การจัดตารางการทำงานของพนักงานศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าโดยใช้เทคนิคการแยกส่วนปัญหา

นางสาวเนตรนาวี อ่ำอินทร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AGENT SCHEDULING OF CALL CENTER USING DECOMPOSITION TECHNIQUE

Miss Netnawee Um-in

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดตารางการทำงานของพนักงานศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าโดยใช้เทคนิคการแยกส่วนปัญหา
โดย	นางสาวเนตรนาวี อ่ำอินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทชัย กานตานันทะ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนตรนาวี อ่ำอินทร์ : การจัดตารางการทำงานของพนักงานศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าโดยใช้เทคนิคการแยกส่วนปัญหา (AGENT SCHEDULING OF CALL CENTER USING DECOMPOSITION TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ, 104 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยการมอบหมายพนักงานลงรูปแบบการเข้างานเพื่อให้มีต้นทุนในการจ้างพนักงานต่ำที่สุด การมอบหมายพนักงานลงรูปแบบการเข้างานนี้จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขการทำงานต่างๆ เช่น ระยะเวลาในการทำงาน เวลาในการหยุดพัก เป็นต้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ถูกนำมาใช้ในการหาคำตอบของปัญหา แต่เนื่องจากความซับซ้อนของปัญหาส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้น ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดในการแบ่งปัญหาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรูปแบบการเข้างานให้เพียงพอต่อความต้องการใน 1 เดือนโดยความต้องการพนักงานนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลา ปัญหาส่วนที่ 2 คือการมอบหมายพนักงานลงรอบการเข้างาน และปัญหาส่วนที่ 3 คือการมอบหมายพนักงานลงรูปแบบการเข้างาน

ผลการวิจัยพบว่าวิธีการที่นำเสนอให้ค่าวัตถุประสงค์ซึ่งได้แก่ต้นทุนการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานที่น้อยกว่าวิธีการปัจจุบันของธนาคารในทุกตัวอย่างปัญหา โดยค่าวัตถุประสงค์รวมของทุกปัญหาลดลง 176,783 บาทต่อเดือน และค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าวัตถุประสงค์ของทุกปัญหาที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีการปัจจุบันของธนาคารต่างกันร้อยละ 25.97 การเพิ่มจำนวนกะการทำงานจาก 18 กะงานเป็น 25 กะงานส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์รวมของทุกปัญหาลดลง 50,295 บาทต่อเดือน และค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าวัตถุประสงค์ของก่อนและหลังการเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงานต่างกันร้อยละ 9.93 การเพิ่มศักยภาพของพนักงานให้สามารถบริการลูกค้าได้มากกว่าหนึ่งงานหรือมีหลายทักษะงานส่งผลให้ต้นทุนที่เกี่ยวข้องในการจ้างพนักงานลดลงและสามารถลดจำนวนพนักงานที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานลงด้วยเนื่องจากพนักงานหลายทักษะสามารถให้บริการงานแก่ลูกค้าได้หลายงานในช่วงเวลาเดียวกัน ทั้งนี้การเพิ่มศักยภาพของพนักงานให้ค่าวัตถุประสงค์ที่ดีกว่าการแยกงานของพนักงานร้อยละ 63.71 หรือ 581,363 บาทต่อเดือน

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5870184421 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: WORKFORCE SCHEDULING, CALL CENTER, WORK SHIFT, MIP

NETNAWEE UM-IN: AGENT SCHEDULING OF CALL CENTER USING DECOMPOSITION TECHNIQUE. ADVISOR: ASSOC. PROF. WIPAWEE THARMMAPHORNPHILAS, Ph.D., 104 pp.

This research studies an agent scheduling of a call center. Agents must be assigned into work shifts in order to minimize labor related cost and also satisfy working constraints such as work duration and break requirements. To solve this problem, a mixed integer programming model is developed. Because of the complexity of the problem, the computational time to solve this problem grows rapidly as the problem's size increases. Hence, this problem is divided into three parts which are solved sequentially. First is to determine the minimum number of required agents for each shift across a month that covers the predetermined number of agents in each period. The second is to assign agents into work cycles. And the third is to assign agents into work shifts.

The results found that the proposed methodology provides better solutions than the company method that a bank used for all problems. The objective value of all problems which include overtime and transportation cost is decreased 176,783 baht per month. The average of difference of objective values is decreased 25.97 percent as compared to the company method. Increasing the number of work shifts from 18 to 25 shifts can reduce the objective value 50,295 baht per month, the average of difference of objective values is decreased 9.93 percent. Simultaneously, multi-skill agents are more effective than single skill agents because they can perform mix skills during each work shift. The difference of objective values between multi-skill agents and single skill agents is 63.71 percent or 581,363 baht per month.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....

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

Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยความเมตตาและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เสียสละเวลาอันมีค่าคอยให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาระหว่างการทำวิทยานิพนธ์มาเป็นอย่างดี ตลอดจนให้แนวคิดในการทำงานและการดำเนินชีวิตที่ดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทชัย กานตานันทะ ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการพิจารณาวิทยานิพนธ์ ชี้แนะข้อบกพร่องและแนวทางการพัฒนางานวิจัยเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ดร.ปองภพ ลีนะวงศ์ และคุณกนิษฐ ภูริทัต ที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างมาก ขอขอบคุณบุคลากรฝ่ายลูกค้าสัมพันธ์ของธนาคารกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่เข้าไปทำการเก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณพี่นพปฎล สกุลสม ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดา ครอบครัว และทุกคนที่ให้การสนับสนุน เป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้างกันเสมอมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 7

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 7

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 7

1.5 ระยะเวลาดำเนินงาน 8

1.6 ผลที่นำส่ง 9

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ 9

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกะการทำงานและการหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในกะงาน 11

2.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน 12

2.3 ทฤษฎีแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น 17

2.4 IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 19

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 24

3.1 ลักษณะของปัญหาที่ทำการศึกษา 24

3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.3 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน 41
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 55
4.1 ผลการหาคำตอบโดยการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของวิธีทางธนาคารและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 55
4.2 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยการเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงาน 62
4.3 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานภายใต้เงื่อนไขของการเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงาน 63
4.4 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยการรวมงาน 67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 72
5.1 ลักษณะของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา 72
5.2 ผลการวิจัย 72
5.3 ปัญหาและอุปสรรค 76
5.4 ข้อเสนอแนะ 76
รายการอ้างอิง 77
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 104

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ประเภทของพนักงานผู้ให้บริการแยกตามงานในการให้บริการลูกค้า 4
ตารางที่ 1.2 จำนวนพนักงานผู้ให้บริการตามแผนงานปี 2559 5
ตารางที่ 1.3 ระยะเวลาดำเนินงาน 8
ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน 14
ตารางที่ 3.1 ความต้องการพนักงานแบ่งตามช่วงเวลาของงาน ES ในช่วงเวลา 2 สัปดาห์ 24
ตารางที่ 3.2 ประเภทของพนักงานผู้ให้บริการแยกตามงานในการให้บริการลูกค้า 26
ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างกะงานปกติ 27
ตารางที่ 3.4 ช่วงเวลาทำงานและเวลาพักกะงาน 21.30 น. 28
ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างเวลาเริ่มและสิ้นสุดกะงาน 29
ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างการทำงานล่วงเวลาที่ต่อเนื่องจากการเข้ากะงานปกติที่ 1 30
ตารางที่ 3.7 รอบการเข้างานของพนักงาน 31
ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างรูปแบบการเข้างานปกติ 35
ตารางที่ 3.9 ประเภทงานที่ให้บริการโดยพนักงานประเภทหลายทักษะ 37
ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างการทำงานติดต่อกันไม่เกิน 6 วันของพนักงาน 39
ตารางที่ 3.11 รูปแบบวันหยุดของพนักงาน 39
ตารางที่ 3.12 วันที่ไม่พิจารณาให้พนักงานทำงาน 40
ตารางที่ 3.13 ข้อมูลตัวอย่างจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรอบการทำงาน 48
ตารางที่ 3.14 คำตอบการจัดตารางรอบการเข้างานของพนักงาน 1 คน 52
ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ต่อเดือนของวิธีทางธนาคารและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 56
ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานต่อเดือนของวิธีทางธนาคารและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 56

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของก่อนและหลังการเพิ่มจำนวนกะการทำงาน ของพนักงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 62
ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ต่อเดือนของคู่งาน AC และ ES 70
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ต่อเดือนของคู่งาน BL และ CD 71
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ต่อเดือนของการรวมงานทั้งหมด 71
ตารางที่ ก1 ค่าวัตถุประสงค์จากวิธีทางธนาคาร 81
ตารางที่ ก2 ค่าวัตถุประสงค์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 81
ตารางที่ ก3 ค่าวัตถุประสงค์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อทำการเพิ่มจำนวนกะการเข้างาน . 81
ตารางที่ ก4 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน AC 82
ตารางที่ ก5 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน BL 82
ตารางที่ ก6 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน Privilege 82
ตารางที่ ก7 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน ES 83
ตารางที่ ก8 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน CD 83
ตารางที่ ก9 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของคู่งาน AC และ ES..... 84
ตารางที่ ก10 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของคู่งาน BL และ CD 84
ตารางที่ ก11 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของการรวมงานทั้งหมด .. 85
ตารางที่ ข1 ผลการหาคำตอบจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรูปแบบการเข้างานจาก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 87
ตารางที่ ข2 ผลการหาคำตอบจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรอบการทำงานจากแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 93
ตารางที่ ข3 ผลการหาคำตอบการมอบหมายพนักงานลงรอบการทำงานจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 94
ตารางที่ ข4 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานลงรูปแบบการเข้างานจาก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 กระบวนการให้บริการลูกค้าที่โทรเข้ามาที่ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้า 3
รูปที่ 1.2 จำนวนพนักงานผู้ให้บริการกลุ่มงาน ES เดือนกันยายน 2558 6
รูปที่ 1.3 แผนภูมิพาเรโตแบ่งตามประเภทของกลุ่มงาน 7
รูปที่ 2.1 ไฟล์งานสำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 21
รูปที่ 2.2 ไฟล์งานสำหรับเก็บค่าข้อมูลนำเข้า 21
รูปที่ 2.3 การใช้คำสั่งเรียกใช้งานข้อมูลจากสเปรดชีต 22
รูปที่ 2.4 ข้อมูลในสเปรดชีท 22
รูปที่ 2.5 Problem Browser 23
รูปที่ 3.1 เวลาการหาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 41
รูปที่ 3.2 แนวคิดในการแก้ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงาน 43
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการจัดตารางการทำงานของพนักงาน 44
รูปที่ 4.1 รูปแบบการจัดพนักงานลงกะงานของงาน AC 57
รูปที่ 4.2 รูปแบบการจัดพนักงานลงกะงานของงาน BL 58
รูปที่ 4.3 รูปแบบการจัดพนักงานลงกะงานของงาน ES 58
รูปที่ 4.4 รูปแบบการจัดพนักงานลงกะงานของงาน CD 58
รูปที่ 4.5 รูปแบบการจัดพนักงานลงกะงานของงาน Privilege 59
รูปที่ 4.6 จำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาของงาน ES 60
รูปที่ 4.7 จำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาของงาน CD 60
รูปที่ 4.8 จำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาของงาน Privilege 60
รูปที่ 4.9 จำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาของงาน AC 61
รูปที่ 4.10 จำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาของงาน BL 61
รูปที่ 4.11 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน AC 63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.12 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน BL..... 64
รูปที่ 4.13 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน ES..... 65
รูปที่ 4.14 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน CD..... 66
รูปที่ 4.15 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน Privilege..... 67
รูปที่ 4.16 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของการรวมงาน ES&AC... 68
รูปที่ 4.17 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของการรวมงาน CD&BL .. 69
รูปที่ 4.18 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของการรวมงานทั้งหมด 71
รูปที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของทางธนาคารและวิธีการที่นำเสนอของงาน AC 73
รูปที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของทางธนาคารและวิธีการที่นำเสนอของงาน BL..... 73
รูปที่ 5.3 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของทางธนาคารและวิธีการที่นำเสนอของงาน ES..... 74
รูปที่ 5.4 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของทางธนาคารและวิธีการที่นำเสนอของงาน CD..... 74
รูปที่ 5.5 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของทางธนาคารและวิธีการที่นำเสนอของงาน Privilege..... 75
รูปที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ก่อนและหลังการเพิ่มจำนวนกะการทำงาน 75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้า (Call Center) มีบทบาทที่สำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการ เนื่องจากศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าเป็นช่องทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ลูกค้าในการดำเนินธุรกิจที่สามารถให้บริการข้อมูลข่าวสาร ติดต่อสอบถามและให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ ให้กับลูกค้าได้โดยตรงและมีความสะดวกรวดเร็ว และเนื่องจากความพึงพอใจของลูกค้าเป็นสิ่งที่สำคัญในการขับเคลื่อนทางธุรกิจและการแข่งขันทางการตลาดในทุกวันนี้ ดังนั้นศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าต้องมีการบริหารจัดการด้านทรัพยากรบุคคลอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากพนักงานผู้ให้บริการ (Agent) เป็นปัจจัยสำคัญในการตอบสนองต่อปริมาณความต้องการใช้บริการและสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้าให้ยังคงใช้ผลิตภัณฑ์และบริการของศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าต่อไป

ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้ากรณีศึกษาเป็นธนาคารพาณิชย์ที่ให้บริการผลิตภัณฑ์และบริการทางการเงินต่างๆ แก่กลุ่มลูกค้าบุคคล (Retail Banking Service: RBS) กลุ่มลูกค้าบุคคลพิเศษ (High-Value) และกลุ่มลูกค้าธุรกิจ (Corporate Banking Service: CBS) งานที่ให้บริการแก่กลุ่มลูกค้าต่างๆ แบ่งออกเป็น 14 งานดังนี้

1) ES (Electronic Service) คืองานที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการของธนาคารผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์

2) AC (Account) คืองานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เงินฝาก การโอนเงินและชำระเงินภายในและต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์ตราสารต่างประเทศ และผลิตภัณฑ์เช็ค

3) CD (Credit Card) คืองานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์บัตรเครดิต

4) BL (Bancassurance & Loan) คืองานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์สินเชื่อและผลิตภัณฑ์ประกันชีวิต

5) Privilege คืองานที่ให้บริการแก่กลุ่มลูกค้าบุคคลพิเศษ

6) Enquiry คืองานสินเชื่อธุรกิจ

7) Card คืองานเครดิตนิติบุคคล

8) Advanced คืองานธุรกิจนิติบุคคล

9) English (RBS) คืองานที่ให้บริการเป็นภาษาอังกฤษแก่กลุ่มลูกค้าบุคคล

10) English (CBS) คืองานที่ให้บริการเป็นภาษาอังกฤษแก่กลุ่มลูกค้าธุรกิจ

11) Chinese (CBS) คืองานที่ให้บริการเป็นภาษาจีนแก่กลุ่มลูกค้าธุรกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

12) Burmese (RBS) คืองานที่ให้บริการเป็นภาษาพม่าแก่กลุ่มลูกค้าบุคคล

13) Japanese (RBS) คืองานที่ให้บริการเป็นภาษาญี่ปุ่นแก่กลุ่มลูกค้าบุคคล

14) Japanese (CBS) คืองานที่ให้บริการเป็นภาษาญี่ปุ่นแก่กลุ่มลูกค้าธุรกิจ

ลักษณะของระบบการให้บริการลูกค้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ระบบที่เกี่ยวข้องกับการติดต่อสื่อสารของลูกค้าเข้ามาที่ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้า (Inbound Traffic) เช่น การโทรเข้ามาเพื่อสอบถามข้อมูล และระบบที่เกี่ยวข้องกับการติดต่อสื่อสารจากพนักงานไปยังลูกค้า (Outbound Traffic) เช่น การทำสำรวจทางธุรกิจและการทำการตลาดทางธุรกิจ

ลูกค้าที่โทรเข้ามาที่ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ลูกค้าที่ได้รับบริการการทำรายการจากพนักงานผู้ให้บริการ และลูกค้าที่ได้รับบริการในการทำรายการผ่านระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ (Interactive Voice Response: IVR) โดยระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติเป็นระบบที่ให้ลูกค้าทำธุรกรรมที่เป็นบริการพื้นฐานด้วยตนเอง เช่น การโอนเงินระหว่างบัญชี การสอบถามยอดเงิน เป็นต้น แต่ถ้าลูกค้าต้องการทำธุรกรรมที่มีความซับซ้อนหรือมีรายละเอียดมากจะไม่สามารถทำกับระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติได้ สายของลูกค้าจะถูกโอนไปหาพนักงานผู้ให้บริการ กระบวนการให้บริการของลูกค้าทั้ง 2 ประเภทแสดงดังรูปที่ 1.1

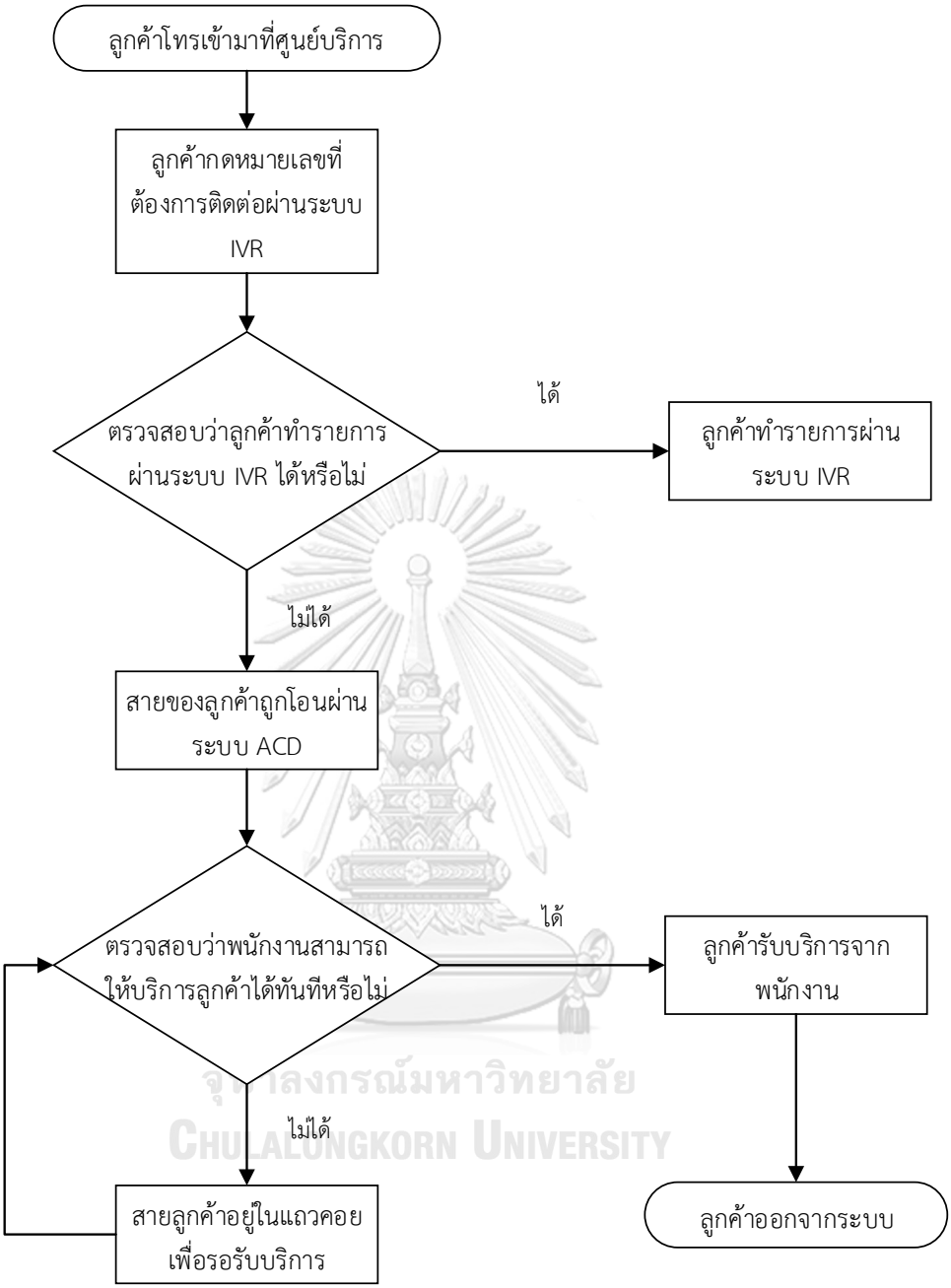
1) ลูกค้าโทรเข้ามาที่ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้า สายของลูกค้าจะเข้าสู่ระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ

2) เมื่อเข้าสู่ระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ ลูกค้ากดหมายเลขที่ต้องการตามที่ได้ยินจากระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ

3) ลูกค้าจะได้รับการทำรายการผ่านระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติในรายการที่สามารถดำเนินการกับระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติได้ ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการกับระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติได้สายของลูกค้าจะถูกโอนไปที่พนักงานผู้ให้บริการ

4) สายของลูกค้าถูกโอนผ่านระบบ (Automatic Call Distributor: ACD) เพื่อเข้าสู่พนักงานผู้ให้บริการที่มีความสามารถในการให้บริการในเรื่องที่ลูกค้าต้องการ

5) ลูกค้าจะได้รับการบริการจากพนักงานผู้ให้บริการ ในกรณีที่พนักงานไม่สามารถให้บริการลูกค้าได้ในทันทีที่สายของลูกค้าถูกโอนเข้ามาเนื่องจากพนักงานกำลังให้บริการลูกค้าท่านอื่นหรือปฏิบัติงานอื่น สายของลูกค้าจะอยู่ในแถวคอยตามลำดับในการโอนสายเข้ามาที่พนักงานผู้ให้บริการเพื่อรอการเข้ารับบริการต่อไป



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 1.1 กระบวนการให้บริการลูกค้าที่โทรเข้ามาที่ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้า

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการจัดตารางการทำงานของพนักงาน โดยพนักงานผู้ให้บริการศูนย์บริการข้อมูลลูกค้ามีความสามารถในการให้บริการลูกค้าแตกต่างกันตามงานที่ให้บริการ (Task) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ พนักงานที่สามารถให้บริการงานแก่ลูกค้าได้เพียงหนึ่งงานหรือทักษะเดียว (Single-Skill) และพนักงานที่สามารถให้บริการงานแก่ลูกค้าได้หลายงานหรือหลายทักษะ (Multi-Skill) ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ประเภทของพนักงานผู้ให้บริการแยกตามงานในการให้บริการลูกค้า

Task	Agent															
	Single-Skill														Multi-Skill	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ES	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
AC	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
CD	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
BL	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Privilege	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enquiry	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Card	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Advanced	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
English(RBS)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
English(CBS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Chinese(CBS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Burmese(RBS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Japanese(RBS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Japanese(CBS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 1.1 พนักงานสามารถให้บริการงานแก่ลูกค้าได้ 1 หรือ 2 งาน และใน 1 งาน อาจมีพนักงานให้บริการได้มากกว่า 1 กลุ่มพนักงาน ตัวอย่างเช่นงาน ES มีพนักงานที่สามารถให้บริการได้ 2 กลุ่มพนักงาน คือ พนักงานกลุ่ม 1 และพนักงานกลุ่ม 15 ดังนั้นเมื่อลูกค้าโทรเข้ามาเพื่อรับบริการงาน ES สายของลูกค้าจะถูกโอนไปยังพนักงานกลุ่ม 1 หรือกลุ่ม 15 นอกจากนี้พนักงานกลุ่ม 15 ซึ่งเป็นพนักงานประเภทหลายทักษะยังสามารถให้บริการงาน AC แก่ลูกค้าได้อีกด้วย

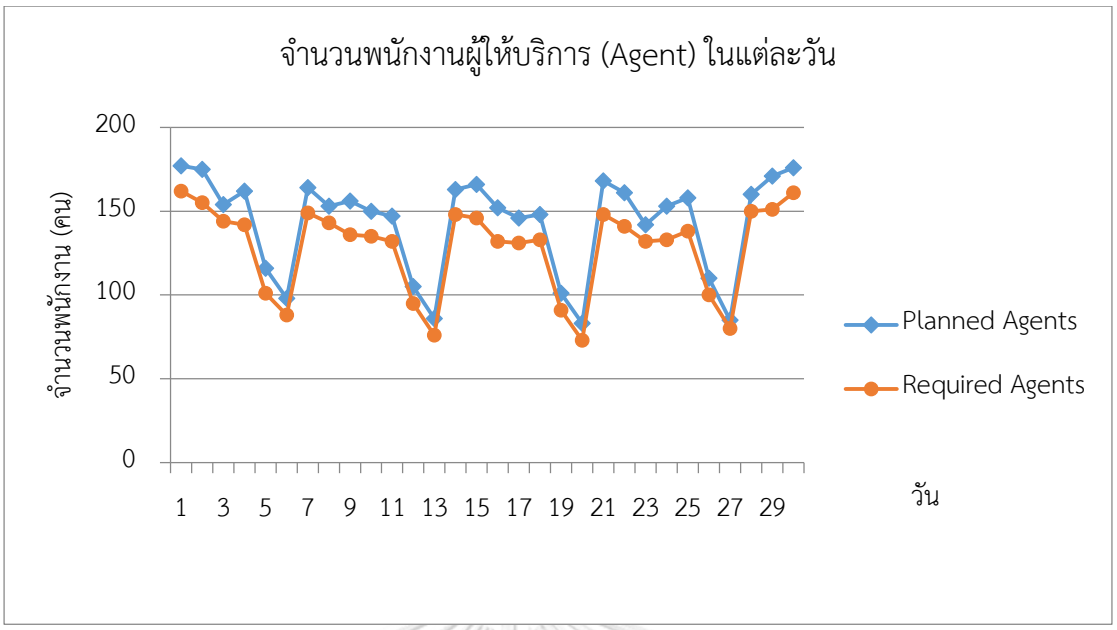
ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้ามีการวางแผนและพยากรณ์จำนวนพนักงานผู้ให้บริการแยกตามประเภทของงานเป็นรายเดือน โดยในแต่ละงานจะมีจำนวนของพนักงานผู้ให้บริการที่แตกต่างกัน แต่จะมีจำนวนที่ใกล้เคียงกันในแต่ละเดือนตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 จำนวนพนักงานผู้ให้บริการตามแผนงานปี 2559

Task	จำนวนพนักงานตามแผนงานปี 2559 (คน)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
ES	183	181	160	179	186	184	199	196	195	199	197	197
AC	73	75	65	74	65	72	76	76	75	77	77	76
CD	216	219	199	232	222	210	206	207	204	207	208	211
BL	50	50	50	47	48	44	47	46	46	47	46	45
Privilege	74	71	68	77	74	71	70	71	69	71	69	74
Card	21	20	19	33	41	52	55	45	47	49	51	52
Enquiry	24	26	30	34	33	34	46	44	43	45	43	38
Advanced	23	22	16	19	18	16	16	16	16	17	17	16
English(CBS)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
English(RBS)	17	16	15	18	16	15	16	15	15	15	15	16
Chinese(CBS)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Burmese(RBS)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Japanese(RBS)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Japanese(CBS)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

จากการศึกษาสภาพปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานผู้ให้บริการศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าในช่วงเวลา 1 เดือน พบว่าจำนวนพนักงานตามแผน (Planned Agents) มีมากกว่าจำนวนพนักงานที่ต้องการ (Required Agents) ที่ได้จากการวางแผนกำลังคนในแต่ละวันดังรูปที่ 1.2 โดยจำนวนพนักงานที่ต้องการเกิดจากการวางแผนกำลังคนเพื่อรองรับปริมาณการโทรเข้ามาของลูกค้าตามข้อมูลพยากรณ์ และจำนวนพนักงานตามแผนเกิดจากการวางแผนการจัดตารางการทำงานของพนักงานลงกะงานหลังจากทราบจำนวนพนักงานที่ต้องการแล้ว

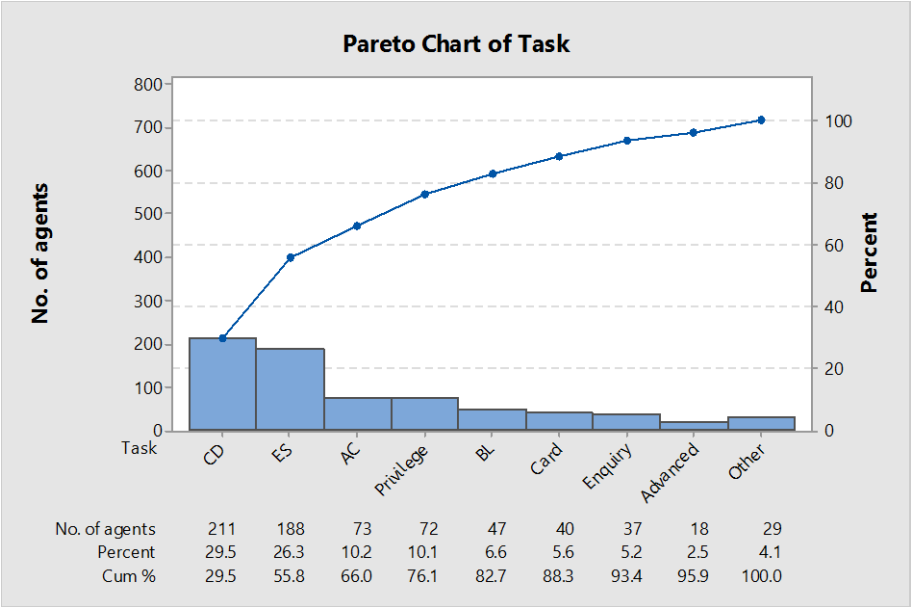
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 1.2 จำนวนพนักงานผู้ให้บริการกลุ่มงาน ES เดือนกันยายน 2558

การจัดตารางการทำงานของพนักงานที่เหมาะสมนั้นมีความสำคัญเพราะถ้าพนักงานผู้ให้บริการไม่เพียงพอต่อความต้องการจะส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า เช่น เวลารอสายของลูกค้านาน ปัญหานี้สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการจัดตารางการทำงานของพนักงานให้มีจำนวนที่เพียงพอต่อความต้องการ แต่อย่างไรก็ตามการจัดตารางการทำงานที่มีจำนวนของพนักงานที่มากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการจ้างพนักงานที่เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปต้นทุนในการจ้างพนักงานคิดเป็นประมาณ 70% ของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของศูนย์บริการลูกค้า [1] ดังนั้นการจัดตารางการทำงานของพนักงานที่เหมาะสมจะทำให้ต้นทุนในการจ้างพนักงานลดลง ดังนั้นจุดมุ่งหมายสำคัญของปัญหานี้คือการหาจำนวนพนักงานผู้ให้บริการในแต่ละช่วงเวลาให้เพียงพอต่อความต้องการโดยการจัดตารางการทำงานของพนักงานเพื่อให้มีต้นทุนในการจ้างพนักงานที่ต่ำที่สุด ความต้องการในการจัดตารางการทำงานของพนักงานนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลา

งานวิจัยนี้ใช้หลักการของพาเรโต (Pareto Principle) ในการคัดเลือกกลุ่มงานที่จะนำมาศึกษา จากรูปที่ 1.3 ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาการจัดตารางการทำงานของพนักงานที่ให้บริการงาน CD ES AC Privilege และ BL เนื่องจากทั้ง 5 งานนี้มีจำนวนพนักงานคิดเป็น 82.7% จากจำนวนพนักงานทั้งหมด



รูปที่ 1.3 แผนภูมิพาเรโตแบ่งตามประเภทของกลุ่มงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อจัดตารางการทำงานของพนักงานผู้ให้บริการศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าให้เพียงพอต่อความต้องการโดยมีต้นทุนในการจ้างพนักงานต่ำที่สุด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาการจัดตารางการทำงานของพนักงานในช่วงเวลา 1 เดือน เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของรอบการเข้างานและวันทำงานของพนักงาน

1.3.2 ข้อมูลจำนวนพนักงานที่ต้องการเป็นข้อมูลที่ทราบล่วงหน้าแน่นอน

1.3.3 ต้นทุนในการจ้างพนักงานที่นำมาพิจารณาในงานวิจัย ได้แก่ ค่าตอบแทนรายเดือน ค่าตอบแทนล่วงเวลารายชั่วโมง ค่าตอบแทนล่วงเวลารายวัน และค่าใช้จ่ายในการเดินทางสำหรับกะงานกลางคืน

1.3.4 ศึกษาเฉพาะกลุ่มงาน ES CD AC Privilege และกลุ่มงาน BL เท่านั้น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาการดำเนินงานและระบบการให้บริการลูกค้าของศูนย์บริการข้อมูลลูกค้า

1.4.2 กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของปัญหาและสมมติฐาน

1.4.3 รวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เช่น ความต้องการพนักงานในแต่ละช่วงเวลา เงื่อนไขต่างๆ ในการให้บริการลูกค้า และข้อกำหนดในการทำงานของพนักงาน

1.4.4 ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงานผู้ให้บริการลูกค้า

1.4.5 หาแนวคิดหรือวิธีการจัดตารางการทำงานของพนักงานและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.4.6 ประมวลผลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด

1.4.7 เปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการปัจจุบัน

1.4.8 หาจำนวนพนักงานที่ทำให้ต้นทุนในการจ้างพนักงานต่ำที่สุด

1.4.9 วิเคราะห์และสรุปผลงานวิจัย

1.4.10 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.4.11 นำเสนอผลงานวิจัย

1.5 ระยะเวลาดำเนินงาน

ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยแสดงดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 ระยะเวลาดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2559							2560											
	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.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ศึกษาการดำเนินงานและระบบการให้บริการลูกค้าของศูนย์บริการข้อมูลลูกค้า																			
กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของปัญหาและสมมติฐาน																			
รวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย																			
ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน																			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1.3 ระยะเวลาดำเนินงาน (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2559							2560											
	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.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
หาแนวคิดหรือวิธีการจัดตารางการทำงานของพนักงานและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์					■	■	■	■	■	■	■								
ประมวลผลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด									■	■	■	■	■	■	■				
เปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการปัจจุบัน													■	■	■				
หาจำนวนพนักงานที่ทำให้ต้นทุนในการจ้างพนักงานต่ำที่สุด														■	■	■			
วิเคราะห์และสรุปผลงานวิจัย																■	■		
จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																	■	■	
นำเสนอผลงานวิจัย																			■

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 ผลที่นำส่ง

แนวคิดหรือวิธีการในการจัดตารางการทำงานของพนักงานผู้ให้บริการ

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

11.1 ลดต้นทุนในการจ้างพนักงานผู้ให้บริการ

11.2 การจัดสรรภาระงานของพนักงานเป็นไปอย่างเหมาะสม

11.3 เพิ่มทางเลือกในการจัดตารางการทำงานของพนักงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดตารางการทำงานของพนักงานเป็นปัญหาสำหรับองค์กรที่มีเวลาในการดำเนินงาน 7 วันต่อสัปดาห์และมีการเข้างานของพนักงานอยู่ในรูปแบบของกะงาน เช่น โรงแรม โรงพยาบาล ศูนย์บริการลูกค้า เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดพนักงานลงกะงานให้เพียงพอต่อความต้องการในทุกช่วงเวลาโดยมีต้นทุนในการจ้างพนักงานหรือจำนวนพนักงานน้อยที่สุด ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การจัดกะงานและการจัดตารางพนักงาน [2] ความซับซ้อนและขนาดของปัญหานี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนพนักงานและเงื่อนไขต่างๆ ของปัญหา เช่น ช่วงเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดกะงาน ความยาวของช่วงเวลาแต่ละกะงาน ช่วงเวลาพักระหว่างวัน ระยะเวลาดำเนินงานในแต่ละวัน จำนวนวันทำงานและวันหยุดระหว่างสัปดาห์ การทำงานล่วงเวลา ประเภทและความสามารถในการให้บริการของพนักงาน รูปแบบความต้องการพนักงานในแต่ละช่วงเวลา เป็นต้น [3]

การจัดตารางพนักงานศูนย์บริการลูกค้าแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การพยากรณ์ปริมาณสายการโทรเข้ามาของลูกค้าและการหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลา การจัดกะการทำงานของพนักงาน และการกำหนดกะงานให้แก่พนักงาน [4]

1) การพยากรณ์ปริมาณสายการโทรเข้ามาของลูกค้าเป็นการคาดการณ์จำนวนสายการโทรเข้ามาของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลา โดยทั่วไปจะทำการพยากรณ์อยู่ในช่วงเวลาระหว่าง 15 นาทีถึง 1 ชั่วโมง และนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาคำนวณหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาภายใต้เงื่อนไขของระดับการบริการ (Service Level) ที่ต้องการ เช่น ระยะเวลาในการรอสาย (Waiting Times) อัตราสายการโทรเข้าของลูกค้าที่พนักงานไม่ได้รับสาย (Abandon Rates) เป็นต้น

2) การจัดกะการทำงานของพนักงานเป็นการหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละกะงานเพื่อให้มีพนักงานเพียงพอทุกช่วงเวลา

3) การกำหนดกะงานให้แก่พนักงานเป็นการมอบหมายพนักงานลงกะงานภายใต้ข้อจำกัดด้านการจัดตารางกำลังพล (Personal Scheduling Constraint) เช่น พนักงานทำงานได้วันละ 1 กะงาน วันหยุดของพนักงาน เป็นต้น

ปัญหาในงานวิจัยนี้เป็นการหาจำนวนพนักงานผู้ให้บริการในแต่ละกะงานให้เพียงพอต่อความต้องการในทุกช่วงเวลาและทำการจัดตารางการทำงานของพนักงานแต่ละคนในช่วงเวลา 1 เดือนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีต้นทุนในการจ้างพนักงานที่ต่ำที่สุดซึ่งเกี่ยวข้องกับขั้นตอนที่ 2) และ 3) และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาผลเฉลย ดังนั้นเนื้อหาในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกะงานและการหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในกะงาน ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน ทฤษฎีแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น และ CPLEX ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบสำหรับงานวิจัยนี้

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกะการทำงานและการหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในกะงาน

รูปแบบการจัดตารางการทำงานของพนักงานที่ง่ายที่สุดคือการจัดกะงานให้มีเวลาการทำงานที่ไม่ซ้อนกันส่งผลให้แต่ละกะงานมีอิสระต่อกันและง่ายต่อการจัดพนักงาน อย่างไรก็ตามการจัดกะงานในลักษณะนี้ไม่เหมาะสมเมื่อความต้องการพนักงานมีความผันผวนในช่วงเวลาสั้นๆ ดังนั้นกะงานที่มีช่วงเวลาการทำงานที่ซ้อนกันจึงมีความจำเป็นและถูกนำมาพิจารณาในการจัดกะการทำงาน [5] Ertogral และ Bamuqabel [6] และ Bhulai, Koole และ Pot [7] ได้ศึกษาการจัดตารางการทำงานพนักงานผู้ให้บริการของศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายด้านบุคลากร (Personal Costs) ที่น้อยที่สุด โดยแบ่งพนักงานออกเป็น 2 กลุ่ม คือ พนักงานกลุ่มที่สามารถให้บริการลูกค้าได้เพียงหนึ่งงานและพนักงานกลุ่มที่สามารถให้บริการลูกค้าได้หลายงานในแต่ละช่วงเวลาภายในกะงานเดียวกัน โดย Ertogral และ Bamuqabel ได้ศึกษาการจัดตารางการทำงานของพนักงานแยกออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่เป็นพนักงานกลุ่มที่สามารถให้บริการลูกค้าได้หลายงานและกรณีที่เป็นพนักงานกลุ่มที่สามารถให้บริการลูกค้าได้เพียงงานเดียวเท่านั้น โดยทั้ง 2 งานวิจัยใช้วิธีแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming) ในการหาผลเฉลยและพบว่าวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและใช้เวลาไม่มากในการหาผลเฉลยแต่เมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้นเวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก Kabak และคณะ [8] ได้ศึกษาการจัดตารางการทำงานของพนักงานร้านขายของชำโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มกำไรของร้านขายของชำให้ได้มากที่สุด และได้แบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอน คือเริ่มจากการหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละชั่วโมงและนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทำการหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละกะงานด้วยวิธีแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Programming) Avramidis และคณะ และ Ingofsson และคณะ ได้พัฒนาวิธีการจัดตารางการทำงานของพนักงานเพื่อให้มีต้นทุนในการจ้างพนักงานน้อยที่สุดโดย Avramidis และคณะ [9] ได้พัฒนาวิธีในการหาผลเฉลยด้วยวิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristics) โดยการหาผลเฉลยใกล้เคียง (Neighbor Solutions) ขณะที่ Ingofsson และคณะ [10] ได้พัฒนาวิธี Integer Programing Heuristics ในการหาผลเฉลยและได้ทำการเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้กับวิธี Analytic Center Cutting Plane Method (ACCPM) [11] ที่ให้ผลเฉลยที่เป็นขอบเขตล่าง (Lower Bound) ของต้นทุนในการจ้างพนักงานที่เหมาะสมที่สุดพบว่าผลเฉลยที่ได้จากวิธี ACCPM เป็นผลเฉลยที่ดีกว่าแต่ใช้เวลาในการหาผลเฉลยนานกว่าวิธี Integer Programing Heuristics

Cordone และคณะ [1] ได้ศึกษาวิธีการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการจ้างพนักงานและพิจารณาจำนวนพนักงานแต่ละประเภทให้มีจำนวนที่ไม่แตกต่างกันมาก ประเภทของพนักงานที่นำมาพิจารณา ได้แก่ พนักงานที่ทำงานเต็มเวลา (Full-Time) และพนักงานที่ทำงานไม่เต็มเวลา (Part-Time) โดยพนักงานที่ทำงานเต็มเวลา โดยพนักงานที่ทำงานเต็มเวลาจะทำงาน 5 วันต่อสัปดาห์และมีช่วงเวลาทำงานที่เหมือนกันในแต่ละวัน ส่วนพนักงานที่ทำงานไม่เต็มเวลาจะมีจำนวนชั่วโมงในการทำงานและทำงานในช่วงเวลาที่แตกต่างกันไปในแต่ละวัน และมีวันทำงานที่น้อยกว่าพนักงานประเภทที่ทำงานเต็มเวลา ปัญหานี้ใช้วิธีแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming: ILP) ในการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด แต่เมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้นทำให้วิธีแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มใช้เวลาในการหาผลเฉลยที่นานหรือไม่สามารถหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดได้ Cordone และคณะ [1] จึงได้พัฒนาวิธีกำหนดการเชิงเส้นผ่อนคลาย (LP Relaxation) ที่เกิดจากการนำเอาข้อจำกัดด้านตัวแปรตัดสินใจที่ต้องเป็นจำนวนเต็มออกจากกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม ในการหาผลเฉลยและพบว่าผลเฉลยที่ได้จากวิธีดังกล่าวมีความแตกต่างจากผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดเพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์และใช้เวลาที่รวดเร็วในการหาผลเฉลย จากนั้น Cordone และคณะ [12] ได้นำปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานที่เคยศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ มาพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาโดยพิจารณาในเรื่องของกฎหมายแรงงานและประเภทของพนักงานที่สามารถให้บริการลูกค้าได้หลายงานมาเกี่ยวข้อง และได้พัฒนาวิธีฮิวริสติกในการหาผลเฉลย 2 วิธี คือวิธี Rounding Algorithm และวิธี GRASP Algorithm ซึ่งพบว่าทั้ง 2 วิธีใช้เวลาที่ใกล้เคียงกันในการหาผลเฉลยแต่วิธี GRASP Algorithm จะให้ผลเฉลยที่ดีกว่าเล็กน้อย

งานวิจัยในส่วนนี้ที่กล่าวถึงเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาจำนวนพนักงานที่จะต้องเข้างานในแต่ละกะงานเพื่อให้มีพนักงานเพียงพอต่อความต้องการในทุกช่วงเวลาและมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการจ้างพนักงานซึ่งตรงกับปัญหาของงานวิจัยนี้ แต่งานวิจัยเหล่านี้ไม่ได้กล่าวถึงการจัดตารางการทำงานของพนักงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน

ตารางหรือกำหนดการ (Schedule) คือผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการตัดสินใจหรือการจัดตาราง (Scheduling) สำหรับกิจกรรม โดยการจัดตารางหมายถึงการจัดสรรทรัพยากร (Resource) ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับงาน (Task) ภายใต้ระยะเวลาที่กำหนดให้เพื่อที่องค์กรจะสามารถบรรลุเป้าหมาย (Goal) หรือวัตถุประสงค์ (Objective) สูงสุดที่องค์กรกำหนดไว้ในเวลานั้นได้ [13]

ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนเนื่องจากประเภทของงานที่ให้บริการมีหลายประเภทและพนักงานแต่ละกลุ่มสามารถให้บริการประเภทของงานได้แตกต่างกัน ผู้ที่จัดตารางการทำงานของพนักงานต้องตัดสินใจว่าจะต้องใช้พนักงานแต่ละกลุ่มจำนวน

เท่าใดในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวัน และต้องทำการจัดตารางพนักงานที่มีอยู่ลงกะงานให้เพียงพอ Cuevas และคณะ [14] ได้แบ่งขั้นตอนในการหาผลเฉลยออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การหาจำนวนพนักงานแต่ละกลุ่มที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลา และการมอบหมายพนักงานแต่ละคนลงกะงาน ทั้ง 2 ขั้นตอนใช้วิธีแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มผสมในการหาผลเฉลยของปัญหาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน Agrali, Taskin และ Unal [15] ได้ศึกษาปัญหาเดียวกันนี้โดยใช้วิธีแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มในการหาผลเฉลย และมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระดับความไม่พึงพอใจในการบริการ เพิ่มความพึงพอใจของพนักงานที่ถูกมอบหมายลงกะงาน และเพื่อให้พนักงานแต่ละคนมีจำนวนชั่วโมงการทำงานในวันหยุดที่แตกต่างกันน้อยที่สุดภายใต้ข้อจำกัดด้านกฎหมายแรงงาน

พนักงานที่ทำงานไม่เต็มเวลา (Part-Time) จะช่วยสนับสนุนให้การจัดตารางการทำงานของพนักงานเป็นไปอย่างเหมาะสมมากขึ้น เนื่องมาจากพนักงานที่ทำงานไม่เต็มเวลาจะมาช่วยทำให้มีพนักงานเพียงพอในช่วงที่มีความต้องการพนักงานมากขึ้นซึ่งเป็นช่วงเวลาสั้นๆ และพนักงานที่ทำงานไม่เต็มเวลามีค่าตอบแทนที่น้อยกว่าพนักงานที่ทำงานเต็มเวลา (Full-Time) เพราะมีชั่วโมงการทำงานที่น้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามการจ้างพนักงานที่ทำงานไม่เต็มเวลาจะต้องมีค่าใช้จ่ายต่อคน (Fixed Cost) ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการจ้างพนักงานที่ทำงานไม่เต็มเวลานั้นเพิ่มขึ้นมาจากเดิมมาก ดังนั้นจึงได้มีการพิจารณาลดการจ้างพนักงานที่ทำงานไม่เต็มเวลาและเพิ่มการทำงานล่วงเวลา (Overtime) ของพนักงานที่ทำงานเต็มเวลาในช่วงเวลาที่พนักงานไม่เพียงพอ [16]

Elahipanah, Desaulniers และ Lacasse-Guay [17] ได้ศึกษาการจัดตารางการทำงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการจ้างพนักงานให้น้อยที่สุด และพิจารณาเงื่อนไขการทำงานล่วงเวลา ช่วงเวลาพักและวันหยุดของพนักงาน ปัญหานี้ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ปัญหาย่อย ปัญหาย่อยที่ 1 เป็นการออกแบบกะการทำงานโดยกำหนดให้มีเวลาเริ่มงานและเวลาสิ้นสุดของกะงานทั้งกะงานปกติและกะงานล่วงเวลาและการจัดให้มีช่วงเวลาหยุดพักระหว่างการทำงาน ปัญหาย่อยที่ 2 คือการจัดตารางการทำงานของพนักงานลงกะงาน แบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มผสม (MIP) ได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในการหาผลเฉลยสำหรับปัญหาย่อยที่ 1 ในขณะที่วิธี Column-Generation Heuristic และวิธี Rolling Horizon Procedure ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในการหาผลเฉลยสำหรับปัญหาย่อยที่ 2 Taskiran และ Zhang [18] ได้ศึกษาปัญหาการจัดตารางการทำงานพนักงานศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าประเภท Multi-Skill ที่พิจารณาเงื่อนไขของปัญหา ได้แก่ การทำงานล่วงเวลา ช่วงเวลาพักและวันหยุดของพนักงานเช่นเดียวกันกับปัญหาข้างต้นและได้ใช้วิธีแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มผสมในการหาผลเฉลย แต่พบว่าปัญหามีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนไม่สามารถหาผลเฉลยได้จึงได้แบ่งปัญหาออกเป็น 3 ปัญหาย่อย ปัญหาย่อยที่ 1 คือการมอบหมายประเภทของงานให้แก่พนักงาน ปัญหาย่อยที่ 2 คือการออกแบบกะการทำงานโดยกำหนดให้มีเวลาเริ่มงานและเวลาสิ้นสุดของกะงาน และมี

ช่วงเวลาหยุดพักระหว่างการทำงาน และปัญหาย่อยที่ 3 คือการจัดตารางวันหยุดของพนักงานโดยกำหนดให้พนักงานต้องมีวันหยุดในแต่ละสัปดาห์ วัตถุประสงค์ของปัญหาย่อยที่ 1 และ 2 คือการลดค่าใช้จ่ายรวมภายในสัปดาห์ในการจ้างพนักงานที่ทำงานเต็มเวลา พนักงานที่ทำงานไม่เต็มเวลา ค่าใช้จ่ายของพนักงานเต็มเวลาที่ทำงานล่วงเวลา และค่าปรับ (Penalty Cost) ในกรณีที่พนักงานไม่เพียงพอ วัตถุประสงค์ของปัญหาย่อยที่ 3 คือการลดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดในการจ้างพนักงานรวมไปถึงค่าปรับในกรณีที่พนักงานไม่เพียงพอ และได้พัฒนาวิธี Two-Phase Sequential Approach (TPSA) ในการหาผลเฉลยและพบว่าวิธีดังกล่าวได้ผลเฉลยที่ดีกว่าวิธีวิธีแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มผสมและใช้เวลาในการหาผลเฉลยที่น้อยกว่า Lagodimos และ Mihiotis [19] ได้ศึกษาการวางแผนพนักงานแผนกบรรจุชิ้นงานให้เพียงพอต่อปริมาณงานโดยมีค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานน้อยที่สุด ปัญหาของการวางแผนพนักงานบรรจุชิ้นงานนี้คือมีจำนวนพนักงานในแผนกที่แน่นอน ดังนั้นจึงต้องตัดสินใจจัดพนักงานลงกะงานในปริมาณที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการ ในกรณีที่พนักงานมีจำนวนที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการจะต้องมีการตัดสินใจให้พนักงานทำงานล่วงเวลา ปัญหาตัวอย่างนี้เป็นปัญหาอย่างง่ายที่ไม่ใช่ปัญหาจริงจึงใช้วิธีแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มในการหาผลเฉลย

งานวิจัยในส่วนนี้เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยพิจารณาเงื่อนไขในส่วนของการทำงานล่วงเวลาและวันหยุดของพนักงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีต้นทุนในการจ้างพนักงานที่ต่ำที่สุดซึ่งเหมือนกับปัญหาในงานวิจัยนี้ที่มีการกำหนดให้พนักงานสามารถทำงานล่วงเวลาได้ในช่วงเวลาที่พนักงานไม่เพียงพอ งานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงานสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน

ผู้แต่ง	ปี	ประเภทการจัดตาราง	วัตถุประสงค์	ระเบียบวิธีการ	ข้อแตกต่างจากงานวิจัยอื่น
Lagodimos และ Mihiotis	2006	การจัดตารางพนักงานแผนกบรรจุชิ้นงาน	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน	Integer Programming	ศึกษาการทำงานล่วงเวลา (Overtime)
Ertogral และ Bamuqabel	2008	การจัดตารางพนักงาน Call Center	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน	Integer Programming	ศึกษาพนักงานกลุ่ม Single-Skill และกลุ่ม Multi-Skill

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานพนักงาน (ต่อ)

ผู้แต่ง	ปี	ประเภทการจัดตาราง	วัตถุประสงค์	ระเบียบวิธีการ	ข้อแตกต่างจากงานวิจัยอื่น
Bhulai, Koole และ Pot	2008	การจัดตารางพนักงาน Call Center	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน	Integer Programming	ศึกษาพนักงานกลุ่ม Single-Skill และกลุ่ม Multi-Skill
Kabak และคณะ	2008	การจัดตารางพนักงานร้านขายของชำ	เพิ่มกำไรของร้านขายของชำ	Mixed Integer Programming	ศึกษาพนักงาน Full-Time และ Part-Time
Avramidis และคณะ	2010	การจัดตารางพนักงาน Call Center	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน	Metaheuristics	ศึกษาพนักงานกลุ่ม Multi-Skill
Ingofsson และคณะ	2010	การจัดตารางพนักงานงานบริการ	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน	Integer Programing Heuristics	เปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้กับวิธี ACCPM
Cordone และคณะ	2011	การจัดตารางพนักงาน Call Center	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน	Integer Linear Programming, LP Relaxation	ศึกษาพนักงาน Full-Time และ Part-Time
Elahipanah, Desaulniers และ Lacasse-Guay	2013	การจัดตารางพนักงาน Call Center	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน	Mixed Integer Programing, Rolling Horizon Procedure	ศึกษาพนักงานกลุ่ม Multi-Skill พิจารณากะงานล่วงเวลา
Cordone และคณะ	2014	การจัดตารางพนักงาน Call Center	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน	Rounding Algorithm, GRASP Algorithm	ศึกษาพนักงานกลุ่ม Multi-Skill, พนักงานประเภท Full-Time และ Part-Time

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานพนักงาน (ต่อ)

ผู้แต่ง	ปี	ประเภทการจัดตาราง	วัตถุประสงค์	ระเบียบวิธีการ	ข้อแตกต่างจากงานวิจัยอื่น
Cuevas และคณะ	2015	การจัดตารางพนักงานงานบริการ	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน	Mixed Integer Programming	ศึกษาพนักงานกลุ่ม Multi-Skill และมอบหมายพนักงานลงกะงาน
Agrali, Taskin และ Unal	2017	การจัดตารางพนักงานงานบริการ	ลดระดับความไม่พึงพอใจในการบริการ และเพิ่มความพึงพอใจของพนักงาน	Integer Programming	พิจารณากฎหมายแรงงานและมอบหมายพนักงานลงกะงาน
Taskiran และ Zhang	2017	การจัดตารางพนักงาน Call Center	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงานและค่าปรับ	Mixed Integer Programming, Two-Phase Sequential Approach	ศึกษาพนักงานกลุ่ม Multi-Skill, พนักงานประเภท Full-Time, Part-Time และ Overtime
งานวิจัยนี้		การจัดตารางพนักงาน Call Center	ลดต้นทุนในการจ้างพนักงาน	Mixed Integer Programming, Decomposition Technique	ศึกษาพนักงานกลุ่ม Single-Skill และกลุ่ม Multi-Skill พิจารณาการทำงานล่วงเวลา, รอบการทำงาน และวันหยุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ทฤษฎีแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น

การวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยในการตัดสินใจเพื่อหาการออกแบบระบบและการดำเนินงานของระบบที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขของการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด วิธีการตัดสินใจนี้จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) อย่างน้อยหนึ่งแบบจำลอง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแทนของปัญหาจริงที่จะช่วยให้การตัดสินใจปัญหาเป็นไปอย่างดีขึ้นหรือทำให้มีความเข้าใจปัญหาจริงได้มากขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วน [20] ได้แก่

1) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือความสัมพันธ์ในลักษณะสมการของตัวแปรตัดสินใจที่มีจุดประสงค์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ซึ่งเป็นค่ามากที่สุด (Maximization) หรือค่าน้อยที่สุด (Minimization)
2) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) คือผลเฉลยของแบบจำลอง
3) เงื่อนไขหรือข้อจำกัด (Constraints) คือเงื่อนไขหรือข้อจำกัดในการตัดสินใจ

แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming: LP) เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายปัญหา ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดในแบบจำลองจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้น $c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n$ โดย c_i เป็นค่าสัมประสิทธิ์ และ x_i เป็นตัวแปรตัดสินใจ ปัญหากำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Problem) คือปัญหาที่ต้องการผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดโดยฟังก์ชันที่ใช้ในการหาค่าที่มากสุดหรือค่าที่น้อยสุดเรียกว่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าของตัวแปรตัดสินใจจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขหรือข้อจำกัด โดยแต่ละเงื่อนไขหรือข้อจำกัดจะต้องอยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นหรืออสมการเชิงเส้น และตัวแปรตัดสินใจจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 ตัวอย่างเช่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Maximize $Z = 3x_1 + 5x_2$

Subject to $3x_1 + 2x_2 \leq 18$

$2x_2 \leq 12$

$x_1 \leq 4$

$x_1, x_2 \geq 0$

ผลเฉลยของแบบจำลองสำหรับกำหนดหารเชิงเส้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผลเฉลยที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) และผลเฉลยที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible Solution) [21]

1) ผลเฉลยที่เป็นไปได้ คือผลเฉลยที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่กำหนดไว้ โดยผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) จะแบ่งเป็นผลเฉลยที่มีค่ามากที่สุดและผลเฉลยที่มีค่าน้อยที่สุดโดยขึ้นอยู่กับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของปัญหา

2) ผลเฉลยที่เป็นไปไม่ได้ คือผลเฉลยที่ขัดแย้งกับเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่กำหนดไว้บางเงื่อนไขหรือทุกเงื่อนไข

โดยทั่วไปปัญหากำหนดการเชิงเส้นจะมีผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดเพียงผลเฉลยเดียว แต่ในบางปัญหาที่มีผลเฉลยที่ทำให้ค่าจุดประสงค์สูงสุดหรือต่ำสุดหลายค่าจะพบว่ามีผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดมากกว่า 1 ผลเฉลย (Multiple Solutions) หรือผลเฉลยทางเลือก (Alternative Solutions) ในกรณีที่ปัญหาไม่มีผลเฉลยที่เป็นไปได้ (Infeasible Solution) เกิดจากการที่ไม่มีผลเฉลยใดๆ ที่เป็นไปตามเงื่อนไขหรือข้อจำกัดทั้งหมดของปัญหา และในกรณีที่ผลเฉลยของปัญหาไม่มีขอบเขต (Unbounded Solution) จะเกิดขึ้นเมื่อพื้นที่ที่ทำให้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดเป็นจริงไม่มีขอบเขตและไม่สามารถพัฒนาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ให้ดีขึ้นได้

แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นสามารถให้ผลเฉลยแก่ปัญหาได้หลากหลายรูปแบบ แต่ในบางปัญหา เช่น ปัญหาการมอบหมายงานให้กับคนหรือเครื่องจักรที่ต้องการผลเฉลยที่อยู่ในรูปของจำนวนเต็ม แต่ผลเฉลยที่ได้จากกำหนดการเชิงเส้นอาจไม่ได้อยู่ในรูปของจำนวนเต็มจึงทำให้ไม่สามารถนำผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดมาใช้งานได้ ดังนั้นเมื่อต้องการผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มจะต้องใช้แบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming: IP) ในการหาผลเฉลย โดยแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มเกิดจากแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นที่มีข้อจำกัดเพิ่มเติมให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นจำนวนเต็ม สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท [20] ได้แก่

1) กำหนดการเชิงจำนวนเต็มแท้จริง (Pure Integer Programming: IP) คือแบบจำลองเชิงจำนวนเต็มที่มีตัวแปรตัดสินใจทุกตัวเป็นจำนวนเต็ม ตัวอย่างเช่น

Maximize $Z = 3x_1 + 2x_2$

Subject to $x_1 + x_2 \leq 6$

$x_1, x_2 \geq 0, \quad x_1, x_2$ integer

2) กำหนดการเชิงจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Programming: MIP) คือแบบจำลองเชิงจำนวนเต็มที่มีตัวแปรตัดสินใจบางตัวเป็นจำนวนเต็ม ตัวอย่างเช่น

Maximize $Z = 3x_1 + 2x_2$

Subject to $x_1 + x_2 \leq 6$

$x_1, x_2 \geq 0, \quad x_1$ integer

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) กำหนดการเชิงจำนวนเต็มศูนย์หนึ่ง (0-1 Integer Programming) หรือกำหนดการฐานสอง (Binary Integer Programming: BIP) คือแบบจำลองเชิงจำนวนเต็มที่ตัวแปรตัดสินใจทุกตัวมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 ตัวอย่างเช่น

Maximize $Z = x_1 - x_2$

Subject to $x_1 + 2x_2 \leq 2$

$2x_1 - x_2 \leq 1$

$x_1, x_2 = 0 \text{ or } 1$

จากแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มเมื่อนำข้อจำกัดที่กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นจำนวนเต็มหรือมีค่าเป็น 0 หรือ 1 ออกจะได้แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นผ่อนคลาย (LP Relaxation) ซึ่งก็คือแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นที่ได้จากการนำเอาข้อจำกัดที่กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นจำนวนเต็มออกจากแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ได้จากแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นผ่อนคลายจะมีค่าดีกว่าหรือเท่ากับค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ได้จากแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มเสมอ เนื่องจากพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ของแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มเป็นเซตย่อยของแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นผ่อนคลายเสมอ

2.4 IBM ILOG CPLEX Optimization Studio

IBM ILOG CPLEX Optimization Studio หรือ CPLEX เป็นซอฟต์แวร์ในการหาคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และมี Optimization Programming Language (OPL) เป็นภาษาที่ใช้ในการอธิบายแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น (LP) ที่มีรูปแบบดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Maximize (or Minimize) $c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n$

Subject to $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \sim b_1$

$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n \sim b_2$

$\ldots$

$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n \sim b_m$

ภายใต้ขอบเขต $l_1 \leq x_1 \leq u_1$

$\ldots$

$l_n \leq x_n \leq u_n$

โดยสัญลักษณ์ $\sim$ สามารถเป็นได้ทั้งเครื่องหมาย $\leq$, $\geq$ หรือ $=$

จากแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นข้างต้น ข้อมูลนำเข้าในโปรแกรม CPLEX ได้แก่

Objective Function Coefficients	$c_1, c_2, \ldots, c_n$
Constraint Coefficients	$a_{11}, a_{21}, \ldots, a_{m1}$
	...
	$a_{1n}, a_{2n}, \ldots, a_{mn}$
Right-Hand Sides	$b_1, b_2, \ldots, b_m$
Upper and Lower Bounds	$u_1, u_2, \ldots, u_n$ and $l_1, l_2, \ldots, l_n$

ข้อมูลนำออกหรือคำตอบที่ได้จากโปรแกรม CPLEX จะอยู่ในรูปของ

Variables	$x_1, x_2, \ldots, x_n$

นอกจากการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหากำหนดการเชิงเส้นแล้ว โปรแกรม CPLEX ยังสามารถใช้ในการหาคำตอบสำหรับปัญหา Network Flow, ปัญหากำหนดการกำลังสอง (Quadratic Programming: QP) และปัญหากำหนดการเชิงจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Programming: MIP) [22]

การสร้างโปรเจ็กต์ในโปรแกรม CPLEX เริ่มจากการสร้างไฟล์งาน 2 ไฟล์งาน ได้แก่ ไฟล์งานสำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (.mod) และไฟล์งานสำหรับเก็บค่าข้อมูลนำเข้า (.dat)

ไฟล์งานสำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย เซตข้อมูล พารามิเตอร์ ตัวแปรตัดสินใจ สมการวัตถุประสงค์ และข้อจำกัดของปัญหา รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

- บรรทัดที่ 2-3 คือการกำหนดเซตของข้อมูล ได้แก่ Product i และ Resource j
- บรรทัดที่ 4-6 คือการกำหนดชนิดของพารามิเตอร์
  - $Consump_{ij}$ คือปริมาณการใช้ทรัพยากร j ในการผลิตผลิตภัณฑ์ i จำนวน 1 หน่วย
  - $Avail_j$ คือปริมาณทรัพยากร j ที่มี
  - $Profit_i$ คือกำไรที่ได้จากการผลิตผลิตภัณฑ์ i
- บรรทัดที่ 8 คือการกำหนดชนิดของตัวแปรตัดสินใจ
  - x_{ij} คือปริมาณทรัพยากร j ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ i
- บรรทัดที่ 10-13 คือการกำหนดสมการวัตถุประสงค์

  $Maximize\ z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Profit_i\, x_{ij}$

- บรรทัดที่ 15-20 คือการกำหนดข้อจำกัดของปัญหา

  $\sum_{i \in I} x_{ij} \leq Avail_j \quad ; \forall j \in J$

ProductMix.mod | ProductMix.dat | ProductMix.Ex.dat

```
{string} Product = ...;
{string} Resource = ...;
float Consump[Product][Resource] = ...;
float Avail[Resource] = ...;
float Profit[Product] = ...;

dvar float+ x[Product];

dexpr float objective =
sum(i in Product)Profit[i]*x[i];

maximize objective;

subject to{

   forall(j in Resource)
   sum(i in Product)x[i]*Consump[i][j] <= Avail[j];

}
```

รูปที่ 2.1 ไฟล์งานสำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ไฟล์งานสำหรับเก็บค่าข้อมูลนำเข้าเป็นไฟล์ที่ใช้ในการเก็บค่าพารามิเตอร์และข้อมูลต่างๆ สำหรับนำไปใช้ในการหาคำตอบร่วมกับไฟล์งานสำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรม CPLEX ตัวอย่างไฟล์งานสำหรับเก็บค่าข้อมูลนำเข้าแสดงดังรูปที่ 2.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ProductMix.mod | ProductMix.dat | ProductMix.Ex.dat

```
Product = {"Bowl", "Vase", "Cup", "Jar"};
Resource = {"Labor", "Clay", "Water"};
Profit = [200, 300, 350, 250];
Consump = [[3, 2, 2], [2, 4, 2], [1, 2, 6], [2, 3, 3]];
Avail = [100, 120, 200];
```

รูปที่ 2.2 ไฟล์งานสำหรับเก็บค่าข้อมูลนำเข้า

นอกจากนี้โปรแกรม CPLEX ยังสามารถเรียกใช้งานข้อมูลจากภายนอก เช่น สเปรดชีตของไมโครซอฟท์เอกซ์เซล รูปที่ 2.3 และ 2.4 แสดงข้อมูลในสเปรดชีทและคำสั่งการเรียกใช้งานข้อมูลจากสเปรดชีต

- คำสั่ง SheetConnection คือคำสั่งในการเรียกใช้งานสเปรดชีท

บรรทัดที่ 2 คือการเรียกใช้งานไฟล์ ProductMix.xlsx

- คำสั่ง SheetRead คือคำสั่งในการเรียกข้อใช้ข้อมูล

บรรทัดที่ 3-7 คือการเรียกใช้ข้อมูลจากสเปรดชีท ProductMix โดย Product เรียกใช้ข้อมูลในเซลล์ A3:A6 Resource เรียกใช้ข้อมูลในเซลล์ C2:E2 Profit เรียกใช้ข้อมูลในเซลล์ B3:B6 Consump เรียกใช้ข้อมูลในเซลล์ C3:E6 Avail เรียกใช้ข้อมูลในเซลล์ C7:E7

- คำสั่ง SheetWrite คือคำสั่งในการเก็บค่าตัวแปรตัดสินใจลงในสเปรดชีท

บรรทัดที่ 8 คือการสั่งให้เก็บค่าตัวแปรตัดสินใจที่ได้หลังจากสิ้นสุดการประมวลผลแบบจำลองลงในเซลล์ F3:F6

ProductMix.mod | ProductMix.dat | ProductMix.Ex.dat

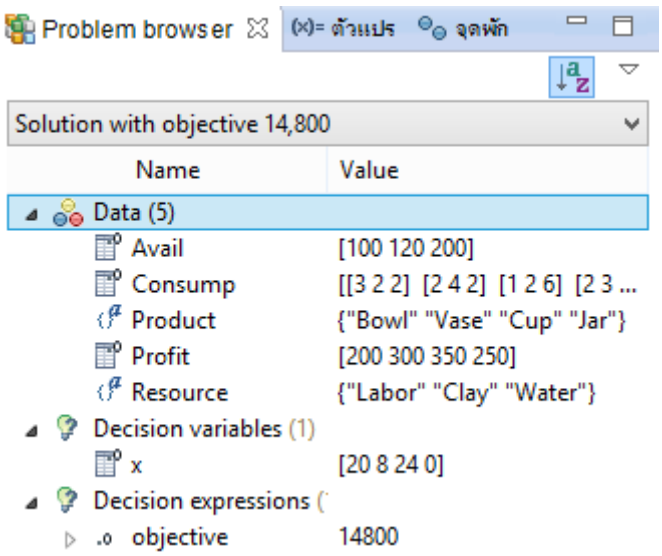
```
1
2 SheetConnection sheet("ProductMix.xlsx");
3 Product from SheetRead(sheet,"ProductMix!A3:A6");
4 Resource from SheetRead(sheet,"ProductMix!C2:E2");
5 Profit from SheetRead(sheet,"ProductMix!B3:B6");
6 Consump from SheetRead(sheet,"ProductMix!C3:E6");
7 Avail from SheetRead(sheet,"ProductMix!C7:E7");
8 x to SheetWrite (sheet,"ProductMix!F3:F6");
9
```

รูปที่ 2.3 การใช้คำสั่งเรียกใช้งานข้อมูลจากสเปรดชีต

	A	B	C	D	E	F
1	Product	Profit	Resource			x
2			Labor	Clay	Water	
3	Bowl	200	3	2	2	20
4	Vase	300	2	4	2	8
5	Cup	350	1	2	6	24
6	Jar	250	2	3	3	0
7	Available		100	120	200	

รูปที่ 2.4 ข้อมูลในสเปรดชีท

หลังจากสิ้นสุดการประมวลผลแบบจำลองด้วยคำสั่ง Run Configuration โครงสร้างและคำตอบของแบบจำลองจะแสดงอยู่ในส่วนของ Problem Browser ดังรูปที่ 2.5 โดย Solution with Objective จะแสดงคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาที่เกิดจากค่าของตัวแปรตัดสินใจ



รูปที่ 2.5 Problem Browser

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ลักษณะของปัญหาที่ทำการศึกษา

ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าเป็นช่องทางที่สามารถให้บริการและติดต่อกับลูกค้าได้โดยตรงและมีความสะดวกรวดเร็ว ดังนั้นเพื่อรองรับปริมาณการใช้บริการของลูกค้าจึงต้องมีการวางแผนการจัดตารางการทำงานของพนักงานผู้ให้บริการที่มีจำนวนจำกัดให้เพียงพอต่อความต้องการ ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานผู้ให้บริการของศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าที่ทำการศึกษานั้นเป็นการจัดตารางการทำงานของพนักงานในช่วงเวลา 1 เดือน โดยในแต่ละวันและแต่ละช่วงเวลาจะมีความต้องการพนักงานในจำนวนที่แตกต่างกันตามข้อมูลพยากรณ์จำนวนสายการโทรเข้ามาของลูกค้า พนักงานแต่ละคนมีความสามารถในการให้บริการกลุ่มงานแก่ลูกค้าได้แตกต่างกัน และตารางการทำงานของพนักงานจะต้องไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขของการเข้างาน จุดมุ่งหมายสำคัญของปัญหานี้คือการหาจำนวนพนักงานผู้ให้บริการในแต่ละช่วงเวลาให้เพียงพอต่อความต้องการโดยการจัดตารางการทำงานของพนักงานเพื่อให้มีต้นทุนในการจ้างพนักงานที่ต่ำที่สุดโดยมีเงื่อนไขที่นำมาพิจารณาดังนี้

1) ความต้องการพนักงานผู้ให้บริการ

จำนวนพนักงานที่ให้บริการลูกค้าแต่ละกลุ่มงานต้องเพียงพอกับความต้องการพนักงานที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา โดยในแต่ละวันและแต่ละช่วงเวลาจะมีความต้องการพนักงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับข้อมูลพยากรณ์จำนวนสายการโทรเข้ามาของลูกค้า ในช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์จะมีความต้องการพนักงานที่มากกว่าวันเสาร์และวันอาทิตย์ดังตัวอย่างตารางที่ 3.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.1 ความต้องการพนักงานแบ่งตามช่วงเวลาของงาน ES ในช่วงเวลา 2 สัปดาห์

Time	Week 1							Week 2						
	M.	Tu.	W.	Th.	F.	Sa.	Su.	M.	Tu.	W.	Th.	F.	Sa.	Su.
00.00 - 00.30	11	10	10	11	11	9	9	8	10	10	9	9	9	9
00.30 - 01.00	10	9	9	10	10	8	7	6	8	9	9	10	8	7
01.00 - 01.30	8	7	7	8	8	7	6	5	7	7	7	8	7	6
01.30 - 02.00	6	5	5	6	6	5	4	4	5	5	4	6	5	4
02.00 - 02.30	4	5	5	4	4	4	5	3	5	4	4	5	4	5
02.30 - 03.00	5	4	4	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
03.00 - 03.30	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	3

ตารางที่ 3.1 ความต้องการพนักงานแบ่งตามช่วงเวลาของงาน ES ในช่วงเวลา 2 สัปดาห์ (ต่อ)

Time	Week 1							Week 2						
	M.	Tu.	W.	Th.	F.	Sa.	Su.	M.	Tu.	W.	Th.	F.	Sa.	Su.
03.30 - 04.00	4	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	4
04.00 - 04.30	4	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	4
04.30 - 05.00	4	3	3	4	4	3	3	2	3	3	3	3	3	3
05.00 - 05.30	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3
05.30 - 06.00	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3
06.00 - 06.30	6	6	6	6	6	5	4	5	5	6	6	6	5	4
06.30 - 07.00	9	9	9	9	9	7	6	8	9	9	9	9	7	6
07.00 - 07.30	14	15	14	14	13	11	10	13	15	13	13	13	11	10
07.30 - 08.00	20	20	20	19	19	16	12	18	19	19	18	19	16	12
08.00 - 08.30	29	33	31	29	28	23	16	25	31	30	29	29	23	16
08.30 - 09.00	40	59	53	39	38	32	22	42	56	51	50	51	31	22
09.00 - 09.30	45	71	66	45	43	36	26	56	68	63	60	63	35	26
09.30 - 10.00	53	77	73	53	51	42	28	64	73	70	64	66	41	28
10.00 - 10.30	56	80	78	55	53	44	30	69	76	74	69	72	43	29
10.30 - 11.00	60	82	79	59	57	47	31	71	78	75	72	74	46	31
11.00 - 11.30	69	92	86	68	65	55	38	78	88	82	76	77	53	38
11.30 - 12.00	71	93	86	70	67	56	40	79	89	82	77	81	54	40
12.00 - 12.30	70	90	82	69	66	55	40	77	86	78	75	74	53	40
12.30 - 13.00	71	87	83	70	67	56	40	80	83	79	76	77	54	40
13.00 - 13.30	67	89	84	66	63	53	39	84	85	80	77	78	52	39
13.30 - 14.00	65	91	87	63	61	51	40	86	87	83	77	78	50	40
14.00 - 14.30	65	89	86	64	62	51	39	84	85	82	75	79	50	38
14.30 - 15.00	63	88	84	62	60	50	44	84	84	80	77	81	49	44
15.00 - 15.30	57	85	84	56	54	45	40	85	81	80	74	81	44	40
15.30 - 16.00	64	81	81	63	61	50	40	78	78	77	72	75	49	39
16.00 - 16.30	63	74	74	62	60	50	42	69	71	70	67	72	48	41
16.30 - 17.00	62	73	70	61	58	49	40	65	70	66	69	66	47	40
17.00 - 17.30	58	68	68	57	55	46	43	61	65	65	63	60	45	42
17.30 - 18.00	57	65	63	57	54	45	42	56	62	60	58	61	44	41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.1 ความต้องการพนักงานแบ่งตามช่วงเวลาของงาน ES ในช่วงเวลา 2 สัปดาห์ (ต่อ)

Time	Week 1							Week 2						
	M.	Tu.	W.	Th.	F.	Sa.	Su.	M.	Tu.	W.	Th.	F.	Sa.	Su.
18.00 - 18.30	55	60	59	54	52	43	41	56	57	56	55	56	42	41
18.30 - 19.00	55	56	56	54	52	43	40	54	54	53	51	53	42	40
19.00 - 19.30	50	52	47	49	47	39	37	50	50	45	46	45	38	36
19.30 - 20.00	42	44	41	42	40	34	32	43	42	39	38	40	33	31
20.00 - 20.30	35	38	36	35	33	28	27	37	36	34	35	34	27	27
20.30 - 21.00	32	34	34	31	30	25	26	33	33	32	31	33	25	26
21.00 - 21.30	29	30	29	29	27	23	23	30	29	28	29	29	22	23
21.30 - 22.00	28	28	26	28	27	22	21	25	27	25	25	25	22	21
22.00 - 22.30	22	23	22	21	20	17	17	21	22	21	21	20	17	17
22.30 - 23.00	16	18	16	16	16	13	14	17	17	15	16	16	13	14
23.00 - 23.30	14	14	13	14	14	12	10	13	14	13	13	13	11	10
23.30 - 00.00	12	11	10	11	11	9	9	9	10	9	10	11	9	9

2) การแบ่งประเภทของพนักงานผู้ให้บริการศูนย์บริการข้อมูลลูกค้า

พนักงานผู้ให้บริการศูนย์บริการข้อมูลลูกค้ามีความสามารถในการให้บริการลูกค้าแตกต่างกันตามงานที่ให้บริการ ดังตารางที่ 3.2 โดยพนักงานประเภททักษะเดียวสามารถให้บริการงานแก่ลูกค้าได้ 1 งาน และพนักงานประเภทหลายทักษะสามารถให้บริการงานแก่ลูกค้าได้ 2 งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 ประเภทของพนักงานผู้ให้บริการแยกตามงานในการให้บริการลูกค้า

Task	ประเภทของพนักงานผู้ให้บริการ						
	Single-Skill					Multi-Skill	
	1	2	3	4	5	6	7
ES	1	0	0	0	0	1	0
AC	0	1	0	0	0	1	0
CD	0	0	1	0	0	0	1
BL	0	0	0	1	0	0	1
Privilege	0	0	0	0	1	0	0

จากตารางที่ 3.2 ยกตัวอย่างงาน ES มีพนักงานที่สามารถให้บริการได้ 2 กลุ่มพนักงาน คือ พนักงานกลุ่ม 1 และพนักงานกลุ่ม 6 นอกจากนี้พนักงานกลุ่ม 6 ซึ่งเป็นพนักงานประเภท Multi-Skill ยังสามารถให้บริการงาน AC แก่ลูกค้าได้อีกด้วย

3) ลักษณะการเข้างานของพนักงาน

การทำงานของพนักงานจะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การเข้างานกะงานปกติ (Regular Time) และการเข้างานล่วงเวลา (Overtime: OT)

3.1) การเข้างานกะงานปกติ พนักงานจะมีลักษณะการเข้างานเป็นกะงาน ใน 1 วัน ประกอบไปด้วย 18 กะงาน เวลาเริ่ม (Start Time) ของแต่ละกะงานห่างกันทุก 30 นาที (1 Period) กะงานที่ 1-16 จะเริ่มที่เวลา 06.00 น. จนถึง 13.30 น. กะงานที่ 17 จะเริ่มที่เวลา 15.00 น. และกะงานที่ 18 จะเริ่มที่เวลา 21.30 น. โดยใน 1 กะงานครอบคลุมช่วงเวลา 9 ชั่วโมงติดต่อกัน แบ่งเป็นช่วงเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง และช่วงเวลาพัก 1 ชั่วโมง จากตารางที่ 3.3 ตัวอย่างกะงานที่ 1 เริ่มที่เวลา 6.00 น. จะครอบคลุมช่วงเวลา 06.00-15.00 น. แบ่งเป็นช่วงเวลาทำงาน 2 ช่วงเวลา ได้แก่ 06.00-10.00 และ 11.00-15.00 น. รวมเวลาทำงานทั้ง 2 ช่วงเวลาเป็น 8 ชั่วโมง และมีช่วงเวลาพัก 1 ชั่วโมงคือ 10.00-11.00 น. รวมเวลาทั้งหมดของกะงานคือ 9 ชั่วโมง แต่สำหรับกะงานที่เริ่มเวลา 21.30 (กะงานที่ 18) จะมีช่วงเวลาทำงานและเวลาพัก 2 รูปแบบ ได้แก่ ช่วงเวลาพัก 02.00-03.00 และ 03.00-04.00 น. ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างกะงานปกติ

Time	เวลาเริ่มกะงานปกติ (Shift)					
	06.00	06.30	07.00	07.30	08.00	08.30
06.00-06.30	1	0	0	0	0	0
06.30-07.00	1	1	0	0	0	0
07.00-07.30	1	1	1	0	0	0
07.30-08.00	1	1	1	1	0	0
08.00-08.30	1	1	1	1	1	0
08.30-09.00	1	1	1	1	1	1
09.00-09.30	1	1	1	1	1	1
09.30-10.00	1	1	1	1	1	1
10.00-10.30	0	1	1	1	1	1
10.30-11.00	0	0	1	1	1	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างกะงานปกติ (ต่อ)

Time	เวลาเริ่มกะงานปกติ (Shift)					
	06.00	06.30	07.00	07.30	08.00	08.30
11.00-11.30	1	0	0	1	1	1
11.30-12.00	1	1	0	0	1	1
12.00-12.30	1	1	1	0	0	1
12.30-13.00	1	1	1	1	0	0
13.00-13.30	1	1	1	1	1	0
13.30-14.00	1	1	1	1	1	1
14.00-14.30	1	1	1	1	1	1
14.30-15.00	1	1	1	1	1	1
15.00-15.30	0	1	1	1	1	1
15.30-16.00	0	0	1	1	1	1
16.00-16.30	0	0	0	1	1	1
16.30-17.00	0	0	0	0	1	1
17.30-17.30	0	0	0	0	0	1

ตารางที่ 3.4 ช่วงเวลาทำงานและเวลาพักกะงาน 21.30 น.

ช่วงเวลา	21.30-22.00	22.00-22.30	22.30-23.00	23.00-23.30	23.30-24.00	00.00-00.30	00.30-01.00	01.00-01.30	01.30-02.00	02.00-02.30	02.30-03.00	03.00-03.30	03.30-04.00	04.00-04.30	04.30-05.00	05.00-05.30	05.30-06.00	06.00-06.30
รูปแบบ 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
รูปแบบ 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1

ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้ามีนโยบายที่ไม่ต้องการให้พนักงานออกกะงานในช่วงเวลา 00.30-05.30 น. จึงทำให้ไม่มีการเข้ากะงานระหว่างช่วงเวลา 15.30-20.30 น. เนื่องจากการเข้ากะงานในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีเวลาสิ้นสุดกะงานอยู่ในช่วงเวลา 00.30-05.30 น. ดังตารางที่ 3.5 โดยแถบสีเทาแสดงถึงกะงานที่มีเวลาสิ้นสุดกะงานในช่วงเวลา 00.30-05.30 น. และศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าเห็นว่าพนักงานที่เข้ากะงานในช่วงเวลา 14.00 14.30 และ 21.00 น. จะส่งผลให้มีจำนวนพนักงานสะสมที่มากเกินความต้องการ ดังนั้นจึงไม่มีกะงานที่เริ่มงานในช่วงเวลาดังกล่าว

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างเวลาเริ่มและสิ้นสุดกะงาน

วัน	ช่วงเวลา (Period)	เวลาเริ่มกะงาน											
		15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30
1	15:00-15:30												
	15:30-16:00												
	16:00-16:30												
	16:30-17:00												
	17:00-17:30												
	17:30-18:00												
	18:00-18:30												
	18:30-19:00												
	19:00-19:30												
	19:30-20:00												
	20:00-20:30												
	20:30-21:00												
	21:00-21:30												
	21:30-22:00												
	22:00-22:30												
	22:30-23:00												
	23:00-23:30												
	23:30-24:00												
2	00:00-00:30												
	00:30-01:00												
	01:00-01:30												
	01:30-02:00												
	02:00-02:30												
	02:30-03:00												
	03:00-03:30												
	03:30-04:00												
	04:00-04:30												
	04:30-05:00												
	05:00-05:30												
	05:30-06:00												

3.2) การเข้างานล่วงเวลา พนักงานสามารถทำงานล่วงเวลาได้ในวันที่พนักงานมีการเข้างานกะงานปกติ โดยพนักงานสามารถทำงานล่วงเวลาได้ 4 แบบ ได้แก่ ทำงานล่วงเวลา 30 นาที 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที

พนักงานสามารถเข้ากะงานปกติได้ไม่เกินวันละ 1 กะงาน และสามารถทำงานล่วงเวลาได้โดยชั่วโมงเริ่มต้นของการทำงานล่วงเวลาจะต้องอยู่ต่อจากชั่วโมงการทำงานสุดท้ายของกะงานปกติ ตัวอย่างเช่น พนักงานเข้ากะงานปกติที่ 1 จะทำงานเวลา 06.00-15.00 น. ดังนั้นพนักงานคนดังกล่าวจะสามารถเริ่มทำงานล่วงเวลาได้ที่ 15.00 น. พนักงานสามารถทำงานล่วงเวลาได้ครั้งละ 30 นาที 60 นาที 90 นาที หรือ 120 นาที และพนักงานจะไม่สามารถทำงานล่วงเวลาได้ถ้าในวันนั้นพนักงานไม่ได้ทำงานในกะงานปกติ

ตัวอย่างตารางที่ 3.6 พนักงานที่เข้ากะงานปกติที่ 1 จะทำงานเวลา 06.00-15.00 น. และสามารถทำงานล่วงเวลาได้ 4 รูปแบบ คือ ทำงานล่วงเวลา 30 นาที 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที พนักงานที่ทำงานในกะงานปกติที่ 1 และไม่ทำงานล่วงเวลาพนักงานจะเลิกงานเวลา 15.00 น. พนักงานที่ทำงานล่วงเวลา 30 นาทีจะเลิกงานเวลา 15.30 น. พนักงานที่ทำงานล่วงเวลา 60 นาทีจะเลิกงานเวลา 16.00 น. พนักงานที่ทำงานล่วงเวลา 90 นาทีจะเลิกงานเวลา 16.30 น. และพนักงานที่ทำงานล่วงเวลา 120 นาทีจะเลิกงานเวลา 17.00 น. ดังนั้นการเริ่มงานที่เวลา 6.00 น. พนักงานจะมี 5 รูปแบบการเข้างานที่สามารถทำได้ และใน 1 วันจะมีรูปแบบการเข้างานทั้งหมด 90 รูปแบบ

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างการทำงานล่วงเวลาที่ต่อเนื่องจากการเข้ากะงานปกติที่ 1

Time	เวลาในการทำงานล่วงเวลา				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
06.00-06.30	1	1	1	1	1
06.30-07.00	1	1	1	1	1
07.00-07.30	1	1	1	1	1
07.30-08.00	1	1	1	1	1
08.00-08.30	1	1	1	1	1
08.30-09.00	1	1	1	1	1
09.00-09.30	1	1	1	1	1
09.30-10.00	1	1	1	1	1
10.00-10.30	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างการทำงานล่วงเวลาที่ต่อเนื่องจากการเข้ากะงานปกติที่ 1 (ต่อ)

Time	เวลาในการทำงานล่วงเวลา				
	0 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
10.30-11.00	0	0	0	0	0
11.00-11.30	1	1	1	1	1
11.30-12.00	1	1	1	1	1
12.00-12.30	1	1	1	1	1
12.30-13.00	1	1	1	1	1
13.00-13.30	1	1	1	1	1
13.30-14.00	1	1	1	1	1
14.00-14.30	1	1	1	1	1
14.30-15.00	1	1	1	1	1
15.00-15.30	0	OT	OT	OT	OT
15.30-16.00	0	0	OT	OT	OT
16.00-16.30	0	0	0	OT	OT
16.30-17.00	0	0	0	0	OT

4) รอบการเข้างานของพนักงาน

พนักงานจะมีรูปแบบการเริ่มเข้างานเป็นรอบเวลาโดยใน 1 วันจะแบ่งรอบการเข้างานออกเป็น 4 รอบดังตารางที่ 3.7 กะงานที่มีเวลาเริ่มงานอยู่ระหว่าง 06.00-08.30 น. จะอยู่ในรอบการเข้างานที่ 1 กะงานที่มีเวลาเริ่มงานอยู่ระหว่าง 09.00-11.30 น. จะอยู่ในรอบการเข้างานที่ 2 กะงานที่มีเวลาเริ่มงานอยู่ระหว่าง 12.00-15.00 น. จะอยู่ในรอบการเข้างานที่ 3 และกะงานที่มีเวลาเริ่มงาน 21.30 น. จะอยู่ในรอบการเข้างานที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.7 รอบการเข้างานของพนักงาน

รอบการทำงาน	1	2	3	4
ช่วงเวลาเริ่มงาน	06.00-08.30	09.00-11.30	12.00-15.00	21.30

3.4.1 รอบการทำงานภายในสัปดาห์เดียวกัน

การเข้างานในวันแรกของสัปดาห์จะเป็นตัวกำหนดว่าพนักงานทำงานอยู่ในรอบการทำงานใดของสัปดาห์และพนักงานจะเข้างานในรอบการทำงานเดิมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกรณีที่พนักงานเข้างานติดกัน แต่ละวันในสัปดาห์พนักงานสามารถเลือกเข้ากะงานใดก็ได้ที่อยู่ในรอบการทำงานเดียวกันโดยไม่จำเป็นต้องเข้างานในกะงานเดิม

3.4.2 รอบการทำงานกรณีเริ่มสัปดาห์ใหม่

รอบการทำงานในสัปดาห์ใหม่ของพนักงานจะต้องเป็นรอบการทำงานเดิมของสัปดาห์ก่อนหน้า หรือรอบการทำงานที่ถัดจากรอบการทำงานเดิมของสัปดาห์ก่อนหน้าเป็นต้นไป เช่น พนักงานเข้างานในรอบการทำงานที่ 2 ของสัปดาห์ก่อนหน้า ดังนั้นในสัปดาห์ถัดไปพนักงานจะสามารถเข้างานได้ในรอบการทำงานที่ 2 ถึง 4 เป็นจำนวน 1 รอบการทำงาน

5) วันทำงานของพนักงาน

พนักงานมีเงื่อนไขในการเข้างานไม่ต่ำกว่า 5 วันต่อสัปดาห์และเข้างานติดต่อกันได้ไม่เกิน 6 วัน และพนักงานจะต้องมีวันทำงานรวมใน 1 เดือนไม่น้อยกว่าจำนวนวันทำงานที่ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้ากำหนด เช่น เดือนมีนาคม 2560 มีวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ทั้งหมด 8 วันและไม่มีวันหยุดนักขัตฤกษ์ ดังนั้นวันทำงานของเดือนนี้คือ 23 วัน

6) ภาระงานของพนักงาน (Workload)

จำนวนภาระงานของพนักงานมีค่าเท่ากับจำนวนวันทำงานของพนักงานใน 1 เดือน ในงานวิจัยนี้ต้องการจัดสรรภาระงานของพนักงานให้มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 2 หรือจำนวนวันทำงานใน 1 เดือนของพนักงานคนที่มากที่สุดและพนักงานคนที่น้อยที่สุดต่างกันไม่เกิน 2 วัน

7) ต้นทุนในการจ้างพนักงาน

ต้นทุนในการจ้างพนักงานที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ค่าตอบแทนรายเดือน ค่าตอบแทนล่วงเวลารายชั่วโมง ค่าตอบแทนล่วงเวลารายวัน และค่าตอบแทนพิเศษสำหรับกะงานกลางคืน

7.1) ค่าตอบแทนรายเดือนของพนักงาน

7.2) ค่าตอบแทนล่วงเวลารายชั่วโมงสำหรับวันที่ทำงานเกิน 8 ชั่วโมง

7.3) ค่าตอบแทนล่วงเวลารายวันสำหรับวันที่เข้างานกะปกติที่เกินจากจำนวนวันทำงานขั้นต่ำที่ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้ากำหนด ยกตัวอย่างเช่น ในเดือนนี้ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้ากำหนดวันทำงานของพนักงานไว้ที่ 23 วัน แต่พนักงานทำงานทั้งหมด 25 วัน พนักงานจะได้รับค่าตอบแทนล่วงเวลารายวันสำหรับการทำงาน 2 วันที่เกินมาจากจำนวนวันทำงานที่ศูนย์บริการข้อมูลลูกค้ากำหนด

7.4) ค่าใช้จ่ายในการเดินทางสำหรับกะงานกลางคืน ได้แก่ กะงานที่เริ่มเวลา 13:00 13:30 15:00 และ 21:30 น.

3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานผู้ให้บริการของศูนย์บริการข้อมูลลูกค้าที่ทำการศึกษาเป็นการหาจำนวนพนักงานผู้ให้บริการในแต่ละกะงานให้เพียงพอต่อความต้องการในทุกช่วงเวลาและทำการจัดตารางการทำงานของพนักงานแต่ละคนในช่วงเวลา 1 เดือนเนื่องจากพนักงานไม่สามารถทำงานได้ทุกวันต้องมีวันหยุดพักจากทำงานและการเข้ากะงานของพนักงานต้องเป็นไปตามเงื่อนไข ในกรณีที่พนักงานไม่เพียงพอต่อความต้องการจะต้องมีการจัดให้พนักงานทำงานล่วงเวลาซึ่งจะต้องมีการตัดสินใจ (Trade Off) ระหว่างการทำงานล่วงเวลารายวันและการการทำงานล่วงเวลารายชั่วโมงเพื่อให้ปัญหานี้มีต้นทุนในการจ้างพนักงานที่ต่ำที่สุด

<u>ค่าดัชนี (Index)</u>

$I = \{1, 2, \ldots, n\}$ คือ เซตของพนักงานผู้ให้บริการ

$J = \{1, 2, \ldots, 90\}$ คือ เซตของรูปแบบการเข้างาน

$C = \{1, 2, \ldots, 4\}$ คือ เซตของรอบการเข้างานใน 1 วัน

$Q = \{1, 2, \ldots, 5\}$ คือ เซตของสัปดาห์ใน 1 เดือน

$R = \{1, 2, \ldots, 7\}$ คือ เซตของวันใน 1 สัปดาห์

$K = \{1, 2, \ldots, 48\}$ คือ เซตของช่วงเวลาใน 1 วัน

$T = \{1, 2, \ldots, 5\}$ คือ เซตของงานที่ให้บริการลูกค้า

$W = \{1, 2, \ldots, 7\}$ คือ เซตของกลุ่มพนักงาน

<u>ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)</u>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$Demand_{kqrt}$ = จำนวนพนักงานที่ต้องการในช่วงเวลา k ของสัปดาห์ที่ q วันที่ r สำหรับการให้บริการงาน t

$TD_Pattern_{jk}$ = 1 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ครอบคลุมช่วงเวลาทำงานในช่วงเวลา k ของวันที่เข้างาน

= 0 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ไม่ครอบคลุมช่วงเวลาทำงานในช่วงเวลา k ของวันที่เข้างาน

$TMR_Pattern_{jk}$ = 1 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ครอบคลุมช่วงเวลาทำงานในช่วงเวลา k ของวันที่ถัดจากวันเข้างาน

= 0 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ไม่ครอบคลุมช่วงเวลาทำงานในช่วงเวลา k ของวันที่ถัดจากวันเข้างาน

$Agent_w$ = จำนวนพนักงานทั้งหมดที่อยู่ในกลุ่มพนักงาน w

$Supply_t$ = จำนวนพนักงานที่สามารถให้บริการงาน t

$Task_{it}$ = 1 ถ้าพนักงานคนที่ i สามารถให้บริการงาน t แก่ลูกค้าได้

= 0 ถ้าพนักงานคนที่ i ไม่สามารถให้บริการงาน t แก่ลูกค้าได้

$Cycle_{jc}$ = 1 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j อยู่ในรอบการเข้างาน c

= 0 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ไม่ได้อยู่ในรอบการเข้างาน c

$Workday$ = จำนวนวันทำงานขั้นต่ำใน 1 เดือน

S_Cost_j = ค่าตอบแทนล่วงเวลาต่อชั่วโมงและค่าเดินทางของพนักงานที่เข้างานในรูปแบบการเข้างาน j

D_Cost_i = ค่าตอบแทนล่วงเวลาต่อวันของพนักงาน i

M = จำนวนที่มีค่ามาก

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

X_{jqrt} = จำนวนพนักงานที่ทำงานในรูปแบบการเข้างาน j สัปดาห์ที่ q วันที่ r สำหรับการให้บริการงาน t

Y_{icqr} = 1 ถ้าพนักงานคนที่ i ทำงานในรอบการเข้างาน c ของสัปดาห์ที่ q วันที่ r

= 0 ถ้าพนักงานคนที่ i ไม่ได้ทำงานในรอบการเข้างาน c ของสัปดาห์ที่ q วันที่ r

Z_{ijqr} = 1 ถ้าพนักงานคนที่ i ทำงานในรูปแบบการเข้างาน j สัปดาห์ที่ q วันที่ r

= 0 ถ้าพนักงานคนที่ i ไม่ได้ทำงานในรูปแบบการเข้างาน j สัปดาห์ที่ q วันที่ r

$MAXWL$ = จำนวนวันทำงานรวมใน 1 เดือนที่มากที่สุดของพนักงาน

$MINWL$ = จำนวนวันทำงานรวมใน 1 เดือนที่น้อยที่สุดของพนักงาน

$OTday_i$ = จำนวนวันทำงานโอทีใน 1 เดือนของพนักงานคนที่ i

A_{icqr} $\in \{0,1\}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

สมการที่ (1.1) สมการวัตถุประสงค์สำหรับหาต้นทุนค่าตอบแทนล่วงเวลารายชั่วโมง ค่าตอบแทนล่วงเวลารายวันและค่าเดินทางของพนักงานที่น้อยที่สุด

$$Minimize\ z1 = \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{q\in Q}\sum_{r\in R} S_Cost_j Z_{ijqr} + \sum_{i\in I} D_Cost_i\ OTday_i \quad (1.1)$$

ข้อจำกัด (Constraints)

ข้อจำกัดที่ (1.2) จำนวนพนักงานที่ให้บริการแต่ละกลุ่มงานในแต่ละช่วงเวลาต้องไม่น้อยกว่าความต้องการ (กรณีวันที่ 1 ของเดือน)

$$\sum_{j\in J} X_{jqrt}\, TD_Pattern_{jk} \geq Demand_{kqrt} \quad ;\forall k \in K, q \in \{1\}, r \in \{1\}, t \in T \quad (1.2)$$

ข้อจำกัดที่ (1.3) จำนวนพนักงานที่ให้บริการแต่ละกลุ่มงานในแต่ละช่วงเวลาต้องไม่น้อยกว่าความต้องการ (กรณีตั้งแต่วันที่ 2 ของเดือน)

$$\sum_{j\in J} X_{jqrt}\, TD_Pattern_{jk} + \sum_{j\in J} X_{jq(r-1)t}\, TMR_Pattern_{jk} \geq Demand_{kqrt}$$
$$;\forall k \in K, q \in Q, r \in R, t \in T \backslash q \in 1 \cap r \in 1 \qquad (1.3)$$

$TD_Pattern_{jk}$ แทนช่วงเวลาการทำงานในวันที่เข้างานและ $TD_Pattern_{jk}$ แทนช่วงเวลาการทำงานในวันถัดจากวันที่เข้างาน เช่น ในวันแรกเข้างานเวลา 21:30 ดังนั้นชั่วโมงทำงานในช่วงเวลา 21:30-24:00 จะอยู่ใน $TD_Pattern_{jk}$ และชั่วโมงทำงานในช่วงเวลา 00:00-01:30 และ 02:30-06:30 ของวันถัดไปจะอยู่ใน $TD_Pattern_{jk}$ ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างรูปแบบการเข้างานปกติ

	Day	Period	กะงานปกติ
TD_Pattern	1	06:00-06:30	
		06:30-07:00	
		07:00-07:30	
		07:30-08:00	
		08:00-08:30	
		08:30-09:00	
		09:00-09:30	
		09:30-10:00	
		10:00-10:30	
		10:30-11:00	
		11:00-11:30	
		11:30-12:00	
		12:00-12:30	
		12:30-13:00	
		13:00-13:30	
		13:30-14:00	
		14:00-14.30	
		14:30-15:00	
		15:00-15:30	
		15:30-16:00	
		16:00-16:30	

ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างรูปแบบการเข้างานปกติ (ต่อ)

	Day	Period	กะงานปกติ
		16:30-17:00	
		17:00-17:30	
		17:30-18:00	
		18:00-18:30	
		18:30-19:00	
		19:00-19:30	
		19:30-20:00	
		20:00-20:30	
		20:30-21:00	
		21:00-21:30	
		21:30-22:00	
		22:00-22:30	
		22:30-23:00	
		23:00-23:30	
		23:30-24:00	
TMR_Pattern	2	00:00-00:30	
		00:30-01:00	
		01:00-01:30	
		01:30-02:00	
		02:00-02:30	
		02:30-03:00	
		03:00-03:30	
		03:30-04:00	
		04:00-04:30	
		04:30-05:00	
		05:00-05:30	
		05:30-06:00	
		06:00-06:30	
		06:30-07:00	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดที่ (1.4) จำนวนพนักงานที่ให้บริการแต่ละกลุ่มงานในแต่ละวันต้องไม่เกินจำนวนพนักงานที่มีอยู่ที่สามารถให้บริการงานนั้นได้

$$\sum_{j\in J} X_{jqrt} \leq Supply_t \qquad ;\forall q \in Q, r \in R, t \in T \qquad (1.4)$$

ข้อจำกัดที่ (1.5)-(1.6) ในกรณีของงานที่เป็นกลุ่ม Multi-Skill จำนวนพนักงานที่ให้บริการงานที่อยู่ในกลุ่ม Multi-Skill เดียวกันแก่ลูกค้าจะต้องไม่เกินจำนวนพนักงานทั้งหมดที่สามารถให้บริการงานในกลุ่ม Multi-Skill นั้นได้

$$\sum_{j\in J}\sum_{t\in\{1,2\}} X_{jqrt} \leq \sum_{w\in\{1,2,6\}} Agent_w \qquad ;\forall q \in Q, r \in R \qquad (1.5)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{t\in\{3,4\}} X_{jqrt} \leq \sum_{w\in\{3,4,7\}} Agent_w \qquad ;\forall q \in Q, r \in R \qquad (1.6)$$

งาน ES และงาน AC ที่มีพนักงานประเภทหลายทักษะร่วมกันจะถูกบังคับด้วยข้อจำกัดที่ 1.5 หมายความว่าจำนวนพนักงานที่ถูกมอบหมายให้บริการงาน ES และ AC จะต้องมีจำนวนไม่เกินพนักงานกลุ่ม 1, 2 และ 6 รวมกัน เช่นเดียวกันกับข้อจำกัดที่ 1.6 จำนวนพนักงานที่ถูกมอบหมายให้บริการงาน CD และ BL จะต้องมีจำนวนไม่เกินพนักงานกลุ่ม 3, 4 และ 7 รวมกัน กลุ่มงานที่ให้บริการโดยพนักงานประเภทหลายทักษะ แสดงดังตาราง 3.9

ตารางที่ 3.9 ประเภทงานที่ให้บริการโดยพนักงานประเภทหลายทักษะ

งาน (Task)	ประเภทของพนักงานผู้ให้บริการ						
	Single-Skill					Multi-Skill	
	1	2	3	4	5	6	7
ES	1	0	0	0	0	1	0
AC	0	1	0	0	0	1	0
CD	0	0	1	0	0	0	1
BL	0	0	0	1	0	0	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดที่ (1.7) จำนวนพนักงานที่เข้างานต้องไม่น้อยกว่าความต้องการพนักงานในแต่ละกะงานของแต่ละวัน

$$\sum_{i\in I} Z_{ijqr} Task_{it} \geq X_{jqrt} \qquad ;\forall j \in J, q \in Q, r \in R, t \in T \qquad (1.7)$$

ข้อจำกัดที่ (1.8) วันทำงานรวมใน 1 เดือนของพนักงานคนที่มากที่สุด

$$MAXWL \geq \sum_{j\in J}\sum_{q\in Q}\sum_{r\in R} Z_{ijqr} \qquad ;\forall i \in I \qquad (1.8)$$

ข้อจำกัดที่ (1.9) วันทำงานรวมใน 1 เดือนของพนักงานคนที่น้อยที่สุด

$$MINWL \leq \sum_{j\in J}\sum_{q\in Q}\sum_{r\in R} Z_{ijqr} \quad ;\forall i \in I \tag{1.9}$$

ข้อจำกัดที่ (1.10) จำนวนวันทำงานรวมใน 1 เดือนของพนักงานต่างกันไม่เกิน 2

$$MAXWL - MINWL \leq 2 \tag{1.10}$$

ข้อจำกัดที่ (1.11) พนักงานเข้างานได้วันละไม่เกิน 1 รูปแบบการเข้างาน

$$\sum_{j\in J} Z_{ijqr} \leq 1 \quad ;\forall i \in I, q \in Q, r \in R \tag{1.11}$$

ข้อจำกัดที่ (1.12) จำนวนวันที่ทำโอทีจะเท่ากับจำนวนวันที่ทำงานที่เกินจากจำนวนวันทำงานขั้นต่ำที่กำหนด

$$OTday_i \geq \sum_{j\in J}\sum_{q\in Q}\sum_{r\in R} Z_{ijqr} - WorkDay \quad ;\forall i \in I \tag{1.12}$$

ข้อจำกัดที่ (1.13) พนักงานทำงานไม่ต่ำกว่าสัปดาห์ละ 5 วัน

$$\sum_{j\in J}\sum_{r\in R} Z_{ijqr} \geq 5 \quad ;\forall i \in I, q \in \{1,\dots,4\} \tag{1.13}$$

ข้อจำกัดที่ (1.14)-(1.15) พนักงานทำงานติดต่อกันไม่เกิน 6 วัน

$$\sum_{j\in J}\sum_{r\in R} Z_{ijqr} \leq 6 \quad ;\forall i \in I, q \in Q \tag{1.14}$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{a=r}^{7} Z_{ijq-1a} + \sum_{j\in J}\sum_{b=1}^{r-1} Z_{ijqb} \leq 6 \quad ;\forall i \in I, q \in \{2,\dots,5\}, r \in \{2,\dots,7\} \tag{1.15}$$

เงื่อนไขที่ 1.14 พนักงานทำงานติดต่อกันได้ไม่เกิน 6 วันภายในสัปดาห์ พนักงานที่ทำงานในวันที่ 1 ถึง 6 แล้วจะไม่สามารถทำงานต่อในวันที่ 7 ได้ และเงื่อนไขที่ 1.15 พนักงานทำงานติดต่อกันไม่เกิน 6 วันระหว่างสัปดาห์ ตัวอย่างเช่น พนักงานทำงานในสัปดาห์ที่ 1 ติดต่อกันมาแล้ว 5 วัน สัปดาห์ถัดไปจะสามารถทำงานติดต่อกันได้อีกไม่เกิน 1 วัน ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3.10

การทำงานของเงื่อนไขที่ 1.15 คือจำนวนวันทำงานของพนักงานในช่วงของวันที่อยู่ติดกันจำนวน 7 วันในสัปดาห์ก่อนหน้าและในสัปดาห์นี้จะต้องไม่เกิน 6 วัน เช่น r=2 หมายความว่าจำนวนวันทำงานของพนักงานตั้งแต่วันที่ 2-7 ของสัปดาห์ก่อนหน้าและวันที่ 1 ของสัปดาห์นี้จะต้องไม่เกิน 6 วัน

ข้อจำกัดที่ (1.16) กำหนดรอบการเข้างานของพนักงานที่ถูกมอบหมายลงกะงาน

$$\sum_{j\in J} Z_{ijqr}\, Cycle_{jc} = Y_{icqr} \quad ;\forall i \in I, c \in C, q \in Q, r \in R \tag{1.16}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างการทำงานติดต่อกันไม่เกิน 6 วันของพนักงาน

สัปดาห์	1							2						
วันในสัปดาห์	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
ทำงานติดต่อกันไม่เกิน 6 วันภายในสัปดาห์	■	■	■	■	■	■								
		■	■	■	■	■	■							
ทำงานติดต่อกันไม่เกิน 6 วันระหว่างสัปดาห์			■	■	■	■	■	■						
				■	■	■	■	■	■					
					■	■	■	■	■	■				
						■	■	■	■	■	■			
							■	■	■	■	■	■		

ข้อจำกัดที่ (1.17)-(1.19) กำหนดรูปแบบวันหยุดของพนักงาน

$$\sum_{c\in C} Y_{icqr-2} - \sum_{c\in C} Y_{icqr-1} + \sum_{c\in C} Y_{icqr} \geq 0 \quad ;\forall i \in I, q \in Q, r \in \{13,..,7\} \quad (1.17)$$

$$\sum_{c\in C} Y_{ic(q-1)6} - \sum_{c\in C} Y_{ic(q-1)7} + \sum_{c\in C} Y_{icq1} \geq 0 \quad ;\forall i \in I, q \in \{2,..,5\} \quad (1.18)$$

$$\sum_{c\in C} Y_{ic(q-1)7} - \sum_{c\in C} Y_{icq1} + \sum_{c\in C} Y_{icq2} \geq 0 \quad ;\forall i \in I, q \in \{2,..,5\} \quad (1.19)$$

พนักงานจะมีรูปแบบวันหยุดตามตารางที่ 3.11 โดย 0 แทนวันหยุดของพนักงานและ 1 แทนวันทำงานของพนักงาน รูปแบบวันหยุดที่ไม่อนุญาตให้พนักงานสามารถมีได้ ได้แก่ รูปแบบที่ 3 เนื่องจากไม่ต้องการให้มีวันทำงาน 1 วันแทรกอยู่ระหว่างวันหยุด

ตารางที่ 3.11 รูปแบบวันหยุดของพนักงาน

รูปแบบ	วัน		
	r-2	r-1	r
1	0	0	0
2	0	0	1
3	0	1	0
4	0	1	1
5	1	0	0
6	1	0	1
7	1	1	0
8	1	1	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดที่ (1.20) พนักงานที่เข้างานในรอบการทำงาน c จะเข้างานครั้งต่อไปได้ตั้งแต่รอบการทำงาน c ของวันถัดไป (กรณีเริ่มสัปดาห์ใหม่)

$$Y_{icq-17} + \sum_{e=1}^{c-1} Y_{ieq1} \leq 1 \qquad ;\forall i \in I, c \in \{2,..,4\}, q \in \{2,..,5\} \qquad (1.20)$$

การทำงานของเงื่อนไขที่ 1.20 คือวันสุดท้ายของสัปดาห์ (วันที่ 7) พนักงานเข้างานในรอบการทำงานใด วันแรก (วันที่ 1) ของสัปดาห์ถัดไปพนักงานจะเข้างานได้ตั้งแต่รอบการทำงานนั้นเป็นต้นไป

ข้อจำกัดที่ (1.21)-(1.22) พนักงานที่เข้างานในรอบการทำงาน c จะเข้างานครั้งต่อไปได้ในรอบการทำงาน c ของวันถัดไปภายในสัปดาห์สัปดาห์เดียวกัน

$$\sum_{f=1}^{r-1} Y_{icqf} \leq M A_{icqr} \qquad ;\forall i \in I, c \in C, q \in Q, r \in \{2, \dots, 7\} \qquad (1.21)$$

$$Y_{icqr} \leq 1 - \sum_{v \neq c} A_{ivqr} \qquad ;\forall i \in I, c \in C, q \in Q, r \in \{2, \dots, 7\} \qquad (1.22)$$

ถ้าตั้งแต่วันที่ 1 ของสัปดาห์พนักงานมีการเข้างานรอบการทำงาน c ข้อจำกัดที่ 1.21 จะบังคับให้ A_{icqr} มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อ A_{icqr} มีค่าเท่า 1 ข้อจำกัดที่ 1.22 จะบังคับให้ $\sum_{v \neq c} A_{ivqr}$ มีค่าเท่ากับ 0 และ Y_{icqr} มีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 หมายความว่าวันนี้พนักงานจะเข้างานในรอบการทำงานดังกล่าวหรือไม่เข้างานเลยก็ได้แต่จะไม่เข้างานในรอบการทำงานอื่น ยกตัวอย่างเช่นวันที่ 1 พนักงานเข้างานรอบการทำงานที่ ดังนั้น A_{i1qr} มีค่าเท่า 1 และทำให้ Y_{icqr} มีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 หมายความว่าวันที่ 2 พนักงานจะเข้างานในรอบการทำงานที่ 1 หรือไม่เข้างานเลยก็ได้

ข้อจำกัดที่ (1.23) พนักงานไม่ทำงานช่วงเวลาที่เกินจาก 31 วัน

$$\sum_{c \in C} Y_{icqr} = 0 \qquad ;\forall i \in I, q \in \{5\}, r \in \{4, \dots, 7\} \qquad (1.23)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จัดตารางการทำงานของพนักงานในช่วงเวลา 31 วัน ดังนั้นจะไม่พิจารณาให้พนักงานทำงานในวันที่เกินจาก 31 วันคือตั้งแต่วันที่ 4-7 ของสัปดาห์ที่ 5 ดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 วันที่ไม่พิจารณาให้พนักงานทำงาน

สัปดาห์	4							5						
วันในสัปดาห์	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
วันในเดือน	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35

ข้อจำกัดที่ (1.24)-(1.26) แสดงขอบเขตของตัวแปรที่เป็นตัวแปรฐานสอง (Binary Variables)

$$A_{icqr} \in \{0,1\} \quad ;\forall i \in I, c \in C, q \in Q, r \in R \qquad (1.24)$$

$$Y_{icqr} \in \{0,1\} \quad ;\forall i \in I, c \in C, q \in Q, r \in R \qquad (1.25)$$

$$Z_{ijqr} \in \{0,1\} \quad ;\forall i \in I, j \in J, q \in Q, r \in R \qquad (1.26)$$

ข้อจำกัดที่ (1.27)-(1.30) แสดงขอบเขตของตัวแปรที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ (Non-Negative)

$$X_{jqrt} \geq 0 \quad ;\forall j \in J, q \in Q, r \in R, t \in T \qquad (1.27)$$

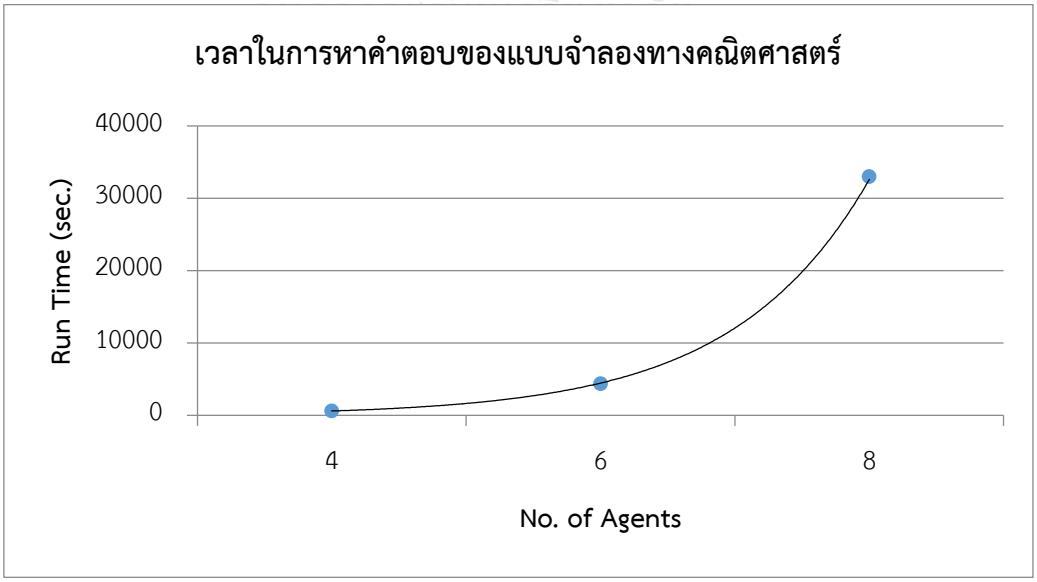
$$MAXWL \geq 0 \qquad (1.28)$$

$$MINWL \geq 0 \qquad (1.29)$$

$$OTday_i \geq 0 \quad ;\forall i \in I \qquad (1.30)$$

3.3 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน

ผู้วิจัยได้ทำการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานและพบว่าเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ข้างต้นมีค่ามากและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้น รูปที่ 3.1 แสดงเวลาในการหาคำตอบเมื่อความต้องการพนักงานและจำนวนพนักงานเพิ่มขึ้นของการจัดตารางการทำงานในช่วงเวลา 30 วัน พนักงานสามารถให้บริการลูกค้าได้เพียง 1 งาน โดยใน 1 วันประกอบไปด้วยรูปแบบการเข้างานของพนักงาน 36 รูปแบบ รอบการเข้างาน 4 รอบ และแบ่งช่วงเวลาออกเป็น 24 ช่วงเวลา

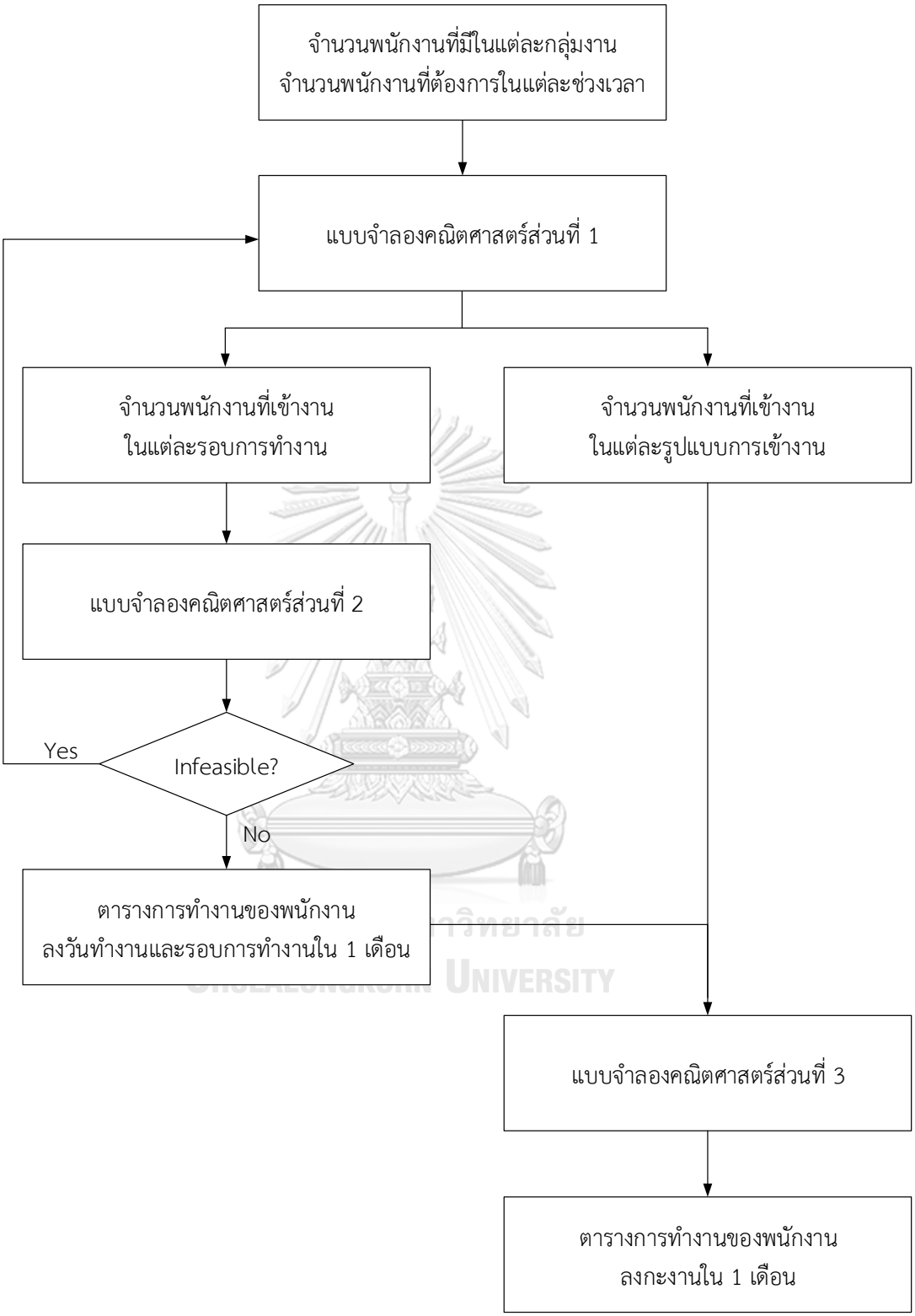


รูปที่ 3.1 เวลาการหาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

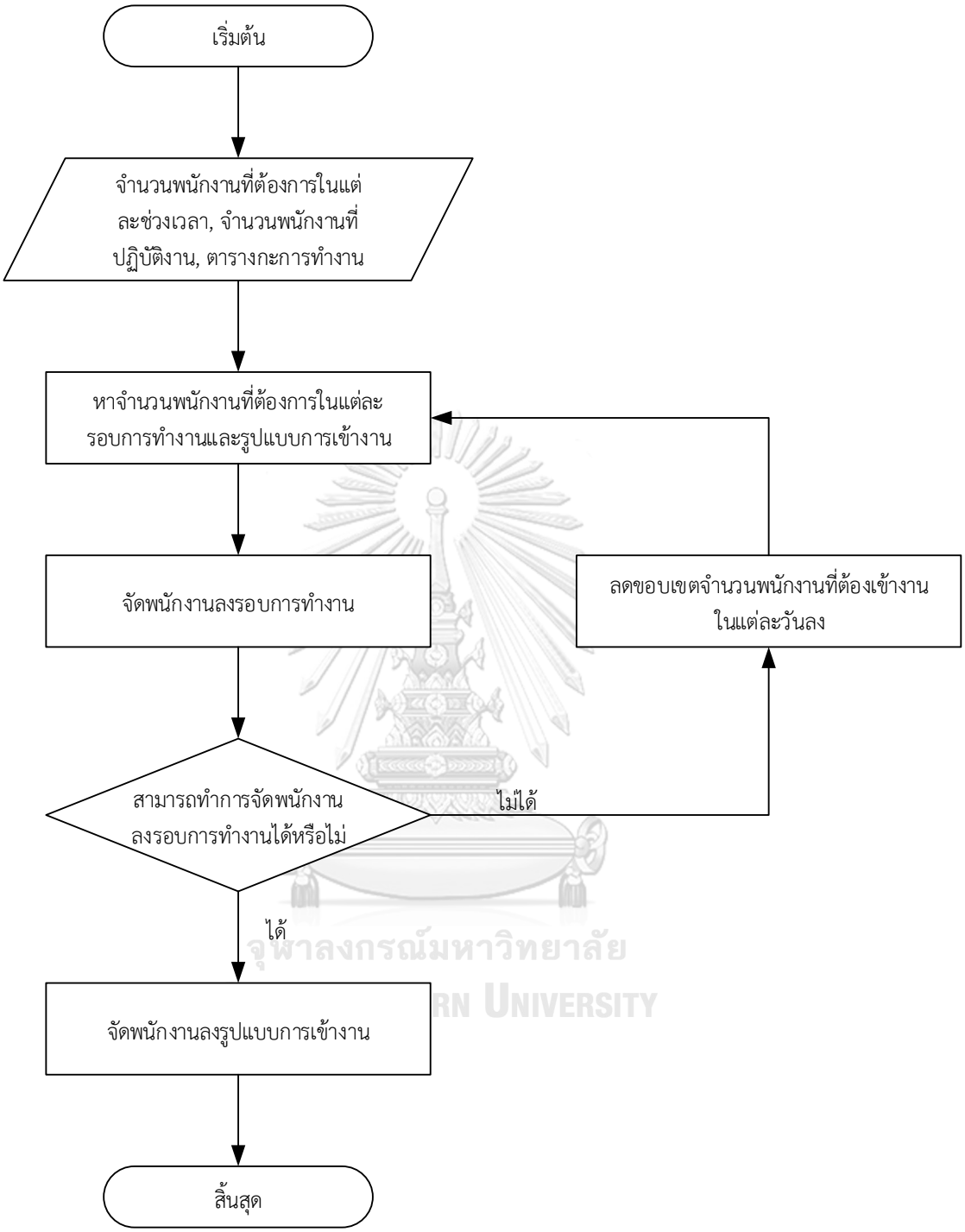
แต่เนื่องจากปัญหาที่ทำการศึกษาเป็นปัญหานี้มีขนาดใหญ่ โดยเป็นการจัดตารางการทำงานของพนักงานจำนวน 620 คนในช่วงเวลา 30 วัน พนักงานถูกแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มตามความสามารถในการให้บริการกลุ่มงานแก่ลูกค้า โดยพนักงานแต่ละคนสามารถให้บริการกลุ่มงานแก่ลูกค้าได้ 1 หรือ 2 กลุ่มงานที่แตกต่างกันจากทั้งหมด 5 กลุ่มงาน ใน 1 วันประกอบไปด้วยรูปแบบการเข้างานของพนักงาน 90 รูปแบบ รอบการเข้างาน 4 รอบ และแบ่งช่วงเวลาออกเป็น 48 ช่วงเวลา ดังนั้นส่งผลให้ไม่สามารถหาผลเฉลยจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการแบ่งปัญหาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละกะงานและแต่ละรอบการเข้างานของแต่ละวันในช่วงเวลา 1 เดือน ส่วนที่ 2 การจัดพนักงานลงวันทำงานและรอบการเข้างาน และส่วนที่ 3 การจัดพนักงานลงกะงาน ดังรูปที่ 3.2

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับการจัดตารางการทำงานของพนักงาน คือ จำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลา จำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงาน และตารางกะการทำงาน รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการจัดตารางการทำงานของพนักงาน เริ่มจากการหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรอบการทำงานและรูปแบบการเข้างาน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการจัดพนักงานลงรอบการทำงานและตรวจสอบว่าสามารถทำการจัดพนักงานได้หรือไม่ ถ้าไม่สามารถทำการจัดพนักงานได้ก็จะทำการลดขอบเขตจำนวนพนักงานที่ต้องเข้างานในแต่ละวันลงและทำการหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละกะงานและรูปแบบการเข้างานใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าสามารถทำการจัดพนักงานลงรอบการทำงานได้ก็จะทำการจัดพนักงานลงรูปแบบการเข้างานต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.2 แนวคิดในการแก้ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงาน



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการจัดตารางการทำงานของพนักงาน

<u>แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1</u>

ทำการหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละกะงานของแต่ละวันในช่วงเวลา 1 เดือนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนค่าตอบแทนล่วงเวลารายชั่วโมงและค่าเดินทางของพนักงานที่น้อยที่สุด และพิจารณาข้อจำกัดด้านต่อไปนี้

1) จำนวนพนักงานที่ให้บริการลูกค้าแต่ละงานต้องเพียงพอกับความต้องการพนักงานที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวันในระยะเวลา 1 เดือน
2) พนักงานประเภทหลายทักษะจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มและแต่ละกลุ่มจะให้บริการงานใดงานหนึ่งแก่ลูกค้าตลอดทั้งเดือน

<u>ค่าดัชนี (Index)</u>

$J = \{1, 2, \ldots, 90\}$ คือ เซตของรูปแบบการเข้างาน

$K = \{1, 2, \ldots, 48\}$ คือ เซตของช่วงเวลาใน 1 วัน

$D = \{1, 2, \ldots, 31\}$ คือ เซตของวันใน 1 เดือน

$T = \{1, 2, \ldots, 6\}$ คือ เซตของงานที่ให้บริการลูกค้า

$W = \{1, 2, \ldots, 8\}$ คือ เซตของกลุ่มพนักงาน

$C = \{1, 2, \ldots, 4\}$ คือ เซตของรอบการเข้างานใน 1 วัน

<u>ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)</u>

Agt_Group_w = จำนวนพนักงานทั้งหมดที่อยู่ในกลุ่มพนักงาน w

$Supply_t$ = จำนวนพนักงานที่สามารถให้บริการงาน t

Dem_Period_{kdt} = จำนวนพนักงานที่ต้องการในช่วงเวลา k ของวันที่ d สำหรับการให้บริการงาน t

$TD_Pattern_{jk}$ = 1 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ครอบคลุมช่วงเวลาทำงานในช่วงเวลา k ของวันที่เข้างาน

= 0 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ไม่ครอบคลุมช่วงเวลาทำงานในช่วงเวลา k ของวันที่เข้างาน

$TMR_Pattern_{jk}$ = 1 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ครอบคลุมช่วงเวลาทำงานในช่วงเวลา k ของวันที่ถัดจากวันเข้างาน

= 0 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ไม่ครอบคลุมช่วงเวลาทำงานในช่วงเวลา k ของวันที่ถัดจากวันเข้างาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$Cycle_{jc}$ = 1 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j อยู่ในรอบการเข้างาน c
= 0 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ไม่ได้อยู่ในรอบการเข้างาน c

S_Cost_j = ค่าตอบแทนล่วงเวลาต่อชั่วโมงและค่าเดินทางของพนักงานที่เข้างานในรูปแบบการเข้างาน j

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

X_Shift_{jdt} = จำนวนพนักงานที่ทำงานในรูปแบบการเข้างาน j วันที่ d สำหรับการให้บริการงาน t

X_Cycle_{cdt} = จำนวนพนักงานที่ทำงานในรอบการเข้างาน c วันที่ d สำหรับการให้บริการงาน t

Max_Agent_t = จำนวนพนักงานที่มากที่สุดใน 1 วันที่ให้บริการงาน t

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

สมการที่ (2.1) สมการวัตถุประสงค์สำหรับหาต้นทุนค่าตอบแทนล่วงเวลารายชั่วโมงและค่าเดินทางของพนักงานที่น้อยที่สุด

$$Minimize\ z1 = \sum_{j\in J}\sum_{d\in D}\sum_{t\in T} X_Shift_{jdt}\, S_Cost_j \quad (2.1)$$

ข้อจำกัด (Constraints)

ข้อจำกัดที่ (2.2) จำนวนพนักงานที่ให้บริการแต่ละกลุ่มงานในแต่ละช่วงเวลาต้องไม่น้อยกว่าความต้องการ (กรณีวันที่ 1)

$$\sum_{j\in J} X_Shift_{jdt}\, TD_Pattern_{jk} \geq Dem_Period_{kdt} \quad ;\forall k \in K, d \in \{1\}, t \in T \quad (2.2)$$

ข้อจำกัดที่ (2.3) จำนวนพนักงานที่ให้บริการแต่ละกลุ่มงานในแต่ละช่วงเวลาต้องไม่น้อยกว่าความต้องการ (กรณีตั้งแต่วันที่ 2)

$$\sum_{j\in J} X_Shift_{jdt}\, TD_Pattern_{jk} + \sum_{j\in J} X_Shift_{jd-1t}\, TMR_Pattern_{jk} \geq Dem_Period_{kdt} \quad ;\forall k \in K, d \in \{2,\dots,31\}, t \in T \quad (2.3)$$

ข้อจำกัดที่ (2.4) จำนวนพนักงานที่ให้บริการแต่ละกลุ่มงานในแต่ละวันต้องไม่เกินจำนวนพนักงานที่มีที่สามารถให้บริการงานนั้นได้

$$\sum_{j\in J} X_Shift_{jdt} \leq Supply_t \quad ;\forall d \in D, t \in T \quad (2.4)$$

ข้อจำกัดที่ (2.5)-(2.6) ในกรณีของงานที่เป็นกลุ่ม Multi-Skill จำนวนพนักงานที่ให้บริการงานที่อยู่ในกลุ่ม Multi-Skill เดียวกันแก่ลูกค้าจะต้องไม่เกินจำนวนพนักงานทั้งหมดที่สามารถให้บริการงานในกลุ่ม Multi-Skill นั้นได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\sum_{j\in J}\sum_{t\in\{1,2\}} X_Shift_{jdt} \leq \sum_{w\in\{1,2,6\}} Agent_w \quad ;\forall d \in D \quad (2.5)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{t\in\{3,4\}} X_Shift_{jdt} \leq \sum_{w\in\{3,4,7\}} Agent_w \quad ;\forall d \in D \quad (2.6)$$

ข้อจำกัดที่ (2.7) จำนวนพนักงานที่เข้างานในแต่ละรอบการทำงานจะเท่ากับจำนวนพนักงานที่เข้างานในรูปแบบการทำงานที่อยู่ในรอบการทำงานนั้นๆ

$$\sum_{j\in J} X_Shift_{jdt}\, Cycle_{jc} = X_Cycle_{cdt} \quad ;\forall c \in C, d \in D, t \in T \quad (2.7)$$

ข้อจำกัดที่ (2.8)-(2.10) แสดงขอบเขตของตัวแปรที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ (Non-Negative)

$$X_Shift_{jdt} \geq 0 \quad ;\forall j \in J, d \in D, t \in T \quad (2.8)$$

$$X_Cycle_{cdt} \geq 0 \quad ;\forall c \in C, d \in D, t \in T \quad (2.9)$$

$$Max_Agent_t \geq 0 \quad ;\forall t \in T \quad (2.10)$$

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 จะได้คำตอบจำนวนพนักงานที่ต้องเข้างานในแต่ละรูปแบบการเข้างาน (X_Shift_{jdt}) และจำนวนพนักงานที่เข้างานในแต่ละรอบการเข้างาน (X_Cycle_{cdt}) ในแต่ละวันของทุกงาน

<u>แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2</u>

แบบจำลองคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 จะทำการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยแยกจัดทีละงาน คำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 จำนวนพนักงานที่เข้างานในแต่ละรอบการเข้างาน (X_Cycle_{cdt}) ในแต่ละวันของทุกงานจะถูกนำมาเป็นข้อมูลนำเข้า (Dem_Cycle_{cqr}) โดยดัชนี t ถูกนำออกไปเนื่องจากเป็นการจัดตารางการทำงานแยกทีละงาน และเนื่องจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 นี้มีข้อจำกัดในเรื่องของสัปดาห์ ดังนั้นดัชนี d ที่เป็นวันใน 1 เดือนจะถูกเปลี่ยนเป็นดัชนี q ที่เป็นสัปดาห์ใน 1 เดือนและดัชนี r ที่เป็นวันใน 1 สัปดาห์ดังตารางที่ 3.13 และข้อมูลนำเข้าดังกล่าวถูกนำมาเป็นข้อจำกัดที่ (3.2) เพื่อทำการจัดตารางการทำงานของพนักงานในส่วนของวันทำงานและรอบการเข้างานในช่วงเวลา 1 เดือนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนค่าตอบแทนล่วงเวลารายวันของพนักงานที่น้อยที่สุด และพิจารณาข้อจำกัดด้านต่อไปนี้

1) พนักงานจะเข้างานในรอบการทำงานเดิมในสัปดาห์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกรณีที่พนักงานเข้างานติดกัน
2) พนักงานมีเงื่อนไขในการเข้างานไม่ต่ำกว่า 5 วันต่อสัปดาห์และเข้างานติดต่อกันได้ไม่เกิน 6 วัน

3) พนักงานจะต้องมีวันทำงานรวมใน 1 เดือนไม่น้อยกว่ากำหนด และจำนวนวันทำงานใน 1 เดือนของพนักงานต่างกันไม่เกิน 2 วัน
4) รูปแบบวันหยุดของพนักงาน โดยไม่ต้องการให้พนักงานมีวันทำงาน 1 วันแทรกอยู่ระหว่างวันหยุด

ตารางที่ 3.13 ข้อมูลตัวอย่างจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรอบการทำงาน

สัปดาห์ (q)	วันในสัปดาห์ (r)	วันในเดือน	รอบการเข้างาน (c)			
			1	2	3	4
1	1	1	32	36	17	8
	2	2	34	49	11	5
	3	3	54	54	13	5
	4	4	51	52	9	8
	5	5	32	50	8	8
	6	6	32	46	9	7
	7	7	27	38	5	8
2	1	8	18	25	13	4
	2	9	44	48	13	7
	3	10	49	52	14	5
	4	11	46	49	12	7
	5	12	43	48	11	8
	6	13	43	52	9	7
	7	14	25	37	7	7
3	1	15	18	27	10	5
	2	16	39	55	11	5
	3	17	41	48	10	5
	4	18	39	48	9	5
	5	19	40	48	8	7
	6	20	29	44	13	6
	7	21	22	36	8	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.13 ข้อมูลตัวอย่างจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรอบการทำงาน (ต่อ)

สัปดาห์ (q)	วันในสัปดาห์ (r)	วันในเดือน	รอบการเข้างาน (c)			
			1	2	3	4
4	1	22	17	27	8	5
	2	23	40	58	11	5
	3	24	41	49	9	6
	4	25	41	53	9	5
	5	26	44	49	10	5
	6	27	47	49	12	7
	7	28	25	39	9	6
5	1	29	18	29	11	4
	2	30	50	53	13	7
	3	31	49	53	17	0

ค่าดัชนี (Index)

$I = \{1, 2, \ldots, n\}$ คือ เซตของพนักงานผู้ให้บริการ

$C = \{1, 2, \ldots, 4\}$ คือ เซตของรอบการเข้างานใน 1 วัน

$Q = \{1, 2, \ldots, 5\}$ คือ เซตของสัปดาห์ใน 1 เดือน

$R = \{1, 2, \ldots, 7\}$ คือ เซตของวันใน 1 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)

Dem_Cycle_{cqr} = จำนวนพนักงานที่ต้องการในรอบการเข้างาน c ของสัปดาห์ที่ q วันที่ r

$Workday$ = จำนวนวันทำงานขั้นต่ำใน 1 เดือน

D_Cost_i = ค่าตอบแทนล่วงเวลาต่อวันของพนักงาน i

M = จำนวนที่มีค่ามาก

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

Y_{icqr} = 1 ถ้าพนักงานคนที่ i ทำงานในรอบการเข้างาน c ของสัปดาห์ที่ q วันที่ r

= 0 ถ้าพนักงานคนที่ i ไม่ได้ทำงานในรอบการเข้างาน c ของสัปดาห์ที่ q วันที่ r

A_{icqr} $\in \{0,1\}$

$MAXWL$ = จำนวนวันทำงานรวมใน 1 เดือนที่มากที่สุดของพนักงาน

$MINWL$ = จำนวนวันทำงานรวมใน 1 เดือนที่น้อยที่สุดของพนักงาน

$OTday_i$ = จำนวนวันทำงานโอทีใน 1 เดือนของพนักงานคนที่ i

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

สมการที่ (3.1) สมการวัตถุประสงค์สำหรับหาต้นทุนค่าตอบแทนล่วงเวลาต่อวันของพนักงานที่ต่ำที่สุด

$$Minimize\ z2 = \sum_{i \in I} D_Cost_i\ OTday_i \quad (3.1)$$

ข้อจำกัด (Constraints)

ข้อจำกัดที่ (3.2) จำนวนพนักงานที่เข้างานในแต่ละวันต้องไม่น้อยกว่าความต้องการใน 1 รอบการเข้างาน

$$\sum_{i \in I} Y_{icqr} \geq Dem_Cycle_{cqr} \quad ; \forall c \in C, q \in Q, r \in R \quad (3.2)$$

ข้อจำกัดที่ (3.3) วันทำงานรวมใน 1 เดือนของพนักงานคนที่มากที่สุด

$$MAXWL \geq \sum_{c \in C} \sum_{q \in Q} \sum_{r \in R} Y_{ipqr} \quad ; \forall i \in I \quad (3.3)$$

ข้อจำกัดที่ (3.4) วันทำงานรวมใน 1 เดือนของพนักงานคนที่น้อยที่สุด

$$MINWL \leq \sum_{c \in C} \sum_{q \in Q} \sum_{r \in R} Y_{ipqr} \quad ; \forall i \in I \quad (3.4)$$

ข้อจำกัดที่ (3.5) จำนวนวันทำงานรวมใน 1 เดือนของพนักงานต่างกันไม่เกิน 2

$$MAXWL - MINWL \leq 2 \quad (3.5)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดที่ (3.6) พนักงานเข้างานได้วันละไม่เกิน 1 รอบการเข้างาน

$$\sum_{c \in C} Y_{icqr} \leq 1 \quad ; \forall i \in I, q \in Q, r \in R \quad (3.6)$$

ข้อจำกัดที่ (3.7) จำนวนวันที่ทำโอทีจะเท่ากับจำนวนวันที่ทำงานที่เกินจากจำนวนวันทำงานขั้นต่ำที่กำหนด

$$OTday_i \geq \sum_{c \in C} \sum_{q \in Q} \sum_{r \in R} Y_{icqr} - WorkDay \quad ; \forall i \in I \quad (3.7)$$

ข้อจำกัดที่ (3.8) พนักงานทำงานไม่ต่ำกว่าสัปดาห์ละ 5 วัน

$$\sum_{c \in C} \sum_{r \in R} Y_{icqr} \geq 5 \quad ; \forall i \in I, q \in \{1, \dots, 4\} \quad (3.8)$$

ข้อจำกัดที่ (3.9)-(3.10) พนักงานทำงานติดต่อกันไม่เกิน 6 วัน

$$\sum_{c \in C} \sum_{r \in R} Y_{icqr} \leq 6 \quad ; \forall i \in I, q \in Q \quad (3.9)$$

$$\sum_{c \in C} \sum_{a=r}^{7} Y_{icq-1a} + \sum_{c \in C} \sum_{b=1}^{r-1} Y_{icqb} \leq 6 \quad ; \forall i \in I, q \in \{2, \dots, 5\}, r \in \{2, \dots, 7\} \quad (3.10)$$

ข้อจำกัดที่ (3.11)-(3.13) กำหนดรูปแบบวันหยุดของพนักงาน

$$\sum_{c\in C} Y_{icqr-2} - \sum_{c\in C} Y_{icqr-1} + \sum_{c\in C} Y_{icqr} \geq 0 \qquad ;\forall i \in I, q \in Q, r \in \{3,\dots,7\} \quad (3.11)$$

$$\sum_{c\in C} Y_{ic(q-1)6} - \sum_{c\in C} Y_{ic(q-1)7} + \sum_{c\in C} Y_{icq1} \geq 0 \qquad ;\forall i \in I, q \in \{2,\dots,5\} \quad (3.12)$$

$$\sum_{c\in C} Y_{ic(q-1)7} - \sum_{c\in C} Y_{icq1} + \sum_{c\in C} Y_{icq2} \geq 0 \qquad ;\forall i \in I, q \in \{2,\dots,5\} \quad (3.13)$$

ข้อจำกัดที่ (3.14) พนักงานที่เข้างานในรอบการทำงาน c จะเข้างานครั้งต่อไปได้ตั้งแต่รอบการทำงาน c ของวันถัดไป (กรณีเริ่มสัปดาห์ใหม่)

$$Y_{icq-17} + \sum_{e=1}^{c-1} Y_{ieq1} \leq 1 \qquad ;\forall i \in I, c \in \{2,..,4\}, q \in \{2,\dots,5\} \quad (3.14)$$

ข้อจำกัดที่ (3.15)-(3.16) พนักงานที่เข้างานในรอบการทำงาน c จะเข้างานครั้งต่อไปได้ในรอบการทำงาน c ของวันถัดไปภายในสัปดาห์สัปดาห์เดียวกัน

$$\sum_{f=1}^{r-1} Y_{icqf} \leq MA_{icqr} \qquad ;\forall i \in I, c \in C, q \in Q, r \in \{2,\dots,7\} \quad (3.15)$$

$$Y_{icqr} \leq 1 - \sum_{v\neq c} A_{ivqr} \qquad ;\forall i \in I, c \in C, q \in Q, r \in \{2,\dots,7\} \quad (3.16)$$

ข้อจำกัดที่ (3.17) พนักงานไม่ทำงานช่วงเวลาที่เกินจาก 31 วัน

$$\sum_{c\in C} Y_{icqr} = 0 \qquad ;\forall i \in I, q \in \{5\}, r \in \{4,\dots,7\} \quad (3.17)$$

ข้อจำกัดที่ (3.18)-(3.19) แสดงขอบเขตของตัวแปรที่เป็นตัวแปรฐานสอง (Binary Variables)

$$Y_{icqr} \in \{0,1\} \qquad ;\forall i \in I, c \in C, q \in Q, r \in R \quad (3.18)$$

$$A_{icqr} \in \{0,1\} \qquad ;\forall i \in I, c \in C, q \in Q, r \in R \quad (3.19)$$

ข้อจำกัดที่ (3.20)-(3.22) แสดงขอบเขตของตัวแปรที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ (Non-Negative)

$$MAXWL \geq 0 \quad (3.20)$$

$$MINWL \geq 0 \quad (3.21)$$

$$OTday_i \geq 0 \qquad ;\forall i \in I \quad (3.22)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 จะได้คำตอบว่าพนักงานแต่ละคนทำงานในวันใดและทำงานในรอบการทำงานใดของแต่ละวัน (Y_{icqr})

<u>แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3</u>

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3 จะทำการจัดพนักงานลงกะงาน คำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 พนักงานแต่ละคนทำงานในวันใดและทำงานในรอบการทำงานใดของแต่ละวัน (Y_{icqr}) ถูกนำมาเป็นข้อมูลนำเข้า ($Agent_{icd}$) โดยดัชนี q สัปดาห์ในเดือนและดัชนี r วันใน

สัปดาห์ถูกเปลี่ยนกลับเป็นดัชนี d วันในเดือนเนื่องจากในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3 นี้ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของสัปดาห์มาเกี่ยวข้องตัวอย่างดังตารางที่ 3.14 และข้อมูลนำเข้าดังกล่าวถูกนำมาเป็นข้อจำกัดที่ (4.3) และ (4.4) และคำตอบที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 จำนวนพนักงานที่ต้องเข้างานในแต่ละรูปแบบการเข้างาน (X_Shift_{jdt}) ถูกนำมาเป็นข้อมูลนำเข้า (Dem_Shift_{jd}) โดยดัชนี t ถูกนำออกไปเนื่องจากเป็นการจัดพนักงานลงกะงานโดยแยกจัดทีละงานและนำมาเป็นข้อจำกัดที่ (4.2) ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3 เพื่อทำการจัดตารางการเข้ากะงานของพนักงาน โดยแต่ละวันภายในสัปดาห์เดียวกันพนักงานสามารถเลือกเข้ากะงานใดก็ได้ที่อยู่ในรอบการทำงานเดียวกันโดยไม่จำเป็นต้องเข้างานในกะงานเดิม

ตารางที่ 3.14 คำตอบการจัดตารางรอบการเข้างานของพนักงาน 1 คน

สัปดาห์ (q)	วันในสัปดาห์ (r)	วันในเดือน (d)	รอบการเข้างาน (c)			
			1	2	3	4
1	1	1	x			
	2	2	x			
	3	3	x			
	4	4	x			
	5	5	x			
	6	6				
	7	7				
2	1	8	x			
	2	9	x			
	3	10	x			
	4	11				
	5	12	x			
	6	13	x			
	7	14				
3	1	15				
	2	16		x		
	3	17		x		
	4	18		x		
	5	19		x		
	6	20		x		
	7	21		x		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.14 คำตอบการจัดตารางรอบการเข้างานของพนักงาน 1 คน (ต่อ)

สัปดาห์ (q)	วันในสัปดาห์ (r)	วันในเดือน (d)	รอบการเข้างาน (c)			
			1	2	3	4
4	1	22				x
	2	23				
	3	24				
	4	25				x
	5	26				x
	6	27				x
	7	28				x
5	1	29				x
	2	30				x
	3	31				

ค่าดัชนี (Index)

$I = \{1, 2, \ldots, n\}$ คือ เซตของพนักงานผู้ให้บริการ

$J = \{1, 2, \ldots, 90\}$ คือ เซตของรูปแบบการเข้างาน

$D = \{1, 2, \ldots, 31\}$ คือ เซตของวันใน 1 เดือน

$C = \{1, 2, \ldots, 4\}$ คือ เซตของรอบการเข้างาน

ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)

Dem_Shift_{jd} = จำนวนพนักงานที่ต้องการในกะงาน j ของวันที่ d

$Cycle_{jc}$ = 1 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j อยู่ในรอบการเข้างาน c

= 0 ถ้ารูปแบบการเข้างาน j ไม่ได้อยู่ในรอบการเข้างาน c

S_Cost_j = ค่าตอบแทนล่วงเวลาต่อชั่วโมงของพนักงานที่เข้างานในรูปแบบการเข้างาน j

$Agent_{icd}$ = 1 ถ้าพนักงานคนที่ i ทำงานในรอบการเข้างาน c วันที่ d

= 0 ถ้าพนักงานคนที่ i ไม่ได้ทำงานในรอบการเข้างาน c วันที่ d

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

Z_{ijd} = 1 ถ้าพนักงานคนที่ i ทำงานในรูปแบบการเข้างาน j วันที่ d

= 0 ถ้าพนักงานคนที่ i ไม่ได้ทำงานในรูปแบบการเข้างาน j วันที่ d

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

สมการที่ (4.1) สมการวัตถุประสงค์สำหรับหาค่าตอบแทนล่วงเวลาต่อชั่วโมงและค่าเดินทางของพนักงานที่ต่ำที่สุด

$$Minimize\ z3 = \sum_i \sum_j \sum_l S_Cost_j\, Z_{ijd} \quad (4.1)$$

การที่ต้องกำหนดสมการวัตถุประสงค์สำหรับหาค่าตอบแทนล่วงเวลาต่อชั่วโมงของพนักงานที่ต่ำที่สุดเนื่องมาจากจำนวนพนักงานที่เข้างานในแต่ละรอบการทำงานที่ได้มาจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 จะไม่น้อยกว่าจำนวนพนักงานที่ต้องเข้างานในแต่ละรูปแบบการเข้างานที่ได้มาจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 ดังนั้นจำนวนพนักงานที่เกินมาจะถูกมอบหมายให้เข้างานในรูปแบบการทำงานที่ไม่มีงานล่วงเวลา (ไม่มีค่าตอบแทนล่วงเวลา)

ข้อจำกัด (Constraints)

ข้อจำกัดที่ (4.2)-(4.3) จำนวนพนักงานที่เข้างานต้องไม่น้อยกว่าความต้องการพนักงานในแต่ละกะงานของแต่ละวัน

$$\sum_{i \in I} Z_{ijd} \geq Dem_Shift_{jd} \quad ;\forall j \in J, d \in D \quad (4.2)$$

$$\sum_{j \in J} Z_{ijd}\, Cycle_{jc} \leq Agent_{icd} \quad ;\forall i \in I, c \in C, d \in D \quad (4.3)$$

ข้อจำกัดที่ (4.4) จำนวนครั้งของการเข้ากะงาน (Shift) และจำนวนครั้งในการเข้ารอบการทำงาน (Cycle) รวมของพนักงานมีค่าเท่ากัน เพื่อบังคับให้พนักงานที่ถูกมอบหมายให้เข้างานในรอบการทำงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 ทุกคนได้เข้ากะงาน

$$\sum_{i \in I} \sum_{c \in C} \sum_{d \in D} Agent_{icd} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{d \in D} Z_{ijd} \quad (4.4)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดที่ (4.5) แสดงขอบเขตของตัวแปรที่เป็นตัวแปรฐานสอง (Binary Variables)

$$Z_{ijd} \in \{0, 1\} \quad ;\forall i \in I, j \in J, d \in D \quad (4.5)$$

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 จะให้คำตอบต้นทุนค่าตอบแทนล่วงเวลารายชั่วโมงของพนักงาน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 จะให้คำตอบต้นทุนค่าตอบแทนล่วงเวลารายวันของพนักงาน และจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3 จะได้ตารางการทำงานของพนักงานใน 1 เดือนและมีต้นทุนค่าตอบแทนล่วงเวลารายชั่วโมงเท่ากับค่าวัตถุประสงค์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้แสดงผลการวิจัยโดยเปรียบเทียบคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ภายใต้รูปแบบต่างๆ ที่นำเสนอ ได้แก่ การเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์และรูปแบบการจัดพนักงานลงกะการทำงานของวิธีทางธนาคารและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงานเพื่อเพิ่มทางเลือกในการจัดพนักงานลงกะงาน การปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานเพื่อศึกษาว่าเมื่อจำนวนพนักงานมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลอย่างไรต่อค่าวัตถุประสงค์ และศึกษาการจัดตารางการทำงานโดยการรวมงานของพนักงาน

4.1 ผลการหาคำตอบโดยการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของวิธีทางธนาคารและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ปัญหาที่ทำการศึกษาประกอบด้วยพนักงานจำนวน 7 กลุ่มตามความสามารถในการให้บริการกลุ่มงานแก่ลูกค้า โดยพนักงานแต่ละคนสามารถในการให้บริการกลุ่มงานแก่ลูกค้าได้ 1 หรือ 2 กลุ่มงานที่แตกต่างกันจากทั้งหมด 5 กลุ่มงาน ใน 1 วันประกอบไปด้วยรูปแบบการเข้างานของพนักงาน 90 รูปแบบ รอบการเข้างาน 4 รอบ และแบ่งช่วงเวลาออกเป็น 48 ช่วงเวลา จากผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยใช้จำนวนพนักงานที่เท่ากันระหว่างวิธีทางธนาคารและวิธีที่นำเสนอพบว่าทั้ง 2 วิธีสามารถจัดตารางการทำงานของงาน ES และ CD ได้ตามความต้องการพนักงานในแต่ละช่วงเวลา ขณะเดียวกันวิธีทางธนาคารไม่สามารถจัดตารางการทำงานของงาน Privilege ได้เนื่องจากจำนวนพนักงานไม่เพียงพอต่อความต้องการแต่วิธีที่นำเสนอสามารถจัดตารางการทำงานของงาน Privilege ได้ และสุดท้ายวิธีทางธนาคารและวิธีที่นำเสนอไม่สามารถจัดตารางการทำงานของงาน AC และ BL ได้เนื่องจากจำนวนพนักงานที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการส่งผลให้มีการขาดพนักงานในบางช่วงเวลา แต่วิธีที่นำเสนอก็ยังคงให้คำตอบที่ดีกว่าเนื่องจากยอมให้มีการขาดพนักงานที่น้อยกว่า โดยวิธีทางธนาคารยอมให้มีการขาดพนักงานในงาน AC และ BL เป็นจำนวน 3,616 และ 2,348 คน/ช่วงเวลา/เดือน ตามลำดับ ขณะที่วิธีที่นำเสนอยอมให้มีการขาดพนักงานจำนวน 896 และ 160 คน/ช่วงเวลา/เดือน ตามลำดับ ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิจัยโดยการเปรียบเทียบผลจากวิธีของธนาคารและค่าวัตถุประสงค์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่รวมค่าใช้จ่ายเงินเดือนของพนักงานด้วย พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ค่าวัตถุประสงค์ที่น้อยกว่าวิธีการปัจจุบันของธนาคารในทุกตัวอย่างปัญหา โดยค่าวัตถุประสงค์รวมของทุกปัญหาลดลง 176,783 บาทต่อเดือน และค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าวัตถุประสงค์ของทุกปัญหาที่ได้จากแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทางคณิตศาสตร์และวิธีการปัจจุบันของธนาคารต่างกันร้อยละ 2.80 ทั้งนี้ค่าวัตถุประสงค์ที่ลดลงเกิดจากต้นทุนการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานที่ลดลงเท่านั้นเนื่องจากเงินเดือนของพนักงานเป็นต้นทุนคงที่ ดังนั้นเมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงาน ผลการวิจัยแสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าวัตถุประสงค์ของทุกปัญหาที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีการปัจจุบันของธนาคารต่างกันร้อยละ 25.97

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ต่อเดือนของวิธีทางธนาคารและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

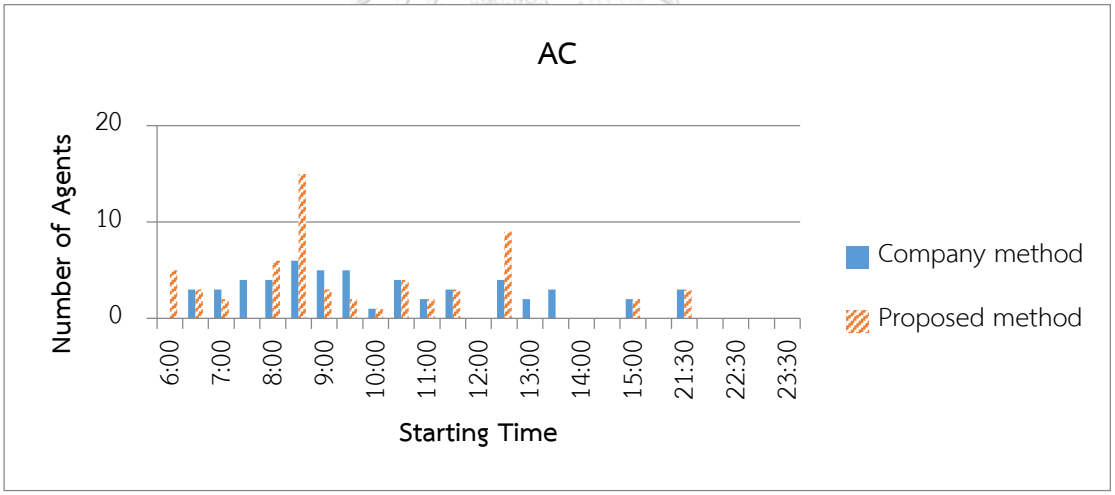
Skill	AC	BL	ES	CD	Privilege
No. of Agents	62	48	172	239	73
Company (baht)	1,074,577	806,009	3,123,192	3,752,407	1,181,142
Proposed (baht)	994,253	790,205	3,088,986	3,744,772	1,142,328
Difference (baht)	80,324	15,804	34,206	7,635	38,814
%Difference	7.47%	1.96%	1.10%	0.20%	3.29%

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานต่อเดือนของวิธีทางธนาคารและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

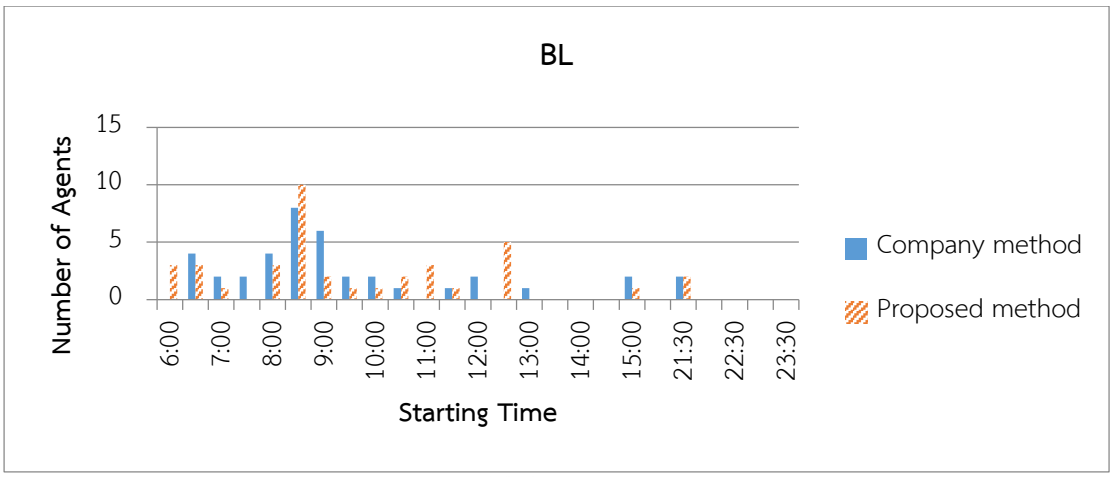
Skill		AC	BL	ES	CD	Privilege
Hourly OT (baht)	Company	0	43,950	121,000	16,900	6,450
	Proposed	0	0	189,450	0	0
Daily OT (baht)	Company	101,527	15,159	307,292	28,307	34,392
	Proposed	27,453	48,055	221,636	58,872	8,078
Transportation (baht)	Company	43,050	26,900	114,900	122,200	45,300
	Proposed	36,800	22,150	97,900	100,900	39,250
Total (baht)	Company	144,577	86,009	543,192	167,407	86,142
	Proposed	64,253	70,205	508,986	159,772	47,328
Difference (baht)		80,324	15,804	34,206	7,635	38,814
%Difference		55.56%	18.37%	6.30%	4.56%	45.06%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

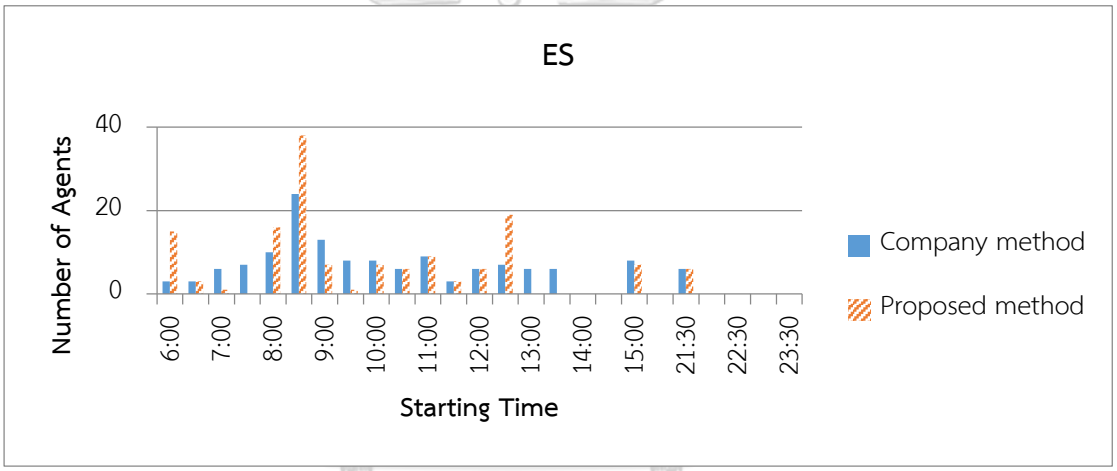
จากผลการหาคำตอบโดยการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของวิธีทางธนาคารและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ค่าวัตถุประสงค์ที่น้อยกว่าวิธีการปัจจุบันของธนาคารในทุกตัวอย่างปัญหา ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการมอบหมายพนักงานลงกะการทำงาน พบว่าทุกปัญหามีรูปแบบในการจัดพนักงานลงกะงานที่ใกล้เคียงกันแต่จะมีบางช่วงเวลาที่จำนวนพนักงานที่ถูกมอบหมายลงกะการทำงานแตกต่างกันมากดังรูปที่ 4.1-4.5 โดยวิธีการทางธนาคารจะเริ่มมอบหมายพนักงานลงกะงานตั้งแต่ 06:30 น. ยกเว้นงาน ES และ CD ที่เป็นปัญหาขนาดใหญ่จะเริ่มมอบหมายพนักงานลงกะงานตั้งแต่ 06:00 ในขณะที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะให้รูปแบบการมอบหมายพนักงานที่เหมือนกันในทุกปัญหา โดยจะเริ่มมอบหมายพนักงานลงกะงานตั้งแต่ 06:00 น. มอบหมายจำนวนพนักงานที่มากในกะงาน 8:30 และ 12:30 น. และไม่มีการมอบหมายพนักงานลงกะงาน 13:00 และ 13:30 น. เนื่องจากกะงาน 12:00 น. ไม่มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางของพนักงานในขณะที่กะงาน 13:00 และ 13:30 น. จะมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางของพนักงานเพิ่มขึ้นมา ดังนั้นการมอบหมายพนักงานลงกะงาน 12:30 น. จะมีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าการมอบหมายพนักงานลงกะงาน 13:00 และ 13:30 น.



รูปที่ 4.1 รูปแบบการจัดพนักงานลงกะงานของงาน AC

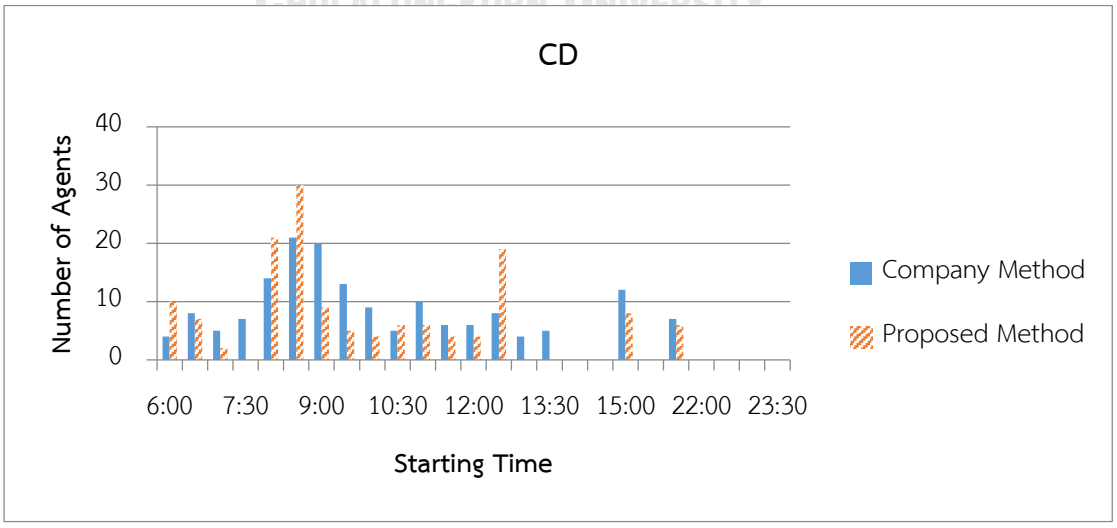


รูปที่ 4.2 รูปแบบการจัดพนักงานลงกะงานของงาน BL

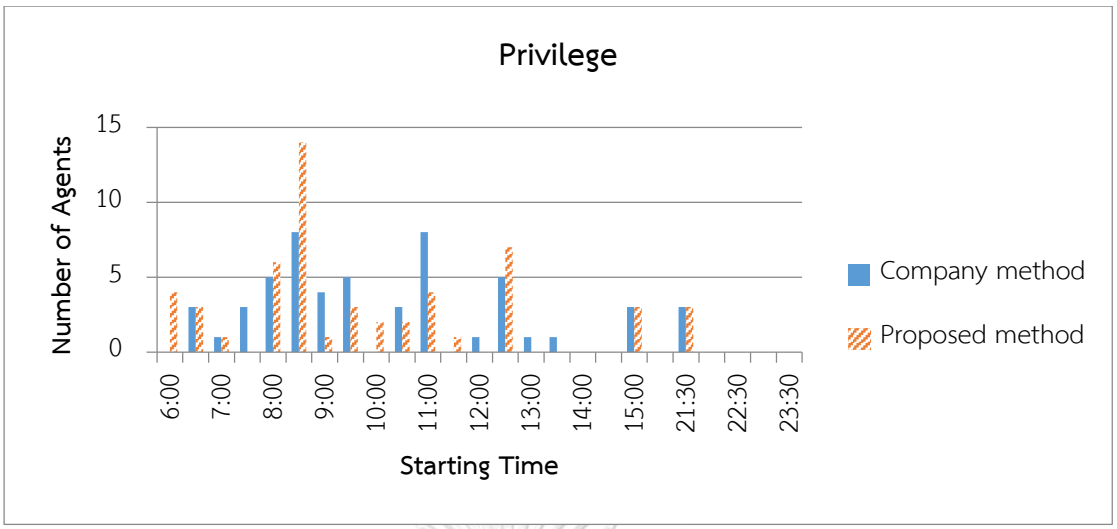


รูปที่ 4.3 รูปแบบการจัดพนักงานลงกะงานของงาน ES

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.4 รูปแบบการจัดพนักงานลงกะงานของงาน CD

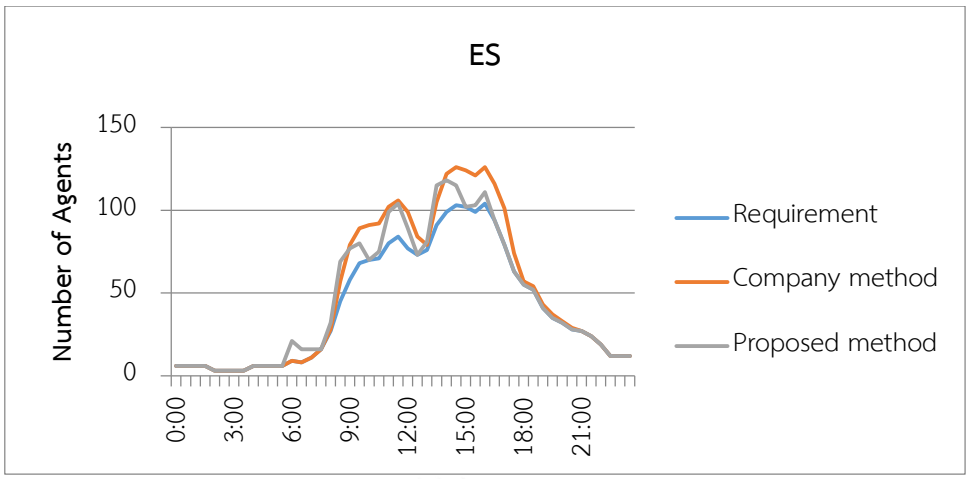


รูปที่ 4.5 รูปแบบการจัดพนักงานลงกะงานของงาน Privilege

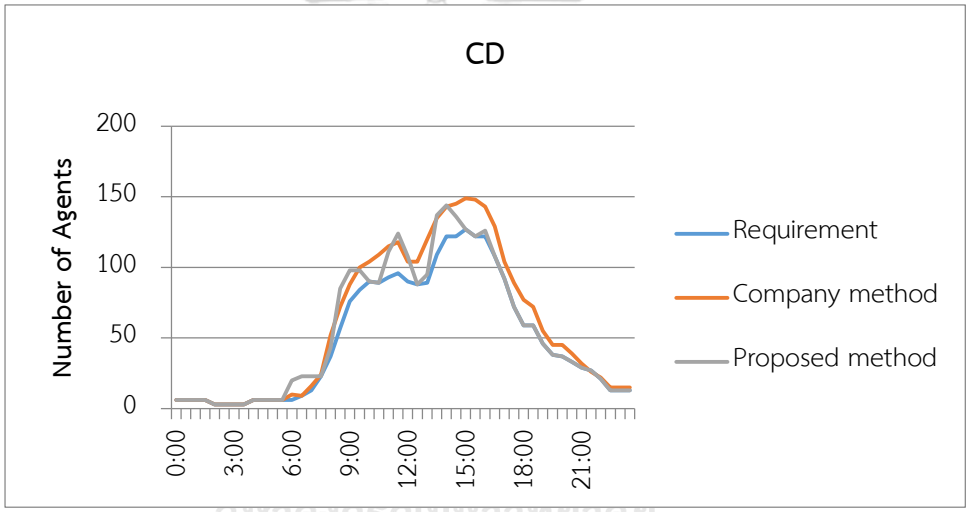
จากผลการเปรียบเทียบรูปแบบการจัดพนักงานลงกะการทำงานข้างต้น ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำผลของการหาคำตอบดังกล่าวมาปรับเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของจำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาเพื่อเปรียบเทียบความต้องการพนักงานและคำตอบที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากรูปที่ 4.6-4.10 พบว่าในช่วงเวลา 00:00-05:30 น. และช่วงเวลา 15:00-24:00 น. คำตอบที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้จำนวนพนักงานสะสมที่เท่ากับความต้องการ แต่ในช่วงเวลากลางวันจะมีพนักงานสะสมที่มากกว่าความต้องการ โดยพนักงานสะสมที่มากกว่าความต้องการในช่วง 06:00-12:30 น. เกิดจากการที่มีพนักงานเข้างานสะสมมาตั้งแต่ช่วงเวลา 06:00 น. และพนักงานสะสมที่มากกว่าความต้องการในช่วง 13:30-15:00 น. เกิดจากการที่มีพนักงานจำนวนมากเข้างานที่เวลา 12:30 น.

วิธีการจัดพนักงานลงกะการทำงานของธนาคารจะเริ่มจัดจากกะงานที่ 21:30 น. โดยจัดให้มีจำนวนพนักงานเท่ากับความต้องการและจัดไล่เรียงไปจากกะงาน 6:00 น. จนถึงกะงาน 15:00 น. ดังนั้นจึงเกิดการสะสมของจำนวนพนักงานที่มากในช่วงเวลากลางวัน และพบว่าจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานจริงของงาน AC และ BL ไม่เพียงพอจึงส่งผลให้จำนวนพนักงานสะสมของทางธนาคารน้อยกว่าความต้องการในบางช่วงเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

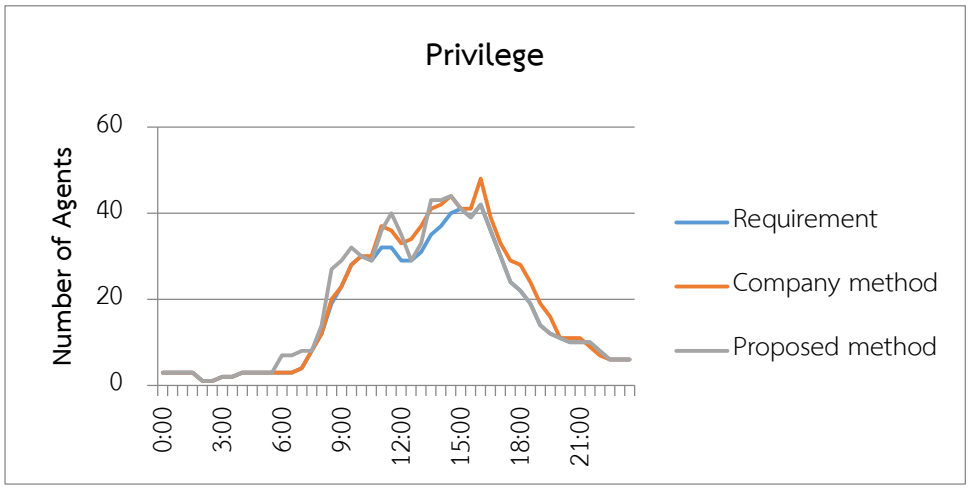


รูปที่ 4.6 จำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาของงาน ES

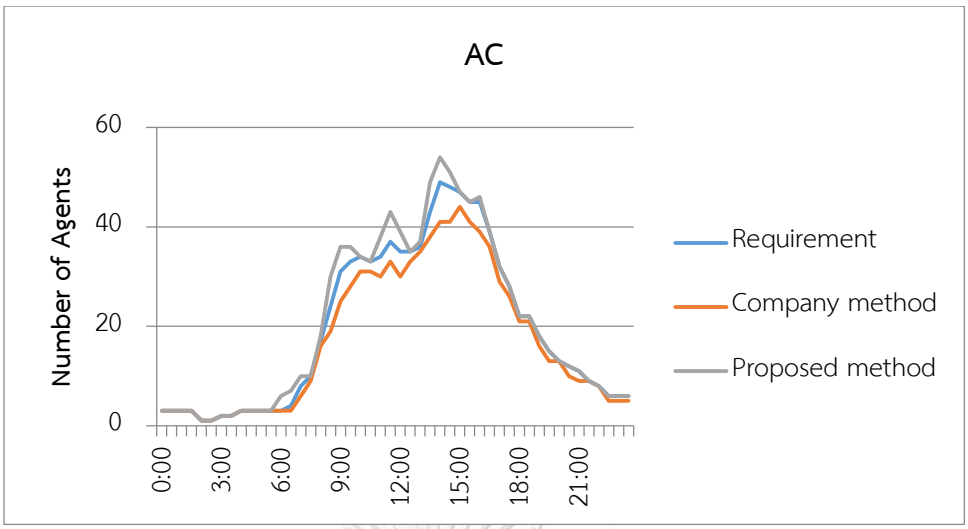


รูปที่ 4.7 จำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาของงาน CD

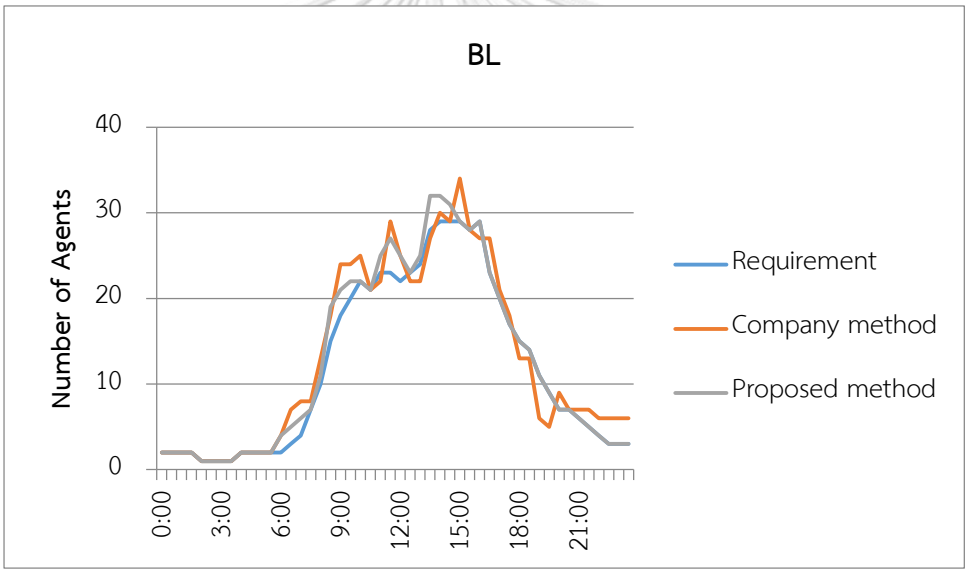
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.8 จำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาของงาน Privilege



รูปที่ 4.9 จำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาของงาน AC



รูปที่ 4.10 จำนวนพนักงานสะสมในแต่ละช่วงเวลาของงาน BL

นอกจากการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์และรูปแบบการจัดพนักงานลงกะการทำงานของวิธีทางธนาคารและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยการเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงานที่เป็นไปได้เพื่อเพิ่มทางเลือกในการจัดตารางการทำงาน

4.2 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยการเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงาน

การเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงานเป็นการเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดพนักงาน เนื่องจากมีทางเลือกในการจัดพนักงานลงกะงานที่เพิ่มขึ้น จากเงื่อนไขเดิมใน 1 วันประกอบไปด้วย 18 กะงาน กะงานที่ 1-16 จะเริ่มที่เวลา 06.00 น. จนถึง 13.30 น. กะงานที่ 17 จะเริ่มที่เวลา 15.00 น. และกะงานที่ 18 จะเริ่มที่เวลา 21.30 น. ผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนกะงานจาก 18 กะงานเป็น 25 กะงาน กะงานที่เพิ่มขึ้นมาได้แก่กะงานที่เริ่มที่เวลา 14.00-14.30 21.00 และ 22.00-23.30 น. ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยใช้จำนวนพนักงานเท่าเดิมพบว่ายังไม่สามารถจัดตารางการทำงานของงาน AC และ BL ได้เนื่องจากจำนวนพนักงานที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ แต่สามารถทำการจัดตารางการทำงานของงาน ES CD และ Privilege ได้และให้ค่าวัตถุประสงค์ที่ต่ำกว่าก่อนการเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงานดังตารางที่ 4.3 ค่าวัตถุประสงค์รวมของทั้ง 3 งานลดลง 50,295 บาทต่อเดือน และค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าวัตถุประสงค์ของก่อนและหลังการเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงานต่างกันร้อยละ 9.93 แต่เมื่อรวมเงินเดือนของพนักงานด้วยแล้วค่าเฉลี่ยความแตกต่างของค่าวัตถุประสงค์จะลดลงเหลือร้อยละ 0.47 เนื่องจากเงินเดือนมีมูลค่ามากเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงาน และการจัดตารางการทำงานนี้มีค่าใช้จ่ายเงินเดือนของพนักงานเท่าเดิมต่างกันเพียงค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงาน

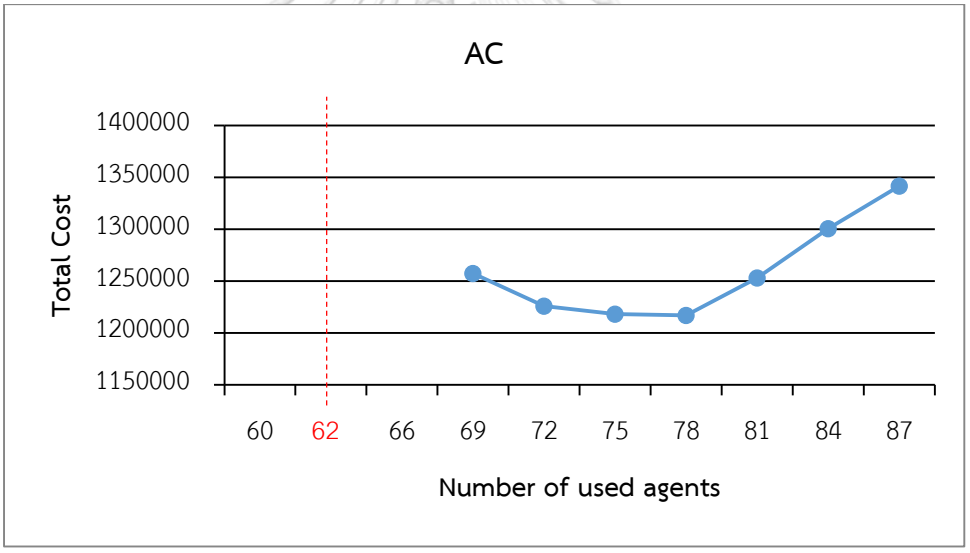
ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของก่อนและหลังการเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Skill		ES	CD	Privilege
No. of Agents		172	239	73
Overtime and Transportation	18 Shifts (baht)	508,986	159,772	47,328
	25 Shifts (baht)	503,113	115,909	46,769
	Difference (baht)	5,873	43,863	559
	%Difference	1.15%	27.45%	1.18%
Total	18 Shifts (baht)	3,088,986	3,744,772	1,142,328
	25 Shifts (baht)	3,083,113	3,700,909	1,141,769
	Difference (baht)	5,873	43,863	559
	%Difference	0.19%	1.17%	0.05%

4.3 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานภายใต้เงื่อนไขของการเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงาน

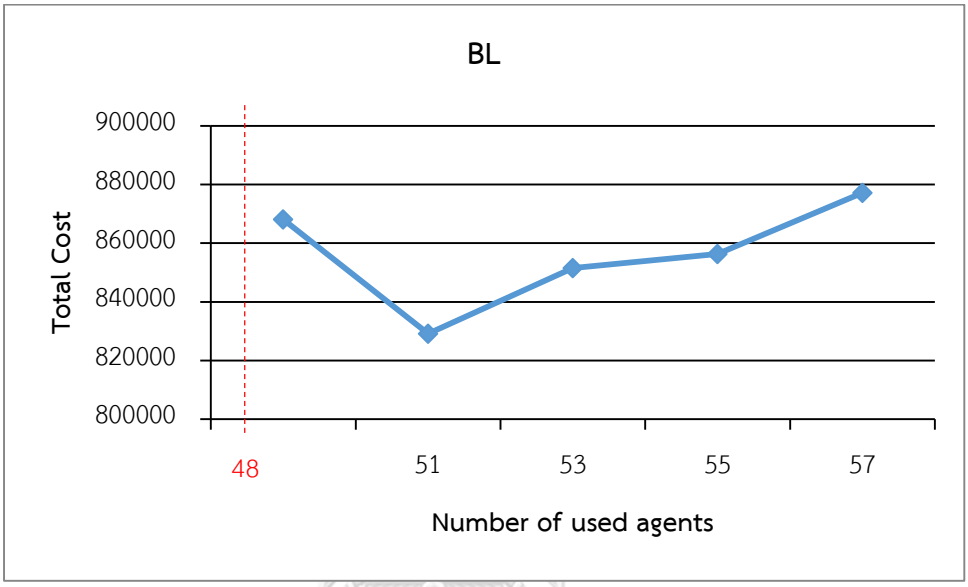
จากการจัดตารางการทำงานของพนักงานก่อนหน้านี้โดยการใช้จำนวนพนักงานเท่ากับวิธีของทางธนาคารพบว่าในบางงานไม่สามารถทำการจัดตารางการทำงานได้เนื่องจากจำนวนพนักงานที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการและส่งผลให้มีการขาดพนักงานในบางช่วงเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานเพื่อศึกษาว่าการเปลี่ยนแปลงจำนวนพนักงานจะส่งผลอย่างไรต่อค่าวัตถุประสงค์ ผลการหาคำตอบแสดงดังรูปที่ 4.11-4.15 พบว่าเมื่อลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานลงส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์ลดลงด้วย แต่เมื่อลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานลงจนถึงจำนวนหนึ่งค่าวัตถุประสงค์จะเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากพนักงานต้องทำงานล่วงเวลาที่มากขึ้นและค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาเพิ่มขึ้นมากกว่าเงินเดือนของพนักงานที่ถูกลดลง



รูปที่ 4.11 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน AC

จำนวนพนักงานของธนาคารที่ปฏิบัติงานจริงของงาน AC เท่ากับ 62 คน จากการจัดตารางการทำงานของพนักงานก่อนหน้านี้พบว่าไม่สามารถหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้ ทั้งนี้เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงาน ผลการหาคำตอบแสดงดังรูปที่ 4.11 พบว่าจำนวนพนักงาน 69 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่สามารถนำมาหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้ โดยค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 1,257,454 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 1,035,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 222,454 บาท ขณะเดียวกันเมื่อทำการเพิ่มจำนวนพนักงานพบว่าที่จำนวนพนักงาน 87 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่ไม่มีการ

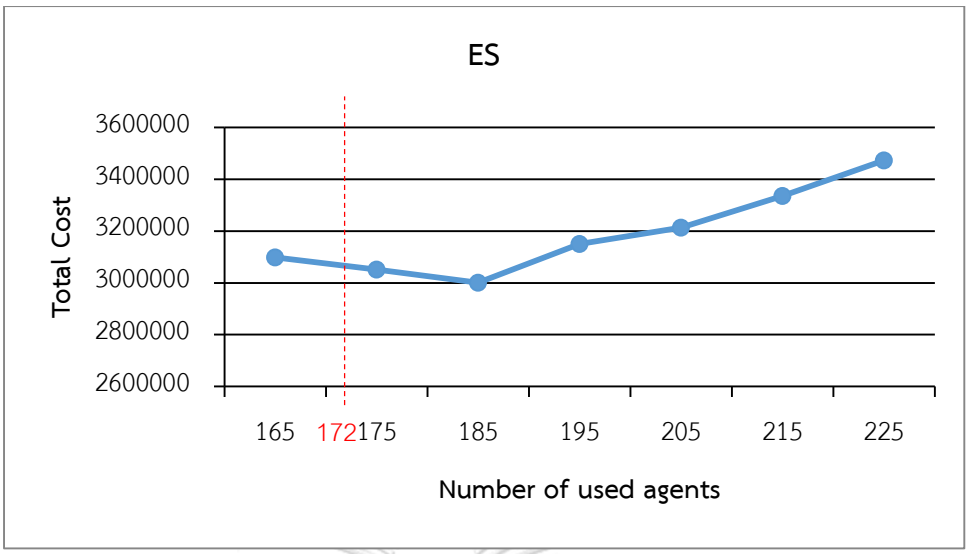
ทำงานล่วงเวลาแต่ค่าวัตถุประสงค์กลับมีค่าสูงที่สุดเนื่องมาจากเงินเดือนของพนักงานที่เพิ่มขึ้น โดยค่าวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 1,341,800 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 1,305,000 บาท และค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 36,800 บาท และจำนวนพนักงานที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำที่สุดสำหรับปัญหานี้ได้แก่พนักงานจำนวน 78 คน มีค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 1,217,051 บาท



รูปที่ 4.12 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน BL

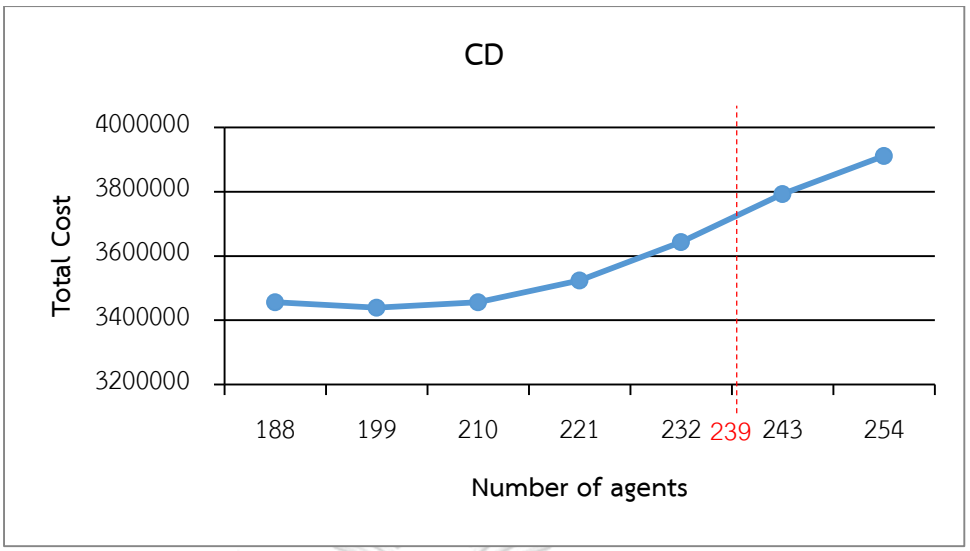
จำนวนพนักงานของธนาคารที่ปฏิบัติงานจริงของงาน BL เท่ากับ 48 คน จากการจัดตารางการทำงานของพนักงานก่อนหน้านี้พบว่าไม่สามารถหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้ ทั้งนี้เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงาน ผลการหาคำตอบแสดงดังรูปที่ 4.12 พบว่าจำนวนพนักงาน 49 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่สามารถนำมาหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้ โดยค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 868,117 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 735,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 133,117 บาท ขณะเดียวกันเมื่อทำการเพิ่มจำนวนพนักงานพบว่าที่จำนวนพนักงาน 57 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลาแต่ค่าวัตถุประสงค์กลับมีค่าสูงที่สุดเนื่องมาจากเงินเดือนของพนักงานที่เพิ่มขึ้น โดยค่าวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 877,150 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 855,000 บาท และค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 22,150 บาท และจำนวนพนักงานที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำที่สุดสำหรับปัญหานี้ได้แก่พนักงานจำนวน 51 คน มีค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 829,110 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



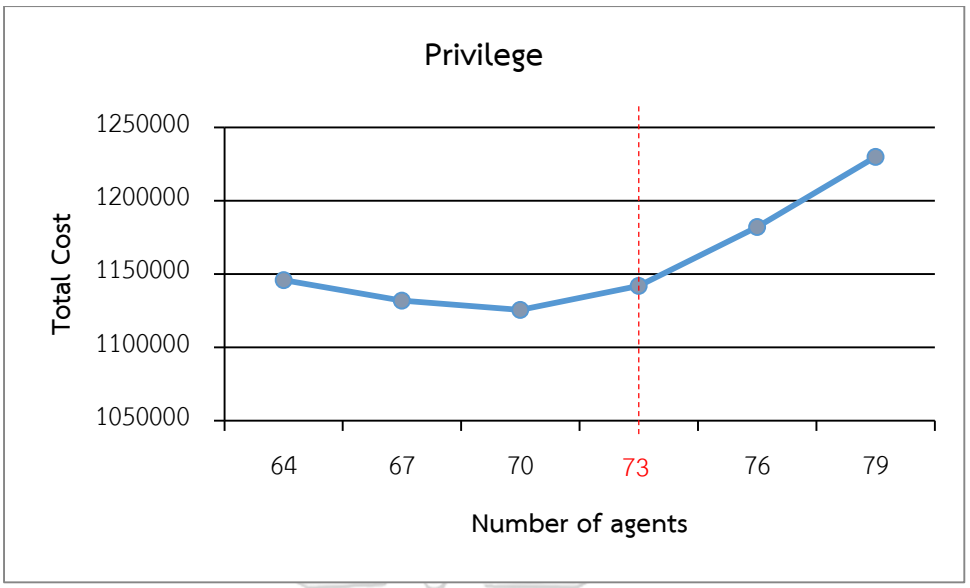
รูปที่ 4.13 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน ES

จำนวนพนักงานของธนาคารที่ปฏิบัติงานจริงของงาน ES เท่ากับ 172 คน จากการจัดตารางการทำงานของพนักงานก่อนหน้านี้พบว่าสามารถหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้โดยมีค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 3,083,113 บาท ทั้งนี้เมื่อลองทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงาน ผลการหาคำตอบแสดงดังรูปที่ 4.13 พบว่าจำนวนพนักงาน 165 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่สามารถนำมาหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้ โดยค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 3,098,206 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 2,475,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 623,206 บาท ขณะเดียวกันเมื่อทำการเพิ่มจำนวนพนักงานพบว่าที่จำนวนพนักงาน 225 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลาแต่ค่าวัตถุประสงค์กลับมีค่าสูงที่สุดเนื่องมาจากเงินเดือนของพนักงานที่เพิ่มขึ้น โดยค่าวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 3,472,900 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 3,375,000 บาท และค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 97,900 บาท และจำนวนพนักงานที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำที่สุดสำหรับปัญหานี้ได้แก่พนักงานจำนวน 185 คน มีค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 3,000,383 บาทซึ่งดีกว่าค่าวัตถุประสงค์ของพนักงานจำนวน 172 คนร้อยละ 2.68



รูปที่ 4.14 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน CD

จำนวนพนักงานของธนาคารที่ปฏิบัติงานจริงของงาน CD เท่ากับ 239 คน จากการจัดตารางการทำงานของพนักงานก่อนหน้านี้พบว่าสามารถหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้โดยมีค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 3,700,909 บาท ทั้งนี้เมื่อลองทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงาน ผลการหาคำตอบแสดงดังรูปที่ 4.14 พบว่าจำนวนพนักงาน 188 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่สามารถนำมาหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้ โดยค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 3,456,158 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 2,820,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 636,158 บาท ขณะเดียวกันเมื่อทำการเพิ่มจำนวนพนักงานพบว่าที่จำนวนพนักงาน 254 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลาแต่ค่าวัตถุประสงค์กลับมีค่าสูงที่สุดเนื่องมาจากเงินเดือนของพนักงานที่เพิ่มขึ้น โดยค่าวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 3,910,900 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 3,810,000 บาท และค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 100,900 บาท และจำนวนพนักงานที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำที่สุดสำหรับปัญหานี้ได้แก่พนักงานจำนวน 199 คน มีค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 3,439,656 บาทซึ่งดีกว่าค่าวัตถุประสงค์ของพนักงานจำนวน 239 คนร้อยละ 7.06



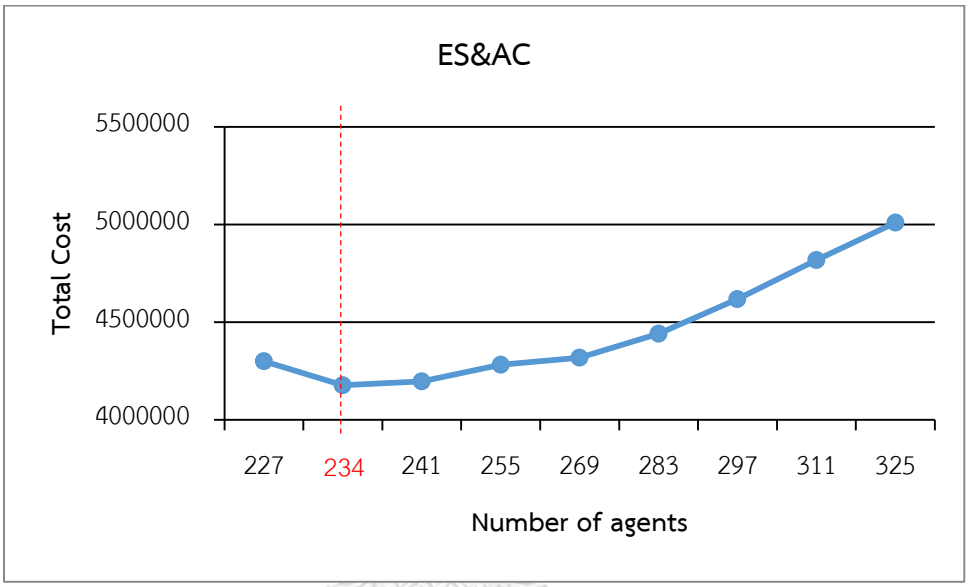
รูปที่ 4.15 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน Privilege

จำนวนพนักงานของธนาคารที่ปฏิบัติงานจริงของงาน Privilege เท่ากับ 73 คน จากการจัดตารางการทำงานของพนักงานก่อนหน้านี้พบว่าสามารถหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้โดยมีค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 1,141,769 บาท ทั้งนี้เมื่อลองทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงาน ผลการหาคำตอบแสดงดังรูปที่ 4.15 พบว่าจำนวนพนักงาน 64 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่สามารถนำมาหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้ โดยค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 1,145,804 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 960,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 185,804 บาท ขณะเดียวกันเมื่อทำการเพิ่มจำนวนพนักงานพบว่าที่จำนวนพนักงาน 79 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลาแต่ค่าวัตถุประสงค์กลับมีค่าสูงที่สุดเนื่องมาจากเงินเดือนของพนักงานที่เพิ่มขึ้น โดยค่าวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 1,229,852 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 1,185,000 บาท และค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 5,602 บาท และจำนวนพนักงานที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำที่สุดสำหรับปัญหานี้ได้แก่พนักงานจำนวน 70 คน มีค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 1,125,592 บาทซึ่งดีกว่าค่าวัตถุประสงค์ของพนักงานจำนวน 73 คน ร้อยละ 1.42

4.4 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยการรวมงาน

พนักงานที่สามารถให้บริการงานแก่ลูกค้าได้มากกว่าหนึ่งงานมีความยืดหยุ่นในการทำงานมากกว่าพนักงานที่สามารถให้บริการงานแก่ลูกค้าได้เพียงงานเดียวเนื่องจากพนักงานไม่ได้ถูกกำหนดให้ทำงานใดเพียงงานหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อว่างจากงานหนึ่งพนักงานสามารถไปทำอีกงาน

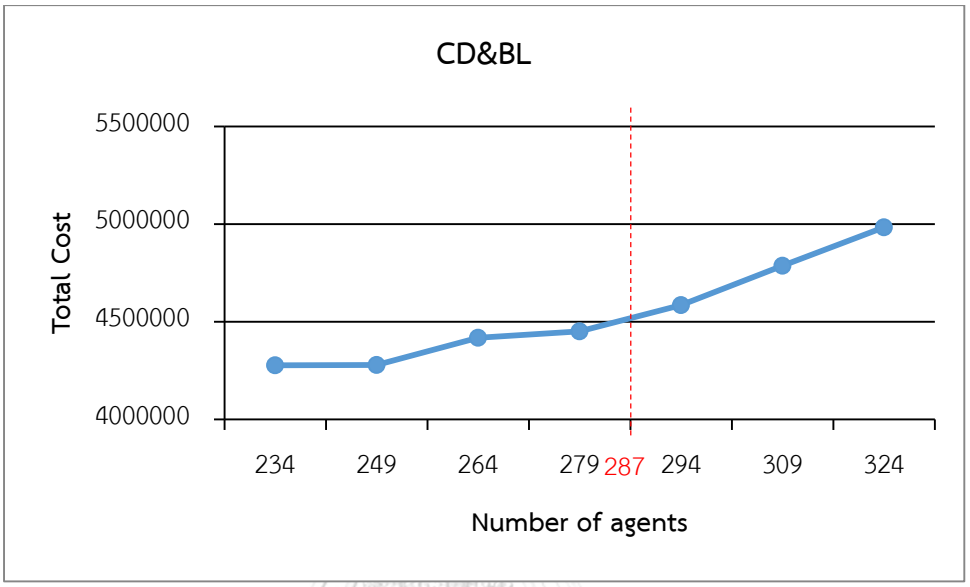
หนึ่งได้ ผู้วิจัยได้ทำการรวมงาน AC เข้ากับงาน ES และงาน BL เข้ากับงาน CD เนื่องจากคู่งาน AC, ES และคู่งาน BL, CD เป็นงานที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างงานและเป็นคู่งานของพนักงานประเภทหลายทักษะของทางศูนย์บริการข้อมูลลูกค้า และผู้วิจัยได้ทดลองทำการรวมงานทั้งหมดเพื่อให้พนักงาน 1 คนสามารถให้บริการลูกค้าได้ทุกงาน ได้แก่งาน AC BL ES CD และ Privilege ผลการหาคำตอบแสดงดังรูปที่ 4.16-4.18



รูปที่ 4.16 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของการรวมงาน ES&AC

จำนวนพนักงานของธนาคารที่ปฏิบัติงานจริงของงาน ES และ AC เท่ากับ 172 และ 62 คน ตามลำดับ จากการจัดตารางการทำงานของพนักงานก่อนหน้านี้พบว่าสามารถหาคำตอบสำหรับงาน ES ได้แต่ไม่สามารถหาคำตอบสำหรับงาน AC ได้ ทั้งนี้เมื่อทำการรวมงาน ES และ AC เข้าด้วยกัน โดยมีพนักงานจำนวน 234 คน พบว่าสามารถหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้และให้ค่าวัตถุประสงค์ที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 4,177,708 บาท และเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงาน ผลการหาคำตอบแสดงดังรูปที่ 4.16 พบว่าเมื่อลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานลงส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์ลดลงด้วย แต่เมื่อลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานลงจนถึงจำนวนหนึ่งค่าวัตถุประสงค์จะเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากพนักงานต้องทำงานล่วงเวลาที่มากขึ้นและค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาเพิ่มขึ้นมากกว่าเงินเดือนของพนักงานที่ถูกลดลง และพบว่าจำนวนพนักงาน 227 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่สามารถนำมาหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้ โดยค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 4,300,733 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 3,405,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 895,733 บาท ขณะเดียวกันที่จำนวนพนักงาน

325 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลาแต่ค่าวัตถุประสงค์กลับมีค่าสูงที่สุด เนื่องมาจากเงินเดือนของพนักงานที่เพิ่มขึ้น โดยค่าวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 5,009,700 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 4,875,000 บาท และค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 134,700 บาท



รูปที่ 4.17 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของการรวมงาน CD&BL

จำนวนพนักงานของธนาคารที่ปฏิบัติงานจริงของงาน CD และ BL เท่ากับ 239 และ 48 คน ตามลำดับ จากการจัดตารางการทำงานของพนักงานก่อนหน้านี้พบว่าสามารถหาคำตอบสำหรับงาน CD ได้แต่ไม่สามารถหาคำตอบสำหรับงาน BL ได้ ทั้งนี้เมื่อทำการรวมงาน CD และ BL เข้าด้วยกัน โดยมีพนักงานจำนวน 287 คน พบว่าสามารถหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้และให้ค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 4,502,407 บาท และเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงาน ผลการหาคำตอบแสดงดังรูปที่ 4.17 พบว่าเมื่อลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานลง ส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์ลดลงด้วย และพบว่าจำนวนพนักงาน 234 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่สามารถนำมาหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้และให้ค่าวัตถุประสงค์ที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 4,278,145 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 3,510,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 768,145 บาท ขณะเดียวกันที่จำนวนพนักงาน 324 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลาแต่ค่าวัตถุประสงค์กลับมีค่าสูงที่สุดเนื่องมาจากเงินเดือนของพนักงานที่เพิ่มขึ้น โดยค่าวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 4,983,050 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 4,860,000 บาท และค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 123,050 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยการรวมคู่งาน ได้แก่ คู่งาน ES, AC และคู่งาน CD, BL แสดงให้เห็นว่าการรวมงานสามารถช่วยลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการปฏิบัติงานลงได้ และมีต้นทุนในการจ้างพนักงานที่ลดลงในกรณีที่ใช้จำนวนพนักงานเท่าเดิมดังตารางที่ 4.4-4.5 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการจัดตารางการทำงานของพนักงานโดยการรวมงานทั้งหมด ได้แก่งาน AC, BL, ES, CD และ Privilege เพื่อดูว่าการรวมงานทั้งหมด 5 งานนั้นจะทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการปฏิบัติงานลงได้อีกหรือไม่และค่าวัตถุประสงค์ที่จำนวนพนักงานของธนาคารที่ปฏิบัติงานจริงคือ 594 คนจะลดลงจากการรวมคู่งานหรือไม่อย่างไร ผลการหาคำตอบแสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าการรวมงานทั้งหมดที่จำนวนพนักงานของธนาคารที่ปฏิบัติงานจริงให้ค่าวัตถุประสงค์ 9,241,080 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 8,910,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 331,080 บาท ทั้งนี้ค่าวัตถุประสงค์ของการรวมงานทั้งหมดที่จำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานจริงดีกว่าค่าวัตถุประสงค์ของการแยกงานร้อยละ 5.92 หรือ581,363 บาทต่อเดือน และเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงาน ผลการหาคำตอบแสดงดังรูปที่ 4.18 พบว่าเมื่อลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานลงส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์ลดลงด้วย แต่เมื่อลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานลงจนถึงจำนวนหนึ่งค่าวัตถุประสงค์จะเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากพนักงานต้องทำงานล่วงเวลาที่มากขึ้นและค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาเพิ่มขึ้นมากกว่าเงินเดือนของพนักงานที่ถูกลดลง และพบว่าจำนวนพนักงาน 452 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่สามารถนำมาหาคำตอบสำหรับปัญหานี้ได้ โดยค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 8,509,298 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 6,780,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 1,729,298 บาท ขณะเดียวกันที่จำนวนพนักงาน 629 คนเป็นจำนวนพนักงานที่น้อยที่สุดที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลาแต่ค่าวัตถุประสงค์กลับมีค่าสูงที่สุดเนื่องมาจากเงินเดือนของพนักงานที่เพิ่มขึ้น โดยค่าวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 9,692,750 บาท แบ่งเป็นเงินเดือนจำนวน 9,435,000 บาท และค่าเดินทางของพนักงานจำนวน 257,750 บาท และจำนวนพนักงานที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำที่สุดสำหรับปัญหานี้ได้แก่พนักงานจำนวน 512 คน มีค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ 8,181,518 บาทซึ่งดีกว่าค่าวัตถุประสงค์ของพนักงานจำนวน 594 คนร้อยละ 11.47

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ต่อเดือนของคู่งาน AC และ ES

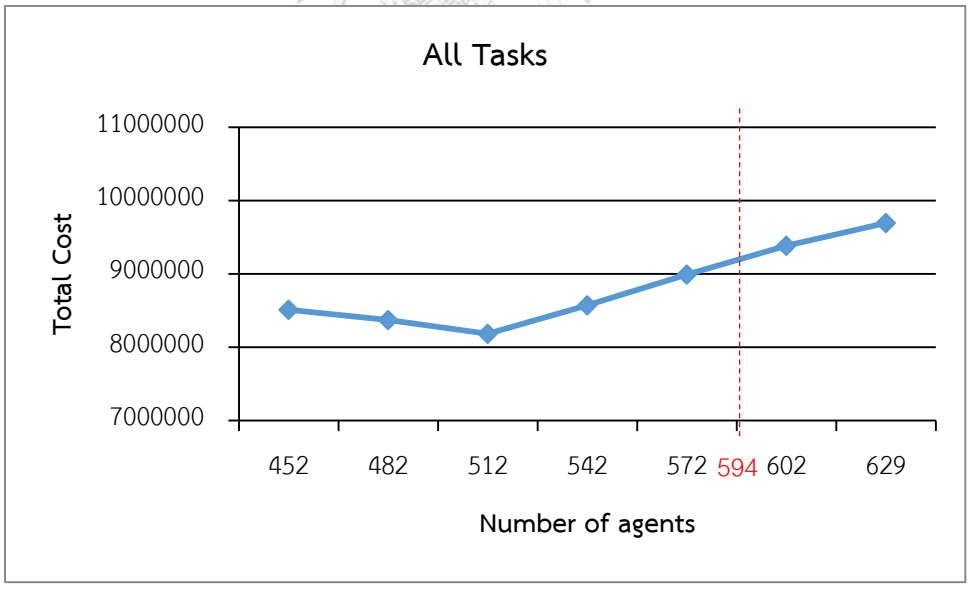
Task	AC	ES	AC and ES	Difference	%Difference
No. of Agents	62	172	234	-	-
Total Cost (baht)	994,253	3,088,986	4,177,708	94,469	2.31%

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ต่อเดือนของคู่งาน BL และ CD

Task	BL	CD	BL and CD	Difference	%Difference
No. of Agents	48	239	287	-	-
Total Cost (baht)	790,205	3,744,722	4,502,407	32,570	0.72%

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ต่อเดือนของการรวมงานทั้งหมด

Task	AC and ES	BL and CD	Privilege	All Tasks	Difference	%Difference
No. of Agents	234	287	73	594	-	-
Total Cost (baht)	4,177,708	4,502,407	1,142,328	9,241,080	581,363	5.92%



รูปที่ 4.18 ผลการหาคำตอบเมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของการรวมงานทั้งหมด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ลักษณะของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา

ปัญหาการจัดตารางการทำงานของพนักงานศูนย์บริการลูกค้ามีจุดมุ่งหมายสำคัญคือการหาจำนวนพนักงานผู้ให้บริการในแต่ละช่วงเวลาให้เพียงพอต่อความต้องการโดยการจัดตารางการทำงานของพนักงานเพื่อให้มีต้นทุนในการจ้างพนักงานที่ต่ำที่สุด ต้นทุนในการจ้างพนักงานที่นำมาพิจารณาในงานวิจัย ได้แก่ ค่าตอบแทนรายเดือน ค่าตอบแทนล่วงเวลารายชั่วโมง ค่าตอบแทนล่วงเวลารายวัน และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง โดยความต้องการในการจัดตารางการทำงานของพนักงานนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลา ผลการวิจัยพบว่าเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหารวมมีค่ามากและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้นและส่งผลให้ไม่สามารถหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดจริงได้ ดังนั้นจึงได้แบ่งปัญหาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การหาจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละกะงานและแต่ละรอบการเข้างานของแต่ละวันในช่วงเวลา 1 เดือน ส่วนที่ 2 การจัดพนักงานลงวันทำงานและรอบการเข้างาน และส่วนที่ 3 การจัดพนักงานลงกะงาน โดยคำตอบที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 จะเป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 และคำตอบที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 จะเป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3

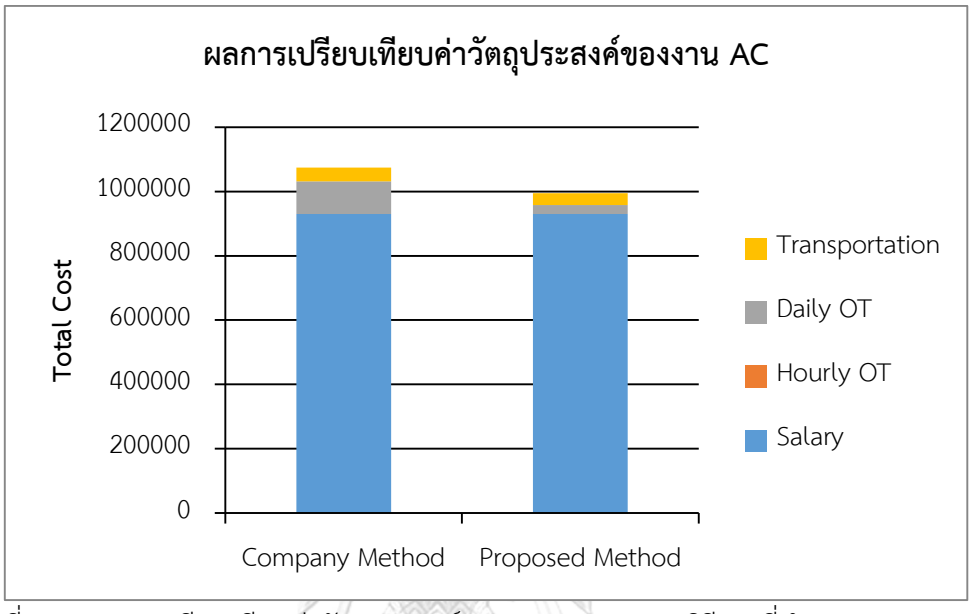
5.2 ผลการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

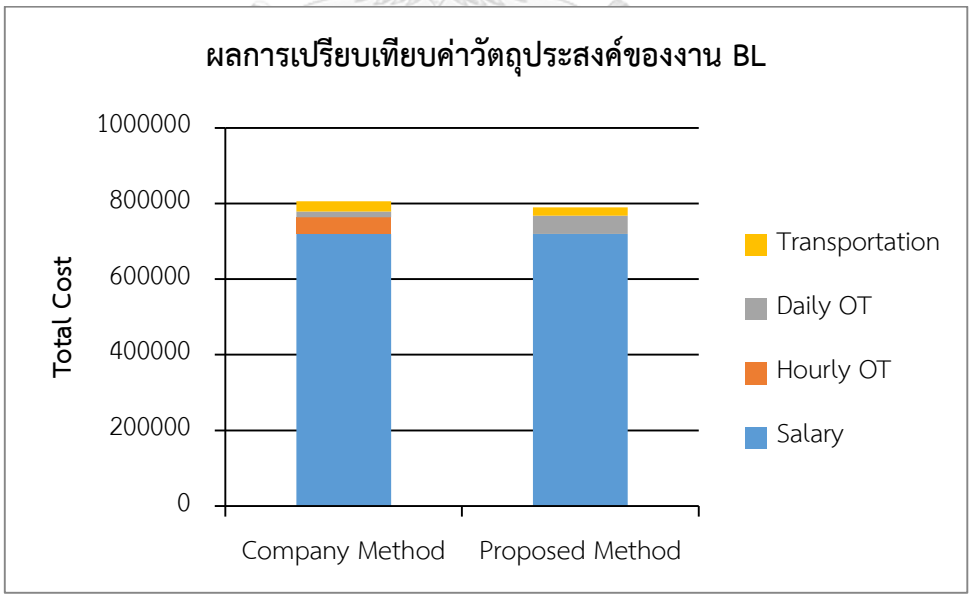
การจัดตารางการทำงานของพนักงานจำนวน 5 งาน ได้แก่งาน AC BL ES CD และ Privilege ในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 4 ประเด็นดังนี้

5.2.1 การเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของวิธีทางธนาคารและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ค่าวัตถุประสงค์ที่น้อยกว่าวิธีการปัจจุบันของธนาคารในทุกตัวอย่างปัญหาดังรูปที่ 5.1-5.5 โดยค่าวัตถุประสงค์รวมของทุกปัญหาลดลง 176,783 บาทต่อเดือน และค่าวัตถุประสงค์เฉลี่ยของทุกปัญหาที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดีกว่าวิธีการปัจจุบันของธนาคารร้อยละ 2.80 เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงาน พบว่าค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าวัตถุประสงค์ของทุกปัญหาที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีการปัจจุบันของธนาคารต่างกันร้อยละ 25.97

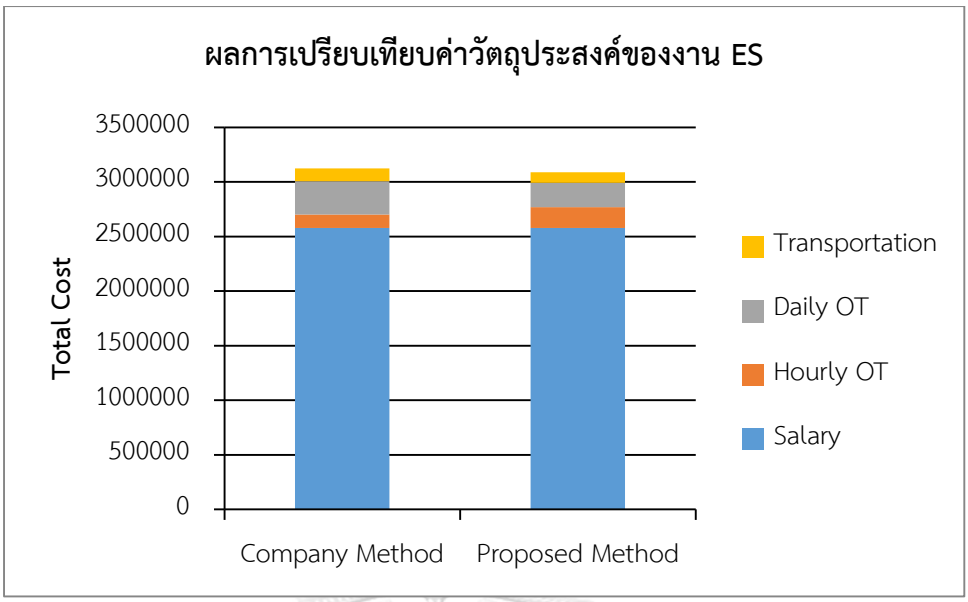
ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการมอบหมายพนักงานลงกะการทำงานพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะให้รูปแบบการมอบหมายพนักงานที่เหมือนกันในทุกปัญหาแต่จะแตกต่างจากการมอบหมายพนักงานลงกะการทำงานของทางธนาคาร



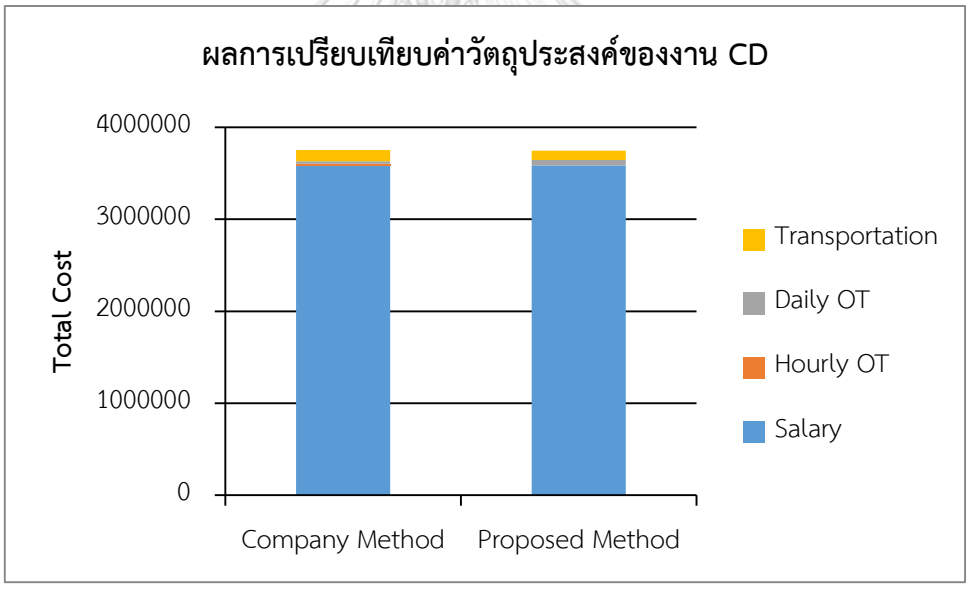
รูปที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของทางธนาคารและวิธีการที่นำเสนอของงาน AC



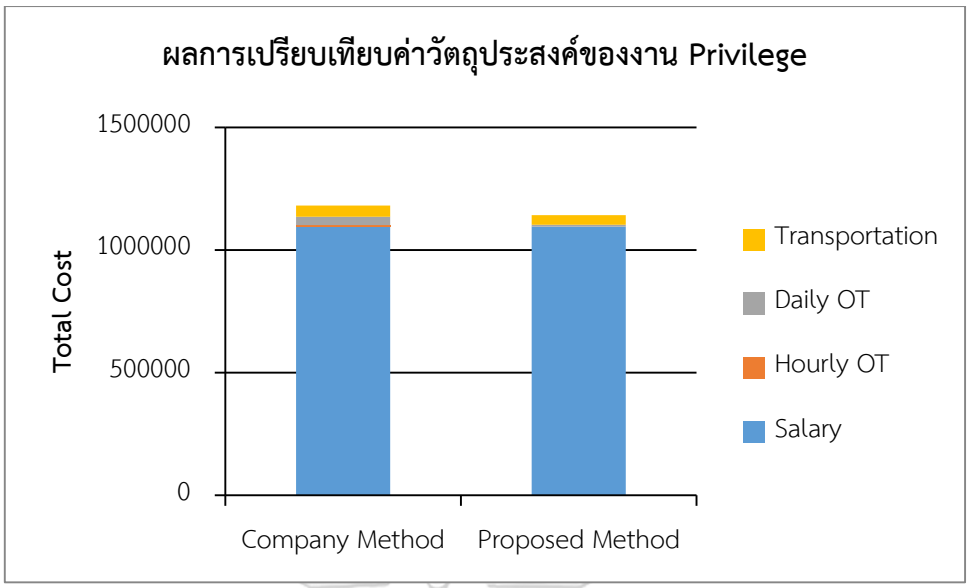
รูปที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของทางธนาคารและวิธีการที่นำเสนอของงาน BL



รูปที่ 5.3 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของทางธนาคารและวิธีการที่นำเสนอของงาน ES



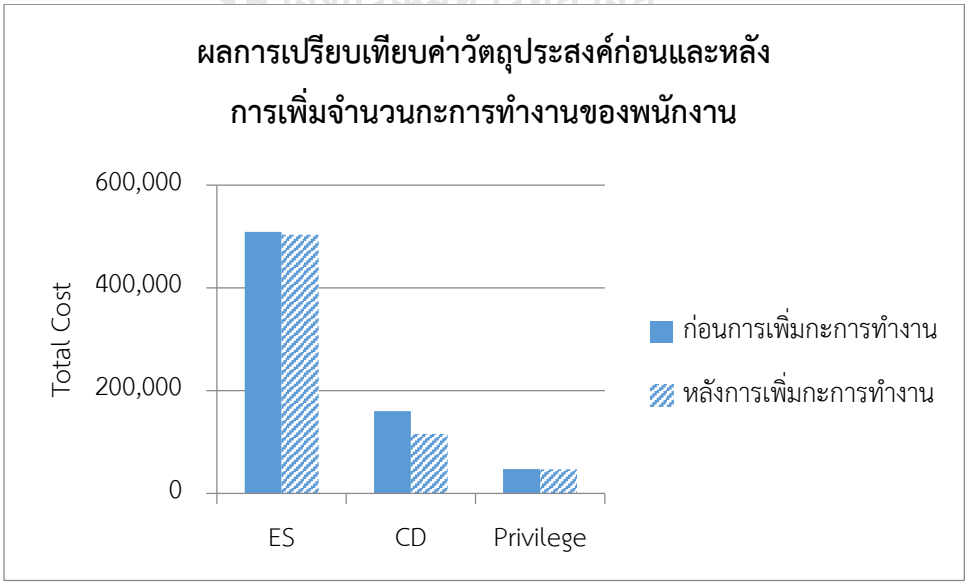
รูปที่ 5.4 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของทางธนาคารและวิธีการที่นำเสนอของงาน CD



รูปที่ 5.5 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของทางธนาคารและวิธีการที่นำเสนอของงาน Privilege

5.2.2 การเพิ่มกะการทำงานของพนักงานจาก 18 กะงานเป็น 25 กะงานส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์ลดลงเนื่องจากมีความยืดหยุ่นและทางเลือกในการจัดพนักงานลงกะงานที่เพิ่มขึ้นดังรูปที่ 5.6 โดยค่าวัตถุประสงค์รวมของทั้ง 3 งานลดลง 50,295 บาทต่อเดือน และค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าวัตถุประสงค์ของก่อนและหลังการเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงานต่างกันร้อยละ 0.47 แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานพบว่าค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าวัตถุประสงค์จะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ก่อนและหลังการเพิ่มจำนวนกะการทำงาน

5.2.3 การปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงาน พบว่าเมื่อลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานลงส่งผลให้ค่าวัตถุประสงค์ลดลงด้วย แต่เมื่อลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการจัดตารางการทำงานลงจนถึงจำนวนหนึ่งค่าวัตถุประสงค์จะเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากพนักงานต้องทำงานล่วงเวลาที่มากขึ้นและค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาเพิ่มขึ้นมากกว่าเงินเดือนของพนักงานที่ถูกลดลง

5.2.4 การรวมงานของพนักงานจะช่วยลดจำนวนพนักงานและค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน เนื่องจากพนักงานไม่ได้ถูกกำหนดให้ทำงานใดเพียงงานหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อว่างจากงานหนึ่งพนักงานสามารถไปทำอีกงานหนึ่งได้ ทั้งนี้ค่าวัตถุประสงค์ของการรวมงานทั้งหมดดีกว่าค่าวัตถุประสงค์ของการแยกงานร้อยละ 5.92 หรือ 581,363 บาทต่อเดือน แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนการทำงานล่วงเวลาและค่าเดินทางของพนักงานพบว่าค่าวัตถุประสงค์ของการรวมงานทั้งหมดดีกว่าค่าวัตถุประสงค์ของการแยกงานร้อยละ 63.71

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

ในการดำเนินงานวิจัยพบปัญหาและอุปสรรคระหว่างการดำเนินงานดังนี้

5.3.1 ข้อมูลต้นทุนในการจ้างพนักงานเป็นเพียงข้อมูลประมาณการซึ่งอาจมีความแตกต่างจากข้อมูลจริงของธนาคาร

5.3.2 คอมพิวเตอร์ไม่สามารถหาคำตอบในการจัดตารางการทำงานของพนักงานอย่างละเอียดได้ภายในรอบเดียวและใช้เวลาในการหาคำตอบที่นาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.4.1 การเพิ่มจำนวนกะการทำงานของพนักงานเป็นการเพิ่มทางเลือกในการจัดพนักงานลงกะงานแต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการขยายกะงานด้วย

5.4.2 การรวมงานของพนักงานจะช่วยลดจำนวนพนักงานและค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายและความเป็นไปได้ในการฝึกอบรมพนักงาน

5.4.3 การจัดตารางการทำงานของพนักงานที่นำเสนอเหมาะสำหรับรูปแบบความต้องการพนักงานในปัจจุบัน แต่ในอนาคตถ้ารูปแบบความต้องการพนักงานเปลี่ยนไป รูปแบบการจัดพนักงานลงกะการทำงานที่นำเสนอนี้อาจไม่เหมาะสม

รายการอ้างอิง

1. Cordone, R., et al., *Optimization of Multi-skill Call Centers Contracts and Work-shifts.* Service Science, 2011. **3**(1): p. 67-81.
2. Baker, K.R., *Workforce Allocation in Cyclical Scheduling Problems: A Survey.* Operational Research Quarterly, 1976. **27**(1): p. 155-167.
3. Alfares, H.K., *Survey, Categorization, and Comparison of Recent Tour Scheduling Literature.* Annals of Operations Research, 2004. **127**: p. 145–175.
4. Mason, A.J., D.M. Ryan, and D.M. Panton, *Integrated Simulation, Heuristic and Optimisation Approaches to Staff Scheduling.* Operations Research, 1998. **46**(2): p. 161-175.
5. Van den Bergh, J., et al., *Personnel scheduling: A literature review.* European Journal of Operational Research, 2013. **226**(3): p. 367-385.
6. Ertogral, K. and B. Bamuqabel, *Developing staff schedules for a bilingual telecommunication call center with flexible workers.* Computers & Industrial Engineering, 2008. **54**(1): p. 118-127.
7. Bhulai, S., G. Koole, and A. Pot, *Simple Methods for Shift Scheduling in Multiskill Call Centers.* Manufacturing & Service Operations Management, 2008. **10**(3): p. 411-420.
8. Kabak, Ö., et al., *Efficient shift scheduling in the retail sector through two-stage optimization.* European Journal of Operational Research, 2008. **184**(1): p. 76-90.
9. Avramidis, A.N., et al., *Optimizing daily agent scheduling in a multiskill call center.* European Journal of Operational Research, 2010. **200**(3): p. 822-832.
10. Ingolfsson, A., et al., *Combining integer programming and the randomization method to schedule employees.* European Journal of Operational Research, 2010. **202**(1): p. 153-163.
11. Atlason, J., M.A. Epelman, and S.G. Henderson, *Optimizing Call Center Staffing Using Simulation and Analytic Center Cutting-Plane Methods.* Management Science, 2008. **54**(2): p. 295-309.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

12. Cordone, R., et al., *Optimal selection of contracts and work shifts in multi-skill call centers.* EURO Journal on Computational Optimization, 2014. **2**(4): p. 247-277.
13. ปารเมศ ชุติมา, เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. 2555, กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
14. Cuevas, R., et al., *A mixed integer programming approach to multi-skilled workforce scheduling.* Journal of Scheduling, 2015. **19**(1): p. 91-106.
15. Ağralı, S., Z.C. Taşkın, and A.T. Ünal, *Employee scheduling in service industries with flexible employee availability and demand.* Omega, 2017. **66**: p. 159-169.
16. Easton, F.F. and D.F. Rossin, *Overtime Schedules for Full-time Service Workers.* Omega, 1997. **25**(3): p. 285-299.
17. Elahipanah, M., G. Desaulniers, and È. Lacasse-Guay, *A two-phase mathematical-programming heuristic for flexible assignment of activities and tasks to work shifts.* Journal of Scheduling, 2013. **16**(5): p. 443-460.
18. Kilincli Taskiran, G. and X. Zhang, *Mathematical models and solution approach for cross-training staff scheduling at call centers.* Computers & Operations Research, 2017. **87**: p. 258-269.
19. Lagodimos, A.G. and A.N. Mihiotis, *Overtime vs. regular shift planning decisions in packing shops.* International Journal of Production Economics, 2006. **101**(2): p. 246-258.
20. Winston, W.L., *Operations Research Application and Algorithms*. 4 ed. 2004: Curt Hinrichs.
21. Hillier, F.S. and G.J. Lieberman, *Introduction to Operations Research*. 2010: McGraw-Hill.
22. IBM, *IBM ILOG CPLEX Optimization Studio OPL Language User's Manual*. 12 ed. 2014.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก1 ค่าวัตถุประสงค์จากวิธีทางธนาคาร

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าเดินทาง	ค่าวัตถุประสงค์
62	930,000	0	101,527	43,050	1,074,577
48	720,000	43,950	15,159	26,900	806,009
172	2,580,000	121,000	307,292	114,900	3,123,192
239	3,585,000	16,900	28,307	122,200	3,752,407
73	1,095,000	6,450	34,392	45,300	1,181,142

ตารางที่ ก2 ค่าวัตถุประสงค์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าเดินทาง	ค่าวัตถุประสงค์
62	930,000	0	27,453	36,800	994,253
48	720,000	0	48,055	22,150	790,205
172	2,580,000	189,450	221,636	97,900	3,088,986
239	3,585,000	0	58,872	100,900	3,744,772
73	1,095,000	0	8,078	39,250	1,142,328

ตารางที่ ก3 ค่าวัตถุประสงค์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อทำการเพิ่มจำนวนกะการเข้างาน

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าเดินทาง	ค่าวัตถุประสงค์
62	930,000	-	-	-	-
48	720,000	-	-	-	-
172	2,580,000	366,700	38,513	97,900	3,083,113
239	3,585,000	0	15,009	100,900	3,700,909
73	1,095,000	0	7,519	39,250	1,141,769

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก4 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน AC

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าวัตถุประสงค์
69	1,035,000	216,850	5,604	1,257,454
72	1,080,000	144,450	1,535	1,225,985
75	1,125,000	48,200	45,055	1,218,255
78	1,170,000	36,900	10,151	1,217,051
81	1,215,000	36,900	1,318	1,253,218
84	1,260,000	36,800	3,799	1,300,599
87	1,305,000	36,800	0	1,341,800

ตารางที่ ก5 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน BL

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าวัตถุประสงค์
49	735,000	131,000	2,117	868,117
51	765,000	59,700	4,410	829,110
53	795,000	53,200	3,286	851,486
55	825,000	23,950	7,327	856,277
57	855,000	22,150	0	877,150
59	885,000	22,150	0	907,150

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก6 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน Privilege

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าวัตถุประสงค์
64	960,000	184,100	1,704	1,145,804
67	1,005,000	122,800	3,918	1,131,718
70	1,050,000	46,900	28,692	1,125,592
73	1,095,000	41,200	5,569	1,141,769
76	1,140,000	41,200	922	1,182,122
79	1,185,000	39,250	5,602	1,229,852

ตารางที่ ก7 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน ES

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าวัตถุประสงค์
165	2,475,000	562,800	60,406	3,098,206
172	2,580,000	464,600	38,513	3,083,113
175	2,625,000	382,150	44,786	3,051,936
185	2,775,000	102,300	123,083	3,000,383
195	2,925,000	98,750	126,469	3,150,219
205	3,075,000	97,900	40,178	3,213,078
215	3,225,000	97,900	12,339	3,335,239
225	3,375,000	97,900	0	3,472,900

ตารางที่ ก8 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของงาน CD

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าวัตถุประสงค์
188	2,820,000	555,200	80,958	3,456,158
199	2,985,000	338,950	115,706	3,439,656
210	3,150,000	152,200	154,203	3,456,403
221	3,315,000	152,200	56,993	3,524,193
232	3,480,000	100,900	62,291	3,643,191
239	3,585,000	100,900	15,009	3,700,909
243	3,645,000	100,900	46,711	3,792,611
254	3,810,000	100,900	0	3,910,900

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก9 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของคู่งาน AC และ ES

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าวัตถุประสงค์
227	3,405,000	755,950	139,783	4,300,733
234	3,510,000	610,400	57,308	4,177,708
241	3,615,000	501,950	80,231	4,197,181
255	3,825,000	413,500	42,926	4,281,426
269	4,035,000	134,700	149,188	4,318,888
283	4,245,000	134,700	61,823	4,441,523
297	4,455,000	134,700	28,626	4,618,326
311	4,665,000	134,700	18,176	4,817,876
325	4,875,000	134,700	0	5,009,700

ตารางที่ ก10 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของคู่งาน BL และ CD

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าวัตถุประสงค์
234	3,510,000	688,850	79,295	4,278,145
249	3,735,000	458,250	85,329	4,278,579
264	3,960,000	418,850	40,013	4,418,863
279	4,185,000	211,750	54,261	4,451,011
287	4,305,000	123,050	74,357	4,502,407
294	4,410,000	123,050	52,192	4,585,242
309	4,635,000	123,050	28,745	4,786,795
324	4,860,000	123,050	0	4,983,050

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก11 ค่าวัตถุประสงค์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนจำนวนพนักงานที่ใช้ของการรวมงานทั้งหมด

จำนวนพนักงาน	เงินเดือน	ค่าทำงานล่วงเวลารายชั่วโมง	ค่าทำงานล่วงเวลารายวัน	ค่าวัตถุประสงค์
452	6,780,000	1,457,200	272,098	8,509,298
482	7,230,000	850,250	288,630	8,368,880
512	7,680,000	318,200	183,318	8,181,518
542	8,130,000	318,200	121,727	8,569,927
572	8,580,000	257,750	151,201	8,988,951
602	9,030,000	257,750	96,540	9,384,290
629	9,435,000	257,750	0	9,692,750

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวกในส่วนนี้แสดงตัวอย่างคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ส่วนของงาน Privilege ที่ประกอบไปด้วยพนักงานจำนวน 73 คน โดยผลการหาคำตอบแสดงในตารางที่ ข1-ข4

ตัวเลขคำตอบในตารางที่ ข1 แสดงจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรูปแบบการเข้างานของแต่ละวัน

ตัวเลขคำตอบในตารางที่ ข2 แสดงจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรอบการทำงานของแต่ละวัน

ตัวเลขคำตอบในตารางที่ ข3 แสดงรอบการทำงานในแต่ละวันของพนักงานแต่ละคน ตัวเลข 0 หมายถึงพนักงานไม่มีการทำงานในวันนั้น

ตัวเลขคำตอบในตารางที่ ข4 แสดงรูปแบบการเข้างานในแต่ละวันของพนักงานแต่ละคน ตัวเลข 0 หมายถึงพนักงานไม่มีการทำงานในวันนั้น

ตารางที่ ข1 ผลการหาคำตอบจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1

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

ตารางที่ ข1 ผลการหาคำตอบจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 (ต่อ)

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

ตารางที่ ข1 ผลการหาคำตอบจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 (ต่อ)

Shift	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	4	6	5	3	0	4	6	8	4	2	0	0	2	2	3	4	4	1	0	2	4	3	4	2	1	0	6	6	6	3
32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	2	1	0	4	4	0
37	1	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	2	3	2	2	1	1	2	4	1	4	2	1	3	5	2	1	2	2	1	3	5	2	1	4	2	1	1	1	2	1
42	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

ตารางที่ ข1 ผลการหาคำตอบจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 (ต่อ)

Shift	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	2	0	2	1	2	0	0	2	0	2	2	3	0	2	2	2	1	1	3	0	2	2	0	2	2	2	1	2	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	1	0	2	2	2	4	5	2	5	2	2	2	4	3	3	2	3	1	2	4	3	2	5	2	2	1	3	2	0
52	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	2	0	1	2	2	2	2	2	1	1	1	4	2	1	2	1	1	1	4	2	1	1	2	1	1	2	1	2	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
58	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
59	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
61	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	0

ตารางที่ ข1 ผลการหาคำตอบจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 (ต่อ)

Shift	Day																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
63	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	1	0	0	2	2	0	2	3	3	4	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	4	2	1	0	2	2	0
67	0	0	1	1	3	2	0	1	1	1	3	3	0	2	2	1	1	2	3	0	0	2	1	1	2	4	2	0	0	0
68	4	4	3	2	0	4	1	2	3	2	0	0	2	2	3	2	3	0	0	2	3	3	3	2	0	0	4	0	0	2
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	2	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	3	0
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
76	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ข1 ผลการหาคำตอบจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1 (ต่อ)

Shift	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
79	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
80	0	2	0	3	3	2	4	4	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	2	4	3	0
81	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
86	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

ตารางที่ ข2 ผลการหาคำตอบจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละรอบการทำงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 1

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข3 ผลการหาคำตอบการมอบหมายพนักงานลงรอบการทำงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2

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

ตารางที่ ข3 ผลการหาคำตอบการมอบหมายพนักงานลงรอบการทำงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 (ต่อ)

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

ตารางที่ ข3 ผลการหาคำตอบการมอบหมายพนักงานลงรอบการทำงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 (ต่อ)

Agent	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
35	1	1	1	1	1	4	0	0	4	4	4	4	0	3	3	0	3	3	3	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	2
36	4	4	0	4	4	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
37	2	2	2	2	0	1	1	0	1	1	1	0	2	2	0	2	2	2	0	1	1	0	0	1	1	1	2	0	2	2
38	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1
39	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	2	0	0	2	2	2	2	2	0	2	2
40	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	2	0	0	2
41	1	1	1	1	1	0	4	4	4	0	4	4	0	0	3	3	3	3	3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
42	2	2	2	2	2	0	0	4	4	4	4	4	0	3	3	3	3	3	0	0	1	1	0	1	1	1	2	0	0	2
43	3	3	0	3	3	3	3	3	0	0	3	3	4	0	4	4	4	4	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
44	2	2	2	2	2	0	2	2	0	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	0	1	1	1	0	1	1	2	0	0	2
45	1	1	0	1	1	4	4	4	0	0	4	4	0	1	1	0	1	1	1	2	0	0	2	2	2	2	3	3	0	3
46	4	4	4	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
47	2	2	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
48	1	1	1	1	1	0	2	2	2	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
49	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	4	4	4	4	4	0	1	1	1	1	1	0	2	2	0	0
50	2	2	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	0	4	4	4	0	4	4	0	1	1	1	1	1	0	4	4	4	0
51	3	3	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	4	4	4	4	0	4	4	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1

ตารางที่ ข3 ผลการหาคำตอบการมอบหมายพนักงานลงรอบการทำงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 (ต่อ)

Agent	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
52	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	2	2	2	2	2	0	2	2	0	0
53	3	3	0	3	3	0	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0	0	2	3	0	3	3	0	3	3	0	1	1	1
54	3	3	0	3	3	0	0	2	2	2	2	2	0	1	1	1	0	1	1	3	3	0	0	3	3	3	3	0	3	3
55	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
56	2	2	2	2	2	0	3	3	3	3	0	3	4	4	4	4	4	0	0	3	3	0	0	3	3	3	0	0	1	1
57	4	4	4	0	0	0	2	2	2	2	2	0	1	1	0	1	1	1	1	3	0	0	3	3	3	3	3	3	0	3
58	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	2	0	0	2
59	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	4	4	4	0	4	4	0	1	1	1
60	1	1	0	1	1	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0	0	3	3	3	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	0
61	1	1	0	1	1	3	0	0	3	3	3	3	3	0	3	3	0	3	3	3	0	3	3	3	0	3	3	0	3	3
62	3	3	3	0	0	1	1	1	1	0	1	1	2	0	2	2	0	2	2	0	1	1	1	1	1	0	2	2	2	0
63	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	0	1	1	0	1	1	0	1	2	0	0	2	2	2	2	3	3	0	3
64	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
65	2	2	2	2	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	2	0	2	2	0	2	2	2	2	0	2
66	2	2	2	2	0	3	3	3	3	3	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
67	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	3	3	0	3	3	3	0	2	2	0	0
68	4	4	0	4	4	0	0	1	1	1	1	1	3	0	3	3	3	0	3	4	0	4	4	4	0	4	4	4	4	0

ตารางที่ ข3 ผลการหาคำตอบการมอบหมายพนักงานลงรอบการทำงานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2 (ต่อ)

Agent	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
69	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	3	3	3	3	3	0	0	1	1
70	1	1	1	1	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	1	1	1	1	1	0	0	2	2	2	2	2	3	0	3	3
71	1	1	1	1	0	2	2	0	0	2	2	2	3	0	0	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	2	2	2	0
72	3	3	3	3	0	0	0	2	2	2	2	2	0	3	3	3	3	0	3	3	3	0	3	3	3	0	1	1	0	1
73	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	3	3	3	0	3	3	0	1	1	0	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข4 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานลงรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3

Agent	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	26	1	0	21	26	26	6	6	0	21	1	0	31	56	51	0	0	51	46	0	81	86	86	81	81	0	0	26	1	26
2	36	31	31	46	46	0	0	21	12	16	26	1	41	0	0	31	31	46	36	51	0	0	58	51	51	46	46	0	0	56
3	80	61	75	68	0	0	68	68	62	0	61	67	0	21	1	0	1	1	21	56	51	0	36	46	31	0	26	21	0	26
4	1	26	26	21	21	21	0	0	26	26	26	1	1	11	0	17	26	26	0	0	1	1	22	0	26	21	26	0	0	26
5	68	66	68	67	68	0	0	1	21	26	1	26	46	0	46	46	51	0	51	81	0	81	81	0	81	81	0	0	1	16
6	41	51	54	56	0	1	1	21	0	26	26	0	6	26	6	0	11	21	0	68	67	66	0	0	80	68	0	26	21	26
7	66	67	75	68	67	0	21	26	17	0	1	11	6	26	0	0	21	26	21	21	0	0	22	26	21	26	51	0	0	31
8	21	1	16	21	0	46	31	0	31	51	0	31	68	67	0	80	66	80	0	0	0	1	22	1	26	21	31	0	51	31
9	1	1	6	1	6	6	0	0	12	21	21	1	68	80	0	68	80	0	68	80	80	0	0	66	80	68	0	0	26	6
10	81	86	0	81	81	0	66	67	80	80	80	0	31	31	0	56	46	0	56	46	51	51	42	31	0	0	0	68	67	80
11	6	26	27	21	21	0	26	26	17	0	26	1	80	0	66	76	61	68	0	26	1	0	0	1	21	21	26	0	0	6
12	21	21	14	26	0	46	46	0	0	51	31	46	0	0	68	80	66	80	66	0	46	46	58	0	31	36	81	86	81	0
13	6	1	0	26	1	46	56	0	51	56	31	0	0	0	56	37	46	31	46	31	0	46	31	41	41	0	26	21	0	1
14	67	68	75	67	0	0	0	1	21	26	21	26	21	0	6	16	26	0	26	21	6	0	22	21	21	0	16	26	0	16
15	80	80	0	80	68	0	66	67	0	66	68	68	0	21	1	0	1	26	21	0	1	21	22	0	21	21	0	1	6	21
16	26	21	22	26	1	0	51	51	57	46	0	46	66	68	66	62	68	0	0	1	1	0	17	11	0	6	36	51	0	0
17	51	51	37	0	56	67	66	0	80	68	68	0	41	56	0	0	31	51	51	0	46	46	37	0	51	46	76	67	0	68

ตารางที่ ข4 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานลงรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3 (ต่อ)

Agent	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
18	26	21	26	26	1	26	0	0	21	21	26	11	66	0	67	66	0	80	67	66	0	0	75	61	68	67	0	0	21	16
19	41	31	58	0	0	21	21	21	21	0	0	21	21	6	21	0	26	26	0	0	21	26	27	21	0	21	76	80	80	68
20	46	51	37	0	56	80	68	0	62	76	67	67	0	0	46	31	51	46	36	0	56	46	54	41	0	31	46	0	0	56
21	1	26	21	1	0	81	81	81	0	81	86	0	66	80	80	0	80	67	0	26	26	0	0	26	21	1	16	26	0	16
22	67	80	66	0	80	68	0	61	67	0	66	80	0	46	46	46	41	0	51	61	0	80	68	80	68	0	26	26	0	21
23	46	31	58	51	0	1	6	0	21	26	1	26	1	0	0	22	1	6	26	6	0	21	27	0	26	26	21	0	0	16
24	68	66	0	68	80	0	26	26	21	16	0	26	21	21	0	16	26	0	11	26	0	6	17	26	21	0	0	68	68	68
25	68	61	68	80	80	80	0	0	68	80	80	80	0	51	56	46	0	41	51	0	0	21	3	26	26	26	0	0	21	26
26	51	51	0	51	51	51	51	0	0	56	51	51	51	56	0	51	46	51	0	26	21	26	0	0	26	26	16	6	0	26
27	26	6	26	21	26	51	0	46	51	31	0	36	46	0	0	36	41	31	41	46	0	0	36	36	36	41	41	0	0	56
28	21	6	21	6	26	0	66	66	0	66	66	66	0	1	21	17	6	0	6	56	46	0	46	36	0	36	41	0	0	46
29	66	66	68	0	66	61	0	66	66	61	66	0	46	41	0	36	51	31	0	0	21	21	26	0	1	26	66	0	61	66
30	41	51	51	31	46	51	0	46	51	41	36	0	1	26	0	0	26	1	1	11	26	0	26	21	0	1	36	46	0	0
31	41	36	41	31	0	0	0	51	36	31	36	36	0	6	6	6	0	26	1	81	81	81	0	86	86	0	66	61	66	0
32	41	36	31	41	0	26	26	26	26	0	0	26	26	0	0	11	6	6	6	46	0	0	31	46	46	41	0	1	26	26
33	86	85	86	0	0	26	26	0	26	16	6	6	26	26	0	21	6	26	6	0	0	66	66	66	61	66	0	0	26	11
34	41	46	46	0	0	0	0	46	36	41	36	36	46	0	46	36	31	46	0	1	26	0	7	1	0	6	66	66	66	66

ตารางที่ ข4 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานลงรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3 (ต่อ)

Agent	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
35	21	6	16	11	21	86	0	0	86	81	81	81	0	66	66	0	61	66	66	0	0	46	36	31	46	51	41	0	0	46
36	86	85	0	86	86	0	26	6	11	11	0	26	26	0	21	21	0	26	26	6	1	0	7	6	0	1	11	6	0	26
37	41	46	31	46	0	21	26	0	11	6	26	0	31	41	0	46	36	36	0	26	21	0	0	1	6	26	46	0	51	56
38	6	6	26	6	26	26	0	26	26	0	26	26	66	0	66	66	0	66	66	0	26	1	26	26	0	26	21	0	0	11
39	1	6	0	26	26	1	1	0	0	26	1	26	0	26	6	21	0	21	26	31	0	0	31	46	46	31	41	0	41	51
40	1	6	26	26	26	26	0	0	26	6	21	6	26	0	0	21	26	26	26	26	0	0	16	26	26	26	51	0	0	46
41	6	21	26	26	26	0	86	84	81	0	86	86	0	0	66	66	66	66	66	0	0	1	16	26	1	26	11	0	0	26
42	41	51	46	51	51	0	0	86	81	86	81	81	0	61	66	66	61	61	0	0	26	26	0	6	26	26	51	0	0	51
43	66	66	0	66	66	66	66	66	0	0	61	66	86	0	81	81	81	86	0	0	21	21	0	26	26	26	26	26	0	16
44	41	31	46	46	51	0	41	46	0	41	46	31	46	41	0	0	36	46	31	0	26	26	12	0	26	26	31	0	0	51
45	26	21	0	26	1	81	81	81	0	0	86	86	0	6	21	0	26	21	26	31	0	0	46	41	46	51	66	66	0	80
46	81	86	81	0	0	6	26	6	26	0	0	26	26	0	0	21	26	1	26	0	26	1	21	26	0	11	21	26	26	16
47	41	46	46	46	0	46	41	0	51	41	0	46	36	0	46	36	0	46	41	0	26	21	21	26	1	0	21	21	0	26
48	6	26	16	26	6	0	41	51	51	31	46	0	0	0	26	11	21	26	26	6	0	6	12	0	1	11	0	0	21	26
49	21	26	26	6	6	26	0	0	6	21	21	21	0	0	86	86	81	86	81	0	6	26	21	6	26	0	41	46	0	0
50	41	31	31	31	0	0	0	21	26	6	21	6	0	81	85	86	0	81	81	0	1	21	26	26	1	0	81	81	81	0
51	66	66	66	66	0	66	66	0	61	66	0	66	81	86	86	86	0	81	86	0	0	1	17	26	26	6	6	0	0	26

ตารางที่ ข4 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานลงรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3 (ต่อ)

Agent	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
52	21	11	26	1	26	21	0	6	11	16	26	0	11	1	6	6	21	0	0	0	46	51	46	31	51	0	51	46	0	0
53	66	66	0	61	67	0	41	51	36	31	36	0	46	46	46	46	0	0	41	66	0	66	66	0	61	66	0	26	6	16
54	67	61	0	66	66	0	0	46	51	31	46	46	0	6	26	26	0	26	26	66	66	0	0	61	61	66	80	0	66	80
55	1	11	0	26	21	21	0	1	16	0	26	6	6	6	0	26	6	21	0	0	6	6	26	26	26	0	6	21	0	11
56	41	31	41	46	36	0	80	80	76	66	0	66	81	81	86	81	86	0	0	66	68	0	0	80	67	67	0	0	1	11
57	86	86	81	0	0	0	46	46	36	31	51	0	16	26	0	26	21	26	21	68	0	0	75	68	66	80	76	66	0	80
58	6	21	14	21	26	21	0	0	21	1	26	21	26	0	26	26	0	26	26	26	0	0	12	26	26	21	51	0	0	31
59	6	11	26	1	0	0	1	21	6	16	0	26	26	0	26	21	0	26	21	0	86	85	81	0	81	81	0	21	26	21
60	26	26	0	1	26	80	80	80	0	71	68	80	80	66	0	0	66	68	68	0	56	46	37	51	0	51	31	46	0	0
61	26	21	0	21	26	68	0	0	80	80	67	68	61	0	80	79	0	68	80	61	0	67	68	68	0	80	71	0	80	67
62	80	68	67	0	0	6	21	26	7	0	26	26	51	0	51	36	0	31	36	0	26	26	12	26	26	0	56	56	46	0
63	51	31	31	0	46	46	56	0	38	31	46	0	21	26	0	26	26	0	26	46	0	0	37	51	41	51	80	80	0	80
64	21	26	17	26	21	26	0	0	16	1	26	26	26	0	0	21	26	21	26	1	26	0	22	21	0	1	21	0	0	21
65	56	51	42	46	0	26	26	26	0	0	6	21	26	1	26	12	0	0	1	51	0	31	56	0	46	56	36	41	0	56
66	46	36	37	51	0	67	67	68	68	68	0	0	26	26	0	6	6	1	0	26	1	0	0	26	6	26	16	0	26	6
67	26	21	0	26	26	26	21	0	21	26	21	21	26	0	26	26	26	0	21	61	80	0	68	68	66	0	36	56	0	0
68	86	86	0	81	81	0	0	21	16	26	26	21	80	0	66	68	68	0	67	86	0	81	86	81	0	86	86	81	86	0

ตารางที่ ข4 ผลการหาคำตอบการจัดตารางการทำงานของพนักงานลงรูปแบบการเข้างานจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนที่ 3 (ต่อ)

Agent	Day																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
69	6	21	22	26	21	1	0	0	22	1	26	21	26	0	0	6	26	1	26	0	0	68	68	68	68	80	0	0	26	21
70	1	21	8	26	0	0	0	46	36	31	51	56	0	0	1	26	26	21	26	0	0	46	36	46	31	36	80	0	68	80
71	26	11	16	26	0	51	51	0	0	51	41	51	67	0	0	66	80	67	80	80	0	61	75	66	67	0	31	46	46	0
72	66	68	68	80	0	0	0	51	31	56	46	51	0	68	68	71	68	0	80	66	66	0	66	61	80	0	16	1	0	21
73	6	21	22	21	0	0	21	1	0	16	26	26	26	0	21	16	26	0	1	68	68	80	0	66	66	0	6	1	0	26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวเนตรนาวี อ่ำอินทร์ เกิดเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2535 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ในปีการศึกษา 2556 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY