



การจัดตารางการผลิตบนเครื่องจักรขนานที่แตกต่างกันของแผนกบรรจุ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตยา  
แห่งหนึ่ง



โดย  
นายณัฐวุฒิ เหลี้ยวอินทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การจัดตารางการผลิตบนเครื่องจักรขนานที่แตกต่างกันของแผนกบรรจุ: กรณีศึกษา  
โรงงานผลิตยาแห่งหนึ่ง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร  
ปีการศึกษา 2560  
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

HETEROGENEOUS PARALLEL MACHINE SCHEDULING OF A PACKING  
DEPARTMENT: THE CASE STUDY OF PHARMACEUTICAL FACTORY



By  
MR. Nattawuth LEAWIN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)  
Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT  
Graduate School, Silpakorn University  
Academic Year 2017  
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ การจัดทำตารางการผลิตบนเครื่องจักรขนานที่แตกต่างกันของแผนก  
บรรจุ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตยาแห่งหนึ่ง  
โดย ณิชวุฒิ เหลียวอินทร์  
สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม แผนก ก แบบ ก 2 ปริญญาโทบริหาร  
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

---

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณิศ พันธุ์สวัสดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทองแท้ ทองลิ้ม)

58405316 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต

คำสำคัญ : จัดตารางการผลิต เครื่องจักรแบบขนาน บริการซอฟต์แวร์ผ่านอินเทอร์เน็ต อุตสาหกรรม  
ผลิตยา

นาย ณัฐวุฒิ เหลียวอินทร์: การจัดการตารางผลิตบนเครื่องจักรขนานที่แตกต่างกันของ  
แผนกบรรจุ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตยาแห่งหนึ่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการจัดการตารางการผลิตของโรงงานผลิตยาแห่งหนึ่งและ  
ประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ผ่านอินเทอร์เน็ตมาช่วยจัดการตารางการผลิตโดยเลือกศึกษาขั้นตอนการวางแผน  
การผลิตของแผนกบรรจุแบบบลิสเตอร์ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเป็นขั้นตอนคอขวดที่ส่งผลให้เกิดความ  
ล่าช้าทั้งกระบวนการผลิตและต่อเนื่องจนไปถึงการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้า เนื่องจากกระบวนการ  
บรรจุยาเม็ดลงแผงบลิสเตอร์มีการใช้เครื่องจักรหลายเครื่องที่มีความสามารถและความเร็วในการผลิต  
ได้แตกต่างกันรวมไปถึงกรรมวิธีและขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่การตั้งค่าเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต การ  
บรรจุและการทำความสะอาดเครื่องจักรหลังจากการผลิตแต่ละงานเสร็จสิ้น (Line Clearance)  
ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาการจัดการตารางการผลิตด้วยเครื่องจักรแบบขนานซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหา  
เวลาปิดงานของระบบให้สั้นที่สุด (Minimize makespan) โดยใช้ภาษา AMPL มาเป็นตัวเชื่อมต่อ  
ระหว่างตัวแบบทางคณิตศาสตร์และเลือกใช้ซอฟต์แวร์ CPLEX ที่ให้บริการบนเซิร์ฟเวอร์ NEOS ซึ่งไม่  
คิดค่าบริการจากผลการศึกษาพบว่าวิธีการจัดการตารางการผลิตโดยการใช้บริการบนเซิร์ฟเวอร์ NEOS  
สามารถลดเวลาปิดงานของระบบได้ดีกว่า ถึงร้อยละ 17.49

58405316 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)

Keyword : PRODUCTION SCHEDULING/PARALLEL MACHINES/SOFTWARE AS A SERVICE/  
PHARMACEUTICAL INDUSTRY

MR. NATTAWUTH LEAWIN : HETEROGENEOUS PARALLEL MACHINE  
SCHEDULING OF A PACKING DEPARTMENT: THE CASE STUDY OF PHARMACEUTICAL  
FACTORY THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR CHOOSAK PORNSING, Ph.D.

This research aims to study the scheduling in a pharmaceutical factory and developing method of using Software as a service (Saas). The researcher selected blister packing scheduling because this process behave as a bottleneck, causing delay of overall the production process and late delivery to customer due to the blister packing process utilizes multiple machines with different capacities and speed and it have to set up, pack and require a line clearance after finishing each job to reduce cross-contamination between products. Therefore, the researcher selected to study a heterogeneous parallel machine scheduling. The objective is to minimize the total makespan by using AMPL language to connect between mathematical model and CPLEX solver on NEOS server which is a free of service charge. The result of solving showed that the extravagant tool could reduce the total makespan from the current practice about 17.49%



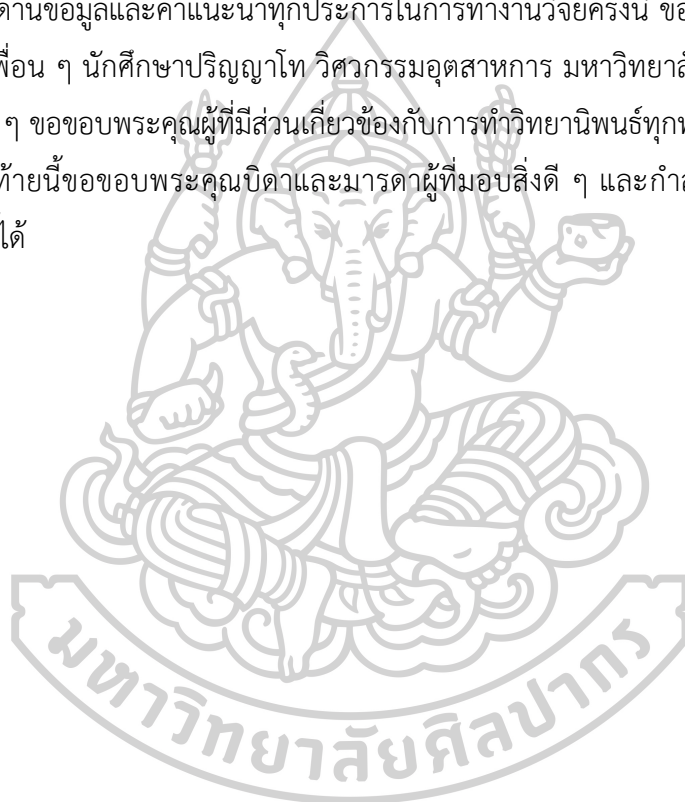
## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จรูปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาในคำแนะนำให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์ และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณศ พันธุ์สวัสดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิม ที่ให้คำแนะนำและรวมถึงข้อแนะนำต่าง ๆ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท มิลลิเมต จำกัด และพี่ ๆ ทุกคนสำหรับการดูแลและความให้การช่วยเหลือทางด้านข้อมูลและคำแนะนำทุกประการในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ เพื่อน ๆ นักศึกษาปริญญาโท วิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยศิลปากร สำหรับแนวคิดและกำลังใจดี ๆ ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์ทุกท่าน

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดาและมารดาผู้ที่มีอุปการะดี ๆ และกำลังใจให้ข้าพเจ้า และทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ได้

ณัฐวุฒิ เหลลียวอินทร์



## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....   | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....   | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ .....  | ฉ    |
| สารบัญ.....  | ช    |
| สารบัญตาราง.....   | ญ    |
| สารบัญแผนภูมิ.....   | ฎ    |
| สารบัญภาพ.....   | ฏ    |
| บทที่ 1.....   | 1    |
| บทนำ .....   | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....   | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย .....   | 3    |
| 1.3 สมมติฐาน .....   | 3    |
| 1.4 ขอบเขตงานวิจัย .....   | 3    |
| 1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย .....   | 3    |
| 1.6 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....                               | 4    |
| 1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ .....  | 4    |
| บทที่ 2.....   | 6    |
| ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....   | 6    |
| 2.1 การวางแผนและการควบคุมการผลิต.....  | 6    |
| 2.2 การจัดลำดับและการจัดตารางการผลิต (Production Sequencing and Scheduling)..... | 10   |
| 2.3 วิธีการหาคำตอบในการจัดตารางการผลิต .....                                     | 11   |



|   |    |
|---|----|
| 2.4 ระบบการผลิต (Production System).....  | 16 |
| 2.5 วัตถุประสงค์และตัววัดสมรรถนะ.....   | 23 |
| 2.6 รูปแบบของเวลาเตรียมการผลิต .....  | 24 |
| 2.7 แผนภูมิการจัดตารางการผลิต.....  | 25 |
| 2.8 NEOS (Network-Enabled Optimization System).....   | 26 |
| 2.9 AMPL (A Mathematical Programming Language) .....  | 29 |
| 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....  | 34 |
| บทที่ 3.....  | 39 |
| วิธีดำเนินการวิจัย .....  | 39 |
| 3.1 ศึกษาสภาพโดยรวมของอุตสาหกรรมยา .....  | 39 |
| 3.2 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง.....   | 40 |
| 3.3 การวางแผนและการควบคุมการผลิตยาเม็ดและแคปซูล .....   | 45 |
| 3.4 สภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่าง .....  | 54 |
| 3.5 วิธีการแก้ปัญหา.....  | 55 |
| บทที่ 4.....  | 76 |
| ผลการดำเนินงานวิจัย .....   | 76 |
| 4.1 ผลการดำเนินงานวิจัย.....  | 76 |
| 4.2 เปรียบเทียบผลการจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรขนานแบบเดิมและแบบใหม่ของเดือน<br>เมษายน 25561 ..... | 76 |
| บทที่ 5.....  | 86 |
| สรุปผลงานวิจัย .....  | 86 |
| 5.1 สรุปผลงานวิจัย.....   | 86 |
| 5.2 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย .....  | 86 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ .....  | 86 |

รายการอ้างอิง ..... 88

ภาคผนวก ..... 90

    ภาคผนวก ก ..... 91

    ภาคผนวก ข ..... 94

ประวัติผู้เขียน ..... 126



## สารบัญตาราง

|   | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 3.1 รายการยาบรรจุแผงแบบบลิสเตอร์ .....   | 43   |
| ตารางที่ 3.2 รายการยาบรรจุแผงแบบบลิสเตอร์ (ต่อ) .....   | 44   |
| ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างยาเม็ดที่สามารถบรรจุได้กับเครื่องบรรจุเม็ดยาแบบบลิสเตอร์ที่สามารถบรรจุเม็ดยาได้ .....       | 52   |
| ตารางที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างยาเม็ดที่สามารถบรรจุได้กับเครื่องบรรจุเม็ดยาแบบบลิสเตอร์ที่สามารถบรรจุเม็ดยาได้ (ต่อ) ..... | 53   |
| ตารางที่ 3.5 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง).....  | 56   |
| ตารางที่ 3.6 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) (ต่อ) .....   | 57   |
| ตารางที่ 3.7 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการตั้งเครื่องต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง).....  | 58   |
| ตารางที่ 3.8 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการตั้งเครื่องต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) (ต่อ) .....                                       | 59   |
| ตารางที่ 3.9 เวลามาตรฐานในการทำความสะอาดเครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์ต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง).....                            | 60   |
| ตารางที่ 3.10 เวลามาตรฐานในการทำความสะอาดเครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์ต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) (ต่อ).....                     | 61   |

## สารบัญแนภูมิ

หน้า

|  |    |
|--|----|
| แผนภูมิที่ 2.1 ขั้นตอนการทำงานของกรวางแผนและการควบคุมการผลิต .....             | 9  |
| แผนภูมิที่ 2.2 การจัดกลุ่มของวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิต ..... | 15 |



## สารบัญภาพ

|   | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 2.1 ระบบเครื่องจักรเดี่ยว.....   | 16   |
| ภาพที่ 2.2 ระบบเครื่องจักรขนาน.....   | 16   |
| ภาพที่ 2.3 ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน .....  | 18   |
| ภาพที่ 2.4 ระบบการผลิตไหลเลื่อนสมบูรณ์ .....  | 19   |
| ภาพที่ 2.5 ระบบการผลิตไหลเลื่อนแบบทั่วไป.....   | 20   |
| ภาพที่ 2.6 ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น .....  | 20   |
| ภาพที่ 2.7 ระบบการผลิตแบบตามงาน.....  | 22   |
| ภาพที่ 2.8 ระบบการผลิตแบบเปิด .....   | 23   |
| ภาพที่ 2.9 แผนภูมิแกนต์.....  | 26   |
| ภาพที่ 3.1 ระบบกระบวนการผลิตแบบไหลเลื่อนของแผนกยาเม็ดและแคปซูล (M=เครื่องผสม, T = เครื่องตอกเม็ดและแคปซูล, C = เครื่องเคลือบฟิล์ม, B = เครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์)..... | 49   |
| ภาพที่ 3.2 ระบบการผลิตเครื่องจักรแบบขนานของแผนกบรรจุบลิสเตอร์ .....   | 49   |
| ภาพที่ 3.3 แผงอลู-อลู บลิสเตอร์และพีวีซี-อลู บลิสเตอร์ .....  | 50   |
| ภาพที่ 3.4 แสดงข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบ AMPL Data File.....  | 65   |
| ภาพที่ 3.5 แสดงข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบ AMPL Model File .....  | 66   |
| ภาพที่ 3.6 แสดงข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบ AMPL Run File .....  | 66   |
| ภาพที่ 3.7 แสดงหน้าจอการส่งข้อมูลเพื่อให้ NEOS Server แก้ปัญหา .....  | 68   |
| ภาพที่ 3.8 แสดงโมเดลการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ NEOS Server ให้บริการ .....   | 69   |
| ภาพที่ 3.9 แสดงการวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละโมเดลที่ NEOS Server ให้บริการ .....   | 69   |
| ภาพที่ 3.10 แสดงการอัปโหลด AMPL File ใน NEOS Server .....   | 70   |
| ภาพที่ 3.11 แสดงคำตอบของการปัญหาบน NEOS Server โดยการใช้ CPLEX Solution.....  | 71   |
| ภาพที่ 3.12 แสดงคำตอบของการปัญหาบน NEOS Server โดยการใช้ CPLEX Solution (ต่อ) ....  | 72   |
| ภาพที่ 3.13 แสดงคำตอบของการปัญหาบน NEOS Server โดยการใช้ CPLEX Solution (ต่อ) ....  | 73   |

|  |    |
|--|----|
| ภาพที่ 3.14 แสดงคำตอบของการปัญหาบน NEOS Server โดยการใช้ CPLEX Solution (ต่อ) ....                       | 74 |
| ภาพที่ 3.15 แสดงคำตอบของการปัญหาบน NEOS Server โดยการใช้ CPLEX Solution (ต่อ) ....                       | 75 |
| ภาพที่ 3.16 แผนภูมิแสดงตารางการผลิตของตัวอย่าง 2. ที่มีอบหมายงาน 12 งานให้เครื่องจักรขนาน 2 เครื่อง..... | 75 |
| ภาพที่ 4.1 แสดงการจัดตารางการผลิตในสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนเมษายน 2561.....                                 | 77 |
| ภาพที่ 4.2 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบเดิมในสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนเมษายน 2561.....                          | 78 |
| ภาพที่ 4.3 แสดงการจัดตารางการผลิตในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนเมษายน 2561 .....                                | 79 |
| ภาพที่ 4.4 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบเดิมในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนเมษายน 2561.....                          | 80 |
| ภาพที่ 4.5 แสดงการจัดตารางการผลิตในสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนเมษายน 2561 .....                                | 81 |
| ภาพที่ 4.6 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบเดิมในสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนเมษายน 2561.....                          | 82 |
| ภาพที่ 4.7 แสดงการจัดตารางการผลิตในสัปดาห์ที่ 4 ของเดือนเมษายน 2561 .....                                | 83 |
| ภาพที่ 4.8 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบเดิมในสัปดาห์ที่ 4 ของเดือนเมษายน 2561.....                          | 84 |
| ภาพที่ 4.9 กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบเวลาการปิดงานในแต่ละสัปดาห์ของเดือน เมษายน 2561 .....               | 85 |



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมยาเริ่มเข้ามามีบทบาทอย่างมากในอุตสาหกรรมของประเทศไทย เนื่องจากยาเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อชีวิตและสุขภาพของมนุษย์ อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม การผลิตอุตสาหกรรมยาภายในประเทศ (Generic drugs) จึงมีการแข่งขันกันอย่างสูงและต้องมีการปรับตัวเพื่อตอบสนองให้ทันต่อความต้องการของลูกค้า อีกทั้งยังต้องสอดคล้องกับกฎหมายหลักเกณฑ์และวิธีการผลิตยาที่ดี (PICs/GMP) ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องหาหนทางพัฒนาอย่างเป็นระบบเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ สิ่งที่ต้องคำนึงอีกอย่างคือ การที่จะต้องทำอะไรให้สามารถลดต้นทุนและสามารถจัดการกระบวนการผลิตต่าง ๆ ให้มีความสัมพันธ์และสามารถไหลได้อย่างต่อเนื่อง

จากสถานการณ์ปัจจุบัน อุตสาหกรรมยามีมูลค่าตลาดประมาณ 140,000 ล้านบาท แบ่งเป็นตลาดยาโรงพยาบาลและคลินิกประมาณ 100,000 ล้านบาท และตลาดร้านขายยากว่า 40,000 ล้านบาท จากตัวเลขทางการตลาดจะเห็นได้ว่า ตลาดส่วนใหญ่ของอุตสาหกรรมยานั้นจะเป็นตลาดโรงพยาบาล ซึ่งบริษัทยาหลากหลายบริษัทย่อมที่มองเห็นการเข้ามาเป็นส่วนแบ่งของตลาดโรงพยาบาล เพราะฉะนั้นตลาดนี้จึงมีการแข่งขันที่สูงเป็นไปตามยอดของมูลค่าตลาด และหากยังเป็นโรงพยาบาลรัฐด้วยแล้วนั้นจำเป็นต้องมีทั้งระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ มากมายควบคุมจัดการ การจัดซื้อ การจัดหา การประมูลยาและเมื่อประมูลยาเข้าโรงพยาบาลได้สำเร็จแล้วนั้นก็จำเป็นต้องส่งมอบยาให้ครบจำนวนและอยู่ภายใต้ระยะเวลาที่ได้ระบุไว้ในสัญญา

ดังนั้นการจัดการแผนการผลิตที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพจึงจำเป็นอย่างยิ่งในบริษัทของผู้ผลิตยาทุกราย เพราะนอกจากจะทำให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพ ตรงตามมาตรฐานและข้อกำหนดแล้วยังจำเป็นต้องคำนึงถึงการส่งมอบยาให้ทันภายในเวลาด้วย และนับได้ว่าการจัดการแผนการผลิตในอุตสาหกรรมยาเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนเป็นอย่างมาก เนื่องจากแต่ละกระบวนการผลิตใช้เครื่องจักรวัสดุอุปกรณ์ และบุคลากร ที่แตกต่างกัน การผลิตที่ดีจึงต้องมีการจัดลำดับต่อเนื่ออย่างเหมาะสม การวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตยาในประเทศไทย โดยรูปแบบ

ผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษา คือ รูปแบบยาเม็ด เนื่องจากเป็นยาที่มีปริมาณการผลิตสูงสุดของโรงงาน ตัวอย่างซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการผลิตพื้นฐาน ดังนี้ การผสมตัวยาสำคัญเข้ากับสารช่วยปรุงแต่งอื่น ๆ การตอกอัดเม็ดยา การเคลือบ การบรรจุยาเม็ดเข้าสู่แผงยาแบบบลิสเตอร์หรือสตริป (บรรจุภัณฑ์ปฐมภูมิ) และบรรจุลงกล่อง (บรรจุภัณฑ์ทุติยภูมิ) และในแต่ละกระบวนการก่อนที่จะเริ่มดำเนินการกระบวนการผลิต ต้องแน่ใจว่าบริเวณที่ทำงานและเครื่องมือมีความสะอาด ปราศจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการผลิตหลงเหลืออยู่ (ตามข้อกำหนด 136 PICs/GMP)(1) จึงจำเป็นต้องจัดการแผนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยลดเวลาในแต่ละขั้นตอน

การวางแผนการผลิตจะเริ่มจากการที่ฝ่ายวางแผนได้รับคำพยากรณ์จากฝ่ายขาย ซึ่งแสดงความต้องการของปริมาณยาของแต่ละรายการในแต่ละเดือน จากนั้นฝ่ายวางแผนจะกำหนดรายการแจ้งผลิตในแต่ละเดือนแล้วส่งข้อมูลให้ทางฝ่ายผลิตวางตารางการผลิตประจำเดือนและประจำสัปดาห์เพื่อดำเนินการผลิตให้สอดคล้องกับรายการแจ้งผลิตที่ได้แจ้งไว้ การวางแผนการผลิตสำหรับฝ่ายผลิตจะเป็นหน้าที่ของเภสัชกรประจำฝ่ายผลิตยาที่มีประสบการณ์โดยการใช้ข้อมูลจำนวนรายการยาที่มีอยู่ในสต็อกเป็นตัวตั้ง แล้วจัดตารางการผลิตเต็มสินค้านั้น ๆ (Make to stock) ให้ได้ทันก่อนที่จะเกิดการขาดสต็อกแล้วกลายเป็นรายการยาค้างส่ง (Back order) หรือเกิดการสูญเสียโอกาสในการส่งมอบยา (Lost sales) ที่มีคุณภาพให้กับลูกค้า จากสาเหตุดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการวางแผนการผลิตมีความยุ่งยากและซับซ้อน เนื่องจากกระบวนการผลิตยามีขั้นตอนการผลิตที่หลากหลาย ซึ่งในแต่ละขั้นตอนอาจจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรร่วมกัน เช่น เครื่องจักรในการผลิตยาที่ถูกออกแบบมาให้สามารถใช้งานได้กว้าง หรือระยะเวลาการผลิตที่ยาวนาน หรือแม้กระทั่งรายการยาด่วน ยาส่งออกต่างประเทศ ฯลฯ สิ่งเหล่านี้ล้วนทำให้การจัดสรรทรัพยากรเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพส่งผลถึงต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นตามมา

สำหรับกระบวนการผลิตยาเม็ดและแคปซูลนั้น หากลองรายละเอียดเข้าไปในแต่ละกระบวนการพบว่า เมื่อเปรียบเทียบอัตราการผลิตในแต่ละกระบวนการ การบรรจุยาแบบบลิสเตอร์ใช้เวลาผลิตที่นานกว่ากระบวนการอื่น ๆ เช่น ยา CHLOVAS-40 ใช้เวลาในการผสม 5 ชั่วโมง/รุ่นการผลิต ใช้เวลาในการตอก 20 ชั่วโมง/รุ่นการผลิต ใช้เวลาในการเคลือบ 18 ชั่วโมง/รุ่นการผลิต ใช้เวลาในการบรรจุบลิสเตอร์ 33 ชั่วโมง/รุ่นการผลิต จึงกล่าวได้ว่า กระบวนการบรรจุยาเม็ดแบบบลิสเตอร์นั้นเป็นขั้นตอนคอขวด (Bottleneck) ของกระบวนการผลิตยาเม็ดจึงทำให้เกิดการวิจัยขั้นนี้ขึ้นเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขการจัดตารางการบรรจุยาแบบบลิสเตอร์ให้มีประสิทธิภาพดียิ่ง ๆ ขึ้นไป



## 1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาของการจัดลำดับการผลิตในแผนกบรรจุยาบลิสเตอร์ของโรงงาน ตัวอย่าง

1.2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิตของแผนกบรรจุยาบลิสเตอร์ด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตโดยผ่าน NEOS Server ด้วยการเปรียบเทียบระยะเวลาปิดงาน (Makespan) กับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิม

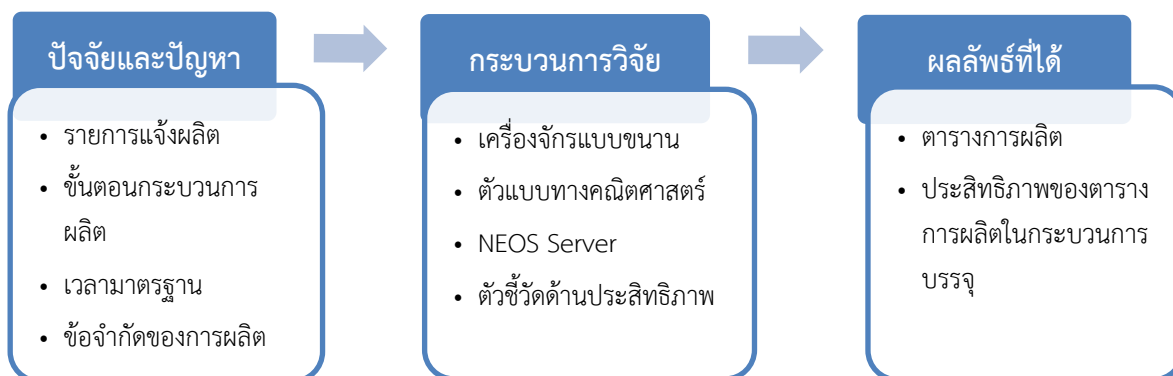
## 1.3 สมมติฐาน

1.3.1 ชนิดของผลิตภัณฑ์ยาและรายการแจ้งผลิตยาของแต่ละผลิตภัณฑ์คงที่ทั้งเดือน

## 1.4 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาการจัดตารางการผลิตของกระบวนการบรรจุโดยใช้เครื่องบรรจุบลิสเตอร์ที่เป็นกิจกรรมต่อเนื่องของแผนกผลิตยาเม็ดที่มีรูปแบบการผลิตระบบเครื่องจักรแบบขนาน (Parallel Machines) โดยการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) โดยผ่านการใช้ NEOS Server เพื่อวัดประสิทธิภาพจากดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ เวลาปิดงานที่น้อยที่สุด (Minimize Makespan)

## 1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย



## 1.6. ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.6.1 เป็นแนวทางในการจัดตารางการบรรจุในอุตสาหกรรมยา โดยการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ประยุกต์รวมกับการใช้โปรแกรมผ่าน NEOS Server ซึ่งสามารถให้คำตอบที่ดีที่สุด

1.6.2 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.6.3. ลดโอกาสในการส่งมอบยาให้ลูกค้าช้า (Late Delivery)

1.6.4. สร้างความพึงพอใจระหว่างหน่วยงานรวมไปถึงลูกค้า

## 1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

Pharmaceutical Inspection Convention and Pharmaceutical Inspection Co-Operation Scheme (PIC/s) คือ กรอบความร่วมมือซึ่งก่อตั้งโดยกลุ่มผู้ตรวจ GMP ของประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะประเทศในยุโรป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มาตรฐานในการตรวจสอบ GMP ในการผลิตยาของแต่ละประเทศมีมาตรฐานเป็นไปในทางเดียวกัน ปัจจุบันมีสมาชิกมากกว่า 40 ประเทศทั่วโลก

**ยาสามัญ (Generic drugs)** คือ ยาที่คุณสมบัติเหมือนยาต้นแบบ โดยต้องมีค่าชีวสมมูล (Bioequivalence) แตกต่างจากยาต้นแบบไม่เกิน 20% ทั้งนี้ยาสามัญมีราคาถูกกว่ายาต้นแบบมาก เนื่องจากการลอกเลียนสูตรยาต้นแบบที่หมดสิทธิบัตร ทำให้ไม่มีค่าใช้จ่ายในการศึกษาค้นคว้าตัวยาซึ่งต้องใช้ทั้งระยะเวลาและเงินลงทุนค่อนข้างสูง

**ยาต้นแบบ (Original drug)** คือ ยาที่บริษัทผู้ผลิตคิดค้นขึ้นใหม่เป็นเจ้าแรก ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการคิดค้นศึกษาวิจัย โดยบริษัทผู้คิดค้นจะได้สิทธิบัตรในการจัดจำหน่ายยานั้น ๆ แต่เพียงผู้เดียวเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 2 ปี

**รุ่นการผลิต (Batch or lot)** คือ ปริมาณที่กำหนดแน่นอนของวัตถุดิบ วัสดุการบรรจุ หรือผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตในหนึ่งกระบวนการหรือกระบวนการต่อเนื่องกัน

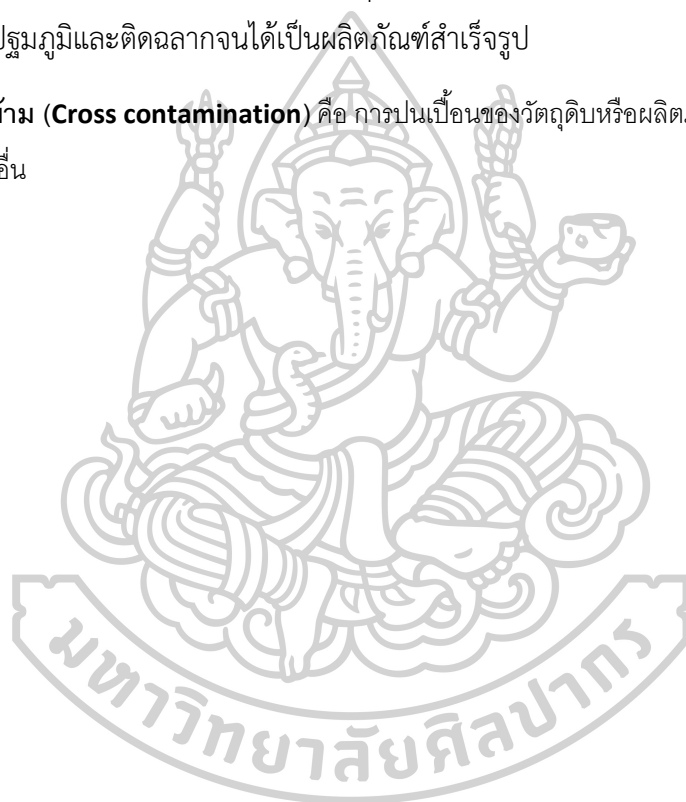
**หมายเลขรุ่นที่รับ/ผลิต (Batch number or lot number)** คือ หมายเลขหรือตัวอักษร หรือทั้งสองอย่างรวมกัน ซึ่งเป็นการชี้บ่งเฉพาะถึงรุ่นหรือครั้งที่รับ/ผลิตได้อย่างชัดเจน

**สูตรการผลิต คำแนะนำกระบวนการผลิตและการบรรจุ (Manufacturing formula, Processing and Packing instructions, Batch Manufacturing Record)** คือ เอกสารที่ระบุถึงวัตถุดิบทุกชนิดที่ใช้ คำแนะนำกระบวนการผลิตและการบรรจุ

**วัสดุการบรรจุ (Packaging material)** คือ วัสดุที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ยา อาจเป็นชนิดปฐมภูมิหรือทุติยภูมิ ขึ้นกับว่ามีการสัมผัสโดยตรงกับผลิตภัณฑ์หรือไม่ แต่ไม่รวมถึงวัสดุการบรรจุภายนอกที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายหรือขนส่ง

**การบรรจุ (Packaging)** คือ การดำเนินการทุกอย่าง ตั้งแต่การนำผลิตภัณฑ์รอบรรจุมาบรรจุใส่ภาชนะบรรจุปฐมภูมิและติดฉลากจนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

**การปนเปื้อนข้าม (Cross contamination)** คือ การปนเปื้อนของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ด้วยวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำมาเป็นพื้นฐานของการวิจัยนี้ โดยรายละเอียด เริ่มจากการวางแผนผลิตในส่วนต่าง ๆ ไปจนถึงระบบการผลิต, ทฤษฎีการจัดตารางการผลิต และบทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัย

#### 2.1 การวางแผนและการควบคุมการผลิต

ชุมพล (2) กล่าวว่า การวางแผนและการควบคุมการผลิต เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการจัดการ การตัดสินใจเกี่ยวกับความต้องการทรัพยากร (คน เครื่องจักร วัตถุดิบ) และการประเมินผลในขนาดของการดำเนินการผลิต (Manufacturing operation) การจัดแจก (Allocation) และการจัดตารางการผลิต (Scheduling) ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลผลิตเป็นไปตามที่วางแผนไว้ ทั้งในเชิงคุณภาพ (Qualitative) ปริมาณ (Quantitative) และเวลา (Time) โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำสุด

พิภพ (3) กล่าวว่า การวางแผนและการควบคุมการผลิตเป็นกระบวนการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดหา การใช้ประโยชน์ และการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดให้กับกิจกรรมการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าตามช่วงระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ ด้วยวิธีที่มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล

จากข้อความดังกล่าว สามารถนิยามการวางแผนและการควบคุมการผลิตได้ดังนี้ การวางแผนและการควบคุมการผลิต คือ การบริหารจัดการกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบการผลิตโดยเริ่มตั้งแต่ว่า โรงงานจะต้องทำการผลิตผลิตภัณฑ์อะไร ถ้าหากเป็นอุตสาหกรรมยา ก็หมายความว่า โรงงานยาจะดำเนินการผลิตยาอะไรที่ตอบสนองความต้องการของตลาด ผลิตจำนวนเท่าไร และผลิตในช่วงเวลาใด ซึ่งการตัดสินใจดังกล่าวจะต้องอาศัยข้อมูลหลาย ๆ ด้าน เพื่อให้แผนการผลิตที่ได้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการผลิตจริง ตลอดจนถึงการควบคุมกิจกรรมการผลิตที่เกิดขึ้นในพื้นที่การผลิตให้เป็นไปตามแผนการผลิตที่ได้วางไว้ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนในการวางแผนและการควบคุมการผลิตได้ (4) ดังนี้

### 2.1.1 การพยากรณ์และคำสั่งซื้อจากลูกค้า (Forecasting and Customer Order)

การพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเน หรือการประเมินความต้องการสินค้าของลูกค้าในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ซึ่งอาจจะเป็นการพยากรณ์ระยะสั้น ระยะกลาง หรือระยะยาว ส่วนคำสั่งซื้อของลูกค้าหมายถึง ข้อมูลการสั่งซื้อที่แสดงชนิดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณความต้องการ และช่วงเวลาที่จะต้องส่งมอบ ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์และคำสั่งซื้อของลูกค้าจะเป็นตัวกำหนดชนิดและจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่โรงงานจะต้องทำการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า

### 2.1.2 การวางแผนการผลิตรวม (Aggregate Planning)

การวางแผนการผลิตรวมเป็นการวางแผนการผลิตระยะกลาง โดยจะใช้ข้อมูลการพยากรณ์เป็นข้อมูลตั้งต้น ซึ่งเป็นการมองถึงภาพรวมของผลิตภัณฑ์แทนที่จะมองถึงข้อมูลของแต่ละผลิตภัณฑ์ แสดงเพียงหน่วยรวมของกลุ่มผลิตภัณฑ์ (Aggregate Unit)

### 2.1.3 ตารางการผลิตหลัก (Master Production Schedule : MPS)

ตารางการผลิตหลักจะแสดงถึงปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลา โดยคำนวณจากข้อมูลแผนการผลิตรวม เช่น แผนการผลิตรวมของรถยนต์ รุ่น A 100 คัน รุ่น B 150 คัน และรถ C 200 คัน ซึ่งตารางการผลิตหลักนี้จะถูกนำไปประเมินกำลังการผลิตขั้นต้น (Rough Cut Capacity Planning : RCCP) เพื่อทำการปรับปรุงให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตที่มีอยู่ในปัจจุบัน ก่อนการนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

### 2.1.4 การวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning : MRP)

ระบบการวางแผนความต้องการวัสดุ เป็นระบบที่นำมาใช้ในการบริหารจัดการวัสดุเพื่อให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของกระบวนการผลิต ระบบ MRP จะกระจายความต้องการผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากตารางผลิตหลักออกมาเป็นชิ้นส่วน ส่วนประกอบ วัตถุดิบ ที่ต้องใช้ในการผลิตตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญของระบบ MRP ประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

1. ตารางการผลิตหลัก (Master Production Schedule)
2. ใบรายการวัสดุ (Bill of Material: BOM)
3. ข้อมูลสินค้าคงคลัง (Inventory Data)

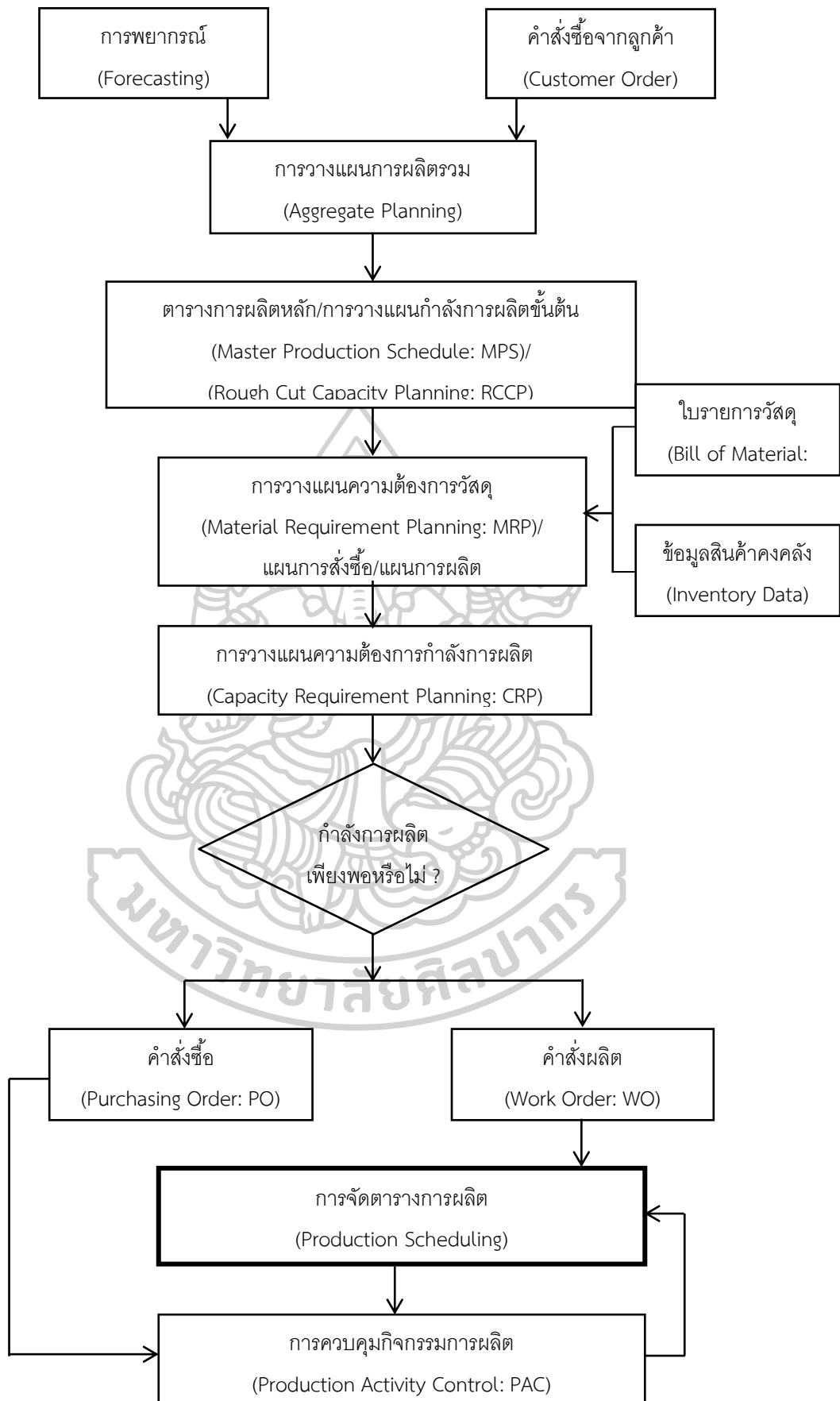
ผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ MRP จะแบ่งเป็นแผนการสั่งซื้อ (Purchasing Plan) และแผนการผลิต (Production Plan) โดยใช้การคำนวณแบบย้อนกลับ (Backward) ร่วมกับหลักการที่ว่ากำลังการผลิตของโรงงานมีอยู่อย่างไม่จำกัด (Infinite Capacity) จึงทำให้แผนการผลิตที่ได้จากระบบ MRP อาจไม่สัมพันธ์กับกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง จึงทำให้ต้องมีการวางแผนความต้องการกำลังการผลิตของหน่วยผลิตต่าง ๆ รวมไปถึงการจัดตารางการผลิตเพิ่มเติมก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง

#### 2.1.5 การวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity Requirement Planning: CRP)

การวางแผนความต้องการกำลังการผลิต จะเป็นการตรวจสอบว่าโรงงานมีกำลังการผลิตเพียงพอที่จะทำตามแผนการผลิตที่ได้จากขั้นตอนที่ผ่านมาหรือไม่ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการวางแผนทางด้านกำลังคน เครื่องจักร และทรัพยากรอื่น ๆ ที่ต้องใช้ในการผลิต ว่าสามารถรองรับความต้องการของลูกค้าได้หรือไม่ หากพบว่าระบบมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอ ผู้วางแผนก็ต้องพิจารณาปรับปรุงแผนการผลิตหลัก เพิ่มการทำงานล่วงเวลา หรือการจ้างผู้รับเหมาช่วง

#### 2.1.6 การควบคุมกิจกรรมการผลิต (Production Activity Control: PAC)

การควบคุมกิจกรรมการผลิตหรือการบริหารพื้นที่การผลิต (Shop Floor Management) เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดตารางการผลิตมาใช้ในพื้นที่การผลิตจริง ตลอดจนควบคุมและติดตามงานระหว่างผลิตให้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ รวมถึงทำหน้าที่รวบรวมจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในการผลิต เพื่อนำไปปรับปรุงข้อมูลนำเข้าของการจัดตารางการผลิตในรอบถัด ๆ ไป



แผนภูมิที่ 2.1 ขั้นตอนการทำงานของ การวางแผนและการควบคุมการผลิต



## 2.2 การจัดลำดับและการจัดตารางการผลิต (Production Sequencing and Scheduling)

ธีรเดช (4) กล่าวไว้ว่า การจัดลำดับการผลิต (Production Sequencing) เป็นการหาคำตอบว่าควรทำงานใดก่อนหรือควรทำงานใดเป็นลำดับถัดไป

ปารเมศ (5) กล่าวไว้ว่า การจัดตารางการผลิต (Production Scheduling) เป็นการหาเวลาเริ่มต้นและเวลาเสร็จงานที่เหมาะสมให้กับงานตามลำดับการผลิตที่จัดไว้หรือหมายถึง การจัดสรรทรัพยากร (Resource) ที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้กับภารกิจ (Task) ที่กำหนดให้จำนวนหนึ่งภายใต้ระยะเวลาที่กำหนดให้เพื่อที่จะทำให้องค์กรสามารถบรรลุถึงเป้าหมาย (Goal) หรือวัตถุประสงค์ (Objective) สูงสุดที่องค์กรกำหนดไว้ที่เวลานั้น การจัดตารางจะทำให้ทราบว่า เราจะต้องใช้แต่ละทรัพยากรเมื่อใด เพื่อที่จะผลิตชิ้นงานหรือให้บริการตามที่ต้องการและการจัดตารางการผลิตนี้จะเกิดขึ้นในขั้นตอนสุดท้ายของการวางแผนก่อนที่การผลิตจริงจะเริ่มขึ้น ดังนั้นการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตจึงควรใช้ร่วมกันเพื่อให้ได้แผนการผลิตที่นำไปใช้งานได้จริงและเหมาะสมกับการผลิตแบบต่าง ๆ เพื่อลดเวลาการรอคอยในการผลิต ลดงานระหว่างการผลิต (Work in process) หรือลดความล่าช้าของงานซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตลงอีกด้วย

การตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดตารางที่ดีจะต้องเกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ การดำเนินการเช่นนี้จะต้องมีโครงสร้างการตัดสินใจอย่างเป็นทางการและทำให้สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพให้ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ขั้นตอนดังกล่าวประกอบด้วย

1. การกำหนดปัญหา ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการกำหนดปัญหาและเกณฑ์ที่จะนำไปสู่การตัดสินใจ ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความสับสนได้
2. การวิเคราะห์ เป็นการพิจารณาถึงปัจจัยและปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่รวมกันขึ้นเป็นปัญหา ขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการระบุถึงตัวแปรตัดสินใจ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัวและข้อจำกัดต่าง ๆ
3. การสังเคราะห์ ขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการสร้างคำตอบที่เป็นทางเลือกให้กับปัญหา ซึ่งหมายถึง การหาคำตอบต่าง ๆ ที่เป็นไปได้จริงในทางปฏิบัติ
4. การประเมินผล ขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบคำตอบที่เป็นไปได้และเลือกคำตอบที่ดีที่สุด



## 2.3 วิธีการหาคำตอบในการจัดตารางการผลิต

วิธีการหาคำตอบให้กับการจัดตารางการผลิตจะมีอยู่หลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะของปัญหา ซึ่งหากใช้คุณภาพของคำตอบเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งวิธีการหาคำตอบออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ วิธีการที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) และวิธีที่ให้คำตอบที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดหรือเรียกว่า วิธีการหาคำตอบแบบประมาณ (Approximate Method) ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2.2

2.3.1 วิธีการกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) เป็นการจำลองปัญหาด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์(6) และหาคำตอบโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างของวิธีการนี้ได้แก่ กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) กำหนดการแบบจำนวนเต็ม (Integer Programming) กำหนดการเชิงเส้นแบบผสม (Mixed Integer Programming) และกำหนดการแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Programming) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและคำตอบที่ต้องการ

2.3.1.1 กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นเทคนิคหนึ่งของการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเป็นการวิเคราะห์เพื่อต้องการหาคำตอบทางเลือก หรือหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ไม่ว่าจะเป็ค่าสูงสุด เป็นค่าต่ำสุด หรือค่าเท่ากับที่กำหนด จากปัญหาในลักษณะที่ต้องการ “ได้มากที่สุด หรือเสียน้อยที่สุด หรือพอดีเท่าที่กำหนด” ภายใต้เงื่อนไข เช่น ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด จำนวนความต้องการที่ระบุไว้ เป็นต้น

ลักษณะของปัญหากำหนดการเชิงเส้น ต้องมีสมมติฐาน 3 ประการ ดังนี้

1. มีความเป็นสัดส่วนต่อกัน (Proportionality) คือ ตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัวส่งผลต่อฟังก์ชันวัตถุประสงค์และส่งผลต่อเงื่อนไขบังคับแต่ละข้อ เช่น หากจำนวนการผลิตชิ้นงานลดจาก 500 หน่วย เป็น 250 หน่วย จะมีผลทำให้ชั่วโมงการทำงานของแรงงานที่ใช้ในงานผลิตและจำนวนชั่วโมงการทำงานของแรงงานที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพลดลง
2. สามารถบวกหรือรวมเข้าด้วยกันได้ (Additivity) คือ คุณสมบัติที่เทอมต่าง ๆ ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้นต้องสามารถบวก (ลบ) กันได้ เช่น ถ้ารวมต้องเท่ากับผลรวมของกำไรจากตัวแปรที่สนใจแต่ละตัว

3. สามารถแบ่งเป็นส่วนย่อยได้ (Divisibility) คือ คุณสมบัติที่ตัวแปรตัดสินใจเป็นไปได้อย่างจำนวนเต็มและไม่ใช่จำนวนเต็ม

โดยสมมติฐานทั้ง 3 ข้อนี้จะถูกนำมาแสดงอยู่ในรูปของพีชคณิตได้ ดังนี้

$$\text{ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ Max หรือ Min } c_1X_1 + c_2X_2 + \dots + c_nX_n$$

$$\text{เงื่อนไขบังคับ } a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \geq b_1$$

$$a_{k1}X_1 + a_{k2}X_2 + \dots + a_{kn}X_n \leq b_k$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n = b_m$$

เมื่อ  $X_1, X_2, \dots, X_n$  เป็นตัวแปรตัดสินใจ ค่า  $c_1, c_2, \dots, c_n$  เป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจฟังก์ชันจุดประสงค์

เงื่อนไขบังคับประกอบไปด้วย

1. ค่าหรือปริมาณด้านขวามือ เป็นค่าคงที่ที่เป็นตัวกำหนดขอบเขตจำกัดของเงื่อนไข เช่น

$$b_1, b_2, \dots, b_m$$

2. เครื่องหมายทางพีชคณิตแสดงขอบเขตของเงื่อนไข

ถ้าหากเป็นขอบเขตด้านสูง แสดงด้วยเครื่องหมาย เท่ากับหรือน้อยกว่า ( $\leq$ )

ถ้าหากเป็นขอบเขตด้านต่ำ แสดงด้วยเครื่องหมาย เท่ากับหรือมากกว่า ( $\geq$ )

3. ตัวแปรตัดสินใจที่ถูกบังคับด้วยเงื่อนไข
4. ผลกระทบต่อหนึ่งหน่วยของตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัวที่มีต่อค่าด้านขวามือของเงื่อนไขบังคับนั้น เรียกว่า เป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในเงื่อนไขบังคับ เช่น  $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{mn}$  เป็นต้น

### 2.3.1.2 ซอฟต์แวร์แก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด (Optimization software)

คือ ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเชิงคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดซึ่งคำตอบที่ได้แต่ละซอฟต์แวร์อาจแตกต่างกันไป ตัวอย่างของซอฟต์แวร์สำเร็จรูปมีดังนี้

2.3.1.2.1 CPLEX (IBM ILOG CPLEX Optimizer) คือ ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดย IBM โดยใช้อัลกอริทึมซิมเพลกซ์ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming)

2.3.1.2.2 MINTO (Mixed INT Optimizer) คือ ซอฟต์แวร์ที่มีการประยุกต์วิธีการแก้ปัญหาแบบแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch-and-Bound Method) โดยที่การแตกกิ่งจะเป็นการสร้างคำตอบของทางเลือกโดยพิจารณาว่าจะสามารถนำงานไปทำบนเครื่องจักรใดได้บ้าง เช่น การหาค่าเวลาการปิดงานต่ำที่สุด กรณีเครื่องจักรขนานกัน จำนวน 2 เครื่อง โดยการแตกกิ่งจากโหนดใด ๆ ก็จะได้โหนดใหม่ จำนวน 2 โหนด และเลือกแตกกิ่งจากโหนดที่มีค่าขอบเขตล่างต่ำสุดและแตกไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถจะแตกกิ่งได้แล้ว

2.3.1.2.3 Gurobi (Gurobi Optimizer) คือ ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นที่ทันสมัยโดยใช้ CPU หลาย ๆ ตัวช่วยในการวิเคราะห์

### 2.3.2 วิธีฮิวริสติก (Heuristic)

เป็นวิธีการหาคำตอบที่ให้ค่าเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้เวลาในการคำนวณไม่นานนัก วิธีฮิวริสติกจะเป็นวิธีการที่ใช้เฉพาะกลุ่ม กล่าวคือ จะไม่สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาสำหรับกลุ่มใด ๆ ไปแก้ปัญหาในกลุ่มอื่นได้ เนื่องจากได้ออกแบบให้ใช้งานเฉพาะเรื่องเท่านั้น เช่น การใช้กฎ EDD (Earliest Due Date) กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) กฎการสุ่ม (Random Rule)

### 2.3.3 วิธีเมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristic)

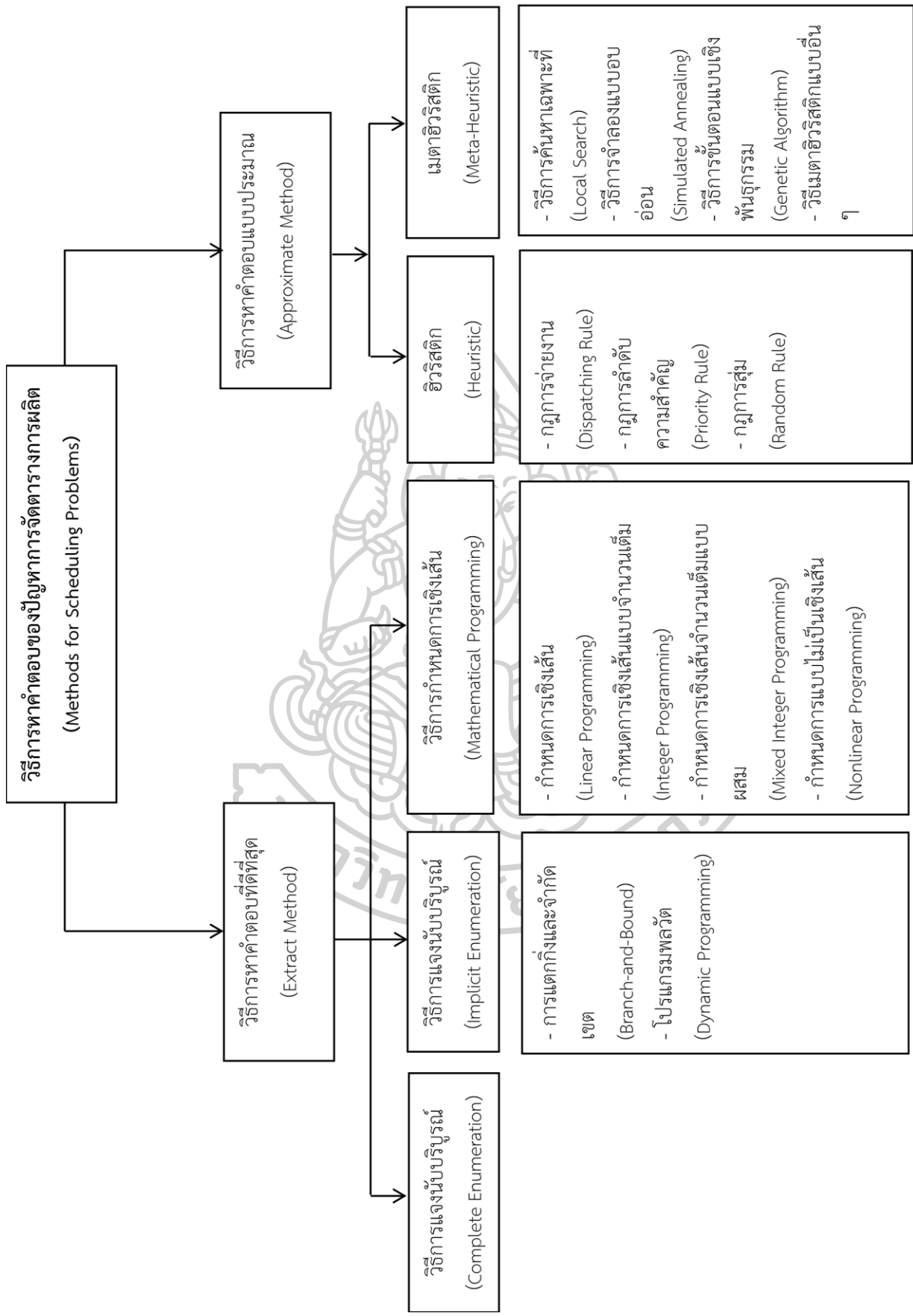
เป็นวิธีการหาคำตอบที่ใช้ได้วงกว้างมากกว่าวิธีการแบบฮิวริสติก ซึ่งจะมีขั้นตอนการทำงานซับซ้อนมากกว่าวิธีการฮิวริสติกหรืออาจเป็นการนำวิธีการแบบฮิวริสติกมาปรับปรุงต่อยอดเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดีขึ้น เช่น วิธีการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search: LS) วิธีการจำลองแบบบออ่อน (Simulated Annealing: SA) วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ในที่นี้จะขอลงรายละเอียดอยู่ 2 วิธี

#### 2.3.3.1 PGA Pack (PGA Pack Parallel Genetic Algorithm Library)

เป็นวิธีการหาคำตอบที่พัฒนา โดย David Levine ซึ่งมีแนวคิดการใช้กลุ่มประชากร (Population Based) ขั้นตอนการถ่ายทอดพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตมาเป็นขั้นตอนในการหาคำตอบทำให้การค้นหาคำตอบมีวิวัฒนาการจากกลุ่มคำตอบหนึ่งไปยังอีกคำตอบหนึ่งเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด

2.3.3.2 PSwarm (Particle Swarm) เป็นวิธีการหาคำตอบที่พัฒนามาจากการสังเกตการเคลื่อนไหวของฝูงนกที่มีลักษณะสอดคล้องกันในเวลาออกหาอาหารซึ่งฝูงนกเหล่านั้นจะมีการส่งสัญญาณเพื่อสื่อสารกันให้ทราบถึงตำแหน่งของอาหารและพาไปกินไปยังแหล่งอาหารที่ได้รับสัญญาณเหล่านั้น ซึ่ง Eberhart และ Kennedy ได้ร่วมกันพัฒนาแนวคิดดังกล่าว ด้วยการใช้ออนุภาค (Particle) จำนวนมาก เคลื่อนที่ไปยังพื้นที่ที่ต้องการค้นหา (Search Space) เพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด





แผนภูมิที่ 2.2 การจัดกลุ่มของวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิต

## 2.4 ระบบการผลิต (Production System)

ระบบการผลิต หมายถึง ขั้นตอนหรือกระบวนการในการแปลงสภาพวัตถุดิบไปเป็นผลิตภัณฑ์หรือสินค้าสำเร็จรูป โดยทั่วไป มักจะแบ่งระบบการผลิตออกตามลำดับของเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน (Machine Routing) เช่น ระบบเครื่องจักรเดี่ยว ระบบเครื่องจักรขนาน ระบบผลิตแบบไหลเลื่อน ระบบการผลิตแบบตามงาน

### 2.4.1 ระบบเครื่องจักรเดี่ยว (Single machine)

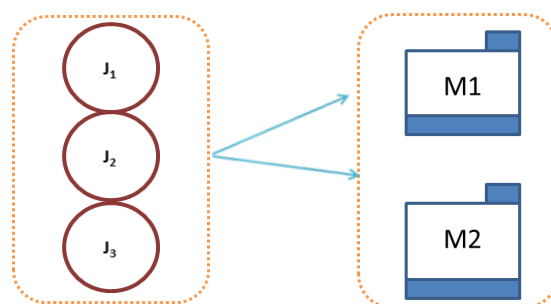
ระบบเครื่องจักรเดี่ยว ประกอบไปด้วยงานชนิดขั้นตอนเดียวจำนวนหนึ่ง โดยที่งานเหล่านี้จะต้องทำบนเครื่องจักรเดียวกันเท่านั้น ลักษณะการทำงานของระบบเครื่องจักรเดี่ยวจะเป็นระบบที่ง่ายไม่ซับซ้อนจึงเป็นที่นิยมในการนำมาศึกษาเพื่อเรียนรู้กลไกในการหาคำตอบ ดังนั้น การศึกษาถึงวิธีการจัดการการผลิตสำหรับระบบเครื่องจักรเดี่ยวจะเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาวิธีการจัดการการผลิตในระบบผลิตแบบอื่น ๆ และยังเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาวิธีการจัดการการผลิตให้กับระบบที่ซับซ้อนอีกด้วย



ภาพที่ 2.1 ระบบเครื่องจักรเดี่ยว

### 2.4.2 ระบบเครื่องจักรขนาน (Parallel Machine)

ระบบเครื่องจักรขนานจะคล้ายกับระบบเครื่องจักรเดี่ยวตรงที่แต่ละงานประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานเพียงขั้นตอนเดียว แต่ในด้านของเครื่องจักร ระบบเครื่องจักรขนาน จะประกอบด้วยเครื่องจักรที่สามารถทดแทนกันได้ จำนวน  $m$  เครื่อง ดังนั้นในระบบเครื่องจักรขนานจะต้องมีกระบวนการตัดสินใจเพิ่มเติมว่าแต่ละงานควรจะทำบนเครื่องจักรใด



ภาพที่ 2.2 ระบบเครื่องจักรขนาน

ระบบเครื่องจักรขนานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. เครื่องจักรขนานกันที่เหมือนกัน (Identical Parallel Machines) ระบบนี้จะมีเครื่องจักรที่ขนานกันมีความเร็วเท่ากัน
2. เครื่องจักรขนานที่มีความเร็วในการผลิตต่างกัน (Different Speed or Uniform Parallel Machines) ระบบนี้จะมีเครื่องจักรที่ขนานกันมีความเร็วในการผลิตไม่เท่ากัน เช่น เครื่องจักร  $M_1$  จะมีความเร็วในการผลิตสูงกว่าเครื่องจักร  $M_2$  และจะเป็นแบบนี้ไปตลอดไม่ว่าจะทำงานใดก็ตาม
3. เครื่องจักรขนานกันที่ไม่สัมพันธ์กัน (Unrelated Parallel Machines) ระบบนี้เครื่องจักรที่ขนานกันจะมีความเร็วในการผลิตไม่เท่ากันและจะเปลี่ยนไปตามงาน

#### 2.4.2.1 วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดของระบบเครื่องจักรขนานโดยการใช้

กำหนดการเชิงเส้น (Mathematical Programming)

ตัวอย่างกำหนดการเชิงเส้นเพื่อหาเวลาปิดงานน้อยที่สุด

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์:

Minimize  $C_{\max}$

สมการข้อจำกัด:

$$C_{\max} \geq \sum_{i=1}^n P_{i,k} j_{i,k} \quad ; k = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\sum_{k=1}^m Y_{i,k} = 1 \quad ; i = 1, 2, \dots, n$$

$$Y_{i,k} \in \{0,1\} \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad k = 1, 2, \dots, m$$



โดยที่

$C_{max}$  คือ เวลาปิดงานของระบบ

$Y_{i,k}$  คือ ตัวแปรตัดสินใจในการเลือกเครื่องจักร  
(1 = เลือก/0 = ไม่เลือก)

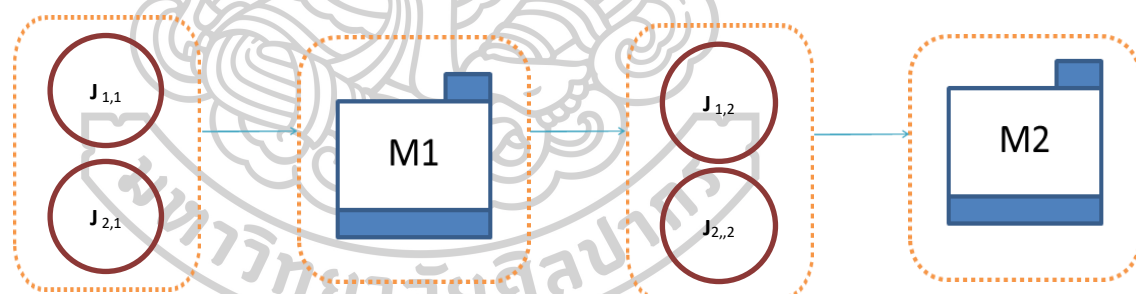
$P_{i,k}$  คือ เวลาในการผลิตงาน  $i$  บนเครื่องจักร  $k$

$m$  คือ จำนวนเครื่องจักรทั้งหมด

$n$  คือ จำนวนงานทั้งหมด

#### 2.4.3 ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow shop)

ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน จะประกอบด้วยงานที่มีขั้นตอนการทำงานมากกว่า 1 ขั้นตอน ( $J_{i,k}$ ) และจะมีเครื่องจักรที่เรียงต่อกันในลักษณะอนุกรม ในระบบการผลิตแบบนี้จะมีทิศทางในการทำงานหรือการไหลของงานไปทิศทางเดียวกัน และต้องไม่วนกลับมาที่เครื่องจักรเดิม อีกทั้งยังต้องมีการค้ำึงถึงเงื่อนไข ก่อน-หลังในการทำงาน

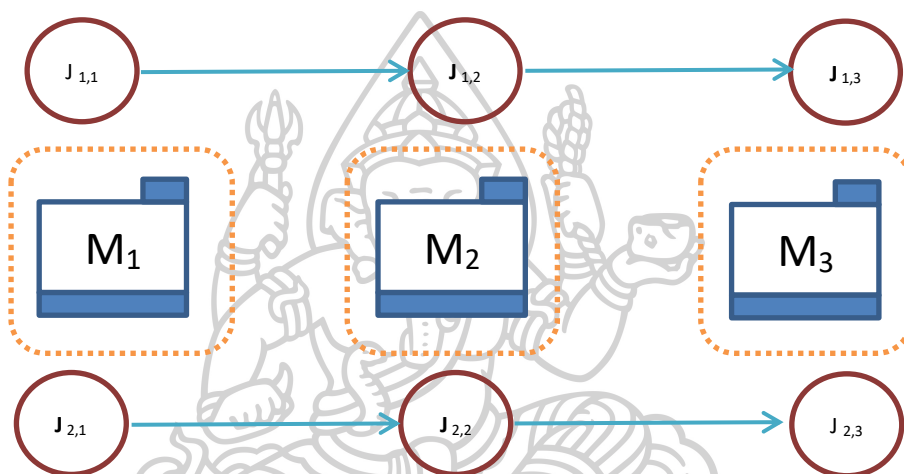


ภาพที่ 2.3 ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน

ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนจะมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญ คือ แต่ละงานจะมีขั้นตอนการทำงานมากกว่า 1 ขั้นตอน และมีเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องมากกว่า 1 เครื่อง โดยเครื่องจักรจะถูกนำมาจัดเรียงต่อกันแบบอนุกรม และจะมีทิศทางการทำงานไหลของงานทุก ๆ งานเพียงทิศทางเดียว (Unidirectional Routing) กล่าวคือ เมื่องานใดถูกทำบนเครื่องจักรหนึ่งแล้วจะไม่สามารถกลับมาทำที่เครื่องจักรนั้นได้อีก ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบดังนี้

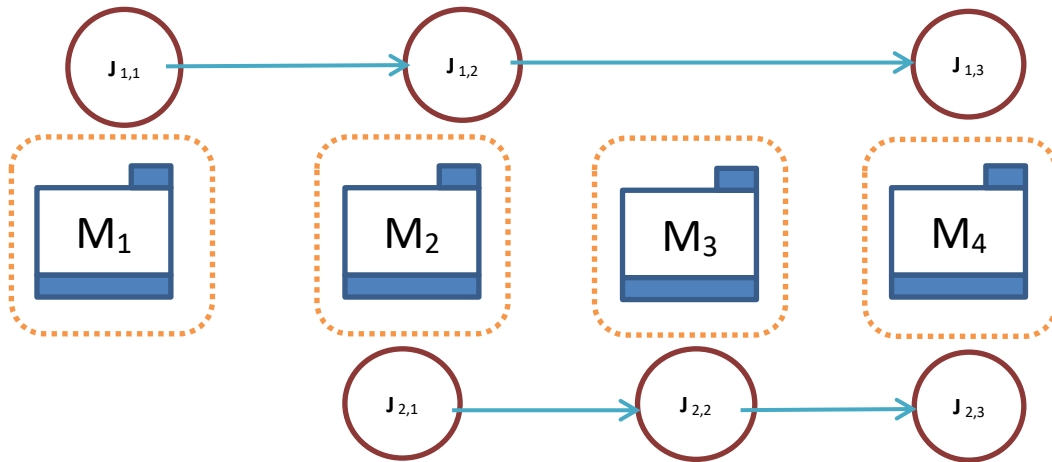


2.4.3.1 ระบบการผลิตไหลเลื่อนแบบสมบูรณ์ (Pure Flow Shop) จะมีลักษณะเฉพาะเพิ่มเติมจากที่กล่าวข้างต้น คือ ทิศทางการไหลของงานจะเหมือนกันสำหรับทุก ๆ งาน ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนสมบูรณ์ที่มีงานที่ต้องการผลิต 2 งาน คือ งาน  $J_1$  และงาน  $J_2$  แต่ละงานประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอน ได้แก่  $J_{1,1} \Rightarrow J_{1,2} \Rightarrow J_{1,3}$  และงาน  $J_{2,1} \Rightarrow J_{2,2} \Rightarrow J_{2,3}$  โดยงานขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 ของทั้ง 2 งานจะมีทิศทางการไหลจากเครื่องจักร  $M_1 \Rightarrow M_2 \Rightarrow M_3$  เหมือนกัน



ภาพที่ 2.4 ระบบการผลิตไหลเลื่อนสมบูรณ์

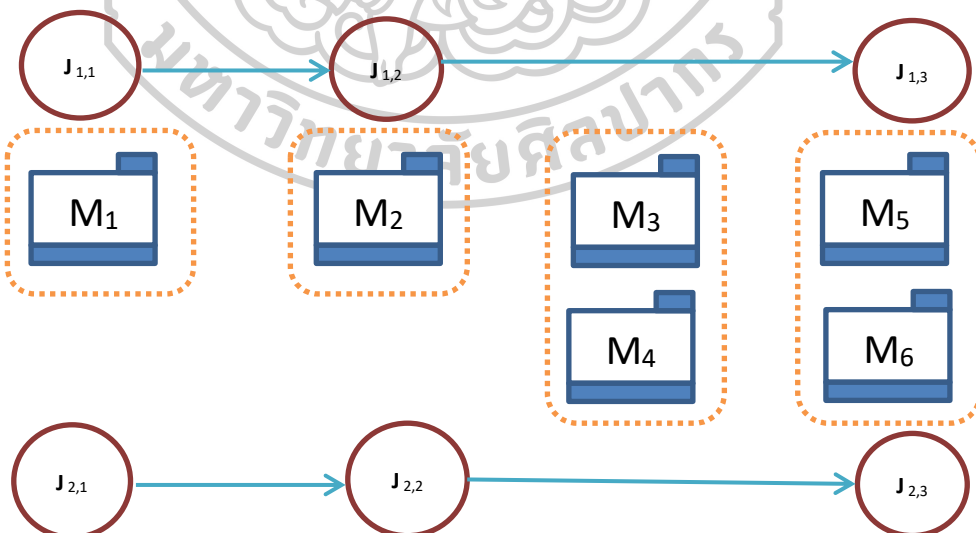
2.4.3.2 ระบบการผลิตไหลเลื่อนแบบทั่วไป (General Flow shop) จะมีลักษณะเฉพาะเพิ่มเติมจากที่กล่าวข้างต้น คือ ทิศทางการไหลของงานไม่จำเป็นต้องเป็นเหมือนกันสำหรับทุก ๆ งาน แต่ยังคงต้องมีเพียงทิศทางเดียว ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างของระบบการผลิตไหลเลื่อนแบบทั่วไปที่มีงานที่ต้องการผลิต 2 งาน คือ งาน  $J_1$  และงาน  $J_2$  แต่ละงานประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอน ได้แก่  $J_{1,1} \Rightarrow J_{1,2} \Rightarrow J_{1,3}$  และงาน  $J_{2,1} \Rightarrow J_{2,2} \Rightarrow J_{2,3}$  โดยงานในขั้นตอนที่ 1, 2, 3 ของงาน  $J_1$  จะมีทิศทางการไหลจากเครื่องจักร  $M_1 \Rightarrow M_2 \Rightarrow M_4$  ในขณะที่ขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 ของงาน  $J_2$  จะมีทิศทางการทำงานบนเครื่องจักร  $M_2 \Rightarrow M_3 \Rightarrow M_4$  ซึ่งจะไม่เหมือนกัน



ภาพที่ 2.5 ระบบการผลิตไหลเลื่อนแบบทั่วไป

#### 2.4.3.3 ระบบการผลิตไหลเลื่อนแบบยืดหยุ่น (Flexible or Hybrid Flow Shop)

ระบบการผลิตแบบนี้จะมีลักษณะเฉพาะเพิ่มเติมจากระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนแบบทั่วไป คือ ในแต่ละขั้นตอนการผลิตสามารถมีเครื่องจักรขนานกันได้ ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างของระบบการผลิตไหลเลื่อนแบบยืดหยุ่น ที่มีงานต้องผลิต 2 งาน คือ  $J_1$  และงาน  $J_2$  แต่ละงานประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอนได้แก่  $J_{1,1} \Rightarrow J_{1,2} \Rightarrow J_{1,3}$  และงาน  $J_{2,1} \Rightarrow J_{2,2} \Rightarrow J_{2,3}$  โดยขั้นตอนที่ 1 และ 2 ของทั้ง 2 งาน จะมีทิศทางไหลของงานจากเครื่องจักร  $M_1 \Rightarrow M_2$  ในขณะที่งานในขั้นตอนที่ 3 ของงาน  $J_1$  จะมีเครื่องจักรให้เลือก 2 เครื่อง ได้แก่ เครื่องจักร  $M_3$  หรือ  $M_4$  และงานในขั้นตอนที่ 3 ของงาน  $J_2$  จะมีเครื่องจักรให้เลือก 2 เครื่อง ได้แก่ เครื่องจักร  $M_5$  หรือ  $M_6$



