

วิธีอ้างอิงบทความนี้: ศรีัญญา ศาลางาม. (2567). การประยุกต์ใช้โซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซลเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางงาน: กรณีศึกษา โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดมหาสารคาม. วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, 10(1), 114-127. <https://doi.org/10.53848/jlscv10i1.263800>

Received: October 01, 2022
Revised: February 13, 2023
Accepted: December 18, 2023

การประยุกต์ใช้โซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซลเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางงาน: กรณีศึกษา โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดมหาสารคาม

ศรีัญญา ศาลางาม*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้โซลเวอร์ (Solver) ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ในการแก้ปัญหาการจัดตารางงานของพยาบาลแผนกหนึ่งของโรงพยาบาลกรณีศึกษา ซึ่งปัญหาการจัดตารางงานเป็นปัญหาที่หาคำตอบได้ยากเนื่องจากมีเงื่อนไขและข้อจำกัดมากที่ต้องพิจารณาควบคู่กับการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางงาน ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางงานของพยาบาลในแผนกของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ซึ่งเดิมจะอาศัยเพียงประสบการณ์และความชำนาญของหัวหน้าพยาบาลเท่านั้น ทำให้เกิดความผิดพลาดและใช้เวลาในการจัดตารางงานที่มากเกินไปจนความจำเป็น การวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการออกแบบตัวแบบทางคณิตศาสตร์และประยุกต์ใช้เครื่องมือ Solver เพื่อประมวลผลหาคำตอบปัญหาการจัดตารางงาน ผลการวิจัยพบว่า ในแผนกมีหัวหน้าพยาบาล 3 คนและพยาบาล 6 คน โดยทุกสัปดาห์หัวหน้าพยาบาลจะทำการจัดตารางปฏิบัติงาน และก่อนการจัดตารางงานหัวหน้าพยาบาลจะทำการสำรวจช่วงเวลาที่ยาบาลแต่ละคนสามารถลงปฏิบัติงานได้ ในหนึ่งวันจะมีช่วงเวลาปฏิบัติงาน 3 ช่วงเวลา คือ เช้า กลางวัน และกลางคืน ความต้องการจำนวนพยาบาลแต่ละช่วงจะแตกต่างกันไป โดยการจัดตารางงานจะต้องพิจารณาทั้ง 5 เงื่อนไขของแผนกดังกล่าว เมื่อนำเงื่อนไขและข้อจำกัดดังกล่าวมาออกแบบทางคณิตศาสตร์ แล้วทำการประมวลผลด้วย Solver ซึ่งใช้เวลาในการหาคำตอบเพียง 10 นาที จากเดิม 3 ชั่วโมง และคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่แม่นยำ มีประสิทธิภาพ ตรงตามเงื่อนไขของการจัดตารางงานทุกเงื่อนไข (ร้อยละ 100)

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดตารางงาน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล
ประเภทบทความ: บทความวิจัย

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, อีเมล: sarinya.sa@msu.ac.th

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 1 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

An Application of Solver in Microsoft Excel for Solving Job Scheduling Problem: A Case Study of a Hospital in Maha Sarakham

Sarinya Sala-ngam*

Abstract

This research aims to apply Solver in Microsoft Excel to solve the job scheduling problem in the hospital's department. The job scheduling problem is challenging to resolve because it has to consider various conditions and constraints for determining the job scheduling problem solution. This study focuses as a case study on the job scheduling problem for nurses who work in a hospital's department. Generally, the nurse work schedule is arranged by the heads of the nurses based on their experience of scheduler and competence. This would likely cause mistakes and take long time, unnecessarily, to solve the nurse job scheduling problem. A mathematic model has been developed, and a solver program based on Microsoft Excel is proposed in this study for effectively computing the nurse job scheduling. The results have shown that there are three nurse leaders and six nurses in the selected department. Every week, the head nurses ask all nurses for their availability to come to work to finalize the weekly schedules. The heads have to make the nurse schedules by considering the number of nurses required for each shifts three times a day, including morning, afternoon, and night shifts. There are five important conditions that need to be considered when making nurse scheduling in the department. Therefore, to find a solution for nurse scheduling difficulties, the conditions and constraints are designed for a mathematical model by considering the requirement of nurse number for each shift in a day. Then, the Solver program in Microsoft Excel was used to calculate the best solution for the nurse scheduling problems. The Solver used only 10 minutes for finding the solution, while the current method used about 3 hours. The results showed that the solver can solve the nurse scheduling problem and find an efficient and exact solution under the terms and conditions of nurse job scheduling (100%).

Keywords: Job scheduling problem, Mathematical model, Solver in Microsoft Excel

Type of Article: Research Article

*Corresponding author

Lecturer in Department of Manufacturing Engineering, Faculty of engineering, Mahasarakham University,
E-mail: sarinya.sa@msu.ac.th

1. บทนำ

การบริหารงานในองค์กรเพื่อให้ประสบความสำเร็จได้นั้น ปัจจัยหลักที่ต้องคำนึงถึงคือการบริหารบุคคลในองค์กรและทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่เสมอ ซึ่งจะทำให้องค์กรประสบความสำเร็จตามเป้าหมายอย่างที่ตั้งไว้มีมากมายหลายปัจจัย การจัดตารางงานถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญและมีความซับซ้อนและละเอียดอ่อน เนื่องจากจำเป็นต้องคำนึงถึงด้านต่าง ๆ ตามความเหมาะสม ตามจำนวนที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาการทำงาน ปัจจุบันองค์กรหรือบริษัทหลาย ๆ บริษัทมีการจัดตารางการทำงานของพนักงานที่ยังไม่เป็นระบบแบบแผนที่แน่นอน ยังไม่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางงาน (Job scheduling problem: JSP) อย่างจริงจัง อาศัยประสบการณ์และความชำนาญของหัวหน้าแผนกหรือผู้ที่รับผิดชอบด้านการจัดตารางงานเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพและความแม่นยำของการจัดตารางงานของพนักงาน ซึ่งอาจส่งผลให้บริษัทต้องสูญเสียงบประมาณและรายจ่ายเกินความจำเป็น ยิ่งไปกว่านั้นอาจจะส่งผลต่อการทำงานขององค์กร สาเหตุเนื่องมาจากทรัพยากรคนไม่เพียงพอต่อการดำเนินงานได้

โรงพยาบาลเป็นอีกหนึ่งองค์กรที่ต้องดำเนินการจัดตารางลงปฏิบัติงานของพยาบาลในแต่ละแผนกเพื่อผลิตเปลี่ยนเวรดูแลผู้ป่วยทั้งผู้ป่วยภายในและผู้ป่วยภายนอก จากการศึกษาพบว่า ในการจัดตารางปฏิบัติงานของพยาบาลหัวหน้าหรือผู้ดูแลรับผิดชอบจะทำการจัดตารางงานโดยอาศัยประสบการณ์การทำงานของตนเอง ภายใต้เงื่อนไขของการปฏิบัติงานได้ของพยาบาลแต่ละคน ร่วมกับการพิจารณาความต้องการพยาบาลในแต่ละวันและแต่ละช่วงเวลาของแผนกดังกล่าว ซึ่งวิธีการดังกล่าวค่อนข้างใช้เวลานานเกินความจำเป็น เนื่องจากผู้จัดตารางงานทำการจัดตารางงานด้วยมือไม่ได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยในการจัดตารางงาน อีกทั้งยังเกิดความ

ผิดพลาดในการจัดตารางบ่อยครั้ง ส่งผลต่อการปฏิบัติงานดูแลผู้ป่วยให้บริการผู้ป่วยไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เป็นต้น

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematic model) แทนปัญหาการจัดตารางงาน และใช้ Solver บน Microsoft Excel ในการประมวลผลเพื่อหาคำตอบของการจัดตารางงานดังกล่าว จากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นทำให้ทราบว่า แผนกดังกล่าวมีพยาบาลทั้งหมด 9 คน หัวหน้าพยาบาลจะเป็นคนจัดตารางการปฏิบัติงานให้แก่พยาบาลทุกคน และทำการจัดทุกๆ สัปดาห์ โดยอาศัยความชำนาญของตัวเอง ประกอบกับข้อมูลการปฏิบัติงานที่ได้ของพยาบาลแต่ละคน ซึ่งวิธีการดังกล่าวส่งผลต่อความแม่นยำของคำตอบการจัดตารางงาน เนื่องจากอาจเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ได้ (Human error) อีกทั้งยังการใช้เวลาที่ไม่คุ้มค่า ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร สิ้นเปลืองงบประมาณและทรัพยากรเกินความจำเป็น ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematics model) ร่วมกับเครื่องมือ Solver บน Microsoft Excel เพื่อเสนอวิธีการแก้ปัญหาการจัดตารางงาน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประยุกต์ใช้ Solver ใน Microsoft Excel ในการแก้ปัญหาการจัดตารางงานของพยาบาลแผนกหนึ่งของโรงพยาบาลกรณีศึกษา

3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

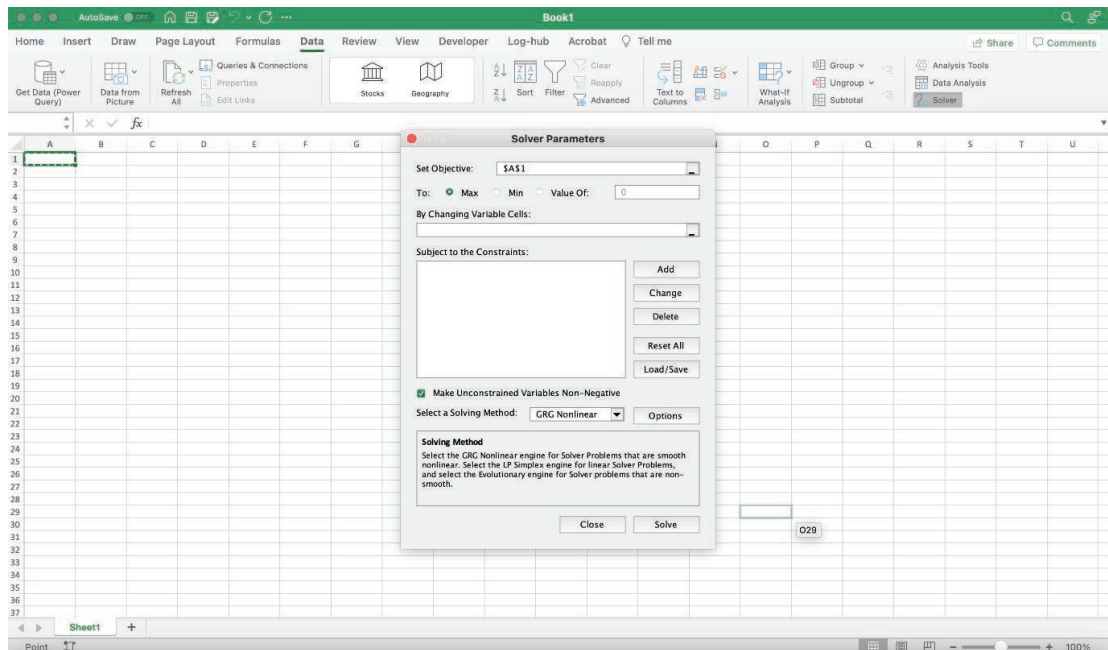
3.1 การประยุกต์ใช้ Solver ใน Microsoft Excel

เครื่องมือ Solver เป็นโปรแกรมย่อย (Add-in) ใน Microsoft Excel เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ คำนวณหาคำตอบอัตโนมัติโดยการพิจารณาสมการทางคณิตศาสตร์และเงื่อนไขที่ถูกป้อนลงในหน้าต่างเครื่องมือ Solver และเมื่อประมวลผลได้

คำตอบแล้ว Solver จะทำการคืนค่า

คำตอบนั้นมายังเซลล์ใน Excel ที่ผู้ใช้กำหนด นอกจากนี้แล้วเครื่องมือ Solver ยังสามารถประมวลผลเพื่อหาคำตอบที่ยืดหยุ่นได้ กล่าวคือ สามารถ

คำนวณและส่งคืนค่าคำตอบทั้งที่เป็นคำตอบค่าเดียว (value of) และคำตอบที่เป็นค่ามาก (Max) หรือน้อย (Min) ที่สุดได้ซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ผู้ใช้งานป้อนลงไป ใน Solver ดังภาพที่ 1 (Sala-ngam, 2022)



ภาพที่ 1 เครื่องมือ Solver ใน Microsoft Excel

3.2 การแก้ปัญหาการจัดตารางงาน

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการจัดตารางงาน (Job scheduling problem) พบว่าลักษณะของปัญหาจะเป็นปัญหาแบบ NP-Hard กล่าวคือ เป็นปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบที่ใช้เวลานาน เมื่อมีขนาดของปัญหาที่ใหญ่ขึ้น ลักษณะปัญหาจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential) เวลาในการหาคำตอบก็ยิ่งเพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหา (Pukin, 2014) และเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว มีนักวิชาการหลายๆ ท่านได้มีการประยุกต์ใช้สมการหรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เช่น สุปรีชญา บุญมาก และมาโนช โลหเตปานนท์ (2559) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาการจัดตารางเวลาสำหรับเจ้าหน้าที่ภาคพื้น

ของสายการบิน ด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม จากผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาการจัดตารางรูปแบบใหม่สามารถลดจำนวนงานในการปฏิบัติงานรวมทุกกะงานลงเหลือ 68 งานต่อวัน (จากปกติ 80 งานต่อวัน) นอกจากนี้แล้ว ยังสามารถแก้ปัญหาจำนวนเจ้าหน้าที่ไม่เพียงพอในการปฏิบัติงานรับ-ส่งเครื่องบินในวันที่เที่ยวบินหนาแน่นได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการทำงานของเจ้าหน้าที่ภาคพื้นดินของสายการบินเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 43.26 เป็นร้อยละ 78.27 (สุปรีชญา บุญมาก และมาโนช โลหเตปานนท์, 2559) สำหรับการประยุกต์ใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหการจัดสรรทรัพยากรเพื่อลดเวลาในการ

วางแผนการผลิตและจัดสรรทรัพยากรด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้ได้กำลัการผลิตที่สูงที่สุด ได้มีนักวิจัยทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนปัญหาการจัดสรรทรัพยากร และทำการประมวลผลหาคำตอบด้วยเครื่องมือ Solver ผลการวิจัยพบว่าการจัดสรรทรัพยากรด้วยวิธีดังกล่าวสามารถลดเวลาในการทำงานจาก 16 ชั่วโมง เหลือ 10 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 98.9 (พิศาล ศรีนวล, 2559) ในขณะที่ ธนยพร อุดมและคณะ. (2559) ได้ทำการวิจัยพัฒนาตัวแบบของปัญหากำหนดการจำนวนเต็มแบบผสมเพื่อเสนอวิธีการแก้ปัญหการวางแผนและการจัดตารางการผลิตขั้นสูง ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดกำลัการผลิตของเครื่องจักร การจัดลำดับงาน และเวลาส่งมอบ กับปัญหาที่มีหลายเครื่องจักร หลายคำสั่งซื้อ เป็นต้น ผลการวิจัยผู้วิจัยสามารถพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหได้ทั้งหมด 4 แบบ ซึ่งแต่ละแบบมีความยืดหยุ่นสำหรับเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งเป็นตัวแบบในการแก้ปัญหได้หลากหลาย สามารถเลือกใช้ตัวแบบให้เหมาะสมกับเงื่อนไขและข้อจำกัดได้ (ธนยพร อุดม และคณะ, 2559)

นอกจากนี้แล้ว ปัทมา อยู่เย็น และลัดดา ตันวานิชกุล (2557) ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางเวลาในการเดินทางขนส่งมวลขนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือ Solver ใน Microsoft Excel เพื่อจัดตารางเวลาในการเดินทางให้เหมาะสมกับจำนวนผู้มาใช้บริการแต่ละวันและแต่ละช่วงเวลา ซึ่งจะสามารถลดต้นทุนในการดำเนินงานและลดระยะเวลาในการรอคอยรถขนส่ง ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจำนวนของผู้โดยสารในแต่ละป้ายในระหว่างเดือนกันยายน 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 โดยใช้อุปกรณ์ GPS และ GIS ผลการศึกษานักวิจัยสามารถจัดตารางการขนส่งได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ต้นทุนการดำเนินงาน

เฉลี่ยต่อเดือนลดลงคิดเป็นร้อยละ 30.92 และค่าเฉลี่ยในการรอคอยรถขนส่งเป็น 8 นาทีต่อเที่ยว ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของรูปแบบการเดินทางโดยระบบขนส่ง (ปัทมา อยู่เย็น และลัดดา ตันวานิชกุล, 2557) สำหรับปัญหาการจัดตารางปฏิบัติงาน ได้มีผู้สนใจและทำการศึกษาการจัดตารางงานของพนักงานอำนวยความสะดวกในรีสอร์ท เพื่อลดความไม่เท่าเทียมกันของภาระงานของพนักงานแต่ละคน โดยประยุกต์ใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม และแบ่งการจัดตารางงานของพนักงานออกเป็น 2 กรณีคือ การจัดตารางงานปกติของพนักงาน (ไม่มีกรณีเร่งด่วน) และกรณีเร่งด่วนเมื่อมีกลุ่มลูกค้ามาขอพักรีสอร์ทแบบเร่งด่วน ผลการวิจัยผู้วิจัยสามารถออกแบบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สามารถจัดตารางงานของพนักงานในรีสอร์ทในกรณีที่ต้องการจำนวนพนักงานปฏิบัติงานไม่แน่นอนอย่างเป็นที่น่าพึงพอใจ (Pusapakom, 2013)

