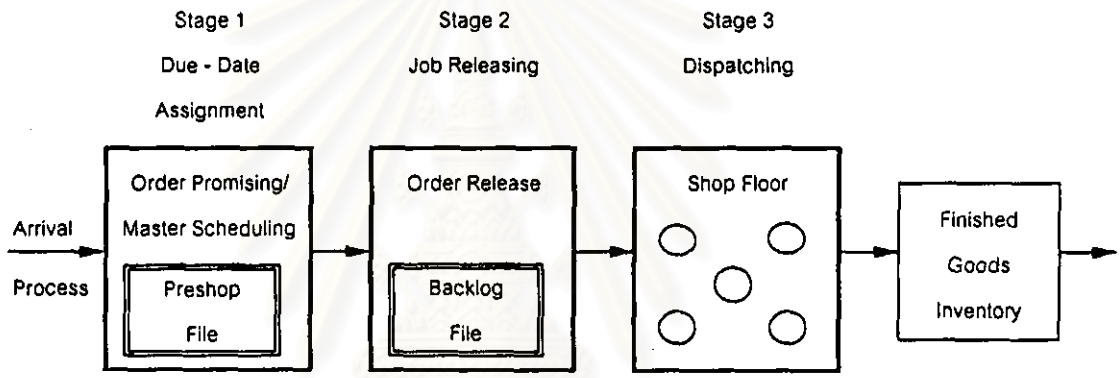
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ระบบควบคุมการผลิต สามารถแสดงได้ 3 ขั้น ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบควบคุมการผลิต

ในขั้นแรกคือ การกำหนดวันกำหนดส่งงาน (Due-date assignment) โดยพิจารณาจากขนาดงาน และภาระงานในสายการผลิต จากนั้นส่งงานแต่ละงานเข้าไปในแบคล็อคไฟล์ (Backlog file) ในขั้นตอนที่สองคือการปล่อยงาน (Job releasing) เป็นการตัดสินใจเลือกงานที่ได้สั่งมา (Work orders) เข้าไปยังบริเวณการผลิต ข้อมูลที่มักจะมาพร้อมกับ Work orders จะอยู่ในรูปของ "Packet" ซึ่งถูกจัดส่งให้สายการผลิต สิ่งที่รวมอยู่ใน Packet คือ ข้อมูลที่เกี่ยวกับอะไรที่จะต้องทำ (Engineering specifications) เส้นทางงานที่ต้องไป (Routing) และวัตถุดิบอะไรที่ใช้ในการผลิต และในขั้นตอนสุดท้ายเกี่ยวกับการจัดลำดับการผลิต (Scheduling) เป็นการกำหนดลำดับการปฏิบัติงานในบริเวณการผลิต โดยใช้กฎต่างๆ (Dispatching rule) เพื่อให้ได้ตามวันกำหนดส่ง

การควบคุม Releasing Loading และ Scheduling จะทำให้ขนาดและความผันแปรของ Manufacturing lead time (MLT) ลดลง

2.1.1 การกำหนดวันกำหนดส่งงาน (Due-date assignment)

การกำหนดวันกำหนดส่งงานมี 2 จุดประสงค์ คือ จุดประสงค์ภายนอก ให้ข้อมูลลูกค้าเกี่ยวกับว่าเมื่อใดวันกำหนดส่งงานจะเกิดขึ้น จุดประสงค์ภายในคือ กำหนดเป้าหมายที่สมบูรณ์ให้กับระบบการจัดตารางการผลิต เพื่อใช้สรุป Priority สำหรับการจัดลำดับงาน การกำหนดวันกำหนดส่งงานแต่ละงาน มี 2 พื้นฐาน คือ

2.1.1.1 สร้าง Flow allowance ของงานทั้งหมด (Total work: TWK)

$$(\text{TWK}) \qquad d_j = v_j + \alpha\ p_j$$

2.1.1.2 สร้าง Flow allowance ประกอบด้วย Slack ที่เท่ากัน (SLK)

$$(\text{SLK}) \qquad d_j = v_j + p_j + \beta$$

กำหนดให้ d_j = Due-date ของงาน j

v_j = เวลาที่มาถึง (Ready time)

p_j = เวลาในการผลิตงาน j

α, β = ระดับความเข้มงวดของ Due-date ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1

TWK นิยมใช้เมื่อการใช้ประโยชน์สูงสุดสูง และระดับ Due-date ปานกลางหรือเข้มงวดมาก ขณะที่ SLK นิยมใช้เมื่อ Due-date ผ่อนคลาย หรือการทำประโยชน์สูงสุดต่ำ กำหนดให้ a คือ Allowance factor

$$a = \frac{\bar{d} - \bar{v}}{\bar{p}}$$

กำหนดให้ $\bar{d} - \bar{v}$ คือ ค่าเฉลี่ย Flow allowance

$\bar{p}$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลากระบวนการเฉลี่ย

TWK เหมาะสมกว่า SLK สำหรับค่า a ประมาณ a = 4 (Due-date ที่เข้มงวด) หรือ a= 6 (Due-date ปานกลาง) แต่ SLK จะเหมาะสมกว่าเมื่อ a = 8 (Due-date ที่ผ่อนคลาย) หรือมากกว่านั้น

บุคลากรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 การปล่อยงาน (Job releasing)

กฎการปล่อยงานช่วยควบคุมการไหลของงานในสายการผลิต กลไกการปล่อยงานมี 3 แบบด้วยกันคือ

2.1.2.1 การปล่อยงานเข้าระบบอย่างทันที (Immediate release) กลไกนี้จัดเป็นเทคนิคที่ง่ายที่สุด โดยงานแต่ละงานจะถูกปล่อยเข้าสู่ระบบทันทีตามความเหมาะสม ดังนั้น กลไกนี้จึงไม่ต้องการข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับลักษณะของงาน ตัวอย่างเช่น การใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเส้นทางงานในงานวิจัยนี้

งานใน Backlog ถูกปล่อยสู่สายการผลิตตามใบสั่งผลิต เมื่อใบสั่งผลิตมาถึงซึ่งเป็นแบบ First come first serve (FCFS) priority เป็นการประยุกต์ใช้ในคิวของ Order backlog ขณะที่ Dispatching priority ประยุกต์ใช้ในคิวของเครื่องจักร

2.1.2.2 การใส่งานย้อนกลับแบบไม่สิ้นสุด (Backward infinite loading) เทคนิคนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของจำนวนการดำเนินงาน และวันกำหนดส่งงาน วิธีนี้เป็นการปล่อยงานเข้าสู่ระบบอย่างคงที่ ถ้าเวลาในการปล่อยงานเกิดขึ้นที่กึ่งกลางของวัน ก็ให้ถือว่าเวลาในการปล่อยงานนั้นถูกปัดเป็นจุดเริ่มต้นของวันนั้น โดยวันที่ปล่อยงานเข้าสู่ระบบสามารถคำนวณได้จาก

$$RD_i = DD_i - kn_i$$

กำหนดให้ RD_i = วันที่ปล่อยงาน i เข้าสู่ระบบ

DD_i = วันกำหนดส่งของงาน i

n_i = จำนวนการดำเนินงานของงาน i

k = ตัวประกอบในการวางแผน (The planning factor)

2.1.2.3 การใส่งานแบบปรับเปลี่ยนไม่มีสิ้นสุด (Modified infinite loading) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับแบบ BIL ที่ไม่สนใจกับความสามารถในการผลิต อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ถูกเปลี่ยนแปลงโดยยอมให้เวลาที่ใช้ในการผลิตเปลี่ยนแปลงไปกับภาระงานในปัจจุบันของขบวนการผลิต ลักษณะเฉพาะของวิธีการนี้คือ MIL ให้งานแต่ละงานไหลในระบบโดยขึ้นอยู่กับจำนวนของการ

ดำเนินงานของงานนั้น เท่ากับจำนวนงานที่รอคอยในแถวคอยตามเส้นทางดำเนินงานของงานนั้น โดยวันที่ปล่อยงานเข้าสู่ระบบสามารถหาได้จาก

$$RD_i = DD_i - k_1 n_i - k_2 Q_i$$

กำหนดให้ Q_i = จำนวนงานที่เกิดการรอคอยเพื่อที่จะเข้าเครื่องในเส้นทางการดำเนินงานของงาน i

k_1, k_2 = ตัวประกอบในการวางแผน (Planning factor)

2.1.3 การจัดเส้นทางงาน (Loading)

การจัดเส้นทางงาน คือ กระบวนการจัดสรรงานให้กับเครื่องจักรต่างๆ (หรือพนักงานปฏิบัติงานหรือเครื่องมือและอุปกรณ์) โดยอยู่บนขอบเขตของความสามารถของเครื่องมือและเครื่องจักร และมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการวางแผนกำลังการผลิต (Capability planning) โดยที่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะถูกเสนอเส้นทางงาน การเสนอเหล่านี้อาจขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่าย (Cost) เวลาการผลิต (Production time) คุณภาพที่เสนอมา (Preferred quality) ความง่ายในการติดตั้งของชิ้นงาน (Ease of set up for example) และไม่มีทางเลือกที่จะเสนอ การตัดสินใจจัดเส้นทางงานเป็นเรื่องของงานประจำ

การจัดเส้นทางงานของกระบวนการหนึ่ง โดยไม่มีทางเลือกให้กับเครื่องจักรถูกออกแบบสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด กระบวนการผลิตนี้ถูกเลือกบนเกณฑ์ของความประหยัด และเทคโนโลยีที่มี ผลก็คือ กระบวนการซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการผลิตน้อยที่สุด หรือเวลาที่ใช้น้อยที่สุด โดยปราศจากข้อจำกัดทางเทคโนโลยีที่ละเมิดถูกเสนอและแนะนำบ่อยครั้ง อย่างไรก็ตาม การกระทำดังกล่าวอาจเกิดผลในเรื่องของการใช้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรเต็มที่ หรือมากเกินไป แนวคิดของการจัดเส้นทางงานที่เคร่งครัดจะไม่ดี เพราะถ้าเกิดปัญหาอะไรขึ้นจะทำให้เสียหาย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ การวางแผนกระบวนการหรือการจัดเส้นทางงานต้องมีทางเลือกเผื่อให้ (Alternate routing selection) เส้นทางเลือกอื่นจะเป็นตัวสนับสนุนความยืดหยุ่นและความสามารถของระบบเพื่อรับมือกับสถานการณ์พลวัต เช่น ปัญหาเครื่องจักรเสีย เป็นต้น การกำหนดเส้นทางงานสำรองสามารถถูกกำหนดที่ระดับพนักงานวางแผน โดยเส้นทางสำรองนี้ต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ (เช่น อัตราการผลิตสูงสุด) ภายใต้ความต้องการสินค้าและขอบเขตความ

สามารถของเครื่องจักร โดยทั่วไปคุณภาพจะไม่เหมือนกันจาก 2 เส้นทางหรือเครื่องจักรที่ต่างกัน ดังนั้น การเสนอทางเลือกที่มีคุณภาพดีที่สุดต้องถูกนำมาใช้ และทางเลือกอื่นๆ จะตกไป อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้ทางเลือกที่ดีที่สุดของเส้นทางงานหรือเครื่องจักร มันสามารถลดเวลาของการทำงาน (Flowtime) ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดย

1. ลดผลกระทบของการล่าช้าในการผลิต เช่น การปรับตั้ง (Set up) เครื่อง หรือการหยุดชะงักจากการที่เครื่องจักรเสีย

2. ลดปัญหาคอขวดของการไหลเวียนของวัตถุดิบ (Material flow)

3. ลดเวลาของการรอคอย (Queuing time) เมื่อมีงานหลายงานที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน และต้องถูกจัดเข้าไปในเครื่องจักรเดียวกัน หรือในเวลาใกล้เคียงกัน

4. ลดจำนวนครั้งในการปรับตั้งเครื่องจักรโดยการผ่านงานที่เกิดขึ้นไปยังเครื่องจักรที่พร้อมทำงานเนื่องจากผ่านการปรับตั้งเรียบร้อยแล้ว

ทางเลือกของเครื่องจักร หรือเส้นทางงานจะถูกทำขึ้นเนื่องมาจากผลของการแข่งขันระหว่างงานที่แตกต่างกัน สำหรับแหล่งวัตถุดิบ (Resources) เดียวกัน การตัดสินใจอาจถูกกำหนดขึ้น ณ จุดเริ่มต้นของกระบวนการผลิต และสินค้าจะถูกกำหนดตายตัว หรือการตัดสินใจอาจเป็นระบบพลวัต (Dynamic process) ซึ่งจะทำการทบทวนทุกขั้นตอนการผลิต

วัตถุประสงค์ของการจัดเส้นทางงาน (Loading) จะมีระดับความง่ายแตกต่างกันไป ซึ่งอาจมีวัตถุประสงค์ตั้งแต่การหาต้นทุนที่ดีที่สุด (Optimal cost) หรือการจัดการให้เวลาทำงานตั้งแต่ต้นจนจบ (Lead time) มีน้อยที่สุด เพื่อจะทำให้การใช้งานของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงสุด หรือการจัดสมดุลของภาระงานบนเครื่องจักรทั้งหมด จากเหตุผลข้างต้น เราจึงกล่าวว่าไม่มีวิธีที่เสนอตายตัว วัตถุประสงค์ของการจัดเส้นทางงานที่นิยมมากที่สุด คือ การกระจายงานเข้าเครื่องจักรให้เท่าๆ กัน ซึ่งมีตัววัดประสิทธิภาพ (Performance measure) คือ Maximizing throughput Minimizing tardiness และ Minimizing makespan

วิธีการจัดเส้นทางงานมี 2 วิธีหลักคือ วิธีทางคณิตศาสตร์ และวิธีฮิวริสติค (Heuristic technique) แสดงได้ดังนี้

วิธีทางคณิตศาสตร์ 3 วิธีที่เสนอต่อไปนี้ได้ช่วยในการทำการตัดสินใจ โดยคำนวณถึงค่าใช้จ่าย หรือค่าเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น จากการไม่ได้ใช้ทรัพยากรที่มีต้นทุนต่ำที่สุด สำหรับงานแต่ละงาน

2.1.3.1 การโปรแกรมเชิงเส้นตรง (1) - การจัดมอบหมายงาน (Linear programming (1) - Assignment)

วิธีการจัดมอบหมายงาน (Assignment method) เป็นกรณีพิเศษของโปรแกรมเชิงเส้นตรง (LP-Linear programming) โดยงานจำนวนมากอาจถูกมอบหมายให้กับเครื่องจักรจำนวนมากเท่าๆ กัน ในตารางที่ 1 เป็นตารางที่แสดงถึงเวลาการผลิตของงานแต่ละงาน บนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง โดยมีสมมติฐานว่า ไม่มีงานใดที่มีการแยกทำ (Splitting)

ตารางที่ 1 เวลาการผลิตของงานแต่ละงานบนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

	เครื่องจักร				
งาน	A	B	C	D	E
1	20	19	18	36	10
2	26	28	12	24	38
3	6	10	9	8	5
4	36	30	24	34	18
5	22	20	28	38	12

วิธีการจัดมอบหมายงานเป็นการกระทำที่ทำซ้ำๆ กัน ซึ่งการทำซ้ำๆ กัน อาจต้องทำบ่อยๆ จนกว่าจะพบจุดต่ำสุดของต้นทุน ในที่นี้เวลารวมต่ำสุดของการผลิตได้ถูกแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เวลารวมต่ำสุดของการผลิต

งาน	เครื่องมือเครื่องจักร	เวลา
1	A	20
2	B	12
3	C	8
4	D	18
5	E	20
	เวลารวม	78

สมมุติฐาน และข้อมูลที่จำเป็นในการใช้วิธีข้างต้นนี้ต้องถูกระบุอย่างชัดเจน วิธีนี้ได้ถูกนำไปใช้มากมายเพื่อที่จะก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่ดีที่สุด

2.1.3.2 การโปรแกรมเชิงเส้นตรง (2) - ดัชนีงาน (Linear programming (2)-Index)

เวลาในการทำงานจะถูกเปลี่ยนเป็นดัชนี โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$l_{ij} = \frac{(x_{ij} - (x_i \min.)}{(x_i \min.)}$$

กำหนดให้ l_{ij} คือ ดัชนีของงาน i ณ สถานีงาน j

x_{ij} คือ เวลาของงาน i ณ สถานีงาน j

$(x_i \min.)$ คือ เวลาผลิตที่ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบจากทุกสถานี

ตัวอย่างเช่น จำนวนของงานไม่เท่ากับจำนวนทรัพยากร (ไม่เหมือนกับการจัดมอบหมายงาน) แต่ยังคงสมมติว่า งานไม่มีการถูกแยกทำ (Splitting) ตัวเลขต่างๆ ในตารางที่ 3 บ่งบอกถึงเวลาในการทำงานงานหนึ่งให้เสร็จสมบูรณ์บนแต่ละเครื่องจักร

ตารางที่ 3 เวลาในการทำงานงานหนึ่งให้เสร็จสมบูรณ์บนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

	เครื่องจักร		
งาน	A	B	C
1	130	120	75
2	40	60	100
3	90	180	200
4	45	40	50
5	40	35	20
กำลังการผลิต (ชั่วโมง)	110	100	150

เวลาของงานในตารางข้างต้นจะถูกเปลี่ยนเป็นดัชนี

ตารางที่ 4 เวลาของงานในตารางที่ 3 เมื่อเปลี่ยนเป็นดัชนี

	เครื่องจักร		
งาน	A	B	C
1	0.73	0.60	0
2	0	0.50	1.50
3	0	1.00	1.20
4	0.13	0	0.25
5	1.00	0.75	0
กำลังการผลิต (ชั่วโมง)	110	110	150

การจัดสรรงานให้เครื่องจักรจะถูกตรวจสอบโดยอาศัยเกณฑ์พื้นฐานของดัชนีต่ำที่สุดภายใต้ข้อกำหนดของความสามารถผลิตของเครื่องจักรที่ว่างอยู่ หนึ่งในทางแก้ไขปัญหานี้ได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 5 ซึ่งคำตอบสำหรับปัญหาหนึ่งๆ อาจมีได้หลายอย่าง เช่น

ตารางที่ 5 การจัดสรรงานให้เครื่องจักรโดยอาศัยเกณฑ์พื้นฐานของดัชนีต่ำที่สุด

งาน	สถานีงาน
1	C
2	B
3	A
4	B
5	C

งานที่ 2 ควรที่จะถูกมอบสู่เครื่องจักร A แต่กลับถูกมอบสู่เครื่องจักร B เพื่อที่จะทำตามเงื่อนไขข้อกำหนดของการผลิต จุดสังเกตคือ งานที่ 2 และงานที่ 4 ถูกมอบหมายสู่เครื่องจักร B และจุดสังเกตอีกจุดคือ งานที่ 1 และงานที่ 5 ถูกมอบหมายสู่เครื่องจักร C แต่ไม่มีการเสนอการจัดลำดับงานในการหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหา การตัดสินใจจัดลำดับงาน ยังคงเป็นส่งที่ต้องทำต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3.3 โปรแกรมเชิงเส้นตรง (3)-อย่างง่าย (Linear programming (3) - Simplex)

การใช้วิธีอย่างง่าย (Simplex method) จะเป็นไปตามกฎของโปรแกรมเชิงเส้นตรง (LP) พิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้ จำนวนของผลิตภัณฑ์ในงาน (หรือล็อต) จะถูกกำหนดเหมือนปริมาณความต้องการ ตารางที่ 6 แสดงเวลาของแต่ละเครื่องจักรในการผลิตแต่ละงานจะถูกกำหนดแยกกัน ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 เวลาของเครื่องจักรแต่ละเครื่องจักรในการผลิตแต่ละงาน

	เครื่องจักร			
งาน	A	B	C	ความต้องการ
1	0.74	0.55	0.33	25
2	0.56	0.42	0.25	25
3	0.45	0.33	0.20	50
4	0.90	0.67	0.40	20
5	1.00	0.76	0.45	10
ความสามารถในการผลิต	110	100	150	
ต้นทุน/ชั่วโมง	60	48	50	

ถ้า i เป็นจำนวนของงาน และ j เป็นจำนวนของเครื่องจักร ดังนั้น Q_{ij} คือปริมาณของงาน i ที่ถูกจัดหรือมอบหมายสู่เครื่องจักร j เวลา Z ของคำตอบใดๆ จะเป็น :

$$Z = 60(\frac{Q_{1A}}{0.74} + \frac{Q_{2A}}{0.56} + ...) + 48(\frac{Q_{1B}}{0.55} + \frac{Q_{2B}}{0.42} + ...) + 50(...$$

วัตถุประสงค์ของเราก็คือ การหาค่าต่ำสุดของ Z ที่ประกอบไปด้วยข้อจำกัดต่างๆ ต่อไปนี้

$$\left.\begin{aligned} &Q_{1A} + Q_{1B} + Q_{1C} = 25 \\ &Q_{2A} + Q_{2B} + Q_{2C} = 25 \\ &... \\ &... \\ &Q_{5A} + Q_{5B} + Q_{5C} = 10 \end{aligned}\right\} \text{ข้อกำหนดหรือข้อจำกัด}$$

และ

$$\frac{Q_{1A}}{0.74}+\frac{Q_{2A}}{0.56}+\frac{Q_{3A}}{0.45}+\frac{Q_{4A}}{0.90}+\frac{Q_{5A}}{1.00}\langle 110$$

$$\frac{Q_{1B}}{0.55}+\frac{Q_{2B}}{0.42}+\frac{Q_{3B}}{0.33}+\frac{Q_{4B}}{0.67}+\frac{Q_{5B}}{0.76}\langle 100$$

$$\frac{Q_{1C}}{0.33}+\frac{Q_{2C}}{0.25}+\frac{Q_{3C}}{0.20}+\frac{Q_{4C}}{0.40}+\frac{Q_{5C}}{0.45}\langle 150$$

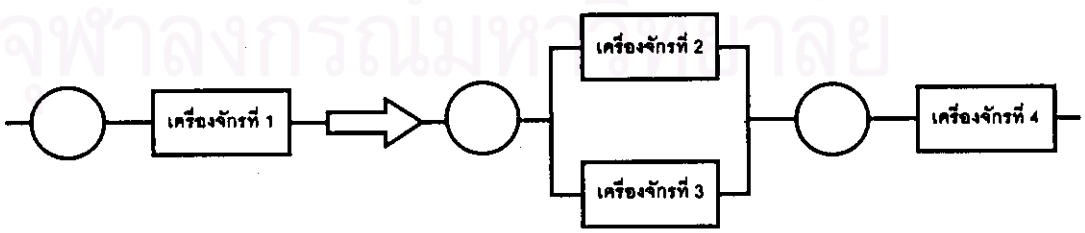
ข้อจำกัดทั้งสามข้างต้น จะเป็นตัวบอกให้ทราบว่า ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีอย่างง่าย (Simplex method)

2.1.3.4 วิธีฮิวริสติค (Heuristic methods)

การกำหนดโปรแกรมจัดเส้นทางงานที่ดีที่สุด จะซับซ้อนมากที่จะทำ ในความเป็นจริงคำตอบที่ดีที่สุดนั้นไม่ได้มีวิธีคิดเพียงวิธีเดียว (Universal solution) ดังนั้นจึงใช้วิธีฮิวริสติคสำหรับการตัดสินใจในหัวข้อหรือปัญหาที่เกิดขึ้น เนื่องจากวิธีฮิวริสติคจะทำให้ได้คำตอบใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งไม่แย่ไปกว่าผลลัพธ์ของการใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน โดยมีวัตถุประสงค์คือการทำให้ระบบมีอรรถประโยชน์สูงสุดและใกล้วันกำหนดส่งมากที่สุด

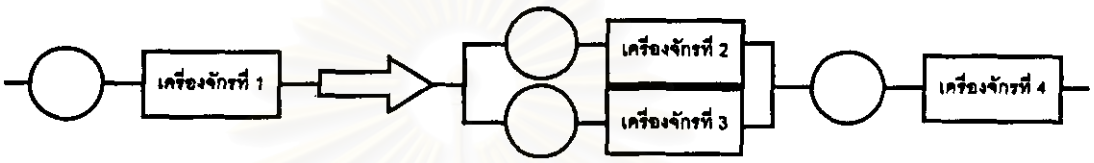
ก. รูปแบบ (Configurations)

1) เครื่องจักรที่ว่างอยู่ก่อน (First free machine) ในกรณีนี้ การตัดสินใจว่าเครื่องจักรใดจะถูกกำหนดเพื่อนำงานต่างๆ มอบหมายลงไปสู่เครื่องมือเครื่องจักรนั้นๆ โดยที่งานที่ถูกจัดนำมาจากที่เก็บสำรอง (Buffer : คือ งานที่เข้ามาในระบบแต่ยังไม่ถูกปล่อย) หรือกล่าวให้ชัดเจนก็คือ งานทั้งหมดจะถูกเก็บเอาไว้ ณ จุดๆ หนึ่ง ก่อนที่จะถูกเคลื่อนย้ายโดยตรงไปยังจุดผลิต



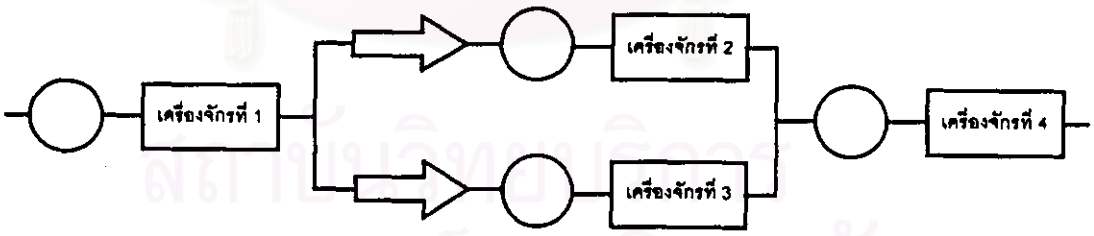
รูปที่ 2 เครื่องจักรที่ว่างอยู่ก่อน

2) การแบ่งที่เก็บสำรอง (Shared buffer) วิธีนี้เป็นรูปแบบที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในงานวิจัย ซึ่งเครื่องจักรถูกจัดเรียงอยู่ใกล้ๆ กันสำหรับงานที่ถูกจัดในบริเวณเดียวกัน อย่างไรก็ตามงานแต่ละงานจะถูกมอบหมายสู่เครื่องมือเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยเฉพาะ ตามความเหมาะสมของกฎการจัดเส้นทางงาน วิธีนี้ได้แยกต่างหากจากวิธี 1) ข้างต้น ซึ่งเน้นว่างานต่างๆ จะไม่ถูกแบ่งออกไปจนกว่าจะนาทีสุดท้าย



รูปที่ 3 การแบ่งที่เก็บสำรอง

3) การกระจายที่เก็บสำรอง (Dispersed buffers) ในวิธีนี้สถานีงานจะถูกกระจายออกไปไม่กระจุกตัวเหมือนวิธี 2) งานจะถูกส่งไปยังเครื่องจักร เมื่อจุดหมายปลายทางของงานนั้นๆ ได้ถูกกำหนด ทุกอย่างในการตัดสินใจจะทำไปด้วยความเหมาะสมของกฎการจัดเส้นทางงาน



รูปที่ 4 การกระจายที่เก็บสำรอง

ข. กฎการตัดสินใจ (Decision rules) มีดังต่อไปนี้

1) การสุ่ม (Random) ตัวเลขที่มาจากการสุ่มจะถูกดึงมาจากการกระจายยูนิฟอร์ม (Uniform distribution) และงานจะถูกจัดหรือมอบหมายขึ้นอยู่กับค่าของตัวเลขสุ่มที่ได้มา วิธีนี้เหมือนกับการโยนเหรียญ (สำหรับเครื่องจักร 2 เครื่อง) หรือการโยนลูกเต๋า (สำหรับเครื่อง

จักร 6 เครื่อง) ในการปฏิบัติให้กำหนดเส้นทางงานแบบยูนิฟอร์มให้ครอบคลุมช่วงเวลา ถ้าเครื่องจักรมีลักษณะเหมือนกันในทางปฏิบัติ

2) จำนวนงานในแถวคอย (Number in next queue) งานชิ้นถัดไปจะถูกจัดสรรสู่แถวคอยซึ่งมีจำนวนงานรอ หรืองานค้างอยู่น้อยที่สุด

3) ภาระงานในแถวคอย (Work in next queue) วิธีนี้คล้ายกับวิธีในข้อ 2) แต่ความยาวของแถวคอย ถูกแสดงในเทอมของภาระงาน (Workload) เช่น เวลาในการผลิตแปรงทั้งหมดของแต่ละแถวคอย

4) เวลาการผลิตเร็วสุด (Shortest processing time) เครื่องจักรใดสามารถผลิตงานได้เร็วสุดให้นำงานเข้าที่เครื่องนั้น

5) การกระจายงานเข้าเครื่องเท่าๆ กัน (Equal distribution) งานต่อไปจะถูกจัดสรรสู่แถวคอยที่สามารถผลิตงานนั้นได้ ในปริมาณเท่าๆ กัน

โดยทั่วไปแล้ว วิธีฮิวริสติคในการจัดเส้นทางงานแบบพลวัต (Dynamic loading) สามารถตอบสนองต่อสภาวะทางการผลิตและเครื่องมือเครื่องจักรได้ดีกว่าการตัดสินใจแบบไม่มีความระมัดระวัง

2.1.4 การกำหนดลำดับการปฏิบัติงาน (Priority dispatching or Scheduling)

การกำหนดลำดับการปฏิบัติงานโดยใช้ผลลัพธ์จาก Loading เป็นการกำหนดงานที่จะเริ่มต่อไปเมื่อเครื่องจักรว่าง จุดประสงค์ของ Priority rule คือ การจัดลำดับของงาน (ระหว่างที่งานอยู่ในคิวของเครื่องจักร) ในการกระทำที่สม่ำเสมอด้วยวัตถุประสงค์ของเวลาส่งไม่ทันกำหนดที่น้อยที่สุด เป็นกระบวนการที่มุ่งเข้าสู่ Due-date ในทางปฏิบัติ Priority rule ควรมีเหตุผลและง่ายในการใช้ มีดังนี้

EDD (Earliest due date) : เลือกงานซึ่งมีกำหนดส่งงานเร็วสุดให้ถูกทำการผลิตก่อน

ERD (Earliest release date) : ให้งานในคิวที่ถูกปล่อยก่อน ถูกผลิตก่อน เหมือน First come first serve priority

SPT (Shortest processing time) : เลือกงานที่ใช้เวลาผลิตสั้นที่สุดในคิวผลิตก่อน กฎนี้มีประสิทธิภาพที่จะลดเวลาส่งไม่ทันกำหนดเฉลี่ยเมื่อ Due-date ถูกเข้มงวดที่สุด

LPT (Longest processing time) : เลือกงานที่ใช้เวลาผลิตมากที่สุดในคิวผลิตก่อน

SDT (Smallest ratio by dividing total processing time) : เลือกการทำงานที่มีอัตราส่วนน้อยที่สุด จากการนำเวลาปฏิบัติงานหารด้วยเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมด

LDT (Longest ratio by dividing total processing time) : เลือกการทำงานที่มีอัตราส่วนมากที่สุด จากการนำเวลาปฏิบัติงานหารด้วยเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมด

SMT (Smallest ratio by multiplying total processing time) : เลือกการทำงานที่มีอัตราส่วนน้อยที่สุด จากการนำเวลาปฏิบัติงานคูณด้วยเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมด

LMT (Longest ratio by multiplying total processing time) : เลือกการทำงานที่มีอัตราส่วนมากที่สุด จากการนำเวลาปฏิบัติงานคูณด้วยเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมด

MST (Minimum slack time) : เลือกการทำงานที่มีเวลาเหลือก่อนถึงกำหนดส่งงานหักด้วยเวลาปฏิบัติงานที่น้อยที่สุด

MST/TP (Smallest ratio of minimum slack time to total processing time) : เลือกการทำงานที่มีเวลาเหลือก่อนถึงกำหนดส่งงานหักด้วยเวลาปฏิบัติงาน จากนั้นหารด้วยเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมดของงานนั้นที่น้อยที่สุด

Random : เลือกการทำงานแบบสุ่ม เลือกงานใดไปทำก่อนก็ได้

2.1.5 ระบบผู้เชี่ยวชาญ

การปรับปรุงเพื่อหาทางใช้คอมพิวเตอร์ให้เกิดผลผลิตสูงนั้น ทำได้หลายทางอันจะเหมือนกับการใช้เครื่องมือจักรกลอื่นในธุรกิจอุตสาหกรรม ซึ่งการใช้งานคอมพิวเตอร์ในอดีตมาจนปัจจุบันส่วนใหญ่จะหนักไปในด้านการคำนวณ และการประมวลผลข้อมูลธรรมดา ที่เรียกกันว่า Electronic data processing (EDP) อันเป็นการใช้งานที่มีมานานแล้ว จนปัจจุบันก็ได้มีผู้พยายามหาทางใช้คอมพิวเตอร์ให้เข้ามามีส่วนช่วยให้เกิดผลผลิตสูงมากขึ้น และทำให้เกิดการตัดสินใจในการทำงานได้เร็วขึ้น จนได้มีการค้นคว้าวิทยาการแขนงหนึ่งขึ้นในการที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถคิดได้เหมือนมนุษย์ วิทยาการอันนี้เรียกว่า "ปัญญาประดิษฐ์" (Artificial intelligence หรือ AI) นั่นเอง AI เป็นการสอนให้คอมพิวเตอร์ทำอะไรหลายๆ อย่างเหมือนมนุษย์เช่น การคิด การพูด การฟัง และการมอง ตลอดจนการสามารถใช้เหตุผลหรือดุลยพินิจ พร้อมกับได้แบ่งแขนงของการใช้งานหลักใหญ่ๆ อยู่ 4 แขนง คือ

1. Computer vision เป็นการสอนให้คอมพิวเตอร์มองเป็น

2. Natural language processing (NLP) สอนให้คอมพิวเตอร์เข้าใจภาษาและสามารถแสดงออกในด้านภาษาได้ด้วย

3. General problem solving and planning เป็นการสอนให้คอมพิวเตอร์รู้จักใช้หลักทั่วๆ ไป มาแก้ปัญหาทั่วๆ ไป

4. Expert system เป็นการสอนคอมพิวเตอร์ให้เชี่ยวชาญ หรือชำนาญเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวกับอาณาจักร (Domain) หนึ่งๆ ที่ไม่กว้างจนเกินไปนัก

ระบบผู้เชี่ยวชาญได้เข้ามาเกี่ยวข้องในฐานะของการพยายามที่จะสอนคอมพิวเตอร์ให้รู้จักคิดหรือใช้ดุลยพินิจแทนคนโดยการป้อนสิ่งที่เป็นความจริง (Facts) ความรู้ (Knowledge) ตลอดจนกฎต่างๆ (Rules) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยหลักว่าคอมพิวเตอร์สามารถเก็บข้อมูลต่างๆ ได้ก็น่าจะเก็บประสบการณ์ความจริงและความรู้ต่างๆ ได้

ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยความรู้ที่มีการจัดแบบโครงสร้าง และมีความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องหนึ่งๆ ในวิธีการเดิมอยู่เสมอถ้าหากไม่มีการเพิ่มเติมหรือปรับปรุงความรู้อย่างต่อเนื่อง ประกอบกับระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถรวบรวมข้อมูลต่างๆ ได้เป็นจำนวนมาก ในบางครั้งระบบผู้เชี่ยวชาญมักถูกคาดหวังให้คำนึงถึงข้อมูล ในลักษณะที่ไม่แน่นอนเนื่องจากปัญหาบางอย่างยากต่อการตัดสินคำตอบอย่างแน่ชัด และถูกนำมาใช้ให้คำปรึกษาที่ต้องการความชำนาญการเช่น ระบบวินิจฉัยทางการแพทย์ การวินิจฉัยข้อบกพร่องของอุปกรณ์ การออกแบบรูเข้าในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเส้นทางงาน เป็นต้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลองพฤติกรรมของผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ เมื่อประสบกับการแก้ปัญหาในเรื่องหนึ่งๆ โดยเป็นโปรแกรมที่รวบรวมข้อมูลส่วนสำคัญซึ่งได้รับจากผู้เชี่ยวชาญมนุษย์สำหรับการนำมาเป็นข้อมูลในการพิจารณาหรือให้คำแนะนำแก่บุคคลที่ต้องการคำปรึกษาในเรื่องนั้นๆ จากที่กล่าวมาแล้วอาจช่วยทำให้เห็นข้อดีที่เหนือกว่ามนุษย์ และข้อจำกัดของระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีดังต่อไปนี้

ข้อดีของระบบผู้เชี่ยวชาญ

1. ขีดความสามารถ มีขีดความสามารถสูงในเรื่องของการรวบรวมทางความรู้ได้อย่างเป็นระบบและมีโครงสร้างที่เห็นได้ชัดเจน จึงทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้ และการทำความเข้าใจ นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มพูนความรู้ และดัดแปลงให้มีความทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

2. การหยุดพัก ระบบผู้เชี่ยวชาญจะไม่มีความรู้สึกเบื่อ เหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้า อารมณ์เสีย ลาออก เกษียณ และเสียชีวิต ดังเช่นมนุษย์ จึงทำให้มีความพร้อมสำหรับการให้คำปรึกษาได้ตลอดเวลา

3. การสร้างใหม่ ระบบผู้เชี่ยวชาญเปรียบเสมือนผู้เชี่ยวชาญในเรื่องหนึ่ง ซึ่งใช้ระยะเวลาไม่นานนักในการได้รับความรู้ต่างๆ มากมาย แต่ถ้าเป็นมนุษย์จะต้องอาศัยระยะเวลาอันยาวนานในการเรียนรู้จนกว่าจะเป็นผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งเราสามารถสร้างผู้เชี่ยวชาญใหม่ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งกระทำโดยการคัดลอกโปรแกรมเท่านั้น ทำให้การสร้างผู้เชี่ยวชาญขึ้นมาใหม่มีความสะดวกเป็นอย่างมาก

4. ผลจากการตัดสินใจของระบบผู้เชี่ยวชาญจะเหมือนเดิมทุกครั้ง

ข้อเสียของระบบผู้เชี่ยวชาญ

1. ขอบเขต ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นระบบที่มีความรู้เฉพาะเรื่องเท่านั้น แต่สำหรับมนุษย์สามารถประมวลความรู้เรื่องอื่นมาวินิจฉัยได้

2. การตัดสินใจ มนุษย์สามารถเรียนรู้และทำการตัดสินใจในเรื่องหนึ่งๆ ได้รวดเร็วกว่าระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับปัญหาที่ไม่ซับซ้อน

3. เป็นการยากที่จะดึงความรู้ของผู้เชี่ยวชาญออกมา

4. ระบบผู้เชี่ยวชาญ ยังไม่สามารถเรียนจากประสบการณ์ได้เหมือนมนุษย์ (ไม่สามารถสร้างกฎใหม่เองได้)

การสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญขึ้นนับว่าเป็นการเริ่มประยุกต์ใช้วิชาปัญญาประดิษฐ์ ผลจากการนี้ ทำให้ผู้คนเริ่มแบ่งแยกวิชาปัญญาประดิษฐ์ออกเป็น 2 แขนง คือ แขนงที่เน้นการประยุกต์ (Application) และแขนงที่เน้นทางด้านทฤษฎี (Theory)

วิศวกรรมความรู้ (Knowledge engineering) เป็นผู้รวบรวมฐานความรู้ (Knowledge base) โดยการดึงความรู้และวิธีการที่ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการแก้ปัญหา (Knowledge acquisition)

แล้วจัดรูปแบบของความรู้หรือแทนความรู้ (Knowledge representation) ให้เป็นโครงสร้างต่างๆ (คือ Declarative model และ Procedural model) ที่เหมาะสำหรับงาน บทบาทของวิศวกรความรู้ที่ต้องดำเนินการมีดังต่อไปนี้

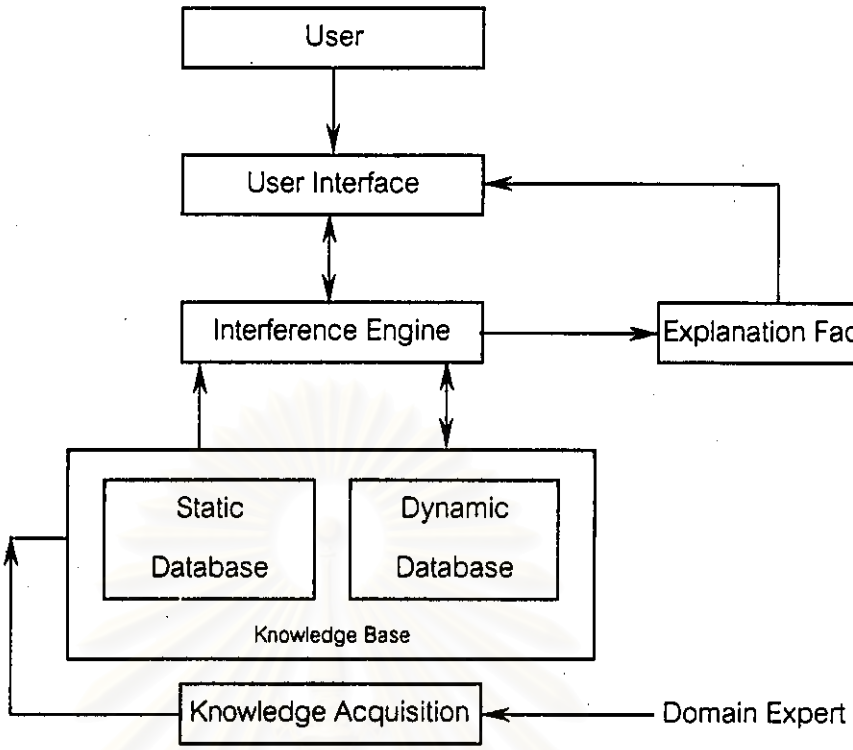
1. ทำความเข้าใจในปัญหาต่างๆ ทั้งหมดได้อย่างถ่องแท้
2. พัฒนาความเข้าใจเบื้องต้นซึ่งเป็นกุญแจสำคัญในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ
3. กลั่นกรองความรู้ให้กระชับและชัดเจน แต่ต้องไม่ให้เสียแนวทางตามที่คาดหวังไว้
4. สร้างและทดสอบการทำงานโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ

เป้าหมายหลักของวิศวกรรมความรู้คือ ความต้องการสร้างระบบ (ซอฟต์แวร์) คอมพิวเตอร์ที่ใช้งานได้จริงๆ สำหรับแก้ไขปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ใช่ปัญหาที่มีขอบข่ายกว้าง แต่เป็นปัญหาเฉพาะในโลกจริงที่มีขอบข่ายแคบ มนุษย์เราเมื่อพบกับปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน หรือปัญหาที่มีลักษณะพิเศษ ส่วนใหญ่แล้วจะสามารถปรับตัวตอบสนองปัญหาเหล่านั้นได้ สาเหตุหลักที่ทำให้มนุษย์เรามีความสามารถเช่นนี้ คงจะเป็นเพราะมนุษย์มีความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมกับปัญหาเหล่านั้นอยู่ ในทำนองคล้ายกันถ้าหากจะสร้างโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อสามารถแก้ปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ โปรแกรมนั้นจะต้องประกอบด้วยอัลกอริธึมที่ดีและมีประสิทธิภาพแล้วยังจำเป็นจะต้องมี "ความรู้" ด้วย ซึ่ง "ความรู้" นี้ใช้เป็นทั้งข้อมูลในการแก้ปัญหาและเป็นตัวชี้นำสำหรับอัลกอริธึมต่างๆ

ความรู้ในวิศวกรรมความรู้นั้น แตกต่างกับข้อมูลที่ ข้อมูล (Data) คือ ข้อเท็จจริง เช่น ตัวเลข ข่าวสาร (Information) คือข้อมูลที่ถูกกลั่นกรองแล้ว ส่วนความรู้เป็นการแสดงข่าวสารที่ถูกกลั่นกรองแล้วและอาจอยู่ในรูปที่ไม่สมบูรณ์

2.1.5.1 โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ (ดังแสดงในรูปที่ 5) มักประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ ฐานความรู้ (Knowledge base) เครื่องอนุมานหรือกลไกวินิจฉัย (Inference engine) การปฏิภาคของผู้ใช้ (User interface) การแสวงหาความรู้ (Knowledge acquisition) สิ่งอำนวยความสะดวกในการอธิบาย (Explanation facility) ส่วนที่มีความสำคัญมากหรือกล่าวได้ว่าระบบผู้เชี่ยวชาญจะขาดเสียมิได้คือส่วนของฐานความรู้ เครื่องอนุมาน และการปฏิภาคกับผู้ใช้



รูปที่ 5 ผังโครงสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

ก. ฐานความรู้ (Knowledge base)

ส่วนนี้เทียบได้กับข้อมูลในซอฟแวร์ธรรมดาหรือฐานข้อมูลเฉพาะหนึ่งๆ ปัญหาหลักของฐานความรู้คือการเลือกวิธีการแสดงความรู้ หรือโครงสร้างสำหรับเก็บความรู้ที่เหมาะสม ปัญหานี้เปรียบได้กับการเลือกโครงสร้างข้อมูลหรือโครงสร้างฐานข้อมูลที่เหมาะสมในระบบซอฟแวร์ธรรมดา

1) ชนิดของความรู้

1.1) ความรู้ที่บอกข้อเท็จจริง ลักษณะหรือคุณสมบัติ ซึ่งเป็นข้อความในรูปของประโยคบอกเล่า โดยได้ระบุถึงค่าความจริงในปัญหาหนึ่งๆ

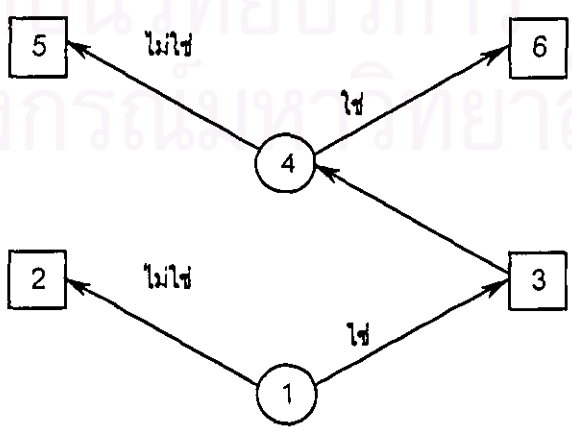
1.2) ความรู้ที่บอกความสัมพันธ์ เช่น เท้าเป็นอวัยวะส่วนหนึ่งของมนุษย์ หรือนกเขาเป็นสัตว์ปีกชนิดหนึ่ง

1.3) ความรู้ที่บอกขั้นตอนหรือวิธีการ ความรู้นี้สามารถแสดงถึงความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ต่างๆ (Event) หรือการกระทำต่างๆ (Actions) โดยมีการกำหนดการกระทำ

ตามเงื่อนไขหรือความเป็นเหตุเป็นผลต่อกัน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ความรู้เช่นนี้คล้ายคลึงกับสภาพการณ์ If...then...

1.4) ความรู้ที่มาจากประสบการณ์ ความรู้เหล่านี้ได้มาจากการสังเกตตามสัญชาตญาณของมนุษย์ซึ่งได้คลุกคลีกับการแก้ปัญหาหนึ่งๆ มาเป็นระยะเวลานาน มักนำความรู้เหล่านี้มาใช้ก็ต่อเมื่อความรู้ที่บอกขั้นตอนไม่เอื้ออำนวยซึ่งมักจะนิยมใช้กัน เนื่องจากใช้เวลาในการพินิจพิจารณาปัญหาน้อยกว่า

ความรู้ที่นำมาใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญจะต้องได้รับการปรับปรุงก่อนที่จะนำความรู้มาใส่ในระบบผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงลักษณะของความรู้ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม แล้วจึงนำมาเข้าในโปรแกรม โดยจะแสดงความรู้เหล่านั้นในรูปของกฎเกณฑ์ และส่วนของรูปแบบกฎเกณฑ์ต่างๆ นั้น ก็ได้มาจากการแปลงโครงสร้างของแผนภูมิของการตัดสินใจที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับการแตกกิ่งก้านสาขาของต้นไม้หรือที่เรียกกันว่า ดีซีสชั่นทรี (Decision tree) โดยที่ Decision tree ประกอบไปด้วยรูปวงกลม และรูปสี่เหลี่ยมที่เรียกกันว่า โนด (Node) ซึ่งแต่ละโนดจะมีหมายเลขสำหรับการอ้างอิง และโนดเหล่านี้จะเชื่อมต่อกันโดยลูกศรซึ่งเรียกกันว่า อาร์ค (Arc) หรือ บรานช์ (Branch) สำหรับภายในวงกลมจะบรรจุคำถามซึ่งเรียกโนดนี้ว่า โนดการตัดสินเส้นทาง ส่วนสี่เหลี่ยมอาจจะบรรจุข้อเท็จจริงหรือคำตอบของคำถามที่มีอยู่ในวงกลมนั้นๆ ซึ่งอาจมีได้หลายกรณี การเชื่อมต่อระหว่างโนดกับโนดของการตัดสินเส้นทางเปรียบเสมือน ถ้า (เงื่อนไขเป็นจริง) แล้ว (เกิดการกระทำ) ซึ่งเงื่อนไขเปรียบเสมือนเป็นโนดของการตัดสินเส้นทางและการกระทำเปรียบเสมือนเป็นโนด โดยมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 6 ตัวอย่างแผนภูมิดีซีสชั่นทรี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูป สำหรับโนด 1 ซึ่งเป็นคำถามที่ไม่ต้องอาศัยข้อเท็จจริง แต่สำหรับโนด 4 เป็นคำถามซึ่งต้องอาศัยข้อเท็จจริงจากโนด 3 มาสรุปคำตอบว่าจะไปยังโนด 5 หรือโนด 6

2) สถานภาพความรู้ สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน ระหว่างกำลังวินิจฉัย คือ

2.1) ฐานความรู้สถิตย์ (Static database) คือฐานข้อมูลหรือฐานความรู้ที่ไม่สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นข้อมูลชนิดนี้ยังคงสภาพเดิมทั้งก่อนและหลังการวินิจฉัย ความรู้นี้ถูกกำหนดในรูปของข้อเท็จจริงหรือกฎเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างรวมกัน

2.2) ฐานความรู้ไดนามิค (Dynamic database) คือฐานข้อมูลหรือฐานความรู้ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นข้อมูลชนิดนี้อาจถูกกำหนดก่อนการวินิจฉัย และสามารถลบหรือเขียนขึ้นมาใหม่ได้ขณะที่กลไกการวินิจฉัยกำลังดำเนินไป สำหรับความรู้ชนิดนี้ถูกกำหนดในรูปของข้อเท็จจริง โดยกำหนดผ่านมาทางผู้ใช้

ข. กลไกวินิจฉัยหรือเครื่องอนุมาน (Inference engine)

กลไกวินิจฉัยมีหน้าที่จับเอาหรือดึงเอาความรู้ในฐานความรู้มาไตร่ตรองก่อให้เกิดข้อสรุปที่จะนำไปสู่เป้าหมาย กลไกนี้ดำเนินไปโดยอาศัยข้อสรุปสมมุติฐาน และหลักฐานสนับสนุน หรือข้อเท็จจริงที่มาจากฐานความรู้ โดยสามารถจัดให้อยู่ในรูปดังนี้

ถ้า (มีหลักฐานสนับสนุน) แล้ว (เกิดข้อสรุปสมมุติ) หรือ

ถ้า (เกิดข้อเท็จจริง) แล้ว (เกิดข้อสรุปสมมุติ)

โดยทั่วไป มีกลไกการวินิจฉัยอยู่ 3 ประเภทที่นำมาใช้ในระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1) กลไกวินิจฉัยไปข้างหน้า (Forward chaining)

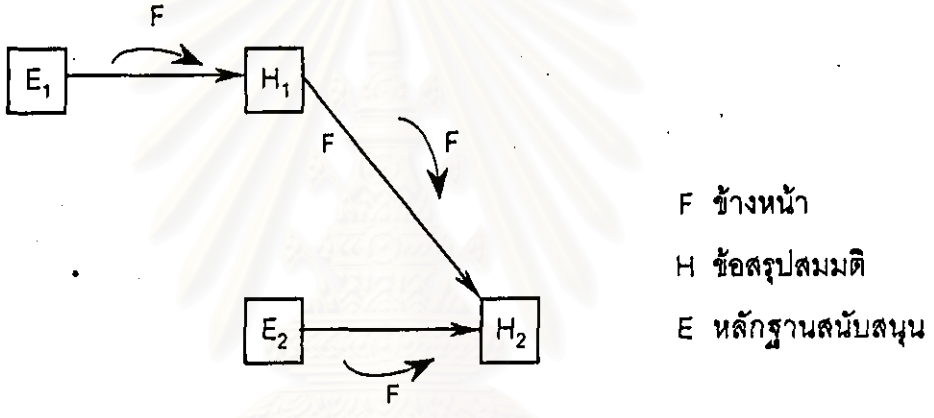
กลไกชนิดนี้ดำเนินไปโดยการกำหนดหลักฐานสนับสนุนจำนวนหนึ่งหรือเพียงอย่างเดียวให้กับระบบ หลังจากนั้น ระบบจะนำเอาหลักฐานสนับสนุนเหล่านั้น ไปค้นหาข้อสรุปสมมุติ ที่มีหลักฐานสนับสนุนอยู่ ผลของการค้นหามีได้ทั้งหมด 2 กรณี คือ

กรณี 1 ถ้าไม่พบ แสดงว่าไม่มีข้อสรุปสมมุติที่สอดคล้องกับหลักฐานสนับสนุนที่ป้อนให้ เป็นอันสิ้นสุดของการดำเนินกลไก

กรณี 2. ถ้าค้นพบ ซึ่งสามารถมีได้ 2 กรณีเช่นกันคือ

1. ค้นพบข้อสรุปสมมุติที่ต้องการได้เลย ซึ่งเป็นคำตอบ

2. ค้นพบข้อสรุปสมมุติแต่มีฐานะเป็นหลักฐานสนับสนุน ซึ่งสนับสนุนข้อสรุปสมมุติถัดขึ้นไปซึ่งอาจต้องการหลักฐานสนับสนุนอีกก็ได้ โดยทำลักษณะเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ คล้ายกับลูกโซ่ จนในที่สุดมาถึง ข้อสรุปสมมุติสุดท้าย ซึ่งเป็นคำตอบที่ต้องการ ดังนั้นจึงเรียกวิธีนี้ว่า กลไกไปข้างหน้า หรือบางครั้งเรียกว่า กลไกดาต้าริฟเว็น (Data-driven) เนื่องจากเป็นกลไกที่เริ่มต้นจากข้อมูลหรือข้อเท็จจริง เพื่อสอบถามข้อมูลสนับสนุนต่อไปจนกว่าจะได้ข้อสรุปสมมุติที่สอดคล้อง ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การทำงานของกลไกการวินิจฉัยไปข้างหน้า

จากรูปเริ่มต้นทราบ E_1 แล้วค้นพบ H_1 แต่พบว่ามีฐานะเป็นหลักฐานสนับสนุนของ H_2 ซึ่งสอบถาม หลักฐานสนับสนุน เพิ่มเติมในที่นี้คือ E_2 จาก E_2 กับ H_1 ค้นพบ H_2 ซึ่งเป็นข้อสรุปสมมุติที่ต้องการเป็นอันสิ้นสุด

2) กลไกวินิจฉัยย้อนกลับ (Backward chaining)

ส่วนกลไกชนิดนี้ดำเนินไปในลักษณะตรงกันข้ามกับวิธีที่ผ่านมากล่าวคือ กำหนดเริ่มต้นด้วยการตั้งข้อสมมุติ ซึ่งเป็นการสมมุติคำตอบที่ต้องการแล้วจึงให้ระบบค้นหาหลักฐานสนับสนุนคำตอบที่สมมุติขึ้นมา โดยผลการค้นหามีได้ 2 กรณีเช่นกัน คือ

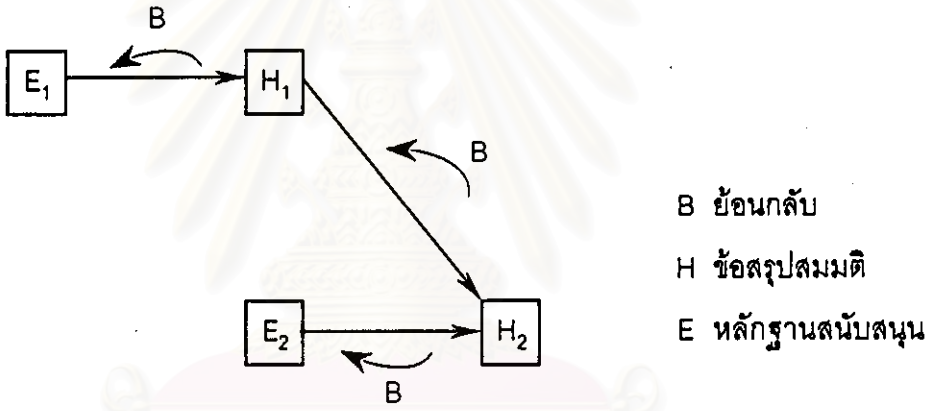
กรณี 1 ค้นพบ เป็นอันสิ้นสุดของการดำเนินกลไก

กรณี 2 ถ้าไม่พบ ซึ่งสามารถมีได้ 2 กรณี คือ

1. ไม่มีหลักฐานสนับสนุน ซึ่งเป็นการสิ้นสุดของการดำเนินกลไก

2. กลับค้นพบข้อสมมุติฐาน แต่เป็นข้อสรุปสมมุติที่รองลงมา

เมื่อพบว่าเป็นข้อสรุปสมมุติที่รองลงมาก็ต้องทำการค้นหาหลักฐานสนับสนุนต่อไปซึ่งกระทำในลักษณะเช่นเดิมนี้ต่อๆ ไปคล้ายคลึงกับลักษณะลูกโซ่จนกว่าจะพบหลักฐานสนับสนุนสุดท้าย เป็นอันสิ้นสุด ดังนั้นจึงเรียกกลไกนี้ว่า กลไกวินิจฉัยย้อนกลับ ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่า โกลดริฟเว็น (Goal-driven) เนื่องจากได้ตั้งข้อสมมุติที่ต้องการเป็นเป้าหมายแล้ว จึงสอบถามหาข้อมูล เพื่อสนับสนุนเป้าหมายนั้นดังตัวอย่าง ที่ปรากฏดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การทำงานของกลไกการวินิจฉัยย้อนกลับ

จากรูปเริ่มต้นตั้ง H_2 ขึ้นมาแล้วค้นหา หลักฐานสนับสนุน โดยค้นพบ E_2 กับ H_1 โดยที่ H_1 เป็นข้อสรุปสมมติที่รองลงมา ดังนั้นจึงต้องตั้ง H_1 ขึ้นมาเป็นเป้าหมายต่อไป เมื่อตั้ง H_1 ขึ้นมาก็จะค้นหา หลักฐานสนับสนุน โดยค้นพบ E_1 ซึ่งเป็นหลักฐานสนับสนุนสุดท้าย เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า H_2 เป็นข้อสรุปสมมติที่ต้องการเป็นอันสิ้นสุด

กลไกวินิจฉัยย้อนกลับเป็นการสมมติคำตอบ ซึ่งทำให้สามารถติดตามการวินิจฉัยไปอย่างต่อเนื่องตามลำดับของข้อมูลที่ต้องการ ดังนั้นจึงละทิ้งข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้ แต่กลไกประเภทนี้ยากต่อการเขียนโปรแกรม

3) กลไกให้น้ำหนักความสำคัญของกฎ (Rule-value approach)

กลไกให้น้ำหนักความสำคัญของกฎจะเริ่มสอบถามคำถามที่ดูเหมือนเป็นคำถามที่น่าสนใจหรือมีน้ำหนักมากหรือคาดว่าจะเกิดขึ้นบ่อยซึ่งเป็นหลักฐานสนับสนุน โดยมักใช้กับกลไกวินิจฉัยย้อนกลับ แนวทางนี้เป็นแนวทางที่พยายามมองดูว่าหลักฐานสนับสนุนใดบ้างที่นำไปสู่ข้อสรุปสมมุติได้มากที่สุด วิธีนี้จึงสนใจเฉพาะหลักฐานสนับสนุนที่สอดคล้องกับข้อสรุปสมมุติซึ่งมีความเกี่ยวพันกันในลักษณะที่ค่อนข้างแน่นอนทำให้สามารถตัดกลุ่มข้อสรุปสมมุติที่เกี่ยวพันน้อยลงไปได้อย่างมาก ดังนั้นกลไกประเภทนี้ จึงลดความไม่แน่นอนในการค้นหาข้อสรุปสมมุติให้มีจำนวนน้อยที่สุด ทุกๆ ครั้งที่มีการสอบถามข้อมูลจากผู้ใช้ เนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีที่ดีกว่าและเนื่องจากระบบผู้เชี่ยวชาญมักมีกฎเกณฑ์เป็นจำนวนมากจึงทำให้มีปัญหาในการจัดลำดับก่อนหลัง (Priority) ของคำถามเหล่านี้ ในบางครั้งเราอาจเรียกกลไกชนิดนี้ว่า ไซด์เวย์เชนนิ่ง (Sideways chaining)

กลไกให้น้ำหนักความสำคัญของกฎสามารถใช้งานได้ดีในกรณีการวินิจฉัยสั้น (Short reasoning chain) หรือใช้ข้อมูลเพียงเล็กน้อยในการหาคำตอบ โดยปกติวิธีนี้ช่วยลดบริเวณของการค้นหาคำตอบให้แคบลงจึงทำให้การสรุปคำตอบเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่ข้อเสียมีอยู่ว่าการเพิ่มเติมกฎเกณฑ์ใหม่ค่อนข้างยากในกรณีที่การจัดลำดับของกฎเกณฑ์เป็นสิ่งสำคัญ

การที่จะเลือกกลไกประเภทใดขึ้นอยู่กับความถนัดของแต่ละบุคคลและการคำนึงถึงคุณสมบัติของแต่ละกลไกเป็นสำคัญนอกจากนั้นต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพที่ได้รับด้วย ในขั้นเริ่มต้นควรเลือกกลไกประเภทไปข้างหน้าหรือย้อนกลับ เนื่องจากขาดความชำนาญในการเขียนโปรแกรมให้ซับซ้อน

ค. การปฏิภาคกับผู้ใช้ (User interface)

ส่วนนี้เป็นส่วนของการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งสื่อสารกันโดยอาศัยกลไกการวินิจฉัยเป็นสื่อกลาง ดังนั้นภายในกลไกวินิจฉัยได้รวบรวมโปรแกรมสำหรับการแสดงข้อความที่สามารถเข้าใจได้เมื่อโต้ตอบกับผู้ใช้โปรแกรม นอกจากนั้นยังได้รวบรวมเอาแนวทางการทำความเข้าใจกรรมวิธีการแก้ปัญหาและการค้นหาข้อมูลเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ต้องการซึ่งอาจปรากฏระหว่างที่กลไกวินิจฉัยดำเนินไป

ง. การแสวงหาความรู้ (Knowledge acquisition)

การค้นคว้าหาความรู้ที่นำมาใช้ในระบบผู้เชี่ยวชาญได้มาจากการสอบถามความรู้โดยที่ความรู้ต่างๆ ได้รับมาจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ตำราและคู่มือ รายงานการวิจัย และรายงานการสัมมนาทางวิชาการ ซึ่งความรู้เหล่านี้จะต้องมาผ่านการพินิจพิเคราะห์จากวิศวกรความรู้ (Knowledge engineer)

ขั้นตอนของการสอบถามความรู้ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญส่วนหนึ่งในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดสาขาวิชาทางวิศวกรรมอีกประเภทหนึ่งซึ่งเรียกกันว่า วิศวกรรมความรู้ (Knowledge engineering) และเมื่อระบบผู้เชี่ยวชาญถูกสร้างขึ้นและถูกใช้งานในช่วงระยะเวลาหนึ่งทำให้โอกาสของการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงความรู้ให้มีความทันสมัยและถูกต้องซึ่งในขั้นตอนเช่นนี้เรียกกันว่า การปรับแต่งความรู้ (Knowledge update) ดังนั้น เพื่อปรับปรุงความรู้จึงปรากฏสิ่งอำนวยความสะดวกทางด้านนี้ขึ้นโดยมีด้วยกันทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ การปรับปรุงที่กระทำโดยวิศวกรความรู้ ผู้เชี่ยวชาญ และสุดท้ายกระทำโดยตัวระบบเองซึ่งไม่ต้องมาผ่านทั้งผู้เชี่ยวชาญหรือวิศวกรความรู้

จ. สิ่งอำนวยความสะดวกในการอธิบาย (Explanation facility)

การวินิจฉัยเพื่อค้นหาคำตอบในปัญหาหนึ่งๆ ต้องอาศัยขั้นตอนของการหาเหตุผลที่น่าเชื่อถือเป็นสิ่งรับรองความถูกต้องของการประยุกต์ระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้งาน ดังนั้น การสืบเสาะ ขั้นตอนการหาเหตุผลเป็นสิ่งที่ต้องการเพื่อให้ผู้ใช้รู้สึกมั่นใจในคำตอบ ดังนั้นควรมีสิ่งอำนวยความสะดวกของการให้คำอธิบายในแต่ละขั้นตอนที่นำไปสู่ข้อสรุป

สิ่งอำนวยความสะดวกของการอธิบายในระบบผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึงการหาเหตุผลของระบบไปสู่ผู้ใช้ซึ่งเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของระบบผู้เชี่ยวชาญโดยทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญมีความแตกต่างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป คำอธิบายในระบบผู้เชี่ยวชาญมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. ช่วยในการตรวจสอบหาข้อบกพร่องของการแก้ปัญหาที่ระบบเสนอ
2. ช่วยให้ผู้ใช้สามารถทราบสถานภาพของการแก้ปัญหาในขณะนั้นๆ
3. เพิ่มความมั่นใจในคำตอบที่ระบบได้เสนอมาให้แก่ผู้ใช้
4. ช่วยทำให้เกิดความชำนาญการในการแก้ปัญหาของผู้ใช้

อย่างไรก็ตาม การให้คำอธิบายมีข้อจำกัดภายในตัวซึ่งได้แก่การอธิบายตอบสนองเพียงคำถามที่ถูกกำหนดเฉพาะ ดังนั้น จึงมีการจำกัดขอบเขตของการอธิบายให้กระจ่างและขาดความรู้สึกในการสนทนาอย่างต่อเนื่องดังเช่นมนุษย์

สำหรับคำอธิบายที่มีการใช้กันอยู่ค่อนข้างมากได้แก่ทำไม (Why) และอย่างไร (How) โดยที่คำถาม ทำไม จำกัดอยู่ที่การอ้างอิงกฎเกณฑ์ตามตำแหน่งขณะนั้นๆ และเป็นเพียงการถ่ายทอดความรู้อย่างค่อนข้างรวบรัด ส่วนคำถาม อย่างไร เป็นเพียงการย้อนขั้นตอนของกฎเกณฑ์ที่นำมาใช้จนมาถึงข้อสรุปซึ่งเป็นคำตอบ สำหรับกลไกการวินิจฉัยภายในระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นตัวทำหน้าที่การจัดลำดับของคำถาม และเพื่อให้เกิดข้อสรุปตามขั้นตอนของการหาเหตุผลที่ถูกกำหนดขึ้นมา

2.1.5.2 การแทนความรู้ (Knowledge representation)

เป้าหมายของการแทนความรู้คือ การดัดแปลงความรู้ต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบที่เอื้ออำนวยต่อความเข้าใจในการนำเสนอความรู้ ซึ่งหน้าที่นี้เป็นของวิศวกรความรู้โดยเป็นผู้รวบรวมความรู้อย่างมีระเบียบแบบแผนและค้นหาวิธีการแทนความรู้ที่เหมาะสม โดยทั่วไปสามารถจัดแบ่งการแทนความรู้ได้หลายรูปได้แก่ การแทนความรู้ในรูปของกฎเกณฑ์ รูปของเฟรม รูปของตรรกและรูปของเครือข่ายความหมาย รูปแบบทั้งหมดนี้สามารถนำไปวินิจฉัยโดยเครื่องอนุมาน

ก. แนวทางการเลือกวิธีการแทนความรู้ที่เหมาะสม

วิธีการแทนความรู้เป็นผลมาจากการวิจัยและจากการสังเกตเป็นส่วนใหญ่ การเลือกวิธีการใดจะต้องให้สัมพันธ์กับปัจจัยที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยหลักการวิเคราะห์ที่สำคัญทั่วๆ ไปมีดังนี้คือ

1. มีคุณสมบัติแสดงความเข้าใจอย่างต่อเนื่องและอย่างเด่นชัด กล่าวคือสามารถนำพาความรู้มาประยุกต์ได้อย่างง่ายดายในขณะที่วินิจฉัย และความรู้ถูกเสนอโดยตรงอย่างเด่นชัดเท่าที่จะเป็นไปได้ และมีขอบเขตความรู้ในระดับหนึ่ง

2. มีคุณสมบัติสื่อความหมายระหว่างมนุษย์ได้ดี กล่าวคือความรู้เหล่านั้นมีรูปแบบการเสนอที่สามารถสื่อความหมายได้อย่างดี โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและมีคุณสมบัติที่เกี่ยวกับทางด้านมนุษยสัมพันธ์ เพื่อให้เสมือนกับการสนทนาระหว่างบุคคล

