กระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการออกแบบระบบการผลิตแบบช่วงตอน

น.ส.พิณลดา บัวทอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MACHINE SELECTION METHOD FOR INTERMITTENT MANUFACTURING SYSTEM DESIGN

Miss Phinlada Buathong

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการออกแบบระบบการผลิตแบบช่วงตอน
โดย	น.ส.พิณลดา บัวทอง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.อมรศิริ วิลาสเดชานนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.อมรศิริ วิลาสเดชานนท์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พิณลดา บัวทอง : กระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการออกแบบระบบการผลิตแบบช่วงตอน. (MACHINE SELECTION METHOD FOR INTERMITTENT MANUFACTURING SYSTEM DESIGN) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.อมรศิริ วิลาสเดชานนท์

การวางแผนกำลังการผลิตเป็นการวางแผนระยะยาวเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามต้องการ โดยเกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรและทรัพยากรที่จำเป็นในการผลิตเป็นหลักสำหรับระบบการผลิตแบบช่วงตอน ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่สามารถรองรับผลิตภัณฑ์และกระบวนการที่หลากหลายได้ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตสามารถเลือกใช้เครื่องจักรในการผลิตได้หลากหลาย ดังนั้นการเลือกเครื่องจักรจึงเป็นปัญหาที่ซับซ้อน ซึ่งจำเป็นต้องพึ่งพาความรู้และความสามารถจากผู้เชี่ยวชาญ ใช้ระยะเวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง อีกทั้งยังเผชิญกับปัญหาความไม่แน่นอนในด้านปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ เครื่องจักรและทรัพยากรการผลิตที่เลือกมาใช้ในกระบวนการผลิตจึงควรมีความเหมาะสมและยืดหยุ่น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนากระบวนการเลือกโดยพิจารณาวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายและความยืดหยุ่น โดยค่าใช้จ่ายพิจารณาจาก ราคาเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ส่วนความยืดหยุ่นพิจารณาจากความสามารถในการปรับกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการ โดยกระบวนการเลือกเครื่องจักรประกอบด้วยสามส่วน เริ่มจากกระบวนการแปลงข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลที่ผ่านการแปลงมาใช้ในกระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด จากนั้นเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์ โดยการพิจารณาแบบถ่วงน้ำหนักทั้งในด้านค่าใช้จ่ายและความยืดหยุ่น โดยกระบวนการได้ถูกทดสอบด้วยโจทย์ตัวอย่าง และทำการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ที่สูงที่สุดระหว่างวิธีทางฮิวริสติกสำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักรที่พัฒนาและวิธีการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด ค่าวัตถุประสงค์ที่ได้จากวิธีการทั้งสองมีค่าเท่ากัน แสดงว่ากระบวนการเลือกเครื่องจักรที่พัฒนาสามารถหาผลลัพธ์ได้ถูกต้องและใช้เวลาในการหาผลลัพธ์เพียง 2.75 นาที และช่วยให้ผู้ที่ต้องการเลือกเครื่องจักรตัดสินใจและนำไปประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตได้

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6070260021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Capacity planning, Machine selection problem, Intermittent manufacturing design, optimization, Heuristic approach

Phinlada Buathong : MACHINE SELECTION METHOD FOR INTERMITTENT MANUFACTURING SYSTEM DESIGN . Advisor: Amonsiri Vilasdaechanont, Ph.D.

Capacity planning is a long-term plan in order to achieve desired capacity which is related to select important machinery for the intermittent manufacturing system. It is able to produce multiple products and processes by using multiple machine types. Therefore, the machine selection problem is complex, costly, requires expert knowledge, and demand uncertainty in volume flexibility. The selected suitable machinery be flexible enough to produce multiple processes. Therefore, we develop the machine selection algorithm by considering two objectives is cost index and volume flexibility index. The total cost is machine cost, operating cost, and preventive maintenance cost. The volume flexibility index is the system capacity has to adjust to respond to the demand uncertainty. The proposed algorithm consists of three-part which is data conversion, the converted data is used to solve the initial solution by minimizing the total cost. and the solution from previous part was improved. The weighted average method is used to compare and select a suitable solution. The algorithm is validated by the numerical example in two methods, which is the proposed heuristic method and the exact method. The result of the objective score is equal. The verification established that the algorithm is able to solve a machine selection problem correctly in 2.75 minutes. Then, the machine selection algorithm is able to help the decision-makers select a suitable machine.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Industrial Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2020 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อ. ดร.อมรศิริ วิลาสเดชานนท์ เป็นอย่างสูงที่อาจารย์ได้ให้คำแนะนำความรู้ ชี้แนะแนวทางเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ในทุกส่วนของการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงคอยให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันเมื่อยามที่ผู้วิจัยพบกับปัญหา และขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ. ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์จากภายนอกที่สละเวลามาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงและพัฒนาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากเหล่าคณาจารย์ที่ได้กล่าวมาในข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณหน่วยวิจัยการจัดการทรัพยากรและการดำเนินงาน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อันได้แก่ ผศ.ภูมิ เหลืองจามีกร ผศ. ดร.สิรวิชญ์ สว่างนพ และคุณอนวัช อริยสัจจากร ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาในวิทยานิพนธ์ให้ดียิ่งขึ้น รวมถึงขอบคุณคุณมัลลิกา บุญเพ็ง คุณญาณวโรตม์ พงศ์เศรษไพศาล และคุณจงกล สุขจำนงค์ สำหรับความช่วยเหลือในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดารวมถึงครอบครัวของผู้วิจัยที่ให้ความสนับสนุนและเป็นกำลังใจสำคัญในการเรียนและการทำวิจัยเสมอมา รวมถึงเพื่อนทุกคนที่คอยให้กำลังใจในการเรียนและทำวิจัย สุดท้ายนี้ขอบคุณตัวเองที่ตั้งใจ อดทนและพยายามจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

พิณลดา บัวทอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูปภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 ปัญหาวิจัย 4
1.3 วัตถุประสงค์ 5
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 5
1.5 สมมติฐานงานวิจัย 6
1.6 แนวคิดการดำเนินงานวิจัย 6
1.6.1 การแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร 7
1.6.2 การหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด 8
1.6.3 การปรับปรุงผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม 9
1.7 ผลลัพธ์ของงานวิจัย 10
1.8 ประโยชน์ของงานวิจัย 10
1.9 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 10
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.1 ระบบการผลิต 13
2.1.2 การเลือกเครื่องจักร 14
2.1.3 การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายวัตถุประสงค์ 16
2.1.4 วัตถุประสงค์ของการเลือกเครื่องจักร 16
2.1.5 ทฤษฎีแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น 17
2.1.6 การค้นหาแบบฮิวริสติก 19
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
2.3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและช่องว่างงานวิจัย 24
บทที่ 3 แนวทางสำหรับการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักร 27
3.1 ลักษณะของปัญหาการเลือกเครื่องจักรที่สนใจ 27
3.2 นิยามศัพท์ในงานวิจัย 28
3.3 แนวทางการกำหนดวัตถุประสงค์ในการเลือกเครื่องจักร 31
3.3.1 วัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย (Cost) 32
3.3.2 วัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ (Volume flexibility) 33
3.4 แนวทางในการกำหนดค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์ 34
3.5 แนวคิดการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญและฟังก์ชั่นคะแนนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด 35
3.6 แนวคิดของการออกแบบขั้นตอนวิธีสำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักร 35
3.6.1 แนวคิดของการแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร 36
3.6.2 แนวคิดของการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด 37
3.6.3 แนวคิดของการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม 38
บทที่ 4 ขั้นตอนวิธีสำหรับการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักร 40
4.1 แนวคิดในการพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับการเลือกเครื่องจักร 42
4.2 วัตถุประสงค์ของการเลือกเครื่องจักร 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.1 การคำนวณวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย (Cost) 44
4.2.2 การคำนวณวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) 45
4.2.3 การกำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ (Objective Weight) 52
4.3 กระบวนการแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร 54
4.3.1 ข้อมูลที่ใช้สำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักร 54
4.3.2 การแปลงข้อมูลพื้นฐานผลิตภัณฑ์และกระบวนการ 57
4.3.3 การแปลงข้อมูลรายการเครื่องจักร 62
4.3.4 การแปลงข้อมูลข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักร 65
4.4 กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด 67
4.4.1 หาผลลัพธ์โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการหาผลลัพธ์เริ่มต้น 67
4.4.2 การคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด 72
4.4.3 การคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของวัตถุประสงค์ 76
4.5 กระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม 77
4.5.1 การปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ในแต่ละผลลัพธ์ 78
4.5.2 การเลือกผลลัพธ์เครื่องจักรที่เหมาะสมโดยวิธีทางฮิวริสติก 83
บทที่ 5 การทดสอบขั้นตอนวิธีสำหรับการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักร 88
5.1 ค่าพารามิเตอร์และปัญหาที่ใช้ในการทดสอบ 88
5.1.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบปัญหา 89
5.1.2 ตัวอย่างกลุ่มปัญหาที่ใช้ทดสอบวิธีทางฮิวริสติก 91
5.1.3 ตัวอย่างของลักษณะปัญหาที่นำมาทดสอบ 92
5.1.4 ตัวชี้วัดสำหรับการทดสอบความสามารถในการหาผลลัพธ์ 97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2 การทดสอบความสามารถในการหาผลลัพธ์ 97
5.2.1 ผลการทดสอบผลกระทบของพารามิเตอร์ต่อเวลาในการหาผลลัพธ์ 97
5.2.2 ผลการทดสอบคุณภาพของผลลัพธ์ 100
5.2.3 การวิเคราะห์ความไว 101
บทที่ 6 บทสรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 111
6.1 บทสรุปงานวิจัย 111
6.2 การอภิปรายผลงานวิจัย 112
6.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย 113
บรรณานุกรม 114
ประวัติผู้เขียน 118

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 12
ตารางที่ 4-1 ตัวอย่างการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ด้าน Volume flexibility 52
ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างข้อมูลพื้นฐานของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ 61
ตารางที่ 4-3 ข้อมูลรายการเครื่องจักร 64
ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างข้อมูลข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักร 66
ตารางที่ 4-5 ตัวอย่างข้อมูลค่าน้ำหนักและฟังก์ชั่นคะแนน 66
ตารางที่ 4-6 ตัวอย่างผลลัพธ์เริ่มต้นที่มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด 71
ตารางที่ 4-7 ตัวอย่างค่ากำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด 74
ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างข้อจำกัดกำลังการผลิตที่ใช้ในการปรับปรุงผลลัพธ์ 79
ตารางที่ 4-9 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักร 86
ตารางที่ 5-1 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบ 90
ตารางที่ 5-2 กลุ่มปัญหาที่ใช้ทดสอบขั้นตอนวิธี 91
ตารางที่ 5-3 ตัวอย่างข้อมูลพื้นฐานของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ 94
ตารางที่ 5-4 ตัวอย่างข้อมูลรายการเครื่องจักร 95
ตารางที่ 5-5 ตัวอย่างข้อมูลข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักร 96
ตารางที่ 5-6 ตัวอย่างข้อมูลค่าน้ำหนักและฟังก์ชั่นคะแนน 96
ตารางที่ 5-7 ผลการทดสอบผลกระทบของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อเวลาในการหาผลลัพธ์ 98
ตารางที่ 5-8 ผลการทดสอบคุณภาพของผลลัพธ์ 100
ตารางที่ 5-9 ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ของแต่ละปัญหา 103
ตารางที่ 5-10 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 1 103
ตารางที่ 5-11 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 2 105

Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-12 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 3..... 106

ตารางที่ 5-13 ผลลัพธ์ชนิดและจำนวนเครื่องจักรผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 1 109

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1-1 แผนผังกระบวนการเลือกเครื่องจักร 6
รูปที่ 1-2 แผนผังกระบวนการแปลงข้อมูล 8
รูปที่ 2-1 องค์ประกอบที่สำคัญในระบบการผลิต 14
รูปที่ 3-1 กระบวนการเลือกเครื่องจักร 36
รูปที่ 3-2 กระบวนการแปลงข้อมูล 37
รูปที่ 3-3 กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้น 38
รูปที่ 3-4 การปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม 39
รูปที่ 4-1 กระบวนการเลือกเครื่องจักร 41
รูปที่ 4-2 ตัวอย่างของความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ 46
รูปที่ 4-3 คะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบฟังก์ชั่นเชิงเส้น 48
รูปที่ 4-4 คะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ 49
รูปที่ 4-5 คะแนนที่เสียไปจากกำลังการผลิตที่ลดลงในรูปแบบฟังก์ชั่นเชิงเส้น 50
รูปที่ 4-6 คะแนนที่เสียไปจากกำลังการผลิตที่ลดลงในรูปแบบฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ 51
รูปที่ 4-7 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลชนิดผลิตภัณฑ์ 58
รูปที่ 4-8 ตัวอย่างกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A B และ C 59
รูปที่ 4-9 ตัวอย่างชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับในแต่ละกระบวนการ 60
รูปที่ 4-10 กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้น 67
รูปที่ 4-11 กระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม 78
รูปที่ 4-12 แผนภูมิต้นไม้แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ของการปรับปรุงค่า Volume flexibility 82
รูปที่ 4-13 ขั้นตอนการทำงานของวิธีทางฮิวริสติก 85
รูปที่ 5-1 ตัวอย่างระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ A B และ C 93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือและการบูรณาการจากทุกภาคส่วน โดยหนึ่งในส่วนที่สำคัญคือภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่ได้มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลสถิติผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product) ของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2561 พบว่าค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในภาคอุตสาหกรรมการผลิตต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศมีค่าเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 27 (NESBD, 2561) ดังนั้นในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศจึงควรให้ความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตเป็นอย่างมาก

แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทยปี พ.ศ. 2555-2574 ได้มุ่งเน้นถึงความสำคัญของภาคอุตสาหกรรมการผลิตและผลของอุตสาหกรรมการผลิตที่มีต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงกระแสการเปลี่ยนแปลงในยุคโลกาภิวัตน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีความซับซ้อนมาก โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะส่งผลโดยตรงต่ออุตสาหกรรมการผลิต ดังนั้นผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises) จึงต้องปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านเทคโนโลยีในการผลิตและความต้องการผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย จากเดิมในการออกแบบระบบการผลิตมักมุ่งเน้นไปที่ความคุ้มค่าในการผลิตเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการเป็นหลัก แต่จากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปัจจุบันพบว่าระบบดังกล่าวไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการในปัจจุบันได้ เนื่องจากในปัจจุบันวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Product life cycle) มีอายุสั้นและมีแนวโน้มที่จะสั้นลงเรื่อย ๆ (Gershwin, 2018) ดังนั้นระบบการผลิตที่สามารถปรับเปลี่ยนได้อย่างเหมาะสมตามสภาพแวดล้อมดังกล่าวจะมีความได้เปรียบในการแข่งขันสูงกว่าระบบการผลิตที่ไม่สามารถปรับตัวได้ ดังนั้นผู้ประกอบการจึงควรให้ความสำคัญกับการพิจารณาในด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) ในระบบการผลิตและนำความยืดหยุ่นมาใช้เป็นเกณฑ์การออกแบบระบบการผลิต เพื่อให้ได้ระบบการผลิตที่สามารถรองรับความไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบการผลิต พบว่าได้มีการให้คำนิยามและมีวิธีการออกแบบระบบการผลิตที่หลากหลาย (Suh, Cochran, & Lima, 1998) การออกแบบระบบการผลิตโดยทั่วไป จะทำการออกแบบโดยคำนึงถึงลักษณะของความต้องการ (Functional requirement) และข้อจำกัด (Constraint) ของระบบการผลิตเป็นหลัก เพื่อให้บรรลุจุดเป้าหมาย (Goal) ของผู้ออกแบบระบบการผลิตในด้านต่าง ๆ เช่น ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปจะพิจารณา

การเลือกเครื่องจักรเป็นลำดับแรก ๆ เนื่องเป็นการลงทุนระยะยาว มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง และส่งผลต่อการออกแบบส่วนต่าง ๆ ของระบบการผลิต

การเลือกเครื่องจักร (Machine selection) (เชาวลิตวงศ์, 2018) เป็นขั้นตอนหนึ่งในการออกแบบระบบการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบกระบวนการเลือกเครื่องจักร โดยตัดสินใจเลือกชนิดและจำนวนของเครื่องจักรในแต่ละชนิดเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามความต้องการ โดยสามารถประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตที่แตกต่างกันได้ เนื่องจากกำลังการผลิตของระบบการผลิตส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตทั้งในด้านความสามารถของการผลิต ต้นทุนของการผลิต และความคุ้มค่าในการใช้งานเครื่องจักรและทรัพยากรการผลิต หากเลือกชนิดและจำนวนของเครื่องจักรได้ไม่เหมาะสม โดยมีจำนวนเครื่องจักรมากเกินไปจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง เครื่องจักรเกิดการว่างงานและไม่คุ้มค่า แต่หากมีจำนวนเครื่องจักรน้อยเกินไปจะได้กำลังการผลิตที่ไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการขายและความพอใจของผู้บริโภค ทั้งนี้การเลือกเครื่องจักรเป็นการวางแผนการลงทุนระยะยาวและใช้ปริมาณเงินลงทุนสูง ดังนั้นการเลือกเครื่องจักรจึงต้องวางแผนอย่างครอบคลุมและถี่ถ้วน เพื่อให้ได้ชนิดและจำนวนของเครื่องจักรที่เหมาะสมกับระบบการผลิตตามความต้องการ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการเลือกเครื่องจักร (Machine selection problem) พบว่ามีความซับซ้อน เนื่องจากความหลากหลายของชนิดผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต รวมถึงความสามารถและข้อจำกัดของเครื่องจักรในการผลิต ซึ่งสามารถผลิตได้มากกว่าหนึ่งกระบวนการ จากลักษณะดังกล่าวส่งผลให้ผู้เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรจะต้องตัดสินใจเลือกชนิดและจำนวนของเครื่องจักรมาใช้ในการผลิต รวมถึงการจัดสรรกระบวนการผลิตให้กับเครื่องจักรแต่ละชนิด จากความซับซ้อนของปัญหาการเลือกเครื่องจักรดังที่ได้กล่าวมา หากไม่มีกระบวนการเลือกเครื่องจักรที่เป็นระบบ จะทำให้การเลือกเครื่องจักรจะต้องใช้การลองผิดลองถูก (Trial and Error) ในการเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสม ซึ่งอาจมีผลต่อระยะเวลาในการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักร หรือต้องพึ่งพาความรู้ความสามารถจากผู้เชี่ยวชาญ (Expert) ซึ่งมีจำนวนจำกัดและมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เพื่อให้ได้เครื่องจักรที่เหมาะสมและได้ระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพโดยรวมสูง

จากการศึกษางานวิจัยพบว่ามีผู้ศึกษาการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้ได้ระบบการผลิตมีกำลังการผลิตเพียงพอต่อความต้องการ โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย ภายใต้ข้อจำกัดที่แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด โดยทำการพยากรณ์ความต้องการการผลิตผลิตภัณฑ์ ออกแบบกระบวนการผลิต แล้วจึงเลือกเครื่องจักรเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามที่ต้องการ แต่อย่างไรก็ตามมักประสบปัญหาความไม่แน่นอนของความต้องการ (Demand uncertainty) ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในสองมิติ คือ ความไม่แน่นอนเกี่ยวกับชนิดผลิตภัณฑ์ และความไม่แน่นอนเกี่ยวกับปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตภัณฑ์ในแต่

ละชนิด (Volume flexibility) เพื่อให้ระบบการผลิตสามารถรองรับความไม่แน่นอนนี้ได้ โดยผู้วิจัยได้นำแนวคิดเรื่องความยืดหยุ่นของระบบการผลิต (Manufacturing flexibility) มาพิจารณาร่วมกับค่าใช้จ่ายของการเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าที่สุด

ความยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นมิติชี้วัดที่หลายงานวิจัยนำมาพิจารณาในการออกแบบระบบการผลิต โดยมีการให้คำนิยามที่หลากหลาย ขึ้นกับว่านำความยืดหยุ่นไปพิจารณาส่วนใดในระบบการผลิต (Jain, Jain, Chan, & Singh, 2013) รวบรวมคำนิยามและการนำความยืดหยุ่นไปใช้ในแง่มุมต่าง ๆ ในการออกแบบระบบการผลิต ซึ่งความยืดหยุ่นที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนของผลิตภัณฑ์ คือ Volume flexibility (Gerwin, 1993) มิติชี้วัดนี้เกิดขึ้นเมื่อระบบการผลิตต้องการตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการและ (Koste & Malhotra, 1999) มิติชี้วัดนี้เป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการผลิต โดยไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างของระบบการผลิตมาก (Goyal & Netessine, 2011) และเนื่องจากปัญหาความไม่แน่นอนของความต้องการเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยในระบบการผลิต จากการศึกษาการให้คำนิยามของงานวิจัยก่อนหน้า พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่นำตัวชี้วัดด้านความยืนหยุ่นไปใช้ในเชิงคุณภาพ แต่เนื่องจากผู้วิจัยต้องการนำตัวชี้วัดด้านความยืดหยุ่นมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่าย ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบเชิงปริมาณ จึงค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการคำนวณค่าความยืดหยุ่น (Haddou Benderbal, Dahane, & Benyoucef, 2017) ศึกษาการเลือกเครื่องจักรร่วมกับการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ และพิจารณาวัตถุประสงค์ในด้านความยืดหยุ่นร่วมด้วย โดยจะคำนวณค่าความยืดหยุ่นหลังจากจัดตารางงาน แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการเลือกเครื่องจักรนั้น ไม่สามารถจำลองรูปแบบของตารางการผลิตได้ทุกรูปแบบ จึงไม่สามารถนำวิธีการคำนวณค่าความยืดหยุ่นดังกล่าวมาใช้พิจารณาในการเลือกเครื่องจักรสำหรับงานวิจัยนี้ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบวิธีการคำนวณค่าความยืดหยุ่นที่เหมาะสมกับการพิจารณาการเลือกเครื่องจักร

ปัญหาการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้เป็นการตัดสินใจสำหรับระบบการผลิต ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์และกระบวนการที่หลากหลาย รวมถึงเครื่องจักรมีความสามารถทำการผลิตได้มากกว่าหนึ่งกระบวนการ โดยวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านของการเลือกเครื่องจักรมีความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกัน (Trade-off) ส่งผลให้ค่าที่ดีที่สุดในแต่ละวัตถุประสงค์มีชนิดและจำนวนของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน และเมื่อปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากจำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต รวมถึงตัวเลือกของชนิดเครื่องจักรที่หลากหลาย ทำให้การตัดสินใจมีความยุ่งยากและซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนากระบวนการเลือกชนิดและจำนวนของเครื่องจักรให้เหมาะสมต่อระบบการผลิต

1.2 ปัญหาวิจัย

ปัญหาการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยฉบับนี้แบ่งออกเป็นสองส่วนหลักคือ การกำหนดวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการเลือกเครื่องจักร และการพัฒนากระบวนการเลือกเครื่องจักร โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายและความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ทั้งด้านเพื่อทำให้วัตถุประสงค์ทั้งสองด้านสามารถนำมาเปรียบเทียบกันในเชิงปริมาณได้ โดยใช้การให้ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดความสำคัญ

กระบวนการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้เป็นการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้มีกำลังการผลิตตามต้องการภายในคาบเวลาที่ทำการออกแบบสำหรับระบบการผลิตแบบช่วงตอน ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์และกระบวนการที่หลากหลาย รวมถึงเครื่องจักรที่มีความสามารถทำการผลิตได้มากกว่าหนึ่งกระบวนการ เพื่อให้การเลือกเครื่องจักรมีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมและสามารถรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้ โดยพิจารณาข้อจำกัดได้แก่ ความต้องการกำลังการผลิต ระยะเวลาในการผลิต งบประมาณการลงทุน ข้อจำกัดการรวมสายการผลิต และจำนวนเครื่องจักรในระบบการผลิต เป็นต้น

เนื่องจากปัญหาการเลือกเครื่องจักรมีความซับซ้อนในการตัดสินใจเลือกชนิดและจำนวนของเครื่องจักรและการจัดสรรกระบวนการให้กับเครื่องจักรแต่ละชนิด โดยกระบวนการผลิตสามารถใช้เครื่องจักรทำการผลิตได้มากกว่าหนึ่งชนิดและความซับซ้อนที่เกิดจากความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกันของวัตถุประสงค์ทั้งสองส่วนคือ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายรวมที่เหมาะสมและมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้ ผู้วิจัยจึงได้แบ่งกระบวนการเลือกเครื่องจักรออกเป็นสามส่วนหลักได้แก่ ส่วนแรกการแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร เป็นการจัดการกับข้อมูลที่ได้รับมาให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนดเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่ส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักร ส่วนที่สองการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยใช้วิธีการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนด โดยวัตถุประสงค์ที่นำมาพิจารณาในส่วนนี้คือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเลือกเครื่องจักร ประกอบด้วยสามด้านได้แก่ ราคาเครื่องจักร (Machine cost) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operating cost) และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance cost) และส่วนที่สามการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม จากส่วนก่อนหน้าเราจะได้ผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดและเมื่อคำนวณค่าวัตถุประสงค์ในส่วนของความสามารถในการรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) แล้วจะได้ค่าของวัตถุประสงค์ในส่วนนี้ออกมาค่าหนึ่ง ซึ่งอาจจะยังไม่ใช่ค่าที่ทำให้ได้ผล

ลัพธ์เครื่องจักรที่เหมาะสมต่อระบบการผลิตนั้น ๆ จึงต้องมีส่วนที่สามคือกระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากวัตถุประสงค์มีความสัมพันธ์กันแบบแลกเปลี่ยนกัน ทำให้ค่าที่ดีที่สุดของแต่ละวัตถุประสงค์ไม่ใช่ผลลัพธ์เดียวกัน ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการกำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ในแต่ละส่วนเพื่อหาชนิดและจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสม โดยจะอธิบายรายละเอียดของแต่ละส่วนในหัวข้อแนวคิดการดำเนินงานวิจัยต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับการออกแบบระบบการผลิตแบบช่วงตอน เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมและมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ชนิดและจำนวนของเครื่องจักรเหมาะสมต่อความต้องการกำลังการผลิตของระบบการผลิต

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เครื่องจักรที่นำมาพิจารณาในกระบวนการเลือกเครื่องจักร คือ เครื่องจักร (Machine) อุปกรณ์ (Equipment) และแรงงาน (Labor) ซึ่งทำหน้าที่ในการผลิตเสมือนเป็นเครื่องจักร โดยมีกำลังการผลิตที่คงที่ของการผลิตในแต่ละกระบวนการ
2. ข้อมูลกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่นำมาใช้ในกระบวนการเลือกเครื่องจักรเป็นข้อมูลที่ทราบค่าแน่นอน (Deterministic data)
3. งานวิจัยนี้พิจารณาการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามต้องการสำหรับระบบการผลิตแบบช่วงตอน (Intermittent manufacturing system)
4. ความสามารถของโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบขั้นตอนวิธีสำหรับการเลือกเครื่องจักรครอบคลุมการเลือกเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์สูงสุด 8 ชนิด และกระบวนการผลิต 12 กระบวนการ รายการเครื่องจักรสูงสุด 10 รายการ และรายการเครื่องจักรแต่ละชนิดมีความสามารถในการผลิตได้สูงสุด 12 กระบวนการ โดยกระบวนการหนึ่งสามารถมีเครื่องจักรที่ทำการผลิตได้มากกว่าหนึ่งชนิด
5. ความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด พิจารณาในด้านปริมาณสูงสุดของผลิตภัณฑ์ที่คุ้มค่าต่อการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. จำนวนช่วงของคะแนน (Moving steps) ที่ใช้ในการคำนวณวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตภัณฑ์ (Volume flexibility) มีทั้งหมด 50 ช่วง

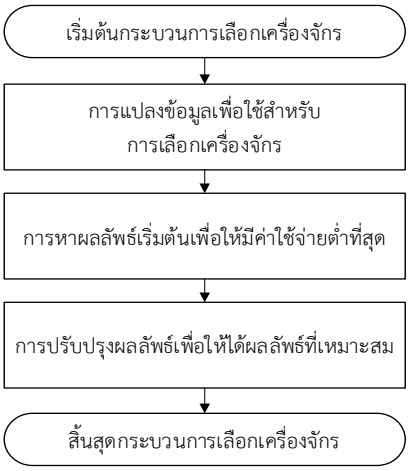
1.5 สมมติฐานงานวิจัย

1. ข้อมูลกำลังการผลิตที่ต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เป็นข้อมูลที่ได้รับในตอนต้นคาบเพื่อใช้ในการตัดสินใจในการเลือกเครื่องจักร
2. งานวิจัยนี้พิจารณาการเลือกเครื่องจักรตั้งแต่ตอนต้นคาบเพื่อให้มีกำลังการผลิตเพียงพอต่อความต้องการ
3. การเลือกเครื่องจักรสำหรับงานวิจัยนี้ไม่พิจารณาความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างคาบของการผลิต

1.6 แนวคิดการดำเนินงานวิจัย

การเลือกเครื่องจักรมีความซับซ้อนของการตัดสินใจว่าจะให้เครื่องจักรชนิดใดทำการผลิตกระบวนการของผลิตภัณฑ์ใดบ้าง รวมถึงจำนวนเครื่องจักรแต่ละชนิดที่ต้องเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ต้องการ โดยผู้วิจัยมีแนวคิดสำหรับในการแบ่งกระบวนการเลือกเครื่องจักรเป็นสามกระบวนการ คือ การแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร การหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



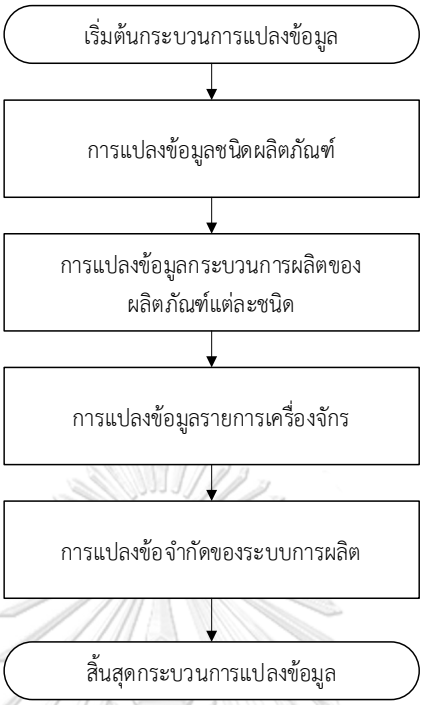
รูปที่ 1-1 แผนผังกระบวนการเลือกเครื่องจักร

จากรูปที่ 1-1 แผนผังกระบวนการเลือกเครื่องจักร ซึ่งประกอบไปด้วยสามกระบวนการ เริ่มต้นจากการแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร ในกระบวนการนี้ข้อมูลพื้นฐานของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ ข้อมูลรายการเครื่องจักรและข้อจำกัดของระบบการผลิตจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนด โดยข้อมูลที่ได้รับจะถูกนำไปใช้ต่อในกระบวนการที่สองซึ่งเป็นการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยใช้การหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) เนื่องจากวัตถุประสงค์ที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยทั้งสองด้านมีความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกัน ผู้วิจัยได้มีแนวคิดในการหาผลลัพธ์จากวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายรวมทั้งสามด้าน แล้วจึงนำมาทำการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมในกระบวนการที่สามซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้าย โดยการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ค่าวัตถุประสงค์ในด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตให้สามารถตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้ โดยจะกล่าวรายละเอียดในแต่ละส่วนดังนี้

1.6.1 การแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร

เนื่องจากระบบการผลิตโดยทั่วไปมีความสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย รวมถึงแต่ละผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมากกว่าหนึ่งกระบวนการ โดยผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจมีการใช้วัตถุดิบและกระบวนการผลิตร่วมกัน นอกจากนี้เครื่องจักรบางชนิดอาจสามารถทำการผลิตได้มากกว่าหนึ่งกระบวนการและหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยในแต่ละอุตสาหกรรมการผลิตก็ได้มีการกำหนดคำนิยามของชนิดผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และชนิดเครื่องจักรที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ในการเลือกเครื่องจักร จะต้องทำการแปลงข้อมูลในแต่ละส่วนโดยใช้เกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้ในการแปลงข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้หาผลลัพธ์ ข้อมูลที่ใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักรประกอบไปด้วยสี่ส่วนได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานผลิตภัณฑ์และกระบวนการ ข้อมูลรายการเครื่องจักร ข้อมูลข้อจำกัดของระบบการผลิต และข้อมูลค่าน้ำหนักและฟังก์ชั่นคะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1-2 แผนผังกระบวนการแปลงข้อมูล

จากรูปที่ 1-2 แผนผังกระบวนการแปลงข้อมูล ซึ่งจะดำเนินการเรียงตามลำดับ และข้อมูลที่ได้จากแต่ละขั้นตอนถูกนำไปใช้ต่อในขั้นตอนถัดไป เริ่มตั้งแต่การแปลงข้อมูลผลิตภัณฑ์ให้เป็นผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด จากนั้นจะนำไปใช้ในการแปลงกระบวนการผลิตให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนด และข้อมูลของกระบวนการผลิตจะถูกนำไปใช้ในการแปลงชนิดของเครื่องจักร เพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตความสามารถของเครื่องจักรว่าสามารถทำการผลิตกระบวนการใดได้บ้าง แล้วจึงทำการแปลงข้อจำกัดของระบบการผลิตเป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยข้อมูลค่าน้ำหนักและฟังก์ชั่นไม่ต้องถูกแปลง เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ได้รับและสามารถนำไปใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้เลย เมื่อครบทั้งหมดจึงจะนำไปใช้ในกระบวนการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6.2 การหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นนั้นเป็นการตัดสินใจเลือกชนิดและจำนวนเครื่องจักรรวมถึงกระบวนการถูกจัดสรรให้กับเครื่องจักรชนิดใดในข้างต้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านการแปลงจากกระบวนก่อนหน้านี้โดยมีการกำหนดข้อจำกัดต่าง ๆ ดังนี้ กำลังการ

ผลิตที่ต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ระยะเวลาในการการผลิต งบประมาณการลงทุน ข้อจำกัดการรวมสายการผลิต และจำนวนเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการ ทั้งนี้ข้อจำกัดดังกล่าวจะถูกกำหนดโดยผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้พิจารณาจากค่าใช้จ่ายรวม (Total cost) (Soolaki & Zarrinpoor, 2014) สามด้านซึ่งสอดคล้องกับค่าใช้จ่ายที่งานวิจัยส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในการเลือกเครื่องจักรได้แก่ ราคาเครื่องจักร (Machine cost) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operating cost) และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance cost) โดยผลลัพธ์ที่ได้ในกระบวนการนี้จะพิจารณาในแง่ของวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายเพียงด้านเดียว โดยวัตถุประสงค์อีกด้านคือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะถูกนำไปพิจารณาเพื่อปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้ในกระบวนการถัดไป

1.6.3 การปรับปรุงผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ (Volume flexibility) (Gerwin, 1993) (Haddou Benderbal, Dahane, & Benyoucef, 2017) เป็นมิติชี้วัดหนึ่งที่ผู้ประกอบการให้ความสนใจนอกเหนือไปจากการพิจารณาค่าใช้จ่าย โดยมิติชี้วัดนี้จะบอกว่ากำลังการผลิตสูงที่สุดที่เหมาะสมกับระบบการผลิตมีค่าเท่าไร โดยพิจารณาความสามารถของการรองรับความเปลี่ยนแปลงปริมาณผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งในบางระบบการผลิตบางมีความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์บางชนิดสูงกว่าปกติ

ผลลัพธ์เริ่มต้นที่ได้จากกระบวนการก่อนหน้าจะถูกนำมาปรับปรุงเพื่อเพิ่มความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ โดยใช้การกำหนดค่าน้ำหนักเพื่อให้วัตถุประสงค์ทั้งสองด้านสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ เนื่องจากวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านนี้มีความสัมพันธ์กันแบบแลกเปลี่ยนกันจึงส่งผลทำให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของแต่ละวัตถุประสงค์ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน โดยวิธีการปรับปรุงจะเริ่มจากผลลัพธ์เริ่มต้นและนำผลลัพธ์ที่ได้ไปคำนวณค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ (Volume flexibility) จากนี้จะปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้เพื่อให้ได้ค่าวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ (Volume flexibility) เพิ่มขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ค่าวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายอาจมีค่าเท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้นได้ โดยจะปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่มีค่าวัตถุประสงค์รวมสูงขึ้น จนกว่าจะได้ค่าที่สูงที่สุดที่เป็นไปได้ เพื่อให้ได้ค่าวัตถุประสงค์รวมสูงสุด

เมื่อเราปรับปรุงผลลัพธ์จนได้ผลลัพธ์สุดท้ายที่มีวัตถุประสงค์รวมสูงสุด ผลลัพธ์นี้จะถูกเลือกให้เป็นผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่มีความเหมาะสมต่อระบบการผลิต ภายใต้วัตถุประสงค์ทั้งสองด้านที่ทำการพิจารณา

1.7 ผลลัพธ์ของงานวิจัย

ผลลัพธ์ในงานวิจัยฉบับนี้คือ กระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับการออกแบบระบบการผลิตเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามต้องการ โดยพิจารณาวัตถุประสงค์สองด้านคือ ค่าใช้จ่ายรวมของการเลือกเครื่องจักรและความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

1.8 ประโยชน์ของงานวิจัย

1. เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกเครื่องจักร
2. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักร สามารถพึ่งพาตนเอง ลดการพึ่งพาผู้เชี่ยวชาญ และลดระยะเวลาในการตัดสินใจเลือกเครื่องจักร

1.9 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - ศึกษาเกี่ยวกับการเลือกเครื่องจักร
   - ศึกษาแนวคิดและกระบวนการเลือกเครื่องจักร
   - ศึกษาวัตถุประสงค์ของการเลือกเครื่องจักรที่งานวิจัยส่วนใหญ่ให้ความสำคัญ
2. กำหนดปัญหาวิจัย ขอบเขต และสมมติฐาน

   จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักร ผู้วิจัยสนใจที่จะแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามต้องการภายใต้ข้อจำกัดที่ถูกกำหนด
3. พัฒนาแนวคิดสำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักร

   3.1 การแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร

   การแปลงข้อมูลผลิตภัณฑ์และกระบวนการ ข้อมูลรายการเครื่องจักร และข้อจำกัดของระบบการผลิตเพื่อนำมาใช้สำหรับเลือกเครื่องจักร

3.2 การหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

การเลือกเครื่องจักรให้เพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ต้องการในแต่ละกระบวนการโดยทำการตัดสินใจเลือกชนิดและจำนวนของเครื่องจักร รวมถึงการจัดสรรกระบวนการให้กับเครื่องจักรแต่ละชนิด

3.3 การปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

การปรับปรุงผลลัพธ์เป็นการปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตภัณฑ์ (Volume flexibility) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับระบบการผลิต

2. ทดสอบและประเมินผล

ทดสอบประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์ของเครื่องจักร

5. สรุปผลและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย
6. จัดทำรูปเล่มและนำเสนองานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 1-1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลาดำเนินการ																							
	ม.ค. 62	ก.พ. 62	มี.ค. 62	เม.ย. 62	พ.ค. 62	มิ.ย. 62	ก.ค. 62	ส.ค. 62	ก.ย. 62	ต.ค. 62	พ.ย. 62	ธ.ค. 62	ม.ค. 63	ก.พ. 63	มี.ค. 63	เม.ย. 63	พ.ค. 63	มิ.ย. 63	ก.ค. 63	ส.ค. 63	ก.ย. 63	ต.ค. 63	พ.ย. 63
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																								
2. กำหนดปัญหาวิจัย ขอบเขต และสมมติฐาน																								
4. การแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร																								
5. การหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด																								
6. การปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม																								
7. ทดสอบและประเมินผล																								
8. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย																								
9. จัดทำรูปเล่มและนำเสนองานวิจัย																								

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่กล่าวถึงในส่วนนี้ เป็นการศึกษากระบวนการเลือกเครื่องจักร ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการออกแบบระบบการผลิต โดยการเลือกเครื่องจักรนั้นจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิต การเลือกเครื่องจักร การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายวัตถุประสงค์ วัตถุประสงค์ในการเลือกเครื่องจักร และทฤษฎีที่นำมาใช้ในกระบวนการเลือกเครื่องจักรประกอบด้วย ทฤษฎีแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นและการค้นหาแบบฮิวริสติก เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยฉบับนี้

2.1.1 ระบบการผลิต

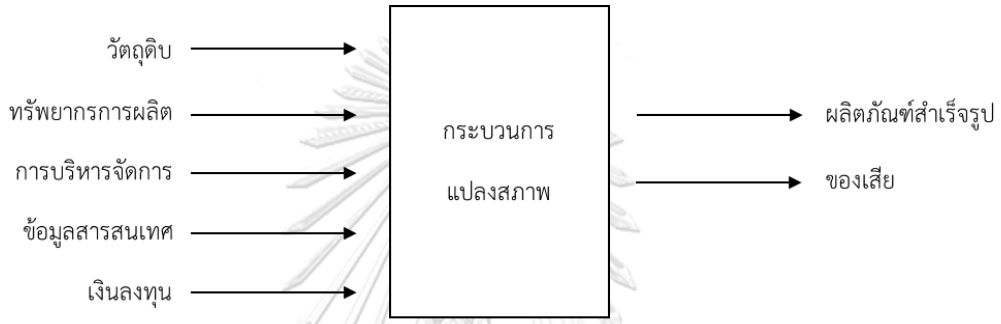
ระบบการผลิต คือกระบวนการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ โดยใช้เครื่องจักรในการแปลงสภาพจากวัตถุดิบไปสู่ชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปตามความต้องการของผู้ประกอบการ ผ่านการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ ทั้งในด้านปัจจัยการผลิตซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องจักร อุปกรณ์ แรงงาน พื้นที่ และด้านการจัดการปัจจัยการผลิตให้ทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ (Chryssolouris, 2013) เช่น การจัดสรรเครื่องจักรให้มีกำลังการผลิตตามต้องการ การวางแผนผังของเครื่องจักร รวมไปถึงการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังและการกำหนดนโยบายการผลิต (Gershwin, 2018)

องค์ประกอบของระบบการผลิตประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก คือ ปัจจัยการผลิต กระบวนการผลิต และผลผลิต ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบผลิตมีรายละเอียดดังนี้

- ปัจจัยการผลิต (Input) คือองค์ประกอบย่อยในหลายส่วนที่มีความสัมพันธ์กัน เพื่อให้ได้มาซึ่งชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบ เครื่องจักร อุปกรณ์ แรงงาน เงินลงทุน การบริหารจัดการ และข้อมูลสารสนเทศ เป็นต้น
- กระบวนการผลิต (Process) คือการนำปัจจัยการผลิตมาเข้าสู่กระบวนการแปลงสภาพเพื่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ตามความต้องการ โดยกระบวนการแปลงสภาพนั้นจะมีความซับซ้อนแตกต่างกันไปในแต่ละกระบวนการและผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต ซึ่ง

ผู้ประกอบการจะต้องมีความเข้าใจในความต้องการของลูกค้าและเหมาะสมของระบบการผลิต

- ผลผลิต (Output) คือสิ่งที่ได้จากการแปลงสภาพการผลิตปัจจัยการผลิตคือชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป รวมถึงของเสียที่เกิดขึ้น โดยผลผลิตที่ได้รับจะมีความสัมพันธ์ย้อนกลับไปยังส่วนของกระบวนการผลิตที่ต้องมีประสิทธิภาพ และปัจจัยการผลิตจะต้องเพียงพอต่อความต้องการผลิต หากส่วนใดส่วนหนึ่งทำงานไม่สัมพันธ์กันก็จะทำให้เกิดปัญหาตามมาได้



รูปที่ 2-1 องค์ประกอบที่สำคัญในระบบการผลิต

รูปที่ 2-1 องค์ประกอบที่สำคัญในระบบการผลิต ประกอบด้วย วัตถุดิบ ทรัพยากรการผลิต การบริหารจัดการ ข้อมูลสารสนเทศ และเงินลงทุน โดยองค์ประกอบดังกล่าวมีการทำงานร่วมกันผ่านกระบวนการแปลงสภาพเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปตามความต้องการ รวมถึงของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการแปลงสภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.2 การเลือกเครื่องจักร

การเลือกเครื่องจักร (Machine Selection) (เชาวลิตวงศ์, 2018) เพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามต้องการนั้น เป็นกระบวนการแรกและมีความสำคัญในการออกแบบระบบการผลิต (Manufacturing system design) ผู้ประกอบการจะต้องตัดสินใจชนิดและจำนวนของเครื่องจักรในระบบการผลิต จึงจะเหมาะสมต่อความต้องการกำลังการผลิต ซึ่งในการเลือกเครื่องจักรนั้นนอกจากจะพิจารณาในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการลงทุนแล้ว ยังรวมถึงความสามารถของกำลังการผลิตที่มีอยู่อีกด้วย ดังนั้นการเลือกเครื่องจักรจะมีการให้ความสำคัญของเกณฑ์ในแต่ละด้านที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของระบบการผลิต (Koren et al., 1999) การแบ่งประเภทของระบบการผลิตตามกำลังการ

ผลิต (Capacity) คุณลักษณะ (Functionality) และค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Cost) ออกเป็นสามประเภท ได้แก่

- Dedicated Manufacturing Systems (DMS)

  ระบบการผลิตที่มีกำลังการผลิตที่ถูกกำหนดให้ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว โดยไม่มีการใช้ทรัพยากรการผลิตร่วมกับผลิตภัณฑ์อื่น โดยระบบการผลิตในลักษณะนี้จะเน้นการผลิตที่มีประมาณมาก แต่ไม่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้ต้นทุนในการผลิตต่อชิ้นมีความคุ้มค่าในการผลิต แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของความต้องการการผลิตที่มีหลากหลาย ทำให้ระบบการผลิตในรูปแบบนี้ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปได้ นอกจากนี้หากผลิตภัณฑ์บางชนิดได้รับความนิยมลดลงส่งผลให้เครื่องจักรที่มีอยู่ในระบบการผลิตเกิดการว่างงาน

- Flexible Manufacturing Systems (FMS)

  ระบบการผลิตที่รองรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายโดยสามารถปรับเปลี่ยนปริมาณและสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ (Product mix) ภายใต้ระบบการผลิตเดียวกันได้ ซึ่งระบบการผลิตในลักษณะนี้จะมีการใช้เครื่องจักรร่วมกัน กล่าวคือเครื่องจักรในระบบการผลิตจะต้องสามารถทำการผลิตได้มากกว่าหนึ่งกระบวนการหรือมากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ ทำให้ระบบการผลิตรองรับการเปลี่ยนแปลงของความต้องการได้ แต่อย่างไรก็ตามการเลือกเครื่องจักรที่มีความสามารถในการผลิตกระบวนการได้หลากหลายส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Reconfigurable Manufacturing Systems (RMS)

  เป็นระบบการผลิตที่นอกจากจะรวมความสามารถของ DMS คือการผลิตผลิตภัณฑ์ในปริมาณมากและ FMS คือความหลากหลายของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ ยังรวมถึงเป็นระบบการผลิตที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพอีกด้วย กล่าวคือเครื่องจักรถูกออกแบบให้สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างเพื่อรองรับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงทั้งในด้านปริมาณและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อย่างรวดเร็ว ภายใต้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่เหมาะสม

ระบบการผลิตที่แตกต่างกันก็มีความต้องการกำลังการผลิตที่ต่างกัน กล่าวคือระบบการผลิตที่เน้นการผลิตในปริมาณมาก ไม่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ อาจเลือกเครื่องจักรสำหรับการ

ผลิตในรูปแบบ DML แต่หากระบบบการผลิตที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ อาจเลือกเครื่องจักรที่สามารถทำการผลิตได้กลายกระบวนการซึ่งจะเหมาะสมกับการผลิตในรูปแบบ FMS หรือ RMS เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นกับความต้องการของผู้ประกอบการในการออกแบบระบบการผลิต

2.1.3 การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายวัตถุประสงค์

การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Decision-Making) เป็นกระบวนการที่ช่วยในการตัดสินใจสำหรับปัญหาที่มีวัตถุประสงค์มากกว่าหนึ่งด้าน กล่าวคือปัญหาที่พบได้บ่อยครั้งในปัจจุบัน ส่วนมากเป็นปัญหาที่ต้องทำการตัดสินใจในหลายด้านร่วมกัน เช่น การตัดสินใจซื้อรถยนต์ นอกจากจะพิจารณาในด้านราคาของรถยนต์แล้ว ยังต้องมีการพิจารณาว่ามีความคงทน ประหยัดน้ำมัน รวมถึงประสิทธิภาพของระบบเครื่องยนต์ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าวัตถุประสงค์ในแต่ละด้านมีความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกัน (Trade-off) หากต้องการรถยนต์ที่มีราคาถูกประสิทธิภาพของเครื่องยนต์อาจไม่เป็นไปตามต้องการ ทั้งนี้ผู้ทำการตัดสินใจต้องหาจุดสมดุลระหว่างวัตถุประสงค์ที่นำมาพิจารณาในแต่ละด้าน

(Burke & Kendall, 2005) ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective optimization problem) เป็นการพิจารณาฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์มากกว่าหนึ่งฟังก์ชั่นพร้อม ๆ กัน ซึ่งฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์อาจขัดแย้งหรือไปในทิศทางเดียวกัน โดยการหาผลลัพธ์จะเป็นการหาผลลัพธ์ทั้งหมดภายในพื้นที่ของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ (Feasible region) ซึ่งผลลัพธ์ที่เป็นไปได้จะต้องไม่มีผลลัพธ์ใดถูกครอบงำ เรียกว่าเป็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่ดีที่สุด (Pareto optimal solution) โดยผลลัพธ์หลายผลลัพธ์รวมกันเรียกว่า กลุ่มผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่ดีที่สุด (Pareto optimal set)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.4 วัตถุประสงค์ของการเลือกเครื่องจักร

- ค่าใช้จ่ายรวม (Total cost) (Soolaki & Zarrinpoor, 2014) เป็นข้อมูลที่ได้จากรายการเครื่องจักรแต่ละชนิด โดยในงานวิจัยนี้มีการพิจารณาค่าใช้จ่ายสามด้านที่งานวิจัยส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในการเลือกเครื่องจักรได้แก่

ราคาเครื่องจักร (Machine cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเลือกเครื่องจักร ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตอนต้นคาบเพียงครั้งเดียว โดยคำนวณจากราคาเครื่องจักรแต่ละชนิดคูณกับจำนวนเครื่องจักรที่ถูกเลือก

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operating cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการที่ใช้เครื่องจักร (แรงงาน) ชนิดใดใดในการผลิตต่อหน่วยเวลา โดยค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการผลิตที่เครื่องจักรชนิดนั้น โดยจะคำนวณจากเวลาทั้งหมดที่ทำการผลิตบนเครื่องจักรแต่ละชนิดในแต่ละกระบวนการ ซึ่งจะคำนวณทั้งคาบเวลาที่ทำการออกแบบ

ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ไปกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยมีอัตราคงที่คือ เครื่องจักรแต่ละชนิดจะมีการกำหนดความถี่ที่ต้องทำการบำรุงรักษา หากต้องทำการบำรุงรักษาบ่อยครั้งก็จะเสียค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูง ซึ่งจะคำนวณทั้งคาบเวลาที่ทำการออกแบบ

- ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) (Gerwin, 1993) (Haddou Benderbal, Dahane, & Benyoucef, 2017) เป็นมิติชี้วัดหนึ่งที่ผู้ประกอบการให้ความสนใจนอกจากการพิจารณาค่าใช้จ่าย โดยความสามารถของการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผลิตภัณฑ์นั้น เป็นการพิจารณาจากความไม่แน่นอนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยมิติชี้วัดนี้จะบอกว่ากำลังการผลิตสูงสุดที่เป็นไปได้ของระบบการผลิตเมื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์ใดใดเพียงชนิดเดียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.5 ทฤษฎีแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น

การวิจัยดำเนินงาน (Operation Research) (ธรรมาภรณ์พิลาศ, 2011) เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้สามารถตัดสินใจในการออกแบบและควบคุมระบบภายใต้การจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ทั้งนี้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ มักจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหา โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้จะช่วยจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นและช่วยตัดสินใจปัญหาได้ง่ายขึ้นประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก ได้แก่

- ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objection Function) คือ ความสัมพันธ์ในลักษณะสมการของตัวแปรตัดสินใจที่มีจุดประสงค์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) ทั้งนี้อาจเป็นค่าสูงสุด (Maximize) หรือเป็นค่าต่ำสุด (Minimize) ขึ้นกับสถานการณ์ที่ต้องการหาผลลัพธ์ในรูปแบบใด
- ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) คือ ตัวแปรที่เป็นคำตอบของการแก้ปัญหาที่เหมาะสม
- เงื่อนไขหรือข้อจำกัด (Constraint) คือ เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของวัตถุประสงค์ในการตัดสินใจของแบบจำลอง

แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น (Linear programming) ใช้สำหรับการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยปัญหากำหนดการเชิงเส้นเป็นปัญหาที่ต้องการผลเฉลยในลักษณะค่าสูงสุดหรือต่ำสุด ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่วนมากจะพบในการผลิต

ผลเฉลยของแบบจำลองสำหรับกำหนดการเชิงเส้นสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท ได้แก่ ผลเฉลยที่เป็นไปได้ (Feasible solution) คือผลเฉลยที่ผ่านเกณฑ์ของเงื่อนไข โดยผลเฉลยของปัญหาที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสม (Optimal solution) ได้แก่ ผลเฉลยที่มีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดขึ้นกับฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ และผลเฉลยที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible solution) คือผลเฉลยที่ขัดแย้งกับเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่กำหนด

แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นสามารถให้ผลเฉลยในหลายรูปแบบ เช่น การเลือกเครื่องจักรมีความต้องการผลเฉลยเป็นจำนวนเต็ม แต่ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่ดีที่สุดที่ไม่ได้อยู่ในรูปจำนวนเต็มจะไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ดังนั้นหากต้องการผลลัพธ์เครื่องจักรที่เป็นจำนวนเต็มจะต้องใช้แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Mixed integer programming) มาช่วยในการหาผลลัพธ์ โดยแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม เป็นการนำกำหนดการเชิงเส้นที่มีข้อจำกัดเพิ่มเติมให้ตัวแปรตัดสินใจเป็นจำนวนเต็ม โดยสามารถแบ่งได้เป็นสามประเภท (Hillier & Lieberman, 2010) ได้แก่

- กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแท้จริง (Pure integer programming: IP) คือ แบบจำลองเชิงจำนวนเต็มที่มีตัวแปรตัดสินใจทุกตัวเป็นจำนวนเต็ม เช่น

  Minimize $Z = 5X_1 + 3X_2$

  Subject to $2X_1 + X_2 \leq 4$

  $X_1, X_2 \geq 0$ $X_1, X_2 \in$ integer

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- กำหนดการเชิงจำนวนเต็มผสม (Mixed integer programming: MIP) คือแบบจำลองเชิงจำนวนเต็มที่มีตัวแปรตัดสินใจบางตัวเป็นจำนวนเต็ม เช่น

  Minimize $Z = 5X_1 + 3X_2$

  Subject to $2X_1 + X_2 \leq 4$

  $X_1, X_2 \geq 0$ $X_1 \in$ integer

- กำหนดการเชิงจำนวนเต็มศูนย์หนึ่ง (0-1 Integer programming) หรือกำหนดการฐานสอง (Binary integer programming: BIP) คือแบบจำลองเชิงจำนวนเต็มที่มีแต่แปรตัดสินใจทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์หรือหนึ่ง เช่น

  Minimize $Z = 5X_1 + 3X_2$

  Subject to $2X_1 + X_2 \leq 4$

  $X_1, X_2 \in \{0,1\}$

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของกำหนดการเชิงจำนวนเต็มผสมไปใช้ในการหาผลลัพธ์เริ่มต้นของเครื่องจักร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ตัวแปรของจำนวนเครื่องจักรแต่ละชนิดเป็นจำนวนเต็มและมีค่ามากกว่าศูนย์ โดยข้อจำกัดในการเลือกเครื่องจักรคือกำลังการผลิตที่ต้องการและกำลังการผลิตของเครื่องจักรที่ถูกเลือก รวมถึงนำไปใช้ในการปรับปรุงผลลัพธ์ โดยเป็นการปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ให้เพิ่มขึ้นโดยให้มีค่าใช้จ่ายของการเพิ่มเครื่องจักรต่ำที่สุด อีกทั้งผู้วิจัยได้นำแนวคิดกำหนดการเชิงจำนวนเต็มศูนย์หนึ่งไปใช้ในการหาค่าวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เพื่อให้ผลลัพธ์มีการจัดสรรรอบของการผลิตใหม่เพื่อให้ได้ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) สูงที่สุดภายใต้สถานการณ์ของปัญหาที่ถูกกำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.6 การค้นหาแบบฮิวริสติก

การค้นหาผลลัพธ์โดยอาศัยวิธีการทางฮิวริสติก (Heuristic) มีความแตกต่างจากการหาผลลัพธ์ในรูปแบบธรรมดา กล่าวคือการค้นหาแบบข้อมูลธรรมดานั้น จะต้องตรวจสอบข้อมูลทีละตัวจนครบ แต่ฮิวริสติกจะไม่ดูข้อมูลทุกตัว ซึ่งมีข้อดีหากเราต้องการค้นหาข้อมูลที่มีขนาดใหญ่มากจะใช้

เวลาไม่นาน แต่ข้อเสียของวิธีการนี้คือ ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่สามารถยอมรับได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แต่ในบางปัญหาที่มีลักษณะที่ใหญ่มาก หาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดต้องใช้เวลานานรวมถึงความสามารถของฮาร์ดแวร์ ซึ่งทำให้สูญเสียเวลาและทรัพยากร ดังนั้นการหาผลลัพธ์ด้วยวิธีทางฮิวริสติกนี้จึงเป็นวิธีที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา โดยวิธีการค้นหาแบบฮิวริสติกที่สำคัญมีดังนี้

- การแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and bound)

ปัญหาที่พบได้บ่อยของวิธีการนี้คือ การเดินทางของเซลแมน (Travelling salesman) โดยเป็นการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่จะเดินทางผ่านครบทุกเมือง โดยเริ่มต้นและสิ้นสุดที่เมืองใดก็ได้ โดยการหาผลลัพธ์โดยทั่วไปจะทำการหาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งหากเมืองที่ต้องเดินไปให้ครบมีจำนวนมาก จะทำให้การหาผลลัพธ์ใช้เวลานานมากเช่นกัน แต่หลักการแก้ปัญหาแบบการแตกกิ่งและจำกัดเขต คือ เริ่มต้นด้วยการหาเส้นทางมาเส้นหนึ่ง แล้วพยายามหาเส้นทางอื่นมาเปรียบเทียบ หากพบว่าเส้นทางใหม่ดีกว่า ให้นำเส้นทางใหม่เป็นหลักในการเปรียบเทียบกับเส้นทางอื่นต่อไป และหากเส้นทางใหม่มีบางส่วนที่ยาวกว่าเส้นนั้นให้ยกเลิกเส้นทางนั้น และทำต่อไปจนได้เส้นทางที่สั้นที่สุด

- ฮิลไคลบิง (Hill climbing)

การค้นหาข้อมูลโดยวิธีนี้จะมีการค้นหาข้อมูลคล้ายการปีนภูเขา โดยนักปีนเขาจะมองว่ายอดอยู่ที่ใดและจะพยายามไปถึงจุดนั้นให้ได้ นักปีนเข้าจะเลือกเส้นทางที่ปีนไปแล้วใกล้กับยอดเขา และเลี่ยงเส้นทางที่ปีนแล้วห่างจากยอด โดยขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในรูปแบบนี้จะทำการตรวจสอบสถานะเริ่มต้น หากสถานะเริ่มต้นคือผลลัพธ์ ให้แสดงผลลัพธ์และยกเลิกการหาผลลัพธ์ แต่ถ้าไม่ใช่ให้เปลี่ยนสถานะเป็นปัจจุบัน แล้วสร้างสถานะใหม่ หากเป็นผลลัพธ์ให้หยุด แต่ถ้ายังไม่ใช่ให้ทำแบบเดิมวนไปจนครบ

- การค้นหาแบบที่ดีที่สุดก่อน (Best-first search)

เป็นกระบวนการค้นหาข้อมูลที่ได้นำเอาข้อดีของทั้งการค้นหาแบบลึกก่อน (Deep first search) และการค้นหาแบบกว้างก่อน (Breadth first search) มารวมเป็นวิธีเดียวกัน เช่น กรีดีอัลกอรีธึม (Greedy algorithm) จะทำการเลือกโหนดที่ดีที่สุดตลอดเวลา โดยโหนดที่เลือกมาให้กำหนดเป็นสถานะปัจจุบันแล้วสร้างโหนดที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากสถานะปัจจุบัน จากนั้นเลือกโหนดที่ดีที่สุดแล้วก็หนดให้เป็นสถานะปัจจุบัน ทำจนครบทุกโหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการค้นหาผลลัพธ์ในรูปแบบต่าง ๆ ผู้วิจัยได้นำแนวทางการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตและการค้นหาแบบดีที่สุดก่อน มาใช้ในการปรับปรุงผลลัพธ์ เนื่องจากแนวคิดของการปรับปรุงผลลัพธ์จะทำการปรับปรุงรอบละผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้มีเส้นทางในการปรับปรุงผลลัพธ์เพิ่มขึ้นแบบทวีคูณ ดังนั้นในแต่ละระดับของการปรับปรุงผลลัพธ์ จะใช้การค้นหาผลลัพธ์ในระดับเดียวกันที่มีค่าสูงสุดมาทำการปรับปรุงก่อน เมื่อทำการแตกกิ่งและปรับปรุงผลลัพธ์จนครบทุกโหนด จากนั้นเปรียบเทียบแต่ละโหลดและเลือกผลลัพธ์ที่มีค่าวัตถุประสงค์สูงที่สุด

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลือกเครื่องจักรเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนตั้งแต่การกำหนดเกณฑ์ (Criteria) ที่จะนำมาพิจารณา กระบวนการที่เหมาะสม ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการจัดเตรียมกำลังการผลิต และมิติชี้วัดที่แสดงถึงกำลังการผลิตของระบบการผลิตว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด จากการศึกษางานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกเครื่องจักร จะมุ่งเน้นไปที่วิธีการนำมาซึ่งผลลัพธ์เป็นส่วนใหญ่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกระบวนการเลือกเลือกเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้กำลังการผลิตที่เหมาะสมต่อระบบการผลิต สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการได้ การเลือกเครื่องจักรนั้นเป็นปัญหาการตัดสินใจของทางเลือกเครื่องจักรตั้งแต่สองทางเลือกเป็นต้นไปภายใต้เกณฑ์ที่ถูกกำหนด มีงานวิจัยหลากหลายที่ศึกษากระบวนการเลือกเครื่องจักร และได้ทำการเสนอกระบวนการตัดสินใจที่หลากหลายทั้งการเปรียบเทียบเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) เป็นวิธีการหนึ่งของกระบวนการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Çimren, Çatay, & Budak, 2007) กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นถูกนำไปใช้ประโยชน์ในสองรูปแบบคือนำไปใช้ในการหาค่าน้ำหนักของเกณฑ์หรือปัจจัยที่นำมาพิจารณา และใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือก หนึ่งในปัญหาของการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์คือการเลือกเครื่องจักร ได้นำกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น มาประยุกต์ใช้ร่วมกับตัวแบบฟัสซี (Fuzzy Number) เพื่อใช้แก้ปัญหาความคลุมเครือและความไม่แน่นอนจากการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ (Atmani & Lashkari, 1998) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของประเภทเครื่องจักรและเกณฑ์ที่นำมาพิจารณาในการเลือกนั้น ทำให้ในบางเกณฑ์มีความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกันและไม่สามารถเลือกทางเลือกของเครื่องจักรได้อย่างแน่ชัด โดยงานวิจัยดังกล่าวจึงได้นำเสนอวิธีการเลือกเครื่องจักรเพื่อลดความยุ่งยากที่มีโอกาสเกิดขึ้นในกระบวนการแบ่งออกเป็นสามส่วน ได้แก่ การกำหนดเกณฑ์ที่จะนำมาพิจารณา ใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นในการลำดับขั้นและให้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์แล้วคำนวณออกมาเป็นคะแนนแต่ละด้านของทุกทางเลือก โดยผลลัพธ์ที่ได้จะพบว่าเกณฑ์ที่ได้คะแนนสูงสุดและต่ำที่สุดอยู่ในทางเลือก

เดียวกัน ดังนั้นจึงใช้ TOPSIS มาช่วยในการเรียงลำดับเพื่อเลือกทางเลือกที่ได้คะแนนสูงที่สุด (Karim & Karmaker, 2016)

ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ทั้งในด้านปริมาณและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ โดย (Yang, Xu, & Xiong, 2016) นำเสนอวิธีการที่การให้ค่าน้ำหนักของเกณฑ์ที่นำมาพิจารณาใหม่คือวิธีการ Group Eigenvalue โดยมีข้อดีกว่ากระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น คือไม่จำเป็นต้องตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency) และจากนั้นจึงใช้ TOPSIS เพื่อช่วยเรียงลำดับทางเลือกที่ดีที่สุดเพื่อใช้เลือกเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (FMS) (Myint & Tabucanon, 1994) พัฒนากระบวนการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นเช่นกัน โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นสำหรับการตัดสินใจเชิงคุณภาพ และโปรแกรมเชิงเป้าหมาย (Goal programming) สำหรับการตัดสินใจเชิงปริมาณโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลกำไลสูงที่สุด จำนวนเครื่องจักรต่ำที่สุด โดยสามารถตอบสนองความต้องการภายใต้เครื่องจักรที่ถูกเลือก (Atmani & Lashkari, 1998) สร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มศูนย์หนึ่ง (0-1 Integer Programming) เพื่อใช้ในการเลือกและจัดสรรกระบวนการให้กับเครื่องจักรเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operating cost), ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ขนย้าย (Material handling cost) และค่าใช้จ่ายในการปรับตั้ง (Setup cost) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ กระบวนการและผลิตภัณฑ์ใดจัดสรรบนเครื่องจักรที่ถูกเลือก

นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับการเลือกเครื่องจักรโดยใช้วิธีการอื่น ๆ มาช่วยในการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักร (Chan & Swarnkar, 2006) พัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มศูนย์หนึ่งและนำเสนอการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยวิธีอาณาจักรมด (Ant colony optimization) ในการเลือกและจัดสรรเครื่องจักรในระบบการผลิต FMS มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกชุดของเครื่องจักรที่เหมาะสมในการดำเนินการผลิต โดยให้มีค่าใช้จ่ายทั้งสามด้าน ได้แก่ ราคาเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้ง และค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ขนย้าย มีค่าต่ำที่สุด นอกจากวิธีการที่ได้กล่าวมาข้างต้น (Soolaki & Zarrinpoor, 2014) ศึกษาปัญหาการเลือกเครื่องจักรและจัดสรรกระบวนการร่วมกับการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วน (Part) ด้วยอุปกรณ์ขนย้ายในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยปัญหาของงานวิจัยจะพิจารณาชุดของเครื่องจักรกลอัตโนมัติที่ทำงานได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (Computer numerical control) ที่มีความสามารถในการผลิตกระบวนการและผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย โดยผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน รวมถึงมีเวลาและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากกการดำเนินการผลิตแตกต่างกันไปตามประเภทของกระบวนการ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการหาผลลัพธ์โดยใช้แบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มศูนย์หนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายร่วมต่ำที่สุดประกอบไปด้วย ราคาเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้ง ค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์เคลื่อนย้าย ซึ่งแบบจำลองได้กำหนดข้อจำกัดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นใน

การบวนการผลิต เช่น เวลาที่สามารถใช้ได้ของเครื่องจักรจะต้องมากกว่าเวลาที่กระบวนต้องใช้ในการผลิต เป็นต้น โดยพบว่ากระบวนการข้างต้นใช้เวลาในการหาผลลัพธ์สูงและมีความยุ่งยาก งานวิจัยข้างต้นจึงได้เสนอกระบวนการฮิวริสติกห้าขั้นตอน (Five simple procedure : FSP) เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ซึ่งวิธีการนี้จะไม่รับรองผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Global optimum) แต่ถือว่าเป็นผลลัพธ์ที่ยอมรับได้หากเปรียบเทียบในด้านเวลาที่ต้องใช้หาผลลัพธ์ ซึ่งได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาของกระบวนการฮิวริสติกห้าขั้นตอนกับกระบวนการแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound Method : B&B) โดยใช้ทั้งสองวิธีทดสอบกับปัญหาที่เหมือนกันและพบว่ากระบวนการฮิวริสติกห้าขั้นตอนมีประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์ดีกว่ากระบวนการแตกกิ่งและจำกัดเขต จากผลลัพธ์ของเวลาและค่าของผลลัพธ์ที่สามารถยอมรับได้

(Gershwin, 2018) กล่าวว่าวงจรชีวิต (Product life cycle) ของผลิตภัณฑ์มีอายุสั้นและมีแนวโน้มที่จะสั้นลง เนื่องจากความต้องการที่หลากหลายมากขึ้นส่งผลให้ระบบการผลิตมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเครื่องจักรเพื่อตอบสนองความต้องการบ่อยครั้ง แต่ในทางตรงกันข้าม ผู้บริโภคต้องการผลิตภัณฑ์ภายในระยะเวลาการผลิตที่สั้นลง ซึ่งหากระบบการผลิตไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ทันตามความต้องการก็จะทำให้สูญเสียความน่าเชื่อถือ (Loss of good view) ดังนั้นระบบการผลิตส่วนใหญ่ควรมีความยืดหยุ่นและมีความสามารถในการปรับโครงสร้างของเครื่องจักรเพื่อให้ตอบสนองความต้องการได้ ซึ่งในภายหลังได้มีผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบบการผลิตโดยแบ่งออกเป็นสามรูปแบบตามลักษณะของกำลังการผลิตที่มีอยู่ได้แก่ DMS FMS และ RMS (Niroomand, Kuzgunkaya, & Bulgak, 2012)

จากการที่มีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะกำลังการผลิตของระบบการผลิตต่าง ๆ จึงเกิดคำถามที่ว่าแล้วระบบการผลิต DMS FMS และ RMS ควรจะพิจารณาในด้านใดเพิ่มขึ้นมาเพื่อให้ระบบการผลิตเป็นไปตามที่เราต้องการ (Haddou Benderbal, Dahane, & Benyoucef, 2015) นำเสนอมิติชี้วัดด้านความทนทาน (Robustness) คือเวลารวมของเครื่องจักรที่ไม่พร้อมในการทำงานเพื่อนำมาพิจารณาในการเลือกชุดเครื่องจักรของระบบการผลิต RMS โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีเวลาเสร็จงานต่ำที่สุด และความไม่พร้อมในการทำงานของเครื่องจักรน้อยที่สุด ซึ่งความไม่พร้อมนี้อาจเกิดจาก การหยุดชะงัก การซ่อมบำรุง หรือความผิดพลาดของพนักงาน เป็นต้น จากการได้เสนอมิติชี้วัดด้านความทนทานไปก่อนหน้า ทางผู้วิจัยยังได้นำเสนอมิติชี้วัดด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) สำหรับการเลือกชุดเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิต RMS (Haddou Benderbal et al., 2017) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีเวลาเสร็จงานต่ำที่สุด และมีมิติชี้วัดด้านความยืดหยุ่นสูงที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการคำนวณมิติชี้วัดในด้านความยืดหยุ่นไว้ด้วย และนำเสนอขั้นตอนวิธี (Algorithm) เชิงพันธุกรรมเรียงลำดับแบบไม่ถูกข่ม (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II: NSGA-II) รวมถึงวิธีการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ TOPSIS มาช่วยในการหาชุดเครื่องจักรที่เหมาะสมที่ดีที่สุด

(Abderrahmane, Dahane, & Benyoucef, 2013) พัฒนาการเลือกเครื่องจักรโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายรวมและเวลาเสร็จงานต่ำที่สุด โดยค่าใช้จ่ายประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ ค่าใช้จ่ายในการใช้อุปกรณ์ ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าชุดของทรัพยากรการผลิตที่มีเวลาเสร็จงานต่ำแต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งยังไม่มีการสรุปว่าเลือกชุดทรัพยากรการผลิตใดแน่นอน

งานวิจัยที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้นเป็นการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรเพื่อให้สามารถทำการผลิตได้ตามต้องการ แต่ไม่ได้พิจารณาถึงความสัมพันธ์ของจำนวนเครื่องจักรที่มีอยู่ในระบบการผลิต (Karmarkar & Kekre, 1987) ศึกษาเกี่ยวกับการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์แบบผสมรุ่น (Product Mix) เพื่อให้มีกำลังการผลิตตามต้องการ โดยมีมุมมองของการตัดสินใจในสองกรณีคือ การเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิตปริมาณมากเพียงเครื่องเดียวแต่จะต้องเสียเวลาในการปรับตั้งของการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ และในอีกกรณีคือเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิตน้อยกว่าจำนวนสองเครื่อง ซึ่งจะไม่มีเวลาปรับตั้งของการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ เกณฑ์ที่นำมาใช้ในการตัดสินใจประกอบไปด้วย กำลังการผลิต ผลิตภัณฑ์แบบผสมรุ่น เวลาปรับตั้ง และความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นจากปัจจัยภายนอก ทำการทดสอบในแบบจำลองทั้งสองสถานการณ์คือ ปริมาณความต้องการทราบค่าแน่นอนและความต้องการที่ไม่ทราบค่าแน่นอนแต่ทราบรูปแบบของการกระจายของข้อมูล โดยพิจารณาร่วมกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ต่อรอบของการผลิต (Batch Size) และงานระหว่างการผลิต (Work in process) เมื่อทำการเลือกเครื่องจักรให้ได้กำลังการผลิตตามต้องการแล้ว (Defersha & Chen, 2006) ศึกษาปัญหาของการจัดสรรเครื่องจักรลงในเซลล์ในตามความต้องการผลิตที่ทราบค่าในแต่ละคาบเวลา และหากมีประเภทเครื่องจักรถูกเลือกมากกว่าหนึ่งเครื่องจะต้องทำการเลือกเส้นทางการผลิตและเรียงลำดับของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตในคาบนั้น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ซึ่งได้ใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed integer linear programming model) ในการแก้ปัญหาร่วมกับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การเลือกเครื่องจักรเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามต้องการโดยมีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด (Tetzlaff, 1994) ทำการศึกษาการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้มีปริมาณการผลิตสูงที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของเงินลงทุนและข้อจำกัดในด้านอุปกรณ์ขนย้ายและพาเลท (Pallet)

2.3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและช่องว่างงานวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้าพบว่าการงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การเลือกเครื่องจักรโดยใช้วิธีการให้ค่าน้ำหนักเกณฑ์แต่ละด้านที่นำมาพิจารณา จากนั้นจึงคำนวณคะแนนในแต่ละทางเลือก

และเลือกทางเลือกที่มีคะแนนสูงที่สุด รวมถึงการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามต้องการ โดยให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยใช้วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดในแต่ละวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยในงานวิจัยฉบับนี้ได้พิจารณาการเลือกชนิดและจำนวนเครื่องจักรเพื่อให้ระบบการผลิตมีกำลังการผลิตตามความต้องการ โดยรายการเครื่องจักรที่นำมาเป็นตัวเลือกได้ผ่านการเลือกเชิงคุณภาพมาก่อนหน้าแล้ว ทั้งนี้ปัญหาการเลือกเครื่องจักรที่เราสนใจศึกษาได้มีผู้ที่ศึกษามาก่อนหน้า เมื่อศึกษาพบว่าในงานวิจัยก่อนหน้า ยังมีช่องว่างบางประการที่ทำให้การเลือกเครื่องจักรที่นำเสนอกันอย่างหลากหลายไม่สามารถนำไปใช้ในการเลือกเครื่องจักรได้จริง ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของการเลือกเครื่องจักรในแง่มุมต่าง ๆ มาพัฒนาให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในระบบการผลิตจริงมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยก่อนหน้ามีความซับซ้อนของปัญหาจากการกำหนดปัญหาการเลือกเครื่องจักรร่วมกับกระบวนการอื่น เช่น การเลือกเครื่องจักรที่พิจารณาร่วมกับระบบขนถ่ายวัสดุ หรือการเลือกเครื่องจักรร่วมกับการจัดตารางการผลิต เป็นต้น เมื่อมีการพิจารณาหลายกระบวนการไปพร้อมกัน ส่งผลให้ขั้นตอนวิธีของการเลือกเครื่องจักรมีความซับซ้อน ไม่สามารถรองรับความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และรายการเครื่องจักร จึงเป็นเหตุให้งานวิจัยก่อนหน้ามักพิจารณาระบบการผลิตที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวหรือเครื่องจักรชนิดที่สามารถทำการผลิตได้ทุกกระบวนการ ซึ่งในความเป็นจริงนั้นระบบการผลิตมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่ากระบวนการเลือกเครื่องจักรที่ได้ออกแบบในงานวิจัยนี้จะต้องสามารถแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักรที่มีความหลากหลายดังกล่าวได้

วัตถุประสงค์ของปัญหาการเลือกเครื่องในงานวิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นให้มีการลงทุนเครื่องจักรต่ำที่สุด โดยได้มีการนำค่าใช้จ่ายในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักร โดยผู้วิจัยได้เลือกค่าใช้จ่ายทั้งหมดสามด้านที่มีความเหมาะที่จะนำมาพิจารณาในการเลือกเครื่องจักรประกอบด้วย ราคาเครื่องจักร (Machine cost) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์อันดับแรกหากมีการนำด้านค่าใช้จ่ายมาพิจารณาในการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้มีการลงทุนต่ำที่สุด ค่าใช้จ่ายการดำเนินการผลิต (Operating cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่แปรผันตามปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance cost) เป็นค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่มีการวางแผนล่วงหน้าโดยเครื่องจักรแต่ละชนิดจะมีการบำรุงรักษาที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามการพิจารณาเฉพาะด้านค่าใช้จ่ายอย่างเดียวอาจทำให้ได้เครื่องจักรที่ไม่เหมาะสมกับระบบการผลิต เนื่องจากในการผลิตจริงมักมีความไม่แน่นอนของความต้องการเกิดขึ้น โดยความไม่แน่นอนในการผลิตที่มีโอกาสเกิดขึ้นบ่อยครั้งคือ ความไม่แน่นอนของการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ผู้วิจัยได้นำตัวชี้วัดด้านความยืดหยุ่นรวมถึงได้สืบค้นวิธีการคำนวณตัวชี้วัดในด้านดังกล่าว (Haddou Benderbal et al., 2017) ศึกษาการเลือกเครื่องจักรรวมกับการจัดตารางงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีระยะเวลาในการผลิตต่ำสุดและมีค่าความยืดหยุ่นสูงสุด โดยความยืดหยุ่นจะคำนวณหลังจากการจัดตารางงาน ซึ่งผู้วิจัยมี

ความเห็นว่าการจัดตารางงานมักมีการเปลี่ยนแปลงไปตามการผลิต จึงไม่สามารถจำลองรูปแบบของตารางงานได้ครบทุกรูปแบบ ดังนั้นวิธีการคำนวณค่าความยืดหยุ่นดังกล่าวอาจยังไม่เหมาะสมกับการนำมาพิจารณาในการเลือกเครื่องจักรได้

ผู้วิจัยจึงได้กำหนดคำนิยามของความยืดหยุ่นและออกแบบวิธีการคำนวณตัวชี้วัดขึ้นใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับปัญหาการเลือกเครื่องจักรที่สนใจ โดยสืบค้นว่ามีงานวิจัยก่อนหน้าที่ได้ให้คำนิยามของความยืดหยุ่นไปในด้านใดบ้าง และพบว่าความยืดหยุ่นที่เราสนใจคือความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดวัตถุประสงค์สองด้านในการเลือกเครื่องจักรคือค่าใช้จ่ายและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เพื่อให้ได้เครื่องจักรที่สามารถทำการผลิตได้ตามต้องการสำหรับระบบการผลิตที่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3 แนวทางสำหรับการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักร

3.1 ลักษณะของปัญหาการเลือกเครื่องจักรที่สนใจ

ปัญหาการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้ เป็นการเลือกเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิตแบบช่วงตอน (Intermittent manufacturing system) โดยมุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์กับผู้ที่ต้องตัดสินใจเลือกเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิตขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises) โดยรองรับระบบการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีกระบวนการผลิตมากกว่าหนึ่งขั้นตอน รวมถึงเครื่องจักรที่พิจารณามีความสามารถในการผลิตได้มากกว่าหนึ่งกระบวนการและมากกว่าหนึ่งชนิดผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดตามที่ต้องการ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรจะต้องทำการตัดสินใจเลือกชนิดและจำนวนของเครื่องจักรรวมถึงการจัดสรรกระบวนการผลิตให้แก่เครื่องจักรแต่ละชนิด ภายใต้ข้อจำกัดของระบบการผลิต เช่น เวลาที่ใช้ในการผลิต งบประมาณการลงทุน ชนิดของเครื่องจักร จำนวนเครื่องจักรสูงสุดแต่ละชนิด และข้อจำกัดในการผลิต เป็นต้น เพื่อให้ได้เครื่องจักรที่เหมาะสมตามต้องการ

ผู้วิจัยได้พิจารณาวัตถุประสงค์ในการเลือกเครื่องจักรสองด้านคือ ค่าใช้จ่ายและความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ได้กำหนดให้ราคาเครื่องจักรเป็นวัตถุประสงค์หลัก เนื่องจากใช้งบประมาณการลงทุนสูงและเป็นการลงทุนระยะยาว นอกจากราคาเครื่องจักรแล้ว ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตเป็นส่วนที่ควรจะต้องนำมาพิจารณา เนื่องจากเกี่ยวข้องกับปริมาณการผลิตซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิต และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานและชนิดเครื่องจักรที่เลือกซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนในการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกค่าใช้จ่ายทั้งสามด้านซึ่งประกอบด้วย ราคาเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มาพิจารณาในการเลือกเครื่องจักร นอกเหนือจากวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายแล้ว ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เป็นวัตถุประสงค์อีกด้านที่ได้นำมาพิจารณา เพื่อให้สามารถปรับกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นจากความแปรปรวนของกำลังการผลิตที่ต้องการ ซึ่งแตกต่างไปจากค่ากำลังการผลิตที่กำหนดในการเลือกเครื่องจักร โดยผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดอาจมีความต้องการความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรสามารถกำหนดค่าน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้

วัตถุประสงค์ทั้งสองด้านนี้มีความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกัน รวมถึงในแต่ละระบบการผลิตได้ให้ความสำคัญของวัตถุประสงค์แต่ละด้านที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการให้ค่าน้ำหนักมาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อหาผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสม

3.2 นิยามศัพท์ในงานวิจัย

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้คำศัพท์ที่มีความหมายเฉพาะทาง ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจความหมายของคำศัพท์ที่นำมาใช้ในกระบวนการเลือกเครื่องจักรตรงกัน ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมคำศัพท์ที่สำคัญพร้อมกับความหมายของแต่ละคำดังนี้

- การผลิต (Production) หมายถึง การดำเนินงานร่วมกันของแต่ละส่วน โดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ตัวอย่างกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เช่น การออกแบบระบบการผลิต การวางแผนการผลิต การเลือกวัตถุดิบ การบริหารการผลิต เป็นต้น
- ระบบการผลิต (Production system) หมายถึง การดำเนินการผลิตอย่างเป็นระบบในการผลิต องค์ประกอบของระบบการผลิตมีความสัมพันธ์ต่อกัน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดไว้ ภายใต้ข้อจำกัด ในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยระบบการผลิตจะมีการดำเนินการในหลายช่วง เริ่มตั้งแต่การออกแบบระบบการผลิต ช่วงของการปรับปรุงเมื่อความต้องการหรือข้อจำกัดเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแต่ละช่วงนั้นจะมีความแตกต่างกันทั้งในด้านของระยะเวลา ความต้องการ และข้อจำกัดของระบบการผลิต
- การออกแบบระบบการผลิต (Production system design) หมายถึง กระบวนการที่ทำให้ได้ระบบการผลิตที่ต้องการ โดยความต้องการในระบบการผลิตมีหลากหลาย เช่น เครื่องจักรในระบบการผลิตจะต้องทำการผลิตได้ตามต้องการภายใต้ข้อจำกัด โดยการกำหนดความต้องการของระบบการผลิตขึ้นกับผู้ที่ออกแบบระบบการผลิต ความต้องการกำลังการผลิตและข้อจำกัดจะถูกนำมาใช้ในการเลือกเครื่องจักร การวางแผนเส้นทางการผลิต รวมทั้งการกำหนดองค์ประกอบของระบบการผลิต เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามต้องการ โดยการออกแบบระบบการผลิตเป็นการวางแผนระยะยาวและใช้ปริมาณเงินลงทุนสูง เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าต่อการดำเนินการผลิตผู้ออกแบบจะต้องออกแบบระบบการผลิตอย่างละเอียดถี่ถ้วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- การเลือกเครื่องจักร (Machine selection) หมายถึง การเลือกชนิดและจำนวนของเครื่องจักรเพื่อให้ระบบการผลิตสามารถทำการได้ตามความต้องการ รวมถึงการจัดสรรการผลิตของผลิตภัณฑ์และกระบวนการให้กับเครื่องจักรแต่ละชนิด การเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้พิจารณาวัตถุประสงค์สองด้านคือ เพื่อให้ระบบการผลิตใช้เงินลงทุนเครื่องจักรต่ำที่สุด และเพื่อให้มีความสามารถในการรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เนื่องจากวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านมีความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกัน ทำให้ผลลัพธ์ของการเลือกจักรขึ้นอยู่กับความต้องการการผลิตที่แตกต่างกัน
- ความต้องการกำลังการผลิต (Capacity requirement) หมายถึง ความสามารถที่ผู้ออกแบบระบบการผลิตต้องการให้ระบบการผลิตสามารถทำการผลิตได้ โดยความต้องการพื้นฐานในการออกแบบระบบการผลิตคือ ปริมาณผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่กำหนด นอกจากนี้ยังรวมถึงความต้องการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักร เช่น จำนวนเครื่องจักรที่ต้องการในระบบการผลิต หรือความต้องการให้มีสายการผลิตเดี่ยวสำหรับบางชนิดผลิตภัณฑ์ เป็นต้น
- ข้อจำกัด (Constraint) หมายถึง ข้อบังคับในการเลือกเครื่องจักรสำหรับการออกแบบระบบการผลิต เนื่องจากข้อบังคับบางส่วนในระบบการผลิตส่งผลต่อการเลือกเครื่องจักรโดยตรง เช่น กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ A เป็นสายการผลิตเดี่ยว (Dedicated line) ส่งผลให้เครื่องจักรทุกเครื่องในสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ A จะต้องไม่ใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์อื่น ซึ่งจำนวนเครื่องจักรในระบบการผลิตก็อาจจะเพิ่มขึ้นได้ เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดพิจารณาข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักรไว้ทั้งหมดสี่ด้านได้แก่ ระยะเวลาในการผลิต จำนวนเครื่องจักรแต่ละชนิด งบประมาณการลงทุนเครื่องจักร และข้อจำกัดของการผลิต
- เครื่องจักร (Machine) หมายถึง แรงงาน เครื่องจักร หรือทรัพยากรการผลิตใดใดที่ใช้ในการแปลงสภาพจากวัตถุดิบจนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป แต่อย่างไรก็ตามเครื่องจักรแต่ละชนิดจะต้องมีอัตราการผลิตผลิตภัณฑ์คงที่ตลอดระยะเวลาการผลิต รวมถึงจำนวนเครื่องจักรที่มีในระบบการผลิตจะต้องมีจำนวนคงที่ตลอดคาบเวลาที่ทำการออกแบบ
- ผลิตภัณฑ์ (Product) หมายถึง สินค้าที่ระบบการผลิตต้องสามารถทำการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการ โดยมีรายละเอียดทั้งในด้านชนิดและปริมาณความต้องการ โดยผลิตภัณฑ์จะได้จากการแปลงสภาพของวัตถุดิบผ่านกระบวนการผลิตจนได้เป็นผลิตภัณฑ์
- ชิ้นส่วนนำเข้า (Input part) หมายถึง ชิ้นส่วนที่นำไปใช้ในการผลิตกระบวนการนั้น ๆ หากเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนนำเข้าคือวัตถุดิบและหากเป็นขั้นตอนอื่นนั้นชิ้นส่วนนำเข้าคือชิ้นงานที่อยู่ระหว่างการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- ชิ้นส่วนได้รับ (Output part) หมายถึง ชิ้นส่วนที่ได้มาจากการผลิตกระบวนการนั้น ๆ หากเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนที่ได้รับคือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและหากเป็นเป็นขั้นตอนอื่นนั้นชิ้นส่วนที่ได้รับคือชิ้นงานที่อยู่ระหว่างการผลิต
- กระบวนการผลิต (Process) หมายถึง ขั้นตอนหรือวิธีการแปลงสภาพจากวัตถุดิบให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดสามารถมีกระบวนการผลิตได้หลายกระบวนการที่แตกต่างกันได้
- เงินลงทุน (Investment) หมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ไปกับการซื้อเครื่องจักร โดยจะจ่ายตอนต้นคาบของการออกแบบ
- ค่าใช้จ่าย (Cost) หมายถึง รายการค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเลือกเครื่องจักรทั้งหมด ทั้งในรูปแบบต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน
- ราคาเครื่องจักร (Machine cost) หมายถึง จำนวนเงินที่ใช้ในการซื้อเครื่องจักร ซึ่งเป็นรายจ่ายที่เกิดขึ้นในตอนต้นคาบของการออกแบบ เป็นค่าใช้จ่ายในรูปแบบต้นทุนคงที่
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operating cost) หมายถึง จำนวนเงินที่ใช้ต่อรอบของการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งรอบซึ่งเป็นการประมาณจากค่าไฟ ค่าน้ำ ที่เครื่องจักรแต่ละชนิดใช้ในการผลิต เป็นค่าใช้จ่ายในรูปแบบต้นทุนแปรผัน
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance cost) หมายถึง จำนวนเงินที่ใช้ในการดูแลรักษาเครื่องจักร โดยที่ความถี่ในการบำรุงรักษาขึ้นกับชนิดของเครื่องจักรเท่านั้น ไม่รวมถึงจำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตมากขึ้นแต่อย่างใด
- กำลังการผลิต (Capacity) หมายถึง ความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า กำลังการผลิตจะมีความแตกต่างกันตามชนิดของเครื่องจักร
- อรรถประโยชน์ของเครื่องจักร (Utilization) หมายถึง เวลาที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้จริง ซึ่งเป็นการประเมินจากการลดเวลาที่เครื่องจักรไม่ได้ทำงาน เช่น เวลาพักกลางวัน เวลาในการซ่อมบำรุงกระทันหัน หรือเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร เป็นต้น
- ความไม่แน่นอนของความต้องการ (Demand uncertainty) หมายถึง ปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่เปลี่ยนแปลงไปจากกำลังการผลิตที่ใช้ในการออกแบบ ซึ่งความไม่แน่นอนในด้านความต้องการผลิตภัณฑ์มีโอกาสเกิดขึ้นบ่อยครั้ง เนื่องจากกำลังการผลิตที่กำหนดในการเลือกเครื่องจักรเป็นค่าเฉลี่ยหรือค่าที่เกิดจากการพยากรณ์ซึ่งมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนจากความต้องการในปัจจุบันได้
- คาบเวลาที่ทำการออกแบบ (Planning horizon) หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่ผู้ออกแบบระบบการผลิตกำหนดว่าจะต้องตอบสนองต่อความต้องการค่าหนึ่งได้ เช่น วางแผนการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ออกแบบระบบการผลิตโดยให้ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดทำการผลิตได้จำนวน 100 ชิ้นต่อวัน โดยระหว่างคาบการออกแบบจะไม่มีการเพิ่มหรือลดจำนวนเครื่องจักรในระบบการผลิต

- ระยะเวลาของการทำงานของกระบวนการ (Processing time) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการผลิตกระบวนการใดใดหนึ่งรอบ ทั้งนี้รอบของการผลิตขึ้นกับความสามารถของเครื่องจักรหรือลักษณะของกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกใช้เวลา 2 นาทีต่อรอบต่อชิ้น กระบวนการอบขนมปังแถวใช้เวลา 30 นาทีต่อรอบต่อ 50 ชิ้น เป็นต้น
- ระยะเวลาในการผลิต (Working time) หมายถึง ระยะเวลาการทำงานการของระบบการผลิต ซึ่งแต่ละระบบการผลิตหรือแต่ละโรงงานมีการกำหนดระยะเวลาการผลิตแตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่ 8 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ซึ่งระยะเวลาในการผลิตส่งผลต่อการเลือกชนิดและจำนวนของเครื่องจักรเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามต้องการ
- งบประมาณการลงทุน (Budget) หมายถึง การตั้งจำนวนเงินลงทุนสูงสุดไว้สำหรับการเลือกเครื่องจักร ซึ่งราคาเครื่องจักรรวมจะต้องไม่เกินงบประมาณการลงทุนที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้
- ข้อจำกัดของสายการผลิต (Production line constraint) หมายถึง ระบบการผลิตที่มีการกำหนดให้ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีสายการผลิตเดี่ยว (Dedicated line) กล่าวคือการไม่ใช้เครื่องจักรในการผลิตร่วมกับผลิตภัณฑ์อื่นเพื่อสำรองไว้รองรับปริมาณความต้องการที่มีความแปรปรวนหรือการผลิตในรูปแบบคำสั่งซื้อ แต่อย่างไรก็ตามการมีสายการผลิตเดี่ยวสำหรับผลิตภัณฑ์ใดใด อาจส่งผลให้มีเวลาว่างงานของเครื่องจักรและสูญเสียงบประมาณในการลงทุนเครื่องจักรสูง
- จำนวนเครื่องจักร (Number of machines) หมายถึง การกำหนดจำนวนเครื่องจักรแต่ละชนิดที่ต้องการให้มีในระบบการผลิตและรวมถึงเครื่องจักรเดิมที่มีอยู่ในระบบการผลิต
- ความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกัน (Trade-off) หมายถึง การที่วัตถุประสงค์สองด้านมีความสัมพันธ์แบบส่วนทางกัน ในกรณีที่วัตถุประสงค์อีกด้านมีค่าเพิ่มขึ้นแต่กลับส่งผลให้วัตถุประสงค์อีกด้านหนึ่งมีค่าลดลง ดังนั้นจึงต้องออกแบบกระบวนการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมภายใต้วัตถุประสงค์ดังกล่าว

3.3 แนวทางการกำหนดวัตถุประสงค์ในการเลือกเครื่องจักร

วัตถุประสงค์ของการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้พิจารณาสองด้านคือ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมและสามารถรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากปัญหาการ

เลือกเครื่องจักรเป็นการวางแผนลงทุนระยะยาวและใช้งบประมาณสูง ดังนั้นวัตถุประสงค์แรกที่การเลือกเครื่องจักรจะต้องพิจารณาคือ ค่าใช้จ่าย (Cost) เพื่อให้มีการลงทุนอย่างคุ้มค่า ได้ชนิดและจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมกับระบบการผลิต นอกจากวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายแล้ว ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ก็มีความสำคัญ เนื่องจากข้อมูลความต้องการกำลังการผลิตที่นำมาใช้ในการเลือกเครื่องจักรเป็นข้อมูลที่เป็นการพยากรณ์ ซึ่งขณะที่ทำการผลิตจริงนั้น อัตราส่วนของปริมาณความต้องการของแต่ละผลิตภัณฑ์อาจมีความคลาดเคลื่อนไปจากกำลังการผลิตที่นำมาออกแบบ ส่งผลให้บางกรณีระบบการผลิตไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ทันตามความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปได้ งานวิจัยนี้เราจึงออกแบบวิธีการคำนวณวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมตามต้องการ

ระบบการผลิตที่มีลักษณะแตกต่างกันอาจให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์แต่ละด้านแตกต่างกัน เช่น ระบบที่ไม่มีความแปรปรวนของความต้องการผลิตภัณฑ์อาจจะให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพียงด้านเดียว เป็นต้น โดยรายละเอียดของวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านมีดังนี้

3.3.1 วัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย (Cost)

ค่าใช้จ่ายเป็นวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญและถูกนำมาพิจารณาเป็นอันดับแรกในการลงทุนเครื่องจักร เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนอย่างเหมาะสมและได้กำลังการผลิตตามความต้องการ รวมถึงมีเครื่องจักรว่างงานต่ำที่สุด โดยค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรมีหลายชนิด สามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทหลักได้แก่ ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) คือ ต้นทุนที่ไม่แปรผันตามปริมาณการผลิต เช่น ราคาเครื่องจักร (Machine cost) และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance cost) และต้นทุนแปรผัน คือ ต้นทุนที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต เช่น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operating cost) โดยการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยได้พิจารณาค่าใช้จ่ายสามด้านดังกล่าว เนื่องจากเป็นค่าใช้จ่ายที่เป็นผลมากจากโดยตรง เช่น กรณีที่เลือกเครื่องจักรโดยพิจารณาราคาเครื่องจักรเพียงด้านเดียวจะทำให้สามารถเลือกเครื่องจักรที่มีเงินลงทุนเครื่องจักรต่ำ แต่อย่างไรก็ตามหากเครื่องจักรที่เลือกมานั้นมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสูง จะส่งผลในระยะยาวผู้ประกอบการต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านนี้สูงมาก เพื่อให้การเลือกเครื่องจักรมีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้กำหนดวัตถุประสงค์แรกของการเลือกเครื่องจักรคือ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำที่สุด (Minimize cost)

3.3.2 วัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ (Volume flexibility)

ความยืดหยุ่นในงานวิจัยนี้คือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ โดยที่กำลังการผลิตที่มีจะต้องทำการผลิตขั้นต่ำได้ตามที่กำลังการผลิตที่กำหนด ภายใต้เครื่องจักรที่มีอยู่อย่างจำกัดซึ่งถูกเลือกมาอย่างเหมาะสม เช่น กรณีที่ต้องการเลือกเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์สามชนิด ประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์ชนิด A B และ C ต้องการให้มีกำลังการผลิต 100 200 และ 500 ชิ้น ตามลำดับ ซึ่งการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมสามารถได้ชนิดและจำนวนของเครื่องจักรหลายรูปแบบ หากเลือกเครื่องจักรชนิดที่สามารถผลิตมากกว่าหนึ่งชนิดผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้เมื่อผลิตภัณฑ์ A มีปริมาณความต้องการเพิ่มขึ้นเป็น 120 ชิ้น สามารถนำกำลังการผลิตของเครื่องจักรที่มีการใช้ร่วมกันกับผลิตภัณฑ์ A ไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ A ก่อนได้ ซึ่งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์อื่น สามารถทำการผลิตได้ลดลงขณะหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นกับความสำคัญของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ทำให้ระบบการผลิตมีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการมากขึ้น เป็นต้น โดยมิติของความไม่แน่นอนที่พิจารณาในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยสองด้าน ได้แก่

- ความไม่แน่นอนของความต้องการ พิจารณาในส่วนของความต้องการของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นแต่ละชนิด โดยไม่พิจารณาความไม่แน่นอนของจำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นหรือลดลง
- ความไม่แน่นอนของความต้องการที่ระบบการผลิตสามารถรองรับได้ พิจารณารอบละหนึ่งชนิดผลิตภัณฑ์

Chulalongkorn University

วัตถุประสงค์ในด้านนี้จะพิจารณาจากปริมาณของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ระบบการผลิตสามารถทำการผลิตได้มากกว่ากำลังการผลิตที่ต้องการ สำหรับรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตภัณฑ์ โดยมิติชี้วัดด้านความยืดหยุ่นของระบบการผลิต (Manufacturing flexibility) เป็นมิติชี้วัดที่ผู้ออกแบบระบบการผลิตเริ่มให้ความสำคัญกันอย่างแพร่หลาย โดยนำไปพิจารณาร่วมกับการออกแบบทุกส่วนของระบบการผลิตทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดของมิติชี้วัดด้านนี้มาปรับใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักรเชิงปริมาณ โดยกำหนดวิธีการคำนวณมิติชี้วัดขึ้นเพื่อกำหนดให้เป็นวัตถุประสงค์ของการเลือกเครื่องจักร ทั้งนี้มิติชี้วัดด้านความยืดหยุ่นมีหลายประเภทขึ้นกับการนำไปใช้งานในส่วนใดของการออกแบบระบบการผลิต โดยผู้วิจัยเลือกมิติชี้วัดด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความ

ต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เพราะปัญหาการเลือกเครื่องจักรซึ่งเป็นการวางแผนกำลังการผลิตนั้นมักเกิดเหตุการณ์ของปริมาณความต้องการ มีความไม่สมดุลกับกำลังการผลิตของระบบการผลิต ส่งผลให้ไม่สามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ได้ในเวลาที่กำหนด โดยความแปรปรวนของปริมาณความต้องการเกิดขึ้นในกรณีที่ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีปริมาณความต้องการสูงขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ หากระบบการผลิตมีกำลังการผลิตที่มีการใช้เครื่องจักรร่วมกันกับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น เราสามารถที่จะใช้กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นก่อนได้ ส่งผลให้ระบบการผลิตของเรามีความสามารถในการรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ได้ โดยผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความต้องการความสามารถในการรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการที่แตกต่างกัน เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีข้อมูลสถิติย้อนหลังของปริมาณความต้องการคงที่ ผู้ที่ออกแบบอาจจะกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของผลิตภัณฑ์ (Priority weight) ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความไม่แน่นอนของความต้องการสูงกว่า การกำหนดค่าความสำคัญของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตภัณฑ์นั้น เพื่อให้ผลลัพธ์เครื่องจักรที่ถูกเลือกเหมาะสมตามต้องการ

3.4 แนวทางในการกำหนดค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ทั้งสองด้านที่ใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้คือ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมและสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านมีความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกัน ทำให้ผลลัพธ์ของการเลือกจักรขึ้นอยู่กับความต้องการการผลิตที่แตกต่างกัน กรณีที่ต้องการเลือกเครื่องจักรให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดแต่ผลลัพธ์ของเครื่องจักรนั้นอาจจะไม่มีความสามารถในการรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการของปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผู้วิจัยมีแนวคิดว่าผลลัพธ์ของเครื่องจักรนั้น ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการกำหนดความสำคัญระหว่างวัตถุประสงค์ทั้งสองด้าน ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรจะต้องกำหนดค่าความสำคัญหรือค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ในแต่ละด้าน เช่น กรณีที่ระบบการผลิตมีการผลิตผลิตภัณฑ์คงที่ทำให้ผู้ออกแบบสามารถพยากรณ์กำลังการผลิตได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นอาจสนใจเพียงด้านค่าใช้จ่ายด้านเดียวคือการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยกำหนดค่าน้ำหนักให้กับวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายเพียงด้านเดียว แต่ในกรณีที่ระบบการผลิตมีผลิตภัณฑ์บางชนิดมีปริมาณความต้องการไม่แน่นอนขึ้นกับคำสั่งซื้อ ผู้ออกแบบอาจกำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ (Objective weight) ในด้านความสามารถในการรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการให้

ความสำคัญของวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดเพิ่มขึ้น ในบางกรณีอาจส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น (คะแนนของวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายลดลง) เป็นต้น ผลลัพธ์สุดท้ายของการเลือกเครื่องจักรจะเลือกจากทางเลือกของเครื่องจักรที่มีค่าของวัตถุประสงค์สูงที่สุด ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการแลกเปลี่ยนของวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านตามการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของผู้ที่ออกแบบ โดยจะอธิบายถึงรายละเอียดของกระบวนการกำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ในบทต่อไป

3.5 แนวคิดการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญและฟังก์ชั่นคะแนนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

ระบบการผลิตแต่ละประเภทมีปริมาณความต้องผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแตกต่างกัน รวมถึงลำดับการให้ความสำคัญในการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่แตกต่างกันไป โดยการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของผลิตภัณฑ์เพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีแนวคิดในการกำหนดค่าความสำคัญของผลิตภัณฑ์โดยใช้ค่าแนวโน้มจากมูลค่าที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์สองส่วน ได้แก่ ผลกำไรที่ได้รับ (Profit) คือ จำนวนเงินที่ได้รับหลังจากหักต้นทุนของการผลิตต่อชิ้น และค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น (Opportunity cost) คือมูลค่าที่สูญเสียโอกาสในการขายผลิตภัณฑ์อันเนื่องมาจากระบบการผลิตไม่สามารถรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งจากการพิจารณาจากมูลค่าสุทธิของผลิตภัณฑ์ (มูลค่าสุทธิผลิตภัณฑ์ = ผลกำไรที่ได้รับ - ค่าเสียโอกาส) จะทำให้สามารถกำหนดแนวโน้มของความสำคัญของผลิตภัณฑ์ได้ เช่น กรณีระบบการผลิตมีผลิตภัณฑ์สามชนิด A B และ C มีมูลค่าสุทธิของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 100 80 และ 50 ตามลำดับ ดังนั้นการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญจะกำหนดโดยให้ผลิตภัณฑ์ A มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นผลิตภัณฑ์ B และ C โดยแนวทางของวิธีการคำนวณค่าน้ำหนักจะกล่าวในบทถัดไป

3.6 แนวคิดของการออกแบบขั้นตอนวิธีสำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักร

ความซับซ้อนของปัญหาการเลือกเครื่องจักรส่งผลให้ผู้ออกแบบต้องทำการตัดสินใจในหลายกระบวนการเพื่อได้ชนิดและจำนวนเครื่องจักรที่สามารถทำการผลิตได้ตามความต้องการ ซึ่งบางกระบวนการมีความซับซ้อนในการตัดสินใจ และหากปัญหาการเลือกเครื่องจักรมีขนาดใหญ่ คือระบบการผลิตมีชนิดผลิตภัณฑ์หลากหลายและผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีกระบวนการผลิตหลายกระบวนการ รวมถึงมีทางเลือกชนิดเครื่องจักรหลากหลาย จะส่งผลให้มีการตัดสินใจซับซ้อนและยุ่งยากมากยิ่งขึ้น สูญเสียเวลาและทรัพยากรไปกับกระบวนการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรและต้องพึ่งพาผู้เชี่ยวชาญช่วย

ในการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักร โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบกระบวนการเลือกเครื่องจักร ประกอบด้วยสามกระบวนการหลักดังนี้

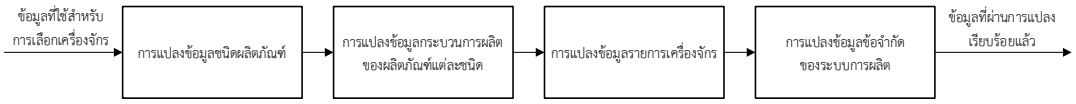
รูปที่ 3-1 กระบวนการเลือกเครื่องจักร

รูปที่ 3-2 กระบวนการแปลงข้อมูล ประกอบด้วยสามกระบวนการ ได้แก่ การแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร การหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม โดยกระบวนการเลือกเครื่องจักรเริ่มตั้งแต่ข้อมูลของความต้องการที่ได้รับมาจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิต นำมาทำการแปลงข้อมูลในกระบวนการแรกเพื่อให้สามารถนำไปใช้หาผลลัพธ์ในแบบจำลองได้ โดยข้อมูลที่ผ่านการแปลงแล้วจะนำไปใช้ในการหาผลลัพธ์เริ่มต้นในกระบวนการที่สอง ผลลัพธ์ในกระบวนการนี้จะเป็นผลลัพธ์ที่มีวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดและมีวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ค่าหนึ่ง และผลลัพธ์เริ่มต้นที่ได้จากกระบวนการนี้จะนำไปปรับปรุงผลลัพธ์ในกระบวนการสุดท้ายเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมของชนิดและจำนวนของเครื่องจักรตามต้องการ แต่ละกระบวนการมีการส่งต่อข้อมูลถึงกันต่อเนื่องอย่างเป็นระบบเพื่อให้ผู้ที่นำกระบวนการเลือกเครื่องจักรนี้ไปปรับใช้กับระบบการผลิตที่กำลังพิจารณาได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6.1 แนวคิดของการแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร

เนื่องจากระบบการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตโดยทั่วไปแล้วมีความสามารถของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย รวมถึงผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีกระบวนการผลิตมากกว่าหนึ่งกระบวนการ ซึ่งผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจมีการใช้วัตถุดิบและกระบวนการผลิตร่วมกัน นอกจากนี้ยังมีเครื่องจักรบางชนิดที่สามารถทำการผลิตได้มากกว่าหนึ่งกระบวนการ ซึ่งในแต่ละอุตสาหกรรมการผลิตได้มีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้จัดกลุ่มชนิดผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และชนิดเครื่องจักรที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้รับมาใช้ในการเลือกเครื่องจักร จะต้องทำการแปลงข้อมูลในแต่ละส่วนโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการแปลงข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้หาผลลัพธ์ ข้อมูลที่ใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักรประกอบไปด้วยสี่ส่วนได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานผลิตภัณฑ์และกระบวนการ ข้อมูลรายการเครื่องจักร ข้อมูลข้อจำกัดของระบบการผลิตและข้อมูลค่าน้ำหนักและฟังก์ชั่นคะแนน



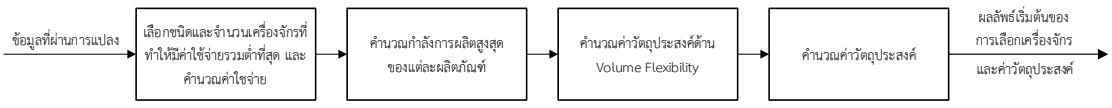
รูปที่ 3-2 กระบวนการแปลงข้อมูล

จากรูปที่ 3-2 กระบวนการแปลงข้อมูล จะเริ่มตั้งแต่การแปลงข้อมูลผลิตภัณฑ์ให้เป็นผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด จากนั้นจะนำไปใช้ในการแปลงกระบวนการผลิตให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนด และข้อมูลของกระบวนการผลิตจะถูกนำไปใช้ในการแปลงเป็นชนิดของเครื่องจักร เพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตความสามารถของเครื่องจักร จากนั้นจึงทำการแปลงข้อจำกัดของระบบการผลิตเป็นกระบวนการสุดท้าย กระบวนการแปลงข้อมูลนั้นจะต้องเรียงลำดับตามรูปที่แสดง เนื่องจากข้อมูลที่ผ่านการแปลงข้อมูลในกระบวนการก่อนหน้าแล้วจะถูกส่งไปทำการแปลงข้อมูลในส่วนอื่นต่อไป เมื่อครบทั้งหมดจึงจะนำไปใช้ในกระบวนการเลือกเครื่องจักรได้

3.6.2 แนวคิดของการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

ปัญหาการเลือกเครื่องจักรโดยทั่วไปจะให้ความสำคัญกับการเลือกเครื่องจักรให้สามารถทำการผลิตได้ตามต้องการและมีค่าใช้จ่ายรวม (Cost) ต่ำที่สุด โดยแนวคิดของกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับงานวิจัยนี้จะเริ่มจากกการหาผลลัพธ์เริ่มต้น โดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) ได้ผลลัพธ์ที่ประกอบด้วยชนิดและจำนวนของเครื่องจักรที่ถูกเลือก รวมถึงการจัดสรรผลิตภัณฑ์และกระบวนการให้กับเครื่องจักรแต่ละชนิดในระบบการผลิต ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้อาจมีกำลังการผลิตมากกว่ากำลังการผลิตที่กำหนด แต่เรามักไม่ทราบค่าที่แน่นอนของกำลังการผลิตที่มีอยู่ในระบบการผลิตจึงต้องทำการคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบความสามารถการผลิตของระบบการผลิต และคำนวณค่าวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของผลลัพธ์เริ่มต้น โดยค่าของวัตถุประสงค์ที่ได้ในกระบวนการนี้อาจไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะนำไปปรับปรุงในกระบวนการต่อไป โดยค่าที่ได้นี้เป็นค่าตั้งต้นในการปรับปรุงผลลัพธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3-3 กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้น

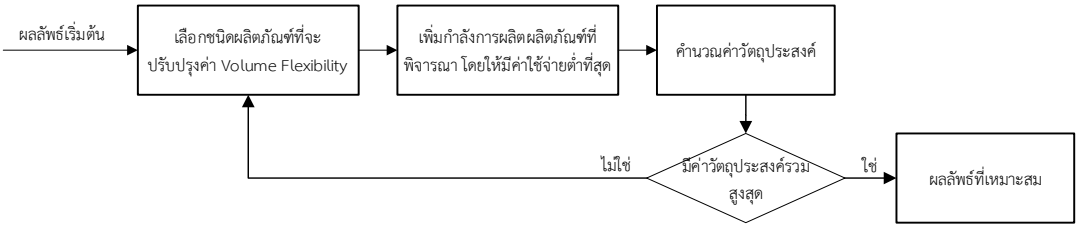
รูปที่ 3-3 กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเป็นการหาผลลัพธ์เครื่องจักรที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุด จากนั้นจึงคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด รวมถึงคำนวณค่าวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงผลลัพธ์ต่อไป และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการคำนวณค่าวัตถุประสงค์รวมเพื่อใช้การเปรียบเทียบและเลือกผลลัพธ์ที่มีค่าวัตถุประสงค์สูงที่สุด

3.6.3 แนวคิดของการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการเลือกเครื่องจักรทั้งสองด้านคือค่าใช้จ่าย (Cost) และความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) มีความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกันทำให้ผลลัพธ์ของการเลือกจักรขึ้นอยู่กับความต้องการการผลิตที่แตกต่างกัน จึงต้องหาผลลัพธ์เริ่มต้นในกระบวนการก่อนหน้าซึ่งเป็นการหาผลลัพธ์ที่มีวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายสูงที่สุด (ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด) จากนั้นจึงนำผลลัพธ์มาปรับปรุงค่าของวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ในกระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์ ทั้งนี้การปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ให้มีค่าเพิ่มขึ้นอาจจะส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตามค่าของวัตถุประสงค์รวมจะขึ้นกับการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละด้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวคิดของการปรับปรุงผลลัพธ์เริ่มต้นนั้นจะทำการพัฒนาขั้นตอนวิธี (Algorithm) โดใช้วิธีการแตกกิ่งและกำหนดขอบเขต (Branch and Bound Method) เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมของชนิดและจำนวนของเครื่องจักร โดยในกระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เริ่มต้น จะเริ่มจากการเพิ่มกำลังการผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ที่กำลังพิจารณา โดยกำหนดให้มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด ซึ่งอาจมีการเพิ่มจำนวนเครื่องจักร เปลี่ยนชนิดเครื่องจักร จัดสรรหรือจัดกลุ่มเครื่องจักรใหม่ เพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามที่ต้องการโดยใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) มาช่วยในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมในการเลือกเครื่องจักร ซึ่งทุกครั้งของการปรับปรุงผลลัพธ์ที่มีการปรับเปลี่ยนชนิดหรือจำนวนเครื่องจักรจะส่งผลให้ค่าของวัตถุประสงค์รวมเปลี่ยนแปลงไป โดยทำการปรับปรุงผลลัพธ์รอบละผลิตภัณฑ์ไปจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมตามต้องการ



รูปที่ 3-4 การปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

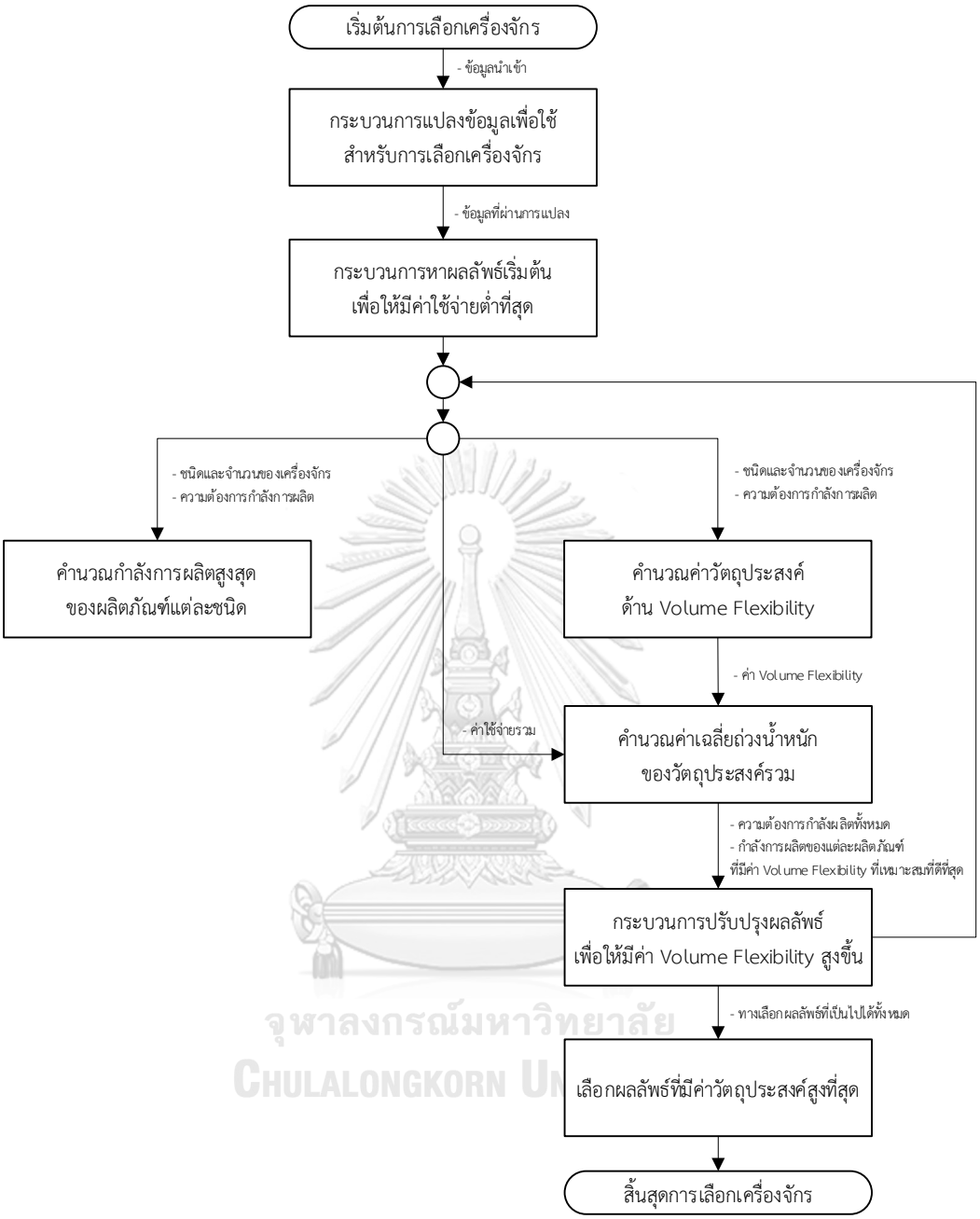
รูปที่ 3-4 การปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม เริ่มต้นจากการเลือกชนิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรับปรุงความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) จากนั้นเพิ่มกำลังการผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ที่กำลังพิจารณาโดยให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และกระบวนการสุดท้ายคำนวณค่าวัตถุประสงค์ของผลลัพธ์ และปรับปรุงผลลัพธ์จนกว่าผลลัพธ์ที่ได้จะไม่มีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เพิ่มขึ้นแล้วจึงหยุดการปรับปรุงผลลัพธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4 ขั้นตอนวิธีสำหรับการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักร

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) สำหรับการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของระบบการผลิตได้ กระบวนการเลือกเครื่องจักรที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยประกอบด้วยสามส่วนหลักคือ กระบวนการแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และกระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ในแต่ละกระบวนการมีการส่งข้อมูลต่อเนื่องกัน ดังรูปที่ 4-1 กระบวนการเลือกเครื่องจักร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4-1 กระบวนการเลือกเครื่องจักร

จากรูปที่ 4-1 กระบวนการเลือกเครื่องจักร เริ่มต้นตั้งแต่ข้อมูลที่ใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักรนำมาผ่านกระบวนการแปลงข้อมูล จากนั้นข้อมูลที่ผ่านการแปลงเรียบร้อยแล้วจะนำไปใช้ในกระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยผลลัพธ์ที่ได้คือ ชนิดและจำนวนของเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายรวม รวมถึงความต้องการกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด จะถูกนำไปคำนวณค่ากำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (จัดสรรกำลังการผลิตที่เหลือ) และคำนวณค่า

วัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ทั้งนี้ค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านจะนำมาพิจารณาร่วมกันด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก โดยมีการกำหนดความสำคัญของวัตถุประสงค์แต่ละด้านตามการให้ความสำคัญของผู้ออกแบบ เมื่อทราบค่าวัตถุประสงค์รวมของผลลัพธ์เริ่มต้นแล้ว ก็จะนำไปทำการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้มีค่าวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เพิ่มขึ้น ซึ่งในการปรับปรุงผลลัพธ์นั้นจะใช้วิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and bound algorithm) ในการปรับปรุงแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยใช้ข้อมูลความต้องการกำลังการผลิตและกำลังการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เหมาะสมที่ดีที่สุด เป็นข้อจำกัดในการปรับปรุงผลลัพธ์ของแต่ละผลิตภัณฑ์ให้มีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของระบบการผลิตเพิ่มขึ้น และเมื่อทุกกิ่งที่ทำการค้นหามีผลลัพธ์ที่มีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) สูงสุดแล้ว จึงหยุดการปรับปรุงและเลือกผลลัพธ์ที่มีค่าวัตถุประสงค์รวมสูงที่สุด

โดยผู้วิจัยจะอธิบายถึงแนวคิดในการพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับการเลือกเครื่องจักร รายละเอียดและวิธีการคำนวณวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านของการเลือกเครื่องจักร และอธิบายรายละเอียดของขั้นตอนวิธีสำหรับการแก้ไขปัญหาการเลือกเครื่องจักรตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1 แนวคิดในการพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับการเลือกเครื่องจักร

เนื่องจากการปัญหาการเลือกเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิตแบบช่วงตอนมีความซับซ้อนในการตัดสินใจเลือกชนิดและจำนวนเครื่องจักรให้เพียงพอต่อความต้องการกำลังการผลิต อีกทั้งความซับซ้อนในการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ทั้งในด้านค่าใช้จ่ายและด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้แบ่งกระบวนการเลือกเครื่องจักรออกเป็นสามส่วนหลัก ได้แก่ กระบวนการแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และกระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักรนั้นมีความหลากหลายและในแต่ละระบบการผลิตมีการให้คำนิยามค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลมาใช้จึงควรมีการจัดการกับข้อมูลให้เป็นระบบก่อนที่จะนำไปใช้ในการหาผลลัพธ์เริ่มต้น โดยแนวคิดในการหาผลลัพธ์เริ่มต้นนั้นเป็นผลมาจากวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านมีความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกันทำให้ผลลัพธ์ของการเลือกจักรขึ้นอยู่กับความต้องการการผลิตที่แตกต่างกัน รวมถึงในแต่ละระบบการผลิตอาจให้ความสำคัญวัตถุประสงค์ในแต่ละด้านที่แตกต่างกัน และการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) นั้นจากเดิมเป็นการแก้ไขปัญหาของกำหนดการไม่เชิงเส้น (Nonlinear programming) ซึ่งอาจจะไม่สามารถหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดได้เสมอไป ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการทำให้เป็นเส้นตรง (Linearization) โดยใช้หลักการของตัวแปรที่เป็นตัวแปรฐานสอง (Binary variables) ร่วมกับหลักการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) เพื่อหาค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เหมาะสมที่ดีที่สุด ดังนั้นขั้นตอนวิธีสำหรับการเลือกเครื่องจักรจึงเริ่มจากการเลือกเครื่องจักรโดยให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด จากนั้นคำนวณค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) สำหรับผลลัพธ์ที่ได้ แล้วจึงนำไปปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม โดยในกระบวนการนี้มีแนวคิดในการปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) รอบละชนิดผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการการปรับปรุงในแต่ละผลิตภัณฑ์จะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของทั้งระบบที่แตกต่างกัน จึงไม่สามารถเลือกเพียงผลิตภัณฑ์เดียวมาทำการปรับปรุงได้ โดยในการปรับปรุงจะใช้หลักการหาค่าเหมาะสมที่ดีที่สุด ในการเพิ่มกำลังการผลิตรอบละหนึ่งชิ้นโดยให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และใช้หลักการคอลัมเจนเนอร์เรชั่น (Column generation) คือการจำกัดเซตของผลลัพธ์ให้มีขนาดเล็กลงด้วยการเพิ่มสมการข้อจำกัด แล้วจึงหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาย่อย แต่อย่างไรก็ตามแนวคิดการปรับปรุงผลลัพธ์ดังกล่าวส่งผลให้ปัญหามีขนาดใหญ่และใช้เวลานานในการหาผลลัพธ์ ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้หลักการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and bound algorithm) มาช่วยในการหาผลลัพธ์เครื่องจักรที่เหมาะสม

4.2 วัตถุประสงค์ของการเลือกเครื่องจักร

วัตถุประสงค์ของการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยสองด้านคือ เพื่อให้ได้เครื่องจักรที่มีค่าใช้จ่าย (Cost) ที่เหมาะสม และเพื่อให้ระบบการผลิตมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility)

การเลือกเครื่องจักรนอกจากจะพิจารณาในด้านค่าใช้จ่ายเพื่อให้ได้เครื่องจักรที่มีการลงทุนเหมาะสมแล้ว ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ควรนำมาพิจารณาในการเลือกเครื่องจักร กรณีที่ระบบการผลิตมีความแปรปรวนของปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดต่างกัน เช่น ช่วงฤดูหนาวผู้บริโภคมีความต้องการปริมาณเสื้อกันหนาวสูงขึ้นส่งผลให้ต้องจัดสรรกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์อื่นไปทำการผลิตเสื้อกันหนาวก่อน และเมื่อเข้าสู่สภาวะปกติระบบการผลิตจะต้องสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดตามที่กำหนดได้ เป็นต้น ความสามารถดังกล่าวทำให้ระบบการผลิตมีความยืดหยุ่นของกำลังการผลิตในการตอบสนองต่อความต้องการของผลิตภัณฑ์ได้ โดยวิธีการคำนวณค่าวัตถุประสงค์แต่ละด้านมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การคำนวณวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย (Cost)

วัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยสามด้านได้แก่ ราคาเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยค่าใช้จ่ายแต่ละด้านมีวิธีการคำนวณดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ราคาเครื่องจักร (Machine cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเลือกเครื่องจักรทั้งหมด ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของราคาเครื่องจักรแต่ละชนิดคูณกับจำนวนของเครื่องจักรที่ถูกเลือก
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operating cost) คือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากผลรวมของจำนวนรอบที่ทำการผลิตของผลิตภัณฑ์คูณกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตของแต่ละกระบวนการใดใดของแต่ละผลิตภัณฑ์ บนเครื่องจักรแต่ละชนิด
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance cost) คือค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักรทั้งหมดทุกชนิด

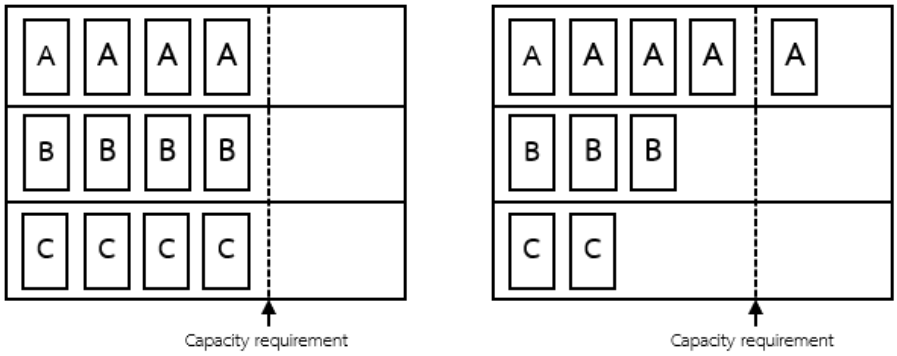
ผลรวมของค่าใช้จ่ายข้างต้นทั้งสามจะถูกกำหนดให้เป็นค่าวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเลือกเครื่องจักร ทั้งนี้เพื่อหาผลลัพธ์ของเครื่องจักรเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามต้องการและมีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องต่ำที่สุด จากนั้นจะปรับค่าวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายให้มีค่าอยู่ระหว่างหนึ่งถึงศูนย์ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility)

4.2.2 การคำนวณวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility)

การคำนวณวัตถุประสงค์ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดนี้เป็นการคำนวณความสามารถของระบบการผลิตในการตอบสนองต่อความแปรปรวนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด กรณีที่สัดส่วนของปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป เช่น กรณีที่ระบบการผลิตมีปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์ชนิด A เพิ่มขึ้นร้อยละ 20 จากปริมาณความต้องการที่ออกแบบ เพื่อพิจารณาว่ากำลังการผลิตที่มีจะสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่แปรปรวนนี้ได้หรือไม่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องจักรในระบบการผลิตว่ามีกำลังการผลิตเหลือและสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ร่วมกับผลิตภัณฑ์อื่นได้หรือไม่ เช่น หากผลิตภัณฑ์ชนิด A มีการใช้เครื่องจักรร่วมกับผลิตชนิดอื่น ก็อาจจะสามารถดึงกำลังการผลิตมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด A ก่อนได้ แต่หากเครื่องจักรใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดอย่างชัดเจน (Dedicated line) จะไม่สามารถใช้กำลังการผลิตที่เหลืออยู่ของผลิตภัณฑ์อื่นมาใช้ตอบสนองต่อความต้องการของผลิตภัณฑ์ A ที่เพิ่มขึ้นได้ เป็นต้น ดังนั้นหากค่าใช้จ่ายในการลงทุนเครื่องจักรเท่ากันแต่เลือกชนิดของเครื่องจักรต่างกัน ก็จะส่งผลต่อความสามารถในการตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการผลิตภัณฑ์ได้แตกต่างกัน

ความไม่แน่นอนที่พิจารณาในงานวิจัยนี้เป็นความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนหรือปริมาณในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เช่น เมื่อความต้องการผลิตภัณฑ์ชนิด A เพิ่มขึ้นและเราจัดสรรกำลังการผลิตสำหรับลิตภัณฑ์อื่นที่มีไปทำการผลิตผลิตภัณฑ์ A ซึ่งจะส่งผลให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ชนิด B และ C ได้ลดลง ณ ขณะหนึ่ง ซึ่งอาจจะสามารถรองรับความต้องการของผลิตภัณฑ์ชนิด B และ C ได้ แต่หากเมื่อความต้องการผลิตภัณฑ์ชนิด A เพิ่มขึ้นสูงขึ้นหรือมีการเพิ่มขึ้นในระยะยาว รวมถึงผลิตภัณฑ์ชนิด B และ C มีแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตอย่างถาวร อาจจะต้องพิจารณาเพิ่มกำลังการผลิตต่อไป โดยการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการ

เปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ ซึ่งลักษณะปัญหาในอย่างหลังนี้จะไม่ถูกพิจารณาในงานวิจัยนี้รูปที่ 4-2 แสดงตัวอย่างความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่พิจารณาในงานวิจัยนี้



รูปที่ 4-2 ตัวอย่างของความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์

ความต้องการกำลังการผลิตที่ออกแบบ (รูปซ้าย) และความแปรปรวนของความต้องการ (ขวา)

จากรูปที่ 4-2 ตัวอย่างของความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์สามชนิดคือ ผลิตภัณฑ์ A B และ C โดยความต้องการกำลังการผลิตที่ออกแบบในการออกแบบดังรูปซ้ายและกำลังการผลิตที่สามารถปรับเปลี่ยนเพื่อรองรับความแปรปรวนความต้องการได้ในรูปซ้าย โดยผลิตภัณฑ์ทั้งสามมีการใช้กำลังการผลิตร่วมกัน เมื่อความต้องการของผลิตภัณฑ์ชนิด A เพิ่มขึ้นมากกว่ากำลังการผลิตที่ได้ออกแบบไว้ จึงปรับการจัดสรรกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ชนิด B และ C เพื่อนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ A ที่เพิ่มขึ้นและส่งผลให้กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ชนิด B และ C ลดลง แล้วเป็นการสูญเสียโอกาสในการผลิต จากตัวอย่างจะพบว่าการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด A เพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ชนิด B และ C สูญเสียโอกาสในการผลิตหนึ่งและสองหน่วยตามลำดับ

การคำนวณค่าวัตถุประสงค์ในด้านนี้ใช้หลักการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) และหลักการของตัวแปรที่เป็นตัวแปรฐานสอง (Binary Variables) มาช่วยในการตัดสินใจ เพื่อให้มีคะแนนของวัตถุประสงค์สูงที่สุด ซึ่งเกิดจากการแลกเปลี่ยนกันระหว่างคะแนนที่ได้รับหาก สามารถเพิ่มกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ที่กำลังพิจารณาได้เพิ่มขึ้น และคะแนนจะลดลงจากการที่ผลิตภัณฑ์อื่นสูญเสียโอกาสในการผลิต เพื่อให้เกิดความคุ้มค่า

การคำนวณค่าวัตถุประสงค์ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เป็นความสัมพันธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

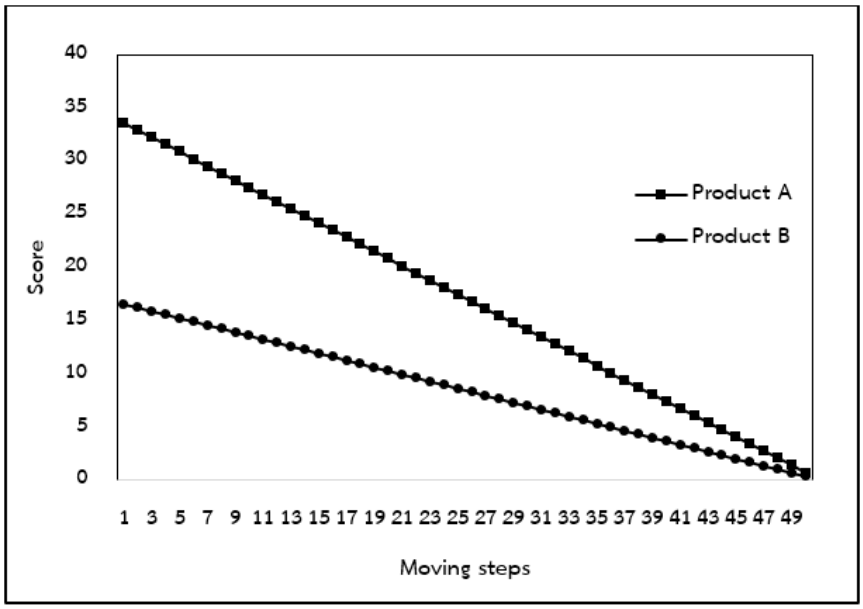
ของการแลกเปลี่ยนกันระหว่างคะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด i ที่เพิ่มขึ้น กับคะแนนที่ลดลงจากการเสียโอกาสในการผลิตของผลิตภัณฑ์ j ผู้วิจัยแบ่งคะแนนเป็นสองส่วนได้แก่ คะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ชนิด i และคะแนนที่สูญเสียไปจากกำลังการผลิตที่ลดลงของผลิตภัณฑ์ชนิด j โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

- คะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ชนิด i (Benefit score)

คะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ชนิด i คือคะแนนที่คำนวณจากความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด i ได้เพิ่มขึ้นจากความต้องการกำลังการผลิต (Capacity requirement) ที่ออกแบบ กรณีที่ระบบการผลิตมีความต้องการกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าต้องการกำลังการผลิตที่ออกแบบไว้ และระบบการผลิตมีความสามารถในการตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้นั้น แสดงว่าส่วนที่ทำการผลิตได้เพิ่มเป็นประโยชน์ต่อระบบการผลิต โดยผู้ประกอบการสามารถกำหนดคะแนนของความสามารถในการผลิตที่เพิ่มขึ้นได้ตามความเหมาะสมของแต่ละผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอตัวอย่างของฟังก์ชั่นคะแนนสองรูปแบบ ได้แก่ ฟังก์ชั่นเชิงเส้น (Linear function) และฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ (Normal distribution function) ในแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังนี้

<u>รูปแบบฟังก์ชั่นเชิงเส้น</u>

ความสัมพันธ์ของกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์กับคะแนนที่กำหนดในรูปแบบนี้จะมีลักษณะความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง โดยในแต่ละระดับขั้น (Step) ของกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นจะมีความสำคัญที่เท่ากัน ทั้งนี้ในแต่ละขั้นจะถูกกำหนดด้วยจำนวนชิ้นของผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ในแต่ละชนิดสามารถกำหนดรูปแบบของฟังก์ชั่นเชิงเส้นให้มีลักษณะแตกต่างกันได้ จากสมการเส้นตรง $y = mx + c$ โดยที่ y คือคะแนนที่ได้รับ (Benefit score) x คือลำดับขั้น (Step) และค่าคงที่ m และ c ต้องเป็นจำนวนจริงที่ $m \neq 0$ ซึ่งการกำหนดคะแนนของแต่ละผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดสามารถกำหนดค่าคงที่ m และ c ได้ตามที่ต้องการ เช่น ให้ความสำคัญของกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ A มากกว่าผลิตภัณฑ์ B สองเท่า สามารถกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ B มีค่าความสำคัญเป็นหนึ่ง $(m_B = 1)$ แล้วจึงกำหนดให้ m_A มีค่าเป็นสอง $(m_A = 2)$ ซึ่งหมายความว่าคะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นจากความต้องการกำลังในแต่ละลำดับขั้น คะแนนของผลิตภัณฑ์ A จะมากกว่าผลิตภัณฑ์ B สองเท่า



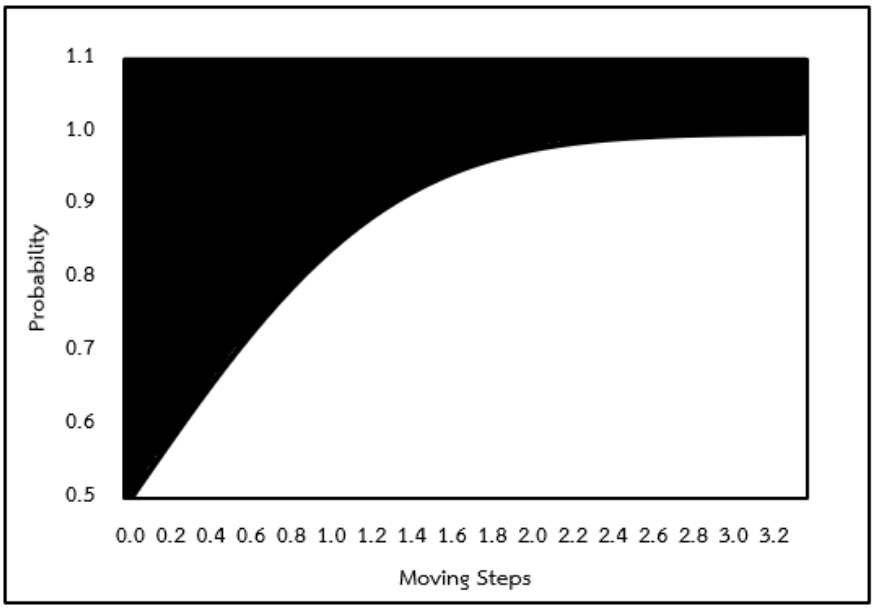
รูปที่ 4-3 คะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบฟังก์ชั่นเชิงเส้น

จากรูปที่ 4-3 คะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบฟังก์ชั่นเชิงเส้น จะเห็นได้ว่าความสามารถในการผลิตได้เพิ่มขึ้นช่วงแรกจะได้คะแนนสูงกว่าช่วงหลัง เนื่องจากผู้วิจัยใช้แนวคิดที่ว่า ความแปรปรวนของปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้นในช่วงแรกมีความถี่กว่าในการเกิดขึ้นบ่อยครั้งกว่าในช่วงหลัง เช่น กำลังการผลิตที่ใช้ในการเลือกเครื่องจักรสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด A จำนวน 100 ชิ้น แต่คำสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ชนิด A มีความต้องการ 102 105 หรือ 110 ชิ้น บ่อยครั้ง จึงทำให้เราให้คะแนนช่วงแรกสูงกว่าช่วงหลัง เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>รูปแบบฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ</u>

ความสัมพันธ์ของกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์กับคะแนนที่ได้รับของรูปแบบฟังก์ชั่นการแจกแจงปกตินี้ เกิดจากแนวคิดของการให้ความสำคัญกับจำนวนชิ้นที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นในช่วงแรกจะมีคะแนนสูงกว่าจำนวนชิ้นที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นในช่วงหลัง เนื่องจากความน่าจะเป็นของปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ (Demand) ในช่วงแรกจะมีความแปรปรวนมากกว่าทำให้ลักษณะของพื้นที่ที่ใช้แสดงค่าของคะแนนในแต่ละชิ้นของกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น และมีค่าเท่ากับพื้นที่เหนือกราฟฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสม (Cumulative distribution function) โดยเริ่มตั้งแต่ค่าเฉลี่ย (Mean) ที่นำมาใช้ในการเลือกเครื่องจักร ไปทางด้านขวาของกราฟ รูปที่ 4-4 คะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ



รูปที่ 4-4 คะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ

จากรูปที่ 4-4 คะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ จะเห็นได้ว่าความสามารถในการผลิตได้เพิ่มขึ้นช่วงแรกจะได้คะแนนสูงกว่าช่วงหลัง โดยในช่วงหลังคะแนนเกือบจะคงที่ เนื่องจากผู้วิจัยมีแนวคิดที่ว่า ความแปรปรวนของปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้นในช่วงแรกมีความถี่สูงมากและช่วงหลังมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก

- คะแนนที่เสียไปจากกำลังการผลิตที่ลดลงของผลิตภัณฑ์ชนิด j (Penalty score)

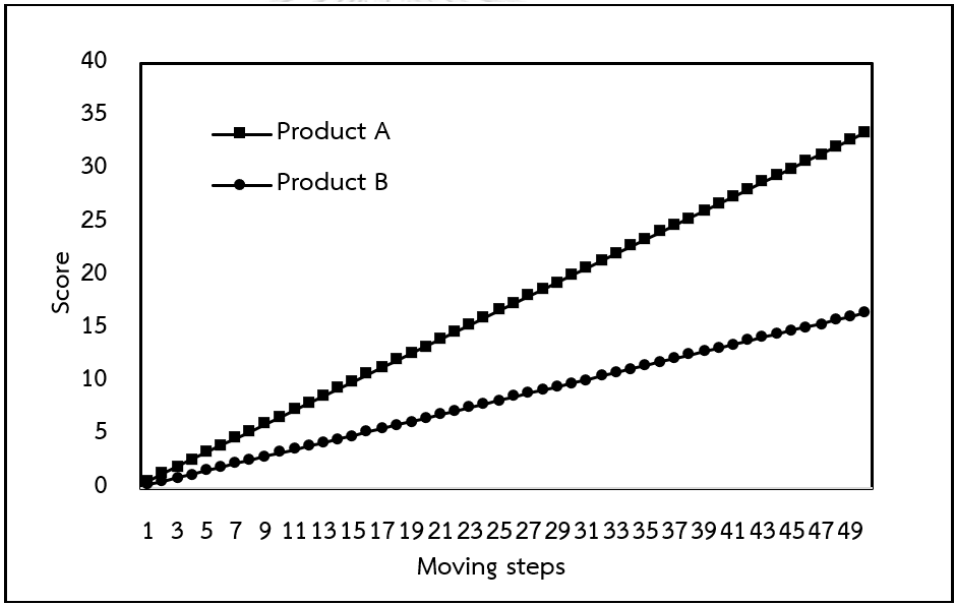
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คะแนนที่คำนวณจากความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด j ลงลงจากความต้องการกำลังการผลิต (Capacity requirement) เป็นคะแนนที่ใช้แทนค่าเสียโอกาสในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด j ซึ่งส่งผลในด้านลบต่อระบบการผลิตโดยรวม คะแนนในส่วนนี้จะนำไปลบออกจากผลรวมคะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น โดยผู้ประกอบการสามารถกำหนดคะแนนของความสามารถในการผลิตที่เสียไปตามความเหมาะสมของแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ A มีราคาขายที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ B ดังนั้นหากมีคำสั่งซื้อของผลิตภัณฑ์ A แล้วระบบการผลิตไม่สามารถตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้ก็จะมีแนวโน้มของค่าเสียโอกาสเกิดขึ้นมากกว่า โดยผู้ประกอบการอาจกำหนดให้คะแนนสำหรับค่าเสียโอกาสของผลิตภัณฑ์ A สูงกว่าผลิตภัณฑ์ B ได้ และนอกจากปัจจัยในด้านราคาขายแล้ว ผู้ประกอบการสามารถพิจารณาจากปัจจัยอื่น เช่น ความพึงพอใจของลูกค้าหรือความน่าเชื่อถือของ

ผู้ประกอบการ เป็นต้น งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างของฟังก์ชั่นคะแนนสองรูปแบบ ได้แก่ ฟังก์ชั่นเชิงเส้น (Linear function) และฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ (Normal distribution) ในแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังนี้

<u>รูปแบบฟังก์ชั่นเชิงเส้น</u>

ความสัมพันธ์ของกำลังการผลิตที่ลดลงของผลิตภัณฑ์กับคะแนนที่กำหนดจะมีลักษณะความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงเช่นเดียวกับคะแนนที่ได้รับที่ได้กล่าวถึงไปข้างต้น โดยที่คะแนนที่ได้รับและคะแนนที่เสียไปสามารถมีความชันของเส้นตรงที่แตกต่างกันได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ A มีราคาขายที่สูงแต่หากไม่สามารถขายได้ก็ไม่ได้เกิดผลเสียที่เป็นสัดส่วนเดียวกับคะแนนที่ได้รับ จึงสามารถกำหนดให้มีฟังก์ชั่นคะแนนแตกต่างกันได้



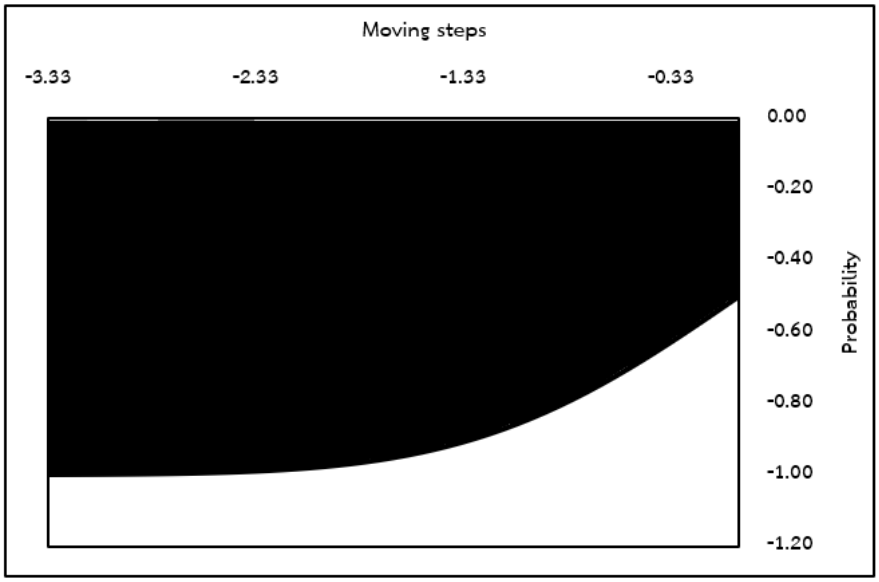
รูปที่ 4-5 คะแนนที่เสียไปจากกำลังการผลิตที่ลดลงในรูปแบบฟังก์ชั่นเชิงเส้น

จากรูปที่ 4-5 คะแนนที่เสียไปจากกำลังการผลิตที่ลดลงในรูปแบบฟังก์ชั่นเชิงเส้น จะเห็นได้ว่ากำลังการผลิตที่สูญเสียไปในช่วงแรกจะเสียคะแนนน้อยกว่าช่วงหลัง เนื่องจากผู้วิจัยใช้แนวคิดที่ว่า หากไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการที่ขาด 1% จะส่งผลกระทบรุนแรงน้อยกว่า 50% เช่น ความต้องการกำลังการผลิตที่ใช้ในการเลือกเครื่องจักรสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด A จำนวน 100 ชิ้น และมีคำสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ชนิด A มีความต้องการ 100 ชิ้น

พอดี แต่ระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด A ได้เพียง 99 ชิ้น ก็จะส่งผลน้อยกว่าการผลิตได้เพียง 50 ชิ้น จึงทำให้คะแนนช่วงแรกต่ำกว่าช่วงหลัง เป็นต้น

<u>รูปแบบฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ</u>

ความสัมพันธ์ของกำลังการผลิตที่ลดลงของผลิตภัณฑ์กับคะแนนที่กำหนดในรูปแบบนี้จะใช้แนวคิดที่ว่า กำลังการผลิตที่ถูกนำไปใช้ในช่วงแรกจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการตอบสนองต่อปริมาณความต้องการน้อยกว่ากำลังการผลิตที่ถูกนำไปใช้ในช่วงหลัง เนื่องจากกำลังการผลิตที่มีอยู่ในระบบการผลิตในช่วงแรกเพียงพอที่จะสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองต่อปริมาณความต้องการได้ในระดับหนึ่ง แต่หากกำลังการผลิตถูกนำไปใช้จนหมดจะทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้อย่างแน่นอน ส่งผลให้กำลังการผลิตที่ถูกนำไปใช้ในช่วงหลังมีค่าคะแนนสูงกว่าในช่วงแรก ดังนั้นพื้นที่ที่ใช้แสดงค่าของคะแนนในแต่ละชิ้นของกำลังการผลิตที่ลดมีค่าเท่ากับพื้นที่เหนือกราฟฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสม (Cumulative distribution function) โดยเริ่มตั้งแต่ค่าเฉลี่ย (Mean) ไปทางด้านซ้ายของกราฟ



รูปที่ 4-6 คะแนนที่เสียไปจากกำลังการผลิตที่ลดลงในรูปแบบฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ

จากรูปที่ 4-6 คะแนนที่เสียไปจากกำลังการผลิตที่ลดลงในรูปแบบฟังก์ชั่นการแจกแจงปกติ จะเห็นได้ว่ากำลังการผลิตที่สูญเสียไปในช่วงแรกจะเสียคะแนนมากกว่าช่วงหลัง

เนื่องจากผู้วิจัยใช้แนวคิดที่ว่าความแปรปรวนของปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้นในช่วงแรกมีความถี่สูงมากและช่วงหลังมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก

จากวิธีการคำนวณค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของแต่ละผลิตภัณฑ์นั้น เมื่อคำนวณครบทุกผลิตภัณฑ์แล้ว ให้นำค่าที่คำนวณได้จากทุกผลิตภัณฑ์มารวมกันเป็นค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในระบบการผลิต จากนั้นนำไปคำนวณในสมการวัตถุประสงค์รวมในหัวข้อ 4.4.3 การคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักวัตถุประสงค์ โดยค่าวัตถุประสงค์ในด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) จะถูกปรับให้อยู่ระหว่างศูนย์ถึงหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อให้วัตถุประสงค์ทั้งสองด้านสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

ตารางที่ 4-1 ตัวอย่างการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ด้าน Volume flexibility

ชนิดผลิตภัณฑ์	**ค่า Volume flexibility ของแต่ละผลิตภัณฑ์**	**ค่า Volume flexibility ของระบบการผลิต**
A	504.7	962.3
B	288.6	
C	169	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-1 ตัวอย่างการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ด้าน Volume flexibility เริ่มจากการคำนวณค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในคอลัมภ์ที่สองก่อน แล้วนำผลรวมของทุกแถวมารวมกันได้เป็นค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ทุกชนิดในระบบการผลิตในคอลัมภ์สุดท้าย

4.2.3 การกำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ (Objective Weight)

การกำหนดค่าน้ำหนักวัตุประสงค์เป็นส่วนที่มีความสำคัญสำหรับการเลือกเครื่องจักร เนื่องจากวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านของการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้มีความสัมพันธ์แบบแลกเปลี่ยนกัน ซึ่งหากกำหนดให้ค่าความสำคัญด้านใดด้านหนึ่งมากกว่าอีกด้านจะส่งผลให้ผลลัพธ์ของจำนวน

และชนิดของเครื่องจักรแตกต่างกัน รวมถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเลือกเครื่องจักรและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ก็จะแตกต่างกันตามการกำหนดค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์ในแต่ละด้าน

ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางและปัจจัยที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาการให้ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ในแต่ละด้านตามลักษณะของระบบการผลิตที่ผู้ประกอบการต้องการดังนี้

- ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย (Cost)

วัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายเป็นวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญที่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่พิจารณาเป็นลำดับแรกในการออกแบบระบบการผลิต ซึ่งค่าใช้จ่ายหลักของการออกแบบระบบการผลิตคือ การเลือกเครื่องจักรเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการกำลังการผลิตและให้มีเงินลงทุนต่ำ ในบางครั้งของการออกแบบระบบการผลิตอาจให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรเพียงด้านเดียว

- ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ (Volume flexibility)

ระบบการผลิตที่มีความแปรปรวนของปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์สูง สัดส่วนของปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงไปได้ตามคำสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ (Product order) จึงต้องมีการวางแผนการผลิตรวมถึงการปรับเปลี่ยนหน้าที่ของเครื่องจักรบ่อยครั้ง ซึ่งระบบการผลิตลักษณะดังกล่าวประกอบไปด้วยเครื่องจักรที่มีความสามารถหลากหลายทั้งในด้านความสามารถการผลิตหลายชนิดผลิตภัณฑ์และกระบวนการ เช่น ระบบการผลิตแบบช่วงตอน (Intermittent manufacturing system) ที่มีลักษณะผลิตตามคำสั่งซื้อเป็นครั้งหรือมีการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดเป็นรอบ เป็นต้น โดยผู้ประกอบการของระบบการผลิตรูปแบบนี้มักมีการให้ความสำคัญกับความสามารถในการตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไป ทั้งนี้ผู้ประกอบการสามารถกำหนดค่าวัตถุประสงค์ในด้านนี้ได้ด้วยตนเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 กระบวนการแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักร

การแปลงข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้เป็นการกำหนดเกณฑ์เพื่อช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถนำข้อมูลมาใช้ได้อย่างถูกต้องและช่วยลดเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ แต่อย่างไรก็ตามเกณฑ์ที่กำหนดใช้สำหรับกระบวนการแปลงข้อมูลก่อนนำไปหาผลลัพธ์โดยใช้ขั้นตอนวิธีในงานวิจัยนี้เท่านั้น ทั้งนี้หากนำกระบวนการแปลงข้อมูลนี้ไปใช้ในขั้นตอนวิธีอื่นอาจได้ผลลัพธ์ที่ไม่เหมาะสม ซึ่งกระบวนการแปลงข้อมูลนี้เป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่องกัน กล่าวคือลำดับของการแปลงข้อมูลในแต่ละส่วนมีความสำคัญเพราะข้อมูลที่ผ่านการแปลงในส่วนก่อนหน้าจะต้องนำไปใช้ในการแปลงข้อมูลในส่วนถัดไป

กระบวนการแปลงข้อมูลประกอบด้วยสามขั้นตอนได้แก่ การแปลงข้อมูลพื้นฐานผลิตภัณฑ์และกระบวนการ การแปลงข้อมูลรายการเครื่องจักร และการแปลงข้อมูลข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 3-2 กระบวนการแปลงข้อมูล

กระบวนการแปลงข้อมูลจะเริ่มตั้งแต่การแปลงข้อมูลผลิตภัณฑ์ให้เป็นผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด จากนั้นจะนำไปใช้ในการแปลงกระบวนการผลิตให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนด และข้อมูลของกระบวนการผลิตจะถูกนำไปใช้ในการแปลงเป็นชนิดของเครื่องจักร เพื่อเป็นการกำหนดว่าเครื่องจักรแต่ละชนิดสามารถทำการผลิตกระบวนการใดได้บ้าง จากนั้นจึงทำการแปลงข้อจำกัดของระบบการผลิตเป็นขั้นตอนสุดท้าย กระบวนการแปลงข้อมูลนั้นจะต้องเรียงลำดับตามแผนผังที่แสดง เมื่อทำการแปลงข้อมูลครบทั้งหมดจึงจะนำไปใช้ในกระบวนการเลือกเครื่องจักรได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.1 ข้อมูลที่ใช้สำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักร

ความหลากหลายของอุตสาหกรรมการผลิตนั้นส่งผลให้ระบบการผลิตของแต่ละอุตสาหกรรมมีลักษณะที่แตกต่างกัน รวมถึงข้อมูลชนิดผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตที่ใช้ในระบบการผลิตก็ย่อมมีความแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นในกระบวนการเลือกเครื่องจักรจึงต้องมีรายการข้อมูลที่ผู้ออกแบบจะต้องสามารถกำหนดค่าเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเลือกเครื่องจักรได้ ทั้งนี้ข้อมูลบางส่วนที่ได้รับมานั้นจะต้องนำไปผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้ในการหาผลลัพธ์ ซึ่งรายละเอียดของการแปลงข้อมูลนั้นจะกล่าวในหัวข้อกระบวนการแปลงข้อมูลในส่วนถัดไป โดยข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการเลือกเครื่องจักรประกอบไปด้วยสี่ส่วนหลักได้แก่

- ข้อมูลพื้นฐานผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต
  1. ชื่อของผลิตภัณฑ์ คือ ชนิดหรือกลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการผลิต
  2. ความต้องการกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ คือ กำลังการผลิตที่ต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งจะใช้ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความปริมาณความต้องการ (SD) (Mean and Standard deviation) เขียนแทนด้วย $\bar{x} \pm SD$
  3. ความต้องการกำลังการผลิตมากที่สุดของผลิตภัณฑ์ คือ กำลังการผลิตที่ต้องการสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่คาดว่าจะต้องทำการผลิตได้
  4. ความต้องการกำลังการผลิตขั้นต่ำของผลิตภัณฑ์ คือ กำลังการผลิตที่ต้องการต่ำสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ควรทำการผลิตได้
  5. กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ คือ การแปลงจากวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
  6. ชนิดชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับในแต่ละกระบวนการ คือ ชนิดชิ้นส่วนระหว่างการผลิตของแต่ละกระบวนการ โดยเริ่มต้นจากวัตถุดิบจนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
  7. จำนวนชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับในแต่ละกระบวนการ คือ จำนวนของชิ้นส่วนระหว่างการผลิตของแต่ละกระบวนการ โดยเริ่มต้นจากวัตถุดิบจนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ข้อมูลรายการเครื่องจักร
  1. ชื่อของเครื่องจักร คือ รายการเครื่องจักรที่คัดกรองมาให้เป็นตัวเลือก
  2. ชนิดกระบวนการที่สามารถทำการผลิตได้ คือ ความสามารถของเครื่องจักรแต่ละชนิด
  3. ระยะเวลาของการทำงานของกระบวนการหนึ่งรอบ คือ เวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบ เช่น การอบขนมปังหนึ่งรอบได้ขนมปังจำนวน 30 ชิ้น ใช้เวลา 15 นาที
  4. ค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรได้แก่ ราคาเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
  5. ร้อยละอรรถประโยชน์ของเครื่องจักร คือ ร้อยละของเวลาที่เครื่องจักรสามารถดำเนินการผลิตได้จริง

- ข้อมูลข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักร
    1. ระยะเวลาในการผลิต คือ เวลาที่ใช้ในการผลิตในหนึ่งวัน เช่น 8 16 หรือ 24 ชั่วโมง
    2. งบประมาณการลงทุน คือ จำนวนเงินลงทุนสูงที่สุดของการซื้อเครื่องจักรตอนต้นคาบของระบบการผลิต
    3. ข้อจำกัดในการผลิต คือ ข้อจำกัดของการรวมสายการผลิต เช่น ระบบการผลิตไก่ซึ่งเป็นอาหารประเภทฮาลาลห้ามทำการผลิตรวมกับเนื้อหมู ดังนั้นห้ามใช้เครื่องจักรร่วมกัน
    4. จำนวนเครื่องจักรสูงที่สุดแต่ละชนิด คือ การกำหนดจำนวนเครื่องจักรชนิดที่ต้องการให้มีอยู่ในระบบการผลิต

- ข้อมูลค่าน้ำหนักและฟังก์ชั่นคะแนน
    1. ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านได้แก่ วัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย และวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์
    2. ค่าน้ำหนักความสำคัญของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Priority weight)
    3. ฟังก์ชั่นคะแนนของการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ (Score function)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลทั้งสี่ส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเลือกเครื่องจักรจะต้องถูกนำมาแปลงก่อนที่จะกรอกลงในตารางบันทึกข้อมูลที่ใช้สำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันระหว่างผู้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและผู้ที่ต้องการเลือกเครื่องจักร ในบางกรณีอาจจะไม่ใช่บุคคลเดียวกัน หากไม่มีการสื่อสารกันอย่างถูกต้องอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการรวบรวมข้อมูล ทำให้ผู้ออกแบบไม่ได้รับข้อมูลที่ถูกต้องสำหรับการเลือกเครื่องจักร อันเป็นผลให้ผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่ถูกเลือกไม่เหมาะสมต่อระบบการผลิต โดยจะแสดงตัวอย่างของตารางบันทึกข้อมูลที่ใช้สำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักรในส่วนแต่ละส่วนของการแปลงข้อมูล

4.3.2 การแปลงข้อมูลพื้นฐานผลิตภัณฑ์และกระบวนการ

ข้อมูลพื้นฐานผลิตภัณฑ์และกระบวนการมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เมื่อเราทราบปริมาณความต้องการของกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแล้ว เราจะต้องทราบว่าผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีกระบวนการผลิตอย่างไร ซึ่งผลิตภัณฑ์บางชนิดมีกระบวนการผลิตเหมือนกัน เราสามารถพิจารณาร่วมกันโดยกำหนดให้เป็นผลิตภัณฑ์เดียวกันก่อนที่จะนำมาทำการเลือกเครื่องจักร

- การแปลงข้อมูลชนิดผลิตภัณฑ์

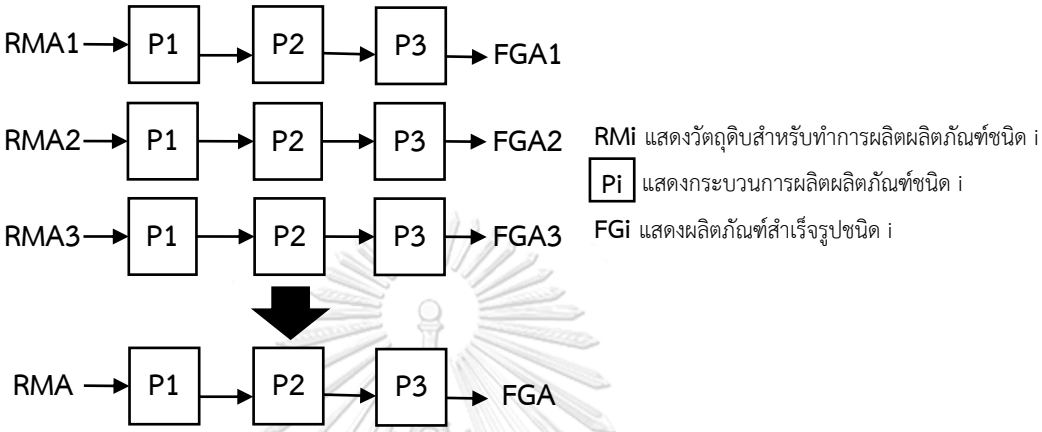
เนื่องจากระบบการผลิตโดยทั่วไปแล้วมีการรองรับการผลิตผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด ซึ่งการกำหนดชนิดผลิตภัณฑ์ในแต่ละอุตสาหกรรมมีความแต่งต่างกัน การเลือกเครื่องจักรจึงต้องมีการนิยามชนิดของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับขั้นตอนวิธีสำหรับการหาผลลัพธ์ โดยการกำหนดชนิดของผลิตภัณฑ์มีหลักเกณฑ์ที่นำมาพิจารณาทั้งหมดสองด้าน ได้แก่

1. กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์
2. เวลาปรับตั้งของการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่นำมาพิจารณาจะถูกกำหนดเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันในกรณีที่มีกระบวนการผลิตเหมือนกันและไม่มีเวลาปรับตั้งของการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ โดยผู้วิจัยจะยกตัวอย่างปัญหาการเลือกเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิตขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises) ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่มีจำนวนมากในประเทศไทย เพื่อให้ทำให้เกิดความเข้าใจในการจัดการกับปัญหาตั้งแต่กระบวนการแรกคือ กระบวนการแปลงข้อมูลจนได้มาซึ่งผลลัพธ์ของเครื่องจักร โดยปัญหาที่จะนำมาเป็นตัวอย่างมีดังนี้

ระบบการผลิตหนึ่งต้องทำการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้ระบบการผลิตสามารถทำการผลิตได้ตามความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยจากคำกล่าวของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ได้แจ้งว่า มีผลิตภัณฑ์ทั้งหมดแปดชนิดแบบประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์ชนิด A1, A2, A3, B1, B2, C1, C2 และ C3 มีความต้องการกำลังการผลิตวันละ 20, 20, 10, 60, 40, 100, 30, 20 ชิ้น ตามลำดับ ในหนึ่งวันดำเนินการผลิตแปดชั่วโมง (480 นาที) ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีกระบางกระบวนการที่มีการผลิตเหมือนกัน ทั้งนี้รายการเครื่องจักรที่ได้คัดเลือกจากบริษัทหนึ่งมีทั้งหมดสิบรายการ โดยเครื่องจักรแต่ละชนิดมีความสามารถในการผลิต

กระบวนการ เวลาที่ใช้ดำเนินการผลิต หรือราคาเครื่องจักรที่แตกต่างกัน ผู้ที่ออกแบบต้องการที่จะเลือกเครื่องจักรให้เหมาะสมกับระบบการผลิต โดยเครื่องจักรที่เลือกมาจะต้องสามารถรองรับความแปรปรวนของปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ได้ รวมถึงค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรต้องมีความเหมาะสม



รูปที่ 4-7 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลชนิดผลิตภัณฑ์

รูปที่ 4-7 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลชนิดผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์บางชนิดสามารถจัดเป็นกลุ่มเดียวกันได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ชนิด A1, A2 และ A3 มีกระบวนการผลิตเหมือนกัน และเมื่อจะสลับการผลิตก็มีเวลาปรับตั้งของการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดสามารถรวมเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันได้คือ ผลิตภัณฑ์ชนิด A และรวมปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์ทั้งสามได้ทั้งหมด 50 ชิ้น ก่อนนำข้อมูลไปทำการเลือกเครื่องจักร เป็นต้น

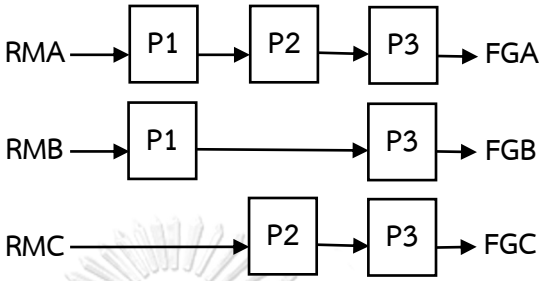
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- การแปลงข้อมูลกระบวนการผลิต

จากข้อมูลพื้นฐานผลิตภัณฑ์ในส่วนของกระบวนการที่ทำการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ให้ทำการแปลงกระบวนการผลิตโดยใช้หลักเกณฑ์ในการกำหนดกระบวนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์นั้นมีทั้งหมดสามด้านได้แก่

1. ชนิดของชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับของผลิตภัณฑ์
2. จำนวนของชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับของผลิตภัณฑ์
3. เวลาปรับตั้งของการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์

กระบวนการที่นำมาพิจารณาหากมีเกณฑ์ที่แตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งด้าน จะถูกกำหนดให้เป็นกระบวนการที่แตกต่างกัน การแปลงข้อมูลกระบวนการผลิตนั้นจะทำการพิจารณาผลิตภัณฑ์ทีละชนิด เช่น กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กระจกในแต่ละขนาดจะมีประเภทของกระบวนการ รวมถึงชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับในแต่ละกระบวนการดังนี้

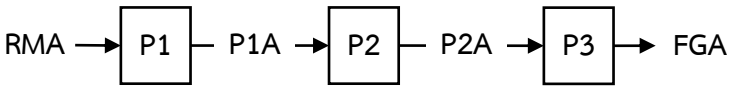


รูปที่ 4-8 ตัวอย่างกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A B และ C

รูปที่ 4-8 ตัวอย่างกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A B และ C ประกอบด้วยการกำหนดชนิดของชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับในแต่ละกระบวนการ โดย RMA RMB และ RMC เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสาม ผ่านกระบวนดังรูปและได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป FGA FGB และ FGC ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้งสามเกิดการรวมกลุ่มชนิดผลิตภัณฑ์จากหกชนิดให้เหลือเพียงสามชนิด โดยการรวมกลุ่มผลิตภัณฑ์นี้มีประโยชน์ต่อระบบการผลิตที่มีชนิดผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย หากต้องทำการกรอกข้อมูลของทุกผลิตภัณฑ์จะทำให้สูญเสียเวลาในการรวบรวมข้อมูลและเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ แต่อย่างไรก็ตามหากระบบการผลิตมีความหลากหลายของชนิดผลิตภัณฑ์ต่ำ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรสามารถกรอกข้อมูลของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดได้ โดยไม่จำเป็นต้องผ่านการแปลงข้อมูล

เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรสามารถกรอกข้อมูลได้สะดวกและเป็นระบบมากขึ้นและป้องกันความผิดพลาดในกระบวนการหาผลลัพธ์ ผู้วิจัยได้นำเสนอทางเลือกโดยการกำหนดสัญลักษณ์เพื่อใช้แทนชื่อของผลิตภัณฑ์ดังนี้ กำหนดให้ RMX แทนชนิดของวัตถุดิบ โดยที่ RM แทนวัตถุดิบ (Raw Material) สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์นั้น ๆ และ X แทนชนิดของวัตถุดิบ เช่น สัญลักษณ์ RMA แทนวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ A และสัญลักษณ์ RMB แทนวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ B เมื่อวัตถุดิบได้ผ่านการผลิตในกระบวนการที่ 1 จะได้ชิ้นส่วนระหว่างการผลิต โดยกำหนดให้ใช้สัญลักษณ์ PXN แทนชิ้นส่วนระหว่างการผลิต (Work In Process) โดยที่ P แทนชิ้นส่วนระหว่างกระบวนการ และ N คือชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการผลิตในกระบวนการ X เช่น สัญลักษณ์ P1A แทนชิ้นส่วนที่ส่งออกจาก

การผลิตกระบวนการที่ 1 ของผลิตภัณฑ์ A เป็นต้น เมื่อทำการผลิตครบทุกกระบวนการจะได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป กำหนดให้ใช้สัญลักษณ์ FGN โดยที่ FG แทนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished Goods) และ N แทนชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น สัญลักษณ์ FGA แทนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป A และ FGB แทนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป B เป็นต้น



รูปที่ 4-9 ตัวอย่างชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับในแต่ละกระบวนการ

รูปที่ 4-9 ตัวอย่างชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับในแต่ละกระบวนการ เริ่มตั้งแต่วัตถุดิบทำการผลิตที่กระบวนการแรกจนได้เป็นชิ้นส่วนระหว่างการผลิต และสิ้นสุดเมื่อทำการผลิตครบทุกกระบวนการจนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A เริ่มต้นจากวัตถุดิบ RMA หนึ่งชิ้น ทำการผลิตที่กระบวนการที่หนึ่ง จากนั้นได้เป็นชิ้นส่วน P1A หนึ่งชิ้น และชิ้นส่วน P1A หนึ่งชิ้น จะถูกนำไปผลิตที่กระบวนการที่หนึ่ง ได้เป็นชิ้นส่วน P2A หนึ่งชิ้น เมื่อทำการผลิตจนถึงกระบวนการสุดท้ายจะได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป FGA หนึ่งชิ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับนั้นจะพิจารณาทีละกระบวนการจนครบทุกกระบวนการ แล้วจึงนำไปบันทึกลงในตารางที่ 4-2 ตัวอย่างข้อมูลพื้นฐานของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างข้อมูลพื้นฐานของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ

ชนิดผลิตภัณฑ์	ความต้องการกำลังการผลิต	ชนิดกระบวนการ	จำนวนครั้งที่ต้องทำการผลิตในแต่ละกระบวนการ	จำนวนชิ้นส่วนที่นำเข้า	ชนิดชิ้นส่วนที่นำเข้า	จำนวนชิ้นส่วนที่ได้รับ	ชนิดชิ้นส่วนที่ได้รับ
A	50	P1	1	1	RMA	1	P1A
		P2	1	1	P1A	1	P2A
		P3	1	1	P2A	1	FGA
B	100	P1	1	1	RMB	1	P1B
		P3	1	1	P1B	1	FGB
C	150	P2	1	1	RMC	1	P2C
		P3	1	1	P2C	1	FGC

รูปที่ 4-2 ตัวอย่างของความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ ของผลิตภัณฑ์ A ซึ่งทำการผลิตทั้งหมดสามกระบวนการ โดยเริ่มต้นจากวัตถุดิบ RMA ทำการผลิตกระบวนการที่ 1 ได้เป็นชิ้นส่วน PA1 และทำการผลิตกระบวนการถัดไปจนถึงกระบวนการสุดท้ายคือกระบวนการที่ 3 ได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป FGA เป็นต้น

4.3.3 การแปลงข้อมูลรายการเครื่องจักร

รายการเครื่องจักรที่นำมาพิจารณาประกอบไปด้วยเครื่องจักรที่มีอยู่แล้วในระบบการผลิตเดิมและรายการเครื่องจักรที่ถูกคัดเลือกใหม่ โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะมีความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์และกระบวนการจะมีมากกว่าหนึ่งรายการ เช่น เครื่องจักรที่สามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ได้เพียงชนิดเดียวหรือมากกว่าหนึ่งชนิด รวมถึงเครื่องจักรที่สามารถทำการผลิตได้เพียงกระบวนการเดียวหรือมากกว่าหนึ่งกระบวนการ ทั้งนี้เครื่องจักรมีความสามารถเหมือนกันแต่มีราคาเครื่องจักรที่แตกต่างกัน เป็นต้น ดังนั้นรายการเครื่องจักรต้องนำมาแปลงข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้ในการหาผลลัพธ์มีดังนี้

- การแปลงรายการเครื่องจักร

  การแปลงข้อมูลในส่วนนี้มีความจำเป็นที่ต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานผลิตภัณฑ์และกระบวนการที่ผ่านการแปลงมาก่อนหน้าแล้ว เพื่อมาใช้กำหนดว่าเมื่อใดที่เครื่องจักรทั้งสองชนิดจะถูกกำหนดให้เป็นชนิดที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้เราจะทำการแบ่งชนิดของเครื่องโดยใช้หลักเกณฑ์ห้าด้านได้แก่

  1. ชนิดกระบวนการที่เครื่องจักรสามารถทำการผลิตได้
  2. ระยะเวลาของการทำงานของกระบวนการ
  3. ราคาเครื่องจักร
  4. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต
  5. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องจักรจะถูกกำหนดให้ต่างชนิดในกรณีที่มีเกณฑ์ที่นำมาพิจารณาอย่างน้อยหนึ่งเกณฑ์ที่มีความแตกต่างกัน เช่น เครื่องจักรสองชนิดสามารถทำการผลิตชนิดของกระบวนการได้แตกต่างกัน เครื่องจักรแรกสามารถทำการผลิตกระบวนการที่ 1 2 และ 3 ส่วนเครื่องจักรที่สองสามารถทำการผลิตกระบวนการที่ 1 และ 2 เท่านั้น ดังนั้นเครื่องจักรทั้ง

สองจึงถูกกำหนดให้เป็นสองชนิด คือเครื่องจักร MC1 และ MC2 รวมถึงในกรณีที่เครื่องจักรสามารถทำการผลิตกระบวนการได้เหมือนกันแต่มีราคาเครื่องจักรแตกต่างกัน ก็จะต้องกำหนดให้เป็นเครื่องจักรต่างชนิดกัน เมื่อทำการแปลงครบทุกรายการเครื่องจักรแล้ว ก็ให้นำข้อมูลทั้งหมดไปบันทึกในตารางที่ 4-3 ข้อมูลรายการเครื่องจักร เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-3 ข้อมูลรายการเครื่องจักร

ชนิดเครื่องจักร	จำนวนเครื่องจักรสูงสุด	ชนิดกระบวนการ	ระยะเวลาของการดำเนินการผลิตของกระบวนการ 1 รอบ	ร้อยละอรรถประโยชน์	ราคาเครื่องจักร	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตของกระบวนการ
MC1	-	P1	4.8	100	500	100	1
MC2	-	P2	9.6	100	500	100	1
MC3	-	P3	14.4	100	700	100	1
MC4	-	P1	4.8	100	900	100	1
		P2	9.6	100			1
MC5	-	P1	4.8	100	900	100	1
		P3	14.4	100			1
MC6	-	P2	9.6	100	900	100	1
		P3	14.4	100			1
MC7	-	P1	9.6	100	600	100	1
		P2	19.2	100			1
MC8	-	P1	9.6	100	1100	100	1
		P2	19.2	100			1
		P3	28.8	100			1
MC9	-	P1	4.8	100	1300	200	1
		P2	9.6	100			1
		P3	14.4	100			1
MC10	-	P1	2.4	100	1300	200	1
		P2	4.8	100			1
		P3	7.2	100			1

- การแปลงเวลาปรับตั้งของเครื่องจักร

เวลาปรับตั้งที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้เป็นเวลาปรับตั้งของเครื่องจักรก่อนที่จะเริ่มทำการผลิตผลิตภัณฑ์ เครื่องจักรบางชนิดใช้ระยะเวลาปรับตั้งนานส่งผลให้เครื่องจักรไม่สามารถทำการผลิตได้เต็มกำลังการผลิต เราจึงต้องกำหนดค่าเผื่อที่เครื่องจักรทำงานได้จริงหรือร้อยละอรรถประโยชน์ของเครื่องจักร (Utilization) ไม่เท่ากับ 100 โดยคำนวณจากร้อยละของเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรจากระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตในหนึ่งวัน (8 16 หรือ 24 ชั่วโมง) ทั้งนี้เครื่องจักรแต่ละชนิดจะใช้เวลาปรับตั้งก่อนเริ่มการผลิตที่แตกต่างกันไป เช่น เครื่องจักร A มีเวลาปรับตั้งหนึ่งชั่วโมง โดยระยะเวลาในการผลิตในหนึ่งวันเท่ากับ 24 ชั่วโมง ดังนั้นร้อยละอรรถประโยชน์ของเครื่องจักรเท่ากับร้อยละ 95.83 ซึ่งค่าดังกล่าวคือกำลังการผลิตของเครื่องจักรที่สามารถทำงานได้จริง เป็นต้น ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรต้องเข้าใจและสามารถคำนวณร้อยละอรรถประโยชน์ของเครื่องจักรได้อย่างถูกต้องเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการหาผลลัพธ์ กล่าวคือการเลือกเครื่องจักรมากเกินที่ต้องใช้ในการผลิตส่งผลให้สูญเสียค่าใช้จ่ายสูงและเครื่องจักรว่างงาน ส่วนในกรณีที่เลือกเครื่องจักรมาไม่เพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ต้องการอาจส่งผลให้ ไม่สามารถผลิตได้ทันตามเวลาที่กำหนดเป็นผลให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจได้

4.3.4 การแปลงข้อมูลข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตภายใต้คาบเวลา ซึ่งเป็นเวลาที่เท่ากันในทุกคาบเวลา เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตของพนักงานในแต่ละวันเท่ากับแปดชั่วโมง หรือหากระบบการผลิตมีนโยบายของการทำงานล่วงเวลา (Over time) สองชั่วโมงในทุกวัน เวลาที่ใช้ในการดำเนินการผลิตทั้งหมดจะเท่ากับ 10 ชั่วโมง หรือในระบบการผลิตแบบต่อเนื่องมีระยะเวลาการดำเนินการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง เป็นต้น ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรแตกต่างกัน เช่น ระบบการผลิตสองระบบที่มีระยะดำเนินการผลิต 8 และ 24 ชั่วโมง หากมีปริมาณความต้องการผลิตเท่ากันและต้องส่งมอบให้กับลูกค้าภายในหนึ่งวันเท่ากัน ผลลัพธ์ของจำนวนเครื่องจักรในระบบการผลิตที่มีระยะการดำเนินการผลิตสั้นกว่าจะต้องเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิตสูงกว่าเพื่อให้ระบบการผลิตสามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของลูกค้า เป็นต้น ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต จึงเป็นข้อจำกัดหนึ่งที่ส่งผลโดยตรงกับผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักร โดยตารางที่ 4-4 ตัวอย่างข้อมูลข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักร เป็นรายการข้อจำกัดพื้นฐานที่สามารถ

พิจารณาร่วมได้ และตารางที่ 4-5 ตัวอย่างข้อมูลค่าน้ำหนักและฟังก์ชั่นคะแนน สำหรับการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ โดยค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์รวมจะต้องมีค่าเท่ากับหนึ่งรวมถึงค่าน้ำหนักรวมของทุกผลิตภัณฑ์จะต้องมีค่าเท่ากับหนึ่งด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างข้อมูลข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักร

ระยะเวลาในการผลิต	**งบประมาณการลงทุนรวม**	**ข้อจำกัดในการผลิต**	
		Dedicate	**Flexible**
480	-		/

ตารางที่ 4-5 ตัวอย่างข้อมูลค่าน้ำหนักและฟังก์ชั่นคะแนน

ค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์	**Cost**	0.4
	Volume flexibility	0.6
ชนิดผลิตภัณฑ์	**ค่าน้ำหนักของผลิตภัณฑ์**	**รูปแบบฟังก์ชั่นคะแนน**
A	0.5	Linear
B	0.3	Linear
C	0.2	Linear

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4 กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเพื่อให้มีวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

รูปที่ 4-10 กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้น

รูปที่ 4-10 กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้น ต่อเนื่องจากกระบวนการแปลงข้อมูล โดยข้อมูลที่ผ่านการแปลงเรียบร้อยแล้วจะถูกนำมาใช้ในการหาผลลัพธ์เริ่มต้นโดยใช้หลักการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) เพื่อให้ผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด เมื่อทราบค่าวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายแล้ว จะต้องคำนวณค่าวัตถุประสงค์ในด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ (Volume flexibility) และเพื่อให้ทราบความสามารถของผลลัพธ์เครื่องจักรที่ถูกเลือก จึงต้องคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยในแต่ละผลลัพธ์ของเครื่องจักรจะทำให้เราทราบค่าทั้งสามด้านดังกล่าว เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงและเลือกผลลัพธ์ที่เหมาะสมต่อไป

4.4.1 หาผลลัพธ์โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการหาผลลัพธ์เริ่มต้น

กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นนั้นเป็นการตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์และกระบวนการถูกจัดสรรให้กับเครื่องจักรชนิดใด โดยนำข้อมูลที่ผ่านการแปลงแล้วจะนำมาทำการหาผลลัพธ์เริ่มต้น ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดและผ่านข้อจำกัดที่กำหนดได้แก่ กำลังการผลิตที่ต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ระยะเวลาในการผลิต งบประมาณการลงทุน ข้อจำกัดการรวมสายการผลิต และจำนวนเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการ โดยข้อจำกัดดังกล่าวจะถูกกำหนดโดยผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักร ซึ่งกระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นในงานวิจัยนี้ใช้แนวคิดจากหลักการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) และเนื่องจากตัวแปรตัดสินใจบางตัวเป็นจำนวนเต็ม จึงใช้กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed integer linear programming) มาช่วยในการหาผลลัพธ์ โดยข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองเป็นข้อมูลที่ทราบค่าแน่นอน (Deterministic data) และเป็นค่าคงที่ (Constant) ส่วนประกอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก ได้แก่ ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) คือ ผลเฉลยที่เราต้องการจากกำหนดการเชิงเส้น ฟังก์ชั่นจุดประสงค์ (Objective function) คือ จุดประสงค์ในการตัดสินใจซึ่งในงานวิจัยนี้ต้องการให้มีค่าต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่สุด (Minimization) และข้อจำกัด (Constraint) คือ ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขในการบังในการตัดสินใจ โดยระบุเป็นสมการหรืออสมการที่เป็นฟังก์ชั่นเส้นตรง

เนื่องจากการหาผลลัพธ์เริ่มต้นเป็นการหาผลลัพธ์โดยพิจารณาวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่าย (Cost) (Jahromi & Tavakkoli-Moghaddam, 2012) กล่าวว่าเป็นการพิจารณาถึงปริมาณเงินที่ใช้ในการลงทุนเครื่องจักร ซึ่งจัดเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) โดยค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะเกิดขึ้นจากการเลือกเครื่องจักร และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินการผลิต (Variable Cost) จะเกิดขึ้นเมื่อเลือกให้เครื่องจักรนั้นทำการผลิต ซึ่งจะแปรผันไปตามจำนวนรอบที่ทำการผลิต นอกจากนี้ยังรวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ทำการพิจารณาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยไปด้วยสามด้าน คือ ราคาเครื่องจักร (Machine cost) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operating cost) และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance cost) โดยรายละเอียดของแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการหาผลลัพธ์ ได้กำหนดค่าดัชนี ค่าพารามิเตอร์ แล้วตัวแปรตัดสินใจ เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดสมการทางคณิตศาสตร์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คือ สมการวัตถุประสงค์และข้อจำกัดของการหาผลลัพธ์

ค่าดัชนี (Index)

$P = 1,2,\dots,p$	เซตของกระบวนการผลิต
$I = 1,2,\dots,i$	เซตของชนิดผลิตภัณฑ์
$J = 1,2,\dots,j$	เซตของชนิดผลิตภัณฑ์ $j \in i'$
$M = 1,2,\dots,m$	เซตของชนิดเครื่องจักร
$K = 1,2,\dots,k$	เซตของลำดับคะแนนที่ได้เพิ่มขึ้น (Benefit score)
$N = 1,2,\dots,n$	เซตของลำดับคะแนนที่ได้ลดลง (Penalty score)

ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)

$NumCycle_{pi}$	จำนวนรอบที่ต้องผลิตกระบวนการ p สำหรับผลิตภัณฑ์ i จำนวนหนึ่งรอบ
$MCost_m$	เงินลงทุนของเครื่องจักรชนิด m
$OCost_{pm}$	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตของกระบวนการ p ของเครื่องจักรชนิด m
$FCost_m$	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรชนิด m
T_{pm}	เวลาที่ใช้ในการผลิตกระบวนการ p เครื่องจักรชนิด m

$ProcessCon_{pm}$	ร้อยละของเวลาที่ทำการผลิตกระบวนการ p
$OTime$	ระยะเวลาในการผลิตในหนึ่งวัน
$MTNum_m$	จำนวนครั้งที่ต้องบำรุงรักษาเครื่องจักร m
MT_m	เวลาที่ใช้บำรุงรักษาเครื่องจักรเครื่องจักร m
$PeriodT$	คาบเวลาที่รองรับกำลังการผลิตที่ออกแบบ
$CapReq_{pi}$	กำลังการผลิตที่ต้องการในแต่ละกระบวนการ p ของผลิตภัณฑ์ i
U_m	ร้อยละอรรถประโยชน์ของเครื่องจักรชนิด m
$ReqNum_m$	จำนวนเครื่องจักรชนิด m ที่กำหนดให้มีในระบบการผลิต
$Budget$	งบประมาณการลงทุน
VF_i	ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ชนิด i
w_i	ค่าน้ำหนักลำดับความสำคัญของผลิตภัณฑ์ชนิด i
S_{ik}	ฟังก์ชั่นคะแนนของผลิตภัณฑ์ชนิด i คะแนนลำดับที่ k
S_{jn}	ฟังก์ชั่นคะแนนของผลิตภัณฑ์ชนิด j โดยที่ $j \in i'$ คะแนนลำดับที่ n
$MScale_i$	จำนวนชิ้นของผลิตภัณฑ์ชนิด i ที่ขยับในแต่ละขั้นของการคำนวณคะแนน
$Objective\ score$	คะแนนรวมของวัตถุประสงค์
$MinCost$	ค่าใช้จ่ายของผลลัพธ์เริ่มต้น
$AltCost$	ค่าใช้จ่ายของผลลัพธ์ใดใด
$AltVFI$	ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของระบบการผลิตของผลลัพธ์ใดใด
$MaxVFI$	ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดสูงที่สุดของผลลัพธ์ที่ถูกกำหนด
$CostW$	ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย
$VFIW$	ค่าน้ำหนักด้านวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

Num_m	จำนวนเครื่องจักรชนิด m
$NumProcess_{pim}$	จำนวนรอบการผลิตกระบวนการ p ของผลิตภัณฑ์ i ที่เครื่องจักร m
$MaxNumProcess_{pim}$	กำลังการผลิตสูงสุดที่เป็นไปได้ของเครื่องจักรที่มีกระบวนการ p สำหรับผลิตภัณฑ์ i เครื่องจักร m
$AlcProcess_{pim}$	จำนวนรอบการผลิตกระบวนการ p ของผลิตภัณฑ์ i ที่เครื่องจักร m เพื่อให้มีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่สูงที่สุด
X_{ik}	ตัวแปรตัดสินใจว่าจะผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด i เพิ่มขึ้นหรือไม่ โดย $X_{ik} = \begin{cases} 0 & \text{เมื่อไม่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด } i \text{ เพิ่มขึ้น และไม่ได้คะแนนลำดับที่ } k \\ 1 & \text{เมื่อผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด } i \text{ เพิ่มขึ้น และได้คะแนนลำดับที่ } k \end{cases}$
Y_{jn}	ตัวแปรตัดสินใจว่าจะลดการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด j หรือไม่ โดย $X_{ik} = \begin{cases} 0 & \text{เมื่อไม่ลดการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด } j \text{ และไม่เสียคะแนนลำดับที่ } n \\ 1 & \text{เมื่อลดการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด } j \text{ และเสียคะแนนลำดับที่ } n \end{cases}$

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

สมการวัตถุประสงค์สำหรับการหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นจากการเลือกเครื่องจักร ประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายสามด้านได้แก่ ราคาเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตและ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

$$Minimize\ Z = \sum_{\forall m \in M} MCost_m Num_m + \sum_{\forall p \in P, \forall i \in I, \forall m \in M} OCost_{pim} NumProcess_{pim} + \sum_{\forall m \in M} FCost_m Num_m \qquad (4.1)$$

ข้อจำกัด (Constraint)

ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตในแต่ละกระบวนการจะต้องเพียงพอสำหรับ การผลิตในกระบวนการถัดไป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปตามต้องการ

$$\sum_{\forall m \in M, \forall i \in I} NumProcess_{pim} \geq \sum_{\forall i \in I} CapReq_{pi} NumCycle_{pi} \quad ; \forall p \in P \qquad (4.2)$$

ร้อยละอรรถประโยชน์ของการใช้เครื่องจักรในการผลิตจะต้องไม่เกินร้อยละอรรถประโยชน์ที่สามารถใช้ได้ของเครื่องจักร

$$\sum_{\forall p \in P, \forall i \in I} NumProcess_{pim} ProcessCon_{pm} \leq Num_m U_m \quad ; \forall m \in M \tag{4.3}$$

ผลรวมราคาเครื่องจักรจะต้องไม่เกินงบประมาณการลงทุน

$$\sum_{\forall m \in M} MCost_m Num_m \leq Budget \quad ; \forall m \in M \tag{4.4}$$

จำนวนสูงสุดของเครื่องจักรแต่ละชนิดที่สามารถเลือกได้

$$Num_m \leq ReqNum_m \quad ; \forall m \in M \tag{4.5}$$

การคำนวณร้อยละเวลาที่ใช้การผลิตกระบวนการ

$$ProcessCon_{pm} = \frac{T_{pm}}{OTime} \times 100 \quad ; \forall p \in P, \forall m \in M \tag{4.6}$$

จำนวนเครื่องจักรและจำนวนรอบของการผลิตเป็นจำนวนเต็ม

$$NumProcess_{pim} \in Integer \quad ; \forall p \in P, \forall i \in I, \forall m \in M \tag{4.7}$$

จำนวนเครื่องจักรและจำนวนรอบของการผลิตจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าศูนย์

$$Num_m, NumProcess_{pim} \geq 0 \quad ; \forall p \in P, \forall i \in I, \forall m \in M \tag{4.8}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการหาผลลัพธ์ข้างต้นเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ซึ่งตารางที่ 4-6 ตัวอย่างผลลัพธ์เริ่มต้นที่มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ประกอบไปด้วยสามส่วนได้แก่ ชนิดและจำนวนเครื่องจักรที่ถูกเลือก ค่าใช้จ่ายรวม อีกทั้งข้อมูลนำเข้าความต้องการกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ใช้ในการหาผลลัพธ์เริ่มต้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำไปในการคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และคำนวณค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านต่อไป

ตารางที่ 4-6 ตัวอย่างผลลัพธ์เริ่มต้นที่มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด

ชนิดเครื่องจักร	จำนวนเครื่องจักร	ค่าใช้จ่ายรวม
MC1	1	11,850
MC2	4	
MC10	5	

4.4.2 การคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

การคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เป็นคำนวณกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ในกรณีที่ระบบการผลิตมีกำลังการผลิตเหลืออยู่ โดยการจัดสรรกำลังการผลิตที่เหลือให้กับผลิตภัณฑ์ที่กำลังพิจารณา โดยที่ผลิตภัณฑ์อื่นยังสามารถทำการผลิตได้ตามความต้องการที่กำหนด จะทำให้ทราบว่าความสามารถสูงสุดของระบบการผลิตในการผลิต ภัณฑ์แต่ละชนิดได้จำนวนเท่าไร โดยกำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีค่าไม่ต่ำกว่าความต้องการกำลังการผลิตที่ใช้ในการออกแบบ

ระบบการผลิตโดยทั่วไปเลือกเครื่องจักรให้มีกำลังการผลิตเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งอาจมากกว่าหรือพอดีกับความต้องการ แต่ไม่ทราบว่ากำลังการผลิตที่มีอยู่สามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้สูงสุดจำนวนเท่าใด ดังนั้นหากเรามีวิธีการคำนวณเพื่อให้ทราบถึงความสามารถของระบบการผลิตสูงสุดในการรองรับการผลิตจะทำให้เราเลือกเครื่องจักรได้เหมาะสมมากขึ้น ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) มาช่วยในการคำนวณหาผลลัพธ์ โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีดังนี้

<u>สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)</u>

กำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์ใดใดเท่ากับกระบวนการที่มีกำลังการผลิตต่ำสุดของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่พิจารณา

$$Maximize\ Z = Min(AvailCap_{pi}) \tag{4.9}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ข้อจำกัด (Constraint)</u>

ผลรวมกำลังการผลิตที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จะต้องมีค่าไม่เกินกำลังการผลิตที่มีอยู่ในระบบการผลิตสำหรับเครื่องจักรแต่ละชนิด

$$\sum_{\forall p \in P}\left(\sum_{\forall i \in I} MaxNumProcess_{pim} ProcessCon_{pm}\right) \leq Num_m U_m \qquad ,\forall m \in M \tag{4.10}$$

กำลังการผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นของแต่ละผลิตภัณฑ์จะต้องมีค่าไม่เกินกำลังการผลิตที่เหลืออยู่

$$\sum_{\forall i \in I, \forall m \in M} MaxNumProcess_{pim} - \sum_{\forall i \in I} CapReq_{pi} \cdot NumCycle_{pi} \geq AvailCap_{pi} \qquad ,\forall p \in P \tag{4.11}$$

จำนวนรอบสูงสุดการผลิตกระบวนการใดใดที่เครื่องจักรในระบบการผลิตที่สามารถทำการผลิตได้และกำลังการผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นจากกำลังการผลิตที่ต้องการจะต้องมีค่ามากกว่าศูนย์

$$MaxNumProcess_{pim}, AvailCap_{pi} \geq 0 \qquad ;\forall p \in P, \forall i \in I, \forall m \in M \tag{4.12}$$

กำลังการผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นจากกำลังการผลิตที่ต้องการจะต้องเป็นจำนวนเต็ม

$$AvailCap_{pi} \in Integer \quad ;\forall p \in P, \forall i \in I \qquad (4.13)$$

จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ในข้างต้นจะทำให้ทราบว่าเครื่องจักรที่เลือกสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้จำนวนสูงสุดเท่าใด โดยกำลังการผลิตสูงสุดของแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ คำนวณจากการจัดสรรกำลังการผลิตที่เหลืออยู่ จากการที่จัดสรรให้ทำการผลิตได้ตามความต้องการครบทุกผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว จึงทำให้แน่ใจได้ว่าความสามารถในการผลิตได้เพิ่มขึ้นของแต่ละผลิตภัณฑ์สามารถทำการผลิตได้จริงโดยไม่รบกวนกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์อื่น

ในกระบวนการคำนวณจะพิจารณารอบละหนึ่งผลิตภัณฑ์ เนื่องจากหากพิจารณาพร้อมกันทุกผลิตภัณฑ์จะไม่ทราบว่า ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะสามารถผลิตได้สูงสุดจำนวนเท่าไร กรณีที่มีความต้องการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งชนิด ระบบการผลิตยังสามารถทำการผลิตได้หรือไม่ในการผลิตที่สภาวะปกติ (สภาวะปกติ หมายถึงสภาวะที่ระบบการผลิตสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกชนิดได้ตามกำลังการผลิตที่ใช้ออกแบบ) เช่น เลือกเครื่องจักรสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด A B และ C จำนวนอย่างละ 1000 ชิ้น โดยความสามารถของเครื่องจักรที่เลือกสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด A B และ C ได้สูงสุด 1200 1300 และ 1500 ชิ้นตามลำดับ ดังนั้นหากมีความต้องการผลิตภัณฑ์ชนิด A เพิ่มขึ้นเป็น 1200 ชิ้น ระบบการผลิตจะสามารถตอบสนองต่อความต้องการนี้ได้ โดยที่ผลิตภัณฑ์ชนิด B และ C ยังสามารถผลิตได้ตามกำลังการผลิตที่ออกแบบคือจำนวนชนิดละ 1000 ชิ้น เป็นต้น

เมื่อคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของแต่ละผลิตภัณฑ์แล้วทำให้ทราบความสามารถของระบบการผลิตว่าเพิ่มกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้จำนวนเท่าไร แต่การคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะพิจารณาเฉพาะกำลังการผลิตที่เหลืออยู่ แต่บางกรณีเราอาจจะต้องใช้กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์อื่นมาทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะต้องทำการคำนวณค่าของวัตถุประสงค์ในด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เพื่อให้ทราบว่าสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้จำนวนสูงสุดเท่าไร โดยไม่ส่งผลเสียต่อภาพรวมของระบบการผลิต แล้วจึงคำนวณค่าวัตถุประสงค์รวมเพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับผลลัพธ์อื่นต่อไป โดยตารางที่ 4-7 ตัวอย่างค่ากำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-7 ตัวอย่างค่ากำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

ชนิดผลิตภัณฑ์	จำนวน (ชิ้น)
A	58
B	112
C	160

โดยสมการการคำนวณวัตถุประสงค์ในด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) นี้จะทำการคำนวณรอบละชนิดผลิตภัณฑ์ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะเป็นค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เหมาะสมที่ดีที่สุด ซึ่งทำการคำนวณจากค่ากำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของการผลิตภัณฑ์ชนิด i ที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอน ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด i อาจส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ชนิด j ที่มีการใช้เครื่องจักรในการผลิตร่วมกัน ส่งผลให้ทำการผลิตพิจารณาชนิด j ได้ลดลง โดยสามารถคำนวณค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด $(Volume\ Flexibility\ of\ Each\ Product)$ ดังสมการที่ 4.14 ซึ่งจะคำนวณจากการแลกเปลี่ยนกัน (Trade-off) ของคะแนนของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นลบด้วยคะแนนของผลิตภัณฑ์อื่นที่เสียโอกาสในการผลิต และเมื่อคำนวณครบทุกผลิตภัณฑ์ จึงจะนำมารวมกันเป็นค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของระบบการผลิต$(Volume\ Flexibility\ of\ System)$ ดังสมการที่ 4.13 โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการหาค่าวัตถุประสงค์ในด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)</u>

ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของระบบการผลิต $(Volume\ Flexibility\ of\ System)$ คือ ผลรวมของค่า ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

$$Volume\ Flexibility\ of\ System = \sum_{\forall i \in I} (VF_i) \tag{4.14}$$

ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด $(Volume\ Flexibility\ of\ Each\ Product)$ คือ คะแนนที่ได้รับจากความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์ ลบด้วยคะแนนของผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นที่เสียโอกาสในการผลิต

$$Maximize\ Volume\ Flexibility\ of\ Each\ Product = w_i\left(\sum_{\forall k\in K} S_{ik}X_{ik}\right) - w_j\left(\sum_{\forall n\in N,\forall j\in J} S_{jn}Y_{jn}\right) \quad (4.15)$$

ข้อจำกัด (Constraint)

การจัดสรรกำลังการผลิตจะต้องไม่เกินกำลังการผลิตของเครื่องจักรทั้งหมดที่มีในระบบการผลิต

$$\sum_{\forall p\in P,\forall i\in I} AlcProcess_{pim}ProcessCon_{pm} \le Num_m U_m \quad ;\forall m \in M \quad (4.16)$$

การจัดสรรกำลังการผลิตที่นำมาใช้ในการคำนวณคะแนนจะต้องไม่เกินกำลังการผลิตทั้งหมดที่จัดสรรให้กับเครื่องจักร

$$\left(\sum_{\forall k\in K} X_{ik} - \sum_{\forall n\in N,\forall j\in J} Y_{jn}\right)(NumCycle_{pi}MScale_i) \le \sum_{\forall m\in M} AlcProcess_{pim} \quad ;\forall p \in P,\forall i \in I \quad (4.17)$$

การเลือกลำดับของคะแนนเพื่อพิจารณาว่าจะลดหรือเพิ่มกำลังการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดใดจะต้องเลือกตามลำดับคะแนนที่น้อยกว่าก่อนเสมอ ดังแสดงในสมการที่ 4.18 และ 4.19

$$X_{i,k+1} \ge X_{i,k} \quad ;\forall i \in I,\forall k \in K \quad (4.18)$$

$$Y_{j,n+1} \ge Y_{j,n} \quad ;\forall j \in J,\forall n \in N \quad (4.19)$$

ตัวแปรในการพิจารณาว่าจะลดหรือเพิ่มกำลังการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดใดจะถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรฐานสอง (Binary Variables) ดังแสดงในสมการที่ 4.20 และ 4.21

$$X_{ik} \in \{0,1\} \quad ;\forall i \in I,\forall k \in K \quad (4.20)$$

$$Y_{jn} \in \{0,1\} \quad ;\forall j \in J,\forall n \in N \quad (4.21)$$

จำนวนรอบของการผลิตเพื่อให้มีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์สูงที่สุด จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าศูนย์

$$AlcProcess_{pim} \ge 0 \quad ;\forall p \in P,\forall i \in I,\forall m \in M \quad (4.22)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4.3 การคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของวัตถุประสงค์

จากกระบวนการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองด้าน รวมถึงรายละเอียดของการกำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์นั้น ค่าที่ได้ในส่วนของค่าใช้จ่ายและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ยังไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรงเนื่องจากวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายครอบงำ (Dominated) ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ดังนั้นเพื่อให้วัตถุประสงค์ทั้งสองด้านสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของวัตถุประสงค์ทั้งสองด้าน (Weighted average of cost and Volume flexibility) และใช้การกำหนดค่าน้ำหนักมากำหนดความสำคัญของวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) โดยใช้วิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของวัตถุประสงค์ดังสมการที่ 4.23 ค่าวัตถุประสงค์นี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบและการเลือกผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่มีคะแนนรวมวัตถุประสงค์สูงที่สุด โดยวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) จะถูกปรับให้ค่าอยู่ระหว่างศูนย์ถึงหนึ่งและค่าวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายจะถูกปรับให้มีค่าระหว่างหนึ่งถึงศูนย์ (ค่าหนึ่ง คือผลลัพธ์ที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด) และค่าวัตถุประสงค์รวม (Objective score) มีค่าอยู่ระหว่างศูนย์ถึงหนึ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านคือ ค่าใช้จ่ายและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

$$Maximize\ objective\ score = (CostW)\frac{MinCost}{AltCost} + (VFIW)\frac{AltVFI}{MaxVFI} \qquad (4.23)$$

จากกระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้น ทำให้เราได้ผลลัพธ์ของจำนวนและชนิดของเครื่องจักรที่ผ่านข้อจำกัดทั้งหมดและมีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรต่ำที่สุด รวมถึงค่าของวัตถุประสงค์ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ค่าหนึ่ง ที่ได้จากการกระบวนการคำนวณที่เรากำหนดขึ้น และทราบถึงความสามารถของกำลังการผลิตที่มีว่าสามารถทำการผลิต

ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้จำนวนสูงสุดเท่าใด ผลลัพธ์ที่ได้อาจจะยังไม่เหมาะสมกับระบบการผลิต หากระบบการผลิตที่กำลังพิจารณามีความแปรปรวนของปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์ จึงต้องนำผลลัพธ์ที่ได้ไปปรับปรุงค่าของวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ให้มีค่าสูงขึ้น จะกล่าวถึงรายละเอียดของกระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์ในส่วนถัดไป

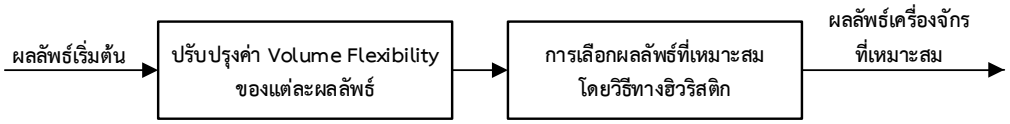
4.5 กระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

การปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม เป็นการปรับปรุงค่าของวัตถุประสงค์ในด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ให้มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากในขั้นตอนการหาผลลัพธ์เริ่มต้นจะได้ผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ค่าหนึ่ง ซึ่งอาจจะยังไม่ใช่ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับระบบการผลิต โดยข้อมูลที่ได้จากการหาผลลัพธ์เริ่มต้นได้แก่ ความต้องการกำลังการผลิต กำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดและค่าวัตถุประสงค์ โดยข้อมูลทั้งหมดจะนำไปใช้ในการปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ให้มีค่าสูงขึ้น

แนวทางการปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) จะทำการปรับปรุงรอบละผลิตภัณฑ์ เช่น ระบบการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์สามชนิด จากผลลัพธ์เริ่มต้นจะต้องทำการปรับปรุงทั้งหมดสามครั้ง รอบละหนึ่งผลิตภัณฑ์ เพราะการปรับปรุงผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ส่งผลต่อค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของระบบการผลิตที่แตกต่างกัน จึงไม่สามารถเลือกเพียงผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวมาทำการปรับปรุงได้

ปัญหาการเลือกเครื่องจักรในส่วนของการปรับปรุงผลลัพธ์นั้นมีความซับซ้อนจากจำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นจากที่กล่าวไปข้างต้น ทำให้วิธีการคำนวณโดยตรง (Exact method) ซึ่งต้องคำนวณทุกผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ จะใช้ระยะเวลานานในการหาผลลัพธ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำวิธีทางฮิวริสติก (Heuristic method) โดยประยุกต์ใช้การแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and bound algorithm) มาช่วยในการหาผลลัพธ์ โดยในแต่ผลลัพธ์จะใช้แนวคิดการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุด

(Optimization) โดยในส่วนของกระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงการปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) และวิธีการเลือกผลลัพธ์ที่เหมาะสมดังรูปที่ 4-11 กระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม



รูปที่ 4-11 กระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

4.5.1 การปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ในแต่ละผลลัพธ์

การปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) จะทำการปรับปรุงรอบละผลิตภัณฑ์จนครบทุกผลิตภัณฑ์ที่มีในระบบการผลิต โดยมีแนวคิดว่าทุกครั้งที่ทำการปรับปรุง ผลลัพธ์ใหม่จะต้องมีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เพิ่มขึ้นจากผลลัพธ์เดิม จึงได้กำหนดแนวทางของการปรับปรุงจะโดยใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมที่ดีที่สุด ในการเพิ่มกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์โดยให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยจะใช้ข้อจำกัดของกำลังการผลิตสองส่วนคือ ข้อจำกัดความต้องการกำลังการผลิต (Capacity requirement) คือค่ากำลังการผลิตที่ถูกกำหนดไว้ตั้งแต่การหาผลลัพธ์เริ่มต้น และข้อจำกัดกำลังการผลิตสูงที่สุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด คือค่ากำลังการผลิตที่จัดสรรขึ้นใหม่ที่ทำให้ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของผลิตภัณฑ์ที่พิจารณามีค่าเหมาะสมที่ดีที่สุด โดยเมื่อจะทำการปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของผลิตภัณฑ์ชนิด i ก็เพิ่มกำลังการผลิตจากข้อจำกัดกำลังการผลิตสูงที่สุดของผลิตภัณฑ์ i ไปอีกหนึ่งชิ้น เพื่อเป็นการยืนยันว่าในทุกครั้งที่ทำการปรับปรุงผลลัพธ์ ผลลัพธ์ใหม่จะต้องมีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิด (Volume flexibility) ของระบบการผลิตที่สูงขึ้น อาจจะทำโดยการเลือกเครื่องจักรชนิดอื่นหรือเพิ่มจำนวนเครื่องจักรชนิดเดิมที่ แต่อย่างไรก็ตามการปรับปรุงในแต่ละรอบจะต้องได้ผลลัพธ์เครื่องจักรที่สามารถทำการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้ตามกำลังการผลิตที่ใช้ออกแบบและมีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของผลิตภัณฑ์ที่กำลังพิจารณาเพิ่มขึ้น เช่น ในกรณีที่ระบบการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์สามชนิดได้แก่ ผลิตภัณฑ์ชนิด A B และ C เมื่อนำผลลัพธ์เริ่มต้นมาปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) โดยเริ่มจากการปรับปรุงที่ผลิตภัณฑ์ชนิด A ให้ทำการผลิตได้เพิ่มหนึ่งชิ้น (โดยเพิ่มไปแต่ละกระบวนการที่ต้องใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด A ดังตารางที่ 4-8 ตัวอย่างข้อจำกัดกำลังการผลิตที่ใช้ในการปรับปรุงผลลัพธ์**Error! Reference source not found.** ภายใต้การเลือกเครื่องจักรใหม่ให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด (Minimize cost) ซึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นอาจเป็นการเลือกเครื่องจักรชนิดใหม่หรือเพิ่มจำนวนเครื่องจักรชนิดเดิมที่เลือกมาแล้ว ทั้งนี้การเลือกเครื่องจักรชนิดใหม่มาแทนเครื่องจักรที่เลือกมาก่อน อาจส่งผลให้กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ชนิด B และ C ลดลงต่ำกว่ากำลังการผลิตที่เราต้องการ ดังนั้นจะต้องเพิ่มข้อจำกัดค่ากำลังการผลิตสูงที่สุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในทุกรอบที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ และผลลัพธ์ที่ผ่านการปรับปรุงจะนำมาคำนวณค่าวัตถุประสงค์รวมแล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์อื่น เพื่อเลือกผลลัพธ์ที่มีค่าวัตถุประสงค์รวมสูงที่สุดในขั้นตอนการเลือกผลลัพธ์ที่เหมาะสม

ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างข้อจำกัดกำลังการผลิตที่ใช้ในการปรับปรุงผลลัพธ์

กระบวนการผลิต	P1	P2	P3	
ชนิดผลิตภัณฑ์	150	200	300	ข้อจำกัดความต้องการกำลังการผลิต
A	301	301	501	ข้อจำกัดค่ากำลังการผลิตสูงที่สุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด
B	300	300	500	
C	300	300	500	

จากตารางที่ 4-8 ตัวอย่างข้อจำกัดกำลังการผลิตที่ใช้ในการปรับปรุงผลลัพธ์**Error! Reference source not found.** เป็นตัวอย่างของการเพิ่มข้อจำกัดด้านกำลังการผลิตทั้งสองส่วน คือ เป็นข้อจำกัดของกำลังการผลิตแต่ละกระบวนการที่ระบบการการผลิตต้องมี จึงจะสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดได้ และกำลังการผลิตที่ได้จากการคำนวณค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และหากทำการปรับปรุงผลลัพธ์ผลิตภัณฑ์ชนิด

A ก็จะเพิ่มกำลังการผลิตที่ผลิตภัณฑ์ชนิด A หนึ่งชิ้น ทั้งนี้ข้อจำกัดทั้งหมดจะนำไปใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำการปรับปรุงผลลัพธ์

การปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เป็นการปรับปรุงเพื่อให้ค่าวัตถุประสงค์ในด้านนี้มีค่าสูงขึ้น ซึ่งแนวคิดของการปรับปรุงจะทำการเพิ่มกำลังการผลิต รอบละผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อื่นที่ไม่ได้เพิ่มกำลังการผลิตครั้งนี้จะต้องทำการผลิตได้ตามกำลังการผลิตสูงสุดที่ได้จากการคำนวณค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) โดยผลลัพธ์ใหม่จะมีแนวโน้มของค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านดังนี้

- การปรับปรุงในแต่ละครั้งจะทำให้กำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงมีค่าเพิ่มขึ้น
- การปรับปรุงในแต่ละครั้งจะทำให้ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงมีค่าเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์อื่นอาจจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือมีค่าเท่าเดิม
- การปรับปรุงในแต่ละครั้งจะทำให้ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของระบบการผลิตมีค่าเพิ่มขึ้น
- การปรับปรุงในแต่ละครั้งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรวมเท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้น
- การปรับปรุงในแต่ละครั้งไม่จำเป็นจะต้องได้ค่าวัตถุประสงค์รวมเพิ่มขึ้น เนื่องจากการปรับปรุงอาจทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์รวมมีค่าลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากแนวทางของการเพิ่มข้อจำกัดของกำลังการผลิตในการปรับปรุงผลลัพธ์ใหม่ จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เพิ่มขึ้นจากผลลัพธ์ก่อนการปรับปรุง แต่ไม่สามารถยืนยันได้ว่าจะทำให้ค่าวัตถุประสงค์รวมของทั้งสองด้านเพิ่มขึ้น โดยขึ้นกับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของแต่ละผลลัพธ์และการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของวัตถุประสงค์แต่ละด้าน โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) มีดังนี้

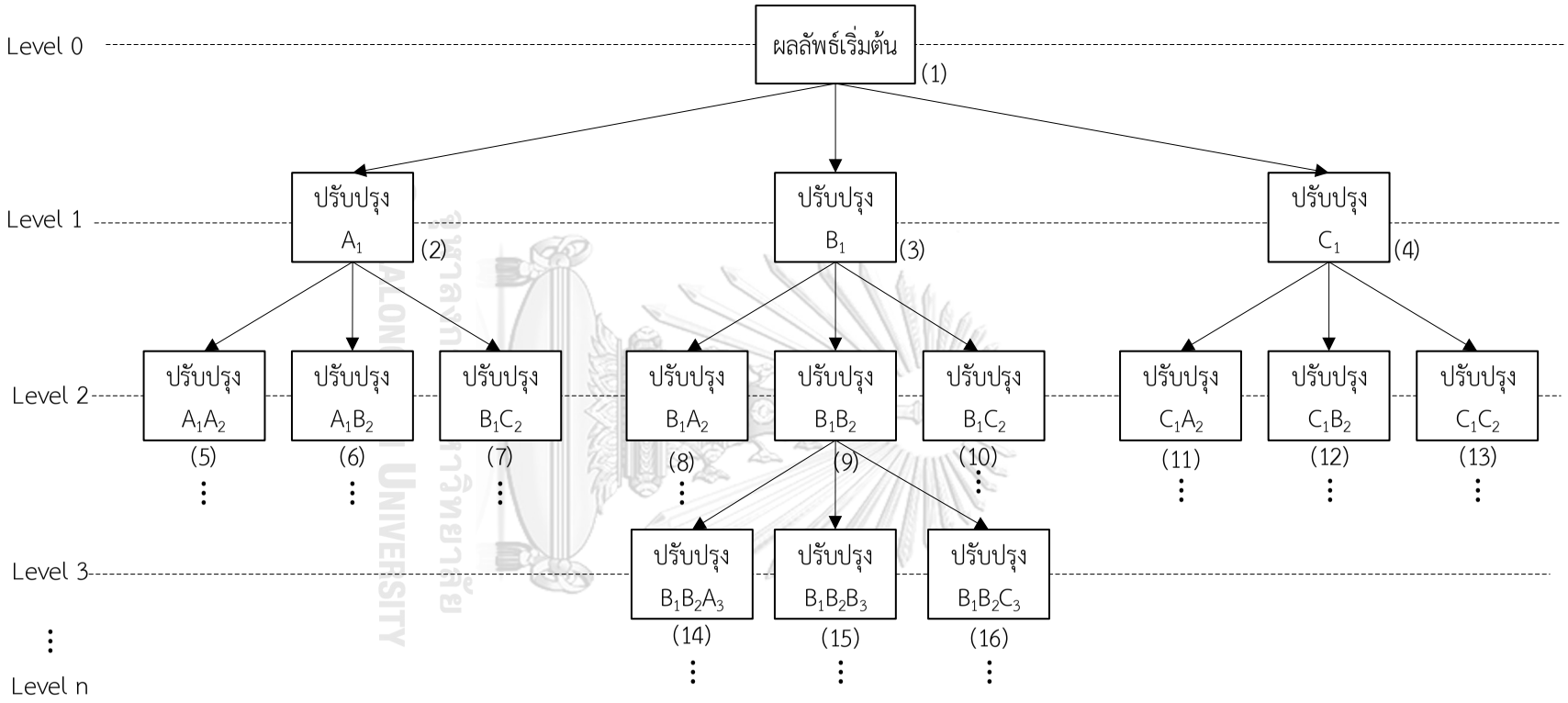
การจัดสรรกำลังการผลิตจะต้องไม่เกินกำลังการผลิตของเครื่องจักรที่มีในระบบการผลิตของทุกเครื่องจักรและทุกผลิตภัณฑ์

$$\sum_{\forall p \in P} AlcProcess_{pim} ProcessCon_{pm} \leq Num_m U_m \qquad ;\forall m \in M, \forall i \in I \qquad (4.24)$$

จากการปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ตามแบบจำลองคณิตศาสตร์ในข้างต้น จะทำให้ได้ค่าวัตถุประสงค์ของผลิตภัณฑ์ที่พิจารณามีค่าเพิ่มขึ้น และจะต้องทำการปรับปรุงจนครบทุกผลิตภัณฑ์

เนื่องจากการปรับปรุงผลลัพธ์กำหนดให้ทำรอบละผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะแตกแขนงตามรูปแบบของแผนภูมิต้นไม้ตามแนวคิดขั้นตอนวิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and bound algorithm) โดยในแต่ละแขนงจะเป็นการปรับปรุงของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยจะแตกแขนงจนครบทุกผลิตภัณฑ์ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4-12 แผนภูมิต้นไม้แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ของการปรับปรุงค่า Volume flexibility และจะทำการปรับปรุงจนกว่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของระบบการผลิตจะมีค่าสูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-12 แผนภูมิต้นไม้แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ของการปรับปรุงค่า Volume flexibility

จากรูปที่ 4-12 แผนภูมิต้นไม้แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ของการปรับปรุงค่า Volume flexibility ของระบบการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์สามชนิดได้แก่ ผลิตภัณฑ์ชนิด A B และ C โดยการปรับปรุงผลลัพธ์จะเริ่มจากผลลัพธ์จะทำเป็นลำดับขั้นโดยเริ่มต้นที่ Level 0 จากนั้นจะเลือกปรับปรุงรอบละผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ตัวอย่างเพื่ออธิบายโดยเริ่มจากการปรับปรุง $B_1(3)$ โดยการเพิ่มข้อจำกัดกำลังการผลิตสูงสุดของผลลัพธ์เริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ทุกชนิด แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด B จะบวกเพิ่มไปอีกหนึ่งชิ้น เพราะแนวคิดของการปรับปรุงนั้นเราจะต้องได้ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของผลิตภัณฑ์ชนิด B เพิ่มขึ้น และมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด เมื่อปรับปรุงผลลัพธ์ของโหนดนี้เสร็จก็จะ คำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของแต่ละผลิตภัณฑ์และค่าวัตถุประสงค์ เนื่องจากการผลลัพธ์ที่ได้อาจมีการเปลี่ยนจำนวนหรือชนิดเครื่องจักรใหม่ เราจึงต้องคำนวณค่าทั้งสองเพื่อนำไว้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์อื่นต่อไป เมื่อทำการปรับปรุงครบทุกผลิตภัณฑ์แล้วก็จะทำการปรับปรุงต่อใน Level 2 คือ $B_1A_2(8)$ $B_1B_2(9)$ และ $B_1C_2(10)$ แล้วทำการปรับปรุงต่อไปจนถึง Level n และจะหยุดปรับปรุงเมื่อไม่สามารถหาผลลัพธ์ที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์เพิ่มขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามการปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ในงานวิจัยนี้จัดเป็นปัญหาระดับ NP-Hard ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนของการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมของการแลกเปลี่ยนวัตถุประสงค์ทั้งสองด้าน ดังนั้นการค้นหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะใช้ระยะเวลานาน ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีทางฮิวริสติกมาช่วยในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

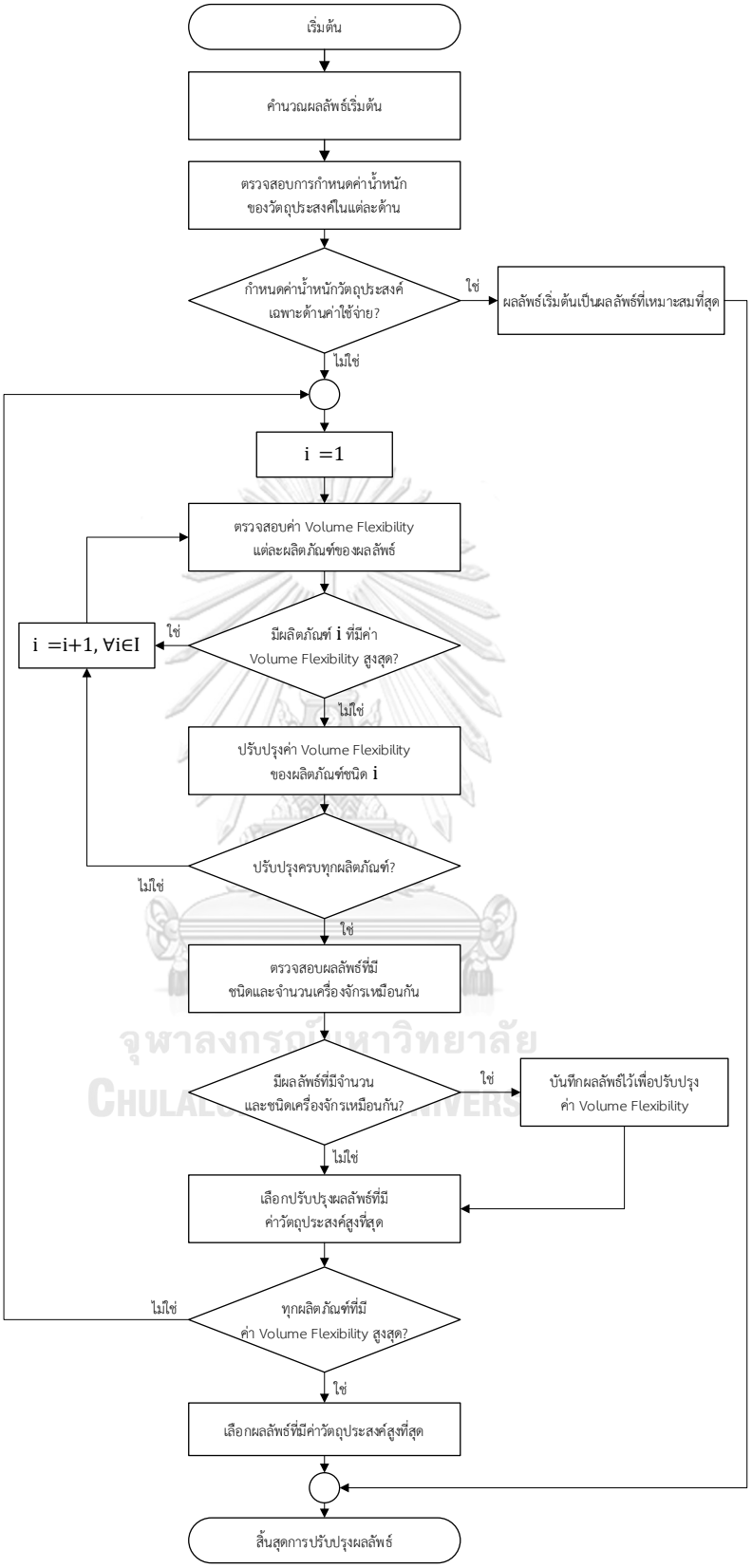
4.5.2 การเลือกผลลัพธ์เครื่องจักรที่เหมาะสมโดยวิธีทางฮิวริสติก

เนื่องจากการปรับปรุงผลลัพธ์ต้องการที่จะทำให้ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของขั้นตอนวิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตมาช่วยในการหาผลลัพธ์ดังที่กล่าวไปข้างต้น ซึ่งในแต่ละผลลัพธ์สามารถยืนยันได้ว่าจะมีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เพิ่มขึ้นจริง ไม่ว่าผู้ออกแบบจะใช้ฟังก์ชั่นคะแนนในรูปแบบใดในการหาผลลัพธ์ แต่อย่างไรก็ตามในทุกผลลัพธ์ที่ทำการปรับปรุงจะไม่สามารถยืนยันได้ว่าค่าของวัตถุประสงค์รวมจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลของค่าใช้จ่าย รวมถึงการให้ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ในแต่ละด้านมีผล

ต่อค่าของวัตถุประสงค์รวม แต่หากจะทำการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดก็จะใช้เวลาในการหาผลลัพธ์นาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตมาช่วยในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม

การหาคำตอบด้วยวิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and Bound Method) (ธรรมาภรณ์พิลาศ, 2011) เป็นการแตกกิ่งของคำตอบลงไปเช่นเดียวกับการหยั่งรากไม้ โดยจะทำการหาผลลัพธ์จนกว่าจะผลลัพธ์จะไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของปัญหา โดยวิธีการนี้จะใช้ระยะเวลาในการหาผลลัพธ์นาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำวิธีทางฮิวริสติกมาปรับใช้ในการแก้ปัญหา แต่อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตัวแทนของผลลัพธ์ที่ดี ภายใต้สภาพปัญหาที่กำหนดแต่จะไม่ได้ยืนยันว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยขั้นตอนการทำงานของวิธีทางฮิวริสติกสามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังรูปที่ 4-13 ขั้นตอนการทำงานของวิธีทางฮิวริสติก เพื่อใช้ในการเลือกเครื่องจักร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-13 ขั้นตอนการทำงานของวิธีทางฮิวริสติก

จากรูปที่ 4-13 ขั้นตอนการทำงานของวิธีทางฮิวริสติก ในการหาผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักร เริ่มตั้งแต่การคำนวณหาผลลัพธ์เริ่มต้นที่ได้จากกระบวนการก่อนหน้า โดยผลลัพธ์เริ่มต้นประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ชนิดและจำนวนของเครื่องจักรที่ถูกเลือก ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ค่าหนึ่ง จากนั้นตรวจสอบค่าน้ำหนักความสำคัญของวัตถุประสงค์ทั้งสองด้าน หากผู้ที่เลือกเครื่องจักรให้ความสำคัญเฉพาะด้านค่าใช้จ่าย (เลือกเครื่องจักรให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด) ดังนั้นผลลัพธ์เริ่มต้นจะเป็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับระบบการผลิตดังกล่าว แต่หากมีการให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์ในด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) จะต้องทำการปรับปรุงผลลัพธ์ต่อไป โดยทำการปรับปรุงรอบละหนึ่งชนิด เริ่มต้นแต่การตรวจสอบค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) หากทุกผลิตภัณฑ์มีค่าสูงสุดแล้ว ไม่ต้องทำการปรับปรุงที่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ให้เลือกปรับปรุงที่ผลิตภัณฑ์อื่น แต่หากค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ยังไม่ใช่ค่าสูงสุด จะทำการปรับปรุงผลลัพธ์ดังกล่าวตามหัวข้อ 4.5.1 การปรับปรุงค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ในแต่ละผลลัพธ์ และเมื่อทำการปรับปรุงครบทุกผลิตภัณฑ์แล้ว ให้ตรวจสอบว่ามีผลลัพธ์ใดที่เลือกเครื่องจักรเหมือนกันทั้งชนิดและจำนวนของเครื่องจักร ให้ทำการแฟนทอม (Phantom) กิ่งนั้นได้เลย และเลือกเก็บไว้เพียงผลลัพธ์เดียว จากนั้นเลือกผลลัพธ์ที่มีค่าวัตถุประสงค์สูงสุดมาทำการปรับปรุงต่อ จนกว่าทุกกิ่งจะมีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) สูงสุด จึงหยุดการปรับปรุงผลลัพธ์ และเลือกผลลัพธ์ที่มีค่าวัตถุประสงค์รวมสูงที่สุด โดยตัวอย่างผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรแสดงดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักร

ชนิดเครื่องจักร	จำนวนเครื่องจักร	ค่าใช้จ่ายรวม	ค่า Volume flexibility ของระบบการผลิต	ค่าวัตถุประสงค์รวม
MC1	1	11,850	962.3	0.9018
MC2	4			
MC10	5			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จะเห็นได้ว่ากระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมนั้น ได้พิจารณาเลือกจากผลลัพธ์ที่มีค่าวัตถุประสงค์รวมสูงที่สุด ซึ่งเป็นการพิจารณาทั้งสองวัตถุประสงค์ร่วมกัน โดยการปรับปรุงผลลัพธ์จะทำให้ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายก็จะมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นการกำหนดค่าวัตถุประสงค์จึงมีความสำคัญ เพราะหากให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายมากกว่า (หมายถึง ต้องการเลือกเครื่องจักรที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ) และผลลัพธ์ที่ได้มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นไม่คุ้มค่ากับค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์ร่วมมีค่าต่ำ ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เครื่องจักรที่เหมาะสมกับระบบการผลิตจะเห็นได้ว่าการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ มีความสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5 การทดสอบขั้นตอนวิธีสำหรับการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักร

จากวิธีการในการหาผลลัพธ์สำหรับการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้ได้กำลังการผลิตตามความต้องการที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมที่ดีที่สุดร่วมกับวิธีทางฮิวริสติกโดยการประยุกต์ใช้การแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตสำหรับการเลือกเครื่องจักรนั้น เพื่อแสดงว่ากระบวนการเลือกเครื่องจักรสามารถหาผลลัพธ์ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดและสามารถนำไปปรับใช้ในการเลือกเครื่องจักรให้เหมาะสมกับการออกแบบระบบการผลิตที่แตกต่างกันได้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบความถูกต้องและความสามารถในการหาผลลัพธ์ของวิธีการในข้างต้น โดยทดสอบกับปัญหาที่มีระดับของความซับซ้อนที่แตกต่างกัน ซึ่งกล่าวถึงรายละเอียดในลำดับถัดไป

การทดสอบประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์ของกระบวนการแก้ปัญหาการเลือกเครื่องจักรนี้จะทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรม Visual Basic for Application (VBA) ver7.1 in Microsoft Office Excel บนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ Processor Intel® Core i5-2.30GHz Ram 12 GB และเนื่องด้วยข้อจำกัดของโปรแกรมที่นำมาใช้ทดสอบนั้น สามารถรองรับตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables) ได้อย่างจำกัด จึงมีข้อจำกัดของการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ดังนี้

- ชนิดของผลิตภัณฑ์สูงสุดที่สามารถทำได้ 8 ชนิด
- กระบวนการผลิตสูงสุดที่สามารถทำได้ 10 กระบวนการ
- รายการเครื่องจักรสูงสุดที่สามารถเลือกได้ 10 ชนิด
- ช่วงของคะแนนสูงสุด 50 ช่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1 ค่าพารามิเตอร์และปัญหาที่ใช้ในการทดสอบ

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบกระบวนการเลือกเครื่องสำหรับระบบการผลิตแบบช่วงตอน และมุ่งเน้นไปที่กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตขนาดกลางและขนาดย่อม ดังนั้นในการทดสอบความสามารถในการหาผลลัพธ์ จึงได้กำหนดขนาดของปัญหาให้สอดคล้องกับระบบการผลิตที่ต้องการนำกระบวนการเลือกเครื่องจักรไปปรับใช้ โดยในการทดสอบผู้วิจัยได้กำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะปัญหา โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบปัญหา

ค่าพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดสอบกระบวนการเลือกเครื่องจักรถูกกำหนดจากปัญหาการเลือกเครื่องจักรที่พิจารณา โดยงานวิจัยนี้เป็นการเลือกเครื่องจักรสำหรับระบบการผลิตแบบช่วงตอนและเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตขนาดกลางและขนาดย่อม ซึ่งมีความหลากหลายของชนิดผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตไม่มาก และเครื่องจักรสามารถทำการผลิตกระบวนการได้หลากหลาย ดังนั้นจึงกำหนดระดับของพารามิเตอร์เป็นสามระดับ โดยพิจารณาพารามิเตอร์ทั้งสามไปพร้อมกัน เพื่อใช้ทดสอบความสามารถของกระบวนการเลือกเครื่องจักรในการหาผลลัพธ์

แนวคิดในการทดสอบความถูกต้องของฮิวริสติกสำหรับการเลือกเครื่องจักรที่ได้พัฒนาขึ้น จะใช้ปัญหาขนาดเล็กที่สุดมาทำการทดสอบกับวิธีการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด แล้วเลือกผลลัพธ์ที่มีค่าวัตถุประสงค์สูงที่สุดมาทำการเปรียบเทียบกันว่าทั้งสองวิธีได้ผลลัพธ์ตรงกันหรือไม่ หากสามารถหาผลลัพธ์ได้ตรงกัน แสดงว่าฮิวริสติกสำหรับการเลือกเครื่องจักรสามารถหาผลลัพธ์ได้ถูกต้อง โดยพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ทดสอบปัญหาการเลือกเครื่องจักรมีดังนี้

- คาบเวลาที่ทำการออกแบบ (Planning horizon) เป็นระยะเวลาที่ระบบการผลิตต้องสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผลิตภัณฑ์ได้ค่าหนึ่ง โดยไม่มีการปรับเปลี่ยนชนิดและของเครื่องจักร กำหนดให้มีระยะเวลา 5 ปี
- ชนิดผลิตภัณฑ์ (Type of product) เป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลให้การตัดสินใจเลือกเครื่องจักรมีความซับซ้อน โดยกำหนดชนิดผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบไว้สามระดับคือ 3 5 และ 7 ชนิด
- ความต้องการกำลังการผลิต (Capacity requirement) เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดขนาดของกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด มีจำนวนระหว่าง 50 ถึง 150 ชิ้น
- จำนวนกระบวนการผลิต (Type of process) เป็นพารามิเตอร์ที่ทำให้การจัดสรรกระบวนการให้กับเครื่องจักรมีความซับซ้อนมากขึ้น โดยกำหนดจำนวนของกระบวนการไว้สามระดับคือ 3 7 และ 10 กระบวนการ
- รายการเครื่องจักร (Type of machine) เป็นรายการเครื่องจักรรวมทั้งหมดที่มีให้เลือก โดยกำหนดให้มีจำนวน 10 ชนิด สำหรับทุกปัญหาที่ทำการทดสอบ
- ความสามารถของเครื่องจักร (Machine capability) เป็นความสามารถของเครื่องจักรแต่ละชนิดว่าทำการผลิตกระบวนการได้กี่ชนิด โดยกำหนดความสามารถของเครื่องจักรไว้สามระดับคือสามารถทำการผลิตได้ 3 7 และ 10 กระบวนการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ระยะเวลาของการทำงานของกระบวนการหนึ่งรอบ (Processing time) เป็นเวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตกระบวนการใดใดในหนึ่งรอบของการผลิต กำหนดอย่างสุ่มให้มีเวลาระหว่าง 2 – 30 นาที
- ฟังก์ชั่นคะแนน (Score function) ใช้ในการคำนวณค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) กำหนดให้มีรูปแบบฟังก์ชั่นเส้นตรง
- ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ (Objective weight) ได้แก่ วัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย (Cost) และ วัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) คือ 0.6 และ 0.4 ตามลำดับ
- ค่าน้ำหนักความสำคัญของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Priority Weight) กำหนดให้เป็นค่าเดียวกันสำหรับโจทย์ที่มีจำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์เท่ากัน และค่าน้ำหนักรวมเท่ากับหนึ่ง

จากรายละเอียดของพารามิเตอร์ที่กล่าวไปข้างต้น นำมาสรุปได้ดังตารางที่ 5-1 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบ

ตารางที่ 5-1 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบ

No.	Parameter	Level	Unit
1	คาบเวลาที่ทำการออกแบบ	5	ปี
2	ชนิดผลิตภัณฑ์	3, 5, 7	ชนิด
3	ปริมาณความต้องการ	50 - 150	ชิ้น
4	กระบวนการผลิต	3, 7, 10	กระบวนการ
5	รายการเครื่องจักร	10	รายการ
6	ความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร	3, 7, 10	กระบวนการ
7	ระยะเวลาทำงานของของกระบวนการ 1 รอบ	2 - 30	นาที
8	ฟังก์ชั่นคะแนน	รูปแบบเส้นตรง	
9	ค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์	ค่าคงที่	
10	ค่าน้ำหนักความสำคัญของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด	ค่าคงที่	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.2 ตัวอย่างกลุ่มปัญหาที่ใช้ทดสอบวิธีทางฮิวริสติก

การทดสอบขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการแก้ปัญหาสำหรับการเลือกเครื่องจักรเพื่อเปรียบเทียบความสามารถด้านของเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์และคุณภาพของผลลัพธ์ โดยผู้วิจัยกำหนดปัญหาสำหรับการทดสอบโดยปรับค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความซับซ้อนในการหาผลลัพธ์ทั้งหมดสามพารามิเตอร์ได้แก่ ชนิดผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร โดยพารามิเตอร์ข้างต้นกำหนดให้มีสามระดับ นำมาสร้างได้ทั้งหมด 27 ปัญหา แต่เนื่องจากบางระดับของพารามิเตอร์เกิดการข่มกันอยู่ ทำให้บางปัญหาไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา ดังนั้นจึงได้ปัญหาที่นำมาทดสอบทั้งหมด 18 ปัญหา และจำแนกปัญหาออกเป็นสามกลุ่มโดยใช้จำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มของปัญหา เนื่องจากความซับซ้อนของปัญหาการเลือกเครื่องจักรจะเพิ่มขึ้นจากการที่มีตัวแปรตัดสินใจเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณตามชนิดของผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งได้เป็น กลุ่มปัญหาขนาดเล็ก (Small problem size) กลุ่มปัญหาขนาดกลาง (Medium problem size) และกลุ่มปัญหาขนาดใหญ่ (Large problem size) ตารางที่ 5-2 กลุ่มปัญหาที่ใช้ทดสอบขั้นตอนวิธี คอลัมภ์ที่หนึ่งคือขนาดของปัญหาทั้งสามกลุ่ม คอลัมภ์ที่สองคือลำดับของปัญหาและสามคอลัมภ์ถัดมาคือ จำนวนของชนิดผลิตภัณฑ์ จำนวนของกระบวนการผลิต และความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร ตามลำดับ และเลือกปัญหาที่หนึ่งซึ่งเป็นปัญหาที่มีขนาดเล็กที่สุดมาเพื่อทดสอบคุณภาพของผลลัพธ์โดยทำการเปรียบเทียบวิธีฮิวริสติก (Heuristic) สำหรับการเลือกเครื่องจักรที่ได้พัฒนา กับวิธีการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด (Total enumeration)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-2 กลุ่มปัญหาที่ใช้ทดสอบขั้นตอนวิธี

Problem size	Instance	Number of products	Number of process	Capability of machine
Small problem size	1	3	3	3
	2	3	7	3
	3	3	7	7
	4	3	10	3
	5	3	10	7
	6	3	10	10
Medium problem size	7	5	3	3
	8	5	7	3
	9	5	7	7
	10	5	10	3
	11	5	10	7
	12	5	10	10

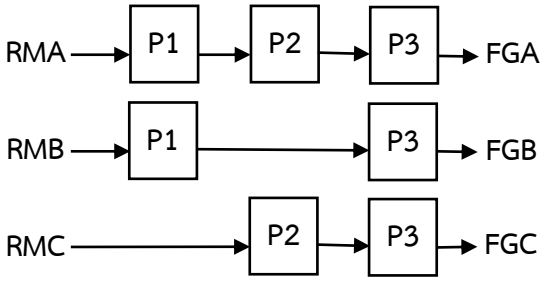
Large problem size	13	7	3	3
	14	7	7	3
	15	7	7	7
	16	7	10	3
	17	7	10	7
	18	7	10	10

5.1.3 ตัวอย่างของลักษณะปัญหาที่นำมาทดสอบ

ผู้ประกอบการมีความต้องการที่จะออกแบบระบบการผลิตใหม่โดยส่วนหลักที่ต้องให้ความสำคัญคือ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรจะต้องเลือกเครื่องจักรอย่างไรเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยระบบการผลิตที่ต้องการออกแบบมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมดสามชนิดได้แก่ ผลิตภัณฑ์ชนิด A B และ C โดยผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความต้องการกำลังการผลิตจำนวน 50 100 และ 150 ชิ้นต่อวัน ตามลำดับ และมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันดังนี้ ผลิตภัณฑ์ชนิด A ต้องใช้กระบวนการที่ 1 2 และ 3 ผลิตภัณฑ์ชนิด B ต้องใช้กระบวนการที่ 1 และ 3 และผลิตภัณฑ์สุดท้ายผลิตภัณฑ์ชนิด C ต้องใช้กระบวนการที่ 2 และ 3 ดังรูปที่ 5-1 ตัวอย่างระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ A B และ C และ ตารางที่ 5-3 ตัวอย่างข้อมูลพื้นฐานของผลิตภัณฑ์และกระบวนการรูปที่ 5-1 โดยผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรคัดเลือกรายการเครื่องจักรจากบริษัทที่มีการบริการหลังการขายที่ดีไว้ทั้งหมด 10 ชนิด โดยเครื่องจักรแต่ละชนิดมีความสามารถแตกต่างกัน เช่น เครื่องจักรชนิด MC1 ทำการผลิตได้เฉพาะกระบวนการที่ 1 หรือเครื่องจักรชนิด MC10 สามารถทำการผลิตได้ทั้งหมดสามกระบวนการ คือกระบวนการที่ 1 2 และ 3 รวมถึงเครื่องจักรแต่ละชนิดมีกำลังการผลิตที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 5-4 ตัวอย่างข้อมูลรายการเครื่องจักร โดยมีระยะเวลาการทำงานต่อวันแปดชั่วโมง (480นาที) โดยไม่กำหนดงบประมาณในการลงทุน รวมถึงต้องการให้การเลือกเครื่องจักรมีความยืดหยุ่น สามารถใช้เครื่องจักรในการผลิตร่วมกันได้ แสดงดังตารางที่ 5-5 ตัวอย่างข้อมูลข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักร และบางช่วงเวลาผลิตภัณฑ์บางชนิดมีความต้องการเพิ่มขึ้น ต้องเลือกเครื่องจักรโดยให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตามผู้ที่เลือกเครื่องจักรต้องการให้กำลังการผลิตที่มีอยู่ในระบบการผลิตสามารถรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้ จึงกำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย (Cost) และความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ให้มีค่า 0.7 และ 0.3 ตามลำดับ และกำหนดความสำคัญของผลิตภัณ์แต่ละชนิดตามความถี่ของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ชนิด A B

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และ C ให้มีค่าน้ำหนัก 0.5 0.3 และ 0.2 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4-9 ตัวอย่างชิ้นส่วนนำเข้าและได้รับในแต่ละกระบวนการ



รูปที่ 5-1 ตัวอย่างระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ A B และ C

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5-3 ตัวอย่างข้อมูลพื้นฐานของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ

ชนิดผลิตภัณฑ์	ความต้องการกำลังการผลิต	ชนิดกระบวนการ	จำนวนครั้งที่ต้องทำการผลิตในแต่ละกระบวนการ	จำนวนชิ้นส่วนที่นำเข้า	ชนิดชิ้นส่วนที่นำเข้า	จำนวนชิ้นส่วนที่ได้รับ	ชนิดชิ้นส่วนที่ได้รับ
A	50	P1	1	1	RMA	1	P1A
		P2	1	1	P1A	1	P2A
		P3	1	1	P2A	1	FGA
B	100	P1	2	2	RMB	1	P1B
		P3	1	1	P1B	1	FGB
C	150	P2	2	2	RMC	1	P2C
		P3	1	1	P2C	1	FGC

ตารางที่ 5-4 ตัวอย่างข้อมูลรายการเครื่องจักร

ชนิดเครื่องจักร	จำนวนเครื่องจักรสูงสุด	ชนิดกระบวนการ	ระยะเวลาของการดำเนินการผลิตของกระบวนการหนึ่งรอบ	ร้อยละอรรถประโยชน์	ราคาเครื่องจักร	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตของกระบวนการ
MC1	-	P1	4.8	100	500	100	1
MC2	-	P2	9.6	100	500	100	1
MC3	-	P3	14.4	100	700	100	1
MC4	-	P1	4.8	100	900	100	1
		P2	9.6	100			1
MC5	-	P1	4.8	100	900	100	1
		P3	14.4	100			1
MC6	-	P2	9.6	100	900	100	1
		P3	14.4	100			1
MC7	-	P1	9.6	100	600	100	1
		P2	19.2	100			1
MC8	-	P1	9.6	100	1100	100	1
		P2	19.2	100			1
		P3	28.8	100			1
MC9	-	P1	4.8	100	1300	200	1
		P2	9.6	100			1
		P3	14.4	100			1
MC10	-	P1	2.4	100	1300	200	1
		P2	4.8	100			1
		P3	7.2	100			1

ตารางที่ 5-5 ตัวอย่างข้อมูลข้อจำกัดของการเลือกเครื่องจักร

ระยะเวลาในการผลิต	งบประมาณการลงทุนรวม	ข้อจำกัดในการผลิต	
		Dedicate	Flexible
480	-		/

ตารางที่ 5-6 ตัวอย่างข้อมูลค่าน้ำหนักและฟังก์ชั่นคะแนน

ค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์	Cost	0.7
	Volume flexibility	0.3
ชนิดผลิตภัณฑ์	ค่าน้ำหนักของผลิตภัณฑ์	รูปแบบฟังก์ชั่นคะแนน
A	0.5	Linear
B	0.3	Linear
C	0.2	Linear

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.4 ตัวชี้วัดสำหรับการทดสอบความสามารถในการหาผลลัพธ์

จากโจทย์ตัวอย่างที่นำมาใช้ทดสอบกระบวนการเลือกเครื่องจักรประกอบด้วยข้อมูลที่มความสำคัญ เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดไปใช้ในการหาผลลัพธ์จะได้ผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่เหมาะสมโดยมีค่าวัตถุประสงค์รวมสูงที่สุดและเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ โดยผู้วิจัยกำหนดตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับกระบวนการเลือกเครื่องจักร ประกอบด้วยสองด้านได้แก่

- ค่าวัตถุประสงค์ (Objective score) เป็นคะแนนที่เกิดจากการรวมของค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองด้าน คือ วัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายและวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่ได้กล่าวถึงในสมการที่ 4.23
- เวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ (Computation time) เป็นเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของหน่วยความจำในการหาแต่ละผลลัพธ์ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดปัญหาที่นำมาใช้ทดสอบความสามารถด้านเวลาในการหาผลลัพธ์ทั้งหมด 18 ปัญหา เพื่อนำมาเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ของปัญหาที่มีความซับซ้อนที่แตกต่างกัน โดยจะทำการทดสอบความกว้างของผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการทั้งสอง แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน

5.2 การทดสอบความสามารถในการหาผลลัพธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดสอบกระบวนการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์สามด้านคือ การทดสอบผลกระทบของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อเวลาในการหาผลลัพธ์ การทดสอบคุณภาพของผลลัพธ์ และการวิเคราะห์ความไว โดยผลของการสอบในแต่ละด้านมีดังนี้

5.2.1 ผลการทดสอบผลกระทบของพารามิเตอร์ต่อเวลาในการหาผลลัพธ์

เนื่องจากกระบวนการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) ขึ้นใหม่ทั้งหมด ดังนั้นเพื่อให้แน่ใจว่าขั้นตอนวิธีสำหรับการเลือกเครื่องจักรที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถหาผลลัพธ์ได้ถูกต้องตามแนวทางที่ได้ทำการออกแบบ ทั้งในส่วนของการหาผลลัพธ์เริ่มต้น การคำนวณกำลังการผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด การคำนวณค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองด้าน ตลอดจนการ

ปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เครื่องจักรที่เหมาะสมกับตามต้องการ และนอกจากการทดสอบความถูกต้องแล้ว เวลาในการหาผลลัพธ์ก็เป็นส่วนสำคัญ เพราะปัญหาการเลือกเครื่องจักรโดยทั่วไปมีความซับซ้อนและความยุ่งยากในการตัดสินใจ ส่งผลให้กระบวนการเลือกเครื่องจักรใช้เวลานานในการหาผลลัพธ์ ผู้วิจัยจึงต้องทำการทดสอบความสามารถในด้านระยะเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์

การทดสอบผลกระทบของพารามิเตอร์ในส่วนนี้ จะเป็นการทดสอบความสามารถในการหาค่าสูงสุดของวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) สำหรับผลลัพธ์เริ่มต้นที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดของผลลัพธ์ใดใด จะต้องทำการคำนวณรอบละหนึ่งผลิตภัณฑ์โดยใช้หลักการหาค่าเหมาะสมที่ดีที่สุด ในการแลกเปลี่ยนระหว่างคะแนนที่ได้รับจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ที่พิจารณาและคะแนนที่เสียไปจากกำลังการผลิตที่ลดลงของผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เพื่อหาผลลัพธ์ที่มีคะแนนหรือค่า ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เหมาะสมที่สุด

การกำหนดค่าพารามิเตอร์เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักร ที่จะทำให้ปัญหาการเลือกเครื่องจักรมีความซับซ้อนมากขึ้น และมีส่วนที่ต้องทำการตัดสินใจยุ่งยากเพิ่มขึ้น โดยแบ่งปัญหาออกเป็นสามกลุ่มตามชนิดของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาขนาดกลาง และปัญหาขนาดใหญ่ จากนั้นนำแต่ละปัญหามาทดสอบเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์เริ่มต้นที่มีการจัดสรรกำลังการผลิตเพื่อให้มีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เหมาะสมที่สุดและมีค่าใช้จ่ายในการเลือกเครื่องจักรต่ำที่สุด โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5-7 ผลการทดสอบผลกระทบของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อเวลาในการหาผลลัพธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-7 ผลการทดสอบผลกระทบของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อเวลาในการหาผลลัพธ์

Problem size	Instance	Number of products	Number of process	Capability of machine	Cost	Volume flexibility	Computational Time (Sec)
Small problem size	1	3	3	3	11,850	962.3	11.79
	2	3	7	3	27,150	590.6	16.59
	3	3	7	7	22,650	726.5	16.35
	4	3	10	3	38,950	520.5	20.02
	5	3	10	7	58,900	796.9	20.15
	6	3	10	10	42,900	924.6	18.56
Medium problem size	7	5	3	3	14,700	1119.4	36.12
	8	5	7	3	37,500	999.9	47.02
	9	5	7	7	33820	1021.9	46.76
	10	5	10	3	47,520	935.1	55.43
	11	5	10	7	76,400	1055.1	51.41

	12	5	10	10	46,800	1041.5	53.71
Large problem size	13	7	3	3	12,500	1233.5	90.18
	14	7	7	3	40,900	1063.1	105.56
	15	7	7	7	34,540	1149.0	107.41
	16	7	10	3	51,240	1007.0	119.95
	17	7	10	7	64,740	1142.5	121.09
	18	7	10	10	50,740	1098.2	118.75

จากผลการทดสอบดังตารางที่ 5-7 แสดงค่าใช้จ่ายรวมในการเลือกเครื่องจักรของผลลัพธ์เริ่มต้นและค่าสูงของวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) รวมถึงเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ แสดงให้เห็นว่าในปัญหากลุ่มเดียวกัน จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นตามกระบวนการที่ต้องทำการผลิต แต่อย่างไรก็ตามหากเครื่องจักรมีความสามารถในการผลิตได้หลายกระบวนการ (ราคาเท่าเดิม) จะทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงหากทำการเลือกเครื่องจักรชนิดดังกล่าว ทั้งนี้การสรุปแนวโน้มของค่าใช้จ่ายในข้างต้นเป็นการสรุปจากชุดของปัญหาดังกล่าวเท่านั้น เพราะหากนำปัญหาอื่นมาทดสอบอาจจจะมีแนวของค่าใช้จ่ายเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ ที่มาเกี่ยวข้อง และ 8jk ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) จะมีแนวโน้มขึ้นกับความสามารถของเครื่องจักรที่ถูกเลือก หากมีการเลือกเครื่องจักรที่มีการผลิตได้หลากหลายกระบวนการและหลากหลายผลิตพันธ์จะส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์ในด้านนี้มีค่าสูงขึ้นสำหรับชุดปัญหาที่นำมาทดสอบ

จากเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ พบว่าเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกลุ่มปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยปัญหาแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันของจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ตามขนาดของปัญหาและผลของเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ดังนี้ ปัญหาขนาดเล็ก (ปัญหาที่ 1-6) ใช้เวลา 10-20 วินาที ปัญหาขนาดกลาง (ปัญหาที่ 7-12) ใช้เวลา 35-55 วินาที และปัญหาขนาดใหญ่ (ปัญหาที่ 13-18) ใช้เวลา 90-120 วินาที ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์

เมื่อตรวจสอบระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละกลุ่มของปัญหาพบว่า ปัญหาที่กำหนดให้มีชนิดของกระบวนการเท่ากัน จะใช้เวลาในการหาผลลัพธ์ใกล้เคียงกันและจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหากเพิ่มเพิ่มชนิดของกระบวนการในทุกขนาดของปัญหา เช่น กลุ่มปัญหาขนาดเล็ก (ปัญหา2,3) ใช้เวลาในการหาผลลัพธ์ใกล้เคียงกันประมาณ 16 วินาที และ กลุ่มปัญหาขนาดเล็ก (ปัญหา4-6) ใช้เวลาในการหาผลลัพธ์ประมาณ 20 วินาที เป็นต้น จากผลลัพธ์ของระยะเวลาในการหาผลลัพธ์ที่เพิ่มขึ้นสามารถสรุปได้ว่า พารามิเตอร์ในด้านจำนวนชนิดของกระบวนการผลิตมีผลต่อระยะเวลาในการหาผลลัพธ์ โดยส่งผลให้มีจำนวนของตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ปัญหาที่มีการกำหนด

ความสามารถในการผลิตจำนวนชนิดกระบวนการที่แตกต่างกันใช้ระยะเวลาในการหาผลลัพธ์ใกล้เคียงกันจึงสามารถสรุปได้ในข้างต้นว่าอาจจะไม่ส่งผลต่อระยะเวลาในการหาผลลัพธ์

5.2.2 ผลการทดสอบคุณภาพของผลลัพธ์

การทดสอบคุณภาพของผลลัพธ์ของกระบวนการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบจากวิธีการหาผลลัพธ์สองวิธีคือ วิธีการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด (Total enumeration) และวิธีทางฮิวริสติก (Heuristic method) ในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมร่วมกับการประยุกต์ใช้แนวคิดขั้นตอนวิธีในการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and bound algorithm) ที่ได้พัฒนา

เนื่องจากปัญหาการเลือกเครื่องจักรในส่วนของการปรับปรุงค่าของวัตถุประสงค์ในด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) มีความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นจากจำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ร่วมกับในกระบวนการคำนวณคะแนนแบบเป็นลำดับขั้นของกำลังการผลิตที่สามารถทำการผลิตได้เพิ่มขึ้นของผลิตตภัณฑ์แต่ละชนิด จึงทำให้แผนภูมิต้นไม้ของการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดมีขนาดใหญ่และมีผลลัพธ์ที่ต้องทำการคำนวณจำนวนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ยกตัวอย่างปัญหาขนาดเล็กเพื่อทำการทดคุณภาพของการหาผลลัพธ์ โดยทำการเปรียบเทียบสองมิติชี้วัดคือ เวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ (Computational time) และความกว้างของผลลัพธ์ (Gap difference between upper bound)

ปัญหาที่นำมาทดสอบขั้นตอนวิธีของกระบวนการเลือกเครื่องจักร (ปัญหาที่ 1) ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์สามชนิด โดยแต่ละชนิดมีกระบวนการผลิตได้สูงสุดสามกระบวนการ และความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตกระบวนการได้สูงสุด โดยข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแสดงในหัวข้อ 5.1.3 ตัวอย่างของลักษณะปัญหาที่นำมาทดสอบ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5-8 ผลการทดสอบคุณภาพของผลลัพธ์

ตารางที่ 5-8 ผลการทดสอบคุณภาพของผลลัพธ์

Instance	Objective score		Gap difference between Upper bound		Computational time (Min)	
	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
1	0.9799	0.9799	0%	0%	3513	2.75

จากตารางที่ 5-8 ผลการทดสอบคุณภาพของผลลัพธ์ ผลของความกว้างของผลลัพธ์โดยการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ (Objective score) ที่สูงที่สุด ซึ่งทดสอบด้วยวิธีการทั้งสองเท่ากับร้อยละศูนย์คือผลลัพธ์ที่ได้มีค่าวัตถุประสงค์เท่ากัน เมื่อตรวจสอบชนิดและจำนวนของเครื่องจักรที่ถูกเลือก พบว่าเป็นเครื่องจักรชุดเดียวกัน ส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์แต่ละด้านมีค่าเท่ากันดังนี้ ค่าใช้จ่ายรวม 11,950 บาท และค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เท่ากับหนึ่งคือค่าสูงสุดของวัตถุประสงค์ในด้านนี้ โดยทั่วไปแล้วค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) จะเท่ากันเมื่อเครื่องจักรเป็นชุดเดียวกัน และด้านของเวลาที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ พบว่าวิธีการหาผลลัพธ์โดยการค้นหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด (Total enumeration) ใช้ระยะเวลาในการหาผลลัพธ์ 3,513 นาที จากที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้นว่าความซับซ้อนปัญหาของการปรับปรุงผลลัพธ์ ทำให้ต้องหาผลลัพธ์จำนวน (26^3) 17,576 ผลลัพธ์ แล้วจึงเลือกผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แต่หลักการของวิธีทางฮิวริสติกที่เราได้ปรับใช้ทำให้เราไม่จำเป็นต้องคำนวณในบางผลลัพธ์ ซึ่งในปัญหาที่นำมาทดสอบสามารถทำให้เราตัดผลลัพธ์ออกไปได้จำนวนมาก จึงใช้ระยะเวลาในการค้นหาผลลัพธ์เพียง 2.75 นาที

5.2.3 การวิเคราะห์ความไว

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) เป็นวิธีที่ใช้ในการประเมินผลกระทบของความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ใช้ เป็นการทดสอบความมั่นคงของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการเลือกเครื่องจักร และเพื่อทดสอบความมั่นคงของกระบวนการเลือกเครื่องจักรนั้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความไวโดยการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทีละตัว (Deterministic sensitivity analysis) ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการ (Demand uncertainty) โดยการเพิ่มและลดของปริมาณความต้องการจากความต้องการข้างต้น เนื่องจากการออกแบบระบบการผลิตนั้นเป็นการวางแผนในระยะยาว ค่าของกำลังการผลิตที่นำมาใช้ในการออกแบบจึงเกิดจากการพยากรณ์ (Forecasting) ซึ่งในการพยากรณ์แต่ละครั้งค่าที่ได้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ทำให้ในบางช่วงของการดำเนินการผลิตไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ ระบบการผลิตโดยทั่วไปจึงมักจะพบกับปัญหาของการทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไม่ทันตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นเราจึงได้ทำการทดสอบด้วยการกำหนดค่าของปริมาณความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งในด้านที่มีปริมาณความต้องการผลิตที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลง และเนื่องจากการกำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ในแต่ละด้านส่งผลต่อผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักร ผู้วิจัยจึงได้กำหนดค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์ที่นำมาใช้ทดสอบทั้งหมดสามกรณี แสดงดังตารางที่ 5-9 ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ของแต่ละปัญหา เพื่อทำการ

ทดสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการพิจารณาวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านพร้อมกันจึงได้กำหนดค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย (Cost) และความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ให้มีค่า 0.4 และ 0.6 ตามลำดับ และทดสอบผลลัพธ์อีกสองกรณี โดยพิจารณาครั้งละวัตถุประสงค์จึงกำหนดให้แต่ละกรณีมีค่าวัตถุประสงค์แต่ละด้านมีค่าเท่ากับหนึ่ง การวิเคราะห์ความไวสำหรับการทดสอบกระบวนการเลือกเครื่องจักรนั้น ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบกับความต้องการกำลังการผลิต กับค่าปริมาณความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งในส่วนของการเพิ่มขึ้นและลดลง โดยทำการเปรียบเทียบสองด้านคือ ค่าใช้จ่ายและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) โดยมีการคำนวณดังนี้

$$\begin{matrix}Gap\ difference\ between \\ base\ demand\ of\ Cost\ (\%)\end{matrix} = \frac{AltCost - BaseCost}{BaseCost} \tag{5.1}$$

$$\begin{matrix}Gap\ difference\ between \\ base\ demand\ of\ Volume \\ Flexibility\ Index\ (\%)\end{matrix} = \frac{AltVFI - BaseVFI}{BaseVFI} \tag{5.2}$$

โดย

$BaseCost$	ค่าใช้จ่ายของผลลัพธ์ที่มีปริมาณความต้องการที่กำหนดที่ 100%
$AltCost$	ค่าใช้จ่ายของผลลัพธ์ใดใด
$BaseVFI$	ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของผลลัพธ์ที่มีปริมาณความต้องการที่กำหนดที่ 100%
$AltVFI$	ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ของผลลัพธ์ใดใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-9 ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ของแต่ละปัญหา

Instance	Objective weight	
	Cost	Volume flexibility Index
1	0.4	0.6
2	1	0
3	0	1

จากการวิเคราะห์ความไวนั้น จะแสดงผลลัพธ์ในแต่ละกรณี โดยนำเสนอข้อมูลสองส่วนคือ ร้อยละของค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ได้จากผลลัพธ์ที่กำหนดปริมาณความต้องการที่ 100% และความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ได้ผลลัพธ์ที่กำหนดปริมาณความต้องการที่ 100% แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละส่วนดังนี้

<u>กรณีที่ 1</u> ผลการวิเคราะห์ความไวของปัญหาที่มีค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.4 และค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เท่ากับ 0.6

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความไวแสดงดังตารางที่ 5-10 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 1 โดยคอลัมภ์แรกคือ ค่าปริมาณความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไป คอมลัมภ์ที่สองคือ ร้อยละของค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ได้จากผลลัพธ์ที่กำหนดปริมาณความต้องการที่ 100% และคอลัมภ์สุดท้ายคือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ได้ผลลัพธ์ที่กำหนดปริมาณความต้องการที่ 100%

ตารางที่ 5-10 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 1

Demand	Cost (%)	Volume flexibility Index (%)
Demand-50%	48.723	3.700
Demand-20%	17.277	0.100
Demand-10%	10.766	1.600
Demand+10%	8.213	1.000
Demand+20%	18.979	0.000
Demand+50%	45.319	0.300

ตารางที่ 5-10 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 1 ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนปริมาณของความต้องการตามค่าต่าง ๆ ที่กำหนด ส่งผลต่อค่าวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) โดยอภิปรายผลได้เป็นสองด้านได้แก่

- ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการต่อค่าใช้จ่าย จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของค่าใช้จ่ายมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เนื่องจากเมื่อเราเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความต้องการ นอกจากจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดและจำนวนของเครื่องจักรแล้ว การเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการยังส่งผลโดยตรงกับค่าดำเนินการผลิตไปในทิศทางเดียวกัน
- ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการต่อค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) จะเห็นได้ว่าด้านนี้ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าด้านค่าใช้จ่าย เนื่องจากการคำนวณค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) จะแปรผันตามชนิดและจำนวนเครื่องจักรที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการในระดับที่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร ก็จะทำให้ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) มีค่าเท่าเดิม แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการต่อค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) อาจเพิ่มขึ้นได้จากกำลังการผลิตที่เหลืออยู่ในระบบการผลิตรวมถึงชนิดเครื่องจักที่เลือก เช่น หากเลือกเครื่องจักรที่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย ก็จะส่งผลให้ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) มีค่าเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>กรณีที่ 2</u> ผลการวิเคราะห์ความไวของปัญหาที่มีค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่ายมีค่าเท่ากับหนึ่ง

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความไวแสดงดังตารางที่ 5-11 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 2 โดยคอลัมภ์แรกคือ ค่าปริมาณความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไป คอมลัมภ์ที่สองคือ ร้อยละของค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ได้จากผลลัพธ์ที่กำหนดปริมาณความต้องการที่ 100% และคอลัมภ์สุดท้ายคือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ได้ผลลัพธ์ที่กำหนดปริมาณความต้องการที่ 100%

ตารางที่ 5-11 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 2

Demand	Cost (%)	Volume flexibility Index (%)
Demand-50%	46.861	1.164
Demand-20%	18.834	3.122
Demand-10%	6.861	2.535
Demand+10%	8.655	8.517
Demand+20%	18.834	0.468
Demand+50%	51.570	1.164

ตารางที่ 5-11 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 2 ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนปริมาณของความต้องการตามค่าต่าง ๆ ที่กำหนด ส่งผลต่อค่าวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายและค่า Volume flexibility โดยจะอภิปรายผลโดยแบ่งเป็นสองด้านได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการต่อค่าใช้จ่าย เนื่องจากกำหนดให้ค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายเท่ากับหนึ่งหมายความว่า การเลือกเครื่องจักรต้องการให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นผลลัพธ์เริ่มต้น (Initial solution) ที่ได้จากวิธีการหาค่าเหมาะสมที่ดีที่สุด โดยการเปลี่ยนแปลงของประมาณความต้องการจะส่งผลโดยตรงต่อค่าใช้จ่าย
2. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการต่อค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เนื่องจากผู้วิจัยไม่ได้ให้ค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ในด้านนี้ หมายความว่า การเลือกเครื่องจักรไม่ได้ให้ความสำคัญกับความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของ

ความต้องการของผลิตภัณฑ์ (Volume flexibility) อาจเพราะระบบการผลิตมีความต้องการผลิตที่แน่นอน จึงให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายเพียงด้านเดียว แต่อย่างไรก็ตามในแต่ละผลลัพธ์จะมีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ค่าหนึ่ง ซึ่งขึ้นกับชนิดและจำนวนของเครื่องจักรที่เปลี่ยนไปตามปริมาณความต้องการค่าต่าง ๆ

<u>กรณีที่ 3</u> ผลการวิเคราะห์ความไวของปัญหาที่มีค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์ด้าน ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) มีค่าเท่ากับหนึ่ง

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความไวแสดงดังตารางที่ 5-12 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 3 โดยคอลัมภ์แรกคือ ค่าปริมาณความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไป คอมลัมภ์ที่สองคือ ร้อยละของค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ได้จากผลลัพธ์ที่กำหนดปริมาณความต้องการที่ 100% และคอลัมภ์สุดท้ายคือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ได้ผลลัพธ์ที่กำหนดปริมาณความต้องการที่ 100%

ตารางที่ 5-12 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 3

Demand	Cost (%)	Volume flexibility Index (%)
Demand-50%	44.561	0.000
Demand-20%	15.314	0.000
Demand-10%	8.075	0.000
Demand+10%	10.586	0.000
Demand+20%	16.987	0.000
Demand+50%	47.908	0.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-12 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 3 ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนปริมาณของความต้องการตามค่าต่าง ๆ ที่กำหนด ส่งผลต่อค่าวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) โดยจะอภิปรายผลโดยแบ่งเป็นสองด้านได้แก่

1. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการต่อค่าใช้จ่าย เนื่องจากในปัญหานี้ไม่พิจารณาค่าใช้จ่ายในการเลือกเครื่องจักร หมายความว่า ผู้ประกอบการยอมให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเพื่อให้ระบบการผลิตมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) สูงที่สุด จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละสถานการณ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการมีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) มีค่าเท่ากับหนึ่ง ทำให้มีค่าใช้จ่ายมากกว่าหนึ่งค่า (กรณีนี้เลือกค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด) ซึ่งจากผลลัพธ์จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายจะแปรผันตรงกับปริมาณความต้องการ
2. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการต่อค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เนื่องจากในปัญหานี้กำหนดค่าน้ำหนักเท่ากับหนึ่ง หมายถึงต้องการให้ระบบการผลิตสามารถผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้เท่ากับค่าสูงสุดของปริมาณความต้องการที่กำหนด ดังนั้นค่าที่ได้จึงไม่มีผลต่างของค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility)

จากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการต่อค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านแล้วนั้น ยังมีตัวแปรอื่นที่ผลโดยตรงกับค่าวัตถุประสงค์ที่นำมาใช้ในการเลือกเครื่องจักร เช่น ชนิดของเครื่องจักร หรือฟังก์ชั่นคะแนนที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) แต่เนื่องจากปัญหาที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นปัญหาเดียวกัน ซึ่งมีชุดข้อมูลนำเข้าสำหรับการเลือกเครื่องจักรเหมือนกัน ดังนั้นสำหรับปัญหาในข้างต้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) คือ ชนิดและจำนวนเครื่องจักร ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ในกรณีที่ 1 2 และ 3 ยังไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) อย่างแน่นอนได้ ผู้วิจัยจึงได้นำผลลัพธ์ของชนิดและจำนวนเครื่องจักรของกรณีที่ 1 มาทำการวิเคราะห์เพื่อสรุปความสัมพันธ์เพิ่มเติม ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความต้องการและค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยน

กำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) โดยตารางที่ 5-13 ผลลัพธ์ชนิดและจำนวนเครื่องจักรผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 1 โดยคอลัมภ์แรกคือปริมาณความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไป คอลัมภ์ที่สองคือค่าใช้จ่ายรวม คอลัมภ์ที่สามคือค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด จากนั้นนำมารวมกันเป็นความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์ทุกชนิดในระบบการผลิตในคอลัมภ์ที่สี่ คอลัมภ์ที่ห้าคือชนิดและจำนวนเครื่องจักรที่ถูกเลือก จากนั้นข้อมูลในคอมลัมภ์ที่สี่จะถูกนำมาคำนวณเป็นค่าวัตถุประสงค์ด้านความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) แสดงในคอมลัมภ์ที่หก ข้อมูลค่าใช้จ่ายในคอลัมภ์ที่สองจะถูกนำมาคำนวณให้เป็นค่าวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่ายแสดงในคอลัมภ์ที่เจ็ด และคอมลัมภ์สุดท้ายเป็นการคำนวณค่าวัตถุประสงค์รวมโดยใช้ข้อมูลจากคอลัมภ์ที่หกและเจ็ด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-13 ผลลัพธ์ชนิดและจำนวนเครื่องจักรผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 1

Demand level	Cost	Volume flexibility of Each Product			Volume flexibility of System	Machine type										Volume flexibility Index	Cost Index	Objective score
		A	B	C		MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7	MC8	MC9	MC10			
Demand+50%	17075	471.6	284.7	189.8	946.1	2	6	1	0	0	0	0	0	0	7	0.997	0.990	0.994
Demand+40%	16210	474.5	284.7	189.8	949	2	6	0	0	0	0	0	0	0	7	1.000	0.959	0.984
Demand+30%	14845	469.7	284.7	187.4	941.8	2	5	1	0	0	0	0	0	0	6	0.992	0.942	0.972
Demand+20%	13980	474.5	284.7	189.8	949	2	5	0	0	0	0	0	0	0	6	1.000	0.948	0.979
Demand+10%	12715	467.3	284.7	187.4	939.4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	6	0.990	0.953	0.975
Demand	11750	471.6	284.7	183.9	940.2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	5	0.991	0.949	0.974
Demand-10%	10485	464.3	284.5	185	933.8	1	3	0	0	0	0	0	0	0	5	0.984	0.990	0.987
Demand-20%	9720	473.9	284.7	189.8	948.4	1	3	1	0	0	0	0	0	0	4	0.999	0.931	0.972
Demand-30%	8090	461	274.5	180.3	915.8	1	3	1	0	0	0	0	0	0	3	0.965	1.000	0.979
Demand-40%	7290	468.5	277.5	186.5	932.5	1	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0.983	0.989	0.985
Demand-50%	6025	456.8	279	177.8	913.6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0.963	0.983	0.971

จากตารางที่ 5-13 ผลลัพธ์ชนิดและจำนวนเครื่องจักรผลการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของกรณีที่ 1 พบว่าเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการโดยให้มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น พบว่าในช่วงแรกของการเพิ่มปริมาณความต้องการนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จะทำการเพิ่มเครื่องจักรที่มีความสามารถในการผลิตหลายกระบวนการก่อน เช่น การเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 10 เครื่องจักร MC1 ถูกลดลงไปจำนวนหนึ่งเครื่อง และเพิ่มเครื่องจักร MC10 จำนวนหนึ่งเครื่อง ส่วนหนึ่งเพราะเครื่องจักร MC1 มีความสามารถในการผลิตกระบวนการที่ 1 เพียงกระบวนการเดียว ดังนั้นหากเลือกเครื่องจักร MC10 ที่มีความสามารถในการผลิตได้ทั้งหมดสามกระบวนการคือ กระบวนการที่ 1 2 และ3 ถึงแม้จะที่มีราคาแพงกว่าเครื่องจักร MC1 แต่อาจทำให้เกิดความคุ้มค่ามากกว่าการเพิ่มเครื่องจักรที่มีราคาถูก แต่สามารถทำการผลิตได้เพียงกระบวนการเดียว เป็นต้น และเมื่อปริมาณความต้องการเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งผลลัพธ์เครื่องจักรใหม่ก็จะเพิ่มเครื่องจักรที่มีความสามารถทำการผลิตได้เพียงกระบวนการเดียวที่มีราคาถูกกว่า เมื่อปริมาณความต้องการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จะเกิดเหตุการณ์ซ้ำเดิมคือ ผลลัพธ์ใหม่จะเลือกเพิ่มเครื่องจักรที่มีความสามารถในการผลิตได้หลายกระบวนการก่อนจนปริมาณความต้องการเพิ่มจนถึงระดับหนึ่งจึงเพิ่มเครื่องจักรที่มีความสามารถในการทำการผลิตได้เพียงกระบวนการเดียว เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการที่มีแนวโน้มลดลง พบว่าผลลัพธ์ใหม่จะลดเครื่องจักรที่มีความสามารถในการทำการผลิตได้เพียงกระบวนการเดียวก่อน จากนั้นจึงลดเครื่องจักรที่มีความสามารถในการผลิตได้หลายกระบวนการ ลักษณะความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการกับการเพิ่มขึ้นและลดลงของเครื่องจักรเพื่อให้ได้ค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เหมาะสมกับระบบการผลิตนั้นจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้แนวโน้มดังกล่าวจะใช้อธิบายได้เพียงปัญหาข้างต้นที่นำมาใช้ในการทดสอบการวิเคราะห์ความไว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6 บทสรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับการออกแบบระบบการผลิตแบบช่วงตอน โดยให้มีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมและมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้ เพื่อให้ได้ชนิดและจำนวนของเครื่องจักรเพียงพอต่อความต้องการกำลังการผลิต และผู้ประกอบการสามารถนำกระบวนการเลือกเครื่องจักรนี้ไปปรับใช้กับระบบการผลิตของตนได้ โดยงานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises) จึงได้กำหนดขอบเขตของปัญหาที่นำมาใช้ในการทดสอบให้สอดคล้องกับระบบอุตสาหกรรมที่สนใจดังนี้ ผลิตภัณฑ์และกระบวนการสูงสุด 7 และ 10 ชนิด ตามลำดับ รวมถึงเครื่องจักรมีความสามารถในการผลิตกระบวนการสูงสุด 10 กระบวนการ ซึ่งพารามิเตอร์ดังกล่าวจะส่งผลต่อความซับซ้อนในการตัดสินใจเลือกเครื่องจักร โดยการทดสอบกระบวนการเลือกเครื่องจักรที่ได้พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดของจำนวนสูงสุดที่สามารถทำได้ในแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้ ชนิดของผลิตภัณฑ์ 8 ชนิด กระบวนการผลิต 10 กระบวนการ รายการเครื่องจักร 10 ชนิด และช่วงของคะแนนสูงสุด 50 ช่วง

เนื่องจากกระบวนการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้พิจารณาวัตถุประสงค์สองด้านร่วมกันได้แก่ ค่าใช้จ่าย (Cost) เป็นวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญและถูกนำมาพิจารณาเป็นลำดับแรก ๆ เพราะหากใช้เงินลงทุนเครื่องจักรต่ำจะส่งผลให้การดำเนินการผลิตเกิดการคุ้มทุนอย่างรวดเร็ว และวัตถุประสงค์อีกด้านคือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) เป็นวัตถุประสงค์ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) ที่ระบบการผลิตส่วนใหญ่ให้ความสำคัญและนำมาพิจารณาในการออกแบบระบบการผลิต แต่อย่างไรก็ตามการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ของงานวิจัยอื่นยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับกระบวนการเลือกเครื่องจักรที่ได้พัฒนาขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบวิธีการคำนวณวัตถุประสงค์ในด้านนี้ขึ้นใหม่เพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการเลือกเครื่องจักร โดยวัตถุประสงค์ด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) นี้ พิจารณาในสถานการณ์ที่ระบบการผลิตมีความแปรปรวนของของปริมาณความต้องการและกำลังการผลิตที่มีสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อตอบสนองต่อได้มากน้อยเพียงใด

กระบวนการเลือกเครื่องจักรในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยสามกระบวนการได้แก่ กระบวนการแปลงข้อมูล กระบวนการหาผลลัพธ์เริ่มต้น โดยใช้แนวคิดการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุด (Optimization) ร่วมกับกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed integer linear programming) ในการหาผลลัพธ์เริ่มต้น และกระบวนการปรับปรุงผลลัพธ์ ใช้แนวคิดขั้นตอนวิธี (Algorithm) โดยประยุกต์การแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and bound algorithm) ในการปรับปรุงผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เครื่องจักรที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยลดเวลาในหาผลลัพธ์โดยการลดจำนวนโหนดที่จะต้องหาผลลัพธ์ด้วยเกณฑ์ที่กำหนด

6.2 การอภิปรายผลงานวิจัย

กระบวนการเลือกเครื่องจักรงานที่ผู้วิจัยออกแบบในวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยผู้ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเครื่องจักรในการตัดสินใจเลือกชนิดและจำนวนของเครื่องจักรเพื่อให้ระบบการผลิตสามารถทำการผลิตได้ตามความต้องการ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่เหมาะสมและมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้ เนื่องจากปัญหาการเลือกเครื่องจักรเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน ผู้ที่ต้องการเลือกเครื่องจักรส่วนใหญ่จะพึ่งผู้เชี่ยวชาญในการช่วยตัดสินใจ ซึ่งทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายและใช้เวลาในการหาผลลัพธ์นาน และบางครั้งไม่พิจารณาถึงความแปรปรวนของปริมาณความต้องการในระบบการผลิต ส่งผลให้ผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่เลือกไม่เหมาะสมต่อระบบการผลิตที่ทำการออกแบบ

กระบวนการเลือกเครื่องจักรช่วยผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถตัดสินเลือกเครื่องจักรได้ด้วยตนเอง กล่าวคือกระบวนการเลือกเครื่องจักรนี้ครอบคลุมตั้งแต่การนำข้อมูลมาใช้อย่างไรให้เหมาะสม มีหลักการในการจัดการกับข้อมูลที่มีความหลากหลายอย่างเป็นระบบ ช่วยลดความซับซ้อนของปัญหาการเลือกเครื่องจักรรวมถึงลดความซับซ้อนในการตัดสินใจ ทั้งนี้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถปรับค่าตัวแปรเพื่อให้เหมาะสมกับระบบการผลิตของตนเองได้ ภายใต้คำแนะนำของการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ในด้านต่าง ๆ ว่าจะส่งผลอย่างไรต่อผลลัพธ์ ทำให้เข้าใจได้ถึงเหตุและผลของการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ในการเลือกเครื่องจักร

จากการทดสอบฮิวริสติกสำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักร เพื่อยืนยันว่าขั้นตอนวิธีที่เราได้ออกแบบนั้นสามารถให้ผลลัพธ์ของชนิดและจำนวนของเครื่องที่ถูกต้องและใช้ระยะเวลาสั้นในการหาผลลัพธ์เริ่มต้นที่มีค่าความสามารถในการปรับเปลี่ยนกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความไม่แน่นอนของความต้องการของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Volume flexibility) ที่เหมาะสมที่สุด โดยปัญหาขนาดเล็กใช้เวลา 10-20 วินาที ปัญหาขนาดกลางใช้เวลา 35-55 วินาที และปัญหาขนาดใหญ่ใช้เวลา 90-

120 วินาที และการจากทดสอบความสามารถในการหาผลลัพธ์พบว่าวิธีทางฮิวริสติกที่ออกแบบช่วยลดเวลาในการหาผลลัพธ์ได้จริง โดยวิธีการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดใช้เวลา 3513 นาที และวิธีทางฮิวริสติที่พัฒนาใช้เวลา 2.75 นาที และความกว้างของผลลัพธ์ที่ทดสอบด้วยวิธีการทั้งสองเท่ากับร้อยละศูนย์ ซึ่งถือว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีภายใต้ปัญหาที่นำมาทดสอบ และเมื่อทำการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของของค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองด้านโดยการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความต้องการ พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความต้องการส่งผลต่อวัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่าย โดยแนวโน้มของค่าใช้จ่ายจะแปรผันตรงกับปริมาณความต้องการ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนและชนิดของเครื่องจักรรวมถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตซึ่งแปรผันโดยตรงกับจำนวนที่ทำการผลิต

6.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้นำเสนอกระบวนการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้ระบบการผลิตมีกำลังการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดตามต้องการ หากมีการพิจารณาถึงองค์ประกอบอื่นที่เกี่ยวข้องจะทำให้สามารถเลือกเครื่องจักรได้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น เช่น ระบบของการขนถ่ายวัสดุ ปัจจัยทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น
2. ผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่ได้จากกระบวนการเลือกเครื่องจักรนั้น เป็นผลมากจากการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแต่ละปัญหาการเลือกเครื่องจักร ซึ่งผลของพารามิเตอร์นั้นอาจส่งผลทางตรงหรือทางอ้อมของผลลัพธ์ที่ได้ รวมถึงความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดอาจส่งผลต่อผลลัพธ์ในทิศทางเดียวกันหรือในทางตรงกันข้าม โดยหากมีการทดสอบผลกระทบของพารามิเตอร์ต่อผลลัพธ์ที่ได้เพื่อใช้แนะแนวทางการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับผู้ใช้งาน ก็จะทำให้สามารถเลือกเครื่องจักรได้เหมาะสมกับความต้องการของระบบการผลิตมากยิ่งขึ้น
3. การทดสอบความสามารถในการหาผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีสำหรับกระบวนการเลือกเครื่องจักรนั้นทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Visual Basic for Application (VBA) in Microsoft Office Excel ซึ่งเมื่อข้อมูลนำเข้ามีปริมาณมากจะส่งผลต่อการทำงานของหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์และส่งผลให้การหาผลลัพธ์ใช้ระยะเวลาในการหาผลลัพธ์เพิ่มขึ้น ดังนั้นทำการทดสอบด้วยโปรแกรมอื่นอาจทำให้ระยะเวลาในการหาผลลัพธ์สั้นลง

บรรณานุกรม

Abderrahmane, B., Dahane, M., & Benyoucef, L. (2013). *A non dominated sorting genetic algorithm based approach for optimal machines selection in reconfigurable manufacturing environment* (Vol. 66).

Atmani, A., & Lashkari, R. S. (1998). A model of machine-tool selection and operation allocation in FMS. *International Journal of Production Research, 36*(5), 1339-1349. doi:10.1080/002075498193354

Burke, E. K., & Kendall, G. (2005). *Search methodologies*: Springer.

Chan, F., & Swarnkar, R. (2006). *Ant colony optimization approach to a fuzzy goal programming model for a machine tool selection and operation allocation problem in an FMS* (Vol. 22).

Chryssolouris, G. (2013). *Manufacturing systems: theory and practice*: Springer Science & Business Media.

Çimren, E., Çatay, B., & Budak, E. (2007). Development of a machine tool selection system using AHP. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 35*(3), 363-376. doi:10.1007/s00170-006-0714-0

Defersha, F. M., & Chen, M. (2006). Machine cell formation using a mathematical model and a genetic-algorithm-based heuristic. *International Journal of Production Research, 44*(12), 2421-2444. doi:10.1080/00207540500337833

Gershwin, S. B. (2018). The future of manufacturing systems engineering. *International Journal of Production Research, 56*(1-2), 224-237. doi:10.1080/00207543.2017.1395491

Gerwin, D. (1993). Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective. *Management Science, 39*(4), 395-410. https://EconPapers.repec.org/RePEc:inm:ormnsc:v:39:y:1993:i:4:p:395-410

Goyal, M., & Netessine, S. (2011). *Volume Flexibility, Product Flexibility, or Both: The Role of Demand Correlation and Product Substitution* (Vol. 13).

Haddou Benderbal, H., Dahane, M., & Benyoucef, L. (2015). *A NEW FLEXIBILITY INDEX FOR MACHINES SELECTION IN RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEM*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

DESIGN PROBLEM: MULTIOBJECTIVE APPROACH.

Haddou Benderbal, H., Dahane, M., & Benyoucef, L. (2017). Flexibility-based multi-objective approach for machines selection in reconfigurable manufacturing system (RMS) design under unavailability constraints. *International Journal of Production Research, 55*(20), 6033-6051. doi:10.1080/00207543.2017.1321802

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introduction to Operations Research*: McGraw-Hill Higher Education.

Jahromi, M. H. M. A., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2012). A novel 0-1 linear integer programming model for dynamic machine-tool selection and operation allocation in a flexible manufacturing system. *Journal of Manufacturing Systems, 31*(2), 224-231. doi:https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2011.07.008

Jain, A., Jain, P. K., Chan, F. T. S., & Singh, S. (2013). A review on manufacturing flexibility. *International Journal of Production Research, 51*(19), 5946-5970. doi:10.1080/00207543.2013.824627

Karim, R., & Karmaker, C. L. (2016). Machine Selection by AHP and TOPSIS Methods. *American Journal of Industrial Engineering, 4*(1), 7-13. doi:10.12691/ajie-4-1-2

Karmarkar, U., & Kekre, S. (1987). Manufacturing configuration, capacity and mix decisions considering operational costs. *Journal of Manufacturing Systems, 6*(4), 315-324. doi:https://doi.org/10.1016/0278-6125(87)90007-0

Koren, Y., Heisel, U., Jovane, F., Moriwaki, T., Pritschow, G., Ulsoy, G., & Van Brussel, H. (1999). Reconfigurable Manufacturing Systems. *CIRP Annals, 48*(2), 527-540. doi:https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63232-6

Koste, L. L., & Malhotra, M. K. (1999). A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexibility. *Journal of Operations Management, 18*(1), 75-93. doi:https://doi.org/10.1016/S0272-6963(99)00010-8

Myint, S., & Tabucanon, M. T. (1994). A multiple-criteria approach to machine selection for flexible manufacturing systems. *International Journal of Production Economics, 33*(1), 121-131. doi:https://doi.org/10.1016/0925-5273(94)90125-2

Niroomand, I., Kuzgunkaya, O., & Bulgak, A. (2012). *Impact of reconfiguration characteristics for capacity investment strategies in manufacturing systems* (Vol. 139).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Soolaki, M., & Zarrinpoor, N. (2014). A new 0-1 linear programming approach and genetic algorithm for solving assignment problem in flexible manufacturing system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 75*(1), 385-394. doi:10.1007/s00170-014-6118-7

Suh, N. P., Cochran, D. S., & Lima, P. C. (1998). Manufacturing System Design. *CIRP Annals, 47*(2), 627-639. doi:https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63245-4

Tetzlaff, U. A. W. (1994). Capacity optimization of flexible manufacturing systems under budget constraints. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 6*(1), 55-67. doi:10.1007/BF01324875

Yang, T., Xu, S., & Xiong, N. (2016). *A Novel Machine Selection Method Combining Group Eigenvalue Method with TOPSIS Method* (Vol. 9).

เชาวลิตวงศ์. (2018). กระบวนการออกแบบระบบการผลิตและกระบวนการประเมินผลระบบการผลิต.

ธรรมาภรณ์พิลาศ. (2011). หลักการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุด.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวพิณลดา บัวทอง
วัน เดือน ปี เกิด	16 กันยายน 2536
สถานที่เกิด	พิจิตร
วุฒิการศึกษา	- สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล - กำลังศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงระหว่างการศึกษาได้เข้าร่วมวิจัยในหน่วยวิจัยการจัดการทรัพยากรและดำเนินงาน (Resource Operation Management: ROM) ของภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นหน่วยพัฒนาศักยภาพและสมรรถนะการบริหารทรัพยากร และระบบเชิงบูรณาการสำหรับหน่วยงานภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการบริหาร
ที่อยู่ปัจจุบัน	94/1 หมู่ 4 ตำบลทุ่งน้อย อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร 66130
ผลงานตีพิมพ์	เข้าร่วมนำเสนอผลงานประชุมวิชาการ 2019 International Conference on Mechanical Manufacturing and Industrial Engineering, Beijing, China ในหัวข้อ Development of Decision Support System for Solving the Machine Selection Problem in an Intermittent Manufacturing System Design

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University