อย่างไรก็ตาม ยังมีนักวิชาการที่สนใจในการแก้ปัญหการจัดตารางงาน แต่ได้มีการประยุกต์ใช้วิธีอื่นๆ นอกเหนือจากการประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เช่น วิจิตร กิจชัยนุกูล และวิชัย รุ่งเรืองอนันต์ (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งในโรงงานตู้เป่าไอเล็คทรอนิกส์ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยย่อย 129 งาน ใช้เครื่องจักร 17 เครื่อง จำนวน 80 ตู้ต่อใบสั่งผลิต โดยการประยุกต์วิธีอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetics algorithm: GA) ซึ่งเป็นวิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Meta-Heuristics) ที่ค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อลดเวลาปิดงานของระบบ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีดังกล่าวสามารถลดเวลาปิดงานของระบบจากวิธีเดิม 7,614 นาที/80 ตู้ เป็น 2,005.8 นาที/80 ตู้ ลดลง 5,608.2 นาที/80 ตู้

จะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้ Solver ใน Microsoft Excel เพื่อแก้ปัญหการจัดตารางงานนั้นมีงาน

วิจัยที่ไม่ค่อยมากนัก โดยส่วนใหญ่เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อประมวลผลหาคำตอบของปัญหาจัดตารางงาน ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปมีวิธีการที่ค่อนข้างซับซ้อนและมีราคาแพงเมื่อเทียบกับเครื่องมือ Solver ที่เป็นเครื่องมือที่มีอยู่ใน Microsoft Excel อยู่แล้ว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการแก้ปัญหการจัดตารางงาน โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematics model) ซึ่งสามารถให้คำตอบที่ค่อนข้างแม่นยำกว่าวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) ที่เป็นวิธีหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุดอาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด นอกจากนี้แล้วเพื่อประมวลผลหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ Solver ในการคำนวณคำตอบโดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์

3.3 ข้อมูลการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง

การจัดตารางงานของพนักงานเป็นปัญหาสำคัญสำหรับองค์กรที่มีเวลาในการดำเนินงาน 7 วันต่อสัปดาห์และมีการเข้างานของพนักงานในรูปแบบของช่วงเวลาหรือกะงาน เช่น โรงพยาบาล โรงรรม ศูนย์บริการลูกค้า เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วปัญหการจัดตารางการปฏิบัติงานของพนักงานมีวัตถุประสงค์คือเพื่อจัดพนักงานลงกะงานให้เพียงพอต่อความต้องการในทุกช่วงเวลา และต้นทุนในการจ้างพนักงานหรือจำนวนพนักงานน้อยที่สุด (Um-in, 2017) ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหการจัดตารางงาน การเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

- 1) จำนวนพยาบาลหรือพนักงานทั้งหมด
- 2) จำนวนความต้องการพยาบาลหรือพนักงานในช่วงเวลา (กะเวลา) ในแต่ละวัน
- 3) ตารางการปฏิบัติงานได้ของพยาบาลหรือพนักงานในแต่ละช่วงหรือกะเวลา
- 4) เงื่อนไขอื่น ๆ เช่น พยาบาลหรือพนักงานไม่สามารถปฏิบัติงานได้ติดต่อกันเกิน 3 ช่วงเวลา ในแต่ละช่วงเวลาต้องมีหัวหน้างานหรือผู้จัดการลงปฏิบัติงานด้วยเสมอ เป็นต้น

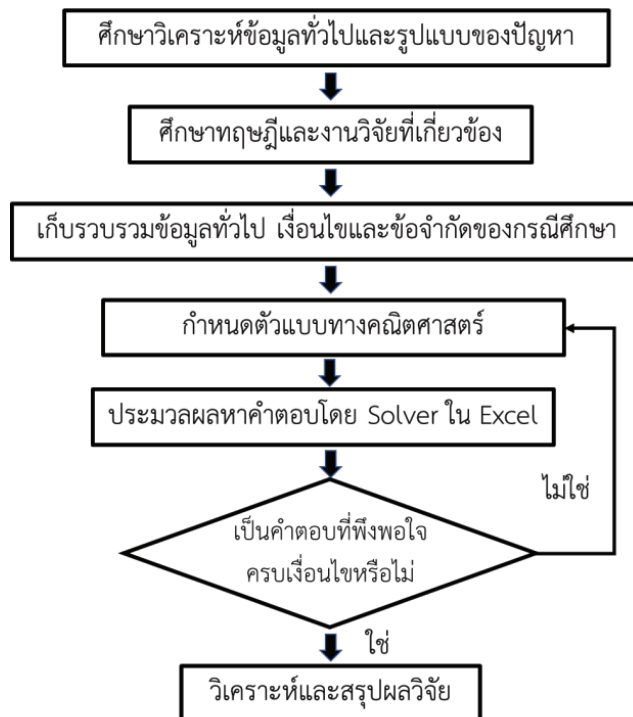
4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยได้เลือกศึกษาปัญหาการจัดตารางลงงานของพยาบาลเพื่อดูแลผู้ป่วยในแผนกหนึ่งของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา เพื่อศึกษาวิธีการและแนวทางในการแก้ปัญหาของกรณีศึกษา ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะขอกล่าวรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เริ่มจากการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการจัดตารางงานของกรณีศึกษา วิธีการจัดตารางลงงานของพยาบาล รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกรณีศึกษา หลังจากนั้นทำการศึกษางานวิจัยหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าว และเพื่อหาคำตอบของผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา เช่น จำนวนความต้องการพยาบาลในแต่ละช่วงเวลา (แต่ละช่วงกะ) จำนวนพยาบาล รวมไปถึงเงื่อนไขในการจัดตารางงานของพยาบาล เป็นต้น เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการแล้วทำการออกแบบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และทำการประมวลผลหาคำตอบการจัดตารางงานของพยาบาลโดยการประยุกต์ใช้ Solver ใน Microsoft Excel หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์คำตอบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของการจัดตารางงานหรือไม่ และทำการสรุปผลการวิจัย ซึ่งวิธีการดังกล่าวข้างต้นแสดงดังภาพที่ 2

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์วิจัย

- เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (Intel ® core (TM) i5-8500 CPU@ 3.00 GHz 4GB) สำหรับบันทึกและประมวลผลข้อมูล 2) แบบสำรวจหรือสอบถามข้อมูลและเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางงานของกรณีศึกษา 3) โปรแกรม Microsoft Excel และเครื่องมือ Solver



ภาพที่ 2 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เพื่อใช้ในการประมวลผลตัวเลขเบื้องต้น (Excel Version 2016) 4. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางงาน

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางงาน ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบคำถาม หลังจากนั้นนำแบบสอบถามไปสำรวจเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลของกรณีศึกษาทั้งในรูปแบบออนไลน์ และในรูปแบบสอบถามผ่านทางโทรศัพท์ จากผลการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น ทำให้ทราบว่าโดยปกติหัวหน้าพยาบาลจะเป็นคนดูแลรับผิดชอบการจัดตารางปฏิบัติงานของพยาบาลที่อยู่ในแผนกนั้นๆ และจะทำการจัดตารางงานทุกๆ สัปดาห์ สำหรับข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมจากกรณีศึกษาสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

1. มีจำนวนพยาบาลทั้งหมด 9 คน โดยแบ่งเป็นหัวหน้าพยาบาล 3 คน และพยาบาล 6 คน

2. หัวหน้าพยาบาลจะเป็นคนจัดตารางงานของพยาบาลทั้ง 9 คน โดยจัดตารางปฏิบัติงานทุกๆ 1 สัปดาห์

3. ในหนึ่งวันหัวหน้าพยาบาลจะจัดตารางลงปฏิบัติงานของพยาบาลให้ครบทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า ช่วงกลางวัน และช่วงกลางคืน

4. ก่อนการจัดตารางปฏิบัติงาน พยาบาลทุกคนต้องส่งตารางที่ตัวเองสามารถลงปฏิบัติงานได้ให้หัวหน้าพยาบาลก่อนทุกๆ วันพฤหัสบดี ซึ่งข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมการลงปฏิบัติหน้าที่ได้ของพยาบาลและหัวหน้าพยาบาลแสดงในตารางที่ 1

5. ความต้องการ (Need) พยาบาลในแต่ละช่วงเวลาจะไม่เท่ากัน จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนความต้องการพยาบาลในแต่ละวันและแต่ละช่วงเวลาพิจารณาจากสถิติของข้อมูลที่ผ่านมาของจำนวนผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยในของแต่ละวัน โดยรายละเอียดความต้องการพยาบาลปฏิบัติงานในแต่ละ วันและแต่ละช่วง

ตารางที่ 1 ข้อมูลการปฏิบัติงานได้ของพยาบาลแต่ละคน

พยาบาล	วันและเวลาที่ปฏิบัติงานได้
หัวหน้าพยาบาล 1	ได้ทุกวันทุกช่วงเวลา
หัวหน้าพยาบาล 2	ได้ทุกวันทุกช่วงเวลายุกเว้นวันเสาร์-วันอาทิตย์
หัวหน้าพยาบาล 3	ได้ทุกวันทุกช่วงเวลายุกเว้นวันจันทร์-วันพุธ
พยาบาล 1	ได้ทุกวันเฉพาะช่วงเช้า
พยาบาล 2	ได้ทุกช่วงเวลาเฉพาะวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์
พยาบาล 3	ได้ทุกวันเฉพาะช่วงกลางวัน
พยาบาล 4	ได้ทุกช่วงเวลาเฉพาะวันศุกร์ วันเสาร์ และวันอาทิตย์
พยาบาล 5	ได้ทุกวันเฉพาะช่วงกลางวัน
พยาบาล 6	ได้ทุกวันเฉพาะช่วงกลางวัน

ตารางที่ 2 ความต้องการพยาบาลปฏิบัติงานในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวัน (หน่วย: คน)

ช่วงเวลา/วัน	ช่วงเช้า	ช่วงบ่าย	ช่วงกลางวัน	รวม
จันทร์	2	3	3	8
อังคาร	2	3	3	8
พุธ	2	3	3	8
พฤหัสบดี	1	2	2	5
ศุกร์	2	3	3	8
เสาร์	2	4	4	10
อาทิตย์	2	4	4	10
รวม	13	22	22	-

เวลาแสดงดังตารางที่ 2

6. สำหรับเงื่อนไขของการจัดตารางลงปฏิบัติงานของพยาบาลมีรายละเอียดดังนี้

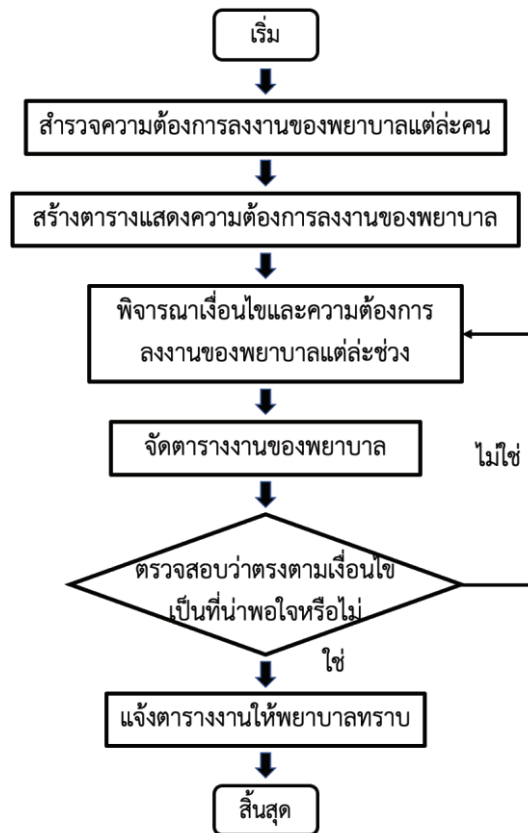
- เงื่อนไขข้อที่ 1 พยาบาลและหัวหน้าพยาบาล 1 คนสามารถลงทำงานมากที่สุดได้ 2 ช่วงเวลา ต่อวัน
- เงื่อนไขข้อที่ 2 การจัดตารางงานของพยาบาล ต้องพยายามจัดตารางงานให้ตรงกับช่วงที่พยาบาลสามารถลงปฏิบัติงานได้
- เงื่อนไขข้อที่ 3 ควรจัดให้พยาบาลและหัวหน้าพยาบาลทุกคนได้ลงตารางงานอย่างน้อยครั้งหนึ่งของจำนวนช่วงเวลาที่สามารถปฏิบัติงาน

งาน

- เงื่อนไขข้อที่ 4 พยายามไม่จัดให้พยาบาลและหัวหน้าพยาบาลลงตารางในวันที่ไม่ต้องการปฏิบัติงาน
 - เงื่อนไขข้อที่ 5 ต้องจัดให้ทุกช่วงเวลามีหัวหน้าพยาบาลลงปฏิบัติงานด้วยอย่างน้อย 1 คน
- เมื่อหัวหน้าพยาบาลได้ข้อมูลการลงปฏิบัติงานได้ของพยาบาลทุกคนแล้ว หัวหน้าพยาบาลจะทำการจัดตารางงานโดยอาศัยความชำนาญของตัวประกอบกับการพิจารณาจากความต้องการพยาบาลในแต่ละช่วงเวลาพร้อม ๆ กับพิจารณาเงื่อนไขของการจัดตารางงาน ซึ่งขั้นตอนและลำดับการจัดตารางงาน

ในปัจจุบันของหัวหน้าพยาบาลแสดงดังภาพที่ 3 และจากการเก็บข้อมูลทำให้ทราบว่า หัวหน้าพยาบาลต้องใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 3 ชม. ในการจัดตารางงานปฏิบัติงาน

ของพยาบาล นอกจากนี้แล้วยังเกิดความผิดพลาดขึ้นบ่อย ๆ เนื่องจากความอ่อนล้าและเหน็ดเหนื่อยจากการปฏิบัติหน้าที่หลักในการดูแลผู้ป่วย



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการจัดตารางงานของหัวหน้าพยาบาล

4.4 ตัวแบบและสมการทางคณิตศาสตร์

เพื่อหาคำตอบของการจัดตารางงานของกรณีศึกษาผู้วิจัยได้ทำการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์แทนปัญหาการจัดตารางงาน โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

ดัชนี (Indices)

- i คือ ดัชนีชี้หัวหน้าพยาบาลและพยาบาล ($i=1,...,n$)
- j คือ ดัชนีชี้วันที่ต้องจัดตารางปฏิบัติงาน ($j=1,...,m$)
- k คือ ดัชนีชี้ช่วงเวลาที่ต้องจัดตารางงาน ($k=1,...,l$)

พารามิเตอร์ (Parameters)

- n คือ จำนวนพยาบาลทั้งหมด (โดยที่ $n = 1 - 3$ คือ หัวหน้าพยาบาล)
- m คือ จำนวนวันที่ต้องจัดตารางปฏิบัติงานทั้งหมด
- l คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องจัดตารางปฏิบัติงานทั้งหมด
- D_{jk} คือ จำนวนความต้องการพยาบาลปฏิบัติงานในวัน j และช่วงเวลา k
- S_{ijk} คือ วันและช่วงเวลาพยาบาลสามารถปฏิบัติงานได้ กรณีเท่ากับ 1 ถ้าพยาบาล i สามารถ

ลงปฏิบัติงานในวัน j ช่วงเวลา k ได้ และมีค่าเท่ากับ 0 ในกรณีอื่น ๆ

Max_{ij} คือ จำนวนที่มากที่สุดที่พยาบาล i สามารถลงปฏิบัติงานในวัน j ได้

ตัวแปร (Variable)

x_{ijk} คือ ตัวแปรตัดสินใจ มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าพยาบาล i ถูกจัดให้ปฏิบัติงานในวัน j และช่วงเวลา k และมีค่าเท่ากับ 0 ในกรณีอื่น ๆ

ตัวแบบ (Model)

Objective function

$$\text{Maximum } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l (x_{ijk} S_{ijk}) \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l x_{ijk} = D_{jk} \quad \forall j, k \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^l x_{ijk} \leq Max_{ij} \quad \forall i, j \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ijk} \geq 1 \quad \forall k \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l x_{ijk} \geq \frac{1}{2} \left(\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l S_{ijk} \right) \quad \forall i \quad (5)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad (6)$$

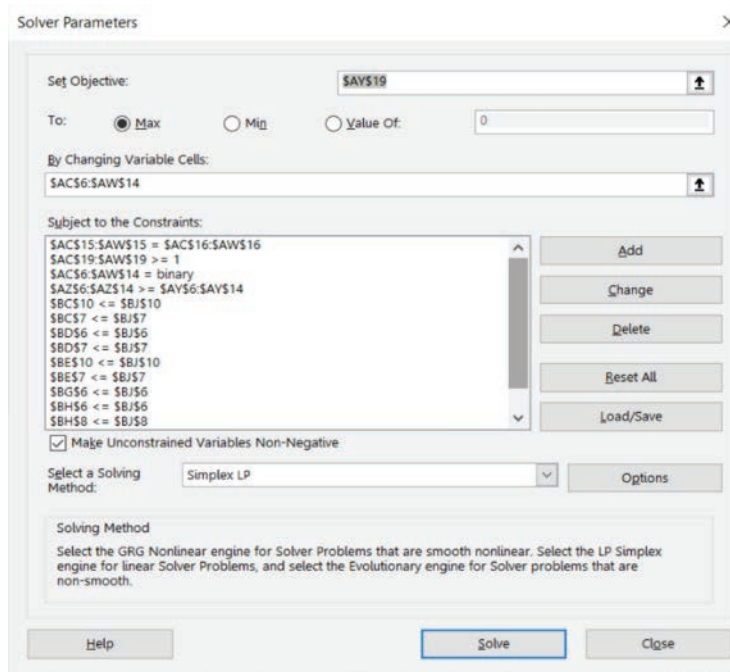
$$0 \leq Max_{ij} \leq 2 \quad \forall i, j \quad (7)$$

โดยที่สมการที่ (1) เป็นสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อจัดตารางปฏิบัติงานของพยาบาลให้

ตรงตามวันเวลาที่แต่ละคนสามารถปฏิบัติงานได้ และสอดคล้องกับความต้องการพยาบาลในการปฏิบัติงานในช่วงวันและเวลานั้นๆ สมการการที่ (2) เป็นสมการเงื่อนไขที่กำหนดให้การจัดตารางปฏิบัติงานต้องมีจำนวนเท่ากับความต้องการพยาบาลในช่วงวันและเวลานั้นๆ สมการที่ (3) เป็นสมการเงื่อนไขที่แสดงว่าพยาบาลแต่ละคนสามารถลงปฏิบัติงานได้มากที่สุดไม่เกิน 2 ช่วงเวลาต่อหนึ่งวัน สมการที่ (4) เป็นสมการเงื่อนไขที่กำหนดให้ในแต่ละช่วงเวลาต้องมีหัวหน้าพยาบาลอย่างน้อย 1 คน ลงปฏิบัติงาน สมการที่ (5) เป็นสมการเงื่อนไขที่กำหนดให้การจัดตารางปฏิบัติงานต้องจัดให้พยาบาลปฏิบัติงานไม่ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของช่วงเวลาที่พยาบาลสามารถลงปฏิบัติงานได้ และสมการเงื่อนไขที่ (6) – (7) เป็นการกำหนดคุณสมบัติของตัวแปรตัดสินใจที่ต้องไม่เป็นลบ (Non-negativity Constraints)

4.5 การประยุกต์ใช้ Solver บน Microsoft Excel

สำหรับการประยุกต์ใช้เครื่องมือ Solver ประมวลผลเพื่อหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางงาน ผู้วิจัยได้เปลี่ยนตัวแบบทางคณิตศาสตร์ให้เป็นภาษาหรือรูปแบบที่เครื่องมือ Solver สามารถอ่านและประมวลผลได้ ดังแสดงในภาพที่ 4 หลังจากนั้นกดปุ่ม Solve โปรแกรมจะทำการประมวลผลเพื่อหาคำตอบของปัญหาอัตโนมัติ



ภาพที่ 4 การป้อนตัวแบบทางคณิตศาสตร์ลงใน Solver

5. ผลการวิจัย

เรียบร้อยแล้ว ผลการวิจัยเพื่อแก้ปัญหการจัดตาราง

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการประมวลผลหาคำตอบ งานแสดงดังตารางที่ 3

โดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และเครื่องมือ Solver

ตารางที่ 3 ผลการหาคำตอบการจัดตารางงานโดย Solver

Shift/	Monday			Tuesday			Wednesday			Thursday			Friday			Saturday			Sunday			Total
Nurse	M	N	E	M	N	E	M	N	E	M	N	E	M	N	E	M	N	E	M	N	E	
HN1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	13
HN2	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	9
HN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	6
N1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5
N2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3
N3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
N4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	5
N5	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	5
N6	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	7
Total	2	3	3	2	3	3	2	3	3	1	2	2	2	3	3	2	4	4	2	4	4	57

หมายเหตุ: HN = หัวหน้าพยาบาล, N = พยาบาล, M = ช่วงเช้า, N = ช่วงบ่าย, E = ช่วงเย็น

คำตอบที่แสดงในตารางที่ 3 Solver ใช้เวลาประมวลผลเพียงแค่ 13 วินาที และรวมเวลาในการป้อนข้อมูลเบื้องต้นและประมวลผล 10 นาที (โดยประมาณ) จากตารางที่ 3 สามารถอธิบายผลการจัดตารางได้ดังนี้ ในวันจันทร์ช่วงเช้าจะมีหัวหน้าพยาบาลคนที่ 1 และพยาบาลคนที่ 1 เท่านั้นที่ต้องปฏิบัติงาน ส่วนช่วงเวลาที่เที่ยงจะมีหัวหน้าพยาบาลคนที่ 2 พยาบาลคนที่ 1 และพยาบาลคนที่ 5 ที่ต้อง

ลงปฏิบัติงานในช่วงเวลาดังกล่าว เป็นต้น จะเห็นว่าคำตอบที่ได้ตรงตามเงื่อนไขการจัดตารางงานทุกข้อ นอกจากนี้แล้วจากเงื่อนไขข้อที่ 3 และ 4 การจัดตารางงานต้องพยายามลงตารางปฏิบัติงานในวันที่พยาบาลต้องการลงปฏิบัติงานและอย่างน้อยให้ได้ครึ่งหนึ่งของจำนวนช่วงเวลาที่พยาบาลแต่ละคนต้องการลงปฏิบัติงาน ซึ่งโปรแกรมก็สามารถหาคำตอบได้ตรงตามเงื่อนไขดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 62.40 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ร้อยละของผลการจัดตารางงานตรงตามเงื่อนไข (เงื่อนไขที่ 3 และ 4)

ตารางปฏิบัติงาน/พยาบาล	จำนวนช่วงเวลา ที่ปฏิบัติงานได้	จำนวนผลการ จัดตารางงาน	ร้อยละ
HN 1	21	13	61.90
HN 2	15	9	60.00
HN 3	12	6	50.00
N 1	9	5	55.56
N 2	6	3	50.00
N 3	7	4	57.14
N 4	9	5	55.56
N 5	7	5	71.43
N 6	7	7	100.00
เฉลี่ย	10.33	6.33	62.40

6. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอวิธีการแก้ไขปัญหการจัดตารางงาน โดยการกำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์แทนปัญหา และใช้ Solver ใน Microsoft Excel ในการประมวลผลหาคำตอบของการจัดตารางงาน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางปฏิบัติงานของพยาบาลในแผนกหนึ่งของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา ในปัจจุบันการจัดตารางงานของกรณีศึกษาเป็นการจัดโดยอาศัยเพียงความชำนาญของหัวหน้าพยาบาลเท่านั้น ซึ่งการจัดตารางด้วยวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย นอกจากนี้

นี้แล้วยังส่งผลต่อต้นทุนในการดำเนินงานอีกด้วย เนื่องจากการใช้เวลาในการจัดตารางงานนานเกินความจำเป็น (มากกว่า 3 ชม. ต่อการจัดตารางหนึ่งครั้ง) ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหการจัดตารางงานโดยการออกแบบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวิธีการดังกล่าวให้ความแม่นยำมากกว่าวิธีวิธีสถิติซึ่งเป็นการหาคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด และในการประมวลผลผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ Solver ซึ่งเป็นเครื่องมือใน โปรแกรม Microsoft Excel ที่มีวิธีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อนและมีราคาไม่แพง จากผลการศึกษาผู้วิจัยสามารถแก้ปัญหการจัดตารางลงปฏิบัติงานของกรณีศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เหมาะสม และเป็นที่น่าสนใจ โดยคำตอบที่ได้ตรงตามเงื่อนไขและข้อกำหนดของการจัดตารางงานของพยาบาลทุกเงื่อนไข โดยเฉพาะเงื่อนไขข้อที่ 3 และ 4 สามารถจัดตารางได้ตรงตามความต้องการลงปฏิบัติงานของพยาบาลแต่ละคน ซึ่งคิดเป็นความพึงพอใจของพยาบาลร้อยละ 62 (โดยเฉลี่ย) นอกจากนี้แล้วยังสามารถลดระยะเวลาในการจัดตารางให้สั้นลงจากเดิม 3 ชม. เหลือแค่ 10 นาที ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยสามารถประยุกต์ใช้โปรแกรมอย่างง่าย (Solver ใน Microsoft Excel) ในการแก้ปัญหาและหาคำตอบของการจัดตารางงานได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับการศึกษาของ ปัทมา อยู่เย็น และลัดดา ตันวานิชกุล (2557) ที่ได้ทำการศึกษาและประยุกต์ใช้ Solver ใน Microsoft Excel ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการเดินรถขนส่ง (ปัทมา อยู่เย็น และลัดดา ตันวานิชกุล, 2557)

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้

ในการแก้ปัญหาการจัดตารางงานควรมีการศึกษาและพิจารณาเงื่อนไขในการจัดตารางงานอย่าง

ครบถ้วน และเพื่อการใช้ประโยชน์ผลตารางการปฏิบัติงานได้จริง ผู้วิจัยควรมีการวิเคราะห์ผลการจัดตารางงานร่วมกับผู้รับผิดชอบในการจัดตารางงานนั้น ๆ และเก็บรวบรวมข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานผลการจัดตารางงานนั้น เพื่อพัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดตารางงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในกรณีที่ปัญหาการจัดตารางงานเป็นปัญหาที่ประกอบด้วยตัวแปรและเงื่อนไขที่จำนวนมาก ผู้วิจัยควรพิจารณาวิธีหรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้ยืดหยุ่นกว่าการใช้เพียงแค่ Solver ใน Microsoft Excel เช่น การเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการประมวลผลหาคำตอบ จะสามารถหาคำตอบของปัญหาได้รวดเร็ว แม่นยำ และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นได้ นอกจากนี้แล้วเพื่อความแม่นยำยิ่งขึ้น และเพื่อการประยุกต์ใช้งานได้จริง ผู้วิจัยควรมีการทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และประมวลผลหาคำตอบด้วย Solver ในปัญหาการจัดตารางงานอื่น นอกเหนือจากการจัดตารางงานของพยาบาล เช่น ปัญหาการจัดตารางการปฏิบัติงานของพนักงานในสายงานการผลิต เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ธัญพร อุดม, ภูพงษ์ พงษ์เจริญ และขวัญนิธิ คำเมือง. (2559). การแก้ปัญหาการวางแผนและจัดตารางการผลิตขั้นสูง ที่พิจารณาการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบมีกรอบเวลา โดยตัวแบบกำหนดการจำนวนเต็มแบบผสม. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*, 4(1), 1-15.
- ปัทมา อยู่เย็น และลัดดา ตันวานิชกุล. (2557). การจัดตารางเวลาในการเดินรถขนส่งมวลขน ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้โปรแกรมเอกเซลโซลเวอร์. *วิศวกรรมลาดกระบัง*, 30(2), 79-84.
- พิศาล ศรีนวล. (2559). การใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาจัดสรรทรัพยากรเพื่อลดเวลาในการวางแผนการผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- วิจิตรา กิจชัยนุกูล และวิชัย รุ่งเรืองอนันต์. (2556). อัลกอริธึมเชิงพันธุกรรมสำหรับแบบจำลองการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งในโรงงานตู้ปลาเป่าอิเล็กทรอนิกส์. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*, 1(1), 25-40.
- สุปรีชญา บุญมาก และมาโนช โลหเตปานนท์. (2559). การพัฒนาการจัดตารางเวลาสำหรับเจ้าหน้าที่ภาคพื้นของสายการบิน. *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 39 ประจำปี 2559, วันที่ 30 มิถุนายน 2559 ณ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตสุวรรณภูมิ*, 55-62.
- Pukin, A. (2014). Solving Sequence of Job Scheduling Problem by Genetic Algorithm with Local Search. *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, 7(2), 111-126.
- Pusapakom, P. (2013). Facilitator Scheduling for Resort Staff. *BU academic review*, 12(2), 17-28.
- Sala-ngam, S. (2022). An Application of Solver in Microsoft Excel for Solving Travelling Salesman Problem: A Case Study of Logistics Company. *The Proceeding of the 7th Rajamangala Manufacturing & Management Technology Conference (RMTC2022)*, 6-8 July 2022 at Nakorn Rachasima, 820-825.
- Um-in, N. (2017). *Agent Scheduling Of Call Center Using Decomposition Technique*. Independent Study of the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering, Chulalongkorn University.