บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดตารางการผลิตและจำลองแบบปัญหาให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นที่จะต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจในทฤษฎีต่างๆ ของการจัดตารางการผลิตและการจัดลำดับงาน ตลอดจนความรู้เกี่ยวกับการจำลองแบบปัญหาอย่างถ่องแท้ ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าว

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต

Baker ได้ให้คำจำกัดความของการจัดตารางการผลิต (Scheduling) ว่าเป็นการใช้ทรัพยากรในเวลาที่มีอยู่เพื่อทำงานที่ได้รับมอบหมายในสถานการณ์ต่างๆ โดยทั่วไปแล้วในทางทฤษฎีการจัดตารางการผลิตมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาดังนี้

2.1.1 ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ (Fundamental Parameters)

ในการจัดตารางการผลิต จะต้องมีตัวแปรหรือพารามิเตอร์พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตด้วยทุกครั้ง ตัวแปรพื้นฐานมีดังต่อไปนี้

1. *เวลางานเสร็จสิ้น (Completion Time)* หมายถึงเวลาเสร็จสิ้นของการทำงาน *i* นั้นๆ แทนด้วยสัญลักษณ์ C_i
2. *เวลาดำเนินงาน (Processing Time)* หมายถึงเวลาที่ใช้ในการทำงาน *i* นั้นๆ ที่ทรัพยากร j แทนด้วยสัญลักษณ์ T_{ij}
3. *เวลาพร้อมทำงาน (Ready Time)* หมายถึงเวลาที่พร้อมในการทำงาน *i* นั้นๆ แทนด้วยสัญลักษณ์ r_i
4. *เวลากำหนดส่ง (Due Date)* หมายถึงกำหนดเวลาที่เสร็จสิ้นการทำงาน *i* นั้นๆ แทนด้วยสัญลักษณ์ D_i

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต (Performance Measures)

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนั้นอาจมีได้หลายแบบเช่น ต้องการส่งมอบงานให้ทันตามกำหนดเวลา ต้องการให้มีอัตราการใช้งานเครื่องจักรมากที่สุด หรือต้องการให้มีเวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด เป็นต้น ซึ่งวัตถุประสงค์โดยทั่วไปสำหรับการจัดตารางการผลิตนั้นสามารถจำแนกตามตัววัดผลได้ดังต่อไปนี้

1. *เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)* หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเวลาการไหลของงานในระบบสามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 2.1

$$\overline{F} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^{n} F_j \qquad (2.1)$$

โดยที่ $F_j = C_j - r_j$

F_j หมายถึง เวลาการไหลของงาน j

C_j หมายถึง เวลาที่การทำงาน j เสร็จสิ้น

r_j หมายถึง เวลาที่การทำงาน j พร้อมที่จะทำงาน

n หมายถึง จำนวนงานทั้งหมด

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำ

2. *เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Lateness)* หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงานในระบบ สามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 2.2

$$\overline{L} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^{n} L_j \qquad (2.2)$$

โดยที่ $L_j = C_j - d_j$

L_j หมายถึง ระยะเวลาที่งานเสร็จก่อนหรือหลังเวลากำหนดส่งงาน

C_j หมายถึง เวลาเสร็จงานของงาน j

d_j หมายถึง เวลากำหนดส่งงาน j

n หมายถึง จำนวนงานทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้เวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำ

3. *เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)* หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของงานในระบบ สามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 2.3

$$\overline{T} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^{n} T_j \qquad (2.3)$$

โดยที่ $T_j = \max\{0, L_j\}$

L_j หมายถึง ระยะเวลาที่งานเสร็จก่อนหรือหลังเวลากำหนดส่งงาน

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตในที่นี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำ

4. *จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy job)* หมายถึง จำนวนงานที่ส่งมอบไม่ทันเวลากำหนดส่งมอบสามารถ หาค่าได้ตามสมการที่ 2.4

$$N_T = \sum_{j=1}^{n} \delta(T_j) \qquad (2.4)$$

โดยที่ $\delta(T_j) = 1$ เมื่อ $T_j > 0$

$\delta(T_j) = 0$ เมื่อ $T_j \leq 0$

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าจำนวนงานล่าช้าต่ำ

5. *เวลาปิดงานของระบบ (Makespan)* หมายถึง เวลาสิ้นสุดของงานในระบบสามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 2.5

$$M^* = \max\left\{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{n} t_j, \max[C_j]\right\} \qquad (2.5)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ M^* หมายถึง เวลาปิดงานของระบบ

m หมายถึง จำนวนเครื่องจักร

t_j หมายถึง เวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงาน j

n หมายถึง จำนวนขั้นตอนการทำงานทั้งหมด

j หมายถึง ขั้นตอนการทำงานที่ j

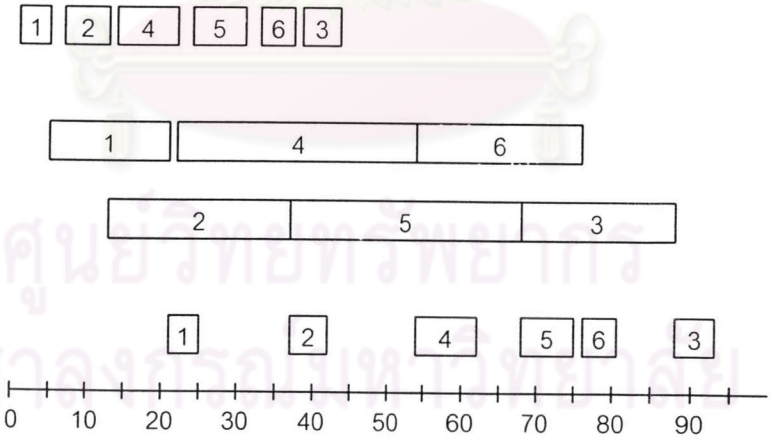
วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าเวลาปิดงานของระบบต่ำสุด

6. *เวลาล่าช้าสูงสุด (Maximum Tardiness)* หมายถึง เวลาที่ส่งมอบไม่ทันกำหนดสูงสุดของงานในระบบ หาค่าได้ตามสมการที่ 2.6

$$T_{\max} = \max_{i \le j \le n} \{T_j\} \tag{2.6}$$

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้เวลาล่าช้าสูงสุดที่มีค่าน้อยที่สุด

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าของตัววัดประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ



รูปที่ 2.1 Gantt chart แสดงการจัดลำดับงาน

จากรูปที่ 2.1 กำหนดให้

r_1 = 1 นาที t_{11} = 4 นาที t_{12} = 16 นาที t_{13} = 4 นาที

C_1 = 25 นาที C_2 = 42 นาที C_3 = 93 นาที C_4 = 62 นาที C_5 = 75 นาที C_6 = 81 นาที

d_1 = 30 นาที d_2 = 45 นาที d_3 = 95 นาที d_4 = 60 นาที d_5 = 75 นาที d_6 = 80 นาที

การคำนวณหาค่าเวลาไหลของงานสามารถหาได้ดังนี้

เวลาไหลของงานที่ 1 หาได้จาก $F_1 = t_{11} + t_{12} + t_{13} + W_{11} + W_{12} + W_{13}$

แทนค่าที่กำหนดให้จะได้ว่า $F_1 = 4 + 16 + 4 + 0 + 0 + 0 = 24$ นาที

เวลาเสร็จงานของงานที่ 1 หาได้จาก $C_1 = r_1 + F_1$

แทนค่าที่กำหนดให้จะได้ว่า $C_1 = 1 + 24$

ดังนั้น เวลาไหลของงานที่ 1 $C_1 = 25$ นาที

การคำนวณหาค่าเวลาปิดงานของระบบสามารถหาได้ดังนี้

เวลาปิดงานของระบบ หาได้จาก $M = \text{Max}(C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6)$

แทนค่าที่กำหนดให้จะได้ว่า $M = \text{Max}(25, 42, 93, 62, 75, 81)$

ดังนั้น เวลาปิดงานของระบบ $M = 93$ นาที

การคำนวณหาจำนวนงานล่าช้าของระบบสามารถหาได้ดังนี้

จากสมการ $N_T = \sum N_j$

$N_j = C_j - d_j$

โดย $N_j = 1$ เมื่อ $C_j > d_j$

และ $N_j = 0$ เมื่อ $C_j < d_j$

จะได้ว่างานที่ $C_j > d_j$ คือ งานที่ 4 และงานที่ 6

ดังนั้น จำนวนงานล่าช้าของระบบ $N_T = 2$ งาน

2.1.3 ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิต (Constrains)

ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิตคือเงื่อนไขที่ต้องพิจารณาในการจัดตารางการผลิตนั้น มีหลายปัจจัยด้วยกัน ได้แก่

1. ***ลำดับการดำเนินการ (Precedence)***

เนื่องจากงานแต่ละงานนั้นมีลำดับของขั้นตอนการทำงานอยู่ ดังนั้นในการจัดตารางการผลิต การทำงานขั้นตอนแรกต้องถูกกระทำก่อนการทำงานถัดไป โดยไม่สามารถจัดข้ามขั้นตอนได้

2. ***การทดแทนกันได้ของทรัพยากร (Resource Replacement)***

โดยทั่วไปในกระบวนการผลิต จะมีทรัพยากรบางอย่างที่สามารถทดแทนกันได้ ดังนั้น การจัดตารางการผลิต ถ้าหากมีทรัพยากรบางตัวไม่ว่าง ก็สามารถนำทรัพยากรตัวอื่นๆ ที่สามารถทดแทนได้และว่างอยู่มาทำงานแทน ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. เงื่อนไขการแก้ปัญหาเมื่อเกิดการหยุดของทรัพยากรในระหว่างการดำเนินการ (Resume/Repeat)

เมื่อทรัพยากรเกิดการหยุดขึ้นมา งานที่ทรัพยากรนั้นทำอยู่ต้องเริ่มต้นทำใหม่ (Repeat) หรือไม่ หรือว่าสามารถทำต่อได้เลย (Resume)

4. อื่น ๆ

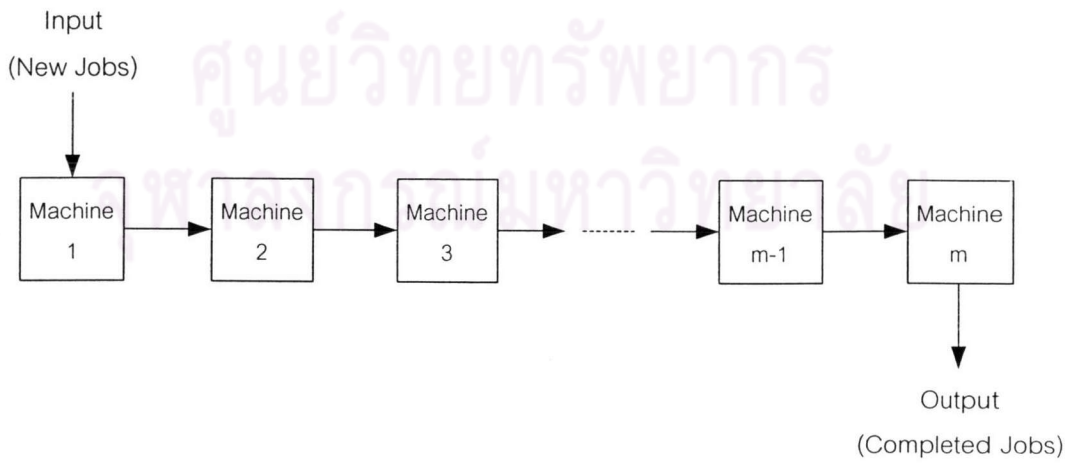
เช่น การอนุญาตให้สามารถขัดจังหวะการทำงานของทรัพยากรได้หรือไม่ (Preemption) เป็นต้น

2.1.4 การจำแนกปัญหาการจัดตารางการผลิตตามประเภทของการผลิต

ในอุตสาหกรรมการผลิตนั้น เราสามารถจำแนกประเภทของการผลิตได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ประเภทผลิตตามการไหลของสายงานหรือเรียกว่าประเภทผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow shop or Continuous manufacturing) และประเภทผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ (Job shop or Intermittent manufacturing)

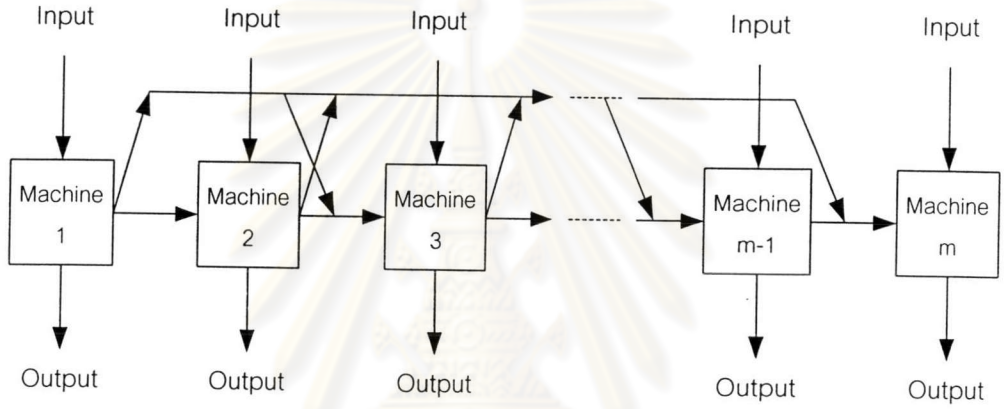
1. การจัดตารางการผลิตแบบตามการไหลของสายงาน (Flow shop scheduling)

ลักษณะการผลิตแบบการไหลของสายงาน ประกอบด้วยเครื่องจักรหรือสถานีงานหลายสถานีงานที่ทำงานต่อเนื่องกันโดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานของทุกงานเหมือนกัน ซึ่งหมายความว่างานเหล่านี้มีเส้นทางการไหลเหมือนกัน ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบการไหลของสายงานประกอบด้วยเครื่องจักรที่ต่างกัน m ขั้นตอน (Operation) โดยในแต่ละขั้นตอนการทำงานใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกัน (Baker,1974:136) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

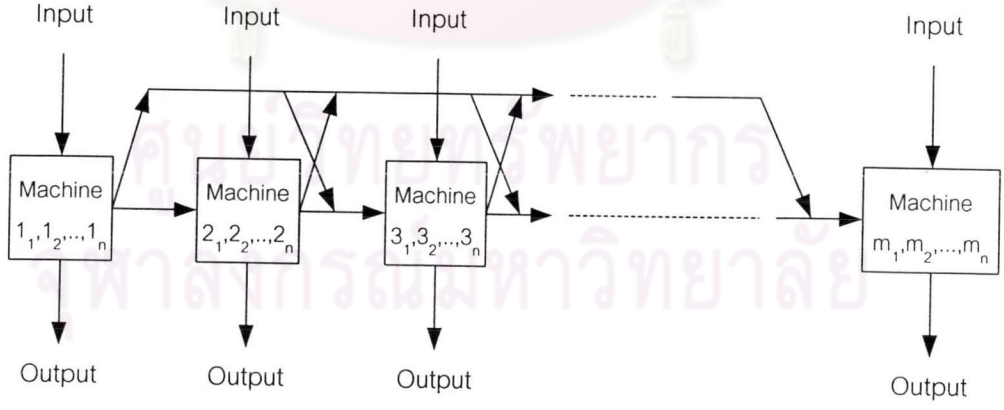


รูปที่ 2.2 การผลิตแบบ Pure flow shop (Baker, 1974: 137)

สำหรับลักษณะการผลิตแบบการไหลของสายงานที่ประกอบด้วยเครื่องจักรหรือสถานีงานหลายสถานีงานที่ทำงานต่อเนื่องกัน แต่ลำดับขั้นตอนในการทำงานแต่ละงานอาจไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน บางงานอาจมีขั้นตอนงานที่สามารถข้ามบางสถานีงานได้ แต่ยังคงไว้ซึ่งทิศทางการไหลแบบเดิม คือ ไหลไปทางเดียวกันโดยไม่มีการไหลย้อนกลับ (Unidirectional flow or Irreversible flow) ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบการไหลของสายงานลักษณะนี้ประกอบด้วยเครื่องจักรที่ต่างกัน m ขั้นตอน (Operation) โดยในแต่ละขั้นตอนการทำงานใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกัน แต่ในสถานีงานนั้นอาจประกอบไปด้วยเครื่องจักรที่เหมือนกันมากกว่า 1 เครื่องก็ได้ ลักษณะการผลิตแบบการไหลของสายงานแบบนี้ เรียกว่า แบบ General flow shop หรือ แบบ Flexible flow shop (Baker, 1974:136) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4



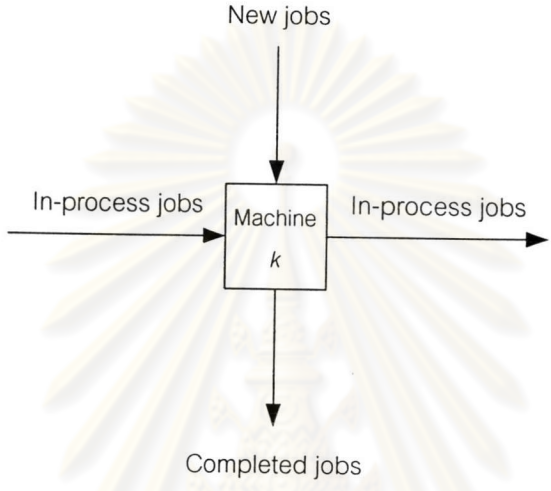
รูปที่ 2.3 การผลิตแบบ General flow shop (Baker, 1974: 137)



รูปที่ 2.4 การผลิตแบบ Flexible flow shop

2. การจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงาน ๆ (Job shop scheduling)

ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ มีลักษณะแตกต่างจากปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบการไหลของสายงานคือ เส้นทางการไหลของงานมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของงาน ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ ประกอบไปด้วยเครื่องจักรจำนวนหนึ่งและงานหลายๆ ประเภท โดยงานแต่ละงานประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงานหลายๆ ขั้นตอนซึ่งมีลำดับก่อน – หลัง ในการผลิตที่แน่นอน (Baker, 1974:178) ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การผลิตแบบ Job shop (Baker, 1974: 178)

2.1.5 กฎการจัดลำดับความสำคัญ

กฎการจัดลำดับความสำคัญพื้นฐานประกอบไปด้วย กฎต่างๆ ดังนี้

- SPT (Shortest Processing Time)
  เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่เวลาการทำงานน้อยสุดทำก่อน
- LPT (Longest Processing Time)
  เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่เวลาการทำงานมากสุดทำก่อน
- LWKR (Least Work Remaining)
  เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่มีเวลาการทำงานเหลืออยู่น้อยสุดทำก่อน
- MWKR (Most Work Remaining)
  เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่มีเวลาการทำงานเหลืออยู่มากสุดทำก่อน
- FASFS (First Arrival at the Shop First Serve)
  เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่เข้ามาก่อนทำก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- EDD (Earlier Due Date)
  เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วสุดทำก่อน
- MST (Minimum Slack Time)
  เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานที่มีเวลาเหลือน้อยสุดทำก่อน
- Random
  เป็นกฎการเลือกงานโดยเลือกงานแบบสุ่ม

2.2 การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ ซึ่งได้รับความสนใจและตื่นตัวในการนำมาใช้แก้ปัญหาในสาขาอาชีพต่างๆ อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ โดย Shannon (1975) ให้คำจำกัดความของการจำลองแบบปัญหาว่า คือกระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

จากคำจำกัดความดังกล่าวจะเห็นได้ว่า กระบวนการของการจำลองแบบปัญหานั้นแบ่งเป็นสองส่วน คือ การสร้างแบบจำลองส่วนหนึ่ง และการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์อีกส่วนหนึ่ง ดังนั้นจะเห็นได้ว่า กลไกของวิธีการของการจำลองแบบปัญหาขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหานี้อาจเป็นหุ่น เป็นระบบ หรือเป็นแนวความคิดลักษณะหนึ่งลักษณะใด โดยไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริงเพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริง

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยที่การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้ที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ซึ่งสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท ปัจจุบันเป็นเทคนิคที่ได้รับการนำเอาไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยที่การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ มีข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลอง และโดยปกติพฤติกรรมของระบบงานจริงส่วนใหญ่ มีลักษณะที่ไม่แน่นอนมีความผันแปร ข้อมูลต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบงานจึงเป็นข้อมูลซึ่งมีความผันแปรไม่แน่นอนไปตามพฤติกรรมของระบบงานนั้นๆ และมีการแปรเปลี่ยนตามเวลา ดังนั้นการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ รวมทั้งขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหานี้จึงต้องอาศัยวิธีการต่างๆ ทางสถิติเข้าช่วย

สำหรับปัญหาที่ทำการศึกษานี้ สามารถจำลองการดำเนินงานของระบบได้ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะนำมาใช้ในการจำลองแบบปัญหานี้ คือ โปรแกรม SIMAN (ARENA 5.0)

2.2.1 ขั้นตอนของการจำลองแบบปัญหา

1. ***การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition)***

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบการกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการวัดผลของระบบงาน ถ้าเราตั้งปัญหาไม่ดีแล้วผลที่ออกมาอาจไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการ โดยทั่วไปวัตถุประสงค์จะมาจากผู้บริหารต้องการให้มีการแก้ไขปัญหาบางอย่าง หน้าที่ของผู้ศึกษาคือต้องวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและศึกษาให้เข้าใจครอบคลุมในระบบงานที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น

2. ***การสร้างแบบจำลองปัญหา (Model Formulation)***

ในการสร้างแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษานั้นจะไม่มีสูตรสำเร็จตายตัว ความถูกต้องของแบบจำลองจะขึ้นกับความเข้าใจในระบบงานที่ทำการศึกษาและความสามารถในการถ่ายทอดระบบงานมาเป็นแบบจำลอง ซึ่งมักจะเริ่มต้นด้วยแบบจำลองง่ายๆ ที่สามารถแสดงพฤติกรรมของระบบงานได้เหมือนกับระบบงานตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ ในการแปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบจำลองคอมพิวเตอร์จะต้องสามารถใช้ค่าเชิงปริมาณแทนพฤติกรรมขององค์ประกอบเพื่อคำนวณหาผลลัพธ์ที่ต้องการ ดังนั้นองค์ประกอบและความสัมพันธ์ภายในแบบจำลองจะต้องอยู่ในรูปของตัวแปร พารามิเตอร์ และฟังก์ชัน โดยความถูกต้องของการใช้ค่าเชิงปริมาณขึ้นอยู่กับความเข้าใจในการทำงานขององค์ประกอบ ความเชื่อถือได้ของข้อมูล และวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

3. ***การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation)***

วิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้ โดยข้อมูลที่นำมาใช้นั้นมาจากแหล่งข้อมูลสองแหล่ง คือ แหล่งข้อมูลภายในระบบ ซึ่งหาได้จากเอกสารภายในโรงงานและแหล่งข้อมูลภายนอกระบบ เช่น ข้อมูลจากบริษัทที่จำหน่ายสินค้าให้บริษัท ลูกค้าของบริษัท เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลยังสามารถได้มาจากการทำการประมาณค่าข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการซึ่งอาจได้มาจากการวัดผล การสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์บุคลากรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และถ้ายังไม่เป็นที่น่าพอใจ เราอาจจะ

ต้องร่วมลงมือกระทำกิจกรรมนั้นๆ และควรทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับมาเสมอ

4. การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation)

เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

5. การพัฒนาโปรแกรมและการทวนสอบความถูกต้อง

การพัฒนาแบบจำลองปัญหา อาจพัฒนาเป็นโปรแกรมภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนา เช่น ภาษาฟอร์แทรน ภาษาปาสคาล หรือภาษาซี เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีภาษาคอมพิวเตอร์กึ่งสำเร็จรูปชนิดพิเศษที่ให้ความสะดวกรวดเร็วต่อการจำลองปัญหา เช่น ARENA (SIMAN), SLAM, SIMSCRIPT หรือ GPSS เป็นต้น หลังจากพัฒนาโปรแกรมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการตรวจสอบ และแก้ไขโปรแกรมให้ทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของแบบจำลองปัญหาด้วย

6. การออกแบบการทดลองและการใช้งานการจำลองแบบปัญหา

ในการใช้งานแบบจำลองปัญหาจะมีการทดลองหลายๆ ครั้ง เพื่อให้มีการเลือกใช้ตัวแปรในการตัดสินใจชุดต่างๆ โดยการทดลองแต่ละครั้งนั้นจะให้ผลลัพธ์ที่นำไปใช้เปรียบเทียบทางเลือกต่างๆ ซึ่งแต่ละผลลัพธ์จะเกิดจากการเฉลี่ยผลลัพธ์อันเนื่องมาจาการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของตัวแปรสุ่ม สิ่งที่จะต้องระมัดระวังในการประเมินผลการเปรียบเทียบทางเลือกคือการหาค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์จากการใช้งานการจำลองแบบปัญหาแต่ละครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์โดยตัวมันเองเป็นค่าสุ่ม ดังนั้นต้องให้ความสำคัญต่อการออกแบบทางเลือกและควรจะเป็นวิธีที่เป็นระบบ การออกแบบทางเลือกโดยวิธีการออกแบบการทดลองเป็นวิธีที่เป็นระบบวิธีหนึ่ง เช่นการออกแบบโดย Factorial ซึ่งสามารถใช้การวิเคราะห์ทางสถิติประเมินผลกระทบของแต่ละปัจจัยที่มีต่อระบบได้ และสามารถพิจารณาได้ว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยที่สำคัญของระบบนอกจากนั้นการกำหนดระยะเวลาและจำนวนครั้งของการจำลองแต่ละทางเลือกจะต้องพิจารณาความพร้อมของเงินทุน และระดับความถูกต้องที่ต้องการ

7. การวิเคราะห์และประเมินผล

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองควรใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจการทำงานของระบบและสามารถประเมินผลนโยบายทางเลือกต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ควรใช้การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) กับผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองตามทางเลือกต่างๆ เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจในผลลัพธ์ที่ไม่เปลี่ยนแปลง

2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Blackstone และคณะ (1982) ได้ศึกษาทบทวนเกี่ยวกับการเร่งงาน (Dispatching Rule) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเร่งงาน รวมถึงวิธีการเชิงวิเคราะห์ (Analytical Approach) เทคนิคการจำลองแบบปัญหา (Simulation Technique) และเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพ ซึ่งใช้ข้อมูลจากผลการศึกษาที่ตีพิมพ์ในช่วงเวลานั้น Blackstone สรุปว่าไม่มีกฎการเร่งงานกฎใดเพียงกฎเดียวที่สามารถลดค่าใช้จ่ายจากงานล่าช้าได้น้อยที่สุดในการผลิตแบบ Job Shop กฎ IS อาจเป็นกฎที่ดีที่สุดในกรณี

ไม่มีการกำหนดวันส่งมอบ (Due Date)

มีการกำหนดวันส่งมอบที่เข้มงวด

มีการกำหนดวันส่งมอบอย่างหลวมๆ ในช่วงเวลาที่มีงานในการผลิตมาก

Robert และ Theysan (1991) ได้ศึกษาผลกระทบต่อกันระหว่างกฎการจัดลำดับ 9 กฎ และกฎการเลือกเครื่องจักร 4 กฎ ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System: FMS) โดยใช้การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ พบว่า กฎการเลือกเครื่องจักรแบบเวลาของงานทั้งหมดที่คอยอยู่ในแถวคอยน้อยที่สุด (Work in Next Queue: WINQ) ดีที่สุดกับกฎการจัดลำดับทุกๆ กฎ และกฎการจัดลำดับแบบ SIO/TOT (Smallest ratio obtained by dividing the processing time of the imminent operation by the total processing time for the part) จะดีกว่ากฎแบบอื่น ๆ โดยเฉพาะแบบ SIO (Shortest imminent processing time)

Doctor et al. (1993) ได้ทำการวิจัยปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยมีลักษณะของการผลิตเป็นการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ในการผลิตแบบสั่งผลิต ผู้วิจัยได้พัฒนาหาแบบจำลอง (Model) ในการแก้ปัญหานี้โดยใช้วิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติคส์ โดยเป้าหมายของการจัดตารางการผลิตคือ การใช้งานเครื่องจักรให้มากที่สุดโดยที่จะต้องทันกำหนดส่งงาน โดยทำการจัดงานที่มีค่าดรรชนีมากก่อน และมีข้อจำกัดในด้านลำดับก่อนหลังในการทำงาน

Askin และคณะ (1994) ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเสนอวิธีสำหรับการจัดกลุ่ม PCB และจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักรหลายเครื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (Makespan) ผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนสามขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนสำหรับการจัดกลุ่ม ขั้นตอนที่สองเป็นขั้นตอนสำหรับการจัดตารางการผลิตโดยใช้กฎ SPT และขั้นตอนที่สามเป็นขั้นตอนสำหรับการขึ้นรูปงานโดยใช้ความคล้ายคลึงเป็นเกณฑ์

B. Y. Leu (1998) ศึกษาประสิทธิภาพของฮิวริสติคส์ในการจัดลำดับการผลิตของระบบการประกอบแบบยืดหยุ่น (Flexible Assembly System: FAS) โดยใช้การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ ระบบที่ทำการศึกษาผลิตสินค้าที่มีขนาดใหญ่ ผลิตในจำนวนน้อย และเป็นการผลิตตามสั่ง ผู้วิจัยได้ศึกษาฮิวริสติคส์ 2 แบบ คือ แบบ Two-stage (Group Scheduling) Heuristic และแบบ Single-stage Heuristic พบว่า แบบ Two-stage Heuristic ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า แบบ Single-stage Heuristic เนื่องจากการลดเวลาการปรับแต่งหลัก (Major setup time)

ปรีดี ตันติประภาส (1999) ศึกษาผลกระทบของปัจจัยกฎการจัดลำดับ (Dispatching Rules) ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบโฟลว์ชอป (Flow Shop) ด้วยเทคนิคการจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ กฎการจัดลำดับที่มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงในปัญหาของกรณีศึกษา คือ LWKR (Least Work Remaining) SMT (Smallest value obtain by Multiplying processing by Total processing time) และ SPT (Shortest Processing Time)

สมโภชน์ แซ่น้ำ (1999) ผู้วิจัยได้เสนอการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบภายใต้เงื่อนไขการผลิตที่ไม่แน่นอน โดยศึกษาถึงผลกระทบของความไม่แน่นอนและหาวิธีจัดการกับความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองพร้อมผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การจัดตารางการผลิตโดยปราศจากความไม่แน่นอน พบว่ากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตเป็นปัจจัยมีผลต่อประสิทธิภาพของตารางการผลิต โดยกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ให้ประสิทธิภาพของตารางการผลิตโดยรวมที่ดี คือ กฎ SMT ด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์
2. การศึกษาถึงผลกระทบของความไม่แน่นอน 8 ประเภท คือ การเพิ่มงาน การเพิ่มจำนวนการผลิต การขาดแคลนวัตถุดิบ พนักงานหยุด และเลื่อนเวลาการส่งมอบให้เร็วขึ้น จะส่งผลให้ประสิทธิภาพตารางการผลิตโดยรวมเลวลง ส่วนการยกเลิกงาน การลดจำนวนการผลิต และการเลื่อนเวลาส่งมอบให้ช้าลง จะส่งผลกระทบให้ประสิทธิภาพตารางการผลิตโดยรวมดีขึ้น
3. การศึกษาหาวิธีจัดการกับความไม่แน่นอน ทำการพิจารณาวิธีการจัดการกับความไม่แน่นอน 4 วิธี คือ กฎ SMT, LWKR, STPT ด้วยวิธีการผลิตแบบนอนดีเลย์ และการจัดตารางการผลิตแบบตอบโต้ พบว่าทั้ง 4 วิธี ให้ประสิทธิภาพในการจัดการกับความไม่แน่นอนไม่ต่างกัน และให้ประสิทธิภาพโดยรวมดีขึ้น

สุรสิทธิ์ โสภณชัย (2000) ผู้วิจัยได้เสนอการจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพพร้อมทั้งจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับจัดตารางการผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรม

ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยพิจารณาประสิทธิภาพของตารางการผลิตจากค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้นำทฤษฎีการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งมาประยุกต์ใช้ด้วยวิธีการสร้างตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ร่วมกับวิธีการเชิงฮิวริสติคส์ โดยนำเอากฎเกณฑ์ฮิวริสติคส์ 5 วิธี ได้แก่ EDD, SLACK, SLACK/RO, SMT, SPT มาทำการทดสอบกับข้อมูลการผลิตจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการทดลองพบว่ากฎเกณฑ์ฮิวริสติคส์แบบ EDD ด้วยวิธีการสร้างตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์เป็นวิธีการจัดตารางการผลิตที่ดีที่สุด

ชัชพล มงคลิก (2000) ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ (Branch and Bound without Backtracking - Propose Lower Bound) วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่พัฒนามาจากวิธีการหาโลเวอร์แบบเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของอุตสาหกรรมที่เป็นกรณีศึกษาคือ การลดปัญหาการส่งมอบงานล่าช้า จากการทดลองพบว่า

1. กฎการจัดตารางการผลิต วิธีการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วมระหว่างกฎกับวิธีการจัดตารางการผลิต เป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของตารางการผลิต
2. กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ให้ประสิทธิภาพของตารางการผลิตโดยเฉพาะวัตถุประสงค์ในการลดจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยคือวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์แบบใหม่ที่เสนอ
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่ได้จัดทำพบว่า กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต จำนวนขั้นตอนการทำงาน และปัจจัยร่วมซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิต
4. การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในการจัดตารางการผลิตพบว่า เวลาในการจัดตารางการผลิตมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้นตอนการทำงาน

สวรรยา วิริยะวัฒนะ (2001) ผู้วิจัยได้เสนอความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคในการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบระหว่างบริษัทผู้ผลิตกับบริษัทผู้ส่งมอบทางเว็บ โดยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบทางเว็บขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถจัดตารางการผลิตและเปลี่ยนแปลงตารางการผลิตแบบโต้ตอบ โดยทำการเปลี่ยนแปลงลำดับของงานบนเครื่องจักร เพื่อตกลงเวลาการส่งมอบวัตถุดิบที่เหมาะสมระหว่างบริษัทผู้ผลิตกับบริษัทผู้ส่งมอบ โดยพิจารณาตัววัดผลตารางการผลิต 6 ตัว คือ เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาปิดงานของระบบ เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย จำนวนงานล่าช้า เวลาที่ล่าช้าสูงสุด เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย และใช้กฎในการจัดตารางการผลิต 3 กฎ คือ EDD, SPT และ LWKR ปรากฏว่าโปรแกรมมีความน่าเชื่อถือคือสามารถให้ผลลัพธ์ได้ไม่แตกต่างจากการคำนวณด้วยมือ

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงรายละเอียดของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลำดับ	ชื่อผู้วิจัย	เรื่องที่ทำการศึกษา	ทฤษฎีที่ใช้						ตัววัดผล				
			Scheduling				Simulation Technique	Etc.	Flow Time	Make span	Due Date	Tardy Jobs	Etc.
			Dispatching Rule										
			SPT	LPT	EDD	Etc.							
1	Blackstone และคณะ	กฎการเร่งงานและการจำลองแบบปัญหา	X	X	X	X	X	Job Shop			X		Delay, Lateness
2	Robert และ Theysan	ผลกระทบระหว่างกฎการจัดลำดับงาน	X	X		WINQ, SIO/TOT, SIO	X	FMS	X	X			Delay, Lateness
3	Doctor et al.	การจัดตารางการผลิต				Heuristics	X	Assembly			X		M/C Utilization
4	Askin และคณะ	การจัดกลุ่มงานและการจัดลำดับงาน	X					Grouping		X			Delay, Lateness
5	B. Y. Leu	ประสิทธิภาพของฮิวริสติคส์ในการจัดลำดับการผลิต				Two Stage and Single Stage Scheduling	X	FAS					Setup Time
6	ปรีดี ตันติประภาส	ผลกระทบของปัจจัยกฎการจัดลำดับที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบโฟลว์ชอป	X			LWKR, SMT	X	Flow Shop	X	X		X	Delay, Lateness
7	สมโภชน์ แซ่น้ำ	การจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบภายใต้เงื่อนไขการผลิตที่ไม่แน่นอน				SMT, LWKR, STPT		Uncertainty of Production Parameters, Non-Delay	X	X		X	Delay, Lateness
8	สุรสิทธิ์ โสภณชัย	การจัดตารางการผลิต	X		X	Slack, SMT, Heuristics		Job Shop Scheduling, Non-Delay					Delay, Lateness
9	ชัชพล มงคลิก	การจัดตารางการผลิต						Branch and Bound, DOE	X	X		X	Delay, Lateness
10	สวรรยา วิริยะวัฒนะ	การจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ	X		X	LWKR		Production Parameters Modification	X	X		X	Delay, Lateness

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย