บทที่ 2

การกำหนดการผลิตในระบบการผลิต

ระบบการผลิต

1. คำจำกัดความ

ระบบการผลิต (Manufacturing or Production System) คือกลุ่มขององค์ประกอบ (Components) ซึ่งมีหน้าที่ในการเปลี่ยนกลุ่มของสิ่งนำเข้า (Input) เพื่อให้ได้ผลผลิต (Output) ตามที่ต้องการ ตามสิ่งที่เราเรียกว่ากระบวนการแปลง (Transformation Process)

องค์ประกอบ ได้แก่ เครื่องจักร บุคลากร เครื่องมือและการบริหาร เป็นต้น

สิ่งนำเข้า ได้แก่ วัตถุดิบ บุคลากร สินค้าสำเร็จรูปจากระบบอื่น เป็นต้น

การแปลง เป็นกระบวนการซึ่งสามารถมองเห็นในรูปลักษณะต่างๆกัน เช่น

1.1 ทางกายภาพ (Physical) เช่น การดำเนินการผลิต เช่น การขึ้นรูป การแปลงคุณสมบัติ การประกอบ

1.2 ที่ตั้ง (Locational) เช่น การขนส่ง การโยกย้าย

1.3 การแลกเปลี่ยน (Exchange) เช่น การแตกปลีก

1.4 การเก็บรักษา (Storage) เช่น การจัดเก็บพัสดุ

1.5 เกี่ยวกับสรีรวิทยา (Physiological) เช่น การป้องกันอันตรายต่อร่างกาย

1.6 เกี่ยวกับข่าวสาร (Informational) เช่น การรวบรวมและการส่งถ่ายข้อมูล การประมวลข้อมูล

Fogarty et al. (1989) ได้ให้ความหมายของ "ระบบ(ผลิต)" ดังนี้ว่า "ระบบ เป็นกลุ่มขององค์ประกอบย่อย เช่น บุคลากร เครื่องจักร พลังงานและข่าวสาร ซึ่งทำงานร่วมกันเพื่อบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ กิจกรรมที่นำสู่เป้าหมายประกอบด้วยกระบวนการที่จะแปลงสิ่งนำเข้าให้เป็นผลผลิต"

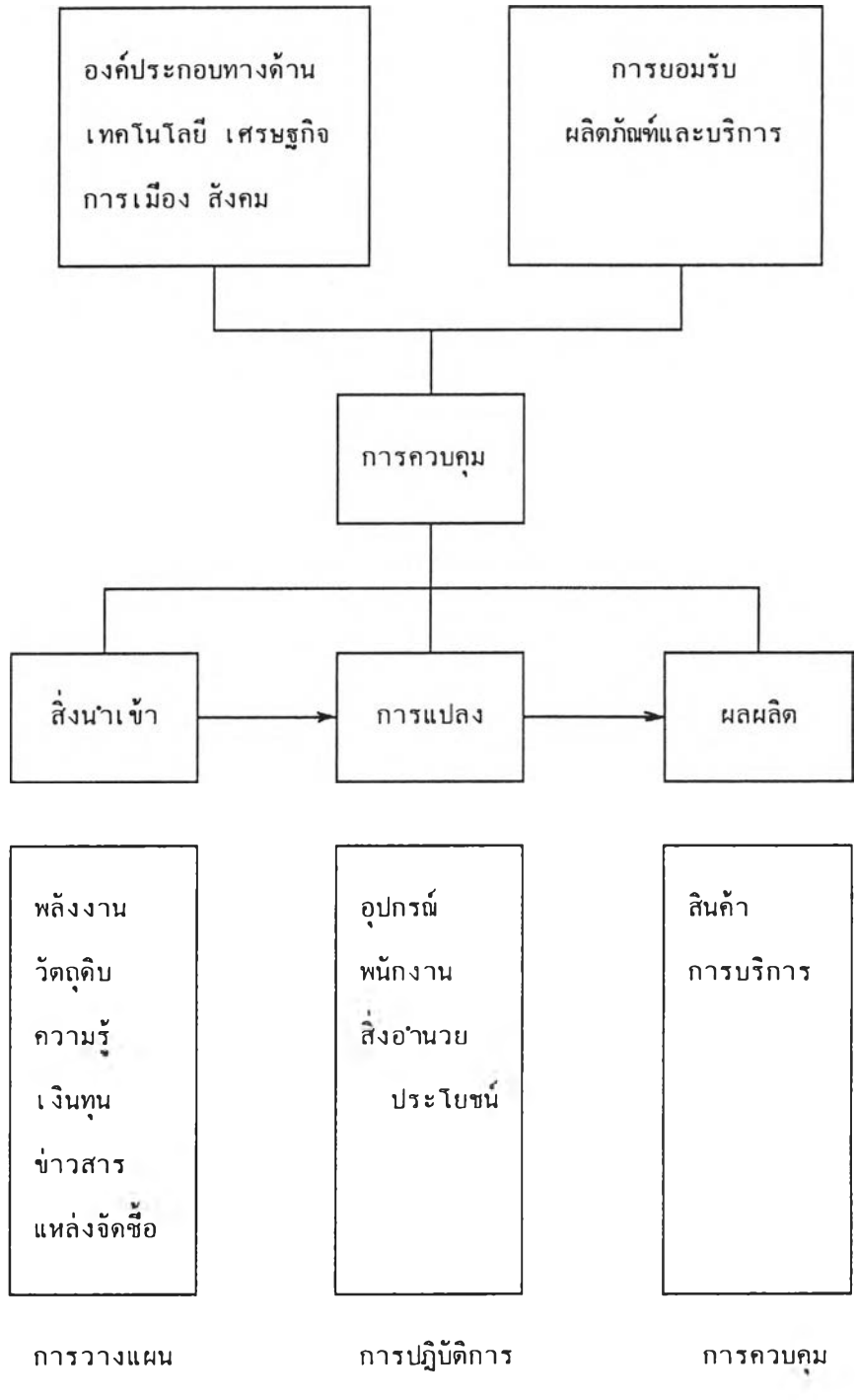
ในความหมายของการผลิตนั้น สุรศักดิ์ นานานุกูล (2522) ได้ให้ความหมายของการผลิตดังนี้ "การผลิตเป็นหน้าที่งานเกี่ยวกับการจัดหาปัจจัยการผลิต อันได้แก่ กำลังคน วัตถุดิบ ที่ดิน อาคาร สถานที่ เครื่องจักร อุปกรณ์เครื่องใช้ เงินทอง และความรู้ทางเทคโนโลยีกับการนำปัจจัยเหล่านี้ไปสร้างสินค้าและบริการขึ้นมา"

2. <u>การบริหารการผลิต</u>

Melnyk (1988) ได้แบ่งระบบการบริหารการผลิตเป็น 2 องค์ประกอบหลักคือ การวางแผนการผลิต (Production Planning) และการควบคุมการผลิต (Production Control) การวางแผนการผลิตเป็นส่วนที่รับผิดชอบในการกำหนดและสั่งการให้เป็นไปตามการผลิตรวมถึงการกำหนดระดับกำลังการผลิต และการเพิ่มระดับกำลังการผลิตที่จำเป็น ส่วนการควบคุมการผลิตเป็นการทำให้การวางแผนการผลิตสำเร็จสมบูรณ์

การทำให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดทั้งในด้านการวางแผนการผลิตและการควบคุมการผลิตนั้นต้องอาศัยกลไกทางการบริหารเพื่อให้ระบบการผลิตเป็นไปตามวัตถุประสงค์ กลไกนั้นมีชื่อเรียกต่างๆกันเช่น การบริหารการผลิต การบริหารการดำเนินงานและการผลิต หรือ การบริหารการดำเนินงาน เป็นต้น

Fogarty et al. (1989) ได้ให้คำจำกัดความของการบริหารการจัดการว่าคือ "กระบวนการต่อเนื่องของการใช้หน้าที่ทางด้านการบริหารอย่างมีประสิทธิผลโดยใช้ทรัพยากรต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อบรรลุเป้าหมายของการดำเนินงาน" ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การบริหารการดำเนินงาน

เป้าหมายของการดำเนินงานมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่างๆดังนี้

2.1 ปริมาณของผลผลิต

2.2 ต้นทุนของวัตถุดิบ แรงงาน การจัดส่ง และการสูญเสีย

2.3 การใช้งานของเครื่องจักรและแรงงาน

2.4 คุณภาพและความน่าเชื่อถือได้ของผลผลิต

2.5 การจัดส่งตรงเวลา

2.6 การลงทุน

2.7 ความยืดหยุ่นสำหรับการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ และ ปริมาณ

การนำเอาระบบคอมพิวเตอร์ มาเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการการผลิตจะมีส่วนทำให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ (2534) ได้กล่าวถึงปัญหาต่างๆที่พบในอุตสาหกรรม ที่ไม่ได้นำเอาระบบคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนและควบคุมการผลิตไว้ดังนี้คือ

1) ปัญหากำลังการผลิต การผลิตล่าหลังกำหนดการผลิตเนื่องจากขาดแรงงานและอุปกรณ์การผลิต มีความล่าช้าในการส่งมอบสินค้า

2) ความไม่เหมาะสมของกำหนดการผลิต การจัดลำดับก่อน-หลังของงานผิดพลาดเนื่องจากลำดับความสำคัญของใบสั่งไม่ชัดเจน กฎของการจัดลำดับไม่มีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนสถานภาพบ่อยๆของงานในหน่วยผลิต ผลที่ตามมาคือการชะงักของการผลิตเนื่องจากการเปลี่ยนไปผลิตงานที่มีอภิสิทธิ์โดยไม่มีการวางแผน การผลิตล่าหลังกำหนดการผลิต ลำดับก่อน-หลังใบสั่งยุ่งเหยิง

3) ความล่าช้าของการผลิตเนื่องจากหน่วยผลิตมีงานล้นมือ จากปัญหากำลังการผลิตและความไม่เหมาะสมของกำลังการผลิต

4) ความด้อยประสิทธิภาพของการควบคุมพัสดุคงคลัง ความไม่สมดุลย์ของพัสดุคงคลัง คือมีมากไปหรือน้อยไป

5) การใช้สถานีทำงานต่ำ เนื่องจากการกำหนดการผลิตที่ไม่ดี

6) ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการผลิตที่กำหนด เนื่องจากการติดขัดของสถานีถัดไป

7) ความคลาดเคลื่อนของเอกสารด้านวิศวกรรมและการผลิต เช่นกำหนดขั้นตอน

กระบวนการผลิตไม่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านวิศวกรรม

8) ปัญหาด้านคุณภาพ เช่นมีความบกพร่องด้านคุณภาพของวัตถุดิบ งานระหว่างทำและสินค้าสำเร็จรูปเป็นต้น

3. วิวัฒนาการระบบการผลิต

Ebner และ Vollmann (1988) ได้กล่าวถึงวิวัฒนาการในระบบการผลิตของสหรัฐอเมริกาจะสอดคล้องกับภาวะการแข่งขัน (Competitive Thrust) และกลยุทธ์ทางการผลิต (Manufacturing Strategy) โดยในแต่ละทศวรรษตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 เป็นต้นมามีแนวโน้มดังสรุปได้ดังนี้ (ตารางที่ 2.1)

- ทศวรรษ 1960 เป็นยุคที่การผลิตมุ่งเน้นในเรื่อง "ต้นทุน" โดยมีกลยุทธ์การผลิตคือ การผลิตในปริมาณมากๆ ต้นทุนต่ำ และมีระบบการผลิตที่สนับสนุนคือ PICS (Production and Inventory Control System) และ NC (Numerical Control)

- ทศวรรษ 1970 การผลิตมุ่งเน้นด้าน "การตลาด" จึงใช้กลยุทธ์ที่รวมหน้าที่และทำครบวงจร (Functional Integration and Closing the Loop) โดยพัฒนาการผลิตจากระบบ PICS เป็นระบบ MRP (Material Requirements Planning), SFC (Shop Floor Control), MPS (Master Production Schedule), CNC (Computer Numerical Control) ทั้งนี้เป็นผลจากเทคโนโลยีอันทันสมัยของระบบคอมพิวเตอร์

- ทศวรรษ 1980 เริ่มเข้าสู่ยุคการแข่งขันด้าน "คุณภาพ" เนื่องจากการแข่งขันระหว่างประเทศเริ่มมีมากขึ้นคุณภาพจึงมีบทบาทสูง กลยุทธ์การผลิตจะเป็นการควบคุมกระบวนการ (Process Control), การหมุนเวียนของวัสดุ (Material Velocity), การผลิตระดับโลก (Worldclass Manufacturing), การลดค่าใช้จ่ายของต้นทุนคงที่ (Overhead Cost Reduction) ส่วนระบบการผลิตที่ใช้สนับสนุนคือ MRP II (Manufacturing Resources Planning), JIT (Just In Time), OPT (Optimized Production Technology), SPC (Statistical Process Control), TQC (Total Quality Control), ต้นทุนของคุณภาพ (Cost of

ทศวรรษ	ภาวะการแข่งขัน	กลยุทธ์ทางการผลิต	ระบบการผลิต
1960	ต้นทุน	การผลิตปริมาณมาก ต้นทุนการผลิตต่ำสุด การมุ่งเน้นผลิตภัณฑ์	PICS NC
1970	การตลาด	การทำครบวงจร	MRP, MPS CNC, SFC
1980	คุณภาพ	การควบคุมกระบวนการ การหมุนเวียนทางวัสดุ การผลิตระดับโลก การลดค่าใช้จ่ายต้นทุนคงที่	MRP II JIT, OPT DNC, SPC CAD, CAM
1990	เวลา	การปรับขยายบริการ การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ การผลิตระดับโลก มิติการผลิตแบบใหม่ การจัดองค์กรแบบใหม่	CIM ระบบดูแลงาน การสร้างภาพเหตุการณ์ การกระจายศูนย์

ตารางที่ 2.1 ระบบการผลิตในสหรัฐอเมริกา

Quality), DNC (Distributed Numerical Control) เป็นต้น และเริ่มมีการนำ CAD (Computer Aided Design)และ CAM (Computer Aided Manufacturing) เข้ามาใช้ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการผลิต

- ส่วนในทศวรรษ 1990 ได้คาดหมายว่าแนวโน้มการแข่งขันจะมุ่งสู่ "เวลา" กลยุทธ์การผลิตคือการออกผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Introduction) การตอบสนอง (Responsiveness) มิติการผลิตแบบใหม่ (New Manufacturing Metrics)เป็นต้น ส่วนการผลิตจะเป็นแบบ Computer Integrated Manufacturing มีระบบดูแลงาน (Supervisory Systems) การสร้างภาพเหตุการณ์ (Scenario Generation) การกระจายศูนย์ (Decentralization) เป็นต้น

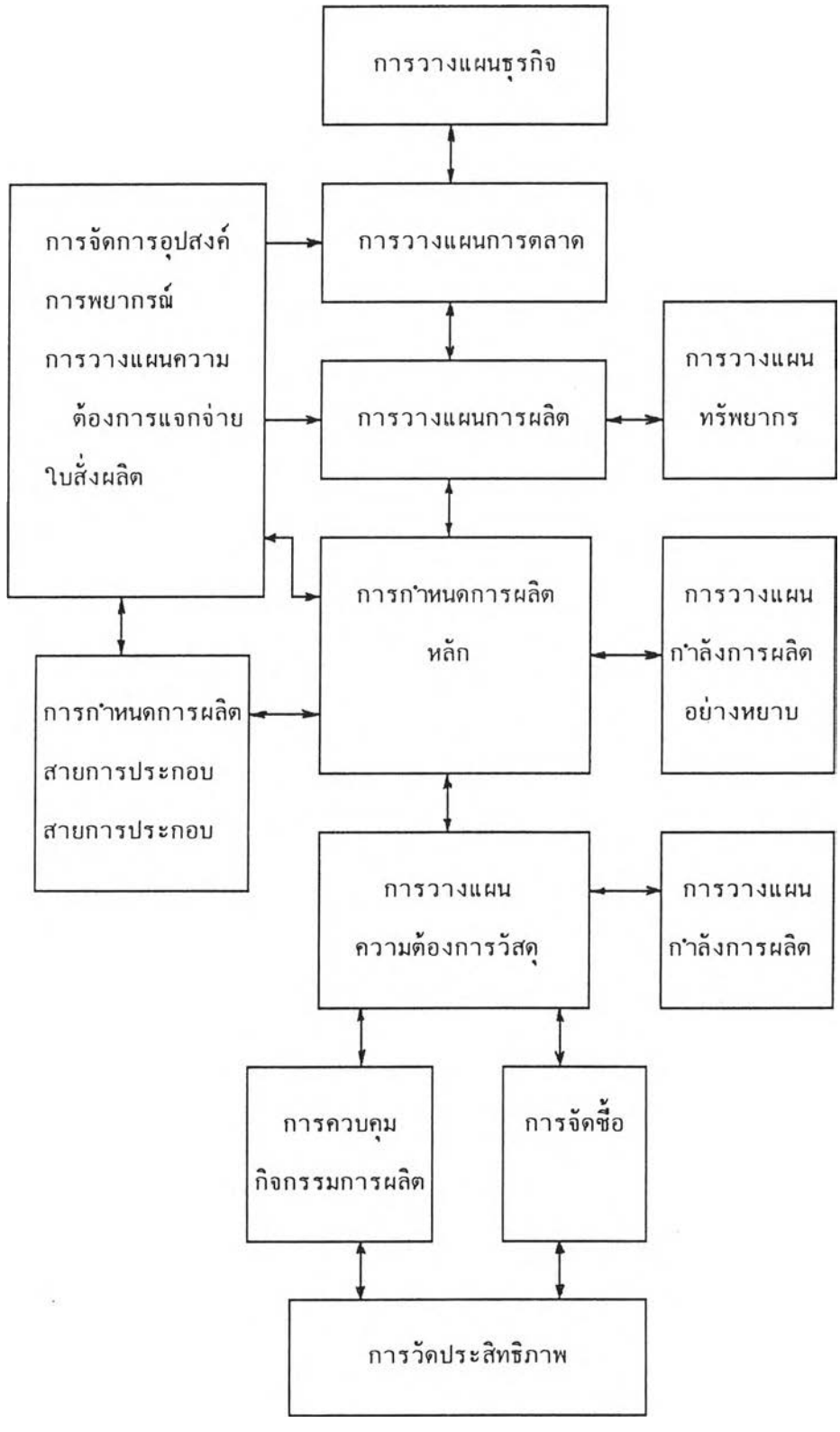
ในระบบย่อยต่างๆในระบบการผลิต ได้มีการนำมาจัดทำเป็นรูปแบบพื้นฐานของโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งเรียกว่า MRP II ภาพรวมและความสัมพันธ์ของ MRP II นั้น Smith (1989) ได้เสนอไว้ดังรูปที่ 2.2

4. ประเภทของระบบการผลิต

ชอุ่ม พลอยมีค่า (2523) แบ่งระบบการผลิตตามลักษณะการผลิต 2 แบบ

4.1 การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Production) คือการผลิตโดยใช้หลักการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) โดยการผลิตแบบนี้ให้ผลผลิตไม่จำกัดจำนวนหรือปริมาณแต่จำกัดชนิดหรือแบบของผลิตภัณฑ์ เช่น โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานกระดาษ ลักษณะการออกแบบผังโรงงานเป็นแบบผลิตภัณฑ์ (Product Layout)

4.2 การผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Production) คือการผลิตเป็นงวดหรือเป็นครั้งคราวตามที่มีการสั่ง(Job Lot Work) ในการผลิตแบบนี้สามารถให้ผลิตภัณฑ์แตกต่างกันได้หลายๆแบบโดยที่แต่ละแบบมีจำนวนจำกัด เช่น โรงกลึงทั่วไป หรือ บริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง



รูปที่ 2.2 ระบบ MRP II

โรงงานที่ทำการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องมีลักษณะทั่วๆไปดังนี้

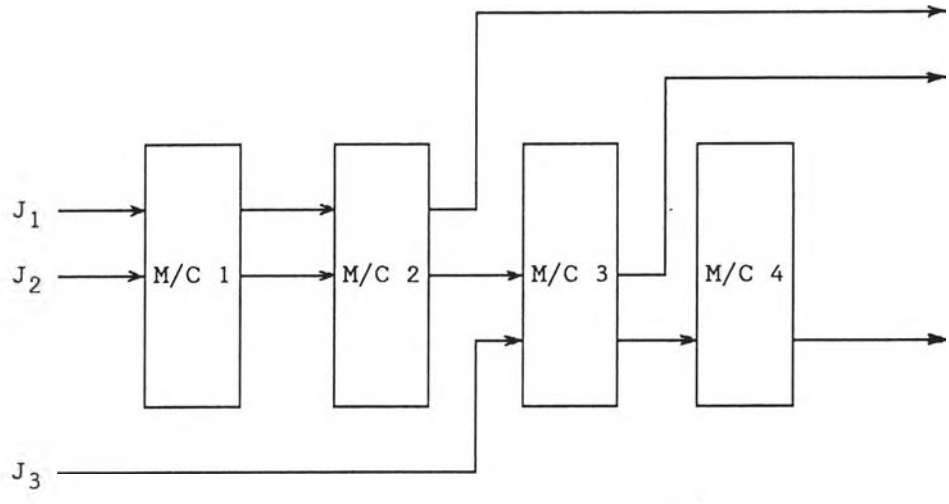
- ปริมาณของผลิตภัณฑ์ในแต่ละครั้งมีจำนวนน้อย
- ลักษณะการออกแบบผังโรงงานแบบกระบวนการผลิต
- ภาระหน้าที่การทำงานในแต่ละแผนกแตกต่างกัน
- เครื่องจักรที่ใช้งานมีลักษณะเป็นเครื่องจักรอเนกประสงค์
- แรงงานและผู้ควบคุมจะต้องมีความชำนาญและมีประสบการณ์สูงในการทำงานเนื่องจากชนิดและแบบของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงอยู่เรื่อยๆ
- ต้องมีคำสั่งหรือข้อกำหนดประกอบการผลิตแต่ละครั้ง ทุกครั้งไป
- ต้องมีวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงได้เกณฑ์มาตรฐาน เก็บสำรองได้ในคลังพัสดุในปริมาณมากพอและมากชนิด
- ใช้สถานที่กว้างสำหรับเก็บชิ้นส่วน และใช้สถานที่รอบๆเครื่องจักรนั้นเป็นที่เก็บรอชั่วคราว
- การขนย้ายวัสดุในโรงงานประเภทนี้ส่วนมากใช้เครื่องมือขนถ่ายวัสดุประเภท หีบ กล่อง หรือ รถยก เป็นส่วนใหญ่

การผลิตแบบไม่ต่อเนื่องมีการไหลของงานได้ 2 ลักษณะคือ Random-route Jobshop และ Flowshop

Random-route Jobshop จะมีทิศทางการไหลของงานที่ไม่แน่นอน (รูปที่ 2.3) แต่ Flowshop จะมีทิศทางการไหลของงานในทางเดียวกัน (รูปที่ 2.4 และ รูปที่ 2.5)

<u>การกำหนดการผลิต</u>

การกำหนดการผลิต เป็นการจัดสรรทรัพยากรต่างๆที่มีอยู่ เช่น แรงงาน วัตถุดิบ เครื่องจักร เป็นต้น เพื่อนำมาใช้ในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยบรรลุเป้าหมายของการดำเนินงาน

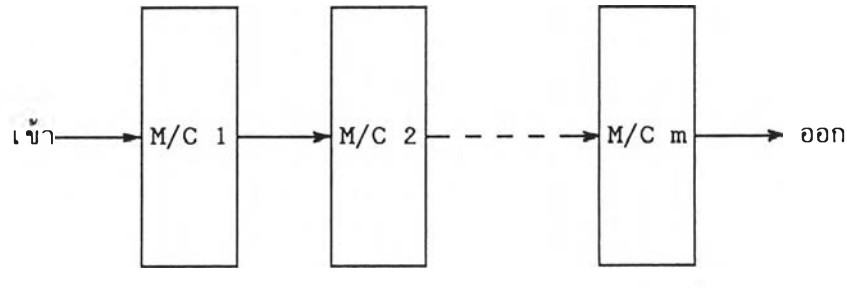


M/C_j : เครื่องจักร j

J_i : งาน i

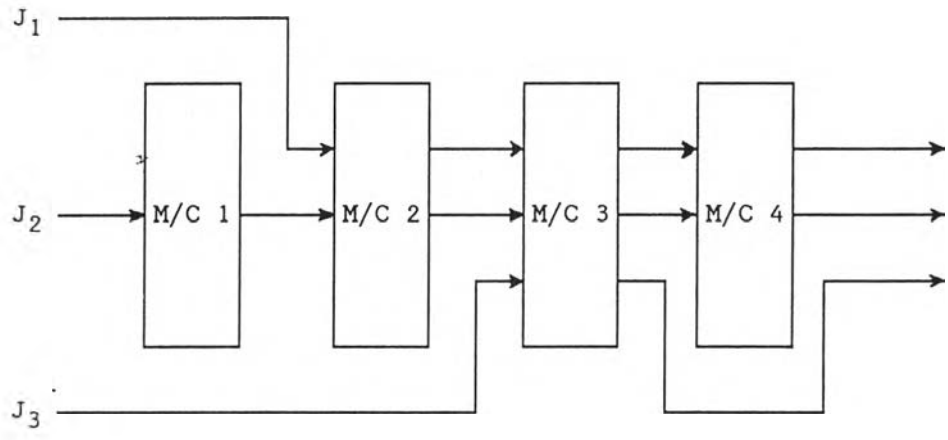
รูปที่ 2.3 รูปแบบของ Random-routr Jobshop

โดยทั่วไป Flowshop แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ Pure Flowshop (รูปที่ 2.4) และ General Flowshop (รูปที่ 2.5)



M/C_j : เครื่องจักร j

รูปที่ 2.4 รูปแบบของ Pure Flowshop



M/C_j : เครื่องจักร j

J_i : งาน i

รูปที่ 2.5 รูปแบบของ General Flowshop

1. <u>เป้าหมายการกำหนดการผลิต</u>

โดยทั่วไปเมื่อได้ตัดสินใจที่จะผลิตงานใดๆแล้ว จะต้องมีการพิจารณาในเบื้องต้นถึงเรื่องวิธีการผลิต เทคโนโลยีที่จะใช้ รวมถึงทรัพยากรต่างๆที่มีอยู่ในปัจจุบันว่าเพียงพอหรือไม่ เป็นต้น สิ่งต่างๆเหล่านี้ได้รับการศึกษามาเป็นอย่างดี คำถามพื้นฐานที่เกี่ยวกับการตัดสินใจของฝ่ายจัดการ คือ

1) จะจัดทำผลิตภัณฑ์หรือบริการใด

2) จะจัดทำเท่าไร

3) จะต้องใช้ทรัพยากรใดบ้าง

การตัดสินใจในการตอบคำถามเหล่านี้มักจะได้จากในส่วนงานของการวางแผน

การกำหนดการผลิต จะเป็นส่วนที่จะทำการตัดสินใจในเรื่องของการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่และการจัดลำดับก่อน-หลังงานในการผลิต ในทางปฏิบัติผู้วางแผนและผู้กำหนดการผลิตจะต้องมีการประสานงานร่วมกันเป็นอย่างดี ซึ่งการกำหนดการผลิตมีข้อจำกัดเนื่องมาจากทรัพยากรที่มีอยู่และทำให้กำหนดการผลิตจะไม่สามารถผลิตได้ตามระดับที่ต้องการ แม้ว่ามีการหาแนวทางการกำหนดการผลิตที่เป็นไปได้แบบต่างๆแล้วก็ตาม ก็จะมีการวางแผนการจัดหาและติดตั้งทรัพยากรเหล่านั้นเพิ่มเติม

การกำหนดการผลิตมีขอบเขตของปัญหาคือ

1) จะจัดสรรทรัพยากรใด เพื่อที่จะผลิตงานเหล่านั้น

2) เมื่อไรที่จะผลิตงานแต่ละงาน

นั่นคือปัญหาการกำหนดการผลิตจะต้องมุ่งพิจาณาตัดสินใจในเรื่องของการจัดสรรทรัพยากรและการตัดสินใจการจัดลำดับงานที่จะผลิต

รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกำหนดการผลิต กับการวางแผนกำลังการผลิต แผนการผลิตรวม และแผนการผลิตหลัก ซึ่งจะพบว่าการกำหนดการผลิตเป็นกลวิธีสำหรับวางแผนระยะสั้น (ตามเหตุการณ์ตามเวลาจริงถึง 1 เดือน) ในขณะที่การผลิตรวมและการผลิตหลักเป็นการวางแผนระยะปานกลาง (1 เดือน ถึง 1 ปี) นอกจากนี้การวางแผนกำลังการผลิตเป็นการวางแผนระยะยาว (มากกว่า 2 ปี)

2. <u>การจำแนกลักษณะปัญหาการกำหนดการผลิต</u>

ลักษณะปัญหาการกำหนดการผลิตสามารถจำแนกได้ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 รูปแบบของการเข้ามาของงาน

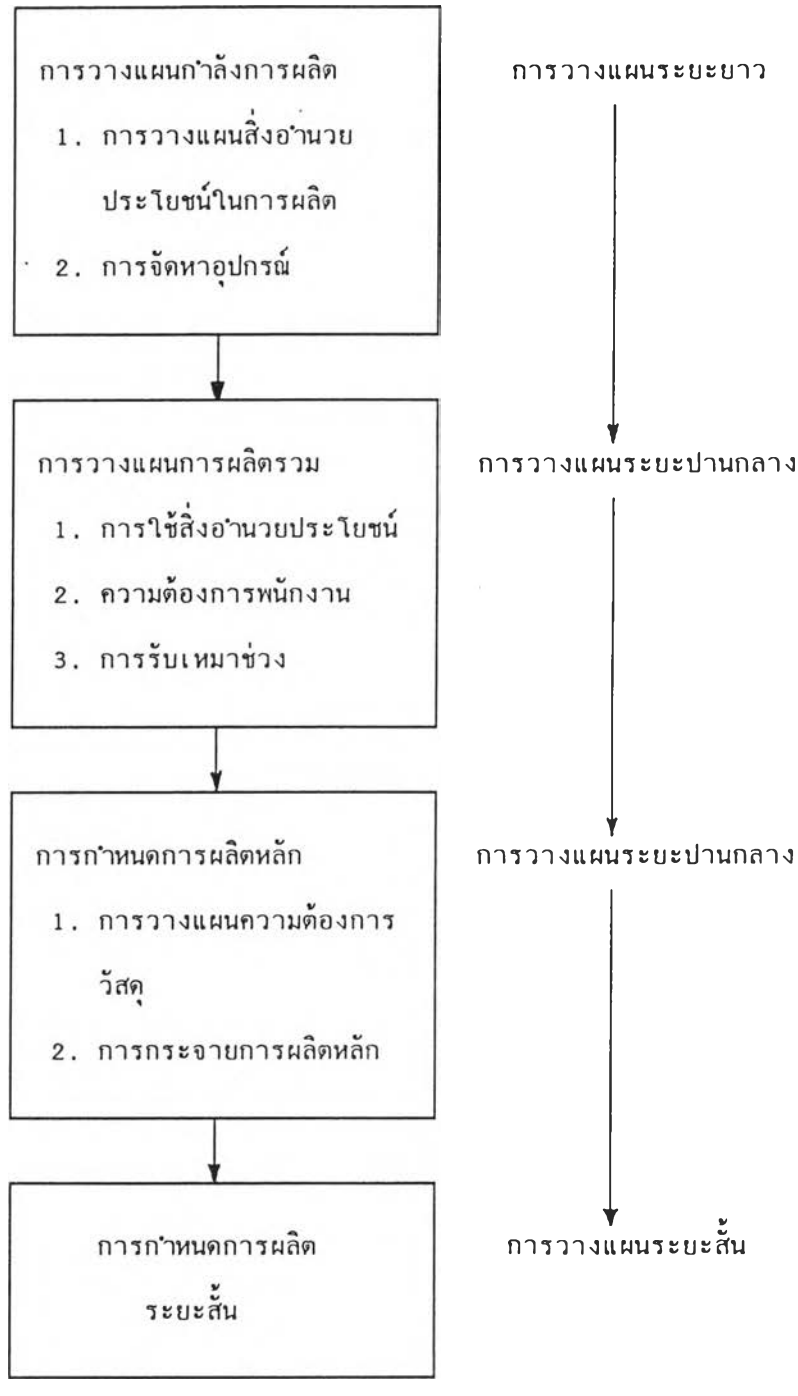
1) การเข้ามาของงานมีขนาดคงที่ เป็นชนิดงวด

2) การเข้ามาของงานถูกกำหนดเป็นฟังค์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็น

2.2 จำนวนเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง

1) การผลิตโดยใช้เครื่องจักรเพียง 1 เครื่อง

2) การผลิตโดยใช้เครื่องจักรมากกว่า 1 เครื่อง



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการกำหนดการผลิต กับการวางแผนในระดับต่างๆ

2.3 เส้นทางของงาน

1) เส้นทางแบบขนาน

2) เส้นทางแบบอนุกรม

3) เส้นทางแบบผสม

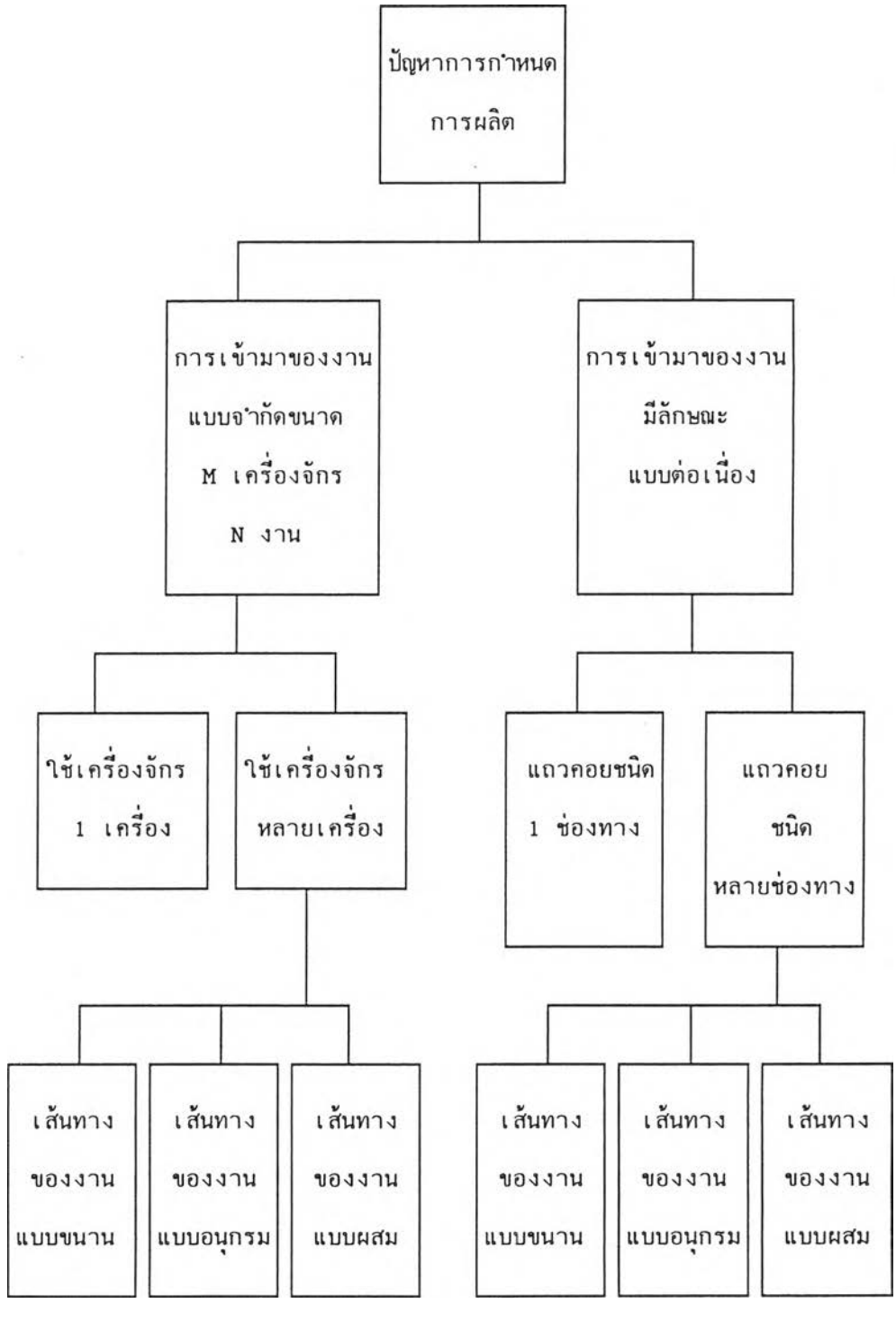
3. ระเบียบวิธีในการแก้ปัญหาการกำหนดการผลิต

การแก้ปัญหาการกำหนดการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 แนวทางคือ

3.1 Combination Approach วิธีนี้จะนำกำหนดการผลิตทุกๆแบบที่เป็นไปได้ โดยการเปลี่ยนการจัดลำดับของงานแต่ละงานที่แต่ละสถานีผลิตที่งานนั้นๆจะต้องผ่านโดยลำดับและอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วเลือกใช้กำหนดการผลิตแบบที่ดีที่สุด การใช้วิธีนี้อาจจำเป็นที่จะต้องพิจารณาการกำหนดการผลิตถึง $(N!)^M$ ครั้ง โดย N คือ จำนวนงานที่จะต้องทำทั้งหมด และ M คือจำนวนสถานีผลิตทั้งหมด เพื่อที่จะได้กำหนดการผลิตที่ดีที่สุด ซึ่งถ้าหากมีจำนวนของงาน และจำนวนสถานีผลิตมาก การคำนวณก็จะมีความซับซ้อนมากขึ้นเป็นลำดับ

3.2 Mathematical Approach วิธีนี้อาศัยคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ไขปัญหา วิธีที่ใช้ได้แก่กำหนดการเชิงเส้น กำหนดการพลวัต กำหนดการเชิงกำลังสอง กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม โครงข่ายการไหล วิธีลากรองซ์ และวิธีอื่นๆ ซึ่งวิธีเหล่านี้สามารถกำหนดเกณฑ์ต่างๆของการกำหนดการผลิตได้สะดวกและมีได้มาก แต่การคำนวณมีความยุ่งยาก

3.3 Branch and Bound Approach วิธีนี้ประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 2 ส่วน คือ Branching เป็นกระบวนการแบ่งส่วนของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ออกเป็นส่วนปัญหาย่อยที่มากกว่า 2 ปัญหาย่อยขึ้นไป และ Bounding คือกระบวนการของการคำนวณ Lower Bound ที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยนั้น ประสิทธิผลจะขึ้นอยู่กับ Lower Bound ที่ดีซึ่งจะทำให้ผลที่ได้จะดีที่สุด วิธีนี้เหมาะกับการคำนวณสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่



รูปที่ 2.7 การจัดประเภทการแก้ปัญหาการกำหนดการผลิต

3.4 Heuristic Approach วิธีนี้จะเป็นการพัฒนากลุ่มของกฎต่างๆ ซึ่งเรียกว่า Heuristics (มาจากคำว่า Heuriskein ในภาษากรีกซึ่งแปลว่า การค้นหา) ซึ่งจะช่วยในการค้นหาผลลัพธ์ที่น่าพอใจหลายๆวิธีของปัญหา และในวิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจมากที่สุดนั้นไม่สามารถรับประกันว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด วิธีการนี้สามารถหาผลลัพธ์ของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ โดยไม่ต้องใช้การคำนวณมากนัก รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนของ Heuristic

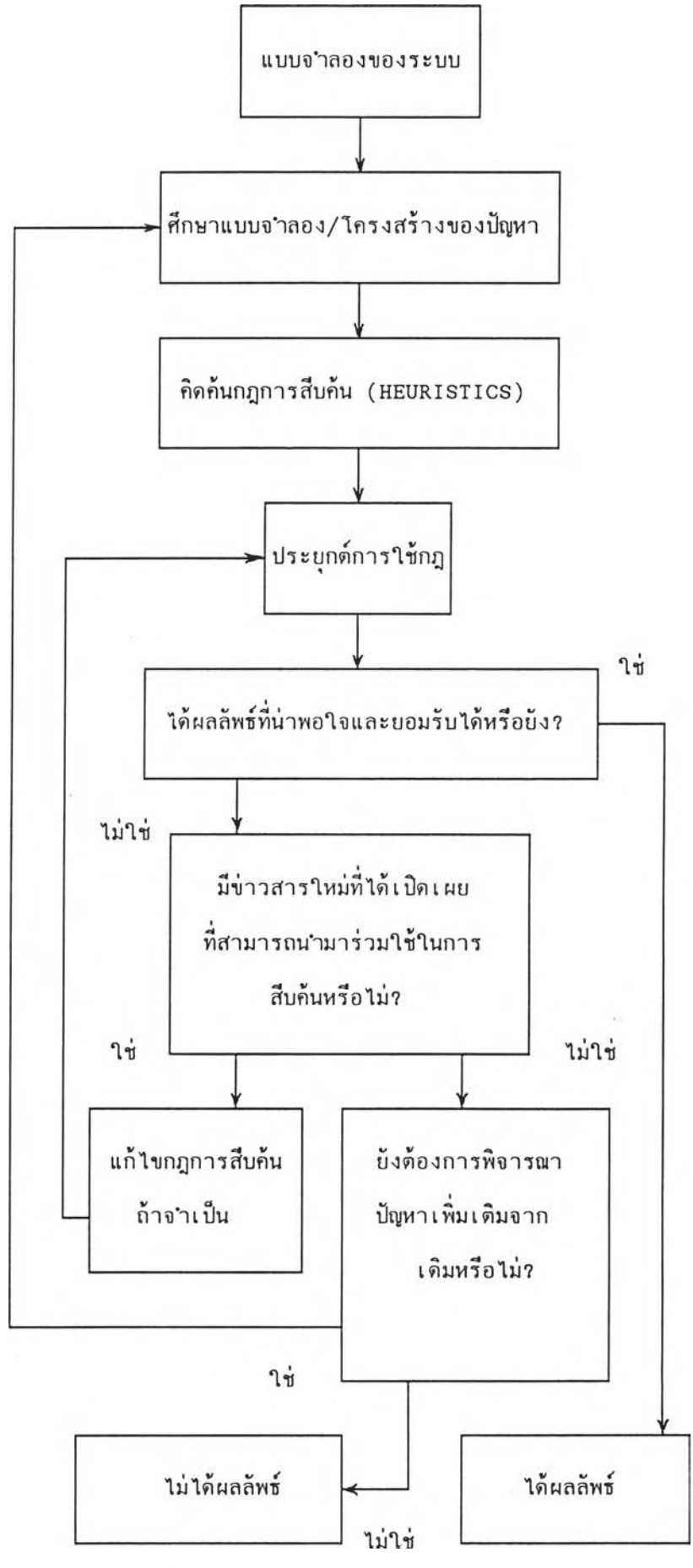
4. การจำแนกประเภทของการกำหนดการผลิต

การกำหนดการผลิตแบ่งตามประเภทกระบวนการผลิตได้ 2 ลักษณะ คือ

4.1 การกำหนดการผลิตแบบต่อเนื่อง หมายถึงการกำหนดงานสำหรับกระบวนการผลิตที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก มีลักษณะเหมือนกัน มีการทำงานที่ต่อเนื่องกันตลอด และมีผลิตภัณฑ์เพียงไม่กี่ชนิด ขั้นตอนการผลิตค่อนข้างแน่นอน การทำงานของคนงานจึงไม่จำเป็นต้องออกคำสั่งทุกวันเพราะคนงานเหล่านี้ได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่หนึ่งๆโดยถาวร ปัญหาการกำหนดงานสำหรับการผลิตแบบนี้จึงเป็นการจัดสายการผลิตให้มีความสมดุลย์ตลอดทั้งสายงาน และต้องเตรียมวัสดุให้มีจำนวนมากพอที่จะนำไปใช้ในการผลิตแต่ละครั้ง

4.2 การกำหนดการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง การกำหนดการผลิตเป็นตารางเวลาสำหรับกิจกรรมที่ต้องกระทำการใช้แหล่งทรัพยากรต่างๆหรือการเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ จุดประสงค์ของการกำหนดการผลิตในงานสั่งทำ เพื่อที่จะแยกย่อยการกำหนดการผลิตหลักเป็นกิจกรรมในช่วงของประจำสัปดาห์ ประจำวัน หรือประจำชั่วโมง กล่าวอีกอย่างหนึ่งคือการวางแผนภาระงาน (Work Load) ของระบบการผลิตในช่วงเวลาทำงานสั้นๆ กิจกรรมที่สำคัญในการกำหนดการผลิตของการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องคือ

4.2.1 การจัดงานให้กับเครื่องจักร หมายถึงการกำหนดหรือมอบหมายงานการผลิตให้แก่เครื่องจักรหรือสถานีการทำงานใด นั่นคือควรจัดงานใดให้แก่เครื่องจักรใด จึงทำให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงานสูงสุด



รูปที่ 2.8 กระบวนการ Heuristic

4.2.2 การจัดลำดับก่อน-หลังในการผลิต คือพิจารณาว่างานใดมีความสำคัญหรือมีความจำเป็นที่ควรได้รับการบริการจากเครื่องจักรก่อน โดยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่นในกรณีที่ภาระงานมากกว่ากำลังการผลิตของเครื่องจักร งานที่มีความสำคัญน้อยกว่าจะต้องรอให้งานที่มีความสำคัญมากกว่า ได้รับการบริการก่อนเป็นต้น

5. องค์ประกอบของปัญหาในการกำหนดการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง

ปัญหาทั่วๆไปของการกำหนดการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องประกอบด้วย 6 องค์ประกอบคือ

5.1 รูปแบบการเข้ามาของงาน งานที่เข้ามาในช่วงเวลาที่วางกำหนดการเป็นแบบ Static หรือ Dynamic และมีการกระจายทางสถิติแบบใด

5.2 จำนวนและความแตกต่างของเครื่องจักรในโรงงาน จำนวนเครื่องจักรในโรงงานมีผลกระทบต่อกระบวนการกำหนดการผลิต ถ้าเป็นกรณีเครื่องจักรเดียวหรือกลุ่มของเครื่องจักรที่มีลักษณะการทำงานแบบเดียวกัน การแก้ปัญหาจะง่าย ในทางกลับกันถ้าจำนวนเครื่องจักรมีมากขึ้นและมีความแตกต่างกัน การกำหนดการผลิตก็จะซับซ้อนและยากขึ้น

5.3 สัดส่วนของคนงานต่อเครื่องจักรในโรงงาน ถ้าโรงงานมีคนงานมากกว่าเครื่องจักรหรือเพียงพอต่อเครื่องจักร การกำหนดการผลิตจะพิจารณาข้อจำกัดของปัจจัยการผลิตที่เครื่องจักร ลักษณะของปัญหานี้เรียกว่า Machine-limit System ถ้ามีเครื่องจักรมากกว่าคนงานจะเรียกลักษณะของปัญหาว่า Man-machine System ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการใช้คนงานต่อหลายๆเครื่องจักรและต้องตัดสินใจในทางที่ดีที่สุด ในการวางตัวคนงาน ณ ที่เครื่องจักรใด

5.4 รูปแบบการไหลของงานในโรงงาน รูปแบบการไหลของงานแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ Flowshop และ Random-route Jobshop กล่าวคือ Flowshop จะมีทิศทางการไหลของงานไปในทิศทางเดียวตั้งแต่ต้นจนกระทั่งเสร็จสิ้นงาน ส่วน Random-route Jobshop จะมีทิศทางการไหลไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความสะดวกและความเหมาะสม หรือความจำเป็นของงาน เป็นต้น

5.5 กฎลำดับความสำคัญสำหรับกำหนดงานแก่เครื่องจักร กฎลำดับความสำคัญเป็นกฎสำหรับเลือกว่างานใดควรเริ่มทำก่อน ณ เครื่องจักร หรือ สถานีทำงานหนึ่งๆ งานที่มีความสำคัญสูงสุดตามกฎที่ใช้จะได้รับการเลือกให้ได้การบริการก่อน

5.6 เกณฑ์การประเมินประสิทธิผลของการกำหนดการผลิต เกณฑ์การประเมินประสิทธิผลของการกำหนดการผลิต มีดังนี้ เช่น

5.6.1 การที่ลูกค้าได้รับสินค้าตามกำหนดเวลาส่งมอบ

5.6.2 เวลาที่งานอยู่ในระบบ น้อยที่สุด

5.6.3 งานระหว่างทำ น้อยที่สุด

5.6.4 เวลาว่างของคนงานและครื่องจักรน้อยที่สุด

<u>เทคนิคการจัดลำดับงานในระบบการผลิตชนิดโฟลว์ชอป</u>

1. <u>พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง</u>

1.1 เวลาปฏิบัติงาน (Processing Time) ของงานที่หน่วยผลิตใดๆ หมายถึง เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานนั้นที่หน่วยผลิตนั้นๆจนกระทั่งแล้วเสร็จรวมถึงเวลาในการติดตั้งเครื่องจักร

1.2 เวลากำหนดงานเสร็จ (Completion Time) ของงานใดๆ หมายถึง เวลาที่นับตั้งแต่เริ่มงานแรกในระบบ (โดยคิดเวลาเริ่มต้นเป็น 0) จนกระทั่งงานนั้นเสร็จสิ้นลงจากระบบ

1.3 เวลางานอยู่ในระบบ (Flow Time) หมายถึงช่วงเวลาระหว่างที่งานนั้นเข้ามาในระบบซึ่งพร้อมที่จะนำไปปฏิบัติงานได้จนกระทั่งงานนั้นเสร็จสิ้นลง ซึ่งจะเท่ากับเวลาที่ใช้ปฏิบัติงานที่หน่วยผลิตที่ใช้ทำงาน บวกเวลาที่งานต้องคอยก่อนจะได้รับการปฏิบัติที่หน่วยผลิตเหล่านั้น

1.4 เวลาเหลือใช้ (Slack) ของงาน คือเวลาที่มีจนถึงกำหนดส่งงานนั้น หักด้วยเวลาที่จะต้องใช้ในการปฏิบัติงานที่ทุกหน่วยผลิตที่ยังจะต้องใช้ปฏิบัติงานนั้น

1.5 กำหนดส่งงาน (Due Date) หมายถึงกำหนดเวลาที่จะต้องส่งงานนั้น ถ้าส่งงานภายหลังจากที่กำหนดนี้จะถือว่าสายหรือส่งงานไม่ทันกำหนด

1.6 การผิดเวลา (Lateness) ของงาน หมายถึงการผิดเวลาของกำหนดเวลาเสร็จงานจากกำหนดเวลาส่งงานนั้น การผิดเวลาจะมีค่าเป็นบวกถ้าเวลาเสร็จของงานเป็นภายหลังกำหนดเวลาส่ง และจะมีค่าเป็นลบถ้าเวลาเสร็จงานของงานเป็นก่อนกำหนดเวลาส่ง

1.7 การสาย (Tardiness) คือการผิดเวลาที่มีค่าเป็นบวก กล่าวคือ งานเสร็จหลังกำหนดเวลาส่ง ส่วนในกรณีที่งานเสร็จก่อนกำหนดเวลาส่งจะถือว่าการสายมีค่าเป็น 0

2. เทคนิคการจัดลำดับงานในระบบการผลิตชนิดโฟลว์ชอป

Nawaz et al. (1983) ได้ทำการศึกษาและสรุปเทคนิคการจัดลำดับก่อน-หลังของงานสำหรับการกำหนดการผลิตชนิดโฟลว์ชอป พอเป็นสังเขปได้ดังนี้คือ

- ปี 1954 Johnson ได้เสนอขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการจัดลำดับให้กับเครื่องจักร 2 เครื่องจักร

- ปี 1965 Palmer ได้เสนอวิธี Slope Order Index ในการจัดลำดับงาน N งาน M เครื่องจักรโดยพิจารณาจากเวลาปฏิบัติของงานที่แต่ละเครื่องจักร

- ปี 1970 Campbell, Dudex และ Smith ได้นำเอาขั้นตอนวิธีของ Johnson มาประยุกต์เพื่อใช้งานได้กับการจัดลำดับงาน N งาน M เครื่องจักร

- ปี 1971 Gupta เสนอขั้นตอนวิธีที่คล้ายกับ Palmer แต่กำหนด Slope Index ที่ต่างออกไป

- ปี 1980 Nawaz เสนอขั้นตอนวิธี New Curtailed-enumeration ในการจัดลำดับงาน โดยนำกฎลำดับความสำคัญมาประยุกต์ใช้

การจัดลำดับงานให้แก่เครื่องจักรที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เป็นการใช้กฎลำดับความสำคัญ โดยกฎที่ใช้ได้แก่

2.1 เข้าก่อนบริการก่อน (FCFS : First-come, First-served) งานใดที่เข้ามาก่อนจะมีความสำคัญสูงสุด

2.2 เวลาปฏิบัติงานสั้นที่สุด (SPT : Shortest Processing Time) หรือ SOT : Shortest Operation Time) งานที่มีเวลาปฏิบัติงานสั้นที่สุดมีความสำคัญสูงสุด

2.3 กำหนดเวลาส่งงานเร็วที่สุด (EDD : Earliest Due Date) งานที่กำหนดเวลาส่งงานเร็วสุดมีความสำคัญสูงสุด

2.4 เวลาเหลือใช้น้อยที่สุด (STR : Slack Time Remaining) เวลาเหลือใช้ คือเวลาที่เหลือก่อนถึงกำหนดส่งงานหักด้วยเวลาที่ต้องใช้สำหรับปฏิบัติงาน งานที่มีเวลาเหลือใช้น้อยที่สุดมีความสำคัญมากที่สุด

2.5 อัตราส่วนวิกฤติ (CR : Critical Ratio) อัตราส่วนวิกฤติคือสัดส่วนระหว่างเวลาที่เหลือก่อนถึงกำหนดส่งงานต่อเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตที่เหลือ งานที่มีอัตราส่วนวิกฤติต่ำสุดมีความสำคัญสูงสุด

2.6 เข้าหลังบริการก่อน (LCFS : Last-come, First-served) งานใดที่เข้าบริการหลังสุดมีความสำคัญสูงสุด

2.7 แบบสุ่ม (RANDOM : Random Order) ความสำคัญของงานจะถูกกำหนดโดยแบบสุ่ม

นอกจากนั้นยังมีกฎอื่นๆ อีกมากมาย เช่น NQ (Next-queue), LSU (Least Setup), QR (Queue-ratio), COVERT (Largest Cost Overtime), ATC (Approved Tardiness Cost), WINQ (Work in Next Queue), SPT-SLK/NOP (Truncated Shortest Processing Time), SLK/NOP (Smallest Slack per Number of Remaining Operations), MODD (Modified Operation Duedate) เป็นต้น

<u>การสำรวจงานวิจัย</u>

Day และ Hottenstein (1970) ได้ทำการสำรวจงานวิจัยในเรื่องการจัดลำดับงานและได้แบ่งปัญหาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กรณี Static และ Dynamic กรณี Static เป็นปัญหาแบบจำกัดขนาด (Fixed Batch Size) โดยมีจำนวน N งานและ M

เครื่องจักร ไม่มีเรื่องขอบเขตเวลาของกำหนดการผลิตเข้ามาเกี่ยวข้อง และจะเป็นปัญหากรณี 1 เครื่องจักร หรือหลายเครื่องจักรที่มีการจัดแบบ Parallel, Flowshop และ Jobshop วิธีการที่นำมาใช้ได้แก่ Combinatorial Approach, General Mathematic Programming, Reliable Huristics และ Monte Carlo Sampling ส่วนกรณี Dynamic เป็นปัญหาประเภทงานที่เข้ามาเป็นแบบต่อเนื่อง (Stochastic Process) มีขอบเขตเวลาของกำหนดการผลิตเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งได้แก่ ปัญหาแถวคอยชนิด 1 ช่องทาง และแถวคอยชนิดหลายช่องทาง สำหรับลักษณะการผลิตแบบ Parallel, Flowshop และ Jobshop โดยใช้วิธีการจำลองแบบปัญหา และกำหนดการพลวัต เป็นต้น และได้ทำการสรุปกฎการจัดลำดับก่อน-หลังที่ใช้กันมากไว้ด้วย

Godin (1978) ได้ทำการสำรวจงานวิจัยเช่นเดียวกับ Day และ Hottenstein (1970) แต่มีขอบเขตปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดการผลิตในระบบการทำงานแบบโต้ตอบระหว่างคนกับเครื่องจักร ในเรื่องงานวิจัยที่เป็นการศึกษาและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของการกำหนดการผลิตตามงาน หรือการจัดสมดุลสายการผลิตแบบประกอบ เป็นต้นเป็นกรณีหนึ่ง และอีกกรณีหนึ่งเป็นการสำรวจงานวิจัยที่เป็นการดำเนินงานในระบบการกำหนดการผลิตแบบโต้ตอบ ตัวอย่างของระบบที่สำรวจได้แก่ SCOPE, MIMS, CAIRS, ATIMS, BYTIMSAT เป็นต้น ระบบเหล่านี้ได้นำไปประยุกต์ใช้ในบริษัทต่างๆและให้ผลที่ดี เช่น SCOPE ใช้ในบริษัท British Steel ส่วน ATIMS ใช้ในบริษัท Boeing Computer Service เป็นต้น นอกจากนี้ GODIN ยังได้กล่าวถึงปัญหาต่างๆที่เป็นผลทำให้ระบบการทำงานแบบโต้ตอบ ไม่สามารถใช้ได้อย่างเต็มที่ในบริษัทหรือโรงงานทั่วไปทั้งๆที่เป็นระบบที่มีส่วนที่ดีมากก็ตาม

Huang (1984) จุดประสงค์ของวิจัยชิ้นนี้เป็นการประยุกต์กฎการจัดลำดับงานเพื่อใช้กับการผลิตแบบสายการประกอบแบบหลายชิ้นส่วน โดยการสร้างแบบจำลองและใช้การวิเคราะห์ทางสถิติทดสอบผลที่ได้ และเปรียบเทียบในแต่ละกฎซึ่งมีทั้งสิ้น 12 กฎ โดยนำเอาสายการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์หลายชนิดมาร่วมพิจารณาด้วย ส่วนการพิจารณาเกณฑ์การประเมินประสิทธิผลคือ การผิดเวลา เวลางานอยู่ในระบบ การสาย และเปอร์เซ็นต์การสาย

Ben-ariech และ Moodie (1987) ได้เสนอ KBRS (Knowledge Based Routing System) เพื่อแก้ปัญหาการกำหนดการผลิต สำหรับระบบการผลิตที่ซับซ้อนและต้องการการควบคุมเหตุการณ์ตามเวลาจริง (Real Time Control) เช่น การผลิตแบบสายการประกอบแบบหลายชิ้นส่วนที่มีโครงสร้างของชิ้นส่วนที่ซับซ้อน โดยใช้ระบบฐานความรู้ (Knowledge Based System) ซึ่งสร้างขึ้นมาโดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ซึ่งประกอบด้วย

1) Static Database เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลที่ไม่แปรเปลี่ยนไปกับเวลา เช่นโครงสร้างผลิตภัณฑ์ เวลาที่ใช้สำหรับปฏิบัติงานของแต่ละงานย่อย เป็นต้น

2) Dynamic Database เป็นฐานข้อมูลประเภทตามเวลาจริง ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามเวลา เช่นขนาดของแถวคอย สถานะปัจจุบันของเครื่องจักร เป็นต้น

3) Behavioral Knowledge จะรวบรวมกฎต่างๆ ที่อธิบายพฤติกรรมของระบบลำดับก่อน-หลังในแถวคอย ระบบสอบถามใน KBRS เป็นต้น

4) Algorithm Knowledge คำนวณและประเมินทางเลือกต่างๆ โดยใช้ ข้อมูลจากข้อ 1, 2 และ 3

5) Simulation Driver จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์ต่างๆ และเวลาในการจำลองในการสร้างแบบจำลองเพื่อช่วยในการตัดสินใจ ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบนโยบายเส้นทางของงานคงที่ 6 แบบ และการใช้คนกำหนดการผลิตในลักษณะโต้ตอบกับระบบ (Interactive Human Scheduler) โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือการใช้เครื่องจักร ความยาวเฉลี่ยของแถวคอย อัตราการผลิตของแต่ละเครื่องจักร และอัตราการผลิตของแต่ละชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ผลของการวิจัยพบว่า KBRS ได้ให้ผลที่ดีกว่านโยบายอื่นๆ และนโยบายการใช้คนกำหนดการผลิตในลักษณะโต้ตอบกับระบบให้ผลที่ดีรองลงมา

Rodammer และ White (1988) ได้ทำการสำรวจงานวิจัยในเรื่องของการจัดกำหนดการผลิต โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการให้นักวิจัยอื่นๆมองแง่มุมของปัญหาให้กว้างขึ้นและคิดค้นวิธีการใหม่ๆเพื่อแก้ปัญหาในการกำหนดการผลิต และได้สรุปวิธีการต่างๆ ในปัญหาการกำหนดการผลิตเป็น 7 ประเภทคือ

1) วิธีปฏิบัติในอุตสาหกรรม (Industrial Practice)

2) ทฤษฎีการจัดลำดับและกำหนดการผลิตของเครื่องจักร (Machine Sequencing and Scheduling Theory)

3) การทำกำหนดการโครงการซึ่งมีข้อจำกัดด้านทรัพยากร (Resource-constrained Project Scheduling)

4) ทฤษฎีการควบคุม (Control Theory)

5) การจำลองแบบชนิดที่มีเหตุการณ์เกิดขึ้นเป็นระยะๆ (Discrete Event Simulation)

6) Stochastic Optimization

7) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence)

นอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ และจุดอ่อน-จุดแข็งของแต่ละวิธีไว้ด้วย

Hadavi, Shahraray และ Voigt (1990) ได้เสนอ REDS (Requirement Driven Scheduling) เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการกำหนดการผลิตที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดย REDS จะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากความแปรเปลี่ยนในสิ่งที่ไม่ได้กำหนดไว้ก่อนตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ REDS จะรวมเอาเทคนิคของปัญญาประดิษฐ์และการวิจัยการดำเนินงานเข้าด้วยกัน เพื่อที่จะหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับซึ่งอาจเป็นคำตอบที่ไม่ดีที่สุดเสมอไป การทำงานของ REDS แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือการเตรียมการประมวล (Preprocessing) การวิเคราะห์ความเหมาะสม (Feasibility Analysis) การทำกำหนดการผลิตโดยละเอียด (Detail Scheduling) การจัดลำดับงาน และการจำลองแบบปัญหา REDS สามารถใช้งานได้ดีกับการผลิตเป็นงวดๆ และ Jobshop

Copas และ Browne (1990) ได้ศึกษาและสร้างต้นแบบของระบบการกำหนดการผลิตในระบบสายงานประกอบประเภท Flowshop ที่มีการทำงานแบบโต้ตอบ โดยนำเอากฎ Heuristic ที่พัฒนามาจากปัญญาประดิษฐ์ โดยจัดแบ่งกฎพื้นฐานออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ

1) การตรวจสอบวัสดุ เป็นการตรวจสอบว่าปริมาณวัตถุดิบมีเพียงพอกับใบสั่งสินค้าที่เข้ามาหรือไม่

2) การตรวจสอบกำลังผลิต เป็นการตรวจสอบกำลังการผลิตก่อนการผลิตจริง

3) การวิเคราะห์ปัจจัยวิกฤติ เป็นการวิเคราะห์ทรัพยากรที่มักเป็นข้อจำกัดว่ามีการใช้งานมากน้อยเพียงใดเช่นเครื่องจักรเป็นต้น

ประโยชน์ที่ได้คือทำให้สามารถวางแผนและควบคุมงานให้เป็นไปตามกำหนดการหรือปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมต่อเหตุการณ์ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

Philipoom และ Fry (1990) จุดประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อพิจารณาว่ากฎในการจ่ายงาน (Dispatching Rule) และโครงสร้างของการไหลของงาน (Work Flow Structure) มีผลต่อความสมดุลย์ของงาน (Load Balance) หรือไม่ โดยได้สร้างแบบจำลองของโรงงานขึ้นมา 3 แบบ ซึ่งมีจำนวนเครื่องจักร การใช้เครื่องจักรและโครงสร้างการไหลของงานที่แตกต่างกัน และได้เลือกกฎต่างๆที่รู้จักดีคือ SPT, EDD, SLK/NOP, CR, COVERT, MODD, SPT-SLK/NOP, ATC และ WINQ และใช้เกณฑ์การประเมินประสิทธิผลด้วยเวลางานในระบบเฉลี่ย การสายเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การสาย ซึ่งผลการวิจัยพบว่ากฎในการจ่ายงานส่วนใหญ่ไม่มีผลต่อองค์ประกอบดังกล่าว

Liao และ Huang (1991) ได้เสนอขั้นตอนวิธีสำหรับปัญหาช่วงของการผิดเวลาที่ต่ำที่สุดของกรณีหนึ่งเครื่องจักร โดยได้ใช้ Pseudo-polynomial Time แทนเพื่อแก้ไขปัญหานี้ และสรุปว่าขั้นตอนวิธีนี้มีประสิทธิภาพสูง สามารถแก้ปัญหาที่มีเงื่อนไขมากๆ และสามารถทำได้ดีกว่าวิธี Branch and Bound

Kang และ Markland (1989) ได้พิจารณาปัญหาการกำหนดการผลิตชนิดโฟลว์ชอป โดยจัดกลุ่มของปัญหาออกเป็น 2 กลุ่มด้วยสมมุติฐานของสถานที่จัดเก็บสำรองงานที่ทำเป็นเกณฑ์ คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มปัญหาการกำหนดการผลิตแบบทั่วไปซึ่งจะมีสถานที่จัดเก็บที่ใหญ่และเพียงพอที่จะเก็บงานในแต่ละขั้นตอนได้ในกรณีที่เครื่องจักรในขั้นตอนต่อไปนั้นยังไม่ว่าง ส่วนกลุ่มที่สองจะเป็นกลุ่มที่ไม่มีสถานที่จัดเก็บสำรองดังนั้นงานแต่ละงานจะ

ผ่านขั้นตอนต่างๆ ตามลำดับเครื่องจักรอย่างต่อเนื่องจากเครื่องแรกจนกระทั่งเครื่องจักรสุดท้ายโดยไม่มีการคอย ซึ่งก็คือไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีสถานที่จัดเก็บสำรอง

ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาปัญหาในกลุ่มที่สองและได้เลือกเทคนิค Heuristic จำนวน 4 วิธี และเทคนิควิธีทางคณิตศาสตร์เพื่อหาผลลัพธ์ของปัญหา และสรุปว่าผลลัพธ์ที่ได้จากเทคนิควิธีทางคณิตศาสตร์ จะให้ผลลัพธ์ที่มีเกณฑ์การประเมินที่ดีกว่าวิธีทาง Heuristic แต่เมื่อพิจารณาถึงเวลาที่ใช้ในการประมวลผล วิธีทาง Heuristic จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า