3. ประสิทธิภาพการใช้งานเป็นที่ยอมรับ ในระหว่างขั้นตอนการเลือกวิธีการแทนความรู้ ควรจะเปรียบเทียบวิธีการอย่างหนึ่งกับวิธีการอีกอย่างหนึ่ง โดยการสอบถามความคิดเห็นจากผู้ใช้มาพิจารณาในเรื่องของขีดความสามารถ

4. สามารถปรับปรุงและเพิ่มเติม วิธีการแทนความรู้ควรมีความเหมาะสมในด้านการเพิ่มเติมความรู้ในภายภาคหน้าได้อย่างเพียงพอ โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงในส่วนของฐานความรู้เท่านั้น ซึ่งไม่ควรเกี่ยวพันกับการวินิจฉัย ยกเว้นในกรณีจำเป็น ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ควรมีการแบ่งความรู้ออกเป็นส่วนๆ เพื่อสามารถเก็บรักษาได้อย่างอิสระ โดยไม่มีผลกระทบจากความรู้ต่อกันเมื่อนำเอาไปใช้ หรือที่เรียกว่า มีความเป็นโมดูล (Modularity)

ข. ประเภทของการแทนความรู้

1) การแทนความรู้โดยใช้กฎเกณฑ์ ลักษณะของการแทนความรู้ที่ใช้กฎเกณฑ์มีรูปแบบดังต่อไปนี้

ถ้า (เกิดเหตุการณ์หรือเงื่อนไขขึ้น) แล้ว (ได้รับการกระทำหรือเหตุการณ์ตามมา) ดังนั้นจึงมักเรียกรูปแบบหรือกฎเกณฑ์ประเภทนี้ว่า กฎโปรดักชั่น หรือระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้กฎเป็นพื้นฐาน หรือ โปรดักชั่นซิสเท็ม (Production system)

การแทนความรู้ในวิธีนี้คล้ายคลึงกับการแก้ปัญหาของมนุษย์ในลักษณะที่มีเงื่อนไขและสามารถนำไปใช้ในเครื่องอนุมานที่กล่าวมาแล้วซึ่งได้แก่ กลไกวินิจฉัยไปข้างหน้า กลไกวินิจฉัยย้อนกลับ และกลไกให้น้ำหนักความสำคัญของกฎ

1.1) กระบวนหาเหตุผลของระบบผู้เชี่ยวชาญประเภทกฎเกณฑ์ ส่วนประกอบของระบบประเภทที่ใช้กฎเกณฑ์ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

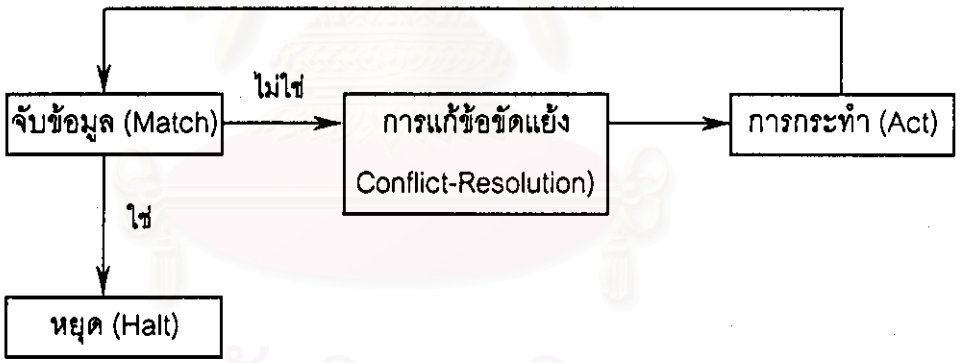
1.1.1) เนื้อที่หน่วยความจำ (Global working memory) เนื้อที่หน่วยความจำนำมาใช้ในการติดตามการวิเคราะห์ของการหาข้อสรุป โดยแต่ละส่วนของความจำมีการเรียงกันเป็น อนุกรม หน้าที่หลักของหน่วยความจำก็คือการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะที่มีชีวิตหรือไม่มีชีวิต (Objects) คุณลักษณะ (Attribute) และค่า (Valve) เช่น ประโยคที่กล่าวว่า นายศุภชัยอายุ 24 ปี ซึ่งมีความหมายว่า นายศุภชัยเป็นวัตถุ อายุเป็นคุณลักษณะ และ 24 เป็นค่า

1.1.2) กฎโปรดักชั่น (Production rules) บางครั้งกฎโปรดักชั่นอาจเรียกได้ว่า กฎกระทำตามสภาพ (Condition-action rules) หรือกฎกระทำตามสถานการณ์ (Situation-action rules) ซึ่งแล้วแต่ความเข้าใจกัน สำหรับรูปแบบของกฎประกอบด้วยดังนี้

ถ้า $P_1 \& P_2 ... \& P_n$ แล้ว $Q_1 \& Q_2 ... \& Q_n$

จากกฎนี้มีความหมายว่า ถ้า P_1 และ/หรือ $P_2 ... P_n$ เป็นจริงแล้วจะต้องได้ Q_1 และ $Q_2 ... Q_n$ เป็นจริงด้วย จึงทำให้กฎนี้เป็นจริงหรือใช้ได้ และให้มีความเป็นนิเสธ หรือมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถ้า P_1 เป็นจริง ดังนั้น $\sim P_1$ เป็นเท็จ ในที่นี้ P_1 และ Q_1 อาจเป็นความรู้ประเภท ข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ที่มีขั้นตอน เป็นต้น

1.1.3) ตัวตีความหมาย สำหรับตัวตีความในระบบผู้เชี่ยวชาญประเภทนี้ ทำหน้าที่แปลความหมาย หรือตีความ ของ $P_1 ... P_n$ ให้สามารถจับเข้าคู่ (Match) กับค่าต่างๆ ในหน่วยความจำ ดังนั้นตัวตีความหมายจึงเป็นการดำเนินไปของกระบวนการหาเหตุผล หรือที่เรียกว่า วัฏจักรจดจำ แล้วกระทำ (Recognize-act cycle) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 องค์ประกอบการหาเหตุผลของระบบผู้เชี่ยวชาญประเภทกฎเกณฑ์

1.1.3.1) จับข้อมูล (Match) ขั้นตอนนี้ตัวตีความหมายผูกพันค่าแต่ละค่าภายในกฎหนึ่ง โดยการเทียบเคียงกับตัวแปร หรือกับค่าที่ทราบแล้วในหน่วยความจำ แล้วจึงผูกพันค่านั้น โดยการบ่งบอกถึงค่าความเป็นจริงซึ่งมีด้วยกัน 2 กรณี

กรณีตัวแปร ตัวแปรผูกพันค่าในหน่วยความจำสามารถชี้ชัดถึงค่าความเป็นจริงที่แสดงออกเป็นจริง ดังนั้น ตัวแปรในกฎนั้นจะได้รับการผูกพันค่าให้ แต่มีข้อแม้ว่าจะต้องมีค่าในหน่วยความจำอยู่ก่อนจึงสามารถผูกพันได้

กรณีค่าที่ทราบแล้ว กรณีนี้คือการเทียบค่าที่ทราบมาจากผู้ใช้กับค่าที่ปรากฏภายในหน่วยความจำว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ ถ้าเท่ากันแสดงค่าความเป็นจริงเป็นจริง แต่ถ้าไม่เท่ากันก็แสดงค่าความเป็นจริงเป็นเท็จ สำหรับในกรณีที่ไม่เท่ากันจึงเข้าสู่ขั้นตอนของการแก้ข้อขัดแย้ง

1.1.3.2) การแก้ข้อขัดแย้ง (Conflict-resolution) กระบวนการนี้เป็นกรรมวิธีของการเลือกว่ากฎใดที่จะผ่านการหาข้อมูลใหม่เพื่อหาข้อสรุป กล่าวคือกรรมวิธีนี้จะค้นหาข้อเท็จจริงที่มาสนับสนุนค่าความเป็นจริงของกฎนั้น โดยข้อเท็จจริงนั้นถูกเก็บเพิ่มเติมขึ้นในหน่วยความจำ ดังนั้นจึงมาถึงขั้นกระทำซ้ำในการจับข้อมูลใหม่

1.1.3.3) กระทำ (Act) ขั้นตอนนี้เป็นผลพวงมาจากขั้นตอนที่ผ่านมากล่าวคือ เป็นขั้นตอนของการกระทำของการค้นหาข้อมูลเข้ามาวิเคราะห์ใหม่

1.2) ข้อดี กฎเกณฑ์ต่างๆ สามารถเสนอความรู้ต่างๆ ได้อย่างมีอิสระ โดยไม่ขึ้นต่อกัน และสามารถแบ่งความรู้ออกเป็นส่วนๆ ได้ดี รวมทั้งเปิดโอกาสให้มีการเพิ่มเติมกฎเกณฑ์ในภายหลัง สามารถสื่อความหมายในการให้เหตุผลระหว่างที่วินิจฉัยได้ดี และสามารถติดตามวิธีการหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้อย่างต่อเนื่อง

1.3) ข้อเสีย ในกรณีที่มีฐานความรู้ขนาดใหญ่ต้องเสียเวลาอย่างมากในการดึงเอาความรู้มาวินิจฉัย ดังนั้นมักมีการใช้กฎเกณฑ์ประเภทที่มาจากประสบการณ์มาช่วยแก้ไข แต่กฎเกณฑ์ชนิดนี้ต้องเป็นที่ยอมรับในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ สำหรับในกรณีที่การจัดลำดับของกฎเกณฑ์มีผลต่อการวินิจฉัย อาจทำให้เกิดความยุ่งยากในการเพิ่มเติมความรู้ในภายหลังได้

1.4) ขั้นตอนการออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญประเภทกฎเกณฑ์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 10

1.4.1) การกำหนดเป้าหมายที่สนใจ (Defining goal) โดยการพิจารณาว่าเกี่ยวข้องกับอะไร และเรื่องที่กล่าวถึงมีรายละเอียดปลีกย่อยอะไรบ้าง ซึ่งรายละเอียดเหล่านั้น มีความสัมพันธ์ในลักษณะกฎเกณฑ์ได้หรือไม่ ถ้าไม่ แสดงว่า การออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นเป็นไปไม่ได้ ควรทำการเปลี่ยนแปลงหัวเรื่องเสียใหม่

1.4.2) การกำหนดข้อเท็จจริง (Defining facts) โดยการค้นหาและสืบเสาะข้อเท็จจริงต่างๆ ซึ่งในที่นี้คือ การสร้างฐานความรู้โดยการกระทำ 2 หนทางด้วยกันคือ

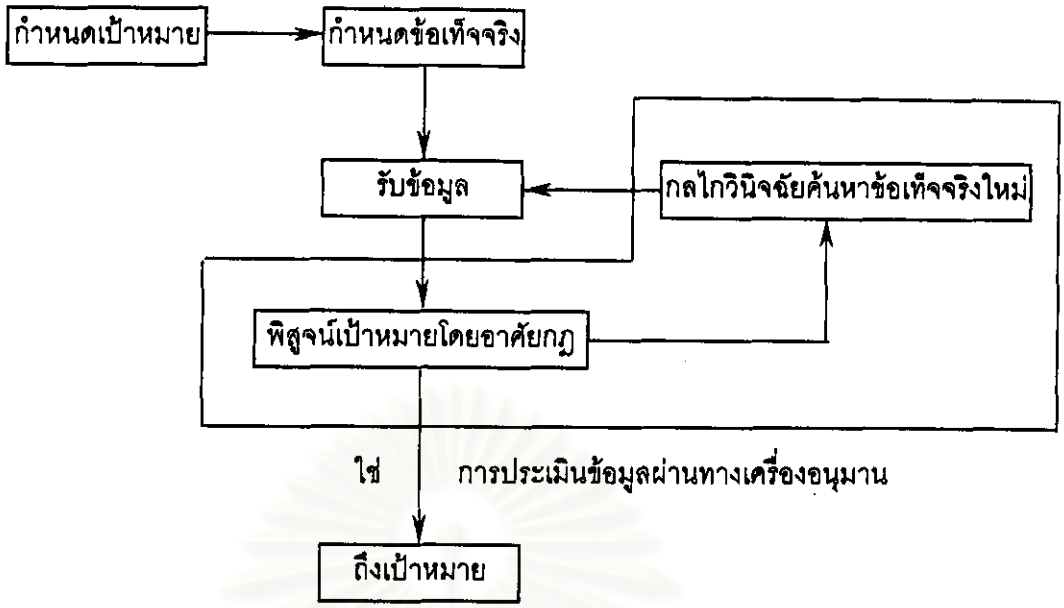
1.4.2.1) การค้นหาความรู้เบื้องต้น ได้แก่ การอ่านจากหนังสือ ค้นหาจากวารสารหรือบทความต่างๆ ที่เกี่ยวกับหัวเรื่องที่สนใจ และเป็นเป้าหมาย

1.4.2.2) การซักถามและสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ฐานความรู้ต่างๆ ที่จะนำมาใช้งานได้มีการพิจารณาไตร่ตรองถึงลำดับของความสำคัญจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อสามารถนำไปใช้ภายในโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด สำหรับความหมายของลำดับความสำคัญในที่นี้หมายความว่าความรู้หนึ่งๆ มีผลต่อการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญได้ในระยะเวลาอันสั้น หรืออาศัยความรู้จำนวนน้อยก็สามารถตัดสินได้ ลักษณะเช่นนี้อาจกล่าวได้ว่าความรู้ส่วนนั้นมีความสำคัญมาก

1.4.3) การรับข้อมูลเพื่อนำมาวินิจฉัย (Obtaining data) เมื่อได้ทราบถึงฐานความรู้ จะต้องมีการนำเอาความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการพิสูจน์ว่าบรรลุเป้าหมายหรือไม่โดยผ่านการสอบถามหรือซักถามข้อมูลจากผู้ใช้โปรแกรม

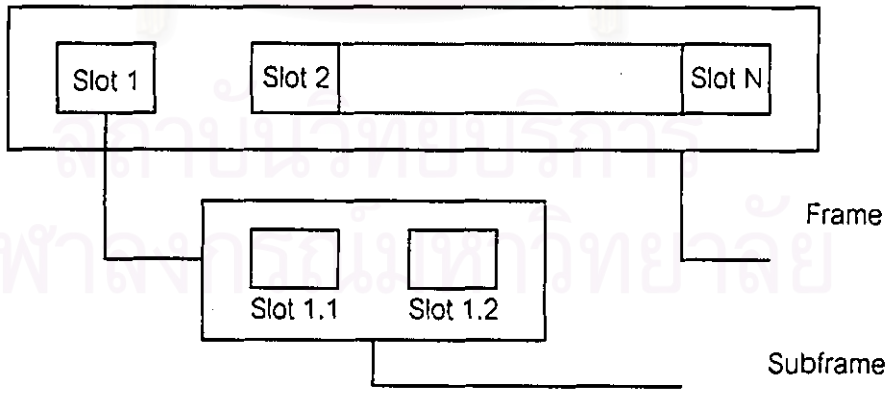
1.4.4) การประเมินข้อมูลที่ได้รับ โดยผ่านเครื่องอนุมาน (Evaluating by inference engine) คือ การออกแบบเครื่องอนุมานให้พินิจพิเคราะห์ว่าข้อมูลที่ได้รับมานั้นมีลักษณะที่ตรงกันกับความรู้ที่ปรากฏในกฎเกณฑ์หรือไม่ โดยอาศัยกลไกการวินิจฉัยเป็นเครื่องมือในการพิสูจน์ร่วมกับกฎเกณฑ์ในฐานความรู้ ถ้าผลการวินิจฉัยปรากฏว่า ข้อมูลนั้นส่งเสริมไปสู่การบรรลุเป้าหมายแสดงว่าเป็นการสิ้นสุดการให้คำปรึกษา และคำแนะนำจากระบบผู้เชี่ยวชาญแล้ว แต่ถ้าไม่ก็ต้องวนกลับมาเริ่มการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนการบรรลุเป้าหมาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 10 องค์ประกอบของการออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญประเภทกฎเกณฑ์

2) การแทนความรู้ที่ใช้เฟรม ลักษณะการแทนความรู้ประเภทนี้ ประยุกต์เอาการแสดงลักษณะเฉพาะตัวมาใช้ ซึ่งมีการแจกแจงรายละเอียดของวัตถุ หรือสิ่งของในลักษณะต่อๆ กันไปเรื่อยๆ หรือที่เรียกกันว่า อนุกรม (Series) โดยเฟรมนั้นประกอบด้วยช่องหรือสล็อต (Slot) ที่มีรายละเอียดแต่ละอย่างของวัตถุ หรืออาจจะบรรจุเฟรมไว้ภายในอีกชั้นหนึ่งก็เป็นได้ ซึ่งสามารถแสดงรูปแบบวิธีนี้ได้ดังรูป โดยที่ N เป็นเลขจำนวนเต็มที่มากกว่า 0



รูปที่ 11 โครงสร้างข้อมูลของระบบผู้เชี่ยวชาญแบบเฟรม

ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้เฟรมเป็นตัวแทนความรู้อาจเรียกระบบนี้ว่า Frame-based system โดยปกติเฟรมมักถูกนำมาใช้สำหรับการจัดจำแนกสิ่งของประเภทต่างๆ การแก้ปัญหาด้วยเฟรมจึงต้องทราบถึงข้อมูลที่กำหนดชนิดของเฟรมเสียก่อน หลังจากนั้นจึงนำเอาข้อมูลที่ได้รับไปผูกพันกับของข้อเท็จจริงหรือค่าที่มีอยู่ในสล็อตของเฟรมขณะนั้น เมื่อข้อมูลที่ใส่สามารถเข้ากับข้อเท็จจริงได้ก็จะนำคำตอบมาปรากฏ ดังนั้นเฟรมที่นำมาใช้จะสามารถใช้ได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับข้อเท็จจริงที่อยู่ในฐานความรู้

แนวความคิดแบบเฟรมนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการจัดองค์ประกอบความรู้โดยเป็นการตั้งแบบจำลองขึ้นมาให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด มิฉะนั้นแล้วระบบผู้เชี่ยวชาญที่สร้างขึ้นจะไม่สามารถเป็นที่ยอมรับได้

2.1) ข้อดี การแทนความรู้ประเภทนี้ จะประหยัดในการเก็บฐานความรู้ขนาดใหญ่และสามารถจัดแบ่งความรู้ออกเป็นส่วนๆ ได้ดี รวมทั้งเปิดโอกาสที่จะเพิ่มเติมความรู้ได้ในภายหลังโดยไม่มีผลกระทบต่อความรู้เดิมมากนักและสามารถสื่อความหมายในการให้เหตุผลระหว่างการวินิจฉัยได้ดี

2.2) ข้อเสีย มักมีปัญหาในเรื่องการสร้างข้อเท็จจริงสำหรับเฟรมหนึ่งๆ ให้มีความถูกต้องแม่นยำเพียงพอ เนื่องจากเป็นเรื่องยากที่นำข้อตกลงที่แน่นอนของ กลุ่มต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการกำหนดคุณลักษณะให้เป็นที่ยอมรับแก่ทุกฝ่าย ซึ่งในแต่ละกลุ่มอาจมีทัศนะที่แตกต่างกัน หรือขัดแย้งกันก็เป็นได้

3) การแทนความรู้ที่ใช้ตรรก ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ตรรกเป็นพื้นฐาน (Logic-based system) เป็นกระบวนการสร้างสูตรที่มีรูปแบบ (Well-formed formula) จากสูตรที่มีอยู่เดิมโดยผ่านการประยุกต์ใช้กฎเกณฑ์ สำหรับกฎเกณฑ์ที่มีการใช้กันมากที่สุดคือ Modus ponens ซึ่งมีรูปแบบดังนี้ ถ้า P_1 แล้วได้ P_2 ซึ่งแปลความหมายได้ว่า P_1 เป็นจริงแล้วได้ P_2 เป็นจริงแน่นอน ตัวอย่างเช่น ถ้ามีควันเกิดขึ้นแสดงว่าเกิดไฟขึ้น จากคำกล่าวนี้เป็นการยืนยันได้ว่า ถ้าเกิดไฟทำให้เกิดควัน จากที่กล่าวมา การแทนความรู้โดยวิธีใช้ตรรกมีลักษณะคล้ายคลึงกับการแทนความรู้ที่ใช้กฎเกณฑ์อย่างมาก มีข้อแตกต่างคือ ส่วนของการนำเสนอความรู้ของตรรกมีฐานความรู้ที่มีรายละเอียดการจัดลำดับของการพิจารณาที่ดึงเอาความรู้มาใช้ระหว่างขั้นตอนวินิจฉัย กล่าวคือ มีการกำหนดลำดับความรู้ที่ก่อให้เกิดข้อสรุปที่รวดเร็วและถูกต้องมากที่สุด ซึ่งมีลำดับดังต่อไปนี้

ลำดับแรก กล่าวถึงข้อเท็จจริงกรณีพิเศษ (Special case) ซึ่งได้แก่กลุ่มข้อเท็จจริงเฉพาะ ข้อยกเว้นต่างๆ

ลำดับสอง กล่าวถึงกรณีทั่วๆ ไป (General case) โดยการแสดงเกี่ยวกับการวินิจฉัยข้อมูลจากผู้ใช้ให้เข้ากับฐานความรู้ที่มีอยู่

ลำดับสุดท้าย คือการแสดงกรณีเพิกเฉย (Default case) ซึ่งระบุถึงกรณีที่ถูกกำหนดขึ้นมาก่อนการวินิจฉัย เนื่องจากข้อมูลจากผู้ใช้ไม่ผ่านการพิสูจน์ว่าถูกต้องเพียงพอ และเพื่อสรุปข้อวินิจฉัยที่น่าเป็นไปได้

จากการกำหนดลำดับนี้จึงอาจเรียกกฎเกณฑ์ประเภทนี้ว่าเมต้ารูล (Meta rule) โดยเป็นกฎเกณฑ์ที่มีการจัดลำดับเป็นไปตามหลักตรรกวิทยา ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมต้ารูลมีประโยชน์อย่างมากในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นการค้นหาความรู้ที่ต้องการและสมเหตุสมผลตามสัญชาตญาณของการแก้ปัญหาที่ชาญฉลาดของมนุษย์

4) การแทนความรู้ที่ใช้เครือข่ายความหมาย องค์ประกอบพื้นฐานของเครือข่ายความหมายคือโนด (Node) และ ลิงค์ (Link) โดยที่โนดใช้แทน รายละเอียดของวัตถุหรือสิ่งของต่างๆ ในการแก้ปัญหาหนึ่งๆ และลิงค์หรืออาร์ค (Arc) ใช้แทนความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุหรือสิ่งของต่างๆ

การแทนความรู้ด้วยวิธีนี้ได้เสนอคุณสมบัติของวัตถุ หรือสิ่งของ และอธิบายถึงความสัมพันธ์ที่มีต่อกันซึ่งปรากฏในลักษณะของสถานการณ์ (Situation) การกระทำ (Action) และเหตุการณ์ต่างๆ (Event) คุณสมบัติได้แก่ สี ขนาด รูปร่าง เป็นต้น

การหาเหตุผลโดยอาศัยเครือข่ายความหมายมักจะเดินไปข้างหน้า เนื่องจากลิงค์ต่างๆ มีความสัมพันธ์กันในลักษณะพึ่งพาอาศัยกัน ดังนั้นการหาเหตุผลด้วยวิธีนี้จึงไม่รัดกุมเพียงพอเหมือนกับการแทนความรู้ด้วยตรรกตามที่ได้กล่าวมา สำหรับการวินิจฉัยไม่อาจใช้ได้ทุกกรณี เนื่องจากขาดความสัมพันธ์ที่รัดกุม เช่น ขาดกรณีของข้อยกเว้น เป็นต้น

4.1) ข้อดี ความรู้ในส่วนที่คล้ายคลึงกันสามารถจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ใกล้ชิดกัน ซึ่งเป็นการทำให้ประหยัดหน่วยความจำลงได้อย่างมากโดยเฉพาะความรู้ประเภทที่ไม่มีการเน้นความสำคัญของแต่ละโนด

4.2) ข้อเสีย

4.2.1) โครงสร้างของเครือข่ายขาดความรัดกุม และยังขาดมาตรฐานเดียวกันทั้งหมดทำให้ยากต่อการสร้างฐานความรู้ที่มีการยอมรับจากผู้ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ เช่น เครื่องพิมพ์ดีดสามารถตีความได้หลายอย่าง เช่น ชนิดใช้ไฟฟ้าหรือไม่ ใช้ภาษาอย่างไร มีลักษณะอย่างไร เป็นต้น เครือข่ายความหมายขาดคุณลักษณะทางด้านตรรกวิทยาและขาดความรู้ที่อาศัยประสบการณ์อย่างเพียงพอ

4.2.2) การค้นหา ขาดการจัดองค์ประกอบ หรือโครงสร้างกลุ่มโนดที่กำหนดบริเวณของการค้นหาข้อมูลในฐานความรู้ให้แคบลง ทำให้การค้นหาเป็นไปอย่างกระจัดกระจาย ดังนั้น วิธีแก้ไขคือ เพิ่มเงื่อนไขหรือกฎเกณฑ์มาควบคุมการค้นหา และการเพิ่มเติมความรู้ค่อนข้างยาก เนื่องจากแต่ละโนดอาจมีความสัมพันธ์ต่อกัน ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาตามมาในภายหลัง

2.1.5.3 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีอยู่ 2 ประเภท ซึ่งได้แก่ ภาษาประเภทที่มีขั้นตอนแน่นอน (Procedural language) กับภาษาประเภทดีแคลเรทีฟ (Declarative language) ภาษาชนิดที่มีขั้นตอนแน่นอน เป็นภาษาที่มีการกำหนดขั้นตอนของการประมวลผลที่แน่นอน กล่าวคือกำหนดขั้นตอนที่ดำเนินไปสู่เป้าหมายอย่างใดอย่างหนึ่ง ตัวอย่างของภาษาประเภทนี้ได้แก่ ภาษาฟอร์แทน (Fortran) ภาษาเบสิค (Basic) ภาษาปาสคาล (Pascal) และภาษาซี (C) ส่วนภาษาดีแคลเรทีฟ เป็นภาษาที่มีการดำเนินขั้นตอนที่ไม่แน่นอน กล่าวคือ เป็นการกำหนดเป้าหมายขึ้นมาก่อน แล้วพยายามหาหนทาง หรือวิธีการที่สามารถบรรลุเป้าหมาย ตัวอย่างของภาษานี้ได้แก่ ภาษาลิสพ์ (Lisp) และภาษาโปรล็อก (Prolog) ทั้งภาษาลิสพ์และภาษาโปรล็อกนี้ เอื้ออำนวยอย่างมากสำหรับกระบวนการทางสัญลักษณ์ (Symbolic processing) ดังนั้น จึงเหมาะกับปัญหาที่เกี่ยวพันกับการประมวลผลตัวอักษร นอกจากนั้นภาษานี้ ยังสามารถควบคุมการทำงานของโปรแกรมโดยไม่มีรูปแบบที่ตายตัว และเก็บข้อมูลในลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปมาได้ หรือที่เรียกว่า ไดนามิกดาต้าเบส

อันที่จริงภาษาที่มีขั้นตอนแน่นอนสามารถนำมาพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญได้ แต่โปรแกรมที่ได้จากภาษานี้ยากต่อการเพิ่มเติมและเปลี่ยนแปลงในอนาคต ทำให้เป็นอุปสรรคอย่าง

มากต่อการพัฒนาในภายภาคหน้า อย่างไรก็ตามปัจจุบัน มีภาษาซี (C) ซึ่งเป็นที่นิยมกันมาก เนื่องจากมีการประมวลผลที่รวดเร็ว และมีการสนับสนุนทางด้านฮาร์ดแวร์ ดังนั้นในการเลือกใช้ภาษาใด จึงขึ้นอยู่กับปัจจัยที่กล่าวมา

2.1.5.4 เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert system shell)

ระบบผู้เชี่ยวชาญจะต้องอาศัยความรู้ในแขนงหนึ่งๆ สำหรับการแก้ปัญหาเฉพาะเรื่อง ทำให้เป็นการจำกัดขอบเขตในการพัฒนาอย่างกว้างขวางในเรื่องต่างๆ กล่าวคือ เมื่อมีการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ ในปัญหาอย่างหนึ่ง ก็จะต้องมีการจัดโครงสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญใหม่ทุกครั้ง ซึ่งเป็นการเสียเวลาในบางปัญหาที่ใกล้เคียงกันก็ไม่จำเป็นที่จะต้องสร้างกลไกวินิจฉัยขึ้นมาใหม่ หรือเปลี่ยนแปลงวิธีการแทนความรู้ ยกตัวอย่างเช่น Mycin ได้ถูกพัฒนาขึ้น ภายใน Mycin สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งได้แก่ส่วนระบบพื้นฐาน (ประกอบด้วย กลไกวินิจฉัยและการแทนความรู้) และส่วนความรู้เฉพาะเรื่องซึ่งในกรณีนี้คือ การจัดเส้นทางงาน ดังนั้น ถ้าพิจารณาดูจะเห็นว่าระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถแยกออกเป็น 2 ส่วนได้ เพราะฉะนั้นจึงมีความคิดที่จะสร้างเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญขึ้น จึงทำให้เกิด Emycin ขึ้นมาโดย Emycin เป็นเปลือกซึ่งนำเอาความรู้เฉพาะเรื่องออก ทำให้สามารถสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญในความรู้เรื่องอื่นได้ แต่อย่างไรก็ตามไม่ควรลืมว่าความรู้ที่วินิจฉัยจะต้องเป็นความรู้ที่ใกล้เคียงกันด้วย

2.1.5.5 เครื่องมือในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

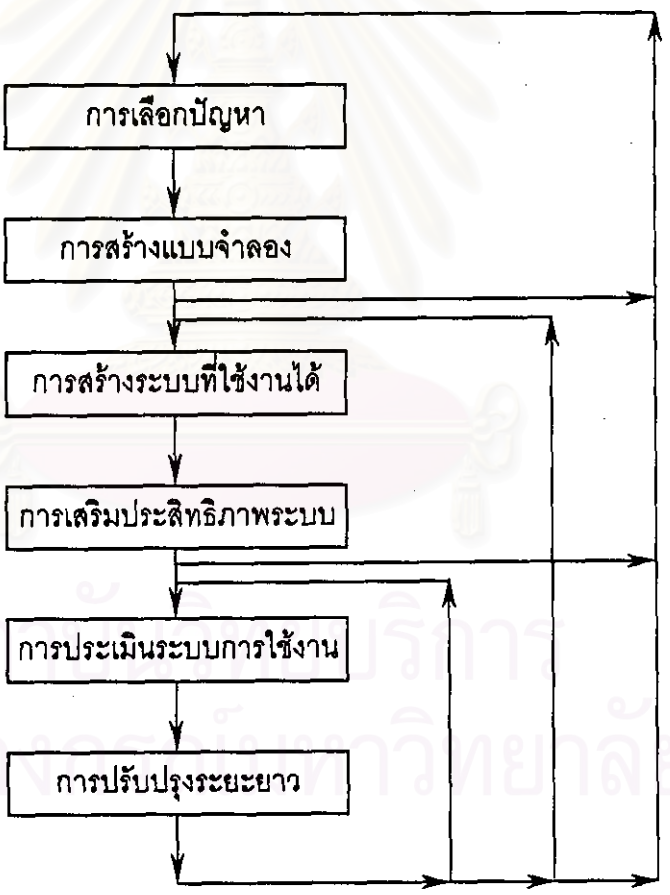
ในปัจจุบันมีการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer) กันเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นผลมาจากขีดความสามารถที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขั้นเริ่มต้นของการเริ่มพัฒนาควรคำนึงถึงเรื่องค่าใช้จ่ายด้วย เนื่องจากยังไม่ทราบถึงโอกาสในการประสบความสำเร็จตามที่คาดหวังไว้ ดังนั้นควรสร้างแบบจำลองระบบผู้เชี่ยวชาญขึ้นมาเสียก่อน โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของการยอมรับจากผู้ใช้ เพื่อให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ปกติแล้วระบบผู้เชี่ยวชาญมีการตั้งกฎเกณฑ์ประมาณ 50-200 กฎเกณฑ์ มักนำเอาคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาใช้ เมื่อพัฒนาแบบจำลองจนเป็นที่ยอมรับแล้ว ขั้นต่อไปคือการพัฒนาให้เป็นระบบที่สมบูรณ์แบบ จนในที่สุดมาถึงขั้นการเพิ่มพูนความรู้ให้กว้างขวาง ซึ่งอาจนำมาขยายลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาด

I17976066

ใหญ่ หรือที่เรียกว่า เมนเฟรม (Main frame) สำหรับเครื่องมือในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญที่นำมาพัฒนาด้วยคอมพิวเตอร์ได้แก่ Exsys M1 และ Level5 object เป็นต้น

2.1.5.6 กระบวนการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

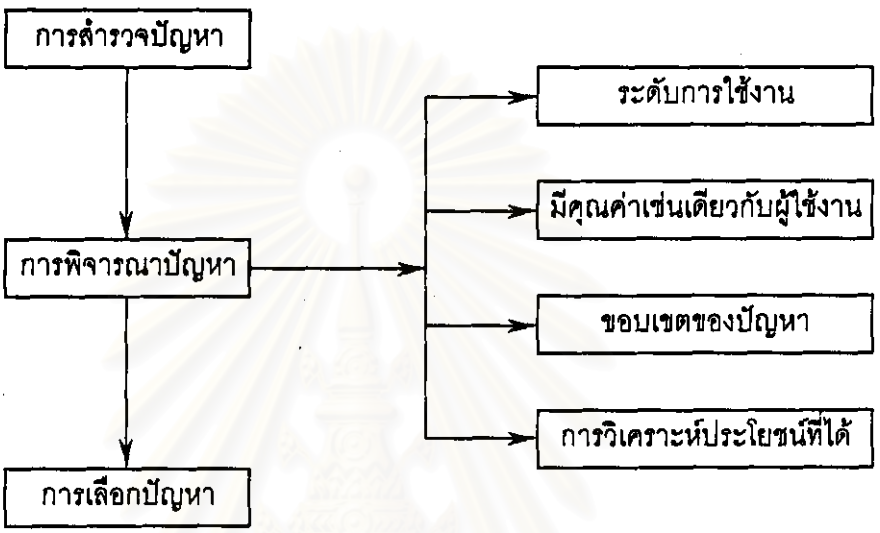
กระบวนการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ การเลือกปัญหา การสร้างแบบจำลอง การสร้างระบบที่ใช้งานได้ การเสริมประสิทธิภาพระบบ การประเมินระบบการใช้งาน และการปรับปรุงระยะยาว แต่ละขั้นตอนที่กล่าวมานี้จะต้องมีความสมบูรณ์และถูกต้องภายในระดับหนึ่งก่อนที่จะก้าวไปในขั้นต่อๆ ไป จากขั้นตอนเหล่านี้ มีความสัมพันธ์กันดังรูป



รูปที่ 12 กระบวนการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

ก. การเลือกปัญหา

ขั้นตอนนี้มีความสำคัญมากของการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากเป็นขั้นตอนของการเริ่มต้นตามวัตถุประสงค์การสร้างระบบขึ้นมา ซึ่งในขั้นตอนการเลือกปัญหาประกอบด้วยขั้นตอนอื่นๆ ดังรูป คือ



รูปที่ 13 องค์ประกอบของขั้นตอนการเลือกปัญหา

1) การสำรวจปัญหาต่างๆ

ขั้นตอนแรกคือ กรรมวิธีการเลือกปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่รวบรวมปัญหาต่างๆ ที่ได้รับความสนใจ สำหรับการจัดปัญหาในงานหนึ่งๆ อาจมีมากมายหลายปัญหา ซึ่งมีรายการของปัญหารวมกันประมาณ 30-50 รายการก็เป็นได้ โดยแต่ละรายการมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงอาจทำให้ยากแก่การตัดสินใจในการเลือก อย่างไรก็ตามอาจพิจารณาความถี่ของปัญหาที่เกิดขึ้นว่ามีมากน้อยเพียงใด เพื่อช่วยในการตัดสินใจก็ได้

2) การพิจารณาปัญหา

ปัญหาต่างๆ ที่สนใจจึงต้องถูกพิจารณาโดยการประเมินเทียบกับคุณลักษณะของระบบและคุณประโยชน์ที่ต้องการในขณะนั้น ซึ่งได้แก่ตัวอย่างดังต่อไปนี้

1. ปัญหานั้นต้องการความรู้จากผู้เชี่ยวชาญหรือไม่
2. ความเชี่ยวชาญที่ต้องการแก้ปัญหาหาได้ง่ายหรือไม่

3. งานนั้นต้องการคำตอบที่แน่นอนหรือไม่

4. คำตอบของปัญหาสามารถใช้ได้ในบางกรณีหรือไม่

5. ระยะเวลาในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญนานเท่าใด

จากคำตอบของคำถามที่ตั้งขึ้นมาเหล่านี้ เพื่อกลั่นกรองอย่างรอบคอบก่อน โดยคำตอบที่ได้คือ ใช่ เป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้สามารถตัดสินใจระบบพัฒนาผู้เชี่ยวชาญขึ้นมา

2.1) ระดับการใช้งาน

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ระบบผู้เชี่ยวชาญ เพื่อต้องการทราบถึงการใช้งานของระบบอยู่ในขั้นเดียว ซึ่งหัวข้อที่ควรวิเคราะห์ได้แก่

1. ปัญหานั้นจำเป็นต้องการทราบวิธีการหาเหตุผลของผู้เชี่ยวชาญหรือไม่เพราะถ้าหากว่าไม่จำเป็นผู้เชี่ยวชาญสามารถกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาให้สั้นลงได้โดยอาจอาศัยความรู้ประเภทที่มาจากประสบการณ์มาแก้ปัญหา

2. ปัญหานั้นต้องใช้ความรู้ที่แสดงถึงกริยาอาการของการแก้ปัญหาหรือไม่ เช่น ระบบผู้เชี่ยวชาญทำหน้าที่การบำรุงรักษา อาจต้องการวิธีการแสดงกริยาของการบำรุงรักษาประกอบเข้าด้วย

3. ปัญหานั้นคล้ายคลึงกับปัญหาที่มีอยู่จริงหรือไม่ เพื่อไม่เป็นการแก้ปัญหาตามจินตนาการ หรือทางอุดมคติมากเกินไป

2.2) มีคุณค่าเช่นเดียวกับผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญที่พัฒนาขึ้น ควรทำหน้าที่คล้ายคลึงเสมือนเป็นผู้เชี่ยวชาญ เช่น สามารถอธิบายได้ว่าความรู้ถูกนำมาใช้ได้อย่างไร และต้องแก้ปัญหาด้วยความรู้ที่มาจากความชำนาญการจริง เป็นต้น อย่างไรก็ตามระบบที่ใช้ควรได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญหลายๆ ท่าน เพื่อสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญที่สมบูรณ์แบบและเป็นที่น่าเชื่อถือ

2.3) ขอบเขตของปัญหา

การกำหนดขนาดของโครงการระบบผู้เชี่ยวชาญ สามารถกระทำได้โดยยึดแนวทางช่วงของการใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่สนใจว่ามีขนาดใด เพื่อให้มีความรวดเร็วเมื่อเทียบกับการแก้ปัญหาของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

1. สำหรับระบบเล็ก ระบบผู้เชี่ยวชาญควรแก้ปัญหาธรรมดาภายในครึ่งชั่วโมง ซึ่งภายในระบบผู้เชี่ยวชาญอาจใช้กฎเกณฑ์ประมาณ 5-300 กฎเกณฑ์

2. สำหรับระบบขนาดใหญ่ ระบบผู้เชี่ยวชาญควรใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมงหรือ 2-3 วัน สำหรับการแก้ปัญหาและกฎเกณฑ์ที่นำมาใช้ประมาณ 200-300 กฎเกณฑ์

ระบบที่เสนอควรคำนึงถึงโครงสร้างของการแก้ปัญหาด้วย เนื่องจากปัญหาบางปัญหาควรมีการแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อยเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการแก้ปัญหา และทำให้เกิดความรวดเร็วมากกว่าเดิม อย่างไรก็ตามปัญหาบางปัญหาไม่ต้องจัดโครงสร้างก็ได้ ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญร่วมด้วย อีกประการหนึ่งระบบผู้เชี่ยวชาญบางระบบควรใส่ทักษะของการฝึกฝนในการแก้ปัญหาให้แก่ผู้เริ่มฝึกหัด เช่น ระบบการวินิจฉัยทางด้านอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องการความชำนาญ

2.4) การวิเคราะห์ประโยชน์ที่ได้

สำหรับในเชิงพาณิชย์ การตัดสินใจที่จะสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญหรือไม่ ต้องคำนึงถึงการวิเคราะห์ทางด้านต้นทุนและการประเมินผลทางด้านกำไรที่ติดตามมา แต่ในทางการศึกษามักพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของการสร้างเครื่องมืออำนวยความสะดวกในงานหนึ่งๆ แล้วจึงมาวิเคราะห์ถึงโอกาสเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์

ข. การสร้างแบบจำลอง

หลังจากที่ปัญหาถูกกำหนดขึ้นมาเรียบร้อยแล้ว ก็มาถึงขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง กระบวนการของการสร้างแบบจำลองประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การสอบถามความรู้เบื้องต้น
2. แนวทางการแก้ปัญหาเบื้องต้น
3. การเลือกประเภทของกลไกการวินิจฉัย
4. การเลือกวิธีการแทนความรู้
5. การเลือกเครื่องมือสำหรับการสร้างระบบ
6. การเพิ่มเติมหัวข้อให้กับแบบจำลอง
7. การทดสอบแบบจำลอง

8. การแสดงตัวอย่างของแบบจำลอง

9. การปรับปรุงแบบจำลองให้เข้ากับเป้าหมาย

กระบวนการนี้ถูกสร้างขึ้นมา เพื่อต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับปัญหานั้นให้มากขึ้นกว่าเดิม และการสร้างแบบจำลองเป็นเพียงความคิดที่นำมาแทนกระบวนการของการออกแบบนั่นเอง

วัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลองมีด้วยกัน 3 ประการ คือ

1. เพื่อสร้างความเข้าใจในขอบเขตของปัญหา และเทคนิคของการแก้ปัญหา

2. เพื่อประเมินคุณประโยชน์ของระบบ และทราบถึงแนวทางการพัฒนาระบบให้สมบูรณ์

3. เพื่อตัดสินใจในการเข้าสู่ขั้นตอนของการออกแบบ

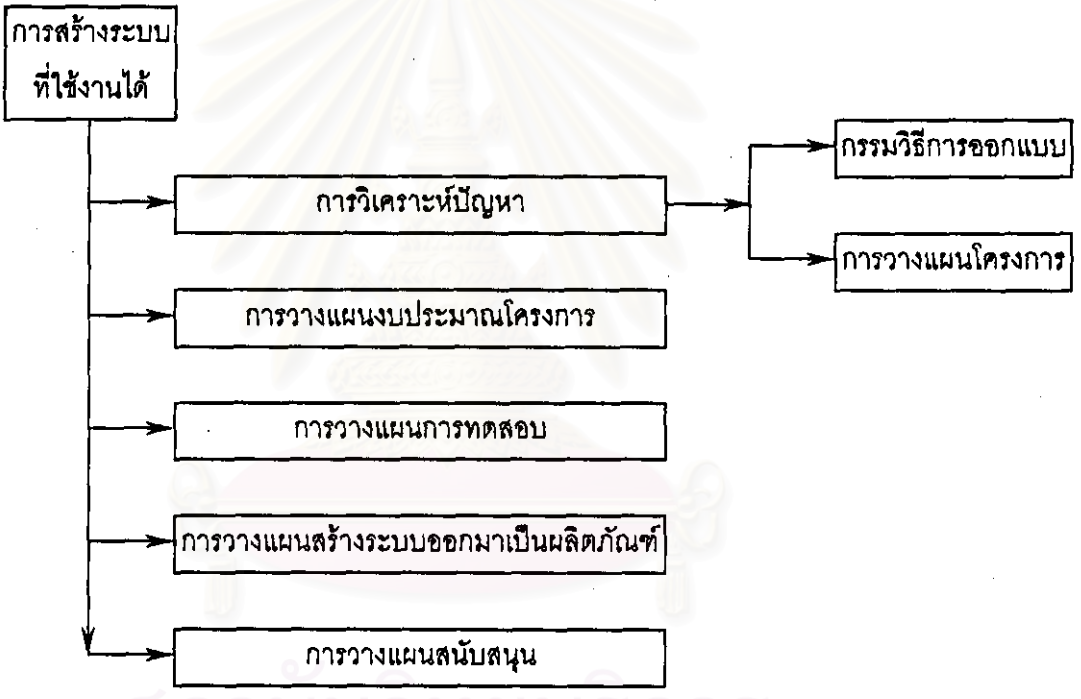
ปกติการสร้างแบบจำลองจะเกี่ยวข้องกับวิศวกรความรู้และผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น ในขั้นตอนนี้ เริ่มต้นด้วยการสอบถามความรู้จากผู้เชี่ยวชาญและวิศวกรความรู้ ตรวจสอบทัศนะกว้างๆ ของปัญหานั้น ขณะเดียวกันก็เรียนรู้เกี่ยวกับแง่สำคัญต่างๆ ของปัญหานั้นๆ ด้วย ดังนั้นงานจึงเริ่มต้นด้วยการค้นหาความรู้เบื้องต้นที่สามารถนำมาใช้งาน หลังจากนั้นนำความรู้ที่กลั่นกรองแล้วมาสร้างแบบจำลอง ซึ่งทำให้วิศวกรความรู้ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญในปัญหาที่ไม่เข้าใจก่อนการสร้างแบบจำลอง ขั้นตอนต่อไปคือ การพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาเบื้องต้น ความเข้าใจ การให้คำปรึกษา และระดับของผู้ใช้ที่คาดไว้ ซึ่งอาจรวมถึงการตอบสนองที่เกิดขึ้น แล้วจึงนำเอาเครื่องมือมาสร้างแบบจำลองตามรูปแบบที่คาดไว้

สำหรับการเพิ่มแบบจำลองก็เป็นไปได้ โดยมากมักเป็นกรณีของปัญหาที่พบบ่อย ในขั้นตอนของการเพิ่มเติมจะต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญกับวิศวกรความรู้ เพื่อปรับปรุงให้ได้ระบบตามที่ต้องการ หลังจากนั้นจึงนำแบบจำลองมาวิเคราะห์ซ้ำเพื่อตัดสินปัญหาเพิ่มเติมและปัญหาที่เกิดขึ้น ในช่วงการวิเคราะห์ความเข้าใจระหว่างการสร้างแบบจำลองเป็นผลให้ลดปัญหาให้น้อยลงได้อย่างมาก ในระหว่างการเพิ่มเติมอาจเกิดการปรับรูปแบบ โดยรูปแบบนั้นอาจมีความเหมาะสมมากกว่าก็เป็นได้ เมื่อแบบจำลองเป็นที่น่าพอใจจึงมาผ่านขั้นตอนการตัดสินใจที่จะพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญอย่างเต็มที่หรือไม่ ซึ่งในขั้นตอนนี้หมายถึงว่า วิศวกรความรู้ ต้องมีความเข้าใจในปัญหานั้นๆ อย่างถ่องแท้ และผู้เชี่ยวชาญสามารถเพิ่มความสามารถของการแก้ปัญหามากกว่าเดิม

ค. การสร้างระบบที่ใช้งานได้ ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังรูปที่ 14

สำหรับวัตถุประสงค์ของขั้นตอนการสร้างระบบได้แก่

1. ยึดมั่นและจดจำความเข้าใจที่เป็นกุญแจสำคัญของการพัฒนาขั้นตอน
2. พยายามผลักดันให้มีการวางแผน ก่อนขั้นตอนการเพิ่มเติมอย่างเต็มที่
3. เน้นการตัดสินใจโดยการคำนึงถึงกลยุทธ์เพิ่มเติมที่อาจมีภายหลัง
4. มีความเข้าใจร่วมกัน เพื่อยอมให้บุคคลที่อยู่ในโครงการมีส่วนร่วม
5. ตรวจสอบจุดที่มีโอกาสเปลี่ยนแปลงและจัดให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมในโครงการ
6. ยอมให้เพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อให้มีอายุการใช้งานระบบได้นาน



รูปที่ 14 องค์ประกอบของขั้นตอนการสร้างระบบที่ใช้งานได้

1) การวิเคราะห์ปัญหา

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของการสร้างระบบ ซึ่งมีหน้าที่กำหนดปัญหาที่ต้องแก้ไข กำหนดวัตถุประสงค์ที่น่าสนใจ และระบุข้อจำกัดในการวางขอบเขตของโครงการ หน้าที่ทั้งหมดนี้ ควรถูกกำหนดอย่างชัดเจนเท่าที่เป็นไปได้ สำหรับความสมบูรณ์ของแต่ละหน้าที่ประกอบขึ้นจากความสมบูรณ์ของวิธีการวิเคราะห์ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งได้แก่

1.1) กรรมวิธีการออกแบบ ในที่นี้ การออกแบบหมายถึง แนวทางการออกแบบระบบ ไม่ใช่วิธีการออกแบบระบบโดยทั่วๆ ไป ซอฟท์แวร์มักถูกแยกออกเป็นส่วนๆ ตามหน้าที่เฉพาะอย่าง หรือถูกแบ่งเป็นโมดูล (Module) เช่น ส่วนของการปฏิภาคกับผู้ใช้ และอาจรวมถึงการพัฒนาโครงสร้างข้อมูลเข้าไปด้วย ดังนั้นก่อนทำการออกแบบผู้เชี่ยวชาญ จึงควรทำความเข้าใจให้ดีพอเกี่ยวกับรายละเอียดต่างๆ ภายในระบบผู้เชี่ยวชาญ ในการออกแบบมักประกอบด้วยการพิสูจน์วิธีการแทนความรู้ว่าเหมาะสมอย่างไร การเลือกประเภทของการวินิจฉัย และโครงสร้างของระบบที่ถูกต้อง

1.2) การวางแผนโครงการ ควรตรวจสอบแนวทางการตัดสินใจของโครงสร้างของแบบจำลองให้แน่ชัด เพื่อต้องการหลีกเลี่ยงความขัดแย้งระหว่างแนวทางการออกแบบกับแนวทางการสร้างแบบจำลอง แต่ถ้าเกิดกรณีเช่นนั้นขึ้น ควรมีการพิจารณาทบทวนแบบจำลองอีกครั้ง เพื่อปรับให้เข้ากับเป้าหมายที่ต้องการมากที่สุด

2) การวางแผนงบประมาณโครงการ

ผลจากขั้นตอนการวางแผนโครงการทำให้สามารถเสนองบประมาณวัตถุดิบให้สอดคล้องกับงบประมาณที่คาดการณ์ไว้ โดยงบประมาณนั้นได้กำหนดการแบ่งสรรปันส่วน ปัจจัยที่ใช้ในการสร้างระบบอย่างถูกต้อง เพื่อทำให้โครงการดำเนินได้อย่างราบรื่นมากที่สุด รวมทั้งการกำหนดตารางเวลาให้เข้ากับขั้นตอนของแต่ละงานที่ทำอย่างพอดี เพื่อทำให้โครงการเสร็จทันตามที่คาดหวังไว้

3) การวางแผนทดสอบ

ภารกิจนี้ได้มุ่งไปยังการวางแผนที่จะพิสูจน์ความสามารถของระบบหลังจากระบบได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้ว ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงระบุกรณีต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ และการบ่งบอกวิธีการสำหรับใช้ทดสอบตามกรณีที่ตั้งไว้ ซึ่งในระหว่างการทดสอบ อาจเกิดกรณีการทดสอบใหม่ๆ ขึ้นมาก็เป็นได้ เพื่อทำให้การทดสอบเกิดประโยชน์มากที่สุด

4) การวางแผนสร้างระบบออกมาเป็นผลิตภัณฑ์

เมื่อผ่านขั้นตอนการวางแผนการทดสอบแล้ว ก็ถึงขั้นตอนการวางแผนสร้างระบบในรูปของผลิตภัณฑ์ ซึ่งในขั้นนี้เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากของการสร้างระบบมาใช้งานจริงๆ สำหรับแผนการการแนะนำระบบผู้เชี่ยวชาญกล่าวถึง ทำอย่างไรที่จะนำระบบนั้นออกมาสู่ผู้ใช้ได้ ซึ่งระบบที่นำออกมาควรผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญหลายๆ ท่าน เพื่อทำให้เกิดระบบ

ที่ให้คำปรึกษาได้อย่างสมบูรณ์ และควรเน้นในเรื่องประโยชน์ที่ได้รับด้วย แต่อย่างไรก็ตามต้องไม่ลืมในเรื่องโอกาสของการปรับปรุงระบบในภายภาคหน้าด้วย

5) การวางแผนสนับสนุน

ขั้นตอนนี้เป็นส่วนที่มีความสำคัญเมื่อมีการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญออกมาในรูปของผลิตภัณฑ์กล่าวคือ เป็นส่วนในการวิเคราะห์ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถรักษาความเป็นผู้เชี่ยวชาญได้ดีเพียงใด และโอกาสที่เสื่อมความเชื่อถือมีมากน้อยเพียงใดเมื่อระยะเวลาผ่านไป ดังนั้นมักมีการรวบรวมกรณีการทดสอบต่างๆ ที่ผ่านมานำมาพิจารณา และประเมินผลการตอบสนองที่ได้รับ

2.2 <u>การสำรวจงานวิจัย</u>

Nof et al. (1979) ในปัญหาการเลือกชิ้นงานเข้าระบบถูกกำหนดเป็น 2 ขั้นตอน คือ ตอนเริ่มต้นเข้าระบบแรกเริ่ม (ระบบว่างเปล่า) กับเมื่ออยู่ในสภาวะคงตัวแล้ว เมื่อระบบว่างเปล่าการเริ่มจะเริ่มต้นจากการนำของล็อตแรกเข้าสู่ระบบจนกระทั่งจำนวนล็อตไหลวนครบทั้งระบบ ผลของลำดับงานที่เข้าสู่ระบบแรกเริ่มจะมีบทบาทสำคัญเพราะระบบต้องการช่วงเวลา เช่น ต้องการเวลาป้องกันรักษาเครื่องจักร เมื่อจัดระบบแรกเริ่มเสร็จปัญหา ต่อมาก็คือการเลือกชิ้นงานเข้าระบบเมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงตัว ความต้องการมีมากมายที่ต้องระบุก่อนงานจะถูกจัดเส้นทางงานเข้าสู่ระบบ ดังต่อไปนี้

1. การสั่งงาน (Jobs)
2. ล็อตที่สามารถนำพาไปได้ครั้งหนึ่งๆ
3. ความต้องการวัตถุดิบและเครื่องมือที่จะนำเข้าระบบ
4. การกำหนดเส้นทางงาน

กฎการเลือกชิ้นงานเข้าระบบ (Part entry selection) จะเลือกชิ้นงานซึ่งให้ผลลัพธ์ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ (Objective) มากที่สุด วัตถุประสงค์ของการจัดเส้นทางงานกำหนดในรูปแบบระยะสั้นของการผลิต เช่น กลยุทธ์เดี่ยว ซึ่งพิจารณาการกระจายงานให้เครื่องจักรเท่าๆ กัน (Stecke 1983) หรือกลยุทธ์คู่ ซึ่งพิจารณาทั้งการกระจายงานให้เครื่องจักรเท่าๆ กัน และการทำให้มีจำนวนงานที่เสร็จล่าช้าน้อยที่สุด (Shanker and Tzen 1985, Moreno and Ding 1993) หรือกล

ยุทธ์รวม เช่น การกระจายงานเข้าเครื่องจักรเท่าๆ กัน การทำให้จำนวนงานที่เสร็จล่าช้าน้อยที่สุด และจำนวนงานที่เคลื่อนที่น้อยที่สุด (Gupta et al. 1993)

Stecke and Solberg (1981) ศึกษาประสิทธิภาพกฎการจัดเส้นทางงาน ภายใต้การจัดเส้นทางงาน 5 แบบ สำหรับ Caterpillar FMS เขาแสดงให้เห็นว่ากฎ SPT ให้ผลแย่กว่าโดยผลลัพธ์เฉลี่ย ยิ่งกว่านั้น กฎการจัดเส้นทางงานซึ่งเลือกการกำหนดเส้นทางงานแรกของงานด้วยอัตราส่วนต่ำสุดของเวลาการผลิต (Processing time) ต่อเวลาการผลิตรวม (Total processing time) ให้ผลดีกว่าวิธีการอื่นๆ อย่างไรก็ตาม สังเกตได้ว่ากฎการจัดเส้นทางงานของ Stecke and Solberg ดีที่สุด เมื่อมีการประยุกต์ใช้ต่อลักษณะต่างๆ เช่น Denzler and Boe (1987 a) ไม่ได้แสดงการเปรียบเทียบที่ดีพอ สรุปได้ว่า Heuristics อาจต้องถูกออกแบบสำหรับแต่ละชนิดของ FMS โดยเฉพาะ

Hutchinson (1983) การตัดสินใจ เมื่องานจะถูกปล่อยเข้าระบบเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการตัดสินใจอาจเป็นสาเหตุของความคับคั่งของระบบสูง เขาพัฒนาการไหลเป็นระบบสำหรับการปล่อยงานเข้าระบบ ดัชนีที่เสนอของงานถูกพัฒนา โดยมีพื้นฐานอยู่ที่น้ำหนักของความต้องการ ระดับก่อนหลัง และเวลาในการผลิต

Baker (1984) กล่าวถึงผลกระทบของ Input control ที่มีต่อการทำงานที่ราบเรียบโดยการหน่วงงานในช่วงที่มีภาระงานหนักของกรณีเครื่องจักรเดียว ซึ่งใช้เป็นพื้นฐานของการศึกษา ดังนั้นจึงมีข้อเสียคือ อาจทำให้การจัดตารางการผลิตมีประสิทธิภาพน้อยลง การควบคุม Input มี 3 ขั้นตอนคือ การกำหนดวันกำหนดส่ง การปล่อยงาน และการจัดลำดับงาน เนื่องจากการจัดลำดับงานอยู่ปลายสุดของการควบคุม ดังนั้นเราอาจมองการจัดลำดับงานเป็นการควบคุมการส่งงานไม่ทันกำหนดที่ดีที่สุด จากการทดลองสรุปได้ว่า การจัดลำดับงานแบบ Modified due-date ดีสุดเมื่อเทียบกับวิธี ERD SPT MST และ MCR การปล่อยงานจะใช้วิธีการปล่อยงานทันทีเข้าคิวโดยไม่สนใจ Load limit สุดท้ายคือการกำหนดวันกำหนดส่งจะใช้วิธี TWK หรือ SLK ก็ได้ เมื่อทำตามข้างต้นแล้วจะทำให้ได้เวลาส่งงานไม่ทันกำหนดเฉลี่ยน้อยที่สุด

Browne et al. (1984) กล่าวว่า การจัดทำเส้นทางงานสำรองจะเพิ่มความสามารถ ให้ระบบสามารถผลิตงานได้ต่อเนื่อง ทั้งๆ ที่เครื่องจักรเสีย และสามารถเลี่ยงเส้นทางงานที่แออัดภายใต้เงื่อนไขการปฏิบัติงานปกติ

Shimoyashiro, Isoda and Awane (1984) ศึกษาวิธีสำหรับการจัดตารางการผลิตและควบคุม Machine job shop พวกเขาพบว่า 2 ตัวแปร คือ Load balance Limitation ของ Work input มีผลกระทบต่อการกระทำของ Shop อย่างเช่น Lateness Mean flow time และค่า Utilization ของเครื่องจักร ถ้า 2 ตัวแปรนี้มีการควบคุมที่ดี จะได้ผลออกมาดี โดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงว่าเราจะใช้วิธีการ Dispatching แบบใด

Egbelu (1985) พิสูจน์เรื่องของการตัดสินใจว่า งานควรถูกดำเนินการที่เครื่องจักรไหน และมันควรจะถูกดำเนินอย่างไรบนเครื่องจักรที่กำหนดทั้งสองประโยคนี้มันเกี่ยวข้องกัน ดังนั้นเขาพัฒนาฮิวริสติดขึ้นมาหนึ่งกฎ เพื่อให้ได้เครื่องจักรที่เหมาะสมและจัดสรรงานให้เครื่องจักรที่ขนานกัน ซึ่งไม่เหมือนกันได้ในเวลาเดียวกันเพื่อที่จะได้ Makespan น้อยที่สุด

Denzler และ Boe (1987) แสดงให้เห็นว่า การปล่อยงาน ซึ่งแนะนำการจัดเส้นทางงานเข้าสู่ระบบทันทีที่เป็นไปได้ ถ้าจำนวนของล็อตที่เข้าสู่ระบบสูงมาก ระบบจะคับคั่ง ในการแก้ปัญหานี้ เขาแนะนำว่าจำนวนของล็อตที่เข้าระบบควรมีขอบเขตจำกัด โดยประมาณจากความสามารถของเครื่องจักร

Denzler and Boe (1987 b) การตัดสินใจก่อนกำหนดเส้นทางงานจำนวนมากถูกทำขึ้น เมื่อ Order มาถึง ในการกำหนดต้องพิจารณาถึง เวลาส่งมอบ (Delivery time) เครื่องจักรและวัตถุดิบที่ต้องการ ความสามารถที่เครื่องจักรสามารถผลิตได้ และการกำหนดเส้นทางงาน (Part routing) การกระทำข้างต้นจึงเกิด 2 คำถาม คือ

1. ชิ้นงานควรนำเข้าระบบด้วยอะไร เช่น ชุดจับชิ้นงาน Pallet เป็นต้น
2. ควรปล่อยชิ้นงานเข้าระบบเมื่อไหร่

พวกเขาทดสอบกฎการจัดเส้นทางงาน พบว่ากฎ SPT จะทำให้การใช้เครื่องจักร (Machine utilization) มีสูงมาก

Maimon and Choong (1987) ใช้วิธี Dynamic programming เพื่อกำหนดกลยุทธ์ของการจัดเส้นทางงานแบบพลวัตร ซึ่งกำหนดหน่วยของงานในกระบวนการที่ต้องการ หรือที่จำเป็นต้องถูกขนส่งจากสถานที่อื่น เพื่อวัตถุประสงค์ของการจัดภาระงานให้สมดุล ผลพบว่า กลยุทธ์ที่เหมาะสมสามารถลดระดับสินค้าในงานระหว่างทำ

Ragatz and Mabert (1988) ศึกษาผลกระทบของการควบคุมการปล่อยงานต่อการปฏิบัติงานพบว่า การควบคุมการปล่อยงานสามารถลดความคับคั่งของงานได้ การปล่อยงานที่เหมาะสมจะเป็นวิธีที่ทำให้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดลำดับงาน (Dispatching) ง่ายขึ้น การเลือกกลไกการปล่อยงานจะไม่สำคัญเท่าการเลือกกลไกของการจัดลำดับงาน

Kanet (1988) รายงานนี้ ตรวจสอบการใช้ Work load limit เพื่อควบคุมการปล่อยงานให้สายการผลิต การปล่อย Load-limited order มันเป็นวิธีสำหรับลดงานในระบบ และ Flow time การควบคุม Input มีข้อดีคือ การทำให้ระบบการจัดตารางการผลิตทำได้ง่ายขึ้น Load limit คำนึงถึงสภาพของสายการผลิตในปัจจุบันและหลีกเลี่ยงการปล่อยงานเข้าระบบ เมื่อมีงานจำนวนมากบนพื้นที่ผลิต ผลที่ดีที่สุดของ Tardiness จะเกิดขึ้นเมื่อไม่มีการใช้ Load limit ในการปล่อยงาน

Geretti et al. (1990) หาค่าประสิทธิภาพของ PES และกฎ Machine dispatching ภายใต้การผลิตแบบผสมและลักษณะของระบบต่างกัน เขาพบว่าสาเหตุซึ่งมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของกฎ PES คือ ชนิดการไหลของงาน ดัชนีของการผสมเท่าๆ กัน และขนาดของระบบสำรอง

Ghosh (1990) ศึกษาการกำหนดลำดับเส้นทางงานที่ไม่เปลี่ยนแปลง เพื่อให้ได้ Makespan น้อยที่สุด แม้ว่าระบบสามารถหาคำตอบเส้นทางงานที่ดีได้ แต่พบว่าเวลาที่ใช้คำนวณต้องการมาก ซึ่งจะไม่เหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมแบบพลวัตร เช่น FMS

Nasr and Elsayed (1990) ภายใต้ตัววัด Mean flow time พวกเขาได้เสนอขั้นตอนการคิด (Algorithm) ของการจัดตารางงานเข้าเครื่องจักร ซึ่งเครื่องจักรที่เหลือ (Alternative machines) ถูกยอมรับในแต่ละสถานีงาน ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า Mean flow time ลดลงเมื่อจำนวนเครื่องจักรเพิ่มขึ้น

Jiang et al. (1991) นำวิธีการจำลองแบบปัญหาที่ดีที่สุดมาใช้ ทำให้ง่ายต่อการพัฒนาขั้นตอนการคิดความน่าจะเป็นในการระบุเส้นทางงานของระบบ FMS ภายใต้ขอบเขตความสามารถ โดยตัววัดคือ Maximum throughput เขาอ้างว่าขั้นตอนการคิดที่มีประสิทธิผลอยู่ในรูปแบบของการส่งของคืนที่รวดเร็ว โดยการจำลองแบบปัญหา

Lee and Iwata (1991) การใช้กฎฮิวริสติค สามารถทำให้ได้คำตอบที่เหมาะสมในระดับหนึ่งๆ (Local optimum solution)

Bernardo and Mohamed (1992) เสนอการวัดที่ยืดหยุ่น 3 อย่างต่อการปฏิบัติงาน และใช้พวกมันประเมินนโยบาย 2 ข้อ ของการจัดเส้นทางงานให้กับเครื่องมือและการตัดสินใจจัดเส้นทางงานให้กับชิ้นงาน โดนใช้การโปรแกรมเชิงเส้นตรง ผลลัพธ์ชี้ว่านโยบายต้นทุนต่ำสุดดีกว่านโยบายอัตราการผลิตสูงสุดในเทอมของระดับสินค้าคงคลัง และการจัดเส้นทางงานที่ยืดหยุ่น

Chen and Alfa (1992) พัฒนาขั้นตอนการคิดแบบฮิวริสติคในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางงานโดยการใช้วิธีความสำเร็จเฉลี่ย แม้ว่าวิธีที่คิดนั้นจะง่ายในการใช้ แต่ผลอาจจะได้ไม่เต็มที่และต้องใช้เวลาคำนวณนานในปัญหาที่มีขนาดใหญ่

Chandra and Tombak (1992) พิจารณาแบบจำลอง (Models) ว่าสาเหตุรวม เช่น ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรและความจุของการเข้าสู่การจัดเส้นทางงานที่ยืดหยุ่น เขาแสดงให้เห็นว่าถ้าการสนับสนุนการคาดหวังสูงสุดของระบบคือ เครื่องมือวัดประสิทธิภาพแล้วจำนวนเส้นทางงานสำรองที่จัดขึ้น อาจจะไม่เพียงพอที่จะวัดความยืดหยุ่นของการจัดเส้นทางงานของระบบ ในความเป็นจริงประสิทธิภาพของระบบขึ้นอยู่กับ ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรและลำดับการปฏิบัติงาน

Shmilovici and Maimon (1992) แนะว่างานควรถูกปล่อยเข้าระบบ ถ้ามีเครื่องจักรอยู่ในสภาวะว่าง มิฉะนั้นงานต้องคอยระบบเป็นเวลานานและอาจกันงานอื่นๆ

Arzi and Roll (1993 a, b) เสนอการสร้างล็อตและระบบการปล่อยล็อต สำหรับการจัดเส้นทางงานเข้าระบบโดยงานถูกเลือกจากบันทึกการผลิต ซึ่งจำนวนของงานต่อล็อตต้องครบระยะเวลาการวางแผน ลำดับก่อนหลังที่ให้ต่องาน ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อระยะเวลาส่งมอบ (Due date) และการลดความไม่สมดุลของล็อต ปัญหานี้กำหนดขึ้นเมื่อล็อตควรถูกปล่อยเข้าสู่ระบบ เขากล่าวถึง 2 สาเหตุซึ่งต้องพิจารณาก่อนการปล่อยงาน คือ ความสามารถของแถวคอยที่รองรับ และเวลาที่แล้วเสร็จของการส่งผ่านงานชิ้นสุดท้าย อย่างไรก็ตาม เขาสังเกตพบว่า พารามิเตอร์ที่เลือกของสาเหตุเหล่านี้ต้องถูกกำหนดอย่างระมัดระวัง มิฉะนั้น จะได้ผลตรงข้ามต่อประสิทธิภาพของความล่าช้า (Tardiness) ที่อาจเกิดขึ้น

Moreno and Ding (1993) กล่าวถึงการแก้ปัญหา Loading และ Scheduling ในระบบ FMS โดยใช้วิธี Concurrent approach (เป็นการแก้ปัญหาการ Loading และ Scheduling ไปพร้อมๆ กัน) ซึ่งเป็นวิธี Heuristic และกฎเกณฑ์แบบ Hierarchical approach (เป็นการแก้ปัญหาการ Loading และ Scheduling โดยเรียงลำดับ) วัตถุประสงค์ที่พิจารณาคือการทำให้

Utilization ของระบบมากที่สุด และมีการกระทำในเงื่อนไขของวันกำหนดส่ง ในการทดลองชี้ให้เห็นถึงกฎเกณฑ์ Concurrent approach สามารถแก้ปัญหาการ Loading และ Scheduling ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่ากฎเกณฑ์แบบ Hierarchical approach เนื่องจากจำนวนของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาการ Scheduling ก็ไม่ถูกจำกัดจากผลลัพธ์จากการ Loading

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย