การวางแผนและจัดตารางการทำงานสำหรับการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยา ด้วยเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด

น.ส.วริศรา วรฤทัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2566

Planning and scheduling for drug stability test using optimization techniques

Miss Waritsara Woraruthai

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty Of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางแผนและจัดตารางการทำงานสำหรับการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยา ด้วยเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด
โดย	น.ส.วริศรา วรฤทัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ภูวดล ดุษฎีรังสีกุล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วริศรา วรฤทัย : การวางแผนและจัดตารางการทำงานสำหรับการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยา ด้วยเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด. (Planning and scheduling for drug stability test using optimization techniques) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ

งานวิจัยนี้ศึกษาการวางแผนและจัดตารางการทำงานสำหรับการทดสอบความคงตัวของยา โดยมีแนวคิดในการแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 การหารูปแบบมอบหมายงานให้กับพนักงานและเครื่องทดสอบ ในการแก้ปัญหาดังกล่าวแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมได้ถูกนำมาใช้ในการหาคำตอบของปัญหา แต่เนื่องจากมีหลายวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการตัดสินใจ อีกทั้งแต่ละวัตถุประสงค์มีหน่วยที่ต่างกัน ทำให้แก้ปัญหาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์เดียวทำได้ยาก จึงได้มีการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์จำนวน 2 โมเดลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว โมเดลที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อการลดความแตกต่างของภาระงานสูงสุดและต่ำที่สุด และการทำงานล่วงเวลาของพนักงานให้น้อยที่สุด ในขณะที่โมเดลที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญของการทดสอบยา ส่วนที่ 2 เป็นการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบด้วยวิธีการฮิวริสติก โดยมีข้อมูลนำเข้าจากผลคำตอบที่ได้รับในงานส่วนที่ 1 และได้นำกฎการจัดลำดับความสำคัญจำนวน 2 วิธี ได้แก่ กฎการเลือกงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดทำก่อน และกฎการเลือกงานที่ใช้เวลาทำนานที่สุดทำก่อนมาใช้ในการเรียงลำดับงานจำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่ เวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบ เวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบ และเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ

ผลการวิจัยจากงานส่วนที่ 1 พบว่ารูปแบบการการมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ทั้ง 2 โมเดลให้ค่าคำตอบที่เหมือนกัน โดยยาแต่ละชนิดมีการเลื่อนทดสอบไปในเดือนถัด ๆ ไปมากขึ้น ภายใต้เงื่อนไขยาแต่ละชนิดต้องทดสอบภายใน 4 เดือน โดยมีจำนวนยาที่เลื่อนการทดสอบออกไปจำนวน 2,013 ล็อต ในส่วนของภาระงานที่พนักงานได้รับพบว่ามีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน และในเดือนที่ 4 มีจำนวนภาระงานเกิดขึ้นสูงสุด ซึ่งทำให้เกิดการทำงานล่วงเวลาทั้งเภสัชกรและนักวิทยาศาสตร์ จากการจัดตารางการทำงานและวัดผลด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ พบว่าการจัดตารางการทำงานจากเวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบ ด้วยวิธี SPT ให้ผลเฉลยที่ดีที่สุดตามวัตถุประสงค์ โดยไม่จำเป็นต้องทำงานล่วงเวลา โดยผลการศึกษานี้เป็นเพียงทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2566 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6470353621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Task assignment Scheduling Stability test Workload balancing and Priority rules

Waritsara Woraruthai : Planning and scheduling for drug stability test using optimization techniques. Advisor: Assoc. Prof. WIPAWEE THARMMAPHORNPHILAS, Ph.D.

This research studies the planning and scheduling for drug stability test, which are classified as two parts. Part one is developed to find a pattern of work assignment for staffs and testing machines. To solve this problem, a mixed-integer programming model (MILP) is proposed to find the optimal solution. Due to the objectives of a single mathematical model having some limitations, two mathematical models were developed. Model 1 focuses on minimizing the difference between the maximum and minimum workload of staffs and the amount of overtime, while Model 2 focuses on the priority of drug testing. Part two is the scheduling of staffs and testing machines by heuristic method. The input data was obtained from the results of the first part. Two methods of priority rules were applied, namely SPT and LPT. We use these two heuristics methods for sorting the tasks in three patterns, including the total processing time, the total processing time in the first step, and the total processing time by relevant topics.

The part one result revealed that the patterns of work assignment for staffs and testing machines in those two models were similar. We found that each type of drug has been postponed to the following months under the condition that it must be tested within four months. There are 2,013 testing lots that have been postponed. In addition, the workload of staffs represented the capacity usage were similar and in the 4th month, the highest number of workloads and overtimes occurred. In terms of staff and testing machines scheduling, it was found that SPT sorting with processing time in the first step is the appropriate method which does not require overtime. Hence, this study is an alternative way for work scheduling of staffs and testing machines.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Industrial Engineering	Student's Signature .....
Academic Year:	2023	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จลุล่วงได้อย่างดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และการช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้ความรู้ คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาระหว่างการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ตลอดจนให้ความเอาใจใส่ในทุกรายละเอียดทุกขั้นตอนของงานวิจัย ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อทำให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จนกระทั่งงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย และอาจารย์ ดร.ภูวดล ดุษฎีรังสีกุล ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการพิจารณาวิทยานิพนธ์ ให้ความอนุเคราะห์ชี้แนะข้อบกพร่อง แนะนำแนวทางการพัฒนา รวมทั้งตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคุณนุชนาฎ บุญเกิด ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างมาก ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อนๆ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในทุกเรื่องจนทำให้ผู้วิจัยผ่านพ้นอุปสรรคต่าง ๆ ไปได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดของความสำเร็จครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยจนสำเร็จได้ด้วยดี ทั้งบุคคลที่ได้กล่าวมาและยังไม่ได้กล่าวถึง ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้การสนับสนุน ให้ความช่วยเหลือ ความห่วงใย และคอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา ขอน้อมคารวะแด่ผู้เขียนตำราวิชาการที่ได้ศึกษาค้นคว้าและใช้อ้างอิงทุกท่าน หากมีสิ่งใดบกพร่องผู้วิจัยขอน้อมรับไว้และขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้

วริศรา วรฤทัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 5

1.3 ขอบเขตงานวิจัย 5

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 5

1.5 ระยะเวลาดำเนินงาน 6

1.6 ผลที่ได้รับ 7

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 7

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนมอบหมายงานให้กับทรัพยากร 8

2.1.1 ทฤษฎีปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem: AP) 8

2.1.2.ทฤษฎีปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป (Generalized Assignment Problem : GAP) 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.3 ทฤษฎีกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Linear Programming (MILP)) 11
2.1.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสมดุลภาระงาน (Workload balancing) 11
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนมอบหมายงานให้กับทรัพยากร 12
2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนมอบหมายงานให้กับบุคลากร 12
2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสมดุลภาระงาน 13
2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนทดสอบคุณภาพยา 14
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน 14
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน 18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย 20
3.1 ลักษณะของปัญหาที่ทำการศึกษา 20
3.2 ตัวอย่างลักษณะของปัญหา 20
3.3 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน 22
3.4 แนวคิดในการแก้ปัญหาการวางแผนมอบหมายงานและจัดตารางของพนักงานและเครื่องทดสอบ 30
3.5 การหาผลเฉลยปัญหาการมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ 32
แบบจำลอง 32
3.5.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 1 32
3.5.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 2 39
3.6 การหาผลเฉลยปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบด้วยวิธีฮิวริสติก 39
3.6.1 รูปแบบที่ 1 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบ 46
3.6.2 รูปแบบที่ 2 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบ 49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6.3 รูปแบบที่ 3 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ 53
บทที่ 4 ผลการดำเนินวิจัย 57
4.1 ผลการหาคำตอบจากปัญหาการวางแผนมอบหมายภาระงานให้กับทรัพยากรแต่ละประเภท57
4.1.1 จำนวนยาที่ถูกทดสอบในแต่ละเดือน 57
4.1.2 ภาระงานที่พนักงานแต่ละคนได้รับ 60
4.1.3 การทำงานล่วงเวลา 66
4.1.4 รูปแบบการมอบหมายงานให้พนักงาน 66
4.2 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ 66
4.2.1 รูปแบบที่ 1 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบ 67
4.3.2 รูปแบบที่ 2 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบ 68
4.3.3 รูปแบบที่ 3 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ 70
4.3.4 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดตารางการทำงานด้วยกฎการจ่ายงาน 72
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 75
5.1 ลักษณะของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา 75
5.2 ผลการวิจัย 75
5.2.1 ผลการวิเคราะห์การมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ 75
5.2.2 ผลการวิเคราะห์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ 76
5.3 ปัญหาและอุปสรรค 76
5.4 ข้อเสนอแนะ 76
บรรณานุกรม 141

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน 144

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินงาน 6
ตารางที่ 3.1 เครื่องทดสอบที่จำเป็นในการทดสอบผลิตภัณฑ์ยาแต่ละชนิด 21
ตารางที่ 3.2 ทรัพยากรที่รับผิดชอบในการทำงานแต่ละกระบวนการ 21
ตารางที่ 3.3 กลุ่มของทรัพยากรที่รับผิดชอบในแต่ละกระบวนการย่อย 25
ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างกระบวนการที่ต้องการทดสอบของยาแต่ละชนิด 25
ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างเวลาคงที่ (Fixed time) ที่ใช้ในการทดสอบยาแต่ละชนิด (นาที) 26
ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างเวลาผันแปร (Variable time) ที่ใช้ในการทดสอบยาแต่ละชนิด (นาที/ล็อต) . 27
ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างเวลาคงที่ (Fixed time) ใหม่ที่ใช้ในการคำนวนระยะทดสอบรวม (นาที)..... 28
ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างจำนวนยาที่ต้องทดสอบ (ล็อต) 28
ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างการคำนวณระยะเวลาทดสอบรวมของยาแต่ละชนิด (นาที)..... 28
ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างจำนวนยาที่วางแผนทดสอบในแต่ละเดือน (ล็อต)..... 29
ตารางที่ 3.11 ตัวอย่างน้ำหนักความความสำคัญในการเลือกทดสอบยาจำนวน 10 ชนิด (%) 29
ตารางที่ 3.12 เวลาในการทดสอบยา S01 (นาที) 43
ตารางที่ 3.13 ตัวอย่างระยะเวลาดำเนินงานของการทดสอบยาแต่ละชนิดแบ่งตามกระบวนการย่อย (นาที) 44
ตารางที่ 3.14 ตัวอย่างการคำนวณเวลาปฏิบัติงานรูปแบบที่ 1 ของยาจำนวน 10 ชนิด (นาที)..... 47
ตารางที่ 3.15 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี SPT (นาที) 47
ตารางที่ 3.16 ตัวอย่างการคำนวณเวลาปฏิบัติงานรูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี SPT ของยาจำนวน 10 ชนิด (นาที) 50
ตารางที่ 3.17 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี SPT (นาที) 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.18 ตัวอย่างการคำนวณเวลาปฏิบัติงานรูปแบบที่ 3 ของยาจำนวน 10 ชนิด (นาที)..... 53
ตารางที่ 3.19 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 3 ด้วยวิธี SPT (นาที) 54
ตารางที่ 4.1 จำนวนทรัพยากรที่ใช้ในหาผลเฉลย 57
ตารางที่ 4.2 จำนวนยาที่ถูกทดสอบในเดือนตามแผนและถูกเลื่อนการทดสอบ (ล็อต)..... 59
ตารางที่ 4.3 จำนวนภาระงานสูงสุดและต่ำสุดเภสัชกรในแต่ละเดือน (นาที) 60
ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนภาระงานสูงสุดและต่ำสุดของนักวิทยาศาสตร์ในแต่ละเดือน (นาที) 60
ตารางที่ 4.5 ค่าเบี่ยงเบนของภาระงานที่พนักงานได้รับในแต่ละเดือน (นาที)..... 61
ตารางที่ 4.6 จำนวนการทำงานล่วงเวลาของพนักงานใน 12 เดือน (วัน) 66
ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดจากการเรียงลำดับงานรูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบ 72
ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดจากการเรียงลำดับงานรูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบ 72
ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดจากการเรียงลำดับงานรูปแบบที่ 3 ด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แผนภาพกระบวนการทดสอบความคงตัวผลิตภัณฑ์ยา 3
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการจัดตารางการทำงานสำหรับทดสอบความคงตัวผลิตภัณฑ์ยา X01 และ X02. 22
รูปที่ 3.2 กระบวนการแก้ปัญหาการวางแผนและจัดตารางการทำงานของทรัพยากร 24
รูปที่ 3.3 แนวคิดในการแก้ปัญหาการวางแผนมอบหมายงานและจัดตารางของพนักงานและเครื่องทดสอบ 31
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการจัดตารางการทำงานด้วยวิธีฮิวริสติก 42
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างผลลัพธ์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบรูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี SPT 49
รูปที่ 3.6ตัวอย่างผลลัพธ์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบรูปแบบที่ 2 53
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างผลลัพธ์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบรูปแบบที่ 3 56
รูปที่ 4.1 จำนวนยาที่ถูกทดสอบในแต่ละเดือน และจำนวนยาที่ถูกทดสอบภายในเดือนตามแผนเปรียบเทียบกับจำนวนผลิตภัณฑ์ยาที่วางแผนทดสอบในแต่ละเดือน (ล็อต) 58
รูปที่ 4.2 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรแต่ละคนได้รับในแต่ละเดือน (%) 61
รูปที่ 4.3 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรคนที่ 1 ได้รับในแต่ละเดือน (%) 62
รูปที่ 4.4 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรคนที่ 2 ได้รับในแต่ละเดือน (%) 62
รูปที่ 4.5 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรคนที่ 3 ได้รับในแต่ละเดือน (%) 63
รูปที่ 4.6 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรคนที่ 4 ได้รับในแต่ละเดือน (%) 63
รูปที่ 4.7 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรคนที่ 5 ได้รับในแต่ละเดือน (%) 64
รูปที่ 4.8 สัดส่วนภาระงานที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนได้รับในแต่ละเดือน (%) 64
รูปที่ 4.9 สัดส่วนภาระงานที่นักวิทยาศาสตร์คนที่ 1 ได้รับในแต่ละเดือน (%) 65
รูปที่ 4.10 สัดส่วนภาระงานที่นักวิทยาศาสตร์คนที่ 2 ได้รับในแต่ละเดือน (%) 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.11 การจัดตารางการทำงาน จากการเรียงลำดับงานด้วยระยะเวลาทดสอบยาทุกขั้นตอนด้วยวิธี SPT..... 67

รูปที่ 4.12 การจัดตารางการทำงาน จากการเรียงลำดับงานด้วยระยะเวลาทดสอบยาทุกขั้นตอนด้วยวิธี LPT..... 68

รูปที่ 4.13 การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยเวลาขั้นตอนแรกของการทดสอบด้วยวิธี SPT..... 69

รูปที่ 4.14 การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยเวลาขั้นตอนแรกของการทดสอบด้วยวิธี LPT..... 69

รูปที่ 4.15 การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับระยะเวลาทดสอบยาตามหัวข้อการทดสอบด้วยวิธี SPT..... 70

รูปที่ 4.16 การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับระยะเวลาทดสอบยาตามหัวข้อการทดสอบด้วยวิธี LPT..... 71

รูปที่ 4.17 รูปแบบการมอบหมายงานด้วยวิธีกฎการจ่ายงาน..... 74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันกระบวนการทดสอบและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นับว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะป้องกันการผลิตสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพแล้ว ยังทำให้ลูกค้าเกิดความมั่นใจในการเลือกซื้อสินค้า หรือเลือกใช้บริการอีกด้วย ซึ่งการควบคุมคุณภาพที่ดีและมีประสิทธิภาพ ย่อมก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน และสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับผู้รับบริการสูงสุด โดยหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีความเกี่ยวข้องและจำเป็นต่อการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่เป็นประจำ คือ อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ สืบเนื่องจากแนวโน้มการดูแลสุขภาพของคนไทยนั้นเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ยาและเวชภัณฑ์กลายเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยได้เข้ามามีบทบาททั้งในด้านการรักษาโรค และด้านการบำรุงสุขภาพ ปัจจุบันพบว่าประชากรไทยมีอัตราการใช้ยาเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งในแง่ของการซื้อยารับประทานด้วยตนเอง หรือแม้กระทั่งเข้ารับบริการในโรงพยาบาล จากสถานการณ์ดังกล่าวจึงทำให้อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการทดสอบความคงตัวของยา ซึ่งถือว่าเป็นประเด็นหลักที่ต้องระมัดระวังก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะถูกนำมาใช้ในกระบวนการดูแลและรักษา โดยจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้ กระบวนการทดสอบดังกล่าวเป็นกระบวนการที่อาศัยบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะ และเทคโนโลยีการทดสอบขั้นสูง เพื่อตอบสนองความต้องการและความคาดหวังของประชาชนในการได้รับยาที่มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ และปลอดภัย

กระบวนการทดสอบความคงตัวของยาเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยงานการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ยา ซึ่งมีหน้าที่ในการทดสอบความคงตัวของยาให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน โดยอ้างอิงตามแนวทางปฏิบัติและข้อแนะนำของ ICH หัวข้อ Q1A(R2) สำหรับทดสอบความคงตัวเป็นกรอบกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยา โดยงานวิจัยนี้ เราสนใจที่จะศึกษากระบวนการทดสอบความคงตัวที่สำคัญจำนวน 3 หัวข้อ ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) การหาปริมาณตัวยาที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ (Assay)
   เป็นกระบวนการหาปริมาณสารประกอบสำคัญที่มีความจำเพาะ รวมทั้งระบุความคงสภาพของตัวยาที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ยา
2) การหาปริมาณสิ่งเจือปนในผลิตภัณฑ์ (Impurity)
   เป็นกระบวนการในการหาปริมาณสิ่งปนเปื้อนอินทรีย์ อนินทรีย์ และตัวทำละลายตกค้าง
3) การละลายของผลิตภัณฑ์ (Dissolution)
   เป็นกระบวนการวิเคราะห์อัตราการปลดปล่อยหรือการละลายของตัวยาสำคัญออกจากผลิตภัณฑ์ความสม่ำเสมอของปริมาณตัวยาสำคัญในผลิตภัณฑ์ยา

ในกระบวนการทดสอบความคงตัวของยานั้นจะประกอบไปด้วยทรัพยากรจำนวน 2 ประเภท คือ พนักงาน ได้แก่ เภสัชกร และนักวิทยาศาสตร์ และเครื่องทดสอบ ได้แก่ เครื่องทดสอบ M1, M2, M3 และ M4 โดยแต่ละผลิตภัณฑ์ยาจะมีหัวข้อของการทดสอบความคงตัวแตกต่างกันออกไป ยาบางชนิดจะทดสอบความคงตัวเพียง

1 หัวข้อ ในขณะที่ยาบางชนิดจำเป็นต้องทดสอบความคงตัวทั้ง 3 หัวข้อ ซึ่งกระบวนการทดสอบความคงตัวของยาแต่ละชนิดนั้นจะอาศัยประเภทของเครื่องทดสอบ ระยะเวลาในการติดตั้งเครื่องทดสอบ และระยะเวลาในการปฏิบัติการที่แตกต่างกันออกไป ในกระบวนการทำงานปัจจุบันทางผู้ปฏิบัติงานสามารถเลือกประเภทในการทดสอบใดขึ้นมาทดสอบก่อนก็ได้ ไม่จำเป็นต้องเรียงตามลำดับ เพียงแต่ต้องทดสอบให้ครบทุกหัวข้อตามมาตรฐานกำหนดของผลิตภัณฑ์ยาแต่ละชนิด โดยได้มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของทรัพยากรตามความเหมาะสม ในบางกระบวนการต้องอาศัยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการทำงานเฉพาะด้าน ตัวอย่างเช่น การติดตั้งเครื่องทดสอบต้องอาศัยเภสัชกรในการปฏิบัติงานเท่านั้น

จากกระบวนการปฏิบัติงานจริงในปัจจุบัน พบว่าการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยาแต่ละหัวข้อนั้นมีขั้นตอนและรายละเอียดของกระบวนการต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน ทางผู้วิจัยจึงขอนำเสนอภาพรวมขั้นตอนของกระบวนการทดสอบความคงตัวไว้อย่างง่าย ดังนี้

1) กระบวนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยา

เริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาที่ต้องมีการทดสอบคุณภาพ โดยยาแต่ละชนิดจะมีการกำหนดปริมาณที่ต้องทดสอบไว้ในแต่ละเดือน ล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน โดยทางผู้จัดการแผนกจะเป็นผู้พิจารณา และตัดสินใจประเภทของการทดสอบความคงตัวในยาแต่ละชนิด พร้อมทั้งกำหนดทรัพยากรที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงาน

2) กระบวนการเตรียมยาและอุปกรณ์ทดสอบ

เป็นกระบวนการในการจัดเตรียมยา อุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่จำเป็นต่อการทดสอบ เช่น แว่นตานิรภัย ถุงมือ และสารเคมีที่จำเป็น รวมทั้งเตรียมสารเคมีมาตรฐาน (Standard) ในการทดสอบยาชุดแรก เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าจากผลการทดสอบว่าตรงตามมาตรฐานของการทดสอบแต่ละหัวข้อหรือไม่

3) กระบวนการติดตั้งเครื่องทดสอบ

เนื่องจากเป็นกระบวนการที่อาศัยความเชี่ยวชาญ เภสัชกรจะเป็นผู้ทำการติดตั้งเครื่องทดสอบแต่ละประเภท เพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

4) กระบวนการทดสอบความคงตัวบนเครื่องทดสอบ

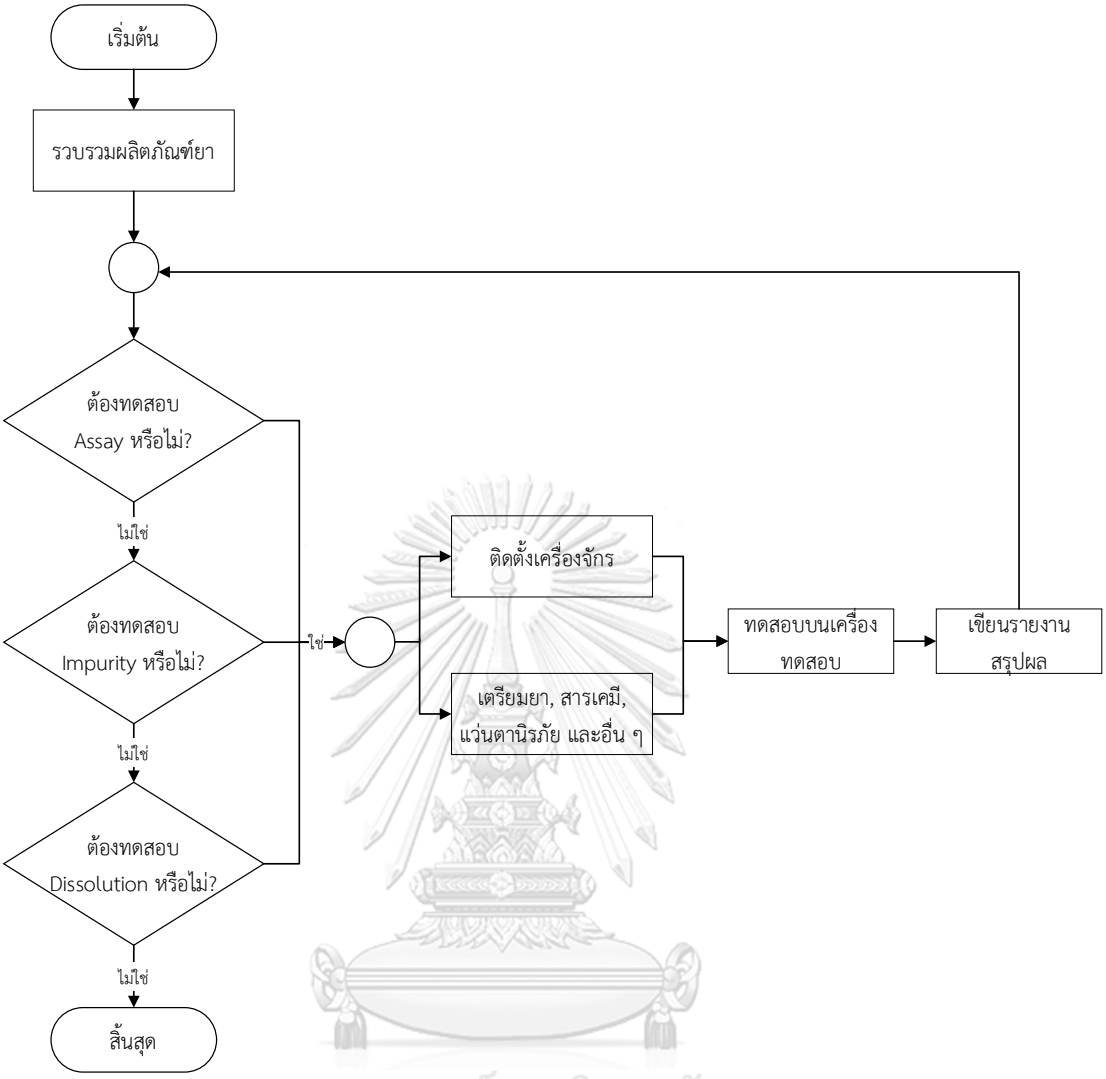
เมื่อทำการเก็บรวมรวบรวมยา, เตรียมอุปกรณ์ทดสอบ และติดตั้งเครื่องทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะทำการทดสอบความคงตัวของยาตามหัวข้อการทดสอบที่กำหนดไว้บนเครื่องทดสอบ

5) กระบวนการบันทึกข้อมูล และเขียนรายงานสรุปผล

เมื่อเครื่องทดสอบปฏิบัติงานเสร็จสิ้น พนักงานจะทำการบันทึกผล พร้อมทั้งเขียนรายงานสรุปผลการทดสอบ เพื่อรวบรวมและส่งต่อไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องเป็นลำดับถัดไป

โดยกระบวนการทั้งหมดที่กล่าวไปข้างต้น ได้นำเสนอเป็นแผนภาพสรุปกระบวนการทดสอบความคงตัวผลิตภัณฑ์ยาตามรูปที่ 1.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.1 แผนภาพกระบวนการทดสอบความคงตัวผลิตภัณฑ์ยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากข้อมูลจำนวนผลิตภัณฑ์ยาที่ต้องทดสอบในแต่ละเดือน ผู้วิจัยพบว่ามีปริมาณที่หลากหลายและแตกต่างกันในแต่ละเดือน ซึ่งบางเดือนมีปริมาณที่ต้องทดสอบเป็นจำนวนมาก อาจเป็นเหตุให้ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถทำงานได้เสร็จทันเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนการทดสอบพร้อมจัดตารางการปฏิบัติงานให้แก่ทรัพยากรในแต่ละเดือน โดยจำเป็นต้องมีทั้งบุคลากรและเครื่องทดสอบที่ใช้ในการทดสอบอย่างเพียงพอ นอกจากนั้นแล้วการมอบหมายงานอย่างเหมาะสมให้แก่บุคลากรแต่ละคนยังเป็นสิ่งที่สำคัญเช่นเดียวกัน เพราะนอกจากทำให้มั่นใจว่าบุคลากรแต่ละคนมีจำนวนภาระงานที่สมดุลกันแล้ว ยังสามารถลดปริมาณยาที่ไม่ได้รับการทดสอบในแต่ละเดือนได้อีกด้วย

เพื่อสร้างมาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์ยาที่มีคุณภาพ Bunkerd และคณะ (2020) [1] ได้มีการทำวิจัยเพื่อพัฒนาการวางแผนการทดสอบความคงตัวของยาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการกำหนดจำนวนพนักงานและเครื่องมือทดสอบอย่างเพียงพอตั้งแต่ต้นปี โดยใช้ต้นทุนต่ำที่สุด และ

พัฒนาการจัดตารางเวลาการทำงานของการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ยา โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 การคำนวณหาจำนวนทรัพยากรที่เหมาะสม (Capacity Planning) ด้วยต้นทุนต่ำที่สุด และส่วนที่ 2 การจัดตารางเวลาการทำงาน (Scheduling) เพื่อทำให้ค่าล่วงเวลาน้อยที่สุด คำตอบจากงานส่วนที่ 1 จะถูกนำมาเป็นข้อมูลนำเข้าในงานส่วนที่ 2 ผลลัพธ์จากกการประมวลผล คือรายการผลิตภัณฑ์ยาที่ต้องทดสอบในแต่ละเดือน จำนวนทรัพยากรที่เหมาะสมต่อการทดสอบตลอดระยะเวลา 1 ปี และตารางการทดสอบของพนักงานและเครื่องมือทดสอบอย่างเป็นระบบ จากการศึกษาพบว่ายังมีปัญหาเกิดขึ้นจากการวิจัยแต่ละส่วน ดังนี้

ในงานส่วนที่ 1 ผลลัพธ์แสดงเพียงจำนวนผู้ปฏิบัติงานโดยรวมในการทดสอบความคงตัวของยา แต่ไม่ได้ครอบคลุมถึงการมอบหมายงานให้กับพนักงานแต่ละคน โดยการปฏิบัติงานในปัจจุบัน ผู้จัดการแผนกจะใช้ประสบการณ์ของตนแต่เพียงผู้เดียวในการวางแผนทดสอบทั้งในด้านจำนวนทรัพยากร ยาที่ต้องทดสอบ และตารางการปฏิบัติงานของการทดสอบแต่ละประเภท ส่งผลให้ภาระงานที่พนักงานแต่ละคนได้รับเกิดความไม่สมดุลกัน โดยพนักงานบางคนมีการทำงานล่วงเวลา ในขณะที่พนักงานบางคนมีเวลาว่างเกิดขึ้นในแต่ละเดือน

ในงานส่วนที่ 2 ผลลัพธ์แสดงเพียงภาพรวมตารางการทดสอบยาแต่ละชนิด โดยคำตอบอยู่ในรูปแบบของลำดับการทดสอบและจำนวนวันที่ต้องใช้ในการทดสอบ ซึ่งไม่ได้ลงรายละเอียดเวลาที่ใช้ในการทดสอบแยกตามหัวข้อการทดสอบ ส่งผลให้เมื่อนำไปปรับใช้กับกระบวนการทำงาน ระยะเวลาการทำงานอาจไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติงานจริง เนื่องจากขั้นตอนการทำงานของแต่ละหัวข้อมีเวลาในการปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน

เพื่อแก้ไขปัญหาความไม่สมดุลของภาระงานที่พนักงานแต่ละคนได้รับ และตารางการปฏิบัติงานที่ไม่ชัดเจนในกระบวนการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยา ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาการวางแผนและจัดตารางการทดสอบความคงตัวของยาให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยได้นำปัญหาดังกล่าวมาสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีแนวคิดในการทำวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยวิเคราะห์จากระยะเวลาในการปฏิบัติงานรวมทุกหัวข้อในการทดสอบความคงตัวของยา เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องความไม่เหมาะสมของภาระงาน จึงได้มีการพิจารณาเรื่องความสมดุลของภาระงานที่มอบหมายให้แก่พนักงานแต่ละคน ภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยลดความแตกต่างของภาระงานให้น้อยที่สุดระหว่างพนักงานที่มีภาระงานสูงสุด และต่ำที่สุดที่ใช้ในการทดสอบ อีกทั้งลดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานให้เหลือน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพิจารณาลำดับความสำคัญของการทดสอบยา เนื่องจากมีหลายวัตถุประสงค์ในการตัดสินใจ อีกทั้งแต่ละวัตถุประสงค์มีหน่วยที่ต่างกัน ทำให้การแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์เดียวทำได้ยาก ผู้วิจัยจึงพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์จำนวน 2 โมเดลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยสมการวัตถุประสงค์ของโมเดลที่ 1 จะลดความแตกต่างของภาระงานและลดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานให้เหลือน้อยที่สุด และสมการวัตถุประสงค์ของโมเดลที่ 2 จะพิจารณาลำดับความสำคัญของการทดสอบยา ผลลัพธ์จากแบบจำลองคณิตศาสตร์จะได้รับคำตอบของการมอบหมายงานในการทดสอบยาแต่ละชนิดให้กับพนักงานและเครื่องทดสอบอย่างเหมาะสมตามสมการวัตถุประสงค์ ในส่วนที่ 2 เป็นการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบแยกตามหัวข้อทดสอบด้วยวิธีการฮิวริสติก โดยมีแนวทางในการจัดลำดับงานเป็น 3 รูปแบบ ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดตารางการทำงานด้วยกฎต่าง ๆ ได้แก่ 1.การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบ 2. การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานเวลาในกระบวนการแรกของการทดสอบ และ 3. การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ ผลลัพธ์จาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบจำลองจะได้รับตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ เพื่อให้ระยะเวลาที่งานอยู่ในระบบมีค่าน้อยที่สุด โดยคำตอบที่ได้จากงานส่วนที่ 1 จะถูกนำมาเป็นข้อมูลนำเข้าในงานส่วนที่ 2

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาวิธีการวางแผนการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยารายเดือน ในการมอบหมายงานให้แต่ละบุคคลอย่างเหมาะสมที่สุด โดยลดความแตกต่างของภาระงาน การทำงานล่วงเวลา และพิจารณาลำดับความสำคัญของการทดสอบยา

1.2.2 เพื่อสร้างตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบในการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยารายเดือน โดยให้ระยะเวลาที่งานอยู่ในระบบมีค่าน้อยที่สุด

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ข้อมูลจำนวนทรัพยากร (พนักงานและเครื่องทดสอบ) จำนวนผลิตภัณฑ์ยาที่วางแผนทดสอบในแต่ละเดือน และต้นทุนในการจัดเก็บยาที่ได้ไม่รับการทดสอบเป็นข้อมูลที่ทราบล่วงหน้าแน่นอน

1.3.2 ศึกษาการมอบหมายงานให้กับพนักงานในช่วงเวลา 12 เดือน เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านข้อมูล

1.3.3 ศึกษาเฉพาะการวางแผนและจัดตารางการทดสอบผลิตภัณฑ์ยากลุ่มตัวอย่างจำนวน 113 รายการเท่านั้น ประกอบด้วยยารูปแบบที่เป็นของแข็ง (Solid Dosage Forms) จำนวน 57 รายการ รูปแบบที่เป็นของเหลว (Liquid do-sage form) จำนวน 45 รายการ รูปแบบที่เป็นกึ่งของแข็ง (Semisolid Dosage Forms) จำนวน 10 รายการ และรูปแบบอื่น ๆ (Miscellaneous Dosage Forms) จำนวน 1 รายการ

1.3.4 กำหนดให้ความสามารถของพนักงานและเครื่องทดสอบประเภทเดียวกันเท่ากันในแต่ละเดือน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษารูปแบบการทำงานการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยา ทั้งขั้นตอนการทดสอบ และข้อกำจัดในการทำงานแต่ละขั้นตอนจากงานวิจัยต่าง ๆ

1.4.2 กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ และขอบเขตของปัญหา

1.4.3 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เช่น เวลาที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ยา, จำนวนผลิตภัณฑ์ยาที่ต้องมีการทดสอบในแต่ละเดือน

1.4.4 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการมอบหมายงานเพื่อสร้างสมดุลของภาระงาน และการจัดตารางการทำงานของพนักงาน

1.4.5 หาแนวคิดหรือวิธีการในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเขียนสมการเพื่อแก้ไขปัญหา

1.4.6 จัดทำรูปเล่มโครงร่างวิทยานิพนธ์

1.4.7 นำเสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์

1.4.8 ประมวลผลแบบจำลองเพื่อหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด

1.4.9 วิเคราะห์ผลลัพธ์และสรุปผลการวิจัย

1.4.10 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.4.11 นำเสนอผลงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.5 ระยะเวลาดำเนินงาน

ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยแสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2564								2565								2566							
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
ศึกษารูปแบบการทำงานการทดสอบ ทั้งขั้นตอนการทดสอบและข้อกำจัดในการทำงานแต่ละขั้นตอนจากงานวิจัยต่าง ๆ																								
กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ และขอบเขตของปัญหา																								
รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เช่น เวลาที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ยา																								
ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการมอบหมายงาน และการจัดตารางการทำงานของพนักงาน																								
หาแนวคิดหรือวิธีการในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเขียนสมการเพื่อแก้ไขปัญหา																								
จัดทำรูปเล่มโครงร่างวิทยานิพนธ์																								
นำเสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์																								

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินงาน (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2564								2565								2566							
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
ประมวลผลแบบจำลองเพื่อหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด																								
วิเคราะห์ผลลัพธ์และสรุปผลการวิจัย																								
จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																								
นำเสนอผลงานวิจัย																								

1.6 ผลที่ได้รับ

วิธีการมอบหมายงานที่ทรัพยากรแต่ละประเภทได้รับ และวิธีการจัดตารางเวลาการทำงานของทรัพยากรที่ใช้ในการทดสอบความคงตัวของยา

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.7.1 เพิ่มทางเลือกในการมอบหมายงานและจัดตารางการทำงานให้กับพนักงานและเครื่องทดสอบ

1.7.2 ภาระงานที่พนักงานแต่ละคนได้รับมีความสมดุลกันมากขึ้น จากการลดความแตกต่างด้านภาระงานที่พนักงานแต่ละคนได้รับในแต่ละเดือน

1.7.3 ตารางการปฏิบัติงานที่มีความละเอียดขึ้นจากการลงรายละเอียดตามหัวข้อการทดสอบ

1.7.4 ลดจำนวนการเกิดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานในกระบวนการทดสอบคุณภาพยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากงานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นในเรื่องการวางแผนการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ยา จากการมอบหมายงานให้แก่พนักงานแต่ละคนอย่างมีประสิทธิภาพ ทางผู้วิจัยได้พิจารณาเรื่องความเหมาะสมของภาระงานแต่ละบุคคล ภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ในช่วงเวลาการทดสอบ 12 เดือน ปัญหาจากงานวิจัยนี้เป็นการหารูปแบบการมอบหมายงาน เพื่อลดความแตกต่างของภาระงาน การทำงานล่วงเวลา และพิจารณาลำดับความสำคัญของการทดสอบยา โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาผลเฉลย ดังนั้นเนื้อหาในส่วนนี้จะขอกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนมอบหมายงานให้กับทรัพยากร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการวางแผนมอบหมายงานให้กับทรัพยากร

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนมอบหมายงานให้กับทรัพยากร

การมอบหมายงานเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ ความท้าทาย คือ การออกแบบการมอบหมายงานที่ตอบสนองความต้องการ และส่งผลให้องค์กรมีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด การออกแบบที่ไม่ดีส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงและเกิดงานที่ไม่เสร็จ ยิ่งไปกว่านั้น ความไม่เท่าเทียมกันของภาระงานระหว่างพนักงานและเวิร์กสเตชันอาจทำให้พนักงานขาดความพึงพอใจในการทำงานได้ โดยทั่วไปกระบวนการทำงานในองค์กรประกอบด้วยประเภทของงาน เครื่องทดสอบ และกระบวนการที่แตกต่างกัน ซึ่งต้องใช้ความชำนาญที่แตกต่างกัน การมอบหมายงานให้กับพนักงานอย่างเหมาะสมตามการประเมินความเหมาะสมและข้อจำกัดด้านทรัพยากรนั้นเรียกว่า "ปัญหาการมอบหมายงาน" [2]

2.1.1 ทฤษฎีปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem: AP)

ปัญหาการมอบหมายงาน หมายถึง ปัญหาพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากรที่เกี่ยวข้องในกระบวนการทำงาน ไม่ว่าจะเป็น พนักงาน เครื่องทดสอบ หรือต้นทุนค่าใช้จ่าย อาจกล่าวได้ว่าเป็นการปรับรูปแบบการทำงานให้มีความเหมาะสม ซึ่งเกี่ยวกับการแจกแจงทรัพยากร (Agent) ที่มีประสิทธิภาพต่าง ๆ กันไปสู่งาน (Task) ต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากงานแต่ละประเภทมีความยากง่ายต่างกัน และทรัพยากรมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไปตามความเชี่ยวชาญและความชำนาญ หรือพนักงานแต่ละคนมีระยะเวลาในการทำงานไม่เท่ากัน ทำให้ต้นทุนในการมอบหมายงานให้กับพนักงานต่างกัน [3] ตัวอย่างเช่น การมอบหมายให้พนักงาน A ทำงานกับเครื่องทดสอบ 1 จำนวน 1 รอบ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง แต่พนักงาน A ทำงานกับเครื่องทดสอบ 2 จำนวน 1 รอบ ใช้เวลา 3 ชั่วโมง และในแต่ละวันอาจมีเวลาในการทำงานแตกต่างกันออกไป ดังนั้นปัญหาในการมอบหมายงาน จึงจำเป็นต้องพิจารณาการมอบหมายงาน เพื่อทำให้บรรลุวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ต้นทุนต่ำที่สุด, เวลาในการทำงานน้อยที่สุด, ประสิทธิภาพสูงสุด หรือเกิดผลกำไรสูงสุด โดยเป็นลักษณะพิเศษของแบบจำลองเชิงเส้น (Linear programming : LP) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขของการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เพื่อช่วยในการตัดสินใจให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยแบบจำลองการมอบหมายงาน มีเงื่อนไขสำคัญ คือ จะนำมาใช้ในการตัดสินใจมอบหมายงานในลักษณะแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Basis) กล่าวคือ เมื่อมีการ

มอบหมายงานหนึ่งชิ้นให้แก่พนักงานคนหนึ่งแล้ว จะไม่สามารถมอบหมายให้แก่พนักงานคนอื่น ๆ ได้อีก หรืองานหนึ่งชิ้นจะต้องมอบให้พนักงานทำได้เพียงคนเดียวเท่านั้น โดยที่ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการทำงานของพนักงาน หรือทรัพยากรแต่ละชิ้นจะต่างกัน ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ 2. ตัวแปรตัดสินใจ 3. สมการเงื่อนไขหรือข้อจำกัด โดยสามารถเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการมอบหมายงาน (AP) ได้ดังนี้

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการมอบหมายงาน (AP)

แบบจำลองมีลักษณะ ดังนี้ “งาน (i) จำนวน m งาน จะถูกมอบหมายให้พนักงาน (j) จำนวน n คน โดยงาน 1 ชิ้น จะถูกมอบหมายให้พนักงานคนใดคนหนึ่งเท่านั้น”

ดัชนี (Indices)

I = 1, 2, 3, … , m กำหนดให้ i คือ งาน (Tasks)

J = 1, 2, 3, … , n กำหนดให้ j คือ พนักงาน (Agents)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decisions variable)

x_{ij} = 1 เมื่อมีการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j หรือ 0 อื่น ๆ

c_{ij} = ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของปัญหาการมอบหมายงาน (Objective Function)

$$minimize\ z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด (Subject to)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1 \quad \text{for all } j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \quad \text{for all } i \in I \quad (3)$$

$$x_{ij} = \{0, 1\} \quad (4)$$

จากสมการที่ (1) เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต้องการค้นหาคำตอบ จะพิจารณาจากการค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นของการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการหาคำตอบที่ดีที่สุด ในกรณีนี้คือทำให้ค่าใช้จ่ายรวมมีค่าต่ำที่สุด จากสมการที่ (2) เป็นสมการข้อจำกัดในเรื่องของการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j โดยมองในมุมของงานแต่ละชนิดจะต้องมอบให้พนักงานทำได้เพียงคนเดียวเท่านั้น ไม่สามารถมอบหมายให้กับพนักงานคนอื่น ๆ ได้อีก ดังนั้นผลรวมของทุกเหตุการณ์จึงมีค่าเท่ากับ 1 จากสมการที่ (3) เป็นสมการข้อจำกัดในเรื่องของการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j โดยมองในมุมของพนักงานแต่ละคนเมื่อได้รับงานที่มอบหมายให้ทำงานแล้วหนึ่งงาน จะไม่สามารถรับมอบหมายงานอื่น ๆ ได้อีก ดังนั้นผลรวมของทุกเหตุการณ์จึงมีค่าเท่ากับ 1 จากสมการที่ (4) ผลของสมการที่ (2) และ (3) จึงได้ว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละเหตุการณ์ x_{ij} จะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น

2.1.2.ทฤษฎีปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป (Generalized Assignment Problem : GAP)

ปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป (GAP) มักถูกนำมาแก้ไขด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด ด้วยปัญหาขนาดเล็ก โดยปัญหาที่มีขนาด 200 งาน และ 20 พนักงาน ถือว่าเป็นปัญหาที่ใหญ่ที่สุดที่สามารถแก้ไขได้ จากลักษณะทั่วไปของปัญหาการมอบหมายงาน ที่มีลักษณะเป็นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Basis) เป็นผลให้จำนวนงาน และจำนวนพนักงานมีขนาดเท่ากัน หรือกล่าวได้ว่าเมื่องานเสร็จสิ้นงานทุกงานจะถูกมอบหมายให้พนักงานทุกคนรับผิดชอบ แต่ในสภาพแวดล้อมของสถานการณ์การทำงานจริง พบว่างานหนึ่งงานอาจถูกมอบหมายให้พนักงานได้มากกว่าหนึ่งคน ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยปัญหาการมอบหมายงาน (AP) ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ด้วยปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป (GAP) ซึ่งมีความยืดหยุ่นมากกว่า โดยสามารถมอบหมายงานให้พนักงานคนเดียวกันได้ แต่ต้องไม่เกินความสามารถของพนักงานคนนั้น ๆ ทำให้วิธีการวิเคราะห์ด้วยปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป (GAP) ได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากสามารถลดข้อจำกัดเดิมที่มีในปัญหาการมอบหมายงาน (AP) อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ครอบคลุมมากกว่า และปรับใช้กับสถานการณ์จริงได้มากยิ่งขึ้น

ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป (GAP) จะประกอบไปด้วยข้อมูลสำคัญ 3 ส่วน ส่วนแรกคือข้อมูลต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการมอบหมายงานให้พนักงาน ส่วนที่สองคือปริมาณทรัพยากรในการมอบหมายงานให้พนักงาน และส่วนที่สามคือความสามารถสูงสุดในการใช้ทรัพยากรของพนักงานแต่ละคน กล่าวคืองานหนึ่งงานสามารถมอบหมายให้พนักงานทำได้มากกว่าหนึ่งคน แต่ต้องไม่เกินความสามารถสูงสุดของพนักงาน

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป (GAP)

ดัชนี (Indices)

i = 1, 2, 3, ... , m กำหนดให้ i คือ งาน (Tasks)

j = 1, 2, 3, ... , n กำหนดให้ j คือ พนักงาน (Agents)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decisions variable)

x_{ij} = 1 เมื่อมีการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j หรือ 0 อื่น ๆ

c_{ij} = ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j

r_{ij} = ปริมาณการใช้ทรัพยากรในการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j

b_j = ความสามารถสูงสุดของพนักงาน j

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของปัญหาการมอบหมายงาน (Objective Function)

$$minimize\ z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \tag{5}$$

สมการข้อจำกัด (Subject to)

$$\sum_{i=1}^{m} r_{ij}x_{ij} \leq b_j \qquad \text{for all } j \in J \tag{6}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad \text{for all } i \in I \tag{7}$$

$$x_{ij} = \{0, 1\} \tag{8}$$

จากสมการที่ (5) เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต้องการค้นหาคำตอบ พิจารณาจากการค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นของการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการหาคำตอบที่ดีที่สุด ในกรณีนี้คือทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด จากสมการที่ (6) เป็นสมการข้อจำกัดในเรื่องของการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j จะมีการใช้ทรัพยากร r_{ij} โดยที่จะต้องไม่เกินความสามารถสูงสุดในการใช้ทรัพยากรของพนักงานแต่ละคน b_j จากสมการที่ (7) เป็นสมการข้อจำกัดในเรื่องของการมอบหมายงาน i ให้กับพนักงาน j โดยมองในมุมของพนักงานแต่ละคนเมื่อได้รับงานที่มอบหมายให้ทำงานแล้วหนึ่งงาน จะไม่สามารถรับมอบหมายงานอื่น ๆ ได้อีก ดังนั้นผลรวมของทุกเหตุการณ์จึงมีค่าเท่ากับ 1 ในสมการที่ (8) จากผลของสมการที่ (6) และ (7) จึงได้ว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละเหตุการณ์ x_{ij} จะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น

2.1.3 ทฤษฎีกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Linear Programming (MILP))

ในการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นรูปแบบทั่วไป (Linear Programming : LP) ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution) อาจเป็นผลเฉลยที่ไม่เป็นจำนวนเต็ม (non-integer solution) ดังนั้นในบางปัญหาอาจไม่เหมาะสมที่จะนำผลเฉลยนี้ไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง โดยกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Linear Programming) เป็นประเภทหนึ่งของตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (linear integer programming model) คือ ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม ที่ตัวแปรที่ต้องการตัดสินใจบางตัวมีค่าเป็นจำนวนเต็ม โดยตัวแปรอื่น ๆ จะมีค่าเป็นจำนวนเต็มหรือไม่เป็นจำนวนเต็มได้ เช่น

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$minimize\ z = 3X_1 + 5X_2$$

สมการข้อจำกัด (Subject to)

$$100X_1 + 85X_2 \leq 350$$

$$30X_1 + 60X_2 \leq 400$$

$X_1, X_2 \geq 0$ และ X_1 มีค่าเป็นจำนวนเต็ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสมดุลภาระงาน (Workload balancing)

ในระบบการผลิตสมัยใหม่ที่ทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีต้นทุนสูง การปรับปรุงประสิทธิภาพแม้เพียงเล็กน้อย ย่อมส่งผลให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ประหยัดต้นทุนได้มาก วิธีการออกแบบสายการผลิตด้วย ” ความสมดุลอย่างสมบูรณ์แบบ” เป็นวิธีการออกแบบที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งมุ่งไปที่การจัดสรรภาระงานที่สมดุลอย่างสมบูรณ์แบบ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติพบว่าเส้นสมดุลในอุดมคติมักไม่ค่อยเกิดขึ้น เนื่องจากข้อจำกัดบางประการที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เช่น เทคโนโลยี ความแปรปรวนของงาน หรือความสามารถสูงสุดของพนักงาน แนวคิดทั่วไปสำหรับการพิจารณาความสมดุล เช่น เปอร์เซ็นความไม่สมดุล (Percentage of Imbalance) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของเวลาการประมวลผลเฉลี่ยระหว่างเวิร์กสเตชันภายในกับคู่ที่สมดุล, ระดับความไม่สมดุล

(Degree of Imbalance) วัดจากค่าเฉลี่ยความเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ของภาระงาน (MAD) (N คือจำนวนเวิร์กสเตชันในสายการผลิต, T คือเวลาดำเนินการทั้งหมดของสายการผลิต และ $\boldsymbol{w_n}$ คือภาระงานของเวิร์กสเตชัน n) เป็นต้น

มีเกณฑ์การพิจารณามากมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายภาระงานระหว่างเวิร์กสเตชันบนสายการผลิตให้เกิดความสมดุล หนึ่งในเกณฑ์การพิจารณา คือ ความแตกต่างระหว่างภาระงานสูงสุด และภาระงานต่ำสุดของเวิร์กสเตชันบนสายการผลิต [4] คำนวณจาก

$$WR = Wmax - Wmin$$

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนมอบหมายงานให้กับทรัพยากร

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนมอบหมายงานให้กับบุคลากร

มีงานวิจัยที่ได้ศึกษาการมอบหมายงานบุคคล โดย Cetin และคณะ (2020) [5] พัฒนาแบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective mathematical model) ในการมอบหมายงานให้กับพนักงานกลุ่มธนาคารพาณิชย์โดยพิจารณาอยู่ในรูปแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการมอบหมายงานแบบทั่วไป เนื่องจากมีจำนวนรายการที่เข้ามาที่ศูนย์ปฏิบัติงานกลางเป็นจำนวนมาก อีกทั้งภาระงานที่เข้ามาไม่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลา ส่งผลให้เกิดภาระงานค้างในพนักงานบางกลุ่ม และเกิดการว่างงานของพนักงานบางกลุ่ม โดยพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้น 4 อย่าง ดังนี้ 1. การมอบหมายงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งพบว่าพนักงานส่วนใหญ่มักจะมีการเลือกงานที่ใช้ระยะเวลาในการทำสั้น และมีความง่ายในการทำก่อน 2. การใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ 3. ภาระงานที่ไม่สมดุลต่อการทำงานต่อกลุ่ม และ 4. ภาระงานที่ค้างอยู่ในระบบ ดังนั้นเพื่อให้บริการด้านการปฏิบัติงานด้วยประสิทธิภาพสูงสุด ภายใต้บุคลากรในแผนกที่จำกัด จึงพัฒนากระบวนการมอบหมายงาน โดยมีขั้นตอนการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1.เรียงลำดับความสำคัญของงานที่เข้ามาในระบบ 2. ได้มีการพัฒนาออกแบบกระบวนการเชิงเส้นทางคณิตศาสตร์แบบหลายวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพ (Linear Physical Programming) เพื่อมอบหมายงานที่เหมาะสมให้กับกลุ่มพนักงาน จากการกำหนดชุดงานให้กับกลุ่มพนักงาน ซึ่งพิจารณาจากความสามารถ ความเชี่ยวชาญ ประสบการณ์ และความสามารถอื่น ๆ ของพนักงานในระดับต่าง ๆ ตามวันครบกำหนดส่งงาน และเป็นไปตามข้อตกลงระดับการให้บริการ โดยผลลัพธ์ที่ได้พบว่าปริมาณการทำงานในแต่ละวันของพนักงานแต่ละกลุ่มเกิดความสมดุลกันมากขึ้น โดยพนักงานแต่ละกลุ่มมีการทำงานในแต่ละวันไม่เกิน 100% ในขณะที่ Huka และคณะ (2021) [6] พิจารณาการจัดสรรงานและกำหนดภาระงานให้กับบุคลากรในสายการผลิตชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูปเพื่อพัฒนาการใช้อัตรากำลังการผลิตสูงสุด ด้วยแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น โดยแบบจำลองที่นำเสนอใช้สำหรับการวางแผนรายสัปดาห์ต่อกะ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถใช้เป็นแผนคร่าว ๆ สำหรับฝ่ายขายได้ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้มีผลิตภัณฑ์ออกจากระบบมากขึ้น ทำให้สายการผลิตสามารถใช้งานได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้กำลังคนที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนั้น Shen และคณะ (2022) [7] สร้างแบบจำลองการมอบหมายงานเป็นสายการประกอบรูปตัว U โดยการเพิ่มความสมดุลของ U-line และสร้างสมดุลของภาระงานในการปฏิบัติงาน ซึ่งได้รับการปรับให้เหมาะสมโดยการลดจำนวนคนงานและสร้างสมดุลให้กับภาระงานของผู้ปฏิบัติงาน โดยเสนออัลกอริธึม M-COMSOAL และ COMAOSAL ในการแก้ไขปัญหา

Kaewman และคณะ (2018) [8] ศึกษาการมอบหมายงานหลายขั้นตอนซึ่งมักเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในความเป็นจริง โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดระยะทางและพื้นที่ว่างให้น้อยที่สุด ปัญหาที่นำเสนอประกอบด้วยการ

กำหนดสองขั้นตอน: (1) กำหนดรถบรรทุกประเภทต่าง ๆ ให้กับฟาร์มไก่เพื่อขนส่งไก่สาวไปยังฟาร์มไข่ และ (2) ฟาร์มไก่ถูกกำหนดให้เป็นฟาร์มไข่ การมอบหมายให้มีรถบรรทุกที่แตกต่างกันในแต่ละฟาร์มไข่ และฟาร์มไข่ที่แตกต่างกันในฟาร์มไก่ ส่งผลให้เกิดต้นทุนที่แตกต่างกัน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาและหาคำตอบให้เหมาะสมที่สุด โดยใช้ซอฟต์แวร์เพิ่มประสิทธิภาพ Lingo v.11

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสมดุลภาระงาน

การสร้างสมดุลของภาระงานเป็นเกณฑ์ที่ถูกพิจารณาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการศึกษาเป็นจำนวนมาก โดยมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป เพื่อนำเสนอวิธีการสร้างสมดุลให้กับภาระงาน มีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาการสร้างสมดุลของงานจากการมอบหมายงานให้บุคลากร โดย Schaus และคณะ (2009) [9] พิจารณาการสร้างสมดุลจากการมอบหมายงานประจำของทารกแรกเกิดให้กับพยาบาล เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพของการดูแลที่เหมาะสมของพยาบาลแต่ละคน ซึ่งมีเงื่อนไขในการศึกษา คือ สามารถปฏิบัติตามข้อจำกัดต่าง ๆ ได้เช่นเดิม ดังนี้ 1. พยาบาลสามารถทำงานได้เพียงโซนเดียวเท่านั้น แต่ผู้ป่วยสามารถอยู่ในโซนต่าง ๆ ที่แตกต่างกันได้ p โซน 2. พยาบาลไม่สามารถดูแลรับผิดชอบเด็กได้เกินกว่าค่าสูงสุด 3. ภาระงานทั้งหมดที่ทารกต้องการใน 1 กะการทำงานของพยาบาล 1 คน จะต้องไม่เกินค่าสูงสุด โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกใช้โมเดล MIP แต่เนื่องจากโมเดล MIP ไม่สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ อีกทั้งไม่สามารถลดความแปรปรวนในรูปสมการเชิงเส้นได้ จึงใช้โมเดล constraint programming (CP) ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนขนาดใหญ่แทน ซึ่งสามารถปรับสมดุลของปริมาณได้อย่างเหมาะสมและแก้ปัญหาระหว่าง 2 โซนได้อย่างง่าย ผ่านเครื่องมือ Comet optimization system โดยแบ่งกระบวนการในโมเดล CP ออกเป็น 2 ขั้นตอน 1. มอบหมายหมายพยาบาลให้กับแต่ละโซน และ 2.มอบหมายงานให้พนักงานแต่ละคน โดยพบว่าสามารถแก้ไขปัญหาระหว่าง 2 โซนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถแก้ไขปัญหา 3 โซนได้อีกด้วย สามารถใช้ในการลดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในข้อจำกัดได้ จากการวิเคราะห์พบว่าสามารถลดปริมาณที่เกิดขึ้นภายในโซนเดียวกันได้ และเพิ่มความต่างกันระหว่างโซนมากขึ้น และจากนั้นสามารถลดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างโซนให้น้อยลง ซึ่งจากเดิมโซนที่ 1 ทำงานมากกว่าโซนที่ 2 เป็น 2 เท่า ในขณะที่ Yazıcı และคณะ (2022) [10] ศึกษาปัญหาการมอบหมายสำนวนคดีให้ทนายความโดยการคำนวณจากภาระงานคดีฟ้องต่อศาล มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ภาระงานมีการกระจายอย่างเท่าเทียม โปรแกรมเชิงเป้าหมายถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ และแบบจำลองได้รับการแก้ไขด้วยโปรแกรมเพิ่มประสิทธิภาพ ILOG CPLEX ผลลัพธ์ที่ได้แสดงรูปแบบการจัดสรรแฟ้มคดี จะพบว่ามีการมอบหมายแฟ้มคดีให้กับทนายความใน 3 ภูมิภาค อย่างน้อย 69 แฟ้มคดี โดยมีการแจกจ่ายอย่างเท่าเทียมกันในทนายความทั้ง 6 คนที่ทำงานในสำนักงาน

งานวิจัยบางประเภทได้มุ่งเน้นศึกษาไปที่ปัญหาในการทำงานของเครื่องทดสอบขนาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความต่างระหว่างระยะเวลาการทำงานของเครื่องทดสอบที่สูงที่สุด (คอขวดของระบบ) และเครื่องทดสอบที่มีระยะเวลาการทำงานต่ำที่สุด ทำให้ระบบเกิดความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ การมอบหมายงานให้กับเครื่องทดสอบแต่ละเครื่อง ส่วนที่ 2 คือ การจัดลำดับการทำงานของเครื่องทดสอบ Rajakumar และคณะ (2004) [11] สร้างแบบจำลองใช้ตัวชี้วัดเป็นเปอร์เซ็นส์มพัทธ์ของความไม่สมดุล (Relative percentage of imbalance หรือ PRI) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ 3 กลยุทธ์ 1. กฎการเลือกงานแบบสุ่ม (Random) 2. กฎการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (Shortest processing times) และ 3. กฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (Longest processing times) โดยผลลัพธ์ที่ได้ชี้ให้เห็นว่ากฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แสดงประสิทธิภาพที่ดีขึ้นสำหรับงานขนาดใหญ่ขึ้น ในงานวิจัยถัดมาของ Rajakumar และคณะ (2006) [12] เสนอวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm, GA) แทนการใช้ RPI ในการปรียบเทียบกับ 3 กลยุทธ์จากงานวิจัยก่อนหน้า ผลลัพธ์ที่ได้คือ GA ให้ผลลัพธ์ที่ประสิทธิภาพดีขึ้น ต่อมา Ouazene (2014) [13] ได้ทำการวิเคราะห์การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำนวนเต็มผสมเพื่อลดความไม่สมดุลของภาระงานบนเครื่องทดสอบคู่ขนานที่เหมือนกัน โดยเริ่มจากการเสนอแนวคิดของ Rajakumar ในการลดภาระงานสูงสุดหรือเวลาเสร็จสิ้นของเครื่องทดสอบที่เป็นคอขวดของระบบด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ จากงานวิจัยพบว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นไม่เหมาะสมสำหรับปัญหาการลดความไม่สมดุลของภาระงาน จึงเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใหม่ โดยพิจารณาการลดความแตกต่างระหว่างเครื่องทดสอบที่มีทำงานได้เร็วที่สุด และเครื่องทดสอบที่เป็นคอขวดของระบบแทน แบบจำลองที่สร้างขึ้นใหม่นี้ ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า Ammons และคณะ (1985) [14] เสนอแบบจำลองแบบ bicriterion เพื่อลดจำนวนเครื่องทั้งหมดที่ถูกมอบหมายงาน และพิจารณางานที่มอบหมายด้วยความสมดุลของภาระงานที่ดีที่สุดในเวิร์กสเตชัน โดยลดความแตกต่างระหว่างเวลาการประมวลผลสูงสุดและต่ำสุดที่กำหนดให้กับเครื่องทดสอบ และได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหา

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนทดสอบคุณภาพยา

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ยาหลายตัวจำเป็นต้องมีการทดสอบความคงตัว ดังนั้นทรัพยากรไม่ว่าจะเป็นพนักงานหรือเครื่องทดสอบจึงเป็นประเด็นที่สำคัญในการปฏิบัติงาน จึงมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการกำหนดจำนวนพนักงานและอุปกรณ์ทดสอบที่เหมาะสม Bunkerd และคณะ (2020) [1] ได้กำหนดจำนวนพนักงานและเครื่องมือทดสอบอย่างเพียงพอตั้งแต่ต้นปี เพื่อลดต้นทุนการทดสอบ และกำหนดจำนวนยาเพื่อวางแผนการทดสอบในแต่ละเดือน และการจัดตารางเวลาการทำงานของการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ยาให้เหมาะสมเพื่อลดการทำงานล่วงเวลาของพนักงานให้เหลือน้อยที่สุดด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในส่วนของ Hadid และคณะ (2022) [15] เสนอแบบจำลองหลายวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดจำนวนเจ้าหน้าที่ ไม่ว่าจะเป็นเภสัชกร พยาบาล ช่างเทคนิค และอื่น ๆ รวมถึงมอบหมายงานและจัดตารางเวลาให้กับเจ้าหน้าที่ในกระบวนการบำบัดด้วยเคมีบำบัดสำหรับผู้ป่วยนอก (OCP)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน

การจัดตารางการทำงาน (Scheduling) เป็นการกำหนดลำดับความสำคัญหรือการจัดเรียงกิจกรรมเพื่อให้ได้ตามตวามต้องการ เงื่อนไข หรือวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ หรืออีกนัยหนึ่งเป็นการจัดสรรทรัพยากร (Resource) ที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้กับภารกิจหรืองาน (Task) ที่กำหนดให้จำนวนหนึ่งภายใต้ระยะเวลาที่กำหนดให้ เพื่อทำให้องค์กรบรรลุเป้าหมาย (Goal) หรือวัตถุประสงค์ (Objective) สูงสุดที่องค์กรดำหนดไว้ ณ เวลานั้น โดยส่วนมากเงื่อนไขหลักของการจัดตารางการทำงาน คือ เวลา กล่าวคืองาน (Jobs) ที่ต้องทำจะต้องถูกทำให้สำเร็จภายใต้เวลาที่มีอยู่ [16]

ตามปกติจะมีเวลากำหนดส่งงาน (Due Date) และมีค่าปรับเกิดขึ้นหากงานเสร็จหลังจากวันกำหนดส่ง (Deadline) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแผนตารางการผลิตหลัก (Master Schedule) ไปด้วย ดังนั้นเพื่อลดความ

ผิดพลาดดังกล่าว มีหลายวิธีที่สามารถลดเวลาสูงสุดของการส่งงานไม่ทันกำหนด และบางวิธีสามารถลดจำนวนของงานที่ส่งไม่ทันกำหนด (Mean Tardiness) โดยวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic) มีแนวโน้มที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในวัตถุประสงค์ดังกล่าว หลักเกณฑ์ที่นิยมใช้มีดังนี้

1. First Come-First Served (FCFS) Scheduling

   เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการกำหนดการจัดตาราง โดยจะกำหนดให้งานที่เข้ามาก่อนในระบบเป็นงานที่ได้ทำก่อน เมื่อระบบอยู่ในสถานะพร้อมใช้งาน และมีรูปแบบการเข้าแถวคอยรับบริการตามลำดับก่อนหลังของการมาถึงที่ระบบ

   ตัวอย่าง

กระบวนการ	เวลาปฏิบัติงาน
P_1	10
P_2	3
P_3	5

   การรอของแต่ละงาน สามารถแสดงได้ด้วย Gantt Chart ดังนี้ :

P_1	P_2	P_3

2. ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (Shortest Processing Time : SPT)

   คือการเลือกงานที่มีเวลาปฏิบัติงานงานที่สั้นที่สุด จัดเข้าระบบเป็นงานแรก งานที่มีเวลาปฏิบัติงานน้อยถัดไปเป็นอันดับ 2, 3 และ 4 จนกระทั่งงานอันดับที่ k จะจัดเข้าแถวคอยรับบริการตามลำดับ

   ตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระบวนการ	เวลาปฏิบัติงาน
P_1	10
P_2	3
P_3	5

   การรอของแต่ละงาน สามารถแสดงได้ด้วย Gantt Chart ดังนี้ :

P_2	P_3	P_1

3. ทำงานที่เวลานานที่สุดทำก่อน (Longest Processing Time)
   คือการเลือกงานที่มีเวลาปฏิบัติงานงานที่สั้นที่สุด จัดเข้าระบบเป็นงานแรก งานที่มีเวลาปฏิบัติงานมากถัดไปเป็นอันดับ 2, 3 และ 4 จนกระทั่งงานอันดับที่ k จะจัดเข้าแถวคอยรับบริการตามลำดับ

   ตัวอย่าง

กระบวนการ	เวลาปฏิบัติงาน
P_1	10
P_2	3
P_3	5

   การรอของแต่ละงาน สามารถแสดงได้ด้วย Gantt Chart ดังนี้ :

P_1	P_3	P_2

4. ทำงานที่จะถึงวันกำหนดส่งเร็วที่สุดก่อน (Earliest Due Date)
   คือการเลือกงานที่มีวันกำหนดส่งเร็วที่สุด จัดเข้าระบบเป็นงานแรก งานที่มีวันกำหนดส่งเร็วถัดไปเป็นอันดับ 2, 3 และ 4 จนกระทั่งงานอันดับที่ k จะจัดเข้าแถวคอยรับบริการตามลำดับ

   ตัวอย่าง

กระบวนการ	เวลาปฏิบัติงาน	วันกำหนดส่ง
P_1	10	7
P_2	3	5
P_3	5	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

   การรอของแต่ละงาน สามารถแสดงได้ด้วย Gantt Chart ดังนี้ :

P_2	P_1	P_3

5. ทำงานชิ้นที่มีเวลาเหลือสำหรับการทำงานน้อยที่สุดก่อน (Minimum Slack Time)
   คือกรณีที่ชิ้นงานนั้นต้องผ่านหลายหน่วยงาน ใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยของค่า slack ที่เกิดขึ้นบนแต่ละหน่วยงาน สำหรับค่า Slack ของงานหาได้จากการเอาเวลาที่ต้องใช้ทั้งหมดบนหน่วยผลิตที่ต้องผ่านลบออกจากเวลาที่จะถึงกำหนดส่งงาน หารด้วยจำนวนหน่วยที่งานนั้นจะต้องผ่าน

การจำแนกการจัดตารางการผลิตตามลักษณะของการทำงาน

1. การจัดตารางการทำงานแบบไหลของสายงาน (Flow shop scheduling)
   เป็นการจัดตารางการทำงานที่มีขั้นตอนการทำงานทุกงานเหมือนกัน หรือหมายถึงงานมีเส้นทางไหลเหมือนกัน ประกอบด้วยเครื่องจักรที่แตกต่างกัน m เครื่องและงานแต่ละงานประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงาน n ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนใช้จะเครื่องจักรแตกต่างกัน
2. การจัดตารางการทำงานแบบสั่งผลิตเป็นงาน (Job shop scheduling)
   เป็นการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงาน ๆ มีลักษณะแตกต่างจากการจัดตารางการผลิตแบบไหลของสายงานคือ เส้นทางการไหลของงานมีความแตกต่างกัน ประกอบด้วยเครื่องจักรจำนวนหนึ่งและงานหลาย ๆ ประเภท โดยงานแต่ละงานประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานหลาย ๆ ขั้นตอนซึ่งมีลำดับก่อน-หลังในการผลิตที่แน่นอน

วิธีการแก้ปัญหาการจัดตารางการทำงาน

วิธีการจัดตารางการทำงานมีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายตามความเหมาะสม และลักษณะของปัญหาที่ต้องการจัดตารางการผลิต ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 วิธีหลัก ๆ ดังนี้

1. วิธีกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Method)

เป็นวิธีที่สามารถหาผลเฉลยที่ดีที่สุดของปัญหา (Optimal Solution) โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical modeling) เพื่ออธิบายสมมติฐานต่าง ๆ หรือปรากฏการณ์ที่น่าสนใจในรูปแบบคณิตศาสตร์ และหาคำตอบโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างวิธีการแก้ปัญหา เช่น กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) กำหนดการแบบจำนวนเต็ม (Integer Programming) กำหนดการเชิงเส้นแบบผสม (Mixed-Integer programming) และกำหนดการแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Programming) เป็นต้น

2. วิธีการฮิวริสติก (Heuristic Method)

เป็นวิธีการหาคำตอบที่ให้คำเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้เวลาในการคำนวณไม่นาน วิธีฮิวริสติกจะเป็นวิธีการที่ใช้เฉพาะกลุ่ม กล่าวคือจะไม่สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาสำหรับกลุ่มใด ๆ ไปแก้ปัญหาในกลุ่มอื่นได้ เนื่องจากได้ออกแบบให้ใช้งานเฉพาะเรื่องเท่านั้น เช่น การใช้กฎ EDD (Earliest Due Date) กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) และกฎการสุ่ม (Random Rule)

3. วิธีเมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristic Method)

เป็นวิธีการหาคำตอบที่ใช้ได้วงกว้างมากกว่าวิธีการแบบฮิวริสติก ซึ่งจะมีขั้นตอนการทำงานซับซ้อนมากกว่าวิธีการฮิวริสติก หรืออาจเป็นการนำวิธีการแบบฮิวริสติกมาปรับปรุงต่อยอดเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดีขึ้น เช่น วิธีการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search: LS) วิธีการจำลองแบบอบอ่อน (Simulated Annealing: SA) และวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตมักจะถูกนำเสนออยู่ในรูปแบบตารางการทำงานที่แสดงรายละเอียดตั้งแต่ ชื่องาน ชื่อเครื่องจักร เวลาเริ่มงาน เวลาเสร็จงาน ซึ่งแผนภูมิที่นิยมนำมาใช้ในการวางแผนและจัดตารางการผลิต คือ แผนภูมิแกนต์ (Glantt Chart) ซึ่งเป็นแผนภูมิที่ใช้อธิบายกระบวนการทำงานต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับเวลา นิยมใช้ในการวางแผนและการติดตามความก้าวหน้าของโครงการ แผนภูมิแกนต์ถูกพัฒนาขึ้น โดย เฮนรี แกนต์ (Henry Laurence Glantt) ใน ค.ศ. 1917 โดยแผนภูมิแกนต์จะแสดงให้เห็นถึงการจัดสรรทรัพยากรให้กับงานต่าง ๆ ภายใต้เวลาที่กำหนด แผนภูมิแกนต์จะแสดงทรัพยากรอยู่ในแนวแกนตั้ง (แกน Y) ซึ่งถ้าจำนวนของทรัพยากรมีมากกว่า 1 ให้วางทรัพยากรเรียงซ้อนกันขึ้นไปในแนวตั้ง ส่วนเวลาจะแสดงอยู่ในแนวแกนนอน (แกน X) อาจอยู่ในหน่วยของวินาที นาที ชั่วโมง วัน เดือน หรือปี แล้วแต่ความเหมาะสมของข้อมูล ข้อดีของแผนภูมิแกนต์ คือ ทำให้ทราบว่าเวลาใดเวลาหนึ่งทรัพยากรได้ถูกจัดสรรให้กับงานเท่าใด นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงภาระงาน (workload) และอัตราการใช้สอยทรัพยากร (utilization)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน

ปัญหาการจัดตารางการทำงานเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน เนื่องจากเงื่อนไขการทำงานและรูปแบบการมอบหมายงานที่หลากหลาย อีกทั้งทรัพยากรมีความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน จึงทำให้วิธีการหาผลเฉลยมีหลายวิธี โดยผู้ที่จัดตารางการทำงานต้องมีการวางแผนและตัดสินใจว่าจะต้องใช้พนักงานจำนวนเท่าใดเพื่อให้ทำการจัดตารางพนักงานที่มีอยู่ให้เพียงพอกับจำนวนงานที่ต้องทำในแต่ละช่วงเวลา

งานวิจัยของ Bunkerd และคณะ (2022) และ Leawin (2017) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางการทำงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตยา โดยงานวิจัยของ Leawin [17] ได้ศึกษาการจัดตารางการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนานที่แตกต่างกันของแผนกบรรจุยา ซึ่งแต่ละเครื่องมีความเร็วในการบรรจุยาไม่เท่ากัน และมีความสามารถในการบรรจุยาที่แตกต่างกัน โดยเลือกวางแผนเฉพาะการผลิตของแผนกบรรจุแบบบลิสเตอร์เนื่องจากเป็นขั้นตอนคอขวดที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าทั้งระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาเวลาปิดงานที่สั้นที่สุด (Minimize makespan) กำหนดการเชิงเส้นแบบผสม (Mixed-Integer programming) ถูกนำมาใช้ในการหาผลเฉลย จากผลการศึกษาพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตใหม่สามารถลดเวลาปิดงานของระบบได้ดีกว่า ถึงร้อยละ 17.49 จากการกระจายรายการยาให้มีการผลิตในทุก ๆ เครื่องในช่วงเวลาเดียวกัน Bunkerd และคณะ (2022) [18] ศึกษาการจัดตารางการทดสอบคุณภาพยาด้วยจำนวนพนักงานและเครื่องทดสอบที่จำกัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และใช้ IBM ILOG CPLEX Optimization Studio (CPLEX) เป็นชุดเครื่องมือที่ช่วยสร้างแบบจำลองและแก้ปัญหาการจัดตารางการทำงานให้เหมาะสม ผลลัพธ์แสดงภาพรวมตารางการทดสอบยาแต่ละชนิด โดยคำตอบอยู่ในรูปแบบของลำดับการทดสอบและจำนวนวันที่ต้องใช้ในการทดสอบ ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเวลาสำหรับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Lauff และ Werner และ Maulidya และคณะ ได้ศึกษาการแก้ปัญหาที่มีช่วงเวลาในการส่งมอบงานเดียวกัน โดย Maulidya และคณะ [19] ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตส่วนประกอบแบบแบทช์ (Batch scheduling problem) ประกอบด้วยเครื่องจักรที่มีความแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็นการจัดตารางการผลิตส่วนประกอบเดียวกันสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้งหมด จะถูกรวมเป็นแบทช์เดียวเพื่อผลิต และการผลิตส่วนประกอบเฉพาะจะแยกผลิตตามเครื่องจักรที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน โดยมีเป้าหมายคือการตารางงานผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่มีโครงสร้างการประกอบที่แตกต่างกันเพื่อลดเวลารวมที่งานอยู่ในระบบ (Total actual flow time (TAFT)) กำหนดช่วงระยะเวลาตั้งแต่เวลาที่งานเข้ามาสู่ระบบ จนออกจากระบบเป็นช่วงเวลาเดียวกัน กำหนดการแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Programming) ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยปัญหาขนาดเล็กจะใช้ซอฟต์แวร์ LINGO เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบ และปัญหาขนาดใหญ่จะทำการใช้อัลกอรึทึมเฉพาะ ประกอบด้วยสองส่วนย่อย ส่วนที่หนึ่งการเลือกงานที่ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดทำก่อน (Shortest processing time (SPT)) เพื่อให้ได้ลำดับงานเป็นการแก้ปัญหาเบื้องต้น และส่วนที่สองเป็นการปรับปรุงการแก้ไขเบื้องต้นโดยใช้วิธี Variable neighbourhood descent (VND) ด้วยตัวดำเนินการการย้ายและการสลับตำแหน่งเคลื่อนที่ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าลำดับที่แตกต่างกันสำหรับทุกขั้นตอนได้รับการแก้ไขที่ดีกว่าลำดับเดียวกัน Lauff และ Werner [20] ได้ศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานบนเครื่องจักรหลายเครื่อง โดยพิจารณาให้การผลิตสินค้ามีความพอดีกับความต้องการของตลาด และมีบทลงโทษทั้งในด้านการผลิตที่ล่าช้า (Tardiness) และการผลิตที่เสร็จก่อนกำหนด (Earliness) กำหนดให้มีงานที่แตกต่างกัน n งานเครื่องจักรจำนวน m ในกรณีของปัญหาเครื่องขนาน แต่ละงานจะประกอบด้วยการดำเนินงานบนเครื่องเดียว ซึ่งต้องดำเนินการบนหนึ่งในเครื่องแบบเดียวกันที่เหมือนกันทุกประการ โดยมุ่งเน้นไปที่แนวทางที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาการจัดตารางเวลาของร้านค้า

Zaini และ Kurniawati [21] ได้ทำการศึกษาการจัดตารางการทำงานของการผลิตด้วยการใช้วิธีการทางฮิวริสติก ได้ทำการศึกษาการจัดตารางการผลิตวัสดุนำความร้อน โดยปกติจะพบว่าตารางการผลิตจะถูกจัดตามลำดับการมาถึงของงาน (first come first serve (FCFS)) ซึ่งส่งผลให้ตารางงานบางส่วนไม่แม่นยำและก่อให้เกิดเวลาสิ้นสุดงานสุดท้ายสูง โดยได้ศึกษาเวลาในการผลิตสินค้าทั้ง 5 ชนิด พบว่ามีเวลาปิดงานอยู่ที่ 11 ชั่วโมง 54 นาที จึงแก้ปัญหาและเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นวิธีการจัดตารางการผลิตทั้ง 3 วิธี ได้แก่ Active Schedule Generation Algorithm, Non-delay Schedule Generation Algorithm และ Heuristic Schedule Generation Algorithm จากผลการวิเคราะห์พบว่าวิธี Heuristic Schedule Generation Algorithm สามารถลดเวลาปิดงานสุดท้ายมากที่สุด โดยมีเวลาปิดงานที่ 6 ชั่วโมง 3 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินวิจัย

3.1 ลักษณะของปัญหาที่ทำการศึกษา

การทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยานับว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นกระบวนการในการทดสอบผลิตภัณฑ์ยาจากกระบวนการผลิตว่ามีคุณภาพตรงตามมาตรฐานหรือไม่ โดยหากไม่มีการจัดระบบการปฏิบัติงานที่ดี ย่อมทำให้กระบวนการทดสอบคุณภาพดังกล่าวไม่ตรงตามแผน และเกิดการปฏิบัติงานที่ไม่เหมาะสมขึ้นระหว่างทรัพยากร ดังนั้นเพื่อสร้างแผนการทดสอบคุณภาพยาที่มีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการวางแผนการปฏิบัติงานทั้งในด้านมอบหมายงานและการจัดตารางเวลาให้เหมาะสมในแต่ละเดือน ปัญหาการวางแผนและการจัดตารางเวลาการทำงานนั้นเป็นการพิจารณาทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ ในช่วงเวลา 12 เดือน โดยยาแต่ละชนิดจะมีกำหนดส่งมอบภายในสิ้นเดือนเหมือนกัน หากแผนกทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ยาไม่สามารถทดสอบได้ทั้งหมดภายในสิ้นเดือน จะต้องนำส่วนที่เหลือมาทดสอบอีกครั้งในเดือนถัดไป โดยสามารถเลื่อนการทดสอบออกไปได้สูงสุด 3 เดือนตามเงื่อนไขของหน่วยงาน ตัวอย่างเช่น ยาที่เข้ามาทดสอบในเดือนมกราคม จะสามารถเลื่อนการทดสอบออกไปได้ในเดือนกุมภาพันธ์, มีนาคม และเมษายน โดยการทดสอบความคงตัวของยาแต่ละชนิดจะมีทรัพยากรรับผิดชอบสูงสุด 1 คน/เครื่องในแต่ละกระบวนการ และทรัพยากรแต่ละประเภทจะมีความสามารถแตกต่างกัน งานบางกระบวนการจำเป็นต้องอาศัยทรัพยากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะในการปฏิบัติงาน อีกทั้งยาแต่ละชนิดมีความต้องการเครื่องทดสอบแตกต่างกันออกไปแม้จะทดสอบความคงตัวในหัวข้อเดียวกันก็ตาม ในแง่ของการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบต้องไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขการทำงาน เนื่องจากกระบวนการทดสอบความคงตัวเป็นกระบวนการทำงานที่มีลำดับขั้นตอน ไม่ได้เป็นอิสระต่อกัน ทำให้ในบางกระบวนการอาศัยการทำงานจากกระบวนการก่อนหน้าถึงจะสามารถทำงานต่อไปได้ อีกทั้งพนักงานแต่ละคนและเครื่องทดสอบแต่ละเครื่องมีความสามารถในการทำงานได้เพียง 1 งานในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 ตัวอย่างลักษณะของปัญหา

กำหนดให้มียาที่ต้องทดสอบจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ยา X01 และ X02 การทดสอบหาปริมาณตัวยาที่สำคัญบนผลิตภัณฑ์ยา X01 ใช้เครื่องทดสอบ M1 ในการทดสอบ ในขณะที่ยา X02 ใช้เครื่องทดสอบ M4 ในการทดสอบ โดยภาระงานที่ทรัพยากรได้รับต้องไม่เกินความสามารถสูงสุดในแต่ละเดือน หากเกินพนักงานจะมีการทำงานอยู่ในรูปแบบการทำงานล่วงเวลา (OT)

บนพื้นฐานของกระบวนการทำงาน มีรูปแบบของการจัดตารางการทำงานมากมาย รูปที่ 3.1 ดังที่แสดงด้านล่างนี้ เป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งของการจัดตารางการทำงานของหน่วยงานทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ยา ซึ่งได้รับรายการทดสอบยา 2 ชนิด คือ X01 และ X02 โดยยา X01 ต้องทำการทดสอบความคงตัวจำนวน 1 หัวข้อ คือ การหาปริมาณตัวยาที่สำคัญ (Assay) ในขณะที่ยา X02 ต้องทำการทดสอบความคงตัวทั้งหมด 3 หัวข้อ เครื่องทดสอบที่จำเป็นต่อการทดสอบแต่ละหัวข้อของยาแต่ละชนิดมีรายละเอียดระบุไว้ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เครื่องทดสอบที่จำเป็นในการทดสอบผลิตภัณฑ์ยาแต่ละชนิด

ผลิตภัณฑ์ยา	หัวข้อการทดสอบ	เครื่องทดสอบ
X01	Assay (A)	M1
	Impurity (I)	M3
	Dissolution (D)	M2
X02	Assay (A)	M4

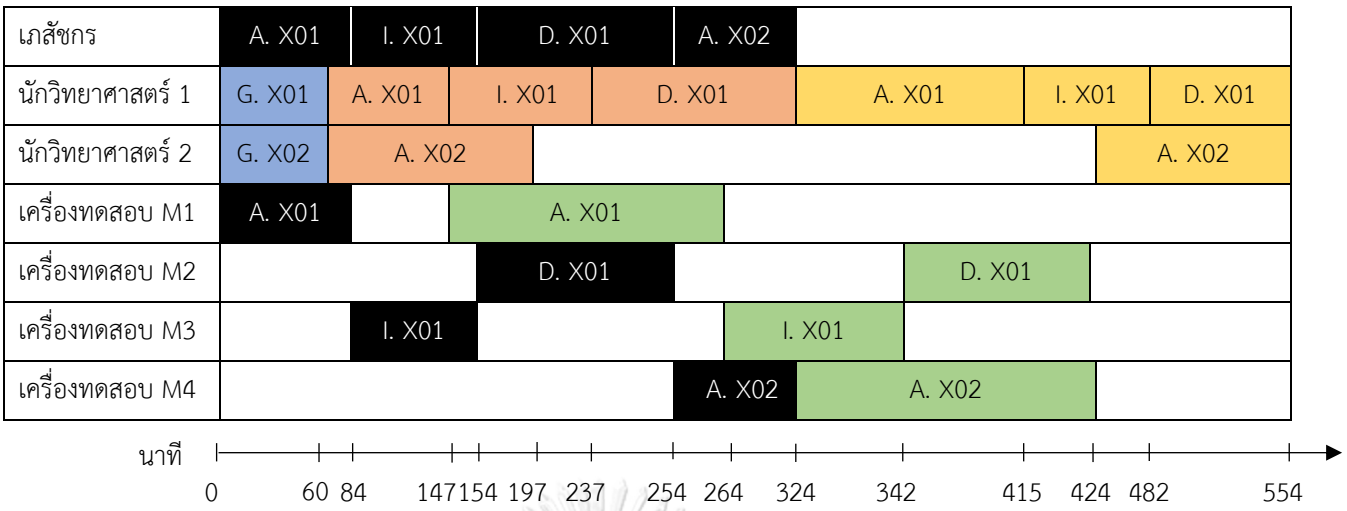
และกำหนดทรัพยากรที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ เภสัชกร จำนวน 1 คน และนักวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 คน และเครื่องทดสอบ M1, M2, M3 และ M4 อย่างละ 1 เครื่อง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีการกำหนดความรับผิดชอบของทรัพยากรไว้ เช่น เภสัชกรเท่านั้นที่สามารถติดตั้งเครื่องทดสอบได้ โดยมีรายละเอียดระบุไว้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ทรัพยากรที่รับผิดชอบในการทำงานแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	ทรัพยากร
1. กระบวนเก็บและรวบรวมยา	เภสัชกร หรือนักวิทยาศาสตร์
2. กระบวนการจัดเตรียมยา, สารเคมี, แว่นตานิรภัย และอุปกรณ์	เภสัชกร หรือนักวิทยาศาสตร์
3. ติดตั้งเครื่องทดสอบ	เภสัชกร
4. ทดสอบบนเครื่องทดสอบ	เครื่องทดสอบ M1, M2, M3 และ M4
5. บันทึกข้อมูลและเขียนรายงานสรุป	นักวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยทางผู้จัดการแผนกได้ตัดสินใจเรียงลำดับกระบวนการทดสอบความคงตัวของยา X01 ไว้เริ่มจากการหาปริมาณตัวยาที่สำคัญ การหาปริมาณสิ่งเจือปนในผลิตภัณฑ์ และการละลายของผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ โดยมีพนักงานที่รับผิดชอบการทดสอบยาชนิดนี้ คือ นักวิทยาศาสตร์ 1 และเภสัชกร ในส่วนการทดสอบหาปริมาณตัวยาที่สำคัญของยา X02 จะมีนักวิทยาศาสตร์ 2 และเภสัชกรเป็นผู้รับผิดชอบการทดสอบดังกล่าว โดยมีการแบ่งขั้นตอนของการทดสอบไว้ 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1. การติดตั้งเครื่องทดสอบ (สีดำ) 2. การจัดเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยา (สีฟ้า) 3. การเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทดสอบ (สีส้ม) 4. การทดสอบบนเครื่องทดสอบ (สีเขียว) และ 5. การบันทึกข้อมูล และเขียนรายงานสรุปผล (สีเหลือง) โดยจากกระบวนการทำงานรูปที่ 1 พบว่าการติดตั้งเครื่องทดสอบและการเตรียมอุปกรณ์ทดสอบสามารถทำงานไปพร้อมกันได้หากใช้ทรัพยากรต่างกัน และการทดสอบบนเครื่องทดสอบจะเกิดขึ้นได้เมื่อติดตั้งเครื่องทดสอบ และเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นจะได้เวลาในการทำงานของยาแต่ละชนิด ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการจัดตารางการทำงานสำหรับทดสอบความคงตัวผลิตภัณฑ์ยา X01 และ X02

ผลิตภัณฑ์ยา X01 :

เภสัชกรติดตั้งเครื่องทดสอบ M1 ใช้เวลาทั้งสิ้น 84 นาที ตามด้วยเครื่องทดสอบ M3 สิ้นสุดเวลา 154 นาที และเครื่องทดสอบ M2 สิ้นสุดเวลา 254 นาที ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์คนที่ 1 เริ่มจัดเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยา พร้อมเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหัวข้อที่ 1 ใช้เวลาทั้งสิ้น 147 นาที หัวข้อที่ 2 สิ้นสุดเวลา 237 นาที และหัวข้อที่ 3 สิ้นสุดเวลา 324 นาที จาก 2 กระบวนการข้างต้นทำให้เครื่องทดสอบ M1 สามารถเริ่มทำการทดสอบได้ตั้งแต่นาทีที่ 147 และสิ้นสุดที่เวลา 264 นาที เครื่องทดสอบ M3 สามารถเริ่มทำการทดสอบได้ตั้งแต่นาทีที่ 264 และสิ้นสุดที่เวลา 342 นาที และเครื่องทดสอบ M2 สามารถเริ่มทำการทดสอบได้ตั้งแต่นาทีที่ 324 สิ้นสุดที่เวลา 424 นาที เมื่อกระบวนการเตรียมอุปกรณ์ทดสอบ และเครื่องทดสอบทำงานเสร็จสิ้น นักวิทยาศาสตร์คนที่ 1 สามารถเริ่มเขียนรายงานสรุปผลได้ตั้งแต่นาทีที่ 324 จนเสร็จสิ้นตามลำดับกระบวนการทดสอบ รวมเวลาที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ยา X01 ทั้งสิ้น 554 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลิตภัณฑ์ยา X02 :

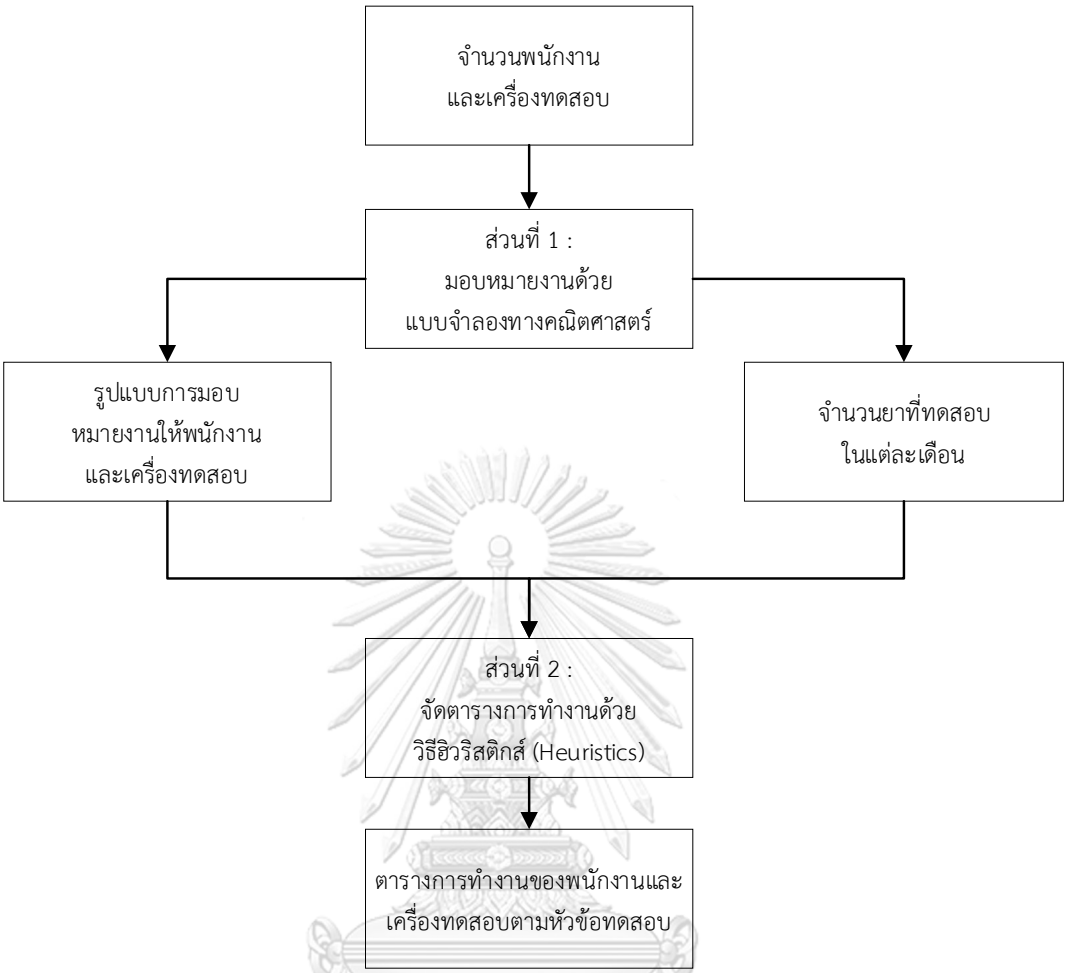
เภสัชกรเริ่มติดตั้งเครื่องทดสอบ M4 ได้ตั้งแต่เวลา 254 นาที ใช้เวลาทั้งสิ้น 70 นาที สิ้นสุดที่เวลา 324 นาที ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์คนที่ 2 เริ่มจัดเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาได้ทันที พร้อมเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหัวข้อที่ 1 สิ้นสุดที่เวลา 197 นาที จาก 2 กระบวนการข้างต้นทำให้เครื่องทดสอบ M4 สามารถเริ่มทำการทดสอบได้ตั้งแต่นาทีที่ 324 สิ้นสุดที่เวลา 424 นาที และเขียนรายงานสรุปผลได้ทันทีหลังเครื่องทดสอบทำงานเสร็จสิ้น รวมเวลาที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ยา X02 ทั้งสิ้น 554 นาที

3.3 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน

แผนกทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ยาของบริษัทแห่งหนึ่งต้องการวางแผนและจัดตารางการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยาทั้ง 113 รายการ โดยมีรูปแบบยาแบ่งเป็น 1. รูปแบบที่เป็นของแข็ง (Solid Dosage Forms) เช่น ยาแคปซูล, ยาเม็ด เป็นต้น จำนวน 57 รายการ 2. รูปแบบที่เป็นของเหลว (Liquid do-sage form) เช่น ยาน้ำ

ใส, ยาน้ำแขวนตะกอน, ยาน้ำเชื่อม เป็นต้น จำนวน 45 รายการ 3. รูปแบบที่เป็นกึ่งของแข็ง (Semisolid Dosage Forms) เช่น ยาขี้ผึ้ง, ครีม เป็นต้น จำนวน 10 รายการ และ 4. รูปแบบอื่น ๆ (Miscellaneous Dosage Forms) จำนวน 1 รายการ การทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยาแต่ละรูปแบบจะมีรายละเอียดการทำงานที่แตกต่างกัน จึงทำให้เกิดความยุ่งยากในการค้นหาคำตอบ งานวิจัยนี้จึงมองภาพรวมของกระบวนการทำงานโดยรวมซึ่งทั้ง 4 รูปแบบมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยได้มีการกำหนดทรัพยากรไว้อย่างจำกัดในต้นปี และพนักงานถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เภสัชกร จำนวน 5 คน และนักวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 คน ในส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพแตกต่างกันจำนวน 4 ชนิด คือ เครื่องทดสอบ M1 จำนวน 11 เครื่อง, เครื่องทดสอบ M2, เครื่องทดสอบ M3 และเครื่องทดสอบ M4 อย่างละ 1 เครื่อง โดยมีเป้าหมายสูงสุดในการพัฒนาการวางแผนและจัดตารางการทำงานให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม จึงได้มีแนวคิดในการแบ่งงานออกเป็น 2 ส่วน การมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบด้วยแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming) จะถูกนำมาใช้สำหรับการแก้ปัญหางานส่วนที่ 1 โดยคำนวณจากระยะเวลารวมในการทดสอบทุกหัวข้อตามประเภททรัพยากรที่ใช้ในการทำงาน เนื่องจากมีหลายวัตถุประสงค์และมีหน่วยต่างกัน จึงพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์จำนวน 2 โมเดล เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา คำตอบที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ทั้ง 2 โมเดลในงานส่วนที่ 1 จะได้รูปแบบการมอบหมายงานให้กับพนักงานแต่ละคนและเครื่องทดสอบแต่ละเครื่องในช่วงเวลา 12 เดือน พร้อมทั้งจำนวนยาที่ต้องมีการทดสอบในแต่ละเดือน เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าของงานส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาการจัดตารางการทำงานด้วยวิธีฮิวริสติก (Heuristics) ในงานส่วนที่ 2 จะทำการวิเคราะห์ระยะเวลาในการทดสอบจริงตามหัวข้อการทดสอบโดยได้ผลลัพธ์เป็นรายละเอียดในการจัดตารางการทำงานของทรัพยากรหลังจากที่ได้มีการมอบหมายงานให้กับทรัพยากรแต่ละประเภทแล้ว โดยมีเงื่อนไขที่ต้องเพิ่มเติมจากแบบจำลองส่วนที่ 1 คือ การทดสอบบนเครื่องทดสอบจำเป็นต้องผ่านกระบวนการการติดตั้งเครื่องทดสอบ และการเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทดสอบก่อน เครื่องทดสอบถึงจะสามารถปฏิบัติงานได้ และกระบวนการบันทึกข้อมูล และเขียนรายงานสรุปผล จำเป็นต้องผ่านการทดสอบบนเครื่องทดสอบก่อนถึงจะสามารถสามารถปฏิบัติงานได้ต่อได้ แนวคิดและกระบวนการแก้ปัญหาการการวางแผนและจัดตารางการทำงานของทรัพยากรแสดงดังรูปที่ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.2 กระบวนการแก้ปัญหาการวางแผนและจัดตารางการทำงานของทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบจำลองคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 ผู้วิจัยได้จำแนกประเภทการทดสอบออกเป็น 4 กลุ่ม โดยคำนวณจากระยะเวลารวมทุกหัวข้อที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการวิเคราะห์หาคำตอบ และมอบหมายงานให้ทรัพยากรแต่ละกลุ่ม เริ่มต้นจากกระบวนเก็บและรวบรวมยาให้พร้อมสำหรับการทดสอบในแต่ละหัวข้อ (General) และหัวข้อการทดสอบอีก 3 หัวข้อ ได้แก่ การหาปริมาณตัวยาที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ (Assay) การหาปริมาณสิ่งเจือปนในผลิตภัณฑ์ (Impurity) และการละลายของผลิตภัณฑ์ (Dissolution) ในแต่ละหัวข้อการทดสอบจะแบ่งเป็น 7 กระบวนการย่อยตามกลุ่มของทรัพยากรที่ใช้ในการทดสอบ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 กลุ่มของทรัพยากรที่รับผิดชอบในแต่ละกระบวนการย่อย

กระบวนการ	กระบวนการย่อย	ทรัพยากร
1. กระบวนการจัดเตรียมยา, สารเคมี, แว่นตานิรภัย และอุปกรณ์	1. กระบวนการจัดเตรียมยา, สารเคมี, แว่นตานิรภัย และอุปกรณ์	เภสัชกร หรือ นักวิทยาศาสตร์
2. ติดตั้งเครื่องทดสอบ	2. ติดตั้งเครื่องทดสอบ	เภสัชกร
3. ทดสอบบนเครื่องทดสอบ	3. ทดสอบบนเครื่องทดสอบ M1	เครื่องทดสอบ M1
	4. ทดสอบบนเครื่องทดสอบ M2	เครื่องทดสอบ M2
	5. ทดสอบบนเครื่องทดสอบ M3	เครื่องทดสอบ M3
	6. ทดสอบบนเครื่องทดสอบ M4	เครื่องทดสอบ M4
4. บันทึกข้อมูลและเขียนรายงานสรุป	7. บันทึกข้อมูลและเขียนรายงานสรุป	นักวิทยาศาสตร์

โดยทั้งเภสัชกรและนักวิทยาศาสตร์มีทักษะในการเตรียมการทดสอบ ดังนั้นทั้งคู่จึงสามารถปฏิบัติงานในกระบวนการย่อยที่ 1 ได้ ในขณะที่กระบวนการย่อยที่ 2 จะมีเพียงเภสัชกรเท่านั้นที่สามารถปฏิบัติงานได้ ในส่วนของกระบวนการย่อยที่ 3 ถึง 6 เครื่องทดสอบจะถูกมอบหมายงานให้ทำการทดสอบตามรายการทดสอบที่ได้มีการกำหนดไว้ และการเขียนรายงานในกระบวนการย่อยที่ 7 นักวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้รับผิดชอบ โดยทางผู้วิจัยได้พิจารณาข้อมูลนำเข้าเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 ดังนี้

1) ความต้องการทดสอบของยาแต่ละชนิด

ผลิตภัณฑ์ยาแต่ละชนิดจะมีทรัพยากรที่รับผิดชอบสูงสุด 1 คน/เครื่องในแต่ละกระบวนการ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรเดิมในการทดสอบยาชนิดเดียวกัน นอกจากนั้นยาแต่ละชนิดมีกระบวนการทดสอบที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่ยาชนิดหนึ่งจะต้องถูกทดสอบทั้ง 3 หัวข้อ และใช้เครื่องทดสอบในการทดสอบประเภทเดียวกัน โดยกระบวนการที่ต้องการทรัพยากรในการทดสอบของยาแต่ละชนิดจะถูกระบุไว้ ตัวอย่างดังตารางที่ 3.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างกระบวนการที่ต้องการทดสอบของยาแต่ละชนิด

ยา	การเตรียม	หัวข้อการทดสอบ																			
	General	Assay							Impurity							Dissolution						
	1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
A01	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
A02	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A03	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
A04	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A05	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
A06	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A07	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
A08	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A09	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 3.4 จะแสดงตัวอย่างกระบวนการที่ต้องการการทดสอบของยา 10 ชนิด โดยยาทุกชนิดจะเริ่มต้นจากกระบวนเก็บและรวบรวมยา (General) เพื่อเตรียมทดสอบในแต่ละหัวข้อการทดสอบ และเนื่องจากในกระบวนการทำงานนี้มีการทำงานแค่กระบวนการย่อยที่ 1 จึงทำให้กระบวนการย่อยอื่น ๆ มีค่าเป็น 0 จากนั้นจะเริ่มแยกตามหัวข้อการทดสอบทั้ง 3 หัวข้อ โดยกระบวนการย่อยที่ 1 คือ กระบวนจัดเตรียมยา, สารเคมี, แว่นตานิรภัย และอุปกรณ์ กระบวนการย่อยที่ 2 เพื่อติดตั้งเครื่องทดสอบ กระบวนการย่อยที่ 3 – 6 เพื่อทดสอบบนเครื่องทดสอบ M1 – M4 ตามลำดับ และบันทึกข้อมูลและเขียนรายงานสรุป ในกระบวนการย่อยที่ 7 จากตัวอย่างข้างต้นพบว่ามียาจำนวน 1 ชนิด ที่มีการทดสอบครบทุกหัวข้อ คือ A01 มียาจำนวน 4 ชนิดที่ทดสอบ 2 หัวข้อ คือ A03, A05, A07 และ A10 และที่เหลืออีก 5 ชนิด จะมีการทดสอบเพียง 1 หัวข้อ โดยในการทดสอบประเภทเดียวกันพบว่ามียาบางชนิดที่มีการใช้เครื่องทดสอบแตกต่างจากยาชนิดอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น การทดสอบความคงตัวของยา A09 จะใช้เครื่องทดสอบ M4 ซึ่งไม่เหมือนยาชนิดอื่นที่ใช้เครื่องทดสอบ M3 เป็นเครื่องทดสอบ

2) เวลาที่ใช้ในการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยา

ยาแต่ละชนิดมีเวลาที่ใช้ในการทดสอบแต่ละหัวข้อและแต่ละกระบวนการย่อยแตกต่างกัน โดยเวลาที่ใช้ในการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. เวลาคงที่ (Fixed time) จะเกิดขึ้นเมื่อทดสอบยาชุดแรก โดยมีการใช้เวลานานที่สุด เนื่องจากเป็นชุดเริ่มต้นที่ต้องผ่านทุกกระบวนการทำงาน ตั้งแต่กระบวนการเก็บและรวบรวมยา การเตรียมยา สารเคมีมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการติดตั้งเครื่องทดสอบ และ 2. เวลาผันแปร (Variable time) เมื่อผ่านการทดสอบยาชุดแรกแล้ว ยาชุดอื่น ๆ ที่ต้องทำการทดสอบจะมีการลดขั้นตอนการทำงานบางอย่างไป เวลาที่ใช้ในการทดสอบจึงลดลง โดยจะแปรผันตามจำนวนยาที่มีการทดสอบ

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างเวลาคงที่ (Fixed time) ที่ใช้ในการทดสอบยาแต่ละชนิด (นาที)

ยา	การเตรียม	หัวข้อการทดสอบ																			
	General	Assay							Impurity							Dissolution						
	1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
A01	60	221	42	628	0	0	0	105	183	40	1148	0	0	0	126	317	50	757	0	0	0	98
A02	60	356	45	1031	0	0	0	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A03	60	205	40	612	0	0	0	109	0	0	0	0	0	0	0	272	40	719	0	0	0	105
A04	60	204	35	614	0	0	0	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A05	60	218	35	628	0	0	0	102	0	0	0	0	0	0	0	215	50	733	0	0	0	112
A06	60	360	48	1023	0	0	0	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A07	60	245	40	640	0	0	0	116	0	0	0	0	0	0	0	236	45	605	0	0	0	102
A08	60	232	50	547	0	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A09	60	175	42	0	182	0	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	60	260	55	805	0	0	0	112	213	45	1163	0	0	0	116	0	0	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 3.5 แสดงตัวอย่างเวลาคงที่ที่ใช้ในการทดสอบยาชุดแรกจำนวน 10 ชนิด ซึ่งจะมีข้อมูลตามกระบวนการที่ต้องการทดสอบของยาแต่ละชนิดเช่นเดียวกับในตารางที่ 3.4 และในตารางที่ 3.6 แสดงเวลาผันแปรของการทดสอบยาแต่ละชนิดตามหัวข้อทดสอบ แต่เนื่องจากเวลาผันแปรของการทดสอบยาแต่ละชนิดมีการเก็บ

ข้อมูลรวมโดยไม่ได้แยกตามหัวข้อการทดสอบ จึงกำหนดให้เวลาผันแปรการทดสอบเกิดขึ้นในกระบวนการย่อยที่ 1 และ 7 ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ทรัพยากรคนในการทดสอบ เพื่อให้การหาคำตอบเกิดความสมเหตุสมผลมากขึ้น ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการกระจายเวลาลงในแต่ละกระบวนการย่อย โดยกำหนดให้เวลาผันแปรของการทดสอบยาในแต่ละกระบวนการตามความต้องการเท่ากันจากการเฉลี่ยเวลาผันแปรรวม ซึ่งได้ข้อมูลดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างเวลาผันแปร (Variable time) ที่ใช้ในการทดสอบยาแต่ละชนิด (นาที/ล็อต)

ยา	การเตรียม	หัวข้อการทดสอบ																			
	General	Assay							Impurity							Dissolution						
	1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
A01	14	14	0	0	0	0	0	14	14	0	0	0	0	0	14	14	0	0	0	0	0	14
A02	8	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A03	15	15	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15
A04	8	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A05	15	15	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15
A06	8	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A07	15	15	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15
A08	8	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A09	8	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	10	10	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 3.5 และ 3.6 จะนำมาใช้ในการพิจารณาหาระยะเวลาดำเนินการทั้งหมดของการทดสอบยาแต่ละชนิด โดยคำนวณจากเวลาคงที่ที่ใช้ในการทดสอบยาล็อตที่ 1 และเวลาผันแปรที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนล็อตทดสอบในแต่ละเดือน โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{ระยะเวลาทดสอบรวม (นาที)} = \text{เวลาคงที่ในการทดสอบยาล็อตที่ 1} + (\text{เวลาผันแปร} \times \text{จำนวนยาที่ทดสอบ})$$

จากตารางที่ 3.5 เวลาคงที่ที่ใช้ในการทดสอบยาแต่ละชนิดจะเกิดขึ้นในการทดสอบยาล็อตที่ 1 ซึ่งได้มีการรวมทั้งเวลาคงที่และเวลาผันแปรแล้ว ทำให้ในการคำนวณหาเวลาผันแปรของการทดสอบ จึงจำเป็นต้องหักลบจำนวนยาที่ทดสอบออกไป 1 ล็อต เพื่อไม่ให้เกิดการคำนวณเวลาผันแปรซ้ำ ตัวอย่างเช่น ในเดือนที่ 1 จำนวนยาที่ต้องทดสอบจำนวน 5 ล็อต ในการคำนวณหาระยะเวลาทดสอบรวมจะมีค่าเท่ากับเวลาคงที่ในการทดสอบยาล็อตที่ 1 รวมกับเวลาผันแปรคูณด้วยจำนวนยาที่ทดสอบ 4 ล็อต แทนที่จะเป็นจำนวนยาที่ทดสอบ 5 ล็อต ผู้ทำวิจัยเห็นว่าวิธีการดังกล่าวอาจทำให้เกิดความสับสน อีกทั้งอาจทำให้ได้ผลการคำนวณผิดพลาด ดังนั้นเพื่อให้การคำนวณสามารถทำได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงได้ทำการคำนวณหาเวลาคงที่ใหม่ โดยหักลบเวลาผันแปรในการทดสอบยาล็อตที่ 1 ออก เพื่อให้ได้เฉพาะเวลาคงที่สำหรับทดสอบยาล็อตที่ 1 ดังที่แสดงในตารางที่ 3.7 และใช้จำนวนยาที่ทดสอบทั้งหมดในการคำนวณเวลาผันแปรจากสมการได้โดยตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างเวลาคงที่ (Fixed time) ใหม่ที่ใช้ในการคำนวนระยะทดสอบรวม (นาที)

ยา	การเตรียม	หัวข้อการทดสอบ																				
	General	Assay							Impurity							Dissolution						
	1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
A01	46	207	42	628	0	0	0	91	169	40	1148	0	0	0	112	303	50	757	0	0	0	84
A02	52	348	45	1031	0	0	0	162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A03	45	190	40	612	0	0	0	94	0	0	0	0	0	0	0	257	40	719	0	0	0	90
A04	52	196	35	614	0	0	0	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A05	45	203	35	628	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	200	50	733	0	0	0	97
A06	52	352	48	1023	0	0	0	202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A07	45	230	40	640	0	0	0	101	0	0	0	0	0	0	0	221	45	605	0	0	0	87
A08	52	224	50	547	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A09	52	167	42	0	182	0	0	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	50	250	55	805	0	0	0	102	203	45	1163	0	0	0	106	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 3.8 และ 3.9 แสดงตัวอย่างจำนวนยาที่ต้องทดสอบจำนวน 10 ชนิด และการคำนวณระยะเวลาทดสอบรวมเมื่อกำหนดให้ยา 10 ชนิดมีจำนวนทดสอบดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างจำนวนยาที่ต้องทดสอบ (ล็อต)

ยา	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10
จำนวนทดสอบ	2	3	4	4	2	5	2	5	2	5

ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างการคำนวณระยะเวลาทดสอบรวมของยาแต่ละชนิด (นาที)

ยา	การเตรียม	หัวข้อการทดสอบ																				
	General	Assay							Impurity							Dissolution						
	1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
A01	74	235	42	628	0	0	0	119	197	40	1148	0	0	0	140	331	50	757	0	0	0	112
A02	76	372	45	1031	0	0	0	186	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A03	105	250	40	612	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0	0	317	40	719	0	0	0	150
A04	84	228	35	614	0	0	0	115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A05	75	233	35	628	0	0	0	117	0	0	0	0	0	0	0	230	50	733	0	0	0	127
A06	92	392	48	1023	0	0	0	242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A07	75	260	40	640	0	0	0	131	0	0	0	0	0	0	0	251	45	605	0	0	0	117
A08	92	264	50	547	0	0	0	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A09	68	183	42	0	182	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	100	300	55	805	0	0	0	152	253	45	1163	0	0	0	156	0	0	0	0	0	0	0

3) จำนวนยาที่ต้องทดสอบในแต่ละเดือน

ข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมเป็นจำนวนยาที่วางแผนทดสอบรวมภายใน 1 ปี โดยมีการกำหนดแผนการทดสอบในแต่ละเดือนในรูปแบบชุดการทดสอบ (ล็อต) โดยจำนวนยาที่ยังไม่ถูกทดสอบจากแผนทดสอบก่อนหน้าจะ

ถูกนำมารวมในการทดสอบภายในปี จากข้อมูลพบว่าในช่วงครึ่งปีแรกจะมีจำนวนผลิตภัณฑ์ยาที่ต้องทดสอบมากกว่าในช่วงครึ่งปีหลัง ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างจำนวนยาที่วางแผนทดสอบในแต่ละเดือน (ล็อต)

ยา	จำนวนยาที่วางแผนทดสอบในแต่ละเดือน (ล็อต)												
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A01	2	0	4	5	0	0	7	0	0	0	0	0	0
A02	3	8	6	0	5	0	0	0	0	4	0	0	0
A03	4	8	0	5	8	8	3	0	16	6	0	0	0
A04	4	4	8	5	6	0	7	0	0	0	0	0	0
A05	2	0	0	11	14	7	5	6	0	21	0	5	5
A06	5	8	3	0	4	4	0	0	0	0	8	0	4
A07	2	7	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
A08	5	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
A09	2	0	1	0	5	0	6	0	0	0	0	0	0
A10	5	0	0	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0

4) ลำดับความสำคัญในการเลือกทดสอบยา

เนื่องจากมีการกำหนดแผนทดสอบในแต่ละเดือน ซึ่งบางเดือนอาจมีจำนวนยาที่ต้องทดสอบมากกว่าปริมาณความสามารถของทรัพยากรที่สามารถทำได้ในแต่ละเดือน ดังนั้นทางหน่วยงานจำเป็นต้องมีการเลือกยาที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดมาทดสอบก่อน และยอมให้ยาที่ความสำคัญลำดับรองลงมาเลื่อนการทดสอบในเดือนถัด ๆ ไป โดยตารางที่ 3.11 แสดงตัวอย่างน้ำหนักความความสำคัญในการเลือกทดสอบยาแต่ละชนิด

ตารางที่ 3.11 ตัวอย่างน้ำหนักความความสำคัญในการเลือกทดสอบยาจำนวน 10 ชนิด (%)

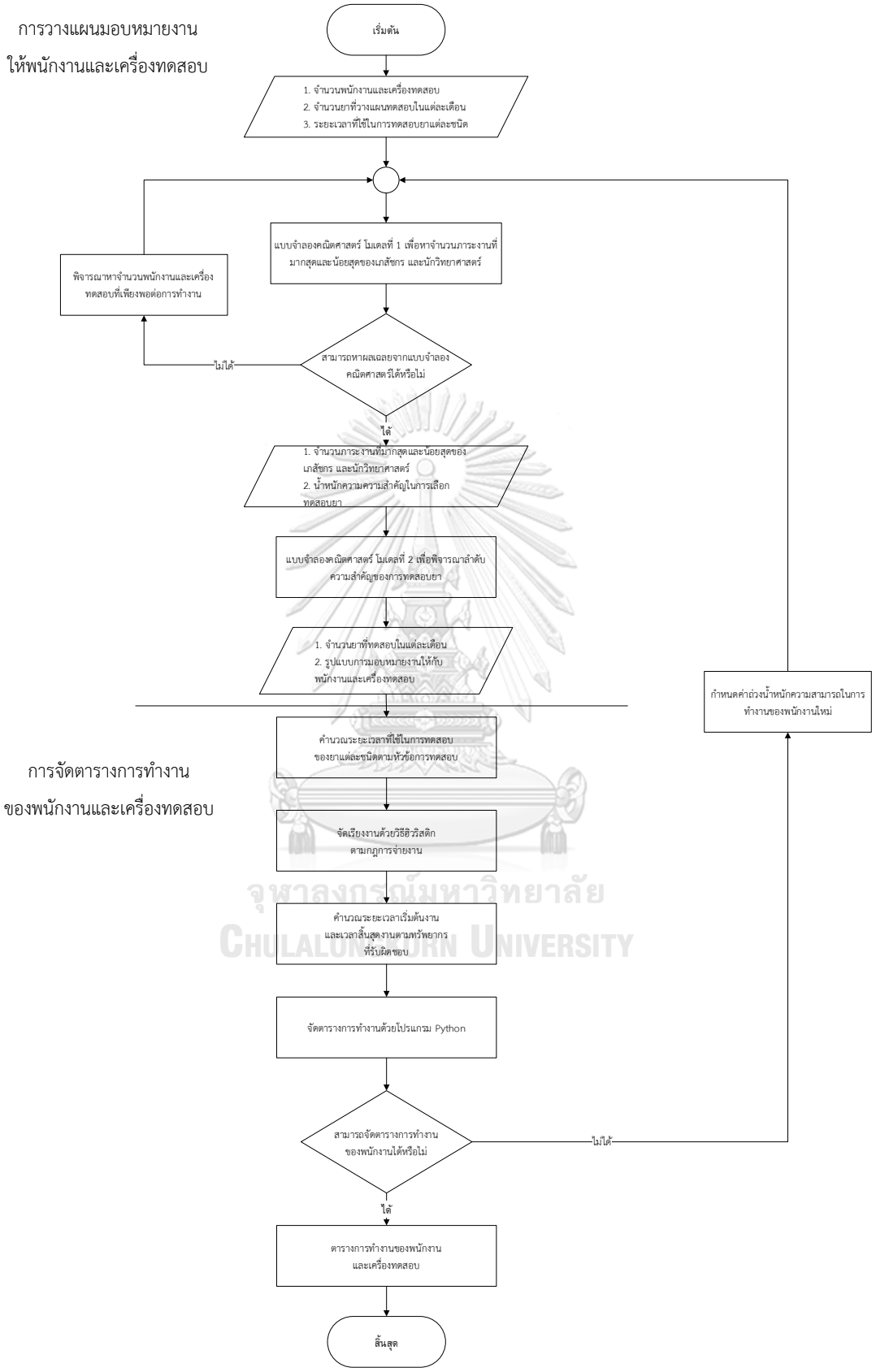
ยา	น้ำหนักความสำคัญ
A01	0.20
A02	0.14
A03	0.20
A04	0.36
A05	0.20
A06	0.14
A07	0.20
A08	0.36
A09	0.20
A10	0.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 แนวคิดในการแก้ปัญหาการวางแผนมอบหมายงานและจัดตารางของพนักงานและเครื่องทดสอบ

การแก้ปัญหาการวางแผนมอบหมายงานและจัดตารางของพนักงานและเครื่องทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์จำนวน 2 โมเดล และส่วนที่ 2 การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบด้วยวิธีฮิวริสติก เริ่มจากการหาผลเฉลยตามสมการวัตถุประสงค์ผ่านแบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 1 โดยมีข้อมูลนำเข้า ได้แก่ จำนวนพนักงานและเครื่องทดสอบ จำนวนยาที่วางแผนทดสอบในแต่ละเดือน และระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบยาแต่ละชนิด ผลจากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองดังกล่าว จะได้รับรูปแบบการมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ จำนวนยาที่ทดสอบในแต่ละเดือน พร้อมทั้งจำนวนภาระงานที่มากที่สุดและน้อยที่สุดของพนักงานในแต่ละเดือน แต่เนื่องจากยาแต่ละชนิดมีลำดับความสำคัญแตกต่างกัน ยาที่มีความสำคัญมากจะถูกเลือกมาทดสอบก่อน เพื่อทำให้ออกจากระบบได้เร็วที่สุด ดังนั้นเพื่อให้กระบวนการทดสอบเกิดผลลัพธ์ที่ดีสุด จำเป็นต้องพิจารณายาที่จะถูกทดสอบและถูกเลื่อนการทดสอบออกไป จึงได้นำผลเฉลยที่ได้รับจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 1 เป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 2 ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาจะได้รับชนิดของยาและจำนวนที่ถูกทดสอบ พร้อมรูปแบบการมอบหมายงานที่เหมาะสมให้กับพนักงานและเครื่องทดสอบในแต่ละเดือน จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการจัดตารางการทำงานของพนักงาน โดยเริ่มจากการคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบของยาแต่ละชนิดตามหัวข้อทดสอบ แล้วนำมาจัดเรียงด้วยวิธีฮิวริสติกตามกฎการจ่ายงาน คำนวณระยะเวลาเริ่มงานและสิ้นสุดงาน จากนั้นนำข้อมูลมาจัดตารางการทำงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ ผ่านโปรแกรม Python รูปที่ 3.3 แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาการวางแผนมอบหมายงานและจัดตารางของพนักงานและเครื่องทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.3 แนวคิดในการแก้ปัญหาการวางแผนมอบหมายงานและจัดตารางของพนักงานและเครื่องทดสอบ

3.5 การหาผลเฉลยปัญหาการมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ

แบบจำลองคณิตศาสตร์ใช้แก้ปัญหาการวางแผนมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องความไม่เหมาะสมของจำนวนภาระงานที่พนักงานแต่ละคนได้รับ โดยลดความแตกต่างของภาระงาน การทำงานล่วงเวลาให้เหลือน้อยที่สุด โดยพิจารณาลำดับความสำคัญของการทดสอบยา แต่เนื่องจากการหาผลเฉลยมีหลายวัตถุประสงค์ อีกทั้งมีหน่วยที่ต่างกัน ทำให้แก้ปัญหาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์เดียวได้ยาก จึงพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์จำนวน 2 โมเดลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยโมเดลที่ 1 จะได้รับรูปแบบการมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ พร้อมจำนวนภาระงานสูงที่สุดและต่ำที่สุดของพนักงาน โมเดลที่ 2 จะเป็นการหาผลเฉลยโดยอาศัยคำตอบที่ได้รับจากโมเดลที่ 1 เป็นข้อมูลนำเข้า เพื่อหาชนิดของยาและจำนวนที่ถูกทดสอบ พร้อมรูปแบบการมอบหมายงานที่เหมาะสมมากขึ้น

3.5.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 1

แบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 1 เป็นการหาจำนวนภาระงานที่มากสุดและน้อยสุดของเภสัชกร และนักวิทยาศาสตร์ โดยมีข้อมูลนำเข้า ได้แก่ จำนวนพนักงานและเครื่องทดสอบ จำนวนยาที่วางแผนทดสอบในแต่ละเดือน และระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบยาแต่ละชนิด มีวัตถุประสงค์ในการลดความแตกต่างของภาระงาน และการทำงานล่วงเวลาให้เหลือน้อยที่สุด

ค่าดัชนี (Index)

I	คือ เซตของจำนวนผลิตภัณฑ์ยา
J	คือ เซตของจำนวนเดือนที่มียาเข้ามาทดสอบ
T	คือ เซตของจำนวนประเภทการทดสอบ
K	คือ เซตของจำนวนกระบวนการย่อย
P	คือ เซตของจำนวนเภสัชกร
C	คือ เซตของจำนวนนักวิทยาศาสตร์
H	คือ เซตของจำนวนเครื่องทดสอบ M1
S	คือ เซตของจำนวนเครื่องทดสอบ M2
G	คือ เซตของจำนวนเครื่องทดสอบ M3
D	คือ เซตของจำนวนเครื่องทดสอบ M4

ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)

$demand_{ij}$	=	ยา i ที่วางแผนทดสอบในเดือน j (ล็อต)
$begin_inv_i$	=	ยา i ที่ต้องทดสอบจากแผนทดสอบก่อนหน้า (ล็อต)
$fixed_time_{itk}$	=	เวลาคงที่ที่ใช้ในการทดสอบยา i ของประเภทการทดสอบ t ในกระบวนการย่อยที่ k (นาที)
$varia_time_{ik}$	=	เวลาผันแปรที่ใช้ในการทดสอบยา i ในกระบวนการย่อยที่ k (นาที/ล็อต)
cap_ph_j	=	ความสามารถของเภสัชกรในเดือน j (นาที)
cap_sc_j	=	ความสามารถของนักวิทยาศาสตร์ในเดือน j (นาที)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

cap_h_j = ความสามารถของเครื่องทดสอบ M1 ในเดือน j (นาที)

cap_s_j = ความสามารถของเครื่องทดสอบ M2 ในเดือน j (นาที)

cap_g_j = ความสามารถของเครื่องทดสอบ M3 ในเดือน j (นาที)

cap_d_j = ความสามารถของเครื่องทดสอบ M4 ในเดือน j (นาที)

$required_{itk}$ = 1 ต้องใช้ทรัพยากรทดสอบยา i ของประเภทการทดสอบ t ในกระบวนการย่อยที่ k

= 0 กรณีอื่น ๆ

$working_day_j$ = จำนวนวันทำงานในเดือน j

w_ot = ค่าถ่วงน้ำหนักการทำงานล่วงเวลาของเภสัชกรและนักวิทยาศาสตร์

w_cap = ค่าถ่วงน้ำหนักความสามารถในการทำงานของเภสัชกรและนักวิทยาศาสตร์

M = จำนวนที่มีค่ามาก

<u>ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)</u>

T_{ij} = จำนวนยา i ที่ทดสอบภายในเดือน j ตามแผน (ล็อต)

$Tested_{ij}$ = จำนวนยา i ที่ทดสอบทั้งหมดในเดือน j (ล็อต)

Inv_{ijl} = จำนวนยา i ที่ไม่สามารถทดสอบได้ภายในเดือน j ที่ต้องการ โดยเลื่อนการทดสอบไปในเดือน l (ล็อต)

PH_{ijptk} = 1 ถ้ายา i ถูกทดสอบในเดือน j โดยเภสัชกร p ของประเภทการทดสอบ t ในกระบวนการย่อย k

= 0 กรณีอื่น ๆ

SC_{ijctk} = 1 ถ้ายา i ถูกทดสอบในเดือน j โดยนักวิทยาศาสตร์ c ของประเภทการทดสอบ t ในกระบวนการย่อย k

= 0 กรณีอื่น ๆ

H_{ijht} = 1 ถ้ายา i ถูกทดสอบในเดือน j โดยเครื่องทดสอบเครื่องที่ M1 h ของประเภทการทดสอบ t

= 0 กรณีอื่น ๆ

S_{ijst} = 1 ถ้ายา i ถูกทดสอบในเดือน j โดยเครื่องทดสอบเครื่องที่ M2 s ของประเภทการทดสอบ t

= 0 กรณีอื่น ๆ

G_{ijgt} = 1 ถ้ายา i ถูกทดสอบในเดือน j โดยเครื่องทดสอบเครื่องที่ M3 g ของประเภทการทดสอบ t

= 0 กรณีอื่น ๆ

D_{ijdt} = 1 ถ้ายา i ถูกทดสอบในเดือน j โดยเครื่องทดสอบเครื่องที่ M4 d ของประเภทการทดสอบ t

= 0 กรณีอื่น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$Maxwl_PH_j$	=	จำนวนภาระงานสูงสุดของเภสัชกรที่ทดสอบในเดือน j (นาที)
$Minwl_PH_j$	=	จำนวนภาระงานต่ำสุดของเภสัชกรที่ทดสอบในเดือน j (นาที)
$Maxwl_SC_j$	=	จำนวนภาระงานสูงสุดของนักวิทยาศาสตร์ที่ทดสอบในเดือน j (นาที)
$Minwl_SC_j$	=	จำนวนภาระงานต่ำสุดของนักวิทยาศาสตร์ที่ทดสอบในเดือน j (นาที)
OT_PH_{pj}	=	เวลาทำงานล่วงเวลาของเภสัชกร p ในเดือน j (นาที)
$Idel_PH_{pj}$	=	เวลาว่างของเภสัชกร p ในเดือน j (นาที)
OT_SC_{cj}	=	เวลาทำงานล่วงเวลาของนักวิทยาศาสตร์ c ในเดือน j (นาที)
$Idel_SC_{cj}$	=	เวลาว่างของของนักวิทยาศาสตร์ c ในเดือน j (นาที)
$Tested_PH_{ijptk}$	=	จำนวนยา i ที่เภสัชกร p ทดสอบได้ในประเภทการทดสอบ t กระบวนการย่อย k ในเดือน j
$Tested_SC_{ijctk}$	=	จำนวนยา i ที่นักวิทยาศาสตร์ c ทดสอบได้ในประเภทการทดสอบ t กระบวนการย่อย k ในเดือน j

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

สมการ (1.1) สมการวัตถุประสงค์สำหรับลดความแตกต่างของภาระงานที่ไม่สมดุล และการทำงานล่วงเวลาของเภสัชกรและนักวิทยาศาสตร์ เนื่องจากพิจารณาให้ความสำคัญของการลดความแตกต่างของภาระงานที่ไม่สมดุลมากกว่าการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน จึงได้กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของการทำงานล่วงเวลาให้มีความสำคัญเป็นครึ่งหนึ่งของความแตกต่างภาระงานที่ไม่สมดุล

$$Minimize\ z_1 = \sum_{j\in J} Maxwl_ph_j - Minwl_ph_j + w_ot * \sum_{p\in P}\sum_{j\in J} OT_ph_{pj} + \sum_{j\in J} Maxwl_sc_j - Minwl_sc_j + w_ot * \sum_{c\in C}\sum_{j\in J} OT_sc_{cj} \quad (1.1)$$

<u>สมการข้อจำกัด (Constraint Function)</u>

ข้อจำกัดที่ (1.2) – (1.6) กำหนดให้ยาแต่ละชนิดต้องถูกทดสอบภายใน 4 เดือน ยาที่ไม่สามารถทดสอบได้ภายในเดือนที่กำหนดจะถูกเลื่อนการทดสอบออกไปได้สูงสุดไม่เกิน 3 เดือน โดยสมการที่ (1.4) จะสามารถเลื่อนออกไปได้สูงสุดเพียง 2 เดือน สมการที่ (1.5) จะสามารถเลื่อนออกไปได้สูงสุดเพียง 1 เดือน และสมการที่ (1.6) จะไม่สามารถเลื่อนการทดสอบออกไปได้ ต้องทดสอบภายในเดือนที่กำหนดเท่านั้นเพื่อให้กำหนดการทันตามแผน

$$begin_inv_i + demand_{ij} = T_{ij} + Inv_{ijj+1} + Inv_{ijj+2} + Inv_{ijj+3} \quad \forall i \in I, \forall j \in \{1\} \quad (1.2)$$

$$demand_{ij} = T_{ij} + Inv_{ijj+1} + Inv_{ijj+2} + Inv_{ijj+3} \quad \forall i \in I, \forall j \in \{2..9\} \quad (1.3)$$

$$demand_{ij} = T_{ij} + Inv_{ijj+1} + Inv_{ijj+2} \quad \forall i \in I, \forall j \in \{10\} \quad (1.4)$$

$$demand_{ij} = T_{ij} + Inv_{ijj+1} \quad \forall i \in I, \forall j \in \{11\} \quad (1.5)$$

$$demand_{ij} = T_{ij} \quad \forall i \in I, \forall j \in \{12\} \quad (1.6)$$

ข้อจำกัดที่ (1.7) – (1.10) คำนวณหาจำนวนยาที่ต้องทดสอบทั้งหมดในแต่ละเดือน โดยประกอบด้วยจำนวนยาที่ถูกทดสอบตามแผนในแต่ละเดือน และยาที่ไม่ถูกทดสอบตามแผนจากเดือนก่อนหน้าที่สามารถเลื่อนการทดสอบมายังเดือนดังกล่าวได้ได้ โดยกำหนดตัวแปร T_{ij} แยกออกจากตัวแปร $Tested_{ij}$ เนื่องจากหากใช้เป็นตัวแปรเดียวกันในสมการ อาจทำให้ผิดเงื่อนไขการทดสอบจากการเลื่อนยาซ้ำเดิม ยาบางชนิดจะถูกเลื่อนการทดสอบออกไปมากกว่า 4 เดือน

$$T_{ij} = Tested_{ij} \qquad \forall i \in I, \forall j \in \{1\} \qquad (1.7)$$

$$Inv_{ij-1j} + T_{ij} = Tested_{ij} \qquad \forall i \in I, \forall j \in \{2\} \qquad (1.8)$$

$$Inv_{ij-2j} + Inv_{ij-1j} + T_{ij} = Tested_{ij} \qquad \forall i \in I, \forall j \in \{3\} \qquad (1.9)$$

$$Inv_{ij-3j} + Inv_{ij-2j} + Inv_{ij-1j} + T_{ij} = Tested_{ij} \qquad \forall i \in I, \forall j \in \{4..12\} \qquad (1.10)$$

ข้อจำกัดที่ (1.11) จำกัดจำนวนเภสัชกรหรือนักวิทยาศาสตร์ที่รับผิดชอบงานในกระบวนการย่อยที่ 1 ในกระบวนการเก็บและรวบรวมยาต้องไม่เกิน 1 คน ในแต่ละเดือน

$$\sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} \leq required_{i11} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J \qquad (1.11)$$

ข้อจำกัดที่ (1.12) จำกัดจำนวนเภสัชกรหรือนักวิทยาศาสตร์ที่รับผิดชอบงานในกระบวนการย่อยที่ 1 ในหัวข้อการทดสอบอื่น ๆ ต้องไม่เกิน 1 คน ในแต่ละเดือน และเมื่อกระบวนการย่อยที่ 1 ในกระบวนการเก็บและรวบรวมยาทำงานเสร็จสิ้น จะต้องดำเนินการกระบวนการย่อยที่ 1 ของหัวข้อการทดสอบอื่น ๆ ด้วยเช่นเดียวกันหากจำเป็น ตามข้อจำกัด (1.13) และ (1.14)

$$\sum_{p\in P} PH_{ijpt1} + \sum_{c\in C} SC_{ijct1} \leq required_{it1} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in \{2..4\} \qquad (1.12)$$

$$\sum_{p\in P} PH_{ijpt1} + \sum_{c\in C} SC_{ijc1} \leq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in \{2..4\} \qquad (1.13)$$

$$\sum_{p\in P} PH_{ijpt1} + \sum_{c\in C} SC_{ijc1} \geq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} + required_{it1} - 1 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in \{2..4\} \qquad (1.14)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การติดตั้งเครื่องทดสอบในกระบวนการย่อยที่ 2 ของหัวข้อการทดสอบต่าง ๆ เป็นหน้าที่เฉพาะของเภสัชกร ข้อจำกัดที่ (1.15) จำกัดจำนวนเภสัชกรที่รับผิดชอบต้องไม่เกิน 1 คน ในแต่ละเดือน เมื่อกระบวนการย่อยที่ 1 ในกระบวนการเก็บและรวบรวมยาทำงานเสร็จสิ้น จะต้องดำเนินการกระบวนการย่อยที่ 2 ด้วยเช่นเดียวกันหากจำเป็น ตามข้อจำกัด (1.16) และ (1.17)

$$\sum_{p\in P} PH_{ijpt2} \leq required_{it2} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.15)$$

$$\sum_{p\in P} PH_{ijpt2} \leq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.16)$$

$$\sum_{p\in P} PH_{ijpt2} \geq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} + required_{it2} - 1 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.17)$$

ข้อจำกัดที่ (1.18) จำกัดจำนวนเครื่องทดสอบ M1 ที่ใช้ในการทดสอบยาแต่ละชนิดต้องไม่เกิน 1 เครื่อง/เดือน เมื่อกระบวนการย่อยที่ 1 ในกระบวนการเก็บและรวบรวมยาทำงานเสร็จสิ้น จะต้องดำเนินการกระบวนการย่อยที่ 3 ด้วยเช่นกันหากจำเป็น ตามข้อจำกัด (1.19) และ (1.20)

$$\sum_{h\in H} H_{ijht} \leq required_{it3} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.18)$$

$$\sum_{h\in H} H_{ijht} \leq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.19)$$

$$\sum_{h\in H} H_{ijht} \geq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} + required_{it3} - 1 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.20)$$

ข้อจำกัด (1.21) – (1.23) คล้ายกับข้อจำกัด (1.18) - (1.20) แต่ใช้กับเครื่องทดสอบ M2

$$\sum_{s\in S} S_{ijst} \leq required_{it4} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.21)$$

$$\sum_{s\in S} S_{ijst} \leq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.22)$$

$$\sum_{s\in S} S_{ijst} \geq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} + required_{it4} - 1 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.23)$$

ข้อจำกัดที่ (1.24) – (1.26) คล้ายกับข้อจำกัด (1.18) - (1.20) แต่ใช้กับเครื่องทดสอบ M3

$$\sum_{g\in G} G_{ijgt} \leq required_{it5} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.24)$$

$$\sum_{g\in G} G_{ijgt} \leq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.25)$$

$$\sum_{g\in G} G_{ijgt} \geq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} + required_{it5} - 1 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.26)$$

ข้อจำกัดที่ (1.27) – (1.29) คล้ายกับข้อจำกัด (1.18) - (1.20) แต่ใช้กับเครื่องทดสอบ M4

$$\sum_{d\in D} D_{ijdt} \leq required_{it6} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.27)$$

$$\sum_{d\in D} D_{ijdt} \leq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.28)$$

$$\sum_{d\in D} D_{ijdt} \geq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} + required_{it6} - 1 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.29)$$

ข้อจำกัดที่ (1.30) – (1.33) คล้ายกับข้อจำกัด (1.18) - (1.20) แต่ใช้กับกระบวนการย่อยที่ 7 โดยจำกัดให้นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้รับผิดชอบในกระบวนการนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\sum_{d\in D} SC_{ijct7} \leq required_{it7} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.30)$$

$$\sum_{d\in D} SC_{ijct7} \leq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.32)$$

$$\sum_{d\in D} SC_{ijct7} \geq \sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11} + required_{it7} - 1 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (1.33)$$

ข้อจำกัดที่ (1.34) พิจารณาจำนวนยาที่ทดสอบในแต่ละเดือน โดยกำหนดจำนวนยาที่จะทดสอบจากเงื่อนไขการทดสอบตามกระบวนการย่อยที่ 1 ของกระบวนการเก็บและรวบรวมยา หากในแต่ละเดือนมีการทำงานในกระบวนการดังกล่าว จะทำให้มีจำนวนยาทดสอบเกิดขึ้น

$$\sum_{p\in P} Tested_{ij} \leq M * (\sum_{p\in P} PH_{ijp11} + \sum_{c\in C} SC_{ijc11}) \qquad \forall i \in I, \forall j \in J \qquad (1.34)$$

ข้อจำกัดที่ (1.35) – (1.37) พิจารณาจำนวนยาให้เภสัชกรหรือนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับมอบหมายในกระบวนการทำงานย่อยที่ 1 เนื่องจากในการทดสอบยาแต่ละชนิดมีการใช้ทรัพยากรที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ภาระงานที่พนักงาน

แต่ละคนได้รับมีความแตกต่างกัน ดังนั้นพนักงานผู้รับผิดชอบในการทดสอบจะถูกมอบหมายให้ทดสอบในกระบวนการย่อยที่ 1 ตามจำนวนที่กำหนดในแต่ละเดือน

$$Tested_PH_{ijpt1} \leq M * PH_{ijpt1} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall p \in P, \forall t \in T \quad (1.35)$$

$$Tested_SC_{ijct1} \leq M * SC_{ijct1} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall c \in C, \forall t \in T \quad (1.36)$$

$$\sum_{p \in P} Tested_PH_{ijpt1} + \sum_{c \in C} Tested_SC_{ijct1} = Tested_{ij} * required_{it1} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (1.37)$$

ข้อจำกัดที่ (1.38) – (1.39) คล้ายกับข้อจำกัด (1.35) - (1.37) แต่ใช้กับกระบวนการย่อยที่ 7 โดยมีเฉพาะนักวิทยาศาสตร์เป็นผู้รับผิดชอบ

$$Tested_SC_{ijct7} \leq M * SC_{ijct7} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall c \in C, \forall t \in T \quad (1.38)$$

$$\sum_{c \in C} Tested_SC_{ijct7} = Tested_{ij} * required_{it7} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (1.39)$$

ข้อจำกัดที่ (1.40) – (1.41) พิจารณาจำนวนภาระงานที่สูงสุด และต่ำสุดของเภสัชกรในแต่ละเดือน

$$Maxwl_ph_j \geq \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it1} * PH_{ijpt1} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} Tested_{ij} * varia_time_{itk} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it2} * PH_{ijpt2} \qquad \forall j \in J, \forall p \in P \quad (1.40)$$

$$Minwl_ph_j \leq \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it1} * PH_{ijpt1} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} Tested_{ij} * varia_time_{i} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it2} * PH_{ijpt2} \qquad \forall j \in J, \forall p \in P \quad (1.41)$$

ข้อจำกัดที่ (1.42) – (1.43) พิจารณาจำนวนภาระงานที่สูงสุด และต่ำสุดของนักวิทยาศาสตร์ในแต่ละเดือน

$$Maxwl_sc_j \geq \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it1} * SC_{ijct1} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} Tested_{ij} * varia_time_{itk} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it7} * SC_{ijct7} \qquad \forall j \in J, \forall c \in C \quad (1.42)$$

$$Minwl_sc_j \leq \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it1} * SC_{ijc1} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} Tested_{ij} * varia_time_{itk} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it7} * SC_{ijct7} \qquad \forall j \in J, \forall c \in C \quad (1.43)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อจำกัดที่ (1.44) คำนวณเวลาทำงานล่วงเวลาในแต่ละเดือน และเวลาว่างงานของเภสัชกร โดยกำหนดความสามารถของเภสัชกรแต่ละคนเท่ากับ w_cap (%) จากทั้งหมดในแต่ละเดือน เพื่อให้ผลลัพธ์สามารถนำไปใช้ในการจัดตารางการทำงานต่อไป

$$\sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it1} * PH_{ijpt1} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} Tested_{ij} * varia_time_{it1} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it2} * PH_{ijpt2} = w_cap * cap_ph_j + OT_ph_{pj} - Idel_ph_{pj} \qquad \forall j \in J, \forall p \in P \quad (1.44)$$

ข้อจำกัดที่ (1.45) คำนวณเวลาทำงานล่วงเวลาในแต่ละเดือน และเวลาว่างงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดความสามารถของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนเท่ากับ w_cap (%) จากทั้งหมดในแต่ละเดือน เพื่อให้ผลลัพธ์สามารถนำไปใช้ในการจัดตารางการทำงานต่อไป

$$\sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it1} * SC_{ijct1} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} Tested_{ij} * varia_time_{it1} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} fixed_time_{it7} * SC_{ijct7} = w_cap * cap_sc_j + OT_sc_{cj} - Idel_sc_{cj} \qquad \forall j \in J, \forall c \in C \quad (1.45)$$

ข้อจำกัดที่ (1.46) – (1.49) จำนวนภาระงานที่เครื่องทดสอบแต่ละเครื่องได้รับต้องไม่เกินความสามารถสูงสุด

$$\sum_{i\in I}\sum_{t\in T} fixed_time_{it3} * H_{ijht} \leq cap_h_j \qquad \forall j \in J, \forall h \in H \qquad (1.46)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{t\in T} fixed_time_{it4} * S_{ijst} \leq cap_s_j \qquad \forall j \in J, \forall s \in S \qquad (1.47)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{t\in T} fixed_time_{it5} * G_{ijgt} \leq cap_g_j \qquad \forall j \in J, \forall g \in G \qquad (1.48)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{t\in T} fixed_time_{it6} * D_{ijdt} \leq cap_d_j \qquad \forall j \in J, \forall d \in D \qquad (1.49)$$

ข้อจำกัดที่ (1.50) – (1.51) จำกัดจำนวนเวลาในการทำงานล่วงเวลาต้องไม่เกิน 4 ชั่วโมงต่อวันในแต่ละเดือน

$$OT_PH_{pj} \leq 4 * 60 * working_day_j \qquad \forall j \in J, \forall p \in P \qquad (1.50)$$

$$OT_SC_{cj} \leq 4 * 60 * working_day_j \qquad \forall j \in J, \forall p \in P \qquad (1.51)$$

ข้อจำกัดที่ (1.52) – (1.57) แสดงขอบเขตของตัวแปรที่เป็นตัวแปรฐานสอง (Binary Variables)

$$PH_{ijptk} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall p \in P, \forall t \in T, \forall k \in K \qquad (1.52)$$

$$SC_{ijctk} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall c \in C, \forall t \in T, \forall k \in K \qquad (1.53)$$

$$H_{ijht} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall h \in H, \forall t \in T \qquad (1.54)$$

$$S_{ijst} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall s \in S, \forall t \in T \qquad (1.55)$$

$$G_{ijgt} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall g \in G, \forall t \in T \qquad (1.56)$$

$$D_{ijdt} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall d \in D, \forall t \in T \qquad (1.57)$$

ข้อจำกัดที่ (1.58) – (1.70) แสดงขอบเขตของตัวแปรที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ (Non-Negative)

$$T_{ij} \geq 0 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J \qquad (1.58)$$

$$Tested_{ij} \geq 0 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J \qquad (1.59)$$

$$Inv_{ijl} \geq 0 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall l \in L \qquad (1.60)$$

$$Maxwl_PH_j \geq 0 \qquad \forall j \in J \qquad (1.61)$$

$$Minwl_PH_j \geq 0 \qquad \forall j \in J \qquad (1.62)$$

$$Maxwl_SC_j \geq 0 \qquad \forall j \in J \qquad (1.63)$$

$$Minwl_SC_j \geq 0 \qquad \forall j \in J \qquad (1.64)$$

$$OT_PH_{pj} \geq 0 \qquad \forall p \in P, \forall j \in J \qquad (1.65)$$

$$Idel_PH_{pj} \geq 0 \qquad \forall p \in P, \forall j \in J \qquad (1.66)$$

$$OT_SC_{cj} \geq 0 \qquad \forall c \in C, \forall j \in J \qquad (1.67)$$

$$Idel_SC_{cj} \geq 0 \qquad \forall c \in C, \forall j \in J \qquad (1.68)$$

$$Tested_PH_{ijptk} \geq 0 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall p \in P, \forall t \in T, \forall k \in K \qquad (1.69)$$

$$Tested_SC_{ijctk} \geq 0 \qquad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall p \in P, \forall t \in T, \forall k \in K \qquad (1.70)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 2

หลังจากได้รับผลเฉลยจากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 1 แล้ว พบว่าการเลือกยาที่ทดสอบในแต่ละเดือน ไม่ได้คำนึงถึงลำดับความสำคัญมากพอ อาจทำให้ยาที่มีความสำคัญมากถูกเลื่อนการทดสอบออกไปหลายเดือน เพื่อทำให้ได้รับรูปแบบการมอบหมายงานให้กับพนักงานและเครื่องทดสอบ รวมทั้งชนิดและจำนวนยาที่ถูกทดสอบในแต่ละเดือนที่เหมาะสมมากที่สุด จำนวนภาระงานสูงสุดและต่ำสุดของพนักงานในแต่ละเดือนจะถูกนำมาเป็นข้อมูลนำเข้าให้กับแบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์ในการพิจารณาเลือกยาที่มีลำดับความสำคัญมากทดสอบก่อนในกรณีที่ไม่สามารถทดสอบได้ทั้งหมด จากการพิจารณามอบหมายให้ยาที่มีความสำคัญมากที่สุดมีค่าถ่วงน้ำหนักสูงสุดและยาที่มีความสำคัญน้อยที่สุดมีค่าถ่วงน้ำหนักต่ำที่สุด ดังนั้นในการหาผลเฉลยจะทำการลดน้ำหนักรวมของการทดสอบยาให้เหลือน้อยที่สุด

ค่าดัชนี ตัวแปรตัดสินใจ และสมการข้อจำกัดในแบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 2 จะเหมือนกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 1 ทั้งหมด ในส่วนของค่าพารามิเตอร์ โมเดลที่ 2 จะเพิ่มข้อมูลน้ำหนักความสำคัญของการทดสอบยาแต่ละชนิดในการวิเคราะห์ อีกทั้งจำนวนภาระงานสูงสุดและต่ำสุดของพนักงานจะถูกเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลนำเข้าแทน

ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)

w_prior_i	=	น้ำหนักความสำคัญของการทดสอบยา i (%)
$maxwl_ph_j$	=	จำนวนภาระงานสูงสุดของเภสัชกรที่ทดสอบในเดือน j (นาที)
$minwl_ph_j$	=	จำนวนภาระงานต่ำสุดของเภสัชกรที่ทดสอบในเดือน j (นาที)
$maxwl_sc_j$	=	จำนวนภาระงานสูงสุดของนักวิทยาศาสตร์ที่ทดสอบในเดือน j (นาที)
$minwl_sc_j$	=	จำนวนภาระงานต่ำสุดของนักวิทยาศาสตร์ที่ทดสอบในเดือน j (นาที)

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

สมการ (1.52) สมการวัตถุประสงค์สำหรับลดน้ำหนักรวมของการทดสอบยาให้เหลือน้อยที่สุด

$$Minimize\ z_2 = \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{l\in L} w_prior_i * inv_{ijl} \quad (1.52)$$

3.6 การหาผลเฉลยปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบด้วยวิธีฮิวริสติก

จากการแก้ปัญหางานส่วนที่ 1 ทำให้ได้รับผลเฉลยทั้งชนิดยา จำนวนยาที่ต้องทดสอบในแต่ละเดือน พร้อมทั้งรูปแบบการมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าให้ในงานส่วนที่ 2 โดยได้นำเสนอวิธีฮิวริสติกมาประยุกต์ใช้ในการจัดตารางการทำงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะเวลาที่งานอยู่ในระบบมีค่าน้อยที่สุด จากการจัดเรียงลำดับงาน และมอบหมายงานให้ทรัพยากรที่รับผิดชอบตามผลเฉลยที่ได้รับจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1

ในการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ ได้มีการระบุเงื่อนไข และข้อจำกัดด้านการทำงานที่สำคัญในกระบวนการทดสอบคุณภาพยา ดังนี้

1. กระบวนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาเพื่อเตรียมทดสอบ จะต้องดำเนินการเป็นขั้นตอนแรกในการจัดตารางการทำงานเสมอ
2. การทดสอบทั้ง 3 หัวข้อ การหาปริมาณตัวยาที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ (Assay) การหาปริมาณสิ่งเจือปนในผลิตภัณฑ์ (Impurity) และการละลายของผลิตภัณฑ์ (Dissolution) สามารถทดสอบหัวข้อใดก่อนก็ได้ ไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับ เพียงแต่ต้องทดสอบให้ครบถ้วนตามที่มาตรฐานกำหนด
3. กระบวนการย่อยทั้ง 7 กระบวนการ มีลำดับการทำงาน ดังนี้ กระบวนการย่อยที่ 1 และ 2 สามารถทำงานควบคู่กันไปได้ หากใช้ทรัพยากรในการทำงานไม่ซ้ำกัน กระบวนการย่อยที่ 3-6 เป็นกระบวนการทดสอบบนเครื่องทดสอบจะต้องเกิดขึ้นหลังจากกระบวนการย่อยที่ 1 และ 2 เสร็จสิ้น และกระบวนการย่อยที่ 7 จะดำเนินการหลังจากที่ทดสอบบนเครื่องทดสอบเสร็จสิ้น

ในการศึกษาเพื่อหาวิธีการจัดตารางการทำงานที่เหมาะสมนั้นได้ประยุกต์กฎการจ่ายงานจำนวน 2 วิธี มาทดลองจัดลำดับงานในช่วงที่ทำการศึกษา ได้แก่ SPT (Shortest Processing Time) และ LPT (Longest Processing Time) เนื่องจากในกระบวนการทำงานจริง ปริมาณยาที่ต้องทดสอบแต่ละชนิดจะถูกส่งเข้ามาในช่วงเวลาเดียวกัน อีกทั้งงานทั้งหมดมีกำหนดส่งมอบในช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้ปัจจัยด้านวันที่งานถูกส่งเข้าระบบและวันกำหนดส่งมอบงาน ไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการเลือกเรียงลำดับงาน ในงานวิจัยนี้จึงเลือกแก้ปัญหาด้วยกฎ SPT และ LPT เป็นวิธีในการเรียงลำดับงาน โดยพิจารณาจากระยะเวลาในการทดสอบยาแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 1. พิจารณาจากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบยาแต่ละชนิด โดยยาแต่ละชนิดจะถูกทดสอบให้เสร็จสิ้นทุกขั้นตอนก่อนจะเริ่มทดสอบยาชนิดถัดไป เป็นวิธีการเรียงลำดับงานที่ง่าย และสะดวก สามารถทำได้แม้ไม่มีโปรแกรมคำนวณ แต่อาจทำให้เสียเวลาในการปฏิบัติงานมาก 2. พิจารณาจากเวลาปฏิบัติงานในขั้นตอนแรกของการทดสอบ ซึ่งเป็นวิธีการจัดตารางการทำงานที่ใกล้เคียงกับการทำงานจริง โดยหากต้องการให้ยาที่ใช้ระยะเวลาทดสอบน้อยออกจากระบบก่อน จะพิจารณาจากยาที่มีระยะเวลาปฏิบัติงานขั้นตอนแรกสั้นที่สุด เนื่องจากสามารถเริ่มทำขั้นตอนถัดไปได้เร็ว หรือหากพิจารณาให้ความสำคัญกับยาที่ใช้ระยะเวลาปฏิบัติงานมากออกจากระบบก่อน จะพิจารณาจากยาที่มีระยะเวลาปฏิบัติงานขั้นตอนแรกมากที่สุด ทำให้สามารถจัดการยาล็อตใหญ่ออกจากระบบได้ก่อน การทำงานจะเป็นระบบ และคาดว่าจะสามารถลดระยะเวลารวมที่งานอยู่ในระบบได้มากยิ่งขึ้น 3. พิจารณาจากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ ยาแต่ละชนิดจะมีการทดสอบแต่ละหัวข้อที่เป็นอิสระจากกัน ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบที่ 1 และ 2 ที่อาศัยลำดับของกระบวนการทดสอบก่อนหน้า คาดว่ารูปแบบที่ 3 จะสามารถลดระยะเวลารอคอยของงานและลดระยะเวลารวมที่งานอยู่ในระบบได้ เนื่องจากไม่จำเป็นให้ยาหนึ่งชนิดต้องทดสอบให้เสร็จสิ้นทุกหัวข้อก่อนจะที่เริ่มหัวข้อถัดไป โดยในระหว่างที่ทดสอบนั้น พนักงานหรือเครื่องจักรที่ว่างสามารถเตรียมการทดสอบหัวข้อถัดไปได้ แต่อาจเกิดความยุ่งยาก และความซับซ้อนในการปฏิบัติงาน

จากที่กล่าวไปข้างต้นทางผู้จัดทำได้เลือกประยุกต์กฎการจ่ายงานจำนวน 2 วิธี มาพิจารณาการเรียงลำดับงานร่วมกับระยะเวลาในการทดสอบยา โดยขอนำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ จำนวน 3 รูปแบบ ดังนี้

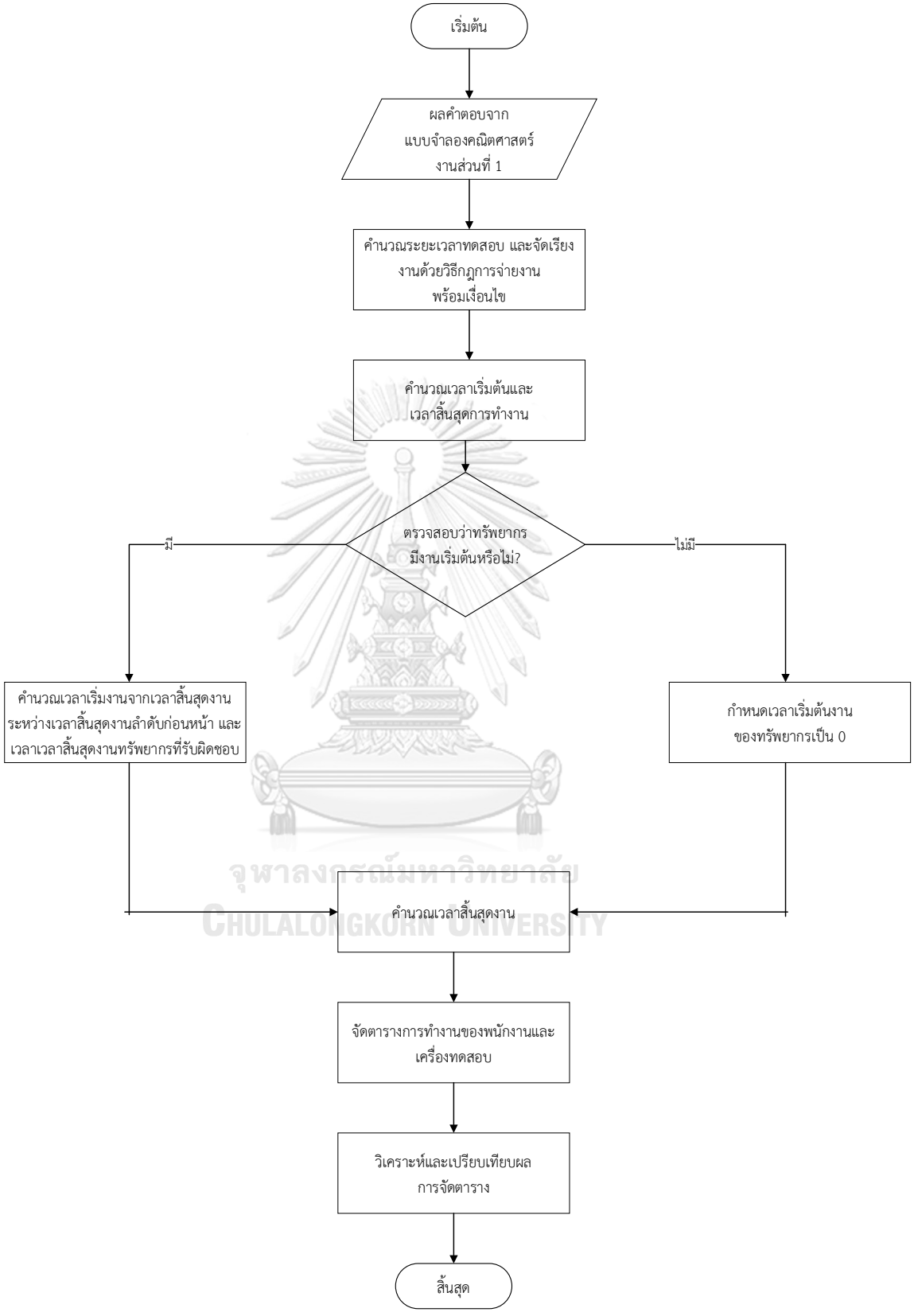
รูปแบบที่ 1 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบ
รูปแบบที่ 2 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบ
รูปแบบที่ 3 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดตารางการทำงาน จึงทำการวัดผลด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ 3 ด้าน ได้แก่ เวลารวมที่งานอยู่ในระบบ (Total flow time) เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย (Makespan) และเวลารอคอยรวมในระบบ (Total waiting time) เพื่อประกอบการวิเคราะห์การจัดตารางการทำงานให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์มากที่สุด โดยมุ่งเน้นที่เวลารวมที่งานอยู่ในระบบน้อยที่สุด

ขั้นตอนในการทำงานส่วนที่ 2 เริ่มต้นจากการได้รับผลเฉลยจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ ส่วนที่ 1 ทั้งจำนวนยาที่ทดสอบ และรูปแบบการมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ จากนั้นทำการจัดเรียงลำดับงานด้วยกฎการจ่ายงานจำนวน 2 วิธี คำนวณเวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดงาน จากนั้นนำมาจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการจัดตารางการทำงานด้วย 3 ตัวชี้วัด โดยมีขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการจัดตารางการทำงานด้วยวิธีฮิวริสติก

จากรูปที่ 3.4 ในกระบวนการคำนวณเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดงาน ก่อนมอบหมายงานให้ทรัพยากรแต่ละประเภท จะมีการพิจารณาตามเงื่อนไขการทำงาน และข้อจำกัดด้านการทำงาน โดยมีหลักในการคำนวณ ดังนี้

1. เวลาเริ่มงาน

เริ่มต้นจากการพิจารณาว่าทรัพยากรที่รับผิดชอบมีงานเริ่มต้นหรือไม่ หากไม่มีจะกำหนดให้เวลาเริ่มต้นงานแรกเท่ากับ 0 แต่หากมีงานเริ่มต้น จะพิจารณาจากเวลาที่มากที่สุดระหว่างเวลาสิ้นสุดงานที่ทรัพยากรรับผิดชอบก่อนหน้า และเวลาสิ้นสุดงานของขั้นตอนก่อนหน้า ตัวอย่างเช่น ยา S01 มีหัวข้อการทดสอบ 2 หัวข้อ ได้แก่ กระบวนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยา (General) และการหาปริมาณตัวยาที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ (Assay) มีกระบวนการย่อยทั้งหมด 4 ขั้นตอน ตั้งแต่กระบวนการย่อยที่ 1 การเตรียมยาเพื่อทดสอบ กระบวนการย่อยที่ 2 การติดตั้งเครื่องจักร กระบวนการย่อยที่ 3 การทดสอบบนเครื่องจักร M1 และกระบวนการย่อยที่ 7 การเขียนรายงานสรุปผล โดยเวลาในการทดสอบจะแสดงในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 เวลาในการทดสอบยา S01 (นาที)

ยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ทรัพยากร	เวลาปฏิบัติงาน (นาที)
S01	G	1	เภสัชกรคนที่ 3	84
	A	1	เภสัชกรคนที่ 5	237
	A	2	เภสัชกรคนที่ 5	40
	A	3	เครื่องทดสอบ M1 เครื่องที่ 6	546
	A	7	นักวิทยาศาสตร์คนที่ 1	140

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทำงานจะเริ่มจากการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาเพื่อเตรียมทดสอบ โดยมีเภสัชกรคนที่ 3 เป็นผู้รับผิดชอบ ซึ่งไม่มีกระบวนการก่อนหน้า ดังนั้นจะกำหนดให้เวลาเริ่มต้นงานของเภสัชกรคนที่ 3 เท่ากับ 0 และสิ้นสุดที่ 84 นาทีจากนั้นจะทำเตรียมยาเพื่อทดสอบในกระบวนการย่อยที่ 1 ซึ่งมีเภสัชกรคนที่ 5 เป็นผู้รับผิดชอบ มีระยะเวลาในการปฏิบัติงานทั้งสิ้น 237 นาที ดังนั้นงานในระบวนการย่อยที่ 1 จะเริ่มที่ 84 นาทีและสิ้นสุดที่ 321 นาที จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการติดตั้งเครื่องทดสอบ M1 ซึ่งใช้ทรัพยากรคนเดียวกันในการปฏิบัติงาน โดยพิจารณาจากเวลาสิ้นสุดงานกระบวนการก่อนหน้า คือ 321 นาที และเวลาที่ทรัพยากรสิ้นสุดงานก่อนหน้า คือ 321 นาทีเท่ากัน ดังนั้นการติดตั้งเครื่องทดสอบจะเริ่มในนาทีที่ 321 และจบในนาทีที่ 361 และเข้าสู่งานการทดสอบบนเครื่องจักร M1 ในกระบวนการย่อยที่ 3 จากเวลาสิ้นสุดงานของกระบวนการย่อยก่อนหน้า คือ นาทีที่ 361 และเวลาที่ทรัพยากรที่รับผิดชอบสิ้นสุดงานก่อนหน้าซึ่งยังไม่มีงานก่อนหน้าเกิดขึ้นในเครื่องทดสอบ M1 ดังนั้นจะเริ่มทดสอบได้ตั้งแต่เวลา 361 นาทีและสิ้นสุดที่เวลา 907 นาที เช่นเดียวกันกับงานในกระบวนการย่อยที่ 7 ที่มีนักวิทยาศาสตร์คน

ที่ 1 เป็นผู้รับผิดชอบ เนื่องจากทรัพยากรที่รับผิดชอบไม่มีการทำงานก่อนหน้า ทำให้สามารถเริ่มงานได้ทันทีที่เวลา 907 นาที และสิ้นสุดเวลา 1,047 นาที ถือว่าเป็นการจบกระบวนการทำงาน

2. เวลาสิ้นสุดงาน

การพิจารณาเวลาสิ้นสุดงาน จะคำนวณจากเวลาเริ่มงานรวมกับระยะเวลาปฏิบัติงาน ตัวอย่างเช่น กระบวนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาในกระบวนการย่อยที่ 1 เป็นงานเริ่มต้น จึงมีเวลาเริ่มต้นงานเท่ากับ 0 โดยมีเวลาปฏิบัติงานทั้งสิ้น 84 นาที ทำให้สิ้นสุดที่เวลา 84 นาที กระบวนการย่อยที่ 2 สามารถเริ่มต้นได้ตั้งแต่เวลา 84 นาที มีเวลาปฏิบัติงานทั้งสิ้น 237 นาที ดังนั้นงานจะสิ้นสุดที่เวลา 321 นาที เครื่องทดสอบ M1 สามารถเริ่มต้นทำงานได้ในนาทีที่ 321 มีเวลาปฏิบัติงาน 546 นาที ดังนั้นจะสิ้นสุดที่เวลา 907 นาที และสุดท้ายกระบวนการย่อยที่ 7 จะดำเนินต่อจากกระบวนการย่อยที่ 3 โดยเริ่มต้นที่เวลา 907 นาที มีเวลาปฏิบัติงาน 140 นาที ดังนั้นจะสิ้นสุดที่เวลา 1,047 นาที

ในการพิจารณางานของการจัดตารางการทำงานส่วนที่ 2 จะพิจารณาจากจำนวนงานทั้งหมดตามกระบวนการย่อยของการทดสอบแต่ละหัวข้อ เพื่อนำงานจัดลงทรัพยากรที่รับผิดชอบ ทำให้ยาแต่ละชนิดจะมีจำนวนงานที่ต้องนำมาจัดตารางการทำงานเท่ากับจำนวนกระบวนการย่อยในการทดสอบทั้งหมด ดังนั้นเพื่อให้การคำนวณเวลาปฏิบัติงานอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย จึงขอนำเสนอหัวข้อการทดสอบต่าง ๆ ด้วยรูปอักษรย่อ ดังนี้

- กระบวนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยา (General) : G
- การหาปริมาณตัวยาที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ (Assay) : A
- การหาปริมาณสิ่งเจือปนในผลิตภัณฑ์ (Impurity) : I
- การละลายของผลิตภัณฑ์ (Dissolution) : D

ตารางที่ 3.13 ตัวอย่างระยะเวลาดำเนินงานของการทดสอบยาแต่ละชนิดแบ่งตามกระบวนการย่อย (นาที)

ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน
S01	G	1	84
S01	A	1	237
S01	A	2	40
S01	A	3	546
S01	A	7	140
D05	G	1	124
D05	A	1	154
D05	A	2	60
D05	A	3	538

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน
D05	A	7	211
A08	G	1	100
A08	A	1	272
A08	A	2	50
A08	A	3	547
A08	A	7	138
M09	G	1	148
M09	A	1	228
M09	A	2	84
M09	A	3	509
M09	A	7	218
G02	G	1	156
G02	A	1	236
G02	A	2	84
G02	A	3	509
G02	A	7	226
C02	G	1	148
C02	A	1	304
C02	A	2	45
C02	A	3	631
C02	A	7	197
P04	G	1	116
P04	A	1	302
P04	A	2	50
P04	A	3	601
P04	A	7	258
G05	G	1	172
G05	A	1	347

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน
G05	A	2	55
G05	A	3	515
G05	A	7	259
A02	G	1	140
A02	A	1	436
A02	A	2	45
A02	A	3	1031
A02	A	7	250
F07	G	1	116
F07	A	1	318
F07	A	2	58
F07	A	3	1233
F07	A	7	224

ตารางที่ 3.13 พบว่าถ้ามียาที่ต้องทดสอบจำนวน 10 ชนิด จะทำให้มีจำนวนงานที่ต้องจัดตารางการทำงานทั้งหมด 50 งาน และยาทั้ง 10 ชนิดนี้จะทำการทดสอบเฉพาะการหาปริมาณตัวยาที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ (A) โดยมีกระบวนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยา (G) เป็นขั้นตอนแรกของการทดสอบเสมอ ซึ่งถูกนำมาจัดตารางการทำงานเป็นลำดับแรก ในส่วนของหัวข้อการทดสอบอื่น ๆ จะถูกพิจารณาลำดับการทำงานตามการจัดตารางทั้ง 3 รูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6.1 รูปแบบที่ 1 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบ

การจัดตารางการทำงานในรูปแบบที่ 1 มีข้อดีในเรื่องระยะเวลาในการดำเนินงาน เนื่องจากสามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว สามารถทำได้แม้ไม่มีโปรแกรมคำนวณ โดยผลเฉลยที่ได้รับจะทำให้ยาถูกทดสอบเสร็จสิ้นทีละชนิด ทำให้ง่ายต่อการปฏิบัติงาน แต่อาจส่งผลทำให้เสียเวลาในการปฏิบัติงานมาก หากเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT จะทำให้สามารถทดสอบยาที่มีระยะเวลาปฏิบัติงานสั้นได้หลายชนิด แต่อาจสูญเสียโอกาสในการทดสอบยาล็อตใหญ่ที่มีระยะเวลาในการปฏิบัติงานมาก หากระยะเวลาในการปฏิบัติงานไม่เพียงพอ จำเป็นต้องเลื่อนการทดสอบไปในเดือนถัด ๆ ไป แต่หากเรียงลำดับงานด้วยวิธี LPT จะมีผลเกิดขึ้นในลักษณะตรงข้ามกัน โดยจะสามารถทดสอบยาได้ในปริมาณมากจากการทดสอบยาล็อตใหญ่ แต่อาจทำให้ทดสอบยาได้น้อยชนิด

เพื่อแสดงวิธีการเรียงลำดับงานให้เข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น จะขอยกตัวอย่างการเรียงลำดับการทำงานด้วยวิธี SPT จากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบของยาจำนวน 10 ชนิด โดยขั้นตอนแรกจะทำการคำนวณเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบยาแต่ละชนิด ตัวอย่างผลลัพธ์ได้ตามตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 ตัวอย่างการคำนวณเวลาปฏิบัติงานรูปแบบที่ 1 ของยาจำนวน 10 ชนิด (นาที)

ยา	เวลาปฏิบัติงานรวม (นาที)
I04	468
M06	1,097
A08	1,107
G02	1,187
M09	1,187
D05	1,207
A11	1,212
C02	1,325
M03	1,403
C01	1,434

จากตารางที่ 3.14 พบว่ายา I04 มีเวลาปฏิบัติงานรวมน้อยที่สุด และยา C01 มีเวลาในการปฏิบัติงานรวมมากที่สุด ทำการเรียงลำดับงานด้วยกฎการจ่ายงานทั้ง 2 วิธี หากจัดลำดับด้วยวิธี SPT ยา I04 จะเข้าสู่ระบบเป็นงานแรก รองลงมาเป็นยา M06 และยา C01 จะเข้าสู่ระบบเป็นงานสุดท้าย แต่ถ้าจัดลำดับด้วยวิธี LPT ยา C01 จะเข้าสู่ระบบเป็นงานแรก รองลงมาเป็น ยา M03 และยา I04 จะเข้าสู่ระบบเป็นงานสุดท้าย โดยขั้นตอนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาจะเป็นขั้นตอนแรกของการทำงานทุกครั้ง และงานอื่น ๆ จะถูกนำเข้าระบบตามลำดับ จากนั้นทำการคำนวณเวลาเริ่มงานและสิ้นสุดงานตามเงื่อนไขการทำงาน และนำข้อมูลดังกล่าวไปจัดตารางการทำงานด้วยโปรแกรม Python ในรูปแบบแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) โดยตารางที่ 3.15 แสดงตัวอย่างลำดับงานที่นำเข้าระบบ การคำนวณเวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานตามรูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี SPT และผลลัพธ์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.5

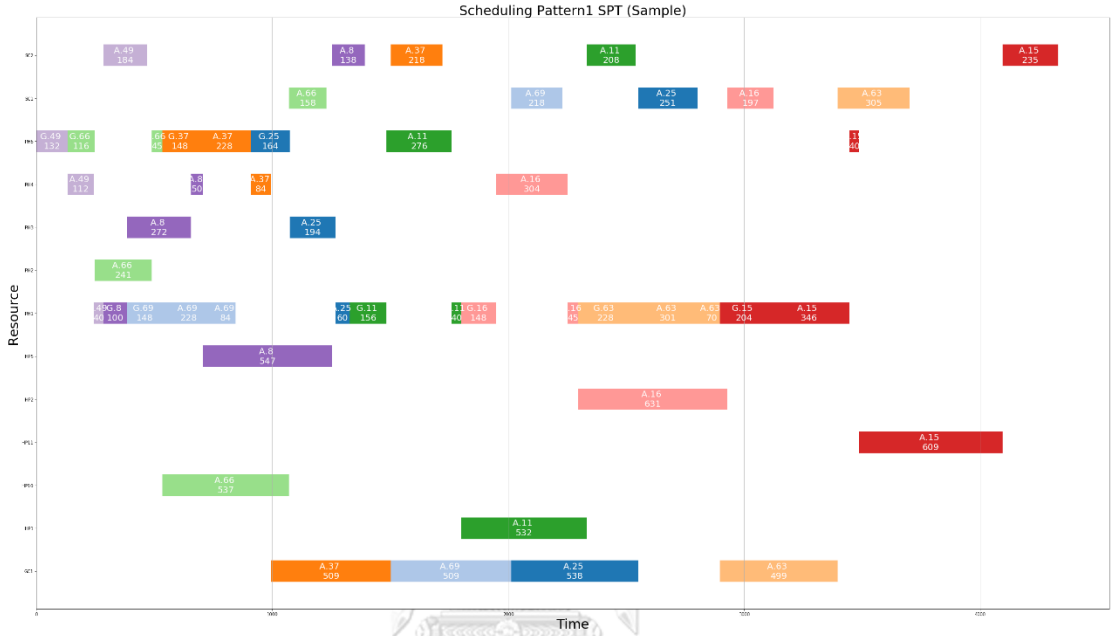
ตารางที่ 3.15 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี SPT (นาที)

ลำดับ	ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน	ผู้รับผิดชอบ	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน
1	I04	G	1	132	PH5	0	132
2	I04	A	1	112	PH4	132	244
3	I04	A	2	40	PH1	244	284
4	I04	A	7	184	SC2	284	468
5	M06	G	1	116	PH5	132	248
6	M06	A	1	241	PH2	248	489

ลำดับ	ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน	ผู้รับผิดชอบ	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน
7	M06	A	2	45	PH5	489	534
8	M06	A	3	537	HP10	534	1,071
9	M06	A	7	158	SC1	1,071	1,229
10	A08	G	1	100	PH1	284	384
11	A08	A	1	272	PH3	384	656
12	A08	A	2	50	PH4	656	706
13	A08	A	3	547	HP5	706	1,253
14	A08	A	7	138	SC2	1,253	1,391
15	G02	G	1	148	PH5	534	682
16	G02	A	1	228	PH5	682	910
17	G02	A	2	84	PH4	910	994
18	G02	A	5	509	GC1	994	1,503
19	G02	A	7	218	SC2	1,503	1,721
20	M09	G	1	148	PH1	384	532
21	M09	A	1	228	PH1	532	760
22	M09	A	2	84	PH1	760	844
23	M09	A	5	509	GC1	1,503	2,012
24	M09	A	7	218	SC1	2,012	2,230
25	D05	G	1	164	PH5	910	1,074
26	D05	A	1	194	PH3	1,074	1,268
27	D05	A	2	60	PH1	1,268	1,328
28	D05	A	5	538	GC1	2,012	2,550
29	D05	A	7	251	SC1	2,550	2,801
30	A11	G	1	156	PH1	1,328	1,484
31	A11	A	1	276	PH5	1,484	1,760
32	A11	A	2	40	PH1	1,760	1,800
33	A11	A	3	532	HP1	1,800	2,332
34	A11	A	7	208	SC2	2,332	2,540
35	C02	G	1	148	PH1	1,800	1,948
36	C02	A	1	304	PH4	1,948	2,252
37	C02	A	2	45	PH1	2,252	2,297
38	C02	A	3	631	HP2	2,297	2,928
39	C02	A	7	197	SC1	2,928	3,125
40	M03	G	1	228	PH1	2,297	2,525
41	M03	A	1	301	PH1	2,525	2,826
42	M03	A	2	70	PH1	2,826	2,896
43	M03	A	5	499	GC1	2,896	3,395
44	M03	A	7	305	SC1	3,395	3,700
45	C01	G	1	204	PH1	2,896	3,100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน	ผู้รับผิดชอบ	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน
46	C01	A	1	346	PH1	3,100	3,446
47	C01	A	2	40	PH5	3,446	3,486
48	C01	A	3	609	HP11	3,486	4,095
49	C01	A	7	235	SC2	4,095	4,330



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างผลลัพธ์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบรูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี SPT

3.6.2 รูปแบบที่ 2 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบ

การจัดตารางการทำงานในรูปแบบที่ 2 มีข้อดีหรือข้อได้เปรียบที่มากกว่ารูปแบบที่ 1 จากการปรับการทำงานให้เข้าใกล้การทำงานจริงมากขึ้น เริ่มจากการเรียงลำดับงานกระบวนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการทดสอบ จากนั้นเรียงลำดับหัวข้อทดสอบอื่น ๆ ตามลำดับของขั้นตอนแรก โดยคาดว่าผลเฉลยที่ได้รับจะทำให้ยาแต่ละชนิดถูกทดสอบเสร็จสิ้นและออกจากระบบเป็นลำดับ และทำให้ระยะเวลารวมที่งานอยู่ในระบบน้อยลง เนื่องจากช่วยลดเวลาว่างของทรัพยากรที่อาจเกิดขึ้น อีกทั้งงานสามารถทำได้ต่อเนื่องเมื่อทดสอบหัวข้อใดหัวข้อหนึ่งเสร็จสิ้น แต่อาจมีข้อเสียหากงานมีเวลาปฏิบัติงานในแต่ละหัวข้อการทดสอบไม่สัมพันธ์กัน เช่น เวลาปฏิบัติงานขั้นตอนแรกน้อย แต่ขั้นตอนอื่น ๆ ใช้เวลามาก อาจมีงานค้างเกิดขึ้นในระบบได้

ในรูปแบบที่ 2 จะเป็นการพิจารณาเวลาปฏิบัติงานเฉพาะขั้นตอนแรกของการทดสอบ โดยขั้นตอนอื่น ๆ จะมีการเรียงลำดับงานเหมือนกับขั้นตอนแรก เริ่มต้นจากการคำนวณเวลาปฏิบัติงานในขั้นตอนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการทดสอบ ผลลัพธ์ได้ตามตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 ตัวอย่างการคำนวณเวลาปฏิบัติงานรูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี SPT ของยาจำนวน 10 ชนิด (นาที)

ยา	หัวข้อทดสอบ	เวลาปฏิบัติงานรวม (นาที)
S02	G	50
D04	G	60
F02	G	60
M03	G	68
A01	G	74
H02	G	75
A05	G	75
M09	G	76
A11	G	84
A08	G	92

จากตารางที่ 3.16 พบว่าเมื่อคำนวณระยะเวลาปฏิบัติงานเฉพาะขั้นตอนแรกของการทดสอบ ยา Z02 จะมีเวลาในการปฏิบัติงานน้อยที่สุด และยา M09 จะมีระยะเวลาในการปฏิบัติงานสูงสุด หากมีการเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT การทดสอบยา Z02 จะเข้าสู่ระบบเป็นงานแรก รองลงมาเป็นยา S01 และยา M09 จะเข้าสู่ระบบเป็นงานสุดท้าย แต่ถ้าเรียงลำดับงานด้วยวิธี LPT ยา M09 จะเข้าสู่ระบบเป็นงานแรก รองลงมาเป็น Q02 และยา Z02 จะเข้าสู่ระบบเป็นงานสุดท้าย

จากการเรียงลำดับงานตามเวลาปฏิบัติงานในขั้นตอนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ทั้งวิธี SPT และ LPT จะพบว่าการทำงานรูปแบบที่ 2 ยาทุกชนิดจะถูกทดสอบขั้นตอนแรกให้เสร็จก่อนทั้งหมด แล้วจึงเริ่มการทดสอบในกระบวนการถัดไป โดยมีลำดับการทำงานที่เหมือนกับลำดับของขั้นตอนแรก จากนั้นทำการการคำนวณเวลาเริ่มงานและสิ้นสุดงานตามเงื่อนไขการทำงาน ตารางที่ 3.17 แสดงตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี SPT จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวไปจัดตารางการทำงานด้วยโปรแกรม Python ในรูปแบบแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) โดยตัวอย่างผลลัพธ์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.6

ตารางที่ 3.17 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี SPT (นาที)

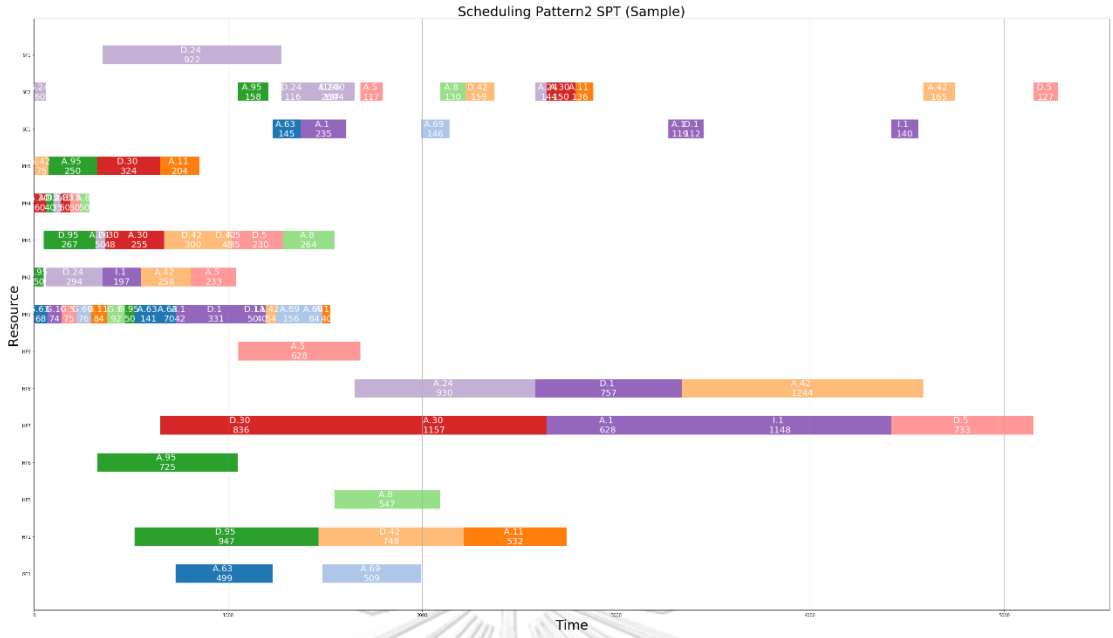
ลำดับ	ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน	ผู้รับผิดชอบ	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน
1	S02	G	1	50	PH2	0	50
2	D04	G	1	60	SC2	0	60
3	F02	G	1	60	PH4	0	60
4	M03	G	1	68	PH1	0	68
5	A01	G	1	74	PH1	68	142
6	H02	G	1	75	PH5	0	75
7	A05	G	1	75	PH1	142	217

ลำดับ	ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน	ผู้รับผิดชอบ	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน
8	M09	G	1	76	PH1	217	293
9	A11	G	1	84	PH1	293	377
10	A08	G	1	92	PH1	377	469
11	S02	A	1	250	PH5	1,286	1,536
12	S02	A	2	40	PH4	585	625
13	S02	A	3	725	HP6	1,536	2,261
14	S02	A	7	158	SC2	2,261	2,419
15	S02	D	1	267	PH3	350	617
16	S02	D	2	50	PH1	1,660	1,710
17	S02	D	3	947	HP1	1,710	2,657
18	S02	D	7	137	SC2	2,657	2,794
19	D04	D	1	279	PH2	414	708
20	D04	D	2	35	PH4	625	660
21	D04	D	4	922	SP1	708	1,630
22	D04	D	7	101	SC2	1,630	1,746
23	D04	A	1	245	SC2	1,746	2,006
24	D04	A	2	50	PH3	617	667
25	D04	A	3	930	HP8	2,006	2,936
26	D04	A	7	129	SC2	2,936	3,080
27	F02	D	1	309	PH5	1,536	1,860
28	F02	D	2	48	PH3	667	715
29	F02	D	3	836	HP7	1,860	2,696
30	F02	D	7	129	SC2	2,696	2,840
31	F02	A	1	240	PH3	715	970
32	F02	A	2	50	PH4	660	710
33	F02	A	3	1157	HP7	2,696	3,853
34	F02	A	7	135	SC2	3,853	4,003
35	M03	A	1	125	PH1	1,710	1,851
36	M03	A	2	70	PH1	1,851	1,921
37	M03	A	5	499	GC1	1,921	2,420
38	M03	A	7	129	SC1	2,420	2,565
39	A01	A	1	207	SC1	2,565	2,800
40	A01	A	2	42	PH1	1,921	1,963
41	A01	A	3	628	HP7	3,853	4,481
42	A01	A	7	91	SC1	4,481	4,600
43	A01	D	1	303	PH1	1,963	2,294
44	A01	D	2	50	PH1	2,294	2,344
45	A01	D	3	757	HP8	2,936	3,693
46	A01	D	7	84	SC1	3,693	3,805

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับ	ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน	ผู้รับผิดชอบ	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน
47	A01	I	1	197	PH2	708	905
48	A01	I	2	40	PH1	2,344	2,384
49	A01	I	3	1148	HP7	4,481	5,629
50	A01	I	7	140	SC1	5,629	5,769
51	H02	D	1	300	PH3	970	1,270
52	H02	D	2	48	PH3	1,270	1,318
53	H02	D	3	748	HP1	2,657	3,405
54	H02	D	7	159	SC2	3,405	3,564
55	H02	A	1	258	PH2	905	1,163
56	H02	A	2	54	PH1	2,384	2,438
57	H02	A	3	1244	HP8	3,693	4,937
58	H02	A	7	165	SC2	4,937	5,102
59	A05	A	1	233	PH2	1,163	1,396
60	A05	A	2	35	PH3	1,318	1,353
61	A05	A	3	628	HP9	1,396	2,024
62	A05	A	7	117	SC2	2,024	2,141
63	A05	D	1	230	PH3	1,353	1,583
64	A05	D	2	50	PH4	710	760
65	A05	D	3	733	HP7	5,629	6,362
66	A05	D	7	127	SC2	6,362	6,489
67	M09	A	1	156	PH1	2,438	2,594
68	M09	A	2	84	PH1	2,594	2,678
69	M09	A	5	509	GC1	2,678	3,187
70	M09	A	7	146	SC1	3,187	3,333
71	A11	A	1	204	PH5	1,860	2,064
72	A11	A	2	40	PH1	2,678	2,718
73	A11	A	3	532	HP1	3,405	3,937
74	A11	A	7	136	SC2	3,937	4,073
75	A08	A	1	264	PH3	1,583	1,847
76	A08	A	2	50	PH4	760	810
77	A08	A	3	547	HP5	1,847	2,394
78	A08	A	7	130	SC2	2,394	2,524

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.6ตัวอย่างผลลัพธ์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบรูปแบบที่ 2

3.6.3 รูปแบบที่ 3 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ

การจัดตารางการทำงานในรูปแบบที่ 3 มีข้อดีหรือข้อได้เปรียบที่มากกว่ารูปแบบที่ 2 จากการลดระยะเวลาที่งานอยู่ในระบบมากขึ้น เนื่องจากการจัดเรียงงานจะแยกตามหัวข้อทดสอบ มีการแบ่งงานออกเป็นงานย่อย ๆ ทำให้เกิดเวลาว่างของทรัพยากรน้อยลงกว่ารูปแบบที่ 2 แต่มีข้อเสียในเรื่องความไม่เหมาะสมในการนำไปปรับใช้ในกระบวนการทำงานจริง เพราะอาจเกิดความยุ่งยาก ซับซ้อน และเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย

ในรูปแบบที่ 3 จะเป็นการพิจารณาเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบแต่ละรายการ โดยเรียงลำดับงานที่จะนำเข้าสู่ระบบจากการคำนวณระยะเวลารวมของการทดสอบแต่ละหัวข้อ ซึ่งขั้นตอนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาจะเป็นขั้นตอนแรกของการทดสอบยาแต่ละชนิดทุกครั้ง และงานอื่น ๆ จะถูกเรียงตามลำดับเวลาปฏิบัติงานรวม ผลลัพธ์ได้ตามตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.18 ตัวอย่างการคำนวณเวลาปฏิบัติงานรูปแบบที่ 3 ของยาจำนวน 10 ชนิด (นาที)

ยา	หัวข้อทดสอบ	เวลาปฏิบัติงานรวม (นาที)
S02	G	50
D04	G	60
F02	G	60
M03	G	68
A01	G	74
H02	G	75
A05	G	75
M09	G	76

ยา	หัวข้อทดสอบ	เวลาปฏิบัติงานรวม (นาที)
A11	G	84
A08	G	92

จากตารางที่ 3.18 พบว่าเมื่อคำนวณเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบแต่ละรายการ ยาส่วนใหญ่จะถูกทดสอบในขั้นตอนแรกก่อนเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 2 แต่มียาบางชนิดที่ขั้นตอนแรกของการทดสอบเกิดขึ้นหลังจากการทดสอบหัวข้ออื่น ๆ ของยาอีกชนิด เนื่องจากมีระยะเวลาปฏิบัติงานมากกว่า ตารางที่ 3.19 แสดงตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 3 ด้วยวิธี SPT โดยพบว่ายา A05 มีการทดสอบขั้นตอนแรกหลังจากการทดสอบในหัวข้อการละลายของผลิตภัณฑ์ (D) ของยา Q02 และยา L07 มีการทดสอบขั้นตอนแรกเกิดขึ้นหลังจากการหาปริมาณสิ่งเจือปนในผลิตภัณฑ์ (I) ของยา L05

จากนั้นคำนวณเวลาเริ่มงานและสิ้นสุดงานตามเงื่อนไขการทำงาน และนำข้อมูลดังกล่าวไปจัดตารางการทำงานด้วยโปรแกรม Python ในรูปแบบแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) โดยตัวอย่างผลลัพธ์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.7

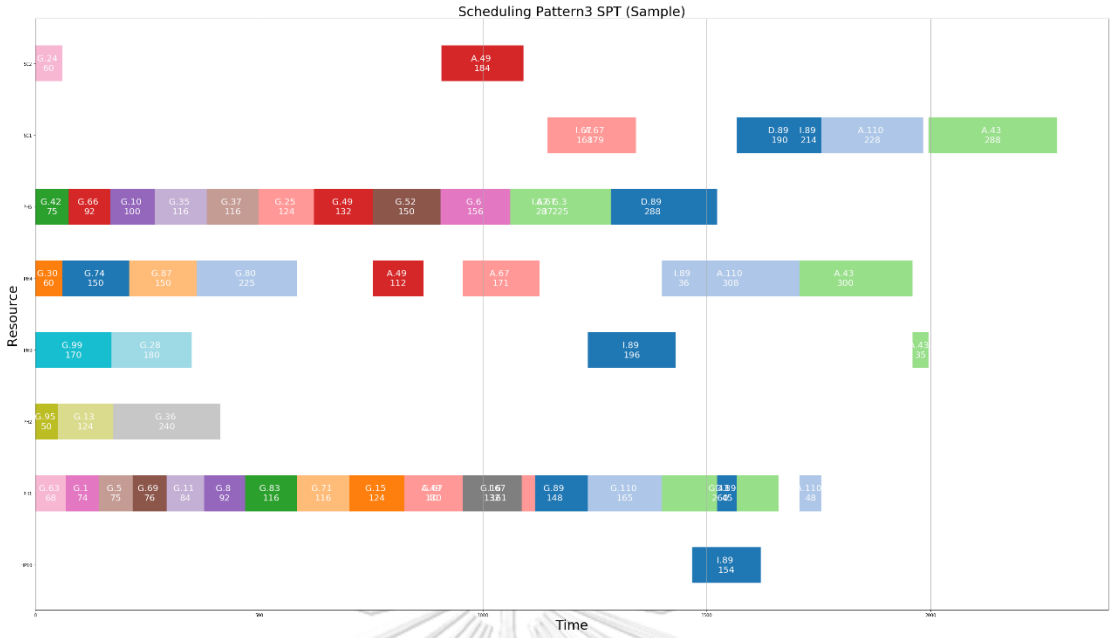
ตารางที่ 3.19 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 3 ด้วยวิธี SPT (นาที)

ลำดับ	ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน	ผู้รับผิดชอบ	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน
1	S02	G	1	50	PH2	0	50
2	D04	G	1	60	SC2	0	60
3	F02	G	1	60	PH4	0	60
4	M03	G	1	68	PH1	0	68
5	A01	G	1	74	PH1	68	142
6	H02	G	1	75	PH5	0	75
7	A05	G	1	75	PH1	142	217
8	M09	G	1	76	PH1	217	293
9	A11	G	1	84	PH1	293	377
10	A08	G	1	92	PH1	377	469
11	M06	G	1	92	PH5	75	167
12	A10	G	1	100	PH5	167	267
13	F07	G	1	116	PH5	267	383
14	G02	G	1	116	PH5	383	499
15	P04	G	1	116	PH1	469	585
16	M11	G	1	116	PH1	585	701
17	D05	G	1	124	PH5	499	623
18	C01	G	1	124	PH1	701	825
19	B02	G	1	124	PH2	50	174
20	M07	PH1	1	130	PH1	825	955
21	I04	PH5	1	132	PH5	623	755
22	C02	PH1	1	132	PH1	955	1,087

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ยา	หัวข้อ	กระบวนการย่อย	เวลาปฏิบัติงาน	ผู้รับผิดชอบ	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน
23	Q02	PH1	1	148	PH1	1,087	1,235
24	I07	PH5	1	150	PH5	755	905
25	M14	PH4	1	150	PH4	60	210
26	P08	PH4	1	150	PH4	210	360
27	A06	PH5	1	156	PH5	905	1,061
28	V04	PH1	1	165	PH1	1,235	1,400
29	S06	PH3	1	170	PH3	0	170
30	E02	PH3	1	180	PH3	170	350
31	P01	PH4	1	225	PH4	360	585
32	A03	PH5	1	225	PH5	1,061	1,286
33	G01	PH2	1	240	PH2	174	414
34	H03	PH1	1	260	PH1	1,400	1,660
35	I04	PH4	1	112	PH4	755	867
36	I04	PH1	2	40	PH1	867	907
37	I04	SC2	7	184	SC2	907	1,091
38	M07	PH1	1	161	PH1	955	1,116
39	M07	PH5	2	28	PH5	1,116	1,144
40	M07	SC1	7	168	SC1	1,144	1,312
41	M07	PH4	1	171	PH4	955	1,126
42	M07	PH5	2	37	PH5	1,126	1,163
43	M07	SC1	7	179	SC1	1,163	1,342
44	Q02	PH5	1	288	PH5	1,235	1,523
45	Q02	PH1	2	45	PH1	1,523	1,568
46	Q02	SC1	7	190	SC1	1,568	1,758
47	V04	PH4	1	308	PH4	1,400	1,708
48	V04	PH1	2	48	PH1	1,708	1,756
49	V04	SC1	7	228	SC1	1,756	1,984
50	Q02	PH3	1	196	PH3	1,235	1,431
51	Q02	PH4	2	36	PH4	1,431	1,467
52	Q02	HP10	3	154	HP10	1,467	1,621
53	Q02	SC1	7	214	SC1	1,621	1,835
54	H03	PH4	1	300	PH4	1,660	1,960
55	H03	PH3	2	35	PH3	1,960	1,995
56	H03	SC1	7	288	SC1	1,995	2,283

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างผลลัพธ์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบรูปแบบที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการดำเนินวิจัย

ในงานวิจัยส่วนนี้จะแสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ โดยเนื้อหาในบทนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การหาคำตอบจากปัญหาการวางแผนมอบหมายภาระงานให้กับทรัพยากรแต่ละประเภท จากแบบจำลอง MILP แก้ไขโดย IBM ILOG CPLEX Optimization Studio ด้วยวิธี Branch-and-cut และส่วนที่ 2 การจัดตารางการทำงานให้กับทรัพยากรแต่ละประเภทด้วยวิธีฮิวริสติก โดยวิเคราะห์การเรียงลำดับงาน คำนวณเวลาเริ่มต้นงานและเวลาสิ้นสุดงาน ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และใช้โปรแกรม Python เป็นเครื่องมือในการจัดตารางการทำงาน

4.1 ผลการหาคำตอบจากปัญหาการวางแผนมอบหมายภาระงานให้กับทรัพยากรแต่ละประเภท

ในระบบการทำงานปัจจุบันหน่วยงานไม่ได้มีรูปแบบการมอบหมายงานให้กับพนักงานและเครื่องทดสอบที่ชัดเจน จึงทำให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างภาระงาน ส่งผลให้ระยะเวลาในการทำงานของพนักงานเกิดความไม่เท่าเทียมกัน ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอผลเฉลยเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว ปัญหาที่ทำการศึกษาประกอบด้วยพนักงานที่ทำงานภายในหน่วยงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ เภสัชกรจำนวน 5 คน และนักวิทยาศาสตร์จำนวน 2 คน และเครื่องทดสอบ จำนวน 4 ประเภท คือ เครื่องทดสอบ M1 จำนวน 11 เครื่อง, เครื่องทดสอบ M2, M3 และ M4 อย่างละ 1 เครื่อง มีระยะเวลาในการทำงานในเวลา 7 ชั่วโมงต่อวัน หากมีระยะเวลาในการทำงานมากกว่านี้จะถูกนับเป็นการทำงานล่วงเวลา โดยจำกัดให้การทำงานล่วงเวลาต้องไม่เกิน 4 ชั่วโมงต่อวัน ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนทรัพยากรที่ใช้ในการหาผลเฉลย

ตารางที่ 4.1 จำนวนทรัพยากรที่ใช้ในหาผลเฉลย

เภสัชกร	นักวิทยาศาสตร์	เครื่องทดสอบ M1	เครื่องทดสอบ M2	เครื่องทดสอบ M3	เครื่องทดสอบ M4
5	2	11	1	1	1

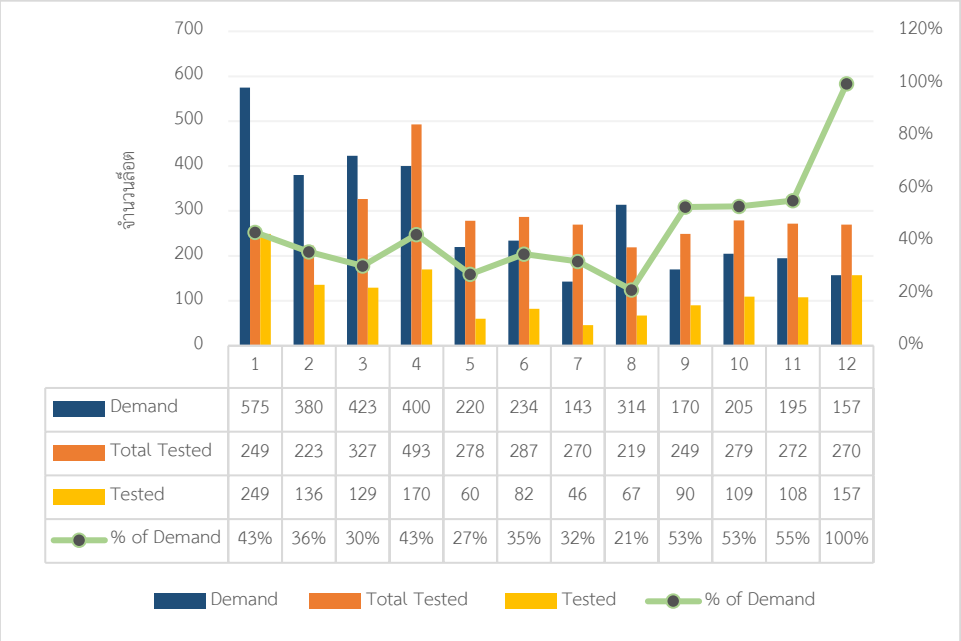
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยขอนำเสนอผลเฉลยที่ได้รับจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ทั้ง 2 โมเดล พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลเฉลยจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ทั้ง 2 โมเดล แบ่งเป็น 5 หัวข้อ ดังนี้

4.1.1 จำนวนยาที่ถูกทดสอบในแต่ละเดือน

จากเงื่อนไขการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยา หากหน่วยงานไม่สามารถทดสอบภายในเดือนที่กำหนดได้ สามารถเลื่อนการทดสอบออกไปได้สูงสุด 4 เดือน โดยพบว่ายาแต่ละชนิดมีการกระจายตัวในการทดสอบมากขึ้น เพื่อทำให้ภาระงานของพนักงานเกิดความสมดุลกัน โดยผลเฉลยที่ได้รับจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 1 จะแสดงจำนวนยาที่ได้รับการทดสอบในแต่ละเดือน แต่เนื่องจากผลเฉลยที่ได้รับอาจไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากยาแต่ละชนิดมีลำดับความสำคัญต่างกัน ซึ่งยาที่มีลำดับความสำคัญมากอาจถูกเลื่อนการทดสอบออกไป ดังนั้นเพื่อให้ขั้นตอนการเลือกยาทดสอบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงพิจารณาหาผลเฉลยจากแบบจำลอง

คณิตศาสตร์ โมเดลที่ 2 ซึ่งจะทำการพิจารณาการทดสอบตามลำดับความสำคัญในกรณีที่ไม่สามารถทดสอบได้ทั้งหมด โดยองค์ประกอบของยาที่ถูกทดสอบในแต่ละเดือนนั้น ประกอบด้วย ยาที่ถูกทดสอบภายในเดือนตามแผน และยาที่ถูกเลื่อนการทดสอบ รูปที่ 4.1 นำเสนอจำนวนยาที่ถูกทดสอบในแต่ละเดือน และจำนวนยาที่ถูกทดสอบภายในเดือนตามแผน เปรียบเทียบกับจำนวนผลิตภัณฑ์ยาที่วางแผนทดสอบในแต่ละเดือน



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Demand	575	380	423	400	220	234	143	314	170	205	195	157
Total Tested	249	223	327	493	278	287	270	219	249	279	272	270
Tested	249	136	129	170	60	82	46	67	90	109	108	157
% of Demand	43%	36%	30%	43%	27%	35%	32%	21%	53%	53%	55%	100%

รูปที่ 4.1 จำนวนยาที่ถูกทดสอบในแต่ละเดือน และจำนวนยาที่ถูกทดสอบภายในเดือนตามแผน เปรียบเทียบกับจำนวนผลิตภัณฑ์ยาที่วางแผนทดสอบในแต่ละเดือน (ล็อต)

จากรูปที่ 4.1 พบว่าจำนวนยาที่วางแผนทดสอบเข้ามามากในช่วงต้นปี หากเลือกทดสอบทั้งหมดจะส่งผลให้พนักงานรวมถึงเครื่องจักรเกิดการทำงานล่วงเวลาสูง ดังนั้นจากผลเฉลยที่ได้รับจากแบบจำลองคณิตศาสตร์โมเดลที่ 1 จะมีการกระจายจำนวนยาที่ทดสอบไปในเดือนต่าง ๆ มากยิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับที่วางแผนทดสอบในแต่ละเดือน โดยในเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 3 มีสัดส่วนการทดสอบยาน้อยกว่าแผนเพื่อสร้างสมดุลภาระงาน รวมทั้งลดการทำงานล่วงเวลา จากค่าเฉลี่ยทั้ง 12 เดือน พบว่าในแต่ละเดือนมีการทดสอบยาตามแผนประมาณ 44% โดยในเดือนที่ 8 มีการทดสอบยาตามแผนน้อยที่สุดแบ่งเป็นยาที่ทดสอบตามแผน 67 ล็อต หรือ 21% และยาที่ถูกเลื่อนการทดสอบจำนวน 152 ล็อต และในเดือนสุดท้ายเนื่องจากจำเป็นต้องทดสอบทั้งหมดภายในเดือนทำให้ยาทั้งหมดถูกทดสอบตามแผน โดยมียาที่ถูกเลื่อนการทดสอบมาเพื่อทดสอบในเดือนนี้จำนวน 113 ล็อต

โดยเมื่อนำผลเฉลยที่ได้รับมาประมวลหาผลเฉลยผ่านแบบจำลองคณิตศาสตร์ โมเดลที่ 2 อีกครั้งจากการกำหนดจำนวนภาระงานสูงสุด และต่ำสุดของพนักงานในแต่ละเดือน เพื่อพิจารณาเลือกยาที่มีลำดับความสำคัญมากมาทดสอบก่อน พบว่าให้ผลเฉลยที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นคำตอบที่ได้รับจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ดังกล่าวเป็นผลเฉลยที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบตามค่าวัตถุประสงค์

4.1.2 จำนวนยาที่ถูกเลื่อนการทดสอบ

จากผลเฉลยที่ได้รับจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ในหัวข้อ 4.1.1 พบว่ามียาบางส่วนจำเป็นต้องมีการเลื่อนการทดสอบออกไป จากข้อจำกัดด้านทรัพยากร การเกิดภาระงานที่ไม่สมดุล และการทำงานล่วงเวลาขึ้น ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนยาที่ถูกทดสอบในเดือนตามแผนและถูกเลื่อนการทดสอบ โดยมีเงื่อนไขสามารถเลื่อนการทดสอบออกไปได้สูงสุดไม่เกิน 3 เดือน ช่องในตารางที่ไม่ได้แสดงตัวเลขจะมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่มีการเลื่อนการทดสอบในเดือน/จากเดือนดังกล่าว จากผลการหาคำตอบพบว่าตลอดทั้ง 12 เดือน พบว่ามีจำนวนยาที่ถูกเลื่อนการทดสอบออกไปทั้งหมด 2,013 ล็อต โดยในเดือนที่ 1 มีการเลื่อนทดสอบยาออกไปสูงสุดจำนวน 326 ล็อต และเดือนที่ 4 เป็นเดือนที่ถูกเลื่อนการทดสอบมาสูงสุดจำนวน 323 ล็อต ทำให้มียาที่ต้องทดสอบทั้งหมด 493 ล็อต ส่วนเดือนที่ 9 มีการเลื่อนการทดสอบออกไปต่ำที่สุดจำนวน 80 ล็อต ซึ่งรวมแล้วมีค่าต่ำกว่าเดือนที่ 11 ที่มีการเลื่อนทดสอบออกไปได้แค่เดือนเดียว และเดือนที่ 2 เป็นเดือนที่ถูกเลื่อนการทดสอบมาต่ำที่สุดเนื่องจากมีการเลื่อนจากเดือนที่ 1 เพียงเดือนเดียว อีกทั้งพบข้อสังเกตจากข้อมูลในตารางที่สอดคล้องกับผลเฉลยในหัวข้อ 4.1.1 พบว่าในแต่ละเดือนมีแนวโน้มการเลื่อนทดสอบยาลดลง แต่ในเดือนที่ 8 มีจำนวนการเลื่อนยาทดสอบสูงถึง 247 ล็อต จึงทำให้ในเดือนดังกล่าวมีการทดสอบยาตามแผนน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.2 จำนวนยาที่ถูกทดสอบในเดือนตามแผนและถูกเลื่อนการทดสอบ (ล็อต)

		เดือนที่ถูกเลื่อนการทดสอบ												
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**รวม**
เดือนตามแผนการทดสอบ	**1**	249	87	109	130									**575**
	2		136	89	82	73								**380**
	3			129	111	72	111							**423**
	4				170	73	56	101						**400**
	5					60	38	53	69					**220**
	6						82	70	50	32				**234**
	7							46	33	36	28			**143**
	8								67	91	91	65		**314**
	9									90	51	22	7	**170**
	10										109	77	19	**205**
	11											108	87	**195**
	12												157	**157**
	รวม	**249**	**223**	**327**	**493**	**278**	**287**	**270**	**219**	**249**	**279**	**272**	**270**	**3,416**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.2 ภาระงานที่พนักงานแต่ละคนได้รับ

จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ทั้ง 2 โมเดล มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความต่างของภาระงานที่พนักงานแต่ละคนได้รับให้มากที่สุด ทำให้ได้รับผลเฉลยจำนวนงานภาระงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ โดยมีเงื่อนไขเพื่อให้สามารถนำผลเฉลยไปใช้ในการจัดตารางการทำงานในงานส่วนที่ 2 ต่อได้ จึงกำหนดให้ความสามารถสูงสุดของพนักงานในแต่ละเดือนมีค่าเป็น 60% ของความสามารถสูงสุด ตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนภาระงานสูงสุดและต่ำสุดของเภสัชกรและนักวิทยาศาสตร์ในแต่ละเดือนตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 จำนวนภาระงานสูงสุดและต่ำสุดเภสัชกรในแต่ละเดือน (นาที)

ภาระงาน	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
สูงสุด	4897	4325	5950	6457	5114	4939	4828	3703	4350	4991	5011	5599
ต่ำสุด	4622	4222	5564	5128	4957	4886	4767	3671	4234	4748	4982	5374
ค่าความต่าง	275	103	386	1329	157	53	61	32	116	243	29	225

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนภาระงานสูงสุดและต่ำสุดของนักวิทยาศาสตร์ในแต่ละเดือน (นาที)

ภาระงาน	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
สูงสุด	5834	5889	7544	8798	7554	7481	7844	5295	5552	7749	6686	7860
ต่ำสุด	5807	5878	7515	8706	7409	7393	7634	5253	5542	7736	6683	7854
ค่าความต่าง	27	11	29	92	145	88	210	42	10	13	3	6

จากผลเฉลยพบว่าพนักงานมีจำนวนงานที่ได้รับใกล้เคียงกันมาก โดยเฉลี่ยทั้ง 12 เดือน เภสัชกรมีค่าความต่างของภาระงานสูงสุดและต่ำสุดอยู่ที่ 251 นาที เป็นผลมาจากในเดือนที่ 4 ที่มีค่าความต่างสูงสุดที่ 1,329 นาที และในเดือนที่ 11 เป็นเดือนที่มีภาระงานใกล้เคียงกันสูงสุด ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยความต่างของภาระงานสูงสุดและต่ำสุดอยู่ที่ 56 นาที พบว่าในเดือนที่ 7 มีค่าเฉลี่ยความต่างสูงสุดและมีค่าเฉลี่ยความต่างในเดือนที่ 11 ต่ำสุดเช่นเดียวกับเภสัชกร

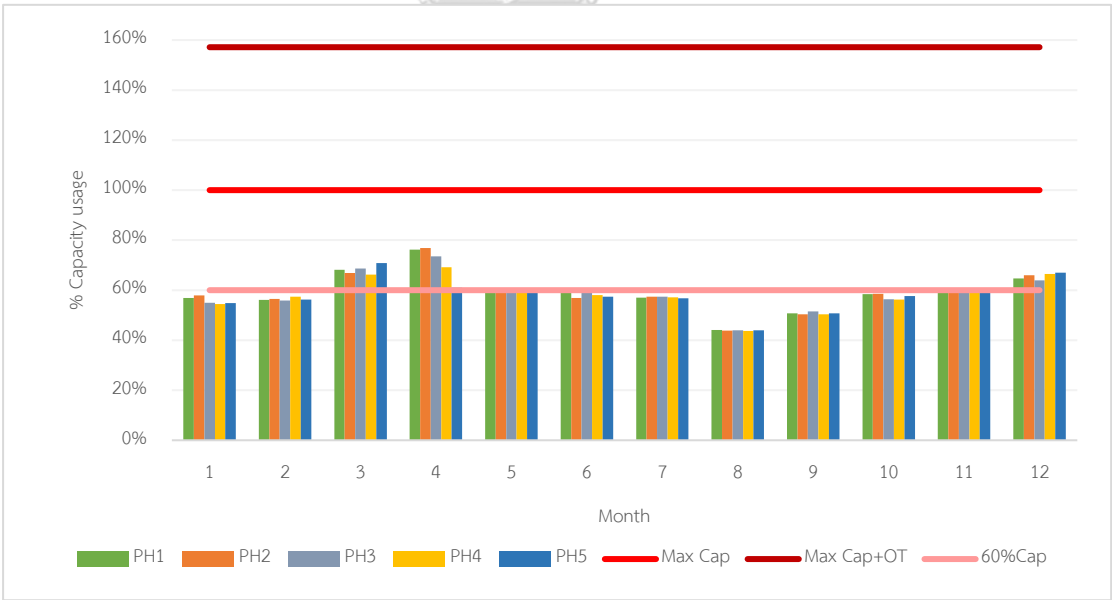
โดยเมื่อวิเคราะห์รายบุคคลพบว่าภาระงานที่เภสัชกรแต่ละคนได้รับในเดือนที่ 4 มีความแตกต่างกันสูงสุด ซึ่งเป็นเดือนที่มีการทดสอบคุณภาพยาสูงสุดด้วยเช่นเดียวกัน ในส่วนของนักวิทยาศาสตร์พบว่าในเดือนที่ 7 มีความแตกต่างของภาระงานที่แต่ละคนได้รับสูงสุดดังที่แสดงในตารางที่ 4.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 ค่าเบี่ยงเบนของภาระงานที่พนักงานได้รับในแต่ละเดือน (นาที)

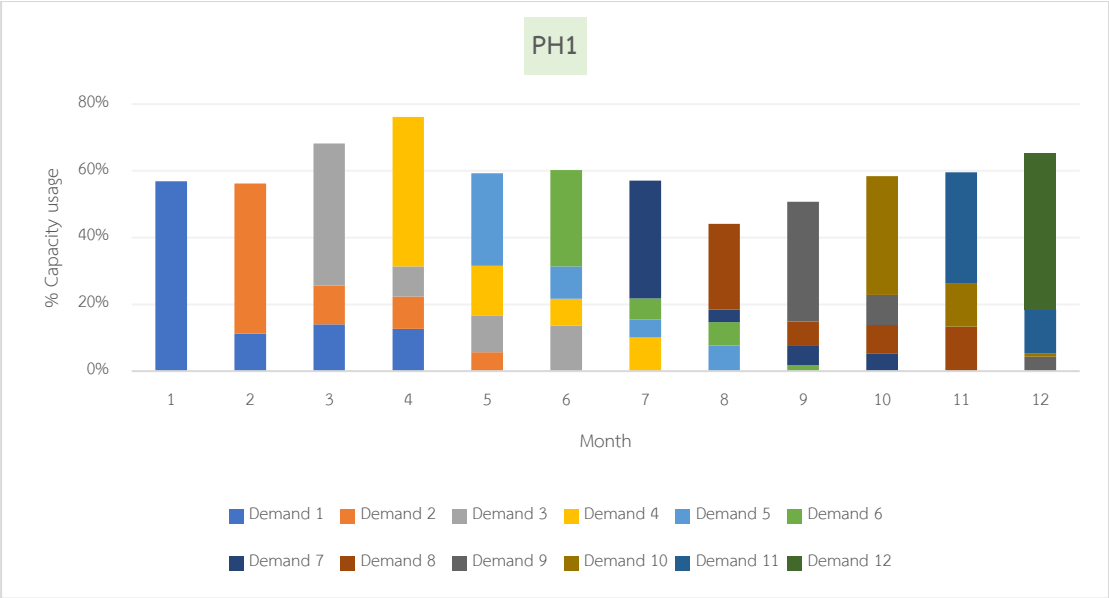
พนักงาน	จำนวนคน	ค่าเบี่ยงเบนของภาระงานที่พนักงานได้รับ											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
เภสัชกร	5	124	45	150	547	43	126	22	13	40	91	10	106
นักวิทยาศาสตร์	2	19	8	21	65	103	62	121	30	7	9	2	4

รูปที่ 4.2 แสดงสัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรแต่ละคนได้รับในแต่ละเดือน (%) เมื่อเทียบกับความสามารถสูงสุด และการทำงานล่วงเวลา จะพบว่าในเดือนที่ 3, 4 และ 12 เภสัชกรมีสัดส่วนการทำงานมากกว่า 60% ของความสามารถสูงสุดตามเงื่อนไข แต่ไม่เกินความสามารถสูงสุดของพนักงาน เพื่อใช้สำหรับใช้ในการจัดตารางการทำงานต่อไป และในเดือนที่ 4 มีจำนวนภาระงานที่เภสัชกรได้รับสูงสุด เนื่องจากปริมาณยาที่ต้องทดสอบในช่วงต้นปีมีจำนวนมาก อีกทั้งข้อจำกัดทางการเลื่อนการทดสอบ ทำให้ในเดือนที่ 4 จำเป็นต้องทดสอบยาที่ถูกเลื่อนการทดสอบตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 3 พร้อมกับยาที่ทดสอบภายในเดือนที่ 4 ตามแผน และจากผลเฉลยพบว่าในเดือนที่ 4 มีค่าความต่างของภาระงานสูงสุด โดยเภสัชกรคนที่ 5 มีจำนวนภาระงานที่ได้รับน้อยที่สุด พบว่าในเดือนที่ 3 มีปริมาณงานที่ทดสอบในเดือนตามแผนสูง ส่งผลให้ภาระงานของเภสัชกรคนที่ 5 ที่เกิดขึ้นในเดือนที่ 3 มีค่าสูงกว่าคนอื่น ๆ ทำให้งานที่ถูกเลื่อนทดสอบจากเดือนที่ 3 มายังเดือนที่ 4 มีค่าน้อย ประกอบกับยาที่เลื่อนการทดสอบจากเดือนที่ 2 มายังเดือนที่ 4 มีค่าน้อยเช่นเดียวกัน จึงทำให้ภาระงานรวมที่เกิดขึ้นในเดือนที่ 4 ของเภสัชกรคนที่ 5 มีค่าน้อยกว่าเภสัชกรคนอื่น

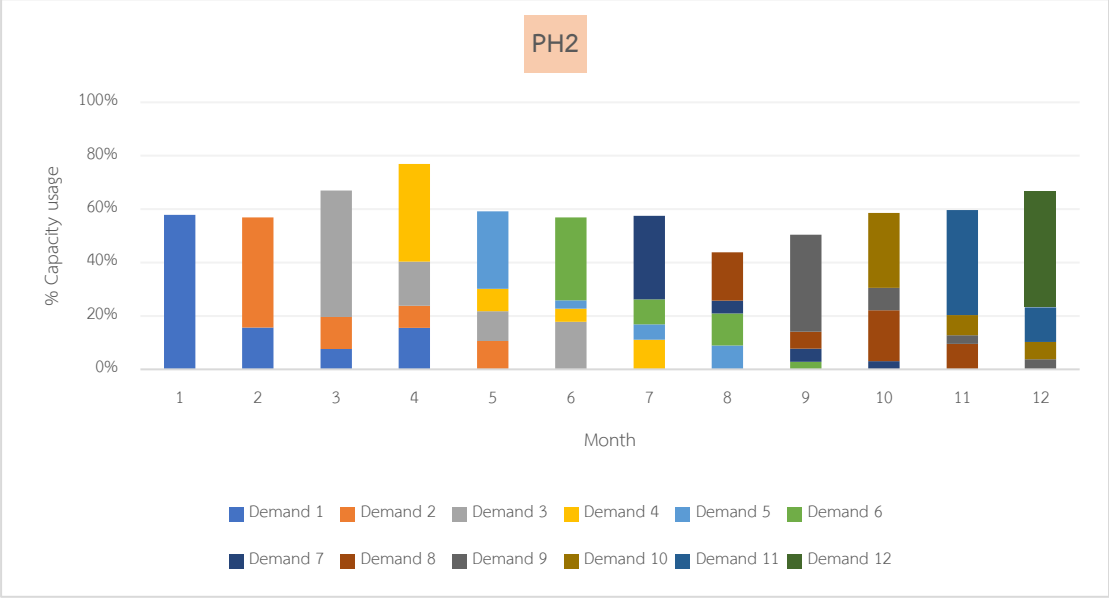


รูปที่ 4.2 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรแต่ละคนได้รับในแต่ละเดือน (%)

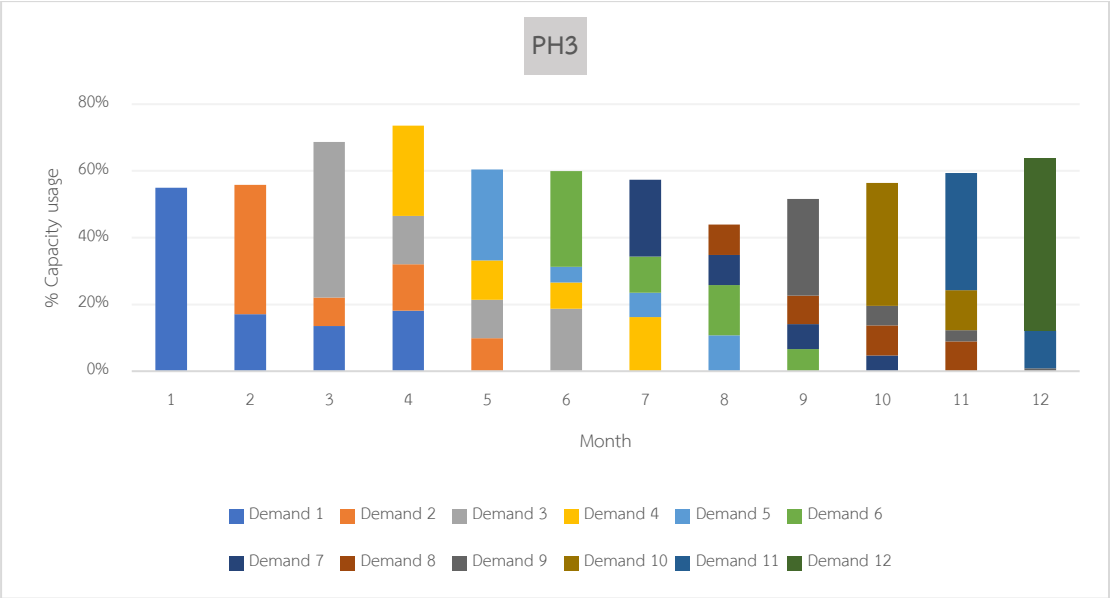
โดยปริมาณงานทั้งหมดจะถูกแบ่ง 2 กลุ่ม คือจำนวนยาที่ทดสอบภายในเดือนตามแผน และยาที่ถูกเลื่อนการทดสอบ ดังนั้นเพื่อให้รูปที่ 4.2 เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น จึงได้นำเสนอรายละเอียดสัดส่วนการทดสอบยาของเภสัชกรแต่ละคนในแต่ละเดือน เพื่อให้เห็นสัดส่วนการทดสอบยาทั้ง 2 กลุ่ม ดังรูปที่ 4.3 - รูปที่ 4.7 ภายใต้เงื่อนไขยาแต่ละชนิดสามารถเลื่อนการทดสอบออกไปได้สูงสุด 3 เดือน



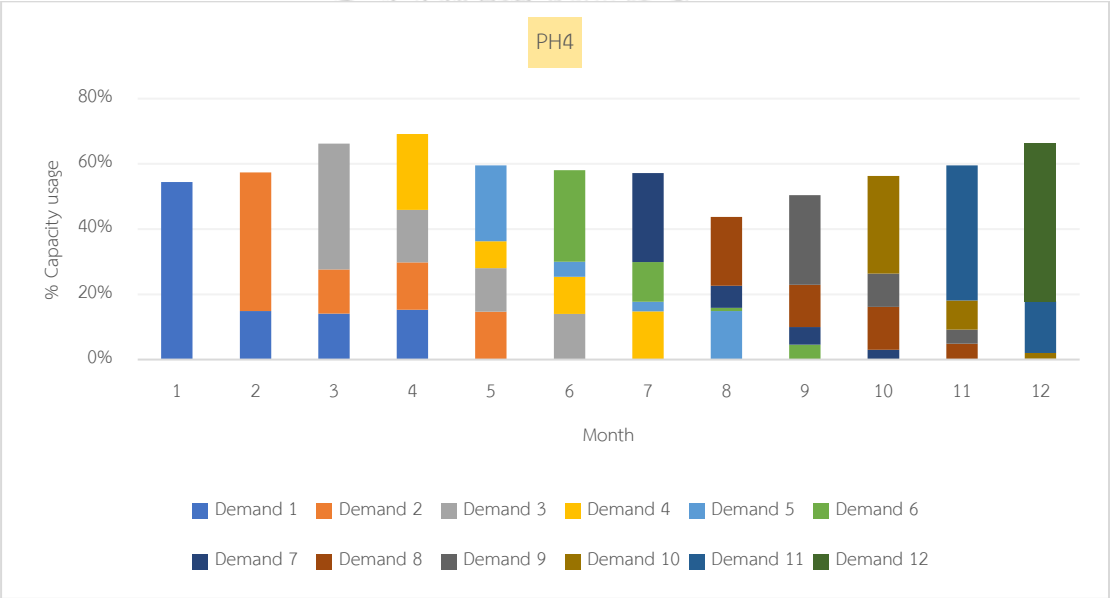
รูปที่ 4.3 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรคนที่ 1 ได้รับในแต่ละเดือน (%)



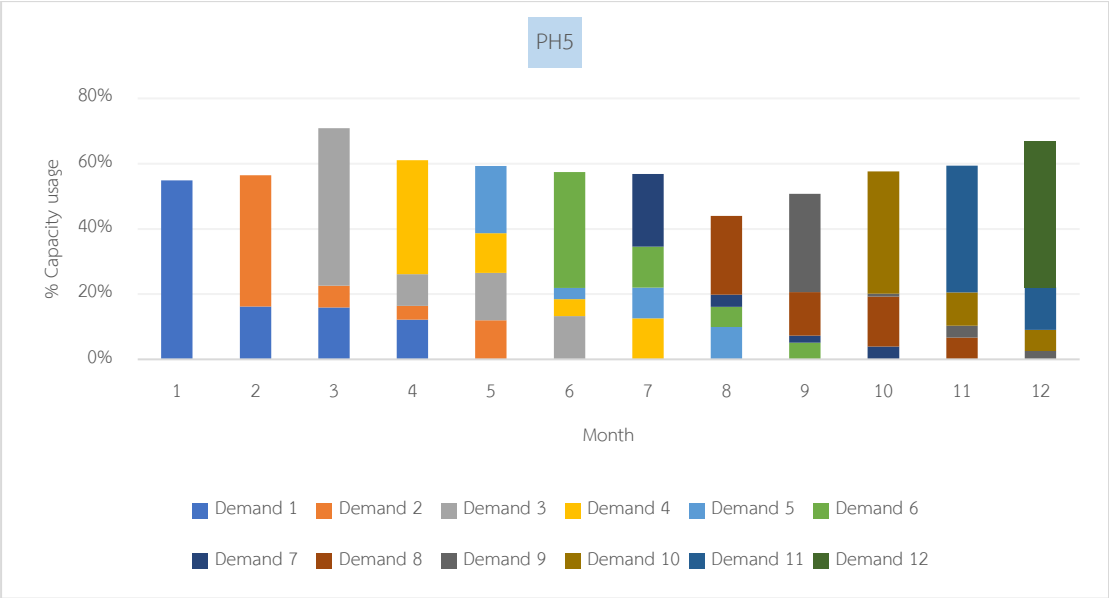
รูปที่ 4.4 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรคนที่ 2 ได้รับในแต่ละเดือน (%)



รูปที่ 4.5 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรคนที่ 3 ได้รับในแต่ละเดือน (%)



รูปที่ 4.6 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรคนที่ 4 ได้รับในแต่ละเดือน (%)

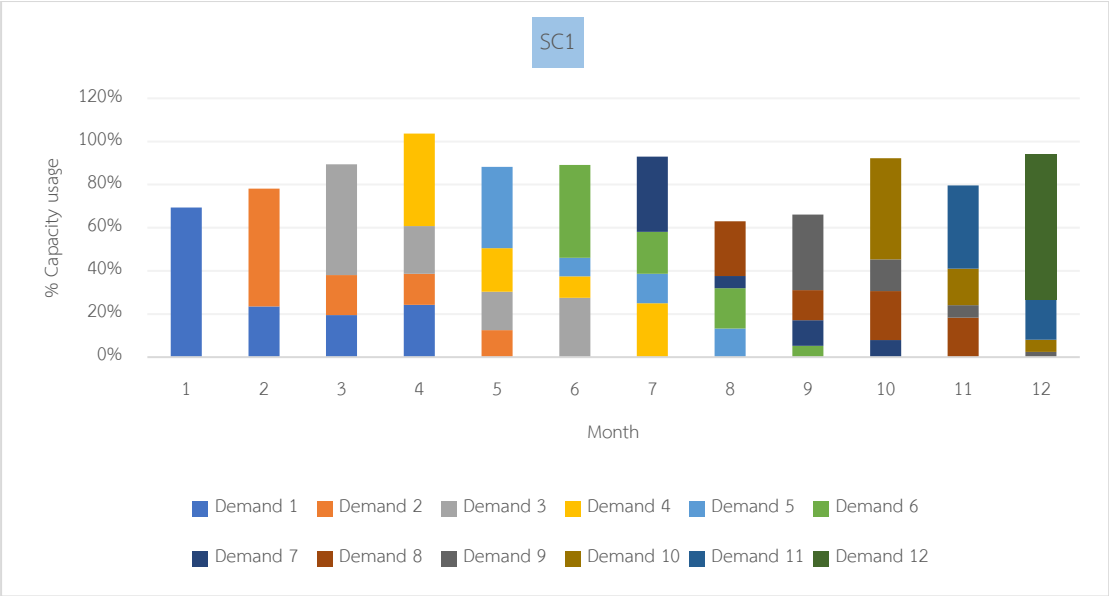


รูปที่ 4.7 สัดส่วนภาระงานที่เภสัชกรคนที่ 5 ได้รับในแต่ละเดือน (%)

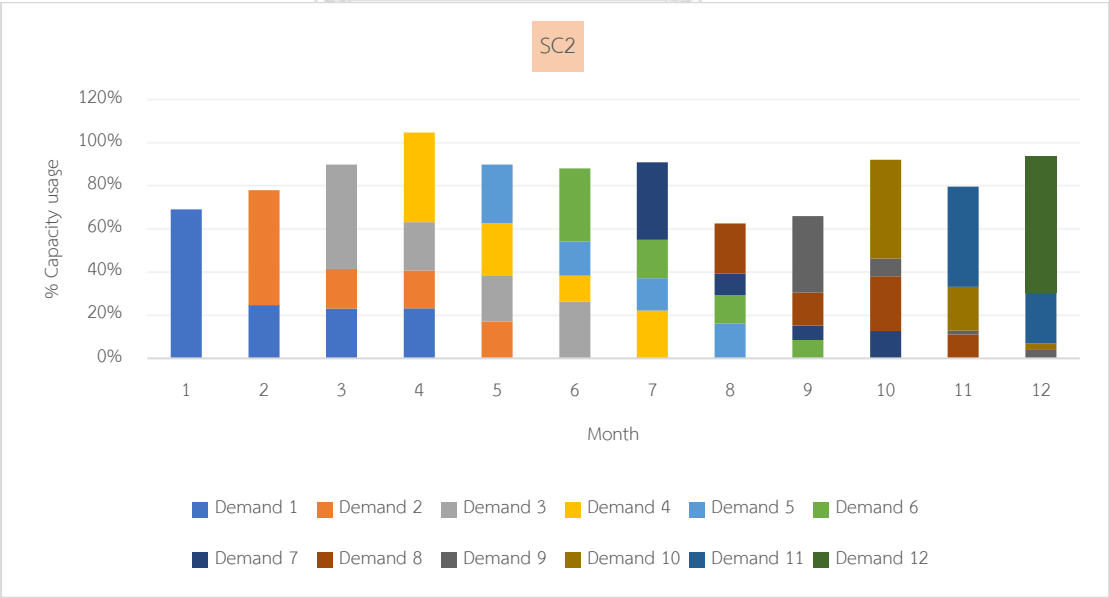
รูปที่ 4.8 แสดงสัดส่วนภาระงานที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนได้รับในแต่ละเดือน (%) เมื่อเทียบกับความสามารถสูงสุด พบว่าในทุกเดือนนักวิทยาศาสตร์มีการทำงานเกิน 60% ของความสามารถสูงสุดตามเงื่อนไข มีเพียงเดือน 4 เท่านั้นที่มีการทำงานเกินความสามารถสูงสุดของพนักงาน แต่ไม่เกินขอบเขตของการทำงานล่วงเวลา จึงคาดว่าในเดือนดังกล่าวอาจเกิดการทำงานล่วงเวลาขึ้น จำเป็นต้องมีการจัดตารางการทำงานเพื่อดูผลลัพธ์ต่อไป

รูปที่ 4.8 สัดส่วนภาระงานที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนได้รับในแต่ละเดือน (%)

โดยปริมาณงานทั้งหมดจะถูกแบ่ง 2 กลุ่มเช่นเดียวกับเภสัชกร คือจำนวนยาที่ทดสอบภายในเดือนตามแผน และยาที่ถูกเลื่อนการทดสอบ ดังนั้นเพื่อให้รูปที่ 4.8 เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น จึงได้นำเสนอรายละเอียดสัดส่วนการทดสอบยาของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนในแต่ละเดือน เพื่อให้เห็นสัดส่วนการทดสอบยาทั้ง 2 กลุ่ม ดังรูปที่ 4.9 - รูปที่ 4.10 ภายใต้เงื่อนไขยาแต่ละชนิดสามารถเลื่อนการทดสอบออกไปได้สูงสุด 3 เดือน



รูปที่ 4.9 สัดส่วนภาระงานที่นักวิทยาศาสตร์คนที่ 1 ได้รับในแต่ละเดือน (%)



รูปที่ 4.10 สัดส่วนภาระงานที่นักวิทยาศาสตร์คนที่ 2 ได้รับในแต่ละเดือน (%)

4.1.3 การทำงานล่วงเวลา

จากการกำหนดให้การทำงานล่วงเวลาของพนักงานมีค่าสูงสุดไม่เกิน 4 ชั่วโมงต่อวัน ผลเฉลยที่ได้รับจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ทั้ง 2 โมเดล แสดงจำนวนการทำงานล่วงเวลาของพนักงานรายเดือนดังตารางที่ 4.6 โดยผลเฉลยจะสอดคล้องกับผลเฉลยที่ได้รับในหัวข้อที่ 4.1.3 พบว่าเภสัชกรมีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในเดือนที่ 3, 4 และ 12 ซึ่งเป็นเดือนที่มีสัดส่วนการทำงานมากกว่าความสามารถสูงสุดตามเงื่อนไข และมีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นสูงสุดในเดือนที่ 4 ในส่วนของนักวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยการทำงานล่วงเวลาจำนวน 8 วัน เกิดขึ้นสูงสุดในเดือนที่ 4 และต่ำสุดในเดือนที่ 8 ซึ่งเกิดขึ้นเพียง 1 วัน

ตารางที่ 4.6 จำนวนการทำงานล่วงเวลาของพนักงานใน 12 เดือน (วัน)

พนักงาน	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
เภสัชกร	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2
นักวิทยาศาสตร์	3	6	10	15	10	10	11	1	2	11	7	12

4.1.4 รูปแบบการมอบหมายงานให้พนักงาน

จากการหาผลเฉลยตามสมการวัตถุประสงค์ ทำให้ได้รับรูปแบบการมอบหมายงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการจัดตารางการทำงานในงานส่วนที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ภาระงานเกิดความสมดุลมากที่สุด โดยรายละเอียดงานที่พนักงานแต่ละคนได้รับแสดงอยู่ในภาคผนวก ก

4.2 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ

ในส่วนนี้นำเสนอผลการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบด้วยวิธีฮิวริสติก มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะเวลาที่งานอยู่ในระบบมีค่าน้อยที่สุด ด้วยกฎการจ่ายงานจำนวน 2 วิธี ได้แก่ กฎการเลือกงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดทำก่อน (SPT) และกฎการเลือกงานที่ใช้เวลาทำนานที่สุดทำก่อน (LPT) โดยศึกษารูปแบบการเรียงลำดับงานที่แตกต่างกันจำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่

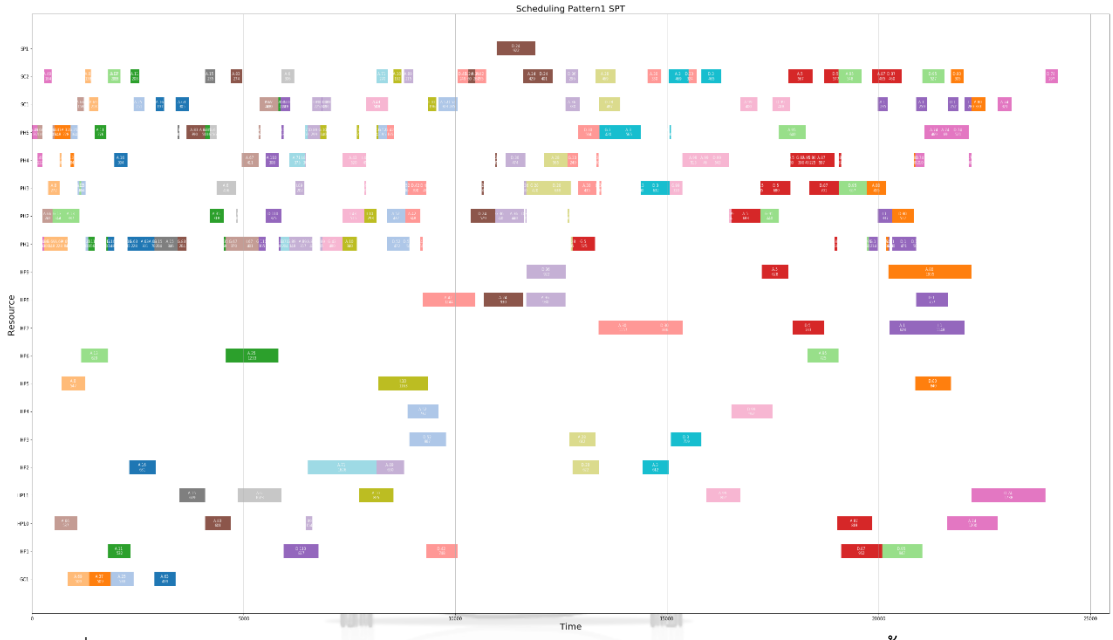
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปแบบที่ 1 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบ
รูปแบบที่ 2 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบ
รูปแบบที่ 3 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ

พร้อมวัดผลด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ 3 ตัว ได้แก่ เวลารวมที่งานอยู่ในระบบ (Total flow time) เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย (Makespan) และเวลารอคอยรวมในระบบ (Total waiting time) เพื่อวัดประสิทธิภาพของการจัดตารางการทำงาน ดังนี้

4.2.1 รูปแบบที่ 1 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบ

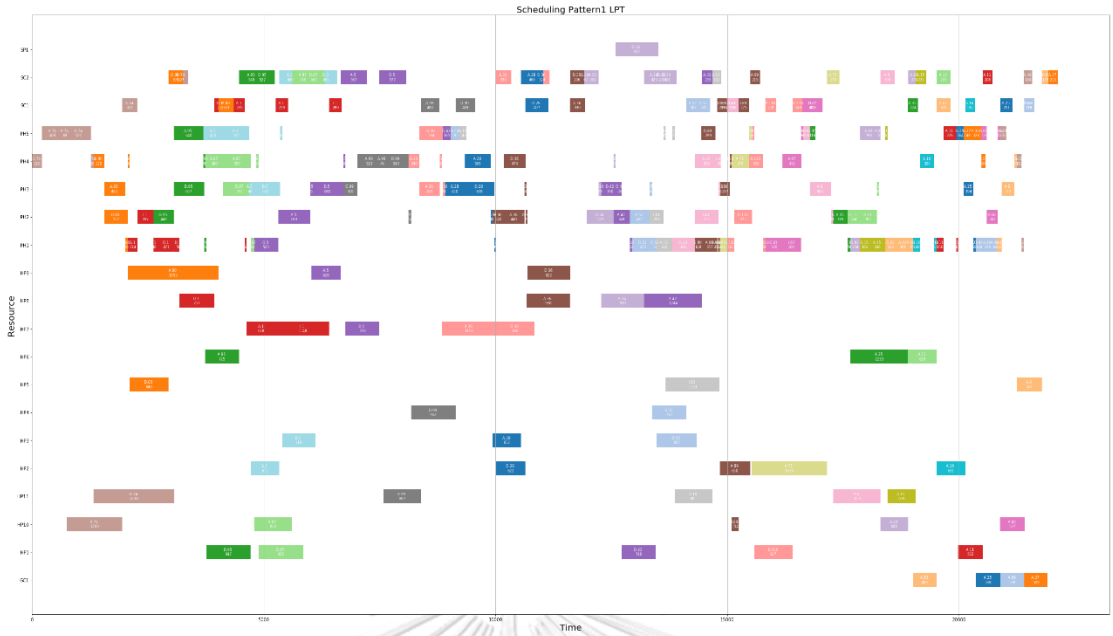
การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยระยะเวลาทดสอบยาทุกขั้นตอน พบว่ายาชนิดเดียวกันจะถูกทำให้เสร็จสิ้นออกจากกระบวนการด้วยลำดับที่ต่อเนื่องกัน ดังนั้นยาแต่ละชนิดจะถูกทดสอบให้เสร็จสิ้นเป็นลำดับจากน้อยไปมาก โดยมีเงื่อนไขให้การทดสอบในกระบวนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาต้องเป็นกระบวนการทดสอบแรก รูปที่ 4.11 แสดงผลการจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับระยะเวลาทดสอบยารวมทุกขั้นตอนด้วยวิธี SPT พบว่าเวลารวมที่งานอยู่ในระบบ (Total Flow Time) มีค่าเท่ากับ 2,585,268 นาที เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย (Makespan) เท่ากับ 24,235 นาที และเวลารอคอยรวมในระบบ (Total waiting time) เท่ากับ 23,938 นาที โดยสามารถดูภาพการจัดตารางทำงานที่ชัดเจนได้ที่ภาคผนวก ข



รูปที่ 4.11 การจัดตารางการทำงาน จากการเรียงลำดับงานด้วยระยะเวลาทดสอบยาทุกขั้นตอนด้วยวิธี SPT

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หากทำการเปลี่ยนการเรียงลำดับงานใหม่ด้วยระยะเวลาทดสอบยาทุกขั้นตอนจากมากไปน้อย พบว่ายาชนิดเดียวกันจะถูกทำให้เสร็จสิ้นออกจากกระบวนการด้วยลำดับที่ต่อเนื่องกันเช่นเดียวกับวิธี SPT แต่ยาที่มีระยะเวลาในการทดสอบมากจะถูกทดสอบให้เสร็จสิ้นก่อนและออกจากระบบก่อน รูปที่ 4.12 แสดงผลการจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับระยะเวลาทดสอบยารวมทุกขั้นตอนด้วยวิธี LPT โดยพบว่าเวลารวมที่งานอยู่ในระบบ (Total Flow Time) มีค่าเท่ากับ 3,090,514 นาที เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย (Makespan) เท่ากับ 22,134 นาที และเวลารอคอยรวมในระบบ (Total waiting time) เท่ากับ 21,394 นาที



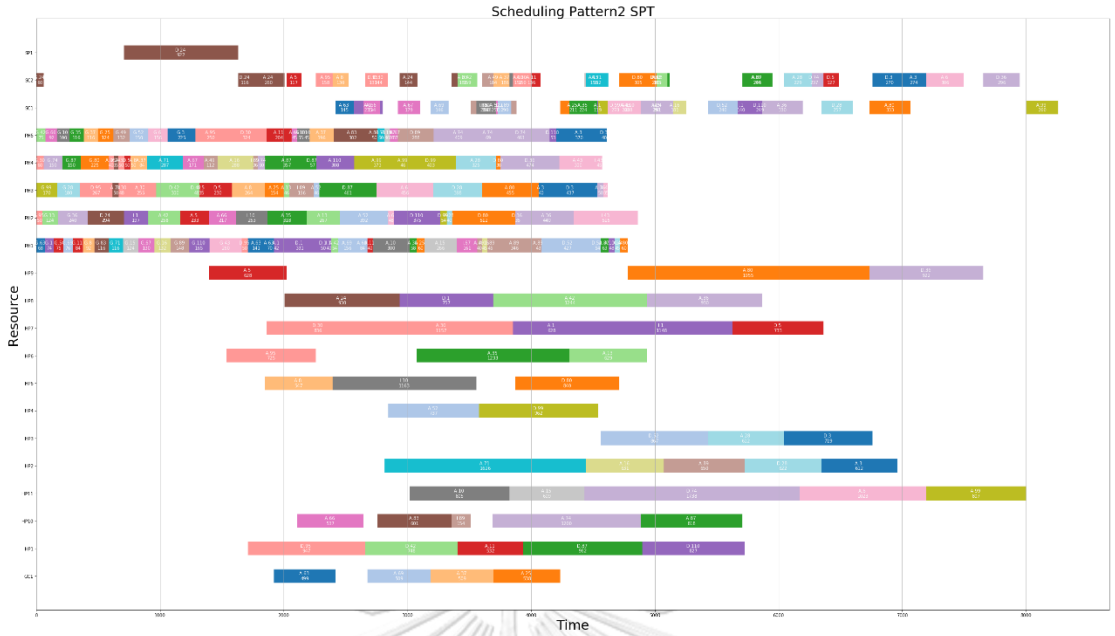
รูปที่ 4.12 การจัดตารางการทำงาน จากการเรียงลำดับงานด้วยระยะเวลาทดสอบยาทุกขั้นตอนด้วยวิธี LPT

ผลเฉลยที่ได้รับจากการจัดตารางการทำงานในรูปแบบที่ 1 พบว่าการเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในแง่ของเวลารวมที่งานอยู่ในระบบแต่การจัดตารางด้วยวิธี LPT จะทำให้เกิดระยะเวลารอคอยสั้นกว่าและเวลาสิ้นสุดงานสุดท้ายเสร็จก่อน ในเดือนแรกหากต้องการทดสอบให้ไม่เกินความสามารถสูงสุดของพนักงานจะสามารถทดสอบยาได้ทั้งสิ้น 20 ชนิด จากทั้งหมด 43 ชนิด หรือคิดเป็น 143 ล็อตจากทั้งหมด 249 ล็อต แต่หากต้องการทดสอบให้เต็มความสามารถรวมการทำงานล่วงเวลา จะสามารถทดสอบยาได้เพิ่มอีก 3 ชนิด หรือเพิ่มได้อีก 10 ล็อต จึงทำให้อีก 96 ล็อตที่เหลือจะไม่สามารถทดสอบในเดือนดังกล่าวได้ จึงเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมกับการจัดตารางการทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.2 รูปแบบที่ 2 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบ

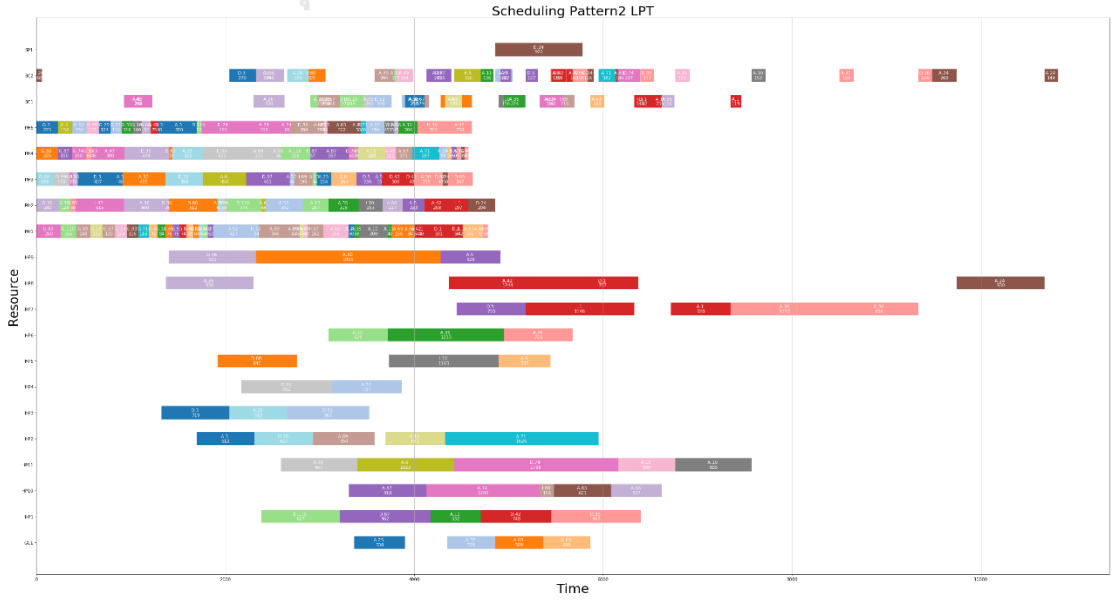
การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยเวลาจากกระบวนการทำงานขั้นตอนแรก พบว่าหัวข้อการทดสอบของยาแต่ละชนิดจะถูกจัดเรียงตามลำดับงานในกระบวนเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาจากน้อยไปมาก เป็นเหตุทำให้เกิดเวลารอคอยในระบบที่สูงขึ้น เนื่องจากการทดสอบยาบางกระบวนการใช้ระยะทดสอบเวลานานแต่มีระยะเวลาของกระบวนการเก็บและรวมรวมยาที่น้อย โดยงานเหล่านี้จะถูกจัดเรียงขึ้นมาทำก่อน จึงทำให้เกิดงานค้างอยู่ในระบบ ส่งผลให้เวลาสิ้นสุดงานสุดท้ายมีค่ามากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยมีเงื่อนไขให้การทดสอบในกระบวนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาต้องเป็นกระบวนการทดสอบแรก รูปที่ 4.13 แสดงผลการจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยเวลาจากขั้นตอนแรกของการทดสอบด้วยวิธี SPT โดยพบว่าเวลารวมที่งานอยู่ในระบบ (Total Flow Time) มีค่าเท่ากับ 794,927 นาที เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย (Makespan) เท่ากับ 8,260 นาที และเวลารอคอยรวมในระบบ (Total waiting time) เท่ากับ 4,862 นาที โดยสามารถดูภาพการจัดตารางทำงานที่ชัดเจนได้ที่ภาคผนวก ข



รูปที่ 4.13 การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยเวลาขั้นตอนแรกของการทดสอบด้วยวิธี SPT

หากทำการเปลี่ยนการเรียงลำดับงานใหม่ด้วยการเรียงลำดับงานด้วยกระบวนการทำงานขั้นตอนแรกจากมากไปน้อย ผลลัพธ์การหาคำตอบพบว่าเวลารอคอยในระบบน้อยกว่าการจัดเรียงแบบ SPT จากการเรียงงานที่มีระยะเวลาในกระบวนการเก็บและรวมรวมยาที่มีค่ามากขึ้นมาทำก่อน ส่งผลให้เวลาสิ้นสุดงานสุดท้ายมีค่าน้อยลงด้วยเช่นกัน แต่พบว่าเวลารวมที่งานอยู่ในระบบมีค่าสูงขึ้นจากเดิม รูปที่ 4.14 แสดงผลการจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยเวลาจากขั้นตอนแรกของการทดสอบด้วยวิธี LPT โดยพบว่าเวลารวมที่งานอยู่ในระบบ (Total Flow Time) มีค่าเท่ากับ 886,194 นาที เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย (Makespan) เท่ากับ 10,818 นาที และเวลารอคอยรวมในระบบ (Total waiting time) เท่ากับ 5,679 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

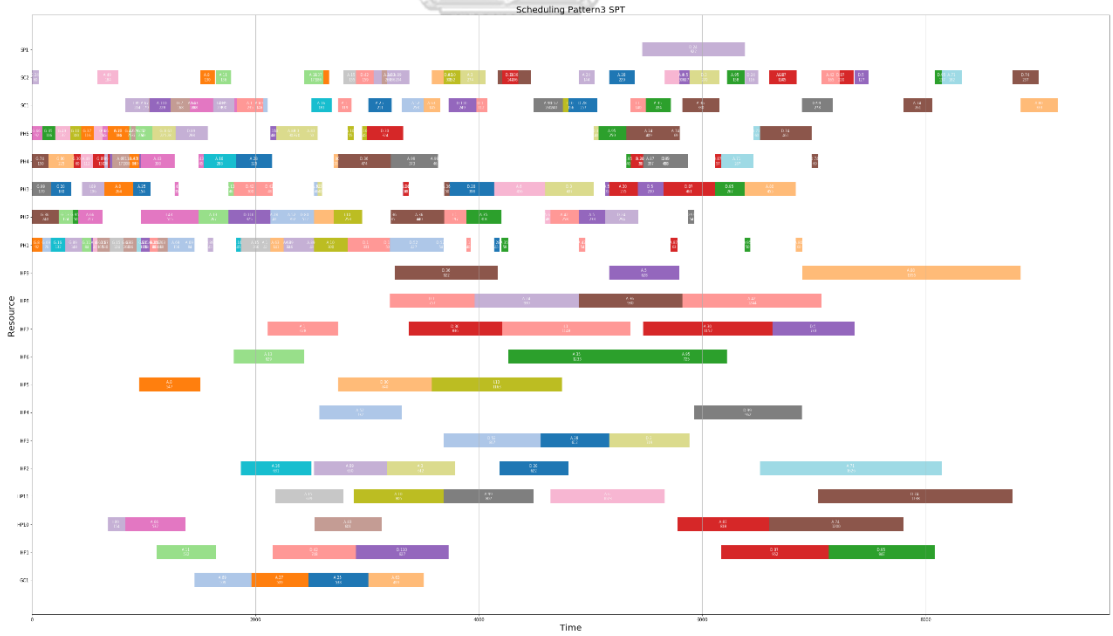


รูปที่ 4.14 การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยเวลาขั้นตอนแรกของการทดสอบด้วยวิธี LPT

ผลเฉลยที่ได้รับจากการจัดตารางการทำงานในรูปแบบที่ 2 พบว่าการเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าทั้ง 3 ตัวชี้วัด โดยเวลาสิ้นสุดงานสุดท้ายอยู่ที่ 8,260 นาที ซึ่งน้อยกว่าความสามารถสูงสุดของพนักงาน ดังนั้นการเรียงลำดับด้วยวิธีดังกล่าวทั้งเภสัชกรและนักวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบยาได้ครบทุกชนิดตามผลเฉลยที่ได้รับจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ซึ่งเป็นวิธีการจัดตารางการทำงานที่มีความเหมาะสมอย่างมาก

4.3.3 รูปแบบที่ 3 : การเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ

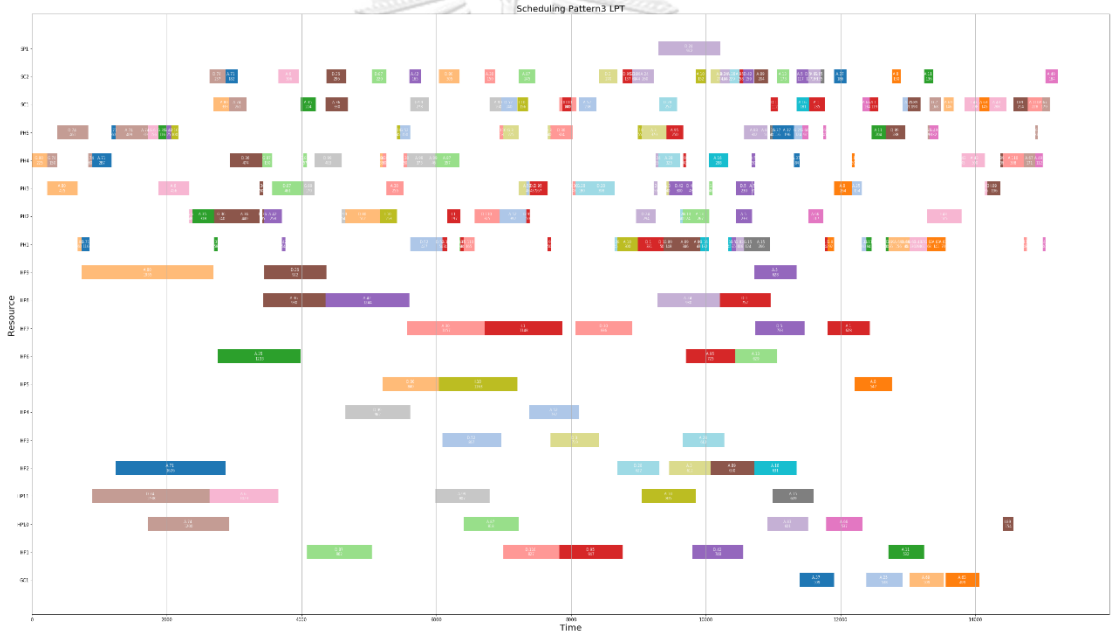
การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยระยะเวลาทดสอบยาตามหัวข้อการทดสอบจากน้อยไปมาก โดยมีเงื่อนไขให้การทดสอบในกระบวนการเก็บและรวบรวมผลิตภัณฑ์ยาต้องเป็นกระบวนการทดสอบแรกและหัวข้อการทดสอบอื่น ๆ จะจัดเรียงตามระยะเวลาในการทำงานจากน้อยไปมาก พบว่าหัวข้อการทดสอบยาที่มีระยะเวลาทำงานน้อยจะถูกทำให้เสร็จสิ้นก่อน แต่ยาชนิดนั้นอาจไม่สามารถออกจากระบบได้ หากยาชนิดนั้นมีหัวข้อการทดสอบที่ใช้ระยะเวลานาน อาจทำให้เกิดการรอคอยในระบบขึ้นได้ รูปที่ 4.15 แสดงผลการจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับระยะเวลาทดสอบยาตามหัวข้อการทดสอบด้วยวิธี SPT โดยพบว่าเวลารวมที่งานอยู่ในระบบ (Total Flow Time) มีค่าเท่ากับ 1,209,334 นาที เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย (Makespan) เท่ากับ 11,757 นาที และเวลารอคอยรวมในระบบ (Total waiting time) เท่ากับ 11,181 นาที โดยสามารถดูภาพการจัดตารางทำงานที่ชัดเจนได้ที่ภาคผนวก ข



รูปที่ 4.15 การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับระยะเวลาทดสอบยาตามหัวข้อการทดสอบด้วยวิธี SPT

หากทำการเปลี่ยนการเรียงลำดับงานใหม่ด้วยการเรียงลำดับระยะเวลาทดสอบยาตามหัวข้อการทดสอบจากมากไปน้อย พบว่าจะมีความซับซ้อนมากกว่าเนื่องจากขั้นตอนแรกของการทดสอบจะไม่สามารถเรียงลำดับตาม

เงื่อนไข เนื่องจากส่วนใหญ่เวลาในขั้นตอนแรกจะมีค่าน้อย ส่งผลให้ลำดับการทดสอบจะเกิดขึ้นในช่วงท้ายซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักการจัดตารางการทำงาน ดังนั้นการจัดตารางทำงานต้องแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกจะทำการเรียงลำดับการทำงานในหัวข้อทดสอบต่าง ๆ จากมากไปน้อยตามลำดับ จากนั้นจึงทำการเรียงงานในขั้นตอนแรกตามการทดสอบในหัวข้ออื่น ๆ โดยกำหนดให้เป็นขั้นแรกของทดสอบ จึงจะทำให้การเรียงลำดับงานเกิดความสมเหตุสมผลตามเงื่อนไข จากผลเฉลยพบว่าหัวข้อการทดสอบของยาแต่ละชนิดที่มีระยะเวลาทำงานมากจะถูกทำให้เสร็จสิ้นก่อน ส่งผลให้ยาที่มีหัวข้อการทดสอบที่ใช้เวลาน้อยจะถูกทดสอบในภายหลัง และอาจเกิดการอคอยขึ้นในระบบเช่นกัน จากผลลัพธ์การหาคำตอบพบว่ามีเวลารอคอยรวมในระบบและเวลาสิ้นสุดงานสุดท้ายที่ต่ำกว่าวิธี SPT แต่มีเวลารวมที่งานอยู่ในระบบสูงกว่าวิธี SPT รูปที่ 4.16 แสดงผลการจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับระยะเวลาทดสอบยาตามหัวข้อการทดสอบด้วยวิธี LPT โดยพบว่าเวลารวมที่งานอยู่ในระบบ (Total Flow Time) มีค่าเท่ากับ 2,172,245 นาที เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย (Makespan) เท่ากับ 15,225 นาที และเวลารอคอยรวมในระบบ (Total waiting time) เท่ากับ 15,041 นาที



รูปที่ 4.16 การจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับระยะเวลาทดสอบยาตามหัวข้อการทดสอบด้วยวิธี LPT

ผลเฉลยที่ได้รับจากการจัดตารางการทำงานในรูปแบบที่ 3 พบว่าการเรียงลำดับงานด้วยวิธี SPT ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าทั้ง 3 ตัวชี้วัด โดยเวลาสิ้นสุดงานสุดท้ายอยู่ที่ 11,757 นาที ซึ่งเกินความสามารถสูงสุดของพนักงาน แต่อยู่ในขอบเขตที่สามารถทำงานล่วงเวลาได้ โดยในเดือนแรกหากต้องการทดสอบให้ไม่เกินความสามารถสูงสุดของพนักงาน จะสามารถทดสอบยาได้ทุกชนิด แต่จะมียาจำนวน 3 ชนิดที่ไม่สามารถทดสอบได้ครบทุกหัวข้อ ดังนั้นการเรียงลำดับด้วยวิธีดังกล่าวทั้งเภสัชกรและนักวิทยาศาสตร์จะสามารถทดสอบยาได้ครบตามผลเฉลยที่ได้รับแบบจำลองคณิตศาสตร์หากมีการทำงานล่วงเวลาเพิ่มขึ้นอีก 3,114 นาทีหรือ 13 วัน ซึ่งเป็นวิธีการจัดตารางการทำงานที่มีความเหมาะสมรองจากรูปแบบที่ 2 เนื่องจากสามารถทดสอบยาได้ครบเช่นเดียวกัน

4.3.4 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดตารางการทำงานด้วยกฎการจ่ายงาน

จากการจัดตารางการทำงานด้วยรูปแบบการเรียงลำดับงานและด้วยกฎการจ่ายงานทั้งการเลือกงานที่ใช้เวลาทำงานน้อยที่สุดทำก่อน (SPT) และการเลือกงานที่ใช้เวลาทำนานที่สุดทำก่อน (LPT) ทำให้ได้รูปแบบการจัดตารางการทำงานที่มีข้อดี หรือข้อได้เปรียบแตกต่างกัน โดยสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตารางการทำงานได้โดยเปรียบเทียบผลจากค่าของตัวชี้วัดในประเด็นต่าง ๆ เพื่อเลือกวิธีการจัดตารางการทำงานที่เหมาะสมที่สุดมาปรับใช้ในกระบวนการทำงานจริง

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดจากการเรียงลำดับงานรูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานรวมของการทดสอบ

	เวลารวมที่งานอยู่ในระบบ	เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย	เวลารอคอยรวมในระบบ
รูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี SPT (นาที)	2,585,268	24,235	23,938
รูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี LPT (นาที)	3,090,514	22,134	21,394
ความแตกต่าง (นาที)	505,246	2,101	2,544

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบตัวชี้วัดการจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยระยะเวลาทดสอบยาทุกขั้นตอนด้วยวิธี SPT และ LPT พบว่าเมื่อจัดตารางการทำงานด้วยวิธี SPT จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเนื่องจากมีระยะเวลารวมที่งานอยู่ในระบบน้อยกว่า แต่วิธี LPT จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าจากเวลาสิ้นสุดงานสุดท้ายเร็วกว่าและเวลารอคอยรวมในระบบน้อยกว่าวิธี SPT ดังนั้นการจัดตารางงานด้วยวิธี LPT จะทำให้งานที่มีระยะเวลาการทำงานมากกว่าเข้าในระบบก่อนและอยู่ในระบบนานกว่า แต่งานสามารถออกจากระบบหมดได้เร็วกว่า และมีเวลาว่างเกิดขึ้นน้อยกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดจากการเรียงลำดับงานรูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบ

	เวลารวมที่งานอยู่ในระบบ	เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย	เวลารอคอยรวมในระบบ
รูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี SPT (นาที)	794,927	8,260	4,862
รูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี LPT (นาที)	886,194	10,818	5,679
ความแตกต่าง (นาที)	91,267	2,558	817

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบตัวชี้วัดการจัดตารางการทำงานจากการเรียงลำดับงานด้วยเวลาขั้นตอนแรกของการทดสอบด้วยวิธี SPT และ LPT พบว่าให้ผลเฉลยที่ดีทั้งวิธี SPT และ LPT เนื่องจากทั้ง 2 วิธีสามารถทดสอบยาได้ครบทุกชนิดเช่นเดียวกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นพบว่าการจัดตารางการทำงานด้วยวิธี SPT ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าทั้ง 3 ตัวชี้วัด และให้ผลเฉลยที่ดีที่สุดจากการจัดตารางการทำงานทั้ง 3 วิธี โดยเวลาสิ้นสุดงานสุดท้ายมีค่าไม่เกินความสามารถสูงสุดของทรัพยากร ทำให้งานทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ สามารถทดสอบได้ภายในเดือนตามแผน โดยไม่จำเป็นต้องทำงานล่วงเวลา ในขณะที่การจัดตารางการทำงานด้วยวิธี LPT พนักงานจำเป็นต้องทำงานล่วงเวลาเพื่อให้สามารถตรวจสอบยาได้ครบทุกชนิด

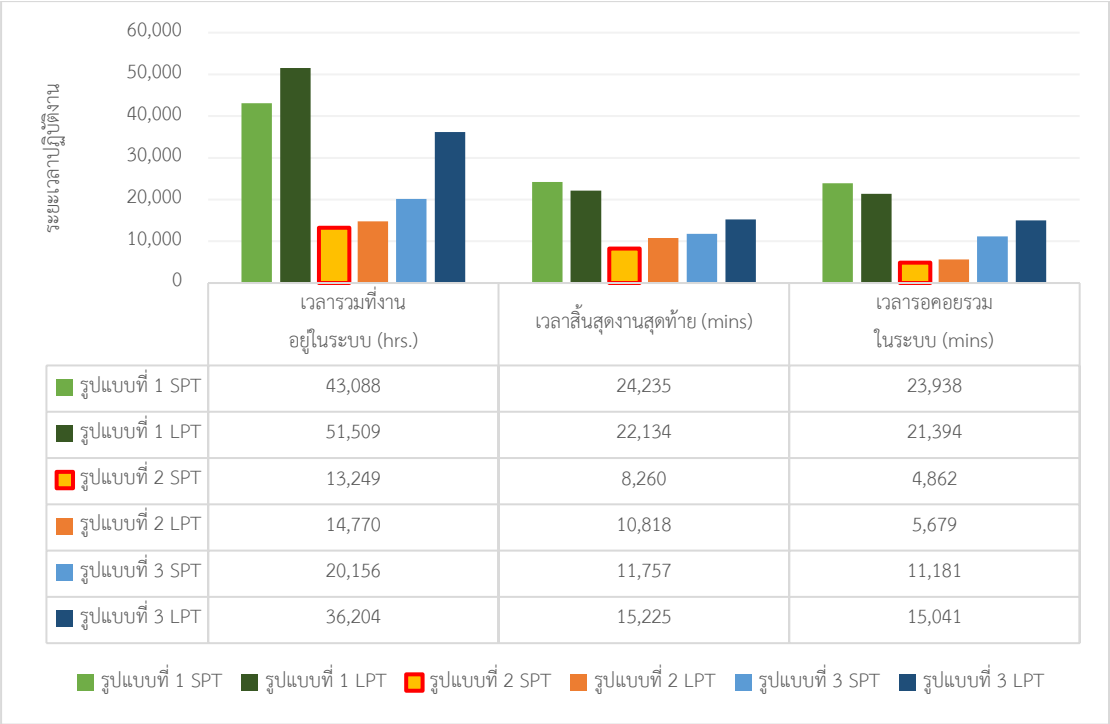
ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดจากการเรียงลำดับงานรูปแบบที่ 3 ด้วยวิธี SPT และ LPT จากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ

	เวลารวมที่งานอยู่ในระบบ	เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย	เวลารอคอยรวมในระบบ
รูปแบบที่ 3 ด้วยวิธี SPT (นาที)	1,209,334	11,757	11,181
รูปแบบที่ 3 ด้วยวิธี LPT (นาที)	2,172,245	15,225	15,041
ความแตกต่าง (นาที)	962,911	3,468	3,860

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบตัวชี้วัดการจัดตารางการทำงาน จากการเรียงลำดับระยะเวลาทดสอบยาตามหัวข้อการทดสอบด้วยวิธี SPT และ LPT พบว่าหากมีการจัดตารางการทำงานด้วยวิธี SPT จะให้ผลเฉลยที่ดีกว่าทั้ง 3 ตัวชี้วัด โดยมีเวลาสิ้นงานสุดท้ายเกินความสามารถสูงสุดของพนักงาน แต่อยู่ในขอบเขตที่สามารถทำงานล่วงเวลาได้ ทำให้ยาทุกชนิดที่ได้จากผลเฉลยของแบบจำลองคณิตศาสตร์ สามารถทดสอบได้ภายในเดือนตามแผน หากพนักงานมีการทำงานล่วงเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะเวลาที่งานอยู่ในระบบมีค่าน้อยที่สุด รูปที่ 4.17 ได้นำเสนอรูปแบบการจัดตารางการทำงานจำนวน 6 รูปแบบ เพื่อเปรียบเทียบผลเฉลยจาก 3 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการจัดตารางการทำงาน ได้แก่ เวลารวมที่งานอยู่บนระบบ, เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย และเวลารอคอยในระบบ พบว่ารูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี SPT ให้ผลเฉลยที่ดีที่สุดทั้ง 3 ตัวชี้วัด เนื่องจากให้ค่าที่ต่ำที่สุด และการจัดตารางการทำงานรูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี LPT ให้ผลเฉลยที่ดีรองลงมา หากต้องการให้วิธีการคำนวณง่ายขึ้น ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน สามารถจัดตารางการทำงานรูปแบบที่ 3 ด้วยวิธี SPTแทนได้ เนื่องจากสามารถทดสอบยาได้ครบทั้งหมดเช่นเดียวกัน แต่จำเป็นต้องมีการทำงานล่วงเวลา



	เวลารวมที่งาน อยู่ในระบบ (hrs.)	เวลาสิ้นสุดงานสุดท้าย (mins)	เวลารอคอยรวม ในระบบ (mins)
รูปแบบที่ 1 SPT	43,088	24,235	23,938
รูปแบบที่ 1 LPT	51,509	22,134	21,394
รูปแบบที่ 2 SPT	13,249	8,260	4,862
รูปแบบที่ 2 LPT	14,770	10,818	5,679
รูปแบบที่ 3 SPT	20,156	11,757	11,181
รูปแบบที่ 3 LPT	36,204	15,225	15,041

รูปที่ 4.17 รูปแบบการมอบหมายงานด้วยวิธีกฎการจ่ายงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ลักษณะของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา

ปัญหาการวางแผนและจัดตารางการทำงานสำหรับการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ยามีจุดมุ่งหมายสำคัญคือการหารูปแบบการมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบโดยลดความแตกต่างของภาระงานระหว่างพนักงานที่มีภาระงานสูงสุด และต่ำที่สุดที่ใช้ในการทดสอบ การทำงานล่วงเวลาของพนักงาน พร้อมทั้งพิจารณาลำดับความสำคัญของการทดสอบยา โดยนำผลเฉลยมาใช้ในการจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ เพื่อให้ระยะเวลาที่งานอยู่ในระบบมีค่าน้อยที่สุด จึงได้มีแนวคิดในการแบ่งงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบด้วยแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming) จะถูกนำมาใช้สำหรับการแก้ปัญหางานส่วนที่ 1 โดยคำนวณจากระยะเวลารวมในการทดสอบทุกหัวข้อตามประเภททรัพยากรที่ใช้ในการทำงาน แต่เนื่องจากมีหลายวัตถุประสงค์และมีหน่วยต่างกัน จึงพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์จำนวน 2 โมเดลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ผลเฉลยจะได้รูปแบบการมอบหมายงานให้กับพนักงานแต่ละคนและเครื่องทดสอบแต่ละเครื่องในช่วงเวลา 12 เดือน พร้อมทั้งจำนวนยาที่ต้องมีการทดสอบในแต่ละเดือน เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าของงานส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาการจัดตารางการทำงานด้วยวิธีฮิวริสติก (Heuristics) โดยจะทำการวิเคราะห์ระยะเวลาในการทดสอบจริงตามหัวข้อการทดสอบด้วยวิธีกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) ผลลัพธ์ที่ได้เป็นรูปแบบการจัดตารางการทำงานของทรัพยากรหลังจากที่ได้มีการมอบหมายงานให้กับทรัพยากรแต่ละประเภทแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 ผลการวิจัย

การวางแผนและจัดตารางการทำงานที่ทำการศึกษาประกอบด้วยพนักงานที่ทำงานภายในหน่วยงานจำนวน 2 กลุ่ม คือ เภสัชกรจำนวน 5 คน และนักวิทยาศาสตร์จำนวน 2 คน และเครื่องทดสอบ จำนวน 4 ประเภท คือ เครื่องทดสอบ M1 จำนวน 11 เครื่อง, เครื่องทดสอบ M2, M3 และ M4 อย่างละ 1 เครื่อง

5.2.1 ผลการวิเคราะห์การมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ

การการวิเคราะห์รูปแบบการมอบหมายงานจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ในงานส่วนที่ 1 พบว่าคำตอบที่ได้รับจากทั้ง 2 โมเดล ให้ผลเฉลยเดียวกัน ทั้งในเรื่องของจำนวนยาที่ถูกทดสอบในแต่ละเดือน จำนวนยาที่ถูกเลื่อนการทดสอบ ภาระงานที่พนักงานแต่ละคนได้รับ การทำงานล่วงเวลา รวมทั้งรูปแบบการมอบหมายงานให้พนักงานและเครื่องทดสอบ โดยพบว่ายาที่ต้องทดสอบทั้งหมด 3,416 ล็อตมีเลื่อนทดสอบไปในเดือนถัด ๆ ไปมากขึ้นเพื่อสร้างสมดุลทางภาระงาน รวมทั้งลดการเกิดการทำงานล่วงเวลาขึ้น โดยมีจำนวนยาที่ถูกเลื่อนการทดสอบออกไปจำนวน 2,013 ล็อต ในเดือนที่ 1 มีการเลื่อนการทดสอบออกไปสูงสุด และเดือนที่ 4 ถูกเลื่อนการทดสอบมามากที่สุด ภาระงานที่เภสัชกรและนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนได้รับมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น โดยมีจำนวนภาระงานสูงสุดใน

เดือนที่ 4 ซึ่งเป็นเดือนที่เภสัชกรมีค่าความต่างของภาระงานมากที่สุด รองลงมาเป็นเดือนที่ 3 และเดือนที่ 12 ตามลำดับ และในเดือนที่ 8 มีจำนวนภาระงานต่ำที่สุด เป็นผลให้ในเดือนที่ 3, 4 และ 12 คาดว่าอาจเกิดการทำงานล่วงเวลาขึ้น โดยในเดือนที่ 4 คาดว่าเกิดการทำงานล่วงเวลาสูงสุด ซึ่งเภสัชกรมีการทำงานล่วงเวลา 3 วันต่อเดือน และนักวิทยาศาสตร์มีการทำงานล่วงเวลา 15 วันต่อเดือน

5.2.2 ผลการวิเคราะห์การจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบ

จากการจัดตารางการทำงานด้วยวิธีการเรียงลำดับงานทั้ง 3 รูปแบบ ได้ผลลัพธ์จากตัวชี้วัดประสิทธิภาพการจัดตารางทั้ง 3 ด้าน ดังรูปที่ 4.10 จากผลการเปรียบทั้ง 3 ตัวชี้วัด พบว่าหากต้องการการจัดตารางการทำงานที่ทำให้เวลารวมที่งานอยู่ในระบบน้อยที่สุดตามวัตถุประสงค์ พบว่าการจัดตารางการทำงานรูปแบบที่ 2 จากเวลาปฏิบัติงานเวลาในขั้นตอนแรกของการทดสอบด้วยวิธี LPT ให้ผลเฉลยที่ดีที่สุดทั้ง 3 ตัวชี้วัด โดยสามารถทดสอบคุณภาพยาได้ครบทุกชนิดโดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในเดือนแรก แต่หากต้องการความง่ายในการจัดตารางการทำงานมากขึ้น ลดความยุ่งยากซับซ้อนในการคำนวณ การจัดตารางการทำงานรูปแบบที่ 3 จากเวลาปฏิบัติงานตามหัวข้อทดสอบ ด้วยวิธี SPT ให้ผลเฉลยที่ดีรองลงมาโดยสามารถดำเนินการได้ง่ายมากขึ้น แต่มีเงื่อนไขหากต้องการทดสอบคุณภาพครบทุกชนิดจำเป็นต้องมีการทำงานล่วงเวลาขึ้น ส่วนวิธีอื่น ๆ จะเป็นการจัดตารางการทำงานที่ไม่สามารถทดสอบยาได้ครบทุกชนิดในเดือนแรก

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

ในการดำเนินงานวิจัยพบปัญหาและอุปสรรคระหว่างดำเนินการดังนี้

5.3.1 ข้อมูลเวลาคงที่และเวลาผันแปรเพื่อใช้ในการคำนวณหาระยะเวลาในการดำเนินงานเป็นเพียงข้อมูลจากกการจับเวลาการทำงานจริงเพียง 1 ครั้ง และใช้เวลาดังกล่าวเป็นตัวแทนเวลาในการทดสอบคุณภาพยาทุกชนิด ซึ่งเวลาในการดำเนินงานแต่ละครั้งอาจมีความแตกต่างกัน

5.3.2 ขั้นตอนการคำนวณระยะเวลาดำเนินงานเพื่อเรียงลำดับงานด้วยวิธีกฎการจ่ายงานและการคำนวณหาเวลาเริ่มต้นงานและสิ้นสุดงานในส่วนของการจัดตารางการทำงาน จัดทำผ่านโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งมีระยะเวลาในการหาคำตอบนาน

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.4.1 ควรมีการเก็บข้อมูลเวลาคงที่และเวลาผันแปรของในกระบวนการทดสอบคุณภาพยาใหม่ โดยเก็บเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานมากกว่า 1 ครั้ง เพื่อให้คำตอบมีค่าความใกล้เคียงกับกระบวนการทำงานจริงมากที่สุด

5.4.2 การวางแผนและจัดตารางการทำงานของพนักงานและเครื่องทดสอบที่นำเสนอเหมาะสำหรับการทำงานในปัจจุบัน หากมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนพนักงานและเครื่องทดสอบในอนาคต รูปแบบการจัดตารางการทำงานที่นำเสนอนี้อาจไม่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
ผลการทดสอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก1 รูปแบบการมอบหมายงานให้เภสัชกรในเดือนที่ 1

เภสัชกร	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
PH1	A01	1	G	1
PH1	A01	1	A	2
PH1	A01	1	D	1
PH1	A01	1	D	2
PH2	A01	1	I	1
PH1	A01	1	I	2
PH5	A03	1	G	1
PH5	A03	1	A	1
PH3	A03	1	A	2
PH3	A03	1	D	1
PH5	A03	1	D	2
PH1	A05	1	G	1
PH2	A05	1	A	1
PH3	A05	1	A	2
PH3	A05	1	D	1
PH4	A05	1	D	2
PH5	A06	1	G	1
PH3	A06	1	A	1
PH2	A06	1	A	2
PH1	A08	1	G	1
PH3	A08	1	A	1
PH4	A08	1	A	2
PH5	A10	1	G	1
PH1	A10	1	A	1
PH5	A10	1	A	2
PH2	A10	1	I	1
PH5	A10	1	I	2
PH1	A11	1	G	1
PH5	A11	1	A	1
PH1	A11	1	A	2
PH2	B02	1	G	1
PH2	B02	1	A	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เภสัชกร	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
PH3	B02	1	A	2
PH1	C01	1	G	1
PH1	C01	1	A	1
PH5	C01	1	A	2
PH1	C02	1	G	1
PH4	C02	1	A	1
PH1	C02	1	A	2
PH3	D04	1	A	2
PH2	D04	1	D	1
PH4	D04	1	D	2
PH5	D05	1	G	1
PH3	D05	1	A	1
PH1	D05	1	A	2
PH3	E02	1	G	1
PH4	E02	1	A	1
PH2	E02	1	A	2
PH3	E02	1	D	1
PH1	E02	1	D	2
PH4	F02	1	G	1
PH3	F02	1	A	1
PH4	F02	1	A	2
PH5	F02	1	D	1
PH3	F02	1	D	2
PH5	F07	1	G	1
PH2	F07	1	A	1
PH1	F07	1	A	2
PH2	G01	1	G	1
PH2	G01	1	A	1
PH3	G01	1	A	2
PH4	G01	1	D	1
PH2	G01	1	D	2
PH5	G02	1	G	1
PH5	G02	1	A	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เภสัชกร	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
PH4	G02	1	A	2
PH5	H02	1	G	1
PH2	H02	1	A	1
PH1	H02	1	A	2
PH3	H02	1	D	1
PH3	H02	1	D	2
PH1	H03	1	G	1
PH4	H03	1	A	1
PH3	H03	1	A	2
PH2	H03	1	I	1
PH4	H03	1	I	2
PH5	I04	1	G	1
PH4	I04	1	A	1
PH1	I04	1	A	2
PH5	I07	1	G	1
PH2	I07	1	A	1
PH3	I07	1	A	2
PH1	I07	1	D	1
PH1	I07	1	D	2
PH1	M03	1	G	1
PH1	M03	1	A	1
PH1	M03	1	A	2
PH5	M06	1	G	1
PH2	M06	1	A	1
PH5	M06	1	A	2
PH1	M07	1	G	1
PH4	M07	1	A	1
PH5	M07	1	A	2
PH1	M07	1	I	1
PH5	M07	1	I	2
PH1	M09	1	G	1
PH1	M09	1	A	1
PH1	M09	1	A	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เภสัชกร	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
PH1	M11	1	G	1
PH4	M11	1	A	1
PH5	M11	1	A	2
PH4	M14	1	G	1
PH5	M14	1	A	1
PH5	M14	1	A	2
PH5	M14	1	D	1
PH4	M14	1	D	2
PH4	P01	1	G	1
PH3	P01	1	A	1
PH1	P01	1	A	2
PH2	P01	1	D	1
PH4	P01	1	D	2
PH1	P04	1	G	1
PH5	P04	1	A	1
PH5	P04	1	A	2
PH4	P08	1	G	1
PH4	P08	1	A	1
PH1	P08	1	A	2
PH3	P08	1	D	1
PH4	P08	1	D	2
PH1	Q02	1	G	1
PH1	Q02	1	A	1
PH1	Q02	1	A	2
PH5	Q02	1	D	1
PH1	Q02	1	D	2
PH3	Q02	1	I	1
PH4	Q02	1	I	2
PH2	S02	1	G	1
PH5	S02	1	A	1
PH4	S02	1	A	2
PH3	S02	1	D	1
PH1	S02	1	D	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เภสัชกร	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
PH3	S06	1	G	1
PH4	S06	1	A	1
PH4	S06	1	A	2
PH4	S06	1	D	1
PH2	S06	1	D	2
PH1	V04	1	G	1
PH4	V04	1	A	1
PH1	V04	1	A	2
PH2	V04	1	D	1
PH5	V04	1	D	2

ตารางที่ ก2 ตัวอย่างรูปแบบการมอบหมายงานให้นักวิทยาศาสตร์ในเดือนที่ 1

นักวิทยาศาสตร์	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
SC1	A01	A	1	235
SC1	A01	A	7	119
SC1	A01	D	7	112
SC1	A01	I	7	140
SC2	A03	A	7	274
SC2	A03	D	7	270
SC2	A05	A	7	117
SC2	A05	D	7	127
SC2	A06	A	7	306
SC2	A08	A	7	130
SC2	A10	A	7	152
SC1	A10	I	7	156
SC2	A11	A	7	136
SC2	B02	A	7	173
SC2	C01	A	7	155
SC1	C02	A	7	181
SC2	D04	G	1	60
SC2	D04	A	1	260
SC2	D04	A	7	144
SC2	D04	D	7	116

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักวิทยาศาสตร์	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
SC1	D05	A	7	211
SC2	E02	A	7	229
SC1	E02	D	7	257
SC2	F02	A	7	150
SC2	F02	D	7	144
SC1	F07	A	7	224
SC1	G01	A	7	330
SC2	G01	D	7	296
SC2	G02	A	7	186
SC2	H02	A	7	165
SC2	H02	D	7	159
SC1	H03	A	7	288
SC1	H03	I	7	298
SC2	I04	A	7	184
SC1	I07	A	7	258
SC1	I07	D	7	240
SC1	M03	A	7	145
SC1	M06	A	7	134
SC1	M07	A	7	179
SC1	M07	I	7	168
SC1	M09	A	7	146
SC2	M11	A	7	182
SC1	M14	A	7	261
SC2	M14	D	7	237
SC1	P01	A	7	333
SC2	P01	D	7	305
SC2	P04	A	7	186
SC2	P08	A	7	245
SC2	P08	D	7	220
SC2	Q02	A	7	204
SC1	Q02	D	7	190
SC1	Q02	I	7	214
SC2	S02	A	7	158

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักวิทยาศาสตร์	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
SC2	S02	D	7	137
SC1	S06	A	7	260
SC1	S06	D	7	278
SC1	V04	A	7	228
SC1	V04	D	7	249

ตารางที่ ก3 ตัวอย่างรูปแบบการมอบหมายงานให้เครื่องจักร M1 เดือนที่ 1

เครื่องจักร M1	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
HP7	A01	A	3	628
HP8	A01	D	3	757
HP7	A01	I	3	1148
HP2	A03	A	3	612
HP3	A03	D	3	719
HP9	A05	A	3	628
HP7	A05	D	3	733
HP11	A06	A	3	1023
HP5	A08	A	3	547
HP11	A10	A	3	805
HP5	A10	I	3	1163
HP1	A11	A	3	532
HP6	B02	A	3	629
HP11	C01	A	3	609
HP2	C02	A	3	631
HP8	D04	A	3	930
HP3	E02	A	3	612
HP2	E02	D	3	622
HP7	F02	A	3	1157
HP7	F02	D	3	836
HP6	F07	A	3	1233
HP8	G01	A	3	930
HP9	G01	D	3	922
HP8	H02	A	3	1244

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องจักร M1	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
HP1	H02	D	3	748
HP4	I07	A	3	737
HP3	I07	D	3	867
HP10	M06	A	3	537
HP2	M11	A	3	1626
HP10	M14	A	3	1200
HP11	M14	D	3	1738
HP9	P01	A	3	1955
HP5	P01	D	3	840
HP10	P04	A	3	601
HP10	P08	A	3	818
HP1	P08	D	3	962
HP2	Q02	A	3	650
HP10	Q02	I	3	154
HP6	S02	A	3	725
HP1	S02	D	3	947
HP11	S06	A	3	807
HP4	S06	D	3	962
HP1	V04	D	3	827

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก4 ตัวอย่างรูปแบบการมอบหมายงานให้เครื่องจักร M2 เดือนที่ 1

เครื่องจักร M2	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
SP1	D04	D	4	922

ตารางที่ ก5 ตัวอย่างรูปแบบการมอบหมายงานให้เครื่องจักร M3 เดือนที่ 1

เครื่องจักร M2	ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ระยะเวลาปฏิบัติงาน
GC1	D05	A	5	538
GC1	G02	A	5	509
GC1	M03	A	5	499
GC1	M09	A	5	509

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบจากการจัดตารางการทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข1 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี SPT (นาที)

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
49	G	1	PH5	132	0	132
49	A	1	PH4	112	132	244
49	A	2	PH1	40	244	284
49	A	7	SC2	184	284	468
66	G	1	PH5	116	132	248
66	A	1	PH2	241	248	489
66	A	2	PH5	45	489	534
66	A	3	HP10	537	534	1,071
66	A	7	SC1	158	1,071	1,229
8	G	1	PH1	100	284	384
8	A	1	PH3	272	384	656
8	A	2	PH4	50	656	706
8	A	3	HP5	547	706	1,253
8	A	7	SC2	138	1,253	1,391
37	G	1	PH5	148	534	682
37	A	1	PH5	228	682	910
37	A	2	PH4	84	910	994
37	A	5	GC1	509	994	1,503
37	A	7	SC2	218	1,503	1,721
69	G	1	PH1	148	384	532
69	A	1	PH1	228	532	760
69	A	2	PH1	84	760	844
69	A	5	GC1	509	1,503	2,012
69	A	7	SC1	218	2,012	2,230
25	G	1	PH5	164	910	1,074
25	A	1	PH3	194	1,074	1,268
25	A	2	PH1	60	1,268	1,328
25	A	5	GC1	538	2,012	2,550
25	A	7	SC1	251	2,550	2,801
11	G	1	PH1	156	1,328	1,484
11	A	1	PH5	276	1,484	1,760
11	A	2	PH1	40	1,760	1,800

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
11	A	3	HP1	532	1,800	2,332
11	A	7	SC2	208	2,332	2,540
16	G	1	PH1	148	1,800	1,948
16	A	1	PH4	304	1,948	2,252
16	A	2	PH1	45	2,252	2,297
16	A	3	HP2	631	2,297	2,928
16	A	7	SC1	197	2,928	3,125
63	G	1	PH1	228	2,297	2,525
63	A	1	PH1	301	2,525	2,826
63	A	2	PH1	70	2,826	2,896
63	A	5	GC1	499	2,896	3,395
63	A	7	SC1	305	3,395	3,700
15	G	1	PH1	204	2,896	3,100
15	A	1	PH1	346	3,100	3,446
15	A	2	PH5	40	3,446	3,486
15	A	3	HP11	609	3,486	4,095
15	A	7	SC2	235	4,095	4,330
83	G	1	PH1	204	3,446	3,650
83	A	1	PH5	390	3,650	4,040
83	A	2	PH5	50	4,040	4,090
83	A	3	HP10	601	4,090	4,691
83	A	7	SC2	274	4,691	4,965
13	G	1	PH2	244	489	733
13	A	1	PH2	387	733	1,120
13	A	2	PH3	46	1,120	1,166
13	A	3	HP6	629	1,166	1,795
13	A	7	SC2	293	1,795	2,088
35	G	1	PH5	116	4,090	4,206
35	A	1	PH2	318	4,206	4,524
35	A	2	PH1	58	4,524	4,582
35	A	3	HP6	1233	4,582	5,815
35	A	7	SC1	224	5,815	6,039
6	G	1	PH5	156	4,206	4,362

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
6	A	1	PH3	456	4,362	4,818
6	A	2	PH2	48	4,818	4,866
6	A	3	HP11	1023	4,866	5,889
6	A	7	SC2	306	5,889	6,195
67	G	1	PH1	370	4,582	4,952
67	A	1	PH4	411	4,952	5,363
67	A	2	PH5	37	5,363	5,400
67	A	7	SC1	419	5,400	5,819
67	I	1	PH1	401	4,952	5,353
67	I	2	PH5	28	5,353	5,381
67	I	7	SC1	408	5,381	5,789
110	G	1	PH1	165	5,353	5,518
110	A	1	PH4	308	5,518	5,826
110	A	2	PH1	48	5,826	5,874
110	A	7	SC1	228	5,874	6,102
110	D	1	PH2	375	5,518	5,893
110	D	2	PH5	53	5,893	5,946
110	D	3	HP1	827	5,946	6,773
110	D	7	SC1	249	6,773	7,022
71	G	1	PH1	204	5,874	6,078
71	A	1	PH4	375	6,078	6,453
71	A	2	PH5	60	6,453	6,513
71	A	3	HP2	1626	6,513	8,139
71	A	7	SC2	270	8,139	8,409
89	G	1	PH1	148	6,078	6,226
89	A	1	PH1	357	6,226	6,583
89	A	2	PH1	43	6,583	6,626
89	A	3	HP2	650	8,139	8,789
89	A	7	SC2	215	8,789	9,004
89	I	1	PH3	207	6,226	6,433
89	I	2	PH4	36	6,433	6,469
89	I	3	HP10	154	6,469	6,623
89	I	7	SC1	225	6,623	6,848

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
89	D	1	PH5	299	6,513	6,812
89	D	2	PH1	45	6,812	6,857
89	D	7	SC1	201	6,857	7,058
43	G	1	PH1	480	6,857	7,337
43	A	1	PH4	520	7,337	7,857
43	A	2	PH3	35	7,857	7,892
43	A	7	SC1	508	7,892	8,400
43	I	1	PH2	515	7,337	7,852
43	I	2	PH4	45	7,852	7,897
43	I	7	SC1	518	7,897	8,415
10	G	1	PH5	140	6,812	6,952
10	A	1	PH1	340	7,337	7,677
10	A	2	PH5	55	7,677	7,732
10	A	3	HP11	805	7,732	8,537
10	A	7	SC2	192	8,537	8,729
10	I	1	PH2	293	7,852	8,145
10	I	2	PH5	45	8,145	8,190
10	I	3	HP5	1163	8,190	9,353
10	I	7	SC1	196	9,353	9,549
52	G	1	PH5	195	8,190	8,385
52	A	1	PH2	437	8,385	8,822
52	A	2	PH3	46	8,822	8,868
52	A	3	HP4	737	8,868	9,605
52	A	7	SC1	303	9,605	9,908
52	D	1	PH1	472	8,385	8,857
52	D	2	PH1	54	8,857	8,911
52	D	3	HP3	867	8,911	9,778
52	D	7	SC1	285	9,778	10,063
42	G	1	PH5	165	8,385	8,550
42	A	1	PH2	348	8,822	9,170
42	A	2	PH1	54	9,170	9,224
42	A	3	HP8	1244	9,224	10,468
42	A	7	SC2	255	10,468	10,723

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
42	D	1	PH3	390	8,868	9,258
42	D	2	PH3	48	9,258	9,306
42	D	3	HP1	748	9,306	10,054
42	D	7	SC2	249	10,054	10,303
24	G	1	SC2	60	10,303	10,363
24	A	1	SC2	260	10,363	10,623
24	A	2	PH3	50	10,623	10,673
24	A	3	HP8	930	10,673	11,603
24	A	7	SC2	429	11,603	12,032
24	D	1	PH2	579	10,363	10,942
24	D	2	PH4	35	10,942	10,977
24	D	4	SP1	922	10,977	11,899
24	D	7	SC2	401	11,899	12,300
36	G	1	PH2	240	10,942	11,182
36	A	1	PH2	440	11,182	11,622
36	A	2	PH3	50	11,622	11,672
36	A	3	HP8	930	11,672	12,602
36	A	7	SC1	330	12,602	12,932
36	D	1	PH4	474	11,182	11,656
36	D	2	PH2	35	11,656	11,691
36	D	3	HP9	922	11,691	12,613
36	D	7	SC2	296	12,613	12,909
28	G	1	PH3	420	11,672	12,092
28	A	1	PH4	565	12,092	12,657
28	A	2	PH2	40	12,657	12,697
28	A	3	HP3	612	12,697	13,309
28	A	7	SC2	469	13,309	13,778
28	D	1	PH3	638	12,092	12,730
28	D	2	PH1	45	12,730	12,775
28	D	3	HP2	622	12,775	13,397
28	D	7	SC1	497	13,397	13,894
30	G	1	PH4	240	12,657	12,897
30	A	1	PH3	435	12,897	13,332

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
30	A	2	PH4	50	13,332	13,382
30	A	3	HP7	1157	13,382	14,539
30	A	7	SC2	330	14,539	14,869
30	D	1	PH5	504	12,897	13,401
30	D	2	PH3	48	13,401	13,449
30	D	3	HP7	836	14,539	15,375
30	D	7	SC2	324	15,375	15,699
3	G	1	PH5	420	13,401	13,821
3	A	1	PH5	565	13,821	14,386
3	A	2	PH3	40	14,386	14,426
3	A	3	HP2	612	14,426	15,038
3	A	7	SC2	469	15,038	15,507
3	D	1	PH3	632	14,426	15,058
3	D	2	PH5	40	15,058	15,098
3	D	3	HP3	719	15,098	15,817
3	D	7	SC2	465	15,817	16,282
99	G	1	PH3	310	15,058	15,368
99	A	1	PH4	513	15,368	15,881
99	A	2	PH4	46	15,881	15,927
99	A	3	HP11	807	15,927	16,734
99	A	7	SC1	400	16,734	17,134
99	D	1	PH4	543	15,927	16,470
99	D	2	PH2	54	16,470	16,524
99	D	3	HP4	962	16,524	17,486
99	D	7	SC1	418	17,486	17,904
5	G	1	PH1	525	12,775	13,300
5	A	1	PH2	683	16,524	17,207
5	A	2	PH3	35	17,207	17,242
5	A	3	HP9	628	17,242	17,870
5	A	7	SC2	567	17,870	18,437
5	D	1	PH3	680	17,242	17,922
5	D	2	PH4	50	17,922	17,972
5	D	3	HP7	733	17,972	18,705

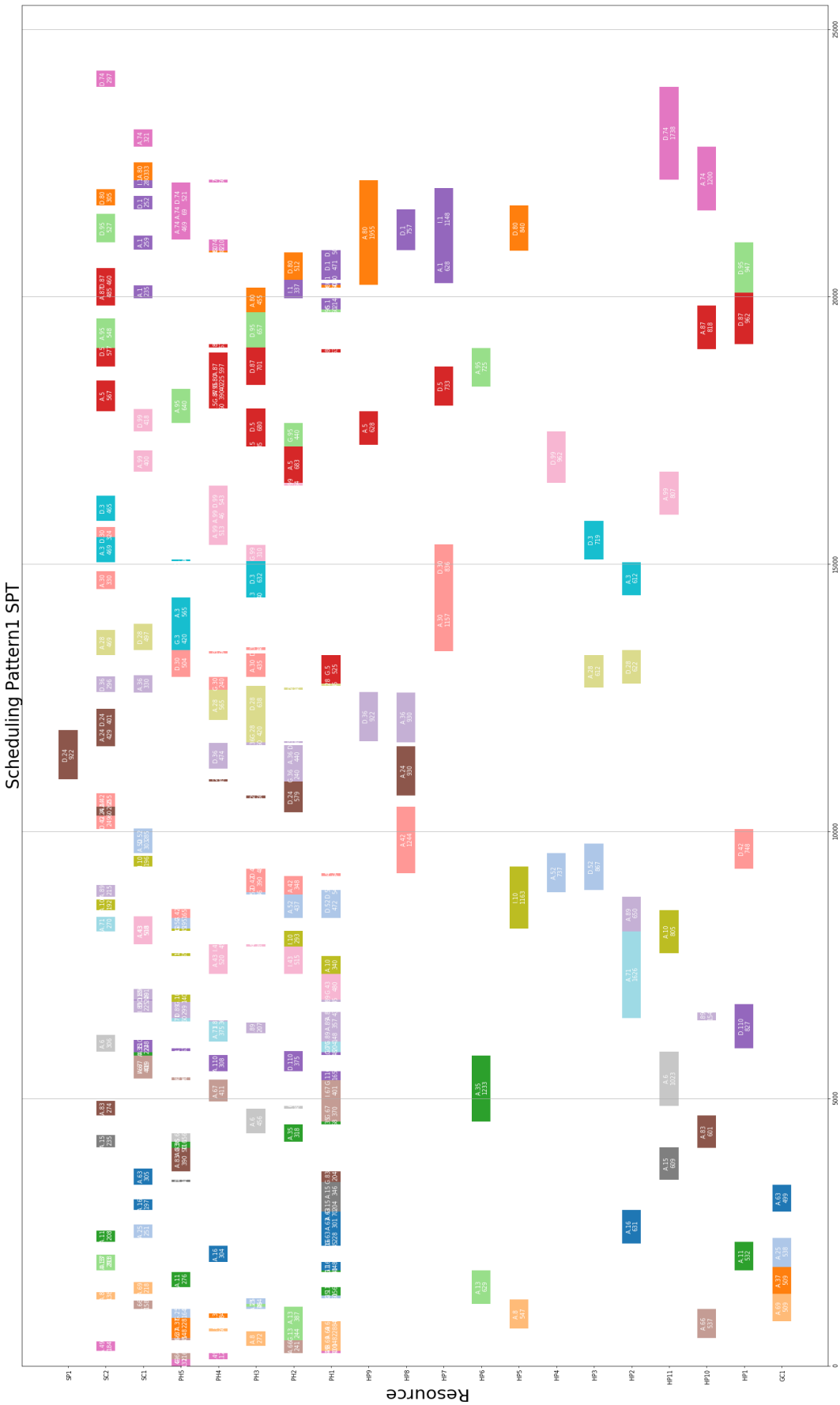
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
5	D	7	SC2	577	18,705	19,282
87	G	1	PH4	390	17,972	18,362
87	A	1	PH4	597	18,362	18,959
87	A	2	PH1	63	18,959	19,022
87	A	3	HP10	818	19,022	19,840
87	A	7	SC2	485	19,840	20,325
87	D	1	PH3	701	18,362	19,063
87	D	2	PH4	57	19,063	19,120
87	D	3	HP1	962	19,120	20,082
87	D	7	SC2	460	20,082	20,542
95	G	1	PH2	440	17,207	17,647
95	A	1	PH5	640	17,647	18,287
95	A	2	PH4	40	18,287	18,327
95	A	3	HP6	725	18,327	19,052
95	A	7	SC2	548	19,052	19,600
95	D	1	PH3	657	19,063	19,720
95	D	2	PH1	50	19,720	19,770
95	D	3	HP1	947	20,082	21,029
95	D	7	SC2	527	21,029	21,556
1	G	1	PH1	214	19,770	19,984
1	A	1	SC1	235	19,984	20,219
1	A	2	PH1	42	20,219	20,261
1	A	3	HP7	628	20,261	20,889
1	A	7	SC1	259	20,889	21,148
1	I	1	PH2	337	19,984	20,321
1	I	2	PH1	40	20,321	20,361
1	I	3	HP7	1148	20,889	22,037
1	I	7	SC1	280	22,037	22,317
1	D	1	PH1	471	20,361	20,832
1	D	2	PH1	50	20,832	20,882
1	D	3	HP8	757	20,882	21,639
1	D	7	SC1	252	21,639	21,891
80	G	1	PH4	225	18,327	18,552

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
80	A	1	PH3	455	19,720	20,175
80	A	2	PH1	60	20,175	20,235
80	A	3	HP9	1955	20,235	22,190
80	A	7	SC1	333	22,190	22,523
80	D	1	PH2	512	20,321	20,833
80	D	2	PH4	38	20,833	20,871
80	D	3	HP5	840	20,871	21,711
80	D	7	SC2	305	21,711	22,016
74	G	1	PH4	210	20,871	21,081
74	A	1	PH5	469	21,081	21,550
74	A	2	PH5	69	21,550	21,619
74	A	3	HP10	1200	21,619	22,819
74	A	7	SC1	321	22,819	23,140
74	D	1	PH5	521	21,619	22,140
74	D	2	PH4	60	22,140	22,200
74	D	3	HP11	1738	22,200	23,938
74	D	7	SC2	297	23,938	24,235

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


Scheduling Pattern1 SPT
Resource
Time
SP1
SC2
SC1
PH5
PH4
PH3
PH2
PH1
HP9
HP8
HP7
HP6
HP5
HP4
HP3
HP2
HP11
HP10
HP1
GC1
0
5000
10000
15000
20000
25000

ตารางที่ ข2 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 1 ด้วยวิธี LPT (นาที)

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
74	G	1	PH4	210	0	210
74	A	1	PH5	469	210	679
74	A	2	PH5	69	679	748
74	A	3	HP10	1200	748	1,948
74	A	7	SC1	321	1,948	2,269
74	D	1	PH5	521	748	1,269
74	D	2	PH4	60	1,269	1,329
74	D	3	HP11	1738	1,329	3,067
74	D	7	SC2	297	3,067	3,364
80	G	1	PH4	225	1,329	1,554
80	A	1	PH3	455	1,554	2,009
80	A	2	PH1	60	2,009	2,069
80	A	3	HP9	1955	2,069	4,024
80	A	7	SC1	333	4,024	4,357
80	D	1	PH2	512	1,554	2,066
80	D	2	PH4	38	2,066	2,104
80	D	3	HP5	840	2,104	2,944
80	D	7	SC2	305	2,944	3,249
1	G	1	PH1	214	2,069	2,283
1	A	1	SC1	235	4,357	4,592
1	A	2	PH1	42	4,592	4,634
1	A	3	HP7	628	4,634	5,262
1	A	7	SC1	259	5,262	5,521
1	I	1	PH2	337	2,283	2,620
1	I	2	PH1	40	2,620	2,660
1	I	3	HP7	1148	5,262	6,410
1	I	7	SC1	280	6,410	6,690
1	D	1	PH1	471	2,660	3,131
1	D	2	PH1	50	3,131	3,181
1	D	3	HP8	757	3,181	3,938
1	D	7	SC1	252	3,938	4,190
95	G	1	PH2	440	2,620	3,060

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
95	A	1	PH5	640	3,060	3,700
95	A	2	PH4	40	3,700	3,740
95	A	3	HP6	725	3,740	4,465
95	A	7	SC2	548	4,465	5,013
95	D	1	PH3	657	3,060	3,717
95	D	2	PH1	50	3,717	3,767
95	D	3	HP1	947	3,767	4,714
95	D	7	SC2	527	4,714	5,241
87	G	1	PH4	390	3,740	4,130
87	A	1	PH4	597	4,130	4,727
87	A	2	PH1	63	4,727	4,790
87	A	3	HP10	818	4,790	5,608
87	A	7	SC2	485	5,608	6,093
87	D	1	PH3	701	4,130	4,831
87	D	2	PH4	57	4,831	4,888
87	D	3	HP1	962	4,888	5,850
87	D	7	SC2	460	5,850	6,310
5	G	1	PH1	525	4,790	5,315
5	A	1	PH2	683	5,315	5,998
5	A	2	PH3	35	5,998	6,033
5	A	3	HP9	628	6,033	6,661
5	A	7	SC2	567	6,661	7,228
5	D	1	PH3	680	6,033	6,713
5	D	2	PH4	50	6,713	6,763
5	D	3	HP7	733	6,763	7,496
5	D	7	SC2	577	7,496	8,073
99	G	1	PH3	310	6,713	7,023
99	A	1	PH4	513	7,023	7,536
99	A	2	PH4	46	7,536	7,582
99	A	3	HP11	807	7,582	8,389
99	A	7	SC1	400	8,389	8,789
99	D	1	PH4	543	7,582	8,125
99	D	2	PH2	54	8,125	8,179

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
99	D	3	HP4	962	8,179	9,141
99	D	7	SC1	418	9,141	9,559
3	G	1	PH5	420	3,700	4,120
3	A	1	PH5	565	4,120	4,685
3	A	2	PH3	40	4,685	4,725
3	A	3	HP2	612	4,725	5,337
3	A	7	SC2	469	5,337	5,806
3	D	1	PH3	632	4,725	5,357
3	D	2	PH5	40	5,357	5,397
3	D	3	HP3	719	5,397	6,116
3	D	7	SC2	465	6,116	6,581
30	G	1	PH4	240	8,125	8,365
30	A	1	PH3	435	8,365	8,800
30	A	2	PH4	50	8,800	8,850
30	A	3	HP7	1157	8,850	10,007
30	A	7	SC2	330	10,007	10,337
30	D	1	PH5	504	8,365	8,869
30	D	2	PH3	48	8,869	8,917
30	D	3	HP7	836	10,007	10,843
30	D	7	SC2	324	10,843	11,167
28	G	1	PH3	420	8,917	9,337
28	A	1	PH4	565	9,337	9,902
28	A	2	PH2	40	9,902	9,942
28	A	3	HP3	612	9,942	10,554
28	A	7	SC2	469	10,554	11,023
28	D	1	PH3	638	9,337	9,975
28	D	2	PH1	45	9,975	10,020
28	D	3	HP2	622	10,020	10,642
28	D	7	SC1	497	10,642	11,139
36	G	1	PH2	240	9,942	10,182
36	A	1	PH2	440	10,182	10,622
36	A	2	PH3	50	10,622	10,672
36	A	3	HP8	930	10,672	11,602

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
36	A	7	SC1	330	11,602	11,932
36	D	1	PH4	474	10,182	10,656
36	D	2	PH2	35	10,656	10,691
36	D	3	HP9	922	10,691	11,613
36	D	7	SC2	296	11,613	11,909
24	G	1	SC2	60	11,909	11,969
24	A	1	SC2	260	11,969	12,229
24	A	2	PH3	50	12,229	12,279
24	A	3	HP8	930	12,279	13,209
24	A	7	SC2	429	13,209	13,638
24	D	1	PH2	579	11,969	12,548
24	D	2	PH4	35	12,548	12,583
24	D	4	SP1	922	12,583	13,505
24	D	7	SC2	401	13,505	13,906
42	G	1	PH5	165	8,869	9,034
42	A	1	PH2	348	12,548	12,896
42	A	2	PH1	54	12,896	12,950
42	A	3	HP8	1244	13,209	14,453
42	A	7	SC2	255	14,453	14,708
42	D	1	PH3	390	12,279	12,669
42	D	2	PH3	48	12,669	12,717
42	D	3	HP1	748	12,717	13,465
42	D	7	SC2	249	13,465	13,714
52	G	1	PH5	195	9,034	9,229
52	A	1	PH2	437	12,896	13,333
52	A	2	PH3	46	13,333	13,379
52	A	3	HP4	737	13,379	14,116
52	A	7	SC1	303	14,116	14,419
52	D	1	PH1	472	12,950	13,422
52	D	2	PH1	54	13,422	13,476
52	D	3	HP3	867	13,476	14,343
52	D	7	SC1	285	14,343	14,628
10	G	1	PH5	140	9,229	9,369

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
10	A	1	PH1	340	13,476	13,816
10	A	2	PH5	55	13,816	13,871
10	A	3	HP11	805	13,871	14,676
10	A	7	SC2	192	14,676	14,868
10	I	1	PH2	293	13,333	13,626
10	I	2	PH5	45	13,626	13,671
10	I	3	HP5	1163	13,671	14,834
10	I	7	SC1	196	14,834	15,030
43	G	1	PH1	480	13,816	14,296
43	A	1	PH4	520	14,296	14,816
43	A	2	PH3	35	14,816	14,851
43	A	7	SC1	508	14,851	15,359
43	I	1	PH2	515	14,296	14,811
43	I	2	PH4	45	14,811	14,856
43	I	7	SC1	518	14,856	15,374
89	G	1	PH1	148	14,296	14,444
89	A	1	PH1	357	14,444	14,801
89	A	2	PH1	43	14,801	14,844
89	A	3	HP2	650	14,844	15,494
89	A	7	SC2	215	15,494	15,709
89	I	1	PH3	207	14,851	15,058
89	I	2	PH4	36	15,058	15,094
89	I	3	HP10	154	15,094	15,248
89	I	7	SC1	225	15,248	15,473
89	D	1	PH5	299	14,444	14,743
89	D	2	PH1	45	14,743	14,788
89	D	7	SC1	201	14,788	14,989
71	G	1	PH1	204	14,788	14,992
71	A	1	PH4	375	15,094	15,469
71	A	2	PH5	60	15,469	15,529
71	A	3	HP2	1626	15,529	17,155
71	A	7	SC2	270	17,155	17,425
110	G	1	PH1	165	14,992	15,157

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
110	A	1	PH4	308	15,469	15,777
110	A	2	PH1	48	15,777	15,825
110	A	7	SC1	228	15,825	16,053
110	D	1	PH2	375	15,157	15,532
110	D	2	PH5	53	15,532	15,585
110	D	3	HP1	827	15,585	16,412
110	D	7	SC1	249	16,412	16,661
67	G	1	PH1	370	15,825	16,195
67	A	1	PH4	411	16,195	16,606
67	A	2	PH5	37	16,606	16,643
67	A	7	SC1	419	16,643	17,062
67	I	1	PH1	401	16,195	16,596
67	I	2	PH5	28	16,596	16,624
67	I	7	SC1	408	16,624	17,032
6	G	1	PH5	156	16,624	16,780
6	A	1	PH3	456	16,780	17,236
6	A	2	PH2	48	17,236	17,284
6	A	3	HP11	1023	17,284	18,307
6	A	7	SC2	306	18,307	18,613
35	G	1	PH5	116	16,780	16,896
35	A	1	PH2	318	17,284	17,602
35	A	2	PH1	58	17,602	17,660
35	A	3	HP6	1233	17,660	18,893
35	A	7	SC1	224	18,893	19,117
13	G	1	PH2	244	17,602	17,846
13	A	1	PH2	387	17,846	18,233
13	A	2	PH3	46	18,233	18,279
13	A	3	HP6	629	18,893	19,522
13	A	7	SC2	293	19,522	19,815
83	G	1	PH1	204	17,660	17,864
83	A	1	PH5	390	17,864	18,254
83	A	2	PH5	50	18,254	18,304
83	A	3	HP10	601	18,304	18,905

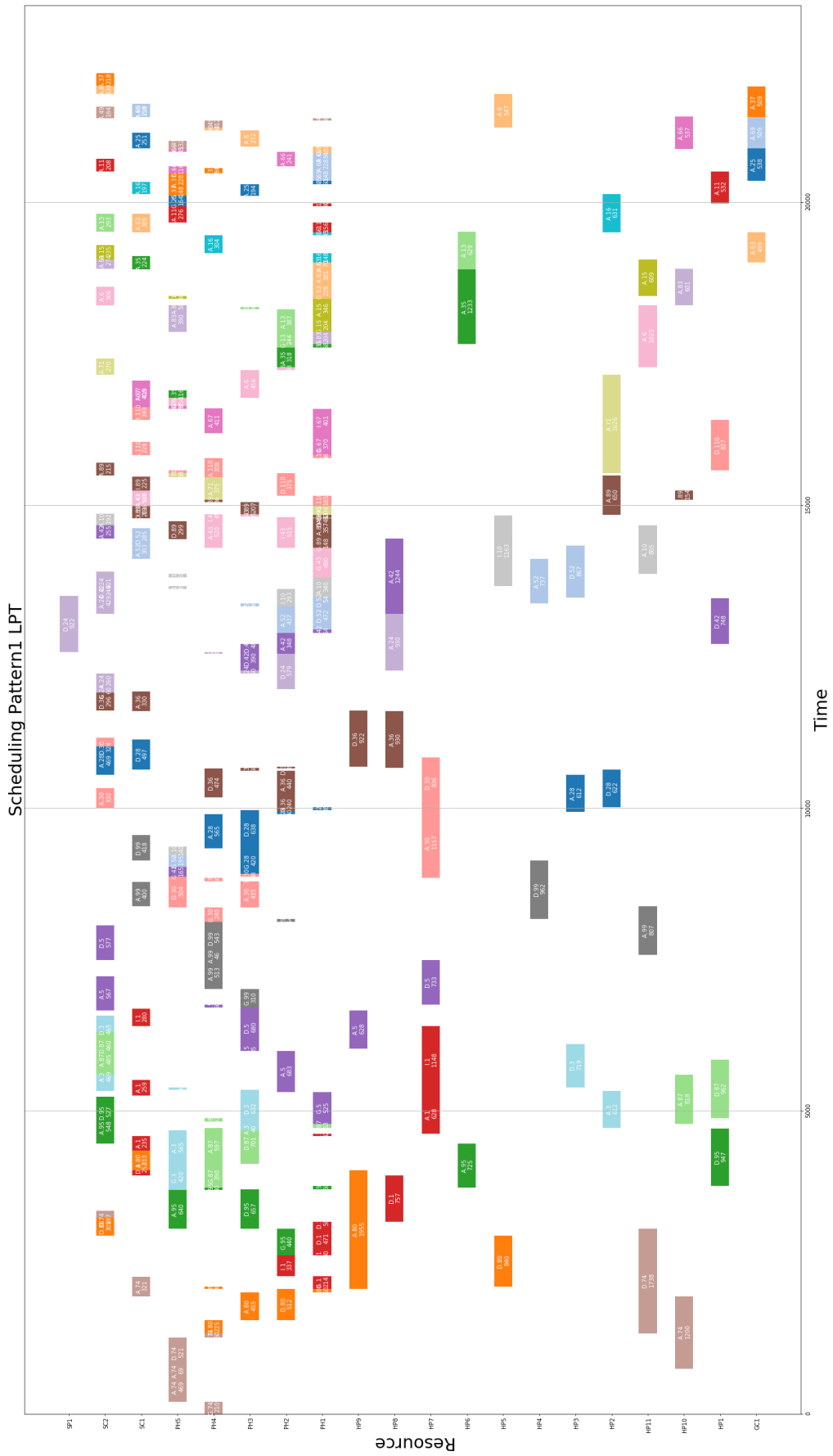
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
83	A	7	SC2	274	18,905	19,179
15	G	1	PH1	204	17,864	18,068
15	A	1	PH1	346	18,068	18,414
15	A	2	PH5	40	18,414	18,454
15	A	3	HP11	609	18,454	19,063
15	A	7	SC2	235	19,063	19,298
63	G	1	PH1	228	18,414	18,642
63	A	1	PH1	301	18,642	18,943
63	A	2	PH1	70	18,943	19,013
63	A	5	GC1	499	19,013	19,512
63	A	7	SC1	305	19,512	19,817
16	G	1	PH1	148	19,013	19,161
16	A	1	PH4	304	19,161	19,465
16	A	2	PH1	45	19,465	19,510
16	A	3	HP2	631	19,510	20,141
16	A	7	SC1	197	20,141	20,338
11	G	1	PH1	156	19,510	19,666
11	A	1	PH5	276	19,666	19,942
11	A	2	PH1	40	19,942	19,982
11	A	3	HP1	532	19,982	20,514
11	A	7	SC2	208	20,514	20,722
25	G	1	PH5	164	19,942	20,106
25	A	1	PH3	194	20,106	20,300
25	A	2	PH1	60	20,300	20,360
25	A	5	GC1	538	20,360	20,898
25	A	7	SC1	251	20,898	21,149
69	G	1	PH1	148	20,360	20,508
37	G	1	PH5	148	20,106	20,254
69	A	1	PH1	228	20,508	20,736
37	A	1	PH5	228	20,254	20,482
69	A	2	PH1	84	20,736	20,820
37	A	2	PH4	84	20,482	20,566
69	A	5	GC1	509	20,898	21,407

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
37	A	5	GC1	509	21,407	21,916
69	A	7	SC1	218	21,407	21,625
37	A	7	SC2	218	21,916	22,134
8	G	1	PH1	100	20,820	20,920
8	A	1	PH3	272	20,920	21,192
8	A	2	PH4	50	21,192	21,242
8	A	3	HP5	547	21,242	21,789
8	A	7	SC2	138	21,789	21,927
66	G	1	PH5	116	20,482	20,598
66	A	1	PH2	241	20,598	20,839
66	A	2	PH5	45	20,839	20,884
66	A	3	HP10	537	20,884	21,421
66	A	7	SC1	158	21,421	21,579
49	G	1	PH5	132	20,884	21,016
49	A	1	PH4	112	21,242	21,354
49	A	2	PH1	40	21,354	21,394
49	A	7	SC2	184	21,394	21,578

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


Scheduling Pattern1 LPT
Resource
Time
SP1
SC2
SC1
PH5
PH4
PH3
PH2
PH1
HP9
HP8
HP7
HP6
HP5
HP4
HP3
HP2
HP11
HP10
HP1
GC1
0
5000
10000
15000
20000

ตารางที่ ข3 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี SPT (นาที)

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
95	G	1	PH2	50	0	50
24	G	1	SC2	60	0	60
30	G	1	PH4	60	0	60
63	G	1	PH1	68	0	68
1	G	1	PH1	74	68	142
42	G	1	PH5	75	0	75
5	G	1	PH1	75	142	217
69	G	1	PH1	76	217	293
11	G	1	PH1	84	293	377
8	G	1	PH1	92	377	469
66	G	1	PH5	92	75	167
10	G	1	PH5	100	167	267
35	G	1	PH5	116	267	383
37	G	1	PH5	116	383	499
83	G	1	PH1	116	469	585
71	G	1	PH1	116	585	701
25	G	1	PH5	124	499	623
15	G	1	PH1	124	701	825
13	G	1	PH2	124	50	174
67	G	1	PH1	130	825	955
49	G	1	PH5	132	623	755
16	G	1	PH1	132	955	1,087
89	G	1	PH1	148	1,087	1,235
52	G	1	PH5	150	755	905
74	G	1	PH4	150	60	210
87	G	1	PH4	150	210	360
6	G	1	PH5	156	905	1,061
110	G	1	PH1	165	1,235	1,400
99	G	1	PH3	170	0	170
28	G	1	PH3	180	170	350
80	G	1	PH4	225	360	585
3	G	1	PH5	225	1,061	1,286

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
36	G	1	PH2	240	174	414
43	G	1	PH1	260	1,400	1,660
95	A	1	PH5	250	1,286	1,536
95	A	2	PH4	40	585	625
95	A	3	HP6	725	1,536	2,261
95	A	7	SC2	158	2,261	2,419
95	D	1	PH3	267	350	617
95	D	2	PH1	50	1,660	1,710
95	D	3	HP1	947	1,710	2,657
95	D	7	SC2	137	2,657	2,794
24	D	1	PH2	294	414	708
24	D	2	PH4	35	625	660
24	D	4	SP1	922	708	1,630
24	D	7	SC2	116	1,630	1,746
24	A	1	SC2	260	1,746	2,006
24	A	2	PH3	50	617	667
24	A	3	HP8	930	2,006	2,936
24	A	7	SC2	144	2,936	3,080
30	D	1	PH5	324	1,536	1,860
30	D	2	PH3	48	667	715
30	D	3	HP7	836	1,860	2,696
30	D	7	SC2	144	2,696	2,840
30	A	1	PH3	255	715	970
30	A	2	PH4	50	660	710
30	A	3	HP7	1157	2,696	3,853
30	A	7	SC2	150	3,853	4,003
63	A	1	PH1	141	1,710	1,851
63	A	2	PH1	70	1,851	1,921
63	A	5	GC1	499	1,921	2,420
63	A	7	SC1	145	2,420	2,565
1	A	1	SC1	235	2,565	2,800
1	A	2	PH1	42	1,921	1,963
1	A	3	HP7	628	3,853	4,481

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
1	A	7	SC1	119	4,481	4,600
1	D	1	PH1	331	1,963	2,294
1	D	2	PH1	50	2,294	2,344
1	D	3	HP8	757	2,936	3,693
1	D	7	SC1	112	3,693	3,805
1	I	1	PH2	197	708	905
1	I	2	PH1	40	2,344	2,384
1	I	3	HP7	1148	4,481	5,629
1	I	7	SC1	140	5,629	5,769
42	D	1	PH3	300	970	1,270
42	D	2	PH3	48	1,270	1,318
42	D	3	HP1	748	2,657	3,405
42	D	7	SC2	159	3,405	3,564
42	A	1	PH2	258	905	1,163
42	A	2	PH1	54	2,384	2,438
42	A	3	HP8	1244	3,693	4,937
42	A	7	SC2	165	4,937	5,102
5	A	1	PH2	233	1,163	1,396
5	A	2	PH3	35	1,318	1,353
5	A	3	HP9	628	1,396	2,024
5	A	7	SC2	117	2,024	2,141
5	D	1	PH3	230	1,353	1,583
5	D	2	PH4	50	710	760
5	D	3	HP7	733	5,629	6,362
5	D	7	SC2	127	6,362	6,489
69	A	1	PH1	156	2,438	2,594
69	A	2	PH1	84	2,594	2,678
69	A	5	GC1	509	2,678	3,187
69	A	7	SC1	146	3,187	3,333
11	A	1	PH5	204	1,860	2,064
11	A	2	PH1	40	2,678	2,718
11	A	3	HP1	532	3,405	3,937
11	A	7	SC2	136	3,937	4,073

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
8	A	1	PH3	264	1,583	1,847
8	A	2	PH4	50	760	810
8	A	3	HP5	547	1,847	2,394
8	A	7	SC2	130	2,394	2,524
66	A	1	PH2	217	1,396	1,613
66	A	2	PH5	45	2,064	2,109
66	A	3	HP10	537	2,109	2,646
66	A	7	SC1	134	2,646	2,780
10	A	1	PH1	300	2,718	3,018
10	A	2	PH5	55	2,109	2,164
10	A	3	HP11	805	3,018	3,823
10	A	7	SC2	152	3,823	3,975
10	I	1	PH2	253	1,613	1,866
10	I	2	PH5	45	2,164	2,209
10	I	3	HP5	1163	2,394	3,557
10	I	7	SC1	156	3,557	3,713
35	A	1	PH2	318	1,866	2,184
35	A	2	PH1	58	3,018	3,076
35	A	3	HP6	1233	3,076	4,309
35	A	7	SC1	224	4,309	4,533
37	A	1	PH5	196	2,209	2,405
37	A	2	PH4	84	810	894
37	A	5	GC1	509	3,187	3,696
37	A	7	SC2	186	3,696	3,882
83	A	1	PH5	302	2,405	2,707
83	A	2	PH5	50	2,707	2,757
83	A	3	HP10	601	2,757	3,358
83	A	7	SC2	186	3,358	3,544
71	A	1	PH4	287	894	1,181
71	A	2	PH5	60	2,757	2,817
71	A	3	HP2	1626	2,817	4,443
71	A	7	SC2	182	4,443	4,625
25	A	1	PH3	154	1,847	2,001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
25	A	2	PH1	60	3,076	3,136
25	A	5	GC1	538	3,696	4,234
25	A	7	SC1	211	4,234	4,445
15	A	1	PH1	266	3,136	3,402
15	A	2	PH5	40	2,817	2,857
15	A	3	HP11	609	3,823	4,432
15	A	7	SC2	155	4,432	4,587
13	A	1	PH2	267	2,184	2,451
13	A	2	PH3	46	2,001	2,047
13	A	3	HP6	629	4,309	4,938
13	A	7	SC2	173	4,938	5,111
67	I	1	PH1	161	3,402	3,563
67	I	2	PH5	28	2,857	2,885
67	I	7	SC1	168	3,563	3,731
67	A	1	PH4	171	1,181	1,352
67	A	2	PH5	37	2,885	2,922
67	A	7	SC1	179	2,922	3,101
49	A	1	PH4	112	1,352	1,464
49	A	2	PH1	40	3,563	3,603
49	A	7	SC2	184	3,603	3,787
16	A	1	PH4	288	1,464	1,752
16	A	2	PH1	45	3,603	3,648
16	A	3	HP2	631	4,443	5,074
16	A	7	SC1	181	5,074	5,255
89	D	1	PH5	288	2,922	3,210
89	D	2	PH1	45	3,648	3,693
89	D	7	SC1	190	3,693	3,883
89	I	1	PH3	196	2,047	2,243
89	I	2	PH4	36	1,752	1,788
89	I	3	HP10	154	3,358	3,512
89	I	7	SC1	214	3,512	3,726
89	A	1	PH1	346	3,693	4,039
89	A	2	PH1	43	4,039	4,082

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
89	A	3	HP2	650	5,074	5,724
89	A	7	SC2	204	5,724	5,928
52	A	1	PH2	392	2,451	2,843
52	A	2	PH3	46	2,243	2,289
52	A	3	HP4	737	2,843	3,580
52	A	7	SC1	258	3,580	3,838
52	D	1	PH1	427	4,082	4,509
52	D	2	PH1	54	4,509	4,563
52	D	3	HP3	867	4,563	5,430
52	D	7	SC1	240	5,430	5,670
74	A	1	PH5	409	3,210	3,619
74	A	2	PH5	69	3,619	3,688
74	A	3	HP10	1200	3,688	4,888
74	A	7	SC1	261	4,888	5,149
74	D	1	PH5	461	3,688	4,149
74	D	2	PH4	60	1,788	1,848
74	D	3	HP11	1738	4,432	6,170
74	D	7	SC2	237	6,170	6,407
87	A	1	PH4	357	1,848	2,205
87	A	2	PH1	63	4,563	4,626
87	A	3	HP10	818	4,888	5,706
87	A	7	SC2	245	5,706	5,951
87	D	1	PH3	461	2,289	2,750
87	D	2	PH4	57	2,205	2,262
87	D	3	HP1	962	3,937	4,899
87	D	7	SC2	220	4,899	5,119
6	A	1	PH3	456	2,750	3,206
6	A	2	PH2	48	2,843	2,891
6	A	3	HP11	1023	6,170	7,193
6	A	7	SC2	306	7,193	7,499
110	A	1	PH4	308	2,262	2,570
110	A	2	PH1	48	4,626	4,674
110	A	7	SC1	228	4,674	4,902

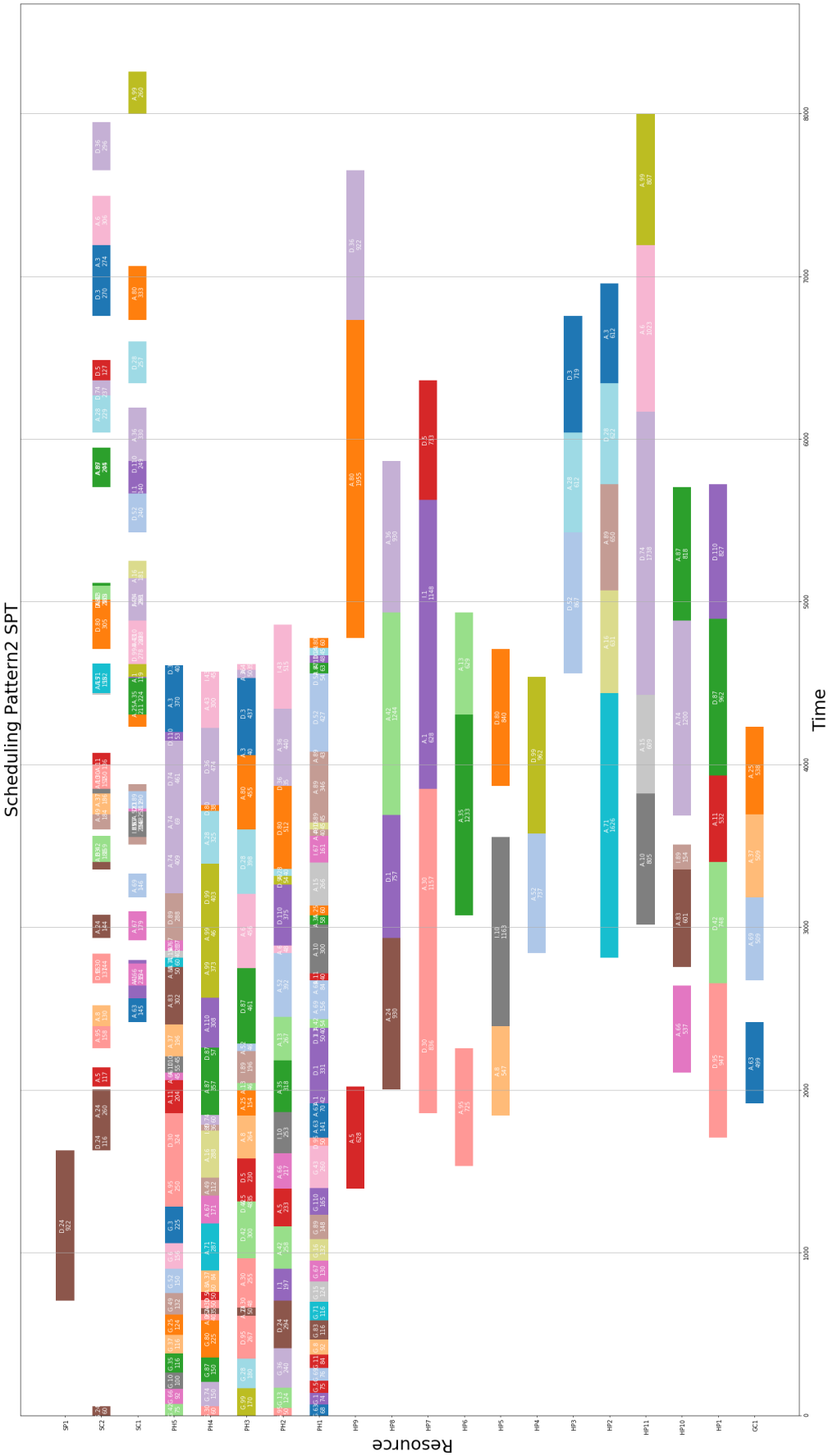
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
110	D	1	PH2	375	2,891	3,266
110	D	2	PH5	53	4,149	4,202
110	D	3	HP1	827	4,899	5,726
110	D	7	SC1	249	5,726	5,975
99	A	1	PH4	373	2,570	2,943
99	A	2	PH4	46	2,943	2,989
99	A	3	HP11	807	7,193	8,000
99	A	7	SC1	260	8,000	8,260
99	D	1	PH4	403	2,989	3,392
99	D	2	PH2	54	3,266	3,320
99	D	3	HP4	962	3,580	4,542
99	D	7	SC1	278	4,542	4,820
28	A	1	PH4	325	3,392	3,717
28	A	2	PH2	40	3,320	3,360
28	A	3	HP3	612	5,430	6,042
28	A	7	SC2	229	6,042	6,271
28	D	1	PH3	398	3,206	3,604
28	D	2	PH1	45	4,674	4,719
28	D	3	HP2	622	5,724	6,346
28	D	7	SC1	257	6,346	6,603
80	D	1	PH2	512	3,360	3,872
80	D	2	PH4	38	3,717	3,755
80	D	3	HP5	840	3,872	4,712
80	D	7	SC2	305	4,712	5,017
80	A	1	PH3	455	3,604	4,059
80	A	2	PH1	60	4,719	4,779
80	A	3	HP9	1955	4,779	6,734
80	A	7	SC1	333	6,734	7,067
3	A	1	PH5	370	4,202	4,572
3	A	2	PH3	40	4,059	4,099
3	A	3	HP2	612	6,346	6,958
3	A	7	SC2	274	6,958	7,232
3	D	1	PH3	437	4,099	4,536

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
3	D	2	PH5	40	4,572	4,612
3	D	3	HP3	719	6,042	6,761
3	D	7	SC2	270	6,761	7,031
36	D	1	PH4	474	3,755	4,229
36	D	2	PH2	35	3,872	3,907
36	D	3	HP9	922	6,734	7,656
36	D	7	SC2	296	7,656	7,952
36	A	1	PH2	440	3,907	4,347
36	A	2	PH3	50	4,536	4,586
36	A	3	HP8	930	4,937	5,867
36	A	7	SC1	330	5,867	6,197
43	A	1	PH4	300	4,229	4,529
43	A	2	PH3	35	4,586	4,621
43	A	7	SC1	288	4,621	4,909
43	I	1	PH2	515	4,347	4,862
43	I	2	PH4	45	4,529	4,574
43	I	7	SC1	298	4,862	5,160

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


Scheduling Pattern2 SPT
Resource
Time
SP1
SC2
SC1
PH5
PH4
PH3
PH2
PH1
HP9
HP8
HP7
HP6
HP5
HP4
HP3
HP2
HP11
HP10
HP1
GC1
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000

ตารางที่ ข4 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 2 ด้วยวิธี LPT (นาที)

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
43	G	1	PH1	260	0	260
36	G	1	PH2	240	0	240
3	G	1	PH5	225	0	225
80	G	1	PH4	225	0	225
28	G	1	PH3	180	0	180
99	G	1	PH3	170	180	350
110	G	1	PH1	165	260	425
6	G	1	PH5	156	225	381
87	G	1	PH4	150	225	375
74	G	1	PH4	150	375	525
52	G	1	PH5	150	381	531
89	G	1	PH1	148	425	573
16	G	1	PH1	132	573	705
49	G	1	PH5	132	531	663
67	G	1	PH1	130	705	835
13	G	1	PH2	124	240	364
15	G	1	PH1	124	835	959
25	G	1	PH5	124	663	787
83	G	1	PH1	116	959	1,075
71	G	1	PH1	116	1,075	1,191
37	G	1	PH5	116	787	903
35	G	1	PH5	116	903	1,019
10	G	1	PH5	100	1,019	1,119
66	G	1	PH5	92	1,119	1,211
8	G	1	PH1	92	1,191	1,283
11	G	1	PH1	84	1,283	1,367
69	G	1	PH1	76	1,367	1,443
5	G	1	PH1	75	1,443	1,518
42	G	1	PH5	75	1,211	1,286
1	G	1	PH1	74	1,518	1,592
63	G	1	PH1	68	1,592	1,660
30	G	1	PH4	60	525	585

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
24	G	1	SC2	60	0	60
95	G	1	PH2	50	364	414
43	I	1	PH2	515	414	929
43	I	2	PH4	45	585	630
43	I	7	SC1	298	929	1,227
43	A	1	PH4	300	630	930
43	A	2	PH3	35	350	385
43	A	7	SC1	288	930	1,218
36	A	1	PH2	440	929	1,369
36	A	2	PH3	50	385	435
36	A	3	HP8	930	1,369	2,299
36	A	7	SC1	330	2,299	2,629
36	D	1	PH4	474	930	1,404
36	D	2	PH2	35	1,369	1,404
36	D	3	HP9	922	1,404	2,326
36	D	7	SC2	296	2,326	2,622
3	D	1	PH3	437	435	872
3	D	2	PH5	40	1,286	1,326
3	D	3	HP3	719	1,326	2,045
3	D	7	SC2	270	2,045	2,315
3	A	1	PH5	370	1,326	1,696
3	A	2	PH3	40	872	912
3	A	3	HP2	612	1,696	2,308
3	A	7	SC2	274	2,308	2,582
80	A	1	PH3	455	912	1,367
80	A	2	PH1	60	1,660	1,720
80	A	3	HP9	1955	2,326	4,281
80	A	7	SC1	333	4,281	4,614
80	D	1	PH2	512	1,404	1,916
80	D	2	PH4	38	1,404	1,442
80	D	3	HP5	840	1,916	2,756
80	D	7	SC2	305	2,756	3,061
28	D	1	PH3	398	1,367	1,765

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
28	D	2	PH1	45	1,720	1,765
28	D	3	HP2	622	2,308	2,930
28	D	7	SC1	257	2,930	3,187
28	A	1	PH4	325	1,442	1,767
28	A	2	PH2	40	1,916	1,956
28	A	3	HP3	612	2,045	2,657
28	A	7	SC2	229	2,657	2,886
99	D	1	PH4	403	1,767	2,170
99	D	2	PH2	54	1,956	2,010
99	D	3	HP4	962	2,170	3,132
99	D	7	SC1	278	3,132	3,410
99	A	1	PH4	373	2,170	2,543
99	A	2	PH4	46	2,543	2,589
99	A	3	HP11	807	2,589	3,396
99	A	7	SC1	260	3,396	3,656
110	D	1	PH2	375	2,010	2,385
110	D	2	PH5	53	1,696	1,749
110	D	3	HP1	827	2,385	3,212
110	D	7	SC1	249	3,212	3,461
110	A	1	PH4	308	2,589	2,897
110	A	2	PH1	48	1,765	1,813
110	A	7	SC1	228	2,897	3,125
6	A	1	PH3	456	1,765	2,221
6	A	2	PH2	48	2,385	2,433
6	A	3	HP11	1023	3,396	4,419
6	A	7	SC2	306	4,419	4,725
87	D	1	PH3	461	2,221	2,682
87	D	2	PH4	57	2,897	2,954
87	D	3	HP1	962	3,212	4,174
87	D	7	SC2	220	4,174	4,394
87	A	1	PH4	357	2,954	3,311
87	A	2	PH1	63	1,813	1,876
87	A	3	HP10	818	3,311	4,129

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
87	A	7	SC2	245	4,129	4,374
74	D	1	PH5	461	1,749	2,210
74	D	2	PH4	60	3,311	3,371
74	D	3	HP11	1738	4,419	6,157
74	D	7	SC2	237	6,157	6,394
74	A	1	PH5	409	2,210	2,619
74	A	2	PH5	69	2,619	2,688
74	A	3	HP10	1200	4,129	5,329
74	A	7	SC1	261	5,329	5,590
52	D	1	PH1	427	1,876	2,303
52	D	2	PH1	54	2,303	2,357
52	D	3	HP3	867	2,657	3,524
52	D	7	SC1	240	3,524	3,764
52	A	1	PH2	392	2,433	2,825
52	A	2	PH3	46	2,682	2,728
52	A	3	HP4	737	3,132	3,869
52	A	7	SC1	258	3,869	4,127
89	A	1	PH1	346	2,357	2,703
89	A	2	PH1	43	2,703	2,746
89	A	3	HP2	650	2,930	3,580
89	A	7	SC2	204	3,580	3,784
89	I	1	PH3	196	2,728	2,924
89	I	2	PH4	36	3,371	3,407
89	I	3	HP10	154	5,329	5,483
89	I	7	SC1	214	5,483	5,697
89	D	1	PH5	288	2,688	2,976
89	D	2	PH1	45	2,746	2,791
89	D	7	SC1	190	2,976	3,166
16	A	1	PH4	288	3,407	3,695
16	A	2	PH1	45	2,791	2,836
16	A	3	HP2	631	3,695	4,326
16	A	7	SC1	181	4,326	4,507
49	A	1	PH4	112	3,695	3,807

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
49	A	2	PH1	40	2,836	2,876
49	A	7	SC2	184	3,807	3,991
67	A	1	PH4	171	3,807	3,978
67	A	2	PH5	37	2,976	3,013
67	A	7	SC1	179	3,978	4,157
67	I	1	PH1	161	2,876	3,037
67	I	2	PH5	28	3,013	3,041
67	I	7	SC1	168	3,041	3,209
13	A	1	PH2	267	2,825	3,092
13	A	2	PH3	46	2,924	2,970
13	A	3	HP6	629	3,092	3,721
13	A	7	SC2	173	3,721	3,894
15	A	1	PH1	266	3,037	3,303
15	A	2	PH5	40	3,041	3,081
15	A	3	HP11	609	6,157	6,766
15	A	7	SC2	155	6,766	6,921
25	A	1	PH3	154	2,970	3,124
25	A	2	PH1	60	3,303	3,363
25	A	5	GC1	538	3,363	3,901
25	A	7	SC1	211	3,901	4,112
83	A	1	PH5	302	3,081	3,383
83	A	2	PH5	50	3,383	3,433
83	A	3	HP10	601	5,483	6,084
83	A	7	SC2	186	6,084	6,270
71	A	1	PH4	287	3,978	4,265
71	A	2	PH5	60	3,433	3,493
71	A	3	HP2	1626	4,326	5,952
71	A	7	SC2	182	5,952	6,134
37	A	1	PH5	196	3,493	3,689
37	A	2	PH4	84	4,265	4,349
37	A	5	GC1	509	4,349	4,858
37	A	7	SC2	186	4,858	5,044
35	A	1	PH2	318	3,092	3,410

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
35	A	2	PH1	58	3,363	3,421
35	A	3	HP6	1233	3,721	4,954
35	A	7	SC1	224	4,954	5,178
10	I	1	PH2	253	3,410	3,663
10	I	2	PH5	45	3,689	3,734
10	I	3	HP5	1163	3,734	4,897
10	I	7	SC1	156	4,897	5,053
10	A	1	PH1	300	3,421	3,721
10	A	2	PH5	55	3,734	3,789
10	A	3	HP11	805	6,766	7,571
10	A	7	SC2	152	7,571	7,723
66	A	1	PH2	217	3,663	3,880
66	A	2	PH5	45	3,789	3,834
66	A	3	HP10	537	6,084	6,621
66	A	7	SC1	134	6,621	6,755
8	A	1	PH3	264	3,124	3,388
8	A	2	PH4	50	4,349	4,399
8	A	3	HP5	547	4,897	5,444
8	A	7	SC2	130	5,444	5,574
11	A	1	PH5	204	3,834	4,038
11	A	2	PH1	40	3,721	3,761
11	A	3	HP1	532	4,174	4,706
11	A	7	SC2	136	4,706	4,842
69	A	1	PH1	156	3,761	3,917
69	A	2	PH1	84	3,917	4,001
69	A	5	GC1	509	4,858	5,367
69	A	7	SC1	146	5,367	5,513
5	D	1	PH3	230	3,388	3,618
5	D	2	PH4	50	4,399	4,449
5	D	3	HP7	733	4,449	5,182
5	D	7	SC2	127	5,182	5,309
5	A	1	PH2	233	3,880	4,113
5	A	2	PH3	35	3,618	3,653

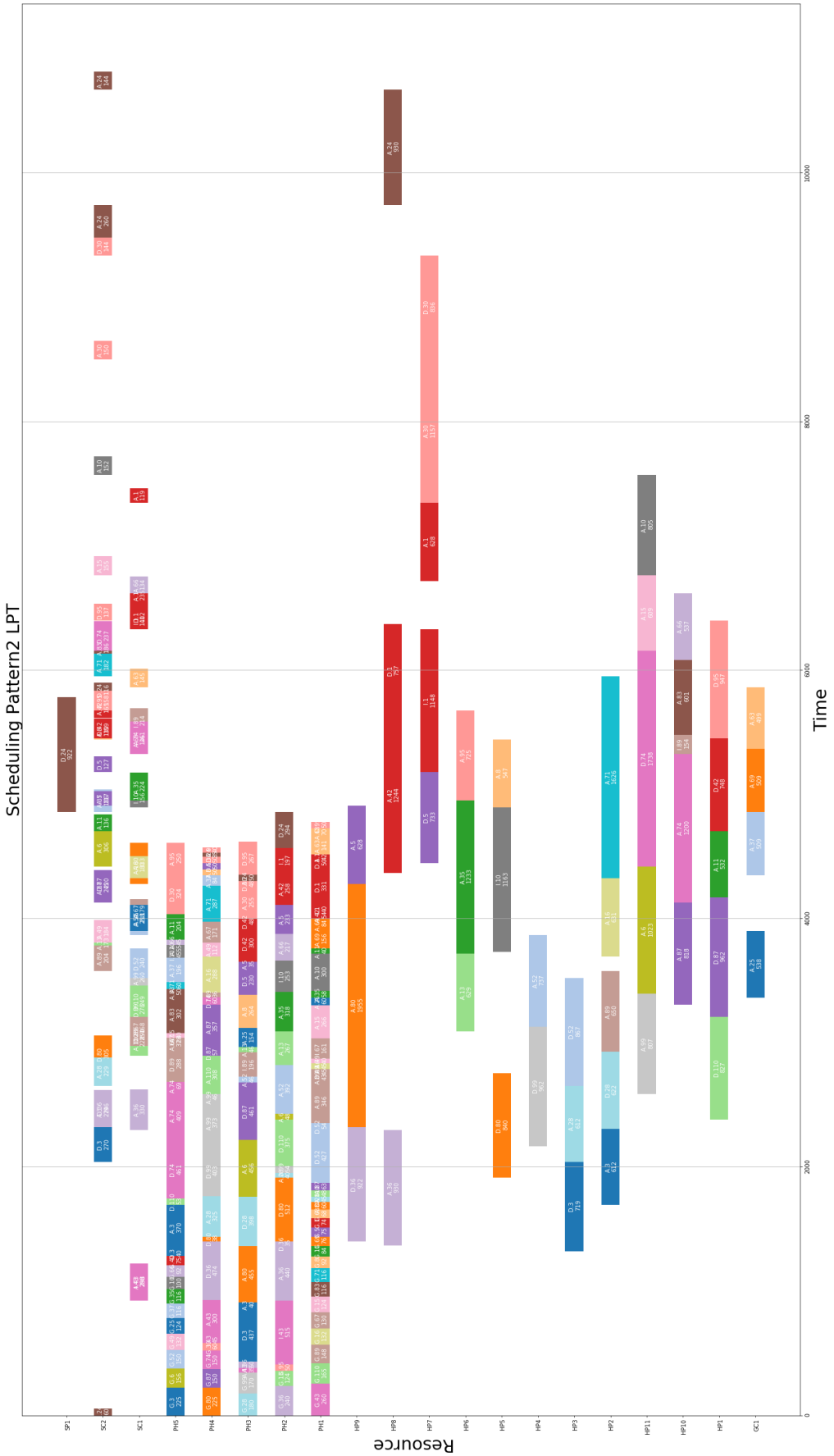
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
5	A	3	HP9	628	4,281	4,909
5	A	7	SC2	117	4,909	5,026
42	A	1	PH2	258	4,113	4,371
42	A	2	PH1	54	4,001	4,055
42	A	3	HP8	1244	4,371	5,615
42	A	7	SC2	165	5,615	5,780
42	D	1	PH3	300	3,653	3,953
42	D	2	PH3	48	3,953	4,001
42	D	3	HP1	748	4,706	5,454
42	D	7	SC2	159	5,454	5,613
1	I	1	PH2	197	4,371	4,568
1	I	2	PH1	40	4,055	4,095
1	I	3	HP7	1148	5,182	6,330
1	I	7	SC1	140	6,330	6,470
1	D	1	PH1	331	4,095	4,426
1	D	2	PH1	50	4,426	4,476
1	D	3	HP8	757	5,615	6,372
1	D	7	SC1	112	6,372	6,484
1	A	1	SC1	235	6,484	6,719
1	A	2	PH1	42	4,476	4,518
1	A	3	HP7	628	6,719	7,347
1	A	7	SC1	119	7,347	7,466
63	A	1	PH1	141	4,518	4,659
63	A	2	PH1	70	4,659	4,729
63	A	5	GC1	499	5,367	5,866
63	A	7	SC1	145	5,866	6,011
30	A	1	PH3	255	4,001	4,256
30	A	2	PH4	50	4,449	4,499
30	A	3	HP7	1157	7,347	8,504
30	A	7	SC2	150	8,504	8,654
30	D	1	PH5	324	4,038	4,362
30	D	2	PH3	48	4,256	4,304
30	D	3	HP7	836	8,504	9,340

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
30	D	7	SC2	144	9,340	9,484
24	A	1	SC2	260	9,484	9,744
24	A	2	PH3	50	4,304	4,354
24	A	3	HP8	930	9,744	10,674
24	A	7	SC2	144	10,674	10,818
24	D	1	PH2	294	4,568	4,862
24	D	2	PH4	35	4,499	4,534
24	D	4	SP1	922	4,862	5,784
24	D	7	SC2	116	5,784	5,900
95	D	1	PH3	267	4,354	4,621
95	D	2	PH1	50	4,729	4,779
95	D	3	HP1	947	5,454	6,401
95	D	7	SC2	137	6,401	6,538
95	A	1	PH5	250	4,362	4,612
95	A	2	PH4	40	4,534	4,574
95	A	3	HP6	725	4,954	5,679
95	A	7	SC2	158	5,679	5,837

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


Scheduling Pattern2 LPT
Resource
Time
SP1
SC2
SC1
PH5
PH4
PH3
PH2
PH1
HP9
HP8
HP7
HP6
HP5
HP4
HP3
HP2
HP11
HP10
HP1
GC1
0
2000
4000
6000
8000
10000

ตารางที่ ข5 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 3 ด้วยวิธี SPT (นาที)

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
95	G	1	PH2	50	0	50
24	G	1	SC2	60	0	60
30	G	1	PH4	60	0	60
63	G	1	PH1	68	0	68
1	G	1	PH1	74	68	142
42	G	1	PH5	75	0	75
5	G	1	PH1	75	142	217
69	G	1	PH1	76	217	293
11	G	1	PH1	84	293	377
8	G	1	PH1	92	377	469
66	G	1	PH5	92	75	167
10	G	1	PH5	100	167	267
35	G	1	PH5	116	267	383
37	G	1	PH5	116	383	499
83	G	1	PH1	116	469	585
71	G	1	PH1	116	585	701
25	G	1	PH5	124	499	623
15	G	1	PH1	124	701	825
13	G	1	PH2	124	50	174
67	G	1	PH1	130	825	955
49	G	1	PH5	132	623	755
16	G	1	PH1	132	955	1,087
89	G	1	PH1	148	1,087	1,235
52	G	1	PH5	150	755	905
74	G	1	PH4	150	60	210
87	G	1	PH4	150	210	360
6	G	1	PH5	156	905	1,061
110	G	1	PH1	165	1,235	1,400
99	G	1	PH3	170	0	170
28	G	1	PH3	180	170	350
80	G	1	PH4	225	360	585
3	G	1	PH5	225	1,061	1,286

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
36	G	1	PH2	240	174	414
43	G	1	PH1	260	1,400	1,660
49	A	1	PH4	112	755	867
49	A	2	PH1	40	867	907
49	A	7	SC2	184	907	1,091
67	I	1	PH1	161	955	1,116
67	I	2	PH5	28	1,116	1,144
67	I	7	SC1	168	1,144	1,312
67	A	1	PH4	171	955	1,126
67	A	2	PH5	37	1,126	1,163
67	A	7	SC1	179	1,163	1,342
89	D	1	PH5	288	1,235	1,523
89	D	2	PH1	45	1,523	1,568
89	D	7	SC1	190	1,568	1,758
110	A	1	PH4	308	1,400	1,708
110	A	2	PH1	48	1,708	1,756
110	A	7	SC1	228	1,756	1,984
89	I	1	PH3	196	1,235	1,431
89	I	2	PH4	36	1,431	1,467
89	I	3	HP10	154	1,467	1,621
89	I	7	SC1	214	1,621	1,835
43	A	1	PH4	300	1,660	1,960
43	A	2	PH3	35	1,960	1,995
43	A	7	SC1	288	1,995	2,283
63	A	1	PH1	141	1,756	1,897
63	A	2	PH1	70	1,897	1,967
63	A	5	GC1	499	1,967	2,466
63	A	7	SC1	145	2,466	2,611
43	I	1	PH2	515	1,660	2,175
43	I	2	PH4	45	2,175	2,220
43	I	7	SC1	298	2,220	2,518
69	A	1	PH1	156	1,967	2,123
69	A	2	PH1	84	2,123	2,207

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
69	A	5	GC1	509	2,466	2,975
69	A	7	SC1	146	2,975	3,121
11	A	1	PH5	204	1,523	1,727
11	A	2	PH1	40	1,727	1,767
11	A	3	HP1	532	1,767	2,299
11	A	7	SC2	136	2,299	2,435
66	A	1	PH2	217	2,175	2,392
66	A	2	PH5	45	2,392	2,437
66	A	3	HP10	537	2,437	2,974
66	A	7	SC1	134	2,974	3,108
25	A	1	PH3	154	1,995	2,149
25	A	2	PH1	60	2,149	2,209
25	A	5	GC1	538	2,975	3,513
25	A	7	SC1	211	3,513	3,724
37	A	1	PH5	196	2,437	2,633
37	A	2	PH4	84	2,633	2,717
37	A	5	GC1	509	3,513	4,022
37	A	7	SC2	186	4,022	4,208
8	A	1	PH3	264	2,149	2,413
8	A	2	PH4	50	2,413	2,463
8	A	3	HP5	547	2,463	3,010
8	A	7	SC2	130	3,010	3,140
5	A	1	PH2	233	2,392	2,625
5	A	2	PH3	35	2,625	2,660
5	A	3	HP9	628	2,660	3,288
5	A	7	SC2	117	3,288	3,405
1	A	1	SC1	235	3,724	3,959
1	A	2	PH1	42	3,959	4,001
1	A	3	HP7	628	4,001	4,629
1	A	7	SC1	119	4,629	4,748
15	A	1	PH1	266	4,001	4,267
15	A	2	PH5	40	4,267	4,307
15	A	3	HP11	609	4,307	4,916

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
15	A	7	SC2	155	4,916	5,071
13	A	1	PH2	267	2,625	2,892
13	A	2	PH3	46	2,892	2,938
13	A	3	HP6	629	2,938	3,567
13	A	7	SC2	173	3,567	3,740
83	A	1	PH5	302	4,307	4,609
83	A	2	PH5	50	4,609	4,659
83	A	3	HP10	601	4,659	5,260
83	A	7	SC2	186	5,260	5,446
5	D	1	PH3	230	2,938	3,168
5	D	2	PH4	50	3,168	3,218
5	D	3	HP7	733	4,629	5,362
5	D	7	SC2	127	5,362	5,489
16	A	1	PH4	288	3,218	3,506
16	A	2	PH1	45	3,506	3,551
16	A	3	HP2	631	3,551	4,182
16	A	7	SC1	181	4,182	4,363
95	A	1	PH5	250	4,659	4,909
95	A	2	PH4	40	4,909	4,949
95	A	3	HP6	725	4,949	5,674
95	A	7	SC2	158	5,674	5,832
28	A	1	PH4	325	4,949	5,274
28	A	2	PH2	40	5,274	5,314
28	A	3	HP3	612	5,314	5,926
28	A	7	SC2	229	5,926	6,155
89	A	1	PH1	346	3,551	3,897
89	A	2	PH1	43	3,897	3,940
89	A	3	HP2	650	4,182	4,832
89	A	7	SC2	204	4,832	5,036
1	D	1	PH1	331	3,940	4,271
1	D	2	PH1	50	4,271	4,321
1	D	3	HP8	757	4,321	5,078
1	D	7	SC1	112	5,078	5,190

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
42	D	1	PH3	300	3,168	3,468
42	D	2	PH3	48	3,468	3,516
42	D	3	HP1	748	3,516	4,264
42	D	7	SC2	159	4,264	4,423
3	A	1	PH5	370	4,909	5,279
3	A	2	PH3	40	5,279	5,319
3	A	3	HP2	612	5,319	5,931
3	A	7	SC2	274	5,931	6,205
10	A	1	PH1	300	4,321	4,621
10	A	2	PH5	55	4,621	4,676
10	A	3	HP11	805	4,916	5,721
10	A	7	SC2	152	5,721	5,873
28	D	1	PH3	398	5,319	5,717
28	D	2	PH1	45	5,717	5,762
28	D	3	HP2	622	5,931	6,553
28	D	7	SC1	257	6,553	6,810
30	D	1	PH5	324	4,676	5,000
30	D	2	PH3	48	5,000	5,048
30	D	3	HP7	836	5,362	6,198
30	D	7	SC2	144	6,198	6,342
24	D	1	PH2	294	5,314	5,608
24	D	2	PH4	35	5,608	5,643
24	D	4	SP1	922	5,643	6,565
24	D	7	SC2	116	6,565	6,681
24	A	1	SC2	260	6,681	6,941
24	A	2	PH3	50	6,941	6,991
24	A	3	HP8	930	6,991	7,921
24	A	7	SC2	144	7,921	8,065
95	D	1	PH3	267	6,991	7,258
95	D	2	PH1	50	7,258	7,308
95	D	3	HP1	947	7,308	8,255
95	D	7	SC2	137	8,255	8,392
52	A	1	PH2	392	5,608	6,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
52	A	2	PH3	46	6,000	6,046
52	A	3	HP4	737	6,046	6,783
52	A	7	SC1	258	6,783	7,041
3	D	1	PH3	437	6,046	6,483
3	D	2	PH5	40	6,483	6,523
3	D	3	HP3	719	6,523	7,242
3	D	7	SC2	270	7,242	7,512
87	A	1	PH4	357	5,643	6,000
87	A	2	PH1	63	6,000	6,063
87	A	3	HP10	818	6,063	6,881
87	A	7	SC2	245	6,881	7,126
99	A	1	PH4	373	6,000	6,373
99	A	2	PH4	46	6,373	6,419
99	A	3	HP11	807	6,419	7,226
99	A	7	SC1	260	7,226	7,486
110	D	1	PH2	375	6,000	6,375
110	D	2	PH5	53	6,375	6,428
110	D	3	HP1	827	8,255	9,082
110	D	7	SC1	249	9,082	9,331
1	I	1	PH2	197	6,375	6,572
1	I	2	PH1	40	6,572	6,612
1	I	3	HP7	1148	6,612	7,760
1	I	7	SC1	140	7,760	7,900
52	D	1	PH1	427	6,612	7,039
52	D	2	PH1	54	7,039	7,093
52	D	3	HP3	867	7,242	8,109
52	D	7	SC1	240	8,109	8,349
30	A	1	PH3	255	6,483	6,738
30	A	2	PH4	50	6,738	6,788
30	A	3	HP7	1157	7,760	8,917
30	A	7	SC2	150	8,917	9,067
10	I	1	PH2	253	6,572	6,825
10	I	2	PH5	45	6,825	6,870

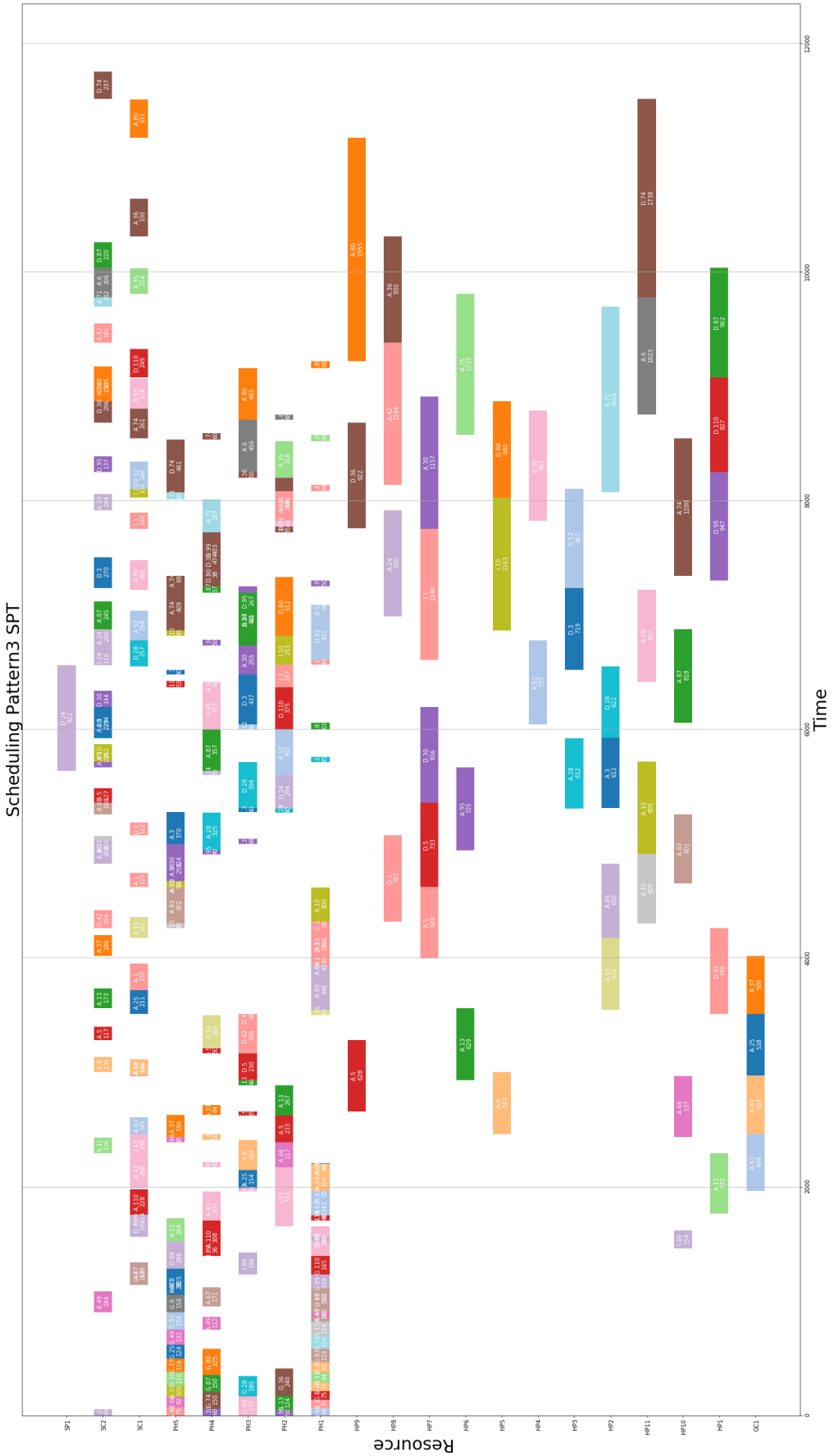
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
10	I	3	HP5	1163	6,870	8,033
10	I	7	SC1	156	8,033	8,189
80	D	1	PH2	512	6,825	7,337
80	D	2	PH4	38	7,337	7,375
80	D	3	HP5	840	8,033	8,873
80	D	7	SC2	305	8,873	9,178
99	D	1	PH4	403	7,375	7,778
99	D	2	PH2	54	7,778	7,832
99	D	3	HP4	962	7,832	8,794
99	D	7	SC1	278	8,794	9,072
87	D	1	PH3	461	6,738	7,199
87	D	2	PH4	57	7,199	7,256
87	D	3	HP1	962	9,082	10,044
87	D	7	SC2	220	10,044	10,264
42	A	1	PH2	258	7,832	8,090
42	A	2	PH1	54	8,090	8,144
42	A	3	HP8	1244	8,144	9,388
42	A	7	SC2	165	9,388	9,553
36	D	1	PH4	474	7,256	7,730
36	D	2	PH2	35	7,730	7,765
36	D	3	HP9	922	7,765	8,687
36	D	7	SC2	296	8,687	8,983
36	A	1	PH2	440	7,765	8,205
36	A	2	PH3	50	8,205	8,255
36	A	3	HP8	930	9,388	10,318
36	A	7	SC1	330	10,318	10,648
35	A	1	PH2	318	8,205	8,523
6	A	1	PH3	456	8,255	8,711
35	A	2	PH1	58	8,523	8,581
6	A	2	PH2	48	8,711	8,759
35	A	3	HP6	1233	8,581	9,814
6	A	3	HP11	1023	8,759	9,782
35	A	7	SC1	224	9,814	10,038

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
6	A	7	SC2	306	9,782	10,088
74	A	1	PH5	409	6,870	7,279
74	A	2	PH5	69	7,279	7,348
74	A	3	HP10	1200	7,348	8,548
74	A	7	SC1	261	8,548	8,809
71	A	1	PH4	287	7,730	8,017
71	A	2	PH5	60	8,017	8,077
71	A	3	HP2	1626	8,077	9,703
71	A	7	SC2	182	9,703	9,885
74	D	1	PH5	461	8,077	8,538
74	D	2	PH4	60	8,538	8,598
74	D	3	HP11	1738	9,782	11,520
74	D	7	SC2	237	11,520	11,757
80	A	1	PH3	455	8,711	9,166
80	A	2	PH1	60	9,166	9,226
80	A	3	HP9	1955	9,226	11,181
80	A	7	SC1	333	11,181	11,514

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


Scheduling Pattern3 SPT
Resource
Time
SP1
SC2
SC1
PH5
PH4
PH3
PH2
PH1
HP9
HP8
HP7
HP6
HP5
HP4
HP3
HP2
HP11
HP10
HP1
GC1
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000

ตารางที่ ข6 ตัวอย่างการเรียงลำดับงาน เวลาเริ่มงาน และเวลาสิ้นสุดงานรูปแบบที่ 3 ด้วยวิธี LPT (นาที)

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
80	G	1	PH4	225	0	225
80	A	1	PH3	455	225	680
80	A	2	PH1	60	680	740
80	A	3	HP9	1955	740	2,695
80	A	7	SC1	333	2,695	3,028
74	G	1	PH4	150	225	375
74	D	1	PH5	461	375	836
74	D	2	PH4	60	836	896
74	D	3	HP11	1738	896	2,634
74	D	7	SC2	237	2,634	2,871
71	G	1	PH1	116	740	856
71	A	1	PH4	287	896	1,183
71	A	2	PH5	60	1,183	1,243
71	A	3	HP2	1626	1,243	2,869
71	A	7	SC2	182	2,869	3,051
74	A	1	PH5	409	1,243	1,652
74	A	2	PH5	69	1,652	1,721
74	A	3	HP10	1200	1,721	2,921
74	A	7	SC1	261	2,921	3,182
6	G	1	PH5	156	1,721	1,877
6	A	1	PH3	456	1,877	2,333
6	A	2	PH2	48	2,333	2,381
6	A	3	HP11	1023	2,634	3,657
6	A	7	SC2	306	3,657	3,963
35	G	1	PH5	116	1,877	1,993
35	A	1	PH2	318	2,381	2,699
35	A	2	PH1	58	2,699	2,757
35	A	3	HP6	1233	2,757	3,990
35	A	7	SC1	224	3,990	4,214
36	G	1	PH2	240	2,699	2,939
36	A	1	PH2	440	2,939	3,379
36	A	2	PH3	50	3,379	3,429

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
36	A	3	HP8	930	3,429	4,359
36	A	7	SC1	330	4,359	4,689
36	D	1	PH4	474	2,939	3,413
36	D	2	PH2	35	3,413	3,448
36	D	3	HP9	922	3,448	4,370
36	D	7	SC2	296	4,370	4,666
42	G	1	PH5	75	1,993	2,068
42	A	1	PH2	258	3,448	3,706
42	A	2	PH1	54	3,706	3,760
42	A	3	HP8	1244	4,359	5,603
42	A	7	SC2	165	5,603	5,768
87	G	1	PH4	150	3,413	3,563
87	D	1	PH3	461	3,563	4,024
87	D	2	PH4	57	4,024	4,081
87	D	3	HP1	962	4,081	5,043
87	D	7	SC2	220	5,043	5,263
99	G	1	PH3	170	4,024	4,194
99	D	1	PH4	403	4,194	4,597
99	D	2	PH2	54	4,597	4,651
99	D	3	HP4	962	4,651	5,613
99	D	7	SC1	278	5,613	5,891
80	D	1	PH2	512	4,651	5,163
80	D	2	PH4	38	5,163	5,201
80	D	3	HP5	840	5,201	6,041
80	D	7	SC2	305	6,041	6,346
10	G	1	PH5	100	2,068	2,168
10	I	1	PH2	253	5,163	5,416
10	I	2	PH5	45	5,416	5,461
10	I	3	HP5	1163	6,041	7,204
10	I	7	SC1	156	7,204	7,360
30	G	1	PH4	60	5,201	5,261
30	A	1	PH3	255	5,261	5,516
30	A	2	PH4	50	5,516	5,566

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
30	A	3	HP7	1157	5,566	6,723
30	A	7	SC2	150	6,723	6,873
52	G	1	PH5	150	5,461	5,611
52	D	1	PH1	427	5,611	6,038
52	D	2	PH1	54	6,038	6,092
52	D	3	HP3	867	6,092	6,959
52	D	7	SC1	240	6,959	7,199
1	G	1	PH1	74	6,092	6,166
1	I	1	PH2	197	6,166	6,363
1	I	2	PH1	40	6,363	6,403
1	I	3	HP7	1148	6,723	7,871
1	I	7	SC1	140	7,871	8,011
110	G	1	PH1	165	6,403	6,568
110	D	1	PH2	375	6,568	6,943
110	D	2	PH5	53	6,943	6,996
110	D	3	HP1	827	6,996	7,823
110	D	7	SC1	249	7,823	8,072
99	A	1	PH4	373	5,566	5,939
99	A	2	PH4	46	5,939	5,985
99	A	3	HP11	807	5,985	6,792
99	A	7	SC1	260	6,792	7,052
87	A	1	PH4	357	5,985	6,342
87	A	2	PH1	63	6,342	6,405
87	A	3	HP10	818	6,405	7,223
87	A	7	SC2	245	7,223	7,468
3	G	1	PH5	225	6,996	7,221
3	D	1	PH3	437	7,221	7,658
3	D	2	PH5	40	7,658	7,698
3	D	3	HP3	719	7,698	8,417
3	D	7	SC2	270	8,417	8,687
52	A	1	PH2	392	6,943	7,335
52	A	2	PH3	46	7,335	7,381
52	A	3	HP4	737	7,381	8,118

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
52	A	7	SC1	258	8,118	8,376
95	G	1	PH2	50	7,335	7,385
95	D	1	PH3	267	7,385	7,652
95	D	2	PH1	50	7,652	7,702
95	D	3	HP1	947	7,823	8,770
95	D	7	SC2	137	8,770	8,907
24	G	1	SC2	60	8,907	8,967
24	A	1	SC2	260	8,967	9,227
24	A	2	PH3	50	9,227	9,277
24	A	3	HP8	930	9,277	10,207
24	A	7	SC2	144	10,207	10,351
24	D	1	PH2	294	8,967	9,261
24	D	2	PH4	35	9,261	9,296
24	D	4	SP1	922	9,296	10,218
24	D	7	SC2	116	10,218	10,334
30	D	1	PH5	324	7,698	8,022
30	D	2	PH3	48	8,022	8,070
30	D	3	HP7	836	8,070	8,906
30	D	7	SC2	144	8,906	9,050
28	G	1	PH3	180	8,070	8,250
28	D	1	PH3	398	8,250	8,648
28	D	2	PH1	45	8,648	8,693
28	D	3	HP2	622	8,693	9,315
28	D	7	SC1	257	9,315	9,572
10	A	1	PH1	300	8,693	8,993
10	A	2	PH5	55	8,993	9,048
10	A	3	HP11	805	9,048	9,853
10	A	7	SC2	152	9,853	10,005
3	A	1	PH5	370	9,048	9,418
3	A	2	PH3	40	9,418	9,458
3	A	3	HP2	612	9,458	10,070
3	A	7	SC2	274	10,070	10,344
42	D	1	PH3	300	9,458	9,758

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
42	D	2	PH3	48	9,758	9,806
42	D	3	HP1	748	9,806	10,554
42	D	7	SC2	159	10,554	10,713
1	D	1	PH1	331	8,993	9,324
1	D	2	PH1	50	9,324	9,374
1	D	3	HP8	757	10,207	10,964
1	D	7	SC1	112	10,964	11,076
89	G	1	PH1	148	9,374	9,522
89	A	1	PH1	346	9,522	9,868
89	A	2	PH1	43	9,868	9,911
89	A	3	HP2	650	10,070	10,720
89	A	7	SC2	204	10,720	10,924
28	A	1	PH4	325	9,296	9,621
28	A	2	PH2	40	9,621	9,661
28	A	3	HP3	612	9,661	10,273
28	A	7	SC2	229	10,273	10,502
95	A	1	PH5	250	9,418	9,668
95	A	2	PH4	40	9,668	9,708
95	A	3	HP6	725	9,708	10,433
95	A	7	SC2	158	10,433	10,591
16	G	1	PH1	132	9,911	10,043
16	A	1	PH4	288	10,043	10,331
16	A	2	PH1	45	10,331	10,376
16	A	3	HP2	631	10,720	11,351
16	A	7	SC1	181	11,351	11,532
5	G	1	PH1	75	10,376	10,451
5	D	1	PH3	230	10,451	10,681
5	D	2	PH4	50	10,681	10,731
5	D	3	HP7	733	10,731	11,464
5	D	7	SC2	127	11,464	11,591
83	G	1	PH1	116	10,451	10,567
83	A	1	PH5	302	10,567	10,869
83	A	2	PH5	50	10,869	10,919

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
83	A	3	HP10	601	10,919	11,520
83	A	7	SC2	186	11,520	11,706
13	G	1	PH2	124	9,661	9,785
13	A	1	PH2	267	9,785	10,052
13	A	2	PH3	46	10,052	10,098
13	A	3	HP6	629	10,433	11,062
13	A	7	SC2	173	11,062	11,235
15	G	1	PH1	124	10,567	10,691
15	A	1	PH1	266	10,691	10,957
15	A	2	PH5	40	10,957	10,997
15	A	3	HP11	609	10,997	11,606
15	A	7	SC2	155	11,606	11,761
1	A	1	SC1	235	11,532	11,767
1	A	2	PH1	42	11,767	11,809
1	A	3	HP7	628	11,809	12,437
1	A	7	SC1	119	12,437	12,556
5	A	1	PH2	233	10,451	10,684
5	A	2	PH3	35	10,684	10,719
5	A	3	HP9	628	10,719	11,347
5	A	7	SC2	117	11,347	11,464
8	G	1	PH1	92	11,809	11,901
8	A	1	PH3	264	11,901	12,165
8	A	2	PH4	50	12,165	12,215
8	A	3	HP5	547	12,215	12,762
8	A	7	SC2	130	12,762	12,892
37	G	1	PH5	116	10,997	11,113
37	A	1	PH5	196	11,113	11,309
37	A	2	PH4	84	11,309	11,393
37	A	5	GC1	509	11,393	11,902
37	A	7	SC2	186	11,902	12,088
25	G	1	PH5	124	11,309	11,433
25	A	1	PH3	154	12,165	12,319
25	A	2	PH1	60	12,319	12,379

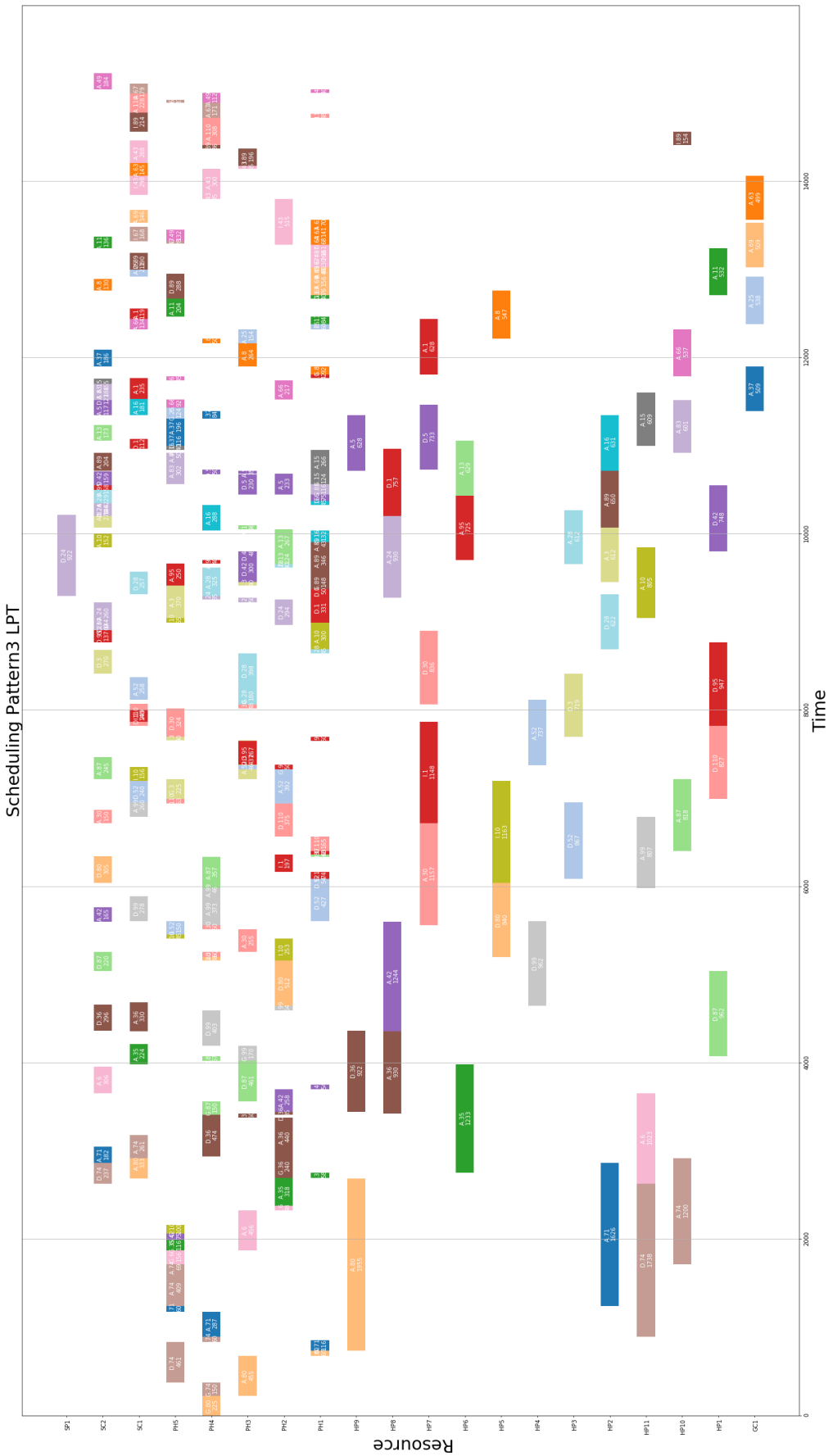
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
25	A	5	GC1	538	12,379	12,917
25	A	7	SC1	211	12,917	13,128
66	G	1	PH5	92	11,433	11,525
66	A	1	PH2	217	11,525	11,742
66	A	2	PH5	45	11,742	11,787
66	A	3	HP10	537	11,787	12,324
66	A	7	SC1	134	12,324	12,458
11	G	1	PH1	84	12,379	12,463
11	A	1	PH5	204	12,463	12,667
11	A	2	PH1	40	12,667	12,707
11	A	3	HP1	532	12,707	13,239
11	A	7	SC2	136	13,239	13,375
69	G	1	PH1	76	12,707	12,783
69	A	1	PH1	156	12,783	12,939
69	A	2	PH1	84	12,939	13,023
69	A	5	GC1	509	13,023	13,532
69	A	7	SC1	146	13,532	13,678
43	G	1	PH1	260	13,023	13,283
43	I	1	PH2	515	13,283	13,798
43	I	2	PH4	45	13,798	13,843
43	I	7	SC1	298	13,843	14,141
63	G	1	PH1	68	13,283	13,351
63	A	1	PH1	141	13,351	13,492
63	A	2	PH1	70	13,492	13,562
63	A	5	GC1	499	13,562	14,061
63	A	7	SC1	145	14,061	14,206
43	A	1	PH4	300	13,843	14,143
43	A	2	PH3	35	14,143	14,178
43	A	7	SC1	288	14,178	14,466
89	I	1	PH3	196	14,178	14,374
89	I	2	PH4	36	14,374	14,410
89	I	3	HP10	154	14,410	14,564
89	I	7	SC1	214	14,564	14,778

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชนิดยา	หัวข้อทดสอบ	กระบวนการย่อย	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
110	A	1	PH4	308	14,410	14,718
110	A	2	PH1	48	14,718	14,766
110	A	7	SC1	228	14,766	14,994
89	D	1	PH5	288	12,667	12,955
89	D	2	PH1	45	12,955	13,000
89	D	7	SC1	190	13,000	13,190
67	G	1	PH1	130	13,000	13,130
67	A	1	PH4	171	14,718	14,889
67	A	2	PH5	37	14,889	14,926
67	A	7	SC1	179	14,926	15,105
67	I	1	PH1	161	13,130	13,291
67	I	2	PH5	28	13,291	13,319
67	I	7	SC1	168	13,319	13,487
49	G	1	PH5	132	13,319	13,451
49	A	1	PH4	112	14,889	15,001
49	A	2	PH1	40	15,001	15,041
49	A	7	SC2	184	15,041	15,225

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


Scheduling Pattern3 LPT
Resource
Time
SP1
SC2
SC1
HP5
HP4
HP3
HP2
HP1
GC1
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000

บรรณานุกรม

1. Boonkerd, N., *CAPACITY PLANNING AND SCHEDULING OF DRUG STABILITY TESTS USING MATHEMATICAL PRINCIPLES*, in *Pharmaceutics and Industrial Pharmacy*. 2020, Chulalongkorn University: Chulalongkorn University. p. 124.
2. Winston, W.L. and J.B. Goldberg, *Operations Research: Applications and Algorithms*. 2004: Thomson Brooks/Cole.
3. Kandemir, C. and H.A.H. Handley. *Employee-task assignments for organization modeling: A review of models and applications*. in *2014 International Annual Conference of the American Society for Engineering Management - Entrepreneurship Engineering: Harnessing Innovation, ASEM 2014*. 2014.
4. Lopez, C.E. *Unbalanced Workload Allocation in Large Assembly Lines*. 2014 [cited 2022 10/10/2022].
5. Cetin, K., G. Tuzkaya, and O. Vayvay, *A mathematical model for personnel task assignment problem and an application for banking sector.* International Journal of Optimization and Control: Theories and Applications, 2020. **10**(2): p. 147-158.
6. Huka, M.A., et al. *Capacity planning of a mixed-model assembly line for prefabricated housebuilding elements*. in *Procedia Computer Science*. 2021.
7. Shen, W., Q. Jiang, and Y. Yang, *Research on collaborative task assignment method of assembly line.* Assembly Automation, 2022. **42**(1): p. 155-165.
8. Kaewman, S., et al., *Differential Evolution Algorithm for Multilevel Assignment Problem: A Case Study in Chicken Transportation.* Mathematical and Computational Applications, 2018. **23**: p. 55.
9. Schaus, P., P. Van Hentenryck, and J.C. Régin. *Scalable load balancing in nurse to patient assignment problems*. in *JFPC 2009 - Actes des Cinquiemes Journees Francophones de Programmation par Contraintes*. 2009.
10. Yazıcı, E., T. Eren, and H.M. Alakaş, *Personnel scheduling problem in law systems: The example of expropriation cases.* Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 2023. **38**(1): p. 299-308.
11. Rajakumar, S., V.P. Arunachalam, and V. Selladurai, *Workflow balancing strategies in parallel machine scheduling.* International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2004. **23**(5-6): p. 366-374.
12. Rajakumar, S., V.P. Arunachalam, and V. Selladurai, *Workflow balancing in parallel machines through genetic algorithm.* The International Journal of Advanced Manufacturing

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Technology, 2006. **33**(11-12): p. 1212-1221.

13. Ouazene, Y., et al., *Workload balancing in identical parallel machine scheduling using a mathematical programming method.* International Journal of Computational Intelligence Systems, 2014. **7**(SUPPL.1): p. 58-67.
14. Ammons, J.C., C.B. Lofgren, and L.F. McGinnis, *A large scale machine loading problem in flexible assembly.* Annals of Operations Research, 1985. **3**(7): p. 317-332.
15. Hadid, M., et al., *Multi-Objective Simulation-Based Optimization for Effective Management of the Outpatient Chemotherapy Process.* IFAC-PapersOnLine, 2022. **55**(10): p. 1639-1644.
16. ชุติมา, ป., เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน *2012*. 2012: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
17. Leawin, N., *HETEROGENEOUS PARALLEL MACHINE SCHEDULING OF A PACKING DEPARTMENT: THE CASE STUDY OF PHARMACEUTICAL FACTORY*. 2017, Silpakorn University.
18. Kantanat Pridaphatrakun, N.B., Netnawee Umin, Narueporn Sutanthavibul, Wipawee Tharmmaphornphilas, Phanphen Wattanaarsakit, *Job scheduling for stability testing of pharmaceutical products using mathematical model.* 2022.
19. Maulidya, R., et al., *A Batch Scheduling Model for a Three-stage Hybrid Flowshop Producing Products with Hierarchical Assembly Structures.* International Journal of Technology, 2020. **11**(3).
20. Lauff, V. and F. Werner, *Scheduling with common due date, earliness and tardiness penalties for multimachine problems: A survey.* Mathematical and Computer Modelling, 2004. **40**(5-6): p. 637-655.
21. Kurniawati, M.A.Z.a.D.A., *Heuristic methods for job shop scheduling: Active schedule generation algorithm, non-delay schedule generation algorithm and heuristic schedule generation algorithm.* 2020.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วริศรา วรฤทัย
วัน เดือน ปี เกิด	17 มกราคม 2539
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	สถิติศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	68/105 ลุมพินีคอนโดวิลล์อ่อนนุช-ลาดกระบัง แขวง ลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University