การสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน โดยวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก กรณีศึกษา: โรงงานประกอบรถยนต์

นายมนตรา พิริยเลิศศักดิ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-4913-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HEURICTIC SEARCH METHOD FOR CAPACITATED MULTI-ITEM LOT-SIZING PROBLEM
A CASE STUDY: AN AUTOMOBILE ASSEMBLY PLANT

Mr. Montra Piriyalertsak

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2005
ISBN 974-17-4913-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน โดยวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก กรณีศึกษา: โรงงานประกอบรถยนต์
โดย	นายมนตรา พิริยเลิศศักดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ. ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผศ. ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... กรรมการ

(ผศ. ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มนตรา พิริยเลิศศักดิ์ : การสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน โดยวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก กรณีศึกษา: โรงงานประกอบรถยนต์ (HEURICTIC SEARCH METHOD FOR CAPACITATED MULTI-ITEM LOTSIZING PROBLEM CASE STUDY: AN AUTOMOBILE ASSEMBLY PLANT) อ.ที่ปรึกษา: อ. ดร.สีรง ปรีชานนท์, อ. ที่ปรึกษาร่วม: ผศ. ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ 104 หน้า ISBN 974-17-4913-9

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาการสั่งซื้อวัตถุดิบหลายชนิดแบบเป็นล็อต สำหรับระบบการคงคลังที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำหรือค่าใกล้เคียงต่ำที่สุด โดยในงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ในส่วนแรก คือ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับระบบการสั่งซื้อและข้อจำกัดของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อคำนวณหาค่าคำตอบจำนวนการสั่งซื้อวัตถุดิบแบบเป็นล็อตของรถยนต์แต่ละรุ่นด้วยโปแกรม CPLEX 8.00 สำหรับในส่วนที่สองเป็นการพัฒนาวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก และในส่วนที่สาม ทำการเปรียบเทียบค่าคำตอบระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยส่วนที่หนึ่ง และวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกในงานวิจัยส่วนที่สอง

สำหรับวิธีฮิวริสติกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ในส่วนขั้นตอนการทำงาน แบ่งการทำงานออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสร้างค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Solution Step) ขั้นตอนการปรับปรุงค่าคำตอบเบื้องต้น (Pre-improving) ขั้นตอนการคำนวณตัวแปรและค่าใช้จ่ายต่างๆ (Cost Calculation Step) ขั้นตอนการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาสามารถหาคำตอบได้หรือไม่ (Infeasible region pre-solving Step) และขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบแบบย้อนหลังจากช่วงระยะเวลาสุดท้ายขึ้นมา (Improving Step) โดยให้สอดคล้องกับข้อจำกัดต่าง ๆ ที่กำหนด

สำหรับผลที่ได้ในการเปรียบเทียบค่าคำตอบระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก พบว่าขนาดปัญหาวัตถุดิบ 3 รุ่น ระยะเวลา 5 สัปดาห์ ซึ่งเป็นปัญหาที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถหาค่าคำตอบที่ที่ดีที่สุดได้ (Optimal Solution) วิธีฮิวริสติกให้ค่าคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยสูงกว่า เท่ากับ 1.88% (ผลต่างสูงสุดที่ 4.79%) แต่สำหรับขนาดปัญหาวัตถุดิบ 6 รุ่น ระยะเวลา 10, 20 และ 52 สัปดาห์ ซึ่งเป็นปัญหาที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่หาได้เท่านั้น (Best found Solution) พบว่า วิธีฮิวริสติกที่นำเสนอให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยต่ำกว่า เท่ากับ 0.02% (ผลต่างสูงสุดที่ 1.95%), 4.53% (ผลต่างสูงสุดที่ 8.48%) และ 15.25% (ผลต่างสูงสุดที่ 21.81%) ตามลำดับ

ภาควิชา.....วิศวอุตสาหการ..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิศวอุตสาหการ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2548..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4570476121 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: HEURISTIC SEARCH METHOD / MULTI-ITEM / LOT-SIZING

MONTRA PIRIYALERTSAK : HEURICTIC SEARCH METHOD FOR CAPACITATED MULTI-ITEM LOTSIZING PROBLEM A CASE STUDY: AN AUTOMOBILE ASSEMBLY PLANT. THESIS ADVISOR : SEERONK PRICHANONT, Ph.D., THESIS COADVISOR : WIPAWEE THARMMAPHORNPHILAS, Ph.D., 104 pp. ISBN 974-17-4913-9.

This research was proposed to solve the ordering planning for capacitated multi-item lot-sizing problem. The aim of the study was to discover the lot-sizing ordering plan which minimizes total cost. The research can be divided into three parts. The first part of work is developing the mathematical model with the limited constraints in case study of automotive assembly plant and search the result by CPLEX 8.0.0 program. The second part of work is developing the heuristic search method with the identical constraints of first part. The third part is to compare the result between first two parts for analyzing the efficiency of heuristic search method.

For the heuristic search method, there were five steps. The first step was to generate the initial order solution. The pre-improving step, the second step, was to minimize the total amount of order which compare with total demand. The objective of third step was all cost calculation. The forth step, the infeasible region pre-solving step, was aimed to check the problem whether it can be solved or not according to limited constraint. The final step, improving step, improve the order with the concept combine the order backwards with previous periods.

The results found that the developed heuristic search method can be evaluated the solution nearby the optimal solution because the average difference percent is 1.88% (max 4.79%) for problem 3 items 5 periods. Furthermore, the heuristic results are better than best found solutions from mathematical model for problem 6 items 10 periods, 20 periods and 52 periods at 0.02% (max 1.95%), 4.53% (max 8.48%) and 15.25% (max 21.81%), respectively.

Department.....Industrial Engineering.....Student's signature.....

Field of study.....Industrial Engineering.....Advisor's signature.....

Academic year .....2005.....Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือ และการให้คำปรึกษาของอาจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ. ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา ตลอดจนให้การดูแล ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็น ด้วยความเมตตาแก่ผู้วิจัยตลอดการดำเนินการวิจัย ความกรุณาจาก ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ. ดร. ปวีณา เชาวลิตวงศ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็นและเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ คุณนฤพนธ์ พงษ์เจริญ ผู้จัดการฝ่ายการผลิต คุณถิรพล เมืองเนาว์ ผู้จัดการฝ่ายวางแผนการผลิต คุณธรรมรัตน์ กสิบุตร ผู้จัดการส่วนการคงคลัง และเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ร่วมงานทุกท่านแห่งโรงงาน Thai-Swedish Assembly Co., Ltd. ที่ช่วยอนุเคราะห์ข้อมูล และความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้ความดูแลเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ รุ่งโรจน์ พิริยเลิศศักดิ์ และคุณแม่ รัตนา พิริยเลิศศักดิ์ ขอขอบคุณ พี่สาว วรรณธิดา พิริยเลิศศักดิ์ และน้องชาย ปิยะวุฒิ พิริยเลิศศักดิ์ ซึ่งเป็นครอบครัวอันเป็นที่รัก ที่ให้การสนับสนุน ดูแลและเอาใจใส่ผู้วิจัยด้วยความรัก ความเมตตา และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา ตลอดจนช่วยเหลือและรับผิดชอบในด้านงานอื่นๆ แทนผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยทำงานวิจัยนี้ ทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…… .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 รายละเอียดโรงงานกรณีศึกษา.....2
1.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงาน.....5
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....5
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....6
1.6 ขั้นตอนการทำวิจัย.....8
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....8
1.8 สรุปเนื้อหางานวิจัย.....9
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....10
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....10
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....26
บทที่ 3 การพัฒนาวิธีการหาคำตอบ.....29
3.1 รูปแบบและลักษณะของปัญหา.....29
3.2 แนวทางการแก้ไขปัญหา.....29
3.3 การแก้ไขปัญหาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....29
3.4 โครงสร้างเบื้องต้นของโปรแกรมวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอ.....33
3.5 กระบวนการทำงานของโปรแกรมวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอ.....34
3.6 ตัวอย่างและโปแกรมสำเร็จรูปการคำนวณวิธีฮิวริสติก.....51

หน้า

บทที่ 4 ผลงานวิจัย และการวิเคราะห์ผลงานวิจัย.....70
4.1 วิธีการทดสอบฮิวริสติก.....70
4.2 ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก.....70
4.3 ผลการทดสอบวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก.....71
4.4 ผลการทดสอบวิเคราะห์ความไวของวิธีฮิวริสติก.....75
4.5 ผลการวิเคราะห์ความไวของวิธีฮิวริสติก.....79
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย.....80
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....80
5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก.....81
5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการงานวิจัยและแนวทางการประยุกต์ใช้.....85
5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต.....86
รายการอ้างอิง.....87
บรรณานุกรม.....89
ภาคผนวก.....90
ภาคผนวก ก ค่าและที่มาข้อมูลนำเข้าที่กำหนด.....91
ภาคผนวก ข รูปแบบไฟล์ข้อมูลนำเข้าที่กำหนดสำหรับโปรแกรมฮิวริสติก.....97
ภาคผนวก ค รูปแบบไฟล์ผลลัพธ์จากโปรแกรมฮิวริสติก.....101
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....104

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างข้อจำกัดจำนวนคน ชั่วโมงทำงาน เวลาดำเนินงาน จำนวนกะทำงานนอกเวลา ค่าจ้างแรงงานนอกเวลา ค่าเก็บรักษาวัตถุดิบคงคลัง จำนวนพัสดุคงคลังเริ่มต้น และจำนวนพัสดุคงคลังสูงสุด.....51
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างราคาผลต่างของวัตถุดิบตามขนาดล็อตวัตถุดิบที่สั่ง.....51
ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการใช้วัตถุดิบสำหรับตัวอย่างการคำนวณวิธีฮิวริสติก...51
ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างตารางข้อมูลความต้องการใช้วัตถุดิบสำหรับเริ่มต้นทำการคำนวณ.....52
ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างการหาวัตถุดิบคงคลัง และหาขนาดล็อตการสั่งซื้อเบื้องต้น.....53
ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างการปรับปรุงเบื้องต้น.....54
ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างการคำนวณหาชั่วโมงทำงาน เวลาทำงานนอกเวลา และจำนวนกะทำงานนอกเวลา.....56
ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงานนอกเวลา.....56
ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าใช้จ่ายส่วนต่างของราคาวัตถุดิบ.....57
ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง.....57
ตารางที่ 3.11 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวม.....57
ตารางที่ 3.12 ตัวอย่างขั้นตอนการหาสัปดาห์ที่จำนวนกะทำงานนอกเวลาเกินกว่าที่กำหนด....59
ตารางที่ 3.13 ตัวอย่างขั้นตอนการทดลองรวมล็อตการสั่งซื้อเพื่อตรวจสอบปัญหา.....59
ตารางที่ 3.14 ตัวอย่างตารางเริ่มต้นก่อนทำการปรับปรุง.....60
ตารางที่ 3.15 ตัวอย่างแสดงล็อตวัตถุดิบที่สามารถทำการทดลองรวมได้.....60
ตารางที่ 3.16 ตัวอย่างแสดงการรวมล็อต 1.....61
ตารางที่ 3.17 ตัวอย่างแสดงการรวมล็อต 2.....61
ตารางที่ 3.18 ตัวอย่างตารางบันทึกผลต่างในแต่ละรอบการทดลองรวมล็อต.....62
ตารางที่ 3.19 ตัวอย่างการเปลี่ยนแผนล็อตการสั่งตามแผนที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดในแต่ละรอบ....62
ตารางที่ 3.20 ตัวอย่างการทดลองเปลี่ยนแผนล็อตการสั่งต่อ.....62
ตารางที่ 3.21 ตัวอย่างการเปลี่ยนสัปดาห์ที่ทำการพิจารณา.....63
ตารางที่ 3.22 ตัวอย่างชุดค่าคำตอบแผนการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายโดยรวมสุดท้าย.....63
ตารางที่ 4.1 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 3 ชนิด และระยะเวลา 5 สัปดาห์.....73
ตารางที่ 4.2 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ ชนิด และระยะเวลา 10 สัปดาห์.....73
ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด และระยะเวลา 20 สัปดาห์...74

บทที่ หน้า

ตารางที่ 4.4 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด และระยะเวลา 52 สัปดาห์...74
ตารางที่ 4.5 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังลดลง 10 % (HC=540)……..…76
ตารางที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังลดลง 6.67 % (HC=560)……..……76
ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังลดลง 3.33 % (HC=580)……..……77
ตารางที่ 4.8 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น 3.33 % (HC=620)……..…77
ตารางที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น 6.67 % (HC=640)……..……78
ตารางที่ 4.10 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น 10 % (HC=660)……..……78
ตารางที่ 5.1 ค่าคำตอบสรุปรูปแบบปัญหาขนาด 5, 10, 20 และ 52 สัปดาห์.....82
ตารางที่ 5.2 ค่าคำตอบสรุปการวิเคราะห์ความไวรูปแบบปัญหาขนาด 20 สัปดาห์ ที่เปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง……..82
ตารางที่ 5.3 ตารางสรุปเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการสั่งซื้อปัจจุบันของทางโรงงานกรณีศึกษาและการสั่งซื้อแบบประหยัดที่ทำการแก้ปัญหา……84
ตารางที่ ก.1 ราคาผลต่างของวัตถุดิบตามขนาดล็อตวัตถุดิบที่สั่ง……..…..95
ตารางที่ ก.2 จำนวนชั่วโมงเวลาดำเนินงานคงที่ และแปรตามขนาดล็อตสั่งซื้อ……..95
ตารางที่ ก.3 จำนวนชั่วโมงแรงงานเวลาทำงานปกติ……..96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

1.1 แผนผังองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา.....3

2.1 แสดงขั้นตอนในวิธีขยายการค้นหาคำตอบของ Bread-first search.....18

2.2 แสดงขั้นตอนในวิธีขยายการค้นหาคำตอบของ Depth-first search.....19

2.3 แสดงอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบของ Hill-climbing.....22

3.1 โครงสร้างเบื้องต้นของโปรแกรมที่ใช้ในการหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติก.....33

3.2 ขั้นตอนหลักการประมวลผลของวิธีฮิวริสติก.....35

3.3 กระบวนการทำงานขั้นตอนการสร้างชุดค่าคำตอบเบื้องต้น.....37

3.4 กระบวนการทำงานขั้นตอนการพัฒนาชุดค่าคำตอบเบื้องต้น.....39

3.5 กระบวนการทำงานขั้นตอนการคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆ.....42

3.6 กระบวนการขั้นตอนการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาสามารถหาคำตอบได้หรือไม่.....45

3.7 กระบวนการทำงานขั้นตอนหลักการปรับปรุงชุดค่าคำตอบ.....49

5.1 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการคำนวณปัญหาวิเคราะห์ความไว.....83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมทั่วไปจะมีการแข่งขันค่อนข้างสูงในด้านต่างๆ อาทิเช่นด้านการผลิต การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต การจัดการ คุณภาพ ราคา หรือแม้แต่การส่งมอบ รวมไปถึงการให้บริการหลังการขาย ซึ่งทั้งหมดคือความต้องการของลูกค้า ที่ทางผู้ผลิตจะต้องมีการปรับเปลี่ยนตอบสนองให้ทันต่อความต้องการของกลุ่มลูกค้าในอุตสาหกรรมนั้นๆ เพื่อเป็นจุดแข็งของทางตัวผู้ผลิตในการอยู่รอดและเติบโตในธุรกิจต่อไป

โดยการลดต้นทุนการผลิตต่างๆ ภายในโรงงาน ถือว่าเป็นปัจจัยหลักสำคัญในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน โดยสามารถกระทำได้ตั้งแต่การเริ่มสั่งซื้อวัตถุดิบเข้ามา ตลอดจนการคงคลังสินค้าวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิต การตรวจสอบคุณภาพ จนถึงขั้นตอนการส่งมอบสินค้าถึงมือลูกค้า โดยเฉพาะสำหรับในอุตสาหกรรมรถยนต์ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีชิ้นส่วนวัตถุดิบในการผลิตจำนวนมาก (ประมาณ 3,000 ชิ้นต่อคัน) ดังนั้น ส่วนที่มีความสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมรถยนต์ คือ การจัดการระบบคงคลัง ซึ่งถ้าหากไม่มีการจัดการระบบคงคลังที่เป็นระบบที่เหมาะสมกับสายการผลิต ย่อมทำให้เกิดปัญหาขึ้น อาทิเช่น ถ้าวัสดุและวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ ในโรงงาน มีอยู่ไม่เพียงพอกับความต้องการของการผลิตแล้ว ก็อาจทำให้เกิดปัญหาถึงขั้นการผลิตหยุดชะงักได้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหา ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ตามมาอีกมาก แต่ถ้าทางโรงงานพยายามมีวัตถุดิบคงคลังไว้มากๆ เพื่อป้องกันมิให้มีการขาดแคลนทั้งวัตถุดิบ วัสดุโรงงานและสินค้าต่างๆ ก็จะส่งผลให้ทางโรงงานต้องใช้เงินเป็นมูลค่ามหาศาลเพื่อที่จะถือครองสินค้าคงคลังนั้นได้ เช่น ต้นทุน ราคาของวัตถุดิบคงคลังและต้นทุนในการจัดให้มีสินค้าคงคลัง ดังนั้น การมีการจัดการทางด้านสินค้าคงคลังที่ดีย่อมเป็นผลดีทั้งในด้านการเพิ่มกำไร และลดค่าใช้จ่ายให้กับธุรกิจ

เพราะฉะนั้น การจัดการระบบคงคลังมิใช่อยู่ที่ความพยายามทำให้มีสินค้าคงคลังเหลือน้อยที่สุดหากแต่จะต้องพยายามหาระดับที่เหมาะสมที่สุดที่ควรจะเก็บรักษาไว้ เพื่อให้ต้นทุนในการดำเนินงานให้มีสินค้าคงคลังทั้งสิ้นน้อยที่สุดและมีกำไรสูงที่สุด ดังนั้น ในการตัดสินใจขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับสินค้าคงคลังจึงมีอยู่ด้วยกัน 2 ประการ คือ

(1) จะสั่งซื้อครั้งละเท่าไร

(2) จะสั่งซื้อจำนวนนี้เมื่อใด

ในการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาทั้งสองนี้ มักจะเกิดความรู้สึกที่ขัดแย้งกัน ถ้าจะให้ต้นทุนในการสั่งซื้อต่ำจะต้องสั่งซื้อแต่ละครั้งเป็นจำนวนมากๆ แต่ถ้าจะให้ต้นทุนในการจัดให้มีสินค้าคงคลังอยู่ในระดับต่ำ จำนวนที่สั่งซื้อจะจะต้องมีจำนวนน้อย ถ้าเน้นทางใดทางหนึ่งมากจนเกินไปย่อมก่อให้เกิดผลในทางที่ไม่ดีต่อต้นทุนที่เกิดขึ้น ดังนั้น ในแต่ละโรงงานจึงจำเป็นต้องหาความสมดุลระหว่างความต้องการทั้งสอง โดยอาศัยเทคนิคและวิธีการต่างๆ เข้ามาช่วยในแก้ปัญหา

1.2 รายละเอียดโรงงานกรณีศึกษา

1.2.1 ประวัติโรงงาน

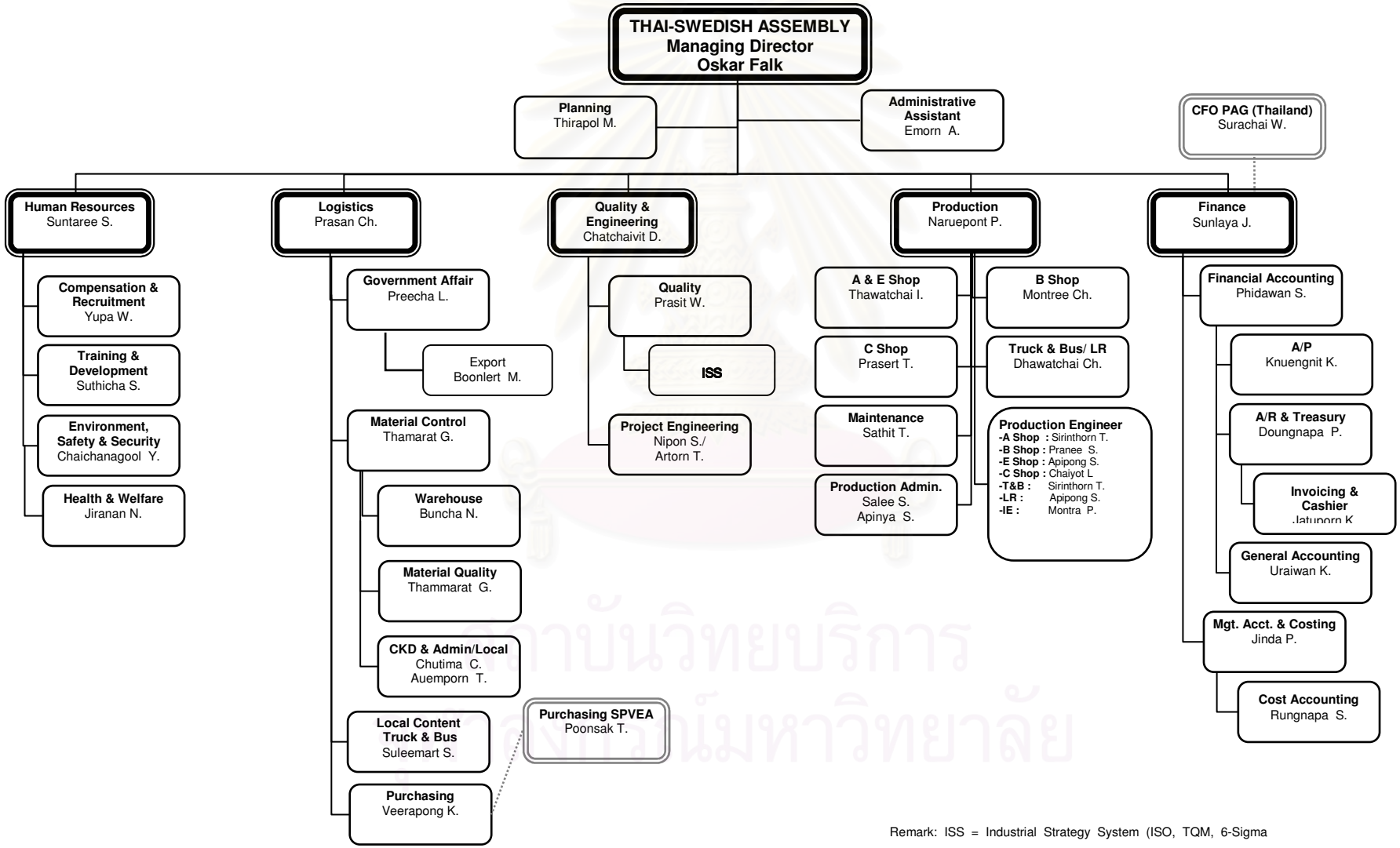
โรงงานกรณีศึกษาได้ทำพิธีเปิดอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 27 กันยายน 2519 โดยอดีตนายกรัฐมนตรี พลเอก ชาติชาย ชุณหะวัน ตั้งอยู่บนถนนบางนา-ตราด กม.25 ความสำเร็จของโรงงานในช่วงเวลาที่ผ่านมากว่าสองทศวรรษก็คือ ได้รับหน้าที่ให้ทำการประกอบรถยนต์ อันเป็นรถยนต์ชั้นนำของโลก เป็นโรงงานที่เกิดขึ้นจากรูปแบบที่รวมกันของวิศวกรรมอันทันสมัยของสวีเดน กับวิทยาการที่ได้รับการถ่ายทอดจนก่อเกิดเป็นความเชี่ยวชาญ และความชำนาญของแรงงานคนไทย

โรงงานดำเนินการผลิตในส่วนของการประกอบตัวถังรถ, การเคลือบสี, การประกอบในขั้นตอนสุดท้าย และ PDI มาตั้งแต่แรกเริ่มเปิดโรงงาน โดยได้เปิดสายงานประกอบชิ้นส่วนเครื่องยนต์จนสมบูรณ์แห่งแรกที่ตั้งขึ้นนอกประเทศสวีเดน

โรงงานกรณีศึกษาได้รับรางวัลอันเป็นเกียรติสองรางวัลคือ รางวัล “Highest Quality Performance” จากบริษัทแม่ที่สวีเดน เมื่อปี 2525 และอีกครั้งในปี 2535 ความระมัดระวังเรื่องคุณภาพสะท้อนออกมาให้เห็นได้จากความอุตสาหะอุทิศให้กับงาน และความภาคภูมิใจของผู้ร่วมงานในแต่ละสายการประกอบอันนำไปสู่รถยนต์ที่เปี่ยมด้วยคุณภาพเต็มคัน

โดยผลิตภัณฑ์ที่ทำการประกอบในปัจจุบันได้แก่รถยนต์รุ่น X40, S60, V70, S80, XC90 และ Land Rover (LR) โดยชิ้นส่วนประกอบสำหรับโรงงานกรณีศึกษาในประเทศไทยที่ใช้ทำการผลิตเกือบทั้งหมดได้รับการสนับสนุนจากบริษัทแม่ที่สวีเดน และมีบางชิ้นส่วนที่จะสั่งจากโรงงานอุตสาหกรรมภายในประเทศ ซึ่งเป็นโรงงานที่ได้รับการยอมรับจากกระทรวงอุตสาหกรรม ทั้งนี้ชิ้นส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องในการศึกษาจะเป็นส่วนที่ได้รับกาสนับสนุนจากบริษัทแม่ที่สวีเดนส่งมาให้เท่านั้น

1.2.2 แผนผังองค์กร



รูปที่ 1.1 แผนผังองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา

1.2.3 ลักษณะการทำงานของแผนก Logistics ในส่วน Material Control

การทำงานของฝ่ายคงคลังพัสดุจะประกอบไปด้วย 5 ฝ่ายหลัก ตามที่ได้แสดงในแผงผังองค์กรข้างต้น แต่ในส่วนการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ จะศึกษาเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสั่งและรับวัตถุดิบจากทางบริษัทแม่ที่สวีเดน และการจัดการคงคลังพัสดุ นั่นคือ เฉพาะในส่วนหน่วยงาน Material Control ตามที่แสดงในแผนผังองค์กรของทางโรงงาน ซึ่งมีหน้าที่หลักในการทำงานดังนี้

1. ติดต่อสั่งและรับวัตถุดิบกับทางบริษัทแม่ที่สวีเดน ซึ่งวัตถุดิบจะถูกขนส่งมาทางเรือ โดยการสั่งส่วนประกอบในปัจจุบัน จะใช้การสั่งเป็นล็อต (Lot size หรือ Batch size) ซึ่งจะถูกส่งมาพร้อมกันทั้งล็อต โดยปัจจุบัน รถยนต์ในรุ่น X40, S60, V70, S80, XC90 และ LR จะทำการสั่งมาล็อตละ 24 คัน
2. ติดต่อกับทางท่าเรือแฉลมบังในการรับวัตถุดิบที่ถูกขนส่งมาจากทางยุโรป ซึ่งจะถูกส่งมาเป็นตู้คอนเทนเนอร์ (Container)
3. ติดต่อกับบริษัทขนส่งที่ท่าเรือแหลมฉบัง ที่จะทำการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานโดยรถบรรทุก
4. จัดการการคงคลังวัตถุดิบให้พร้อมใช้ในสายการประกอบ ซึ่งจะประกอบไปด้วย 3 หน้าที่ย่อย (Operation) ดังนี้
   - Unload คือ ขั้นตอนในการขนถ่ายของออกาจากตู้คอนเทนเนอร์ และยกเข้าเก็บภายในโรงพัสดุคงคลัง โดยลักษณะการทำงานจะใช้คนงานขับรถยกของ (Forklift) ทำการยกของออกมาจากตู้คอนเทนเนอร์ และนำขึ้นไปเก็บไว้บนชั้นใหญ่ตามแถวภายในโรงพัสดุคงคลัง
   - Unpack คือ ขั้นตอนในการนำชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ที่ถูกส่งอยู่ในกล่อง ออกมาเรียงบนชั้น (Rack) ตามขั้นตอนการทำงานในสายการประกอบ เพื่อรอส่งเข้าไปในสายการประกอบ โดยลักษณะการทำงานจะมีการใช้รถยก และเครื่องยก (Lifter) มาช่วยในการยกกล่องลงมาจากชั้นใหญ่
   - Part Distribution คือ ขั้นตอนการนำชั้นซึ่งมีชิ้นส่วนประกอบที่ถูกจัดเรียงไว้อยู่เข้าไปเปลี่ยนแทนชั้นวางชิ้นส่วนประกอบเดิม เพื่อรอการหยิบใช้ในการประกอบต่อไป ซึ่งการทำงานในส่วนนี้ก็จะใช้รถยกเป็นเครื่องมือช่วยในการทำงานเช่นกัน

1.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงาน

ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากในปัจจุบันทางโรงงานประกอบรถยนต์กรณีศึกษา ได้ทำการประกอบรถยนต์อยู่จำนวนหลายยี่ห้อและหลายรุ่น โดยจากลักษณะการทำงานของฝ่ายคงคลังพัสดุที่กล่าวในหัวข้อก่อนหน้านี้ ในการสั่งซื้อและรับชิ้นส่วนรถยนต์ที่จะทำการประกอบจากทางบริษัทแม่ที่สวีเดน จะพบว่าจะทำการสั่งมาเป็นล็อต จำนวน 24 คันชุดต่อล็อต ซึ่งเป็นล็อตขนาดใหญ่ ไม่สอดคล้องกับอัตราการผลิตของโรงงาน ทำให้การคงคลังภายในโรงงานสูงเกินความจำเป็น โดยเฉพาะเมื่อยิ่งคิดเป็นจำนวนชิ้นส่วนรวมทั้งหมดของรถทุกรุ่น นอกจากนี้ ทางโรงงานยังมีการเผื่อพัสดุคงคลังสำรอง (Safety Stock) ไว้ด้วย ซึ่งจะทำให้ชิ้นส่วนคงคลังรวมสูงสุดอาจจะถึงประมาณ 200 คันชุด ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในการถือครองหรือการจัดเก็บรักษา (Holding cost) แก่ทางโรงงานโดยไม่จำเป็น

จากปัญหาดังกล่าว จึงทำให้เกิดแนวทางในการศึกษาการจัดการพัสดุคงคลัง (Inventory management) แบบการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated Multi-item Lot-sizing Problem: CMLSP) โดยมีจุดมุ่งหมายในการหาจำนวนล็อตวัตถุดิบที่ของรถแต่ละรุ่นที่จะทำการสั่งเข้ามายังโรงงาน ให้สอดคล้องกับอัตรากำลังการผลิตในแต่ละช่วงเวลาที่ทราบล่วงหน้า ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ที่ใกล้เคียงกับลักษณะการทำงานจริงภายในโรงงาน เพื่อพยายามลดค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้น

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ศึกษาการจัดการพัสดุคงคลัง (Inventory management) แบบการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated Multi-item Lot-sizing Problem: CMLSP) เพื่อเสนอแนะจำนวนในการสั่งวัตถุดิบแบบเป็นล็อตให้สอดคล้องกับอัตรากำลังการผลิต และข้อจำกัดของโรงงานประกอบรถยนต์กรณีศึกษา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดต้นทุนโดยรวม ซึ่งประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายหลัก 3 ส่วนคือ ราคาต้นทุนชิ้นส่วนที่แตกต่างกันในแต่ละขนาดล็อตสั่งซื้อ (Different Material Cost) ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง (Holding Cost) และ ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลา (ถ้ามี) สำหรับการเตรียมชิ้นส่วนงานเข้าไปภายในการประกรอบ (Overtime Cost)

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการศึกษาในแผนก Logistics (ดังรูปแผนผังองค์กร) เฉพาะในส่วน Material Control ซึ่งรับผิดชอบจัดการในส่วนการคงคลังวัตถุดิบ โดยทำหน้าที่ในการสั่งวัตถุดิบจากทางบริษัทแม่ที่สวีเดน จัดการการคงคลังวัตถุดิบ และจัดเตรียมวัตถุดิบเข้าไปยังในสายการประกอบ
2. พิจารณาวัตถุดิบเฉพาะในส่วนที่สั่งมาจากยุโรปและใช้ในสายการประกอบเท่านั้น
3. ทำการศึกษาภายใต้สมมติฐานดังนี้
   3.1 ทราบแผนการผลิตล่วงหน้าของรถแต่ละรุ่นตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา ในรูปของจำนวนคันต่อสัปดาห์
   3.2 กำหนดระยะเวลานำในการขนส่งคงที่ตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา และให้เท่ากับ “ศูนย์”
   3.3 การจัดส่งวัตถุดิบจากทางยุโรปมาถึงทางโรงงานไม่มีการขาดแคลน หรือปัญหาทางด้านการขนส่ง
   3.4 กำหนดวัตถุดิบคงคลังเริ่มต้นในแต่ละวัตถุดิบของรถแต่ละรุ่น
   3.5 การสั่งซื้อจำนวนวัตถุดิบเป็นล็อตจะต้องอยู่รูปแบบตัวประกอบของ 6 และ/หรือ 8 เท่านั้น แต่ต้องไม่เกินจำนวนสูงสุด 24 คันชุดต่อล็อตการสั่ง นั่นคือ จะมีรูปแบบล็อตสั่งซื้อที่เป็นไปได้ ดังนี้ 0, 6, 8, 12, 14,16, 18, 20, 22 และ 24
   3.6 การจัดการวัตถุดิบให้พร้อมใช้ในสายการประกอบ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ
   - ขนถ่ายวัตถุดิบออกจากตู้คอนเทนเนอร์ (Unload)
   - แกะกล่อง จัดเรียงวัตถุดิบ (Unpack)
   - จัดส่งวัตถุดิบเข้าสายการประกอบ (Part Distribution)

   แต่เนื่องจากลักษณะการทำงานจริง จำนวนพนักงานในการทำงานสามารถรวมและช่วยงานกันได้ ทำให้ขั้นตอนการทำงานที่เป็นข้อจำกัดในการศึกษาปัญหารวมเหลือเพียง 2 ขั้นตอน คือ
   - ขนถ่ายวัตถุดิบออกจากตู้คอนเทนเนอร์ (Unload)
   - แกะกล่อง จัดเรียงวัตถุดิบ และจัดส่งวัตถุดิบเข้าสายการประกอบ (Unpack and Part Distribution)
   3.7 พิจารณาว่าเครื่องมือไม่มีการเสียระหว่างการดำเนินงานวัตถุดิบให้พร้อมใช้งาน (Operation)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.8 เวลาในการดำเนินงานวัตถุดิบให้พร้อมใช้งาน (Operation) ประมาณค่ามาจากการทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา โดยมีหน่วยเป็นชั่วโมงคนงาน

3.9 กำหนดจำนวนวันทำงานและชั่วโมงทำงานปกติสำหรับแต่ละการดำเนินงานตามลักษณะการทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา

3.10 กำหนดจำนวนวันทำงานนอกเวลา ชั่วโมงทำงานนอกเวลา และกะทำงานนอกเวลา (Overtime) สำหรับแต่ละการดำเนินงาน ตามลักษณะการทำงานที่สามารถเกินขึ้นจริงของโรงงานกรณีศึกษา

3.11 กำหนดให้การทำงานนอกเวลาเป็นแบบกะ ช่วงเวลากะละครึ่งวัน ในวันเสาร์และวันอาทิตย์ (กะทำงานนอกเวลาสูงสุด 4 กะ)

3.12 กำหนดจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานและให้มีจำนวนพนักงานคงที่ตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา

3.13 กำหนดค่าจ้างการทำงานนอกเวลามีค่าคงที่ตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา โดยทำการจ่ายแบบเป็นกะ ซึ่งประมาณค่ามาจากข้อมูลจริงของโรงงานกรณีศึกษา

3.14 กำหนดค่าเก็บรักษาพัสดุคงคลังหน่วยมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาที่พิจารณา โดยประมาณค่ามาจากข้อมูลจริงของโรงงานกรณีศึกษา

3.15 กำหนดค่าเปอร์เซ็นต์ดอกเบี้ย

3.16 กำหนดราคาวัตถุดิบของรถยนต์แต่ละรุ่น

3.17 กำหนดราคาแตกต่างของวัตถุดิบรถยนต์ทุกรุ่นในแต่ละขนาดล็อต และมีค่าคงที่ตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา โดยประมาณค่าจากข้อมูลที่ได้จากทางโรงงานกรณีศึกษา

3.18 กำหนดค่าพารามิเตอร์ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นข้อมูลนำเข้า

4. พัฒนาวิธีการหาคำตอบเพื่อลดระยะเวลาในการคำนวณ สำหรับปัญหาการหาแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบเป็นล็อตให้สอดคล้องกับอัตรากำลังการผลิต และข้อจำกัดของโรงงานกรณีที่ศึกษา ที่ให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำหรือใกล้เคียงค่าต่ำที่สุด
5. ในการวัดประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอจะใช้ดัชนีชี้วัด คือ เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ และค่าใช้จ่ายโดยรวมเทียบกับคำตอบที่หาได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่หาคำตอบด้วยโปรแกรม CPLEX 8.0.0
6. ผลของงานวิจัยจะเป็นข้อเสนอแนะให้กับทางโรงงาน

1.6 ขั้นตอนการทำวิจัย

1. ศึกษาสภาพปัจจุบัน และปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา
2. ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษาและข้อสมมติต่างๆ
4. รวบรวมข้อมูลที่จำเป็น
5. ศึกษาโปรแกรมเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบที่ดีที่สุด
6. พัฒนาวิธีการหาคำตอบเพื่อลดระยะเวลาในการคำนวณ
7. ตรวจสอบความถูกต้อง เปรียบเทียบและประเมินผลวิธีการแก้ปัญหา
8. สรุป และวิเคราะห์ผล
9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับทางโรงงานในการวางแผนการสั่งจำนวนล็อตวัตถุดิบในรูปแบบที่กำหนด (ตัวประกอบของ 6 และ/หรือ 8) ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ของทางโรงงาน ในแต่ละช่วงเวลา สำหรับรถแต่ละรุ่น ซึ่งสอดคล้องกับอัตราและแผนการผลิตของทางโรงงานกรณีศึกษา โดยให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำหรือใกล้เคียงค่าต่ำที่สุด
2. เป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจนำไปศึกษา หรือพัฒนากับปัญหาคล้ายคลึงกัน ที่มีความซับซ้อนมากกว่าปัญหาที่ใช้ในงานวิจัย และนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.8 สรุปเนื้อหางานวิจัย

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีของการจัดการพัสดุคงคลัง การสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน แนวคิดเบื้องต้นการสร้างรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการสั่งซื้อแบบเป็นล็อต และงานวิจัยที่ใช้ในการค้นหาคำตอบที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 การพัฒนาวิธีหาคำตอบ เนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึงการสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหา และนำเสนอวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้น โดยให้ค่าคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เหมาะสม รวมทั้งกล่าวถึงอัลกอริทึมที่ใช้ในการหาคำตอบ แสดงขั้นตอนการคำนวณ และตัวอย่างในการคำนวณ เพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมตามแนวคิดวิธีฮิวริสติกที่พัฒนา

บทที่ 4 ผลงานวิจัยและการวิเคราะห์ผลงานวิจัย เนื้อหาจะเป็นการแสดงและเปรียบเทียบผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวม ค่าความแตกต่าง เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ทั้งโดยเฉลี่ยและค่าสูงสุด รวมไปถึงเวลาที่ใช้ในการคำนวณ ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอ รวมไปถึงทำการวิเคราะห์ความไวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง “ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง” (Holding Cost) เพื่อวัดประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติก

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ กล่าวถึงงานวิจัยทั้งหมดโดยสรุป ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยและแนวทางการประยุกต์ใช้ ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก รวมทั้งงานวิจัยในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ถือเป็นงานวิจัยในเชิงการนำไปใช้กับกรณีศึกษาเฉพาะด้าน โดยการรวบรวมแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ อันสามารถส่งเสริมวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และสอดคล้องกับลักษณะพฤติกรรมเฉพาะของรูปแบบปัญหาในงานวิจัยนี้ได้ โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสามารถแบ่งออกเป็นแง่มุมหลักๆ ได้ดังนี้

2.1.1 การจัดการพัสดุคงคลัง (Inventory Management)

2.1.2 การสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated Multi-item Lot-sizing Problem: CMLSP)

2.1.3 การจำลองแบบปัญหา

2.1.4 การแก้ปัญหาด้วยวิธีการค้นหาคำตอบ (Searching)

2.1.1 การจัดการพัสดุคงคลัง (Inventory Management)

2.1.1.1 ค่าใช้จ่ายในการจัดการพัสดุคงคลัง

ในการบริหารจัดการพัสดุคงคลังนั้นมีค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้น จำแนกออกได้เป็น

1. *ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งซื้อ (Ordering Cost)* หมายถึงค่าใช้จ่ายสำหรับการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต ซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายสำหรับเตรียมการออกใบสั่งซื้อ การขอใบเสนอราคาจากบริษัทต่างๆ การติดตามการสั่งซื้อและสั่งทำ ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายพัสดุ ค่าตรวจสอบคุณภาพ ค่าทำใบรับพัสดุ ค่าจัดทำบัญชีพัสดุ และติดตามผลการจ่ายเงิน สำหรับกรณีของการสั่งผลิตค่าใช้จ่ายจะประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งผลิต การจัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือการผลิต การจัดเตรียมและฝึกสอนงาน (กรณีที่เป็นสินค้าใหม่) และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและควบคุมการผลิต

2. *ค่าเก็บรักษาพัสดุคงคลัง (Holding or Carrying Cost)* หมายถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดเนื่องจากการเก็บรักษาพัสดุประกอบด้วย ค่าเช่าสถานที่เพื่อเก็บพัสดุ ค่าเสื่อมคุณภาพหรือเสื่อม

ความนิยม ค่าประกันภัย ค่าดอกเบี้ยของเงินลงทุนที่ใช้ในการซื้อพัสดุคงคลัง ค่าปรับสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ค่าใช้จ่ายเหล่านี้แปรผันโดยตรงกับปริมาณพัสดุที่เก็บรักษา

3. *ค่าร้างพัสดุหรือค่ารับใบสั่งซื้อล่วงหน้า (Shortage or Backorder Cost)* หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการรับใบสั่งซื้อล่วงหน้า (ในกรณีที่ลูกค้ายอมรอ) การผลิตเร่งด่วนเพื่อส่งของให้ลูกค้า หรือค่าใช้จ่ายที่ประเมินจากการที่ต้องหยุดการผลิตเมื่อขาดพัสดุ การสูญเสียการขาย (Lost of Sale) และการสูญเสียค่านิยม (Lost of Goodwill)

2.1.1.2 นโยบายพัสดุ (Replenishment Policies)

คือการตัดสินใจว่าเมื่อใดที่จะสั่งซื้อพัสดุและจะสั่งซื้อด้วยปริมาณเท่าไหร่ การตัดสินใจนี้จะเป็นตัวกำหนดระดับของพัสดุหมุนเวียนและพัสดุสำรอง ซึ่งก็จะมีผลต่อระดับรอบระดับบริการและอัตราบริบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ นโยบายพัสดุที่มีหลายรูปแบบแต่ที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 แบบคือ

1. *นโยบายการตรวจนับพัสดุแบบต่อเนื่อง (Continuous Review Policy)* จำนวนพัสดุจะถูกตรวจนับตลอดเวลา เมื่อพัสดุในคลังถูกใช้ไปจนกระทั่งพัสดุในคลังเหลือเท่ากับจุดสั่งซื้อ (Reorder Point) ใบสั่งซื้อจะถูกออกไปด้วยปริมาณการสั่งซื้อ (Lot Size) ที่ตายตัว ในระบบแบบนี้นั้นปริมาณที่สั่งซื้อจะเท่ากันทุกครั้ง แต่ช่วงสั่งซื้อจะแปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับความไม่แน่นอนของอุปทาน

2. *นโยบายการตรวจนับพัสดุแบบเป็นช่วงเวลา (Periodic Review Policy)* พัสดุจะถูกตรวจนับเป็นรอบเวลาที่แน่นอน และใบสั่งซื้อจะถูกออกไปด้วยปริมาณสั่งซื้อที่จะทำให้ปริมาณพัสดุในคลังถึงระดับที่กำหนดไว้ หรือที่เรียกว่าระดับสั่งซื้อ (Order Level) ในระบบแบบนี้เวลาระหว่างรอบการสั่งซื้อจะคงที่แต่ปริมาณสั่งซื้อจะแปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับความผันแปรของอุปสงค์

2.1.1.3 การหาปริมาณสั่งซื้อประหยัด (Economic Order Quantity)

กรณีนี้เป็นรูปแบบปัญหาพัสดุคงคลังที่ง่ายที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติอาจเป็นไปไม่ได้ แต่เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการศึกษาเรื่องพัสดุคงคลัง กรณีนี้จะเป็นการเริ่มต้นการศึกษาได้อย่างดีที่สุด ซึ่งในการใช้จะต้องอยู่ภายใต้สมมุติฐานดังต่อไปนี้

1. ความต้องการของลูกค้า ต้องรู้ปริมาณที่แน่นอน ต่อเนื่องและคงที่ตลอดเวลา (Deterministic Constant and Continuous)
2. ช่วงเวลาที่รอคอยผลิตภัณฑ์ นับตั้งแต่ออกใบสั่งซื้อจนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นเข้ามาอยู่ในคลังเรียบร้อยนั้นต้องคงที่และแน่นอน (Known and Constant Lead Time)

3. พัสดุทั้งหมดที่สั่งสามารถเข้ามาอยู่ในคลังได้ทั้งหมดที่เวลาเดียวกัน (Instantaneous Replenishment)
4. ไม่อนุญาตให้มีการร้างพัสดุ
5. ค่าใช้จ่ายต่างๆ คงที่
6. ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องปริมาณที่สั่ง
7. พัสดุนั้นไม่มีผลกระทบต่อพัสดุรายการอื่นเมื่อทำการสั่ง

ปริมาณสั่งซื้อประหยัดหาได้จากสมการ

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CR}{H}} = \sqrt{\frac{2CR}{PF}}$$

โดยที่ C คือ ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งซื้อ, บาท/ครั้ง
R คือ ความต้องการพัสดุต่อปี, หน่วย/ปี
P คือ ราคาพัสดุต่อหน่วย, บาท
H คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุต่อปี, บาท/หน่วย/ปี
F คือ ค่าเก็บรักษาพัสดุต่อปีเป็นเปอร์เซ็นต์ของราคาพัสดุ
Q* คือ ปริมาณสั่งซื้อประหยัด

2.1.2 การสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated Multi-item Lot-sizing Problem: CMLSP)

ปัญหาการสั่งซื้อหรือการวางแผนการผลิต (Production and Inventory Planning Problem: PIPP) สามารถแยกแยะได้หลายลักษณะปัญหา เช่น แบบทราบค่าความต้องการวัตถุดิบหรือการผลิตที่แน่นอน (Deterministic) หรือแบบที่ค่าความต้องการนั้นไม่แน่นอนเปลี่ยนไปตามเวลา (Stochastic) เป็นต้น โดยปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated Multi-item Lot-sizing Problem: CMLSP) ก็เป็นปัญหาทั่วไปปัญหาหนึ่งในการจัดการวางแผนการผลิตหรือการสั่งซื้อ ซึ่งจะต้องการการจัดตารางการสั่งซื้อ/สั่งผลิตที่เหมาะสมของสินค้า N ชนิด ในจำนวนช่วงเวลาเท่ากับ T เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของสินค้าที่เกิดขึ้นโดยไม่ทำให้สินค้าเกิดการ

ขาดมือ การแก้ปัญหาดังกล่าวได้มีผู้คิดค้นและเสนอวิธีการแก้ปัญหาต่างๆมาแล้ว ซึ่งมีทั้งวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Process) และวิธีการหาคำตอบที่ดีโดยประมาณ (Heuristic) ซึ่งจะพบว่าวิธีการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดนั้นมีความยุ่งยากและใช้เวลาในการคำนวณสูง

โดยทฤษฎีในส่วนนี้จะขอกล่าวเน้นถึงเฉพาะปัญหาลักษณะการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบเป็นล็อตที่มีความต้องการไม่คงที่ (Dynamic Lot-Sizing Model: DLSM) ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องการหาวิธีการให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตคราวละมากๆ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดเตรียม (Setup Cost) โดยอาจมีการยอมให้มีการเก็บสินค้าหรือวัตถุดิบเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น (Holding Cost) ซึ่งความต้องการผลิตหรือวัตถุดิบจะเปลี่ยนไปตามแต่ละช่วงเวลา โดยสามารถเขียนเป็นระบบสมการทั่วไปได้ ดังนี้

$$\min \sum_{t=1}^{T} (s_t y(x_t) + h_t I_t)$$

$$\textit{subject to}$$

$$I_{t-1} + x_t - d_t = I_t \qquad \forall\, t \in T$$

$$x_t \geq 0 \qquad \forall\, t \in T$$

$$I_t \geq 0 \qquad \forall\, t \in T$$

$$y(x_t) = 1 \;;\; x_t > 0$$

$$= 0 \;;\; \textit{otherwise}$$

โดยที่ d_t คือ ความต้องการในแต่ละช่วงเวลา

s_t คือ ค่าใช้จ่ายของการจัดเตรียมในแต่ละช่วงเวลา (Setup Cost)

x_t คือ จำนวนวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องสั่งหรือผลิตในแต่ละช่วงเวลา

h_t คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังในแต่ละช่วงเวลา (Holding Cost)

I_t คือ จำนวนคงคลังในแต่ละช่วงท้ายเวลา

I_{t-1} คือ จำนวนคงคลังในช่วงเวลาก่อนหน้า

T คือ ช่วงระยะเวลาทั้งหมดที่ทำการพิจารณา

สำหรับการศึกษาปัญหาลักษณะ DLSM ให้ง่ายและเข้าใจในภาพรวมทั้งหมด ควรจะต้องทราบถึงลักษณะรูปแบบที่สามารถแบ่งปัญหาเป็นกลุ่มได้ โดยคุณสมบัติที่แบ่งปัญหา DLSM แสดงตามลักษณะ ดังนี้

1. *จำนวนชนิดของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ (Number of products)*
    - วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว (Single-item system)
    - วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์หลายชนิด (Multi-item system)
2. *โครงสร้างของวัตถุดิบหรือผลิตผลิตภัณฑ์ (Product structure)*
    - โครงสร้างระดับเดียว (Single-level) คือ วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องนำใช้หรือประกอบกับวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ
    - โครงสร้างหลายระดับ (Multi-level) คือ วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องนำใช้หรือประกอบกับวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพื่อให้ได้วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ออกมา
3. *ข้อจำกัดของทรัพยากร (Capacity limitation)*
    - ทรัพยากรมีอย่างไม่จำกัด (Infinite capacity)
    - ทรัพยากรมีอย่างจำกัด (Finite capacity)
4. *เป้าหมายของปัญหา (Objective function)* โดยทั่วไปปัญหาลักษณะ DLSM จะมีเป้าหมายเพื่อหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด แต่ในบางครั้งบางปัญหาก็อาจจะต่างออกไป เช่น ปัญหาลักษณะที่ยอมให้มีการสะสมค้างส่ง (backlogging)
5. *ลักษณะของตัวแปรตัดสินใจ (Property of decision variables)* ความยากในการหาคำตอบจะขึ้นกับลักษณะของตัวแปรตัดสินใจค่อนข้างมาก โดยเฉพาะถ้าลักษณะตัวแปรตัดสินใจต้องเป็นจำนวนเต็มบวก (Integer) เนื่องจากในการคำนวณเริ่มแรกจะคำนวณออกมาเป็นจำนวนจริง (Real number) ก่อน แล้วจึงทำการปรับค่า (ปัดเศษทศนิยมขึ้น-ลง) ให้ค่าเป็นจำนวนเต็มแล้วทำการคำนวณอีกครั้งเพื่อตรวจสอบดูว่าค่าที่ได้อยู่ภายใต้ข้อจำกัดหรือไม่ ซึ่งจะเห็นได้ไว้ขั้นตอนในการคำนวณจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น
6. *วิธีในการแก้ปัญหา (Solution method)* ในแต่ละปัญหาไม่จำเป็นจะต้องมีวิธีการแก้ปัญหาเหมือนกัน และอาจจะมีหลายวิธีที่สามารถใช้แก้ปัญหาได้ ซึ่งแต่ละวิธีก็อาจจะให้คำตอบที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นความสามารถของแต่ละวิธีกับความเหมาะสมกับปัญหานั้นๆ อีกทั้งระยะเวลาในหาคำตอบก็จะแตกต่างกัน

จากการแบ่งกลุ่มตามลักษณะข้างต้น ทำให้สามารถแบ่งลักษณะปัญหาเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 3 กลุ่ม คือ Single-Level Single-Item Models, Single-Level Multi-Item Models และ Multi-Level models โดยในแต่ละกลุ่มก็จะมีสมการเป้าหมายใกล้เคียงกับสมการรูปแบบทั่วไปที่แสดงข้างต้น แต่จะมีข้อแตกต่างเพิ่มเติมตามลักษณะข้อจำกัดของแต่ละแบบปัญหา

โดยลักษณะปัญหาที่ทำการศึกษาจากโรงงานกรณีศึกษา จะถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Single-Level Multi-Item Models ดังนั้น ผู้วิจัยจะเน้นทำการศึกษา Single-Level Multi-Item Models เพิ่มเติม ซึ่งจะแสดงในส่วนหัวข้อของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

2.1.3 การจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหาคือขบวนการของการออกแบบจำลองของระบบจริงและทำการทดลองกับแบบจำลองนั้น เพื่อที่จะเข้าใจถึงพฤติกรรมของระบบนั้นๆ หรือเพื่อประเมินกลยุทธ์ต่างๆที่จะนำมาใช้ในการดำเนินงาน คำว่าแบบจำลอง (Model) และระบบ (System) เป็นส่วนสำคัญซึ่งใช้ในการนิยามแบบจำลอง

ระบบงาน หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์กัน

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง

โครงสร้างของแบบจำลองสามารถเขียนอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$E = f(x_i, y_i)$$

โดยที่ E คือ ผลของการปฏิบัติการของระบบ

x_i คือ ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เราควบคุมได้

y_i คือ ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เราไม่สามารถควบคุมได้

f คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง x_i และ y_i ที่ทำให้เกิด E

รูปแบบของความสัมพันธ์ดังกล่าว แสดงให้เราเห็นว่าสมรรถนะของระบบนั้น เป็นผลกระทบเนื่องมาจากตัวแปรต่างๆ ทั้งที่อยู่และไม่อยู่ในความควบคุมของเรา และโดยที่ระบบทุกระบบที่ทำการศึกษาจะต้องมีขอบเขตจำกัด อีกทั้งต้องมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา เมื่อรวมรูปแบบของความสัมพันธ์ข้างต้น จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของแบบจำลองนั้นควรประกอบไปด้วย

1. องค์ประกอบ (Components) ในทุกระบบงานจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆ ในแบบจำลองที่ใช้แทนระบบงานจริงก็จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบงาน

2. ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables and Parameters) พารามิเตอร์ คือค่าคงที่ซึ่งผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดให้ อาจเป็นค่าที่กำหนดขึ้นเองเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากค่าของพารามิเตอร์นั้น หรือเป็นค่าที่วัดหรือประเมินได้จากดข้อมูล ส่วนตัวแปรนั้นเป็นค่าที่ผันแปร มีค่าได้

หลายค่าตามสภาวะจริงของการใช้งาน จำแนกได้เป็นสองประเภทคือ ตัวแปรจากภายนอก (Exogenous Variables) หรือตัวแปรนำเข้า (Input Variables) หมายถึงตัวแปรจากภายนอกระบบซึ่งเข้ามามีผลต่อสมรรถนะของระบบและตัวแปรภายใน (Endogenous Variables) หมายถึงตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในตัวระบบ ตัวแปรภายในอาจอยู่ในลักษณะตัวแปรสถานะภาพ (Status Variables) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้บอกสภาพหรือเงื่อนไขของระบบ หรืออาจอยู่ในลักษณะของตัวแปรนำออก (Output Variables) ซึ่งก็คือผลจากการใช้งานระบบ ในทางสถิติ ตัวแปรจากภายนอกคือตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรภายในคือตัวแปรตาม (Dependent Variables)

3. ฟังก์ชั่นความสัมพันธ์ (Functional Relationships) คือฟังก์ชั่นที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ ฟังก์ชั่นความสัมพันธ์นี้อาจอยู่ในลักษณะแน่นอนตายตัว (Deterministic) ซึ่งเป็นลักษณะที่เมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าจะสามารถหาได้ว่าผลลัพธ์จะเป็นเท่าไหร่แน่นอน และอาจอยู่ในลักษณะไม่แน่นอน (Stochastic) ซึ่งเมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าให้กับฟังก์ชั่นแล้วไม่แน่ว่าจะได้ผลลัพธ์ออกมาเท่าไหร่ ลักษณะของฟังก์ชั่นความสัมพันธ์ มักจะอยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ หรือประเมินจากข้อมูลร่วมกับวิธีทางสถิติหรือคณิตศาสตร์

4. ขอบข่ายจำกัด (Constraints) คือข้อจำกัดของค่าของตัวแปรต่างๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดเช่น ข้อจำกัดของทรัพยากรต่างๆที่มีอยู่ของระบบ ข้อจำกัดของปริมาณที่ผลิตได้ หรือเป็นข้อจำกัดของระบบงานจริงโดยธรรมชาติ

5. ฟังก์ชั่นเป้าหมาย (Criterion Function) หมายถึงข้อความ (Statement) ที่บอกเป้าหมาย (Goals) หรือวัตถุประสงค์ (Objectives) ของระบบงาน และวิธีประเมินผลตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของระบบงานอาจแบ่งออกได้เป็นสองประเภทคือ การคงสภาพของระบบงาน (Retentive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถคงสภาพการใช้ทรัพยากร เช่น เวลา พลังงาน ความชำนาญ หรือคงสถานะของระบบ เช่นความสะดวกสบาย ความปลอดภัย ฯลฯ และวัตถุประสงค์ประเภทการแสวงหา (Acquisitive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้สามารถเพิ่มทรัพยากรต่างๆ เช่นกำไร ลูกค้า ฯลฯ หรือเปลี่ยนสถานะภาพของระบบ เช่น ได้ส่วนแบ่งของตลาดเพิ่มขึ้น

ขั้นตอนการจำลองแบบปัญหา

1. การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบ (Problem Formulation and System Definition) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆและวิธีการวัดผลของระบบงาน

2. การสร้างแบบจำลอง (Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษานำไปสู่การเขียนแบบจำลอง ที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

3. การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง และจัดเตรียมให้อยู่ในรูปที่จะนำมาใช้งานกับแบบจำลองได้

4. การแปรรูปแบบจำลอง (Model Translation) แปลแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5. การทดสอบความถูกต้อง (Model Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้ศึกษาและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองนั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

6. การออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองให้ข้อมูลที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

7. การวางแผนการใช้แบบจำลอง (Tactical Planning) เป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะให้ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนนี้กับขั้นตอนการออกแบบการทดลองมีอยู่ว่า ในการออกแบบการทดลองเป็นแต่เพียงการบอกเงื่อนไขการทดลอง ส่วนขั้นตอนนี้เป็นการบอกว่าจะต้องดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวกี่ครั้งจึงจะเหมาะสม กล่าวคือได้ความมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ยอมรับได้ในราคาที่เหมาะสม

8. การดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

9. การตีความผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลอง ตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไร และการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร

10. การนำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลอง เลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง

11. การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งาน และเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

2.1.4 การแก้ปัญหาด้วยวิธีการค้นหาคำตอบ (Searching)

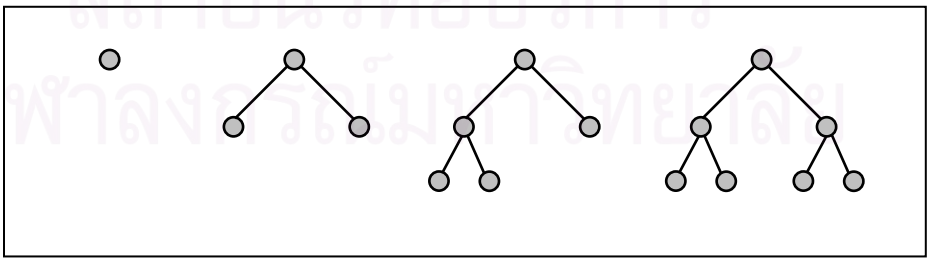
โดยทั่วไปเมื่อเกิดปัญหาขึ้น มนุษย์จะพยายามสร้างรูปแบบสมการ หรือแบบจำลองต่างๆ ที่แสดงถึงปัญหาเพื่อนำมาศึกษาหาวิธีแก้ปัญหา ในบางครั้งเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากขึ้น จนทำให้วิธีการทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ หรือใช้เวลานานในการแก้ปัญหา หรือเรียกว่าปัญหาแบบ Combinatorial Optimization จึงต้องมีการคิดค้นแนวทางอื่นในการแก้ปัญหาที่ดีเหมาะสมที่สุด ทำให้มีการพัฒนาเทคนิคสำหรับแก้ไขปัญหาเหล่านี้หลายวิธีเพื่อคิดค้นวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการแก้ปัญหา วิธีการหนึ่งที่นำมาใช้คือ "วิธีการค้นหาคำตอบ"

วิธีการค้นหาคำตอบ สามารถแบ่งประเภทของวิธีการค้นหาคำตอบออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ Uninformed Search หรือ Blind Search เป็นการหาคำตอบโดยไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนขั้นตอนหรือ path cost จากสภาวะปัจจุบัน (Current State) ไปสู่สภาวะเป้าหมาย (Goal State) และ Informed Search หรือ Heuristic Search ที่อาศัยข้อมูลในการเปลี่ยนจากสภาวะปัจจุบันไปสู่สภาวะเป้าหมาย ตัวอย่างฮิวริสติกที่รู้จักกันดี ได้แก่ Greedy Search , Admission Search, Hill Climbing Search โดยที่ Informed Search จะมีประสิทธิภาพมากกว่า Uninformed Search

ตัวอย่างของ Uninformed Search ได้แก่ Bread-first search (BFS) และ Depth-first search (DFS)

1. *Bread-first search (BFS)*

จะขยายการค้นหาคำตอบจากเป้าหมายที่อยู่ใกล้ที่สุดก่อนดังแสดงในรูปที่ 2.1 ส่วนมากแล้ว BFS เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่สมบูรณ์และให้ค่าที่เหมาะสมที่สุด แต่ใช้หน่วยความจำสูง

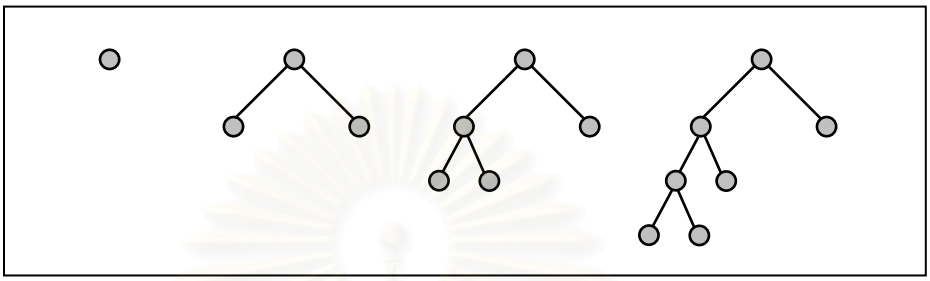


รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนในวิธีขยายการค้นหาคำตอบของ Bread-first search

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. *Depth-first search (DFS)*

จะขยายการค้นหาคำตอบไปยังส่วนที่อยู่ลึกที่สุดของแผนผังต้นไม้ (Tree) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ไม่สมบูรณ์และไม่ได้ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุด แต่ใช้หน่วยความจำน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการ BFS



รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนในวิธีขยายการค้นหาคำตอบของ Depth-first search

วิธีการของ Informed Search หรือ Heuristic Search มีความหลากหลายและเหมาะสมกับลักษณะปัญหาต่างๆ กัน ได้แก่

1. *Relaxation Heuristic*

คือ วิธีการแก้ปัญหาอย่างง่ายของปัญหาแบบ Exact Optimization อาศัยการลดความยุ่งยากของการปัญหาบางส่วน เช่น การ Relax ค่า Optimum โดยการปัดตัวเลข (Rounding) เพื่อให้สามารถหาคำตอบได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น, Lagrangian Relaxation ทำการแก้ปัญหาโดยแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนๆ และหาคำตอบสำหรับแต่ละส่วนโดยอาศัยชุดของคำตอบจากปัญหาย่อยเพื่อปรับปรุงค่าที่ดีที่สุด ซึ่งวิธี Relaxation Heuristic จะไม่เหมาะสมกับปัญหามีความซับซ้อนในการสร้างโมเดลหรือปัญหาที่เป็น integer-infeasible

2. *Decomposition Heuristic*

เป็นการแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนๆ และแก้ปัญหาแต่ละส่วนแยกจากกันซึ่งมีวิธีการแก้ปัญหาหลายแบบ ได้แก่ Iteration ซึ่งจะหาคำตอบสำหรับปัญหาย่อยโดยคงค่าของตัวแปรอื่นๆ และปรับปรุงค่าของตัวแปรตัดสินใจสำหรับชุดคำตอบย่อยนั้นๆ, Column generation เป็นวิธีที่เหมาะสมเมื่อปัญหามีแง่มุมที่แสดงในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ยาก

3. *Constructive Search*

แก้ปัญหาโดยอาศัย Null solution และทำการหาแก้ปัญหาแบบครั้งต่อครั้งโดยอาศัยข้อมูลจากการแก้ปัญหาครั้งก่อน เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา (Full solution) โดยการหาคำตอบของวิธี Constructive Search มีลักษณะที่คำนึงผลประโยชน์เฉพาะหน้า ซึ่งข้อสังเกตหนึ่งของวิธีการนี้คือคำตอบที่ได้จะขึ้นอยู่กับลำดับของการแก้ปัญหา ดังนั้นหากการแก้ปัญหาครั้งก่อนหน้าให้คำตอบที่ไม่ดีก็จะส่งผล (Degrade) ต่อคำตอบในครั้งถัดไป ตัวอย่างของ Constructive Search ได้แก่ Greedy Search และ Admission Search

3.1 Greedy Search

มีวิธีการขยายการค้นหาคำตอบจากคำตอบที่ดีที่สุดในปัจจุบันไปยังคำตอบใหม่ โดยประเมินค่า Cost ในการขยายจากสภาวะเฉพาะ (Particular State) ไปยังสภาวะเป้าหมาย ฟังก์ชันในการคำนวณตัวประเมินค่า cost นี้เรียกว่า Heuristic Function ที่สามารถสร้างเป็นฟังก์ชันความสัมพันธ์ของอะไรก็ได้ โดยเราต้องการให้ h(n) = 0 เมื่อ n คือสภาวะเป้าหมาย ถึงแม้ว่า Greedy Search จะให้ค่า Minimal Search Cost แต่เป็นวิธีการที่ไม่มีการขยายการค้นหาคำตอบไปในแนวทางอื่นเลยและไม่การันตีว่าจะได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด แต่อัลกอริทึมของ Greedy Search สามารถใช้งานได้ดี และหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว

ข้อด้อยของวิธีการ Greedy Search ค่อนข้างแย่ (weak) ต่อการเริ่มต้นที่ไม่ดี ทำให้เกิดการขยายการค้นหาคำตอบไปยังส่วนที่ไม่จำเป็น และถ้าไม่มีการป้องกันการทำซ้ำก็จะไม่สามารถหาคำตอบได้

3.2 Admission Search (A Search)

เป็นการนำเอาส่วนดีของทั้ง Greedy search กับ Uniform-cost search มารวมกัน เนื่องจาก Greedy Search ใช้หลักการ minimize estimate costไปยังสภาวะเป้าหมาย โดยใช้ Heuristic Function, *h(n)* เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ไม่สมบูรณ์และไม่ได้ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุด ส่วน Uniform-cost search ใช้หลักการ minimize the cost of path, *g(n)* เป็นวิธีการที่สมบูรณ์และให้ค่าตอบที่เหมาะสมที่สุดแต่ไม่มีประสิทธิภาพ A search จึงสร้างฟังก์ชันการประเมินค่า (Evaluation Function)ขึ้นมาใหม่ ดังสมการ

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

โดยที่ *g(n)* คือ path cost จากโนดเริ่มต้นไปยังโนดที่ n

h(n) คือ estimated cost ที่น้อยที่สุดจากโนดที่ n ไปยังโนดเป้าหมาย

f(n) คือ estimated cost ของคำตอบที่น้อยที่สุดผ่านโนดที่ n

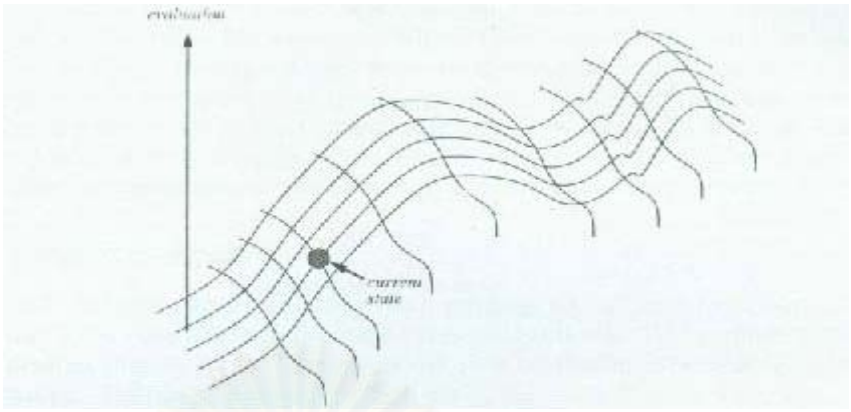
ข้อควรระวังในการเลือก Heuristic function คือต้องไม่เป็นตัวประเมินค่าที่มากเกิน (over estimate cost) ในการขยายไปยังสภาวะเป้าหมาย ดังนั้น h จะถูกเรียกใหม่ว่า Admission Heuristic ข้อสังเกตที่พบจาก A Search คือ f-cost ไม่เคยลดค่าลงซึ่งฮิวริสติกที่มีพฤติกรรมเช่นนี้เรียกว่า monotonicity

4. *Improving Search*

การหาคำตอบจะเริ่มต้นที่คำตอบเบื้องต้นที่มีจำนวนตัวแปรอยู่ครบทุกตัว (Full solution) และจะทำการปรับปรุงคำตอบโดยการปรับค่าตัวแปรตามแนวทางการปรับค่าของตัวแปร (move set or neighborhood) ซึ่งทำให้คำตอบของปัญหาจะขึ้นอยู่กับการเลือกคำตอบเบื้องต้น โดยข้อเสียของวิธีนี้คือ หากปัญหามีขนาดของ neighborhood ใหญ่เกินไปจะทำให้การปรับปรุงค่าในแต่ละครั้งไม่มีประสิทธิภาพ แต่หาก neighborhood มีขนาดเล็กเกินไปก็จะทำให้มีโอกาสที่ไม่ครอบคลุมคำตอบที่ดีได้ทั้งหมด นอกจากนี้การสำหรับการปรับปรุงค่าในแต่ละครั้งควรที่จะมีความเป็นไปได้ของคำตอบ (Feasibility) และหากจำกัดแนวทางการปรับปรุงค่าเพื่อให้คำตอบเป็นไปได้ทุกครั้งย่อมจะทำให้การนำไปใช้นั้นยุ่งยากมากขึ้น ดังนั้นแนวทางการปรับปรุงค่าจึงยอมให้เกิดการปรับปรุงที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible) แต่จะทำการหักค่าของคำตอบในฟังก์ชันเป้าหมายลง

5. *Local Search หรือ Hill Climbing*

เป็นวิธีการที่ประยุกต์มากจาก Improving search โดยเริ่มต้นจาก initial feasible solution จากนั้นทำการปรับปรุงค่าโดยพิจารณาตาม neighborhood หากคำตอบที่ได้มีค่าที่ดีขึ้นก็จะทำ Iteration ซ้ำๆ ต่อไป แต่หากคำตอบที่ได้ไม่ได้ค่าที่ดีขึ้นแล้วก็จะหยุดการปรับปรุงค่าโดยได้คำตอบแบบ Local optimum โดยแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาคำตอบวนอยู่ใน Local optimum ซึ่งจะเกิดเมื่อการปรับปรุงค่าตัวแปรที่ตำแหน่งนั้นๆ พิจารณา neighborhood ชุดเดียวกันก็คือวิธีการ Multistart ซึ่งใช้หลักการเลือกจุดสำหรับใช้เป็น initial feasible solution หลายๆ จุดซึ่งแต่ละจุดจะทำให้ได้ค่า Local optimum ที่แตกต่างกันโดยคำตอบของ heuristic ใช้ค่า local optimum ที่ดีที่สุด



รูปที่ 2.3 แสดงอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบของ Hill-climbing

Hill climbing อัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่เพิ่มค่าของคำตอบขึ้น เนื่องจากอัลกอริทึมนี้ไม่ได้ใช้รูปแบบของแผนผังต้นไม้ ดังนั้นโครงสร้างของโนดจึงใช้หน่วยความจำในเรื่องของสภาวะและค่าประเมินที่เรียกว่า value สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ เมื่อมีจุดที่ดีที่สุดหลายๆจุดที่สามารถเลือกได้ อัลกอริทึมนี้สามารถเลือกจุดนั้นขึ้นมาอย่างสุ่มได้ อุปสรรคของวิธีการค้นหาคำตอบ ได้แก่

- Local maxima :Local Maximum เป็นตัวขัดขวางการหา Global Maximum แม้ว่าLocal Maxima เป็นจุดสูงสุดแต่เมื่อเทียบกับทุกสภาวะแล้วจะมีจุดอื่นที่สูงกว่า เมื่อพบกับ local maxima ก็จะหยุดค้นหาคำตอบแม้ว่าคำตอบที่ได้จะไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดก็ตาม
- Plateaux : Plateau เป็นสภาวะที่ฟังก์ชันในการประเมินค่ามีค่าเท่ากัน ซึ่งต้องใช้การขยายพื้นที่แบบสุ่ม (random walk)
- Ridges :Ridge เป็นแนวที่มีความชันมากที่สุด ดังนั้นวิธีการค้นหาคำตอบจะไปยังจุดสูงสุดของแนวที่มีความชันมากที่สุด ในบางกรณีการเคลื่อนที่จากจุดปัจจุบันไปยังจุดสูงสุดของ ridge วิธีการค้นหาคำตอบจะแกว่งจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง (Oscillation) ทำให้มีการปรับปรุงคำตอบน้อย

ในแต่ละกรณี อัลกอริทึมอาจจะเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ไม่ทำให้เกิดการปรับปรุงค่า สิ่งที่ต้องทำคือเริ่มต้นซ้ำอีกครั้งจากจุดเริ่มต้นที่แตกต่างกัน Random Start Hill climbing เป็นการใช้วิธีการของ Hill climbing จากการสุ่มสภาวะเริ่มต้น และทำไปเรื่อยๆจนกว่าจะหยุดหรือไม่มีการปรับปรุงค่า เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการค้นหาคำตอบ สามารถกำหนดจำนวนของ iteration ได้ และถ้าจำนวน iteration เพียงพอ Random Start Hill climbing จะสามารถหาคำตอบที่

เหมาะสมที่สุดได้ ความสำเร็จของ Hill climbing ขึ้นอยู่กับรูปร่างของพื้นผิว ถ้ามี local maxima น้อย Random Start Hill climbing จะสามารถหาคำตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็ว แต่ปัญหาจริงๆ มักจะมีพื้นผิวที่มีลักษณะขรุขระ ถ้าปัญหาเป็น NP-complete จะใช้เวลาในการหาคำตอบนานขึ้น ซึ่งอาจจะมีจำนวนครั้งที่ติดอยู่กับ local maxima มากขึ้น แต่โดยทั่วไปแล้วสามารถหาคำตอบที่ดีได้โดยใช้จำนวน iterationที่ไม่มากนัก

Meta-Heuristic

Meta-Heuristic เป็นการปรับปรุงวิธีการค้นหาคำตอบ เพื่อป้องกันการเกิดการวนซ้ำ (cycling) Meta-Heuristic ที่ถูกนำมาใช้ในการหาคำตอบอย่างแพร่หลาย ได้แก่ TABU Search, Simulated Annealing และ Genetic Algorithms

1. TABU Search

TABU Search ถูกคิดค้นโดย Glover ในปี ค.ศ.1989 ขยายแนวคิดในการหาคำตอบจากวิธีการแบบ Local Search โดยยอมให้สามารถย้ายค่าไปในตำแหน่งที่ไม่ปรับปรุงค่าคำตอบให้ดีขึ้นได้ (Nonimproving move) ตัวอย่างเช่น สำหรับ Neighborhood ที่ 1 ในรูปที่ 2.4 ซึ่งทำให้คำตอบออกจากค่า Local optimum ได้โดยย้ายไปที่จุดที่ดีที่สุดถัดไป คือ 92 แม้ว่าค่าคำตอบที่ได้จะไม่ดีขึ้นก็ตาม แต่ด้วยวิธีการเช่นนี้อาจนำไปสู่การปรับปรุงค่าโดยการย้ายจุดอย่างไม่สิ้นสุด (Infinite cycling) และการปรับปรุงค่าครั้งต่อไปจะทำให้คำตอบย้ายกลับไปสู่จุดเดิม คือ 100 TABU Search มีกลไกเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นโดยการห้ามปรับปรุงค่าบางแนวทาง (Tabu Move) รวมถึงการปรับปรุงค่าที่จะทำให้คำตอบย้ายเข้าสู่ตำแหน่งก่อนหน้า เป็นการป้องกันการเกิดการวนรอบ (short term cycling) โดยใช้ Tabu List บันทึกการย้ายตำแหน่ง และเก็บคำตอบไว้เสมอ ดังนั้น ทุกๆ Iteration จะเกิดการปรับปรุงค่าคำตอบอย่าง TABU แม้ว่าค่าคำตอบจะไม่ดีขึ้น แต่ยังคงเก็บค่าคำตอบจากทุกๆ Iteration ไว้และเลือกค่าที่ดีที่สุดจากจำนวนการปรับปรุงค่าที่ตั้งไว้เป็นค่า Heuristic Optimum พารามิเตอร์ที่สำคัญของวิธีการนี้คือการกำหนดขนาดของ Tabu List (Tabu list size) ซึ่งค่าที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัญหา ถ้าขนาดของ Tabu List มากเกินไปจะทำให้คำตอบที่ได้มีค่าไม่ดี แต่ถ้าขนาดของ Tabu List น้อยเกินไปจะทำให้คำตอบยังคงวนอยู่ในค่า Local Optimum

2. Simulated Annealing : SA

อัลกอริทึมของ Simulated Annealing คือการยอมรับการเคลื่อนที่ที่ไม่ปรับปรุงค่าคำตอบให้ดีขึ้นด้วยการทดสอบความน่าจะเป็นจากค่าสุ่ม เพื่อหลีกเลี่ยงการวนรอบ เริ่มต้นจาก

Feasible solution กระบวนการเคลื่อนที่ของแต่ละ iteration เริ่มต้นจากค่าสุ่มซึ่งได้มาจากการเคลื่อนที่ครั้งก่อนหน้า ซึ่งโดยทั่วไปไม่ได้พิจารณาเพียง objective function แต่จะคำนวณเป็น net objective function improvement (Δobj) ถ้าคำตอบที่ได้มีค่าดีขึ้น (Δobj > 0) จะยอมรับคำตอบนั้นทันที หรือในกรณีที่คำตอบที่ได้มีค่าไม่ดีขึ้น (Δobj $\leq$ 0) จะยอมรับคำตอบด้วยความน่าจะเป็นดังนี้

$$probabilit\ y\ of\ \ accep\,tance = e^{\frac{\Delta obj}{q}}$$

ค่าที่ดีที่สุดจะถูกเก็บเอาไว้จะเป็นค่า Heuristic Optimum ซึ่งค่าการลดค่าคำตอบ (Δobj $\leq$ 0) ในความน่าจะเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลจะแสดงถึงปริมาณที่ลดลงของค่าฟังก์ชันเป้าหมายเทียบกับคำตอบจากการปรับปรุงค่า ดังนั้นการปรับปรุงค่าครั้งใดๆ ที่ให้ค่าคำตอบน้อยย่อมถูกยอมรับด้วยโอกาสน้อยกว่าการปรับปรุงค่าครั้งที่มีค่ามากกว่าเสมอ พารามิเตอร์ q เรียกว่าค่าอุณหภูมิ (temperature controlling) ของการค้นหาคำตอบ เป็นตัวกำหนดความสุ่มของการปรับปรุงค่า ถ้า q มีค่ามากจะทำให้สมการมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ หมายความว่าโอกาสที่จะยอมรับการเคลื่อนที่เท่ากับ 1 เสมอแม้จะไม่มีการปรับปรุงค่าคำตอบและถ้า q มีค่าน้อย โอกาสที่จะยอมรับการเคลื่อนที่ที่ไม่มีการปรับปรุงคำตอบก็จะลดลง

การนำ Simulated Annealing ไปใช้ในการหาคำตอบจะเริ่มต้นจาก q ที่มีมากก่อนแล้วค่อยๆลดค่าลงจนเป็นศูนย์ตลอดช่วงการทำงานของ Search โดยแนวคิดของวิธีการนี้ก็คือ ให้การหาคำตอบสามารถขยายการค้นหาคำตอบ (Explore) ได้อย่างทั่วถึงในขั้นแรกและจำกัดพื้นที่สำหรับการค้นหาลงมาให้เหลือเฉพาะพื้นที่ที่มีศักยภาพในภายหลัง (Exploit) และโดยปกติแล้วจำนวนครั้งของการปรับปรุงค่าโดยวิธีนี้จะสูงกว่าวิธี TABU Search หรือ Hill climbing และมีการปฏิเสธการปรับปรุงค่าน้อยกว่า รวมถึงใช้ Neighbor จำนวนน้อยกว่าในการพิจารณา เมื่อเทียบกับวิธีแบบ Local Search ที่มักทดสอบแทบจะทั้งหมดของ Neighbor โดยที่จากการศึกษาพบว่าจำนวนครั้งของการปรับปรุงค่าอย่างสุ่มที่มากจะทำให้ Simulated Annealing หาคำตอบ Heuristic Optimum ที่ดีได้

3. Genetic Algorithms: GAs

Genetic Algorithms เป็นวิธีแก้ปัญหาที่พัฒนามาจากวิธีการแบบ Evolutionary Algorithm ซึ่งใช้แก้ปัญหาประเภท Stochastic Optimization โดยการประยุกต์หลักการคัดเลือกโดยธรรมชาติและหลักการพันธุศาสตร์ในการหาคำตอบ เริ่มต้นโดยการสุ่มชุดของ Initial Solution ขึ้นมาเป็นประชากร (Population) และสำหรับแต่ละ Initial Solution ซึ่งเรียกว่า Chromosome

ประกอบไปด้วยผลคำตอบของปัญหาในขณะนั้นๆ โดยการปรับปรุงชุดคำตอบ (Population Solution) ตลอดการ search โดยประชากรบางส่วนจะถูกเลือกโดยคำนึงถึงค่าของคำตอบ (Fitness Value) ซึ่งส่งผลทำให้โอกาสในการถูกเลือกสำหรับประชากรแต่ละตัวไม่เท่ากัน จากนั้นคู่ของประชากรที่ได้รับการคัดเลือกจะแลกเปลี่ยนชุดตัวแปรของคำตอบย่อยในตำแหน่งเดียวกันเพื่อทำการปรับปรุงค่าคำตอบ เรียกขั้นตอนการปรับปรุงนี้ว่า Crossover จากนั้นจะทำการเลือกคู่ของประชากรสำหรับรุ่นถัดไป (Offspring) โดยทำซ้ำตามขั้นเดิม และในบางครั้งก็จะทำการปรับปรุงค่าของคำตอบด้วยวิธีการ Mutation โดยการเปลี่ยนค่าของตัวแปรอย่างสุ่มภายในประชากรตัวใดๆ โดยที่ความน่าจะเป็นในการเลือกคู่ประชากรใดๆ คำนวณจากสมการดังนี้

$$probability = \frac{individual\ solution\ value}{population\ total}$$

ในทางทฤษฎีจะเห็นว่า Genetic Algorithm เป็นวิธีการหาคำตอบที่ไม่ขึ้นกับ neighborhood แต่ทั้งนี้การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการ Crossover ไม่สามารถประกันได้ว่าคำตอบที่ได้มาเป็นประชากรในรุ่นถัดไปจะเป็นไปได้ (Feasible) และวิธีการจัดตำแหน่งตัวแปรคำตอบสำหรับประชากรก็มีผลอย่างมากต่อกระบวนการ Crossover ขึ้นอยู่กับว่าจุดตัดจะอยู่ในตำแหน่งใด นอกจากนี้วิธีการกำหนดความน่าจะเป็นสำหรับการถูกคัดเลือกเป็นประชากรก็เหมาะสมเฉพาะกับปัญหาแบบหาค่ามากที่สุดเท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาในด้านการจัดการวางแผนการผลิตหรือการสั่งซื้อวัตถุดิบ (Production and Inventory Planning Problem: PIPP) เป็นปัญหาซึ่งถูกนำมาวิจัยอย่างแพร่หลาย ซึ่งสร้างความหลากหลายในแง่มุมของปัญหาและทำให้ปัญหามีลักษณะใกล้เคียงกับปัญหาที่มีอยู่จริงมากขึ้น ดังนั้นจะขอมุ่งเน้นงานวิจัยที่เป็นปัญหาที่เกี่ยวกับ dynamic lot-sizing model (DLSM) ลักษณะโครงสร้างผลิตภัณฑ์ชั้นเดียว (Single level) แบบทราบความต้องการในแต่ละช่วงเวลา (deterministic) ทั้งนี้จากการศึกษาได้ข้อสรุปแนวทางในแต่ละผลงานวิจัยตามลำดับ ดังนี้

โดยทั่วไป การวางแผนการผลิตหรือการสั่งซื้อวัตถุดิบจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับช่วงเวลาในการตัดสินใจ ซึ่งประกอบด้วย การวางแผนระยาวยาว (long-term) การวางแผนระยะกลาง (medium-term) และ การวางแผนระยะสั้น (short-term) สำหรับการวางแผนระยะยาวจะมุ่งเน้นไปทางด้านการวางแผนด้านตัวผลิตภัณฑ์ เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนการผลิต ตำแหน่งสถานที่โรงงานและการออกแบบโรงงาน รวมไปถึงการวางแผนทรัพยากรต่างๆ สำหรับการวางแผนระยะกลางส่วนมากเน้นไปทางการจัดหาวัตถุดิบ (Material Requirement Planning: MRP) จำนวนที่จะทำการผลิตเป็นแบบทีละน้อยๆ หรือมากๆ (lot-sizing) ในแต่ละช่วงเวลา โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อให้ค่าใช้จ่ายต่างๆ มีต้นทุนต่ำที่สุดภายใต้ข้อจำกัดที่เกิดขึ้น และสุดท้ายสำหรับการวางแผนระยะสั้น มักจะเป็นการวางแผนแบบวันต่อวันในระดับการปฏิบัติงาน อาทิเช่น การจัดลำดับงานเข้าก่อนหลังในสายการผลิต เป็นต้น ดังนั้น ปัญหาลักษณะ DLSM ที่สนใจจึงจัดอยู่ในการวางแผนระยะกลาง โดย Gelders and Van Wassenhove [1] ได้พูดถึงการวางแผนระยะกลางและระยะสั้น โดยได้ให้แนวคิดต่างๆ เกี่ยวกับการวางแผนการจัดหาวัตถุดิบ (MRP) การสั่งซื้อหรือผลิตจำนวนมาก (lot-sizing) รวมไปถึงการจัดลำดับการทำงาน (scheduling)

ในช่วงเริ่มแรก รูปแบบปัญหาแบบ dynamic lot-sizing model (DLSM) ถูกเริ่มนำเสนอโดย Wagner and Whitin [2] ซึ่งกำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตคงที่ตลอดระยะเวลา และใช้วิธีกำหนดการพลวัต (Dynamic programming) หรือที่เรียกว่าวิธี W-W Algorithm ต่อมาในงานวิจัยของ Bahl et al. [3] ได้จำแนกลักษณะปัญหาแบบ lot-sizing ออกเป็น 4 แบบ ตามลักษณะของความต้องการกับลักษณะของข้อจำกัดทรัพยากร คือ แบบ single-level lot sizing without resource constraints (SLUR), single-level lot sizing with resource constraints (SLCR), multi-level lot sizing without resource constraints (MLUR) และ multi-level lot sizing with resource constraints (MLCR) แต่ลักษณะการจำแนกกลุ่มในปัจจุบัน จะแบ่งจากจำนวนชนิดของพัสดุ (Number of products/items) และโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (Product structure)

มากกว่า ซึ่งจะแบ่งได้เป็น ดังนี้ Single-Level Single-Item Models, Single-Level Multi-Item Models และ Multi-Level models โดยจะขอกล่าวถึงงานวิจัยเฉพาะ 2 แบบแรกเท่านั้น

สำหรับลักษณะ Single-Level Single-Item Models ได้มี Federgruen and Tzur [4], Wagelmans et al.[5] และ Aggarwal and Park [6] ได้ศึกษารูปแบบของ Wagner and Whitin เพิ่มเติมโดยเปลี่ยนค่าใช้จ่ายที่คงที่ให้เป็นแบบ setup cost รวมกับค่าใช้จ่ายแปรผันที่เป็นเส้นตรง และเสนอวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มเติมที่ช่วยลดเวลาในการหาคำตอบ เช่น forward algorithm หรือ O(n log n) algorithm ที่ใช้เวลาในการหาคำตอบเป็นแบบเส้นตรง เป็นต้น นอกจากนี้ Zangwill [7] ก็เป็นคนแรกที่ศึกษาโดยยอมให้มีการสินค้าค้างส่ง (backlogging) และใช้วิธี dynamic programming ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดออกมา และมีผู้วิจัยอีกหลายคนที่สนใจศึกษาพัฒนาต่อมา อาทิเช่น Blackburn and Kunreuther [8] ได้พัฒนาเพิ่มในส่วนค่าใช้จ่ายในการผลิตทั้งแบบคงที่และไม่คงที่ และ Morton [9] ได้คิดค่าใช้จ่ายที่เป็นแบบเส้นตรงและคงที่ตลอดช่วงระยะเวลา นอกจากนี้ ยังมี Florian and Klien [10] ที่ได้ศึกษาปัญหา DLSM ที่ฟังก์ชั่นค่าใช้จ่ายเป็นแบบเว้า (concave) และ Lotfi and Yoon [11] ก็ได้ศึกษาโมเดลของ Florian and Klien ต่อโดยเป็นแบบ non-backlog และกำหนดให้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรไม่คงที่ รวมไปถึง Hoesel and Walgelmans [12] ที่ศึกษาโมเดลของ Florian and Klien เช่นกัน โดยไม่ยอมให้มี backlog และกำหนดค่าใช้จ่ายในการผลิตเป็นแบบ concave แต่ค่าเก็บรักษาพัสดุคงคลังเป็นแบบเส้นตรง โดยได้พัฒนาวิธีการหาคำตอบ $O(T^3)$ time algorithm

สำหรับปัญหาการวางแผนแบบ Single-Level Multi-Item Models หรือเรียกว่า Capacitated Lot-sizing Problem (CLSP) หรือบางครั้งเรียกว่า large bucket problem (Eppen and Martin [13]) เป็นโมเดลที่เหมาะสำหรับการวางแผนระยะกลาง โดยแบ่งในแต่ละช่วงเวลาเป็นช่วงกว้างๆ แต่ในบางกรณีที่แบ่งช่วงเวลาเป็นช่วงเล็กมากๆ ทำให้กลายเป็นการวางแผนแบบระยะสั้น โมเดลอาจจะถูกสมมุติให้เกิดการผลิตหรือการสั่งซื้อวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์เดียวในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งจะทำให้ลักษณะการใช้ทรัพยากรจะกลายเป็นใช้หมดหรือไม่ใช้เลย นั่นคือ จะกลายเป็นตัวแปรที่เป็นเซทฐานสอง (binary set) ซึ่งจะมีชื่อเรียกอีกอย่างว่าเป็น Discrete Lot-Sizing and Scheduling Problem (DLSP) (Fleischmann [14]) หรือเรียกว่า Small Bucket problem (Eppen and Martin [13])

การหาคำตอบโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ Florian et al. [15] และ Bitran and Yanasse [16] แสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาแบบ CLSP นั้นเป็นแบบ NP-hard ยิ่งไปกว่านั้นถ้า มีการคิด setup times เข้ามาเกี่ยวข้อง จะทำให้ปัญหากลายเป็นแบบ NP-complete (Maes et al. [17])ในทำนองเดียวกัน DLSP ก็เป็นปัญหาแบบ NP-hard เช่นกัน ที่ใช้เวลาในการคำตอบเป็นแบบ Polynomial ดังนั้นจากการที่ CLSP หรือ DLSP เป็นปัญหาที่แก้ได้ยากจึงทำให้มีนักวิจัย

หลายคนได้พยายามพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นมาจากวิธีการทั่วไป (Integer programming หรือ Branch and Bound) ทั้งวิธีที่แน่นอน (exact algorithms) อาทิเช่น Constantino [18], Barany et al. [19], และ Leung et al. [20] ที่ใช้วิธีการตัดระนาบ หรือ Thizy and van Wassenhove [21] ที่ใช้วิธีการ Langrangean Relaxation หรือ Eppen and Martin [13] ที่ใช้วิธีการกำหนดรูปแบบตัวแปรใหม่ (Variable redefinition) เป็นต้น และวิธีการแก้ปัญหาแบบการประมาณ (Approximate algorithms) อาทิเช่น Hindi [22] เป็นต้น รวมทั้ง Dogramaci et al. [23] ได้นำเสนอวิธีการหาคำตอบที่ดีโดยประมาณในการแก้ปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน โดยพัฒนาวิธีการ four-step algorithm มาเป็นวิธีการใหม่ที่เรียกว่า Forward Pass Algorithm โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ผลรวมของต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด โดยเปรียบเทียบกับผลจากวิธีการของ Lambrecht-Vanderveken Algorithm โดยผลจากงานวิจัยพบว่าวิธีการของ Lambrecht-Vanderveken Algorithm จะเหมาะกับปัญหาที่มีอัตราส่วนของค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ/สั่งผลิต กับค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่ำ ส่วนวิธีการ Forward Pass Algorithm จะเหมาะกับปัญหาที่มีอัตราส่วนของของค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ/สั่งผลิต กับค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสูง แต่เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ววิธีการ Forward Pass Algorithm จะให้คำตอบที่ดีกว่า แต่วิธีการของ Lambrecht-Vanderveken Algorithm จะใช้เวลาน้อยกว่า

นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยที่ใช้ Metaheuristics ในการหาคำตอบ อาทิเช่น Xie and Dong [24] ได้นำวิธีการ Genetic algorithms มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน โดยจะแยกการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะเสนอวิธีการหาคำตอบที่ดีโดยประมาณโดยไม่พิจารณาต้นทุนในการผลิตล่วงเวลา ส่วนที่สองจะเสนอวิธีการหาคำตอบที่ดีโดยประมาณโดยจะพิจารณาต้นทุนในการผลิตล่วงเวลาประกอบด้วย โดยจะทำการเปรียบเทียบผลกับวิธีการ SA (Simulated Annealing Algorithm) TS (Tabu Search Algorithm) และ LR (Langrangean Relaxation algorithm) โดยผลจากงานวิจัยพบว่าเมื่อไม่พิจารณาต้นทุนในการผลิตล่วงเวลา วิธีการที่นำเสนอจะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธี SA และ TS และได้คำตอบที่ดีใกล้เคียงกับวิธี LR แต่ใช้เวลาในการคำตอบน้อยกว่าวิธี LR และเมื่อพิจารณาต้นทุนในการผลิตล่วงเวลาพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถหาคำตอบที่ยอมรับได้ภายในเวลา 10 นาที แต่วิธีการ SA TS และ LR ไม่สามารถหาคำตอบได้

งานวิจัยที่ได้รับการพัฒนาขึ้นใน 30 ปีที่ผ่านมาถูกรวบรวมโดย B. Karimi et al. [25] ซึ่งกล่าวอธิบายถึงการวางแผนการผลิตในลักษณะต่างๆ โดยเน้นที่โครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็นแบบชั้นเดียว (Single Level) รวบรวมและเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาทั้งแบบวิธีที่แน่นอน (Exact Approaches) และวิธีฮิวริสติก (Heuristic Approaches) ของนักวิจัยต่างๆ

บทที่ 3

การพัฒนาวิธีการหาคำตอบ

3.1. รูปแบบและลักษณะของปัญหา

ในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated Multi-item Lot-sizing Problem: CMLSP) มีลักษณะ คือ เป็นการวางแผนในการสั่งซื้อสินค้าหรือวัตถุดิบหลายชนิดแบบเป็นล็อต โดยที่มีการใช้ทรัพยากรในการดำเนินงานหรือจัดเตรียมงานร่วมกัน อีกทั้งจะต้องพิจารณาถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ในการวางแผนการสั่งซื้อจะทราบได้อย่างไรว่าจะต้องสั่งซื้อสินค้าหรือวัตถุดิบชนิดต่างๆ เป็นขนาดล็อตเท่าไร ในแต่ละช่วงเวลา หรือช่วงเวลาใด เพื่อให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด อีกทั้งจะต้องสอดคล้องกับทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดในการดำเนินงานด้วย ด้วยเหตุนี้ การจัดตารางการสั่งซื้อการผลิตที่เหมาะสม จะสามารถช่วยเป็นแผนสนับสนุนการวางแผนและการตัดสินใจที่จะทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำหรือใกล้เคียงค่าต่ำที่สุด

3.2. แนวทางการแก้ไขปัญหา

แนวทางการแก้ไขปัญหาในการจัดตารางการวางแผนการสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายให้ต่ำลง เป็นปัญหาที่จะเกิดขึ้นจากอุปสงค์ของสายการประกอบหลักจากฝ่ายการผลิตที่เกิดขึ้นในรายสัปดาห์ ดังนั้นวิธีการแก้ไขปัญหาที่จะนำมาประยุกต์ใช้จึงต้องมีประสิทธิภาพที่ดีเพียงพอ และต้องสามารถหาคำตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็ว

3.3. การแก้ปัญหาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ปัญหาการหาต้นทุนค่าใช้จ่ายให้ต่ำที่สุดในการจัดตารางการวางแผนการสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน ของโรงงานกรณีศึกษา มีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

กำหนด:

เซทของดัชนี

$M = \{1,..,n\}$ เป็นเซทของรุ่นรถยนต์

$P = \{1,..p\}$ เป็นเซทของขนาดล็อตวัตถุดิบ

$Q = \{1,..,q\}$ เป็นเซทของขั้นตอนการดำเนินงาน

$T = \{1,..,T\}$ เป็นเซทของช่วงเวลา (สัปดาห์)

ข้อมูลป้อนเข้า หรือ พารามิเตอร์ (Parameter):

A_j : รูปแบบจำนวนวัตถุดิบ $j \in P$ ที่จะสั่ง

$A_1 = 0$ $A_6 = 16$

$A_2 = 6$ $A_7 = 18$

$A_3 = 8$ $A_8 = 20$

$A_4 = 12$ $A_9 = 22$

$A_5 = 14$ $A_{10} = 24$

DM_{it} : ปริมาณวัตถุดิบที่ต้องการผลิตสำหรับรถยนต์รุ่น $i \in M$ ในช่วงเวลาที่ $t \in T$

HC : ค่าเก็บรักษาพัสดุคงคลังต่อคันชุดต่อสัปดาห์

INT : เปอร์เซ็นต์ดอกเบี้ยต่อสัปดาห์

BIV : จำนวนพัสดุคงคลังเริ่มต้น

N : จำนวนพัสดุคงคลังสูงสุด

W : ค่าชั่วโมงแรงงานนอกเวลาต่อวันต่อคนงาน

WT : จำนวนชั่วโมงทำงานในแต่ละวัน

ST_k : เวลาทำงานคงที่เมื่อเกิดการสั่งซื้อสำหรับขั้นตอนการดำเนินงาน $k \in Q$

PT_k : เวลาทำงานแปรตามขนาดล็อตที่สั่งสำหรับขั้นตอนการดำเนินงาน $k \in Q$

HM_k : จำนวนคนงานในขั้นตอนการดำเนินงาน $k \in Q$

CR_k : จำนวนชั่วโมงทำงานปกติที่มีสำหรับขั้นตอนการดำเนินงาน $k \in Q$

CO_k : จำนวนกะทำงานนอกเวลาสูงสุดที่มีสำหรับขั้นตอนการดำเนินงาน $k \in Q$

MC_{ij} : ราคาวัตถุดิบที่แตกต่างของรถยนต์รุ่นที่ $i \in M$ ต่อคันซึ่งแปรตามขนาดล็อต $j \in P$ ที่สั่ง

MT_i : ราคาวัตถุดิบของรถยนต์รุ่นที่ $i \in M$

M : ค่าขนาดใหญ่เพื่อใช้เป็นตัวร่วมในการกำหนดค่าของตัวแปร y_{it}

ตัวแปรการตัดสินใจ (Variable)

e_{it} : จำนวนวัตถุดิบคงคลังของรถยนต์รุ่นที่ $i \in M$ ในช่วงเวลา $t \in T$

y_{it} : ตัวแปรฐานสอง (0,1) สำหรับรถยนต์รุ่นที่ $i \in M$ ในช่วงเวลา $t \in T$

$y_{it} = 0$ เมื่อ ไม่มีการสั่งซื้อวัตถุดิบชนิดที่ $i \in M$ ในช่วงเวลา $t \in T$ ทำให้ไม่เกิดเวลาคงที่

$y_{it} = 1$ เมื่อ เมื่อมีการสั่งซื้อวัตถุดิบชนิดที่ $i \in M$ ในช่วงเวลา $t \in T$ ทำให้เกิดเวลาคงที่

z_{ijt} : ตัวแปรฐานสอง (0,1) สำหรับรถยนต์รุ่นที่ $i \in M$ ขนาดรูปแบบล็อต $j \in P$ ที่สั่งในช่วงเวลา $t \in T$

$z_{ijt} = 0$ เมื่อ ไม่เลือกรูปแบบขนาดล็อต $j \in P$ สำหรับวัตถุดิบชนิดที่ $i \in M$ ในช่วงเวลา $t \in T$

$z_{ijt} = 1$ เมื่อ เลือกรูปแบบขนาดล็อต $j \in P$ สำหรับวัตถุดิบชนิดที่ $i \in M$ ในช่วงเวลา $t \in T$

OT_{kt} : จำนวนกะทำงานนอกเวลาสำหรับขั้นตอนการดำเนินงาน $k \in Q$ ในช่วงเวลา $t \in T$

สมการวัตถุประสงค์ (Objective)

Minimize Total Cost

$$\sum_{i\in M}\sum_{j\in P}\sum_{t\in T}\left(MC_{ij}\times A_j\times z_{ijt}\right)+\sum_{i\in M}\sum_{t\in T}\left\{\left(HC+\left(INT\times MT_i\right)\right)\times e_{it}\right\}+\sum_{k\in Q}\sum_{t\in T}\left(\left(W\times 0.5\right)\times OT_{kt}\times HM_k\right)$$

สมการขอบข่ายจำกัด (Constraints)

$$\sum_{i\in M} e_{it} \le N \qquad \forall t\in T \qquad (1)$$

$$e_{i(t-1)}+\sum_{j\in P}\left(A_j\times z_{ijt}\right)-DM_{it}=e_{it} \qquad \forall i\in M,\ \forall t\in T \qquad (2)$$

$$\sum_{j\in P} z_{ijt}=1 \qquad \forall i\in M,\ \forall t\in T \qquad (3)$$

$$\sum_{j\in P}\left(A_j\times z_{ijt}\right)\le M\times y_{it} \qquad \forall i\in M,\ \forall t\in T \qquad (4)$$

$$\sum_{i\in M}\left(ST_k\times y_{it}\right)+\sum_{i\in M}\sum_{j\in P}\left(PT_k\times A_j\times z_{ijt}\right)-\left(OT_{\mathrm{kt}}\times 0.5\times WT\times HM_k\right)\le CR_k \qquad \forall k\in Q,\ \forall t\in T \qquad (5)$$

$$0\le OT_{kt}\le CO_k \qquad \forall k\in Q,\ \forall t\in T \qquad (6)$$

$$OT_{kt}\in INTEGER \qquad \forall k\in Q,\ \forall t\in T \qquad (7)$$

$$y_{it}\in\{0,1\} \qquad \forall i\in M,\ \forall t\in T \qquad (8)$$

$$z_{ijt}\in\{0,1\} \qquad \forall i\in M,\ \forall j\in P,\ \forall t\in T \qquad (9)$$

$$e_{it}\ge 0 \qquad \forall i\in M,\ \forall t\in T \qquad (10)$$

$$e_{i0}=BIV \qquad \forall i\in M \qquad (11)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

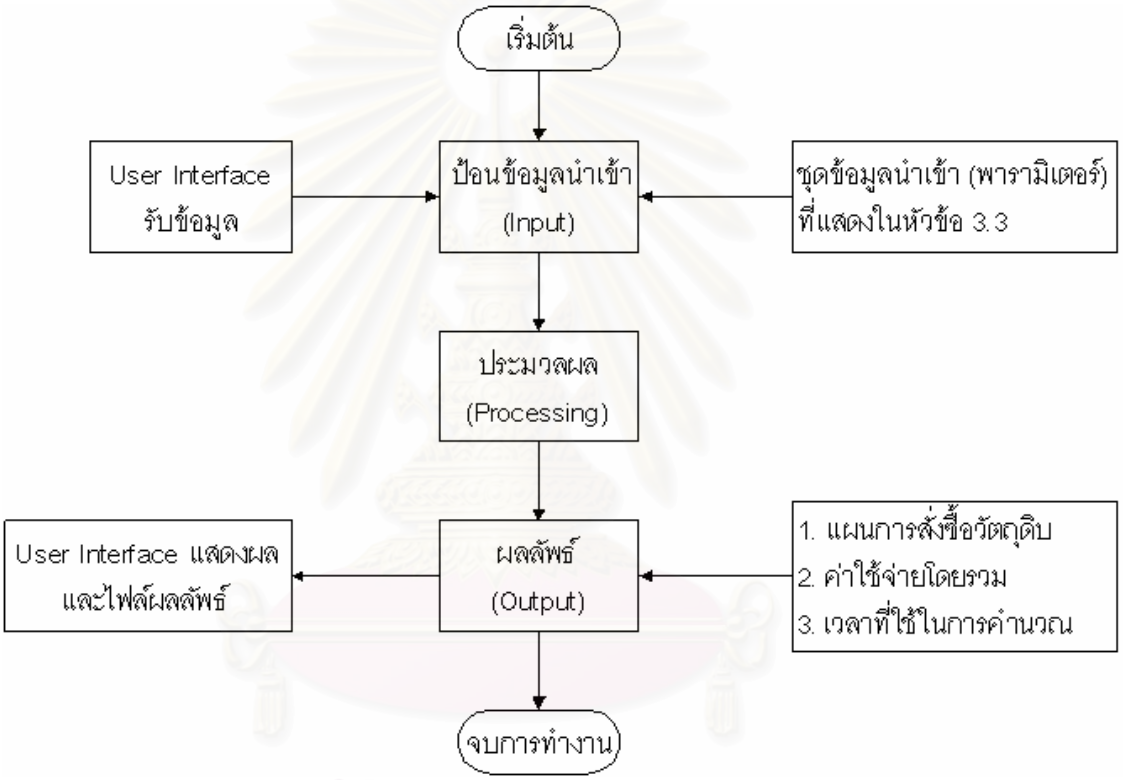
สมการข้อจำกัดที่ (1) เป็นสมการที่กำหนดว่าจำนวนพัสดุคงคลังรวมมีได้ไม่เกินจำนวนที่กำหนด สมการข้อจำกัดที่ (2) เป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนพัสดุคงคลังที่เหลือ โดยคำนวณจากจำนวนพัสดุคงคลังในช่วงเวลาก่อน รวมกับจำนวนวัตถุดิบที่สั่งเข้ามาใหม่ ลบด้วยจำนวนที่ต้องการใช้ สมการข้อจำกัดที่ (3) เป็นสมการที่กำหนดวัตถุดิบแต่ละชนิด ในแต่ละช่วงเวลา จะสามารถมีรูปแบบล็อตในการสั่งซื้อได้ 1 รูปแบบเท่านั้น สมการข้อจำกัดที่ (4) เป็นสมการที่กำหนดให้เกิดเวลาในการทำงานคงที่ เมื่อมีการสั่งวัตถุดิบเข้ามา สมการข้อจำกัดที่ (5) เป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณหาเวลาการทำงานซึ่งประกอบไปด้วยเวลาในการทำงานคงที่ และเวลาที่แปรตามขนาดล็อตการสั่งซื้อ และคำนวณหาจำนวนกะการทำงานนอกเวลา โดยจำนวนเวลาทำงานทั้งหมดลบกับจำนวนทำงานนอกเวลา จะต้องไม่เกินเวลาทำงานปกติที่มี สมการข้อจำกัดที่ (6) เป็นสมการที่กำหนดจำนวนกะทำงานนอกเวลาสูงสุด สมการข้อจำกัดที่ (7) เป็นสมการที่กำหนดจำนวนกะทำงานนอกเวลาจะต้องมีค่าเป็นจำนวนเต็มบวก สมข้อจำกัดที่ (8) เป็นสมการที่กำหนดให้ตัวแปร y เป็นเลขฐานสองเท่านั้น ซึ่งเป็นตัวแปรที่กำหนดว่าเกิดการสั่งวัตถุดิบและเกิดเวลาในการทำงานคงที่หรือไม่ สมการข้อจำกัดที่ (9) เป็นสมการที่กำหนดให้ตัวแปร z เป็นเลขฐานสองเท่านั้น ซึ่งเป็นตัวแปรที่กำหนดว่าจะทำการสั่งวัตถุดิบขนาดล็อตเท่าใด สมการข้อจำกัดที่ (10) เป็นสมการที่กำหนดว่าไม่อนุญาตให้มีการขาดแคลนวัตถุดิบที่ต้องการใช้ และสมการข้อจำกัดที่ (11) เป็นสมการที่ทำการกำหนดจำนวนพัสดุคงคลังเริ่มต้นของวัตถุดิบแต่ละชนิด

โดยนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ไปทำการทดลองหาคำตอบด้วยโปรแกรม CPLEX 8.0.0 (AMPL Version 20020516 Win32) บนคอมพิวเตอร์รุ่น Intel ® Celeron ™ 1.00GHz และ หน่วยความจำ 256 Mb

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4. โครงสร้างเบื้องต้นของโปรแกรมวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอ

โครงสร้างเบื้องต้นของโปรแกรมสำหรับการหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติก ในการจัดตารางการวางแผนการสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกันของโรงงานกรณีศึกษา จะมี 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการป้อนข้อมูลเข้า (Input parameter) ขั้นตอนการประมวลผล (Processing) และขั้นตอนการแสดงผลลัพธ์ (Output) ขั้นตอนการสร้างชุดค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Solution) โดยมีโครงสร้างการทำงานเบื้องต้น ดังนี้



รูปที่ 3.1 โครงสร้างเบื้องต้นของโปรแกรมที่ใช้ในการหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติก

ทั้งนี้ ในส่วนของขั้นตอนการประมวลผล จะมีแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยอีก 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสร้างค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Solution Step) ขั้นตอนการปรับปรุงค่าคำตอบเบื้องต้น (Pre-improving Step) ขั้นตอนการคำนวณตัวแปรและค่าใช้จ่ายต่างๆ (Cost Calculation Step) ขั้นตอนการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาสามารถหาคำตอบได้หรือไม่ (Infeasibility Checking Step) และขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบ (Improving Step) ซึ่งขั้นตอนรายละเอียดเพิ่มเติมทั้งหมดจะนำเสนอในส่วนถัดไป

3.5. กระบวนการทำงานของโปรแกรมวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอ

3.5.1. ขั้นตอนการป้อนข้อมูลนำเข้า

ข้อมูลที่จะต้องใช้ในการประมวลผลมีดังนี้

ดัชนี (Index)

- จำนวนชนิดรุ่นรถยนต์ (วัตถุดิบ) ที่จะพิจารณา (i)
- จำนวนรูปแบบขนาดล็อตในการสั่งซื้อที่เป็นไปได้ (j)
- จำนวนขั้นตอนการดำเนินงานให้วัตถุดิบพร้อมใช้งาน (k)
- ช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (t)

พารามิเตอร์ (Parameter)

- จำนวนพัสดุคงคลังเริ่มต้น (BIV)
- ระยะเวลาสุดท้ายที่พิจารณา (T)
- ค่าชั่วโมงแรงงานนอกเวลา (W)
- ค่าใช้จ่ายในการพัสดุคงคลัง (HC)
- ค่า M
- จำนวนชั่วโมงในการทำงานแต่ละวัน (WT)
- รูปแบบขนาดล็อตในการสั่งซื้อ (A_j)
- ค่าราคาส่วนต่างของวัตถุดิบแต่ละขนาดล็อต ของแต่ละชนิด (MC_{ij})
- จำนวนความต้องการผลิตของวัตถุดิบแต่ละชนิดตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา (DM_{it})
- จำนวนเวลาทำงานคงที่ของการดำเนินงานให้วัตถุดิบพร้อมใช้งาน (ST_k)
- จำนวนเวลาทำงานแปรตามขนาดล็อตสั่งซื้อของการดำเนินงานให้วัตถุดิบพร้อมใช้งาน (PT_k)
- จำนวนชั่วโมงเวลาการทำงานปกติที่มี (CR_k)
- จำนวนคนที่ทำงานสำหรับการดำเนินงานให้วัตถุดิบพร้อมใช้งาน (HM_k)
- จำนวนกะการทำงานนอกเวลาสูงสุดที่กำหนด (CO_k)

ข้อมูลนำเข้าทั้งหมดจะต้องถูกเขียนอยู่ในรูปแบบที่กำหนดด้วยไฟล์ไมโครซอฟท์โน้ตแพด (Microsoft Notepad) ซึ่งเป็นข้อมูลจริงที่ได้เก็บจากโรงงานกรณีศึกษา ทั้งนี้ ค่าและที่มาของข้อมูลนำเข้าจะแสดงอยู่ในภาคผนวก ก. และสำหรับรูปแบบตัวอย่างไฟล์ข้อมูลนำเข้าจะแสดงอยู่ในภาคผนวก ข.

3.5.2. ขั้นตอนการประมวลผลและพัฒนาชุดค่าคำตอบ

การประมวลผลหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติก จะทำการหาคำตอบด้วยเงื่อนไขเดียวกันกับการหาคำตอบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด ซึ่งขั้นตอนการประมวลผลของวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอ แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ ขั้นตอนการสร้างชุดค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Solution Step) ขั้นตอนการปรับปรุงค่าคำตอบเบื้องต้น (Pre-improving Step) ขั้นตอนการคำนวณตัวแปรและค่าใช้จ่ายต่างๆ (Cost Calculation Step) ขั้นตอนการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาสามารถหาคำตอบได้หรือไม่ (Infeasibility Checking Step) และขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบ (Improving Step) ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนหลักการประมวลผลของวิธีฮิวริสติก

1.) ขั้นตอนการสร้างชุดค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Solution Step)

ขั้นตอนการสร้างชุดค่าคำตอบเบื้องต้นนี้มีแนวคิด คือ ต้องการสร้างแผนการสั่งซื้อล็อตวัตถุดิบเบื้องต้นแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลา (O_{it}) ให้มีค่าใกล้เคียงที่สุดกับจำนวนที่ต้องการเท่านั้น ทั้งนี้จะทำการพิจารณาจาก ค่าพัสดุคงคลังของวัตถุดิบแต่ละชนิด ว่าเป็นเท่าไรในแต่ละช่วงเวลา (e_{it}) โดยถ้าค่าพัสดุคงคลังมีค่าเป็นบวกก็ไม่ต้องทำการสั่งซื้อ แต่ถ้าค่าพัสดุคงคลังมีค่าเป็นลบจะต้องมีการสั่งซื้อวัตถุดิบเข้ามา ซึ่งรูปแบบแผนการสั่งซื้อจะต้องเป็นไปตามรูปแบบล็อตที่กำหนดเท่านั้น ดังนั้น การคำนวณหาชุดค่าคำตอบเบื้องต้นนี้ จะมี 2 ส่วนย่อย ดังนี้

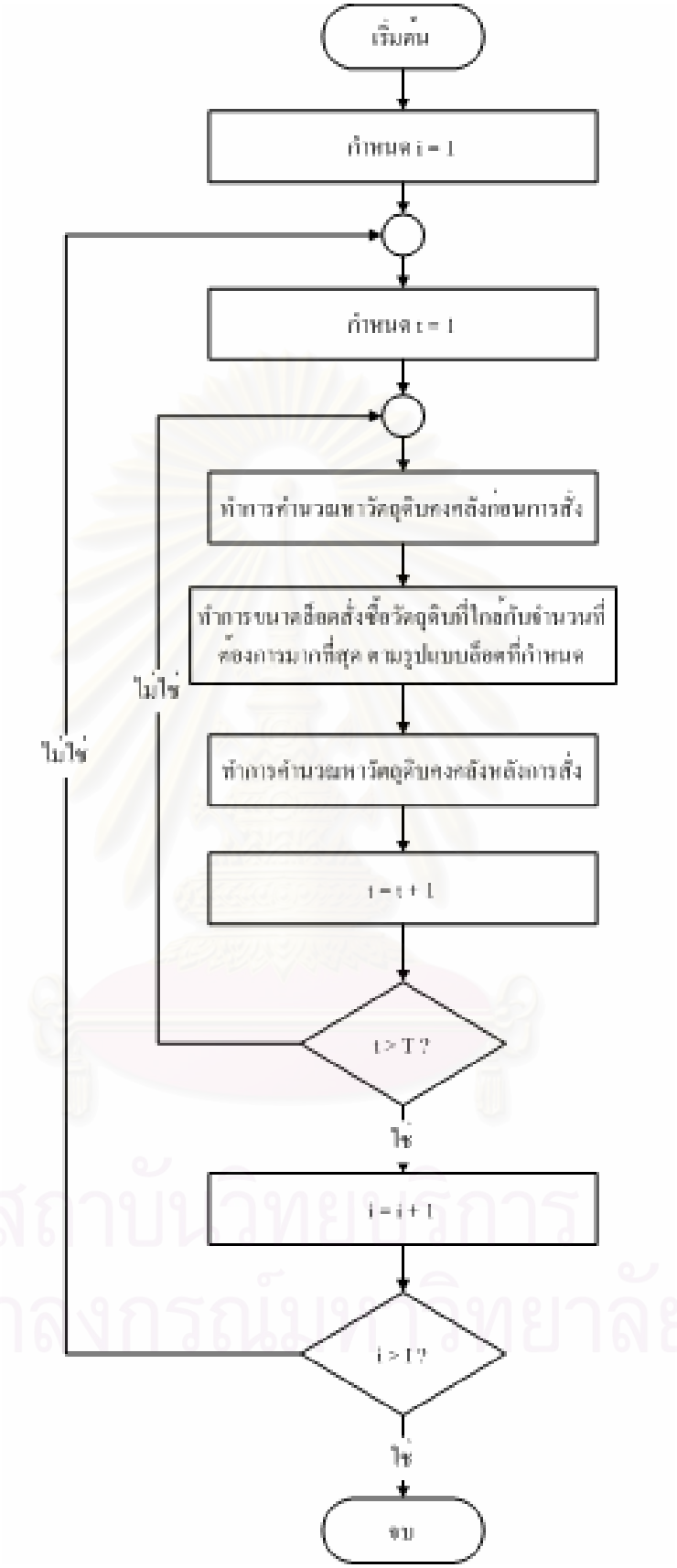
- "ขั้นตอนการคำนวณค่าพัสดุคงคลัง" (Inventory Calculation)
  นำค่าพัสดุคงคลังช่วงเวลาก่อนหน้า หักออกด้วยความต้องการใช้ในช่วงเวลาดังกล่าว สำหรับการคำนวณช่วงเวลาที่ 1 ค่าพัสดุคงคลังช่วงเวลาก่อนหน้า คือ ค่าพัสดุคงคลังเริ่มต้น (*BIV*)

$$BIV - DM_{i1} = e_{i1} \qquad \forall i \in M$$
$$e_{i(t-1)} - DM_{it} = e_{it} \qquad \forall i \in M, t = 2..T$$

- "ขั้นตอนการพิจารณาหาจำนวนล็อตที่จะสั่ง" (Initial Order)
  ทำการพิจารณาว่าจำนวนพัสดุคงคลังก่อนการสั่งที่ได้ มีค่าน้อยกว่าเท่ากับ "ศูนย์" หรือไม่ โดยถ้าน้อยกว่าก็จะต้องทำการสั่งวัตถุดิบชนิดนั้นเข้ามา ที่ขนาดล็อตสั่งซื้อเล็กที่สุด แล้วทำการคำนวณหาจำนวนพัสดุคงคลังใหม่

$$BIV - DM_{i1} + O_{i1} = e_{i1} \qquad \forall i \in M$$
$$e_{i(t-1)} - DM_{it} + O_{it} = e_{it} \qquad \forall i \in M, t = 2..T$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 กระบวนการทำงานขั้นตอนการสร้างชุดค่าคำตอบเบื้องต้น

2.) ขั้นตอนการพัฒนาชุดค่าคำตอบเบื้องต้น (Pre-improving Step)

ขั้นตอนการพัฒนาชุดค่าคำตอบเบื้องต้นนี้มีแนวคิด คือ ต้องการปรับปรุงจำนวนล็อตการสั่งซื้อโดยรวมทั้งหมด ให้มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับจำนวนความต้องการทั้งหมดตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา นั่นคือ พยายามที่จะทำให้พัสดุคงคลัง ณ สิ้นช่วงเวลาสุดท้ายที่พิจารณามีค่าต่ำที่สุด ทั้งนี้ เนื่องจากรูปแบบล็อตในการสั่งซื้อในกรณีศึกษานี้ มีความเป็นไปได้เพียงเลขคู่เท่านั้น ดังนั้น จำนวนพัสดุคงคลัง ณ สิ้นช่วงเวลาสุดท้ายที่พิจารณา จะมีค่าได้มากสุดเท่ากับ 1 เท่านั้น โดยไม่คิดรวมถึงในกรณีที่ความต้องการในการผลิตโดยรวมตลอดระยะเวลาที่พิจารณามีค่าน้อยกว่า "จำนวนพัสดุคงคลังเริ่มต้น (*BIV*)"

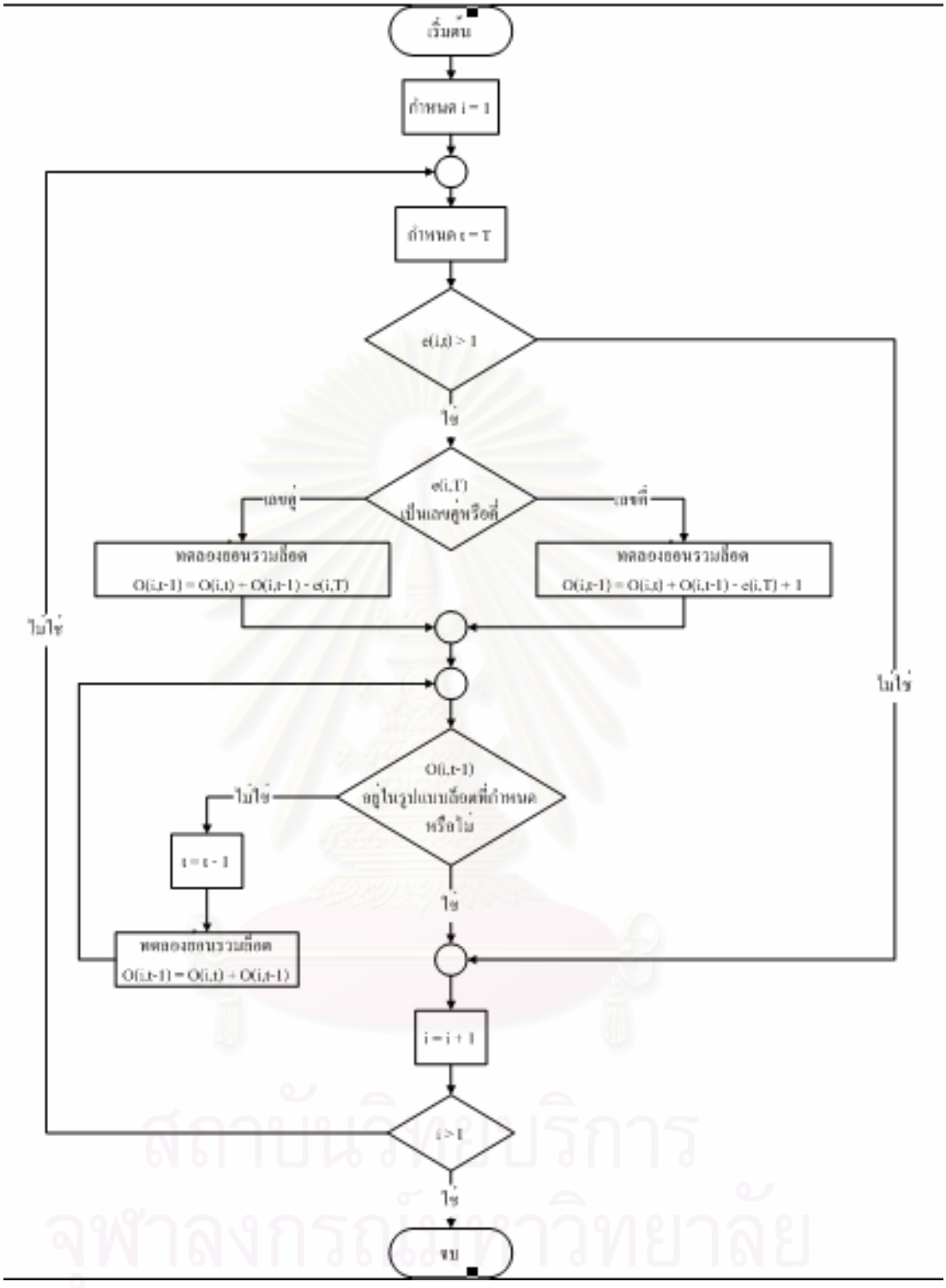
โดยลำดับขั้นการดำเนินงานจะเป็น ดังนี้

- ทำการพิจาณาเฉพาะวัตถุดิบ *i* ที่มีค่าพัสดุคงคลัง ณ ช่วงเวลาสุดท้ายที่มีค่ามากกว่า "หนึ่ง" เท่านั้น
- ทำการปรับปรุงค่าคำตอบโดย นำจำนวนล็อตในการสั่งซื้อเบื้องต้นตั้งแต่ระยะเวลาสุดท้ายไปรวมกับจำนวนล็อตในการสั่งซื้อระยะเวลาก่อนหน้า แล้วลบด้วยจำนวนพัสดุคงคลัง ณ สิ้นช่วงเวลาสุดท้ายที่พิจาณา สำหรับจำนวนพัสดุคงคลัง ณ สิ้นช่วงเวลาสุดท้ายที่เป็นเลขคู่

  ถ้าจำนวนพัสดุคงคลัง ณ สิ้นช่วงเวลาสุดท้ายเป็นเลขคี่ เมื่อนำจำนวนล็อตในการสั่งซื้อเบื้องต้นตั้งแต่ระยะเวลาสุดท้าย ไปรวมกับจำนวนล็อตในการสั่งซื้อระยะเวลาก่อนหน้า แล้วลบด้วยจำนวนพัสดุคงคลัง จะต้องบวกด้วย 1 ด้วย
- ทำการพิจารณาค่าที่ได้ ถ้าค่าที่ได้ไม่อยู่ในรูปแบบล็อตที่กำหนด ก็จะต้องนำค่าไปรวมเพิ่มกับจำนวนล็อต ของระยะเวลาก่อนหน้าไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ค่าจำนวนล็อตการสั่งซื้อที่อยู่ในรูปแบบที่กำหนด จึงจบการทำงานของขั้นตอนนี้

เมื่อทำการปรับปรุงค่าดังกล่าว ก็จะได้แผนการสั่งซื้อใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้ในการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ และปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 กระบวนการทำงานขั้นตอนการพัฒนาชุดค่าคำตอบเบื้องต้น

3.) ขั้นตอนการคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆ (Cost Calculation Step) ซึ่งแบ่งได้ ดังนี้

ค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมด (Total Cost) จะประกอบไปด้วยค่าใช้จ่าย 3 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายสำหรับทำงานนอกเวลา (Overtime Cost) ค่าใช้จ่ายสำหรับการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง (Sum Holding Cost) และ ค่าใช้จ่ายสำหรับราคาวัตถุดิบที่แตกต่างกัน (Different Material Cost) โดยแนวคิดการคำนวณค่าใช้จ่ายของแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

3.1) ค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงานนอกเวลา (Overtime Cost)

ขั้นตอนการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินงานให้วัตถุดิบพร้อมใช้งานนอกเวลานี้ จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนย่อย คือ

- "ส่วนที่ทำการคำนวณหาจำนวนกะทำงานนอกเวลา (Overtime Shift)" โดยการทำการคำนวณหาเวลาที่ต้องทำงานทั้งหมดในการเตรียมวัตถุดิบให้พร้อมใช้งาน แล้วพิจารณาว่าจะต้องมีการทำงานนอกเวลาหรือไม่เท่าใด ในแต่ละสัปดาห์ และพิจารณาต่อว่าจะต้องเป็นจำนวนกะทำงานนอกเวลาเท่าใด โดยกำหนดวันทำงานนอกเวลาเป็นวันเสาร์และวันอาทิตย์ และระยะเวลา 1 กะ เท่ากับชั่วโมงการทำงานครึ่งวัน
- "ส่วนที่ทำการคำนวณหาค่าใช้จ่ายการทำงานงานนอกเวลาที่เกิดขึ้น" ซึ่งนำจำนวนกะที่ต้องใช้ในการทำงานนอกเวลา (p_{kt}) ไปคูณกับ จำนวนคนสำหรับการทำงานขั้นตอนนั้นๆ (HM_k) และค่าจ้างแรงงานนอกเวลา (W) ซึ่งทำการจ่ายแบบเป็นกะ ได้เป็นค่าจ้างแรงงานนอกเวลา ทั้งนี้ ถ้าจำนวนระยะเวลาที่ต้องการในการทำงานล่วงเวลามากกว่าจำนวนกะทำงานนอกเวลาที่กำหนด (CO_k) ค่าปรับค่าแรงในการทำงานล่วงเวลา (penalty cost) ที่นำไปคิดค่าใช้จ่ายจะถูกกำหนดให้มีค่าที่สูงมาก (กำหนดไว้เท่ากับ 1,000,000)

$$OvertimeCost = \sum_{k \in Q} \sum_{t \in T} \left(p_{kt} \times HM_k \times \left(W \times 0.5 \right) \right)$$

3.2) ค่าใช้จ่ายสำหรับการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง (Holding Cost)

ขั้นตอนการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง จะถูกคำนวณโดยพิจารณาจากค่าจำนวนพัสดุคงคลัง (e_{it}) ที่ได้มาจากการคำนวณในขั้นตอนการสร้างชุดค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Solution Step) ในส่วนขั้นตอนย่อย "ขั้นตอนการคำนวณค่าพัสดุคงคลัง" (Inventory Calculation)

โดยค่าใช้จ่ายสำหรับการเก็บรักษาพัสดุคงคลังจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายคงที่ในทุกวัตถุดิบทุกรุ่น และอีกส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายทางด้านดอกเบี้ยซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์คงที่แต่ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยจะแตกต่างกันตามราคาต้นทุนของวัตถุดิบแต่ละชนิด

สำหรับในส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังที่คงที่ (*HC*) จะสามารถทำการรวมค่าจำนวนพัสดุคงคลังของวัตถุดิบแต่ละชนิด (e_{it}) ในแต่ละช่วงเวลา (*t*) โดยรวมถึงจำนวนพัสดุคงคลังเริ่มต้นด้วย (*BIV*) ทั้งหมดแล้วนำไปคูณกับค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง (*HC*) แล้วจะได้เป็นค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังในส่วนแรก ทั้งนี้ถ้าจำนวนพัสดุคงคลังในช่วงเวลาใดมีค่ามากกว่าจำนวนพัสดุคงคลังสูงสุด (*N*) ค่าปรับค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง (penalty cost) ที่นำไปคิดค่าใช้จ่ายจะถูกกำหนดให้มีค่าที่สูงมาก (กำหนดไว้เท่ากับ 1,000,000)

สำหรับในส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายทางด้านเปอร์เซ็นต์ดอกเบี้ย จะทำการคำนวณจากการนำเปอร์เซ็นต์ดอกเบี้ย (*INT*) ไปคูณกับราคาวัตถุดิบและจำนวนพัสดุคงคลังของวัตถุดิบแต่ละชนิด (e_{it}) รวมกันออกมา และเมื่อทำการรวมค่าใช้จ่ายทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน จะได้เป็นค่าใช้จ่ายรวมสำหรับการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง

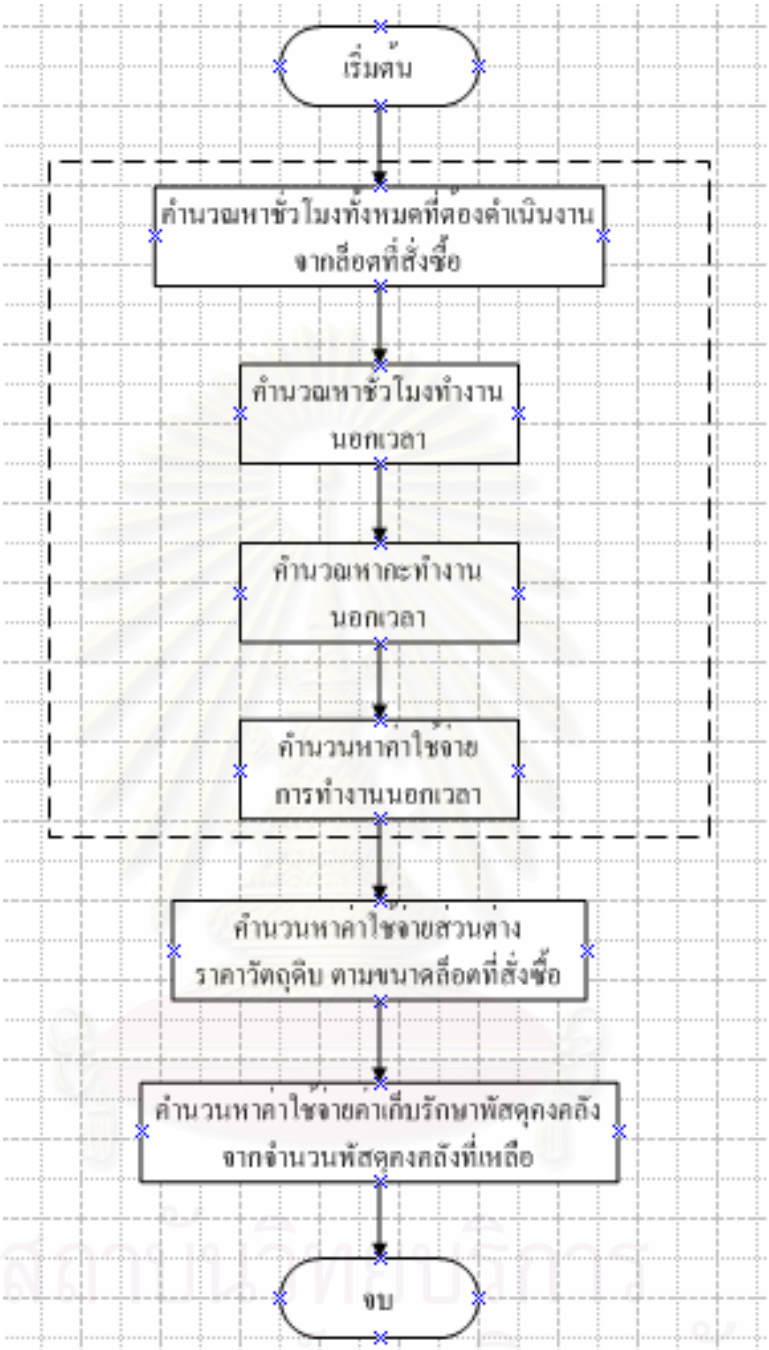
$$HoldingCost = \sum_{i \in M} \sum_{t \in T} \{(HC + (INT \times MT_i)) \times e_{it}\}$$

3.3) ค่าใช้จ่ายส่วนต่างของราคาวัตถุดิบ (Different Material Cost)

ขั้นตอนการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับส่วนต่างของราคาวัตถุดิบ จะถูกคำนวณโดยพิจารณาจากค่าจำนวนล็อตวัตถุดิบที่ถูกสั่ง (O_{it}) ที่ได้มาจากการคำนวณในขั้นตอนการสร้างชุดค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Solution Step) ในส่วนขั้นตอนย่อย "ขั้นตอนการพิจารณาหาจำนวนล็อตที่จะสั่ง" (Initial Order) ซึ่งราคาส่วนต่างจะแปรผกผันกับขนาดล็อตที่ทำการสั่งซื้อ

โดยลำดับขั้นการดำเนินงานมี ดังนี้

- ทำการเปรียบเทียบขนาดล็อตวัตถุดิบที่ถูกสั่งในแต่ละชนิด เพื่อหาว่าราคาส่วนต่างของวัตถุดิบเป็นเท่าไร แล้วนำค่าใช้จ่ายส่วนต่างที่ได้มาคูณกับขนาดล็อตวัตถุดิบที่ถูกสั่ง (O_{it} * MC_{ij}) โดยทำการดำเนินการตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณาทั้งหมด
- นำค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลามารวมกันเป็นค่าใช้จ่ายรวมสำหรับราคาส่วนต่างของวัตถุดิบ (Sum Different Material Cost)



รูปที่ 3.5 กระบวนการทำงานขั้นตอนการหาค่าใช้จ่ายส่วนต่างราคาวัตถุดิบ

4.) ขั้นตอนการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาสามารถหาคำตอบได้หรือไม่ (Infeasibility Checking Step)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาที่กำลังพิจารณาสามารถจัดรูปแบบล็อตการสั่งซื้อตามข้อจำกัดที่กำหนดไว้ได้หรือไม่ ซึ่งจะทำการพิจารณาในส่วนชั่วโมงการทำงานนอกเวลา และ จำนวนพัสดุคงคลังคงคลังโดยรวม ตลอดช่วงระยะเวลา โดยมีลำดับขั้นตอนย่อย ดังนี้

(1) ทำการค้นหาช่วงระยะเวลาที่ $p_{k,t} \geq CO_{k,t}$ ($CO_{k,t}$ คือ กะการทำงานนอกเวลาที่กำหนด) โดยพิจารณาจากสัปดาห์สุดท้ายขึ้นมา

$p_{k,t} \leq CO_{k,t}$

ถ้าทุกสัปดาห์เป็นตามเงื่อนไขดังกล่าวแสดงว่า “**ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่สามารถหาค่าคำตอบได้**”

$p_{k,t} \geq CO_{k,t}$

ทำการทดลองพิสูจน์ต่อในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป

(2) ทำการทดลองรวมล็อตการสั่งซื้อวัตถุดิบในสัปดาห์ดังกล่าวกับสัปดาห์ก่อนหน้า โดยเริ่มจากย้อนรวมกับสัปดาห์ก่อนหน้า 1 สัปดาห์ โดยเลือกจากวัตถุดิบที่มีขนาดล็อตสั่งซื้อ (ที่เหลือ) ที่เล็กที่สุด

$O_{i,t-1} = O_{i,t-1} + O_{i,t}$; Min $O_{i,t}$

ถ้าไม่มีล็อตวัตถุดิบใดให้รวมได้แล้ว ข้ามไปทำขั้นตอนที่ 5

(3) ทำการตรวจสอบว่ารูปแบบล็อตที่รวมเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดหรือไม่

$O_{i,t-1} \in A_j$ ถ้ารูปแบบล็อตที่รวมอยู่ในรูปแบบที่กำหนด ไปทำขั้นตอนที่ 4 ต่อไป

$O_{i,t-1} \notin A_j$ ถ้ารูปแบบล็อตที่รวมไม่อยู่ในรูปแบบที่กำหนดไม่ต้องทำการรวมล็อตนั้น วนกลับไปขั้นตอนที่ 2

(4) ทำการคำนวณและตรวจสอบจำนวนพัสดุคงคลังรวมของสัปดาห์ที่ถูกนำขึ้นไปรวม

$\sum_i e_{i,t} > N$; N = คือจำนวนพัสดุคงคลังสูงสุดที่กำหนด ไปทำขั้นตอนที่ 5

$\sum_i e_{i,t} \leq N$ ไปทำขั้นตอนที่ 6 ต่อไป

(5) เปลี่ยนสัปดาห์ที่จะถูกนำล็อตขึ้นไปรวมข้ามไปอีกครั้งละ 1 สัปดาห์ แล้วกลับไปขั้นตอนที่ 2 หรือ ถ้าสัปดาห์ที่เปลี่ยนเป็นสัปดาห์ที่ “ศูนย์” แล้ว แสดงว่า “**ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ตามข้อจำกัดที่กำหนด**”

(6) ทำการคำนวณและตรวจสอบกะทำงานนอกเวลาของของสัปดาห์ที่ถูกนำขึ้นไปรวม

$p_{k,t-1} \geq CO_{k,t-1}$ ไม่ต้องทำการรวมล็อตนั้น แล้ววนกลับไปทำขั้นตอนที่ 5

$p_{k,t-1} \leq CO_{k,t-1}$ ทำการรวมล็อตนั้น แล้วไปทำขั้นตอนที่ 7 ต่อไป

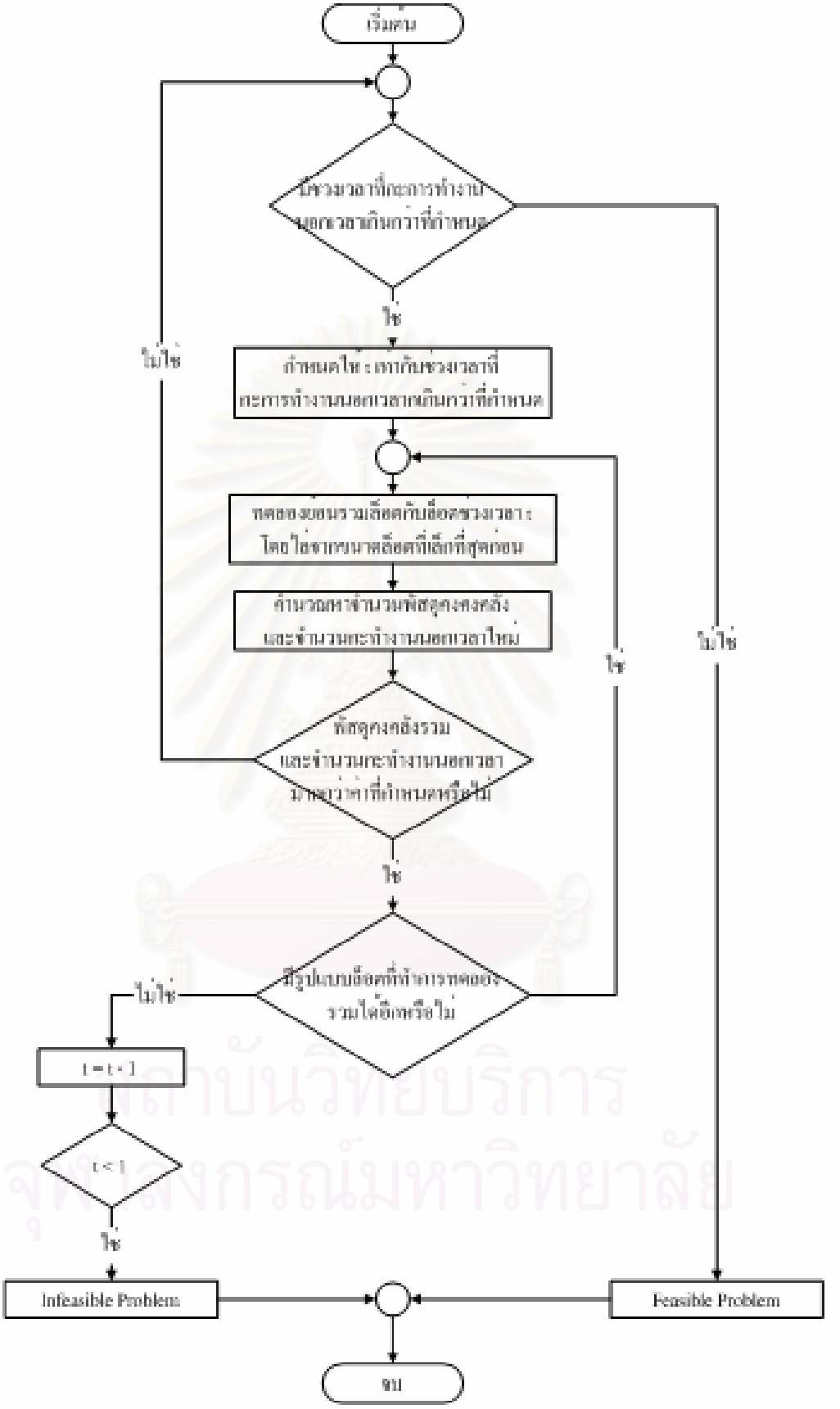
7.) ทำการตรวจสอบชั่วโมงทำงานนอกเวลาของสัปดาห์ที่เดิมชั่วโมงทำงานนอกเวลาเกินกว่าที่กำหนด

$p_{k,t} \geq CO_{k,t}$ ไม่ต้องทำการรวมล็อตนั้น แล้ววนกลับไปทำขั้นตอนที่ 2

$p_{k,t} \leq CO_{k,t}$ วนกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 เพื่อค้นหาสัปดาห์ต่อไปที่มีจำนวนกะการทำงานนอกเวลาเกินกว่าที่กำหนด

โดยถ้าผลที่ได้จากขั้นตอนการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาสามารถหาคำตอบได้หรือไม่ ว่าปัญหาที่กำลังพิจารณาเป็น “**ปัญหาที่สามารถหาค่าคำตอบได้**” โปรแกรมจะดำเนินการแก้ปัญหาต่อไปในขั้นตอนการปรับปรุงชุดค่าคำตอบ (Improving Step) ต่อไป แต่ถ้าผลที่ได้พบว่าปัญหาที่กำลังพิจารณาเป็น “**ปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ตามข้อจำกัดที่กำหนด**” โปรแกรมจะแสดงผลดังกล่าวแจ้งผู้ใช้ และทำจบขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 กระบวนการขั้นตอนการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาสามารถหาคำตอบได้หรือไม่

5.) ขั้นตอนการปรับปรุงชุดค่าคำตอบ (Improving)

ขั้นตอนการปรับปรุงชุดค่าคำตอบนี้มีแนวคิด คือ ทำการทดลองรวมจำนวนล็อตการสั่งซื้อในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (เริ่มทำการดำเนินการจากช่วงระยะเวลาสุดท้ายย้อนกลับขึ้นไป) ขึ้นไปรวมกับจำนวนล็อตที่สั่งในช่วงเวลาก่อนหน้า เพื่อทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมลดลง โดยที่ไม่ขัดต่อจำนวนทรัพยากรต่างๆ ที่กำหนด

โดยลำดับขั้นการดำเนินงานจะต่อเนื่องกัน แต่สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

5.1) การรวมและปรับค่าจำนวนล็อตที่สั่งระหว่างช่วงเวลา (Trial Order)

- นำแผนตารางการสั่งซื้อมาทำการจำลองเพื่อเก็บแผนการผลิตเดิมไว้ก่อน
- ทำการทดลองปรับรวมจำนวนล็อตที่สั่งซื้อในช่วงเวลาที่พิจารณา ซึ่งเริ่มจากช่วงเวลาสุดท้าย ($tt = T$) ของวัตถุดิบชนิดแรก ($ii = 1$) ขึ้นไปรวมกับจำนวนล็อตที่สั่งในช่วงก่อนหน้า โดยไม่ได้จำกัดช่วงระยะเวลา แต่ต้องอยู่ภายในเงื่อนไขที่ว่า ขนาดล็อตรวมในการสั่งวัตถุดิบเข้ามาจะต้องไม่มากกว่ารูปแบบล็อตที่กำหนดที่สูงที่สุด ($A_{10} = 24$) หรือ การรวมจำนวนล็อตย้อนขึ้นไปถึงช่วงเวลาเริ่มต้น ($tt = 1$)

  ทั้งนี้ถ้าวัตถุดิบชนิดใดที่แผนจำนวนล็อตในการสั่งซื้อในช่วงเวลาที่พิจารณา มีค่าเท่ากับ "ศูนย์" ($O_{it} = 0$) ก็ไม่ต้องผ่านกระบวนการในการปรับรวมล็อตดังกล่าว

5.2) การหาค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลง (Different Cost)

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดล็อตทุกๆ กรณีในแผนทดลองการสั่งซื้อจากขั้นตอนที่ 5.1) ซึ่งจะทำให้จำนวนพัสดุคงคลัง จำนวนการใช้ทรัพยากรและค่าใช้จ่ายต่างๆ เปลี่ยนไป ดังนั้น จึงจะต้องมีการคำนวณค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ใหม่ เพื่อหาค่าใช้จ่ายโดยรวมของแผนการทดลองนั้นสำหรับการเปรียบเทียบ ซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการหลัก 3 กระบวนการ คือ

- กระบวนการคำนวณพัสดุคงคลังซ้ำ (Re-calculation Inventory)

  ซึ่งเป็นขั้นตอนในการคำนวณจำนวนพัสดุคงคลังใหม่ที่เปลี่ยนไป โดยจะมีหลักการคล้ายคลึงกับ "ขั้นตอนย่อยการคำนวณค่าพัสดุคงคลัง" (Inventory Calculation) ในส่วนขั้นตอนที่ 1.) ขั้นตอนการสร้างชุดค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Solution) โดยมีสมการแนวคิดในการคำนวณ คือ

$$BIV - DM_{i1} + O_{i1} = e_{i1} \qquad \forall i \in M$$
$$e_{i(t-1)} - DM_{it} + O_{it} = e_{it} \qquad \forall i \in M, t = 2..T$$

- กระบวนการคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆ (Cost Calculation)

กระบวนการนี้ จะมีหลักการเช่นเดียวกับ "ขั้นตอนกระบวนการคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆ" (Cost Calculation Step) ในขั้นตอนที่ 3.) เพื่อหาค่าใช้จ่ายส่วนต่างๆ และรวมค่าออกมาเป็นค่าใช้จ่ายโดยรวม (Total Cost) ของแผนการทดลองการสั่งซื้อนั้นๆ

- กระบวนการหาค่าผลต่างค่าใช้จ่ายโดยรวม (Different Cost Calculation)

ค่าผลต่าง (*DiffCost)* สามารถคำนวณหาได้จาก การนำค่าใช้จ่ายรวมของแผนทดลองการสั่งซื้อใหม่ มาหักลบกับ ค่าใช้จ่ายรวมเดิมที่ (ถ้าค่าติดลบหมายถึง ค่าใช้จ่ายใหม่ที่ได้จากแผนการทดลองมีค่าลดลง) ซึ่งค่าผลต่างที่ได้จะถูกบันทึกไว้ในตารางชั่วคราว ที่ถูกสร้างขึ้นมาโดยมีขนาดเท่ากับขนาดของปัญหา เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเลือกแผนทดลองที่ดีที่สุดในแต่ละรอบการพิจารณาในกระบวนการต่อไป ซึ่งค่าในตารางดังกล่าวนี้จะถูกลบและบันทึกด้วยค่าผลต่างใหม่ในทุกๆ รอบที่ผ่านกระบวนการทำแผนทดลองการสั่งซื้อ

$$DiffCost = newTC - TC$$

ทั้งนี้ รอบในการพิจารณาก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการเลือกแผนทดลองที่ดีที่สุด คือ จะต้องทำการทดลองรวมล็อตวัตถุดิบทุกชนิดที่สามารถรวมได้ ณ ช่วงระยะเวลาที่พิจารณาในรอบนั้น

อย่างไรก็ตาม ถ้าในรอบการพิจารณานั้นๆ ไม่มีค่าผลต่างค่าใช้จ่ายโดยรวม ที่มีค่าน้อยกว่า "ศูนย์" (หมายถึง ไม่มีแผนทดลองการสั่งซื้อที่ให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำลง) กระบวนการก็จะย้อนกลับไปเริ่มต้นใหม่ตั้งแต่ต้นในขั้นตอนที่ 5.1) โดยทำการเปลี่ยนระยะเวลาที่พิจารณาเป็นระยะเวลาก่อนหน้านี้ ($tt = tt - 1$) ในทางกลับกัน ถ้ามีค่าผลต่างค่าใช้จ่ายโดยรวม ค่าใดค่าหนึ่งมีค่าน้อยกว่า "ศูนย์" (หมายถึง มีแผนทดลองการสั่งซื้อที่ให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า) กระบวนการก็จะดำเนินต่อไปยังกระบวนการหาค่าผลต่างที่ต่ำที่สุดต่อไป

5.3) การเลือกและเปลี่ยนรูปแบบล็อตการสั่งซื้อที่ต่ำที่สุด (Finding Minimum Different Cost)

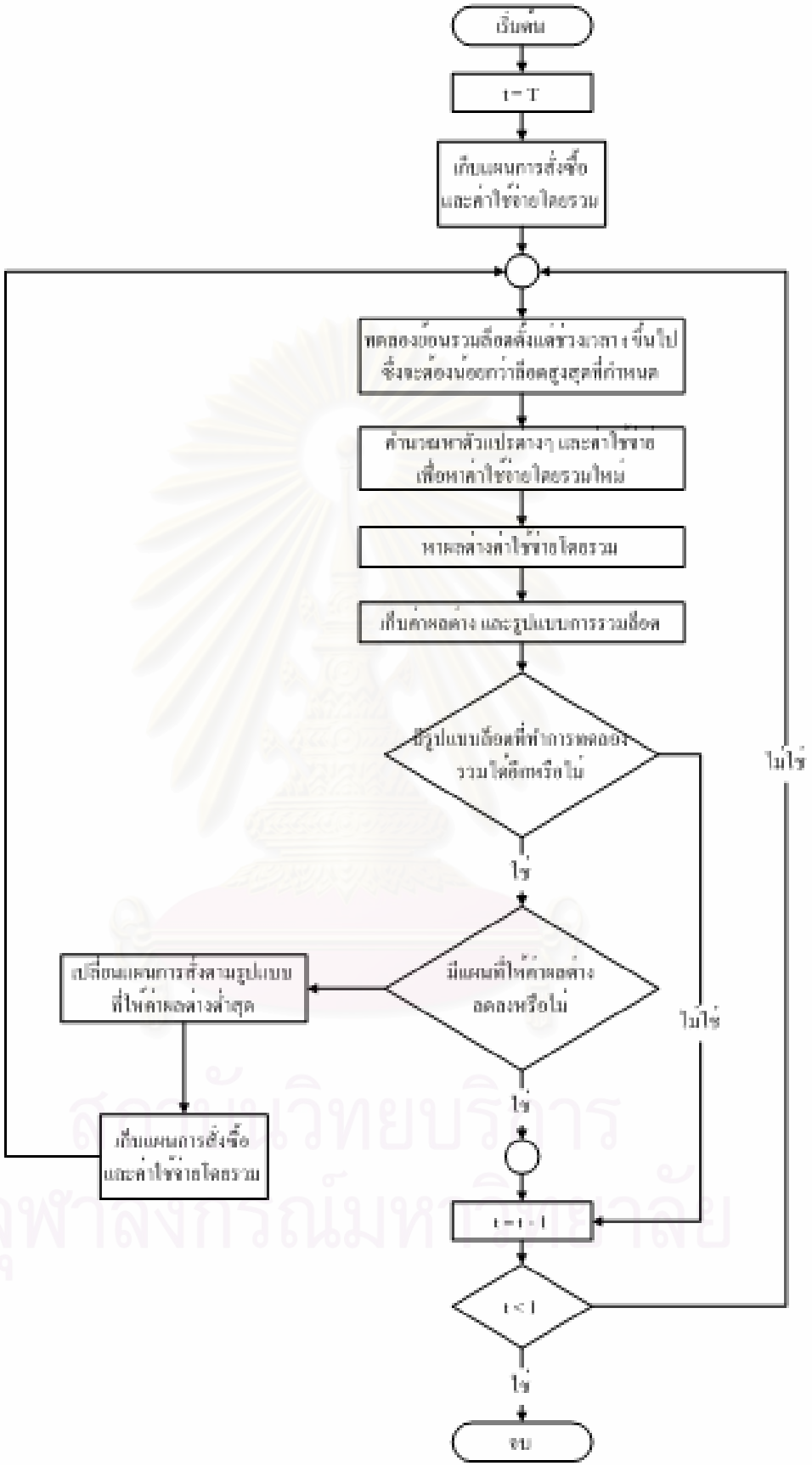
กระบวนการนี้ จะเป็นกระบวนการในการเลือกค่าผลต่างค่าใช้จ่ายโดยรวมที่มีค่าต่ำที่สุด จากตารางที่ได้ในกระบวนการหาค่าผลต่างค่าใช้จ่ายโดยรวม (Different Cost Calculation) และทำการเปลี่ยนแผนการสั่งซื้อให้มีรูปแบบเดียวกับแผนการทดลองสั่งซื้อนั้นๆ

สำหรับหลักการหาผลต่างที่มีค่าต่ำที่สุดจะทำการค้นหาค่าผลต่างทั้งตาราง โดยจะเลือกแผนทดลองการสั่งที่ให้ค่าต่ำที่สุดและอยู่ใกล้ช่วงระยะเวลาสุดท้าย ($tt = T$) มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อในกรณีที่ผลต่างที่มีค่าต่ำที่สุดมีมากกว่าหนึ่งแผน แผนของค่าผลต่างที่อยู่ใกล้ช่วงระยะเวลาสุดท้ายมากที่สุด จะเปิดโอกาสให้มีรูปแบบการรวมขนาดล็อตสั่งซื้อในการพิจารณารอบต่อๆ ไปจะมีมากขึ้น ซึ่งทำให้โอกาสที่จะได้แผนทดลองการสั่งซื้อที่ให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ต่ำลงมากขึ้น

สำหรับในกรณีที่ค่าผลต่างที่มีค่าต่ำที่สุดมีมากกว่าหนึ่งแผน แต่อยู่ในช่วงระยะเวลาเดียวกัน (นั่นคือ อยู่ใกล้ช่วงระยะเวลาสุดท้ายเท่ากัน) ผลที่ได้จะมีค่าเท่ากัน แต่เนื่องจากลักษณะการค้นหาของโปรแกรมที่เขียน จะเลือกค่าต่ำที่สุดของวัตถุดิบชนิดแรกที่เจอค่าที่ต่ำที่สุด (นั่นคือ เลือกจากค่า ii ที่ต่ำที่สุด)

เมื่อทราบค่าและตำแหน่งที่ต่ำที่สุดแล้ว โปรแกรมจะทำการปรับและบันทึกรูปแบบแผนการสั่งซื้อใหม่ ให้เป็นไปตามแผนการทดลองการสั่งซื้อที่ถูกเลือก และใช้เป็นตัวฐานในการปรับปรุงคำนวณหาแผนการสั่งซื้อในรอบพิจารณาต่อไป

โดยการปรับปรุงค่าคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวม แผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ รวมไปถึงตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จะถูกดำเนินการวนซ้ำอยู่ในขั้นตอนที่ 5.) จนกระทั่งช่วงเวลาที่พิจารณาในการปรับปรุงค่าคำตอบไปถึงช่วงระยะเวลาเริ่มต้น ($tt = 1$) สาเหตุที่ไม่พิจารณาช่วงระยะเวลาเริ่มต้นต่อ เนื่องจากไม่มีจำนวนล็อตสั่งซื้อช่วงเวลาก่อนหน้านั้นอีกแล้วที่จะนำไปรวมเพื่อพัฒนาค่าคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวม อย่างไรก็ตาม มิได้หมายความว่าจำนวนล็อตที่สั่งซื้อในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นจะไม่ได้ถูกพิจารณาในการปรับปรุงคำตอบ เพราะจำนวนล็อตที่สั่งซื้อในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นจะถูกพิจารณาตั้งแต่อยู่รอบการพิจารณาช่วงระยะเวลาที่ 2 แล้วนั่นเอง



รูปที่ 3.7 กระบวนการขั้นตอนการปรับปรุงชุดค่าคำตอบ

3.5.3. **ขั้นตอนการแสดงผลลัพธ์** (Output)

ขั้นตอนการแสดงผลลัพธ์ของวิธีการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอ จะเป็นส่วนที่แสดงผลตัวแปรสำคัญต่างๆ ที่เกี่ยวข้องออกมาอยู่ในรูปไฟล์ไมโครซอฟท์เอกเซล (Microsoft Excel) ซึ่งผู้ใช้สามารถตั้งชื่อไฟล์ผลลัพธ์นี้ได้เอง และไฟล์ผลลัพธ์นี้จะถูกกำหนดให้บันทึกอยู่ในตำแหน่งโฟลเดอร์เดียวกับไฟล์นำเข้า โดยสามารถดูความหมายและตัวอย่างเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ค

ทั้งนี้ ข้อมูลที่จะทำการแสดงผลออกมา มีดังต่อไปนี้

- เวลาที่ใช้ในการคำนวณ (Solve Time)
- ขนาดล็อตในการสั่งซื้อวัตถุดิบแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลา (Ordering: O_{it})
- จำนวนเวลาที่ต้องการในการดำเนินงานให้วัตถุดิบพร้อมใช้งานในแต่ละการดำเนินงาน และในแต่ละช่วงเวลา (Resource Usage: RU_{kt})
- จำนวนเวลาที่เหลือ หรือเวลาการทำงานนอกเวลาที่ต้องการในการดำเนินงานให้วัตถุดิบพร้อมใช้งานในแต่ละการดำเนินงาน และในแต่ละช่วงเวลา (Resource Usage: RR_{kt})
- จำนวนกะที่ต้องการในการทำงานนอกเวลา (Number of Over Time Shift: p_{kt})
- ค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงานนอกเวลาในแต่ละการดำเนินการ และในแต่ละช่วงเวลา
- ค่าใช้จ่ายรวมการทำงานนอกเวลาในแต่ละช่วงเวลา (Over Time Cost)
- ค่าใช้จ่ายสำหรับราคาวัตถุดิบแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลา (Material Cost)
- ค่าใช้จ่ายสำหรับการเก็บรักษาพัสดุคงคลังรวมในแต่ละช่วงเวลา (Holding Cost)
- ค่าใช้จ่ายโดยรวม (Total Cost)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6. ตัวอย่างการคำนวณวิธีฮิวริสติก

ข้อมูลของตัวอย่างการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3.1, 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างข้อจำกัดจำนวนคน ชั่วโมงทำงาน เวลาดำเนินงาน จำนวนกะทำงานนอกเวลา ค่าจ้างแรงงานนอกเวลา ค่าเก็บรักษาวัตถุดิบคงคลัง จำนวนพัสดุคงคลังเริ่มต้น และจำนวนพัสดุคงคลังสูงสุด

hr/day	Work day
8	3

Holding Cost	360 ฿/unit/week

Operation	1	2
Setup Time	2.5	8
Process Time	0.7	1.4

Operation	1	2
No. of operator	1	1
Time available	24	24

OT Cost	560 ฿/day/operator

Max OT shift	4

Beginning Inventory	3

Maximum Inventory	20

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างราคาผลต่างของวัตถุดิบตามขนาดล็อตวัตถุดิบที่สั่ง

Diff Material Cost	6	8	12	14	16	18	20	22	24
M1	1,000	1,000	500	500	500	300	300	300	0
M2	1,000	1,000	500	500	500	300	300	300	0
M3	1,000	1,000	500	500	500	300	300	300	0

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการใช้วัตถุดิบสำหรับตัวอย่างการคำนวณวิธีฮิวริสติก

Period	M1	M2	M3
1	6	8	6
2	6	12	4
3	18	6	6
4	6	6	14
5	6	4	8

3.6.1. ตัวอย่างการคำนวณตามขั้นตอนวิธีฮิวริสติก (Example Heuristic Calculation)

ตัวอย่างการคำนวณตามขั้นตอนวิธีฮิวริสติก ที่จะแสดงในส่วนนี้ เป็นยกตัวอย่างอย่างเพื่อทดลองแก้ปัญหาตามขั้นตอนแนวคิดในการประมวลผลของวิธีฮิวริสติกที่พัฒนา ดังอธิบายในหัวข้อที่ 3.5 กระบวนการทำงานของโปรแกรมฮิวริสติกที่นำเสนอ ข้างต้น เพื่อให้สามารถเข้าใจขั้นตอนในการคำนวณได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.) สร้างตารางและใส่ข้อมูลความต้องการใช้วัตถุดิบ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างตารางข้อมูลความต้องการใช้วัตถุดิบสำหรับเริ่มต้นทำการคำนวณ

	M1			M2			M3		
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O
1	6			8			6		
2	6			12			4		
3	18			6			6		
4	6			6			14		
5	6			4			8		

โดยตารางประกอบไปด้วยช่วงระยะเวลาที่พิจารณา (คอลัมน์ Wk) 5 สัปดาห์ จำนวนวัตถุดิบ 3 ชนิด (M1, M2 และ M3) ซึ่งแต่ละวัตถุดิบจะมีแผนความต้องการใช้ผลิตในแต่ละสัปดาห์ (คอลัมน์ DM) คอลัมน์สำหรับการคำนวณวัตถุดิบคงคลังที่เหลือในแต่ละสัปดาห์ (คอลัมน์ e) โดยกำหนดให้พัสดุคงคลังเริ่มต้นเท่ากับ 3 คันชุดสำหรับทุกๆ ชนิดวัตถุดิบ และคอลัมน์สำหรับการวางแผนล็อตการสั่งซื้อในแต่ละสัปดาห์ (คอลัมน์ O)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.) ทำการคำนวณหาค่าวัตถุดิบคงคลังที่เหลือในแต่ละสัปดาห์ และหาขนาดล็อตที่เล็กที่สุดที่จำเป็นต้องสั่งตามรูปแบบล็อตที่กำหนด (ส่วนประกอบของ 6 และ 8 : 6,8,12,14,16,18,20,22 และ 24) ในแต่ละสัปดาห์ ทุกชนิดวัตถุดิบ ดังตารางที่ 3.5 โดยมีตัวอย่างการคำนวณ เช่น

$e_{1,1} = BIV - DM_{1,1} = 3 - 6 = -3$ $\therefore \min O_{1,1} = 6 \rightarrow e_{1,1} = 3$

$e_{1,2} = e_{1,1} - DM_{1,2} = 3 - 6 = -3$ $\therefore \min O_{1,1} = 6 \rightarrow e_{1,2} = 3$ เป็นต้น

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างการหาวัตถุดิบคงคลัง และหาขนาดล็อตการสั่งซื้อเบื้องต้น

	M1			M2			M3		
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O
1	6	-3		8			6		
2	6			12			4		
3	18			6			6		
4	6			6			14		
5	6			4			8		

	M1			M2			M3		
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O
1	6	3	6	8			6		
2	6	-3		12			4		
3	18			6			6		
4	6			6			14		
5	6			4			8		

	M1			M2			M3		
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O
1	6	3	6	8			6		
2	6	3	6	12			4		
3	18			6			6		
4	6			6			14		
5	6			4			8		

	M1			M2			M3		
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6
2	6	3	6	12	1	12	4	5	6
3	18	1	16	6	1	6	6	5	6
4	6	1	6	6	1	6	14	3	12
5	6	1	6	4	3	6	8	1	6

3.) นำแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบเบื้องต้น (Initial Solution) ที่ได้มาทำการ "ปรับปรุงเบื้องต้น" (Pre-Improving) ดังตารางที่ 3.6 โดยพิจารณาเฉพาะช่วงระยะเวลาสุดท้ายของวัตถุดิบที่จำนวนพัสดุคงคลังมากกว่า "หนึ่ง" (ช่องสีม่วง) ตัวอย่างเช่น

ครั้งที่ที่ 1: $O_{2,5} = 6 + 6 - 3 + (1) = 10$ ไม่อยู่ในรูปแบบล็อตที่กำหนด

ครั้งที่ที่ 2: $O_{2,5} = 6 + 6 + 6 - 3 + (1) = 16$ อยู่ในรูปแบบล็อตที่กำหนด

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างการปรับปรุงเบื้องต้น

	M1			M2			M3		
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6
2	6	3	6	12	1	12	4	5	6
3	18	1	16	6	1	6	6	5	6
4	6	1	6	6	1	6	14	3	12
5	6	1	6	4	3	6	8	1	6

	M1			M2			M3		
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6
2	6	3	6	12	1	12	4	5	6
3	18	1	16	6	11	16	6	5	6
4	6	1	6	6	5	0	14	3	12
5	6	1	6	4	1	0	8	1	6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.) ทำการคำนวณหาค่าใช้จ่ายการทำงานนอกเวลา (Over Time Cost) โดยมีขั้นตอนและแสดงตัวอย่างดังตารางที่ 3.7 และ 3.8 ดังนี้

- หาเวลาในการทำงาน (Working Time: RU_{kt}) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนเวลาการเตรียมงาน (ST) มีค่าคงที่ และ ส่วนเวลาทำงาน (PT) ซึ่งแปรตามขนาดล็อตวัตถุดิบที่สั่ง เช่น

$$RU_{kt} = \sum_i (ST_k \times y_{it}) + \sum_i (PT_k \times O_{it})$$

$$RU_{2,1} = \sum_i (ST_2 \times y_{i,2}) + \sum_i (PT_2 \times O_{i,1})$$
$$= \{8 \times (1+1+1)\} + \{1.4 \times (6+6+6)\}$$
$$= 49.2$$

- หาเวลาที่ต้องทำงานนอกเวลา (Needed OT: RR_{kt}) โดยลบจากเวลาทำงานปกติที่มีของการทำงานขั้นตอนนั้น (CR_k) เช่น

$$RR_{kt} = CR_k - RU_{kt}$$
$$RR_{2,1} = CR_2 - RU_{2,1}$$
$$= 24 - 49.2$$
$$= -25.2$$

- หาจำนวนกะที่ต้องทำงานนอกเวลา (Needed OT Shift: p_{kt}) เช่น

$$p_{kt} = roundup\left(\frac{RR_{kt}}{-0.5 \times CR_k}\right)$$

$$p_{2,1} = roundup\left(\frac{RR_{2,1}}{-0.5 \times CR_2}\right)$$
$$= roundup\left(\frac{-25.2}{-0.5 \times 24}\right)$$
$$= roundup(2.09)$$
$$= 3$$

- หาค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงานนอกเวลา (Overtime Cost: OTC) ซึ่งหาได้จากจำนวนกะการทำงานนอกเวลา คูณกับจำนวนคน (HM_k) และ ค่าแรงนอกเวลาสำหรับหนึ่งกะ ($W * 0.5$) อาทิเช่น

$$OTC_{kt} = p_{kt} \times HM_k \times (W \times 0.5)$$
$$OTC_{2,1} = p_{2,1} \times HM_2 \times (W \times 0.5)$$
$$= 3 \times 1 \times (560 \times 0.5)$$
$$= 840\ baht$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างการคำนวณหาชั่วโมงทำงาน เวลาทำงานนอกเวลา และจำนวนกะทำงานนอกเวลา

																Available Time			
	M1			M2			M3									24	24	Max OT	4
	DM	e	O	DM	e	O	DM	e	O	Setup Time			Working Time			needed OT		needed OT Shift	
Wk		3			3			3		1	2	3	1	2		1	2	1	2
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	1	1	1	20.1	49.2		0	-25.2	0	3
2	6	3	6	12	1	12	4	5	6	1	1	1	24.3	57.6		-0.3	-33.6	1	3
3	18	1	16	6	11	16	6	5	6	1	1	1	34.1	77.2		-10.1	-53.2	1	5
4	6	1	6	6	5	0	14	3	12	1	0	1	17.6	41.2		0	-17.2	0	2
5	6	1	6	4	1	0	8	1	6	1	0	1	13.4	32.8		0	-8.8	0	1

ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงานนอกเวลา

	M1			M2			M3			Max OT	4		
	DM	e	O	DM	e	O	DM	e	O	needed OT Shift		OT Cost	
Wk		3			3			3		1	2	1	2
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	0	3	0	840
2	6	3	6	12	1	12	4	5	6	1	3	280	840
3	18	1	16	6	11	16	6	5	6	1	5	280	1,001,040
4	6	1	6	6	5	0	14	3	12	0	2	0	560
5	6	1	6	4	1	0	8	1	6	0	1	0	280

<u>หมายเหตุ</u> จำนวนกะทำงานนอกเวลาของการทำงานที่ 2 ในสัปดาห์ที่ 3 มากเกินกว่าที่กำหนด ค่าใช้จ่ายจึงสูงเพราะรวมกับค่าปรับ (penalty cost)

5.) คำนวณหาค่าใช้จ่ายส่วนต่างของราคาวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยนำราคาวัตถุดิบที่แตกต่างแต่ละขนาดล็อต (ตารางที่ 3.2) คูณกับขนาดล็อตวัตถุดิบที่สั่ง ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าใช้จ่ายส่วนต่างของราคาวัตถุดิบ

	M1			M2			M3					
	DM	e	O	DM	e	O	DM	e	O	MT Cost		
Wk		3			3			3		1	2	3
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	6,000	6,000	6,000
2	6	3	6	12	1	12	4	5	6	6,000	6,000	6,000
3	18	1	16	6	11	16	6	5	6	8,000	8,000	6,000
4	6	1	6	6	5	0	14	3	12	6,000	0	6,000
5	6	1	6	4	1	0	8	1	6	6,000	0	6,000

6.) คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง โดยนำค่าจำนวนพัสดุคงคลังแต่ละชนิด แต่ละช่วงเวลา คูณกับค่าเก็บรักษาพัสดุคงคลัง ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง

	M1			M2			M3						
	DM	e	O	DM	e	O	DM	e	O	Max e	Holding Cost		
Wk		3			3			3		20	1	2	3
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	7	1,080	360	1,080
2	6	3	6	12	1	12	4	5	6	9	1,080	360	1,800
3	18	1	16	6	11	16	6	5	6	17	360	3,960	1,800
4	6	1	6	6	5	0	14	3	12	9	360	1,800	1,080
5	6	1	6	4	1	0	8	1	6	3	360	360	360

7.) นำค่าใช้จ่ายส่วนต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลามารวมกัน จะได้ค่าใช้จ่ายรวม

ตารางที่ 3.11 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวม

	M1			M2			M3			
	DM	e	O	DM	e	O	DM	e	O	Total Cost
Wk		3			3			3		3,240
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	21,360
2	6	3	6	12	1	12	4	5	6	22,360
3	18	1	16	6	11	16	6	5	6	1,029,800
4	6	1	6	6	5	0	14	3	12	15,800
5	6	1	6	4	1	0	8	1	6	13,360
										1,105,920

8.) ทำการตรวจสอบขั้นตอนว่ารูปแบบปัญหาสามารถหาคำตอบได้หรือไม่

8.1) **ทำการตรวจสอบจากสัปดาห์สุดท้ายขึ้นมา เพื่อหาสัปดาห์ที่จำนวนกะทำงานนอกเวลาเกินกว่าที่กำหนด (ช่องสีแดง ในตารางที่ 3.12) ซึ่งถ้าไม่มีสัปดาห์ใดที่จำนวนกะทำงานนอกเวลาเกินกว่าที่กำหนด แสดงว่า** "ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้" **แล้วข้ามไปทำขั้นตอนที่ 9 ต่อไป**

8.2) ทำการลองรวมล็อตในสัปดาห์นั้นๆ (สัปดาห์ที่ 3) ย้อนกลับขึ้นไปรวมกับล็อตในสัปดาห์ก่อนหน้า โดยไล่จากขนาดล็อตที่เล็กที่สุดก่อน (วงรีสีน้ำเงินในตารางที่ 3.13)

8.3) ทำการตรวจสอบดูว่าขนาดล็อตที่รวมเป็นไปตามที่รูปแบบที่กำหนดหรือไม่ (วงรีสีน้ำเงินในตารางที่ 3.13) ถ้าไม่เป็นไปตามรูปแบบ ทำการย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 8.2 ทำการทดลองรวมล็อตของวัตถุดิบชนิดอื่น

8.4) ทำการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ใหม่ทั้ง 2 สัปดาห์ ดังตารางที่ 3.13

8.5) ทำการตรวจสอบดูว่า จำนวนพัสดุคงคลังของสัปดาห์ที่ถูกนำล็อตวัตถุดิบขึ้นไปรวมเกินหรือไม่ ถ้าเกิน ทำการเปลี่ยนสัปดาห์ที่จะย้อนรวมเพิ่มขึ้นไปอีก 1 สัปดาห์ แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 8.2 ใหม่

8.6) จำนวนกะทำงานนอกเวลาเกินกว่าที่กำหนดหรือไม่ (วงรีสีแดงในตารางที่ 3.13) ถ้าเกินทำการย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 8.2 ทำการทดลองรวมล็อตของวัตถุดิบชนิดอื่น

8.7) ทำการตรวจสอบดูว่า สัปดาห์ที่กำลังพิจารณา (สัปดาห์ที่ 3) ยังมีจำนวนกะทำงานนอกเวลาเกินกว่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้ามี ทำการวนซ้ำขั้นตอนที่ 8.2 ถึง 8.7 ไปจนกว่าจำนวกะทำงานนอกเวลาของสัปดาห์ที่กำลังพิจารณาไม่เกินค่าที่กำหนด หรือจนสัปดาห์ที่ย้อนรวมเลื่อนขึ้นจนเลยเวลาเริ่มต้น ซึ่งแสดงว่า "ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้" **และจบการทำงาน** แต่ถ้าไม่เกิน ทำการกลับไปทำซ้ำขั้นตอนที่ 8.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.12 ตัวอย่างขั้นตอนการหาสัปดาห์ที่จำนวนกะทำงานนอกเวลาเกินกว่าที่กำหนด

												Available Time				
	M1			M2			M3					24	24	Max OT	4	
	DM	e	O	DM	e	O	DM	e	O	Working Time		needed OT		needed OT Shift		Max e
Wk		3			3			3		1	2	1	2	1	2	20
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	20.1	49.2	0	-25.2	0	3	7
2	6	3	6	12	1	12	4	5	6	24.3	57.6	-0.3	-33.6	1	3	9
3	18	1	16	6	11	16	6	5	6	34.1	77.2	-10.1	-53.2	1	5	17
4	6	1	6	6	5	0	14	3	12	17.6	41.2	0	-17.2	0	2	9
5	6	1	6	4	1	0	8	1	6	13.4	32.8	0	-8.8	0	1	3

ตารางที่ 3.13 ตัวอย่างขั้นตอนการทดลองรวมล็อตการสั่งซื้อเพื่อตรวจสอบปัญหา

												Available Time				
	M1			M2			M3					24	24	Max OT	4	
	DM	e	O	DM	e	O	DM	e	O	Working Time		needed OT		needed OT Shift		Max e
Wk		3			3			3		1	2	1	2	1	2	20
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	20.1	49.2	0	-25.2	0	3	7
2	6	3	6	12	1	12	4	11	12	28.5	66	-4.5	-42	1	4	15
3	18	1	16	6	11	16	6	5	0	27.4	60.8	-3.4	-36.8	1	4	17
4	6	1	6	6	5	0	14	3	12	17.6	41.2	0	-17.2	0	2	9
5	6	1	6	4	1	0	8	1	6	13.4	32.8	0	-8.8	0	1	3

9.) ทำการเริ่มปรับปรุงแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ (Improving) โดยทดลองรวมขนาดล็อตที่สั่งซื้อในแต่ละชนิดวัตถุดิบ โดยเริ่มไล่พิจารณาตั้งแต่ระยะเวลาสุดท้าย ตามเงื่อนไขและขั้นตอนที่อธิบายไว้หัวข้อที่ 5.1)

โดยจากแผนการสั่งซื้อในขั้นตอนการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาสามารถหาคำตอบได้หรือไม่ดังแสดงตารางที่ 3.13 จะมีค่าใช้จ่ายรวมดังแสดงในตารางที่ 3.14 (วงกลมสีแดง) ซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นในการเปรียบเทียบเพื่อทดลองปรับปรุงแผนการสั่งซื้อ

ตารางที่ 3.14 ตัวอย่างตารางเริ่มต้นก่อนทำการปรับปรุง

	M1			M2			M3			
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O	Total Cost 3,240
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	21,360
2	6	3	6	12	1	12	4	11	12	24,800
3	18	1	16	6	11	16	6	5	0	23,520
4	6	1	6	6	5	0	14	3	12	15,800
5	6	1	6	4	1	0	8	1	6	13,360
										102,080

9.1) ทำการทดลองรวมล็อตวัตถุดิบที่สั่งในช่วงระยะเวลาที่พิจารณากับช่วงเวลาก่อนหน้า (วงกลมสีน้ำเงินในตารางที่ 3.15 และ 3.16)

9.2) ทำการคำนวณพัสดุคงคลังใหม่ ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และค่าใช้จ่ายต่างๆ ใหม่ ทุกครั้งที่ทำการทดลองรวมล็อตวัตถุดิบ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมใหม่ ดังตารางที่ 3.16

9.3) ทำการคำนวณหาผลต่างที่ได้ แล้วบันทึกไว้ ดังตารางที่ 3.16 (ช่องสีชมพู)

9.4) คืนค่าต่างกลับไปที่แผนเริ่มต้น แล้วทำกาทดลองรวมล็อตอื่นๆ ต่อ (ตารางที่ 3.17)

ตารางที่ 3.15 ตัวอย่างแสดงล็อตวัตถุดิบที่สามารถทำการทดลองรวมได้

	M1			M2			M3			
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O	Total Cost 3,240
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	21,360
2	6	3	6	12	1	12	4	11	12	24,800
3	18	1	16	6	11	16	6	5	0	23,520
4	6	1	6	6	5	0	14	3	12	15,800
5	6	1	6	4	1	0	8	1	6	13,360
										102,080

ตารางที่ 3.16 ตัวอย่างแสดงการรวมล็อต 1

	M1			M2			M3				
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O	Total Cost 3,240	
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	21,360	
2	6	3	6	12	1	12	4	11	12	24,800	
3	18	1	16	6	11	16	6	5	0	23,520	
4	6	7	12	6	5	0	14	3	12	18,240	
5	6	1	0	4	1	0	8	1	6	7,080	Diff
										98,240	-3,840

ตารางที่ 3.17 ตัวอย่างแสดงการรวมล็อต 2

	M1			M2			M3				
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O	Total Cost 3,240	
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	21,360	
2	6	3	6	12	1	12	4	11	12	24,800	
3	18	1	16	6	11	16	6	5	0	23,520	
4	6	1	6	6	5	0	14	9	18	17,640	
5	6	1	6	4	1	0	8	1	0	7,080	Diff
										97,640	-4,440

9.5) เมื่อทำการทดลองรวมทุกล็อตที่เป็นไปได้ และทำการคำนวณต่างๆ ไว้แล้ว จนจบรอบพิจารณา ทำการหาแผนการทดลองที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด ตามตารางที่บันทึก (ตารางที่ 3.18) และเปลี่ยนแผนการการสั่งซื้อตามแผนการทดลองดังกล่าว และใช้ค่าใช้จ่ายรวมใหม่ที่ได้เป็นตัวเปรียบเทียบต่อไป ดังตารางที่ 3.19

9.6) ถ้ายังมีล็อตวัตถุดิบที่สามารถทดลองรวมย้อน ให้กลับไปวนทำซ้ำที่ขั้นตอน 9.1 ดังตารางที่ 3.20 แต่ถ้าในการทดลองในรอบใดๆ ไม่มีแผนที่ให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำลงหรือ ไม่มีล็อตวัตถุดิบที่จะทำการทดลองรวมย้อนกลับไปสัปดาห์ก่อนได้แล้ว ทำการเลื่อนสัปดาห์ที่พิจารณาย้อนขึ้นไปครั้งละ 1 สัปดาห์ ดังตารางที่ 3.21 แล้วกลับไปทำการวนซ้ำตามขั้นตอนเดิมไปเรื่อยๆ

9.7) เมื่อสัปดาห์ที่ทำการพิจารณาย้อนขึ้นไปถึงสัปดาห์เริ่มต้น เป็นการสิ้นสุดการแก้ปัญหา ซึ่งจะได้ชุดค่าคำตอบแผนการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายโดยรวมสุดท้าย ตัวอย่างดังแสดงตารางที่ 3.22

ตารางที่ 3.18 ตัวอย่างตารางบันทึกผลต่างในแต่ละรอบการทดลองรวมล็อต

number of back-track week

Material	1	2	3	4	5
1	-3,840	>24			
2	-4,440	>24			
3	O(i,t) = 0				

ตารางที่ 3.19 ตัวอย่างการเปลี่ยนแผนล็อตการสั่งตามแผนที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดในแต่ละรอบ

	M1			M2			M3			
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O	Total Cost 3,240
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	21,360
2	6	3	6	12	1	12	4	11	12	24,800
3	18	1	16	6	11	16	6	5	0	23,520
4	6	1	6	6	5	0	14	9	18	17,640
5	6	1	6	4	1	0	8	1	0	7,080
										97,640

ตารางที่ 3.20 ตัวอย่างการทดลองเปลี่ยนแผนล็อตการสั่งต่อ

	M1			M2			M3				
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O	Total Cost 3,240	
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	21,360	
2	6	3	6	12	1	12	4	11	12	24,800	
3	18	1	16	6	11	16	6	5	0	23,520	
4	6	7	12	6	5	0	14	9	18	1,020,080	
5	6	1	0	4	1	0	8	1	0	1,080	Diff
										1,094,080	996,440

number of back-track week

Material	1	2	3	4	5
1	996,440	>24			
2	O(i,t) = 0				
3	O(i,t) = 0				

ตารางที่ 3.21 ตัวอย่างการเปลี่ยนสัปดาห์ที่ทำการพิจารณา

	M1			M2			M3			
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O	Total Cost 3,240
1	6	3	6	8	1	6	6	3	6	21,360
2	6	3	6	12	1	12	4	11	12	24,800
3	18	1	16	6	11	16	6	5	0	23,520
4	6	1	6	6	5	0	14	9	18	17,640
5	6	1	6	4	1	0	8	1	0	7,080
										97,640

ตารางที่ 3.22 ตัวอย่างชุดค่าคำตอบแผนการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายโดยรวมสุดท้าย

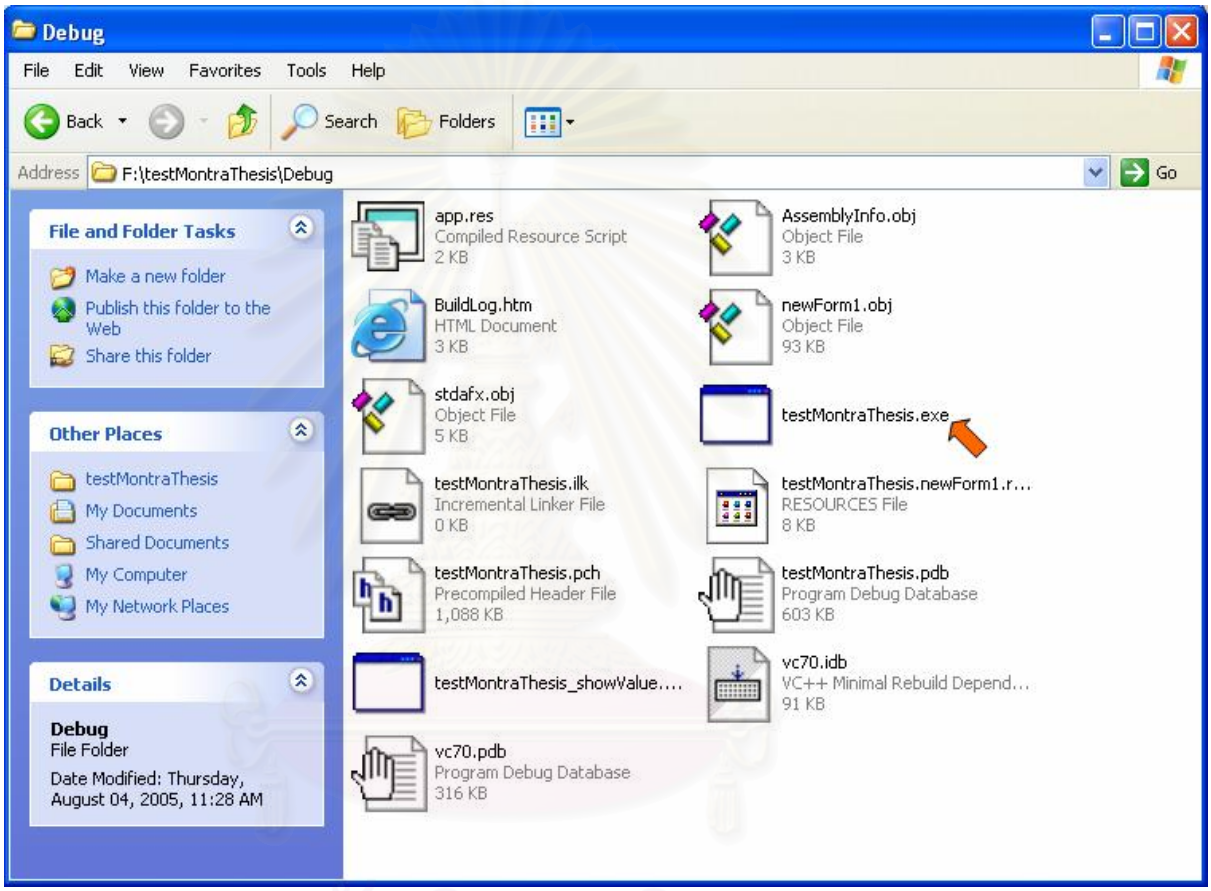
	M1			M2			M3			
Wk	DM	e 3	O	DM	e 3	O	DM	e 3	O	Total Cost 3,240
1	6	9	12	8	1	6	6	3	6	23,800
2	6	3	0	12	1	12	4	11	12	18,240
3	18	1	16	6	11	16	6	5	0	23,520
4	6	1	6	6	5	0	14	9	18	17,640
5	6	1	6	4	1	0	8	1	0	7,080
										93,520

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.2. ตัวอย่างการใช้โปรแกรมฮิวริสติกในการคำนวณ (Program Heuristic Calculation)

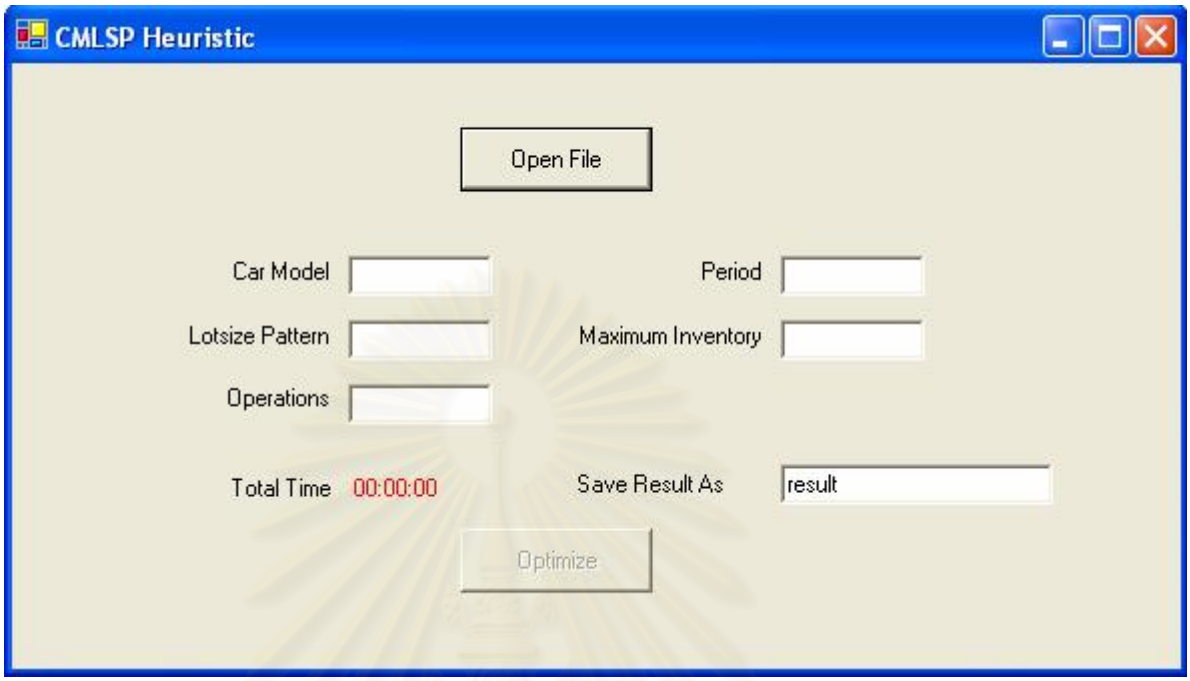
ในส่วนโปรแกรมฮิวริสติกนี้ เป็นการพัฒนามาจากแนวคิดที่ทำการคำนวณด้วยมือ โดยในส่วนนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนในการใช้งานโปรแกรม ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. ทำการเปิดโปรแกรมฮิวริสติก (ลูกศรสีส้ม)

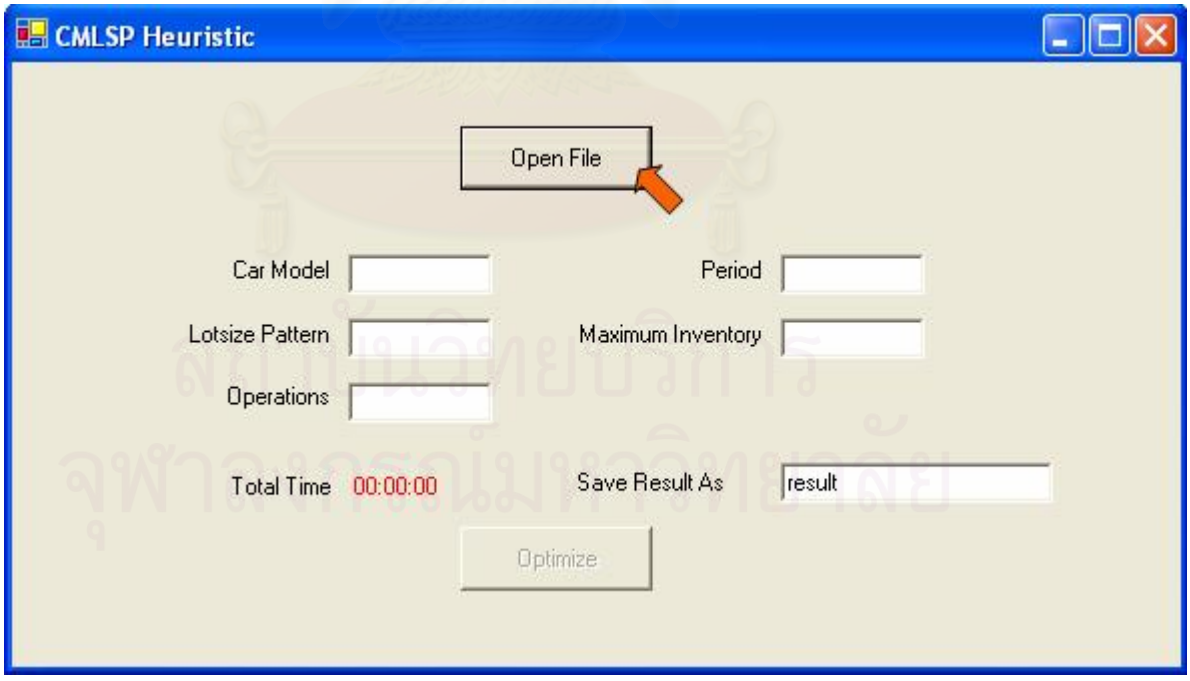


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

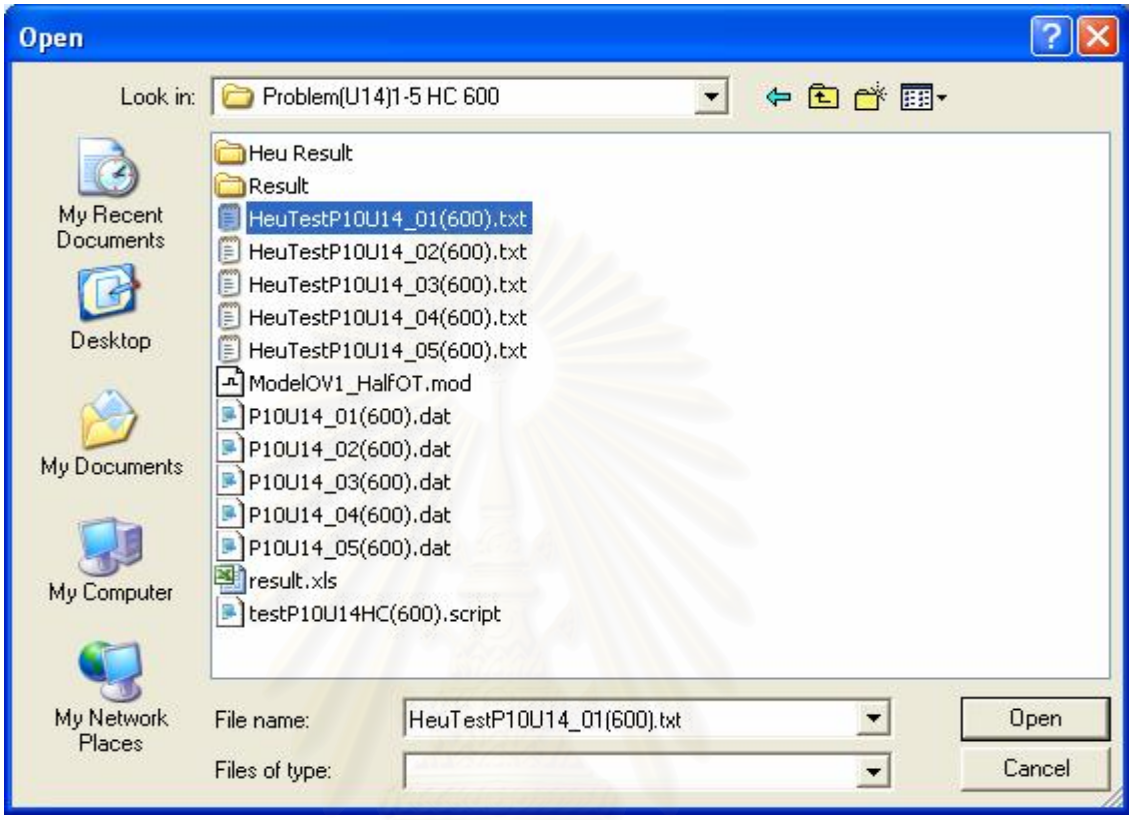
2. เมื่อเปิดโปรแกรมจะได้หน้าหลักดังแสดง



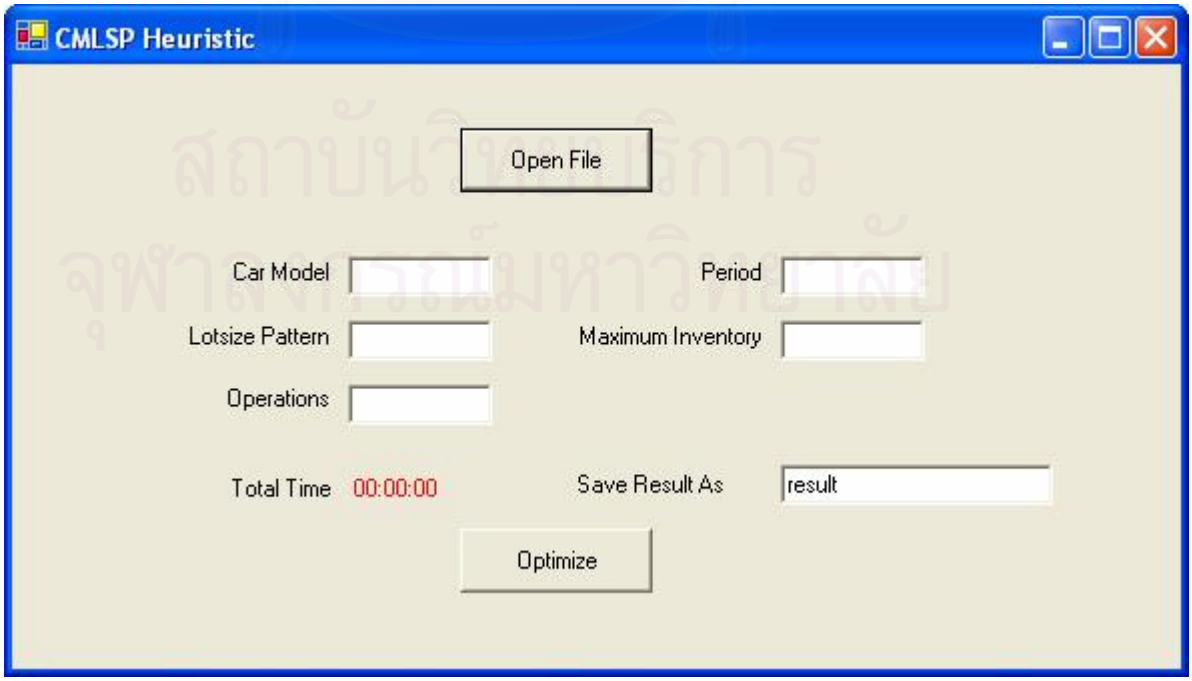
3. ทำการคลิ๊กแถบ “Open File” เพื่อเปิดหน้าจอเลือกไฟล์ข้อมูลนำเข้า (ลูกศรสีส้ม)



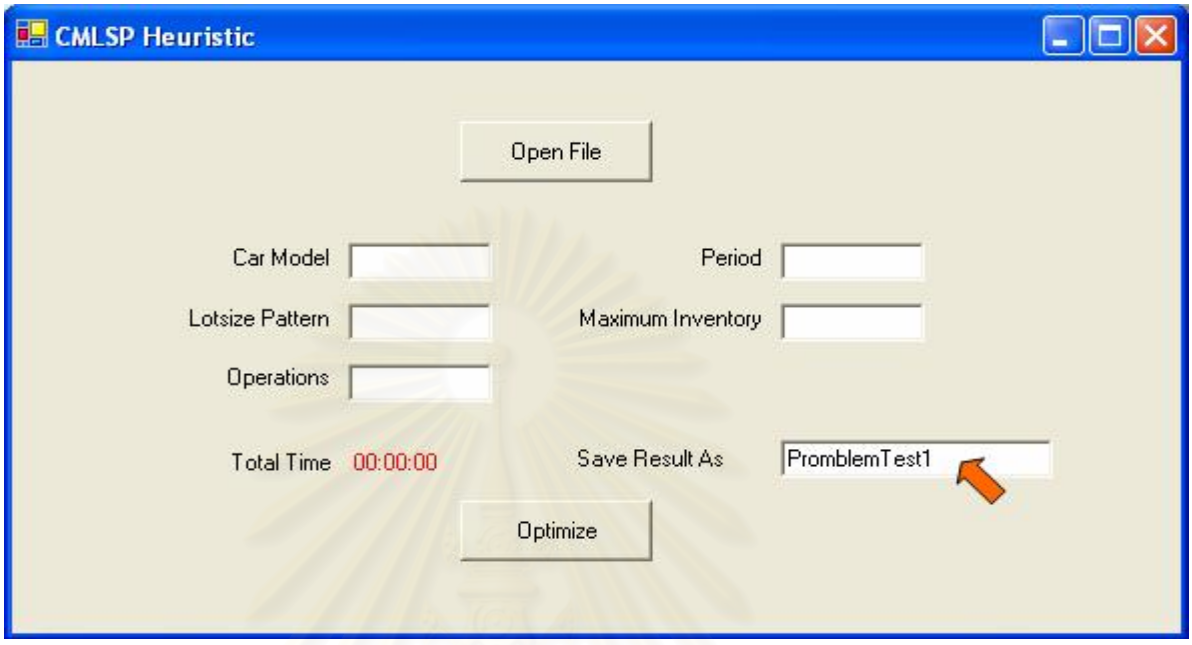
4. ไปยังตำแหน่งของไฟล์นำเข้าที่ต้องการจะคำนวณ แล้วเลือกเปิดไฟล์นำเข้าที่ต้องการ (แถบสีน้ำเงิน)



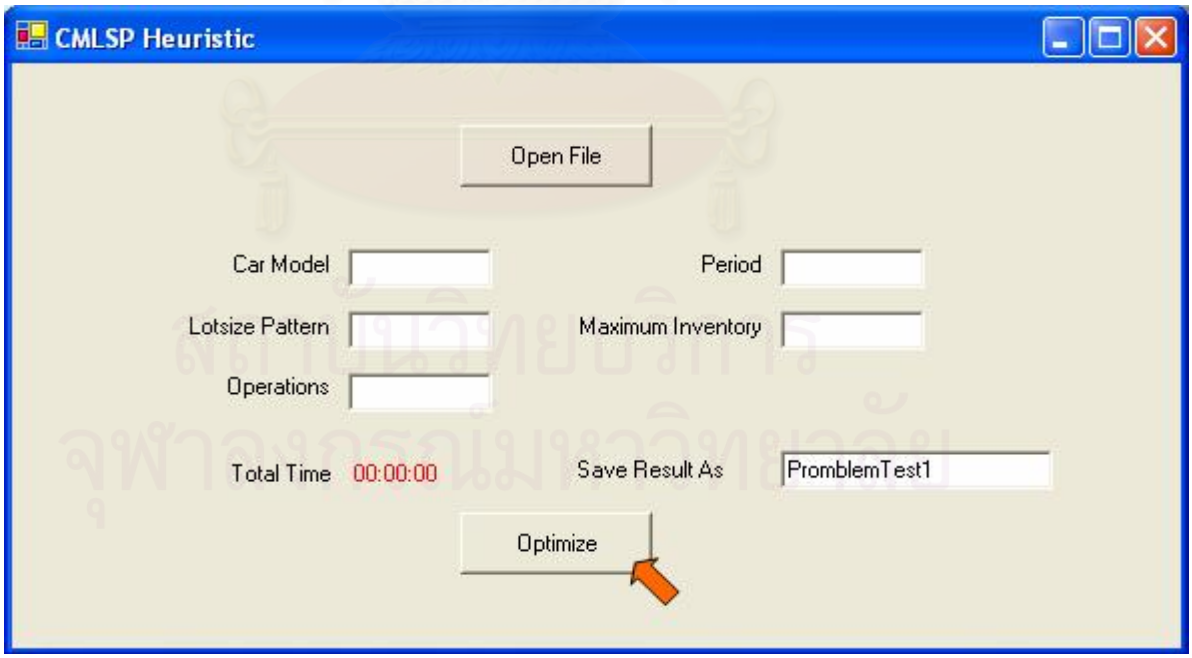
5. เมื่อเลือกเปิดไฟล์ข้อมูลนำเข้า จะกลับมายังหน้าหลักอีกครั้ง



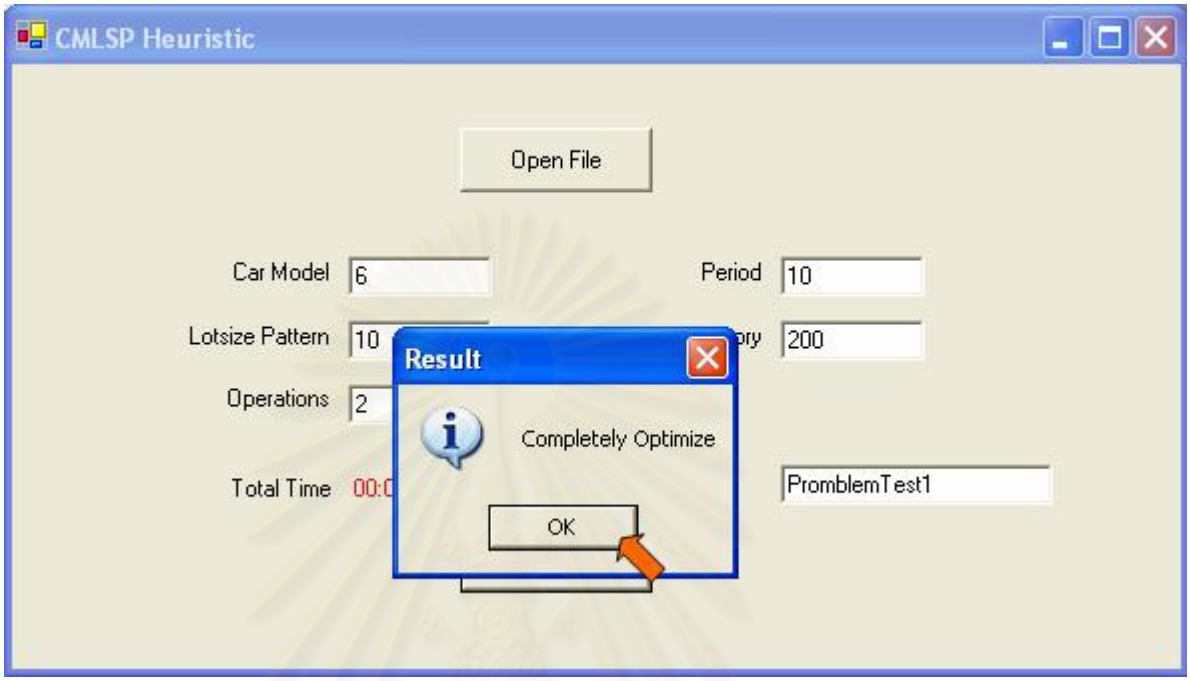
6. ทำการพิมพ์ใส่ชื่อข้อมูลผลลัพธ์ตามต้องการ (ลูกศรสีส้ม)



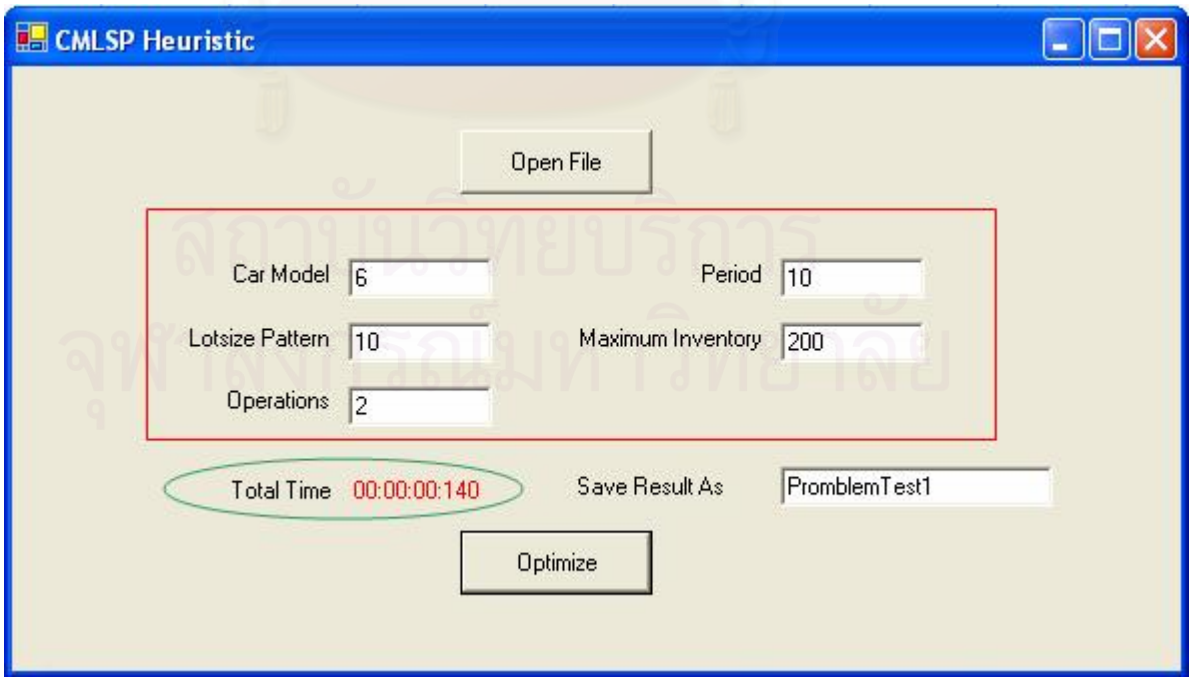
7. ทำการคลิ๊กแถบ “Optimize” เพื่อให้โปรแกรมทำการคำนวณ (ลูกศรสีส้ม)



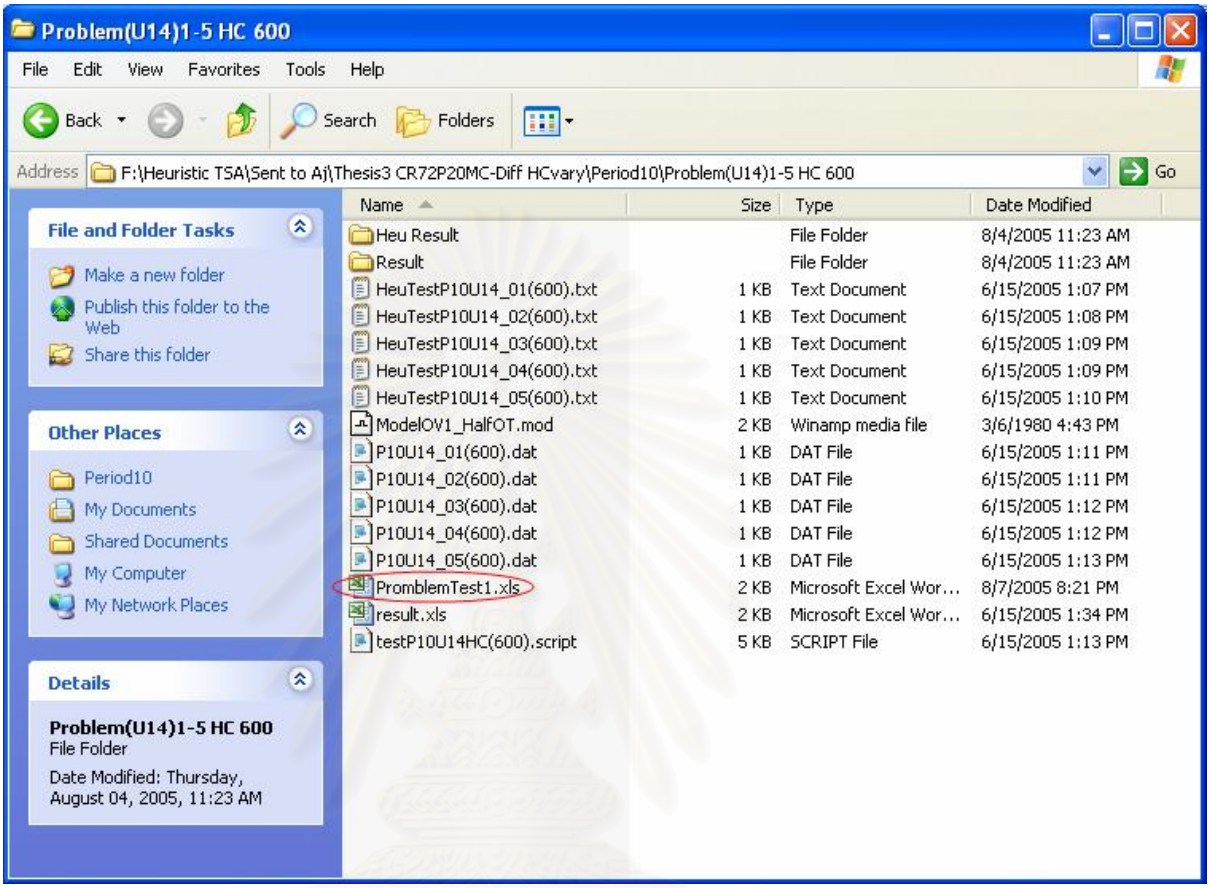
8. เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณเสร็จ จะมีหน้าต่างแจ้งดังแสดง แล้วทำการคลิ๊ก “OK” (ลูกศรสีส้ม) เพื่อกลับไปยังหน้าโปรแกรมหลัก



9. หน้าจอโปรแกรมหลักจะแสดงขนาดปัญหาที่ทำการคำนวณ (สี่เหลี่ยมสีแดง) และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ (วงรีสีเขียว)



10. ถ้าต้องการดูรายละเอียดคำตอบอื่นๆ เพิ่มเติม จะต้องไปเปิดไฟล์ผลลัพธ์ซึ่งจะถูกตั้งให้บันทึก ณ ตำแหน่งโฟลเดอร์เดียวกับไฟล์ข้อมูลนำเข้า (วงรีสีแดง)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลงานวิจัย และการวิเคราะห์ผลงานวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการแสดงและเปรียบเทียบผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมและ เวลาที่ใช้ในการคำคำนวณ ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนของการพัฒนาวิธีฮิวริสติก และผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพการทำงานของกรรมวิธีการแก้ปัญหาที่นำมาประยุกต์ใช้ในปัจจุบัน รวมไปถึงเนื้อหาในส่วนของการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของวิธีฮิวริสติกที่พัฒนา เพื่อแสดงถึงความสามารถในการตอบสนองของวิธีการค้นหาคำตอบฮิวริสติกที่นำเสนอ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงที่กระทบต่อค่าตัวแปรนำเข้า หรือพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้

4.1 วิธีการทดสอบฮิวริสติก

การค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกมีวัตถุประสงค์ คือ การหาแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมมีค่าน้อยที่สุด ดังนั้น การทำการทดสองประสิทธิภาพวิธีฮิวริสติกจะทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ได้ และเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ กับเวลาและค่าใช้จ่ายโดยรวมที่หาได้จากวิธีสร้างรูปแบบปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในการหาค่าคำตอบที่ดีหรือใกล้เคียงที่สุด โดยกำหนดให้ข้อมูลนำเข้ามีค่าคงที่ (Constant) เพื่อหาแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบล่วงหน้าที่เหมาะสม ทั้งนี้ การทดสอบวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก ทำการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Intel ® Celeron ™ 1.00GHz และ หน่วยความจำ 256 Mb และแก้ปัญหาด้วยวิธีสร้างรูปแบบปัญหาเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม CPLEX 8.0.0 (AMPL Version 20020516 Win32)

4.2 ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบวิธีค้าหาคำตอบแบบฮิวริสติก

ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกได้จาก ข้อมูลจริงที่เก็บจากโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก. โดยข้อมูลที่นำมาทดสอบ จะอ้างอิงถึงความต้องการใช้จำนวนวัตถุดิบแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลา และข้อมูลนำเข้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องโดยรูปแบบปัญหาและจำนวนปัญหาที่ทำการทดสอบ จะเป็นดังนี้

1.) แผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ 3 รุ่น ล่วงหน้า 5 สัปดาห์ จำนวน 10 ปัญหา
2.) แผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ 6 รุ่น ล่วงหน้า 10 สัปดาห์ จำนวน 7 ปัญหา
3.) แผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ 6 รุ่น ล่วงหน้า 20 สัปดาห์ จำนวน 7 ปัญหา
4.) แผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ 6 รุ่น ล่วงหน้า 52 สัปดาห์ (1 ปี) จำนวน 5 ปัญหา

4.3 ผลการทดสอบวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก

จากตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นตารางเปรียบเทียบคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวม และเวลาในการคำนวณระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีฮิวริสติก และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ขนาดปัญหาการสั่งซื้อวัตถุดิบ 3 รุ่น ระยะเวลา 5 สัปดาห์ จำนวน 10 ปัญหา โดยผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดเป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) มีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของวิธีฮิวริสติก เท่ากับ 1.88% และผลต่างสูงสุดที่ 4.79%

จากตารางที่ 4.2 ซึ่งเป็นตารางเปรียบเทียบคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวม และเวลาในการคำนวณระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีฮิวริสติก และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ขนาดปัญหาการสั่งซื้อวัตถุดิบ 6 รุ่น ระยะเวลา 10 สัปดาห์ จำนวน 7 ปัญหา โดยผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาที่หาค่าคำตอบได้ดีที่สุดเท่าที่หาได้เท่านั้น (Best Found Solution) มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของวิธีฮิวริสติก เท่ากับ 0.02% และผลต่างสูงสุดที่ 1.95%

จากตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นตารางเปรียบเทียบคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวม และเวลาในการคำนวณระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีฮิวริสติก และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ขนาดปัญหาการสั่งซื้อวัตถุดิบ 6 รุ่น ระยะเวลา 20 สัปดาห์ จำนวน 7 ปัญหา โดยผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาที่หาค่าคำตอบได้ดีที่สุดเท่าที่หาได้เท่านั้น (Best Found Solution) มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของวิธีฮิวริสติก เท่ากับ 4.53% และผลต่างสูงสุดที่ 8.48%

จากตารางที่ 4.4 ซึ่งเป็นตารางเปรียบเทียบคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวม และเวลาในการคำนวณระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีฮิวริสติก และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ขนาดปัญหาการสั่งซื้อวัตถุดิบ 6 รุ่น ระยะเวลา 52 สัปดาห์ จำนวน 5 ปัญหา โดยผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาที่หาค่าคำตอบได้ดีที่สุดเท่าที่หาได้เท่านั้น (Best

Found Solution) มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของวิธีฮิวริสติก เท่ากับ 15.25% และผลต่างสูงสุดที่ 21.81%

ทั้งนี้ค่าความแตกต่างและเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (Diff และ %Diff) จากตาราง สามารถคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$Diff = CPLEX - Heuristic$$

$$\%Diff = \left(\frac{CPLEX - Heuristic}{Heuristic} \right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{Diff}{Heuristic} \right) \times 100\%$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 3 ชนิด และระยะเวลา 5 สัปดาห์

Model = 3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Avg.
Math Model	116,380	103,720	120,220	103,600	81,640	85,900	84,280	81,600	80,140	82,580	94,006
Time (sec.)	0.36	2.04	41.07	6.57	45.48	10.37	3.25	15.46	3.84	1.33	12.97766
Time (hr.)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heuristic	119,180	104,720	120,380	105,120	82,480	85,900	88,320	83,720	81,140	86,020	95,698
Time (sec.)	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10
Diff	-2,800	-1,000	-160	-1,520	-840	0	-4,040	-2,120	-1,000	-3,440	-1,692
%Diff	-2.41	-0.96	-0.13	-1.47	-1.03	0.00	-4.79	-2.60	-1.25	-4.17	-1.88

หมายเหตุ ค่าคำตอบจาก CPLEX ทุกปัญหาเป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution)

ตารางที่ 4.2 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด และระยะเวลา 10 สัปดาห์

Model = 6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Avg.
Math Model	322,920	352,920	339,400	346,440	369,100	314,000	327,120	338,843
Time (sec.)	17,509.70	14,660.10	14,277.20	14,864.20	16,021.30	16,264.60	15,289.30	15555.2
Time (hr.)	4.86	4.07	3.97	4.13	4.45	4.52	4.25	4.32
Heuristic	323,480	351,600	336,040	353,200	372,820	311,680	322,560	338,769
Time (sec.)	0.11	0.12	0.13	0.12	0.12	0.14	0.11	0.12
Diff	-560	1,320	3,360	-6,760	-3,720	2,320	4,560	74
%Diff	-0.17	0.37	0.99	-1.95	-1.01	0.74	1.39	0.02

หมายเหตุ ค่าคำตอบจาก CPLEX ทุกปัญหาเป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่หาได้เท่านั้น (Best found solution)

ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด และระยะเวลา 20 สัปดาห์

Model = 6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Avg.
Math Model	749,580	768,880	773,900	775,800	813,180	844,320	769,020	784,954
Time (sec.)	18,594.70	18,929.10	15,289.90	16,557.70	14,557.40	14,971.60	16,337.70	16,462.59
Time (hr.)	5.17	5.26	4.25	4.60	4.04	4.16	4.54	4.57
Heuristic	741,220	753,360	749,260	729,280	747,620	772,680	752,100	749,360
Time (sec.)	0.43	0.38	0.40	0.38	0.35	0.37	0.40	0.39
Diff	**8,360**	**15,520**	**24,640**	**46,520**	**65,560**	**71,640**	**16,920**	**35,594**
%Diff	**1.12**	**2.02**	**3.18**	**6.00**	**8.06**	**8.48**	**2.20**	**4.53**

หมายเหตุ ค่าคำตอบจาก CPLEX ทุกปัญหาเป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่หาได้เท่านั้น (Best found solution)

ตารางที่ 4.4 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด และระยะเวลา 52 สัปดาห์

Model = 6	P1	P2	P3	P4	P5	Avg.
Math Model	2,371,540	2,399,220	1,994,580	2,105,560	2,359,540	2,246,088
Time (sec.)	17,253.20	17,784.20	17,754.80	15,987.20	17,547.20	17265.32
Time (hr.)	4.79	4.94	4.93	4.44	4.87	4.80
Heuristic	1,854,220	2,103,660	1,653,420	1,985,440	1,921,140	1,903,576
Time (sec.)	3.27	3.00	3.92	3.75	4.69	3.72
Diff	**517,320**	**295,560**	**341,160**	**120,120**	**438,400**	**342,512**
%Diff	**21.81**	**12.32**	**17.10**	**5.70**	**18.58**	**15.10**

หมายเหตุ ค่าคำตอบจาก CPLEX ทุกปัญหาเป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่หาได้เท่านั้น (Best found solution)

4.4 ผลการทดสอบวิเคราะห์ความไวของวิธีฮิวริสติก

ในงานวิจัยนี้ได้มีการกำหนดค่าข้อมูลนำเข้าหลายพารามิเตอร์ โดยค่าพารามิเตอร์หลักที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าใช้จ่าย ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1.) ค่าใช้จ่ายความแตกต่างเนื่องจากราคาวัตถุดิบที่แปรตามขนาดล็อตในการสั่ง (Material Cost)
2.) ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง (Holding Cost)
3.) ค่าใช้จ่ายค่าแรงพนักงานในการเตรียมวัตถุดิบให้พร้อมใช้งานนอกเวลา (Overtime Cost)

ทั้งนี้ จากการศึกษาโรงงานกรณีศึกษา ค่าใช้จ่ายหลักในส่วนที่เกี่ยวข้องกับทางโรงงานกรณีศึกษาโดยตรง และมีโอกาสที่จะเกิดการปรับปรุงกและเปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ “ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง” ดังนั้น ผู้ทำวิจัยจึงเลือกทดสอบและทำการวิเคราะห์ความไวของวิธีฮิวริสติกโดยการเปลี่ยนแปลง “ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง” โดยกำหนดช่วงเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 10% (±10%) จากข้อมูลค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังในปัจจุบัน (600 บาท/ชุด/สัปดาห์) และ ทำการทดสอบรูปแบบปัญหาเดิม ที่พิจาณาช่วงระยะเวลา 20 สัปดาห์ ($T = 20$) เนื่องจากเป็นขนาดรูปแบบปัญหาที่ใกล้เคียงในการทำงานจริง ที่โรงงานกรณีศึกษาจะกำหนดแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบที่แน่นอนล่วงหน้า โดยนำค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ได้มาเปรียบเทียบระหว่างวิธีแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับวิธีฮิวริสติก โดยที่ยังคงทดสอบอยู่ภายใต้ข้อสมมุติฐานอื่นๆ ที่กำหนดไว้ดังรายละเอียดในบทที่ 1 หัวข้อที่ 1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

ค่าความแตกต่างของคำตอบ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างคำตอบ และเวลาที่ใช้ในการคำนวณ จากการเปลี่ยนแปลง “ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง” สามารถแสดงดังตารางที่ 4.5 ถึง 4.10 ตามลำดับ โดยค่าความแตกต่างและเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (Diff และ %Diff) มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$Diff = CPLEX - Heuristic$$

$$\%Diff = \left(\frac{CPLEX - Heuristic}{Heuristic}\right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{Diff}{Heuristic}\right) \times 100\%$$

ตารางที่ 4.5 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังลดลง 10 % (HC=540)

Model = 6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Avg.
Math Model	684,400	677,300	648,120	663,380	670,520	677,460	624,680	663,694
Time (sec.)	16,583.80	15,159.10	16,330.50	14,688.50	15,923.80	19,211.20	19,882.90	16,825.69
Time (hr.)	4.61	4.21	4.54	4.08	4.42	5.34	5.52	4.67
Heuristic	636,120	642,900	616,160	648,060	649,600	642,060	635,080	638,569
Time (sec.)	0.44	0.42	0.52	0.40	0.43	0.40	0.45	0.44
Diff	48,280	34,400	31,960	15,320	20,920	35,400	-10,400	25,126
%Diff	7.05	5.08	4.93	2.31	3.12	5.23	-1.66	3.79

ตารางที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังลดลง 6.67 % (HC=560)

Model = 6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Avg.
Math Model	672,600	655,200	643,240	680,040	735,440	687,720	686,280	680,074
Time (sec.)	21,558.10	15,917.60	22,280.40	19,450.10	22,387.10	18,327.30	16,672.60	19,513.31
Time (hr.)	5.99	4.42	6.19	5.40	6.22	5.09	4.63	5.42
Heuristic	648,640	655,880	623,880	659,560	667,360	663,960	643,360	651,806
Time (sec.)	0.53	0.55	0.45	0.38	0.44	0.40	0.43	0.45
Diff	23,960	-680	19,360	20,480	68,080	23,760	42,920	28,269
%Diff	3.56	-0.10	3.01	3.01	9.26	3.45	6.25	4.16

ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังลดลง 3.33 % (HC=580)

Model = 6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Avg.
Math Model	659,400	675,420	707,120	706,500	689,960	662,460	673,280	682,020
Time (sec.)	15,433.50	17,771.70	15,262.30	16,556.70	16,557.50	14,418.50	16,801.40	16,114.51
Time (hr.)	4.29	4.94	4.24	4.60	4.60	4.01	4.67	4.48
Heuristic	659,280	672,060	639,240	674,180	683,120	675,700	655,000	665,511
Time (sec.)	0.56	0.44	0.46	0.40	0.41	0.42	0.46	0.45
Diff	120	3,360	67,880	32,320	6,840	-13,240	18,280	16,509
%Diff	0.02	0.50	9.60	4.57	0.99	-2.00	2.72	2.42

ตารางที่ 4.8 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น 3.33 % (HC=620)

Model = 6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Avg.
Math Model	706,400	703,740	736,560	729,460	725,200	734,540	690,760	718,094
Time (sec.)	14,656.40	15,345.40	18,703.60	14,393.40	15,690.70	15,865.00	14,162.40	15,545.27
Time (hr.)	4.07	4.26	5.20	4.00	4.36	4.41	3.93	4.32
Heuristic	678,880	697,220	665,400	691,340	706,600	692,620	676,400	686,923
Time (sec.)	0.53	0.47	0.47	0.47	0.47	0.42	0.43	0.47
Diff	27,520	6,520	71,160	38,120	18,600	41,920	14,360	31,171
%Diff	3.90	0.93	9.66	5.23	2.56	5.71	2.08	4.34

ตารางที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น 6.67 % (HC=640)

Model = 6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Avg.
Math Model	713,880	696,440	706,920	714,440	747,240	714,440	737,400	718,680
Time (sec.)	15,931.80	15,407.60	15,491.70	17,614.70	16,051.90	14,793.30	13,956.50	15,606.79
Time (hr.)	4.43	4.28	4.30	4.89	4.46	4.11	3.88	4.34
Heuristic	691,560	710,960	681,640	704,880	721,400	702,760	685,520	699,817
Time (sec.)	0.57	0.44	0.45	0.43	0.46	0.44	0.45	0.46
Diff	22,320	-14,520	25,280	9,560	25,840	11,680	51,880	18,863
%Diff	3.13	-2.08	3.58	1.34	3.46	1.63	7.04	2.62

ตารางที่ 4.10 ค่าใช้จ่ายโดยรวมของปัญหาขนาด วัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น 10 % (HC=660)

Model = 6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Avg.
Math Model	728,360	744,100	743,440	793,380	752,360	758,420	707,520	746,797
Time (sec.)	21,661.30	22,606.00	15,710.00	15,213.30	15,954.50	14,266.60	15,117.10	17,218.40
Time (hr.)	6.02	6.28	4.36	4.23	4.43	3.96	4.20	4.78
Heuristic	704,240	720,860	695,160	714,580	732,360	711,700	697,280	710,883
Time (sec.)	0.37	0.58	0.43	0.42	0.47	0.44	0.46	0.45
Diff	24,120	23,240	48,280	78,800	20,000	46,720	10,240	35,914
%Diff	3.31	3.12	6.49	9.93	2.66	6.16	1.45	4.81

4.5 สรุปการวิเคราะห์ความไวของวิธีฮิววริสติก

จากการทดสอบการวิเคราะห์ความไวของวิธีฮิววริสติกที่นำเสนอ โดยทำการเปลี่ยนแปลง “ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง” ไม่เกิน 10% (±10%) โดยทำการเปรียบเทียบค่าคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยที่ได้จากวิธีฮิววริสติกที่นำเสนอ กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดเท่าที่หาได้ (Best Found Solution) พบว่า

จากตารางที่ 4.5 เมื่อทำการเปลี่ยนค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง 10 % (HC=540) ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของวิธีฮิววริสติก เท่ากับ 3.79% และผลต่างสูงสุดที่ 7.05%

จากตารางที่ 4.6 เมื่อทำการเปลี่ยนค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง 10 % (HC=540) ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของวิธีฮิววริสติก เท่ากับ 4.16% และผลต่างสูงสุดที่ 9.26%

จากตารางที่ 4.7 เมื่อทำการเปลี่ยนค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง 10 % (HC=540) ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของวิธีฮิววริสติก เท่ากับ 2.42% และผลต่างสูงสุดที่ 9.60%

จากตารางที่ 4.8 เมื่อทำการเปลี่ยนค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง 10 % (HC=540) ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของวิธีฮิววริสติก เท่ากับ 4.34% และผลต่างสูงสุดที่ 9.66%

จากตารางที่ 4.9 เมื่อทำการเปลี่ยนค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง 10 % (HC=540) ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของวิธีฮิววริสติก เท่ากับ 2.62% และผลต่างสูงสุดที่ 7.04%

จากตารางที่ 4.10 เมื่อทำการเปลี่ยนค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง 10 % (HC=540) ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของวิธีฮิววริสติก เท่ากับ 4.81% และผลต่างสูงสุดที่ 9.93%

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัย

ผลการพัฒนา และการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกที่นำเสนอ สำหรับปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated Multi-item Lot-sizing Problem: CMLSP) ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นำมาสู่การสรุปผลงานวิจัย ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยและแนวทางการประยุกต์ใช้ รวมถึงข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคตดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัญหาการวางแผนการสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน ของโรงงานกรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแผนการสั่งซื้อแบบเป็นล็อตที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด ด้วยเวลาที่รวดเร็วและอยู่ภายใต้ข้อจำกัดทางทรัพยากรต่างๆ ที่กำหนด วิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหานี้มีส่วนสำคัญ คือ วิธีการสร้างรูปแบบปัญหาเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด และวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักตามลักษณะการหาคำตอบ คือ ในส่วนแรกเป็นการหาคำตอบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าคำตอบแผนการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายโดยรวมสำหรับเป็นค่าเปรียบเทียบ สำหรับในส่วนที่สอง เป็นการพัฒนาวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก เพื่อให้ได้วิธีที่สามารถหาแผนการสั่งซื้อค่าคำตอบที่ยอมรับได้และรวดเร็ว โดยขั้นตอนหลักในการหาชุดค่าคำตอบ คือ ขั้นตอนการประมวลผล ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนย่อย ดังนี้ ขั้นตอนการสร้างค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Solution Step) ขั้นตอนการปรับปรุงค่าคำตอบเบื้องต้น (Pre-improving Step) ขั้นตอนการคำนวณตัวแปรและค่าใช้จ่ายต่างๆ (Cost Calculation Step) ขั้นตอนการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาสามารถหาคำตอบได้หรือไม่ (Infeasibility Checking Step) และขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบ (Improving Step)

5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก

ปัญหาที่ผู้วิจัยใช้ในการทดสอบวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก ทำการเก็บข้อมูลจริงมากจากโรงงานกรณีศึกษา โดยทำการทดสอบหาค่าคำตอบ 2 ส่วน จากทั้งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) หรือค่าคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ (Best found solution) และค่าคำตอบจากโปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาตามแนวคิดวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอเพื่อหาแผนการสั่งซื้อแบบเป็นล็อต ค่าใช้จ่ายโดยรวม และเวลาในการคำนวณมาเปรียบเทียบกัน

โดยปัญหาแต่ละปัญหาที่ทำการทดสอบทั้ง 2 ส่วน จะมีข้อมูลนำเข้า และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่กำหนด เหมือนกันทุกค่า ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกับรูปแบบขนาดปัญหา 5, 10, 20 และ 52 สัปดาห์ ด้วยจำนวนปัญหา 10, 7, 7 และ 5 ปัญหาตามลำดับ

5.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก

การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติกที่พัฒนา กับปัญหาและข้อมูลจากโรงงานกรณีศึกษา ในด้านคุณภาพของคำตอบ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยระหว่างวิธีฮิวริสติก กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าวิธีฮิวริสติกให้ค่าคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยสูงกว่า เท่ากับ 1.88% (ผลต่างสูงสุดที่ 4.79%) สำหรับรูปแบบปัญหาขนาดวัตถุดิบ 3 ชนิด ระยะเวลา 5 สัปดาห์ ซึ่งเป็นปัญหาที่สามารถหาค่าคำตอบที่ที่ดีที่สุดได้ (Optimal Solution)

สำหรับรูปแบบปัญหาขนาดวัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 10, 20 และ 52 สัปดาห์ ซึ่งเป็นปัญหาที่พบค่าคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่หาได้เท่านั้น (Best found Solution) พบว่า วิธีฮิวริสติกที่นำเสนอให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยต่ำกว่า เท่ากับ 0.02% (ผลต่างสูงสุดที่ 1.95%), 4.53% (ผลต่างสูงสุดที่ 8.48%) และ 15.25% (ผลต่างสูงสุดที่ 21.81%) ตามลำดับโดยทั้งหมดแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างโดยเฉลี่ย และผลต่างสูงสุดระหว่างค่าคำตอบที่ได้สำหรับขนาดปัญหา 5, 10, 20 และ 52 สัปดาห์ ดังตารางที่ 5.1

ในด้านเวลาที่ใช้ในการคำนวณพบว่า เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น เวลาในการคำนวณของวิธีฮิวริสติก และวิธีการสร้างรูปแบบปัญหาเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์จะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ลักษณะการเพิ่มขึ้นของเวลาของทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างกัน คือเวลาในการคำนวณของฮิวริสติกเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่น้อยกว่าเวลาในการคำนวณของวิธีการสร้างรูปแบบปัญหาเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียล

ตารางที่ 5.1 ค่าคำตอบสรุปรูปแบบปัญหาขนาด 5, 10, 20 และ 52 สัปดาห์

Problem Size	5 weeks		10 weeks		20 weeks		52 weeks	
Number of Material	3 models		6 models		6 models		6 models	
	Average	Max	Average	Max	Average	Max	Average	Max
Math Model	94,006	84,280	338,843	346,440	784,954	844,320	2,246,088	2,371,540
Time Calculation (sec.)	12.98	45.48	15,555.20	17,509.70	16,462.59	18,929.10	17,265.32	17,784.20
Time Calculation (hr.)	0.00	0.01	4.32	4.86	4.57	5.26	4.80	4.94
Heuristic	95,698	88,320	338,769	353,200	749,360	772,680	1,903,576	1,854,220
Time Calculation (sec.)	0.10	0.12	0.12	0.14	0.39	0.43	3.72	4.69
Diff	-1,692	-4,040	74	-6,760	35,594	71,640	342,512	517,320
%Diff	-1.80	-4.79	0.02	-1.95	4.53	8.48	15.25	21.81

ตารางที่ 5.2 ค่าคำตอบสรุปการวิเคราะห์ความไวรูปแบบปัญหาขนาด 20 สัปดาห์ ที่เปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง

Holding Cost	HC540		HC560		HC580		HC600		HC620		HC640		HC660	
Model = 6	Avg.	Max	Avg.	Max	Avg.	Max	Avg.	Max	Avg.	Max	Avg.	Max	Avg.	Max
Math Model	656,832	677,460	686,544	735,440	687,864	707,120	704,783	746,200	723,304	736,560	724,088	737,400	751,024	793,380
Time (sec.)	17,207	19,211	19,824	22,387	15,919	15,262	17,122	15,546	15,763	18,704	15,582	13,957	15,252	15,213
Time (hr.)	4.78	5.34	5.51	6.22	4.42	4.24	4.76	4.32	4.38	5.20	4.33	3.88	4.24	4.23
Heuristic	638,192	642,060	651,624	667,360	665,448	639,240	675,811	691,800	686,472	665,400	699,240	685,520	710,216	714,580
Time (sec.)	0.44	0.40	0.42	0.44	0.43	0.46	0.42	0.36	0.45	0.47	0.45	0.45	0.44	0.42
Diff	18,640	35,400	34,920	68,080	22,416	67,880	28,971	54,400	36,832	71,160	24,848	51,880	40,808	78,800
%Diff	2.84	5.23	5.09	9.26	3.26	9.60	4.07	7.29	5.09	9.66	3.43	7.04	5.43	9.93

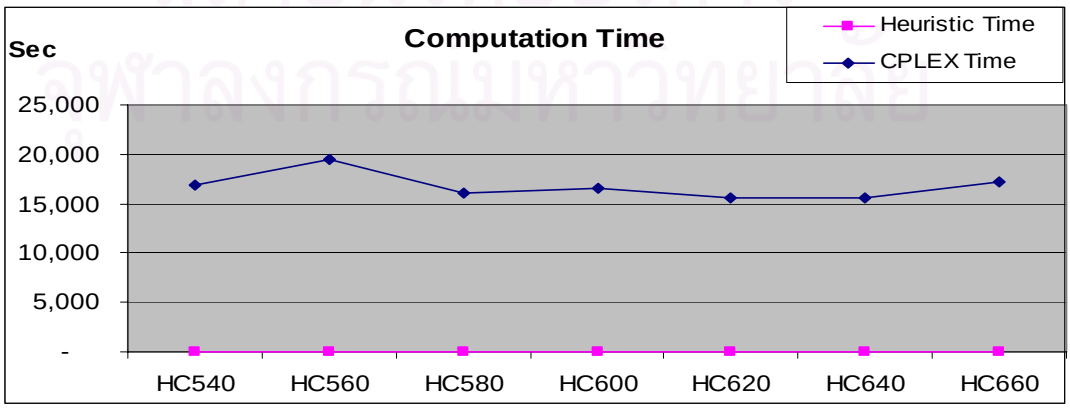
5.2.2 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของวิธีฮิวริสติกที่พัฒนา

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์แผนล็อตการสั่งซื้อที่ได้จากวิธีฮิวริสติก ในการวิเคราะห์ความไวโดยการเปลี่ยนแปลงค่าใช้ในจ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง ที่รูปแบบปัญหาขนาดวัตถุดิบ 6 ชนิด ระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าแผนล็อตการสั่งซื้อที่ได้จะมีลักษณะเป็นไปตามทฤษฎีที่ว่า เมื่อต้นทุนทางด้านการเก็บรักษาพัสดุคงคลังมีค่าต่ำลง ขนาดล็อตการสั่งซื้อต่อครั้งก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้น และจำนวนครั้งในการสั่งซื้อก็จะลดลง และในทางกลับกัน เมื่อต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังมีค่าสูงขึ้น ขนาดล็อตการสั่งซื้อต่อครั้งก็จะมีขนาดเล็กลง และจำนวนครั้งในการสั่งซื้อก็จะเพิ่มขึ้น

โดยจากการทดลองพบว่า เดิมที่ค่าเก็บรักษาพัสดุคงคลังเท่ากับ 600 บาท ขนาดล็อตการสั่งซื้อโดยเฉลี่ยต่อครั้งจะมีค่าเท่ากับ 16 คันชุด/ครั้ง แต่เมื่อค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10% จากเดิม ขนาดล็อตการสั่งซื้อโดยเฉลี่ยต่อครั้งจะมีค่าลดลงเท่ากับ 15 คันชุด/ครั้ง และเมื่อค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเปลี่ยนแปลงลดลง 10% ขนาดล็อตการสั่งซื้อโดยเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 17 คันชุด/ครั้ง

อีกทั้งเมื่อทำการเปรียบเทียบคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ได้จากวิธีฮิวริสติก และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ทดสอบจากโปรแกรม CPLEX 8.0.0 (AMPL Version 20020516 Win32) บนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Intel ® Celeron ™ 1.00GHz และ หน่วยความจำ 256 Mb ดังตารางที่ 5.2 ก็พบว่า วิธีฮิวริสติกยังสามารถหาค่าคำตอบค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ได้จากผลที่หาได้ดีที่สุดเท่าที่หาได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีฮิวริสติกที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้ มีความทนทาน (Robust) ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเก็บรักษาพัสดุคงคลัง ซึ่งจะให้ลักษณะแผนการสั่งซื้อเป็นไปตามลักษณะความเป็นจริง รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาชุดค่าคำตอบก็ต่ำกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งสนับสนุนวิธีและโปรแกรมฮิวริสติกสำเร็จรูปที่นำเสนอ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในรูปแบบปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาดังกล่าวได้



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการคำนวณปัญหาวิเคราะห์ความไว

5.2.3 ผลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการสั่งซื้อปัจจุบันของทางโรงงานกรณีศึกษาและการสั่งซื้อแบบประหยัดที่ทำการแก้ปัญหา

จากการนำผลค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ได้จากการแก้ปัญหาการสั่งซื้อแบบประหยัด ที่เป็นจำนวนขนาดล็อตรูปแบบใหม่ (ขนาดที่เป็นตัวประกอบของ 6 และ 8 แต่ไม่เกิน 24) ด้วยวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอ มาทำการเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงสำหรับลักษณะการสั่งซื้อปัจจุบันของทางโรงงานกรณีศึกษาแบบเป็นล็อตคงที่ 24 คันชุดต่อล็อต พบว่าแนวคิดการสั่งซื้อแบบประหยัดที่เป็นลักษณะจำนวนขนาดล็อตรูปแบบใหม่ จะทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยลดลงไม่ว่าจะทำการพิจารณาปัญหาขนาดใดก็ตาม ซึ่งมีรายละเอียดตามขนาดรูปแบบปัญหาที่ทำการทดลอง แสดงดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ตารางสรุปเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการสั่งซื้อปัจจุบันของทางโรงงานกรณีศึกษาและการสั่งซื้อแบบประหยัดที่ทำการแก้ปัญหา

Problem Size	5 weeks	10 weeks	20 weeks	52 weeks
Number of Material	3 models	6 models	6 models	6 models
Number of Problem	10	7	7	5
Plant Current	142,111	517,489	1,034,611	2,552,680
New Lot-sizing	100,871	338,769	749,360	1,903,576
Diff	43,484	178,720	285,251	649,104
%Diff	30.65	34.14	27.44	25.40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยและแนวทางการประยุกต์ใช้

จากผลการวิจัยพบว่า การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แม้จะเป็นวิธีที่สามารถหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดของลักษณะปัญหางานวิจัยได้ แต่ก็จะต้องใช้เวลาในการคำนวณเป็นเวลานาน อีกทั้งการทดสอบยังต้องการโปรแกรม CPLEX ซึ่งไม่ใช่โปรแกรมใช้งานที่แพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมของประเทศ อีกทั้งราคาลิขสิทธิ์การใช้โปรแกรมมีราคาค่อนข้างสูง รุ่นคอมพิวเตอร์ที่จะต้องนำมาใช้ทดสอบเพื่อให้ได้ค่าคำตอบที่ดีใกล้เคียง หรือให้ได้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด ก็จะต้องเป็นรุ่นคอมพิวเตอร์ที่ค่อนข้างสูง ซึ่งราคาก็จะสูงตามไปด้วย โดยเฉพาะถ้าเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านการลงทุนค่าใช้จ่าย กับการนำโปรแกรมมาใช้งานจริง รวมไปถึงความยากง่ายในการประยุกต์ใช้โปรแกรมกับปัญหาภายในโรงงาน ทำให้การแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ดังนั้น การเลือกพัฒนาและใช้วิธีฮิวริสติกในการแก้ปัญหาจึงเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมกว่า เนื่องจาก ผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์แนวคิดวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้กับปัญหาของทางโรงงานกรณีศึกษาโดยเฉพาะ ซึ่งจะมีความเหมาะสมและเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายของทางโรงงานกรณีศึกษามากกว่า

ทั้งนี้ วิธีฮิวริสติกที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ สามารถหาคำตอบแผนการสั่งซื้อที่ให้ค่าใกล้เคียงกับค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อปัญหามีขนาดเล็ก และสามารถหาคำตอบได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับค่าคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ (Best found solution) จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น อีกทั้งระยะเวลาที่ใช้การคำนวณก็มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับการหาคำตอบโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ รวมไปถึงวิธีฮิวริสติกก็มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ด้วยเช่นกัน

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติก และเหตุผลต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถเป็นเหตุผลสรุปในการสนับสนุนว่าวิธีฮิวริสติกดังกล่าวที่พัฒนาและนำเสนอในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทางโรงงานกรณีศึกษาได้ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงลักษณะการสั่งซื้อแบบเป็นล็อต การวางแผนการสั่งซื้อแบบเป็นล็อต และการลดค่าใช้จ่ายต่างๆ ได้

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก สำหรับปัญหาการสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated Multi-item Lot-sizing Problem: CMLSP) ที่นำเสนอนี้ในงานวิจัยนี้ ได้ถูกพัฒนาตามข้อจำกัดของโรงงานกรณีศึกษา โดยข้อจำกัดที่เด่นเฉพาะด้านคือ การกำหนดขนาดล็อตการสั่งซื้อต้องเป็นจำนวนตัวประกอบของ 6 หรือ 8 เท่านั้น ดังนั้น จึงยังคงมีความน่าสนใจศึกษาการพัฒนาวิธีฮิวริสติกที่สามารถใช้ร่วมกับขนาดล็อตการสั่งซื้อรูปแบบอื่น หรือการนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่นที่อาจมีข้อจำกัดเฉาพะด้านอื่นเพิ่มเติม หรือข้อจำกัดที่กำหนดในปัญหานี้เปลี่ยนไป อาทิเช่น ถ้าปัญหาเปลี่ยนจากข้อมูลนำเข้าระยะเวลาในการส่งสินค้า (Lead Time) หรือ ข้อมูลความต้องการใช้วัตถุดิบ (Demand) ที่ถูกกำหนดค่าแน่นอน (Deterministic) เป็นลักษณะสุ่มหรือความน่าจะเป็น (Stochastic) ก็จะทำให้ปัญหามีความซับซ้อน และเงื่อนไขในการหาคำตอบต่างๆ ก็จะเปลี่ยน ซึ่งนักวิจัยท่านอื่น สามารถนำแนวคิดหรือค่าคำตอบของวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอ ไปปรับปรุง พัฒนา หรือใช้ในการเปรียบเทียบต่อไปได้ เพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาที่ใกล้เคียงกับลักษณะปัญหาในการทำงานจริงยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1 Gelder LF, Van Wassenhove LN. Production planning: a review. *European Journal of Operational Research* 1981; 7(2):101-110.

2 Harvey M. Wagner and Thomas M. Whitin. Dynamic version of the economic lot size model. *Management Science* 1958; 13(1):89-96.

3 Bahl HC, Ritzman LP, Gupta JND. Determining lot sizes and resource requirements: a review. *Operation Research* 1987; 35(3):329-45

4 Awi Federgruen and Michal Tzur. A simple forward algorithm to solve general dynamic lot sizing

5 Albert Wagelmans and Stan van Hoesel. Economic lot sizing: An o(n log n) algorithm that runs in linear time in the wagner-within case. *Operations Research* 1992; 40:S145-S146.

6 A. Aggarwal and J. K. Park. Improved algorithms for economic lot-size problems. *Operation Research* 1993; 41(3):549-571.

7 Willard I. Zhangwill. A deterministic multi-period production scheduling model with backlogging. *Management Science* 1996; 13:105-119.

8 Joseph D. Blackburn and Howard Kunreuther. Planning horizons for the dynamic lot size model with backlogging. *Management Science* 1974; 21(3):251-255.

9 Thomas E. Morton. An improved algorithm for the stationary cost dynamic lot size model with backlogging. *Management Science* 1978; 24(8):869-873.

10 Micheal Florian and Morton Klein. Deterministic production planning with concave costs and capacity constraints. *Management Science* 1971; 18(1):12-20.

11 Vahid Lotfi and Yong Seok Yoon. Algorithm for the single-item capacitated lot-sizing prolblem with concave production and holding costs. *Journal of the Operational Research Society* 1994; 45(8):934-941.

12 C. P. M. van Hoesel and A. P. M. Walgelmans. An o(t^3) algorithm for the economic lot-sizing problem with constant capacity. *Management Science* 1996; 42(1):142-150.

13 Gary D. Eppen and R. Kipp Martin. Solving multi-item capacitated lot-sizing problem using variable definition. *Operations Research* 1987; 35(6):832-848.

14 Bernhard Fleischmann. Discrete lot-sizing and scheduling problem. *European Journal of Operational Research* 1990; 44(3):337-348.

15 M. Florian, J. K. Lenstra, and A. H. G. Rinnoy Kan. Deterministic production planning: Algorithms and complexity. *Management Science* 1980; 26:669-679.

16 Gabriel R. Bitran and Horacio H. Yanasse. Computational complexity of the capacitated lot size problem. *Management Science* 1982; 28:1174-1186.

17 J. Maes, J. O. McClain, and L. N. Wassenhove. Multilevel capacitated lot sizing complexity and lp-based heuristic: *European Journal of Operation Research* 1991; 53:131-148.

18 Miguel Constantino. A cutting plane approach to capacitated lot-sizing with start-up costs. *Mathematical Programming* 1996; 75:353-376.

19 Barany I, Van Roy TJ, Wolsey LA Strong formulations for multi-item capacitated lot sizing. *Management Science* 1984; 30(10):1255-61.

20 Leung JMY, Magnanti TL, Vachani R. Facets and algorithms for capacitated lot sizing. *Mathematical Programming* 1989; 45:331-59.

21 J. M. Thizy and L. N. van Wassenhove. Lagrangean relaxation for the multi-item capacitated lot-sizing problem L A heuristic implementation. *IIE Transaction* 1985; Narch: 308-313.

22 K. S. Hindi. Efficient solution of the single-item, capacitated lot-sizing problem with start-up and reservation cost. *Journal of the Operational Research Society* 1995; 46(10):1223-1236.

23 Dogramaci, A., Panayiotopoulos J.C. and Adam N.R. “The dynamic lot-sizing problem for multiple items under limited capacity ”, *AIIE Transactions*, Vol.13, No.4 , pp.294-303

24 Xie, J. and Dong, J. Heuristic genetic algorithms for general capacitated lot-sizing problems, *Computers and Mathematics with Applications* 2002; pp.263-276.

25 B. Karimi, S.M.T. Fatemi Ghomi, J.M. Wilson. The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms, *Omega 31* 2003; pp. 365-378.

บรรณานุกรม

1 ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ , *ระบบพัสดุคงคลัง* , กรุงเทพมหานคร , โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย , 2542

2 Stuart Russell and Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. New Jersey : Prentice Hall , 1995.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ค่าและที่มาข้อมูลนำเข้าที่กำหนด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ค่าและที่มาข้อมูลนำเข้าที่กำหนด

ในการแก้ปัญหาทั้งด้วยวิธีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และวิธีฮิวริสติก จะต้องทำการกำหนดข้อมูลนำเข้าซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูล 18 รายการ ดังนี้

***ดัชนี** (Index)*

1. จำนวนชนิดวัตถุดิบที่พิจารณา (CARMODEL)
   กำหนดตามขนาดปัญหาที่ทำการพิจารณา โดยในตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลองกำหนดให้มีจำนวนชนิดวัตถุดิบ 3 และ 6 ชนิด

2. จำนวนรูปแบบล็อตวัตถุดิบทั้งหมด (LOTSIZE)
   กำหนดให้รูปแบบล็อตวัตถุดิบจะต้องเป็นตัวประกอบของ 6 และ/หรือ 8 แต่ไม่เกิน 24 นั่นคือ ล็อตที่สั่งจะต้องอยู่ในรูปแบบ 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 หรือ 24 เท่านั้น นั่นคือ มีจำนวนรูปแบบล็อตสั่งซื้อ เท่ากับ 10 รูปแบบ

3. จำนวนขั้นตอนการดำเนินงาน (OPERATION)
   ขั้นตอนการดำเนินงานของตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลองประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขนถ่ายวัตถุดิบออกจากตู้คอนเทนเนอร์ (Unload) และขั้นตอนการแกะกล่อง เรียงชิ้นงานและจัดส่งวัตถุดิบเข้าสายการประกอบ (Unpack and Part Distribution)

4. จำนวนระยะเวลาสัปดาห์ที่ทำการพิจารณา (PERIOD)
   กำหนดตามขนาดปัญหาที่ทำการพิจารณา โดยในตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลองกำหนดระยะเวลาที่พิจารณาเป็น 5, 10, 20 และ 52 สัปดาห์

***พารามิเตอร์** (Parameter)*

5. จำนวนพัสดุคงคลังสูงสุด (N)
   กำหนดตามข้อจำกัดจริงของโรงงานกรณีศึกษา โดยในตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลองกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 100 คันชุด คงที่ทุกสัปดาห์ที่ทำการพิจารณา

6. <u>จำนวนพัสดุคงคลังเริ่มต้นของวัตถุดิบแต่ละชนิด</u> (BIV)

ในตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลองกำหนดกำหนดให้พัสดุคงคลังเริ่มต้นของวัตถุดิบทุกชนิด เท่ากับ 12 คันชุด เนื่องจากเดิม โรงงานกรณีศึกษาจะทำการสั่งล็อตวัตถุดิบ 24 คันชุดต่อครั้ง ดังนั้น ถ้าคิดจำนวนพัสดุคงคลังเฉลี่ยจะเท่ากับ 12 คันชุด

7. <u>จำนวนค่าแรงทำงานนอกเวลา</u> (OTS)

ในตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลองกำหนดให้ค่าแรงทำงานนอกเวลาเท่ากับ 70 บาท/ชั่วโมง หรือ 560 บาท/วัน โดยมีที่มา ดังนี้

เงินเดินพนักงานเฉลี่ย			8,500	บาท/เดือน
วันทำงาน			30	วัน/เดือน
ค่าแรงเฉลี่ยต่อวัน	8,500/30	≅	280	บาท/วัน
กฎหมายแรงงานกำหนดค่าจ้างแรงงานวันเสาร์-อาทิตย์ จ่าย 2 เท่า				
ดังนั้น ค่าแรงนอกเวลา	280 × 2 =		560	ต่อวัน

8. <u>จำนวนค่าเก็บรักษาพัสดุคงคลัง</u> (HC)

ค่าใช้จ่ายด้านการเก็บรักษาพัสดุคงคลังจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นดอกเบี้ยเนื่องจากต้นทุนราคาวัตถุดิบ และส่วนที่เป็นต้นทุนในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังในโรงงานกรณีศึกษาจะประกอบไปด้วย ของหาย การรักษาความปลอดภัย การเสียหายของชิ้นส่วน ซึ่งเฉลี่ยแล้วมีค่าใกล้เคียงกันทุกรุ่น

สำหรับดอกเบี้ยเนื่องจากต้นทุนราคาวัตถุดิบ ที่ทำการคำนวณในปัญหาที่ทำการแก้ไข กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1% ต่อปี ซึ่งเป็นตัวเลขที่ได้มาจากแผนกบัญชีของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเมื่อทำการเฉลี่ยเป็นค่าใช้จ่ายต่อสัปดาห์จะมีค่าประมาณ 0.0002% ต่อสัปดาห์ (0.01/52 ≅ 0.0002)

สำหรับส่วนที่เป็นต้นทุนในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังที่เกิดภายในโรงงานกรณีศึกษา ได้ทำการประมาณค่ามาจากแผนกบัญชีของโรงงานกรณีศึกษา ดังนี้

ค่าจัดเก็บโดยรวมต่อปี		2,097,000	บาท/ปี
ค่าจัดเก็บของวัตถุดิบแต่ละรุ่น	=	2,097,000 / 6	บาท/ปี
	=	349,500	บาท/ปี

ค่าจัดเก็บต่อปีคิดจาก

ต้นทุนรวม = (Q/2)H

349,500	=	(24/2)H	
H	=	699,000 / 24	
	=	29,125	บาท/คันชุด/ปี
	=	29,125 / 52	
	≅	560	บาท/คันชุด/สัปดาห์

9. ค่าต้นทุนราคาวัตถุดิบ (MT)

ราคาต้นทุนวัตถุดิบที่ทำการทดลองแก้ปัญหาจะเป็นตัวเลขประมาณค่ามาจากโรงงานกรณีศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากเป็นข้อมูลความลับของทางโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีตัวเลขประมาณค่า ดังนี้

วัตถุดิบชนิดที่	ราคาต้นทุนวัตถุดิบ
1	500,000 บาท/คันชุด
2	500,000 บาท/คันชุด
3	600,000 บาท/คันชุด
4	600,000 บาท/คันชุด
5	800,000 บาท/คันชุด
6	800,000 บาท/คันชุด

10. จำนวนชั่วโมงทำงานในแต่ละวัน (WT)

ในตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลองกำหนดให้ชั่วโมงทำงานเท่ากับ 8 ชั่วโมง/วัน ตามลักษณะการทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา

11. จำนวนวันทำงานในแต่ละสัปดาห์ (WD)

ในตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลองกำหนดให้วันทำงานสำหรับการเตรียมวัตถุดิบให้พร้อมใช้งานในวันทำงานปกติเท่ากับ 3 วัน/สัปดาห์ เนื่องจากคนงานกลุ่มเดียวกันนี้จะต้องทำการจัดเตรียมรถส่งออกทุกสัปดาห์เฉลี่ยสัปดาห์ละ 2 วัน โดยวันทำงานปกติของโรงงานกรณีศึกษาเท่ากับ 5 วัน (วันจันทร์ – ศุกร์)

12. รูปแบบล็อตวัตถุดิบที่กำหนด (A)

กำหนดให้รูปแบบล็อตวัตถุดิบจะต้องเป็นตัวประกอบของ 6 และ/หรือ 8 นั่นคือ ล็อตที่สั่งจะต้องอยู่ในรูปแบบ 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 หรือ 24 เท่านั้น

13. <u>ราคาวัตถุดิบที่แตกต่างตามขนาดล็อตสั่งซื้อของแต่ละชนิดวัตถุดิบ</u> (MC)
ค่าราคาวัตถุดิบที่แตกต่างตามขนาดล็อตสั่งซื้อที่กำหนดนี้ ซึ่งจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อขนาดล็อตสั่งซื้อเล็กลง เป็นค่าที่ได้มาจากการประมาณการจากกลุ่มผู้วางแผนและติดต่อที่เกี่ยวข้องในการสั่งซื้อล็อตวัตถุดิบ ของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีค่าดังนี้

ตารางที่ ก.1 ราคาผลต่างของวัตถุดิบตามขนาดล็อตวัตถุดิบที่สั่ง

Diff Material Cost	6	8	12	14	16	18	20	22	24
M1	1,000	1,000	500	500	500	300	300	300	0
M2	1,000	1,000	500	500	500	300	300	300	0
M3	1,000	1,000	500	500	500	300	300	300	0

14. <u>จำนวนความต้องการใช้ของวัตถุดิบแต่ละชนิด ในแต่ละช่วงเวลา</u> (DM)
ในตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลองได้นำข้อมูลความต้องการจริงใช้ย้อนหลังจากทางโรงงานกรณีศึกษา โดยได้ทดลองทำการสุ่มตัดขนาดช่วงเวลาตามขนาดปัญหาที่ต้องการทำการพิจารณา

15. <u>จำนวนเวลาทำงานคงที่ในการทำงานเมื่อมีการสั่งซื้อล็อตวัตถุดิบ ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน</u> (ST)
ขั้นตอนในการทำงานเตรียมวัตถุดิบให้พร้อมใช้งาน ทุกครั้งที่มีล็อตวัตถุดิบเข้ามาจะต้องมีการเตรียมรถยกและอุปกรณ์ เตรียมและจัดพื้นที่ จัดชั้นวาง ทำงานเอกสารต่างๆ ซึ่งโดยเฉลี่ยจะมีค่าคงที่ในแต่ละครั้ง ในแต่ละรุ่นวัตถุดิบ จึงทำการจัดแยกระยะเวลาทำงานเหล่านี้เป็นเวลาเตรียมงานคงที่ ซึ่งค่าที่ได้นำมาจากโครงงานศึกษาเวลาในการทำงาน (Time Study) ของโรงงานกรณีศึกษา มีค่าดังนี้

ตารางที่ ก.2 จำนวนชั่วโมงเวลาดำเนินงานคงที่ และแปรตามขนาดล็อตสั่งซื้อ

Operation	1	2
Setup Time	2.5	8
Process Time	0.7	1.4

16. <u>จำนวนเวลาทำงานแปรตามขนาดล็อตวัตถุดิบเมื่อมีการสั่งซื้อล็อตวัตถุดิบ ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน</u> (PT)

สำหรับขั้นตอนการทำงานที่จัดการเตรียมชิ้นงานจริงจะใช้เวลาแปรไปตามขนาดล็อตวัตถุดิบ ซึ่งจะมีค่าเท่ากันโดยเฉลี่ยสำหรับวัตถุดิบแต่ละรุ่น โดยมีค่าดังตารางข้างต้น

17. <u>จำนวนคนงานในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงาน (HM)</u>

ในตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลอง ได้ทำการกำหนดจำนวนคนงานในแต่ละขั้นตอนตามจำนวนคนทำงานจริงในโรงงานกรณีศึกษา โดยกำหนดให้ขั้นตอนขนถ่ายวัตถุดิบออกจากตู้คอนเทนเนอร์ (Unload) มีจำนวนคนทำงาน 3 คน และขั้นตอนการแกะกล่อง เรียงชิ้นงานและจัดส่งวัตถุดิบเข้าสายการประกอบ (Unpack and Part Distribution) มีจำนวนคนทำงาน 6 คน

ตารางที่ ก.3 จำนวนชั่วโมงแรงงานเวลาทำงานปกติ

Operation	**1**	**2**
No. of operator	3	6
Time available	72	144

18. <u>จำนวนชั่วโมงแรงงานในเวลาทำงานปกติ ในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงาน</u> (CR)

จากจำนวนวันทำงาน ชั่วโมงทำงาน และจำนวนคนทำงานที่กำหนดข้างต้น จะได้จำนวนชั่วโมงแรงงานในเวลาทำงานปกติ ดังนี้

19. <u>จำนวนกะทำงานนอกเวลาสูงสุดในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงาน</u> (CO)

ในตัวอย่างปัญหาที่ทำการทดลอง กำหนดให้วันทำงานนอกเวลาเป็นวันเสาร์ และอาทิตย์เท่านั้น และกำหนดให้การทำงานนอกเวลาเป็นกะ ช่วงเวลาครึ่งวันต่อหนึ่งกะ ดังนั้น จำนวนกะทำงานนอกเวลาสูงสุดทุกขั้นตอนการทำงานจึงมีค่าสูงสุด 4 กะ

ภาคผนวก ข

รูปแบบไฟล์ข้อมูลนำเข้าที่กำหนด สำหรับโปรแกรมฮิวริสติก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

รูปแบบไฟล์ข้อมูลนำเข้าที่กำหนดสำหรับโปรแกรมฮิวริสติก

สำหรับข้อมูลนำเข้าที่กำหนดดังอธิบายในภาคผนวก ก ทั้งหมดจะต้องถูกเขียนอยู่ในรูปแบบที่กำหนดด้วยไฟล์ไมโครซอฟท์โน้ตแพด (Microsoft Notepad) นามสกุล *.txt โดยมีตัวอย่าง ดังแสดงด้านล่าง

```
set CARMODEL:=3;
set LOTSIZE:=10;
set OPERATION:=2;
set PERIOD:=5;

param N:=200;

param BIV:=
1	3
2	3
3	3;

param OTS:=70;
param HC:=600;
param WT:=8;
param WD:=3;

param INT:=0.0002;

param MT:=
1	500000
2	600000
3	800000;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

param A:=

1	0
2	6
3	8
4	12
5	14
6	16
7	18
8	20
9	22
10	24;

param MC:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10:=
1	0	1000	1000	500	500	500	300	300	300	0
2	0	1000	1000	500	500	500	300	300	300	0
3	0	1000	1000	500	500	500	300	300	300	0;

param DM:

	1	2	3	4	5:=
1	12	4	4	16	12
2	16	8	6	12	16
3	18	8	18	8	18;

param ST:=

1	2.5
2	8;

param PT:=

1	0.7
2	1.4;

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
param CR:=
1       72
2       144;


param HM:=
1       3
2       6;

param CO:=
1       4
2       4;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

รูปแบบไฟล์ผลลัพธ์จากโปรแกรมฮิวริสติก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

รูปแบบไฟล์ผลลัพธ์จากโปรแกรมฮิวริสติก

รูปแบบไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมฮิวริสติกจะอยู่ในรูปไฟล์ไมโครซอฟท์เอกเซล (Microsoft Excel) ซึ่งผู้ใช้สามารถตั้งชื่อไฟล์ผลลัพธ์นี้ได้เอง และไฟล์ผลลัพธ์นี้จะถูกกำหนดให้บันทึกอยู่ในตำแหน่งโฟลเดอร์เดียวกับไฟล์นำเข้า โดยมีรายละเอียดตามลำดับตัวอย่างไฟล์ผลลัพธ์ดังแสดงด้านล่าง ดังนี้

1. ขนาดล็อตในการสั่งซื้อวัตถุดิบแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลา (Ordering: O_{it})
2. จำนวนเวลาที่ต้องการในการดำเนินงานให้วัตถุดิบพร้อมใช้งานในแต่ละการดำเนินงาน และในแต่ละช่วงเวลา (Resource Usage: RU_{kt})
3. จำนวนเวลาที่เหลือ หรือเวลาการทำงานนอกเวลาที่ต้องการในการดำเนินงานให้วัตถุดิบพร้อมใช้งานในแต่ละการดำเนินงาน และในแต่ละช่วงเวลา (Resource Usage: RR_{kt})
4. จำนวนกะที่ต้องการในการทำงานนอกเวลา (Number of Over Time Shift: p_{kt})
5. ค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงานนอกเวลาในแต่ละการดำเนินการ และในแต่ละช่วงเวลา
6. ค่าใช้จ่ายรวมการทำงานนอกเวลาในแต่ละช่วงเวลา (Over Time Cost)
7. ค่าใช้จ่ายสำหรับราคาวัตถุดิบแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลา (Material Cost)
8. ค่าใช้จ่ายสำหรับการเก็บรักษาพัสดุคงคลังรวมในแต่ละช่วงเวลา (Holding Cost)
9. ค่าใช้จ่ายโดยรวม (Total Cost)

สำหรับเวลาที่ใช้ในการคำนวณสามารถเก็บค่าได้ที่หน้าจอโต้ตอบหลัก (Interface) ของโปรแกรมฮิวริสติกหลังจากโปรแกรมทำการประมวลผลเสร็จสิ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Result:
Order

	1	2	3	4	5
1	24	0	0	20	0
2	6	24	0	0	14
3	12	0	24	0	0

Resource Usage

	1	2	3	4	5
1	36.9	19.3	19.3	16.5	12.3
2	82.8	41.6	41.6	36	27.6

Resource Remaining

	1	2	3	4	5
1	35.1	52.7	52.7	55.5	59.7
2	61.2	102.4	102.4	108	116.4

OT Shift

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0

Overtime Cost

	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0

Sum of Overtime Cost

1	0
2	0
3	0
4	0
5	0

Sum of Material Cost

1	12000
2	0
3	0
4	6000
5	7000

Beginning Inventory Holding Cost
5400

Sum Of Holding Cost

1	15000
2	13800
3	12600
4	9000
5	1800

Total Cost
82600

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายมนตรา พิริยเลิศศักดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ.2524 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545 ปัจจุบันทำงานที่ บริษัท ไทย-สวีดิช แอสเซมบลีย์ จำกัด (วอลโว่) พ.ศ. 2547 – 2548 ตำแหน่ง Production Planning Engineer แผนก Production และ พ.ศ. 2548 - ปัจจุบัน ตำแหน่ง Supply Chain Engineer แผนก Material Planning and Logistics (MP&L)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย