บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการผลิต การจัดลำดับงาน และการจัดตารางการผลิต (Scheduling) รวมถึงกฎต่างๆ ที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

รศ. พิภพ ลลิตาภรณ์, 2551 กล่าวว่าในการดำเนินการวางแผน และควบคุมการผลิตที่ดีและมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องพิจารณาถึงความพร้อมไม่แต่เฉพาะชิ้นส่วนหรือวัสดุที่ใช้ในการผลิตเพียงอย่างเดียว แต่ต้องมีความพร้อมทั้งในด้านความต้องการกำลังการผลิตด้วย สำหรับความหมายของกำลังการผลิต ในที่นี้หมายถึงขีดความสามารถของเครื่องจักรและกำลังคนที่สามารถจะนำมาใช้ได้ สำหรับจุดประสงค์ของการวางแผนกำลังการผลิตก็คือ เพื่อตอบสนองวันกำหนดส่งงาน, เพื่อลดช่วงเวลาในการผลิต, ลดงานระหว่างผลิต และเพื่อลดสภาพภาระงานสูงเกินไป และต่ำเกินไปให้น้อยลง

2.1 กระบวนการในการวางแผนกำลังการผลิต (The Capacity Planning Process)

ในการวางแผนกำลังการผลิตค่อนข้างจะมีความยุ่งยากซับซ้อน เพราะต้องทำการผลิตตามใบสั่งงานหลายๆ ชนิดที่มีขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้ที่มีหน้าที่ในการวางแผนกำลังการผลิตจะต้องพยายามวางแผนให้เหมาะสม มิฉะนั้นอาจจะทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องจักรบางเครื่องอาจจะต้องทำงานตลอดเวลาในขณะที่เครื่องจักรบางเครื่องเกิดการว่างงานหรือมีงานรอคอยรับบริหารจากเครื่องจักรบางเครื่องอยู่มากมาย ในขณะที่เครื่องจักรบางเครื่องขาดงานป้อนเข้ามา นอกจากนั้นการวางแผนกำลังการผลิตยังจะมีผลต่อผลการดำเนินงานของโรงงาน ทั้งนี้เนื่องจากแผนกำลังการผลิตจะเป็นตัวกำหนดว่าการส่งงานจะช้าหรือไม่ ค่าใช้จ่ายในการเตรียมงานหรือเตรียมเครื่องจักรจะมากน้อยเพียงไร และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับของคงคลังจะมีมากหรือน้อยเพียงไร ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปัญหาในการวางแผนกำลังการผลิตเป็นปัญหาที่ค่อนข้างท้าทายความสามารถของผู้บริหารหรือผู้จัดการฝ่ายผลิตเป็นอย่างมาก

การวางแผนกำลังการผลิตจัดทำขึ้นเพื่อให้มั่นใจว่าแผนการผลิตหรือตารางการผลิตที่จัดทำขึ้นมีความเป็นไปได้ โดยการเปรียบเทียบภาระงานที่เกิดขึ้นจากแผนการผลิตกับกำลังการผลิต

ที่มีอยู่ หากช่วงเวลาใดมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอจะทำให้ผู้บริหารสามารถวางมาตรการในการแก้ไขได้ทันเหตุการณ์

ดังนั้นการประเมินถึงภาระงานที่เกิดขึ้นจากแผนงานจึงค่อนข้างจะมีความสำคัญ โดยปกติทั่วไปโรงงานจะมีใบมาตรฐานขั้นตอนการผลิต (Route Sheet) ของแต่ละชิ้นส่วนอยู่แล้ว จึงทำให้สามารถรู้ได้อย่างรวดเร็วว่า ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะต้องผ่านขั้นตอนงานใด บนเครื่องจักรเครื่องใด ใช้เวลาเตรียมการผลิตเท่าไร เวลามาตรฐานต่อหน่วยเท่าไร พร้อมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการผลิต ตัวอย่างหนึ่งของการประเมินภาระงานของชิ้นงานใดชิ้นงานหนึ่ง บนเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่ง สำหรับช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่ง ด้วยขนาดรุ่นการผลิต (Batch Quantity) ที่กำหนดไว้ จะสามารถคำนวณได้ดังนี้

ภาระงานที่เกิดขึ้น = เวลาเตรียมการผลิต + (ขนาดรุ่นการสั่งผลิต x เวลามาตรฐานต่อหน่วย)

สำหรับขั้นตอนในการวางแผนกำลังการผลิตในโรงงาน จะเริ่มต้นจากทางโรงงานรับใบสั่งผลิตจากลูกค้าหรือจากฝ่ายขาย ในใบสั่งผลิตแต่ละใบจะแสดงให้ทราบถึงจำนวนของชิ้นส่วนต่างๆ ที่จะต้องทำการผลิต โดยใบสั่งผลิตแต่ละใบอาจจะแทนงาน 1 งานหรือมากกว่า และงานแต่ละงานก็สามารถจะกำหนดให้กับเครื่องจักร 1 เครื่องหรือมากกว่าก็ได้ ซึ่งอัตราการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องอาจจะเท่ากันหรือต่างกัน เวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละงานจะเท่ากับเวลาที่ใช้ในการจัดเตรียมเครื่องจักร บวกด้วยเวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำงานนั้น คูณด้วยปริมาณหรือขนาดรุ่นการผลิตของงานนั้น (Batch Quantity) และวันสุดท้ายของการส่งงานก็อาจจะได้กำหนดไว้ในใบสั่งงานแล้ว ตารางที่ 2.1 ได้แสดงตัวอย่างของใบสั่งงานแบบหนึ่งที่ส่งเข้าสู่โรงงาน

หมายเลขใบสั่งผลิต : 50043
หมายเลขชิ้นส่วน : B-4848
ปริมาณ : 300 วันกำหนดส่ง : 412 วันที่ออกใบสั่ง : 396

หมายเลขการปฏิบัติ	แผนก	หน่วยผลิต	รายละเอียดการปฏิบัติงาน	เวลาเตรียมเครื่อง	เวลาผลิตต่อชิ้น	เวลามาตรฐาน	กำหนดเสร็จวันสุดท้าย
10	08	1322	ตัดออก	.5	.010	3.5	402
20	32	1600	กลึงหยาบ	1.5	.030	10.5	406
30	32	1204	กลึงละเอียด	3.3	.048	17.7	410
40	11		การตรวจสอบ				412

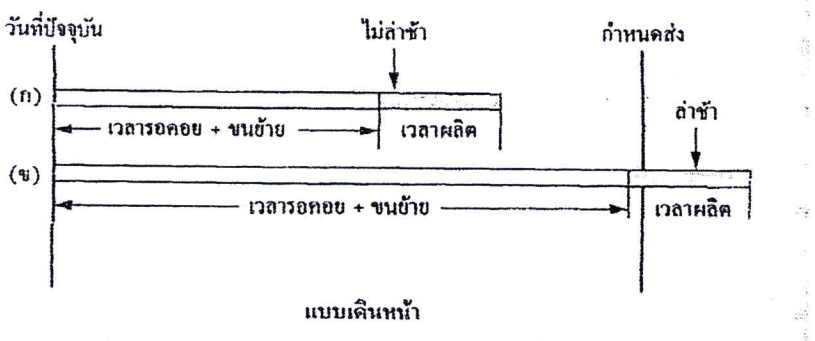
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงตัวอย่างของใบสั่งผลิตในการผลิตชิ้นส่วนชนิดหนึ่ง (รศ.พิภพ ลลิตาภรณ์, 2551: 466)

2.2 เทคนิคการวางแผนกำลังการผลิต

สำหรับเทคนิคหรือขั้นตอนที่สามารถนำมาใช้กับการวางแผนกำลังการผลิตสามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

2.2.1 การวางแผนกำลังการผลิตแบบไม่จำกัด ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1) การวางแผนกำลังการผลิตไม่จำกัดแบบเดินหน้า ซึ่งหมายถึงการกำหนดให้งานแต่ละงานเริ่มต้นเร็วที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปก็คือ วันที่ปัจจุบัน งานต่างๆ จะถูกนำไปกำหนดภาระงานให้กับหน่วยการผลิตที่เกี่ยวข้อง โดยในการพิจารณากำหนดภาระงานจะต้องพิจารณาถึงช่วงเวลานำของแต่ละขั้นตอนการผลิต หรืออาจจะพิจารณาเป็นองค์ประกอบของช่วงเวลานำก็ได้ เช่น เวลารอคอยก่อนการผลิต เวลาทำการผลิต เวลารอคอยหลังขั้นตอนการผลิต และเวลาในการขนย้ายระหว่างขั้นตอนการผลิต ทั้งนี้พิจารณาว่าภาระงานควรจะไปตกในช่วงเวลาใด จำนวนเท่าไร อยู่ในช่วงเวลาที่ต้องการหรือไม่ ถ้าไม่อยู่ในช่วงเวลาที่ต้องการจะต้องหาทางเร่งปรับแก้ไขให้อยู่ในช่วงเวลาที่ต้องการ และถึงแม้จะอยู่ในช่วงเวลาที่ต้องการแต่ถ้าภาระงานที่ตกลงในช่วงเวลาดังกล่าวเกินกว่ากำลังการผลิตที่มีอยู่ ก็จำเป็นจะต้องปรับเลื่อนหรือเร่งด้วยเช่นกัน แต่ในการปรับในกรณีหลังนี้จะไปพิจารณาในขั้นของการวางแผนกำลังการผลิตจำกัด ภาพที่ 2.2 แสดงการวางแผนกำลังการผลิตไม่จำกัดแบบเดินหน้า โดยใช้ช่วงเวลานำ โดยรูป (ก) เป็นการวางแผนกำลังการผลิตที่ภาระงานตกอยู่ในช่วงกำหนดส่งที่กำหนดไว้ ส่วนรูป (ข) เป็นรูปที่ภาระงานตกอยู่นอกวันกำหนดส่ง ซึ่งแสดงว่าต้องมีการปรับเร่งหรือเลื่อนกำหนดส่งมอบ

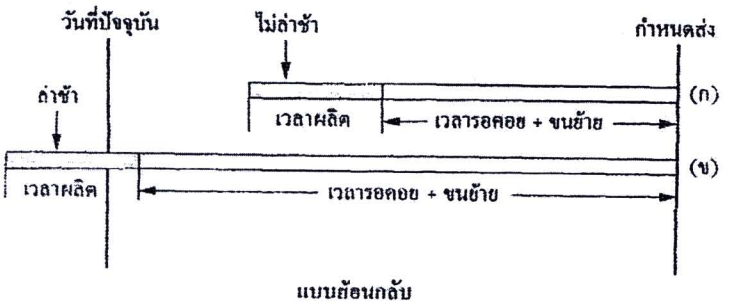


ภาพที่ 2.1 แสดงการวางแผนกำลังการผลิตไม่จำกัดแบบเดินหน้า (รศ.พิภพ ลลิตาภรณ์, 2551: 468)

2) การวางเป็นกำลังการผลิตไม่จำกัดแบบย้อนกลับ หมายถึง งานทุกๆ งานจะถูกพิจารณาย้อนกลับ โดยสมมติว่างานแต่ละงานสามารถจะทำเสร็จในวันกำหนดส่ง หลังจากนั้นจะทำการไล่ย้อนกลับไปหาเวลาเริ่มต้นงาน โดยวิธีการคำนวณหากำหนดเวลาเริ่มต้นใช้ช่วงเวลานำเหมือนกับขั้นตอนแรก ถ้าหากว่าเวลาเริ่มต้นงานจากผลการคำนวณจะต้องเริ่มก่อนวันที่ปัจจุบัน ก็

แสดงว่างานดังกล่าวจะมีความล่าช้าเกิดขึ้นซึ่งจะต้องมีการปรับเร่งการทำงานหรือเลื่อนวันกำหนดส่งอย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นต้น

ภาพที่ 2.3 แสดงการวางแผนกำลังการผลิตไม่จำกัดแบบย้อนกลับโดยรูป (ก) แสดงการวางแผนกำลังการผลิตที่กำลังการผลิตตกอยู่ในช่วงกำหนดส่งหรือสามารถเริ่มงานล่าช้าจากวันที่ปัจจุบันได้ ขณะที่รูป (ข) แสดงการวางแผนกำลังการผลิตที่ตกเลยวันเริ่มงานปัจจุบันลงไป ซึ่งแสดงว่างานไม่สามารถเริ่มได้ในวันที่ปัจจุบันจะต้องหาทางเร่งหรือปรับเลื่อนวันกำหนดส่งมอบออกไป



ภาพที่ 2.2 แสดงการวางแผนการกำหนดกำลังการผลิตไม่จำกัดแบบย้อนกลับ (รศ.พิภพ ลลิตาภรณ์, 2551: 468)

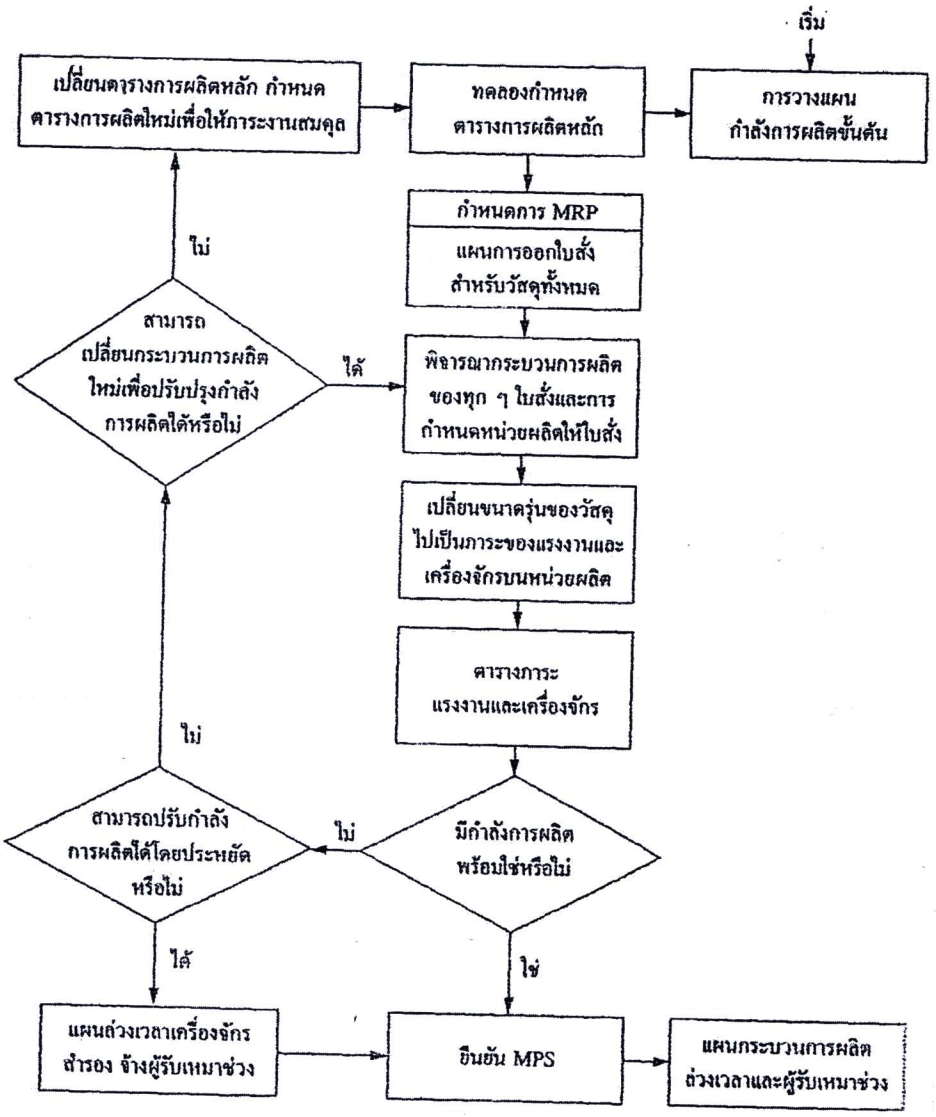
2.2.2 การวางแผนกำลังการผลิตแบบจำกัด

ดังได้กล่าวแล้วว่าการวางแผนกำลังการผลิตแบบจำกัดเป็นการจัดภาระงานที่เกิดขึ้นตามช่วงเวลาต่าง ๆ ของหน่วยผลิตให้มีความสม่ำเสมอ และอยู่ภายใต้กำลังการผลิตที่มีอยู่จริง ซึ่งในการวางแผนกำลังการผลิตแบบจำกัดจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถพัฒนาตารางการผลิตที่เป็นจริงได้ โดยภาระงานของโรงงานสามารถปรับให้สม่ำเสมอได้โดยการทดลองเคลื่อนย้ายงานไปข้างหน้าหรือถอยกลับจนกระทั่งภาระงานมีความสมดุล พร้อมกันนั้นก็พิจารณากำลังการผลิตทั้งปกติและกำลังการผลิตสูงสุดไปพร้อมๆ กันด้วย ส่งผลให้สามารถกำหนดวันที่ควรเริ่มงานและวันกำหนดส่งมอบงานที่เป็นไปได้และเชื่อถือได้มากขึ้น

การวางแผนกำลังการผลิตแบบจำกัดมักจะดำเนินการภายหลังจากที่วางแผนกำลังการผลิตแบบไม่จำกัดเรียบร้อยแล้ว กรณีที่บางช่วงเวลามีภาระงานเกินกำลังการผลิต การแก้ไขปัญหาอาจจำเป็นจะต้องเคลื่อนย้ายงานบางงานไปข้างหน้าหรือถอยกลับ คำถามก็คือ งานใดควรดำเนินการตามแผนที่วางไว้เดิม และงานใดที่ควรถูกเคลื่อนย้าย ซึ่งกรณีดังกล่าวนี้จะต้องพิจารณาถึงลำดับ

ความสำคัญของงานพร้อมทั้งกำหนดส่งมอบงานที่ได้กำหนดไว้ด้วย ในบางครั้งในขั้นตอนการวางแผนกำลังการผลิตแบบไม่จำกัด กำหนดการที่คาดว่างานจะแล้วเสร็จอาจเลยวันกำหนดส่งมอบออกไป กรณีดังกล่าวนี้จำเป็นจะต้องหาทางเร่งงาน หรือเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อให้งานเร็วขึ้นหรือมิฉะนั้นอาจจะต้องขอเลื่อนกำหนดส่งมอบออกไป

2.3 การวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity Requirements Planning)



ภาพที่ 2.3 กระบวนการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (รศ.พิภพ ลลิตาภรณ์, 2551: 478)

2.4 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตเป็นการแยกประเภทและปริมาณสินค้าออกมาให้ชัดเจนว่าใครจะเป็นผู้ทำ จะใช้เครื่องจักรเครื่องใด จะเริ่มทำงานวันไหน ตั้งแต่เวลาใดถึงเวลาใด และทำจำนวนเท่าใด กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ เป็นการจัดเตรียมตารางเวลาการทำงานให้กับทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจจะเป็นคนงานหรือเครื่องจักรอุปกรณ์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการผลิต และการจัดตารางการผลิตมีความเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต รวมถึงเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องโดยเน้นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ การวิเคราะห์เชิงปริมาณเริ่มตั้งแต่การแปลงเป้าหมายในการตัดสินใจไปเป็นฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective function) และการแปลงข้อจำกัดต่างๆ ในการตัดสินใจไปเป็นข้อจำกัดในแบบจำลอง โดยทั่วไปเป้าหมายในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต ได้แก่

- การตอบสนองที่รวดเร็วต่อความต้องการของลูกค้า
- การส่งมอบผลิตภัณฑ์ทันตามเวลาที่ลูกค้ากำหนดเป็นต้น

Baker ได้ให้คำจำกัดความของการจัดตารางการผลิต (Scheduling) ว่าเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อทำงานที่ได้รับมอบหมายในสถานการณ์ต่างๆ โดยทั่วไปแล้วในทางทฤษฎีการจัดตารางการผลิตมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้ (Baker, 1974)

ตัวแปรหรือพารามิเตอร์

ในการจัดตารางการผลิต จะต้องมีตัวแปรหรือพารามิเตอร์พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตด้วยทุกครั้ง ตัวแปรพื้นฐานมีดังต่อไปนี้

1) เวลางานเสร็จสิ้น (Complete Time) หมายถึงเวลาเสร็จสิ้นของการทำงาน i นั้นๆ ถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ C_i

2) เวลาดำเนินงาน (Process Time) หมายถึงเวลาที่ใช้ในการทำงาน i นั้นๆ ที่ ทรัพยากร j แทนด้วยสัญลักษณ์ T_{ij}

3) เวลาพร้อมทำงาน (Readiness Time) หมายถึงเวลาที่พร้อมในการทำงาน i นั้นๆ แทนด้วยสัญลักษณ์ r_i

4) เวลากำหนดส่ง (Due Date) หมายถึงกำหนดเวลาที่เสร็จสิ้นการทำงาน i นั้นๆ แทนด้วยสัญลักษณ์ D_i

เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต

เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต หมายถึง การจัดตารางการผลิตนั้นๆ ว่ามีวัตถุประสงค์อย่างไร เช่น ต้องการส่งมอบงานให้ทันตามกำหนดเวลา มีอัตราการใช้งาน

เครื่องจักรมากที่สุด เป็นต้น วัตถุประสงค์โดยทั่วไปสำหรับการจัดตารางการผลิต สามารถจำแนกตามตัววัดผลได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเวลาการไหลของงานในระบบ สามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 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 หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงานในระบบสามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 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 ระยะเวลาที่งานเสร็จก่อนหรือหลังเวลา กำหนดส่งงาน

C_j หมายถึง เวลาเสร็จงานของงาน j

d_j หมายถึง เวลากำหนดส่งงาน j

N หมายถึง จำนวนงานทั้งหมด

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้เวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำ

3) เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย 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 หมายถึง จำนวนงานที่ส่งมอบไม่ทันเวลากำหนดส่งมอบสามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 2.4

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

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

$\delta(Tj) = 0$ เมื่อ $Tj \leq 0$

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าจำนวนงานล่าช้าต่ำ

ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิต (Constrain)

ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิตคือเงื่อนไขที่ต้องพิจารณาในการจัดตารางการผลิต มีหลายอย่างด้วยกัน เช่น

1) ลำดับการดำเนินการ (Precedence)

งานแต่ละงานนั้นมีลำดับของขั้นตอนการทำงานอยู่ ดังนั้นในการจัดตารางการผลิตการทำงานขั้นตอนแรกต้องถูกกระทำก่อนการทำงานถัดไป โดยไม่สามารถจัดข้ามขั้นตอนได้

2) การทดแทนกันได้ของทรัพยากร (Resource Replacement)

โดยทั่วไปในการผลิต จะมีทรัพยากรบางอย่างที่สามารถทดแทนกันได้ ดังนั้นการจัดตารางการผลิต ถ้าหากมีทรัพยากรบางตัวไม่ว่าง ก็สามารถนำทรัพยากรตัวอื่นๆ ที่สามารถทดแทนได้และว่างอยู่มาทำงานแทน ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุด
วันที่ 7 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247476
เลขเรียกหนังสือ

3) เงื่อนไขการแก้ปัญหาเมื่อเกิดการหยุดของทรัพยากรในระหว่างการดำเนินการ (Resume/Repeat) เมื่อทรัพยากรเกิดการหยุดขึ้นมางานที่ทรัพยากรนั้นทำอยู่ต้องเริ่มต้นทำใหม่ (Repeat) หรือไม่ หรือว่าสามารถทำต่อได้เลย (Resume)

4) อื่นๆ เช่น การอนุญาตให้สามารถขัดจังหวะการทำงานของทรัพยากรได้ หรือไม่ (Preemption) เป็นต้น

เป้าหมายของการตัดสินใจที่มีความสำคัญมากในการกำหนดงานการผลิต คือ

1) การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ

2) การตอบสนองความต้องการอย่างรวดเร็ว

3) มีความสอดคล้องกับกำหนดเวลาสิ้นสุด

โดยมากต้นทุนการผลิตที่สำคัญมักจะสัมพันธ์กับตัววัดประสิทธิภาพของระบบเหล่านี้ เช่น เวลาว่างของเครื่องจักร การรอคอยงาน การล่าช้าของงาน ที่สามารถนำมาคิดเป็นต้นทุนของระบบการผลิตโดยรวมได้ ฉะนั้นถ้าเราจัดการ และควบคุมให้ต้นทุนที่เกิดขึ้นเหล่านี้มีค่าลดลงก็จะทำให้ต้นทุนของระบบการผลิตลดลงได้อย่างมาก

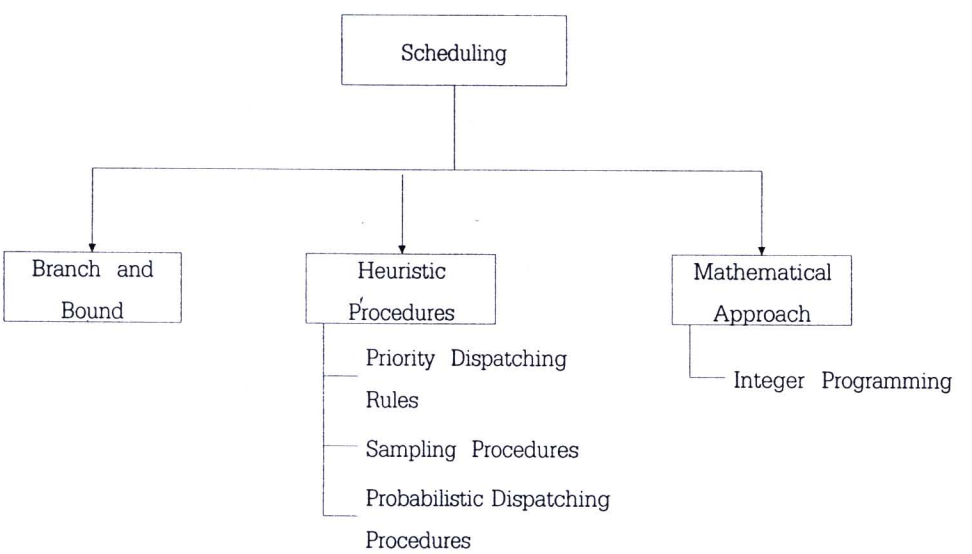
ฉะนั้นจึงสามารถบอกได้ว่าปัญหาของการกำหนดงานการผลิตจึงเป็นปัญหาการตัดสินใจที่เกี่ยวกับ

1) การตัดสินใจเพื่อการจัดสรรทรัพยากรการผลิต

2) การตัดสินใจเพื่อเรียงลำดับการผลิต

2.4.1 กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต

กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีหลายวิธีการในการจัดลำดับของขั้นตอนการทำงาน ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.4 ภาพแสดงวิธีการในการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ (ธนกฤต แก้วนุ้ย, 2549: 10)

2.4.1.1 วิธีบรานช์แอนด์บาวด์ (Branch and Bound Algorithm)

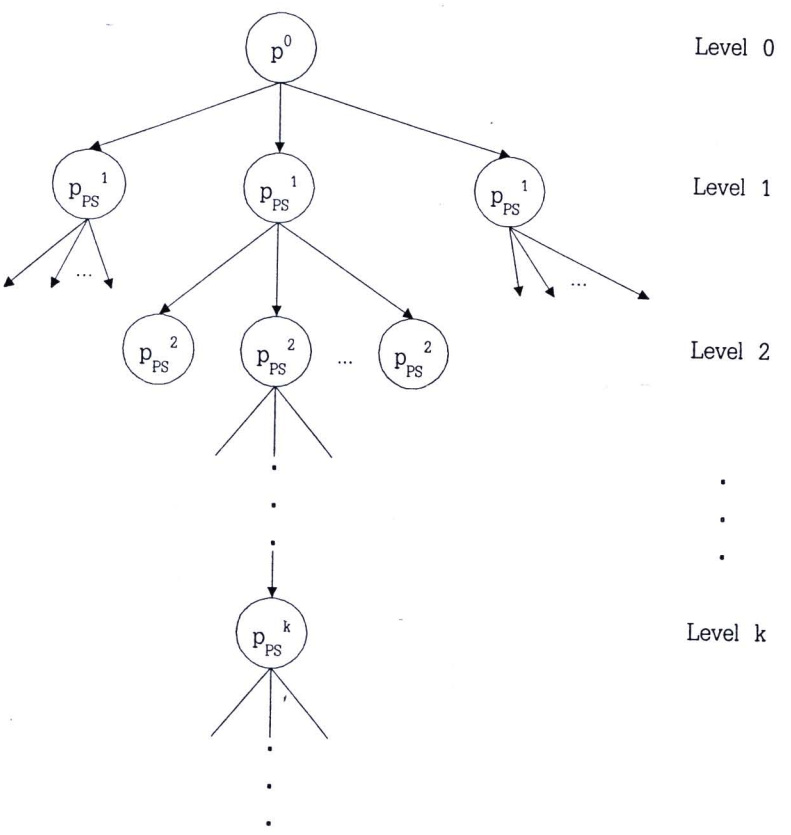
วิธีการนี้ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ การบรานช์ (branching) เป็นกระบวนการแบ่งส่วนของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยซึ่งมากกว่า 2 ปัญหาย่อยขึ้นไป และการบาวด์ (bounding) เป็นกระบวนการของการคำนวณโลเวอร์บาวด์ (lower bound) ที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยนั้น ประสิทธิผลจะขึ้นอยู่กับโลเวอร์บาวด์ที่ดี ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Baker, 1974: 55) ดังภาพที่ 2.6

กระบวนการบรานช์ เป็นกระบวนการแทนที่ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ด้วยปัญหาย่อยซึ่งมีลักษณะดังนี้

(1) ปัญหาย่อยมีหลายลักษณะเมื่อรวมปัญหาย่อยทุกกรณีแล้วจะได้ปัญหาเดิม (exhaustive) และเป็นปัญหาที่ไม่เกิดร่วมกัน (mutually exclusive)

(2) เมื่อเราแก้ปัญหาย่อยจะเป็นการแก้ปัญหาเดิมบางส่วนด้วย

(3) ปัญหาย่อยมีขนาดเล็กกว่าปัญหาเดิม



ภาพที่ 2.5 ภาพแสดงวิธีบรานช์แอนด์บาวด์ (Baker, 1974: 56)

จากภาพที่ 2.6 กำหนดให้ P^0 เป็นปัญหาซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน (operation) ซึ่งสามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้จำนวน n ขั้น ตอน และ P^0 สามารถแยกออกเป็นปัญหาย่อยได้ n ปัญหา ดังนั้น P_{PS}^{1} จะเป็นปัญหาย่อยของ P^0

หลังจากผ่านกระบวนการบรานช์แล้ว จะได้โครงสร้างของปัญหาที่มีลักษณะเหมือนโครงสร้างของต้นไม้ ซึ่งประกอบด้วยตารางการผลิตที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของการผลิต

สำหรับเทคนิคในการบรานช์ (branching) นั้นมีสองแบบคือ แบบแรกเป็นกระบวนการเลือกแยกปัญหาย่อยออกจาก node ที่ให้ค่าโลเวอร์บาวด์ต่ำที่สุดโดยการพิจารณาเปรียบเทียบกับกิ่ง (branch) หนึ่งไปยังอีกกิ่งหนึ่งจนครบทุกกิ่ง ส่วนแบบที่สองเป็นกระบวนการแยกปัญหาย่อยออกจาก node ที่ให้ค่าโลเวอร์บาวด์ต่ำที่สุดโดยการพิจารณา เปรียบเทียบกับกิ่งที่เป็นกิ่งชุดเดียวกันหรือเป็นกิ่งที่แยกออกจาก node ที่ระดับบนหรือระดับก่อนหน้าระดับที่พิจารณาเดียวกัน จนถึงระดับที่ n จะได้รับคำตอบ (Trial Solution) ซึ่งเป็นตารางการผลิตที่ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน (operation) ครบทุกขั้นตอน

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบเทคนิคในการบรานช์

แบบแรก	แบบที่สอง
1. มีปัญหาย่อยที่ถูกแยกออกมามาก	1. มีปัญหาย่อยที่ถูกแยกออกมาน้อยกว่า
2. การค้นหาคำตอบใช้เวลามากกว่า	2. การค้นหาคำตอบใช้เวลาน้อยกว่า
3. ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด (Optimum) มากกว่า	3. ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด (Optimum) น้อยกว่า
4. มีจำนวนกิ่งมาก	4. มีจำนวนกิ่งน้อย

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์ในลักษณะที่แยกปัญหาย่อยออกจาก node ที่ให้ค่าโลเวอร์บาวด์ต่ำที่สุดโดยการพิจารณาเปรียบเทียบกับกิ่งที่เป็นกิ่งชุดเดียวกัน จนถึงระดับที่ n จะได้รับคำตอบ (Trial Solution) โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับ เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยกว่าโดยมีปัญหาย่อยที่ถูกแยกออกมาน้อยกว่า และใช้เวลาในการหาคำตอบหรือจัดตารางการผลิตน้อยกว่า

(1) วิธีการหาโลเวอร์บาวด์

วิธีการหาโลเวอร์บาวด์เป็นการประมาณค่าตัววัดผลที่สามารถใช้ในการประเมินปัญหาเกี่ยวกับการส่งมอบสินค้าไม่ทันกำหนดเวลา ได้แก่ จำนวนงานล่าช้า เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย และเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย โดยทำการเปรียบเทียบ และเลือก node ที่มีค่าโลเวอร์บาวด์น้อยที่สุดตามลำดับความสำคัญของตัววัดผลดังนี้ จำนวนงานล่าช้า เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย และเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย ตามลำดับ

วิธีการประมาณค่าตัววัดผลทั้ง 3 ตัวดังกล่าวเริ่มจากการประมาณค่าเวลาเร็วที่สุดที่คาดว่างานจะแล้วเสร็จจาก job-based bound ที่สามารถคำนวณได้จากตารางการผลิตที่จัดแล้วบางส่วน (partial schedule) หรือ PS_t และเซตของขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตได้ (schedulable operations) หรือ S_t โดยในแต่ละขั้นตอนมีขั้นตอนการทำงานบางขั้นตอนที่ยังไม่ได้จัดลงในตารางการผลิต สำหรับขั้นตอนการทำงาน j ในเซตของขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตได้ (schedulable operations) หรือ S_t ให้ σ_j แทนเวลาเริ่มต้นได้เร็วที่สุดของขั้นตอนการทำงาน และให้ R_j แทนผลรวมของเวลาการทำงานของขั้นตอนที่ยังไม่ได้จัดลงในตารางการผลิตของงาน (job) ที่สอดคล้องกับขั้นตอนการทำงานที่กำลังพิจารณาอยู่ ดังนั้นงาน (job) ดังกล่าวจะสามารถแล้วเสร็จได้อย่างเร็วที่เวลาเท่ากับ $\sigma_j + R_j$ ซึ่งสามารถเขียนตัวประมาณค่าเวลาแล้วเสร็จของงานของขั้นตอนการทำงาน j ได้ตามสมการ

$$\textbf{Estimator of } C_j = \sigma_j + R_j$$

เมื่อ C_j คือเวลาที่งานแล้วเสร็จ (Completion Time)

ดังนั้นสามารถหาตัวประมาณค่าของเวลาสายของงาน (L_j) ได้ตามสมการ

$$L_j = C_j - d_j \tag{2.6}$$

เมื่อ d_j คือเวลากำหนดส่งมอบงาน

ดังนั้นสามารถหาตัวประมาณค่าของเวลาล่าช้าของงาน (T_j) ได้ตามสมการ

$$T_j = \max\left(0, L_j\right) \tag{2.7}$$

เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Lateness) และเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) หาได้ตามสมการ

$$\overline{L} = \frac{\sum_{j=1}^{n} L_j}{n} \tag{2.8}$$

$$\overline{T} = \frac{\sum_{j=1}^{n} T_j}{n} \tag{2.9}$$

และสามารถหาตัวประมาณค่าของจำนวนงานล่าช้า ได้ตามสมการ

$$N_T = \sum_{j=1}^{n} \delta(T_j) \tag{2.10}$$

โดยที่ $\delta(x) = 1$ เมื่อ $X > 0$

$\delta(x) = 0$ เมื่อ $X \leq 0$

วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เก็บค่าต่างๆ สำหรับการคำนวณของงานและเครื่องจักรปัจจุบัน และเซตค่าปัจจุบันเป็นค่าของงานที่ถูกเลือก

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้น ได้แก่ ค่า MeanT = 0 ค่า MeanLate = 0 และค่า N = 0

ขั้นตอนที่ 3 ทำการวนลูปซ้ำจนครบทุกงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 7

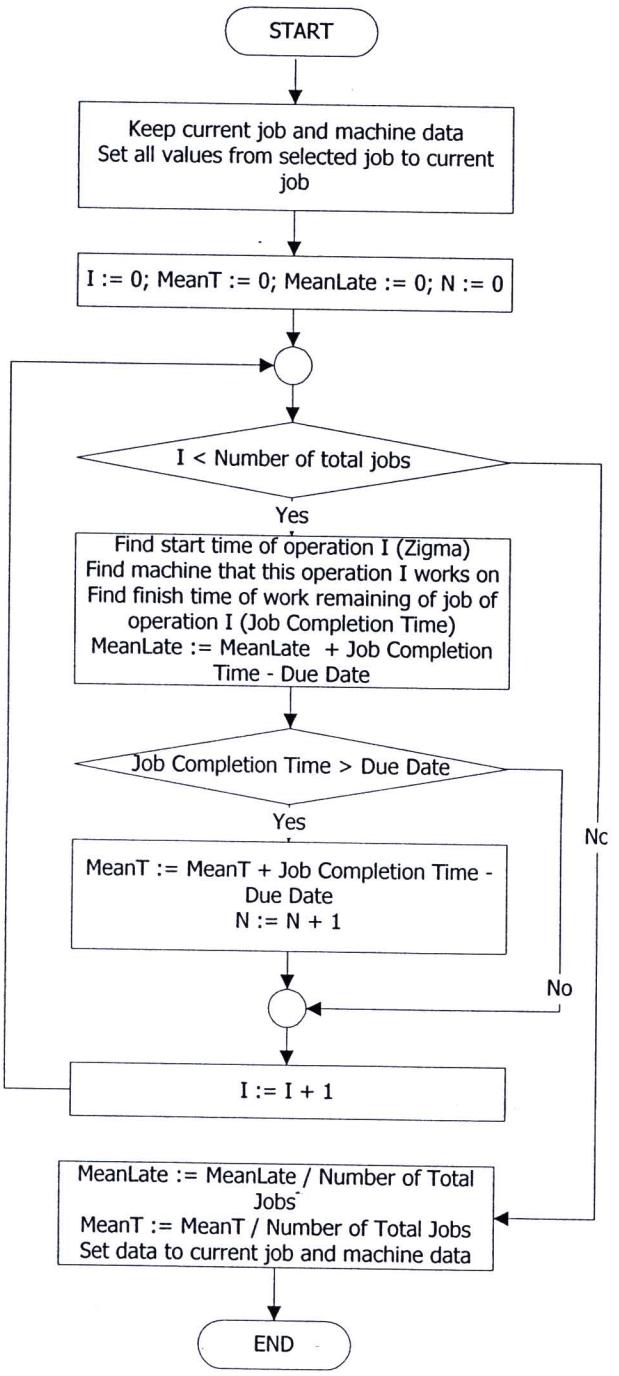
ขั้นตอนที่ 4 หาค่าเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน หมายเลขเครื่องจักรของขั้นตอนการทำงานและค่าของเวลาแล้วเสร็จของงานนี้ กำหนดค่า MeanLate = MeanLate + เวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน + ค่า ผลรวมเวลาการทำงานที่เหลือของงานนี้ - เวลากำหนดส่งมอบงาน

ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบค่าของตัวประมาณค่าเวลาแล้วเสร็จของงานกับเวลา กำหนดส่งมอบงาน ถ้ามีค่ามากกว่าให้กำหนดค่า MeanT = MeanT + เวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน + ค่าผลรวมเวลาการทำงานที่เหลือของงานนี้ – เวลากำหนดส่งมอบงาน และกำหนดค่า N = N + 1

ขั้นตอนที่ 6 เลื่อนพิจารณางานถัดไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 จนครบทุกงาน

ขั้นตอนที่ 7 กำหนดค่า MeanLate = MeanLate / จำนวนงานทั้งหมด และกำหนดค่า MeanT = MeanT / จำนวนงานทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 8 เซตค่าต่างๆ กลับเป็นค่าของงาน และเครื่องจักรปัจจุบัน



ภาพที่ 2.6 ภาพแสดงผังการไหลของวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ (Chatpon M., 2005 : 9-30)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ในพระบรมราชูปถัมภ์

(2) กระบวนการคำนวณย้อนกลับ (Backtracking)

หลังจากผ่านกระบวนการบรานช์ ซึ่งเป็นกระบวนการแยกปัญหาจนถึงระดับที่ n จนได้ตารางการผลิตที่ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานครบทุกขั้นตอนแล้ว ใช้กระบวนการคำนวณย้อนกลับเพื่อย้อนกลับขึ้นไปเปรียบเทียบค่าโลเวอร์บาวด์ ซึ่งมีกรณีที่เป็นไปได้ 2 กรณี คือ

ก. ค่าโลเวอร์บาวด์ของ node ที่ย้อนกลับไปพิจารณามีค่ามากกว่าค่าของ Trial Solution ในกรณีนี้ node ที่กำลังพิจารณาอยู่จะถูกตัดทิ้งจากการคำนวณ (fathomed)

ข. ค่าโลเวอร์บาวด์ของ node ที่ย้อนกลับไปพิจารณามีค่าน้อยกว่าค่าของ Trial Solution ในกรณีนี้ต้องแยกปัญหาย่อยจาก node นั้น ต่อไป (เราจะแยกปัญหาย่อยต่อไปเรื่อยๆ ถ้าโลเวอร์บาวด์ของ node ยังไม่ถูกตัดทิ้งจากการคำนวณ) จนกระทั่งถึงระดับล่างสุดครั้งใหม่นั่นคือได้ผลลัพธ์หรือตารางการผลิตที่มีขั้นตอนการทำงานครบทุกขั้นตอน (Trial Solution) ซึ่งเป็นตารางการผลิตที่เป็นผลลัพธ์จากการคำนวณครั้งใหม่เปรียบเทียบกับโลเวอร์บาวด์ซึ่งเป็นตัวประมาณค่าของ makespan ของ Trial Solution เดิมแล้วนำค่าโลเวอร์บาวด์ที่น้อยกว่าไปเปรียบเทียบตามกระบวนการคำนวณย้อนกลับต่อไป

กระบวนการคำนวณย้อนกลับ (Backtracking) จะดำเนินต่อไปจนกระทั่งถึงระดับที่ไม่สามารถแยกปัญหาออกเป็นปัญหาย่อยได้อีก และnode ต่างๆ ได้ถูกตัดทิ้งออกจากการคำนวณทั้งหมด ซึ่งทำให้ได้ตารางการผลิตที่ดีที่สุด

1. ข้อจำกัดของกระบวนการคำนวณย้อนกลับ

สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ การคำนวณมีความยุ่งยากและต้องใช้เวลานานในการคำนวณเพื่อหาตารางการผลิตแบบแอคทีฟที่ดีที่สุด เราอาจเปลี่ยนจากการพิจารณาเซตของตารางการผลิตแบบแอคทีฟไปเป็นเซตของตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ ซึ่งเป็นการลดความยุ่งยากและเวลาในการคำนวณ เนื่องจากเซตของขั้นตอนการทำงาน (operation) ที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์มีจำนวนขั้นตอนการทำงานน้อยกว่าเซตของ ขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ อย่างไรก็ตามการคำนวณตามกระบวนการคำนวณย้อนกลับยังคงมีความยุ่งยากและต้องใช้เวลาในการคำนวณนานเกินกว่าที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ ดังนั้นเราจึงใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับซึ่งวิธีการบรานช์แอนด์บาวด์จะสิ้นสุดเมื่อพบผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ (feasible solution) ที่เป็นผลลัพธ์แรก และถือได้ว่าเป็นวิธีการฮิวริสติกวิธีหนึ่ง

2.4.1.2 วิธีการฮิวริสติก (Heuristic Procedures)

วิธีนี้เป็นการนำกฎต่างๆ มาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่น่าพอใจของปัญหา และวิธีที่ทำให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจนั้นไม่สามารถรับรองได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีการนี้สามารถหา

ผลลัพธ์ของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ โดยไม่ต้องใช้การคำนวณมากนัก (Baker, 1974: 195) กฎต่างๆ ที่เป็นฮิวริสติก ได้แก่

(1) กฎการจัดลำดับความสำคัญ (Priority Dispatching Rules)

ก. EDD (Earliest Due Date)

กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการทำงานของงานที่จะถึงกำหนดเวลาส่งงานเร็วที่สุด

ข. SPT (Shortest Processing Time)

กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการทำงานที่มีเวลาการทำงานน้อยที่สุด

ค. LWKR (Least Work Remaining)

กฎนี้เป็นการเลือกงานที่มีขั้นตอนการทำงานที่งานนั้นมีผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือ (Work Remaining) น้อยที่สุด

ง. MWKR (Most Work Remaining)

กฎนี้เป็นการเลือกงานที่มีขั้นตอนการทำงานที่งานนั้นมีผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือ (Work Remaining) มากที่สุด

จ. MOPNR (Most Operation Remaining)

กฎนี้เป็นการเลือกงานที่มีขั้นตอนการทำงานของงานที่มีจำนวนขั้นตอนทำงานที่เหลือมากที่สุด

ฉ. SMT (Smallest Value Obtained by Mutiplying Processing Time with Total Processing Time)

กฎนี้เป็นการเลือกงานที่มีขั้นตอนการทำงานซึ่งมีค่าของผลคูณระหว่างเวลาการทำงานกับผลรวมของเวลาการทำงานทั้งหมดของงานน้อยที่สุด

ช. STPT (Shortest Total Processing Time)

กฎนี้เป็นการเลือกงานที่มีขั้นตอนการทำงานของงานซึ่งมีค่าผลรวมของเวลาการทำงานทั้งหมดน้อยที่สุด

(2) วิธีการสุ่ม (Sampling Procedures)

วิธีการนี้จะเลือกวิธีการสุ่ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้นตอนการทำงานด้วย จำนวนตัวอย่างจากการสุ่มที่มากกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่เข้าใกล้ผลลัพธ์ที่ดีมากกว่าจำนวนตัวอย่างที่น้อยกว่า (Baker, 1974: 200)

(3) วิธีการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็น (Probabilistic Dispatching Procedures)

เป็นการนำค่าความน่าจะเป็นมาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งคล้ายกับวิธีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Procedures) (Baker, 1974: 202)

2.4.1.3 วิธีการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Approach)

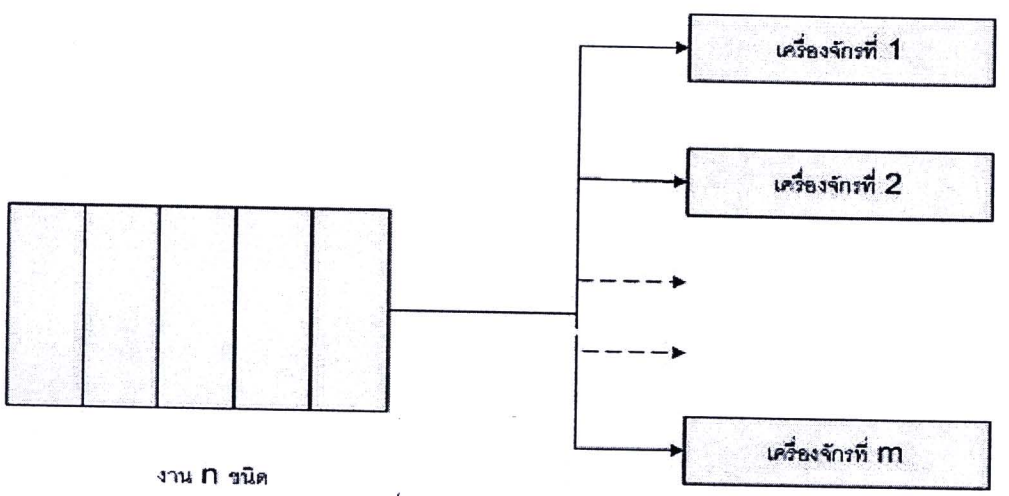
เป็นการนำแบบจำลองทางด้านคณิตศาสตร์มาใช้ในการหาผลลัพธ์ ซึ่งได้แก่

(1) การโปรแกรมเลขจำนวนเต็ม (Integer Programming)

เป็นวิธีการโปรแกรมเลขจำนวนเต็มเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดโดยสามารถรับประกันได้ว่า ผลลัพธ์ที่ได้เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (optimal solution) (Baker, 1974: 206)

2.4.1.4 การจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่อง m เครื่องที่วางขนานกัน

ในหัวข้อนี้ จะพิจารณาถึงการใช้เครื่องจักรหลายเครื่อง โดยที่เครื่องจักรเหล่านี้วางขนานกัน ซึ่งกำหนดให้มีจำนวนเครื่อง m เครื่อง และในกรณีนี้จะอนุญาตให้งานใดก็ตามสามารถเข้าไปยังเครื่องจักรได้เพียงเครื่องเดียวเท่านั้น โดยจะไม่สามารถย้ายไปเครื่องอื่นได้ ปัญหาที่จะนำมาพิจารณาคือ การเลือกใช้เครื่องจักรและการจัดลำดับงาน สำหรับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยมีจุดประสงค์ให้ค่าเฉลี่ยของเวลาในการทำงานมีค่าน้อยที่สุด (minimize mean flow time) และเวลาในการทำงานเสร็จรวม (make span: M) น้อยที่สุดวิธีที่ใช้หามีดังนี้



เครื่องจักร m เครื่องวางขนานกัน

ภาพที่ 2.7 ภาพแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของงานสู่เครื่องจักรที่วางขนานกัน (ธนกฤต แก้วนุ้ย, 2546: 20)

(1) ค่าเฉลี่ยเวลางานที่มีค่าน้อยที่สุดสำหรับเครื่องจักร m เครื่องที่วางขนานกัน (Minimize mean flow-time on m processors)

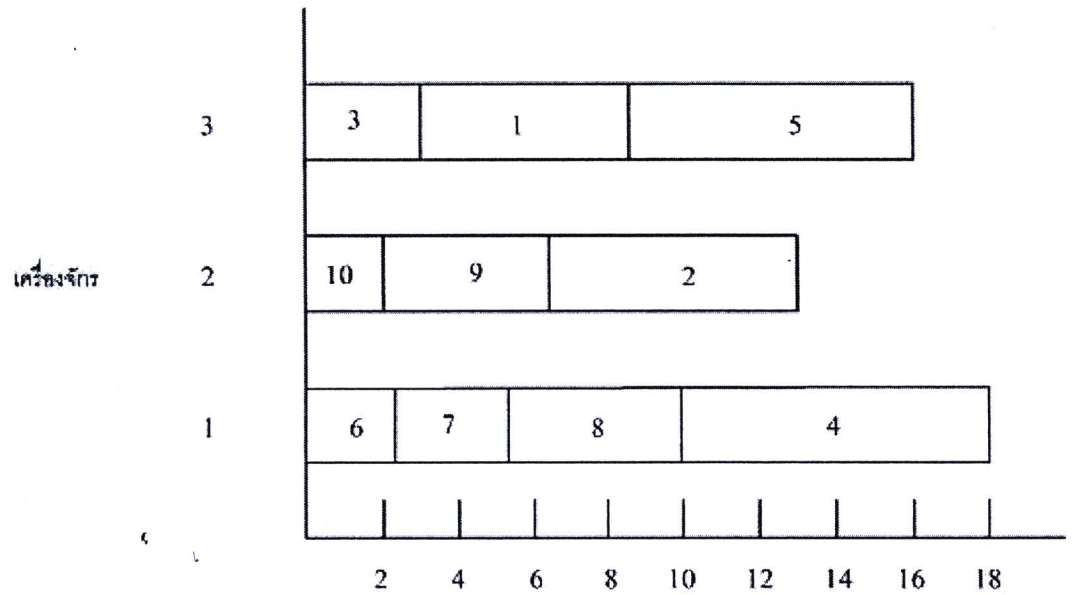
โดยอาศัยการจัดลำดับงานแบบ SPT เราสามารถจะจัดแจกงานไปยังเครื่องจักรได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดลำดับงานทั้งหมดตาม SPT

ขั้นตอนที่ 2 นำรายชื่องานในรายการมาจัดลงบนเครื่องจักรทีละงาน โดยเริ่มจากงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุด จนครบหมดทุกๆ งาน ดังแสดงการจัดเวลางาน ดังนี้

งาน (i)	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง) (t_1)
1	5
2	6
3	3
4	8
5	7
6	2
7	3
8	5
9	4
10	2

จากการจัดลำดับแบบ SPT จะได้ลำดับงานคือ 6-10-3-7-9-1-8-2-5-4



ภาพที่ 2.8 ภาพแสดงเวลาของการจัดลำดับงานในหัวข้อ 1) (ธนกฤต แก้วนุ้ย, 2546: 21)

จากภาพที่ 2.9 แสดงถึงการจัดตารางเวลาของงานต่างๆ ที่ให้ค่าเฉลี่ยเวลางานน้อยที่สุด กับ 8.1 ชั่วโมง และเวลางานในการเสร็จงานเท่ากับ 18 ชั่วโมง

(1) ลดเวลาเสร็จงานรวมให้น้อยลง สำหรับเครื่องจักร m เครื่องที่วางขนานกัน (reduce makespan on m Processors)

วิธีการที่ใช้หาจะตรงกันข้ามกับแบบ SPT กล่าวคือ เราจะใช้เวลาในการทำงานที่ยาวที่สุด (longest processing-time : LPT) เป็นหลัก ดังมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

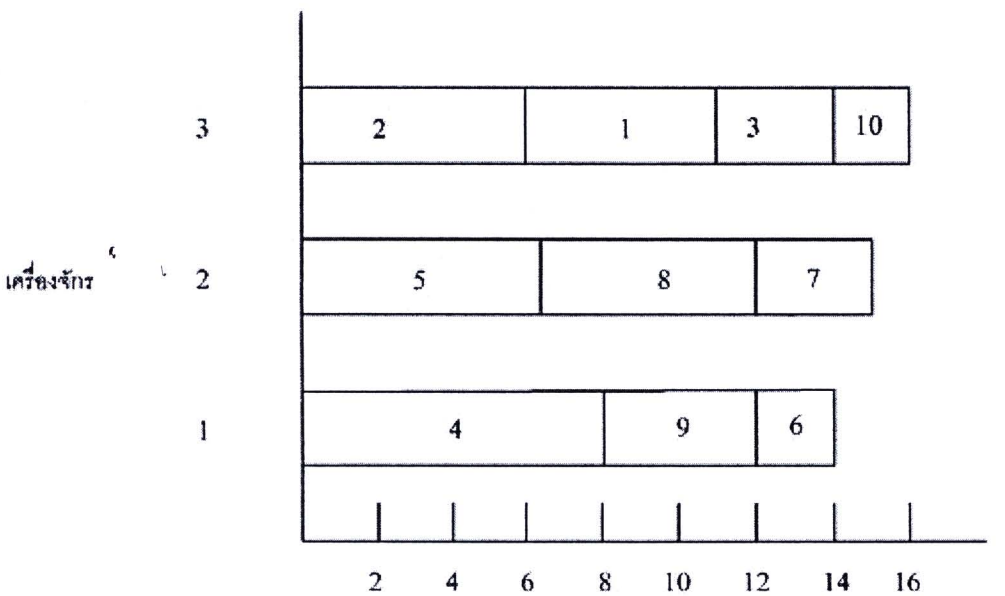
ขั้นตอนที่ 1 จัดลำดับงาน n ชนิดตามลำดับ LPT

ขั้นตอนที่ 2 จัดตาราง จากรายการ LPT ลงบนเครื่อง จนถึงงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

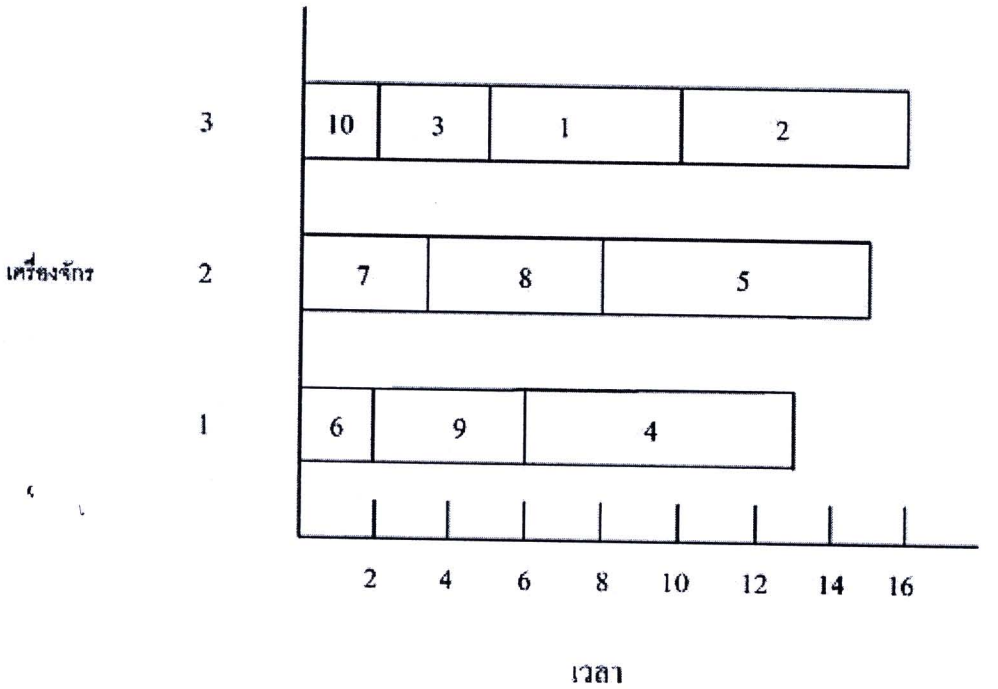
ขั้นตอนที่ 3 หลังจากที่ได้จัดตารางงานเรียบร้อยแล้ว ให้จัดลำดับขั้นตอนของงานบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องเสียใหม่ โดยการสลับที่ของงานจากตำแหน่งท้ายสุดมาไว้หน้าสุด แล้วจึงเรียงลำดับงานแบบ SPT

จากตัวอย่างที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถจัดตารางเวลางาน 10 ชนิด สำหรับเครื่องจักร 3 เครื่องได้ สำหรับการจัดลำดับงานแบบ LPT คือ 4-5-2-1-8-9-3-7-6-10 จะแสดงการจัดตารางงานจากขั้นตอนที่ 2 ด้วยแผนภูมิแก๊นท์ และจากการสลับที่ของลำดับงาน ในแต่ละเครื่องจะแสดงไว้ในรูปที่ 2.9

ค่าเฉลี่ยเวลางานในการจัดตารางเวลา จะมีค่าเท่ากับ 8.1 ชั่วโมง และเวลาในการเสร็จงานรวม (makespan) เท่ากับ 16 ชั่วโมง ซึ่งก็ไม่อาจจะรับรองได้ว่าจะเป็นการจัดตารางเวลาที่ดีและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ จากรูปที่ 2.10 และ 2.11 จะเห็นว่า มีเวลาว่างเหลืออยู่ 2 ชั่วโมง บนเครื่องจักรที่ 1 และ 1 ชั่วโมงบนเครื่องจักรที่ 2



ภาพที่ 2.9 ภาพแสดงตารางเวลาของการจัดลำดับงานหลังขั้นตอนที่ 2 ในหัวข้อ 2) (ธนกฤต แก้วนุ้ย, 2546: 23)



ภาพที่ 2.10 ภาพแสดงตารางเวลาของการจัดลำดับงานหลังขั้นตอนที่ 3 ในหัวข้อ2)(ธนกฤตแก้วนุ้ย, 2546: 23)

(1) ลดเวลาเสร็จงานช้าสูงสุดให้น้อยลง สำหรับเครื่องจักร m เครื่องวางขนานกัน (reduce maximum tardiness on m parallel processors)

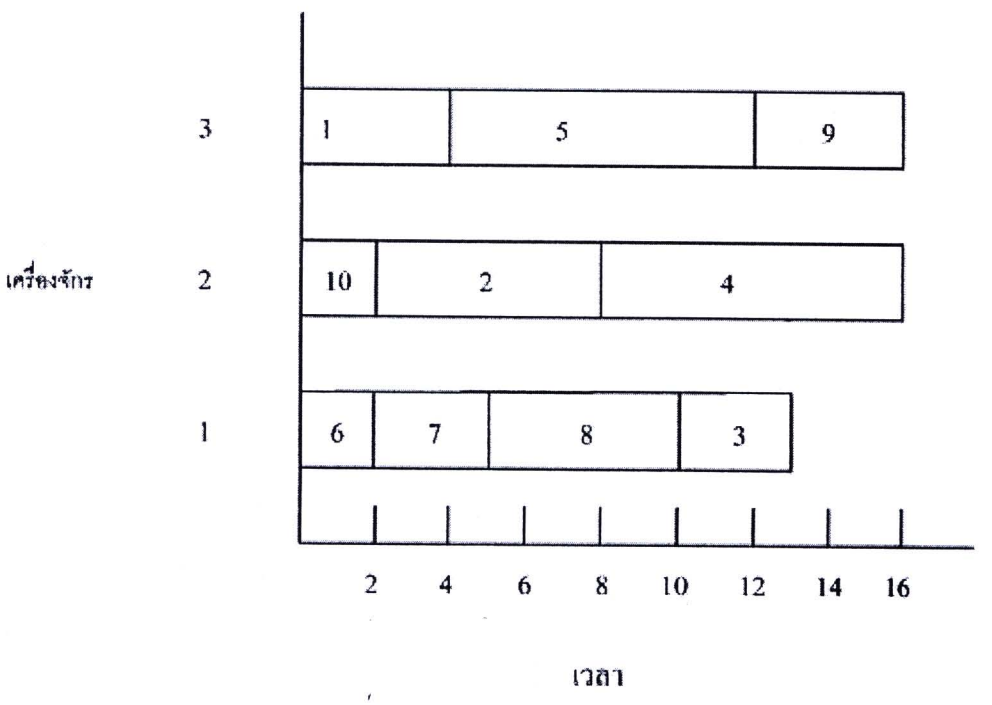
การจัดเรียงลำดับงานโดยวิธีนี้ จะใช้หลักการแบบ EDD โดยแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดลำดับงานแบบ EDD

ขั้นตอนที่ 2 นำงานจากรายงาน EDD มาจัดลงบนเครื่องจักรทีละงาน โดยเรียงลำดับจาก เวลางานที่น้อยที่สุดไปหามากที่สุด

จากตัวอย่างที่ได้มาดังกล่าวมาแล้ว สามารถจัดตารางเวลางานแบบ EDD โดยเรียงลำดับงาน คือ 6-10-1-7-2-8-5-4-3-9 ดังแสดงในรูป 2.12 จะได้ค่าเฉลี่ยเวลางานที่เสร็จช้ากว่ากำหนดเวลาเสร็จงานช้าสุด คือ 6 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงตามลำดับ สำหรับงานที่เสร็จไม่ทันกำหนดมีจำนวน 3 งาน

งาน (i)	เวลาที่ใช้ (t_i)	กำหนดส่งงาน (d_i)	เวลาเสร็จก่อนกำหนด
1	5	8	3
2	6	9	3
3	3	14	11
4	8	12	4
5	7	11	4
6	2	5	3
7	3	8	5
8	5	10	5
9	4	15	11
10	2	7	5



ภาพที่ 2.11 ภาพแสดงตารางเวลาของการจัดลำดับงานในหัวข้อ 3) (ธนกฤต แก้วนุ้ย, 2546: 25)

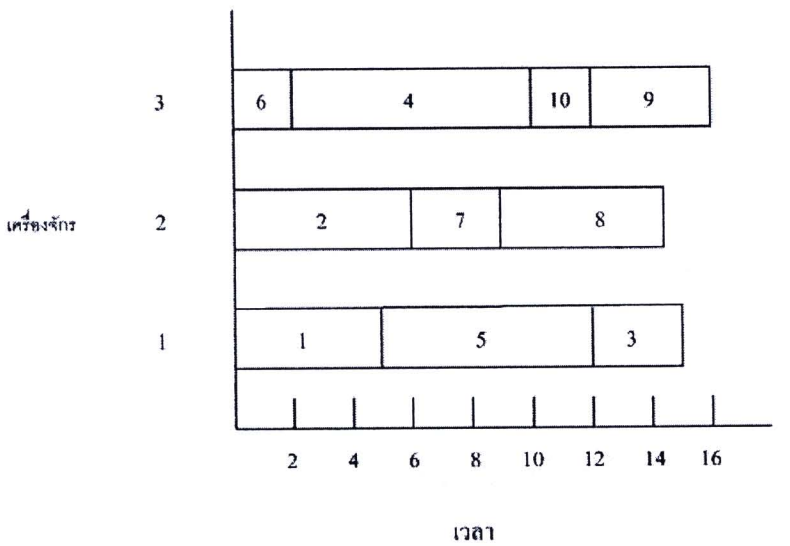
(1) ลดเวลาเสร็จงานที่ช้ากว่ากำหนด สำหรับเครื่องจักร m เครื่องที่วางขนานกัน (reduce tardiness on m processors)

การจัดลำดับงาน โดยใช้ค่าเวลาเสร็จงานก่อนกำหนด (slack) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดลำดับงานโดยเรียงจากค่าเวลาเสร็จงานก่อนกำหนดที่น้อยที่สุดก่อน

ขั้นตอนที่ 2 นำงานจากรายงานของเวลาเสร็จงานก่อนกำหนด มาจัดลงบนเครื่องจักรทีละงานโดยเริ่มจากเวลาน้อยที่สุดก่อน

จากตัวอย่างดังกล่าว สามารถจัดทำเป็นตาราง โดยมีลำดับงานคือ 1-2-6-4-5-7-8-10 ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ได้ค่าเฉลี่ยเวลางานที่เสร็จช้ากว่ากำหนด เวลาเสร็จงานช้าสุด คือ 1.3 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ สำหรับจำนวนงานที่เสร็จไม่ทันกำหนดมี 6 งาน



ภาพที่ 2.12 ภาพแสดงตารางเวลาของการจัดลำดับงานในข้อ 4) (ธนกฤต แก้วนุ้ย, 2546: 26)

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบโดยใช้กฎเกณฑ์ต่างๆ ในการจัดตารางเวลางานสำหรับงาน n ชนิด บนเครื่องจักร m เครื่องที่วางขนานกัน

วัตถุประสงค์ (ค่าต่ำสุด)	วิธีที่ใช้ในการจัดลำดับ	ค่าเฉลี่ยเวลางาน (F)	เวลาเสร็จงานรวม (M)	เวลาเสร็จงานช้าสูงสุด (T_{max})	ค่าเฉลี่ยเวลางานที่เสร็จช้ากว่ากำหนด (T)
ค่าเฉลี่ยเวลางานในระบบ	ค่าเฉลี่ยเวลางานมีค่าน้อยที่สุด	8.1	18	6	1.3
เวลาเสร็จงานรวม	รอเวลาเสร็จงานรวมให้น้อยลง	8.1	16	7	1.4
เวลาเสร็จงานช้าสูงสุด	ลดเวลาเสร็จงานช้าสูงสุด	8.9	16	4	0.6
เวลาเสร็จงาน	ลดเวลาเสร็จงานที่ช้ากว่ากำหนด	10.1	16	5	1.3

2.5 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Production Scheduling)

การจัดตารางการผลิตเป็นปัญหาที่มีความยากทั้งในเชิงทฤษฎี และปฏิบัติ ปัญหาการจัดตารางการผลิตในเชิงทฤษฎีซึ่งเกี่ยวข้องกับการหาตารางการผลิตที่ดีที่สุด และสอดคล้องกับเงื่อนไขข้อจำกัดต่างๆ ในการจัดตารางการผลิตมีความยุ่งยากซับซ้อน และส่วนใหญ่เป็นปัญหาในลักษณะ NP-hard (Garey and Johnson, 1979) ดังนั้นจึงมีรายงานเกี่ยวกับการนำทฤษฎีการจัดตารางการผลิตไปใช้ในทางปฏิบัติน้อยมาก ปัญหาในทางปฏิบัติมีความซับซ้อน เนื่องจากมีเงื่อนไขจำนวนมาก และมีความหลากหลายเกิดขึ้น (Fox, 1987) รวมทั้งตัววัดผลหรือเกณฑ์ในการประเมินตารางการผลิตที่ดีมีความแตกต่างกันแล้วแต่วัตถุประสงค์ของผู้จัดตารางการผลิต นอกจากนี้ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตเช่น เวลาการทำงาน เวลาที่วัตถุดิบเข้ามาถึงที่โรงงาน และความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร เป็นต้น มักมีความไม่แน่นอน (Fox and Kempf, 1985) วิธีการในการหาตารางการผลิตที่ดีที่สุด (optimal schedule) มีข้อจำกัดในการคำนวณ และการใช้งาน ซึ่งนำไปสู่การที่ไม่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ หากไม่มีการนำฮิวริสติกมาใช้แทนวิธีการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และหากไม่มีการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบเพื่อตอบสนองความไม่แน่นอนที่พบในการผลิตจริง ในสภาพแวดล้อมของการผลิตจริงมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และมักมีเหตุการณ์ไม่คาดคิดเกิดขึ้น ดังนั้นการจัดตารางการผลิตในทางปฏิบัติจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนอย่างสม่ำเสมอ

เพื่อให้สอดคล้องกับความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น จึงถือได้ว่าการจัดตารางการผลิตเป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่อง และต้องเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ของการผลิตจริง โดยใช้หลักการ และแนวความคิดในการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Scheduling)

การจัดตารางการผลิตเพื่อตอบสนองความไม่แน่นอนในการผลิตจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลย้อนกลับจากการผลิตจริงที่แตกต่างไปจากข้อมูลที่ใช้จัดตารางการผลิตครั้งแรก โดยมีวิธีการจัดตารางการผลิตตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไป 2 วิธี วิธีการแรกคือ การจัดตารางการผลิตขึ้นมาใหม่ วิธีการที่สองเป็นการปรับเปลี่ยนตารางการผลิตเดิมให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปสำหรับวิธีการแรกมีข้อดีคือ ทำให้ได้ตารางการผลิตที่เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้เวลาในการคำนวณเพื่อจัดตารางการผลิตใหม่ ดังนั้นการจัดตารางการผลิตจึงมักเป็นไปตามหลักการที่จะไม่มีการสร้างตารางการผลิตใหม่บ่อยครั้ง แต่มีการปรับเปลี่ยนตารางการผลิตให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และจัดตารางการผลิตใหม่ตามรอบระยะเวลาการจัดตารางการผลิต (Smith, 1994)

2.6 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chatpon Mongkalig (2548) ได้ทำการวิจัยโดยออกแบบและสร้างโปรแกรมที่ใช้ในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Production Scheduling and Sequencing) ซึ่งโปรแกรมที่ประยุกต์ใช้ทฤษฎีของการจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบสั่งเป็นงานๆ (Job Shop Scheduling) และมีส่วนของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่สามารถใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบได้ ในโปรแกรมการจัดตารางการผลิตมีกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในโปรแกรมทั้งหมด 28 วิธี

จากการทดลองจัดตารางการผลิตโดยมีงาน 10 งาน ขั้นตอนการทำงาน 5 ขั้นตอน และเครื่องจักร 10 เครื่อง จำนวน 10 ชุดการทดลอง โดยใช้กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ จำนวน 18 วิธี เมื่อพิจารณาจากตัววัดผลทั้ง 4 ตัว ได้แก่ จำนวนงานล่าช้า เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย และเวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (Makespan) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของตารางการผลิต คือ วิธีการจัดตางการผลิต กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วมของทั้งสองปัจจัย กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีจำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุด เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด และเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ วิธีการจัดตางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ

ธนกฤต แก้วนุ้ย (2549) ได้ทำการวิจัยโดยการนำโปรแกรมการจัดลำดับการผลิต และการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Production Scheduling and Sequencing และกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process, AHP) ซึ่งเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making, MCDM) ในการพิจารณาหากฎที่ใช้ และวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กที่เป็นกรณีศึกษา

จากการทดลองจัดตารางการผลิตในขั้นตอนกระบวนการอบสี โดยวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตซึ่งแบบพหุเกณฑ์จะพิจารณาจากตัววัดผลดังต่อไปนี้ 1. ผลรวมเวลาที่งานอยู่ในระบบ (Total Flow Time) 2. เวลารวมที่งานจะเสร็จก่อน (Total Earliness) 3. ผลรวมค่าของเวลาล่าช้าของงาน (Total Tardiness) 4. จำนวนล่าช้า (No. of Tardy Jobs) กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในการทดลองมี 5 วิธี ได้แก่ ตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ EDD (Earliest Due Date), กฎ MWKRS (Most Work Remaining with sequence-dependent setup times), กฎ SSPT (Shortest Total sequence-dependent Setup and Processing Times), กฎ ATC (Apparent Tardiness Cost) และวิธี MPWT (Mean Progressive Weighted Penalties) ซึ่งผลการใช้งานโปรแกรม IPSS สามารถลดเวลาในการวางแผนการผลิตลงได้ 66.67% และจากการวิเคราะห์แบบพหุเกณฑ์ผลพบว่ากฎการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมสำหรับโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SSPT ซึ่งมีประสิทธิภาพรวมโดยพิจารณาจากพหุเกณฑ์ดีกว่ากฎที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ กฎ EDD อย่างมีนัยสำคัญที่ 6.43%

ณัฐวร ยมพูล เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ (2550) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนผลิตของเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กัน หรือมีความสามารถด้านการผลิตแตกต่างกัน โดยได้พัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตเพื่อให้เวลาล่าช้ารวมต่ำที่สุด ด้วยวิธีการแก้ปัญหาแบบหลายขั้นตอน (Multi-phase methodology) ในขั้นตอนแรกเป็นการแบ่งกลุ่มงาน (Allocation) มอบหมายงานให้เครื่องจักร โดยการใช้กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) ด้วยการใช้เกณฑ์วันกำหนดส่ง (EDD : Early Due Date) ข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์ และความสำคัญของลูกค้าเป็นเกณฑ์ในการจัดมอบงาน ขั้นที่สองเป็นการจัดลำดับงาน (Assigning) โดยวิธีการค้นหาแบบตาบู (Tabu Search) ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดของการจัดตารางการผลิต ซึ่งในการสร้างคำตอบตั้งต้นหรือคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดนั้นได้ใช้การหาคำตอบข้างเคียง (Neighborhood Search) โดยใช้การสลับงาน (Swap Pairwise Interchange) และได้ประยุกต์วิธีการในการทดลองข้อมูลที่มีลักษณะการกระจายตัวเป็นแบบปกติซึ่งอยู่ในช่วงงานที่ 70-90 งาน ช่วง 91-110 งาน ช่วง 111-130 งาน และช่วง 131-150 งาน สำหรับโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เป็นกรณีศึกษา

จากการทดลองจัดตารางการผลิต ในเรื่องเวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้าเฉพาะส่วนงานเดียวคืองานซิว และกรอพบว่าวิธีการจัดตารางที่ใช้การค้นหาแบบตาบูให้ค่าเวลาล่าช้ารวมที่น้อยกว่าการจัดตารางแบบเดิมประมาณ 90% และเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตใช้เวลาที่น้อยกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมประมาณ 75% ในทุกๆ ช่วงงาน ซึ่งในการหารอบการค้นหาที่ให้ค่าเวลาล่าช้ารวมน้อยที่สุดมีลักษณะแบบสุ่ม และการวิเคราะห์เวลาในการรันโปรแกรมพบว่ามีความสัมพันธ์กับจำนวนรอบการค้นหา และจำนวนงานที่ทำการผลิตอย่างมีนัยสำคัญ

ศศิกาญจน์ พุทธลา, กาญจนา เศรษฐนันท์ (2551) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดลำดับงานบนเครื่องจักรเดี่ยว ที่มีระยะเวลาในการเตรียมงานแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (Sequence-Dependent Setup Time) งานวิจัยนี้ ได้มีการแก้ไขปัญหาโดยการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เพื่อหาค่าผลเฉลยที่ดีที่สุด (Optimal Solution) และสำหรับปัญหาที่มีการจัดตารางการผลิตขนาดที่ใหญ่ขึ้น (Industrial-sized problem) หรือที่มีความซับซ้อนของปัญหาจะสามารถหาคำตอบโดยการพัฒนาวิธีทางฮิวริสติกส์ (Heuristic) จากผลการวิจัยที่ได้สามารถนำไปประยุกต์เพื่อให้ระบบการผลิตมีความยืดหยุ่นง่ายต่อการตัดสินใจในการจัดลำดับงานเมื่อมีความไม่แน่นอนต่างๆ เกิดขึ้น สำหรับโรงงานกรณีศึกษาแบบการจัดตารางการผลิตโดยเครื่องจักรเดี่ยว

จากการทดลองการพัฒนาฮิวริสติกส์ และการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นของทั้งสองวิธี โดยคณะวิจัยได้ทำการทดลองทั้งสิ้น 7ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างที่ได้สร้างขึ้นพิจารณาปัจจัยที่สำคัญ 4 ปัจจัยด้วยกันคือ ระยะเวลาของการเตรียมงานแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน ค่าเก็บรักษาต่อหน่วย ค่าปรับต่อหน่วย และค่าใช้จ่ายในการผลิต ผลการทดสอบความแตกต่างโดยใช้การตรวจสอบสมมติฐานในการทดลอง t-Test: Paired Two Sample for Means ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ผลการทดสอบทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยของค่า คำตอบทั้งสองวิธี ซึ่งก็คือค่าใช้จ่ายรวมของวิธีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และค่าใช้จ่ายรวมของวิธี ฮิวริสติกส์มีค่าแตกต่างกัน ส่วนเวลาที่ใช้ในการทดสอบพบว่าเมื่อจำนวนงานมากขึ้นรูปแบบทางคณิตศาสตร์เริ่มใช้เวลามากขึ้นกว่าวิธีทางฮิวริสติกส์จึงสามารถแก้ไขปัญหาที่มีจำนวนงานมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น จากการแก้ไขปัญหาแบบเครื่องจักรเดี่ยวเพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมให้ต่ำที่สุดนั้น โดยที่ระยะ เวลาของการเตรียมงานแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งค่าเก็บรักษาต่อหน่วย และค่าปรับต่อหน่วย จะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น และการเลือกลำดับงานต้องพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ร่วมกัน จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์กับค่าคำตอบที่ดีที่สุด พบว่ามีค่าเฉลี่ยของค่าคำตอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการพัฒนางานวิจัยนี้ สามารถพัฒนาหาค่าคำตอบที่ดีขึ้นโดยอาศัยหลักการของ Meta-Heuristics มาพัฒนาค่าคำตอบเริ่มต้นที่ได้ และสร้างขอบเขตล่าง (Lower Bound) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของฮิวริสติกส์ที่ได้พัฒนาขึ้น