในปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยนำเข้าไม้ท่อนจากต่างประเทศมีปริมาณถึง 1.80 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเงิน 15.27 ล้านบาท และเชื้อและกระดาษมีปริมาณ 0.47 และ 0.49 ล้านตัน คิดเป็นเงิน 9,220.05 และ 25,379.17 ล้านบาท (กรมป่าไม้, 2545) อย่างไรก็ตามทั้งภาครัฐและเอกชนได้มีการส่งเสริมให้มีการปลูกสร้างสวนป่าอย่างกว้างขวางภายหลังการปิดป่าสัมปทาน โดยเฉพาะไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศถึง 2.7 ล้านไร่ (พสุธา, 2542) ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเชื้อและกระดาษ แผ่นใยไม้อัด และแผ่นขึ้นไม้อัด ซึ่งนอกจากจะใช้อุปโภคภายในประเทศแล้วยังสามารถส่งออกไปยังต่างประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2545 ประเทศไทยได้ส่งออกเชื้อและกระดาษเป็นจำนวน 0.19 และ 0.83 ล้านตัน คิดเป็นเงิน 3,105.81 และ 26,789.26 ล้านบาท ตามลำดับ (กรมป่าไม้, 2545) ส่วนใหญ่เป็นเชื้อและกระดาษที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัส ดังนั้น ไม้ยูคาลิปตัสจึงเป็นไม้ที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศเป็นจำนวนมาก และเป็นที่ต้องการของตลาดอุตสาหกรรมเชื้อและกระดาษอย่างมาก และยังสามารถใช้เพื่อเป็นไม้เสาเข็ม ไม้ค้ำยัน และไม้เชื้อเพลิง ส่งผลให้ปริมาณ ไม้ยูคาลิปตัสไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดทั้งในประเทศและนอกประเทศ (วรวิทย์, 2548)

3. การจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสในปัจจุบัน

การจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสเป็นรูปแบบการปฏิบัติการต่างๆ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและคุณภาพของเนื้อไม้ให้ได้ตามต้องการ การปลูกไม้ยูคาลิปตัสนั้นสิ่งที่ต้องการคือ ไม้ท่อนที่มีขนาดและคุณภาพสามารถใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้ ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ จากความต้องการที่ตั้งไว้พิจารณาพร้อมกับข้อจำกัดของสภาพที่ดินที่นำมาปลูก ความสามารถในการลงทุนทางการเงิน จึงกำหนดออกมาเป็นรูปแบบการจัดการสวนป่า ซึ่งสามารถแยกย่อยอธิบายเป็นวิธีต่างๆ ได้ดังนี้ (ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2548)

3.1 การผลิตกล้าไม้

ในการผลิตกล้าไม้เพื่อสนับสนุนการปลูกไม้ยูคาลิปตัสนั้นสามารถแบ่งการผลิตออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ (1) โดยหน่วยงานของกรมป่าไม้หรือหน่วยงานอื่นๆ ที่สามารถผลิตกล้าไม้ได้ และ (2) โดยภาคเอกชนที่มีศักยภาพผลิตขึ้นเพื่อปลูกในสวนป่าของตนเองหรือผลิตเพื่อจำหน่าย ซึ่งการผลิตโดยหน่วยงานของกรมป่าไม้หรือหน่วยงานอื่นๆ ที่สามารถผลิตกล้าไม้ได้ เช่น ศูนย์เพาะชำต่างๆ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ หรือองค์การไม้เศรษฐกิจที่จะมีขึ้นในอนาคต เพื่อเป็นกลุ่มผลิตกล้าไม้หลักในการตอบสนองต่อการส่งเสริมปลูกไม้ยูคาลิปตัส นอกจากผลิตกล้าไม้แล้วหน่วยงานเหล่านี้ยังต้องทำหน้าที่เป็นพี่เลี้ยงและแหล่งความรู้ เพื่อให้เกิดการพัฒนาต่อการผลิตกล้าไม้ของกลุ่มผู้ผลิตภาคเอกชน รวมไปถึงการจัดเตรียมเมล็ดสายพันธุ์ดีและมีคุณภาพไว้บริการผู้ผลิตกล้าไม้ในภาคเอกชน

การผลิตกล้าไม้โดยภาคเอกชนนั้นอาจแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มของภาคเอกชนรายใหญ่ที่อยู่ในรูปแบบของบริษัทที่มีศักยภาพทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและพัฒนาปรับปรุงสายพันธุ์ดี และกลุ่มเกษตรกรรายย่อยในท้องที่ต่างๆ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่อยู่ในเขตเหมาะสมกับการปลูกสร้างสวนไม้ยูคาลิปตัสเป็นพิเศษ ซึ่งกลุ่มนี้คงต้องอาศัยความรู้และแหล่งพันธุ์ดีจากหน่วยงานของรัฐเป็นฝ่ายสนับสนุนหลัก

3.2 การเตรียมกล้าไม้ก่อนปลูก

การเตรียมกล้าไม้ยูคาลิปตัส สามารถทำได้จากการขยายพันธุ์แบบการอาศัยเพศด้วยการเพาะจากเมล็ด และการเตรียมด้วยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการตัดชำ (cutting) เป็นต้น หลังจากรับกล้าไม้แล้วจะทำการปลูกทันที หรือปลูกในวันรุ่งขึ้นจะดีที่สุดให้ขุยมะพร้าวมีความชุ่มชื้น โดยเฉพาะการปลูกในหน้าแล้งจะเป็นการช่วยให้กล้าตั้งตัวได้เร็วหลังทำการปลูก หากเป็นกล้าไม้ที่ถอดหลอดแล้วจะนำไปปลูกภายใน 3 วันนับตั้งแต่วันถอดหลอด เพราะหากเก็บไว้นานกว่านี้ กล้าจะพบปัญหาใบเริ่มซีดเหลือง ยอดชำหรือดำไหม้ รากसानติดกัน และลำต้นกล้าจะเอน เลื้อย ไม่ตรง เป็นต้น

3.3 การเตรียมพื้นที่ปลูก

การเตรียมพื้นที่ปลูกเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสขั้นตอนหนึ่ง เพราะการเตรียมพื้นที่นั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้ที่ปลูกเป็นอย่างยิ่ง การเตรียมพื้นที่มีอยู่หลายขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย

3.3.1 การกำจัดวัชพืช เศษซากพืชที่เหลืออยู่ในพื้นที่ อาจทำได้ด้วยการใช้แรงคน ใช้เครื่องจักรกล หรือใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชร่วมด้วยในกรณีที่มีข้อจำกัดอื่นๆ

3.3.2 การไถพรวน เพื่อปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น ถ้ามีการไถพรวนก่อนการปลูกไม้จะทำให้การเจริญเติบโตของไม้ในช่วงแรกดีมากยิ่งขึ้น

3.3.3 การปรับปรุงพื้นที่ด้วยการขุดร่องคูน้ำ เพื่อการเก็บกัก และระบายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ ในพื้นที่ที่ขาดน้ำซึ่งส่วนใหญ่ที่นำมาปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสนั้น ควรปรับปรุงเพื่อมุ่งเน้นในการเก็บกักน้ำไว้ในสวน ส่วนพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำมากเกินความต้องการ ร่องคูน้ำที่สร้างขึ้นควรมุ่งเน้นในการระบายน้ำออกจากพื้นที่ไม่ให้เกิดการแข่งขังและสามารถเพิ่มการเก็บกักความชื้นไว้ในฤดูแล้งได้อีกทางหนึ่ง

3.3.4 การเตรียมหลุมปลูก เป็นขั้นตอนที่สำคัญเช่นกัน ขนาดของหลุมที่ขุดเพื่อเตรียมปลูกนั้นขึ้นอยู่กับเตรียมพื้นที่ ในพื้นที่ที่มีการไถพรวนอย่างดี ไม่จำเป็นต้องขุดหลุมปลูกที่กว้างมากนัก แต่พื้นที่ที่ไม่มีการไถพรวนควรขุดหลุมเตรียมปลูกให้ลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร

3.4 การดูแลบำรุงรักษา

เป็นขั้นตอนการจัดการสวนป่าที่ใช้เวลานานที่สุด มีรูปแบบที่หลากหลายขึ้นอยู่กับสภาพการณ์และปัจจัยต่างๆ มากมาย ต้องแก้ไขสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่อาจเกิดขึ้นด้วยความรอบคอบ แต่ถ้าสามารถจัดการตามหลักปฏิบัติทางวนวัฒนวิธีที่จะกล่าวต่อไปได้อย่างครบถ้วนแล้ว น่าจะเป็นการรับประกันถึงผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัสที่ได้อยู่ในปริมาณสูงและมีคุณภาพดี โดยวนวัฒนวิธีที่ใช้ในการจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสนั้นประกอบไปด้วย

3.4.1 การกำจัดวัชพืช

การกำจัดวัชพืชเป็นการบำรุงดูแลต้นไม้ที่สำคัญยิ่งในช่วงแรกหลังจากการเริ่มปลูก โดยเฉพาะการปลูกสร้างสวนป่าในเขตร้อนที่วัชพืชในกลุ่มหญ้าที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว การกำจัดวัชพืชมีผลต่อการตั้งตัวของกล้าไม้ในระยะแรกและการเจริญเติบโตของต้นไม้เป็นอย่างมาก มีงานศึกษาวิจัยอยู่มาก ซึ่งสรุปได้ว่าการปลูกสร้างสวนป่า ค่าใช้จ่ายในการดูแลสวนป่าในช่วงแรกนี้มักจะถูกใช้เพื่อการกำจัดวัชพืชเป็นหลัก ฉะนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่เกษตรกรต้องเข้าใจ สามารถวางแผนและเลือกวิธีการกำจัดวัชพืชให้เหมาะสมกับสภาพสวนป่าของตนเอง ซึ่งวิธีการกำจัดวัชพืชโดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือ

ก. การกำจัดวัชพืชโดยวิธีกล ทำได้โดยใช้คนงานถางวัชพืช คายหญ้า หรือใช้เครื่องจักรกลไถพรวนกำจัดวัชพืชให้หมดไป วิธีนี้ควรดำเนินการปีละ 2-3 ครั้ง

ข. การกำจัดวัชพืชโดยวิธีชีวภาพ เป็นการกำจัดวัชพืชโดยใช้สิ่งมีชีวิตที่เป็นพืช สัตว์ หรือเชื้อโรคต่างๆ มาเป็นตัวควบคุมและกำจัดวัชพืช เช่น การปลูกพืชคลุมดิน เพื่อป้องกันและกำจัดหญ้าคา หรือการเลี้ยงวัวในสวนป่า เพื่อให้วัวช่วยกินหญ้าคาให้หมดไป เป็นต้น

ค. การกำจัดวัชพืชโดยใช้สารเคมี เป็นการไ้ยาและสารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชในสวนป่า ซึ่งส่วนมากจะใช้วิธีนี้กับวัชพืชที่กำจัดโดยวิธีอื่น ได้ยาก และเป็นวัชพืชที่ระบาครุนแรง เช่น หญ้าคา

3.4.2 การใส่ปุ๋ย

เป็นนวัตกรรมวิธีที่ต้องพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นๆ และอาจจำเป็นต้องมีการศึกษาทดลองในพื้นที่สวนป่าของตนเองร่วมกันไปด้วย เพราะจากรายงานการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยต่อการเพิ่มการเจริญของไม้ นั้นมีผลที่แตกต่างกันมาก กล่าวโดยสรุปถ้าพื้นที่สวนป่ามีสภาพดินที่อุดมสมบูรณ์ด้วยธาตุอาหารพืชอยู่ การใส่ปุ๋ยอาจไม่มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นไม้ได้ แต่ในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ อาจจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับต้นไม้ในสวนป่า หรือในช่วงการเจริญเติบโตของต้นไม้ในระยะแรกหลังการปลูกที่รากของต้นไม้ยังไม่สามารถหาอาหารได้ดี อาจต้องมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมลงไป การใส่ปุ๋ยให้กับต้นไม้ นั้นมีความแตกต่างไปจากการใส่ปุ๋ยในการปลูกพืชเกษตรอื่นๆ ฉะนั้นจำเป็นต้องแนะนำเกษตรกรผู้ปลูกสวนไม้อยู่คาลิปตส์ให้เลือกใช้ชนิดปุ๋ยที่ตรงความต้องการของต้นไม้ และมีกรรมวิธีการใส่ที่ถูกต้องควบคู่ไป

3.4.3 การจัดการกับเศษเหลือวัชพืชบนพื้นป่า

สวนป่าที่มีการจัดการที่ดีจะนำเศษเหลือวัชพืชที่เกิดขึ้นในพื้นที่สวนป่ามาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยรูปแบบการจัดการที่พบเห็น คือ นำมาเป็นปุ๋ยธรรมชาติให้กับไม้ที่ปลูก ให้เศษพืชเหล่านั้นป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ และค่อยๆ สลายตัวลงไปในดินต่อไป ซึ่งสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายเนื่องจากไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนย้ายเศษเหลือวัชพืช และยังเป็น การปรับปรุงคุณภาพของดินอีกทางหนึ่ง

3.4.4 การป้องกันและเฝ้าระวัง โรคและแมลง

การปลูกพันธุ์ไม้เพียงชนิดเดียวนั้น มีสภาพที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืช ทำความเสียหายแก่ต้นไม้ในสวนป่าอย่างรุนแรง ซึ่งเป็นสิ่งที่เกษตรกรปลูกสวนป่าไม่อยากจะให้เกิดขึ้น การดำเนินการในการควบคุมการเกิดโรค แมลง คือ การตรวจตรา เฝ้าระวัง

ปรับสภาพของสวนป่าในอยู่ในสภาพที่ไม่เอื้อต่อการเกิดโรคแมลง ด้วยการรักษาความสะอาดสวนป่าอยู่เสมอ ไม่ทำให้สภาพสวนป่าชื้นหรือแห้งจนเกินไป ทำลายต้นไม้มักเกิดโรคหรือได้รับความเสียหายจากแมลง โดยเร็ว เพื่อป้องกันการระบาด แต่ถ้ามีการระบาดเกิดขึ้นให้ดำเนินการแก้ไขด้วยการควบคุมด้วยวิธีการต่างๆ ทั้งการใช้วิธีการทำลายต้นไม้มักเกิดโรคขึ้นมา การทำลายตัวเชื้อโรค หรือแมลงที่ระบาด ด้วยกำลังคน หรือถ้าระบาดในระดับรุนแรงควรจะปรึกษานักวิชาการป่าไม้ และใช้การควบคุมด้วยสารเคมี

3.5 การติดตามการเจริญเติบโตของไม้

การติดตามการเจริญเติบโตของไม้ที่ปลูกเป็นวนวัฒนวิธี่ที่สำคัญมากในการจัดการสวนป่า เพราะข้อมูลการเจริญเติบโตของไม้ในแต่ละช่วงอายุจะใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจว่าจะเลือกใช้วนวัฒนวิธี่ใดไปดูแล ปรับปรุงให้ไม้ในสวนมีการพัฒนาไปตามที่ต้องการ เช่น ถ้าการเจริญเติบโตของต้นไม้เริ่มมีอัตราที่ลดลง อาจจำเป็นต้องปรับปรุงดินด้วยการใส่ปุ๋ย เป็นต้น นอกจากนี้การติดตามการเจริญเติบโตยังช่วยให้ทราบถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจหรือไม่ หรือใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจตัดฟันไม้

3.6 การเก็บเกี่ยวผลผลิต และการปลูกทดแทน

การเก็บเกี่ยวผลผลิตนั้นควรดำเนินการตามกำหนดที่วางแผนการเอาไว้ในรูปแบบการจัดการที่เสนอไว้ โดยให้ตรวจสอบถึงปริมาณผลผลิตที่ได้ในขณะนั้น ว่าเป็นไปตามแผนของรูปแบบการจัดการหรือไม่ ถ้าเป็นไปตามแผนของรูปแบบการปลูกก็สามารถตัดฟันเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตตามกำหนด แต่ถ้าไม่เป็นไปตามแผนก็ให้หาวิธีการแก้ไขซึ่งอาจจะใช้วนวัฒนวิธี่อื่นๆ อีก หรือขยายระยะเวลาการตัดฟันออกไป

เมื่อทำการตัดฟันเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วให้เริ่มดำเนินการเตรียมพื้นที่เพื่อการปลูกในรอบตัดฟันใหม่ได้ทันที โดยแผนการจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสอาจต้องถูกปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสม โดยอ้างอิงตามข้อมูลการเจริญเติบโตในรอบฟันตัดก่อนหน้านี้ ซึ่งจะทำให้ได้แผนการจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสในระดับท้องถิ่นที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ไปเรื่อยๆ

4. การวางแผนการจัดการป่าไม้

4.1 แนวคิดและหลักการจัดการป่าเพื่อการผลิตไม้

4.1.1 แนวคิดเกี่ยวกับผลผลิตในการจัดการป่าไม้

Duangsthaporn (2005) ได้สรุปเกี่ยวกับแนวคิดและหลักการจัดการป่าเพื่อการผลิตไม้ ไว้ว่า การจัดการป่าไม้ก็เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตที่ยั่งยืน หมายถึงว่าผลผลิตนั้นต้องได้เท่ากันหรือมากขึ้นในทุกๆ ปี ในทุกๆ ชั้นอายุของป่าจะต้องมีพื้นที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันหลังจากที่เราได้ทำการวางแผนการจัดการแล้ว ดังนั้นผลที่ยั่งยืนไม่จำเป็นต้องให้ได้ผลผลิตในวันนี้ แต่เป็นศักยภาพของการได้มาซึ่งผลผลิตจากป่า หนึ่งในนั้นก็คือการจัดการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการกับการตัดสินใจที่จะเกี่ยวกับการเพิ่มพูน และการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่สมดุลกัน

ในปัจจุบันการจัดการป่าไม้มีข้อจำกัดมากขึ้น จำเป็นต้องมีความรู้หรือข้อมูลในด้านต่างๆ หลายด้านที่เกี่ยวกับการจัดการป่าไม้ เช่น ด้านชีววิทยา และด้านวนวัฒนวิทยา เป็นต้น ซึ่งข้อมูลด้านต่างๆ ที่เราได้มาเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างการตัดสินใจในการจัดการ และการวางแผนการจัดการป่าไม้เพื่อให้ผลผลิตที่ยั่งยืน

คำว่าผลผลิตที่ยั่งยืนสามารถตีความได้เป็นสองความหมาย ความหมายแรกแปลได้ว่า “ผลที่ยั่งยืนตลอดไป” คือ ป่าไม้อยู่ในขั้นที่ให้ผลผลิตอย่างสม่ำเสมอตลอดไป ส่วนความหมายที่สองคือ “ไม่มีความเสื่อมโทรมเมื่อเวลาผ่านไป” นั่นคือผลนั้นจะเริ่มจากวันนี้ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ไม่มีวันลดลง

ดัชนีชี้วัดความยั่งยืนของป่า คือ ต้องได้ปริมาณ ขนาด และคุณภาพที่เท่ากันทุกๆ ปีหรือช่วงเวลา ดังนั้นเป้าหมายของการวางแผนจัดการป่าไม้ คือ ได้ผลผลิตอย่างยั่งยืน ตามแนวคิดที่ว่าผลที่ได้สามารถเป็นหลายๆ รูปแบบ ซึ่งไม่เฉพาะแต่ไม้ท่อนเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตหลักๆ ก็ยังคงเป็นไม้ท่อนนั่นเอง

4.1.2 หลักการจัดการเพื่อการผลผลิตไม้

การควบคุมผลผลิตของป่าไม้ (yield regulation) สามารถกำหนดได้ในหลายๆ แนวทาง ไม่ว่าจะเป็นการตัดฟันโดยการควบคุมพื้นที่ (area control) ซึ่งจะเป็นการควบคุมทางอ้อม และการควบคุมปริมาตร (yield control) เป็นการควบคุมทางตรง

การควบคุมผลผลิตป่าไม้ เป็นการกำหนดการใช้ประโยชน์ผลผลิตป่าไม้เพื่อให้เกิดความยั่งยืน โดยกำหนดว่าจะใช้ประโยชน์ผลผลิตอะไร ประมาณเท่าไร เมื่อไร และจากบริเวณใดในป่า ซึ่งข้อมูลพื้นฐานในการควบคุมผลผลิตป่าไม้ คือ ปริมาณผลผลิตไม้ในปัจจุบัน ปริมาณผลผลิตไม้ในอนาคต และพื้นที่ป่าตามศักยภาพในการให้ผลผลิต ประกอบด้วย allowable cut คือ ผลผลิตที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยกระทบต่อระบบนิเวศน์น้อยที่สุด cutting budget คือ การกำหนดปริมาณผลผลิตที่ใช้ได้ตามเนื้อที่และช่วงเวลา

ข้อมูลที่จำเป็นในการควบคุมผลผลิตป่าไม้ ประกอบด้วยปริมาณผลผลิตป่าไม้ในปัจจุบัน (stocking) ปริมาณผลผลิตป่าไม้ในอนาคต (yield) และพื้นที่ป่าตามศักยภาพในการให้ผลผลิต (area)

เกณฑ์ในการควบคุมผลผลิตป่าไม้ ได้แก่ (1) area control คือ เนื้อที่ที่เก็บเกี่ยวผลผลิตควรเท่ากันหรือใกล้เคียงกันในแต่ละปีหรือคาบของการตัดฟัน (2) yield control คือ ปริมาณผลผลิตที่จะนำมาใช้ประโยชน์ควรเท่ากันในแต่ละปีหรือคาบของการตัดฟัน และ (3) combined area and yield control คือ ปริมาณผลผลิตและขนาดเนื้อที่ที่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตควรเท่ากันในแต่ละปีหรือคาบของการตัดฟัน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้จะแสดงผลการควบคุมผลผลิตในวิธีที่ 1 และ 3

รอบหมุนเวียน (rotation) เป็นส่วนสำคัญของการวางแผน โดยรอบหมุนเวียนนั้นเป็นอายุตัดฟันของไม้ มีผลต่อผลผลิตของป่า กล่าวคือ หากอายุตัดฟันสั้นก็จะได้ไม้ขนาดเล็ก ปริมาตรไม้ที่ได้จากการตัดฟันแต่ละครั้งก็ย่อมมีน้อยตามไปด้วย อย่างไรก็ตามเราสามารถเวียนกลับมาตัดใหม่ได้บ่อยครั้งกว่าที่ใช้อายุตัดฟันยาว ซึ่งจะให้ปริมาตรไม้ในการตัดฟันแต่ละครั้งมาก ดังนั้นการคำนึงถึงผลได้ในทางปริมาตรของไม้จะต้องพิจารณาถึงผลได้เฉลี่ย และราคาไม้ประกอบกันไป และปัจจัยทั้งสองนี้มีผลในการกำหนดรอบหมุนเวียน

ตารางการตัดฟัน (harvest scheduling) คือ การกำหนด cutting budget ที่ครอบคลุมช่วงเวลามากกว่า 1 รอบตัดฟัน (rotation) ซึ่งตารางการตัดฟันมักใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ในการกำหนดการตัดฟัน และ/หรืองบประมาณการตัดฟัน โดยการกำหนดตารางการจะเกี่ยวกับความผันแปรหลายๆ อย่าง เช่น ปริมาตร พื้นที่ หรือจำนวน และรายการการตัดฟัน (cutting budget) ในส่วนของการทำไม้ออกนั้น การวางแผนต้องจำเพาะให้ได้ว่าจะตัดตรงไหน ตัดเมื่อไร และตัดอย่างไร

4.2 กระบวนการด้านการจัดการป่าไม้

4.2.1 เป้าหมายและขั้นตอน

เป้าหมายสุดท้ายของการจัดการป่าไม้ คือ ประโยชน์สูงสุดที่ได้จากป่าไม้ ประโยชน์นี้สามารถเป็นตัวชี้วัดในส่วนของปริมาณได้ เช่น การแสดงถึงมูลค่าสุทธิ การหมุนเวียนของการลงทุน หรือราคาของเนื้อไม้ ถ้าป่าไม้ไม่สามารถให้ประโยชน์ได้สูงสุดการวัดค่าดังกล่าวจะทำให้ค่อนข้างยาก ความยั่งยืนของผลผลิตจะแสดงถึงมูลค่าสุทธิของกิจการป่าไม้ซึ่งเป็นจำนวนที่เท่ากับทำให้ประโยชน์สูงสุด เรื่องนี้เป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในแง่ของความเป็นจริง เช่น การรอดตาย การเติบโต ภัยพิภพที่สาธารณชนยอมรับได้ ความปลอดภัยของคนงาน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วข้อที่ต้องคำนึงถึงเบื้องต้น คือ ต้องเป็นกระบวนการที่จะประยุกต์ใช้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่เงื่อนไขของวัตถุประสงค์ ซึ่งระดับของแนวคิดต้องง่ายและมีความสัมพันธ์ทางกายภาพที่สามารถเข้าใจได้ง่าย วัตถุประสงค์สุดท้ายที่ต้องการนั้นก็คือการได้มาซึ่งประโยชน์สูงสุดของป่าไม้นั่นเอง (Ware and Clutter, 1971)

การวางแผนการจัดการป่าไม้เป็นการแสดงถึงแนวทางที่จะใช้ทรัพยากรป่าไม้ที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ หรือการให้ประโยชน์สูงสุดของป่าไม้ โดยมีการวางแผนการจัดการ สำหรับความสามารถที่จะให้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด นอกจากนี้การวางแผนการจัดการป่าไม้ไม่เฉพาะแต่เพียงการวิเคราะห์หาผลประโยชน์สูงสุดเท่านั้น แต่การเจนนับป่าไม้ การจัดการข้อมูล การคำนวณ และการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ทั้งหมดนี้ล้วนแต่มีบทบาทสำคัญในการปฏิบัติงาน การวางแผนการจัดการป่าไม้เป็นการหาทางเลือกที่ดีที่สุดในการตัดสินใจ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะได้ทางเลือกที่ดีที่สุดในการปฏิบัติงาน โดยการใช้อย่างระมัดระวังและเทคนิควิธีการคำนวณที่ใช้ในหา

ทางเลือกในการตัดสินใจ สิ่งเหล่านี้มีความต้องการการพัฒนาภายใต้ทางเลือกการจัดการที่สามารถเลือกได้ และการคำนวณจำนวนของผลผลิตและการบริการ ล้วนมีความสำคัญทั้งสิ้น การวิเคราะห์ผลที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองแบบจำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นฐานจากการสำรวจป่าไม้ที่เชื่อถือได้ (Duangsathaporn, 2005)

4.2.2 ข้อมูลที่จำเป็น

กระบวนการด้านการจัดการป่าไม้นั้นต้องอาศัยข้อมูลที่สำคัญอันประกอบไปด้วยข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม เช่น สภาพตลาด กำลังคน เงินทุน เครื่องจักร ข้อกำหนดของกฎหมายและระเบียบต่างๆ ของสังคม นโยบายของฝ่ายบริหาร เป็นต้น ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญก็คือ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ เช่น พื้นที่ อัตราการเจริญเติบโต และปริมาณ ขนาด คุณภาพของผลผลิตในสวนป่า เป็นต้น

การกำหนดพื้นที่เพื่อการจัดการ เป็นการจัดการเนื้อที่ที่มีขอบเขตระบุไว้ในแผนการจัดการป่าไม้หนึ่งๆ หน่วยเนื้อที่ที่ทำการแบ่งขึ้นมามีจุดประสงค์เพื่อบรรยายลักษณะ และบันทึก ซึ่งหน่วยการจัดการเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดในการจัดการป่าไม้ และเป็นแหล่งกำหนดงานและจัดบันทึกรายละเอียดต่างๆ ในการวางแผน และขอบเขตของหน่วยจัดการควรมีขอบเขตที่แน่นอน มีคุณภาพสม่ำเสมอ ถ้าเป็นสวนป่าส่วนที่ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันอาจจัดอยู่ในหน่วยจัดการเดียวกัน ขนาดของหน่วยจัดการจะขึ้นอยู่กับความหนักเบาในการดำเนินการจัดการป่าไม้ (ขวัญชัย, 2548)

สำหรับในพื้นที่สวนป่าซึ่งเป็นป่าเพื่อการผลิตไม้ที่มีการจัดการอย่างเข้มข้น ดังนั้นหน่วยการจัดการควรมีขนาดเล็ก เพราะมีการจัดการโดยระบบตัดหมด ซึ่งสามารถทำให้ตัดหมดได้ในคราวเดียว และสามารถปลูกทดแทนได้ในฤดูเดียว แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ การแบ่งหน่วยจัดการให้มีขนาดเล็กก็จะทำให้หน่วยจัดการมีหลายหน่วยตามไปด้วย อาจเป็นการสิ้นเปลืองหรือไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน และเป็นการเพิ่มงานให้มากขึ้นอีกด้วย (ขวัญชัย, 2548)

4.2.3 เทคนิคที่ใช้ในการวางแผน

การวางแผนการจัดการป่าไม้ในปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคของการวิจัยดำเนินงาน (operations research) มาใช้มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการใช้กำหนดการเชิงเส้น (linear programming), dynamic programming และ simulation ซึ่งส่วนใหญ่จะเน้นหนักไปในการสร้างตัวแบบ (model) ของป่าไม้ ตัวแบบเหล่านี้จะค่อนข้างยุ่งยาก เพราะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของวิธีวิจัยดำเนินงาน และวิทยาการด้านคอมพิวเตอร์ (Duangsathaporn, 2005)

กำหนดการเชิงเส้นเป็นหนึ่งในเทคนิคที่ใช้ในการวางแผนการจัดการป่าไม้ และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากทรัพยากรป่าไม้มักจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดทั้งขนาด ปริมาณ และขอบเขตของการใช้งาน ซึ่งกำหนดการเชิงเส้นนี้เป็นเทคนิคในการแก้ไขปัญหาทางการจัดสรรปัจจัยและทรัพยากรที่มีลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นเชิงเส้นทั้งสิ้น โดยมีจุดประสงค์เพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจให้เกิดผลตามแนวทางการดำเนินงานที่ดีที่สุด เช่น กำไรสูงสุด ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด และแนวทางการดำเนินงานอื่นๆ ที่ให้ผลประโยชน์มากที่สุดต่อระบบนั้น ตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ (วิจิตรและคณะ, 2543)

5. กำหนดการเชิงเส้น และการประยุกต์ในการวางแผนการจัดการป่าไม้

5.1 เทคนิคกำหนดการเชิงเส้น

วิจิตรและคณะ (2543) ได้กล่าวว่า กำหนดการเชิงเส้นเป็นเทคนิคที่รู้จักกันแพร่หลายในส่วนของงานของการวิจัยดำเนินงาน ทั้งนี้เพราะว่าในหลายๆ วงการได้นำวิธีการนี้ออกไปใช้และประสบความสำเร็จมาแล้วอย่างมากมาย นักบริหาร วิศวกร หรือนักวิทยาศาสตร์ในหลายๆ หน่วยงานได้ประยุกต์ใช้วิธีการทางกำหนดการเชิงเส้น ในการแก้ปัญหาทางการจัดสรรปัจจัยหรือทรัพยากร (allocating resource) ปัจจัยหรือทรัพยากรมีความหมายรวมถึงวัตถุดิบ กำลังคน เครื่องจักร เวลา สถานที่ เงินตรา หรือความรู้ความสามารถต่างๆ (technology) ปัญหาการจัดสรรปัจจัยและทรัพยากรเกิดขึ้นเมื่อเราต้องการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดทั้งขนาด ปริมาณ และขอบเขตของการใช้งาน เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่การตัดสินใจให้เกิดผลการดำเนินงานสูงสุดของ

ระบบ องค์การหรือโครงการ (total effectiveness) การจัดสรรปัจจัยให้เกิดผลดังกล่าวอาจทำได้หลายๆ ทาง และหลายๆ รูปแบบ ซึ่งมักจะให้ผลลัพธ์ออกมาเหมือนกัน

เทคนิคกำหนดการเชิงเส้น ในการวิจัยดำเนินงานนี้พัฒนามาจากผลความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีแนวความคิดริเริ่มมาจากนักคณิตศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์หลายๆ ท่าน เช่น ฟอน นิวแมน (Von Neumann) เริ่มใช้ทฤษฎี สูงสุด-ต่ำสุด ในทฤษฎีของเกมในปี 1928 และถูกพัฒนานำไปใช้ในปัญหาทางการขนส่งในปี 1941 เทคนิคดังกล่าวนำไปใช้กับการแก้ปัญหาทางการโภชนาการในปี 1947 โดย จอร์จ บี. แดนซิก (George B. Dantzig) มาแชล วูด (Marshall Wood) และเพื่อนร่วมงานในกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกาได้ใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ และเทคนิคที่เกี่ยวข้องมาแก้ปัญหาทางการวางแผนโครงการในกองทัพ โดยเริ่มจัดรูปองค์การทั้งหมดให้มีความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เป็นลักษณะเชิงเส้นตรง แล้วใช้วิธีทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหานั้นๆ ผลงานที่ปรากฏได้รับความสำเร็จอย่างงดงาม ทำให้เกิดวิธีการที่เรียกว่า simplex method ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาทางโปรแกรมเชิงเส้นตรงที่มีประสิทธิภาพมาก เทคนิคนี้สามารถที่จะเข้าใจและใช้ได้ง่ายในการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเดียวกัน (วิจิตรและคณะ, 2543)

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันในหลายๆ วงการในการนำเทคนิคทางกำหนดการเชิงเส้นไปใช้ได้ประโยชน์อย่างมาก เช่น ทางเกษตร ได้ใช้เทคนิคนี้กับงานทางเศรษฐศาสตร์เกษตรกรรม และการจัดการทางเกษตรกรรม (farm economics and farm management) โดยใช้วิเคราะห์ปัญหาการจัดสรรปัจจัยที่มีอยู่จำกัด เช่น ที่ดิน น้ำ ปุ๋ย แรงงานและเงินลงทุน และช่วยให้สามารถตัดสินใจจัดการให้เกิดผลเก็บเกี่ยวที่สูงสุด เพาะปลูกชนิดของพืชผลให้เหมาะสมกับฤดูกาล ตามจำนวนความต้องการของตลาด จึงมีผลทำให้ขายได้กำไรสูงขึ้นเพราะราคาดีขึ้นอันเนื่องมาจากผลผลิตที่มีไม่มากเกินไปเกินความต้องการในจังหวะเวลาที่เหมาะสม (วิจิตรและคณะ, 2543)

ทางด้านอุตสาหกรรมก็ใช้เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นมาช่วยในการจัดการเกี่ยวกับการผลิต อุตสาหกรรมที่ใช้เทคนิคดังกล่าวและประสบผลสำเร็จอย่างงดงามมาแล้ว คือ อุตสาหกรรมถ่านหิน เหล็กกล้า กระดาษ น้ำมัน ฯลฯ ในวงการธุรกิจต่างๆ เช่น การเดินรถประจำทาง การขนส่งทางน้ำ และทางอากาศ ได้พัฒนาใช้เทคนิคดังกล่าว เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ช่วยให้ดำเนินงานขนถ่ายบุคคลและสิ่งของเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทางการก่อสร้างก็นำเทคนิคนี้มาวิเคราะห์หาส่วนประกอบของโครงการ และตัดสินใจดำเนินการให้ได้กำไรสูงสุด แม้แต่ทางการทหารก็นำมาใช้เพื่อการจัดสรรนักบินที่ได้รับการฝึกบินมาแล้วและเครื่องบินที่ผลิตออกมาใหม่ เพื่อสามารถ

นำไปใช้งานได้คล่องตัวยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าเทคนิคกำหนดการเชิงเส้นนี้มีบทบาทต่อส่วนงานต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วและสามารถนำไปใช้งานในส่วนอื่นๆ ที่มีปัญหาคล้ายกันให้เกิดประโยชน์ต่อไปอย่างมาก (วิจิตรและคณะ, 2543)

5.1.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (mathematical model)

ประกอบ (2535) ได้กล่าวว่า ตัวแบบทางคณิตศาสตร์นั้นได้พิสูจน์ให้เห็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่ามีประโยชน์และสามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาต่างๆ ได้ดี และกว้างขวางที่สุด ตัวแบบหนึ่ง ก็คือตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (linear programming model) ในตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นนี้ เราต้องการจะหาผลลัพธ์ หรือผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution) ของฟังก์ชันเป้าหมายเชิงเส้น (linear objective function) ซึ่งสอดคล้องกับข้อจำกัดเชิงเส้นต่างๆ (linear constraints)

ดานท์ซิก (George B. Dantzig) นับว่าเป็นบิดาของกำหนดการเชิงเส้น ทั้งนี้เพราะเป็นผู้ที่เริ่มสร้างรูปแบบทั่วไปของปัญหาคำหนดการเชิงเส้น และพัฒนาวิธีการอย่างมีระบบในการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นในปี พ.ศ. 2490 วิธีการหาคำตอบดังกล่าวยังคงใช้อยู่จนถึงปัจจุบันภายใต้ชื่อว่า วิธีซิมเพล็กซ์ (simplex method) งานด้านกำหนดการเชิงเส้นในระยะแรกของดานท์ซิก ได้ทำให้กับกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา ต่อมาประมาณปี พ.ศ. 2495 จึงได้มีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในการหาคำตอบอัตโนมัติของปัญหาคำหนดการเชิงเส้นได้สำเร็จ หลังจากนั้นก็ได้มีการพัฒนาวิธีการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาคำหนดการเชิงเส้นให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ตามลักษณะเฉพาะของปัญหาที่สามารถประยุกต์ใช้ตัวแบบการโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปก็มีใช้กันอย่างแพร่หลายเช่นเดียวกัน แม้กระทั่งในเรื่องของไมโครคอมพิวเตอร์ (microcomputer) ก็ได้มีการจัดทำโปรแกรมสำเร็จรูปไว้ใช้สำหรับปัญหาคำหนดการเชิงเส้นที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก ปัจจุบันนี้ได้มีการประยุกต์ใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางธุรกิจและอุตสาหกรรม (ประกอบ, 2535)

รูปแบบทั่วไปของกำหนดการเชิงเส้นเป็นรูปแบบซึ่งสามารถจะปรับใช้ให้กับปัญหาต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพราะฟังก์ชันเป้าหมายอาจใช้ได้ในรูปค่าไร ค่าใช้จ่าย การสูญเสีย เศษเหลือ จำนวนคนงานที่น้อยที่สุดที่จะจ้าง ฯลฯ ส่วนข้อจำกัดอาจจะอยู่ในรูปของข้อจำกัดของทรัพยากรที่มีอยู่หรือที่อาจจะหาได้ ข้อจำกัดด้านการตลาด ข้อจำกัดด้านคุณภาพ ฯลฯ ซึ่งเราจะ

เห็นได้ว่าตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ที่มีประโยชน์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาต่างๆ ได้ดีและกว้างขวาง (ประกอบ, 2535)

การหาคำตอบสำหรับปัญหาคำหนดการเชิงเส้นก็สามารถทำได้ง่ายโดยใช้วิธีการสำหรับปัญหาที่มีตัวแปรตัดสินใจไม่เกินสองตัวแปร หรือวิธีพีชคณิต หรือวิธีซิมเพล็กซ์ ในกรณีที่มีตัวแปรตัดสินใจตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไป นอกจากการหาคำตอบสำหรับปัญหาคำหนดการเชิงเส้นด้วยมือแล้ว ในปัจจุบันก็มีโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์อย่างแพร่หลาย ตั้งแต่เครื่องขนาดเล็กระดับเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์ไปจนเครื่องขนาดใหญ่ระดับเมนเฟรม จึงทำให้การหาคำตอบสำหรับปัญหาคำหนดการเชิงเส้นเป็นไปด้วยความสะดวกยิ่งขึ้น โดยเฉพาะสำหรับปัญหาคำหนดการเชิงเส้นขนาดใหญ่ นอกจากนั้น โปรแกรมสำเร็จรูปดังกล่าวยังสามารถคำนวณผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) สำหรับปัญหาคำหนดการเชิงเส้นด้วย ซึ่งช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหาคำหนดการเชิงเส้นเป็นไปอย่างสมบูรณ์มากขึ้น เพราะทำให้เราทราบถึงผลกระทบที่มีการตัดสินใจหรือค่าของตัวแปรตัดสินใจ เมื่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในตัวแบบเกิดเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (ประกอบ, 2535)

ทุกๆ ปัญหาคำหนดการเชิงเส้นที่เราพิจารณาอยู่นั้นจะมีปัญหาคำหนดการเชิงเส้นอีกปัญหาหนึ่งที่สัมพันธ์กับปัญหาที่เราพิจารณาอยู่ ซึ่งเราเรียกว่าเป็น “ปัญหาคู่” ของปัญหาที่เราพิจารณาอยู่ ปัญหาคู่นี้จะช่วยให้เราทราบความหมายทางเศรษฐศาสตร์หรือคุณค่าของทรัพยากรในปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นที่เราพิจารณาอยู่ได้ เพื่อช่วยในการตัดสินใจของเรา (ประกอบ, 2535)

5.1.2 ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Model)

วิจิตรและคณะ (2543) ได้กล่าวถึงโครงสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของกำหนดการเชิงเส้น ไว้ดังนี้

ก. สมการกำหนดเป้าหมาย (objective function) คือสมการแสดงความสัมพันธ์ของต้นทุน กำไร ฯลฯ เพื่อให้กำหนดเป้าหมายสูงสุดหรือต่ำสุด (maximize, minimize)

ข. สมการแสดงข้อบ่งชี้ (constraints) ซึ่งแสดงความจำกัดของปัจจัยหรือทรัพยากรในรูปสมการหรืออสมการ (inequality)

ค. ความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการต่างๆ ของตัวแบบแทนระบบต้องมีลักษณะเป็นเส้นตรง (linear form) คือตัวแปรทุกตัวในสมการเป้าหมายและสมการหรือสมการของข้อบ่งชี้จะต้องมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

ง. ตัวแปรทุกตัวต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ (all positive value) จากรูปแบบของกำหนดการเชิงเส้นนี้ จะเห็นได้ว่าตัวค่าวัดผลการดำเนินงาน (measure of effectiveness) จะได้จากสมการกำหนดเป้าหมายซึ่งเราจะต้องพยายามหาค่าเป็นไปตามเป้าหมายโดยเทคนิคที่มีอยู่ ตัวแปรต่างๆ จะเป็นตัวแทนจำนวนปริมาณหรือค่าของปัจจัยที่มีอยู่จำกัดโดยการกำหนดของสมการหรือสมการในข้อบ่งชี้ของปัญหา ผลการวิเคราะห์จะได้เป็นค่าของตัวแปรที่จะนำไปตัดสินใจ เพื่อดำเนินการให้ได้ตามเป้าหมาย การกำหนดข้อบ่งชี้ของปัญหาด้วยสมการหรือสมการนั้นเรากำหนดขึ้นตามความเป็นจริง ซึ่งจะมีโอกาสอยู่ในแบบของอสมการมากกว่า เช่น การกำหนดให้สินค้าต้องใช้วัตถุดิบชนิดหนึ่ง ปริมาณที่มีอยู่จำกัดในจำนวน 10 ตัน จะได้สมการข้อบ่งชี้เป็น “น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 ตัน” สำหรับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้นั้นๆ หรือกำหนดว่าปริมาณการขายสำหรับสินค้าชนิดนั้นต่ำสุดเป็น 20,000 ชิ้น ทำให้เกิดอสมการ “มากกว่าหรือเท่ากับ 20,000 ชิ้น” สำหรับปริมาณการขาย เป็นต้น (วิจิตรและคณะ, 2543)

ตัวอย่างของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น เพื่อให้หาค่าของตัวแปร เช่น X_1, X_2, \dots, X_n ที่ให้ผลการดำเนินงานที่มีค่าสูงสุดตามสมการเป้าหมาย ดังนี้

$$\text{สมการเป้าหมาย : Max. } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

สมการหรืออสมการข้อบ่งชี้ :

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n &\leq b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n &\leq b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n &\leq b_m \end{aligned}$$

$$X_i \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

โดยมี	$Z = f(X_i)$	เป็นสมการเป้าหมาย
	X_i	เป็นค่าตัวแปรที่แทนค่าของปัจจัย
	a_{ij}, C_j	เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่มีค่าคงที่
	b_j	เป็นปริมาณทรัพยากรที่จะนำมาใช้ในแต่ละ

กิจการซึ่งมีค่าคงที่ ในตัวอย่างนี้เรามีตัวแปรที่จะสามารถเลือกเปลี่ยนได้อยู่ n ตัว การเพิ่มค่าตัวแปรตัวหนึ่งตัวใดมีผลทำให้ตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องลดค่าลงไปด้วยภายใต้ขอบข่ายที่กำหนดเป็นสมการหรืออสมการโดยเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์คือ = (เท่ากับ), \leq (น้อยกว่าหรือเท่ากับ) และ \geq (มากกว่าหรือเท่ากับ) (วิจิตรและคณะ, 2543)

5.2 การประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้น

Duangstaporn (2005) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนการจัดการสวนป่าไม้สัก กรณีศึกษาสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยได้รวบรวมระบบฐานข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ การพัฒนาการเติบโต การจำลองแบบผลผลิต และการใช้กำหนดการเชิงเส้นสำหรับการวางแผนการจัดการ และกำหนดผลที่แท้จริงของแผนการจัดการ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยสี่ขั้นตอน กล่าวคือ การเตรียมข้อมูล การกำหนดทางเลือกการจัดการ การเลือกทางเลือกการจัดการที่เหมาะสม และการกำหนดแผนการจัดการ โดยทางเลือกการจัดการนั้นมีอยู่หลายทางเลือกสำหรับการสร้างการตัดสินใจ และครอบคลุม 11 หน่วยการจัดการด้วย 6 คาบๆ ละ 5 ปี ผลการศึกษาพบว่า กำหนดการเชิงเส้นที่ให้ผลประโยชน์สูงสุดจะให้มูลค่าคิดเป็นเงิน 659,146,700 บาท ภายในช่วงของการวางแผน 30 ปี

นิคม (2539) ได้ทำการศึกษาการใช้โปรแกรมเชิงเส้นในการวางแผนผลิตน้ำมันดิบ เพื่อให้ได้ผลกำไรจากน้ำมันให้มากที่สุด โดยใช้กำหนดการเชิงเส้นหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันเฉลี่ยของแหล่งน้ำมันดิบและปริมาณการผลิตน้ำมันดิบสะสม จากข้อมูลการทดลองผลิตด้วย reservoir simulator ที่อัตราการผลิตต่างๆ กัน พบว่าสามารถแบ่งช่วงของปริมาณน้ำมันดิบที่ผลิตสะสมเป็น 3 ช่วง และทราบแผนการผลิตอย่างคร่าวๆ จากกำหนดการเชิงเส้น ซึ่งค่าดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อผลิตนานขึ้น

วีณา (2532) ได้ทำการทดลองใช้หมากำหนดการเชิงเส้นในอุตสาหกรรมผลิตไม้อัด ณ โรงงานผลิตไม้อัดบางนา บริษัทไม้อัดไทย จำกัด ในระหว่างเดือนเมษายน-พฤษภาคม 2531 โดย การศึกษากระบวนการผลิตไม้อัดโดยสังเกตนับตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการผลิตจนสำเร็จรูปเป็นไม้ อัดพร้อมที่ส่งจำหน่าย ตลอดจนศึกษาถึงเงื่อนไขหรือปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินการผลิต ไม้อัดยาง ประเภท II และ III รวม 30 ชนิด ซึ่งการศึกษาพบว่า ณ ระดับกำไร 20% บริษัทควรทำ การผลิตไม้อัดทั้งหมด 13 ชนิด จำนวนรวม 58,938 แผ่นต่อเดือน

สมชาย (2520) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์การวางแผนผลิตภายใต้สถานการณ์แห่ง ความไม่แน่นอนโดยใช้กำหนดการเชิงเส้น ในนิคมสร้างตนเองลำตะคอง อำเภอปากช่อง จังหวัด นครราชสีมา โดยได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นการวางแผนเพาะปลูกของเกษตรกรที่ไม่เป็นสมาชิก ของสถาบันการเกษตร (เกษตรกรประเภทที่ 1) และเกษตรกรที่เป็นสมาชิกสถาบันการเกษตร (เกษตรกรประเภทที่ 5) โดยแยกการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ฤดู และผลจากกำหนดการเชิงเส้นพบว่า รายได้สุทธิรายปีที่คาดว่าจะได้รับภายใต้แผนการผลิตที่เหมาะสมจะมากกว่าในกรณีของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกสถาบันการเกษตร และค่าของความไม่แน่นอนที่วัดโดยส่วนเบี่ยงเบนสมบูรณ์ของ รายได้สุทธิจากระดับเฉลี่ยสูงกว่าในกรณีของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกสถาบันการเกษตร

นุกูล (2519) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้กำหนดการเชิงเส้นสำหรับการปลูกพืช หมุนเวียนภายใต้สถานการณ์แห่งความไม่แน่นอนและแน่นอน ในนิคมสร้างตนเองพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี ซึ่งส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ของระบบการปลูกพืชที่สำคัญต่างๆ และส่วนที่สองเป็นการวางแผนการปลูกพืชหมุนเวียนภายใต้สถานการณ์แห่งความไม่แน่นอนและแน่นอนในแต่ละสถานการณ์ จากผลของกำหนดการเชิงเส้นจะได้ค่าของรายได้สุทธิต่อต้นทุนผัน แปรของพืชชนิดต่างๆ ที่แตกต่างกันไปภายใต้สถานการณ์แห่งความไม่แน่นอนและความแน่นอน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แผนที่แสดงขอบเขตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส
2. Spiegel Relaskop
3. เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter tape)
4. เครื่องบอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Global Positioning System; GPS)
5. เครื่องวัดความสูงต้นไม้
6. เทปวัดระยะทาง
7. เลื่อย
8. มีดทอนไม้
9. เครื่องชั่งน้ำหนัก
10. แบบบันทึกข้อมูล (Tall sheet)
11. คอมพิวเตอร์ และ โปรแกรมคอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ

1.1 การเตรียมอุปกรณ์และวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1.1 การตรวจเอกสาร ประมวล และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ เทคนิค และเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจทรัพยากรป่าไม้

1.1.2 เตรียมแผนที่ แผนที่ที่เตรียมไว้ คือ แผนที่สภาพภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร แสดงขอบเขตแปลงเพื่อใช้ประกอบการวางแผนงาน และเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.2 กระบวนการสำรวจ

ดำเนินการสำรวจในพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น มีพื้นที่ที่เป็นสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสทั้งหมด 10,063 ไร่ ของพื้นที่สวนป่าทั้งหมด 10,443 ไร่ ซึ่งในการสำรวจครั้งนี้ใช้การสำรวจแบบ Line Plot System โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1.2.1 การหาเกณฑ์ส่วนเนื้อที่ที่ทำการสำรวจ ในการสำรวจจะใช้แปลงตัวอย่างวงกลม (Circular sample plot) ที่มีรัศมีเท่ากับ 12.62 เมตร หรือมีขนาดเนื้อที่เท่ากับ 0.05 เฮกแตร์ ดังนั้นจะคำนวณหาเนื้อที่ที่แปลงตัวอย่างเป็นตัวแทนได้ดังนี้ (สถิตย์, 2525)

$$\frac{\text{เนื้อที่ทำการสำรวจ}}{\text{เนื้อที่ป่าทั้งหมด}} = \frac{\% \text{ ที่สำรวจ}}{100\%} \quad (1)$$

จากสมการข้างต้นถ้ากำหนดให้เปอร์เซ็นต์การสำรวจเป็น 1.25% และมีเนื้อที่ของแปลงตัวอย่างเท่ากับ 0.05 เฮกแตร์ จะสามารถคำนวณหาเนื้อที่ที่แปลงตัวอย่างเป็นตัวแทนจากสัดส่วนดังนี้

$$\frac{\% \text{ ที่สำรวจ}}{100\%} = \frac{\text{เนื้อที่ของแปลงตัวอย่าง}}{\text{เนื้อที่ที่แปลงตัวอย่างเป็นตัวแทน}} \quad (2)$$

แทนค่าเปอร์เซ็นต์การสำรวจและเนื้อที่ของแปลงตัวอย่าง จะได้

$$\frac{1.25}{100} = \frac{0.05 \text{ เฮกแตร์}}{\text{เนื้อที่ที่แปลงตัวอย่างเป็นตัวแทน}} \quad (3)$$

จากสมการ (3) จะได้เนื้อที่ที่แปลงตัวอย่างเป็นตัวแทนคือ 4 เฮกแตร์ หรือ 40,000 ตารางเมตร ดังนั้นระยะห่างระหว่างแนวและระหว่างแปลงที่จะสามารถกำหนดได้อาจจะเป็น 200 x 200 เมตร หรือ 400 x 100 เมตร โดยในการที่จะเลือกใช้ระยะห่างระหว่างแนวและระหว่างแปลงเท่าใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ที่สำรวจและต้องให้แปลงตัวอย่างมีการกระจายทั่วทั้งพื้นที่ (สมหญิง, 2547)

1.2.2 การคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ในการศึกษาค้างนี้ ได้พิจารณาหน่วย ตัวอย่างเป็นรายแปลง โดยคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมได้ดังนี้ (สุรินทร์, 2541)

$$n = \frac{Z^2 S^2}{d^2} \quad (4)$$

เมื่อ	n	=	ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม (แปลง)
	Z	=	ค่าที่เปิดจากตารางการแจกแจงปกติมาตรฐานเมื่อ กำหนดค่าความเชื่อมั่น (1- α)100%
	S ²	=	ความแปรปรวนของหน่วยตัวอย่าง
	d	=	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ที่ยอมรับได้

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการนำมาคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมคือ ค่า เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจะมีความสัมพันธ์กับการ เพิ่มขึ้นของปริมาตรต้นไม้ถึง 2/3 (Philip, 1994) และในการศึกษานี้ได้กำหนดค่าความคลาดเคลื่อน สัมบูรณ์ที่ยอมรับได้เท่ากับ 5% และค่าความเชื่อมั่น 95% (หรือค่า $\alpha = 0.05$) ซึ่งการกระจายตัวของการวางแปลงสำรวจจะแสดงในภาพที่ 1

1.3 การรวบรวมข้อมูลไม้ตัวอย่าง

1.3.1 การรวบรวมข้อมูลในแปลงตัวอย่าง มีขั้นตอนดังนี้

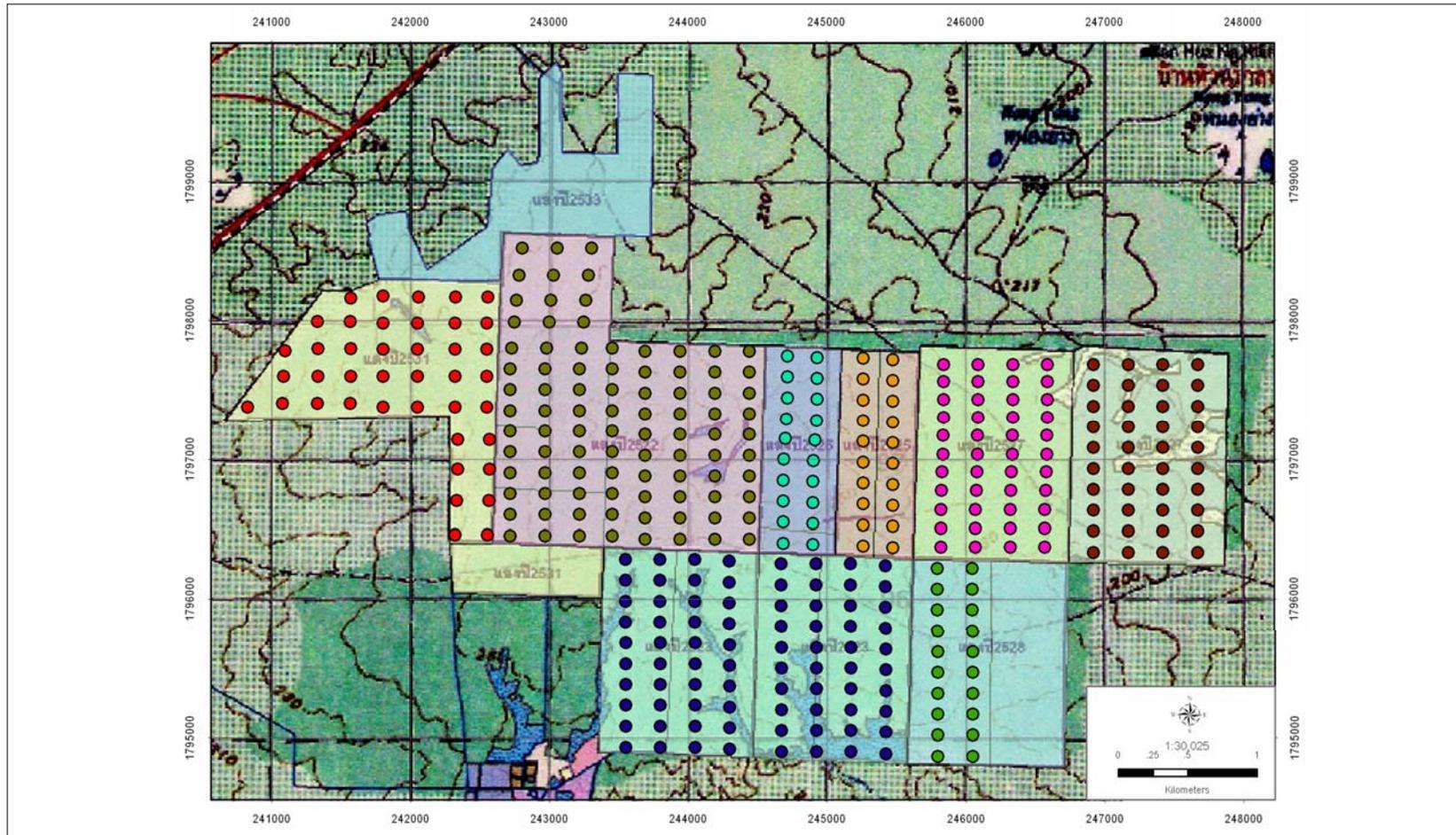
- 1) บันทึกข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่สำรวจ เช่น ปีที่ปลูก อายุไม้ และระยะปลูก เป็นต้น
- 2) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (ที่ระดับ 1.30 เมตร) ของต้นไม้ โดยใช้ เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
- 3) วัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้ โดยใช้เครื่องวัดความสูงต้นไม้
- 4) วัดความสูงที่เป็นสินค้าได้ กำหนดระดับความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้จากโคน ต้นถึงจุดสูงสุดที่ทำเป็นสินค้าได้ หรือจุดที่มีขนาดวัดรอบเพียงอกประมาณ 25 เซนติเมตร โดยใช้ Spiegel Relaskop

5) ทำการเปลี่ยนเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกให้เป็นขนาดวัดรอบเพียงอก โดยขนาดวัดรอบเพียงอกจะเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกคูณด้วย π

1.3.2 การรวบรวมข้อมูลไม้ตัวอย่างเพื่อสร้างตัวแบบผลผลิตไม้รายต้น

ก. สุ่มตัวอย่างไม้เพื่อสร้างตัวแบบผลผลิตไม้รายต้น โดยการวัดความสูงทั้งหมดของต้น ไม้และขนาดวัดรอบเพียงอก (GBH) ของไม้ในแปลงตัวอย่าง ซึ่งจะเลือกวัดไม้ที่มี GBH ตั้งแต่ 30-60 เซนติเมตร เพราะไม้ที่ซื้อขายจริงจะใช้ GBH เป็นเกณฑ์ และไม้ส่วนมากที่ถึงรอบตัดฟันจะมีขนาดของ GBH อยู่ในช่วง 30-60 เซนติเมตร โดยขนาดวัดรอบที่น้อยที่สุดที่ทำการซื้อขายจริงอยู่ที่ประมาณ 25 เซนติเมตร ซึ่งขนาดวัดรอบที่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร จะเป็นส่วนของปลายไม้ที่ทางสวนป่านำมาทำเป็นเชื้อเพลิงหรือเผาถ่าน ดังนั้นขนาดวัดรอบเพียงอกที่น้อยที่สุดที่ทำการสุ่มวัดจึงมีขนาดเท่ากับ 30 เซนติเมตร ซึ่งจะครอบคลุมขนาดที่ซื้อขายจริงอยู่แล้ว กล่าวคือ ไม้ที่มี GBH ประมาณ 30 เซนติเมตร จะมีส่วนที่เป็นสินค้าได้ประมาณ 1 ท่อน (2.2 เมตร)

ข. ทำการตัดไม้ตามขนาดที่ได้กล่าวข้างต้นขนาดละ 2 ต้น และวัดความยาวที่เป็นสินค้าได้ (MI) คือ จากตอ (พื้นดินถึงประมาณ 10 เซนติเมตร) ถึงขนาดที่มีขนาดวัดรอบประมาณ 25 เซนติเมตร ทอนไม้ทุกๆ 2.2 เมตร แล้วชั่งทันที ทำการรวมน้ำหนักของส่วนที่เป็นสินค้าได้ในแต่ละท่อน ก็จะได้น้ำหนักส่วนที่เป็นสินค้าได้ทั้งหมดของไม้ในแต่ละต้น (Mw) จากนั้นทำการวัดความยาวของปลายไม้ (EI) คือ ส่วนที่ถัดจากความยาวที่เป็นสินค้าได้จนถึงขนาดที่มีขนาดวัดรอบประมาณ 7.9 เซนติเมตรหรือมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร แล้วชั่ง ก็จะได้น้ำหนักของปลายไม้ (Ew) ซึ่งจะส่งผลให้ได้น้ำหนักทั้งหมดของไม้แต่ละต้น (Tw) จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการสำรวจข้างต้น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาตัวแบบผลผลิตไม้รายต้นที่ดีที่สุดในช่วงตอนต่อไป และเนื่องจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิสเป็นไม้ที่มีเปลือกบางและยังหลุดร่อนออกได้ง่าย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่นำความหนาเปลือกเข้ามาเกี่ยวข้องในการสร้างตัวแบบประเมินผลผลิตไม้รายต้น



ภาพที่ 1 การกระจายตัวของแปลงสำรวจ สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

2. การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

2.1 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจสังคม ประกอบด้วย ต้นทุนการดำเนินงาน ราคาไม้ท่อน ปริมาณ ไม้ที่ขายกับความต้องการของตลาด อัตราดอกเบี้ย ภาษี และข้อมูลอื่นๆ ด้านเศรษฐกิจสังคม

2.2 ข้อมูลด้านการบริหารจัดการ ประกอบด้วย กฎหมาย นโยบาย และระเบียบทางราชการ ประวัติและข้อจำกัดของการจัดการ และข้อมูลอื่นๆ ด้านการบริหารจัดการ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่จำเป็นในการวางแผน

3.1.1 การกำหนดพื้นที่เพื่อการจัดการ เป็นการจำแนกพื้นที่สวนป่าที่มีลักษณะ คล้ายคลึงกันไว้เป็นกลุ่มเดียวกัน และที่มีลักษณะแตกต่างกันไว้คนละกลุ่ม เพื่อให้เป็นระบบและ สะดวกในการจัดการ โดยการจำแนกจะพิจารณาข้อมูลตามลำดับดังนี้

ก. ชั้นอายุ โดยจะกำหนดชั้นอายุที่เท่ากันไว้หน่วยจัดการเดียวกัน ชั้นอายุต่างกัน ไว้คนละหน่วยจัดการ

ข. การปฏิบัติทางวนวัฒน เช่น ระยะเวลาปลูก ขั้นตอนในการจัดการ เป็นต้น โดยถ้า ชั้นอายุเท่ากัน มีการปฏิบัติทางวนวัฒนที่เหมือนกัน ให้ถือเป็นหน่วยจัดการเดียวกัน และถ้าชั้นอายุ เท่ากัน แต่มีการปฏิบัติทางวนวัฒนที่แตกต่างกัน ให้ถือเป็นคนละหน่วยจัดการ

ค. ลักษณะของที่ตั้ง เช่น ระยะทาง ความชัน สภาพดิน เป็นต้น โดยถ้าชั้นอายุ เท่ากัน และมีการปฏิบัติทางวนวัฒนเหมือนกัน มีลักษณะของที่ตั้งที่เหมือนกัน ให้ถือเป็นหน่วย จัดการเดียวกัน และถ้าชั้นอายุเท่ากัน มีการปฏิบัติทางวนวัฒนที่เหมือนกัน แต่มีลักษณะของที่ตั้งที่ แตกต่างกัน ให้ถือเป็นคนละหน่วยจัดการ

ง. พื้นที่หน้าตัดต่อไร่ เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการพิจารณาการจำแนกพื้นที่เพื่อ การจัดการ ในกรณีที่พื้นที่มีชั้นอายุ การปฏิบัติทางวนวัฒน และลักษณะของที่ตั้งที่เหมือนกัน โดย

ทำการจำแนกพื้นที่ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (multiple comparison) ของพื้นที่หน้าตัดต่อไร่ ซึ่งใช้โปรแกรมประมวลผลทางสถิติ

3.1.2 การประเมินผลผลิตของสวนป่า

ก. การประเมินผลผลิตในปัจจุบัน โดยการสร้างตัวแบบผลผลิตไม่รายต้น ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ความผันแปรของน้ำหนักสดส่วนที่เป็นสินค้าได้กับขนาดวัดรอบเพียงอก ได้สมการความสัมพันธ์ $Mw = f(GBH)$ ทำการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) โดยใช้โปรแกรมประมวลผลทางสถิติ ซึ่งจะใช้คำสั่งเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบ และทำการเปรียบเทียบว่าสมการไหนมีความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งจะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (coefficient of determination, r^2) ของแต่ละสมการเป็นลำดับแรก ซึ่งจะเลือกสมการที่มีค่าดังกล่าวมากที่สุด และพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (standard error of estimate, SE) ของแต่ละสมการเป็นลำดับที่สอง ซึ่งจะเลือกสมการที่มีค่าดังกล่าวน้อยที่สุด โดยกำหนดว่าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (r^2) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าของแต่ละสมการมีค่าต่างกันไม่เกิน 0.05 ถือว่าไม่ต่างกัน

การเลือกสมการที่เหมาะสมในกรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า ของแต่ละสมการมีค่าไม่ต่างกัน โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติของน้ำหนักสดที่ได้จากตัวแบบกับค่าจริงด้วยการประเมินค่าดัชนีทางสถิติด้วยวิธี RMSE คือ รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (root mean square error, RMSE) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (obs - sim)^2}{n}} \quad (5)$$

โดย obs คือ ค่าที่ได้จากการสำรวจ
 sim คือ ค่าที่ได้จากตัวแบบ

เมื่อได้ตัวแบบผลผลิตที่ดีที่สุดแล้ว ทำการประเมินผลผลิตไม้ของสวนป่าในปัจจุบัน โดยการนำข้อมูล GBH ของแต่ละต้นที่ได้สำรวจมาในแต่ละแปลงหรือหน่วยจัดการมาแทนค่าในตัวแบบผลผลิตที่ได้ ซึ่งจากการคำนวณจะได้ค่าออกมาในรูปแบบของผลผลิตไม้รายต้น จากนั้นทำการคำนวณเป็นปริมาณผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่ในปัจจุบัน ในการศึกษาครั้งนี้ คือน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้ต่อไร่

ข. การประเมินผลผลิตในอนาคต โดยการสร้างตัวแบบการเจริญเติบโต (Growth model) ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ความผันแปรของความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (mean annual increment, MAI) กับอายุ ซึ่งมีขั้นตอนเหมือนกันกับการสร้างตัวแบบผลผลิตไม้รายต้น ก็จะได้ MAI ในแต่ละชั้นอายุของไม้ในสวนป่า จากนั้นนำ MAI ที่ได้ไปบวกกับค่า GBH ของแต่ละต้นที่ได้จากการสำรวจ เช่น ปัจจุบันไม้มีอายุ 3 ปี เราสามารถคาดคะเนการเจริญเติบโตหรือ GBH ในปีที่ 4 ของแต่ละต้นได้ โดยนำ MAI ของปีที่ 4 ไปบวกกับค่า GBH ของไม้ในปีที่ 3 ก็จะได้ GBH ของปีที่ 4 จากนั้นนำ GBH ในอนาคตของแต่ละต้นที่ได้จากการคาดคะเนข้างต้น มาแทนค่าในตัวแบบผลผลิตที่ได้จาก ก. ซึ่งจากการคำนวณจะได้ค่าออกมาในรูปแบบของผลผลิตไม้รายต้น จากนั้นทำการคำนวณเป็นปริมาณผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่ในอนาคต ในการศึกษาครั้งนี้ คือน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้ต่อไร่ จากนั้นทำการวิเคราะห์ตัวแบบผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่ที่มีความแปรผันตามอายุของหมู่ไม้ ขนาดวัดรอบเพียงอกเฉลี่ย และ ความหนาแน่นของหมู่ไม้ เพื่อให้สามารถคาดคะเนหรือประเมินผลผลิตในอนาคตได้

3.2 การประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้น (linear programming; LP)

3.2.1 การกำหนดแนวทางในการจัดการสวนป่า

ก. กำหนดเป้าหมาย (goals) ในการจัดการสวนป่าคือ ต้องการทำไม้ออกจากสวนป่าในช่วงเวลาตามแผนที่กำหนดไว้ (planning period) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้กำหนดระยะเวลาในการวางแผนเป็น 10 ปี เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เป็นสองเท่าของรอบตัดฟัน (rotation) โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้มีรอบตัดฟันอย่างน้อย 5 ปีขึ้นไป

จากระยะเวลาในการวางแผนที่กำหนดไว้ 10 ปี จำเป็นต้องแบ่งระยะเวลาของการตัดฟัน (cutting period) เป็น 5 คาบๆ ละ 2 ปี เพื่อให้แผนการจัดการไม้สั้นหรือยาวเกินไป

เพราะถ้ากำหนดระยะเวลายาวเกินไปจะไม่สามารถควบคุมข้อมูลที่จะเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา เช่น ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม เป็นต้น และถ้าหากกำหนดระยะเวลาสั้นเกินไปก็จะทำให้ต้องจัดทำแผนขึ้นใหม่บ่อยๆ รวมทั้งต้องสิ้นเปลืองเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่าย ซึ่งโดยปกติจะเห็นผลตรวจสอบได้ในระหว่างเวลา 10-12 ปี หรืออาจจะถือเอา 10 ปี เป็นระยะเวลาของแผนที่เหมาะสมที่สุด สำหรับแผนการจัดการก็ได้ (เลิศ, 2511)

นอกจากนี้ยังต้องการเปลี่ยนโครงสร้างป่าในปัจจุบันให้มีลักษณะ โครงสร้าง เป็น regulated forest คือ ป่าที่สามารถให้ผลผลิตรายปี หรือรายคาบของการตัดฟันในปริมาณ และคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน เมื่อผ่านช่วงเวลาที่กำหนดตามแผนแล้ว เนื้อที่ของสวนป่าจะต้องมีโครงสร้าง 5 ชั้นอายุ โดยแต่ละชั้นอายุควรมีเนื้อที่เท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน

ข. กำหนดรอบตัดฟัน(rotation) รวมทั้งเงื่อนไขของการจัดการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกิจกรรม (activities) ซึ่งกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติในสวนป่ามักจะเป็นระบบต่อเนื่องกันไป โดยจะเริ่มตั้งแต่การตัดฟันไม้ออก และปลูกทดแทนในปีที่ทำการตัดฟัน จากนั้นให้ดูแลรักษาจนถึงการตัดฟันในครั้งต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดรอบตัดฟันอย่างน้อย 5 ปีขึ้นไป

ค. จากข้อกำหนดข้างต้นสามารถกำหนดเป็นแนวทางในการจัดการ (management regimes; MR) สำหรับนำไปปฏิบัติในแต่ละหน่วยการจัดการ (management unit; MU) ภายในระยะเวลาในการวางแผน ซึ่งกำหนดตามเงื่อนไขของการจัดการ ดังแสดงในตารางที่ 1

3.2.2 ประเมินผลลัพธ์ของแนวทางการจัดการ

การที่จะตัดสินใจในนำแนวทางการจัดการใดไปปฏิบัติในหน่วยการจัดการต่างๆ นั้น จำเป็นต้องประเมินผลลัพธ์ที่ควรจะได้รับ โดยทั่วไปนิยมใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value; NPV) ของกำไรที่ได้จากการดำเนินการ โดยสามารถคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (Duangsathaporn, 2005)

$$NPV_{ij} = \frac{V_{ij,t}}{(1+r)^{y(t-1)}} \quad (6)$$

- โดย NPV_{ij} = มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่เป็นผลกำไรหน่วยการจัดการที่ i ภายใต้แนวทางการจัดการที่ j
- V_{ijt} = มูลค่าที่ได้จากการจัดการหน่วยการจัดการที่ i ภายใต้แนวทางการจัดการที่ j
- $$= (P_{ij}Mw_{ijt}X_{ijt}) - (T_{ij}Mw_{ijt}X_{ijt}) - (L_{ij}Mw_{ijt}X_{ijt}) - (C_{ij}X_{ijt})$$
- P_{ij} = ราคาไม้ท่อน (บาทต่อตัน) จากหน่วยจัดการที่ i ภายใต้แนวทางการจัดการที่ j ในการศึกษาครั้งนี้เท่ากับ 1,250 บาทต่อตัน
- Mw_{ij} = น้ำหนักส่วนที่เป็นสินค้าได้ (ตันต่อไร่) จากหน่วยจัดการที่ i ภายใต้แนวทางการจัดการที่ j ซึ่งการคำนวณน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้ต่อไร่ในอนาคตจากตัวแบบผลผลิตไม้รายต้นที่จะต้องนำไปคำนวณหา NPV นั้น จะต้องลบ 10% ของน้ำหนักที่เสียหายจากการตัดฟัน เนื่องจากการตัดฟันหรือการทำไม้ออกในแต่ละครั้งจะต้องมีน้ำหนักส่วนที่เสียไป เช่น การตัดที่ระดับเกิน 10 เซนติเมตร ส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้แต่มีความยาวของท่อนไม่ถึงเกณฑ์ในการซื้อขายก็จะติดไปกับส่วนของปลายไม้ ความผิดพลาดในการตัดและท่อนของคอนงานทำไม้ เป็นต้น ซึ่งปกติจะคิดน้ำหนักส่วนที่เสียหายเหล่านี้ประมาณ 10%
- T_{ij} = ค่าภาษีไม้ (บาทต่อตัน) จากหน่วยจัดการที่ i ภายใต้แนวทางการจัดการที่ j ในการศึกษาครั้งนี้เท่ากับ 10 บาทต่อตัน
- X_{ijt} = ขนาดเนื้อที่ (ไร่) ของหน่วยจัดการที่ i ภายใต้แนวทางการจัดการที่ j ใน period ที่ t
- C_{ij} = ค่าใช้จ่ายในการปลูกดูแลรักษาป่า (บาทต่อไร่) ของหน่วยจัดการที่ i ภายใต้แนวทางการจัดการที่ j ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดค่าใช้จ่ายประมาณ 2,430 บาทต่อไร่
- L_{ij} = ค่าใช้จ่ายในการตัดฟันหรือทำไม้ (บาทต่อตัน) จากหน่วยจัดการที่ i ภายใต้แนวทางการจัดการที่ j ในการศึกษาครั้งนี้เท่ากับ 160 บาทต่อตัน
- r = อัตราดอกเบี้ย ในการศึกษาครั้งนี้เท่ากับ 7.375%
- y = จำนวนปีในแต่ละ cutting period ในการศึกษาครั้งนี้กำหนด cutting period ละ 2 ปี
- t = cutting period ที่ 1, 2, ..., n ในการศึกษาครั้งนี้กำหนด 5 cutting period

ตารางที่ 1 แนวทางในการจัดการสวนป่ายูคาลิปตัส ที่กำหนดรอบตัดฟันอย่างน้อย 5 ปีขึ้นไป

MR	Cutting Period				
	1	2	3	4	5
1	C	-	-	-	-
2	C	-	-	-	C
3	C	-	-	C	-
4	C	-	C	-	-
5	C	-	C	-	C
6	-	C	-	-	-
7	-	C	-	-	C
8	-	C	-	C	-
9	-	-	C	-	-
10	-	-	C	-	C
11	-	-	-	C	-
12	-	-	-	-	C

หมายเหตุ C = กิจกรรมที่กำหนดโดยเริ่มจากการทำไม้ออกหมด → การเตรียมพื้นที่ปลูก → การปลูก → การดูแลรักษา → การทำไม้ออก ซึ่งการดำเนินกิจกรรมทำไม้ออก การเตรียมพื้นที่ปลูก และการปลูก ต้องให้เสร็จสิ้นภายใน cutting period นั้นๆ

3.2.3 การเลือกแนวทางที่เหมาะสม

การเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการสวนป่าจากกำหนดการเชิงเส้นนี้ สามารถแปลงให้เป็นสูตรต่างๆ ได้ตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อให้ผลที่ได้นำไปสู่มูลค่าปัจจุบันสุทธิ หรือกำไรสูงสุด (Z) และความยั่งยืนในการให้ผลผลิตภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในการบริหารจัดการ

ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

$$\text{MaxZ} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \text{NPV}_{ij} \text{MU}_i \text{MR}_j \quad (7)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เมื่อตัวเลขของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในการตัดสินใจ แสดงถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิต่อหน่วยเนื้อที่ของแต่ละกิจกรรมในแต่ละหน่วยจัดการ ในการศึกษาครั้งนี้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีหน่วยเป็นบาทต่อไร่ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 1

เงื่อนไขทางด้านพื้นที่ คือ

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n MU_i MR_j \leq \text{พื้นที่ทั้งหมดของแต่ละหน่วยจัดการ} \quad (8)$$

เงื่อนไขทางด้านพื้นที่ที่มีอยู่ในปัจจุบันของแต่ละหน่วยจัดการ ซึ่งเงื่อนไขนี้เป็นค่าที่แสดงถึงพื้นที่ทั้งหมดของแต่ละกิจกรรมในแต่ละหน่วยจัดการ จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับพื้นที่ที่มีอยู่ในปัจจุบันของแต่ละหน่วยจัดการ การศึกษาครั้งนี้มีเงื่อนไขทางด้านพื้นที่ทั้งหมด 9 เงื่อนไข ดังแสดงในภาพผนวกที่ 2

เงื่อนไขทางด้านงบประมาณ คือ

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n MU_i MR_j \geq \text{งบประมาณที่น้อยที่สุดต่อ cutting period} \quad (9)$$

เงื่อนไขด้านงบประมาณ เงื่อนไขนี้เป็นค่าที่แสดงถึงงบประมาณที่น้อยที่สุดที่ใช้ในแต่ละระยะคาบของการตัดฟัน ดังแสดงในภาพผนวกที่ 4

เงื่อนไขของข้อกำหนดทางด้านการปรับโครงสร้างของสวนป่า คือ

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n MU_i MR_j \leq \text{พื้นที่สวนป่าในแต่ละชั้นอายุเมื่อสิ้นสุดแผนการจัดการ} \quad (10)$$

เงื่อนไขทางด้านการปรับโครงสร้างของสวนป่า เงื่อนไขนี้เป็นค่าที่แสดงถึงขนาดพื้นที่การเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละระยะคาบของการตัดฟัน ซึ่งจะน้อยกว่าหรือเท่ากับพื้นที่ทั้งหมดของทุกหน่วยจัดการหารด้วยจำนวนระยะคาบของการตัดฟัน ดังแสดงในภาพผนวกที่ 3

เงื่อนไขที่เป็น non-negative คือ

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n MU_i MR_j \geq 0 \quad (11)$$

เงื่อนไขด้าน non-negative ทุกๆ ตัวแปรการตัดสินใจจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

การประเมินผลลัพธ์นั้นได้จากแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นสำหรับการวางแผนจัดการสวนป่า ซึ่งใช้รูปแบบจาก Duangsathaporn (2005) นั่นคือ

$$\begin{aligned} i &= \text{หน่วยการจัดการ (i = 1, 2, 3, \dots, m)} \\ j &= \text{แนวทางการจัดการ (j = 1, 2, 3, \dots, n)} \\ MU_i MR_j &= \text{พื้นที่ของหน่วยจัดการที่ i ภายใต้แนวทางการจัดการที่ j} \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์ตัวแบบของกำหนดการเชิงเส้นในข้างต้น นำมาเลือกแนวทางการจัดการที่เหมาะสมสำหรับแต่ละหน่วยของการจัดการ (optimal solution) ไปจัดทำเป็นแผนการจัดการที่ง่ายต่อการปฏิบัติ

3.2.4 มูลค่าทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อทางเลือกในการจัดการ

การหามูลค่าทางเศรษฐกิจของแต่ละกิจกรรมในแต่ละหน่วยจัดการ จะคำนวณออกมาในรูปของมูลค่าปัจจุบันสุทธิและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายในระยะเวลาของการวางแผน ซึ่งมูลค่าทางเศรษฐกิจของแต่ละกิจกรรมในแต่ละหน่วยจัดการ จะวัดได้จากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ การคำนวณจะแสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์สุทธิของแต่ละกิจกรรมในแต่ละหน่วยจัดการ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 3-11

3.2.5 การจัดทำแผนการจัดการสวนป่า

นำผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น มาจัดทำเป็นแผนการจัดการสวนป่าตามเป้าหมายที่ต้องการ โดยจัดทำตารางการใช้ประโยชน์ (harvest scheduling) และจัดทำแผนการจัดการสวนป่าในรูปแบบของแผนที่ (the effective management plan) เพื่อให้สะดวกในการนำไปปฏิบัติ

พื้นที่ศึกษา

1. ประวัติความเป็นมาของสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

สวนป่ามัญจาคีรี เป็นสวนป่าในสังกัดงานสวนป่ามัญจาคีรี สำนักงานอนุรักษ์และพัฒนาสวนป่าขอนแก่น สำนักงานอนุรักษ์และพัฒนาสวนป่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปีพ.ศ. 2521 เป็นต้นมา โดยความเห็นชอบจากกรมป่าไม้เพื่อปลูกสร้างสวนป่าตามเงื่อนไขสัมปทานทำไม้ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (โครงการ 2) ปลูกแทนบริษัทจังหวัดทำไม้จำกัดต่างๆ (โครงการ 3) เช่น บริษัทจังหวัดขอนแก่นทำไม้จำกัด บริษัทจังหวัดบุรีรัมย์ทำไม้จำกัด บริษัทจังหวัดพิษณุโลกทำไม้จำกัด เป็นต้น และปลูกโดยเงินงบประมาณขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (โครงการ 1)

2. ที่ตั้ง

พื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ามัญจาคีรี อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติโคกหลวง ซึ่งกำหนดโดยกฎกระทรวง ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2507) ออกตามความในพระราชบัญญัติแห่งชาติ พ.ศ. 2507 สำนักงานตั้งอยู่ที่ บ้านห้วยหินแก้ง หมู่ที่ 11 ตำบลโพนเพ็ก อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ละติจูด 1794642 N ลองจิจูด 0242846 E พื้นที่ประมาณ 30,000 ไร่ ในเขตท้องที่ 4 ตำบล คือ ตำบลโพนเพ็ก ตำบลท่าศาลา ตำบลหนองแปน และตำบลสวนหม่อน อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น อยู่ห่างจากอำเภอมัญจาคีรี 16 กิโลเมตร ห่างจากสำนักงานอนุรักษ์และพัฒนาสวนป่าขอนแก่น 55 กิโลเมตรและห่างจากสำนักงานองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ 490 กิโลเมตร

3. ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ส่วนใหญ่ของสวนป้ามัญจาคีรี เป็นพื้นที่ราบสลับกับป่าโคก ในอดีตเป็นป่าเต็งรัง พันธุ์ไม้ได้แก่ ประดู่ เต็ง รัง มะค่าเต้ ตะคร้อ พฤษ์ ตั้ว ตะแบก แดง ยาบใบยาว อินทรีชนิด เป็นต้น และมีเพ็กขึ้นกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ลักษณะดินเป็นดินเหนียวปนทราย ผสมกับดินลูกรัง ดินชั้นล่างเป็นดินดาน มีแร่ธาตุอาหารของพืชน้อย ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์

4. การดำเนินการและผลการดำเนินการ

สวนป้ามัญจาคีรีได้ทำการบริหารจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืน โดยคำนึงถึงความยั่งยืนทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม การดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าโดยระบบหมู่บ้านป่าไม้ และรวบรวมราษฎรที่มีอาชีพแผ้วถางป่าเพื่อทำไร่ ในพื้นที่โครงการฯ และบริเวณใกล้เคียง มารวมไว้เป็นหมู่บ้านเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการดูแลให้ความช่วยเหลือในการพัฒนาคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ โดยเป็นแรงงานในการปฏิบัติงานปลูกสร้างสวนป่า ซึ่งมีผลการดำเนินงานดังนี้

4.1 หมู่บ้านป่าไม้ โดยสวนป้ามัญจาคีรี ได้ดำเนินการเกี่ยวกับหมู่บ้านป่าไม้ ดังนี้

4.1.1 ชักชวนราษฎรที่มีอาชีพแผ้วถางป่าทำไร่ ในบริเวณพื้นที่โครงการฯ และบริเวณใกล้เคียงเข้าร่วมเป็นสมาชิกจัดตั้งหมู่บ้านป่าไม้เสร็จเรียบร้อยในปี พ.ศ. 2523 โดยจัดพื้นที่สำหรับที่อยู่อาศัยครอบครัวละ 1 ไร่ ที่ดินทำกินครอบครัวละ 10 ไร่ สร้างอ่างเก็บน้ำ 2 แห่ง จัดสร้างที่เก็บน้ำฝน บ่อน้ำบาดาล ติดต่อขอใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้และสมาชิกหมู่บ้านป่าไม้ร่วมกันออกค่าใช้จ่าย ปัจจุบันมีสมาชิก 70 ครอบครัว ประชากร 360 คน และได้รับจัดตั้งเป็นหมู่บ้านขึ้นกับกระทรวงมหาดไทย ชื่อบ้านห้วยหินเก็ง หมู่ 11 ตำบลโพนเพ็ก อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

4.1.2 จัดสร้างโรงเรียน เพื่อการศึกษาของบุตรหลานสมาชิกหมู่บ้านป่าไม้ ปี พ.ศ. 2529 ชื่อโรงเรียนบ้านโนนสว่าง (สาขาห้วยหินเก็ง) ปัจจุบันมีข้าราชการครู 2 คน และสวนป่าจ้างครูช่วยสอน 2 คน เปิดให้การศึกษาถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 มีนักเรียน 26 คน

4.1.3 ร่วมกับสมาชิกหมู่บ้านป่าไม้จัดตั้งวัด เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2538

4.2 การปลูกสร้างสวนป่า

สวนป่ามัญจาคีรี เริ่มปลูกสร้างสวนป่าตั้งแต่ พ.ศ. 2522 และเริ่มดำเนินการทำไม้ยูคาลิปตัส ออกจำหน่าย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 จนปัจจุบันมีพื้นที่สวนป่ารวม 10,443 ไร่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2547)

ตารางที่ 2 การปลูกสร้างสวนป่าของสวนป่ามัญจาคีรี ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2522 ถึง พ.ศ. 2534

ปี พ.ศ.	ชนิดไม้	พื้นที่ (ไร่)	โครงการ	หมายเหตุ
2522	ยูคาฯ	2,275	3	
2523	ยูคาฯ	2,000	3	
2525	ยูคาฯ	500	3	
2525	ยูคาฯ	75	2	สวนป่าทำใหม่
2526	ยูคาฯ	503	3	
2527	ยูคาฯ	1,060	3	สวนป่าทำสวรรค์
2527	ยูคาฯ	940	3	
2528	ยูคาฯ	1,000	3	
2531	ยูคาฯ	1,130	1	
2533	ประดู่	580	1	
2534	ยูคาฯ	380	1	
	รวม	10,443		

หมายเหตุ สวนป่าทำสวรรค์และสวนป่าทำใหม่เป็นชื่อแปลงปลูกที่เจ้าหน้าที่และพนักงานใช้เรียกแล้วเข้าใจตรงกัน

สวนป่ามัญจาคีรีจะทำการรื้อปลูกใหม่แปลงที่ทำไม้ออกในรอบตัดพื้นที่ 2 และ 3 โดยการปลูกใหม่ด้วยกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิสสายพันธุ์ T5 และสายพันธุ์ที่ด้านทานโรคที่ได้จากวิธีการปักชำ โดยนำระบบวนเกษตรและเกษตรอินทรีย์เข้ามาใช้ในการปลูกสร้างสวนป่า โดยมีเป้าหมายสามารถทำไม้ออกปีละ 20,000 ตัน

4.3 การผลิตกล้าไม้

สวนป่ามัญจาคีรี ได้ดำเนินการขยายพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส (*Eucalyptus Camaldulensis*) สายพันธุ์ T5 และสายพันธุ์ที่ต้านทานโรค โดยวิธีการปักชำ (cutting) ปัจจุบันมีแม่ไม้จำนวน 41,000 ต้น พื้นที่ 12.8 ไร่ สามารถผลิตกล้าไม้เพื่อใช้ในการปลูกสร้างสวนป่าและจำหน่ายปีละประมาณ 1,000,000 กล้า

4.4 การทำไม้ออกจากสวนป่า

สวนป่ามัญจาคีรี ได้ดำเนินการทำไม้ยูคาลิปตัสออกจำหน่าย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 ซึ่งได้ทำไม้ในรอบตัดฟันที่ 1 และรอบตัดฟันที่ 2, 3 สามารถสร้างรายได้ให้แก่องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เป็นจำนวนเงินประมาณ 80 ล้านบาท

4.5 การผลิตถ่าน

สวนป่ามัญจาคีรี ได้ดำเนินการสร้างเตาเผาถ่าน (เตาอบดินเหนียว) จำนวน 61 เตา โดยสมาชิกในหมู่บ้านป่าไม้ โดยนำเศษปลายไม้ที่เหลือจากการทำไม้นำมาเข้าเตา ได้ถ่านซึ่งมีคุณภาพดี สามารถสร้างรายได้แก่องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ได้เงินประมาณปีละ 400,000 บาทต่อปี

4.6 กิจกรรมเสริมรายได้ เลี้ยงนกกระจอกเทศ

สวนป่ามัญจาคีรี มีกิจกรรมเสริมรายได้ คือ โครงการเลี้ยงนกกระจอกเทศ โดยได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนธันวาคม 2545 ปัจจุบันมีนกกระจอกเทศทั้งสิ้นจำนวน 8 ตัว โดยอนาคตจะมีการเพาะพันธุ์ลูกนกกระจอกเทศ เพื่อจำหน่ายเป็นรายได้ต่อไป

4.7 โครงการปลูกพืชสมุนไพร

สวนป่ามัญจาคีรี ได้ดำเนินการปลูกพืชสมุนไพรขมิ้นชัน จำนวน 10 ไร่ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยาสมุนไพร และเพื่อขยายพันธุ์โดยโครงการเริ่มเมื่อปี พ.ศ. 2546

4.8 อัตรากำลังและยานพาหนะ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตรากำลังและยานพาหนะ

อัตรากำลังและยานพาหนะ	ระดับ/ชั้น	จำนวน
หัวหน้าสวนป่า	ระดับ 5	1 คน
พนักงานสวนป่า	ระดับ 3	1 คน
พนักงานขับรถยนต์	ชั้น 5	1 คน
พนักงานขับรถยนต์	ชั้น 6	1 คน
พนักงานสัญญาจ้าง	-	2 คน
รถยนต์ตรวจการณ์	-	1 คัน
รถกระบะบรรทุก	-	1 คัน
รถบรรทุกน้ำ	-	1 คัน
รถจักรยานยนต์	-	3 คัน

4.9 การผลิตถ่าน

เพื่อใช้ประโยชน์เศษไม้ปลายไม้ที่เหลือจากการทำไม้ออกเป็นจำนวนมาก มาใช้ผลิตถ่านซึ่งเป็นพลังงานที่ทดแทนได้ ปีละประมาณ 200 ตัน เพื่อจำหน่าย เป็นการเพิ่มมูลค่าของเศษไม้ปลายไม้และใช้ทดแทนพลังงานที่ได้จากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ตลอดจนพัฒนาเตาเผาถ่านเป็นเตาถาวร เพื่อเพิ่มปริมาณถ่าน/เตา ในอนาคตจะเป็นศูนย์กลางการจำหน่ายถ่านของจังหวัดขอนแก่น ส่งจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ

ผลและวิจารณ์

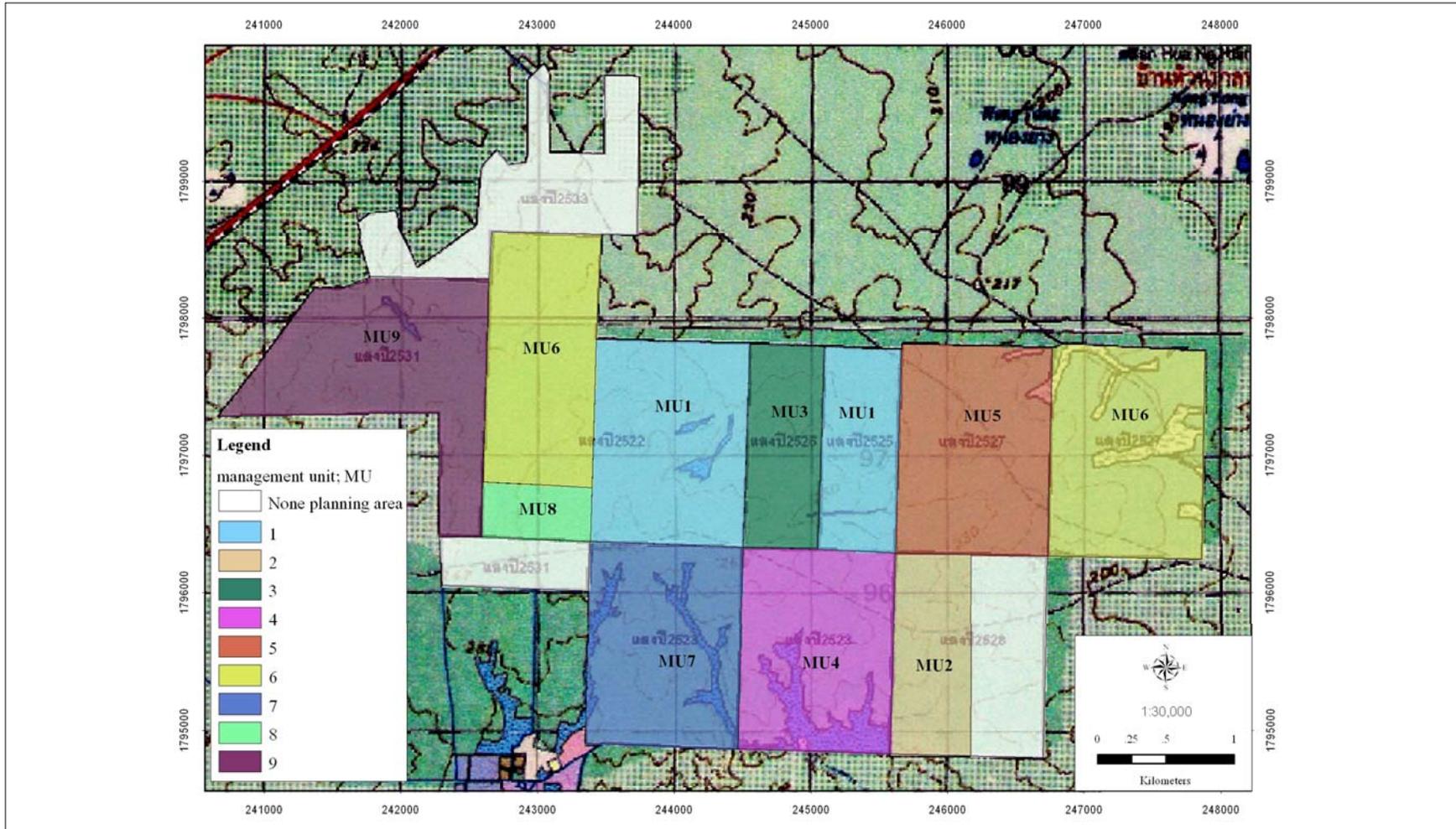
1. ข้อมูลที่จำเป็นในการวางแผนจัดการสวนป่า

1.1 การกำหนดพื้นที่เพื่อการจัดการ

สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่นมีพื้นที่สวนป่าทั้งหมด 10,443 ไร่ แต่มีพื้นที่ที่ให้ผลผลิตเพียง 8,160 ไร่ (ตารางที่ 4) พื้นที่ส่วนที่เหลืออีก 2,283 ไร่ ที่ไม่สามารถให้ผลผลิตได้นั้น ประกอบด้วย แปลงประจู่ พื้นที่ว่างเปล่าที่ยังไม่ได้ทำการปลูก และพื้นที่ดินลูกรังบางส่วนที่ต้นไม้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 9 หน่วยจัดการ (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 4 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

แปลงปี	เนื้อที่ (ไร่)	อายุ (ปี)	ระยะ ปลูก (ม.)	เส้นผ่า ศูนย์กลาง เพียงอก (ชม.)	พื้นที่ หน้าตัด ต่อไร่ (ตารางเมตร)	หน่วย จัดการ
2522	1,152	1	2 x 3	3.6	0.087	1
2525	480	1	2 x 3	3.5	0.083	1
2528	500	1	2 x 3	3.9	0.334	2
2526	478	1	2 x 3	4.3	0.398	3
2523	830	2	2 x 4	5.3	0.305	4
2527	1,035	3	2 x 4	6.1	0.410	5
2527 ทำสวรรคค์	760	5	2 x 8	9.7	0.162	6
2522	960	5	2 x 8	9.0	0.163	6
2523	830	ปลูกใหม่	2 x 3	-	-	7
2522	100	ปลูกใหม่	2 x 3	-	-	8
2531	1,035	ปลูกใหม่	2 x 3	-	-	9
รวม	8,160					

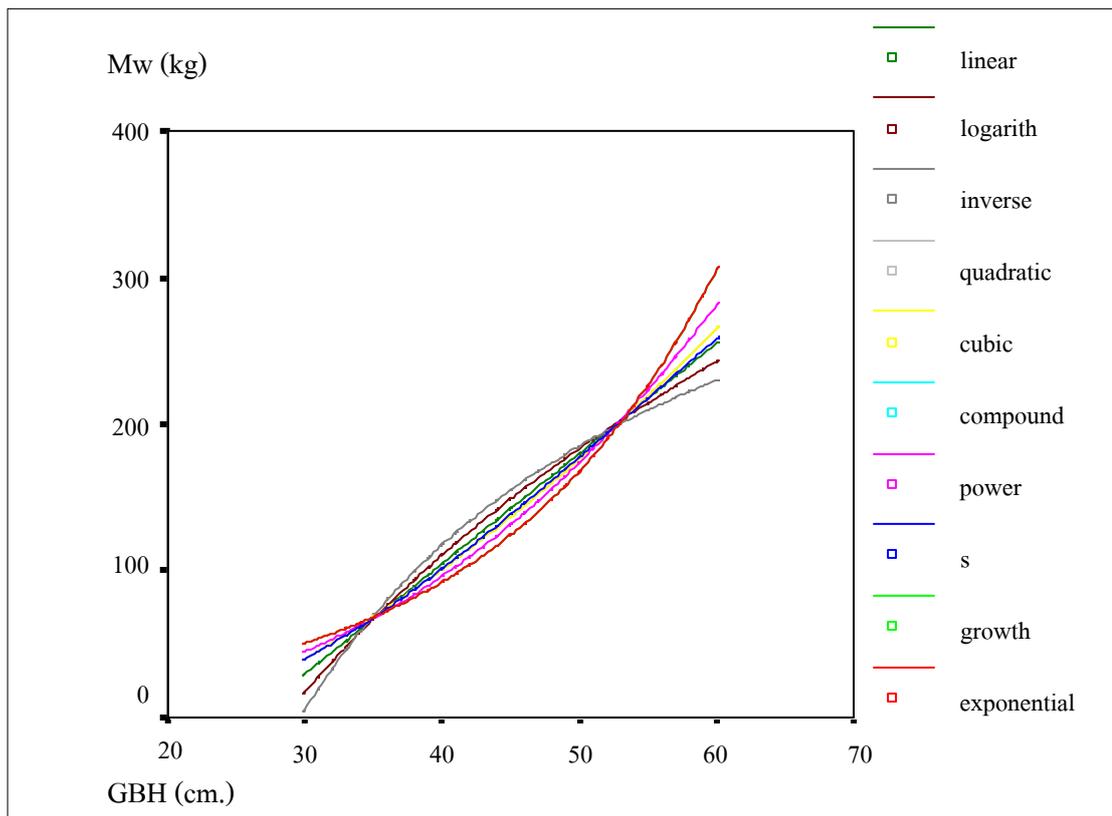


ภาพที่ 3 การแบ่งหน่วยการจัดการ (MU) ของสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

1.2 การประเมินผลผลิตของไม้ในสวนป่า

1.2.1 การประเมินผลผลิตในปัจจุบัน

จากการสร้างตัวแบบผลผลิตไม้รายต้นโดยการวิเคราะห์ความผันแปรของน้ำหนักสดส่วนที่เป็นสินค้าได้กับขนาดวัดรอบเพียงอก พบว่ามี 5 ตัวแบบที่ดีที่สุด และมีค่าทางสถิติไม่ต่างกัน (มีค่าแตกต่างกันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05) คือตัวแบบ power, s, compound, growth และ exponential แต่เมื่อประเมินค่าดัชนีทางสถิติหรือค่า RMSE แล้ว พบว่าตัวแบบ power มีค่า RMSE น้อยที่สุด จึงเลือกตัวแบบ power เป็นตัวแบบในการหาผลผลิตน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้รายต้นของสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น โดยมีรูปแบบของสมการ คือ $Mw = 0.0056GBH^{2.6444}$ ซึ่งมีค่า r^2 เท่ากับ 0.98 ค่า SE เท่ากับ 0.0785 และมีค่า RMSE เท่ากับ 11.1737 (ภาพที่ 4 และตารางที่ 5)



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดส่วนที่เป็นสินค้าได้ (Mw) กับขนาดวัดรอบเพียงอก (GBH) ของไม้ยูคาลิปตัส ในสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

ตารางที่ 5 ตัวแบบผลผลิตน้ำหนักรากของสวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

equation	r ²	SE	RMSE	model
linear	0.9750	10.9408	10.7629	Mw = 7.5134GBH-195.5719
logarith	0.9539	14.8594	14.6177	Mw = 324.9086*ln(GBH)-1,087.6262
inverse	0.9172	19.9063	19.5826	Mw = 454.4371-(13,462.6036/GBH) Mw = -58.7930+(1.1843*GBH)+ (0.0703*GBH ²)
quadric	0.9804	9.7574	9.5190	
cubic	0.9804	9.7574	4,459.6849	Mw = -58.7930+(1.1843GBH)+ (0.0703GBH ²)+(1.1850GBH ³)
power	0.9800	0.0785	11.1737	Mw = 0.0056GBH ^{2.6444}
s	0.9858	0.0661	11.3879	Mw = e ^{7.4215 - (110.0710/GBH)}
compound	0.9581	0.1137	261.5244	Mw = 8.4466 x 1.0616 ^{GBH}
growth	0.9581	0.1137	16.2023	Mw = e ^{2.1338 + (0.0598GBH)}
exponential	0.9581	0.1137	16.2008	Mw = 8.4466 e ^(0.0598GBH)

หมายเหตุ ตัวแบบผลผลิตนี้จะมีความคลาดเคลื่อนต่ำสำหรับไม้ที่มี GBH อยู่ในช่วง 30 – 60 เซนติเมตรเท่านั้น นอกเหนือจากนี้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนสูง (อายุ ขนาด และจำนวนของไม้ตัวอย่างอยู่ภายใต้ข้อจำกัดในการตัดไม้ภายในสวนป่า)

ค่าทางสถิติข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การใช้ GBH เป็นตัวแปรความสัมพันธ์ในการสร้างตัวแบบผลผลิตเพียงอย่างเดียวก็เพียงพอแล้ว ตัวแปรอื่นๆ เช่น ความสูง จึงไม่จำเป็นต้องนำมาเกี่ยวข้อง เนื่องจากในทางปฏิบัติจริงแล้ว การสำรวจที่ทำการวัด GBH เพียงอย่างเดียวจะเสียเวลาและสิ้นเปลืองงบประมาณน้อยกว่าการวัดตัวแปรอื่นๆ ร่วมด้วย

จากผลการประเมินผลผลิตของสวนป่าในปัจจุบัน พบว่าไม้ยูคาลิปตัสในสวนป้ามัญจาคีรีเป็นไม้ที่อายุน้อย (ปลูกใหม่ถึง 2 ปี) จึงไม่สามารถคำนวณผลผลิตน้ำหนักรากที่เป็นสินค้าได้ ส่วนไม้ที่มีอายุ 3 ปี และ 5 ปี เป็นไม้ที่แตกหน่อจากตอเก่าที่ปลูกมาเป็นเวลานาน และการปลูกในอดีตเป็นการปลูกเพื่อให้ได้ขอบเขตพื้นที่ที่ชัดเจน โดยไม่ได้คาดหวังในเรื่องของปริมาณผลผลิต จึงใช้สายพันธุ์ และระยะปลูกที่ไม่เหมาะสม ทั้งยังขาดการดูแลรักษา การวางแผนจัดการที่มี

ประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักวิชาการ จึงทำให้ได้ผลผลิตในปัจจุบันเฉลี่ยของทั้งสวนป่าเพียง 0.25 ตันต่อไร่ ซึ่งถือว่าเป็นผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่ที่น้อยมาก ดังผลดังแสดงในตารางที่ 6

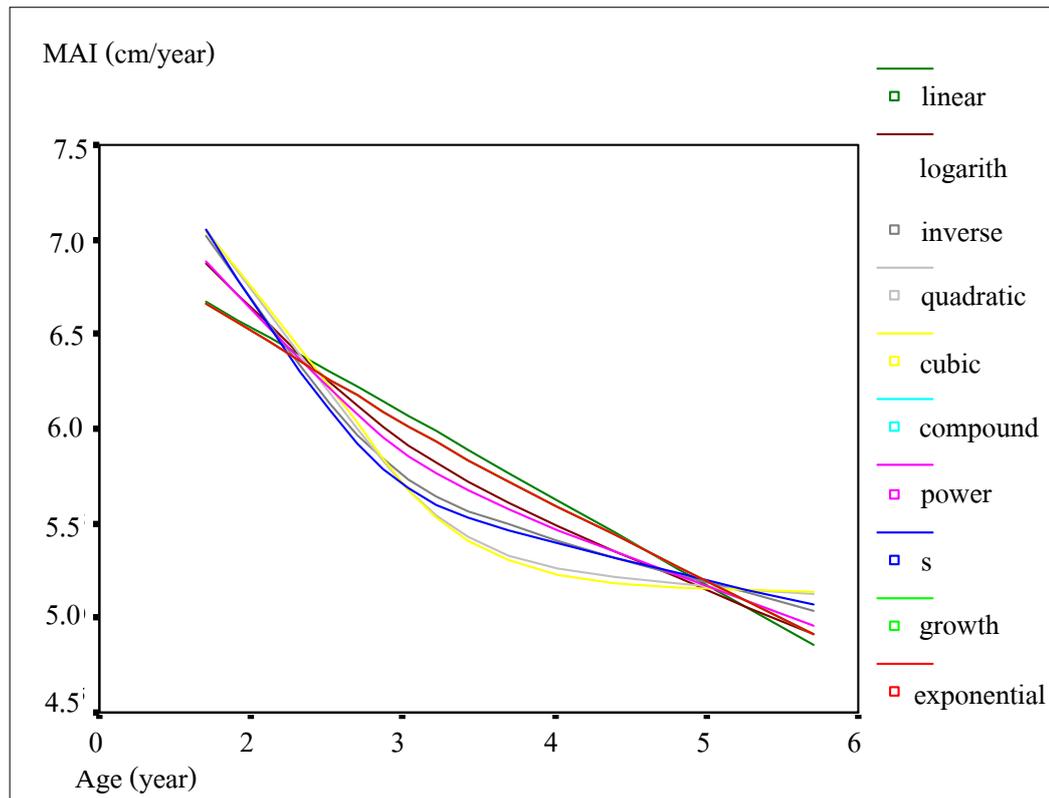
ตารางที่ 6 ผลผลิตของสวนป่าในปัจจุบันของสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

หน่วยจัดการ	เนื้อที่ (ไร่)	อายุ (ปี)	น้ำหนักสดที่เป็น สินค้าได้เฉลี่ย (ตัน/ไร่)
1	1,632	1	0
2	500	1	0
3	478	1	0
4	830	2	0
5	1,035	3	0.3086
6	1,720	5	1.9378
7	830	ปลูกใหม่	0
8	100	ปลูกใหม่	0
9	1,035	ปลูกใหม่	0
	รวม 8,160		เฉลี่ย 0.2496

1.2.2 การประเมินผลผลิตในอนาคต

จากการสร้างตัวแบบการเจริญเติบโตในรูปแบบของความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีกับอายุ พบว่า จากตัวแบบ s มี r^2 มากที่สุดเท่ากับ 0.9691 และค่า SE น้อยที่สุดเท่ากับ 0.0440 จึงเลือกสมการ s เป็นตัวแบบในการหาการเจริญเติบโตของสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ซึ่งมีรูปแบบของสมการ คือตัวแบบที่ดีที่สุดคือ $MAI = e^{1.4832 + (0.7980/AGE)}$ (ภาพที่ 5 และตารางที่ 7)

โดยตัวแบบเหล่านี้จะมีข้อจำกัดด้านข้อมูลการเจริญเติบโต เนื่องจากไม้ตัวอย่างในแต่ละแปลงมีสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตกับอายุที่แตกต่างกันมาก ตามระบบของการจัดการ



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (MAI) กับอายุของ ไม้ยูคาลิปตัส ในสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

ตารางที่ 7 ตัวแบบการเจริญเติบโตในรูปแบบของความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (MAI) ของสวนป่า
มัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

equation	r ²	Std.	model
linear	0.7858	0.4950	MAI = 7.4418-0.4533AGE
logarith	0.9015	0.3357	MAI = 7.7362-1.6344ln(AGE)
inverse	0.9481	0.2436	MAI = 4.1927+(4.8041/AGE)
quadratic	0.9833	0.1955	MAI = 9.7054-(1.8833AGE)+(0.1896AGE ²)
cubic	0.9895	0.1551	MAI = 9.1288-(1.2469AGE)+(10.9828AGE ²)- (0.0178AGE ³)
compound	0.7965	0.0805	MAI = 7.5848 x 0.9267 ^{AGE}
power	0.9034	0.0555	MAI = 7.9536AGE ^{-0.0271}
s	0.9691	0.0440	MAI = e ^{1.4832+(0.7980/AGE)}
growth	0.7965	0.0805	MAI = e ^{2.0261-(0.0762AGE)}
exponential	0.8924	0.0805	MAI = 7.5847e ^(-0.0762GBH)

จากผลการประเมินผลผลิตของสวนป่าในอนาคต โดยการนำ MAI ที่ได้จากตัวแบบในแต่ละชั้นอายุของไม้ในสวนป่าไปบวกกับค่าของขนาดวัดรอบเพียงอก (GBH) ของแต่ละต้นที่ได้สำรวจและคำนวณออกมาในรูปแบบของน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้ต่อไร่ในอนาคตจากตัวแบบผลผลิตไม้รายต้นจากนั้นทำการสร้างตารางผลผลิตเพื่อสะดวกและง่ายต่อการจัดการ ซึ่งน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้ต่อไร่ในอนาคตจะขึ้นอยู่กับอายุ ขนาดวัดรอบเพียงอก และความหนาแน่นของหมู่ไม้

ข้อจำกัดของตัวแบบในการประเมินหรือคาดคะเนการเจริญเติบโต และผลผลิตในอนาคตที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ คือ จะมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูงในปีที่ 10 – 13 เนื่องจากไม้จะมี GBH ที่ได้จากการคำนวณในตัวแบบการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดข้างต้นเกิน 60 เซนติเมตร ซึ่งอยู่นอกเหนือเงื่อนไขของตัวแบบผลผลิตไม้รายต้น อีกทั้งผู้วิจัยยังขาดข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตของไม้ที่มีชั้นอายุในช่วงดังกล่าว ซึ่งผลการประเมินผลผลิตในอนาคตของสวนป่ามัญจาคีรีจะแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตารางผลผลิตที่แสดงผลผลิตในขนาดของสวนป่านัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

(หน่วย : ตัน/ไร่)

หน่วย จัดการ	อายุ (ปี)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	0	2.8471	13.1222	22.1416	30.6971	40.6712	52.0275	65.4186	80.6685	97.8600	117.0740
2	0	0	0.4090	4.8958	15.6738	23.8033	32.4246	42.6381	54.5318	68.1909	83.6983	101.1346	120.5786
3	0	0	0.0855	8.0149	17.8471	26.0147	35.1662	45.9599	58.4842	72.8252	89.0664	107.2891	127.5729
4	0	0	0.2220	2.9607	7.7767	12.1853	16.6447	21.8834	27.9932	35.0190	43.0048	51.9930	62.0250
5	0	0	0.3086	1.2235	3.4221	7.5587	11.9078	16.0296	20.9022	26.5678	33.0671	40.4395	48.7233
6	0	0	0	0	1.9378	4.2555	7.0204	9.4596	12.3463	15.7061	19.5633	23.9417	28.8643
7	0	0	0.1648	5.2526	15.5477	23.9865	32.7626	43.0897	55.0145	68.8116	84.4777	102.0946	121.7418
8	0	0	0.1648	5.2526	15.5477	23.9865	32.7626	43.0897	55.0145	68.8116	84.4777	102.0946	121.7418
9	0	0	0.1648	5.2526	15.5477	23.9865	32.7626	43.0897	55.0145	68.8116	84.4777	102.0946	121.7418

หมายเหตุ 1) สำหรับหน่วยจัดการที่ 4-6 เป็นการประเมินผลผลิตในขนาดในกรณีที่ไม่มีการรื้อปลูกใหม่

2) การคาดคะเนผลผลิตในอนาคตนี้จะมีผลคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูงในปีที่ 10-13 เนื่องจากไม้จะมี GBH เกิน 60 เซนติเมตร ซึ่งอยู่นอกเหนือเงื่อนไขของตัวแบบผลผลิต อีกทั้งผู้วิจัยยังขาดข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตไม้ที่มีชั้นอายุในช่วงดังกล่าว

1.3 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจสังคม

จากการสำรวจข้อมูลด้านเศรษฐกิจสังคมของสวนป้ามัญจาคีรี พบว่าราคาไม้ท่อนส่วนที่เป็นสินค้าได้เท่ากับ 1,250 บาทต่อตัน อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7.3750 ค่าภาษีไม้เท่ากับ 10 บาท/ตัน ค่าทำไม้เท่ากับ 160 บาท/ตัน ต้นทุนในการปลูกและดูแลรักษาสำหรับไม้ที่ปลูกใหม่ในปีที่ 1 เท่ากับ 2,430 บาทต่อไร่ ปีที่ 2 เท่ากับ 1,350 บาทต่อไร่ และตั้งแต่ปีที่ 3 ถึงปีที่ 10 เท่ากับ 150 บาทต่อไร่ ต้นทุนในการปลูกและดูแลรักษาสำหรับไม้ที่ปลูกแทรกหน่อในปีที่ 1 เท่ากับ 870 บาทต่อไร่ และตั้งแต่ปีที่ 2 ถึงปีที่ 10 เท่ากับ 150 บาทต่อไร่ และสำหรับไม้ที่แตกหน่อ หมายถึง ไม้ที่ตัดใน รอบตัดฟันถัดไปจากการตัดฟันในรอบตัดฟันแรก จะมีต้นทุนในการดูแลรักษาน้อยกว่า เนื่องจากมีการลดต้นทุนในเรื่องของกล้าไม้ การเตรียมพื้นที่ และการปลูก โดยตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ 10 จะใช้ ต้นทุนเท่ากันปีละ 150 บาทต่อไร่

2. การประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้น

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการนำเทคนิคกำหนดการเชิงเส้นมาใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนจัดการสวนป้ามัญจาคีรี โดยมีเป้าหมายในการจัดการสวนป่า คือ ให้สามารถจัดสรรพื้นที่และปริมาณการทำให้ไม้โตออกให้ได้ผลกำไรสูงสุด และสามารถปรับโครงสร้างของสวนป่าให้มีขนาดพื้นที่ที่สามารถให้ผลผลิตรายปีหรือรายคาบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน กระบวนการการเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการสวนป่าจากกำหนดการเชิงเส้นนี้สามารถแปลงให้เป็นสูตรได้ตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อให้ผลที่ได้นำไปสู่มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไรสูงสุด (Z) และความยั่งยืนในการให้ผลผลิตภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในการบริหารจัดการ เช่น เงื่อนไขทางด้านพื้นที่ เงื่อนไขทางด้านงบประมาณ และเงื่อนไขของข้อกำหนดทางด้านปรับโครงสร้างของสวนป่า เป็นต้นซึ่งได้ผลดังนี้

2.1 ผลเฉลยจากการวิเคราะห์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้น เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการโดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control) จากทางเลือกในการจัดการทั้งหมด 50 ทางเลือก พบว่า มีผลเฉลยหรือทางเลือกที่ดีที่สุด 14 ทางเลือก ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลเฉลี่ยที่ดีที่สุดจากตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการโดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)

MU	MR	Area (rai)	MU	MR	Area (rai)
1	9	731	6	1	1,552
	12	901		4	40
2	9	500		6	128
3	12	478	7	11	830
4	6	429	8	12	100
	9	401	9	11	842
5	6	1,035		12	193

2.2 ผลเฉลี่ยจากการวิเคราะห์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้น เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการโดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันและควบคุมปริมาณผลผลิตในรูปแบบของน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้ (combined area and yield control)

เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการโดยควบคุมทั้งขนาดพื้นที่และปริมาณผลผลิตให้มีความใกล้เคียงกันในแต่ละปีหรือระยะคาบของการตัดฟันนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ไม่มีผลเฉลี่ยที่ดีที่สุดสำหรับเงื่อนไขดังกล่าว กล่าวคือ ศักยภาพในการให้ผลผลิตสวนปาล์มยูจาอีรีในปัจจุบัน ไม่เพียงพอที่จะสามารถกำหนดเงื่อนไขทั้งสองอย่างร่วมกันได้ เนื่องจาก ในช่วงแรกๆ ของการวางแผนคือ ในระยะคาบของการตัดฟันที่ 1 และ 2 นั้น กิจกรรมการตัดฟันหรือเก็บเกี่ยวผลผลิตจะอยู่ในหน่วยจัดการที่ 4, 5 และ 6 ซึ่งให้ผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่ในปัจจุบันที่ค่อนข้างน้อย ดังแสดงในตารางที่ 6 นั้น แสดงว่า ในระยะคาบของการตัดฟันที่ 1 และ 2 ได้ปริมาณผลผลิตน้อยมาก แต่ในระยะคาบของการตัดฟันที่ 3 ถึง 5 จะเป็นช่วงเวลาที่ไม้ปลูกใหม่ และไม้อายุ 1 ปี มีอายุครบรอบตัดฟัน ซึ่งไม้ขนาดเล็กดังกล่าวเป็นไม้ที่ทางสวนป่าได้ปลูกและมีการจัดการที่ดีขึ้น ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าความหนาแน่นหรือจำนวนต้นต่อหน่วยเนื้อที่ที่สูงกว่า จึงส่งผลให้ปริมาณผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่ในระยะคาบของการตัดฟันที่ 3 ถึง 5 มากกว่าในระยะคาบของการตัดฟันที่ 1 และ 2 หลายเท่าตัว

ความแตกต่างของปริมาณผลผลิตที่ค่อนข้างมากข้างต้น ทำให้ไม่สามารถควบคุมผลผลิตของให้มีปริมาณใกล้เคียงกันได้ จึงส่งผลให้การกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมขนาดพื้นที่และปริมาณผลผลิตร่วมกันนั้น ไม่มีผลเฉลี่ยที่ดีที่สุดจากตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น

การแก้ไขปัญหามาให้เกิดความยั่งยืนทั้งพื้นที่และผลผลิต อาจทำได้โดยการรื้อปลูกใหม่ในหน่วยจัดการที่ 4, 5 และ 6 ให้เป็นระบบเดียวกันกับหน่วยจัดการที่ 1, 2, 3, 7, 8 และ 9 รวมทั้งการใช้พื้นที่สวนป่าที่มีอยู่ทั้งหมดให้เต็มประสิทธิภาพ แล้วทำการปรับแผนใหม่โดยควบคุมทั้งขนาดพื้นที่และปริมาณผลผลิตหรือเพิ่มเงื่อนไขทางด้านผลผลิตเข้าในตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นนั่นเอง

จากผลเฉลี่ยหรือข้อมูลต่างๆ ที่ได้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า สวนปามัญจาคีรีจะมีศักยภาพเพียงพอที่จะสามารถกำหนดกำลังผลผลิต โดยควบคุมทั้งขนาดพื้นที่และปริมาณผลผลิตให้มีความสม่ำเสมอและยั่งยืนร่วมกันได้ประมาณในช่วงระยะคาบของการตัดพื้นที่ 3 เป็นต้นไป ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงสามารถวางแผนการจัดการสวนปามัญจาคีรีได้โดยการกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดพื้นที่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น (area control) ซึ่งถือว่าการปรับโครงสร้างพื้นฐานทางด้านขนาดพื้นที่ที่ให้ผลผลิตให้เกิดความสม่ำเสมอ ก่อนที่ในอนาคตอาจจะมีการปรับแก้หรือพัฒนาแผน เพื่อให้พิจารณาเงื่อนไขทางด้านพื้นที่การตัดพื้นที่และปริมาณผลผลิตร่วมกันได้ เมื่อสวนปามีศักยภาพเพียงพอในทุกด้าน

3. แผนการจัดการ

3.1 แผนการจัดการสวนป่า เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดพื้นที่เพียงอย่างเดียว (area control)

นำผลเฉลี่ยที่ดีที่สุดจากตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นในข้อ 2.1 มาจัดทำแผนจัดการสวนปามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ในรูปแบบของตารางการตัดพื้นที่ ซึ่งกำหนดระยะเวลาในการวางแผน 10 ปี กำหนดรอบตัดพื้นที่อย่างน้อย 5 ปีขึ้นไป ระยะคาบของการตัดพื้นที่ 5 ระยะคาบๆ ละ 2 ปี ทั้งนี้เป็นเพราะว่ารูปแบบของแผนในโครงการของออป. จะดำเนินการตลอดทั้งปี และหมุนเวียนกันไปในช่วง 2 ปีในระยะคาบของการตัดพื้นที่นั้นๆ โดยสมมุติว่ากิจกรรมทำไม้ออกและปลูกทดแทนเกิดขึ้นในวันสุดท้ายของปีหรือจุดกึ่งกลางของระยะคาบของการตัดพื้นที่ ภาพรวมของแผนการ

จัดการจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แผนการจัดการสวนป่าในรูปแบบของตารางการใช้ประโยชน์
ผลผลิต และแผนการจัดการสวนป่าในรูปแบบของแผนที่การใช้ประโยชน์ผลผลิต ดังแสดงใน
ตารางที่ 10 และภาพที่ 6

ตารางที่ 10 แผนการจัดการสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่นในรูปแบบของตารางการใช้
ประโยชน์ผลผลิต เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการโดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียง
อย่างเดียว (area control)

หน่วยจัดการ	พื้นที่การตัดฟัน (ไร่)				
	2551-2552	2553-2554	2555-2556	2557-2558	2559-2561
1	-	-	731	-	-
	-	-	-	-	901
2	-	-	500	-	-
3	-	-	-	-	478
4	-	429	-	-	-
	-	-	401	-	-
5	-	1,035	-	-	-
6	1,552	-	-	-	-
	40	-	40	-	-
	-	128	-	-	-
7	-	-	-	830	-
8	-	-	-	-	100
9	-	-	-	842	-
	-	-	-	-	793
รวม	1,592	1,592	1,672	1,672	1,672

สมมติว่าการวางแผนจัดการสวนป่านัญญาศิริได้บรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์แล้ว ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่ได้จากความสำเร็จของการวางแผนการจัดการสวนป่า ได้แก่ แผนการจัดการสวนป่านัญญาศิริ จังหวัดขอนแก่นในรูปแบบของตารางการใช้ประโยชน์ผลผลิต เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control) (ตารางที่ 11)

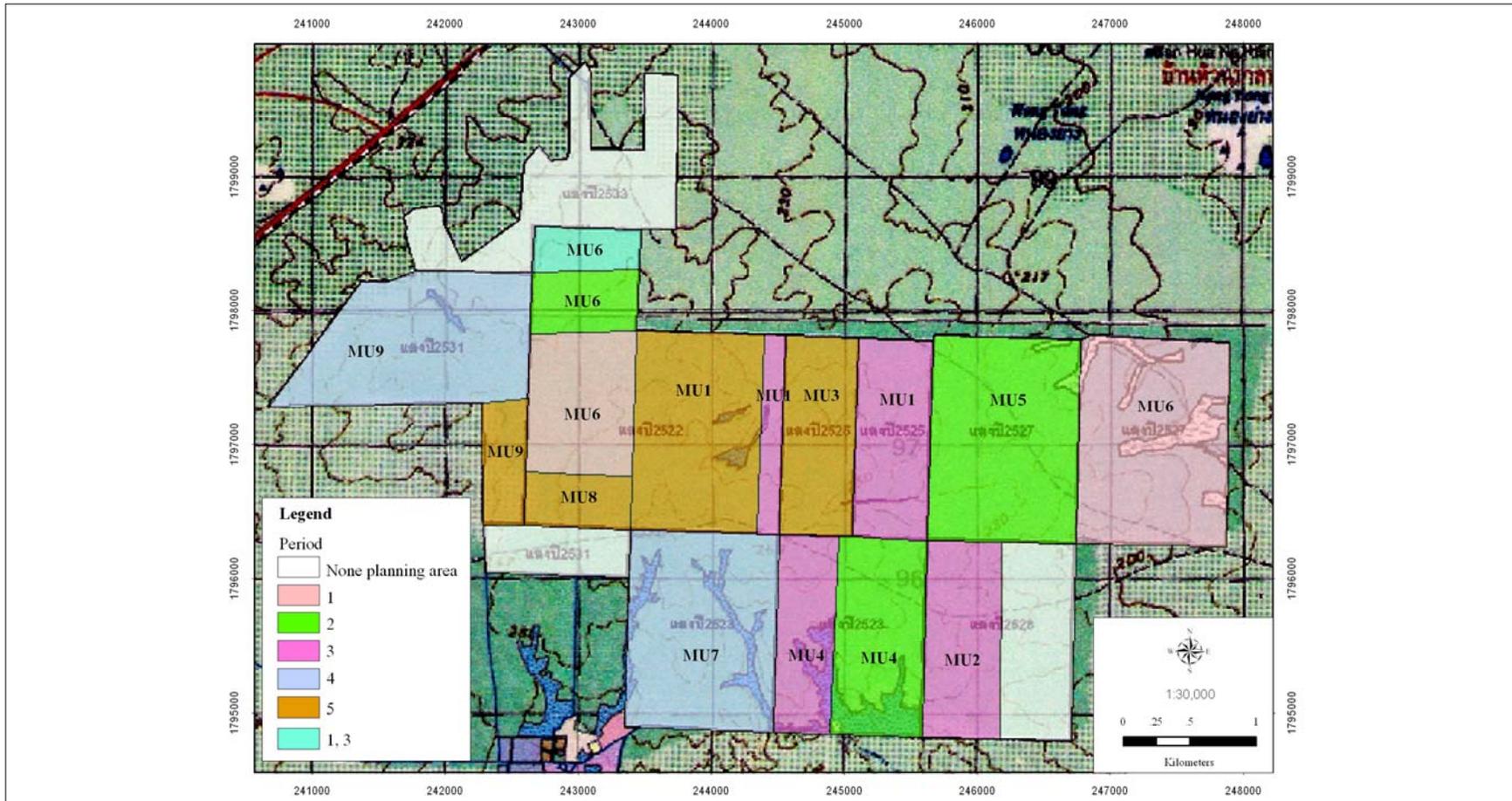
ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการจัดทำแผนการจัดการสวนป่านัญญาศิริ จังหวัดขอนแก่นในครั้งนี้ อาจจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับข้อจำกัดในการได้รับข้อมูลต่างๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณ เช่น ข้อมูลอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของไม้ในแต่ละชั้นอายุ งบประมาณต่อหน่วยเนื้อที่ การแกว่งของนโยบาย ความไม่แน่นอนของราคาไม้ท่อน ค่าทำไม้ อัตราดอกเบี้ยและภาษี เป็นต้น แต่ผู้รู้ค่าเหล่านี้มากที่สุดหรือมีข้อจำกัดในการได้รับข้อมูลเหล่านี้น้อยที่สุด ก็คือเจ้าของสวนป่านั้นเอง ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จะส่งผลเป็นทอดๆ ถึงประสิทธิภาพของการวางแผนจัดการ อย่างไรก็ตามวิธีการและผลการศึกษาวិจัยในครั้งนี้จะเป็นต้นแบบหรือแนวทางที่ดีให้กับเจ้าของสวนป่า ไม่ว่าจะเป็นรัฐบาลหรือเอกชน ที่ต้องการวางแผนจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสของตัวเองอย่างเข้มข้น (intensive) สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนค่าตัวเลขที่เป็นค่าจริงหรือเป็นค่าที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น ผลเฉลยที่ดีที่สุดที่ได้ก็จะมีค่าสูง ซึ่งจะส่งผลให้การวางแผนจัดการสวนป่านั้นๆ มีประสิทธิภาพสูงตามไปด้วย

ตารางที่ 11 ปริมาณผลผลิต ต้นทุน รายได้ และกำไร ที่ได้จากการวางแผนการจัดการสวนป่านัญญาศิริ จังหวัดขอนแก่น

ระยะคาบที่	น้ำหนักสด (ตัน)	ต้นทุน (บาท)	กำไร (บาท)	รายได้ (บาท)
1	2,776.61	1,426,432	2,044,128	3,470,560
2	5,139.57	2,478,133	3,093,913	5,572,046
3	20,153.76	6,817,148	12,134,550	18,951,698
4	36,094.97	8,619,160	20,821,416	29,440,576
5	77,011.49	11,977,003	43,706,786	55,683,789
รวม	141,176.39	31,317,876	81,800,793	113,118,669
เฉลี่ยต่อระยะคาบ	28,235.28	6,263,575	16,360,159	22,623,734
เฉลี่ยต่อปี	14,117.64	3,131,788	8,180,079	11,311,867
เฉลี่ยต่อไร่ต่อปี	17.22	3,819	9,976	13,795

3.2 แผนการจัดการสวนป่า เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันและควบคุมปริมาณผลผลิตในรูปแบบของน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้ (combined area and yield control)

เนื่องจากเงื่อนไขนี้ไม่มีผลผลิตที่ดีที่สุดที่ได้จากตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นดังได้กล่าวไว้แล้วในข้อ 2.3.2 จึงไม่สามารถจัดทำแผนการจัดการสวนป่าในรูปแบบของการใช้ประโยชน์ผลผลิตเพื่อให้เกิดความยั่งยืนได้ ดังนั้นแผนการจัดการสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่นที่ดีที่สุดและสามารถทำได้ ณ ช่วงเวลานี้ก็คือ แผนการจัดการที่กำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control) นั่นเอง



ภาพที่ 6 แผนการจัดการสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่นในรูปแบบของแผนที่การใช้ประโยชน์ผลผลิต เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการโดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนจัดการสวนป่านัญจาศิริ จังหวัดขอนแก่น ได้รวบรวมข้อมูลที่เป็นทางการวางแผนจัดการสวนป่า ทั้งข้อมูลทางด้านป่าไม้และข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจสังคม ซึ่งการศึกษาประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือการเตรียมข้อมูล การสร้างทางเลือกในการจัดการ การเลือกทางเลือกในการจัดการ และการจัดทำแผนจัดการ โดยผลการศึกษาสรุปได้เป็น 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวางแผนจัดการสวนป่า ประกอบด้วย แผนที่ภูมิประเทศของสวนป่า ที่ตั้ง ข้อมูลทางเศรษฐกิจสังคมและทรัพยากรของสวนป่า การกำหนดพื้นที่เพื่อการจัดการ ตัวแบบการเจริญเติบโตและผลผลิตหรือตารางผลผลิต ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนของการนำไปใช้จะมีความสัมพันธ์กับความไม่แน่นอนสถานการณ์ต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น ภาวะทางเศรษฐกิจ นโยบาย และข้อกฎหมาย เป็นต้น ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลทางด้านป่าไม้และข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจสังคม

1.1 ข้อมูลทางด้านป่าไม้ที่ได้รับการสำรวจสวนป่า ประกอบด้วย พื้นที่ทั้งหมด 10,443 ไร่ ประกอบด้วยพื้นที่ที่ให้ผลผลิตไม้ยูคาลิปตัสทั้งหมด 8,160 ไร่ พื้นที่ที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์และพื้นที่ที่ไม่ให้ผลผลิตทั้งหมด 1,903 ไร่ และเป็นแปลงประจำ 380 ไร่ สามารถแบ่งหน่วยจัดการได้เป็น 9 หน่วยจัดการ โดยมีเนื้อที่ของหน่วยจัดการที่ 1 – 9 เท่ากับ 1,632 ไร่ 500 ไร่ 478 ไร่ 830 ไร่ 1,035 ไร่ 1,720 ไร่ 830 ไร่ 100 ไร่ และ 1,035 ไร่ ตามลำดับ จากการประเมินผลผลิตของสวนป่าในปัจจุบัน พบว่าไม้ยูคาลิปตัสในสวนป่านัญจาศิริเป็นไม้ที่อายุน้อย (ปลูกใหม่ถึง 2 ปี) จึงไม่สามารถคำนวณผลผลิตน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้ได้ ส่วนไม้ที่มีอายุ 3 ปี และ 5 ปี เป็นไม้ที่แตกหน่อจากตอเก่าที่ปลูกมาเป็นเวลานาน และการปลูกในอดีตเป็นการปลูกเพื่อให้ได้ขอบเขตพื้นที่ที่ชัดเจน โดยไม่ได้คาดหวังในเรื่องของปริมาณผลผลิต จึงใช้สายพันธุ์ และระยะปลูกที่ไม่เหมาะสม ทั้งยังขาดการดูแลรักษา การวางแผนจัดการที่มีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักวิชาการ

จึงทำให้ได้ผลผลิตในปัจจุบันเฉลี่ยของทั้งสวนป่าเพียง 0.25 ต้นต่อไร่ ซึ่งถือว่าเป็นผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่ที่ต่ำมาก

1.2 ข้อมูลทางเศรษฐกิจสังคม ประกอบด้วย ราคาไม้ท่อนส่วนที่เป็นสินค้าได้เท่ากับ 1,250 บาทต่อตันอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7.3750 ค่าภาษีไม้เท่ากับ 10 บาท/ตัน ค่าทำไม้เท่ากับ 160 บาท/ตัน ต้นทุนในการปลูกและดูแลรักษาสำหรับไม้ที่ปลูกใหม่ของปีที่ 1 เท่ากับ 2,430 บาทต่อไร่ ปีที่ 2 เท่ากับ 1,350 บาทต่อไร่ และตั้งแต่ปีที่ 3 ถึงปีที่ 10 เท่ากับ 150 บาทต่อไร่ ต้นทุนในการปลูกและดูแลรักษาสำหรับไม้ที่ปลูกแทรกหน่อของปีที่ 1 เท่ากับ 870 บาทต่อไร่ และตั้งแต่ปีที่ 2 ถึงปีที่ 10 เท่ากับ 150 บาทต่อไร่ และสำหรับไม้ที่แตกหน่อ หมายถึง ไม้ที่ตัดในรอบตัดฟันถัดไปจากการตัดฟันในรอบตัดฟันแรก จะมีต้นทุนในการดูแลรักษาน้อยลง โดยตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ 10 จะใช้ต้นทุนเท่ากันปีละ 150 บาทต่อไร่

1.3 การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างตัวแบบการเจริญเติบโตและผลผลิตของสวนป่า ด้วยเทคนิคการจำลองแบบที่อยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ จากความสัมพันธ์ระหว่างเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีกับอายุ และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดวัตรรอบเพียงอกกับน้ำหนักของส่วนที่เป็นสินค้าได้ โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์เป็นสมการการถดถอย ซึ่งตัวแบบการประเมินผลผลิตที่ดีที่สุดของสวนป่าจะอยู่ในรูปของตัวแบบ power และตัวแบบการประเมินการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดของสวนป่าจะอยู่ในรูปของตัวแบบ s

2. แผนการจัดการสวนป่าจะกำหนดช่วงเวลาของการปฏิบัติการจัดการสวนป่า เพื่อให้สวนป่าผลผลิตสูงสุดและมีมีความยั่งยืน ปัญหาของความยั่งยืนของการเก็บเกี่ยวผลผลิตคือผลผลิตอะไร เมื่อไร และที่ไหนที่จะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำที่สวนป่ามัญจาคีรี ซึ่งการกำหนดผลผลิตที่สูงสุดและอย่างยั่งยืนสำหรับสวนป่า จะอยู่บนพื้นฐานของ โครงสร้างและขนาดพื้นที่ที่ให้ผลผลิตของสวนป่า จึงจำเป็นจะต้องมีการจัดการให้ผลผลิตมีความสม่ำเสมอตามวัตถุประสงค์ และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาของการวางแผน สวนป่าจะต้องมีการกระจายของชั้นอายุขนาดพื้นที่และปริมาณการให้ผลผลิตได้ใกล้เคียงกันในแต่ละปีหรือระยะคาบของการตัดฟัน ทางเลือกการจัดการจากตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น จะคำนึงถึงพื้นที่ของแต่ละหน่วยจัดการ ภายใต้ทางเลือกในการจัดการ ตัวแบบ LP นี้จะช่วยอธิบายระบบเศรษฐกิจ ความยาวของรอบตัดฟัน ขนาดของพื้นที่และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของสวนป่า LP model จะกำหนด โปรแกรมการตัดฟันของสวนป่า

ที่มีโครงสร้างไม่สม่ำเสมอ ให้เป็นสวนป่าที่ให้ผลผลิตสูงสุดและมีความสม่ำเสมออย่างเป็นระบบ ในช่วงเวลาที่แน่นอน

2.1 จากการประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนจัดการสวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่นในครั้งนี้ กำหนดระยะเวลาในการวางแผน 10 ปี กำหนดรอบตัดฟันอย่างน้อย 5 ปี ขึ้นไป และกำหนดระยะคาบของการตัดฟัน 5 ระยะคาบๆ ละ 2 ปี โดยมีเป้าหมายในการจัดการสวนป่า คือ ให้สามารถจัดสรรพื้นที่และปริมาณการทำไม้ออกให้ได้ผลกำไรสูงสุด และสามารถปรับโครงสร้างของสวนป่าให้มีขนาดพื้นที่ที่สามารถให้ผลผลิตรายปีหรือรายคาบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน กระบวนการเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการสวนป่าจากกำหนดการเชิงเส้นนี้ สามารถแปลงให้เป็นสูตรได้ตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อให้ผลที่ได้นำไปสู่มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไรสูงสุด (Z) และความยั่งยืนในการให้ผลผลิตภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ในการบริหารจัดการ เช่น เงื่อนไขทางด้านพื้นที่ เงื่อนไขทางด้านงบประมาณ และเงื่อนไขของข้อกำหนดทางด้านปรับปรุงโครงสร้างของสวนป่า เป็นต้น

2.2 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบ LP ได้ผลดังนี้ แผนที่กำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control) จากทางเลือกในการจัดการทั้งหมด 50 ทางเลือก จะมีทางเลือกที่ดีที่สุด 14 ทางเลือก เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาของการวางแผนจะมีน้ำหนักที่เป็นสินค้าได้รวม 141,176.39 ตัน รายได้รวม 163,961,361 บาท โดยมีต้นทุนรวม 65,278,613 บาท และคิดเป็นกำไรรวม 81,800,793 บาท นอกจากนี้การเปลี่ยนโครงสร้างป่าเมื่อสิ้นแผนแล้ว พื้นที่ของสวนป่าจะมีโครงสร้าง 5 ชั้นอายุ โดยแต่ละชั้นอายุจะมีพื้นที่ให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน ซึ่งมีพื้นที่ให้ผลผลิตในคาบที่ 1- 5 เท่ากับ 1,592, 1,592, 1,672, 1,672 และ 1,672 ไร่ตามลำดับ ส่วนแผนที่กำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันและควบคุมปริมาณผลผลิตในรูปแบบของน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้ (combined area and yield control) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ตัวแบบ LP ไม่มีผลเฉลยที่ดีที่สุดสำหรับเงื่อนไขนี้ เนื่องจากศักยภาพในการให้ผลผลิตของสวนป้ามัญจาคีรีในปัจจุบันไม่เพียงพอที่จะสามารถกำหนดเงื่อนไขทั้งสองอย่างร่วมกันได้ ดังนั้นสวนป้ามัญจาคีรีควรเลือกการควบคุมผลผลิต โดยการควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนจัดการสวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ซึ่งผลการศึกษาวิจัยที่ได้จะมีข้อเสนอแนะ 2 ส่วนด้วยกัน คือ

1. การประยุกต์และการนำผลการศึกษาวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์เทคนิคกำหนดการเชิงเส้นเพื่อใช้ในการวางแผนจัดการ โดยศึกษาเฉพาะสวนป้ามัญจาคีรีเท่านั้น หากสวนป่าในแหล่งอื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันจะนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนจัดการ จะต้องปรับค่าตัวเลขต่างๆ ในตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น เพื่อให้การหาผลเฉลยที่ดีที่สุดและการจัดทำแผนมีความเหมาะสมกับแต่ละสภาพพื้นที่นั้นๆ

1.2 การหาผลเฉลยที่ดีที่สุดจากตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น มีความสำคัญมากต่อการจัดการป่าไม้ แต่ไม่ได้เป็นข้อมูลที่จะนำมาใช้ได้ง่ายๆ เนื่องจากมีข้อมูลบางส่วนที่มีความอ่อนไหว กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลนำเข้าบางชนิดอาจเกิดขึ้นได้ เมื่อค่าของข้อมูลหรือเงื่อนไขในการจัดการบางอย่างมีการเปลี่ยนแปลง จึงจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าในเรื่องค่าของตัวแปรนำเข้าให้รู้แน่นอนก่อนที่จะนำค่าของตัวแปรเข้าตัวแบบ เพื่อให้ผลเฉลยมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ดังนั้นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อนักจัดการป่าไม้

1.3 รูปแบบของแผนการจัดการนี้ได้ค้นคว้าวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการสวนป่า ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการให้มีความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่และช่วงเวลา ดังนั้นผู้ที่ตัดสินใจหรือนักวางแผนจะต้องมีการวางแผนหรือปรับแผนให้มีความเหมาะสมอยู่ตลอด เพื่อให้การนำแผนไปปฏิบัติมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. การศึกษาวิจัยในขั้นต่อไปในอนาคต

2.1 การศึกษาเรื่องการวางแผนจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืนในครั้งต่อไป และ/หรือในขั้นต่อไป จำเป็นจะต้องใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) และระบบการสำรวจที่เหมาะสม เพื่อสร้างหรือพัฒนาตัวแบบการเจริญเติบโตและผลผลิตของแต่ละ

สวนป่าให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่และมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพื่อให้การประเมินผลผลิตในปัจจุบันและการคาดคะเนผลผลิตในอนาคตของสวนป่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้แผนการจัดการของสวนป่านั้นๆ มีประสิทธิภาพสูงตามไปด้วย

2.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญต่อการจัดการสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสในด้านความยั่งยืนทางเศรษฐกิจเท่านั้น อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ในการจัดการสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ก็คือ การจัดการที่ให้เกิดความยั่งยืนทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาในขั้นต่อไป ควรจะพิจารณาถึงวัตถุประสงค์เหล่านี้ร่วมด้วย

2.3 การกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันและควบคุมปริมาณผลผลิตในรูปแบบของน้ำหนักสดที่เป็นสินค้าได้ (combined area and yield) สำหรับศักยภาพโดยรวมของสวนป้ามัญจาคีรีแล้วไม่สามารถทำร่วมกันได้ เนื่องจากปริมาณการให้ผลผลิตของสวนป่าในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ในอนาคตข้างหน้าจำเป็นต้องมีการปรับแผนตามศักยภาพในการให้ผลผลิตของพื้นที่ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลประโยชน์สูงสุดและความยั่งยืนทั้งทางด้านพื้นที่และปริมาณผลผลิต นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงระบบวนวัฒนวิธีและเทคนิคอื่นๆ ที่จะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของสวนป่า เพื่อเพิ่มทางเลือกในการจัดการให้มากขึ้น และลดเงื่อนไขข้อจำกัดในการบริหารจัดการ ทั้งยังเป็นการเพิ่มความคล่องตัวในการหมุนเวียนทรัพยากรต่างๆ ภายในสวนป่าอีกด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมป่าไม้. 2545. ไม้ท่อนและไม้แปรรูปนำเข้าแยกรายชนิด พ.ศ. 2544. สถิติป่าไม้ 2544.
แหล่งที่มา: <http://www.forest.go.th/stat/stat44/TAB16.html>, 26 สิงหาคม 2546.
- เกษมสุข เกษสกุล. 2533. ยูคาลิปตัส พันธุ์ไม้เศรษฐกิจที่มีค่าทั้งปัจจุบันและอนาคต. กองอนุรักษ์
ต้นน้ำ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ขวัญชัย ดวงสถาพร. 2548. การวางแผนการจัดการป่าไม้. เอกสารประกอบการสอนวิชา 304413
แผนการจัดการป่าไม้. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)
- จงรัก วัชรินทร์รัตน์. 2538. การเจริญเติบโตและเศรษฐกิจของไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส อายุ 13 ปี
ในท้องที่ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทวีโชค จำรัสฉาย. 2539. ผลของการตัดสาขายาระยะต่อการเติบโตและผลผลิตของสวนป่าไม้
ยูคาลิปตัสคามาสดูเลนซิสที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างกันที่สวนป่าสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช จังหวัดกาฬสินธุ์.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนิด ยิ่งวรรณศิริ และ ประสิทธิ์ สะอาดวุธ. 2525. ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส, น. 1-17. ใน เอกสาร
ประชุมการป่าไม้ประจำปี 2525. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- นิคม เศรษฐลักษณ์. 2539. การใช้โปรแกรมเชิงเส้นในการวางแผนผลิตน้ำมันดิบ. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นุศุล บำรุงไทย. 2519. การประยุกต์ใช้โปรแกรมมิ่งสำหรับวางแผนปลูกพืชหมุนเวียนภายใต้
สถานการณ์แห่งความไม่แน่นอนและแน่นอน ในนิคมสร้างตนเองพระพุทธบาท จังหวัด
สระบุรี พ.ศ. 2519. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญวงศ์ ไทยอุตสาห์. 2530. อดีต ปัจจุบัน และอนาคตของไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย. สักทอง.
12(4) : 6-13

ประกอบ จิริกิติ. 2535. การโปรแกรมเชิงเส้น. โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบัน
บัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พสุธา สุนทรห้าว. 2542. อุปทานไม้ท่อนยูคาลิปตัสและการวิเคราะห์ด้านการเงินของสวนป่า
ภาคเอกชนในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2540. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนตรี สนิทประชากร, สมศักดิ์ มนต์ศรีสุขใส และสัมฤทธิ์ กิตติธรกุล. 2529. การปลูกยูคาลิปตัส
ในประเทศไทย. สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

เลิศ จันทนภาพ. 2511. แผนการจัดการป่าไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

วรวิทย์ อินสวร. 2548. ศักยภาพทางกายภาพของพื้นที่สำหรับการปลูกไม้ยูคาลิปตัสในภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิจิตร ตันทสุทธิ, วันชัย ริจิรวนิช และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2543. การวิจัยดำเนินงาน. ซีเอ็ด
ยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

วีณา อีชะโรชน์. 2532. การทดลองใช้หมากำหนดการเชิงเส้นตรงในอุตสาหกรรมผลิตไม้อัด.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถิตย์ วัชรกิตติ. 2525. การสำรวจทรัพยากรป่าไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมชาย เกียรติกำจาย. 2520. การวิเคราะห์การวางแผนการผลิตภายใต้สถานการณ์แห่งความไม่แน่นอน โดยใช้วิธีการลิเนียร์โปรแกรมมิ่งในนิคมสร้างตนเอง ลำตะคอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2518. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมหญิง ละการชั่ว. 2547. **ชั้นคุณภาพและปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้ของไม้สัก : กรณีศึกษาสวนป่าทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรินทร์ นิยมางกูร. 2541. **เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยป่าไม้. 2548. **การจัดทำแผนแม่บทส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจ.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. 2547. **สวนป้ามัญจาคีรี.** สำนักงานอนุรักษ์และพัฒนาสวนป่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

อนิวรรณ เกลิมพงษ์. 2528. **โรคที่เป็นอันตรายต่อกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซีส, น. 151-168.** ใน รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซีส, 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

อำนาจ คอวนิช. 2525. **ไม้โตเร็ว.** สมาคมป่าไม้แห่งประเทศไทย. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Duangstaporn, K.C. 2005. **Management Planning for Teak Plantation: A Case Study of Thong Pha Phum Plantation, Changwat Kanchanaburi.** Ph.D. Thesis. Kasetsart University.

FAO. 1981. **Eucalyptus for Planting**. FAO Forestry Series No. 11. FAO, Rome.

National Academy of Science. 1980. **Firewood Crop: Shrub and Tree Species of Energy Production**. Washington, D.C.

Philip, M.S. 1994. **Measuring Trees and Forests**. UK University Press, Cambridge.

Ware, J.K. and J.L. Clutter. 1971. A mathematical programming system for the management of industrial forests. **For. Sci.** 17(4): 428-445.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลน้ำหนักสดของไม้ตัวอย่างในสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ที่ได้จากการชั่งจริง

No.	ขนาดวัด รอบเพียงอก (1.30 เมตร)	DBH (cm.)	ส่วนที่เป็นสินค้าได้		ปลายไม้ (End)		น้ำหนักรวม Tw
			ความยาว MI	น้ำหนัก Mw	ความยาว El	น้ำหนัก Ew	
1	30	9.6	8.50	43.65	2.40	4.85	48.50
2	30	9.6	7.90	43.00	2.50	5.40	48.40
3	31	9.9	6.94	41.00	3.65	8.25	49.25
4	31	9.9	8.28	46.00	4.00	8.00	54.00
5	32	10.2	8.10	50.40	2.00	5.70	56.10
6	32	10.2	8.47	52.00	3.97	8.20	60.20
7	33	10.5	7.60	49.35	4.49	9.45	58.80
8	33	10.5	8.70	55.35	3.68	7.50	62.85
9	34	10.8	8.40	54.20	3.55	5.00	59.20
10	34	10.8	9.58	65.30	3.12	6.45	71.75
11	35	11.1	9.34	70.90	3.75	10.00	80.90
12	35	11.1	10.30	71.40	3.82	9.00	80.40
13	36	11.5	9.40	73.10	3.05	6.60	79.70
14	36	11.5	10.00	68.05	2.90	5.45	73.50
15	37	11.8	11.40	88.50	2.20	5.20	93.70
16	37	11.8	10.10	76.40	2.50	5.00	81.40
17	38	12.1	11.20	86.85	2.30	5.10	91.95
18	38	12.1	11.00	88.10	3.00	6.75	94.85
19	39	12.4	11.05	96.10	2.60	5.80	101.90
20	39	12.4	11.28	99.70	2.51	5.40	105.10
21	40	12.7	12.60	111.05	1.70	3.00	114.05
22	40	12.7	12.60	107.50	2.45	4.70	112.20
23	41	13.1	11.90	111.40	3.65	7.50	118.90
24	41	13.1	11.81	108.60	3.16	6.20	114.80
25	42	13.4	10.30	110.00	4.84	8.40	118.40
26	42	13.4	11.60	124.62	4.42	9.00	133.62
27	43	13.7	112.00	120.60	3.30	7.00	127.60
28	43	13.7	10.84	118.20	4.45	10.00	128.20

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

No.	ขนาดวัด รอบเพียงอก (1.30 เมตร)	DBH (cm.)	ส่วนที่เป็นสินค้าได้		ปลายไม้ (End)		
			ความยาว MI	น้ำหนัก Mw	ความยาว El	น้ำหนัก Ew	น้ำหนักรวม Tw
29	44	14.0	11.50	118.10	3.30	6.80	124.90
30	44	14.0	14.00	139.65	2.25	4.50	144.15
31	45	14.3	14.15	147.40	2.10	4.05	151.45
32	45	14.3	12.50	128.15	2.90	5.90	134.05
33	46	14.6	13.35	139.00	2.30	3.05	142.05
34	46	14.6	11.40	129.50	4.20	7.20	136.70
35	47	15.0	12.53	143.40	4.20	7.40	150.80
36	47	15.0	12.75	151.40	4.50	8.00	159.40
37	48	15.3	14.20	179.00	1.80	4.00	183.00
38	48	15.3	13.13	162.00	4.40	9.00	171.00
39	49	15.6	13.25	169.70	3.00	6.20	175.90
40	49	15.6	13.40	180.50	3.33	7.40	187.90
41	50	15.9	13.95	185.35	2.45	4.70	190.05
42	50	15.9	14.87	182.50	1.67	3.00	185.50
43	51	16.2	13.60	190.00	3.40	7.00	197.00
44	51	16.2	13.63	184.60	2.73	6.70	191.30
45	52	16.6	13.31	188.40	2.65	4.30	192.70
46	52	16.6	12.75	167.50	3.45	5.60	173.10
47	53	16.9	14.66	202.80	3.48	4.80	207.60
48	53	16.9	11.36	171.80	2.58	5.30	177.10
49	54	17.2	14.00	217.40	3.90	9.35	226.75
50	54	17.2	14.32	213.00	3.50	6.30	219.30
51	55	17.5	14.00	210.30	3.30	6.20	216.50
52	55	17.5	15.40	229.30	2.58	5.90	235.20
53	56	17.8	13.20	214.20	2.80	5.00	219.20
54	56	17.8	14.90	240.20	2.75	6.00	246.20
55	57	18.2	15.50	246.20	2.55	5.00	251.20
56	57	18.2	14.20	221.70	2.05	3.00	224.70
57	58	18.5	15.10	257.90	3.30	5.50	263.40
58	58	18.5	14.27	228.50	1.97	2.00	230.50

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

No.	ขนาดวัดรอบ เพียงอก (1.30 เมตร)	DBH (cm.)	ส่วนที่เป็นสินค้าได้		ปลายไม้ (End)		
			ความยาว MI	น้ำหนัก Mw	ความยาว EI	น้ำหนัก Ew	น้ำหนักรวม Tw
59	59	18.8	15.26	275.40	3.10	5.80	281.20
60	59	18.8	15.20	270.10	2.90	5.30	275.40
61	60	19.1	14.60	262.50	3.20	7.20	269.70
62	60	19.1	14.80	258.20	3.03	6.20	264.40

- หมายเหตุ 1) ทำการตัดไม้ที่ระยะต่อ 0.1 เมตร หรือ 10 เซนติเมตร จนถึงขนาดที่มีการซื้อขายจริง แล้วทำการชั่งทันที โดยทอนไม้ให้มีความยาวท่อนเท่ากับ 2.2 เมตร
- 2) ความยาวส่วนที่เป็นสินค้าได้ (merchantable length, MI) คือ ความยาวส่วนของลำต้นตั้งแต่ระดับความสูงต่อ (0.1 เมตร) จนถึงขนาดที่มีขนาดวัดรอบประมาณ 25 เซนติเมตร ซึ่งความยาวส่วนที่เป็นสินค้าได้จะแตกต่างกับความสูงของส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ คือ ความสูงส่วนที่เป็นสินค้าได้ (merchantable high, Mh) จะเป็นความสูงของลำต้นตั้งแต่ระดับจากพื้นดินจนถึงขนาดที่มีขนาดวัดรอบประมาณ 25 เซนติเมตร
- 3) ความยาวของปลายไม้ (end length, EI) คือ ส่วนของลำต้นที่ตัดจากส่วนที่เป็นสินค้าได้ที่มีขนาดขนาดวัดรอบน้อยกว่า 25 เซนติเมตร จนถึงขนาดที่มีขนาดวัดรอบประมาณ 7.8 เซนติเมตร
- 4) น้ำหนักสดส่วนที่เป็นสินค้าได้ (merchantable weight, Mw) คือ น้ำหนักสดส่วนของลำต้นตั้งแต่ระดับความสูงต่อ (0.1 เมตร) จนถึงขนาดที่มีขนาดวัดรอบประมาณ 25 เซนติเมตร
- 5) น้ำหนักสดส่วนของปลายไม้ (end weight, Ew) คือ น้ำหนักสดส่วนของลำต้นที่ตัดจากส่วนที่เป็นสินค้าได้ที่มีขนาดขนาดวัดรอบน้อยกว่า 25 เซนติเมตร จนถึงขนาดที่มีขนาดวัดรอบประมาณ 7.8 เซนติเมตร
- 6) น้ำหนักสดรวม (total weight, Tw) คือน้ำหนักสดส่วนที่เป็นสินค้าได้รวมกับน้ำหนักสดส่วนของปลายไม้

ตารางผนวกที่ 2 ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของหน่วยจัดการที่ 1

แนว ทางการ จัดการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)					รายได้ (บาท/ไร่)					มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไร (บาท/ไร่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-
2	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C
3	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-
4	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-
5	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C
6	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-
7	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C
8	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-
9	-	-	4,580	-	-	-	-	11,106	-	-	-	-	6,526	-	-
10	-	-	4,580	-	1,476	-	-	11,106	-	8,355	-	-	6,526	-	6,879
11	-	-	-	5,923	-	-	-	-	22,534	-	-	-	-	16,611	-
12	-	-	-	-	7,154	-	-	-	-	33,125	-	-	-	-	25,972

ตารางผนวกที่ 3 ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของหน่วยจัดการที่ 2

แนว ทางการ จัดการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)					รายได้ (บาท/ไร่)					มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไร (บาท/ไร่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-
2	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C
3	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-
4	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-
5	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C
6	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-
7	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C
8	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-
9	-	-	4,873	-	-	-	-	13,265	-	-	-	-	8,392	-	-
10	-	-	4,873	-	1,697	-	-	13,265	-	9,979	-	-	8,392	-	8,283
11	-	-	-	6,095	-	-	-	-	23,802	-	-	-	-	17,707	-
12	-	-	-	-	7,371	-	-	-	-	34,720	-	-	-	-	27,349

ตารางผนวกที่ 4 ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของหน่วยจัดการที่ 3

แนว ทางการ จัดการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)					รายได้ (บาท/ไร่)					มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไร (บาท/ไร่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-
2	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C
3	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-
4	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-
5	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C
6	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-
7	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C
8	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-
9	-	-	5,124	-	-	-	-	15,104	-	-	-	-	9,981	-	-
10	-	-	5,124	-	1,885	-	-	15,104	-	11,363	-	-	9,981	-	9,478
11	-	-	-	6,369	-	-	-	-	25,814	-	-	-	-	19,446	-
12	-	-	-	-	7,713	-	-	-	-	37,236	-	-	-	-	29,523

ตารางผนวกที่ 5 ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของหน่วยจัดการที่ 4

แนว ทางการ จัดการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)					รายได้ (บาท/ไร่)					มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไร (บาท/ไร่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-
2	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C
3	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-
4	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-
5	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C
6	-	1,408	-	-	-	-	2,889	-	-	-	-	1,481	-	-	-
7	-	1,408	-	-	1,951	-	2,889	-	-	10,597	-	1,481	-	-	8,647
8	-	1,408	-	1,168	-	-	2,889	-	5,709	-	-	1,481	-	4,541	-
9	-	-	2,508	-	-	-	-	10,313	-	-	-	-	7,804	-	-
10	-	-	2,508	-	1,013	-	-	10,313	-	4,951	-	-	7,804	-	6,959
11	-	-	-	3,340	-	-	-	-	16,064	-	-	-	-	12,724	-
12	-	-	-	-	4,204	-	-	-	-	22,296	-	-	-	-	18,092

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่มีการรื้อปลูกใหม่

ตารางผนวกที่ 6 ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของหน่วยจัดการที่ 5

แนว ทางการ จัดการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)					รายได้ (บาท/ไร่)					มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไร (บาท/ไร่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-
2	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C
3	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-
4	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-
5	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C
6	-	1,599	-	-	-	-	3,339	-	-	-	-	1,740	-	-	-
7	-	1,599	-	-	1,540	-	3,339	-	-	7,582	-	1,740	-	-	6,041
8	-	1,599	-	733	-	-	3,339	-	2,512	-	-	1,740	-	1,779	-
9	-	-	2,589	-	-	-	-	10,078	-	-	-	-	7,489	-	-
10	-	-	2,589	-	636	-	-	10,078	-	2,179	-	-	7,489	-	1,543
11	-	-	-	3,340	-	-	-	-	15,344	-	-	-	-	12,004	-
12	-	-	-	-	4,120	-	-	-	-	21,053	-	-	-	-	16,934

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่มีกรรือปลูกใหม่

ตารางผนวกที่ 7 ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของหน่วยจัดการที่ 6

แนว ทางการ จัดการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)					รายได้ (บาท/ไร่)					มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไร (บาท/ไร่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	896	-	-	-	-	2,180	-	-	-	-	1,284	-	-	-	-
2	896	-	-	-	1,748	2,180	-	-	-	7,861	1,284	-	-	-	6,113
3	896	-	-	1,288	-	2,180	-	-	5,153	-	1,284	-	-	3,865	-
4	896	-	674	-	-	2,180	-	1,640	-	-	1,284	-	966	-	-
5	896	-	674	-	507	2,180	-	1,640	-	1,234	1,284	-	966	-	726
6	-	1,712	-	-	-	-	6,850	-	-	-	-	5,138	-	-	-
7	-	1,712	-	-	1,117	-	6,850	-	-	4,470	-	5,138	-	-	3,353
8	-	1,712	-	585	-	-	6,850	-	1,422	-	-	5,138	-	838	-
9	-	-	2,324	-	-	-	-	10,449	-	-	-	-	8,125	-	-
10	-	-	2,324	-	507	-	-	10,449	-	1,234	-	-	8,125	-	726
11	-	-	-	2,932	-	-	-	-	14,361	-	-	-	-	11,429	-
12	-	-	-	-	3,518	-	-	-	-	18,378	-	-	-	-	14,860

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่มีกรรือปลูกใหม่

ตารางผนวกที่ 8 ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของหน่วยจัดการที่ 7

แนว ทางการ จัดการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)					รายได้ (บาท/ไร่)					มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไร (บาท/ไร่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-
2	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C
3	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-
4	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-
5	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C
6	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-
7	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C
8	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-
9	-	-	3,561	-	-	-	-	4,445	-	-	-	-	884	-	-
10	-	-	3,561	-	1,686	-	-	4,445	-	9,899	-	-	884	-	8,213
11	-	-	-	5,155	-	-	-	-	17,608	-	-	-	-	12,453	-
12	-	-	-	-	6,295	-	-	-	-	27,435	-	-	-	-	21,140

ตารางผนวกที่ 9 ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของหน่วยจัดการที่ 8

แนว ทางการ จัดการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)					รายได้ (บาท/ไร่)					มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไร (บาท/ไร่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-
2	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C
3	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-
4	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-
5	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C
6	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-
7	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C
8	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-
9	-	-	3,561	-	-	-	-	4,445	-	-	-	-	884	-	-
10	-	-	3,561	-	1,686	-	-	4,445	-	9,899	-	-	884	-	8,213
11	-	-	-	5,155	-	-	-	-	17,608	-	-	-	-	12,453	-
12	-	-	-	-	6,295	-	-	-	-	27,435	-	-	-	-	21,140

ตารางผนวกที่ 10 ต้นทุน รายได้ และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้แต่ละแนวทางการจัดการ ของหน่วยจัดการที่ 9

แนว ทางการ จัดการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)					รายได้ (บาท/ไร่)					มูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือกำไร (บาท/ไร่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-
2	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C	C	-	-	-	C
3	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-
4	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-
5	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C	C	-	C	-	C
6	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	C	-	-	-
7	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C
8	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-
9	-	-	3,561	-	-	-	-	4,445	-	-	-	-	884	-	-
10	-	-	3,561	-	1,686	-	-	4,445	-	9,899	-	-	884	-	8,213
11	-	-	-	5,155	-	-	-	-	17,608	-	-	-	-	12,453	-
12	-	-	-	-	6,295	-	-	-	-	27,435	-	-	-	-	21,140

! OBJECTIVE FUNCTION								
Maximize Z =	6,526	MU1MR9 +	13,405	MU1MR10 +	16,611	MU1MR11 +	25,972	MU1MR12 +
	8,392	MU2MR9 +	16,674	MU2MR10 +	17,707	MU2MR11 +	27,349	MU2MR12 +
	9,981	MU3MR9 +	19,459	MU3MR10 +	19,446	MU3MR11 +	29,523	MU3MR12 -
	1,481	MU4MR6 +	10,128	MU4MR7 +	6,022	MU4MR8 +	7,804	MU4MR9 +
	14,763	MU4MR10 +	12,724	MU4MR11 +	18,092	MU4MR12 +	1,740	MU5MR6 +
	7,781	MU5MR7 +	3,519	MU5MR8 +	7,489	MU5MR9 +	9,032	MU5MR10 +
	12,004	MU5MR11 +	16,934	MU5MR12 +	1,284	MU6MR1 +	7,396	MU6MR2 +
	5,149	MU6MR3 +	2,249	MU6MR4 +	2,976	MU6MR5 +	5,138	MU6MR6 +
	8,491	MU6MR7 +	5,976	MU6MR8 +	8,125	MU6MR9 +	8,852	MU6MR10 +
	11,429	MU6MR11 +	14,860	MU6MR12 +	884	MU7MR9 +	9,098	MU7MR10 +
	12,453	MU7MR11 +	21,140	MU7MR12 +	884	MU8MR9 +	9,098	MU8MR10 +
	12,453	MU8MR11 +	21,140	MU8MR12 +	884	MU9MR9 +	9,098	MU9MR10 +
	12,453	MU9MR11 +	21,140	MU9MR12				

ภาพผนวกที่ 2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) ของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (LP model)

SUBJECT TO					
! AREA CONSTRAINS					
1)	MU1MR9 +	MU1MR10 +	MU1MR11 +	MU1MR12	\leq 1,632
2)	MU2MR9 +	MU2MR10 +	MU2MR11 +	MU2MR12	\leq 500
3)	MU3MR9 +	MU3MR10 +	MU3MR11 +	MU3MR12	\leq 478
4)	MU4MR6 +	MU4MR7 +	MU4MR8 +	MU4MR9 +	
	MU4MR10 +	MU4MR11 +	MU4MR12		\leq 830
5)	MU5MR6 +	MU5MR7 +	MU5MR8 +	MU5MR9 +	
	MU5MR10 +	MU5MR11 +	MU5MR12		\leq 1,035
6)	MU6MR1 +	MU6MR2 +	MU6MR3 +	MU6MR4 +	
	MU6MR5 +	MU6MR6 +	MU6MR7 +	MU6MR8 +	
	MU6MR9 +	MU6MR10 +	MU6MR11 +	MU6MR12	\leq 1,720
7)	MU7MR9 +	MU7MR10 +	MU7MR11 +	MU7MR12	\leq 830
8)	MU8MR9 +	MU8MR10 +	MU8MR11 +	MU8MR12	\leq 100
9)	MU9MR9 +	MU9MR10 +			
	MU9MR11 +	MU9MR12			\leq 1,035

ภาพผนวกที่ 3 เงื่อนไขและข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ (area constraints) ของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (LP model)

! REGULATION CONSTRAINTS							
!PERIOD 5							
10)	MU1MR10 +	MU1MR12 +	MU2MR10 +	MU2MR12 +	MU3MR10 +	MU3MR12 +	MU4MR7 +
	MU4MR10 +	MU4MR12 +	MU5MR7 +	MU5MR10 +	MU5MR12 +	MU6MR2 +	MU6MR5 +
	MU6MR7 +	MU6MR10 +	MU6MR12 +	MU7MR10 +	MU7MR12 +	MU8MR10 +	MU8MR12 +
	MU9MR10 +	MU9MR12					
							\geq 1,592
11)	MU1MR10 +	MU1MR12 +	MU2MR10 +	MU2MR12 +	MU3MR10 +	MU3MR12 +	MU4MR7 +
	MU4MR10 +	MU4MR12 +	MU5MR7 +	MU5MR10 +	MU5MR12 +	MU6MR2 +	MU6MR5 +
	MU6MR7 +	MU6MR10 +	MU6MR12 +	MU7MR10 +	MU7MR12 +	MU8MR10 +	MU8MR12 +
	MU9MR10 +	MU9MR12					
							\leq 1,672
!PERIOD 4							
12)	MU1MR11 +	MU2MR11 +	MU3MR11 +	MU4MR8 +	MU4MR11 +	MU5MR8 +	MU5MR11 +
	MU6MR3 +	MU6MR8 +	MU6MR11 +	MU7MR11 +	MU8MR11 +	MU9MR11	
							\geq 1,592
13)	MU1MR11 +	MU2MR11 +	MU3MR11 +	MU4MR8 +	MU4MR11 +	MU5MR8 +	MU5MR11 +
	MU6MR3 +	MU6MR8 +	MU6MR11 +	MU7MR11 +	MU8MR11 +	MU9MR11	
							\leq 1,672

ภาพผนวกที่ 4 เงื่อนไขและข้อจำกัดทางด้านการปรับโครงสร้างสวนป่า (regulation constraints) ของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (LP model)

!PERIOD 3								
14)	MU1MR9 +	MU1MR10 +	MU2MR9 +	MU2MR10 +	MU3MR9 +	MU3MR10 +	MU4MR9 +	
	MU4MR10 +	MU5MR9 +	MU5MR10 +	MU6MR4 +	MU6MR5 +	MU6MR9 +	MU6MR10 +	\geq 1,592
	MU7MR9 +	MU7MR10 +	MU8MR9 +	MU8MR10 +	MU9MR9 +	MU9MR10 +		
15)	MU1MR9 +	MU1MR10 +	MU2MR9 +	MU2MR10 +	MU3MR9 +	MU3MR10 +	MU4MR9 +	
	MU4MR10 +	MU5MR9 +	MU5MR10 +	MU6MR4 +	MU6MR5 +	MU6MR9 +	MU6MR10 +	\leq 1,672
	MU7MR9 +	MU7MR10 +	MU8MR9 +	MU8MR10 +	MU9MR9 +	MU9MR10 +		
!PERIOD 2								
16)	MU4MR6 +	MU4MR7 +	MU4MR8 +	MU5MR6 +	MU5MR7 +	MU5MR8 +	MU6MR6 +	\geq 1,592
	MU6MR7 +	MU6MR8						
17)	MU4MR6 +	MU4MR7 +	MU4MR8 +	MU5MR6 +	MU5MR7 +	MU5MR8 +	MU6MR6 +	\leq 1,672
	MU6MR7 +	MU6MR8						
!PERIOD 1								
18)	MU6MR1 +	MU6MR2 +	MU6MR3 +	MU6MR4 +	MU6MR5			\geq 1,592
19)	MU6MR1 +	MU6MR2 +	MU6MR3 +	MU6MR4 +	MU6MR5			\leq 1,672

ภาพผนวกที่ 4 (ต่อ)

! BUDGET CONSTRAINTS											
!PERIOD 1											
20)	896	MU6MR1 +	896	MU6MR2 +	896	MU6MR3 +	896	MU6MR4 +	896	MU6MR5	\geq 4,480
!PERIOD 2											
21)	1,408	MU4MR6 +	1,408	MU4MR7 +	1,408	MU4MR8 +	1,599	MU5MR6 +	1,599	MU5MR7 +	
	1,599	MU5MR8 +	1,712	MU6MR6 +	1,712	MU6MR7 +	1,712	MU6MR8			\geq 14,157
!PERIOD 3											
22)	4,580	MU1MR9 +	4,580	MU1MR10 +	4,873	MU2MR9 +	4,873	MU2MR10 +	5,124	MU3MR9 +	
	5,124	MU3MR10 +	2,508	MU4MR9 +	2,508	MU4MR10 +	2,589	MU5MR9 +	2,589	MU5MR10 +	
	674	MU6MR4 +	674	MU6MR5 +	2,324	MU6MR9 +	2,324	MU6MR10 +	3,561	MU7MR9 +	
	3,561	MU7MR10 +	3,561	MU8MR9 +	3,561	MU8MR10 +	3,561	MU9MR9 +	3,561	MU9MR10	\geq 66,710
!PERIOD 4											
23)	5,923	MU1MR11 +	6,095	MU2MR11 +	6,369	MU3MR11 +	1,168	MU4MR8 +	3,340	MU4MR11 +	
	733	MU5MR8 +	3,340	MU5MR11 +	1,288	MU6MR3 +	585	MU6MR8 +	2,932	MU6MR11 +	
	5,155	MU7MR11 +	5,155	MU8MR11 +	5,155	MU9MR11					\geq 47,238
!PERIOD 5											
24)	1,476	MU1MR10 +	7,154	MU1MR12 +	1,697	MU2MR10 +	7,371	MU2MR12 +	1,885	MU3MR10 +	
	7,713	MU3MR12 +	1,951	MU4MR7 +	1,013	MU4MR10 +	4,204	MU4MR12 +	1,540	MU5MR7 +	
	636	MU5MR10 +	4,120	MU5MR12 +	1,748	MU6MR2 +	507	MU6MR5 +	1,117	MU6MR7 +	
	507	MU6MR10 +	3,518	MU6MR12 +	1,686	MU7MR10 +	6,295	MU7MR12 +	1,686	MU8MR10 +	
	6,295	MU8MR12 +	1,686	MU9MR10 +	6,295	MU9MR12					\geq 72,100

ภาพผนวกที่ 5 เงื่อนไขและข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ (budget constraints) ของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (LP model)

SECTION 1

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 51

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 80,530,060

SECTION 2

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
MU1MR9	731	0
MU1MR10	0	13532
MU1MR11	0	674
MU1MR12	901	0
MU2MR9	500	0
MU2MR10	0	12129
MU2MR11	0	1444
MU2MR12	0	489
MU3MR9	0	96
MU3MR10	0	11029
MU3MR11	0	1390
MU3MR12	478	0
MU4MR6	429	0
MU4MR7	0	8802
MU4MR8	0	4221
MU4MR9	401	0
MU4MR10	0	13452

ภาพผนวกที่ 6 ผลเฉลยตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น สำหรับวางแผนจัดการสวนป่ายูคาลิปตัส เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการโดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)

MU4MR11	0	5839
MU4MR12	0	9158
MU5MR6	1035	0
MU5MR7	0	14370
MU5MR8	0	9945
MU5MR9	0	3536
MU5MR10	0	22404
MU5MR11	0	9780
MU5MR12	0	13537
MU6MR1	1552	0
MU6MR2	0	14299
MU6MR3	0	7859
MU6MR4	40	0
MU6MR5	0	19684
MU6MR6	128	0
MU6MR7	0	17058
MU6MR8	0	10886
MU6MR9	0	6298
MU6MR10	0	25982
MU6MR11	0	13753
MU6MR12	0	19009
MU7MR9	0	810
MU7MR10	0	13007
MU7MR11	830	0
MU7MR12	0	0
MU8MR9	0	810

ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

MU8MR10	0	13007
MU8MR11	0	0
MU8MR12	100	0
MU9MR9	0	810
MU9MR10	0	13007
MU9MR11	842	0
MU9MR12	193	0

SECTION 3

ROW	SLACK OR	
	SURPLUS	DUAL PRICES
1)	0	5561
2)	0	7427
3)	0	9112
4)	0	6839
5)	0	10060
6)	0	13458
7)	0	729
8)	0	729
9)	0	729
10)	80	0
11)	0	20411
12)	80	0
13)	0	11724
14)	80	0
15)	0	965
16)	0	-8320

ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

17)	80	0
18)	0	-12174
19)	80	0
20)	1421952	0
21)	2463976	0
22)	6750438	0
23)	8571922	0
24)	11904903	0

NO. ITERATIONS = 51

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

SECTION 4

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
MU1MR9	6526	489	96
MU1MR10	13405	13532	INFINITY
MU1MR11	16611	674	INFINITY
MU1MR12	25972	96	489
MU2MR9	8392	INFINITY	489
MU2MR10	16674	12129	INFINITY
MU2MR11	17707	1444	INFINITY
MU2MR12	27349	489	INFINITY
MU3MR9	9981	96	INFINITY
MU3MR10	19459	11029	INFINITY
MU3MR11	19446	1390	INFINITY

ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

MU3MR12	29523	INFINITY	96
MU4MR6	-1481	3536	4221
MU4MR7	10128	8802	INFINITY
MU4MR8	6022	4221	INFINITY
MU4MR9	7804	INFINITY	3536
MU4MR10	14763	13452	INFINITY
MU4MR11	12724	5839	INFINITY
MU4MR12	18092	9158	INFINITY
MU5MR6	1740	INFINITY	3536
MU5MR7	7781	14370	INFINITY
MU5MR8	3519	9945	INFINITY
MU5MR9	7489	3536	INFINITY
MU5MR10	9032	22404	INFINITY
MU5MR11	12004	9780	INFINITY
MU5MR12	16934	13537	INFINITY
MU6MR1	1284	965	729
MU6MR2	7396	14299	INFINITY
MU6MR3	5149	7859	INFINITY
MU6MR4	2249	729	965
MU6MR5	2976	19684	INFINITY
MU6MR6	5138	INFINITY	6298
MU6MR7	8491	17058	INFINITY
MU6MR8	5976	10886	INFINITY
MU6MR9	8125	6298	INFINITY
MU6MR10	8852	25982	INFINITY
MU6MR11	11429	13753	INFINITY

ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

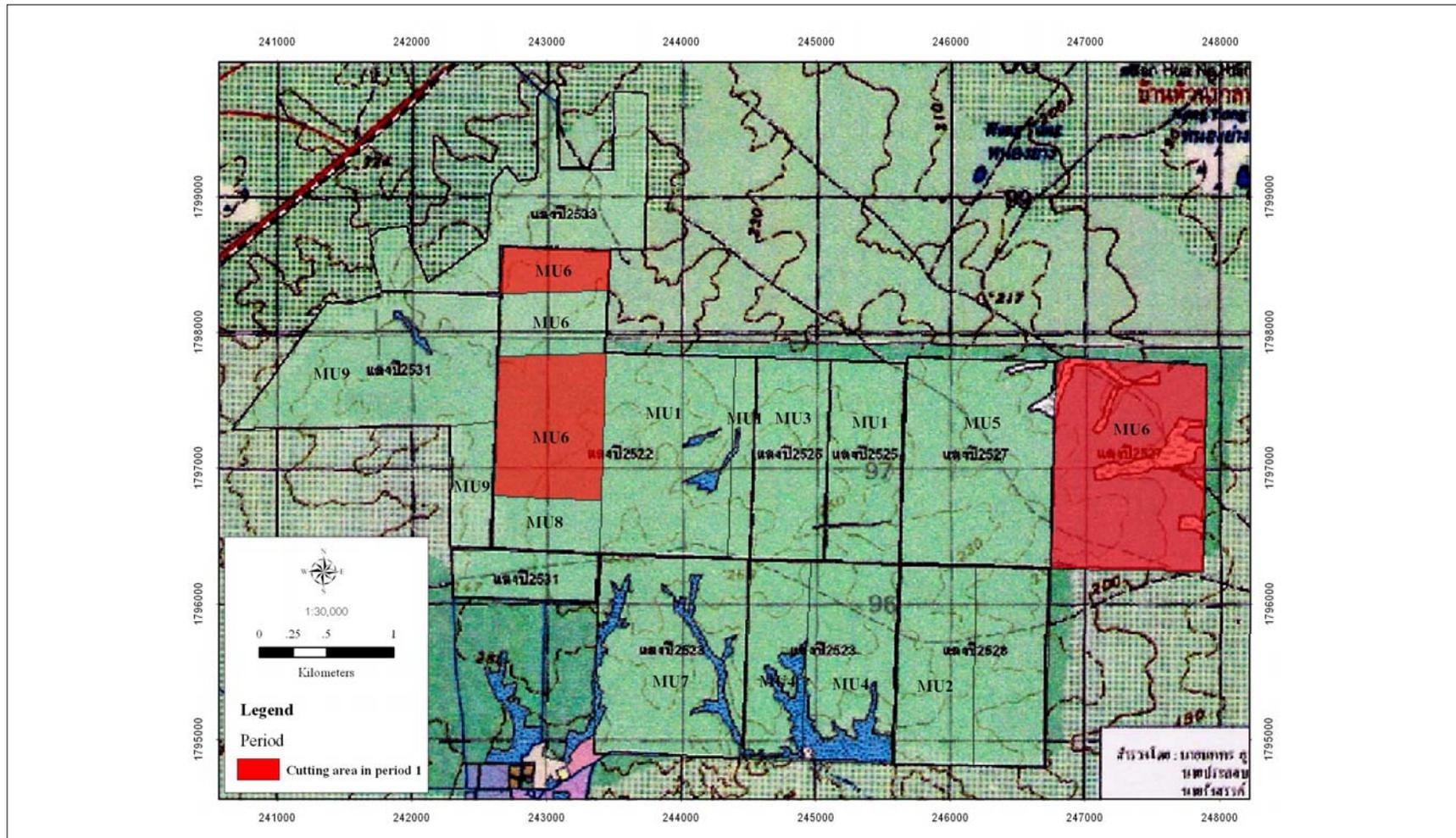
MU6MR12	14860	19009	INFINITY
MU7MR9	884	810	INFINITY
MU7MR10	9098	13007	INFINITY
MU7MR11	12453	INFINITY	0
MU7MR12	21140	0	INFINITY
MU8MR9	884	810	INFINITY
MU8MR10	9098	13007	INFINITY
MU8MR11	12453	0	INFINITY
MU8MR12	21140	INFINITY	0
MU9MR9	884	810	INFINITY
MU9MR10	9098	13007	INFINITY
MU9MR11	12453	0	0
MU9MR12	21140	0	0
RIGHTHAND SIDE RANGES			
ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
1	1632	40	731
2	500	40	500
3	478	40	478
4	830	40	401
5	1035	40	401
6	1720	40	128
7	830	40	193
8	100	40	100
9	1035	40	193
10	1592	80	INFINITY

SECTION 5

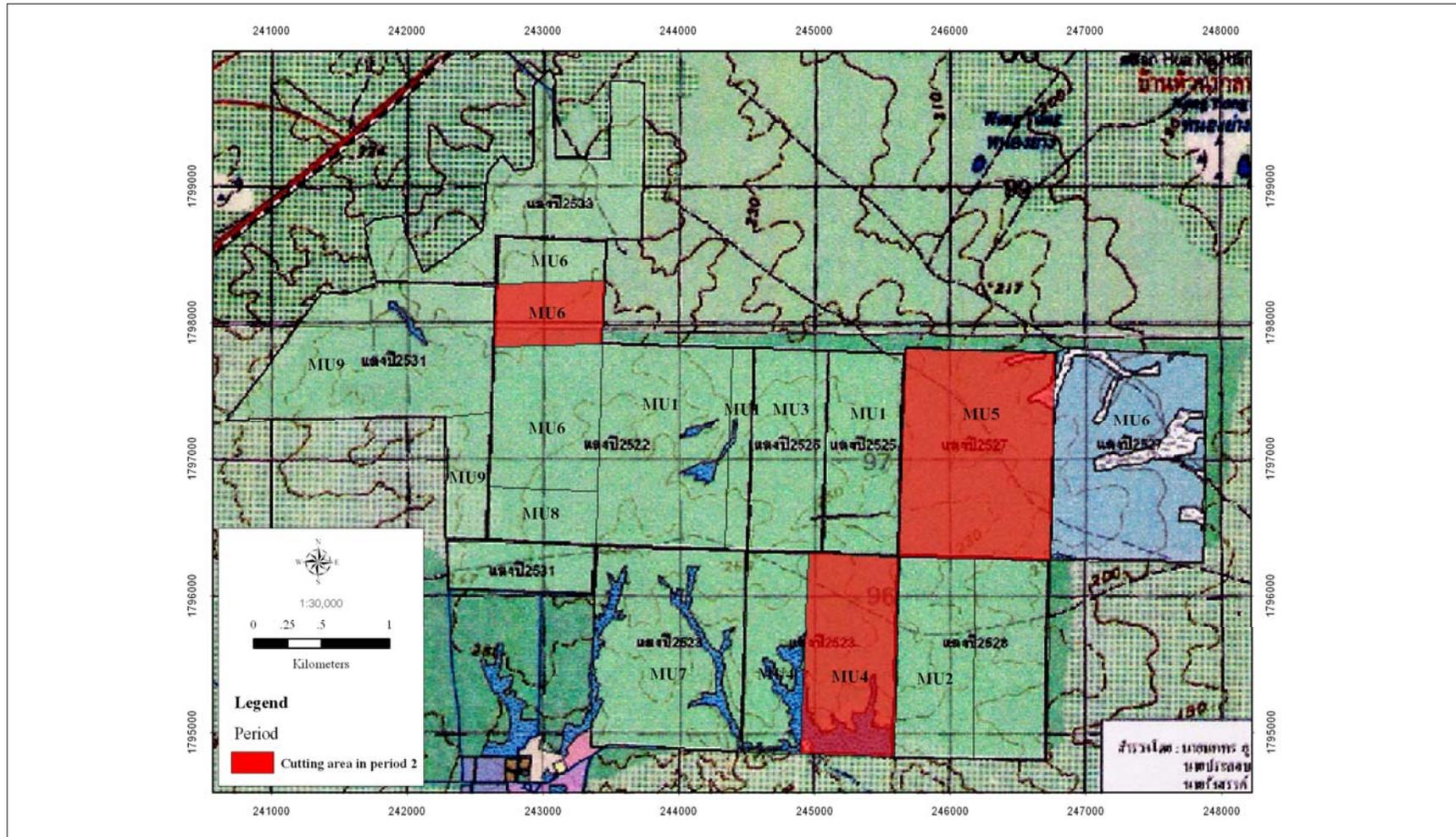
ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

11	1672	731	40
12	1592	80	INFINITY
13	1672	193	40
14	1592	80	INFINITY
15	1672	1552	40
16	1592	80	40
17	1672	INFINITY	80
18	1592	80	40
19	1672	INFINITY	80
20	4480	1421952	INFINITY
21	14157	2463976	INFINITY
22	66710	6750438	INFINITY
23	47238	8571922	INFINITY
24	72100	11904903	INFINITY

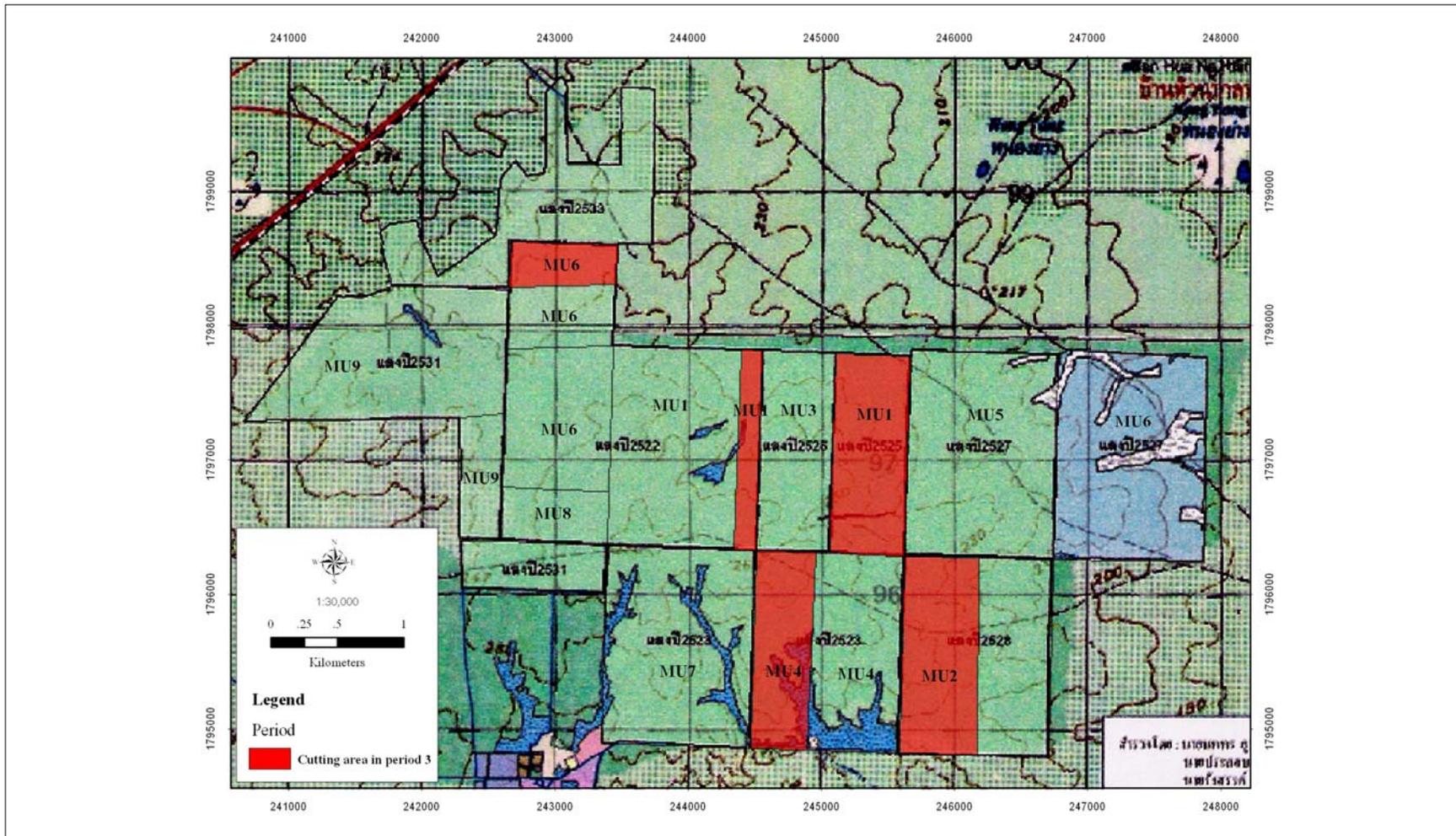
ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)



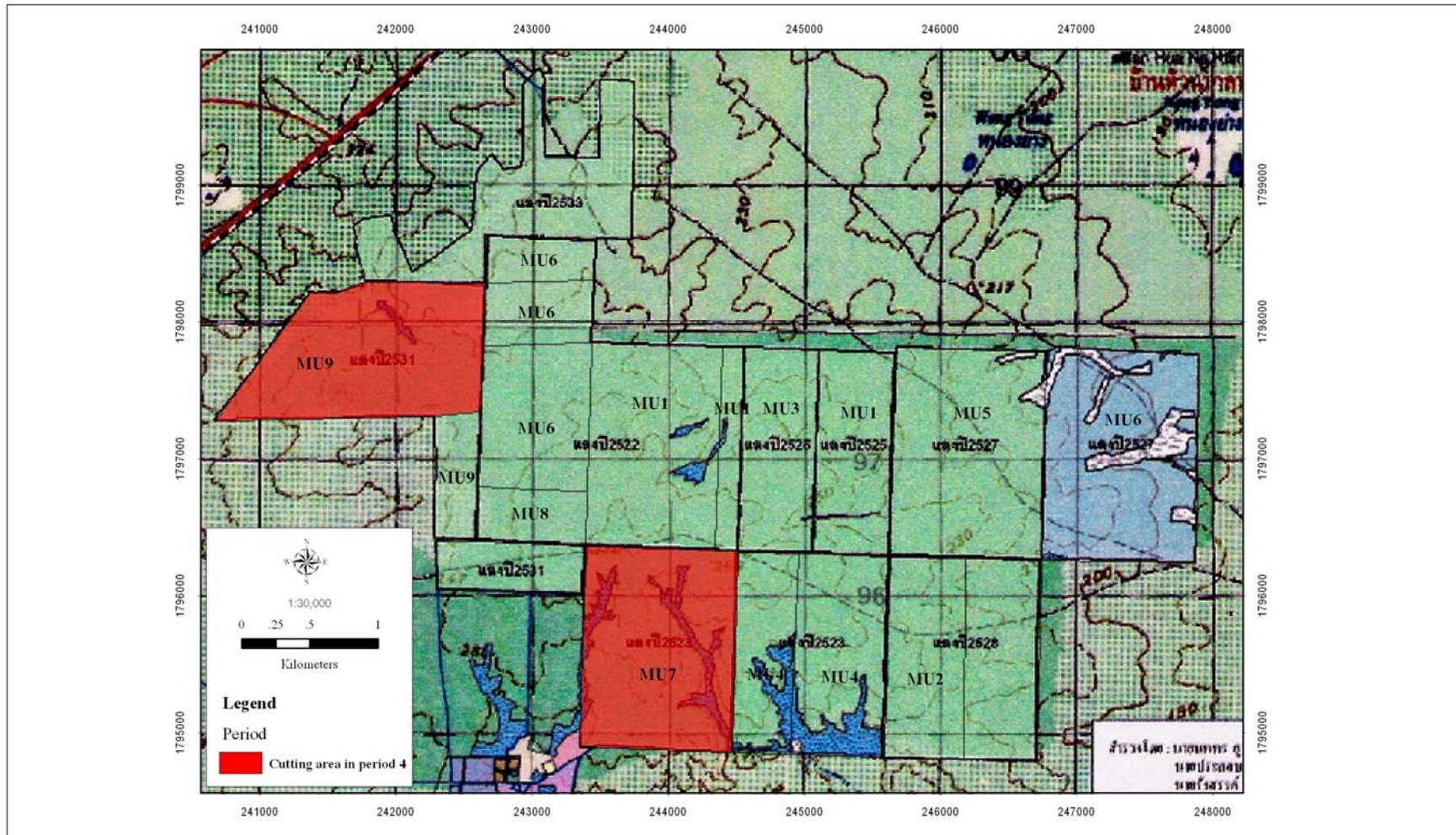
ภาพผนวกที่ 7 พื้นที่การตัดฟันของ cutting period ที่ 1 เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)



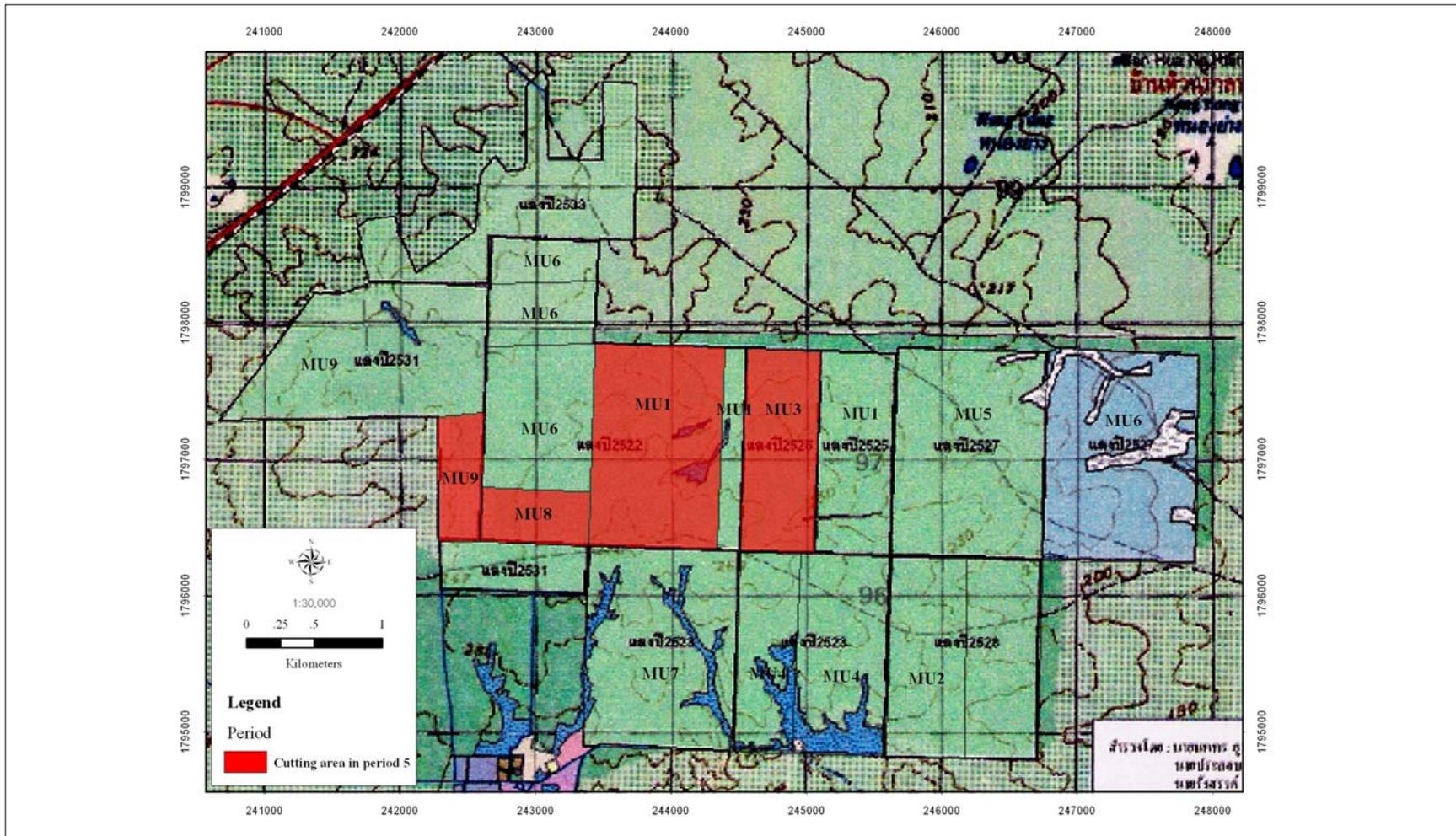
ภาพผนวกที่ 8 พื้นที่การตัดฟันของ cutting period ที่ 2 เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)



ภาพผนวกที่ 9 พื้นที่การตัดฟันของ cutting period ที่ 3 เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)



ภาพผนวกที่ 10 พื้นที่การตัดฟันของ cutting period ที่ 4 เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)



ภาพผนวกที่ 11 พื้นที่การตัดฟันของ cutting period ที่ 5 เมื่อกำหนดเงื่อนไขของการจัดการ โดยควบคุมพื้นที่การตัดฟันเพียงอย่างเดียว (area control)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายสุขสันต์ ทวีชีพ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2524
สถานที่เกิด	ชัยภูมิ
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนอุดหนุนงานวิจัย บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์