ภาพที่ 2.6 ระบบการผลิตไหลเลื่อนแบบยืดหยุ่น

ภายใต้เงื่อนไขการทำงานใหม่สำหรับระบบผลิตแบบไหลเลื่อน สมมติฐานที่จะใช้คือ

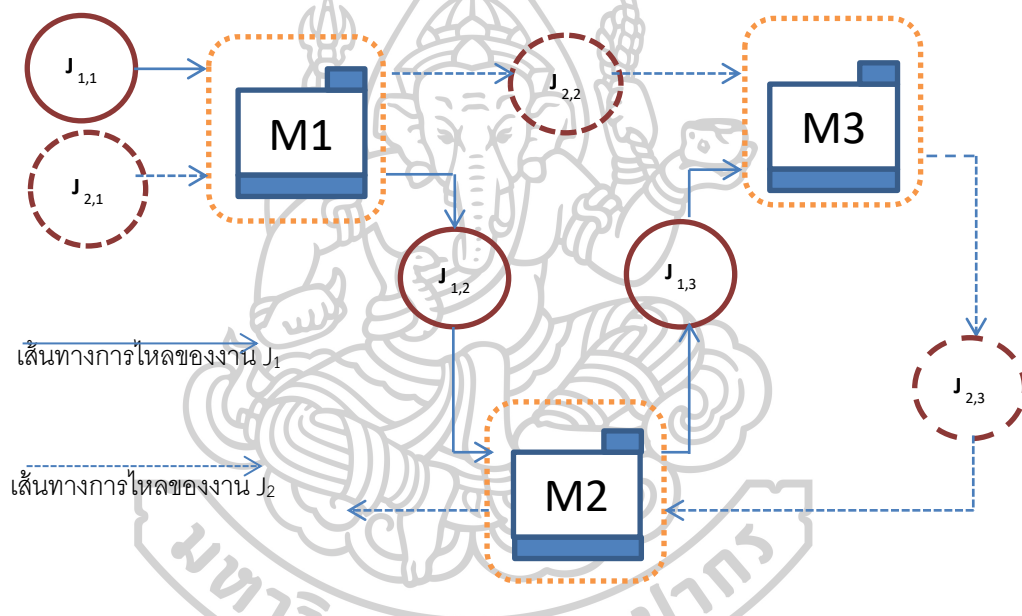
1. เซตของงานแต่ละงานจะประกอบไปด้วย  $n$  การดำเนินงานมีความพร้อมทำที่เวลา  $t = 0$  (แต่ละงานประกอบด้วย  $m$  การดำเนินงาน ซึ่งต้องทำบน  $m$  เครื่องจักรที่แตกต่างกัน)
2. เวลาปรับตั้งเครื่องที่เกิดขึ้นกับการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนต่าง ๆ จะมีความเป็นอิสระต่องานที่ทำอยู่ในลำดับก่อนหน้า และกำหนดให้เวลาปรับแต่งเครื่องถูกรวมเอาไว้ในเวลาปฏิบัติงานเรียบร้อยแล้ว (เวลาดำเนินงาน = เวลาปรับตั้งเครื่อง + เวลาปฏิบัติงาน)
3. เราทราบข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับลักษณะสมบัติของแต่ละงานแล้ว
4. เครื่องจักร  $m$  เครื่องมีความพร้อมในการทำงานอยู่ตลอดเวลาที่ใช้ในการจัดตาราง (ไม่มีเครื่องจักรเสียเกิดขึ้น)
5. ไม่ยอมให้มีการแทรกงานเกิดขึ้น

ข้อดีของระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน คือ ทำให้ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยผลผลิตต่ำเป็นผลมาจากการผลิตชิ้นงานเป็นจำนวนมากด้วยเครื่องมือเฉพาะทางที่มีประสิทธิภาพสูง จัดซื้อของปริมาณมากทำให้สามารถต่อรองราคากับผู้ขายได้ ค่าจ้างแรงงานต่ำเนื่องจากใช้เครื่องอัตโนมัติเป็นส่วนใหญ่ จึงไม่ต้องการพนักงานที่มีความชำนาญมากนัก พิสัยคงคลังต่ำเนื่องจากการมีการทำงานเป็นมาตรฐาน อัตราการใช้สอยเครื่องจักรสูง เนื่องจากสามารถนำเอาระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติเข้ามาใช้ป้อนงานเข้าเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการบริหารจัดการระบบทำได้ง่ายเนื่องจากการมีการทำงานเป็นกิจวัตร เป็นต้น

ข้อเสียของระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน คือ การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์หรืออัตราการผลิตทำได้ยาก เพราะใช้อุปกรณ์เฉพาะทางเป็นส่วนมาก การทำงานในระบบนี้อาจจะสร้างความเบื่อหน่ายไม่ท้าทายให้กับพนักงานเพราะต้องทำงานซ้ำเดิมตลอดเวลา การเสียของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุอาจจะทำให้ทั้งระบบต้องหยุดตามไปด้วย การดัดแปลงเครื่องจักรเฉพาะทางให้ไปทำงานอย่างอื่นได้ยากและการปรับตั้งเครื่องในครั้งแรกต้องใช้เวลาานาน เป็นต้น

#### 2.4.4 ระบบการผลิตแบบตามงาน (Job shop)

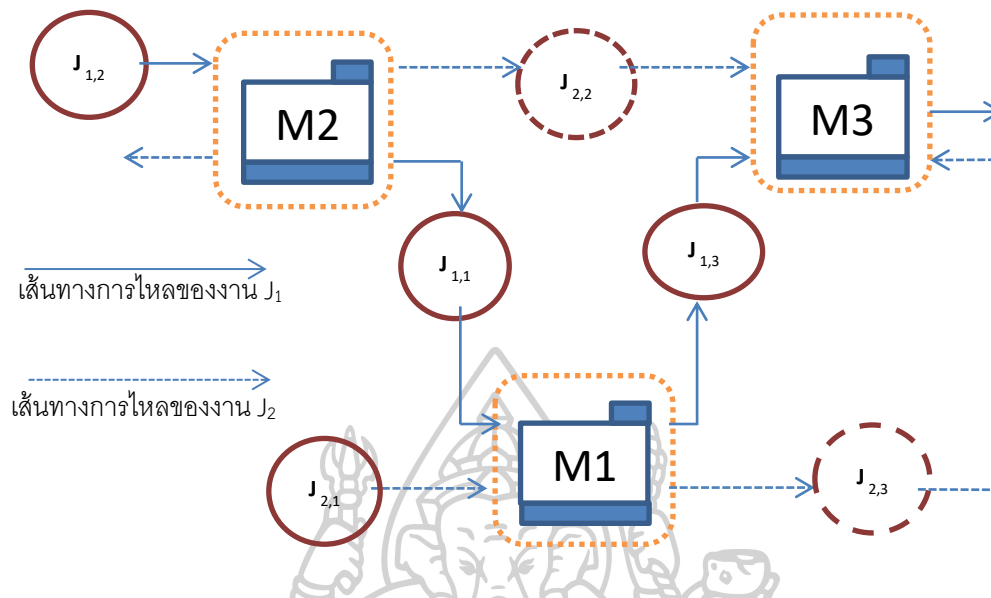
ระบบการผลิตแบบตามงาน จะประกอบไปด้วยงานที่มีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นและมีเครื่องจักรจำนวนหนึ่งที่น่ามาใช้ในการทำงาน รวมถึงมีเงื่อนไข ก่อน-หลังในการทำงาน เช่นเดียวกับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน แต่ระบบการผลิตแบบตามงานจะมีทิศทางการไหลของงานที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ทิศทางการไหลของงานต่าง ๆ ไม่จำเป็นที่จะต้องมิติศทางเดียวกันและยังสามารถวนกลับมาทำงานที่เครื่องจักรเดิมได้ ระบบการผลิตแบบตามงานจะเสมือนกับการนำระบบเครื่องจักรเดี่ยวหลาย ๆ เครื่องมาทำงานร่วมกัน



ภาพที่ 2.7 ระบบการผลิตแบบตามงาน

#### 2.4.5 ระบบการผลิตแบบเปิด (Open shop)

ระบบการผลิตแบบเปิด จะมีทิศทางการไหลของงานได้หลายทิศทาง และอนุญาตให้จำนวนกลับมาทำที่เครื่องจักรเดิมได้ แต่จะไม่มีเงื่อนไขด้านลำดับก่อน-หลังในการทำงาน ดังนั้น ระบบการผลิตแบบเปิดจะมีเส้นทางผลิตได้หลายรูปแบบมากกว่าระบบการผลิตแบบตามงานและระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน ดังแสดงในภาพที่ 2.8 เมื่อไม่ต้องพิจารณาเงื่อนไข ก่อน-หลัง ในการทำงาน โดยงาน J<sub>1</sub> ผู้ปฏิบัติงานสามารถเลือกทำงาน J<sub>1,2</sub> บนเครื่องจักร M<sub>2</sub> ก่อน หลังจากนั้นจึงเลือกทำงาน J<sub>1,1</sub> บนเครื่องจักร M<sub>1</sub> และสุดท้ายเลือกทำงาน J<sub>1,3</sub> บนเครื่องจักร M<sub>3</sub>



ภาพที่ 2.8 ระบบการผลิตแบบเปิด

## 2.5 วัตถุประสงค์และตัววัดสมรรถนะ

2.5.1 วัตถุประสงค์ด้านปริมาณผลผลิต (Throughput Related Objective) คือ วัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลผลิตมากที่สุด เช่น การทำให้เครื่องจักรที่เป็นคอขวดของกระบวนการมีปริมาณของผลผลิตมากที่สุด ตัวอย่างของวัตถุประสงค์ด้านปริมาณผลผลิต ดังนี้

2.5.1.1 เวลาที่งานอยู่ในระบบ (Flow Time: F) เวลาที่งานอยู่ในระบบ หมายถึง เวลาทั้งหมดที่งานอยู่ในระบบ ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาระหว่างเวลาปล่อยงานย่อยแรกและเวลาที่ทำงานย่อยสุดท้ายของงานเดียวกันเสร็จสิ้น สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเวลาที่งานอยู่ในระบบคือ  $F_i$  ซึ่งหมายถึงเวลาที่งาน  $i$  อยู่ในระบบ ( $F_i = C_i - r_i$ )

2.5.1.2 เวลาปิดงาน (Makespan: MS) เวลาปิดงาน หมายถึงช่วงเวลาที่ทำงาทั้งหมดเสร็จสิ้น ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีงานที่ต้องทำทั้งหมด 4 งาน เวลาปิดงานของระบบจะมีค่าเท่ากับ ช่วงระหว่างเวลาที่ปล่อยงานย่อยแรกของงานที่ 1 และเวลาที่ทำงานย่อยสุดท้ายของงานที่ 4 เสร็จสิ้น สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเวลาปิดงานของระบบคือ MS โดยทั่วไปแล้วถ้าเวลาเริ่มของงานย่อยแรกเท่ากับ ศูนย์ เวลาปิดงานของระบบจะมีค่าเท่ากับเวลาเสร็จงานของงานสุดท้ายในขั้นตอนสุดท้าย หรือ  $C_{i,j}$  โดยที่  $i = n$  และ  $j = a$  ซึ่งเรามักจะเรียกว่า  $C_{max}$

## 2.5.2 วัตถุประสงค์ด้านกำหนดส่งมอบ (Due Date Related Objectives)

2.5.2.1 เวลาล่าช้า (Tardiness:  $T$ ) เวลาล่าช้า หรือความล่าช้า หมายถึงเวลาที่งานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด จะเกิดขึ้นเมื่องานนั้น ๆ เสร็จหลังจากกำหนดส่งงาน สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเวลาล่าช้าของงานคือ  $T_i$  ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาที่งาน  $i$  เสร็จล่าช้ากว่ากำหนด ค่าเวลาล่าช้าจะมีค่าน้อยที่สุดเป็น 0 ซึ่งหมายความว่า งานนั้นเสร็จทันเวลาหรือเสร็จก่อนกำหนด ในกรณีที่ผู้วางแผนให้ความสำคัญกับเวลาเสร็จล่าช้าของงานย่อย เวลาล่าช้าจะแสดงด้วยสัญลักษณ์  $T_{i,j}$  ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาที่งาน  $i$  ในขั้นตอน  $j$  เสร็จล่าช้ากว่ากำหนด

2.5.2.2 เวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนด (Earliness:  $E$ ) เวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนด หมายถึงเวลาที่งานเสร็จเร็วกว่ากำหนดส่ง จะเกิดขึ้นเมื่องานนั้น ๆ เสร็จก่อนกำหนดส่งงาน สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเวลาเสร็จก่อนกำหนดคือ  $E_i$  ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาที่งาน  $i$  เสร็จเร็วกว่ากำหนด เวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนดจะมีค่าน้อยที่สุดเป็น 0 ซึ่งหมายความว่า งานนั้นเสร็จทันเวลาหรือเสร็จช้ากว่ากำหนด ในกรณีที่ผู้วางแผนให้ความสำคัญกับปริมาณงานระหว่างทำ (Work in Process) จะต้องพิจารณาเวลาเสร็จก่อนกำหนดของงานย่อยต่าง ๆ ด้วย ซึ่งจะแทนด้วยสัญลักษณ์  $E_{i,j}$  ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาที่งาน  $i$  ในขั้นตอน  $j$  เสร็จก่อนกำหนด

2.5.2.3 เวลาสาย (Lateness:  $L$ ) เวลาสาย หมายถึงช่วงเวลาที่งานนั้นเสร็จก่อนกำหนด (Earliness) หรือเสร็จช้ากว่ากำหนด (Tardiness) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเวลาสายของงาน คือ  $L_i$  ซึ่งหมายถึงเวลาสายของงาน  $i$  ถ้าหาก  $L_i$  มีค่าน้อยกว่า 0 แสดงว่างาน  $i$  ทำเสร็จก่อนกำหนด แต่ถ้าหาก  $L_i$  มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่างาน  $i$  ทำเสร็จช้ากว่ากำหนด และถ้าหาก  $L_i$  มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่างาน  $i$  เสร็จทันเวลาที่กำหนด

## 2.6 รูปแบบของเวลาเตรียมการผลิต

เวลาเตรียมการผลิตมีความสำคัญอย่างมาก (7) เนื่องจากเป็นกระบวนการที่จะต้องเตรียมก่อนการผลิต เช่น ปรับแต่งเครื่องจักร ทำความสะอาดเครื่องก่อน เพื่อที่จะเริ่มดำเนินการผลิตต่อไป เวลาเตรียมการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

### 2.6.1 Dependent set up time

เวลาทำการผลิตจะต้องมีการเตรียมการผลิตซึ่งขึ้นอยู่กับงานก่อนหน้านี้ หมายความว่าในขณะที่งาน  $j$  กำลังผลิตอยู่ โดยมีงานก่อนหน้านี้ คือ งาน  $k$  ก่อนหน้างาน  $j$  โดยกำหนดเวลาเตรียมงาน คือ  $S_{j,k}$  ดังนั้นงาน  $j$  จะถูกทำการผลิตเสร็จ (Complete) โดยเวลา  $P_j + S_{j,k}$  สำหรับการผลิตที่มีเวลาเตรียมการผลิตแบบ Dependent set up time มักพบในงานอุตสาหกรรมเคมีที่ต้องมีการเตรียมสารที่ต้องการให้มีความบริสุทธิ์

### 2.6.2 Independent set up time

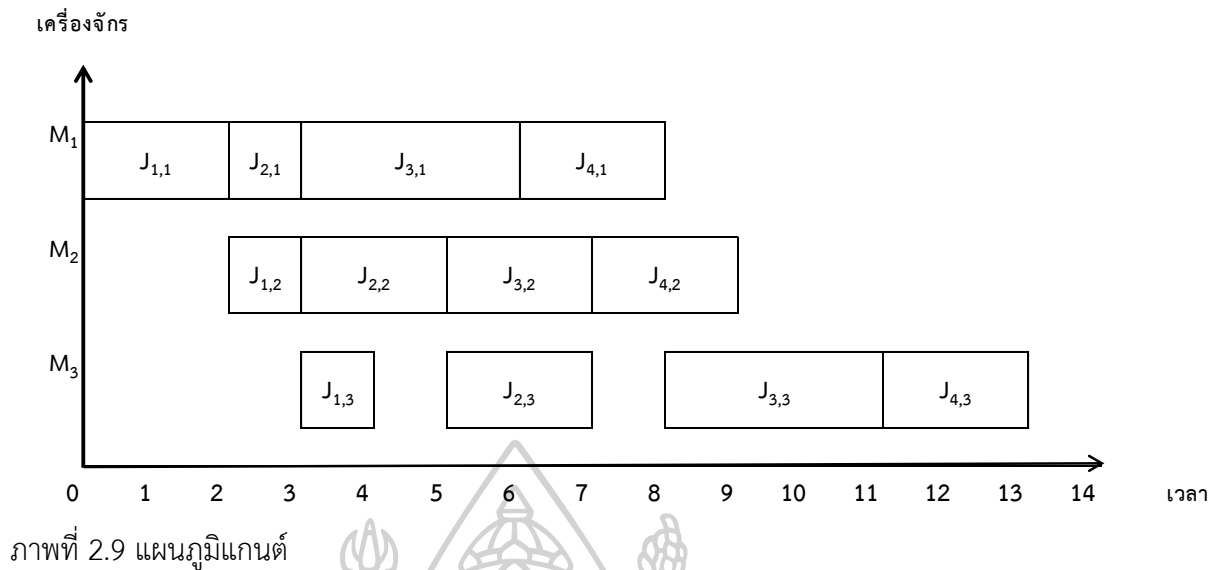
เวลาปรับแต่งเครื่องจักรไม่ขึ้นกับลำดับงานในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงรวมเวลาปรับตั้งเครื่องจักรให้เป็นส่วนหนึ่งของเวลาการผลิต (Processing time)

## 2.7 แผนภูมิการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตมักจะถูกนำเสนออยู่ในรูปแบบตารางการทำงานที่แสดงรายละเอียด ตั้งแต่ ชื่องาน ชื่อเครื่องจักร เวลาเริ่มงาน เวลาเสร็จงาน ซึ่งแผนภูมิที่นิยมนำมาใช้ในการวางแผนและจัดตารางการผลิต คือ แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart)

แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) คือ แผนภูมิที่ใช้อธิบายกระบวนการทำงานต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับเวลา ซึ่งนิยมใช้ในการวางแผนและการติดตามความก้าวหน้าของโครงการ แผนภูมิแกนต์ถูกพัฒนาขึ้น โดย เฮนรี แกนต์ (Henry Laurence Gantt) ใน ค.ศ. 1917 โดยแผนภูมิแกนต์จะแสดงให้เห็นถึงการจัดสรรทรัพยากรให้กับงานต่าง ๆ ภายใต้อเวลาที่กำหนดให้ แผนภูมิแกนต์จะแสดงทรัพยากรอยู่ในแนวแกนต์ตั้ง (แกน Y) ซึ่งถ้าจำนวนของทรัพยากรมีมากกว่า 1 ตัว ให้วางทรัพยากรเรียงซ้อนกันขึ้นไปในแนวตั้ง ส่วนเวลาจะแสดงอยู่ในแนวแกนต์นอน (แกน X) สเกลเวลาที่ใช้ อาจอยู่ในหน่วยของวินาที นาที ชั่วโมง วัน เดือน หรือปี ก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสม ข้อดีของแผนภูมิแกนต์ คือ ทำให้ทราบว่าเวลาใดเวลาหนึ่งทรัพยากรได้ถูกจัดสรรให้กับงาน นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงภาระงาน (workload) และอัตราการใช้สอยทรัพยากร (utilization)





## 2.8 NEOS (Network-Enabled Optimization System)

NEOS เป็นเว็บไซต์ที่ใช้สำหรับการหาคำตอบให้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างหนึ่ง โดยมีความคิดริเริ่มมาจากสถาบัน Wisconsin Institutes of Discovery at the University of Wisconsin in Madison ซึ่งในช่วงแรกจะเป็นการบริการใช้แก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่มีค่าตัวแปรหรือข้อจำกัดมากมาย ที่ใช้แก้ปัญหาของผู้ใช้งานเอง จากนั้นได้มีการพัฒนามาเป็นลำดับจนกลายเป็นเซิร์ฟเวอร์ให้บริการผ่านอินเทอร์เน็ตโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ซึ่งผู้ใช้งานจะส่งปัญหาผ่านทางหน้าเว็บเพจ, e-mail ซึ่งเว็บเพจที่ให้บริการจะมีโปรแกรมช่วยคำนวณต่าง ๆ ให้เลือกใช้เป็นจำนวนมาก เช่น Linear & Integer Programming, Quadratic Programming, Nonlinear Programming, Stochastic Programming ฯลฯ โดย NEOS Server สามารถอ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้หลายภาษา เช่น AMPL, GPMS และ MPS ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ NEOS Server มีความยืดหยุ่นกับการให้บริการ สำหรับการใช้งานผ่าน NEOS Server จำเป็นต้องมีฮาร์ดแวร์รองรับระบบ ดังนี้

1. Neos-2, Neos-4 : Dell PowerEdge R410 servers
  - CPU – 2x Intel Xeon X5660@2.8GHz (12 Cores), HT enabled
  - Memory – 64 GM RAM
  - Disk – 2x 500Gb SATA Drives setup in RAID1
  - Network – 1 Gb/s Ethernet



## 2. Neos-3, Neos-5 : Dell PowerEdge R420 servers

- CPU – 2x Intel Xeon E5-2430@2.2GHz (12 Cores), HT enabled
- Memory – 64 GM RAM
- Disk – 2x 2TB SATA Drives setup in RAID1
- Network – 1 Gb/s Ethernet

## 3. Neos-7: Dell PowerEdge R430 servers

- CPU – 2x Intel Xeon E5-2698@2.3 GHz (32 Cores), HT enabled
- Memory – 192 GM RAM
- Disk – 4x 300G SAS Drive setup in RAID5
- Network – 1 Gb/s Ethernet

### 2.8.1 ขั้นตอนการใช้บริการ NEOS Server

- เลือก Solver ให้เหมาะสมกับปัญหาที่ต้องการ Optimization เช่น CPLEX, Gulobi, MINTO
- แปลงข้อมูลที่ต้องการ Optimization ให้เป็นรูปแบบที่ Solver สามารถเข้ากับ Solver ได้ เช่น AMPL, GPMS
- เลือกวิธีการที่จะรับคำตอบหลังจากที่ Solver ทำการ Optimization เช่น Web interface, XML-RPC, Krestel เป็นต้น

<https://neos-server.org/neos/#solver>



### NEOS Server: State-of-the-Art Solvers for Numerical Optimization

The **NEOS Server** is a free internet-based service for solving numerical optimization problems. Hosted by the **Wisconsin Institute for Discovery** at the University of Wisconsin in Madison, the NEOS Server provides access to more than 60 state-of-the-art solvers in more than a dozen optimization categories. Solvers hosted by the University of Wisconsin in Madison run on distributed high-performance machines enabled by the HTCondor software; remote solvers run on machines at Argonne National Laboratory, Arizona State University, the University of Klagenfurt in Austria, and the University of Minho in Portugal.

The **NEOS Guide** website complements the NEOS Server, showcasing optimization case studies, presenting optimization information and resources, and providing background information on the NEOS Server.

**Sign up for a NEOS user account to receive better service!** When you **Sign Up** for a user account and **Sign In** before you submit your jobs, you will receive higher priority job scheduling and access to the newest feature, a "My Jobs" tab with a list of your recent jobs and links to the results. For more information on the introduction of authentication services, read the March 2016 article, *NEOS Optimizes Itself: New Solvers and Authentication Services Added*, at the Wisconsin Institute for Discovery website.

We have re-enabled user accounts with improved functionality and security. You will need to **reset your password** to access an existing account.

| NEOS Guide  | NEOS Server  | Advanced Tools   |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• NEOS Case Studies</li> <li>• NEOS Optimization Guide</li> <li>• NEOS Server Information</li> <li>• Optimization Resources, LP FAQ and NLP FAQ</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Submit a Job to NEOS</li> <li>• View Job Queue and Job Results</li> <li>• User's Guide to the NEOS Server</li> <li>• NEOS Server FAQ</li> <li>• NEOS Support</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Statistics: solvers, web sites, cluster</li> <li>• Job Archives (password required)</li> <li>• Downloads: Client Tools and Kestrel</li> </ul> |

ภาพที่ 2.10 เว็บไซต์ของ NEOS

ที่มา <https://neos-server.org/neos/solvers> เข้าเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน 2560



## 2.9 AMPL (A Mathematical Programming Language)

AMPL (8) คือ ภาษาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการเข้าโปรแกรมการตัดสินใจ (Optimization) ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของข้อมูล ตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ข้อจำกัด และคำสั่งที่ใช้ในการจัดการและการวิเคราะห์ ซึ่งรับรองเซตข้อมูลหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็น แบบเซตคู่ เซตที่มีสามสมาชิก หรือมากกว่าสามสมาชิกขึ้นไป AMPL สามารถแสดงความสัมพันธ์การโต้ตอบของชุดคำสั่งได้ทันทีและเมื่อเข้าสู่หน้าจอการทำงานจะแบ่งโครงสร้างเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นข้อมูล (data) หรือแบบจำลอง (model) และส่วนที่เป็นคำสั่ง นอกจากนี้ AMPL ยังเป็นภาษาที่สามารถนำไปใช้ได้กับอีกหลาย Solver เช่น CPLEX, Gurobi, Xpress, CONOPT, MINOS, KNITRO เป็นต้น

ภาพที่ 2.11 หน้าจอการทำงานของ AMPLIDE โดยการใช้ AMPL

**ตัวอย่าง** การใช้ AMPL ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการผลิตอย่างไรให้ได้กำไรสูงสุด (Production Models: Maximizing Profits)

บริษัทผลิตเหล็กกล้ากำลังตัดสินใจว่าจะผลิตชิ้นงานใดที่ให้กำไรมากที่สุด โดยชิ้นงานทั้ง 2 ชนิดนี้ใช้เครื่องจักรเดียวกัน โดยมีกำลังการผลิต และกำไรของชิ้นงานแต่ละงานดังนี้

|                             |             |             |
|-----------------------------|-------------|-------------|
| กำลังการผลิต (ตัน/ชั่วโมง): | Bands 200   | Coils 140   |
| กำไรต่อตัน (\$/ตัน):        | Bands \$25  | Coils \$30  |
| ความต้องการ (Maximum tons): | Bands 6,000 | Coils 4,000 |

**คำถาม** คือ ถ้าหากโรงงานมีชั่วโมงการผลิตเพียง 40 ชั่วโมง/สัปดาห์ ควรจะผลิตชิ้นงานไหนและจำนวนเท่าไรถึงจะได้กำไรรวมสูงสุด

เราสามารถแปลงข้อความดังกล่าวเป็นตัวแปรและสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ตัวแปรตัดสินใจ;  $X_B$  = จำนวนชิ้นงาน Bands (ตัน)  $X_C$  = จำนวนชิ้นงาน Coils (ตัน)

สมการจุดประสงค์; Maximize  $25X_B + 30X_C$

สมการข้อจำกัด;  $\left(\frac{1}{200}\right)X_B + \left(\frac{1}{140}\right)X_C \leq 40$

$$0 \leq X_B \leq 6000$$

$$0 \leq X_C \leq 4000$$

ขั้นตอนต่อไป ทำการแปลงสมการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวให้เป็น AMPL ดังนี้

### 1. Prod0.mod

```
var XB;;
```

```
var XC;;
```

```
maximize Profit: 25 * XB + 30 * XC;
```

```
subject to Time: (1/200) * XB + (1/140)*XC <= 40;
```

```
subject to B_limit: 0 <= XB <= 6000;
```

```
subject to C_limit: 0 <= XC <= 4000;
```

## 2. Console

```

ampl:model Prod0.mod;
ampl:solve;
MINOS 5.51:optimal solution found.
2 iterations, objective 192000
ampl:display XB, XC;
XB = 6000
XC = 1400

```

จาก AMPL ข้างต้นสามารถแปลเป็นข้อมูลได้ดังนี้

1. สามารถหาคำตอบได้ ด้วย MINOS Solver
2. กำไรสูงสุด คือ \$19200
3. ผลิต  $X_B = 6000$  ตัน, ผลิต  $X_C = 1400$  ตัน

### 2.9.1 การใช้ AMPL ใน Linear Programming

จากตัวอย่างที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่ามีเพียง 2 ตัวแปรเท่านั้นแต่ถ้าหากตัวแปรตัดสินใจมีมากกว่า 2 ตัวแปรขึ้นไป สมการก็จะมีมากขึ้น ดังนั้นตัว AMPL จึงถูกนำมาใช้เพื่อลดขั้นตอนและจัดการเขียนให้อยู่ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (สัญลักษณ์พีชคณิต: Algebraic notation) ซึ่งขออธิบาย ดังนี้

#### แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

|            |   |  |
|------------|---|--|
| Sets       | = | ชนิดของผลิตภัณฑ์                         |
| Parameters | = | จำนวนชิ้นงานและอัตราการผลิต              |
| Variable   | = | ตัวแปรที่ตัดสินใจ                        |
| Objective  | = | สิ่งที่ต้องการหาคำตอบ (สูงสุดหรือต่ำสุด) |
| Constant   | = | ข้อจำกัด                                 |

#### กำหนดให้

|       |   |                                       |
|-------|---|---------------------------------------|
| P     | = | เซตของผลิตภัณฑ์                       |
| $a_j$ | = | อัตราการผลิตของชิ้นงาน $j, j \in P$   |
| b     | = | จำนวนชั่วโมงการผลิต                   |
| $c_j$ | = | กำไร/ต้นทุนของชิ้นงาน $j, j \in P$    |
| $u_j$ | = | จำนวนตันสูงสุดของชิ้นงาน $j, j \in P$ |

ตัวแปรตัดสินใจ;

$$X_j = \text{จำนวนตันของชิ้นงาน } j, j \in P$$

สมการจุดประสงค์;

$$\text{Maximize } \sum_{j \in P} c_j X_j$$

สมการข้อจำกัด;

$$\sum_{j \in P} \left( \frac{1}{a_j} \right) X_j \leq b$$

$$0 \leq X_j \leq u_j \text{ สำหรับ } j \in P$$

ขั้นตอนต่อไป ทำการแปลงสัญลักษณ์พีชคณิตให้เป็น AMPL

### 1. Steel.dat

```
set PROD := bands coils;
```

|               |      |        |        |    |
|---------------|------|--------|--------|----|
| <b>param:</b> | rate | profit | market | := |
| bands         | 200  | 25     | 6000   |    |
| coils         | 140  | 30     | 4000   |    |

```
param avail := 40;
```

### 2. Steel.mod

```
set PROD; # Products
```

```
param rate (9) > 0; # tons produced per hour
param avail >= 0; # hours available in week
```

```
param profit {PROD}; # profit per ton
param market {PROD}; # limit on tons sold in week
```

```
var Make {p in PROD} >= 0, <= market[p]; # tons produced
```

```
maximize Total_Profit: sum {p in PROD} profit[p] * Make[p];
```

```
# Objective: total profit from all
products
```

**subject to** Time:  $\sum \{p \text{ in PROD}\} (1/\text{rate}[p]) * \text{Make}[p] \leq \text{avail};$

# Constraint: total oh hours used by  
all

# products may not exceed hours  
available

### 3. Console

ampl:model steel.mod;

ampl:data steel.dat;

ampl:solve;

MINOS 5.51:optimal solution found.

2 iterations, objective 192000

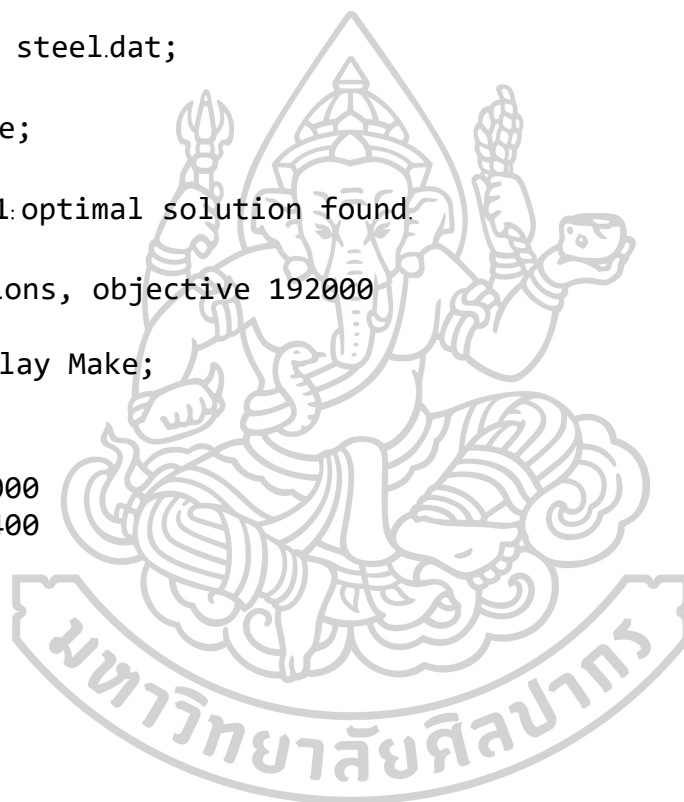
ampl:display Make;

Make [\*]:=

bands 6000

coils 1400

;





## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**Kopanos และคณะ (9)** ทำการศึกษาตารางการผลิต การทำงานของเครื่องจักรเป็นแบบ Multiproduct, Multistage batch plant และใช้ Mixed integer linear programming แบบ Decomposition algorithm เปรียบเทียบสูตรเดิม (Original MIP) กับ สูตรที่พัฒนาแล้ว (Purpose MIP) จากผลการทดลองพบว่า Purpose MIP สามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่าโดยใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าแบบเดิม

**Balarkrishnan (10)** ได้ทำการศึกษาการจัดตารางการผลิตของรูปแบบเครื่องจักรแบบขนาน ที่มีความเร็วในการผลิตต่างกัน (Uniform parallel machines) และมีลำดับการก่อน-หลังของการตั้งเครื่องเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มผ่าน Hyper LINDO Solver โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นทุนต่ำสุด

**Borissova (11)** ได้ทำการศึกษาการวางแผนการจัดตารางการผลิตอุตสาหกรรมเหล็ก ที่มีข้อจำกัดทางด้านเครื่องจักรและกระบวนการทำงานต้องเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อหาเวลาการผลิตรวมที่น้อยที่สุด โดยใช้ MS Excel Solver

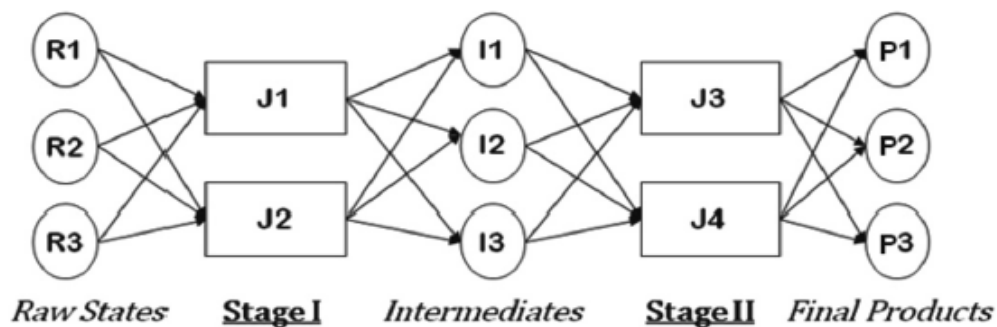
**Enrique Del Castillo (12)** ได้อธิบายถึงการใช้ Network scheduling เพื่อการหาความเหมาะสมของการจัดตารางการผลิต โดยระบบประกอบไปด้วย การป้อนข้อมูลของแต่ละกระบวนการผลิต ตั้งแต่กระบวนการซั่ง ผสม ตอก เคลือบ และบรรจุ แล้วจำลองข่ายงานขึ้นมา เพื่อหาเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด ค่าเฉลี่ยการไหลของงาน และจุดที่ทำให้เกิดความล่าช้า

**Vanditti และคณะ (13)** ทำการศึกษากระบวนการบรรจุยาเม็ดในโรงผลิตยา ประเทศอิตาลี ที่มีลักษณะเครื่องจักรบลิสเตอร์แบบใช้ได้หลากหลาย (Multi purpose machine) ทั้งหมด 3 เครื่อง ซึ่งการบรรจุยาลงบลิสเตอร์และบรรจุแผงบลิสเตอร์ลงกล่อง ทั้งสองกระบวนการนี้ทำงานต่อเนื่องคล้ายกับแบบเครื่องจักรเดี่ยว (Parallel Single machine) โดยมีข้อจำกัด (Constraint) ดังนี้ การปรับตั้งเครื่อง, การเปลี่ยนยา ข้อจำกัดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชุดเครื่องมือ เครื่องบลิสเตอร์ โดยมีเป้าหมายเพื่อ

ลดเวลาในการปิดงาน (Minimization of Makespan) และมีค่าล่าช้าน้อยที่สุด (Minimize Tardiness) โดยการใช้ Tabu search algorithm ในการหาคำตอบ

**Stefansson และคณะ (14)** ทำการศึกษาการจัดตารางการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ยา 40 กลุ่ม ซึ่งแบ่งย่อยได้เป็น 1,000 ผลิตภัณฑ์ การทำงานของเครื่องจักรเป็นแบบ Multistage, Multiproduct flow shop production แบ่งกระบวนการผลิตตามกระบวนการตั้งแต่ การผสมแกรนูล การตอก การเคลือบ และการบรรจุ โดยขั้นตอนบรรจุเป็นขั้นตอนที่เป็นคอขวดที่ต้องได้รับการแก้ไขเพราะเครื่องบรรจุแต่ละเครื่องมีกำลังการผลิตและเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนยาแตกต่างกัน โดยการใช้ Decomposition algorithm แบบ Discrete formulation เปรียบเทียบกับ Continuous formulation แล้วใช้ CPLEX ในการแก้ปัญหาว่าแบบจำลองใดสามารถแก้ปัญหาลดจำนวนงานล่าช้าได้ดีกว่ากัน จากผลการทดลองพบว่า การใช้ Continuous formulation สามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่า

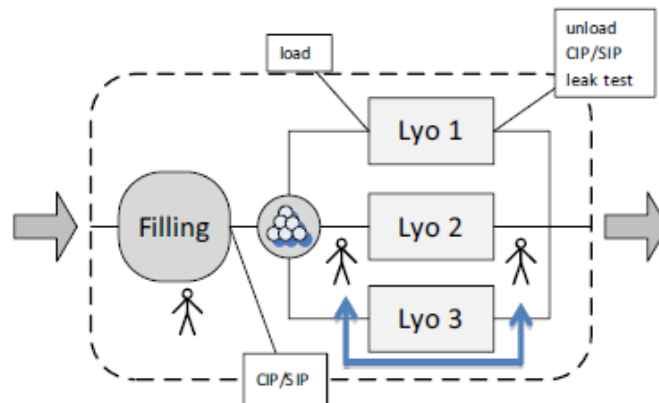
**Kabra และคณะ (15)** ได้ศึกษาการวางแผนตารางการผลิต Bio-pharmaceutical ซึ่งมีการทำงานอยู่ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการหมัก (Fermentation) ส่วนขั้นตอนที่สอง เป็นการทำให้บริสุทธิ์ (Purification) ซึ่งมีทั้งสิ้น 3 ผลิตภัณฑ์ การผลิตจึงเป็นแบบ Multi stage, Multi product continuous process โดยใช้วิธีการสร้าง Mixed integer Linear programming ซึ่งขึ้นอยู่กับ State – Task Network (STN) โดยเป็นการนำ Model ของ Shaik และ Floudas มาขยาย และเพิ่มข้อจำกัด (Constraint) เข้าไป เช่น หน่วยงาน, ลำดับการเปลี่ยนงาน, กำหนดการส่งงาน, จำนวนยาระหว่างผลิตที่มากเกินไป, อายุยา, การกำจัดของเสีย



ภาพที่ 2.13 แผนผังเครือข่ายของกระบวนการผลิต bio-pharmaceutic

ที่มา: Kabra S, Shaik MA, Rathore AS. Multi-period scheduling of a multi-stage multi-product bio-pharmaceutical process. Computers & Chemical Engineering. 2013;57:95-103.

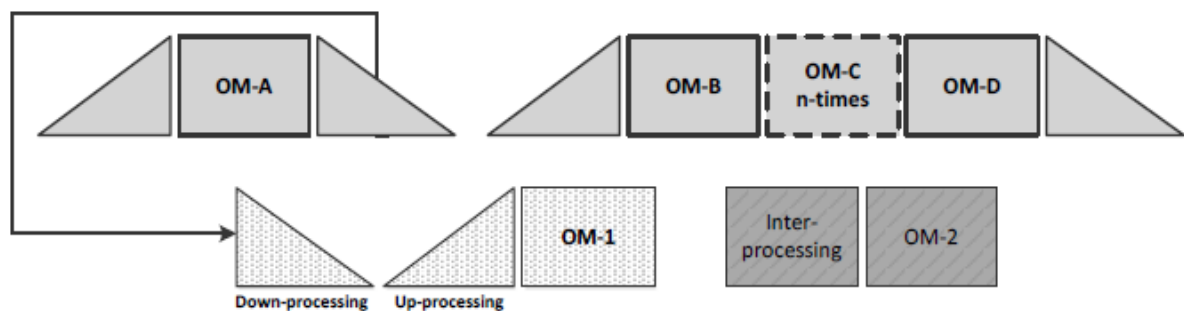
**Costa และคณะ (16)** ทำการศึกษาการแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตยาฉีดผง 4 ผลิตภัณฑ์ 2 ขนาดตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียม (Preparation) การบรรจุ (Filling) การทำให้แห้ง (Lyophilization) การปิดขวด (Sealing) และบรรจุลงกล่อง (Packing) โดยเลือกขั้นตอนที่เป็นคอขวดคือ ขั้นตอนการทำให้แห้ง และการปิดขวด โดยเครื่องจักรจะทำงานกันแบบ Parallel machine (เครื่อง Lyophilization 3 เครื่อง มีข้อจำกัด (Constraint) ดังนี้ เวลาการทำความสะอาด, การเตรียม 3 Lot ต่อเนื่องจะทำได้สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 3 เท่านั้น, การเปลี่ยนขนาดบรรจุภัณฑ์ และอื่น ๆ โดยใช้ Hybrid genetic algorithm เปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิมแบบ Meta-heuristic algorithm



ภาพที่ 2.14 ขั้นตอนการบรรจุของยาฉีดผง

ที่มา: Costa A. Hybrid genetic optimization for solving the batch-scheduling problem in a pharmaceutical industry. Computers & Industrial Engineering. 2015;79:130-47.

**Eberle และคณะ (17)** ทำการศึกษาการจัดการตารางผลิตยาฉีดน้ำ 10 รุ่นการผลิตในขั้นตอนของการบรรจุ (Filling) ที่เป็นขั้นตอนคอขวด เพราะหากมีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ยา จำเป็นต้องทำความสะอาดบริเวณบรรจุยาใหม่ทั้งหมด โดยการใช้ Slot base model แบบ Two parallel and three consecutive process และ สร้าง Mixed integer linear programming (MIP) เพื่อหาเวลาการปิดงานต่ำสุด ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าการใช้ MIP สามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่า



ภาพที่ 2.15 ขั้นตอนกระบวนการบรรจุยาฉีดน้ำ

ที่มา: Eberle LG, Capn-Garcia E, Senninger M, Sugiyama H, Graser A, Schmidt R, et al. Optimal Scheduling of Liquid Drug Product Manufacturing. 2015;37:2033-8.

ลักษณะปัญหาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีลักษณะใกล้เคียงกับปัญหาของผู้วิจัยซึ่งมีลักษณะเป็นเครื่องบรรจุยาแบบลิสเตอร์แบบขนานซึ่งมีอัตราการผลิตไม่เท่ากันและมีความซับซ้อนเนื่องจากการจัดลำดับยาเข้าเครื่องจักรขึ้นกับชนิดของรายการยาและเครื่องจักร ผู้วิจัยจึงได้ทำการประยุกต์และพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ AMPL และใช้ NEOS Server ในการแก้ปัญหา ซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวในบทถัดไป



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ตั้งแต่ ศึกษาศาภาพโดยรวมของอุตสาหกรรมยา ศึกษาศาภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง, การวางแผนและควบคุมการผลิต, การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้ NEOS Server ในการจัดตารางการผลิตของกระบวนการบรรจุโดยใช้เครื่องบลิสเตอร์

#### 3.1 ศึกษาศาภาพโดยรวมของอุตสาหกรรมยา

##### 3.2 สถานการณ์อุตสาหกรรมยาในปัจจุบัน (18)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมยาเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าตลาดประมาณ 140,000 ล้านบาท แบ่งเป็นตลาดโรงพยาบาลและคลินิกประมาณ 40,000 ล้านบาท โดยความต้องการบริโภคยาของโรงพยาบาลส่วนใหญ่จะเป็นยาจำเป็นพื้นฐานซึ่งมีการรักษาต่อเนื่องและมีการสั่งจ่ายโดยแพทย์ เช่น ยาเบาหวาน ยาความดัน ยาโรคหัวใจ ยาลดไขมันในเส้นเลือด เป็นต้น โครงสร้างอุตสาหกรรมยาโดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นต้น การวิจัยและการค้นคว้าพัฒนายาใหม่ ชั้นกลาง คือ การผลิตวัตถุดิบและขั้นปลาย คือ การผลิตยาสำเร็จรูป ซึ่งผู้ประกอบการอุตสาหกรรมยาส่วนใหญ่อยู่ในอุตสาหกรรมขั้นปลาย โดยส่งตัวยาสำคัญและวัตถุดิบจากต่างประเทศมาผสมและผลิตเป็นยาสำเร็จรูป เช่น ยาเม็ด ยาแคปซูล ยาน้ำ เป็นต้น

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานผลิตยาประมาณ 150 แห่ง และมีเพียง 5 แห่งที่สามารถผลิตวัตถุดิบได้เองสำหรับนำไปใช้ผลิตยาสำเร็จรูปในโรงงานนั้น ๆ โดยวัตถุดิบที่ผลิตได้ส่วนมากเป็นวัตถุดิบตัวเก่าที่ไม่ต้องการเทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิตทั้งนี้อาจแบ่งผู้เล่นในตลาดยาไทยได้เป็น 2 กลุ่มคือ หน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ องค์การเภสัชกรรมและบริษัทในเครือ, โรงงานเภสัชกรรมทหาร นอกจากนี้ยังมีการผลิตยาใช้ภายในโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุข เน้นการผลิตยาสามัญเพื่อทดแทนยานำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อให้ประชาชนในระบบหลักประกันสุขภาพแห่งชาติได้เข้าถึงยาและลดค่าใช้จ่ายของงบประมาณ ภาคเอกชน ได้แก่ บริษัทผู้ผลิตยาในไทยเน้นผลิตยาสามัญทั่วไปและบริษัทผู้ผลิตยาข้ามชาติ เน้นผลิตยาดัชนีแบบจากนวัตกรรมใหม่ซึ่งมีทั้งการเข้ามาตั้งโรงงานผลิตเองและเป็นตัวแทนนำเข้ยามาจำหน่าย

จากสถานการณ์การผลิตยาในประเทศไทยปี 2559 มีปริมาณการผลิตรวม 37,518.82 ตัน ขยายตัวร้อยละ 0.33 จากช่วงเดียวกันในปีก่อน โดยเฉพาะการผลิตยาครีมีมีการขยายตัวถึงร้อยละ 22.00 จากการเร่งผลิตเพื่อเติมสต็อกของผู้ผลิตรายใหญ่ สำหรับการค้าระหว่างประเทศ มีมูลค่าการส่งออก 330.94 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ขยายตัวร้อยละ 7.53 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน เนื่องจากประเทศในกลุ่มสมาชิกอาเซียน (ยกเว้น บรูไน) ซึ่งเป็นตลาดส่งออกหลักในสินค้ายาของไทยและครองสัดส่วนในตลาดส่งออกของไทยถึงร้อยละ 75 มีการนำเข้ายาจากไทยเพิ่มขึ้น โดยตลาดส่งออก 5 อันดับแรกของไทย คือ เวียดนาม พม่า กัมพูชา ฟิลิปปินส์และลาวตามลำดับ

### 3.1.2 มาตรฐานของอุตสาหกรรมยา (19)

คุณภาพของยาที่ส่งผลโดยตรงต่อผู้บริโภคมีประเด็นหลักอยู่ 2 ประการ คือ 1. ประสิทธิภาพในการรักษาโรค 2. ความปลอดภัยต่อผู้ใช้ ยาดียคุณภาพอาจทำให้การรักษาโรคอาจต้องยืดเยื้อหรือเกิดผลข้างเคียงต่อร่างกายตามมา เป็นความจริงที่ว่ายาที่ใช้ตัวยาออกฤทธิ์ชื่อเดียวกันอาจมีคุณภาพและประสิทธิภาพการรักษาไม่เหมือนกัน ความแตกต่างของคุณภาพยาเกิดได้จากหลายปัจจัย ซึ่งรวมไปถึงปัจจัยทางด้านราคาที่ถูกกว่าได้ว่า “ยามีหลายเกรด” ผู้ผลิตทุกรายจึงต้องได้รับการรับรองมาตรฐาน GMP/PICs (Good Manufacturing Practice) หรือมาตรฐานการผลิตยาที่ดี ซึ่งเป็นมาตรฐานการผลิตของสหภาพยุโรป อ้างอิงตามข้อเสนอแนะของ WHO วัตถุประสงค์ก็เพื่อให้มีมาตรฐานการผลิตยาเป็นไปในแนวทางเดียวกัน มีการออกแนวปฏิบัติ กำหนดสถานะแวดล้อมของการทำงานเพื่อลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนสู่ผลิตภัณฑ์ยา การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ การประเมินหน่วยงานผู้ตรวจ การสร้างและขยายความร่วมมือขอบเขตระหว่างประเทศ ซึ่งในปัจจุบันมีสมาชิกมากกว่า 40 ประเทศทั่วโลก

### 3.2 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง

โรงงานตัวอย่างเป็นโรงงานที่ประกอบธุรกิจเพื่อผลิตและจัดจำหน่ายในประเทศ และส่งออกต่างประเทศ อีกทั้งยังรับจ้างผลิตโดยบริษัทจะเป็นผู้ดำเนินการขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า โดยแบ่งกลุ่มการผลิตออกเป็นดังนี้



1. รับผิดชอบแบ่งบรรจุและจัดจำหน่ายยาแผนปัจจุบัน

- ยาเม็ดและแคปซูล
- ยาผง
- ยาน้ำ
- ยาครีม/เจล
- ยาปราศจากเชื้อ

2. รับผิดชอบและจัดจำหน่ายอาหารเสริม/เวชสำอาง

- เครื่องดื่มเกลือแร่
- อาหารเสริมประเภทสมุนไพรต่าง ๆ
- รับผิดชอบและจัดจำหน่ายอาหารสัตว์
- ยาผง
- ยาละลายน้ำ
- ประเภทหัวอาหาร
- ประเภทอาหารเสริม

**โครงสร้างองค์กร**

โรงงานตัวอย่างแบ่งหน่วยงานออกเป็นแผนก ทั้งหมด 6 แผนก ประกอบด้วย

1. ฝ่ายผลิตยาน้ำ ยาครีม ยาขี้ผึ้ง
2. ฝ่ายผลิตยาผง
3. ฝ่ายผลิตยาฉีดน้ำ
4. ฝ่ายผลิตยาเม็ดและแคปซูล
5. ฝ่ายผลิตยาอม
6. ฝ่ายผลิตยาฉีดผง

**ลักษณะของผลิตภัณฑ์**

โรงงานตัวอย่างมีผลิตภัณฑ์สำหรับจำหน่ายประมาณ 250 รายการ มีกำลังการผลิตดังนี้

- |                     |       |          |
|---------------------|-------|----------|
| - ยาเม็ด            | 1,500 | ล้านเม็ด |
| - ยาเม็ดเคลือบฟิล์ม | 300   | ล้านเม็ด |
| - ยาแคปซูล          | 24    | ล้านเม็ด |

|                      |       |              |
|----------------------|-------|--------------|
| - ยาน้ำรับประทาน     | 1,000 | ล้านลิตร     |
| - ยาน้ำใช้ภายนอก     | 0.012 | ล้านลิตร     |
| - ยาผง               | 0.060 | ล้านกิโลกรัม |
| - ยาขี้ผึ้งและยาครีม | 0.015 | ล้านกิโลกรัม |
| - ยาฉีด              | 0.015 | ล้านกิโลกรัม |

โดยยาที่จะนำมาศึกษาในงานวิจัยเป็นยาในกลุ่มยาเม็ดและแคปซูลที่บรรจุลงแบบบิสเตอร์ เนื่องจากเป็นยาที่ผลิตมากที่สุดและทำกำไรให้กับโรงงานตัวอย่างมากที่สุด โดยแสดงรายการยาแต่ละรูปแบบการบรรจุในตารางที่ 3.1



ตารางที่ 3.1 รายการยาบรรจุแผงแบบบลิสเตอร์

| No  | Product name                  | Code            | Package                          | Indication                                       |
|-----|-------------------------------|-----------------|----------------------------------|--|
| 1.  | Amogin OTC Tablet             | A <sub>1</sub>  | 1000x50x10's                     | Symptomatic relief of peptic ulcer               |
| 2.  | Amvas-5 Tablet                | A <sub>2</sub>  | 2,000x100x10's<br>2,000x100x10's | Hypertension                                     |
| 3.  | Amvas-10 Tablet               | A <sub>3</sub>  | 1,000x100x10's                   | Hypertension                                     |
| 4.  | Caltab Plus Tablet            | C <sub>1</sub>  | 3,333x6x10's                     | Treatment of Ca deficiency states.               |
| 5.  | Caltab Pro Tablet             | C <sub>2</sub>  | 1,666x6x10's                     | Treatment of Ca deficiency states.               |
| 6.  | Caltab-350 Tablet             | C <sub>3</sub>  | 400x100x10's                     | Treatment of Ca deficiency states.               |
| 7.  | Caltab-600 Tablet             | C <sub>4</sub>  | 600x100x10's                     | Treatment of Ca deficiency states.               |
| 8.  | Caltab-835 Tablet             | C <sub>5</sub>  | 628x100x10's                     | Treatment of Ca deficiency states.               |
| 9.  | Caltab-1000Tablet             | C <sub>6</sub>  | 1,000x50x10's                    | Treatment of Ca deficiency states.               |
| 10. | Caltab-1000Tablet<br>(Circle) | C <sub>7</sub>  | 1,000x50x10's                    | Treatment of Ca deficiency states.               |
| 11. | Caltab-1250Tablet             | C <sub>8</sub>  | 840x50x10's                      | Treatment of Ca deficiency states.               |
| 12. | Caltab-1500Tablet             | C <sub>9</sub>  | 700x50x10's                      | Treatment of Ca deficiency states.               |
| 13. | Chlovas-40 Tablet             | C <sub>10</sub> | 20,000x3x10's                    | Treatment of dyslipidemia                        |
| 14. | Clindavid-150<br>Capsule      | C <sub>11</sub> | 1,000x10x10's                    | Treatment of infections                          |
| 15. | Clindavid-300<br>Capsule      | C <sub>12</sub> | 2,000x10x10's                    | Treatment of infections                          |
| 16. | Cosic Tablet                  | C <sub>13</sub> | 1,600x50x10's                    | Muscle Relaxant                                  |
| 17. | Coxium 250 mg<br>Capsule      | C <sub>14</sub> | 3181x10x10's                     | Relief of degenerative osteoarticular<br>disease |
| 18. | Coxium 500 mg<br>Capsule      | C <sub>15</sub> | 3,000x10x10's                    | Relief of degenerative osteoarticular<br>disease |
| 19. | Coxium 750 Tablet             | C <sub>16</sub> | 1,763x6x10's                     | Relief of degenerative osteoarticular<br>disease |
| 20. | Diaceric Capsule              | D <sub>1</sub>  | 1,666x3x10's                     | Relief of degenerative osteoarticular<br>disease |

Product name = ชื่อผลิตภัณฑ์, Code=ตัวอักษรย่อ, Package = รูปแบบบรรจุภัณฑ์, Indication = ข้อบ่งใช้

ตารางที่ 3.2 รายการยาบรรจุแผงแบบบลิสเตอร์ (ต่อ)

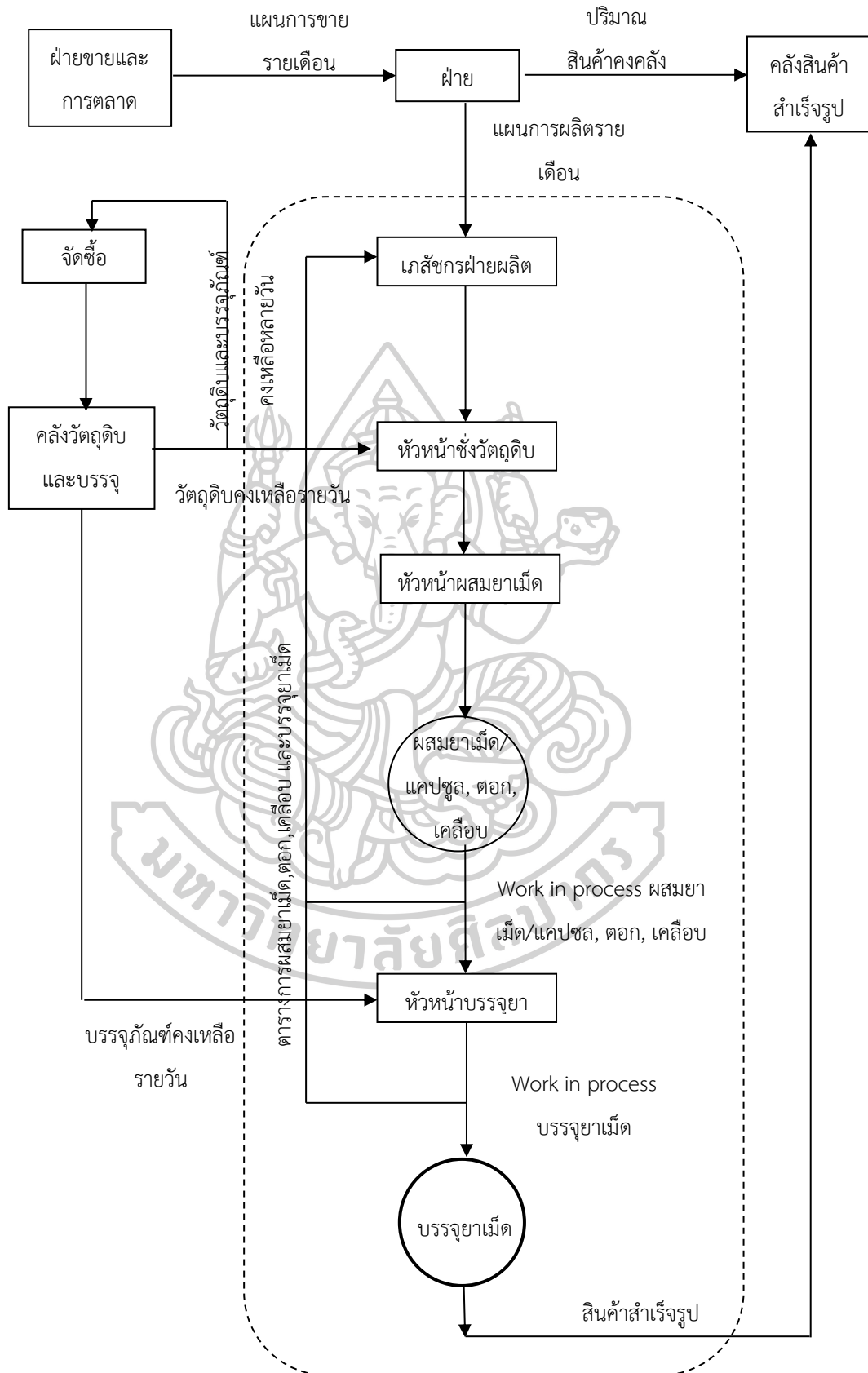
| No. | Product name         | Code           | Package                        | Indication   |
|-----|----------------------|----------------|--------------------------------|--|
| 21. | Dioforge-160 Tablet  | D <sub>2</sub> | 3,571x2x14's                   | Hypertension   |
| 22. | Gitazone Tablet      | G <sub>1</sub> | 3,333x3x10's                   | Antidiabetic   |
| 23. | Gpzide Tablet        | G <sub>2</sub> | 3,200x50x10's                  | Antidiabetic   |
| 24. | Mcxy Cold Tablet     | M <sub>1</sub> | 7,500x12x10's                  | Common cold w/ nasal congestion                                  |
| 25. | Mcxy Cough Tablet    | M <sub>2</sub> | 400x50x10's                    | Antitussive  |
| 26. | Mcxy Plus Tablet     | M <sub>3</sub> | 7,500x12x10's                  | Common cold w/ nasal congestion                                  |
| 27. | Memo-10 Tablet       | M <sub>4</sub> | 3,571x2x14's                   | Treatment of moderate to severe dementia of the Alzheimer's type |
| 28. | Metfor-500 Tablet    | M <sub>5</sub> | 1,700x50x10's<br>8,500x10x10's | Antidiabetic   |
| 29. | Metfor-850 Tablet    | M <sub>6</sub> | 900x50x10's                    | Antidiabetic   |
| 30. | Milpid-600 Tablet    | M <sub>7</sub> | 3,000x10x10's                  | Treatment of dyslipidemia  |
| 31. | Milpid-900 Tablet    | M <sub>8</sub> | 1,000x10x10's                  | Treatment of dyslipidemia  |
| 32. | Neumantine Tablet    | N <sub>1</sub> | 7,142x2x14's                   | Treatment of moderate to severe dementia of the Alzheimer's type |
| 33. | Nuosic Green Tablet  | N <sub>2</sub> | 1,600x50x10's                  | Muscle Relaxant  |
| 34. | Nuosic Pink Tablet   | N <sub>3</sub> | 1,600x50x10's                  | Muscle Relaxant  |
| 35. | Prochic Tablet       | P <sub>1</sub> | 4,800x50x10's                  | Acute gout   |
| 36. | Promet-200 Tablet    | P <sub>2</sub> | 500x50x10's                    | Treatment of duodenal and benign gastric ulceration              |
| 37. | S-Tone 25            | S <sub>1</sub> | 3,000x10x10's                  | Hypertension, congestive heart failure                           |
| 38. | S-Tone 100           | S <sub>2</sub> | 2,000x10x10's                  | Hypertension, congestive heart failure                           |
| 39. | Throatsil CBS Tablet | T <sub>1</sub> | 800x50x10's                    | Mucolytic agent  |
| 40. | Zymed Tablet         | Z <sub>1</sub> | 5,000x10x10's                  | Antiallergic   |

Product name = ชื่อผลิตภัณฑ์, Code=ตัวอักษรย่อ, Package = รูปแบบบรรจุภัณฑ์, Indication = ข้อบ่งใช้

### 3.3 การวางแผนและการควบคุมการผลิตยาเม็ดและแคปซูล

การวางแผนและการควบคุมการผลิตยาเม็ดและแคปซูล เริ่มจากการที่ฝ่ายขายทำการพยากรณ์ปริมาณการขายตลอดทั้งปี และปริมาณการขายในแต่ละไตรมาส และแจกแจงไปถึงปริมาณการขายในแต่ละเดือน จากนั้นฝ่ายขายจะส่งค่าพยากรณ์ให้ทางฝ่ายวางแผนเพื่อกำหนดรายการและปริมาณยา และจัดทำแผนการเรียกเข้าวัสดุและบรรจุภัณฑ์ในแต่ละเดือน จากนั้นฝ่ายวางแผนจะกำหนดรายการแจ้งผลิตในรายไตรมาสและรายเดือนให้ทางฝ่ายผลิต เพื่อให้ทางฝ่ายผลิตดำเนินการจัดตารางการผลิตรายเดือน รายสัปดาห์ต่อไป ดังแสดงในแผนภูมิที่ 3.1





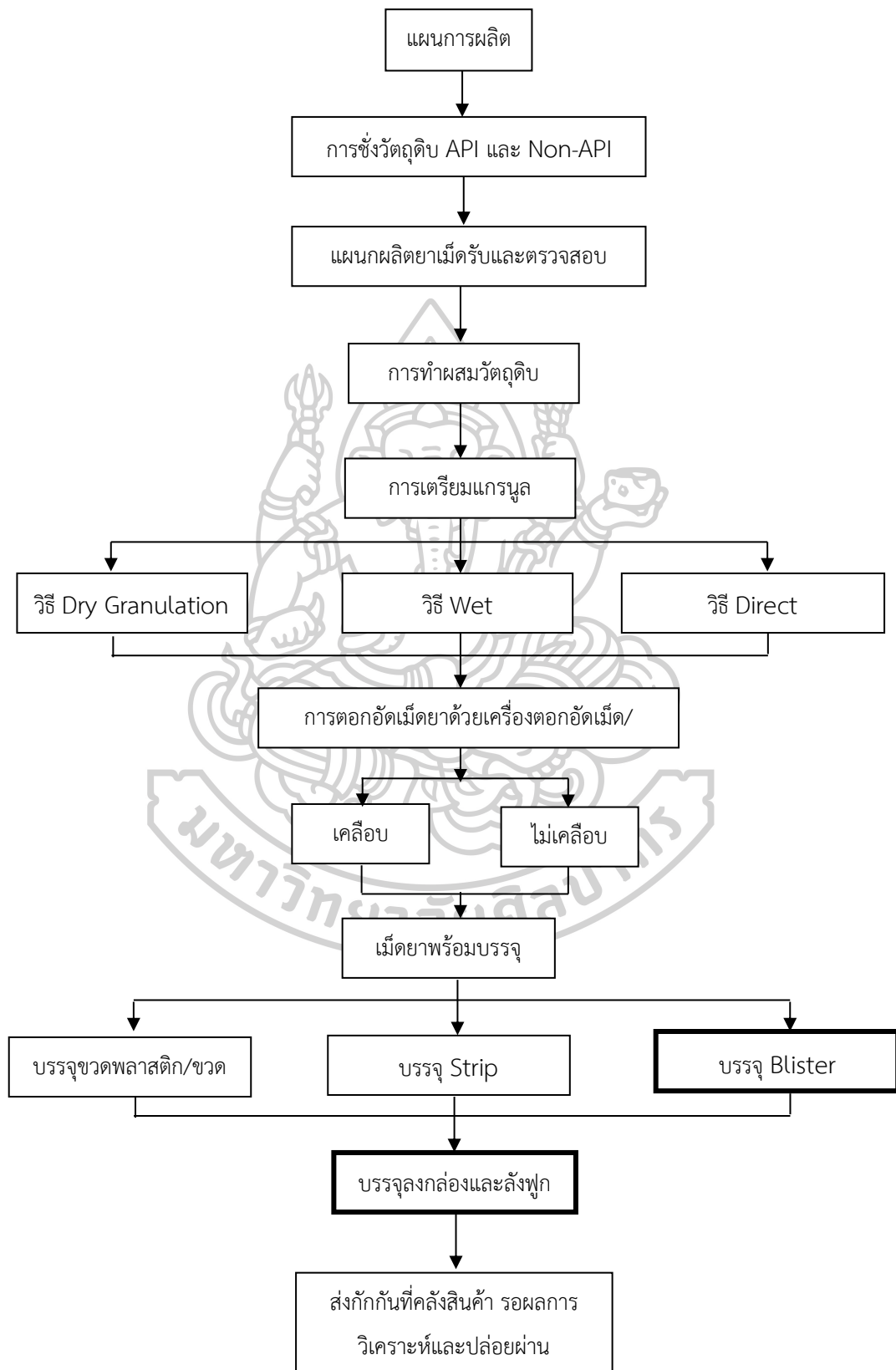
แผนภูมิที่ 3.2 การวางแผนและควบคุมการผลิตยาเม็ดและแคปซูล

### 3.3.1 การผลิตยาเม็ดและแคปซูล

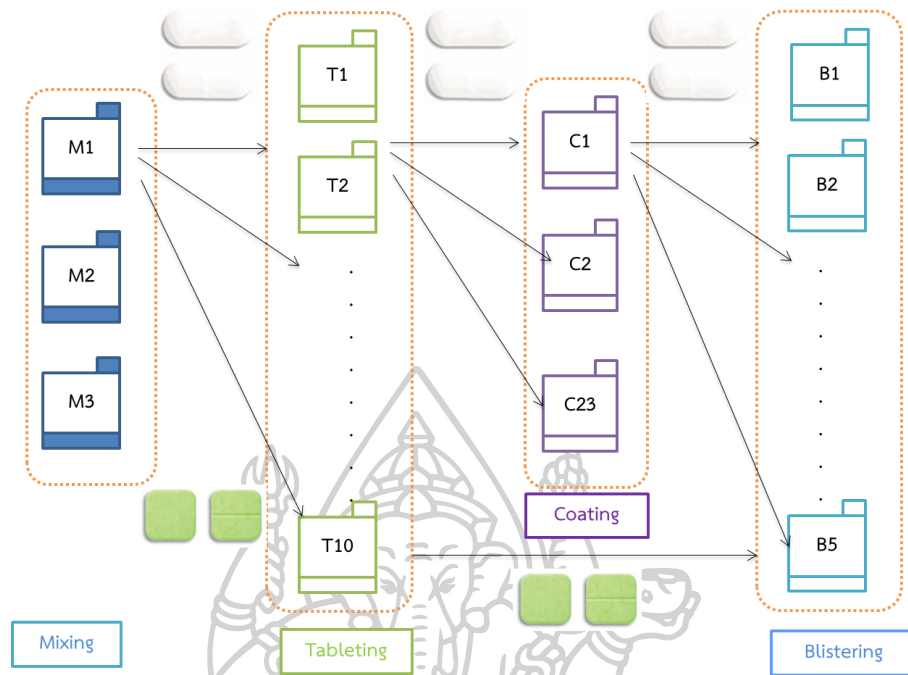
การผลิตยาเม็ดและแคปซูล เริ่มจากการได้รับรายการแจ้งผลิตประจำเดือน จากนั้นนำรายการดังกล่าวมาจัดตารางการผลิต เมื่อจัดตารางการผลิตเสร็จสมบูรณ์แล้ว ฝ่ายผลิตจะทำการเบิกวัตถุดิบสำหรับการผลิตในแต่ละรุ่นการผลิต โดยฝ่ายผลิตแผนกชั่งยา (Dispensing Department) ส่งไปเบิกวัตถุดิบ ไปยังแผนกคลังวัตถุดิบ (Raw material Department) เพื่อทำการเบิกและชั่งวัตถุดิบตามสูตรตำรับที่กำหนดไว้ในบันทึกการผลิต (Batch Manufacturing record) วัตถุดิบที่ชั่งจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ตัวยาสำคัญ (Active Pharmaceutical Ingredient; API) และสารปรุงแต่ง (Non-Active Pharmaceutical Ingredient; Non-API) เช่น สารยึดเกาะ (Binder) สารเพิ่มปริมาณ (Diluent) สารช่วยไหล (Glidant) เป็นต้น จากนั้นวัตถุดิบที่ชั่งเสร็จแล้วจะถูกส่งไปยังแผนกผลิตยาเม็ดและแคปซูล (Tablet and Capsule Department) เพื่อดำเนินการผลิตต่อไป

แผนกผลิตยาเม็ดและแคปซูลจะดำเนินการผลิต ดังแสดงในแผนภูมิที่ 3.2 โดยเริ่มตั้งแต่ การผสม (Mixing) ซึ่งแบ่งแยกออกเป็น วิธีการทำแกรนูลแบบแห้ง (Dry Granulation) วิธีการทำแกรนูลแบบเปียก (Wet Granulation) และวิธีการตอกตรง (Direct Compression) เมื่อผสมเสร็จแล้วจะนำแกรนูลที่ได้ไปตอกอัดเป็นเม็ดหรือแคปซูล (Compressing) ในขั้นตอนถัดไปหากยาใดเคลือบจะต้องผ่านกระบวนการเคลือบ (Coating) แต่ถ้าหากยาใดไม่เคลือบก็สามารถเข้าสู่กระบวนการบรรจุที่เป็นกระบวนการสุดท้ายซึ่งจะแบ่งออกเป็น การบรรจุแบบขวด การบรรจุแบบสตรีป และการบรรจุแบบบลิสเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวรายละเอียดของการบรรจุแบบบลิสเตอร์ เท่านั้น

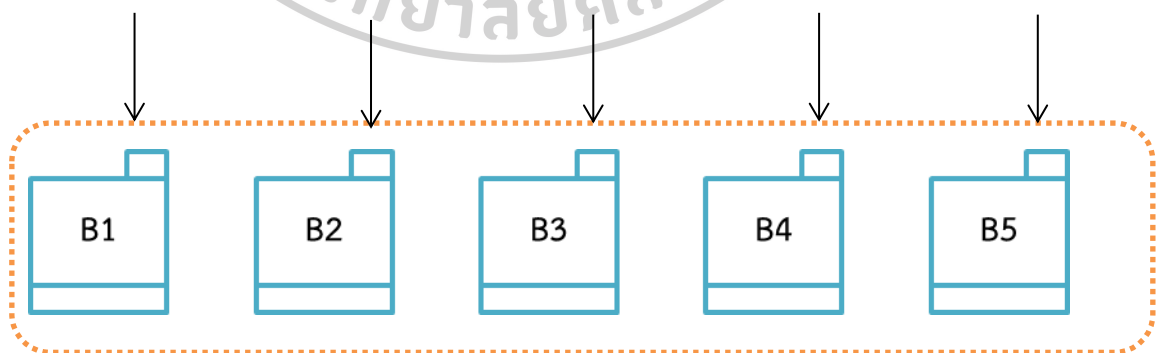




แผนภูมิที่ 3.4 กระบวนการผลิตยาเม็ดและแคปซูล



ภาพที่ 3.1 ระบบกระบวนการผลิตแบบไหลเลื่อนของแผนกยาเม็ดและแคปซูล (M = เครื่องผสม, T = เครื่องตอกเม็ดและแคปซูล, C = เครื่องเคลือบฟิล์ม, B = เครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์)



ภาพที่ 3.2 ระบบการผลิตเครื่องจักรแบบขนานของแผนกบรรจุบลิสเตอร์

### 3.3.1.1 การบรรจุแบบบลิสเตอร์ (Blistering) การบรรจุยาแบบบลิสเตอร์

เป็นการเก็บรักษาความคงตัวของยาในรูปแบบบรรจุภัณฑ์แบบหนึ่ง ซึ่งสามารถเพิ่มความคงตัวของยา อีกทั้งยังเพิ่มความสะดวกในการพกพาได้ง่ายขึ้น การบรรจุแบบบลิสเตอร์แบ่งแยกเป็น 2 ประเภท คือ อลู-อลู บลิสเตอร์ (Alu-Alu Blister) และ พีวีซี-อลู (Pvc-Alu Blister)



ภาพที่ 3.3 แผงอลู-อลู บลิสเตอร์และพีวีซี-อลู บลิสเตอร์

การบรรจุยาเม็ดแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

#### 1. การเตรียมวัสดุการบรรจุภัณฑ์

พนักงานจะต้องเตรียมการเปิดบรรจุภัณฑ์ที่จะทำการบรรจุทั้งวัสดุการบรรจุภัณฑ์แบบปฐมภูมิ เช่น อลูมิเนียมฟอยล์ พีวีซี และบรรจุภัณฑ์ทุติยภูมิ เช่น กล่องบรรจุแผงยา ลังลูกฟูก โดยต้องตรวจสอบและบันทึกลงในเอกสารบันทึกการผลิต ซึ่งจะต้องเตรียมความพร้อมให้เรียบร้อยก่อนจะดำเนินการบรรจุยา

#### 2. การบรรจุยาเม็ดและแคปซูลลงแผงบลิสเตอร์

พนักงานจะต้องทำการตรวจสอบความเรียบร้อยของอุปกรณ์ เครื่องจักร สถานที่บรรจุว่าสะอาดปราศจากผลิตภัณฑ์และวัสดุการบรรจุอื่นใด หรือเอกสารของการบรรจุครั้งก่อนหลงเหลืออยู่ (Line Clearance) เพื่อลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนข้าม (Cross contamination) จากนั้นพนักงานจะทำการตั้งเครื่องจักร (Set up) โดยการตั้งตัวอักษรระบุรุ่นการผลิต (Lot No.) วันหมดอายุ (Expiration Date) ให้ตรงกับรุ่นการผลิตที่จะดำเนินการผลิต พร้อมกับบรอกให้เครื่องมีความร้อนเพียงพอที่จะทำการเดินแผงตัวอย่างที่มีความสมบูรณ์ของอลูมิเนียมฟอยล์ตรงตามตำแหน่งที่

กำหนดไว้ รอยตัดของแผงยามีความสม่ำเสมอไม่เบี่ยงขึ้นหรือเบี่ยงลงเกินไป เพื่อให้หัวหน้าแผนกบรรจุทำการตรวจสอบ ยืนยันความถูกต้องก่อนที่จะดำเนินการผลิตขั้นต่อไป

### 3. การเก็บแผงบลิสเตอร์ลงบรรจุภัณฑ์แบบทุติยภูมิ

พนักงานจะต้องเก็บแผงยาตามจำนวนที่กำหนดไว้และใส่กล่อง เอกสารกำกับยา และตรวจสอบปริมาณแผงยาครบหรือไม่ พร้อมปิดเทปผนึกให้เรียบร้อยก่อนที่บรรจุยาลงลังฟูก (Carton) และส่งเข้าคลังสินค้ากลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เพื่อรอการปล่อยผ่านก่อนจำหน่ายต่อไป

ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะมีกระบวนการบรรจุ เครื่องจักรที่ใช้ในการบรรจุ และระยะเวลาการบรรจุแตกต่างกันไป โดยเครื่องจักรของแผนกบรรจุยาแบบบลิสเตอร์ มีทั้งหมด 5 เครื่อง โดยแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ 3 กลุ่ม ดังนี้

#### 1. เครื่องบรรจุเม็ดยาแบบบลิสเตอร์ Pvc-Alu จำนวน 5 เครื่อง แบ่งย่อยได้อีกดังนี้

2.1 เครื่องบรรจุเม็ดยาแบบบลิสเตอร์ Pvc-Alu หน้ากว้าง รุ่น 30A จำนวน 1 เครื่อง

2.2 เครื่องบรรจุเม็ดยาแบบบลิสเตอร์ Pvc-Alu หน้ากว้าง รุ่น 40A จำนวน 4 เครื่อง

อย่างไรก็ตาม เครื่องจักรบางเครื่องแม้จะเป็นเครื่องจักรในกลุ่มเดียวกัน แต่ไม่สามารถบรรจุยาลงแผงบลิสเตอร์ได้เหมือนกันทุกรายการ เนื่องจากแต่ละเครื่องจักรจะมีอุปกรณ์สำหรับการบรรจุยา (Change Part) สำหรับยาบางรายการเท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3



ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างยาเม็ดที่สามารถบรรจุได้กับเครื่องบรรจุเม็ดยาแบบลิสเตอร์ที่สามารถบรรจุเม็ดยาได้

| No. | Product name                | Code            | MC <sub>1</sub> | MC <sub>2</sub> | MC <sub>3</sub> | MC <sub>4</sub> | MC <sub>5</sub> |
|-----|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1.  | Amogin OTC Tablet           | A <sub>1</sub>  | -               | -               | -               | ✓               | -               |
| 2.  | Amvas-5 Tablet              | A <sub>2</sub>  | ✓               | -               | -               | ✓               | -               |
| 3.  | Amvas-10 Tablet             | A <sub>3</sub>  | ✓               | -               | -               | ✓               | -               |
| 4.  | Caltab Plus Tablet          | C <sub>1</sub>  | -               | ✓               | -               | ✓               | -               |
| 5.  | Caltab Pro Tablet           | C <sub>2</sub>  | -               | ✓               | -               | ✓               | -               |
| 6.  | Caltab-350 Tablet           | C <sub>3</sub>  | -               | -               | ✓               | -               | ✓               |
| 7.  | Caltab-600 Tablet           | C <sub>4</sub>  | -               | -               | ✓               | -               | ✓               |
| 8.  | Caltab-835 Tablet           | C <sub>5</sub>  | -               | -               | -               | ✓               | ✓               |
| 9.  | Caltab-1000 Tablet          | C <sub>6</sub>  | -               | ✓               | -               | ✓               | -               |
| 10. | Caltab-1000 Tablet (Circle) | C <sub>7</sub>  | -               | -               | ✓               | -               | -               |
| 11. | Caltab-1250 Tablet          | C <sub>8</sub>  | -               | ✓               | -               | ✓               | -               |
| 12. | Caltab-1500 Tablet          | C <sub>9</sub>  | -               | ✓               | -               | ✓               | -               |
| 13. | Chlovas-40 Tablet           | C <sub>10</sub> | -               | -               | -               | -               | -               |
| 14. | Clindavid-150 Capsule       | C <sub>11</sub> | -               | ✓               | -               | ✓               | -               |
| 15. | Clindavid-300 Capsule       | C <sub>12</sub> | -               | ✓               | -               | ✓               | -               |
| 16. | Cosic Tablet                | C <sub>13</sub> | -               | -               | ✓               | ✓               | ✓               |
| 17. | Coxium 250 mg Capsule       | C <sub>14</sub> | -               | -               | -               | ✓               | -               |
| 18. | Coxium 500 mg Capsule       | C <sub>15</sub> | -               | -               | -               | ✓               | -               |
| 19. | Coxium 750 Tablet           | C <sub>16</sub> | -               | -               | -               | ✓               | -               |
| 20. | Coxium 1500 Tablet          | C <sub>17</sub> | -               | -               | -               | ✓               | -               |

ตารางที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างยาเม็ดที่สามารถบรรจุได้กับเครื่องบรรจุเม็ดด้วยแบบลิสเตอร์ที่สามารถบรรจุเม็ดยาได้ (ต่อ)

| No. | Product name         | Code           | MC <sub>1</sub> | MC <sub>2</sub> | MC <sub>3</sub> | MC <sub>4</sub> | MC <sub>5</sub> |
|-----|----------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 21. | Diaceric Capsule     | D <sub>1</sub> | -               | -               | -               | -               | ✓               |
| 22. | Dioforge-160 Tablet  | D <sub>2</sub> | -               | -               | ✓               | -               | -               |
| 23. | Gitazone Tablet      | G <sub>1</sub> | ✓               | -               | -               | -               | -               |
| 24. | Gpzide Tablet        | G <sub>2</sub> | ✓               | -               | -               | ✓               | -               |
| 25. | Mcxy Cold Tablet     | M <sub>1</sub> | -               | ✓               | -               | ✓               | -               |
| 26. | Mcxy Cough Tablet    | M <sub>2</sub> | -               | ✓               | -               | ✓               | -               |
| 27. | Memo-10 Tablet       | M <sub>3</sub> | -               | -               | ✓               | -               | -               |
| 28. | Metfor-500 Tablet    | M <sub>4</sub> | -               | -               | ✓               | -               | ✓               |
| 29. | Metfor-850 Tablet    | M <sub>5</sub> | -               | -               | ✓               | -               | -               |
| 30. | Milpid-600 Tablet    | M <sub>6</sub> | -               | -               | -               | ✓               | -               |
| 31. | Milpid-900 Tablet    | M <sub>7</sub> | -               | -               | -               | ✓               | -               |
| 32. | Neumantine Tablet    | N <sub>1</sub> | -               | -               | ✓               | -               | -               |
| 33. | Nimill Tablet        | N <sub>2</sub> | -               | -               | ✓               | ✓               | -               |
| 34. | Nuosic Green Tablet  | N <sub>3</sub> | -               | -               | ✓               | ✓               | -               |
| 35. | Nuosic Pink Tablet   | N <sub>4</sub> | -               | -               | ✓               | ✓               | -               |
| 36. | Prochic Tablet       | P <sub>1</sub> | ✓               | -               | -               | ✓               | -               |
| 37. | S-Tone 25            | S <sub>1</sub> | -               | -               | -               | ✓               | -               |
| 38. | S-Tone 100           | S <sub>2</sub> | -               | -               | ✓               | -               | -               |
| 39. | Throatzil CBS Tablet | T <sub>1</sub> | -✓              | -               | ✓               | -✓              | -               |
| 40. | Zymed Tablet         | Z <sub>1</sub> | ✓               | -               | -               | ✓               | -               |

MC = Machine (เครื่องจักรบรรจุยาบลิสเตอร์), ✓ = สามารถบรรจุได้บนเครื่องบรรจุแบบลิสเตอร์

### 3.4 สภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่าง

จากการศึกษาโรงงานตัวอย่าง พบปัญหาในส่วนของ การวางแผนและการจัดตารางการบรรจุ แผนกบลิสเตอร์ ดังนี้

1. มีการแทรกงานจำนวนมาก แต่ยังไม่มีการปรับแผนการบรรจุที่เหมาะสม เช่น หลังจากได้รับออเดอร์ด่วน ผู้จัดตารางการผลิตจะพิจารณาและวางแผนการบรรจุ โดยให้งานที่แทรกเสร็จได้ทันกำหนดเวลาส่ง
2. ไม่มีการกระจายโหลดงาน ทำให้เกิดการรอคอย ส่งผลให้งานล่าช้า
3. ไม่มีการจัดลำดับงานที่เหมาะสม ทำให้ต้องเปลี่ยนลำดับงาน เสียเวลาในการตั้งเครื่องและการทำความสะอาด เนื่องจากแต่ละเครื่องมีอุปกรณ์สำหรับการบรรจุยา (Change part) สำหรับยาบางรายการเท่านั้น และแต่ละเครื่องจักรสามารถบรรจุยาด้วยความเร็วและความสามารถในการบรรจุที่ไม่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 3.5 และตารางที่ 3.6
4. หากมีการเปลี่ยนชนิดยา/ความแรง จะต้องมีการทำความสะอาดหรือการทำ Line Clearance ซึ่งจะใช้เวลาไม่เท่ากันในแต่ละรายการ ดังแสดงในตารางที่ 3.9 และตารางที่ 3.10 เพื่อเป็นการลดการปนเปื้อนข้ามผลิตภัณฑ์หรือ Cross contamination





### 3.5 วิธีการแก้ปัญหา

การจัดตารางการบรรจุยาเม็ดแบบบลิสเตอร์ มีเวลาในการผลิตต่างกัน และมีข้อจำกัดในการทำความสะอาดที่ต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้มีการผลิตที่เป็นไปด้วยความรวดเร็วและเตรียมพร้อมสำหรับส่งลูกค้า จึงมีแนวทางในการดำเนินการดังนี้

1. เก็บข้อมูลเวลามาตรฐานของการตั้งเครื่องจักร การปฏิบัติงานและการทำความสะอาด
2. เก็บข้อมูลจำนวนผลิตภัณฑ์แจ้งผลิตที่ได้รับจากฝ่ายวางแผนในแต่ละเดือน
3. ตั้งสมมติฐาน ดังนี้

3.1 การบรรจุยาด้วยเครื่องบรรจุยาแบบบลิสเตอร์ และกระบวนการเก็บยาและบรรจุยาลงกล่องบรรจุภัณฑ์ เป็นกิจกรรมที่ต่อเนื่อง ถือว่าเป็นเครื่องจักรเดียวกัน (Single machine) และแต่ละเครื่องบรรจุยาแบบบลิสเตอร์ทำงานเป็นอิสระต่อกัน

3.2 เวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่องจักร (Set up time) แยกออกจากเวลาการปฏิบัติงานของเครื่องจักร (Processing time)

3.3 เวลาทำงานของแผนกบรรจุแบบบลิสเตอร์ คือ วันจันทร์-เสาร์ กะเช้า ตั้งแต่เวลา 8.00-17.00 น. และล่วงเวลา (Over time) ตั้งแต่เวลา 17.00-20.00 น. รวมเป็นเวลา 11 ชั่วโมง ทำงานปกติ และวันอาทิตย์ กะเช้า 8.00-17.00 น. รวมเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำงานปกติ ส่วนกะดึก เวลา 20.00 – 5.00 น. ซึ่งมีการปฏิบัติงานบ้างแล้วแต่ความเหมาะสมของงาน

4. พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการมอบหมายงานเข้าเครื่องบรรจุยาเม็ดแบบบลิสเตอร์ โดยกำหนดสมการเป้าหมาย (Objective function) และสมการข้อจำกัด (Constraint)

5. ประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ผ่านการคำนวณด้วย NEOS Server เพื่อให้ได้เวลาการปิดงานของระบบต่ำสุด

6. วิเคราะห์การจัดตารางการผลิตเปรียบเทียบกับตารางการบรรจุยาแบบเดิมเป็นเวลา 1 เดือน

ตารางที่ 3.5 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง)

| No. | Product name                   | Code            | เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) |                 |                 |                 |                 |
|-----|--------------------------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|     |                                |                 | MC <sub>1</sub>  | MC <sub>2</sub> | MC <sub>3</sub> | MC <sub>4</sub> | MC <sub>5</sub> |
| 1.  | Amogin OTC Tablet              | A <sub>1</sub>  | -  | -               | -               | -               | 24              |
| 2.  | Amvas-5 Tablet                 | A <sub>2</sub>  | 38   | -               | -               | -               | -               |
| 3.  | Amvas-10 Tablet                | A <sub>3</sub>  | 20   | -               | -               | -               | -               |
| 4.  | Caltab Plus Tablet             | C <sub>1</sub>  | -  | 4               | -               | -               | -               |
| 5.  | Caltab Pro Tablet              | C <sub>2</sub>  | -  | 2               | -               | -               | -               |
| 6.  | Caltab-350 Tablet              | C <sub>3</sub>  | -  | -               | 10              | 10              | 11              |
| 7.  | Caltab-600 Tablet              | C <sub>4</sub>  | -  | -               | 11              | -               | 9               |
| 8.  | Caltab-835 Tablet              | C <sub>5</sub>  | -  | -               | -               | 12              | 14              |
| 9.  | Caltab-1000 Tablet             | C <sub>6</sub>  | -  | 10              | -               | 12              | -               |
| 10. | Caltab-1000 Tablet<br>(Circle) | C <sub>7</sub>  | -  | -               | 8               | -               | -               |
| 11. | Caltab-1250 Tablet             | C <sub>8</sub>  | -  | 9               | -               | 10              | -               |
| 12. | Caltab-1500 Tablet             | C <sub>9</sub>  | -  | 8               | -               | 9               | -               |
| 13. | Chlovas-40 Tablet              | C <sub>10</sub> | -  | -               | -               | -               | 40              |
| 14. | Clindavid-150 Capsule          | C <sub>11</sub> | -  | -               | -               | 4               | -               |
| 15. | Clindavid-300 Capsule          | C <sub>12</sub> | -  | -               | -               | 6               | -               |
| 16. | Cosic Tablet                   | C <sub>13</sub> | -  | -               | -               | 18              | 20              |
| 17. | Coxium 250 mg Capsule          | C <sub>14</sub> | -  | -               | -               | 10              | -               |
| 18. | Coxium 500 mg Capsule          | C <sub>15</sub> | -  | -               | -               | 8               | -               |
| 19. | Coxium 750 Tablet              | C <sub>16</sub> | -  | -               | -               | 4               | -               |
| 20. | Coxium 1500 Tablet             | C <sub>17</sub> | -  | -               | -               | 5               | -               |

ตารางที่ 3.6 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) (ต่อ)

| No. | Product name         | Code           | เวลามาตรฐานที่ใช้ในการบรรจุยาต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) |                 |                 |                 |                 |    |
|-----|----------------------|----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|
|     |                      |                | MC <sub>1</sub>  | MC <sub>2</sub> | MC <sub>3</sub> | MC <sub>4</sub> | MC <sub>5</sub> |    |
| 21. | Diaceric Capsule     | D <sub>1</sub> | -  | -               | -               | -               | -               | 8  |
| 22. | Dioforge-160 Tablet  | D <sub>2</sub> | -  | -               | 7               | -               | -               | -  |
| 23. | Gitazone Tablet      | G <sub>1</sub> | 3  | -               | -               | -               | -               | -  |
| 24. | Gpzide Tablet        | G <sub>2</sub> | 30   | -               | -               | 27              | -               | -  |
| 25. | Mcxy Cold Tablet     | M <sub>1</sub> | -  | 22              | -               | 27              | -               | -  |
| 26. | Mcxy Cough Tablet    | M <sub>2</sub> | -  | 5               | -               | 6               | -               | -  |
| 27. | Memo-10 Tablet       | M <sub>3</sub> | -  | -               | 3               | -               | -               | -  |
| 28. | Metfor-500 Tablet    | M <sub>4</sub> | -  | -               | 13              | -               | -               | 12 |
| 29. | Metfor-850 Tablet    | M <sub>5</sub> | -  | -               | 8               | -               | -               | -  |
| 30. | Milpid-600 Tablet    | M <sub>6</sub> | -  | -               | -               | 8               | -               | -  |
| 31. | Milpid-900 Tablet    | M <sub>7</sub> | -  | -               | -               | 4               | -               | -  |
| 32. | Neumantine Tablet    | N <sub>1</sub> | -  | -               | 8               | -               | -               | -  |
| 33. | Nirmill Tablet       | N <sub>2</sub> | -  | -               | 7               | 8               | -               | -  |
| 34. | Nuosic Green Tablet  | N <sub>3</sub> | -  | -               | 20              | 18              | -               | -  |
| 35. | Nuosic Pink Tablet   | N <sub>4</sub> | -  | -               | 18              | 16              | -               | -  |
| 36. | Prochic Tablet       | P <sub>1</sub> | 35   | -               | -               | 38              | -               | -  |
| 37. | S-Tone 25            | S <sub>1</sub> | -  | -               | -               | 4               | -               | -  |
| 38. | S-Tone 100           | S <sub>2</sub> | -  | -               | 4               | -               | -               | -  |
| 39. | Throatzil CBS Tablet | T <sub>1</sub> | 0  | -               | 8               | 9               | -               | -  |
| 40. | Zymed Tablet         | Z <sub>1</sub> | 13   | -               | -               | 11              | -               | -  |

ตารางที่ 3.7 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการตั้งเครื่องต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง)

| No. | Product name                   | Code            | เวลามาตรฐานที่ใช้ในการตั้งเครื่องต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) |                 |                 |                 |                 |
|-----|--------------------------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|     |                                |                 | MC <sub>1</sub>  | MC <sub>2</sub> | MC <sub>3</sub> | MC <sub>4</sub> | MC <sub>5</sub> |
| 1.  | Amogin OTC Tablet              | A <sub>1</sub>  | -  | -               | -               | -               | 1               |
| 2.  | Amvas-5 Tablet                 | A <sub>2</sub>  | 1  | -               | -               | -               | -               |
| 3.  | Amvas-10 Tablet                | A <sub>3</sub>  | 1  | -               | -               | -               | -               |
| 4.  | Caltab Plus Tablet             | C <sub>1</sub>  | -  | 1               | -               | -               | -               |
| 5.  | Caltab Pro Tablet              | C <sub>2</sub>  | -  | 1               | -               | -               | -               |
| 6.  | Caltab-350 Tablet              | C <sub>3</sub>  | -  | -               | 1               | 1               | 1               |
| 7.  | Caltab-600 Tablet              | C <sub>4</sub>  | -  | -               | 1               | -               | 1               |
| 8.  | Caltab-835 Tablet              | C <sub>5</sub>  | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 9.  | Caltab-1000 Tablet             | C <sub>6</sub>  | -  | 1               | -               | 1               | -               |
| 10. | Caltab-1000 Tablet<br>(Circle) | C <sub>7</sub>  | -  | -               | 1               | -               | -               |
| 11. | Caltab-1250 Tablet             | C <sub>8</sub>  | -  | 1               | -               | 1               | -               |
| 12. | Caltab-1500 Tablet             | C <sub>9</sub>  | -  | 1               | -               | 1               | -               |
| 13. | Chlovas-40 Tablet              | C <sub>10</sub> | -  | -               | -               | -               | 1               |
| 14. | Clindavid-150 Capsule          | C <sub>11</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 15. | Clindavid-300 Capsule          | C <sub>12</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 16. | Cosic Tablet                   | C <sub>13</sub> | -  | -               | -               | 1               | 1               |
| 17. | Coxium 250 mg Capsule          | C <sub>14</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 18. | Coxium 500 mg Capsule          | C <sub>15</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 19. | Coxium 750 Tablet              | C <sub>16</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 20. | Coxium 1500 Tablet             | C <sub>17</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |

ตารางที่ 3.8 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการตั้งเครื่องต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) (ต่อ)

| No. | Product name         | Code           | เวลามาตรฐานที่ใช้ในการตั้งเครื่องต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) |                 |                 |                 |                 |   |
|-----|----------------------|----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
|     |                      |                | MC <sub>1</sub>  | MC <sub>2</sub> | MC <sub>3</sub> | MC <sub>4</sub> | MC <sub>5</sub> |   |
| 21. | Diaceric Capsule     | D <sub>1</sub> | -  | -               | -               | -               | -               | 1 |
| 22. | Dioforge-160 Tablet  | D <sub>2</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | - |
| 23. | Gitazone Tablet      | G <sub>1</sub> | 1  | -               | -               | -               | -               | - |
| 24. | Gpzide Tablet        | G <sub>2</sub> | 1  | -               | -               | -               | 1               | - |
| 25. | Mcxy Cold Tablet     | M <sub>1</sub> | -  | 1               | -               | -               | 1               | - |
| 26. | Mcxy CoughTablet     | M <sub>2</sub> | -  | 1               | -               | -               | 1               | - |
| 27. | Memo-10 Tablet       | M <sub>3</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | - |
| 28. | Metfor-500 Tablet    | M <sub>4</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | 1 |
| 29. | Metfor-850 Tablet    | M <sub>5</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | - |
| 30. | Milpid-600 Tablet    | M <sub>6</sub> | -  | -               | -               | -               | 1               | - |
| 31. | Milpid-900 Tablet    | M <sub>7</sub> | -  | -               | -               | -               | 1               | - |
| 32. | Neumantine Tablet    | N <sub>1</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | - |
| 33. | Nimill Tablet        | N <sub>2</sub> | -  | -               | 1               | -               | 1               | - |
| 34. | Nuosic Green Tablet  | N <sub>3</sub> | -  | -               | 1               | -               | 1               | - |
| 35. | Nuosic Pink Tablet   | N <sub>4</sub> | -  | -               | 1               | -               | 1               | - |
| 36. | Prochic Tablet       | P <sub>1</sub> | 1  | -               | -               | -               | 1               | - |
| 37. | S-Tone 25            | S <sub>1</sub> | -  | -               | -               | -               | 1               | - |
| 38. | S-Tone 100           | S <sub>2</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | - |
| 39. | Throatsil CBS Tablet | T <sub>1</sub> | 1  | -               | 1               | -               | 1               | - |
| 40. | Zymed Tablet         | Z <sub>1</sub> | 1  | -               | -               | -               | 1               | - |

ตารางที่ 3.9 เวลามาตรฐานในการทำความสะอาดเครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์ต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง)

| No. | Product name                   | Code            | เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำความสะอาดต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) |                 |                 |                 |                 |
|-----|--------------------------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|     |                                |                 | MC <sub>1</sub>  | MC <sub>2</sub> | MC <sub>3</sub> | MC <sub>4</sub> | MC <sub>5</sub> |
| 1.  | Amogin OTC Tablet              | A <sub>1</sub>  | -  | -               | -               | -               | 1               |
| 2.  | Amvas-5 Tablet                 | A <sub>2</sub>  | 1  | -               | -               | -               | -               |
| 3.  | Amvas-10 Tablet                | A <sub>3</sub>  | 1  | -               | -               | -               | -               |
| 4.  | Caltab Plus Tablet             | C <sub>1</sub>  | -  | 1               | -               | -               | -               |
| 5.  | Caltab Pro Tablet              | C <sub>2</sub>  | -  | 1               | -               | -               | -               |
| 6.  | Caltab-350 Tablet              | C <sub>3</sub>  | -  | -               | 1               | 1               | 1               |
| 7.  | Caltab-600 Tablet              | C <sub>4</sub>  | -  | -               | 1               | -               | 1               |
| 8.  | Caltab-835 Tablet              | C <sub>5</sub>  | -  | -               | -               | 1               | 1               |
| 9.  | Caltab-1000 Tablet             | C <sub>6</sub>  | -  | 1               | -               | -               | 1               |
| 10. | Caltab-1000 Tablet<br>(Circle) | C <sub>7</sub>  | -  | -               | 1               | -               | -               |
| 11. | Caltab-1250 Tablet             | C <sub>8</sub>  | -  | 1               | -               | 1               | -               |
| 12. | Caltab-1500 Tablet             | C <sub>9</sub>  | -  | 1               | -               | 1               | -               |
| 13. | Chlovas-40 Tablet              | C <sub>10</sub> | -  | -               | -               | -               | 1               |
| 14. | Clindavid-150 Capsule          | C <sub>11</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 15. | Clindavid-300 Capsule          | C <sub>12</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 16. | Cosic Tablet                   | C <sub>13</sub> | -  | -               | -               | 1               | 1               |
| 17. | Coxium 250 mg Capsule          | C <sub>14</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 18. | Coxium 500 mg Capsule          | C <sub>15</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 19. | Coxium 750 Tablet              | C <sub>16</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |
| 20. | Coxium 1500 Tablet             | C <sub>17</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               |

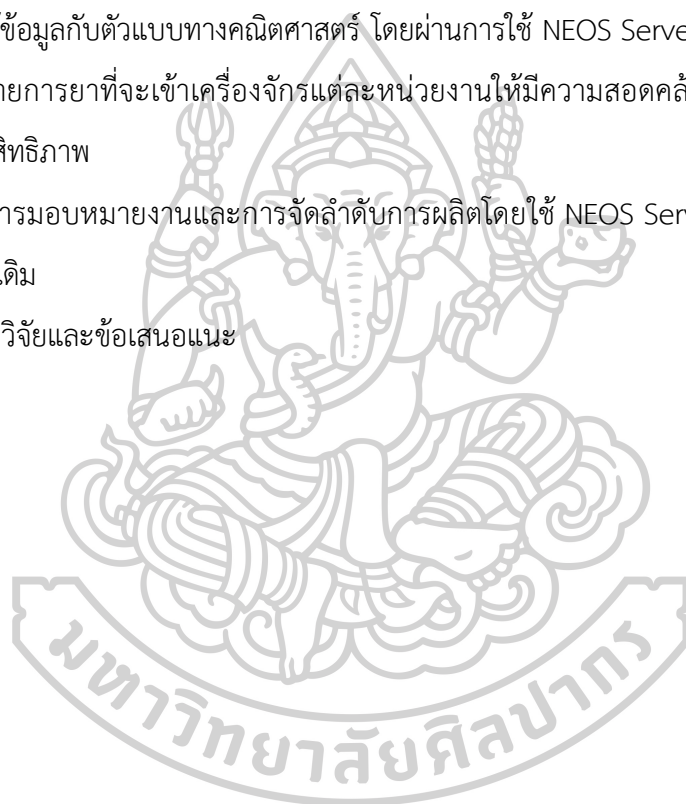
ตารางที่ 3.10 เวลามาตรฐานในการทำความเข้าใจการตั้งเครื่องต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) (ต่อ)

| No. | Product name         | Code           | เวลามาตรฐานที่ใช้ในการตั้งเครื่องต่อ 1 รุ่นการผลิต (ชั่วโมง) |                 |                 |                 |                 |   |
|-----|----------------------|----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
|     |                      |                | MC <sub>1</sub>  | MC <sub>2</sub> | MC <sub>3</sub> | MC <sub>4</sub> | MC <sub>5</sub> |   |
| 21. | Diaceric Capsule     | D <sub>1</sub> | -  | -               | -               | -               | -               | 1 |
| 22. | Dioforge-160 Tablet  | D <sub>2</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | - |
| 23. | Gitazone Tablet      | G <sub>1</sub> | 1  | -               | -               | -               | -               | - |
| 24. | Gpzide Tablet        | G <sub>2</sub> | 1  | -               | -               | 1               | -               | - |
| 25. | Mcxy Cold Tablet     | M <sub>1</sub> | -  | 1               | -               | -               | 1               | - |
| 26. | Mcxy CoughTablet     | M <sub>2</sub> | -  | 1               | -               | -               | 1               | - |
| 27. | Memo-10 Tablet       | M <sub>3</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | - |
| 28. | Metfor-500 Tablet    | M <sub>4</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | 1 |
| 29. | Metfor-850 Tablet    | M <sub>5</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | - |
| 30. | Milpid-600 Tablet    | M <sub>6</sub> | -  | -               | -               | 1               | -               | - |
| 31. | Milpid-900 Tablet    | M <sub>7</sub> | -  | -               | -               | -               | 1               | - |
| 32. | Neumantine Tablet    | N <sub>1</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | - |
| 33. | Nimill Tablet        | N <sub>2</sub> | -  | -               | 1               | -               | 1               | - |
| 34. | Nuusic Green Tablet  | N <sub>3</sub> | -  | -               | 1               | -               | 1               | - |
| 35. | Nuusic Pink Tablet   | N <sub>4</sub> | -  | -               | 1               | -               | 1               | - |
| 36. | Prochic Tablet       | P <sub>1</sub> | 1  | -               | -               | -               | 1               | - |
| 37. | S-Tone 25            | S <sub>1</sub> | -  | -               | -               | -               | 1               | - |
| 38. | S-Tone 100           | S <sub>2</sub> | -  | -               | 1               | -               | -               | - |
| 39. | Throatsil CBS Tablet | T <sub>1</sub> | 1  | -               | 1               | -               | 1               | - |
| 40. | Zymed Tablet         | Z <sub>1</sub> | 1  | -               | -               | -               | 1               | - |



### 3.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาปัญหาของการทำงานและกำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์การวิจัย
2. เก็บข้อมูลในการมอบหมายงานของแต่ละหน่วยงาน เช่น ปริมาณความต้องการของยาแต่ละชนิด กำลังการผลิต เวลามาตรฐานที่ใช้ในการผลิต รวมไปถึงการตั้งเครื่องและการทำความสะอาด
3. พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการมอบหมายงานการเข้าเครื่องจักรของแต่ละหน่วยงานซึ่งเป็นรูปแบบระบบการผลิตเครื่องจักรแบบขนาน (Parallel Machine) โดยกำหนดสมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัด (ตัวแบบทางคณิตศาสตร์)
4. ประยุกต์ใช้ข้อมูลกับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยผ่านการใช้ NEOS Server
5. จัดลำดับรายการยาที่จะเข้าเครื่องจักรแต่ละหน่วยงานให้มีความสอดคล้องต่อเนื่องและคำนวณดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ
6. วิเคราะห์การมอบหมายงานและการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ NEOS Server เปรียบเทียบกับการจัดลำดับแบบเดิม
7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ



### 3.6.2 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไปข้างต้นนำมาสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย พารามิเตอร์และตัวแปร ดังนี้

#### พารามิเตอร์ (Parameter)

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| $n$       | = | เซตของยาทุกชนิดที่ใช้ในการบรรจุลง เครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์<br>{1,2, ...,40}                                 |
| $m$       | = | เซตของเครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์ { $m_1, m_2, \dots, m_5$ }   |
| $T$       | = | เซตของเวลา {0, ..., $T - 1$ }   |
| $i$       | = | เครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์ $i, i \in M$   |
| $j$       | = | ชนิดของยา $j, j \in n$  |
| $t$       | = | จุดเวลา $t, t \in T$  |
| $p_{ij}$  | = | เวลาที่ใช้ในการบรรจุบนเครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์ $i$ ของยา $j$ (ชั่วโมง)                                      |
| $c_{ij}$  | = | เวลาที่ใช้ในการทำความสะอาด (Clearance) บนเครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์ $i$ เมื่อมีการเปลี่ยนชนิดยา $j$ (ชั่วโมง) |
| $su_{ij}$ | = | เวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่อง (Set up) บนเครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์ $i$ ของยา $j$ (ชั่วโมง)                      |
| $C_{max}$ | = | เวลารวมในการบรรจุน้อยที่สุด (Makespan) (ชั่วโมง)  |

#### ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable)

$$W_{ij}^t = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อยา } j \text{ สามารถบรรจุบนเครื่องบรรจุแบบบลิสเตอร์ } i \\ 0 & \text{กรณีอื่น} \end{cases}$$

#### ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)

$$\text{Minimize } C_{max} \tag{1}$$

**สมการข้อจำกัด (Constraint equation)**

$$\sum_{t=0}^{T-1} \sum_{i=1}^m (t + su_{ij} + p_{ij} + c_{ij}) * W_{ij}^t \leq C_{\max} \quad (2)$$

$\forall j \in n$

$$\sum_{t=0}^{T-1} \sum_{i=0}^m W_{ij}^t = 1 \quad (3)$$

$\forall j \in n$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{s=\max\{t-su_{ij}-p_{ij}-c_{ij}+1,0\}}^t W_{ij}^t \leq 1 \quad (4)$$

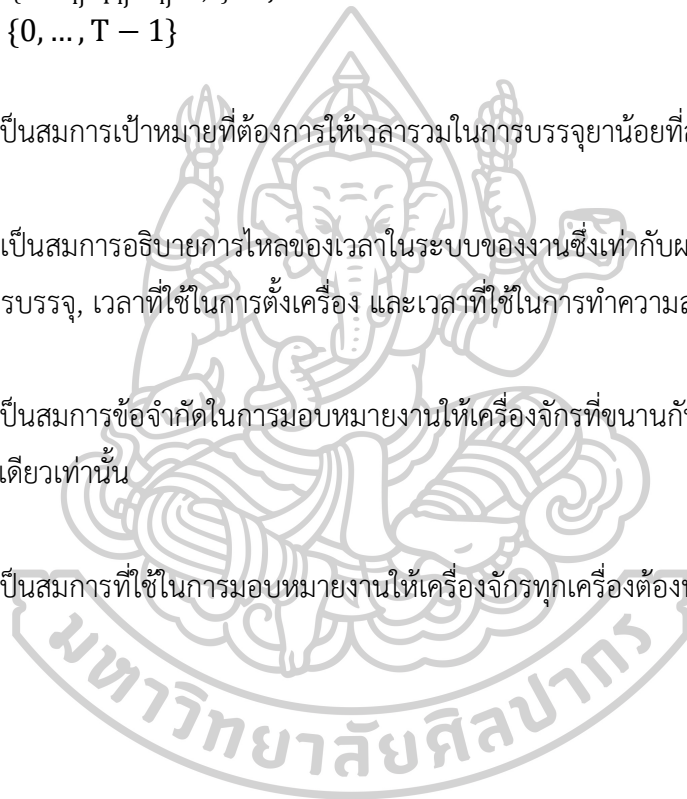
$\forall i \in m, t \in \{0, \dots, T-1\}$

สมการที่ (1) เป็นสมการเป้าหมายที่ต้องการให้เวลารวมในการบรรจุน้อยที่สุด

สมการที่ (2) เป็นสมการอธิบายการไหลของเวลาในระบบของงานซึ่งเท่ากับผลรวมของเวลาเริ่มต้น, เวลาที่ใช้ในการบรรจุ, เวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่อง และเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาด

สมการที่ (3) เป็นสมการข้อจำกัดในการมอบหมายงานให้เครื่องจักรที่ขนานกันสามารถทำงานใด ๆ ได้เพียงเครื่องเดียวเท่านั้น

สมการที่ (4) เป็นสมการที่ใช้ในการมอบหมายงานให้เครื่องจักรทุกเครื่องต้องทำงานให้จบในแต่ละช่วงเวลา



**ตัวอย่าง 2.** แสดงการจัดตารางการผลิตในการมอบหมายงานทั้งหมด 12 งานให้กับ 2 เครื่องจักร  
ขนานที่ทำงานได้แตกต่างกัน

จากสมการที่กล่าวข้างต้นให้ทำการแปลงสัญลักษณ์พีชคณิต ให้เป็น AMPL โดยให้อยู่ในรูปแบบ  
ของ Data File, Model File และ Run File ดังแสดงในภาพที่ 3.4, 3.5 และ 3.6 เพื่อให้สามารถ  
ทำงานบน NEOS Server ได้

```
#data

param m := 2;

param n := 12;

param T := 20;

param p:
           1      2      3      4      5      6      7      8      9      10     11     12:=
1      999     6      999     999     6      999     999     6      999     999     6      999
2      3       999     5       3       999     5       3       999     5       3       999

;

param c:
           1      2      3      4      5      6      7      8      9      10     11     12:=
1      999     1      999     999     1      999     999     1      999     999     1      999
2      1       999     1       1       999     1       1       999     1       1       999

;

param su:
           1      2      3      4      5      6      7      8      9      10     11     12:=
1      999     1      999     999     1      999     999     1      999     999     1      999
2      1       999     1       1       999     1       1       999     1       1       999

;
```

ภาพที่ 3.4 แสดงข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบ AMPL Data File

```

# SETS
param m >= 0;
set Machine := 1..m;

param n >= 0;
set Processing:= 1..n;

param T> 0;
set Horizon := 0..T-1;

# PARAMETERS

param p {Machine, Processing} >=0;

param su {Machine, Processing}, >=0;

param c {Machine, Processing}, >=0;

# VARIABLES

var W{Machine, Processing, Horizon} binary;

var Cmax, >=0;

#OBJECTIVE FUNCTION

minimize makespan: Cmax;

#CONSTRAINTS

subject to completion_time {j in Processing}:
    sum{t in Horizon, i in Machine} (t+ su[i,j] + p[i,j] + c[i,j])*W[i,j,t] <= Cmax;

subject to assignment {j in Processing}:
    sum{t in Horizon, i in Machine} W[i,j,t] = 1;

subject to limitmachine {i in Machine, t in Horizon}:
    sum{j in Processing, s in max(t - p[i,j] - su[i,j] - c[i,j] +1,0)..(t)} W[i,j,s] <=1;

solve;
display W;

```

ภาพที่ 3.5 แสดงข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบ AMPL Model File

ภาพที่ 3.6 แสดงข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบ AMPL Run File

เมื่อได้ AMPL File พร้อมใช้งานให้ดำเนินการอัปโหลดลง <https://neos-server.org/neos/> ดังแสดงในภาพที่ 3.7 และทำตามขั้นตอนต่อไป ดังนี้

#### 1. กด Submit a job to NEOS

หน้าจอจะเข้าสู่การเลือกใช้โปรแกรมในการแก้ปัญหาโดยมีให้เลือกหลากหลายรูปแบบในที่นี้จะใช้โปรแกรมเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดตาราง

##### 1.1 Global Optimization

- PGAPACK
- PSwarm

##### 1.2 Mixed Integer Linear Programming

- CPLEX Solver
- MINTO Solver
- Gurobi Solver

#### 2. ทำการ Input ข้อมูลลงใน Solver ในรูปแบบของ AMPL และเข้าสู่หน้าจอ Web Submission Form

##### 2.1 Model File ใช้อัปโหลด Model File (สกุล .mod)

##### 2.2 Data File ใช้อัปโหลด Data File (สกุล .dat)

##### 2.3 Commands File ใช้อัปโหลด Run File (สกุล .run)

3. หลังจากอัปโหลดไฟล์ต่าง ๆ เสร็จแล้วสามารถกรอก E-mail address: เพื่อแจ้งเตือนกลับและเป็นการยืนยันว่าทาง NEOS Server ได้ดำเนินการรับข้อมูลเรียบร้อยแล้วและเมื่อ NEOS Server แก้ปัญหาสำเร็จแล้วจะส่งคำตอบกลับมาให้ทางอีเมลที่ได้ลงทะเบียนไว้

#### 4. เมื่อ NEOS Server แก้ปัญหาเสร็จแล้ว จะแสดง

##### 4.1 Objective Function: makespan

##### 4.2 W [1.\*,\*] (tr): แสดงการมอบหมายเครื่องจักรให้ทำงานในแต่ละช่วงเวลา T

## ตัวอย่างการแปรข้อมูล

W [1,\*,\*] (tr)

| : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | := |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  |

- เป็นการมอบหมายให้เครื่องจักรที่ 1 ทำงาน  $J_2$  ในเวลาชั่วโมงที่ 0
- เป็นการมอบหมายให้เครื่องจักรที่ 1 ทำงาน  $J_5$  ในเวลาชั่วโมงที่ 8



NEOS Server for Optimiz... x

Secure | <https://neos-server.org/neos/>

NEOS Contact Help Sign In Sign Up

**neos** SERVER

*NEOS Server: State-of-the-Art Solvers for Numerical Optimization*

The **NEOS Server** is a free internet-based service for solving numerical optimization problems. Hosted by the Wisconsin Institute for Discovery at the University of Wisconsin in Madison, the NEOS Server provides access to more than 60 state-of-the-art solvers in more than a dozen optimization categories. Solvers hosted by the University of Wisconsin in Madison run on distributed high-performance machines enabled by the HTCCondor software; remote solvers run on machines at Arizona State University, the University of Klagenfurt in Austria, and the University of Minho in Portugal.

The **NEOS Guide** website complements the NEOS Server, showcasing optimization case studies, presenting optimization information and resources, and providing background information on the NEOS Server.

**NEOS Server**

- Submit a job to NEOS
- View Job Queue and Job Results
- User's Guide to the NEOS Server
- NEOS Server FAQ
- NEOS Support

**Latest NEOS News**

Tweets by NeosOpt

ภาพที่ 3.7 แสดงหน้าจอการส่งข้อมูลเพื่อให้ NEOS Server แก้ปัญหา



| Problem Type                                       | Solver | Expand All | Collapse All |
|--|--------|------------|--------------|
| Job Queue Tools                                    |        |            | +            |
| Application  |        |            | +            |
| Bound Constrained Optimization                     |        |            | +            |
| Combinatorial Optimization and Integer Programming |        |            | +            |
| Complementarity Problems                           |        |            | +            |
| Extended Mathematical Programming                  |        |            | +            |
| Global Optimization                                |        |            | +            |
| Linear Network Programming                         |        |            | +            |
| Linear Programming                                 |        |            | +            |
| Mathematical Programs with Equilibrium Constraints |        |            | +            |
| Mixed Integer Linear Programming                   |        |            | +            |
| Mixed Integer Nonlinearly Constrained Optimization |        |            | +            |
| Mixed-Integer Optimal Control Problems             |        |            | +            |
| Nondifferentiable Optimization                     |        |            | +            |
| Nonlinearly Constrained Optimization               |        |            | +            |
| Second Order Conic Programming                     |        |            | +            |

ภาพที่ 3.8 แสดงโมเดลการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ NEOS Server ให้บริการ

| Mixed Integer Linear Programming   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cbc [AMPL Input][GAMS Input][MPS Input]</li> <li>• CPLEX [AMPL Input][GAMS Input][LP Input][MPS Input][NL Input]</li> <li>• feaspump [AMPL Input][CPLEX Input][MPS Input]</li> <li>• FICO-Xpress [AMPL Input][GAMS Input][MOSEL Input][MPS Input]</li> <li>• Gurobi [AMPL Input][GAMS Input][LP Input][MPS Input][NL Input]</li> <li>• MINTO [AMPL Input]</li> <li>• MOSEK [AMPL Input][GAMS Input][LP Input][MPS Input]</li> <li>• proxy [CPLEX Input][MPS Input]</li> <li>• qsopt_ex [AMPL Input][LP Input][MPS Input]</li> <li>• scip [AMPL Input][CPLEX Input][GAMS Input][MPS Input][OSIL Input][ZIMPL Input]</li> <li>• SYMPHONY [MPS Input]</li> </ul> |

ภาพที่ 3.9 แสดงการวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละโมเดลที่ NEOS Server ให้บริการ

### Web Submission Form

**Model File**  
Enter the location of the AMPL model file (local file)  
 No file chosen

**Data File**  
Enter the location of the AMPL data file (local file)  
 No file chosen

**Commands File**  
Enter the location of the AMPL commands file (local file)  
 No file chosen

**Comments**

**Additional Settings**  
 Dry run: generate job XML instead of submitting it to NEOS  
 Short Priority: submit to higher priority queue with maximum CPU time of 5 minutes  
E-Mail address:

*Please do not click the 'Submit to NEOS' button more than once.*

By submitting a job, you have accepted the [Terms of Use](#)

ภาพที่ 3.10 แสดงการอัปโหลด AMPL File ใน NEOS Server





\*\*\*\*\*

NEOS Server Version 5.0

Job# : 5947185

Password : pdHtPkvq

User : None

Solver : milp:CPLEX:AMPL

Start : 2018-03-24 12:24:44

End : 2018-03-24 12:24:49

Host : NEOS HTCCondor Pool

Disclaimer:

This information is provided without any express or implied warranty. In particular, there is no warranty of any kind concerning the fitness of this information for any particular purpose.

\*\*\*\*\*

File exists

You are using the solver cplexamp.

Checking ampl.mod for cplex\_options...

Checking ampl.com for cplex\_options...

Executing AMPL.

processing data.

processing commands.

Executing on prod-exec-4.neos-server.org

1201 variables:

ภาพที่ 3.11 แสดงคำตอบของการแก้ปัญหาบน NEOS Server โดยการใช้ CPLEX Solution

1200 binary variables

1 linear variable

124 constraints, all linear; 21476 nonzeros

12 equality constraints

112 inequality constraints

1 linear objective; 1 nonzero.

CPLEX 12.7.0.0: threads=4

CPLEX 12.7.0.0: optimal integer solution; objective 48

454 MIP simplex iterations

0 branch-and-bound nodes

No basis.

W [1,\*,\*] (tr)

: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 :=

0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

8 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0

9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

12 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

13 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

14 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

15 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

16 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0

17 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

19 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

21 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ภาพที่ 3.12 แสดงคำตอบของการแก้ปัญหาบน NEOS Server โดยการใช้ CPLEX Solution (ต่อ)

```

22 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
23 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
24 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
25 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
26 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
27 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
28 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
29 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
30 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
31 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
33 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
34 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
35 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
36 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
37 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
38 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
39 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
40 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
41 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
42 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
43 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
44 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
45 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
46 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
47 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
48 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
49 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

[2,\*,\*](tr)

```

: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 :=
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

ภาพที่ 3.13 แสดงคำตอบของการแก้ปัญหาบน NEOS Server โดยการใช้ CPLEX Solution (ต่อ)

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7  | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

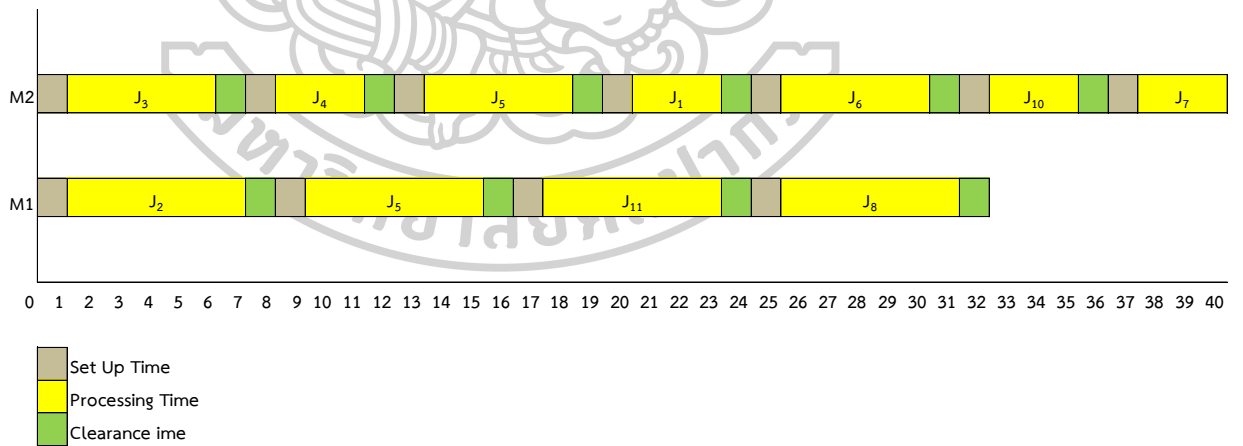
ภาพที่ 3.14 แสดงคำตอบของการแก้ปัญหาบน NEOS Server โดยการใช้ CPLEX Solution (ต่อ)

```

41 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
42 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
43 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
44 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
45 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
46 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
47 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
48 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
49 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
;
    
```



ภาพที่ 3.15 แสดงคำตอบของการแก้ปัญหาบน NEOS Server โดยการใช้ CPLEX Solution (ต่อ)



ภาพที่ 3.16 แผนภูมิแสดงตารางการผลิตของตัวอย่าง 2. ที่มอบหมายงาน 12 งานให้เครื่องจักรขนาน 2 เครื่อง



## บทที่ 4

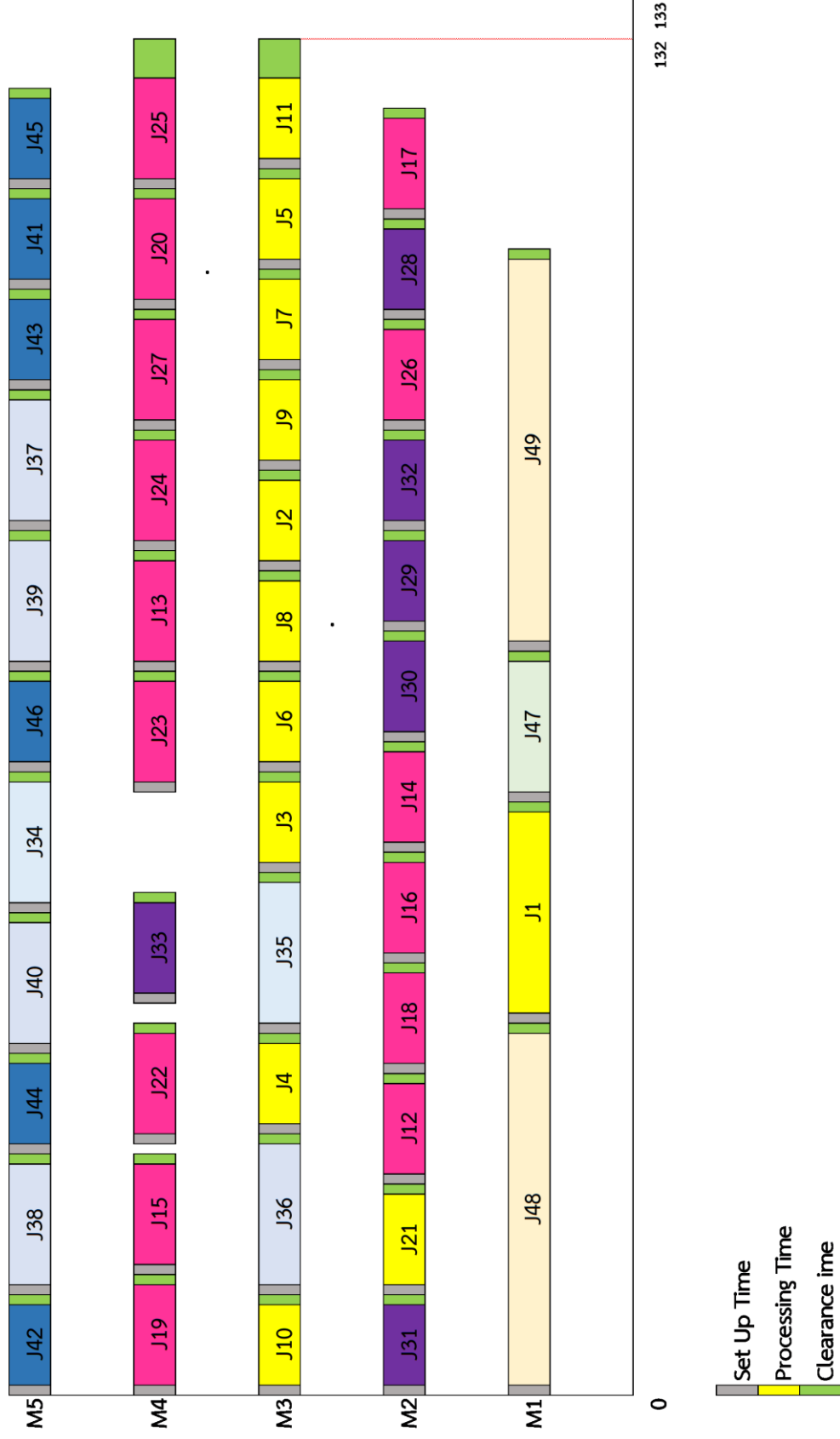
### ผลการดำเนินงานวิจัย

#### 4.1 ผลการดำเนินงานวิจัย

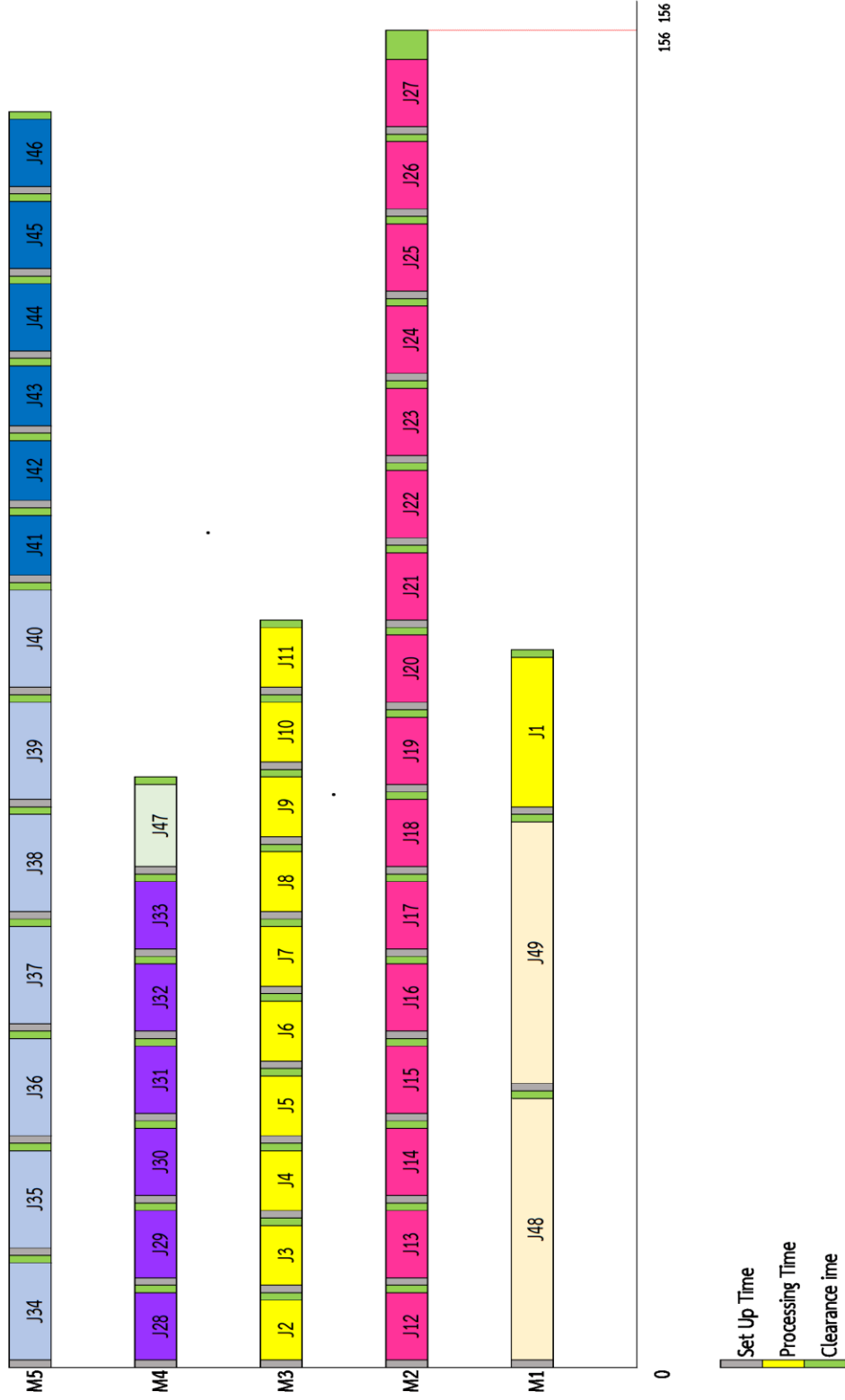
จากการทดลองการจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรขนานในช่วงเดือนเมษายน 2561 จำนวน 168 งาน โดยแบ่งงานออกเป็นรายสัปดาห์ จำนวนทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ ที่แบ่งงานออกเป็นรายสัปดาห์ เนื่องจากได้ทดลองนำจำนวนงานทั้งหมด 168 งานให้ NEOS Server คำนวณพบว่าไม่สามารถให้คำนวณให้ได้เนื่องจากมีตัวแปรเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งลำดับงานออกเป็นสัปดาห์โดยให้สัปดาห์แรกเป็นรายการยาที่มีจำนวนสินค้าคงคลังน้อยสุดไล่ลำดับไปจนถึงสัปดาห์สุดท้าย จากนั้นทำการเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตแบบปัจจุบัน กับการจัดตารางการผลิตโดยใช้บริการซอฟต์แวร์ผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการปิดงานน้อยที่สุด (Minimize Makespan) ในการคำนวณการจัดตารางการผลิตครั้งนี้ใช้โปรแกรม CPLEX Solver โดยผลลัพธ์สำหรับการจัดตารางเดือนเมษายน 2561 เป็นดังภาพที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 โดยได้ค่าเวลาปิดงานของระบบของแต่ละสัปดาห์มีค่าเท่ากับ 132, 134, 138, 106 (ชั่วโมง) ตามลำดับ โดยมีค่าเวลาการปิดงานของระบบ รวมเท่ากับ 510 ชั่วโมง

#### 4.2 เปรียบเทียบผลการจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรขนานแบบเดิมและแบบใหม่ของเดือนเมษายน 25561

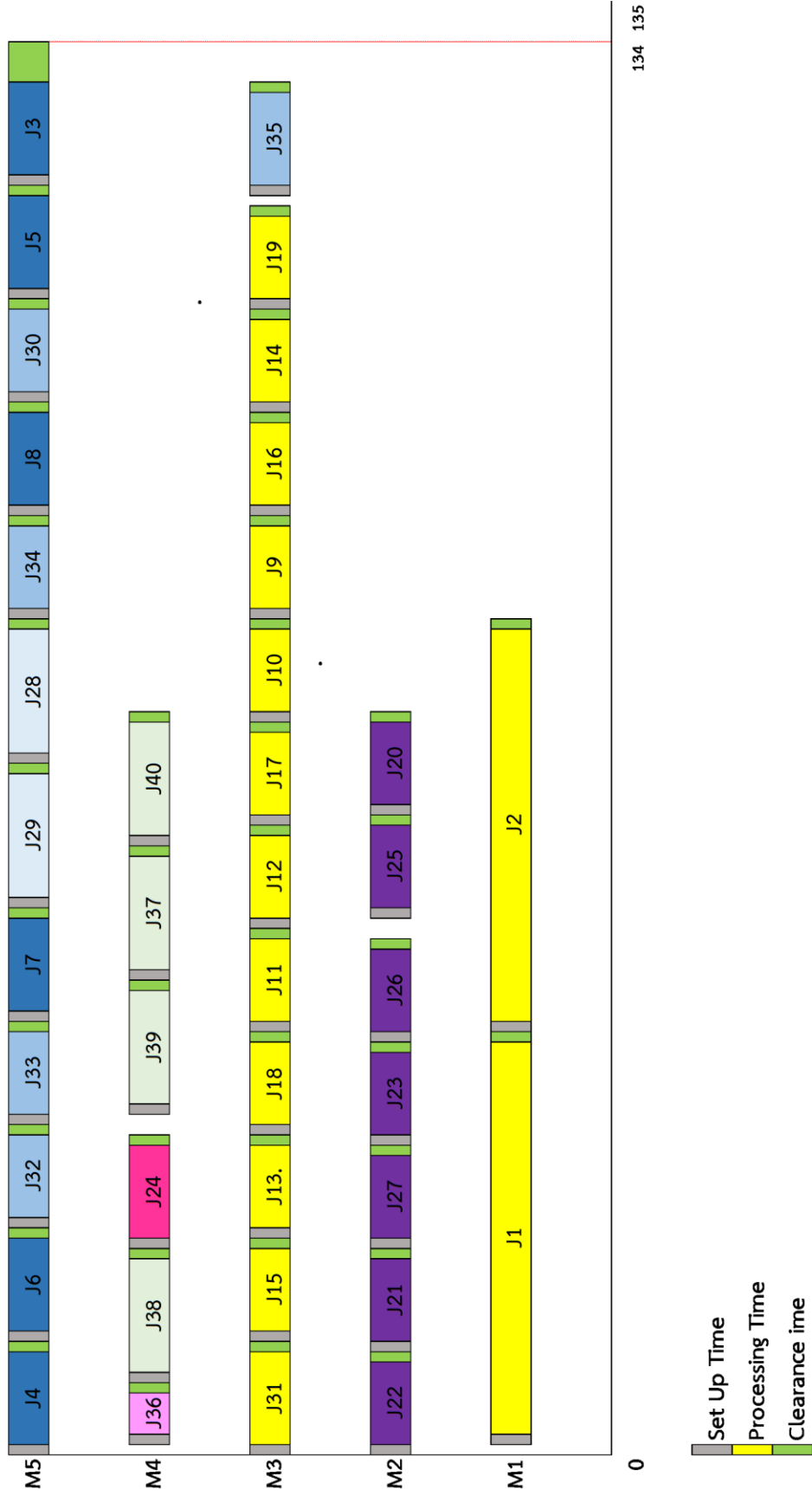
เมื่อทำการจัดตารางการผลิตการบรรจุยาเม็ดลงเครื่องจักรแบบบลิสเตอร์ในเดือนเมษายน 2561 โดยใช้วิธีการแบบเดิมได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 4.5, 4.6, 4.7 และ 4.8 โดยได้เวลาการปิดงานของระบบของแต่ละสัปดาห์มีค่าเท่ากับ 156, 168, 153 และ 140 (ชั่วโมง) ตามลำดับ โดยค่าเวลาการปิดงานของระบบรวมเท่ากับ 617 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วิธีการจัดตารางแบบใหม่ให้ค่าเวลาการปิดงานของระบบที่ดีกว่า



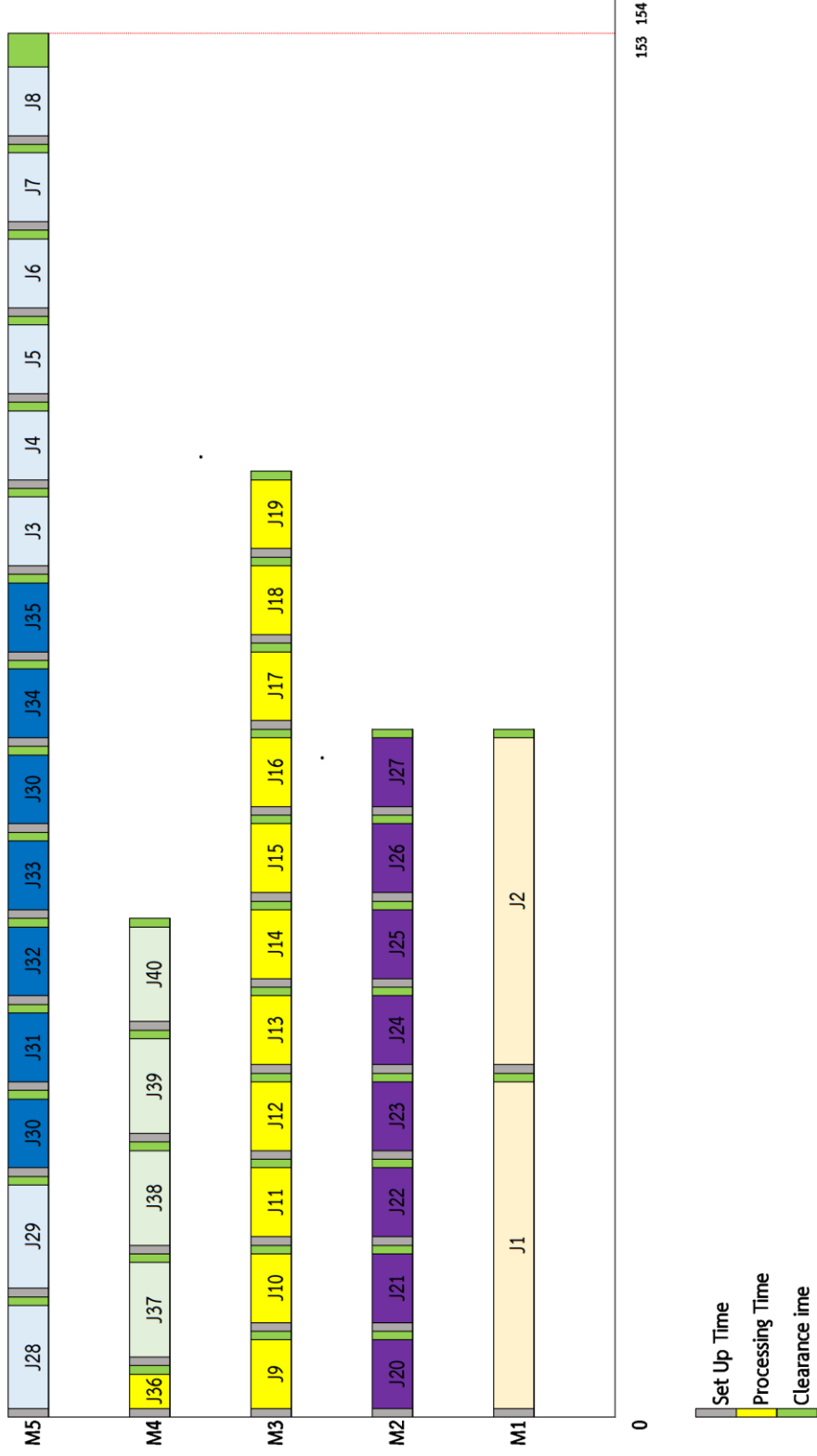
ภาพที่ 4.1 แสดงการจัดตารางการผลิตในสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนเมษายน 2561



ภาพที่ 4.2 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบเดิมในสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนเมษายน 2561

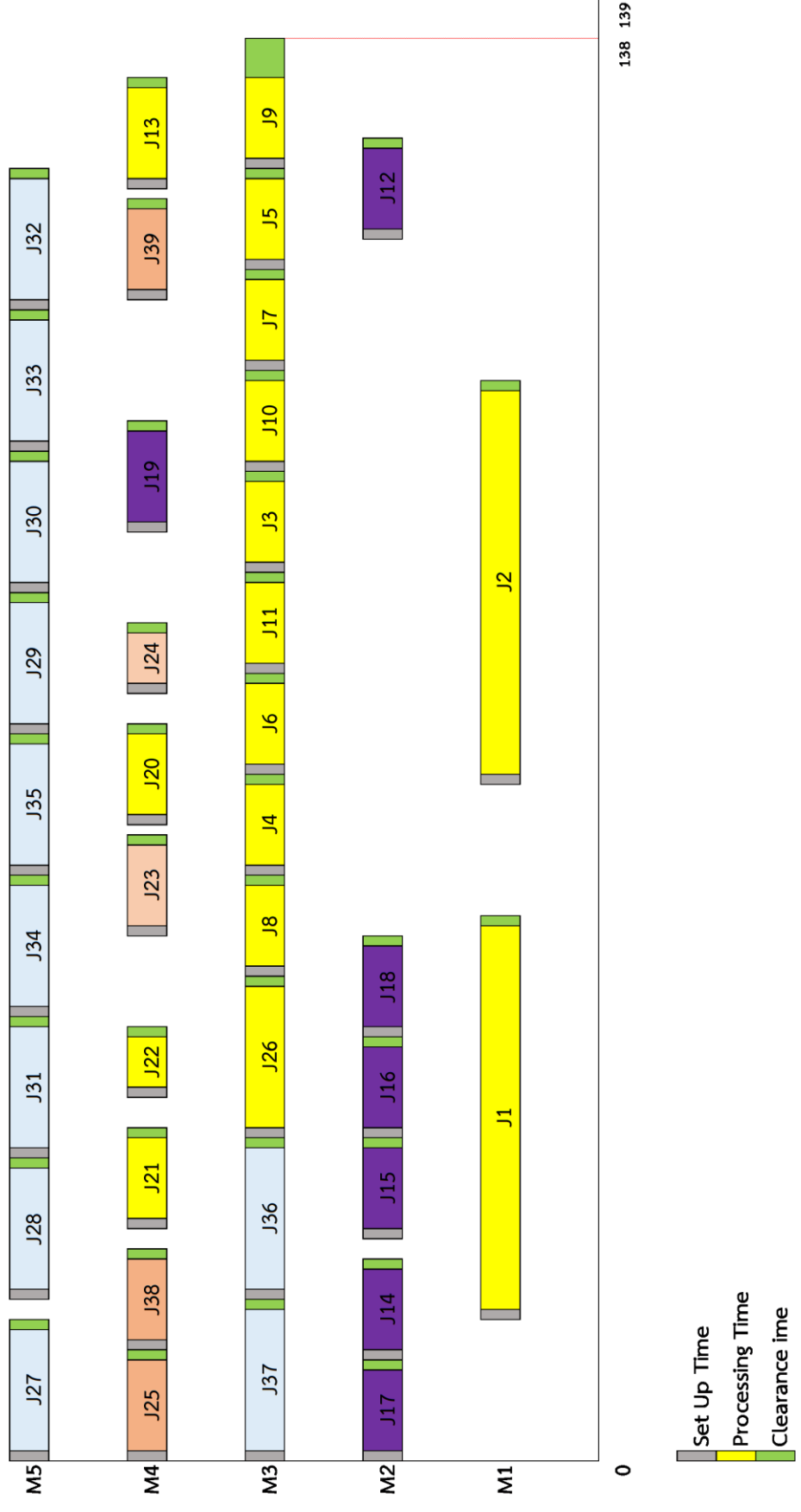


ภาพที่ 4.3 แสดงการจัดตารางการผลิตในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนเมษายน 2561



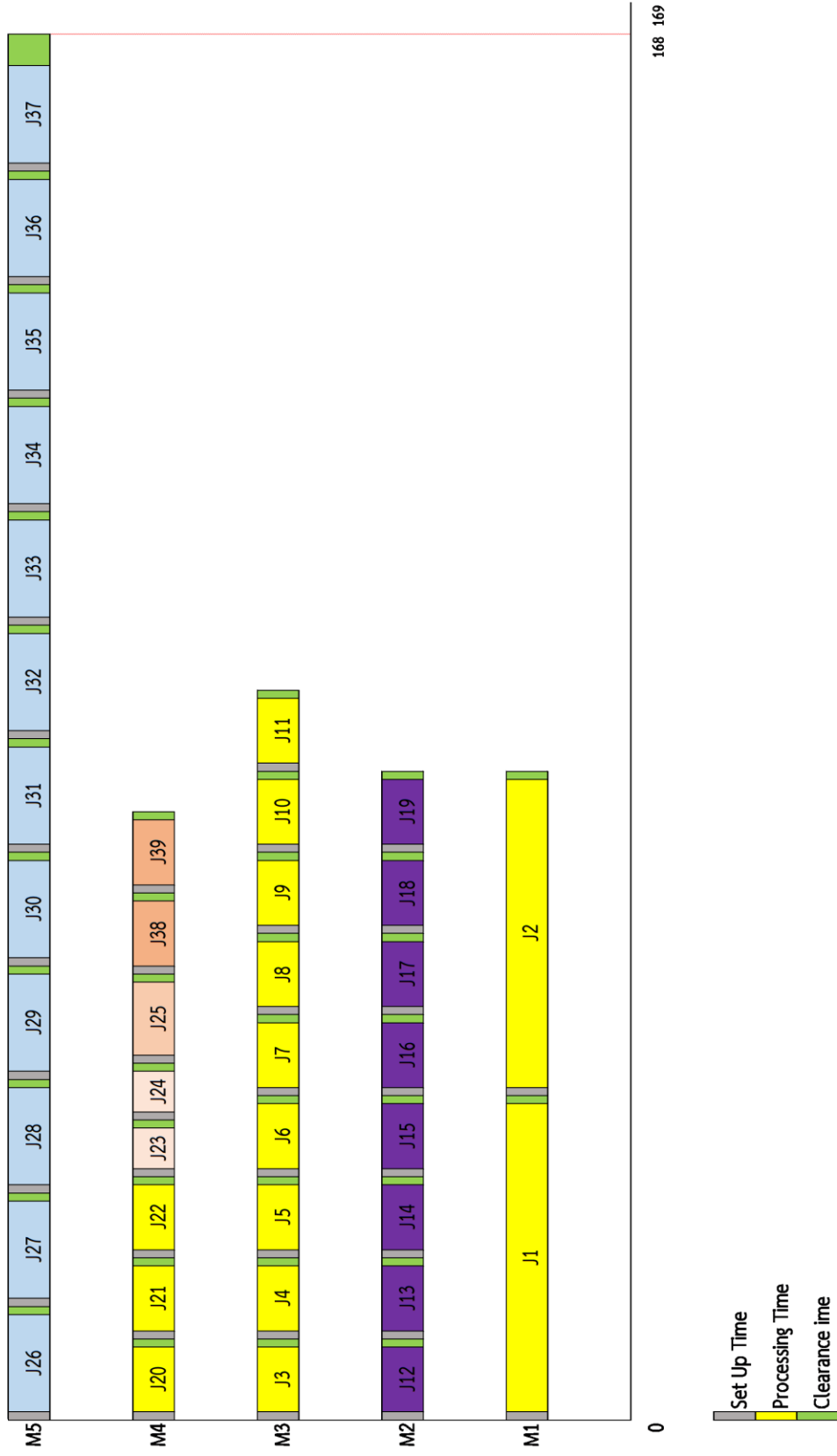
153 154

ภาพที่ 4.4 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบเดิมในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนเมษายน 2561



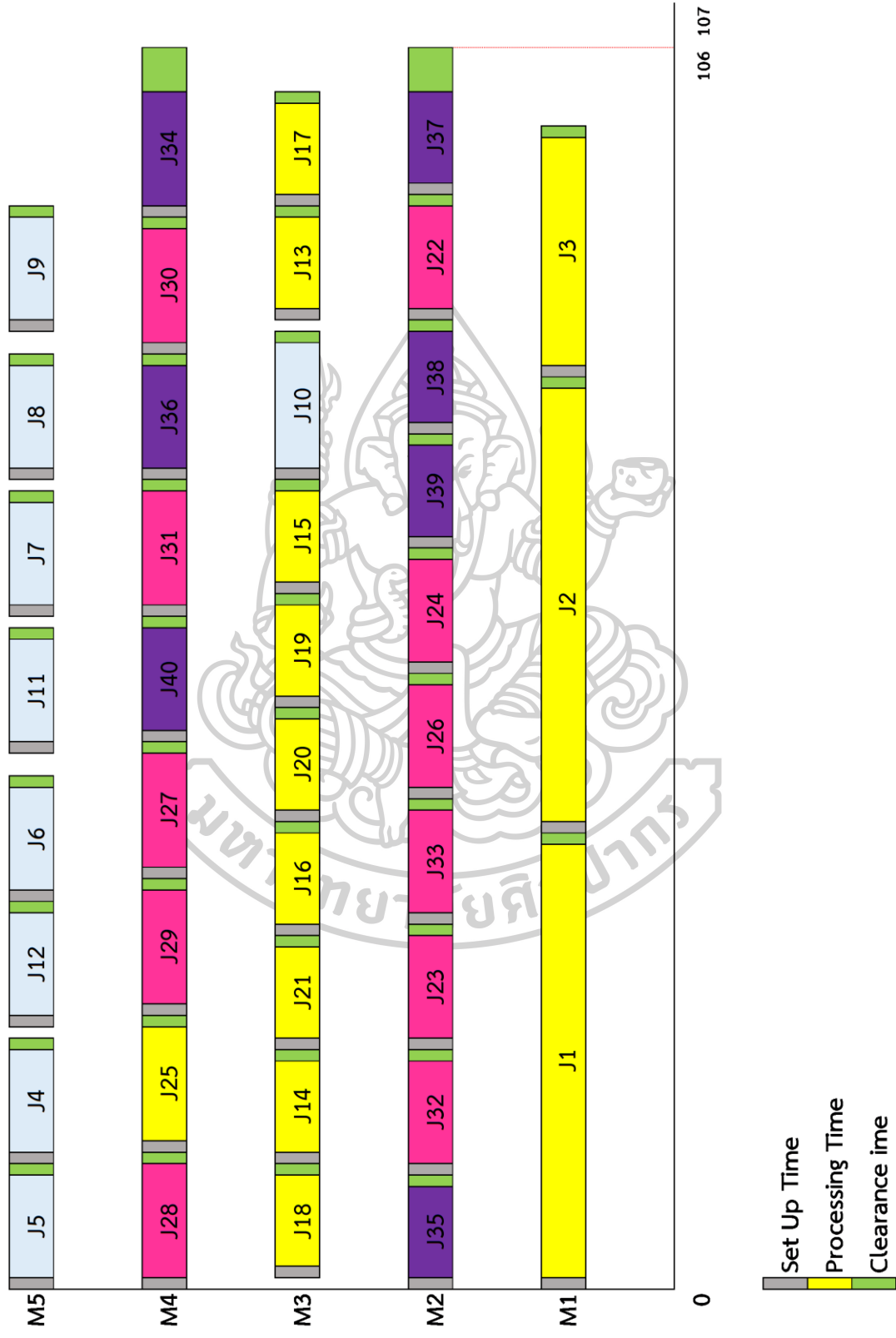
138 139

ภาพที่ 4.5 แสดงการจัดตารางการผลิตในสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนเมษายน 2561

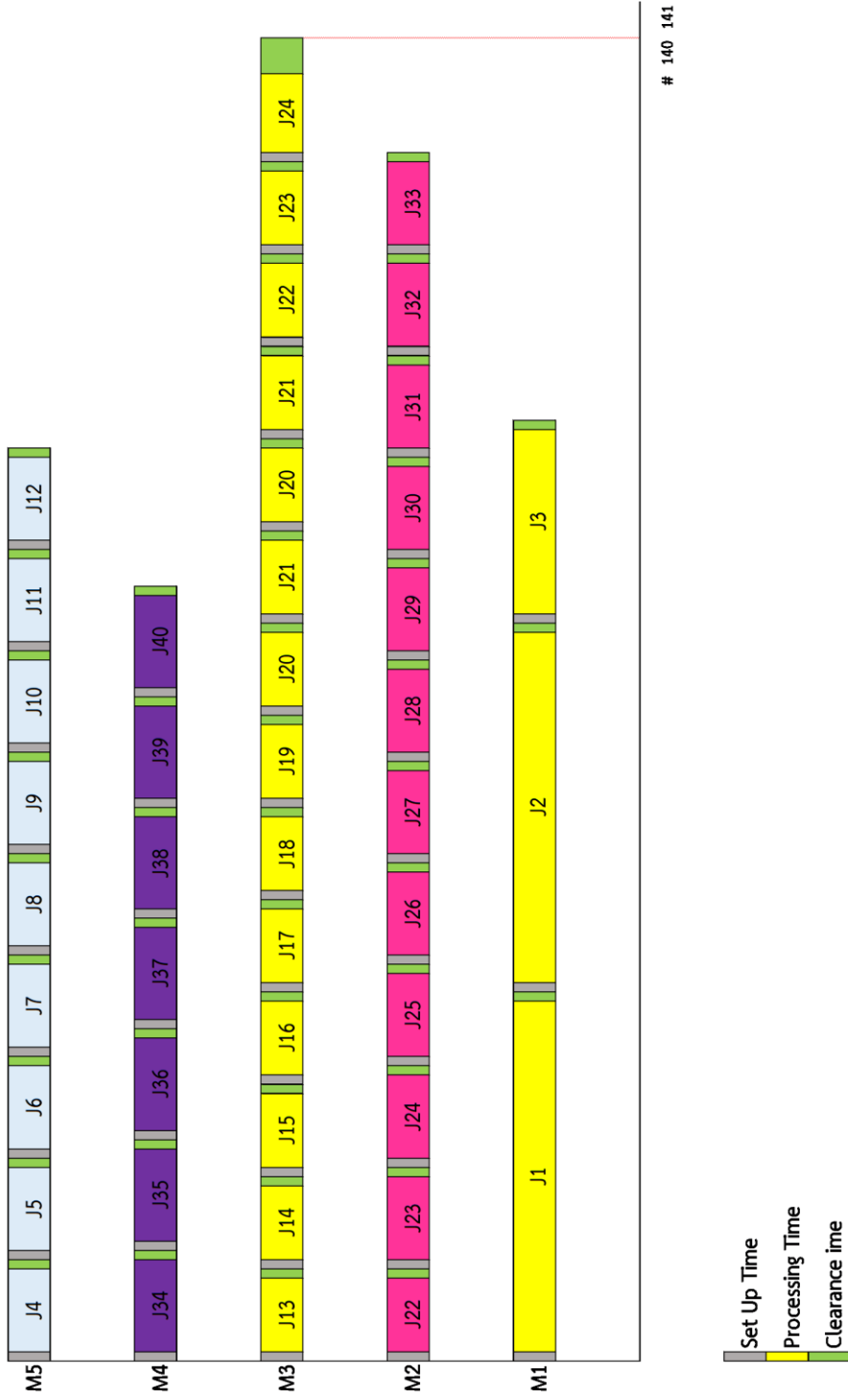


ภาพที่ 4.6 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบเดิมในสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนเมษายน 2561

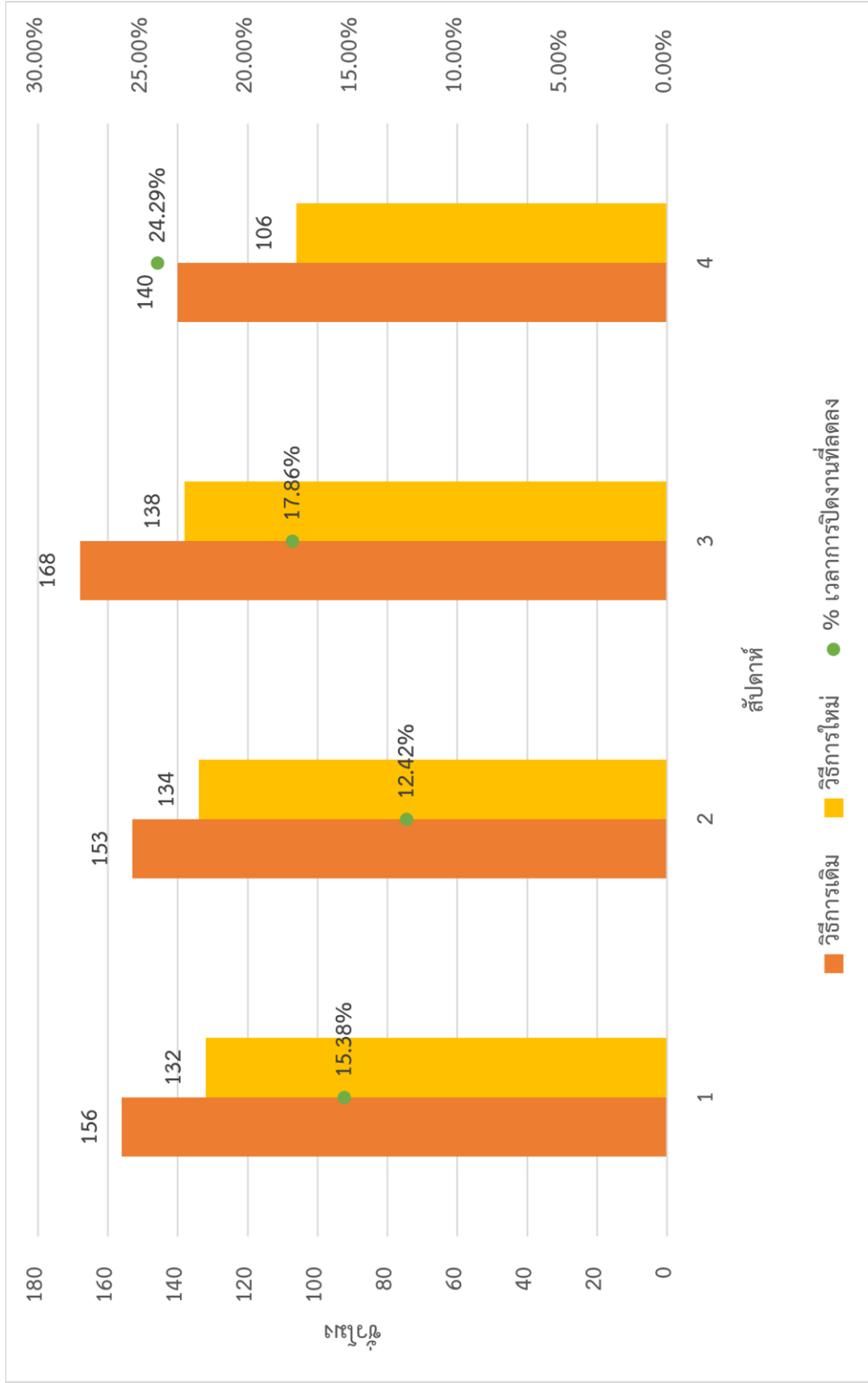




ภาพที่ 4.7 แสดงการจัดตารางการผลิตในสี่ชุดที่ 4 ของเดือนเมษายน 2561



ภาพที่ 4.8 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบเดิมในสัปดาห์ที่ 4 ของเดือนเมษายน 2561



ภาพที่ 4.9 กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบเวลาการปิดงานในแต่ละลำดับที่ของเดือน เมษายน 2561

## บทที่ 5

### สรุปผลงานวิจัย

#### 5.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเพื่อทำการปรับปรุงการจัดตารางการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนานที่แตกต่างกันของแผนกบรรจุ ซึ่งมีเครื่องจักรทั้งหมด 5 เครื่อง แต่ละเครื่องจักรมีความเร็วในการบรรจุยาไม่เท่ากัน และสามารถบรรจุยาได้เพียงบางรายการเท่านั้น ซึ่งปัญหาที่พบในการจัดตารางคือการจัดตารางในปัจจุบันต้องอาศัยความรู้ความสามารถและทักษะในการจัดตารางและตารางที่ได้อาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด งานวิจัยนี้จึงได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Mixed Integer Linear Programming เพื่อใช้ในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยการแปลงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และข้อมูลต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบ A Mathematical Programming Language แล้วส่งให้ NEOS Server ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ให้บริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (Software as a service: SaaS) แบบไม่คิดค่าบริการ (Free of charge) จำนวนบนคลาวด์ (Cloud Computing) ซึ่งผลการจัดตารางการผลิตแบบใหม่สามารถลดเวลาการปิดงานของระบบ (Makespan) ลดลงร้อยละ 17.49 เมื่อเทียบกับการจัดตารางการผลิตแบบเดิม ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ สามารถหาแนวทางการจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น โดยวิธีการเดิมเป็นการจัดตารางโดยพยายามให้ยารายการเดียวกันทำงานบนเครื่องจักรเดิมต่อเนื่องกันไป แต่วิธีการจัดตารางใหม่จะทำการกระจายรายการยาให้มีการผลิตในทุก ๆ เครื่องในช่วงเวลาเดียวกันจึงทำให้สามารถลดเวลาการปิดงานได้ดีขึ้น

#### 5.2 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย

1. การใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด
2. การจัดตารางแบบใหม่สามารถนำไปใช้กับการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานแบบไม่สัมพันธ์กันที่มีระยะเวลาการผลิตไม่เท่ากัน ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดตารางให้ดียิ่งขึ้นสามารถลดเวลาของการปิดงานของระบบได้

#### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. กรณีข้อมูลขนาดใหญ่มีตัวแปรจำนวนมาก NEOS Server ไม่สามารถให้บริการได้ จำเป็นต้องหาโปรแกรมสำเร็จรูปอื่น ๆ และต้องมีเซิร์ฟเวอร์ขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณ ตัวอย่างเช่นโปรแกรม CPLEX Optimization เป็นต้น

2. ข้อจำกัดของการจัดตารางการผลิตแบบใหม่จะคำนึงถึงเฉพาะการลดเวลาของการปิดงานในระบบ แต่ไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนการผลิตด้านอื่น ๆ เช่น ค่าใช้จ่ายในเรื่องของบรรจุภัณฑ์ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากกรณีการสับเปลี่ยนเครื่อง และต้องมีการตรวจสอบที่เข้มงวดขึ้นในกรณีที่มีการเปลี่ยนชนิดยาบ่อยมากขึ้น เพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้าม (Cross Contamination)
3. เนื่องจากคำตอบที่ได้จาก NEOS Server เป็นคำตอบในเชิงคณิตศาสตร์ คือ 0 หรือ 1 (เลือก/ไม่เลือก) จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจในการแปลความหมายจึงสามารถนำมาสร้างเป็นแผนภูมิแกนต์ในการจัดตารางการผลิตได้



## รายการอ้างอิง

1. สำนักยา สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับหลักเกณฑ์และวิธีการผลิตยาแผนปัจจุบันและแก้ไขเพิ่มเติมหลักเกณฑ์และวิธีการผลิตยาแผนโบราณ ตามกฎหมายว่าด้วยยา พ.ศ. 2559: กระทรวงสาธารณสุข; 2559.
2. ชุมพล ศฤงคารศิริ. การวางแผนและควบคุมการผลิต. 17 ed: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2551.
3. พิภพ ลิตาภรณ์. การวางแผนและควบคุมการผลิต: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน); 2556.
4. ธีรเดช วุฒิพรพันธ์. วิธีการจัดลำดับและการจัดตารางการผลิต. 1 ed. สายธารธุรกิจโรงพิมพ์: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด; 2559.
5. ปารเมศ ชูติมา. เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. 2 ed: บริษัท แอคทีฟ พรินท์ จำกัด; 2555.
6. ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมฆ. สร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ (Optimization Modeling) ด้วย Excel (Solver): บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน); 2557.
7. ยอดดวงใจ นาคปฐุม. การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ: Silpakorn University; 2012.
8. Fourer R, Gay DM, Kenighan BW. AMPL A Modeling Language for Mathematical Programming. 2 ed. United States of America; 2003.
9. Kopanos GM, Mendez CA, Puigianer L. MIP-based decomposition strategies for large-scale scheduling problems in multiproduct multistage batch plants: A benchmark scheduling problem of the pharmaceutical industry. European Journal of Operational Research. 2010;207:644-55.
10. Balakrishnan N, Kanet Jj, Sridharan SV. Early/tardy scheduling with sequence dependent setups on uniform parallel machines. Computers & Operations Research 1998;26:127-41.
11. Borissova D. Optimal Scheduling for Dependent Details Processing Using MS Excel Solver. CYBERNETICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES. 2008;8(2):102-11.
12. Castillo ED. An application of network scheduling optimization in a pharmaceutical firm. Computers in Industry. 1992;18:279-87.
13. Venditti L, Pacciarelli D, Meloni C. A tabu search algorithm for scheduling

pharmaceutical packaging operations. *European Journal of Operational Research*. 2010;202:538-46.

14. Stefansson H, Sigmarsdottir S, Jensson P, Shah N. Discrete and continuous time representations and mathematical models for large production scheduling problems: A case study from the pharmaceutical industry. *European Journal of Operational Research*. 2011;215:383-92.

15. Kabra S, Shaik MA, Rathore AS. Multi-period scheduling of a multi-stage multi-product bio-pharmaceutical process. *Computers and Chemical Engineering*. 2013;57:95-103.

16. Costa A. Hybrid genetic optimization for solving the batch-scheduling problem in a pharmaceutical industry. *Computers & Industrial Engineering*. 2015;79:130-47.

17. Eberle LG, Garcia CE, Senniger M, Sugiyama HG, Andreas, Schmidt R, Hungerbuhler K. Optimal Scheduling of Liquid Drug Product Manufacturing. 12th International Symposium on Process Systems Engineering and 25th European Symposium on Computer Aided Process Engineering; 31 May - June 2015; Copenhagen, Denmark 2015.

18. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. รายงานผลการวิเคราะห์ขีดความสามารถในการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC). ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์: สถาบันวิสาหกิจขนาดย่อมอุตสาหกรรมการผลิต (SMI); 2554.

19. วงศกร ตระกูลหิรัญผดุง. In Focus "อุตสาหกรรมยาของไทยสู่มาตรฐาน GMP-PICs". *Trend for Quality*. 2014 September 2014.







ภาคผนวก ก  
การพัฒนาตนเอง



เข้าร่วมงาน INTERNATIONAL CONFERENCE “Innovation and Technology Development for sustainable Economy” (4<sup>th</sup> TECHCON2018 and 2<sup>nd</sup> ITECH 2018) เมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2561



เข้าร่วมงาน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ครั้งที่ 3  
 “การบูรณาการความรู้เพื่อสังคมที่ยั่งยืน” (The Knowledge integration for sustainable society) เมื่อวันที่ 18 – 20 กรกฎาคม 2561 (Session Chairs: ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิวัฒน์ มูแก้ม)



ตัวอย่าง ผลลัพธ์ของการจัดตารางการผลิตในสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนเมษายน 2561

---

\*\*\*\*\*

NEOS Server Version 5.0

Job# : 6020088

Password : FlaygNkl

User : None

Solver : milp:CPLEX:AMPL

Start : 2018-04-28 11:19:55

End : 2018-04-28 11:20:51

Host : NEOS HTCondor Pool

Disclaimer:

This information is provided without any express or implied warranty. In particular, there is no warranty of any kind concerning the fitness of this information for any particular purpose.

\*\*\*\*\*

File exists

You are using the solver cplexamp.

Checking ampl.mod for cplex\_options...

Checking ampl.com for cplex\_options...

Executing AMPL.

processing data.

processing commands.

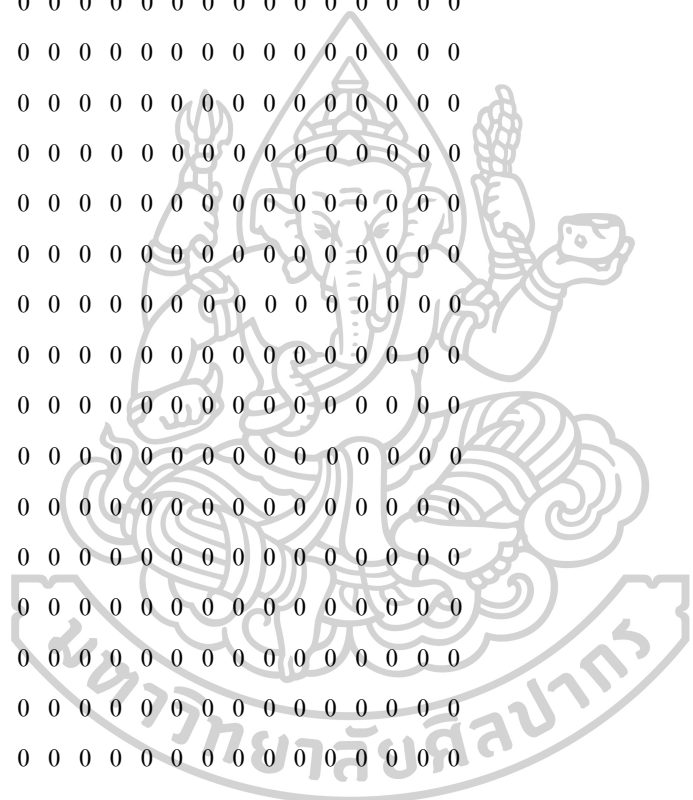
Executing on prod-exec-1.neos-server.org

41161 variables:

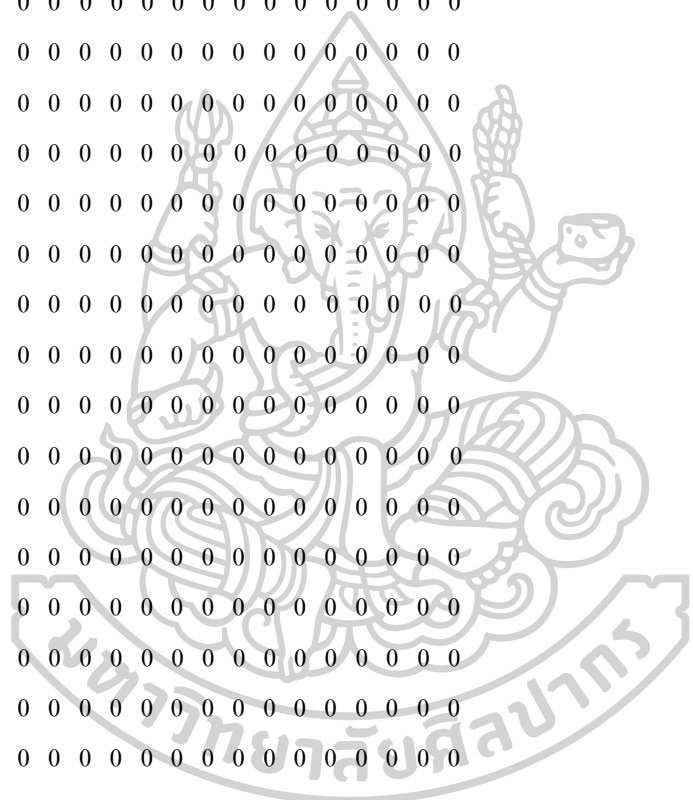
41160 binary variables



20  
21 0  
22 0  
23 0  
24 0  
25 0  
26 0  
27 0  
28 0  
29 0  
30  
31 0  
32 0  
33 0  
34 0  
35 0  
36 0  
37 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
38 0  
39 0  
40  
41 0  
42 0  
43 0  
44 0  
45 0  
46 0  
47 0  
48 0  
49 0  
50  
51 0  
52 0  
53 0  
54 0

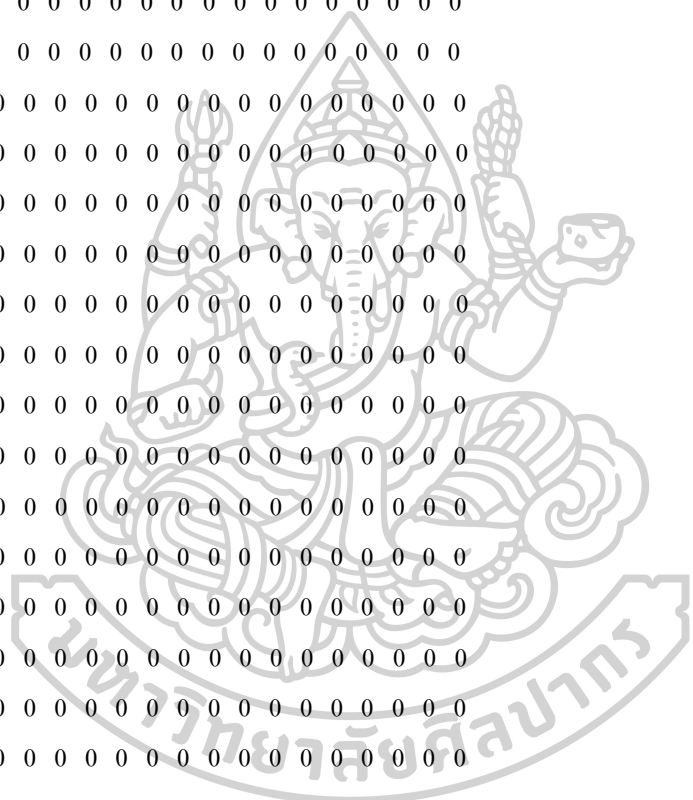


55 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
56 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
57 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
58 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
59 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
60 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
61 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
62 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
63 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
64 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
65 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
66 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
67 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
68 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
69 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
70 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
71 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
72 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
73 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
74 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
75 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
76 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
77 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
78 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
79 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
80 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
81 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
82 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
83 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
84 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
85 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
86 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
87 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
88 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
89 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0





90  
91 0  
92 0  
93 0  
94 0  
95 0  
96 0  
97 0  
98 0  
99 0  
100  
101 0  
102 0  
103 0  
104 0  
105 0  
106 0  
107 0  
108 0  
109 0  
110  
111 0  
112 0  
113 0  
114 0  
115 0  
116 0  
117 0  
118 0  
119 0  
120  
121 0  
122 0  
123 0  
124 0



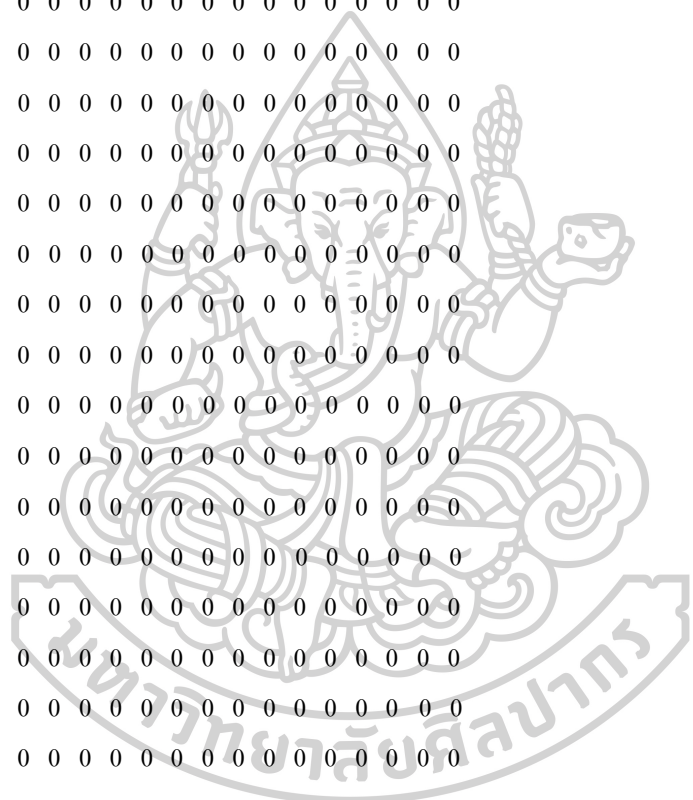


160 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 161 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 162 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 163 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 164 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 165 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 166 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 167 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

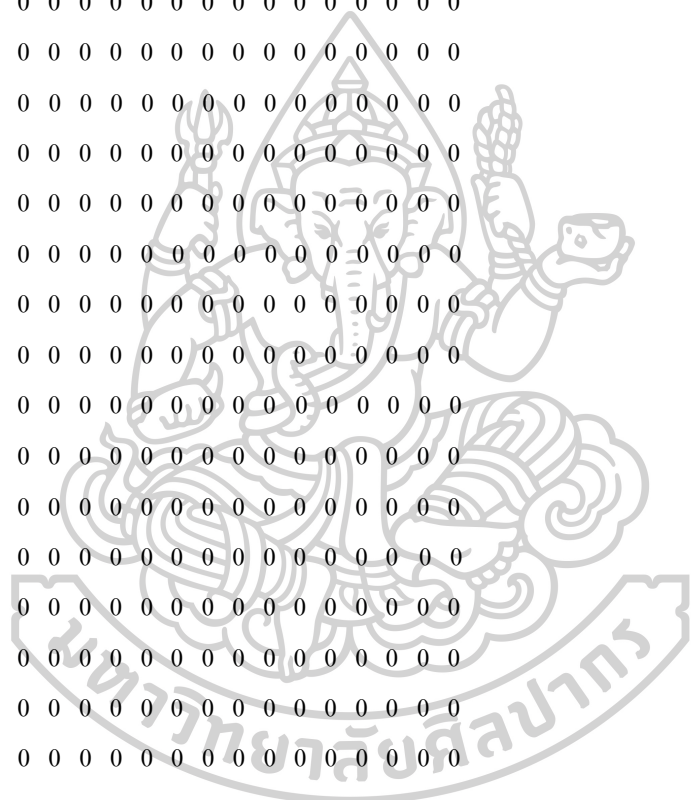
: 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 :=

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 12 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 13 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 14 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 15 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 16 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 17 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 19 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 21 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 22 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 23 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 24 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

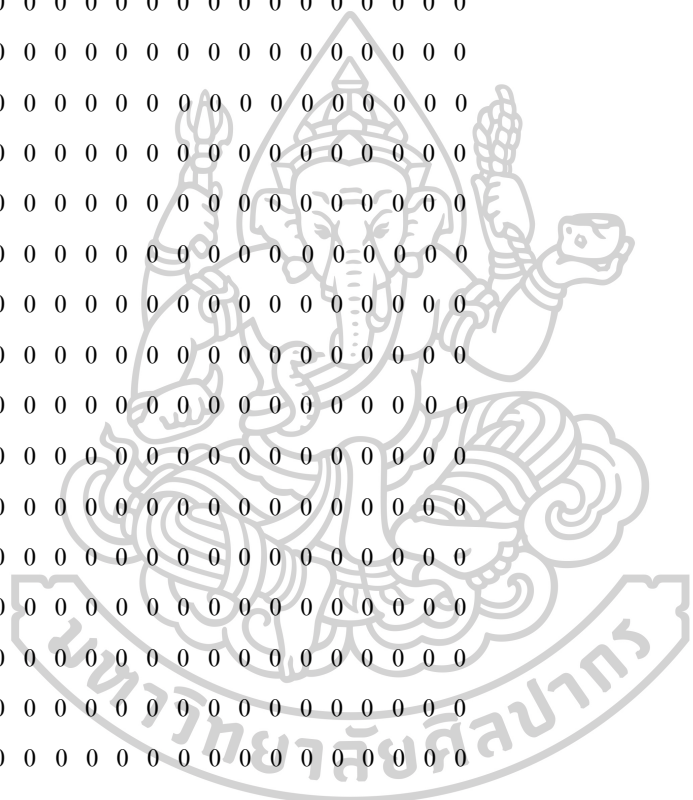
25 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
26 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
27 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
28 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
29 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
30  
31 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
33 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
34 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
35 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
36 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
37 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
38 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
39 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
40  
41 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
42 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
43 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
44 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
45 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
46 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
47 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
48 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
49 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
50  
51 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
52 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
53 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
54 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
55 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
56 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
57 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
58 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
59 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



60  
61 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
62 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
63 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
64 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
65 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
66 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
67 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
68 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
69 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
70  
71 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
72 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
73 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
74 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
75 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
76 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
77 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
78 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
79 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
80  
81 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
82 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
83 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
84 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
85 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
86 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
87 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
88 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
89 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
90  
91 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
92 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
93 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
94 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



95 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
96 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
97 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
98 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
99 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
100 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
101 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
102 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
103 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
104 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
105 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
106 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
107 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
108 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
109 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
110 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
111 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
112 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
113 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
114 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
115 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
116 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
117 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
118 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
119 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
120 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
121 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
122 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
123 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
124 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
125 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
126 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
127 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
128 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
129 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

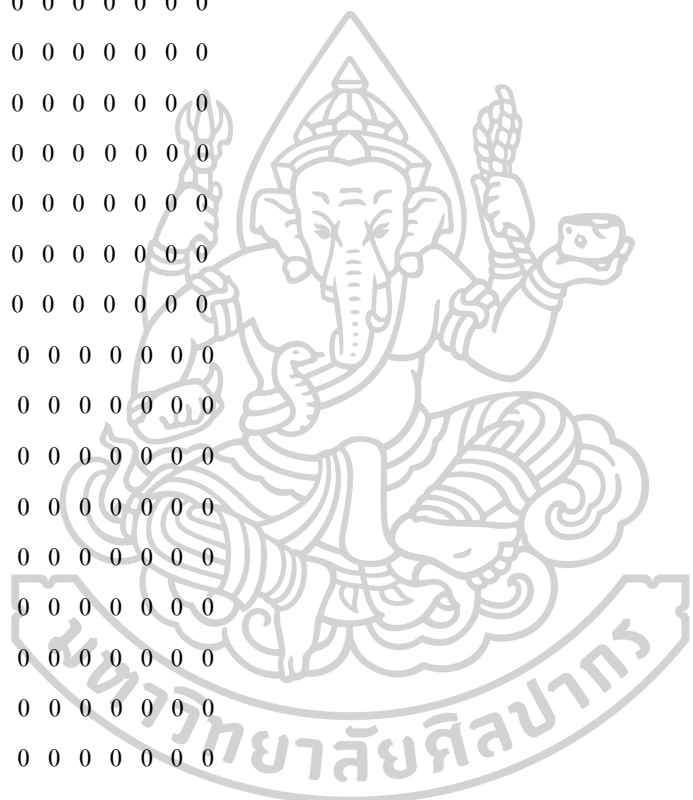




165 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
166 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
167 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

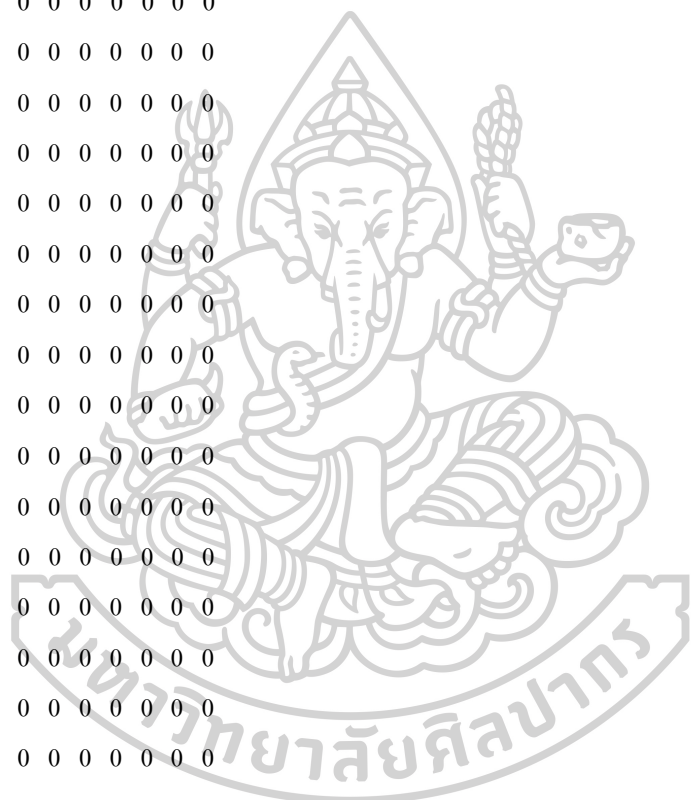
: 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 :=

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0  
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
12 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
13 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
14 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
15 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
16 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
17 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
19 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
21 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
22 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
23 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
24 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
25 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
26 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
27 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
28 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
29 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

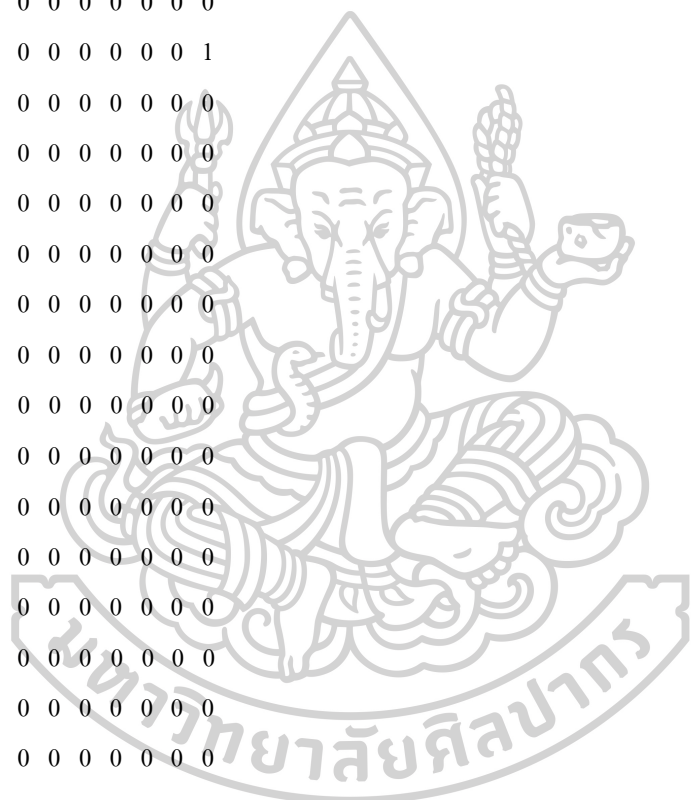




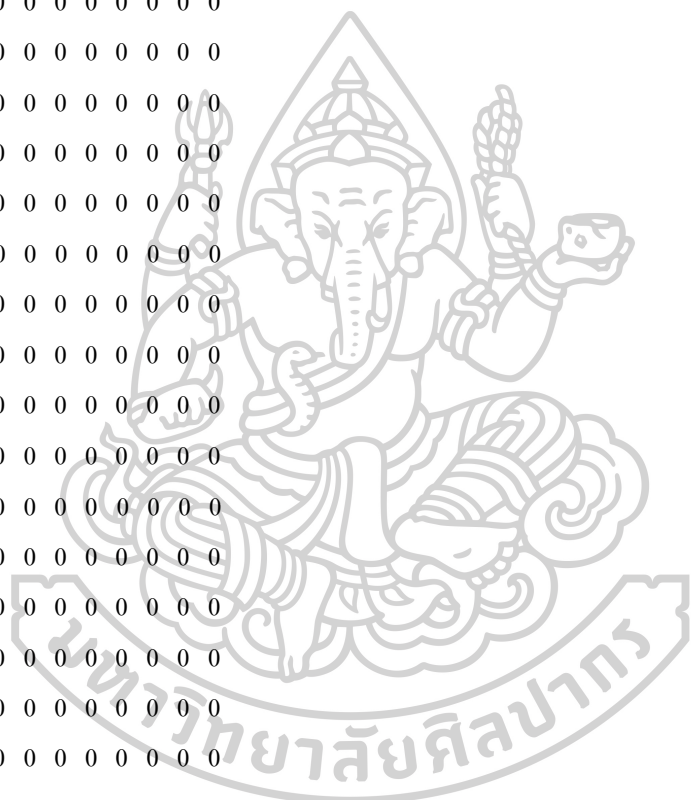
30 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
31 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
33 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
34 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
35 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
36 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
37 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
38 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
39 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
40 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
41 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
42 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
43 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
44 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
45 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
46 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
47 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
48 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
49 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
50 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
51 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
52 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
53 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
54 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
55 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
56 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
57 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
58 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
59 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0  
60 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
61 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
62 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
63 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
64 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



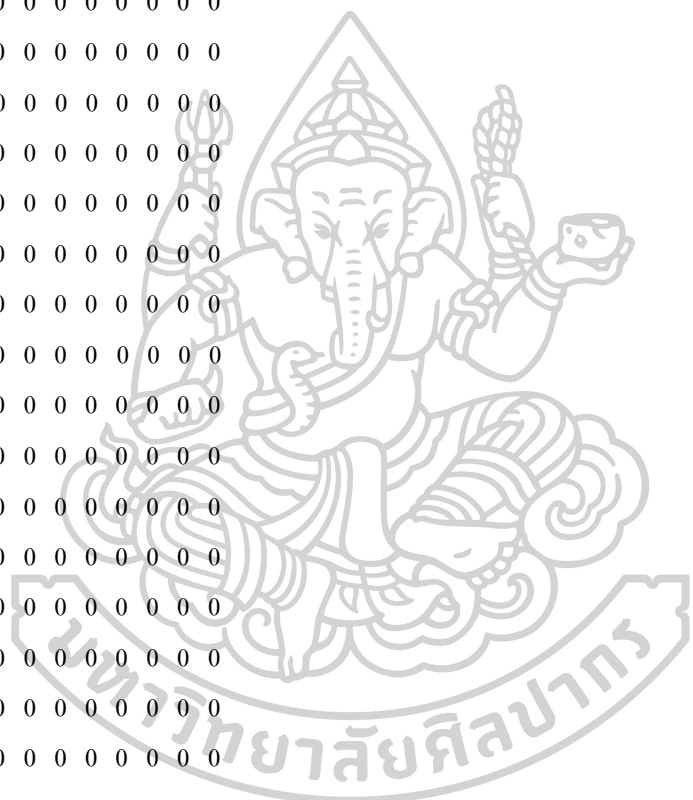
65 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
66 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
67 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
68 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
69 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
70 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
71 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
72 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
73 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
74 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1  
75 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
76 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
77 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
78 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
79 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
80 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
81 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
82 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
83 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
84 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
85 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
86 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
87 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
88 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
89 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
90 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
91 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
92 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
93 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
94 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
95 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
96 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
97 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
98 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
99 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



100 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
101 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
102 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
103 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
104 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
105 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
106 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
107 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
108 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
109 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
110 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
111 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
112 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
113 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
114 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
115 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
116 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
117 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
118 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
119 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
120 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
121 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
122 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
123 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
124 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
125 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
126 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
127 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
128 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
129 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
130 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
131 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
132 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
133 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
134 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



135 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
136 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
137 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
138 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
139 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
140 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
141 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
142 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
143 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
144 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
145 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
146 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
147 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
148 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
149 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
150 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
151 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
152 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
153 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
154 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
155 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
156 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
157 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
158 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
159 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
160 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
161 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
162 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
163 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
164 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
165 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
166 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
167 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

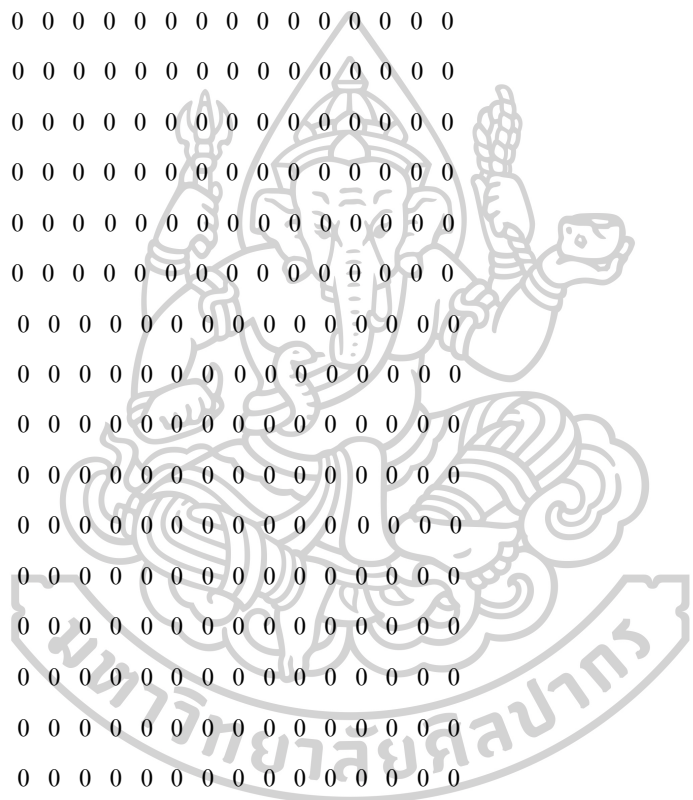


[2,\*,\*] (tr)

.  
. .  
. . .

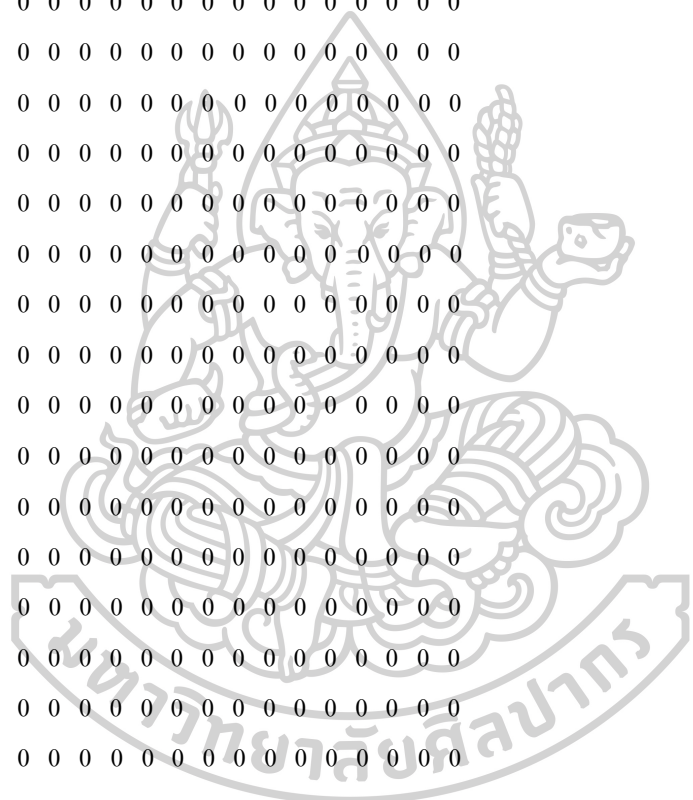
[5,\*,\*] (tr)

0  
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
10  
11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
12 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
13 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
14 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
15 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
16 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
17 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
19 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
20  
21 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
22 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
23 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
24 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
25 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
26 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
27 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
28 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
29 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

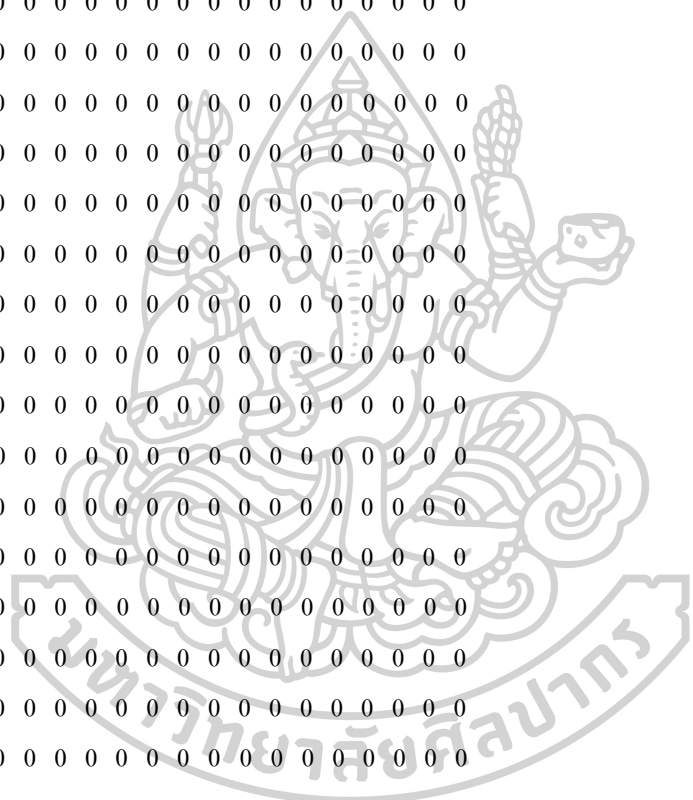




65 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
66 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
67 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
68 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
69 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
70 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
71 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
72 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
73 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
74 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
75 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
76 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
77 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
78 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
79 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
80 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
81 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
82 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
83 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
84 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
85 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
86 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
87 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
88 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
89 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
90 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
91 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
92 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
93 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
94 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
95 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
96 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
97 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
98 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
99 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



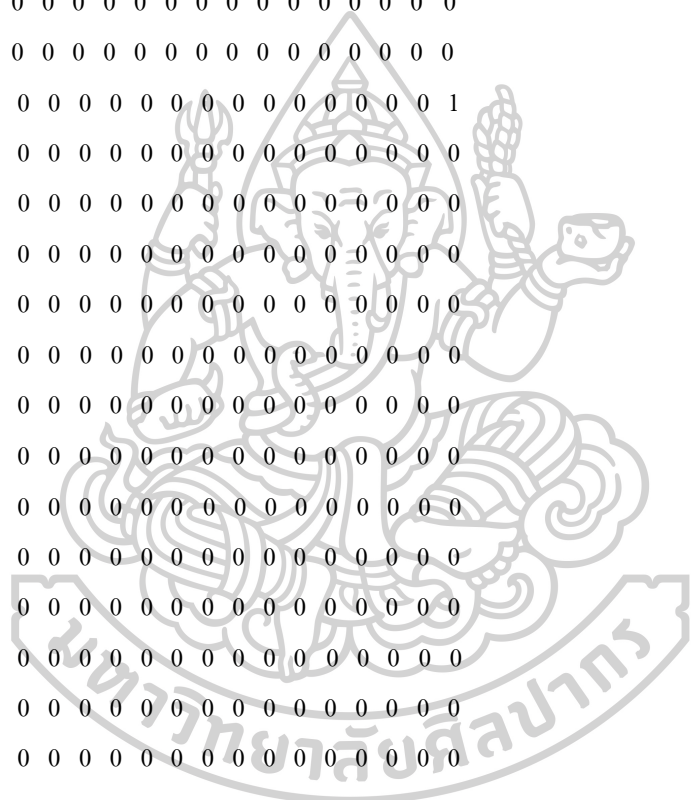
100  
101 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
102 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
103 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
104 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
105 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
106 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
107 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
108 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
109 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
110  
111 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
112 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
113 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
114 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
115 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
116 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
117 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
118 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
119 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
120  
121 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
122 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
123 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
124 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
125 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
126 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
127 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
128 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
129 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
130  
131 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
132 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
133 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
134 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



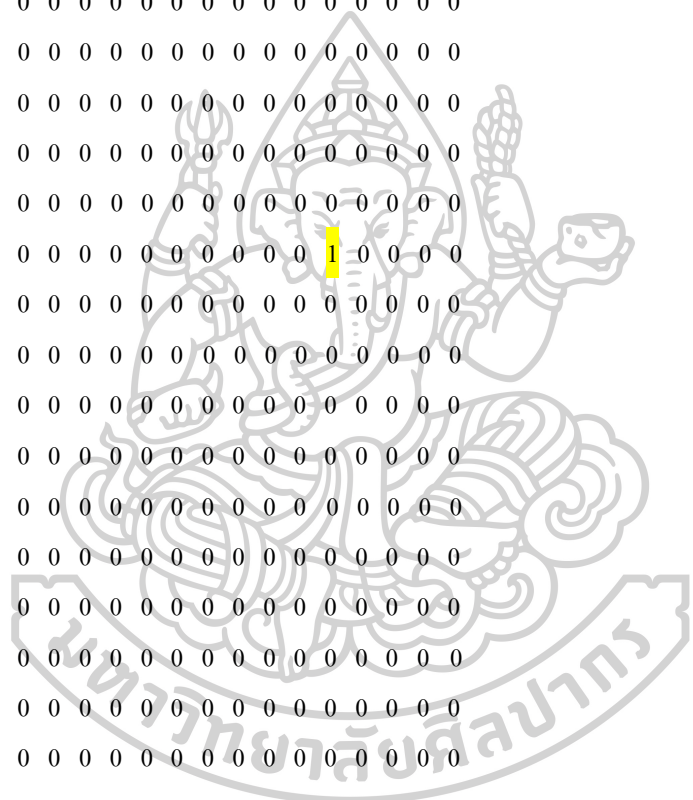




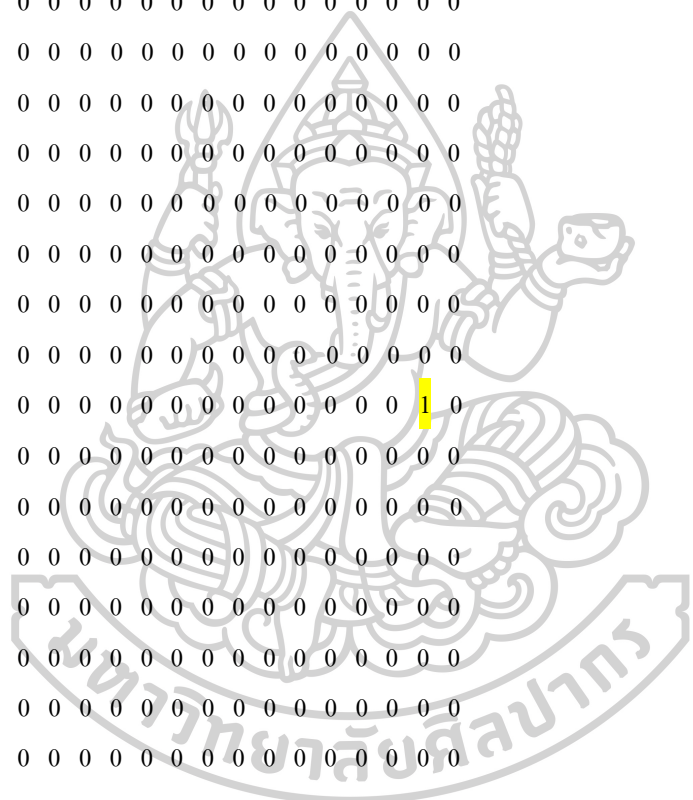
0  
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1  
11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
12 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
13 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
14 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
15 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
16 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
17 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
19 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
20  
21 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
22 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
23 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
24 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
25 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
26 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
27 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
28 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
29 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
30  
31 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
33 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
34 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



35 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
36 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
37 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
38 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
39 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
40  
41 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
42 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
43 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
44 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
45 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
46 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
47 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
48 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0  
49 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
50  
51 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
52 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
53 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
54 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
55 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
56 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
57 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
58 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
59 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
60  
61 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
62 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
63 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
64 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
65 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
66 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
67 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
68 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
69 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



70  
71 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
72 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
73 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
74 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
75 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
76 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
77 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
78 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
79 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
80  
81 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
82 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
83 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
84 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
85 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
86 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0  
87 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
88 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
89 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
90  
91 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
92 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
93 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
94 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
95 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
96 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
97 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
98 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
99 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
100  
101 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
102 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
103 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
104 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



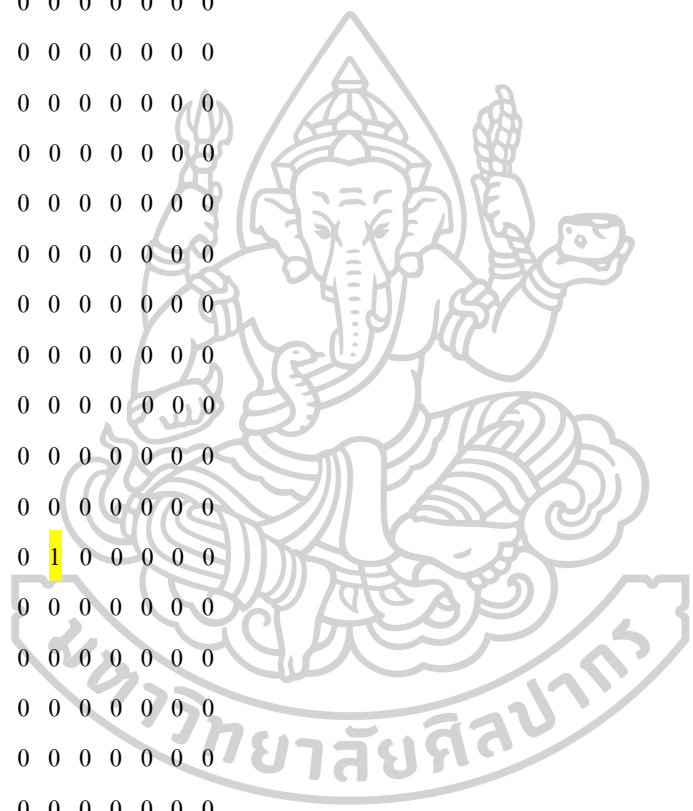


140 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 141 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 142 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 143 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 144 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 145 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 146 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 147 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 148 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 149 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 150 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 151 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 152 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 153 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 154 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 155 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 156 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 157 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 158 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 159 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 160 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 161 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 162 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 163 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 164 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 165 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 166 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 167 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

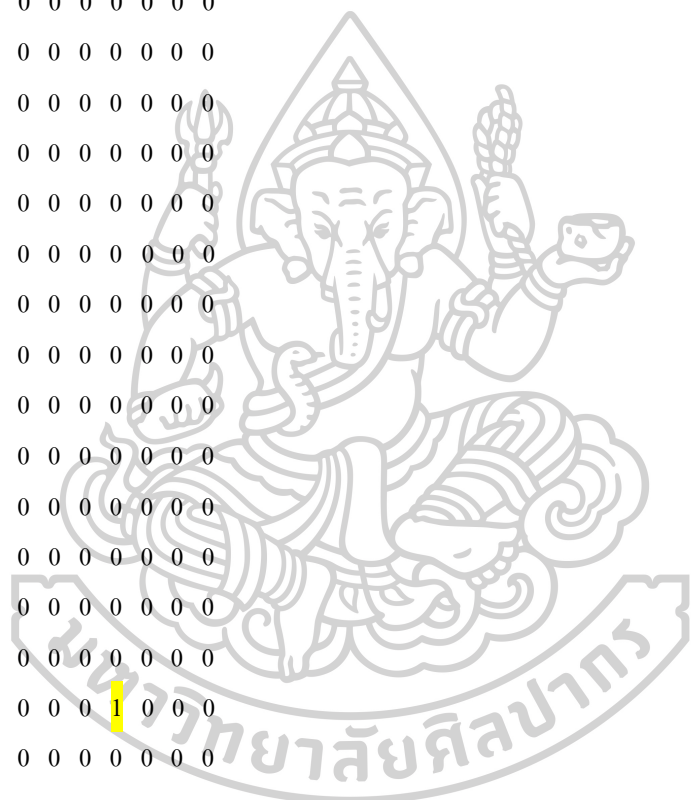
: 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 :=

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

5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
12 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
13 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
14 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
15 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
16 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
17 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
19 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
21 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
22 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
23 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
24 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0  
25 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
26 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
27 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
28 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
29 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
30 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
31 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
33 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
34 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
35 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
36 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
37 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
38 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
39 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

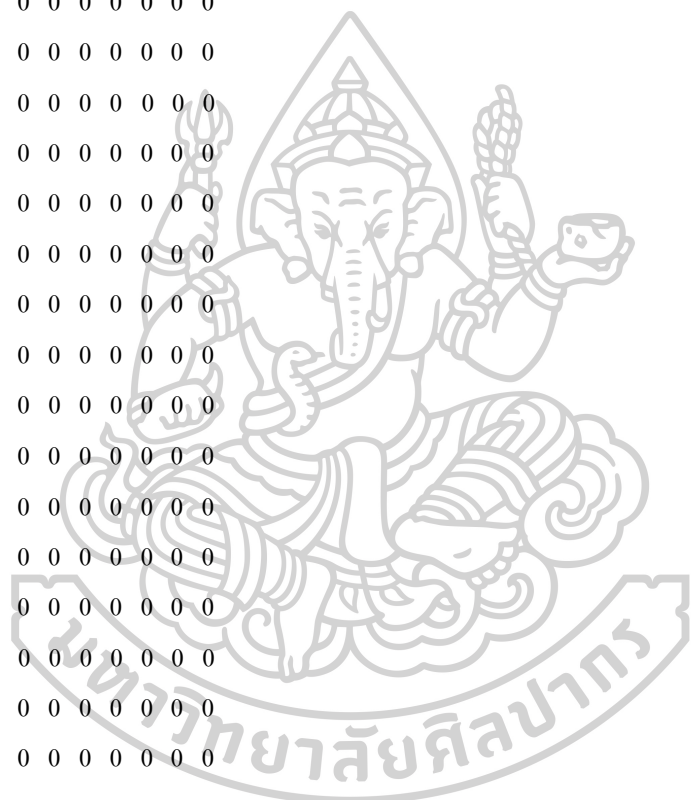


40 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
41 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
42 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
43 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
44 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
45 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
46 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
47 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
48 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
49 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
50 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
51 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
52 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
53 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
54 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
55 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
56 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
57 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
58 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
59 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
60 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
61 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
62 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0  
63 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
64 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
65 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
66 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
67 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
68 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
69 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
70 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
71 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
72 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
73 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
74 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



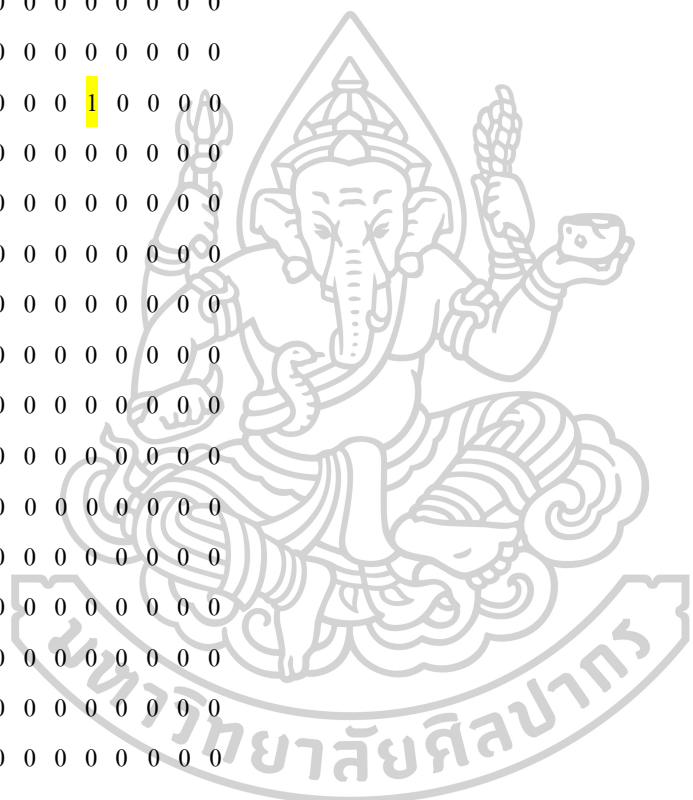


75 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
76 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
77 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
78 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
79 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
80 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
81 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
82 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
83 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
84 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
85 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
86 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
87 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
88 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
89 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
90 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
91 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
92 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
93 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
94 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
95 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
96 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
97 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
98 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
99 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
100 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0  
101 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
102 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
103 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
104 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
105 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
106 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
107 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
108 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
109 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



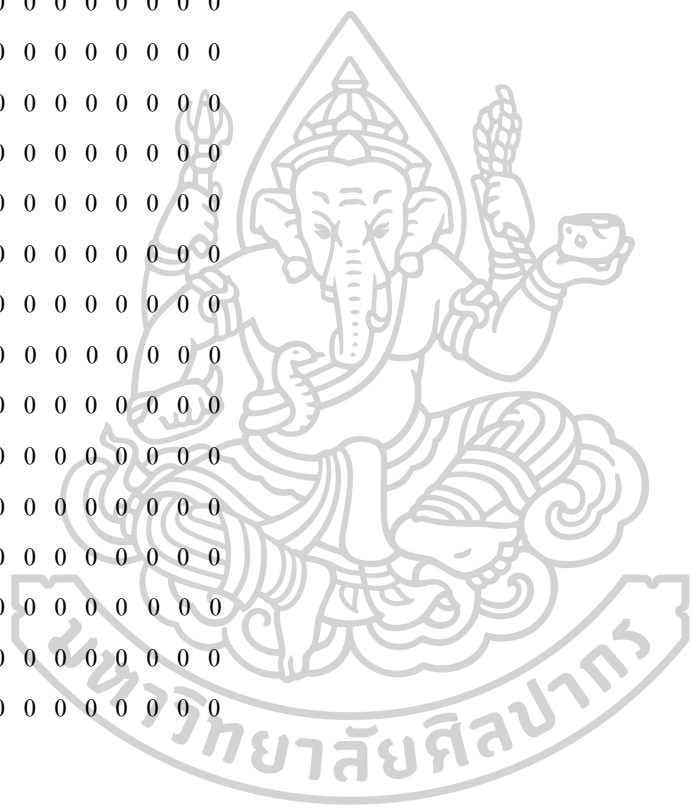
มหาวิทยาลัยศิลปากร

110 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0  
111 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
112 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
113 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
114 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
115 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
116 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
117 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
118 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
119 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
120 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0  
121 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
122 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
123 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
124 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
125 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
126 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
127 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
128 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
129 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
130 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
131 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
132 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
133 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
134 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
135 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
136 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
137 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
138 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
139 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
140 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
141 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
142 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
143 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
144 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0



145 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
146 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
147 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
148 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
149 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
150 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
151 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
152 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
153 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
154 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
155 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
156 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
157 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
158 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
159 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
160 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
161 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
162 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
163 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
164 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
165 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
166 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
167 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

;



## ประวัติผู้เขียน

|                   |   |
|-------------------|---|
| ชื่อ-สกุล         | นายณัฐวุฒิ เหลี้ยวอินทร์  |
| วัน เดือน ปี เกิด | 07 พฤษภาคม 2533   |
| สถานที่เกิด       | กรุงเทพฯ  |
| วุฒิการศึกษา      | ปริญญาตรี เกษตรศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์<br>จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2555<br>ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทาง<br>วิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ.2560 |
| ที่อยู่ปัจจุบัน   | 310 ซอยอ่อนนุช 17 แยก 16 เขต/แขวง สวนหลวง กรุงเทพฯ  |

