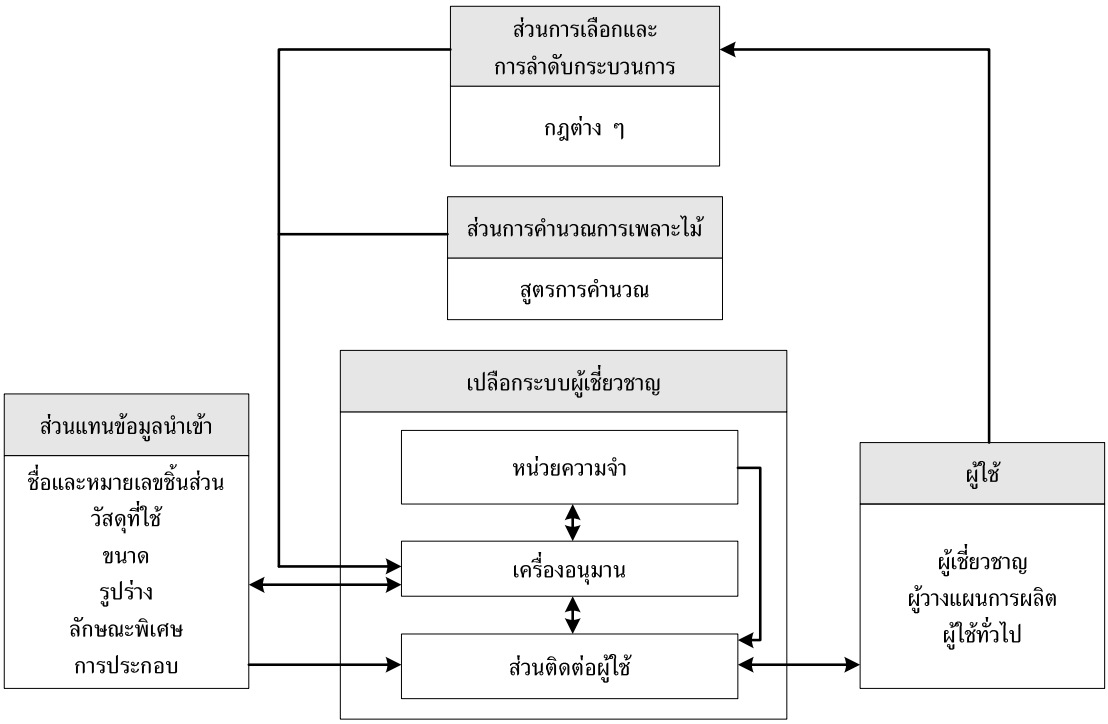
บทที่ 3
การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้โปรแกรมภาษา XLISP-STAT บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ทำการสร้างเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System Shell) และฐานความรู้ (Knowledge Base) สำหรับการเลือกกระบวนการผลิตและจัดลำดับขั้นตอนกระบวนการผลิตสำหรับเฟอร์นิเจอร์ประเภทกรอบกระจก ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ได้ประกอบไปด้วยเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ ส่วนแทนข้อมูลนำเข้า (Part Representation Module) ส่วนการคำนวณวิธีการเพลาะไม้ (Gluing Module) และส่วนการเลือกกระบวนการและลำดับกระบวนการ (Process Selection and Sequencing Module) โดยผู้ใช้จะติดต่อกับระบบผ่านเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการกำหนดลักษณะต่าง ๆ ของชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ หลักจากที่รายละเอียดของชิ้นส่วนได้ถูกระบุลงในโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ระบบจะสร้างแผนกระบวนการผลิตตามข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดไว้ แผนการผลิตจะถูกแสดงในรูปของไฟล์ LISP และ MS EXCEL

ภาพประกอบ 3-1 แสดงความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มผู้ใช้งานได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญที่สามารถเพิ่มเติมหรือแก้ไขกฎต่าง ๆ สำหรับการเลือกและจัดลำดับกระบวนการผลิต จะได้รับการอนุญาตให้แก้ไขข้อมูลในไฟล์กฎ ซึ่งแยกออกจากโปรแกรมหลักเพื่อให้สะดวกในการแก้ไขและป้องกันความผิดพลาด ที่เกิดจากการแก้ไขชุดคำสั่งต่าง ๆ ของโปรแกรมหลักอย่างไม่ตั้งใจ ผู้วางแผนการผลิตหรือผู้ใช้ทั่วไปจะติดต่อกับเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดรายละเอียดชิ้นส่วนและการดูผลลัพธ์ที่ได้จากการระบบ เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญจะอาศัยข้อมูลจากส่วนแทนข้อมูลนำเข้า ส่วนการคำนวณการเพลาะไม้ และส่วนการเลือกและลำดับกระบวนการ มาทำการอนุมานหาข้อสรุปกระบวนการผลิตที่เป็นไปได้และทำการจัดเรียงลำดับกระบวนการที่อนุมานได้ตามมาตรฐานของโรงงาน เมื่อได้แผนกระบวนการผลิตแล้วจะแสดงผลทางเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ผู้ใช้นำผลที่ได้ไปใช้งานต่อไป

3.1 เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System Shell)

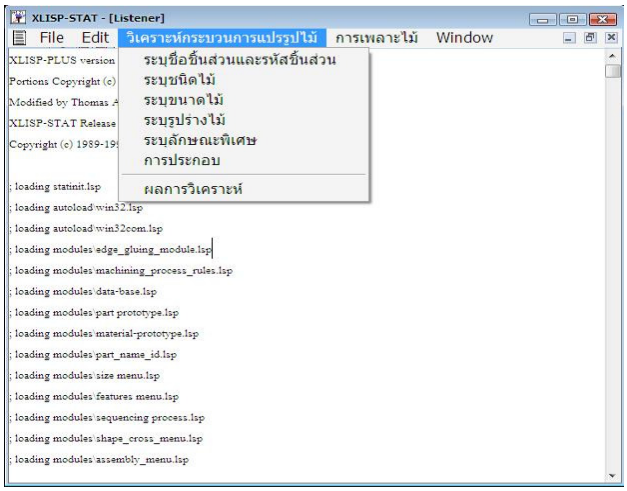
เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม XLISP-STAT เป็นโปรแกรมการแสดงผล และได้ใช้หลักการอนุมานแบบเดินหน้าของ Winston และ Horn (1989) มาทำการดัดแปลงเพิ่มเติมในส่วนการตรวจสอบค่าความจริงกับเงื่อนไขของกฎเพื่อสร้างเครื่องอนุมานของระบบผู้เชี่ยวชาญ เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ



ภาพประกอบ 3-1 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ของระบบผู้เชี่ยวชาญ

3.1.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้

ผู้วิจัยได้พัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ในลักษณะแบบหน้าต่างรายการเลือก (Menu) สำหรับให้ผู้ใช้เลือกและกรอกข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานของโปรแกรมทั่วไปในระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ดังภาพประกอบ 3-2

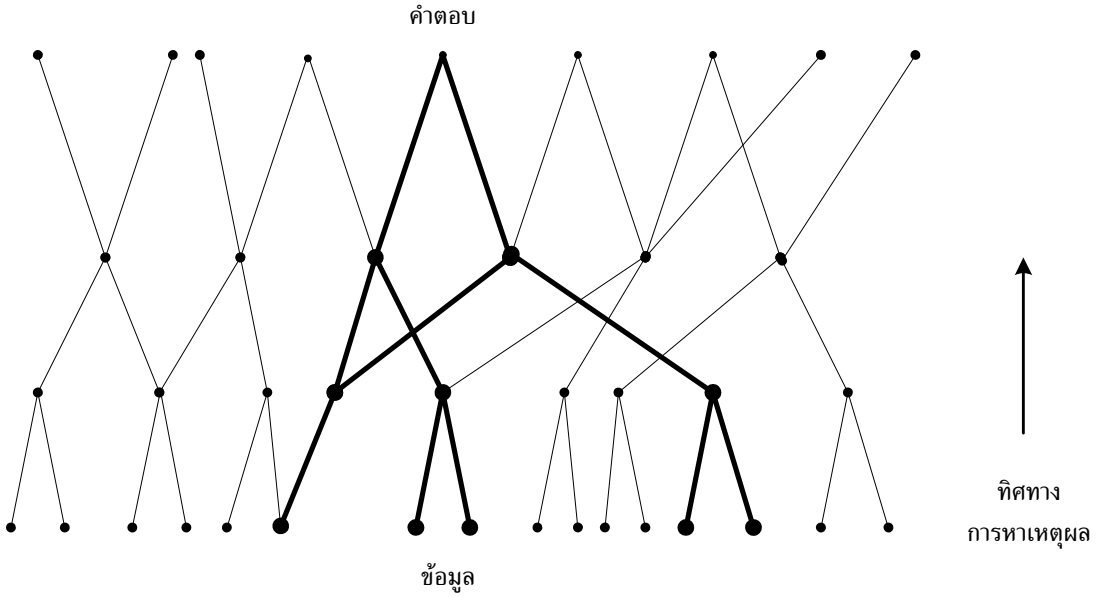


ภาพประกอบ 3-2 ส่วนติดต่อผู้ใช้

ส่วนติดต่อผู้ใช้จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้ แล้วจะแปลงข้อมูลนั้นให้อยู่ในรูปแบบที่จะใช้ในกระบวนการของโปรแกรม (ซึ่งจะอธิบายต่อไปในส่วนแทนข้อมูลนำเข้า) หรือรับผลจากการทำงานของโปรแกรม แล้วแปลงออกเป็นรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้

3.1.2 เครื่องอนุมาน

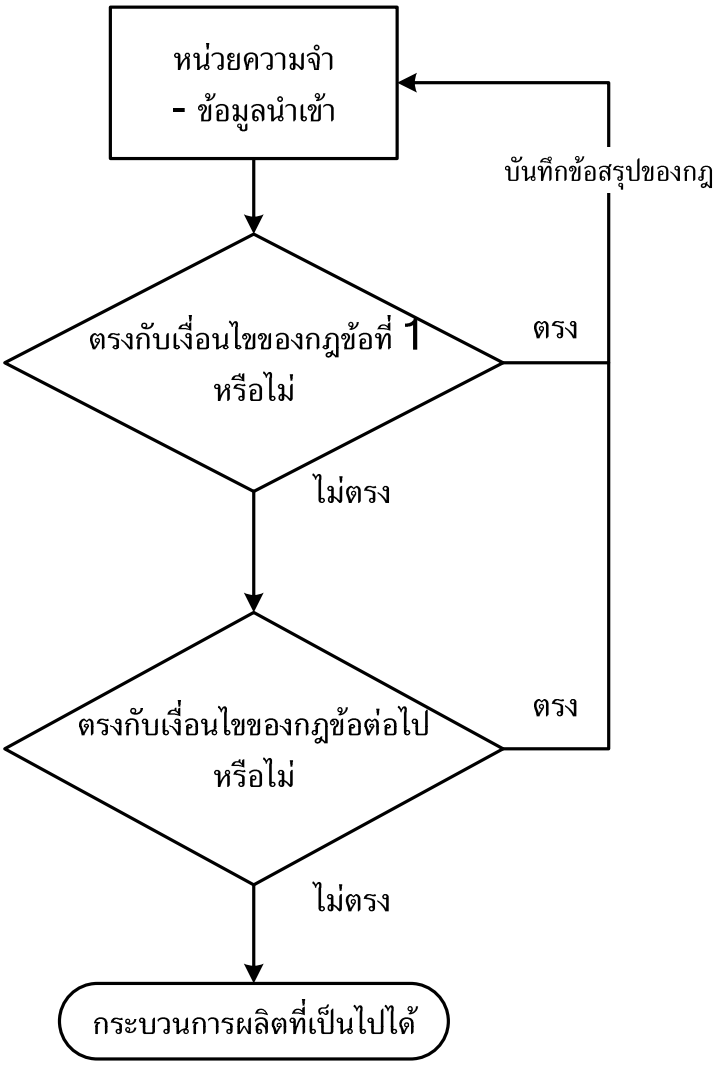
เครื่องอนุมานเป็นส่วนกลไกของระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการอนุมานหรือวินิจฉัยหาข้อสรุป ประกอบไปด้วยชุดคำสั่งที่ทำหน้าที่ในการนำข้อมูลที่แปลงมาจากส่วนติดต่อผู้ใช้มาประมวลผลกับฐานกฎที่ได้สร้างไว้แล้วในระบบ วิธีการอนุมานสำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญมีหลายแบบด้วยกัน (Luger and Strubblefield, 1993) ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการอนุมานแบบเดินหน้า (Forward-Chaining Inference) ซึ่งเป็นการหาคำตอบจากข้อมูลที่มีอยู่ (ภาพประกอบ 3-3) ในกรณีของงานวิจัยนี้ ข้อมูลคือลักษณะต่าง ๆ ของชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์และคำตอบคือ กระบวนการผลิตและลำดับของกระบวนการผลิต



ภาพประกอบ 3-3 การหาคำตอบด้วยวิธีการอนุมานแบบเดินหน้า (ดัดแปลงจาก Luger and Stubblefield, 1993)

เมื่อผู้ใช้ทำการกำหนดข้อมูลนำเข้าของชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะบันทึกข้อมูลดังกล่าวลงในส่วนของหน่วยความจำ เมื่อโปรแกรมจะเริ่มทำการอนุมาน กฎต่าง ๆ ที่อยู่ในส่วนการเลือกและจัดลำดับกระบวนการผลิตจะถูกดึงมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบกฎกับข้อมูลนำเข้า ว่ากฎใดที่ส่วนเงื่อนไขของกฎตรงกับข้อมูลนำเข้าบ้าง หากตรงกัน ข้อสรุปของกฎ ๆ นั้นก็จะถูกบันทึกลงในหน่วยความจำเพื่อใช้เป็นข้อมูล

ชุดใหม่สำหรับการเปรียบเทียบกฎในรอบต่อ ๆ ไป การเปรียบเทียบกฎนี้จะดำเนินการไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งโปรแกรมไม่สามารถหาข้อสรุปใหม่ได้อีก การอนุมานก็จะสิ้นสุดลง และโปรแกรมจะแสดงข้อสรุปต่าง ๆ ที่ได้กลับมายังส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ข้อสรุปที่เกิดขึ้นนี้ก็คือกระบวนการผลิตที่เป็นไปได้สำหรับการแปรรูปไม้มาตรฐานให้กลายเป็นรูปร่างตามลักษณะของกรอบกระจกที่ต้องการและลำดับการผลิตของกระบวนการที่อนุมานได้ (ภาพประกอบ 3-4) ซึ่งโดยทั่วไปกระบวนการผลิตจะประกอบไปด้วย การเลื่อย (การตัดหยาบและการเลื่อยด้านข้างหรือการเลื่อยเป็นชุด) การไส การเพลาะ การตัดตามรูปร่าง (การคว้าน) การกัด (การขึ้นรูปด้วยเครื่องเพลาตั้งหรือเครื่องเราเตอร์) และการขัด



ภาพประกอบ 3-4 การหาข้อสรุปของเครื่องอนุมาน

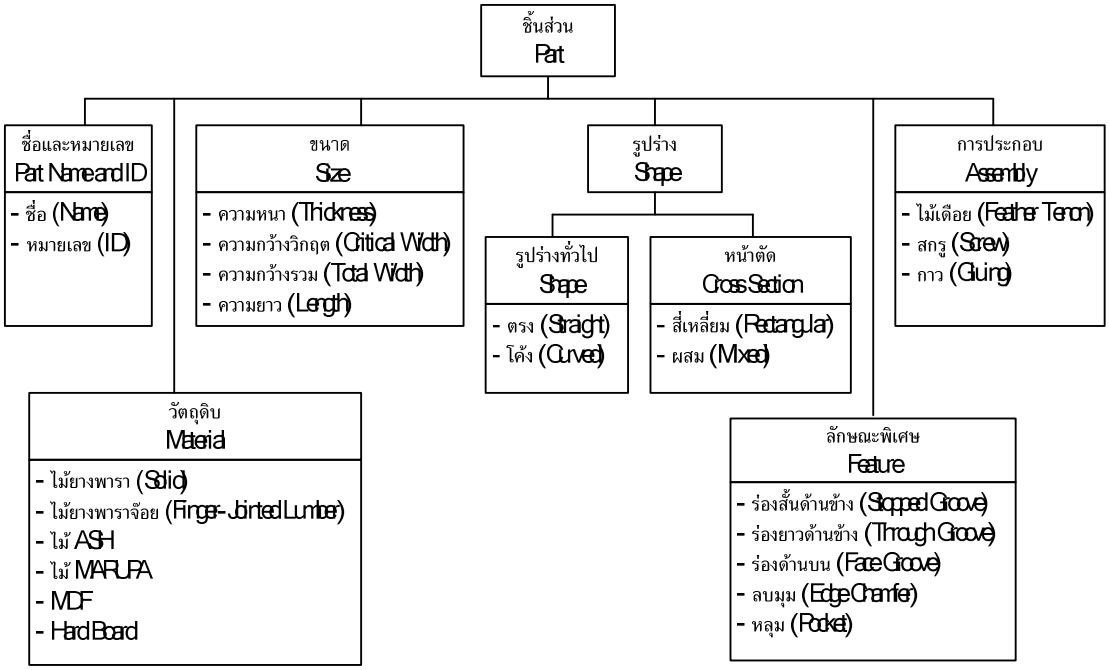
3.1.3 หน่วยความจำ

หน่วยความจำทำหน้าที่เสมือนกระดานดำสำหรับระบบในการคำนวณตัวเลขและค่าตัวแปร การบันทึกข้อมูล ข้อสรุปที่เกิดจากการอนุมานในแต่ละกฎ และผลการเลือกและจัดลำดับกระบวนการผลิต ก่อนที่ส่วนติดต่อผู้ใช้จะดึงข้อมูลในหน่วยความจำมาแสดงแก่ผู้ใช้ต่อไป

3.2 ส่วนแทนข้อมูลนำเข้า (Part Representation Module)

ชิ้นส่วนที่ทำการวิเคราะห์ด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ จะถูกแปลงข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ลักษณะรูปร่าง ขนาด หรือลักษณะพิเศษอื่น ๆ เช่น ร่อง บาก ฯลฯ ให้เป็นรูปแบบที่โปรแกรมเข้าใจ โดยผู้วิจัยได้อาศัยหลักการการโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming) ที่เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ ในการแยกแยะลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการกำหนดโดยใช้การโปรแกรมเชิงวัตถุนี้ จะทำให้การแทนข้อมูลเป็นระบบมากขึ้นและง่ายสำหรับการปรับปรุงข้อมูลในภายหลัง (Law, et. al. 2001; Jia, et. al. 2003; Park, 2003) ในการระบุตัวแทนข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสม ชิ้นส่วนหนึ่งได้ถูกแยกออกเป็น 6 ส่วนคือ ชื่อและหมายเลข วัสดุไม้ดิบ ขนาด รูปร่าง ลักษณะพิเศษ และการประกอบ (ภาพประกอบ 3-5)

- ชื่อและหมายเลข เป็นการระบุชื่อชิ้นส่วนและหมายเลขชิ้นส่วนที่กำลังทำการวิเคราะห์
- วัสดุไม้ดิบ ประกอบไปด้วย ไม้ยางพารา ไม้ยางพาราจ๊อย ไม้ ASH ไม้ MARUPA แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) และแผ่นใยไม้อัดแข็ง (Hardboard)
- ขนาด แบ่งเป็น ความหนา ความกว้างวิกฤติ ความกว้างรวม (อธิบายเพิ่มเติมในส่วนการคำนวณการเพลาะไม้) และความยาว
- รูปร่าง แบ่งเป็น รูปร่างทั่วไป ได้แก่ ตรง และโค้ง และรูปหน้าตัด ได้แก่ สี่เหลี่ยม และผสม
- ลักษณะพิเศษ เป็นรูปลักษณะที่ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเพิ่มเติมขึ้นเพื่อความสวยงาม หรือวิศวกรออกแบบขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อกระบวนการผลิต มีทั้งสิ้น 5 ลักษณะคือ ร่องสั้นด้านข้าง ร่องยาวด้านข้าง ร่องด้านบน ลบมุม และหลุม
- การประกอบ โดยทั่วไปจะมี 3 ลักษณะคือ การใช้ไม้เดือยยึดระหว่างชิ้นส่วนในลักษณะการเข้ามุมไม้หรือการต่อไม้เข้าด้วยกัน การใช้สกรูยึดเพื่อความแข็งแรงของเฟอร์นิเจอร์ ส่วนการประกอบโดยใช้กาวยึดเป็นวิธีการประกอบที่ง่าย แต่ทำให้เฟอร์นิเจอร์ชำรุดเสียหายได้ง่ายเช่นเดียวกัน



ภาพประกอบ 3-5 ข้อมูลในรูปแบบเชิงวัตถุของชิ้นส่วน

เมื่อได้ทำการแยกชิ้นส่วนออกเป็นวัตถุแล้ว แต่ละวัตถุจะถูกระบุในรูปแบบที่โปรแกรมเข้าใจ ผู้วิจัยได้กำหนดลักษณะของรูปแบบ Object-Attribute-Value (OAV) (Gu and Norrie, 1995; Wong and Wong, 1995) เป็นการใช้คำหลักเกี่ยวกับวัตถุ ลักษณะของวัตถุ และค่าของวัตถุ เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์

ตัวอย่างเช่น ชิ้นส่วนเฟรมกระจกบนมีหมายเลขชิ้นส่วนคือ 01 วัสดุที่ใช้คือ ไม้ยางพารา ขนาดคือ กว้าง 60 มม. หนา 40 มม. และยาว 800 มม. มีลักษณะตรงและหน้าตัดสี่เหลี่ยม ต้องการทำหลุมและทำการประกอบด้วยการใช้ไม้เดือย รูปแบบของการแทนข้อมูลนำเข้า คือ

(name part = เฟรมกระจกบน)
(id part = 01)
(material part = ไม้ยางพารา)
(width part = 60)
(thickness part = 40)
(length part = 800)
(shape part = ตรง)
(cross-section part = สี่เหลี่ยม)
(feature part = หลุม)
(assembly part = ไม้เดือย)

3.3 ส่วนการคำนวณการเพลาะไม้ (Gluing Module)

ส่วนนี้เป็นการคำนวณและบอกทางเลือกสำหรับผู้ออกแบบกระบวนการผลิตในเบื้องต้นเกี่ยวกับการเลือกจำนวนชิ้นส่วนในการเพลาะไม้แต่ละครั้ง ขนาดไม้เพลาะรวม การเลือกขนาดไม้มาตรฐาน จำนวนไม้มาตรฐานที่นำมาเพลาะติดกัน และเศษไม้ที่เหลือหลังจากการแปรรูป โดยถือว่าเป็นกระบวนการที่ผู้วางแผนต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกก่อนการวางแผนขึ้นรูปไม้

3.3.1 ค่าระยะจุดสูงสุดต่ำสุดที่กำหนดให้มีในการวางชิ้นงาน

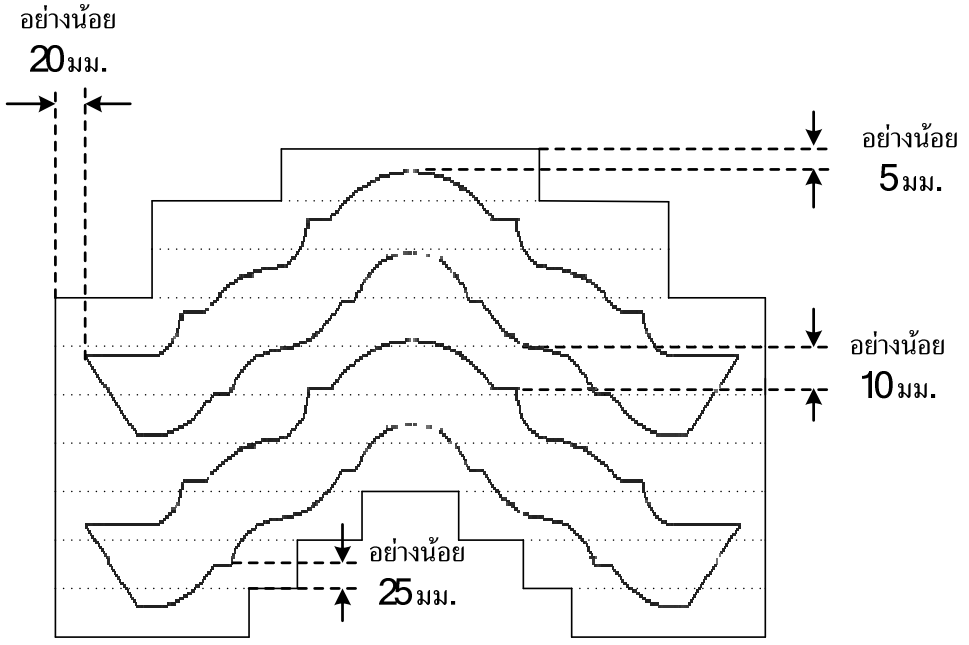
ภาพประกอบ 3-6 เป็นตัวอย่างของการเพลาะไม้ที่ใช้ในโรงงาน โดยการเพลาะไม้จะมีการกำหนดระยะจุดสูงสุดต่ำสุดไว้เพื่อเป็นการเผื่อระยะการตัดของกระบวนการขึ้นรูป ซึ่งมีข้อกำหนดดังนี้

(1) ระยะห่างระหว่างขอบไม้เพลาะและขอบชิ้นงานด้านกว้างต้องมีค่าอย่างน้อย 5 มม.

(2) ระยะห่างระหว่างขอบไม้เพลาะและขอบชิ้นงานด้านยาวจะต้องมีค่าอย่างน้อย 20 มม.

(3) ระยะห่างระหว่างชิ้นงานจะต้องมีค่าอย่างน้อย 10 มม.

(4) ระยะห่างระหว่างส่วนโค้งของชิ้นงานและขอบไม้เพลาะจะต้องมีค่าอย่างน้อย 25 มม.



ภาพประกอบ 3-6 ระยะจุดสูงสุดต่ำสุดในการเพลาะไม้

3.3.2 การคำนวณหาขนาดไม้เพลาะรวม

เมื่อพิจารณาจากภาพประกอบ 3-7 ซึ่งเป็นการเพลาะไม้เพื่อให้ได้ชิ้นส่วน 2 ชิ้นส่วนที่เหมือนกัน จะได้สมการในการคำนวณไม้เพลาะรวมคือ

$$P = (N-1)(X+Y) + Z + 2C \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ P คือ ขนาดไม้เพลาะรวม (Width of Panel)

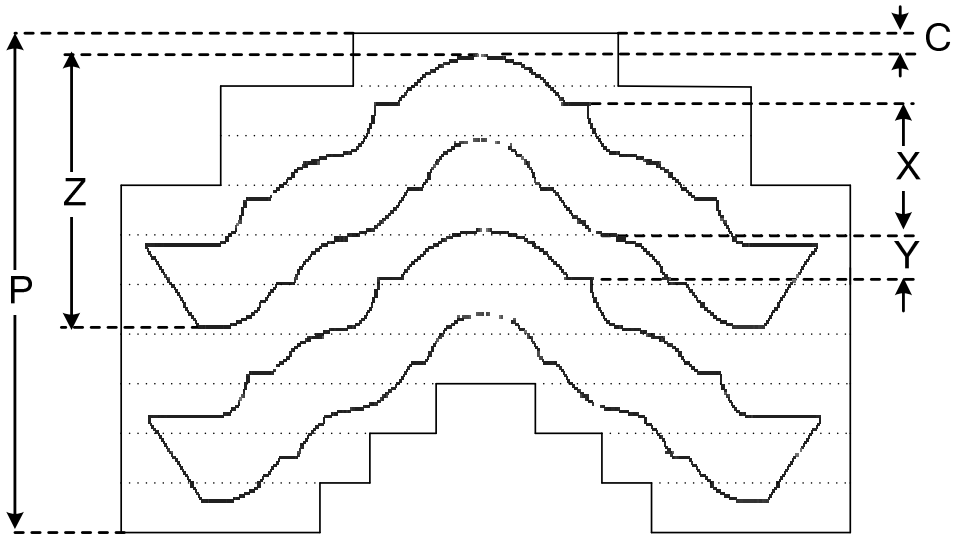
N คือ จำนวนชิ้นส่วน (Number of Parts)

X คือ ความกว้างวิกฤติ (Critical Width of Part) หรือความกว้างสูงสุดของตัวชิ้นส่วน ที่ไม่ใช่ค่าความกว้างรวมของชิ้นส่วน

Y คือ ระยะห่างระหว่างชิ้นส่วน (Clearance between Each Part)

Z คือ ความกว้างรวมของชิ้นส่วน (Total Width of Part) หรือความกว้างของชิ้นส่วนทั้งชิ้น

C คือ ระยะห่างระหว่างขอบชิ้นงานกับขอบไม้เพลาะ (Edge Clearance)



ภาพประกอบ 3-7 การคำนวณขนาดไม้เพลาะ

3.3.3 การหาขนาดไม้มาตรฐาน จำนวนไม้มาตรฐาน และเศษเหลือ

การหาขนาดไม้มาตรฐานจะอาศัยค่าการไสไม้ปรกติ ดังตาราง 3-1 ซึ่งขนาดไสไม้ปรกติคือ ขนาดของไม้มาตรฐานที่ผ่านกระบวนการไสแล้ว พร้อมที่จะนำมาเพลาะ ส่วนค่าไสสูงสุดในตาราง 3-1 เป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับขนาดไม้มาตรฐานที่ผ่านกระบวนการไสแล้ว ซึ่งจะนำมาใช้เมื่อจำนวนไม้มาตรฐานไม่เพียงพอ ขั้นตอนในการหาค่าต่าง ๆ เป็นไปตามลำดับดังนี้

ตาราง 3-1 ขนาดไสไม้

ความหนา (นิ้ว)	ขนาดไส (มม.)	
	ค่าปรกติ	ค่าสูงสุด
0.75	14	16
1.00	21	24
1.25	26	29
1.5	30	35
2.00	46	48
2.50	56	59
3.00	70	75
3.50	86	88
4.00	96	99
5.00	120	124

(1) ทำการเปรียบเทียบขนาดชิ้นส่วนจริงกับขนาดไสปรกติสูงสุด (120 มม.) หากมีขนาดเล็กกว่า ระบบจะเลือกไม้มาตรฐานที่มีขนาดไสปรกติมากกว่าขนาดชิ้นส่วนจริงประมาณ 10 มม. (ตาราง 3-2) หากขนาดชิ้นส่วนจริงมีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับขนาดไสปรกติสูงสุด ระบบจะเข้าสู่การคำนวณหาขนาดไม้มาตรฐาน จำนวนไม้มาตรฐานและเศษเหลือ ในการเพลาะไม้

ตาราง 3-2 การเลือกไม้มาตรฐานสำหรับชิ้นส่วนที่มีขนาดน้อยกว่า 124 มม.

ขนาดชิ้นส่วนจริง (มม.)	**ขนาดความหนาไม้มาตรฐาน (นิ้ว)**
0-16	0.75
16-24	1.00
24-29	1.25
29-35	1.50
35-48	2.00
48-59	2.50
59-75	3.00
75-88	3.50
88-99	4.00
99-124	5.00

(2) เมื่อต้องเพลาะไม้ ให้นำค่าขนาดชิ้นส่วนมาหารด้วยขนาดไสไม้ปกติ จะได้ตัวเลขที่บอกถึงจำนวนไม้มาตรฐานที่ต้องนำมาเพลาะ แล้วนำมาลบกับเลขจำนวนเต็ม (ปัดเศษขึ้น) ของตัวเลขที่ได้ ก็จะได้จำนวนเศษไม้ที่เหลือ

(3) สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

สำหรับการหาจำนวนไม้มาตรฐาน จะใช้สูตร คือ

$$N = \begin{cases} \dfrac{P}{S} & \text{when} \quad P \bmod S = 0 \\ 1 + P \ div \ S & \text{when} \quad P \bmod S > 0 \end{cases} \qquad (3\text{-}2)$$

เมื่อ N คือ จำนวนไม้มาตรฐาน

P คือ ขนาดไม้เพลาะรวม

S คือ ขนาดไสไม้ปกติของไม้มาตรฐานที่จะนำมาเพลาะ

mod คือ ตัวดำเนินการหารเพื่อหาเศษเหลือ (Modulas Operator)

div คือ ตัวดำเนินการหารเพื่อหาจำนวนเต็ม (integer division)

สำหรับการหาเศษไม้ที่เหลือ จะใช้สูตร คือ

$$R = \left(N - \frac{P}{S} \right) \times W \times F \qquad (3\text{-}3)$$

เมื่อ R คือ เศษไม้ที่เหลือ

N คือ จำนวนไม้มาตรฐาน

P คือ ขนาดไม้เพลาะรวม

S คือ ขนาดไสไม้ปกติของไม้มาตรฐานที่จะนำมาเพลาะ

W คือ ขนาดของไม้มาตรฐานที่นำมาเพลาะ

F คือ ค่าแฟคเตอร์ที่ได้จากการนำด้านที่เหลือของไม้มาตรฐานมาคูณกัน

เนื่องจากในการเพลาะไม้จะใช้ไม้ที่มีขนาดไม้เหมือนกันมาเพลาะรวมกัน ดังนั้นด้านที่เหลือนอกเหนือจากค่า W จะเป็นค่าอะไรก็ได้ ในที่นี้กำหนดให้ F = 1 นิ้ว^2

ตัวอย่างเช่น ชิ้นส่วนขนาดจริง 55 มม. (P) ใช้ไม้มาตรฐานความหนา 2 นิ้ว (W) มาเพลาะ ต้องใช้ขนาดไส 46 มม. (S) คำนวณหาจำนวนไม้มาตรฐาน คือ

$N = 1 + P \; div \; S = 1 + 55 \; div \; 46 = 1 + 1 = 2$ ชิ้น เมื่อ $55 \bmod 46 = 9 > 0$ และเศษไม้ที่เหลือ เท่ากับ

$$R = \left(N - \frac{P}{S} \right) \times W \times F = \left(2 - \frac{55}{46} \right) \times 2 \times 1 = (2 - 1.16) \times 2 = 1.68 \text{ นิ้ว}^3$$

นั่นคือ ต้องใช้ไม้มาตรฐานความหนา 2 นิ้ว จำนวน 2 ชิ้นมาเพลาะ แล้วจะทำให้เหลือเศษไม้เท่ากับ 1.68 นิ้ว^3

สำหรับส่วนการคำนวณวิธีการเพลาะไม้นี้จะทำการคำนวณโดยใช้ขนาดไม้มาตรฐานทั้งหมดมาคำนวณหาจำนวนไม้มาตรฐานที่ต้องใช้ในการเพลาะ และเศษไม้ที่เหลือ เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้วางแผนการกระบวนการผลิตในการเลือกขนาดไม้ที่เหมาะสมหรือขนาดไม้ที่มีอยู่ ณ ช่วงเวลานั้น ๆ โดยทั่วไปแล้วขนาดไม้มาตรฐานที่เหมาะสมในการเพลาะไม้คือ ขนาดไม้ที่ทำให้เหลือเศษไม้น้อยที่สุด

3.4 ส่วนการเลือกและลำดับกระบวนการ (Process Selection and Sequencing Module)

การเลือกกระบวนการจะถูกแสดงอยู่ในรูปแบบของกฎ โดยจะอาศัยข้อมูลเงื่อนไขของแต่ละกระบวนการที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 และพิจารณาเพิ่มเติมจากความสามารถของเครื่องจักร มาสร้างเป็นรูปแบบของ OAV เช่นเดียวกับการสร้างตัวแทนข้อมูลนำเข้าเพื่อให้เกิดการสอดคล้องกัน ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างฐานกฎและกฎที่ได้ในลำดับต่อไป

3.4.1 การสร้างฐานกฎ

การสร้างฐานกฎเพื่อนำไปใช้เป็นฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นสามารถทำได้ด้วยรูปแบบที่เรียกว่า Production Rules (Gu and Norrie, 1995; Luger and Stubblefield, 1993) ซึ่งในการแทนความรู้ด้วยวิธีนี้นั้น ความรู้จะถูกสร้างเป็นกฎย่อย ๆ และแต่ละกฎย่อยจะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเงื่อนไขและส่วนที่เป็นข้อสรุป โดยมีรูปแบบทั่วไปคือ

IF เงื่อนไข THEN ข้อสรุป

ตัวอย่างเช่น IF ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ใด ๆ ผ่านกระบวนการตัดหยาบแล้วและมีขนาดความกว้างมากกว่า 20 มม. แต่ไม่เกิน 200 มม. THEN ขั้นตอนต่อไปสำหรับชิ้นส่วนนี้คือกระบวนการไสสี่หน้า

จะเห็นว่าประโยคที่ใช้แสดงทั้งส่วนของเงื่อนไขและข้อสรุปในตัวอย่างข้างต้นนั้นอยู่ในรูปแบบภาษาทั่ว ๆ ไปที่มนุษย์เข้าใจได้ แต่หากนำไปใช้จริงในการสร้างโปรแกรมจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการเขียนแบบภาษาคอมพิวเตอร์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำโครงสร้างภาษาใหม่ให้มีเฉพาะคำสำคัญ ๆ ที่พอจะให้ผู้ใช้เข้าใจได้ง่ายในการเขียนและแปลความ อีกทั้งทำให้ง่ายสำหรับการเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์อีกด้วย

ตัวอย่างเช่น ประโยค “ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ใด ๆ ผ่านกระบวนการตัดหยาบแล้วและมีขนาดความกว้างมากกว่า 20 มม. แต่ไม่เกิน 200 มม.” จะได้คำสำคัญคือ “ชิ้นส่วน

เฟอร์นิเจอร์” “กระบวนการตัดหยาบ” “ความกว้าง” “มากกว่า” “ไม่เกิน” “20 มม.” “200 มม.” เมื่อนำมาเขียนเป็นโครงสร้าง OAV จะมีลักษณะดังนี้

“ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ กระบวนการ ตัดหยาบ”

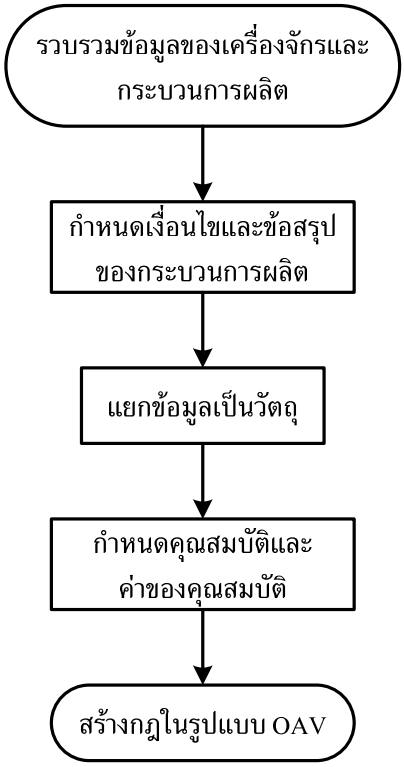
“ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ ความกว้าง มากกว่า 20”

“ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ ความกว้าง ไม่เกิน 200”

และในส่วนประโยคข้อสรุป “ขั้นตอนต่อไปสำหรับชิ้นส่วนนี้คือกระบวนการไสสี่หน้า” จึงเป็น

“ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ กระบวนการ ไสสี่หน้า”

ด้วยวิธีการเขียนกฎที่อธิบายมานี้ ทำให้เกิดขั้นตอนในการสร้างกฎใด ๆ ดังภาพประกอบ 3-8 นั่นคือ เริ่มด้วยการรวมรวบข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในกรณีของการวิจัยครั้งนี้จะอาศัยข้อมูลความสามารถของเครื่องจักรที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษาเป็นหลัก หลังจากนั้นจะทำการหาเงื่อนไขต่าง ๆ ที่จะทำให้เกิดกระบวนการแปรรูปชิ้นส่วนตามต้องการ เมื่อได้ข้อมูลเงื่อนไขแล้วจะทำการแยกข้อมูลออกเป็นวัตถุ โดยแต่ละวัตถุจะประกอบด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุและค่าของแต่ละคุณสมบัติ ขั้นตอนสุดท้ายคือสร้างกฎในรูปแบบ OAV เพื่อใช้เป็นฐานกฎสำหรับโปรแกรมที่จะสร้างขึ้นต่อไป



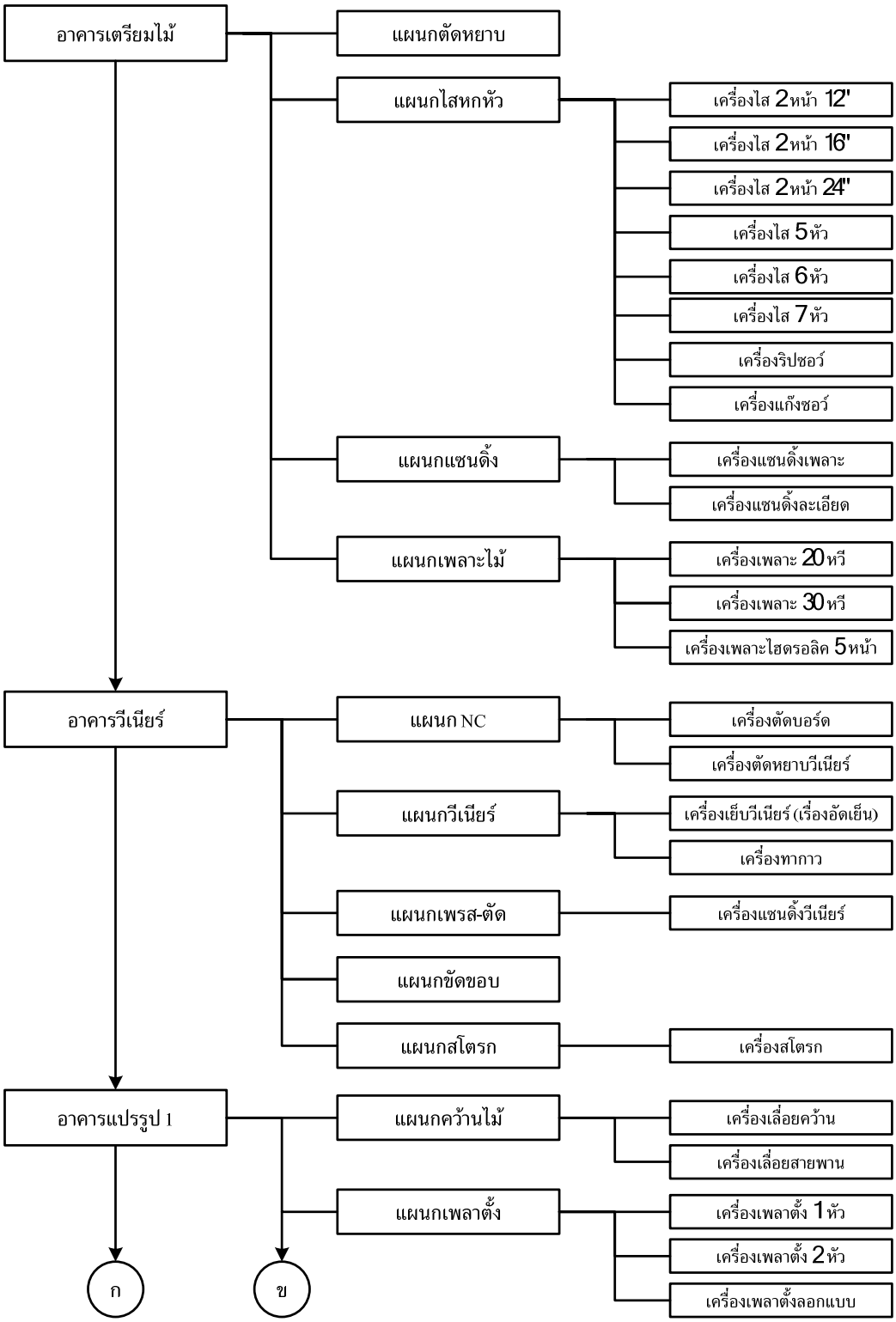
ภาพประกอบ 3-8 แผนผังขั้นตอนในการเขียนกฎ

3.4.2 กฎในการเลือกกระบวนการ

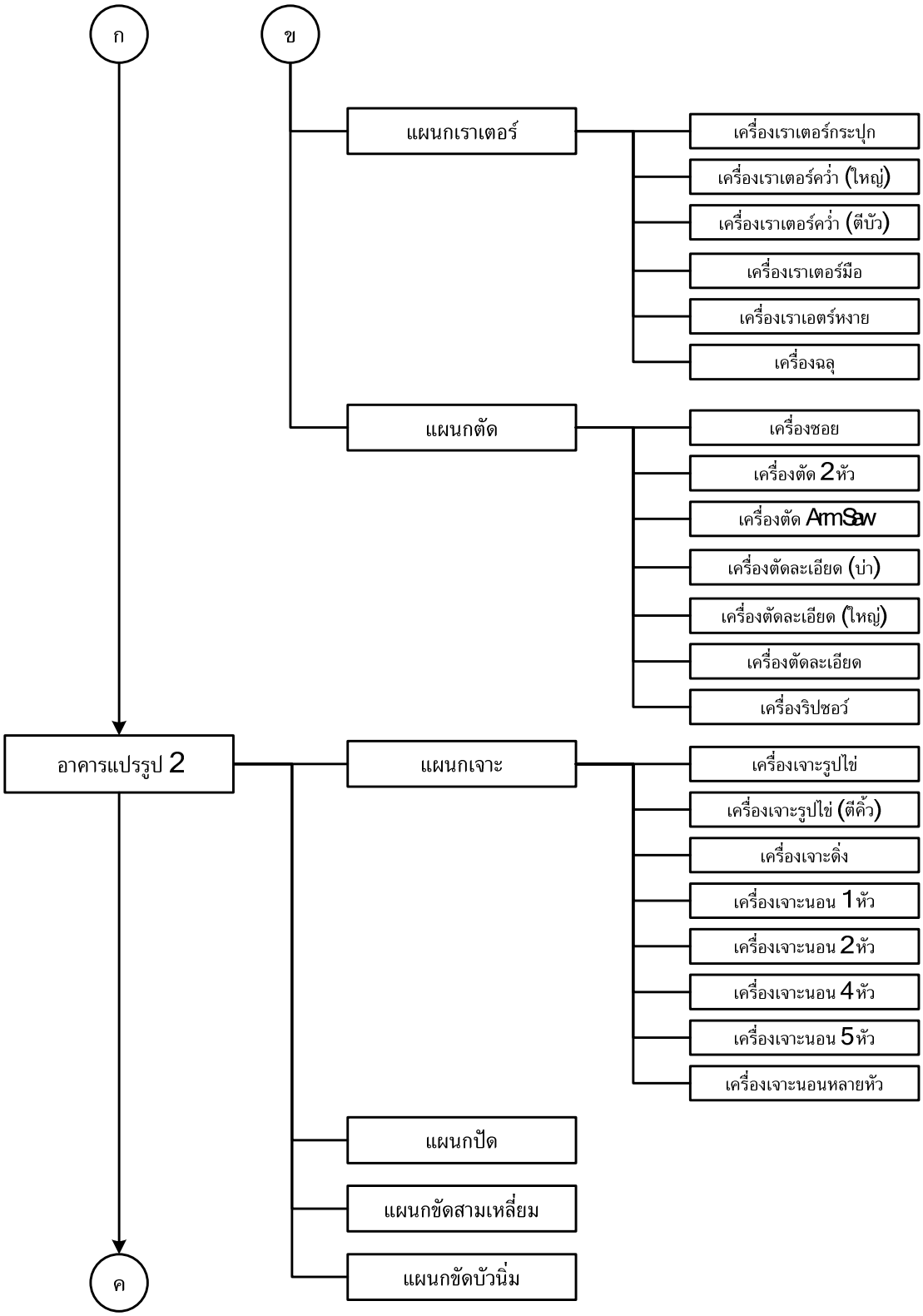
เมื่อได้นำวิธีการข้างต้นมาประยุกต์กับการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ขั้นตอนในการเขียนกฎง่ายขึ้นและสามารถปรับปรุงหรือแก้ไขกฎได้ในภายหลัง โดยกฎที่สร้างขึ้น มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการตัดในโรงงานกรณีศึกษามีทั้งหมด 36 กฎ สรุปได้ดังภาคผนวก ก

3.4.3 การลำดับกระบวนการผลิต

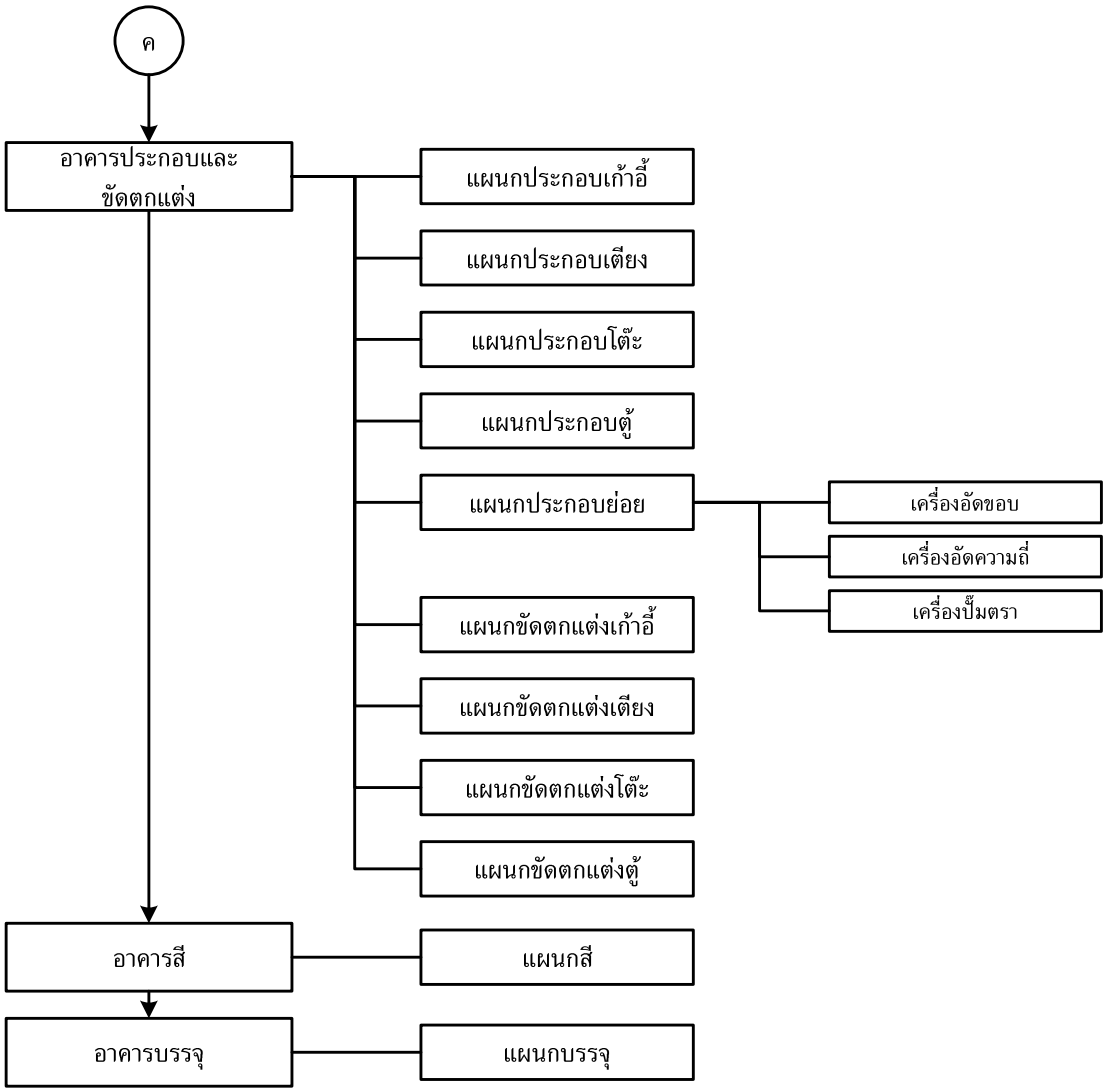
เมื่อได้ข้อสรุปกระบวนการผลิตที่เป็นไปได้แล้ว โปรแกรมจะทำการจัดลำดับการผลิต โดยจะทำการเปรียบเทียบลำดับการผลิตจากการกำหนดของโรงงาน สำหรับงานวิจัยนี้โรงงานกรณีศึกษาได้กำหนดหลักเกณฑ์ลำดับกระบวนการผลิตเรียงกันไปตามอาคารและเครื่องจักรที่มีในอาคารนั้น (ภาพประกอบ 3-9, 3-10 และ 3-11) ซึ่งขั้นตอนในการจัดลำดับของโปรแกรมจะเริ่มต้นจาก ระบบจะตรวจสอบว่ากระบวนการที่ได้จากการอนุมานของเครื่องอนุมานมีกระบวนการใดบ้างที่ตรงกับลำดับกระบวนการมาตรฐานของโรงงาน หลังจากนั้นกระบวนการมาตรฐานจะถูกปรับให้เหลือเฉพาะกระบวนการที่ตรงกับกระบวนการที่อนุมานได้ สุดท้ายโปรแกรมจะแสดงผลของลำดับกระบวนการผลิตมายังส่วนติดต่อผู้ใช้



ภาพประกอบ 3-9 ลำดับกระบวนการผลิตแยกตามอาคาร (เตรียมไม้ วีเนียร์ แปรรูป 1)



ภาพประกอบ 3-10 ลำดับกระบวนการผลิตแยกตามอาคาร (แปรรูป 1 แปรรูป 2)



ภาพประกอบ 3-11 ลำดับกระบวนการผลิตแยกตามอาคาร (ประกอบและขัดตกแต่ง สี บรรจุ)