

การจัดตารางพยาบาลแบบหลายวัตถุประสงค์:
กรณีศึกษา ของโรงพยาบาลเอกชนในประเทศไทย

นลรัช สุคนธ์ภัทร^{1*} และ พิศิษฐ์ จารุมณีโรจน์²

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

Received: 09 May 2023; Revised: 18 July 2023; Accepted: 27 July 2023

บทคัดย่อ

การจัดตารางการทำงานพยาบาลเป็นหนึ่งในภารกิจที่สำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อพยาบาลผู้ปฏิบัติงาน หากตารางการทำงานของพยาบาลไม่มีประสิทธิภาพ ย่อมส่งผลกระทบต่อพยาบาลในด้านสุขภาพ อันเป็นผลเนื่องมาจากการได้รับวันหยุดน้อย การพักผ่อนไม่เพียงพอ การเกิดภาวะเครียด ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะนำไปสู่ภาวะหมดไฟ (Burnout syndrome) และการลาออกของพยาบาลผู้ที่มีประสบการณ์ในที่สุด การสรรหาบุคลากรใหม่เข้ามาทดแทนในตำแหน่งที่ลาออกไปนั้น ไม่เพียงแต่จะเสียเวลาในการคัดกรองเพื่อให้ได้บุคลากรที่มีคุณภาพ หากแต่ยังมีค่าใช้จ่ายในการเรียนรู้งานใหม่ เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานตามระบบ กฎเกณฑ์ และวัฒนธรรมใหม่ได้ จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกที่จะทำการศึกษาวิจัยในหัวข้อการจัดตารางพยาบาลแบบหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม โดยมุ่งหวังให้วิธีการดังกล่าวถูกนำไปใช้แทนที่วิธีการจัดตารางแบบดั้งเดิม ที่ใช้เวลาในการจัดยาวนาน มีแนวโน้มในการเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย และที่สำคัญที่สุดคือ ขาดความเป็นธรรมในเชิงภาระงานที่ได้รับมอบหมาย สำหรับการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามพยาบาลวิชาชีพผู้ที่มีประสบการณ์จากโรงพยาบาลเอกชนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในประเทศไทย จากนั้นจึงนำข้อกำหนดต่างๆ ที่ได้รับ มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยแบบจำลองดังกล่าวประกอบไปด้วยวัตถุประสงค์หลักทั้งสิ้น 3 วัตถุประสงค์ ดังนี้ 1. การลดค่าใช้จ่ายในการจัดจ้างพยาบาลที่เกินความจำเป็น 2. การเพิ่มความเท่าเทียมในภาระงาน และ 3. การเพิ่มความพึงพอใจของพยาบาลผู้ปฏิบัติงานโดยลดการละเมิดข้อจำกัด ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแบบจำลองดังกล่าวผ่านปัญหาลำลองขนาดเล็ก จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปตรวจสอบความถูกต้องจากวัตถุประสงค์ และข้อจำกัด เพื่อเป็นแนวทางการสร้างโปรแกรมการจัดตารางการทำงานของพยาบาลได้ในอนาคต

คำสำคัญ: การจัดตารางการทำงานพยาบาล, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม

* Corresponding author. E-mail: 6470344021@student.chula.ac.th

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The multi-objective nurse scheduling problem: A case study of private hospital in Thailand

Nontawat Sukonpat^{1*} and Pisit Jarumaneeroj²

Chulalongkorn University,
254 Phayathai Rd. Wangmai Patumwan Bangkok 10330, Thailand

Received: 09 May 2023; Revised: 18 July 2023; Accepted: 27 July 2023

Abstract

Nurse scheduling is one of the most important tasks that greatly affects the performance of nurses. Ineffective scheduling may lead to health and mental problems – caused by lack of adequate rest and work stress – as well as burnout and job quitting. To avoid a costly process of recruiting and selecting appropriate medical personnel, efficient nurse scheduling is therefore needed; and we achieve this by help of a mixed-integer linear programming model. We expect that this approach would help reduce the planning time, as well as the errors pertaining to the current scheduling method, while increasing scheduling fairness, which is typically neglected in practice. In doing so, we have first collected all necessary data from experience nurses and, later, transformed them into a mathematical formulation model with three different objectives: (i) to reduce the excess cost of operating nurses, (ii) to increase workload equity, and (iii) to increase nurse's satisfaction measured by reducing constraint violations. This model test was conducted through a small problem. Then, the results were used to validate the accuracy of both objectives and constraints in order to be a guideline for the construction of a nurse scheduling program in the future.

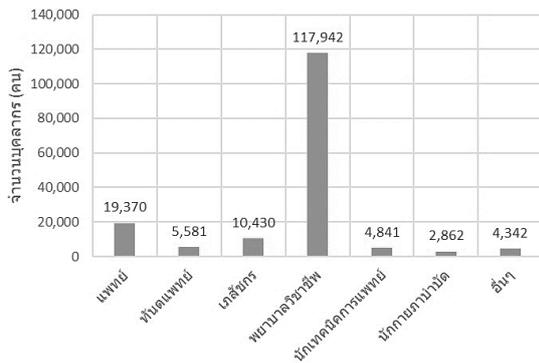
Keywords: nurse scheduling, mathematical formulation model, mixed integer linear programming

* Corresponding author. E-mail: 6470344021@student.chula.ac.th

^{1,2} Faculty of engineering, Chulalongkorn University

1. บทนำ

พยาบาลจัดเป็นบุคลากรที่สำคัญในโรงพยาบาล ซึ่งทำหน้าที่ในทุกภาคส่วน ตั้งแต่การสอบถามอาการของ คนไข้เบื้องต้นไปถึงการปฏิบัติหน้าที่ในแผนกต่างๆ ด้วยเหตุ ดังกล่าวพยาบาลจึงเป็นตำแหน่งที่มีจำนวนมากที่สุดใน โรงพยาบาล ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 จำนวนบุคลากรทางการแพทย์ของกระทรวง สาธารณสุขรวมทั้งประเทศ (หน่วย : คน)

จากรูปที่ 1 จะสังเกตได้ว่า จำนวนของพยาบาล เมื่อเทียบกับจำนวนบุคลากรทางการแพทย์อื่นแล้ว จะมี จำนวนมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งหากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ จะมีสัดส่วนมากถึง 74.57 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนบุคลากร ทั้งหมด ด้วยจำนวนบุคลากรพยาบาลวิชาชีพที่มีเป็นจำนวนมาก ค่าใช้จ่ายในการจ้างพยาบาลจึงเป็นหนึ่งในค่าใช้จ่ายหลักของโรงพยาบาล [1] เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็น เราอาจมุ่งเน้นไปที่การสร้างตารางทำงานพยาบาลที่มี ประสิทธิภาพ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าว นอกจากจะช่วยลด ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการทำงานแล้ว ยังส่งผลทำให้การ ปฏิบัติหน้าที่ของพยาบาลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

ทั้งนี้ การจัดการตารางทำงาน ถือเป็นหนึ่งใน กิจกรรมที่ถูกใช้งาน ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น การจัดการ ตารางพนักงานในสายการผลิตเพื่อบริหารกำลังคนให้ เพียงพอต่อภาระงาน หรือการจัดการตารางทำงานของ เครื่องจักรเพื่อให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) มีค่า ต่ำที่สุด การจัดการที่ดี นอกจากจะส่งผลดีต่อ ประสิทธิภาพในการทำงาน และเกิดความคุ้มค่าในการใช้ ทรัพยากรแล้ว ยังเป็นการเพิ่มความพึงพอใจของพนักงาน

โดยตรง ซึ่งหลักการดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ การจัดการตารางทำงานพยาบาลได้ หากแต่จะมีความ แตกต่างกันในแง่ของข้อจำกัดในการทำงานเท่านั้น

อย่างไรก็ดี การจัดการตารางทำงานของพยาบาล ส่วนใหญ่มักมีความซับซ้อน เนื่องจากต้องคำนึงถึงกฎเกณฑ์ ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นกฎหมายแรงงาน กฎสภาพพยาบาล และ กฎเฉพาะของโรงพยาบาลแต่

ละแห่ง [2] นอกจากนี้ เรายังต้องคำนึงถึงรูปแบบการ ให้บริการที่หลากหลาย ซึ่งส่งผลทำให้ไม่มีอัลกอริทึมใดที่ เหมาะสมกับการจัดการตารางทำงานของพยาบาลที่สามารถ นำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกโรงพยาบาล

โรงพยาบาลส่วนใหญ่ยังมักทำการจัดการตารางด้วยมือ หรือที่นิยมเรียกในอีกชื่อว่า ‘การจัดการตารางด้วยตนเอง’ เนื่องจากขาดระบบช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) ส่งผลทำให้ใช้เวลาในการจัดการตารางที่ ยาวนาน และมักเกิดความผิดพลาดได้ง่าย [3] ทั้งนี้ ตาราง การทำงานที่ดี ควรแก้ไขได้ง่าย รองรับข้อจำกัดได้อย่าง ครอบคลุม และมีประสิทธิภาพ [4] โดยในงานวิจัยนี้จะ มุ่งเน้นไปที่การสร้างโปรแกรมการจัดการตารางขึ้นมาเพื่อ ทดแทนการจัดการตารางด้วยตนเอง โดยอ้างอิงข้อมูลจาก โรงพยาบาลเอกชนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในประเทศไทย

ในมุมมองของผู้จัดการตารางทำงาน เราจำเป็นต้อง ตระหนักถึง ทั้งภาระงานของผู้ปฏิบัติงาน และจำนวนคนไข้ผู้ เข้ารับบริการ เราจึงไม่ควรกำหนดภาระงานที่มุ่งเน้น เพียงการรองรับคนไข้หากแต่สร้างภาระงานที่ไม่เป็นธรรม หรือการเข้ากะทำงานที่ติดต่อกันจนผู้ปฏิบัติงานอ่อนล้า นอกจากนี้เรายังต้องตระหนักถึงปริมาณงานของพยาบาลที่ ได้รับมอบหมายภายในกรอบระยะเวลาวางแผน โดยตาราง การทำงานพยาบาลจะต้องมีปริมาณงานไม่เกินที่กำหนด และมีความเท่าเทียมกันในแต่ละแผนก

สำหรับรูปแบบกะการทำงานของพยาบาลใน งานวิจัยนี้ จะแบ่งออกเป็น 3 กะ กะละ 8 ชั่วโมง ได้แก่ กะ เช้า กะบ่าย และกะดึก โดยกะเช้าจะเริ่มงานตั้งแต่เวลา 08:00น. - 16:00น. กะบ่ายจะเริ่มงานตั้งแต่ 16:00น. - 00:00น. และกะสุดท้าย คือ กะดึกจะเริ่มงานตั้งแต่ 00:00น. - 08:00น. โดยในส่วนของกะดึกนั้น จะมีข้อจำกัดในการ เข้าเวรพิเศษ เช่น พยาบาลบางคนไม่สามารถเข้าเวรกะดึกได้ เนื่องจากปัญหาสุขภาพ นอกจากนี้ โรงพยาบาลส่วนใหญ่ยัง

มีข้อกำหนดเกี่ยวกับจำนวนการเข้าเวรกะดึก สูงสุดเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความอ่อนล้าอีกด้วย สำหรับข้อจำกัดด้านการทำงานอื่นๆ ประกอบไปด้วย

จำนวนวันทำงานที่สามารถทำงานติดต่อกันได้ในแต่ละสัปดาห์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการทำงานต่อเนื่องยาวนาน อันจะส่งผลทำให้พยาบาลเกิดความล้าสะสม อีกทั้งยังอาจสร้างประสบการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ให้กับผู้เข้ารับบริการอีกด้วย การได้รับวันหยุดสุดสัปดาห์ (เสาร์-อาทิตย์) เนื่องจากพยาบาลส่วนใหญ่ไม่มีความประสงค์ในการหยุดช่วงสุดสัปดาห์ เราจึงจำเป็นต้องจัดสรรวันหยุดให้กับพยาบาลอย่างเท่าเทียม เพื่อให้พยาบาลได้หยุดพักผ่อน และทำกิจกรรมร่วมกันกับครอบครัวในวันหยุดสุดสัปดาห์ดังกล่าว

ในส่วนของการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อจำกัด เพื่อนำมาสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยมุ่งหวังให้แบบจำลองดังกล่าวเป็นต้นแบบในการสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจช่วยจัดตารางการทำงานของพยาบาลที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในอนาคต ทั้งนี้ ผู้วิจัยคาดว่า ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ผู้จัดตารางจะสามารถสร้างตารางการทำงานที่มีประสิทธิภาพ และมีความเท่าเทียมกันมากขึ้น ทั้งในมุมของจำนวนกะการทำงาน และวันปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายภายใต้ระยะเวลาการจัดตารางที่ลดลง

ทั้งนี้ เพื่อความสะดวกในการออกแบบ และแก้ปัญหา ข้อจำกัดในการจัดตารางพยาบาลในการวิจัยนี้ จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ข้อจำกัดหลัก (Hard constraint) ที่ไม่สามารถละเมิดได้ เช่น ไม่สามารถกำหนดวันเข้าทำงานในวันที่พยาบาลขอลาหยุดได้ และข้อจำกัดรอง (Soft constraint) ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สามารถละเมิดได้ หากแต่จะมีการลงโทษ ในกรณีที่ข้อจำกัดดังกล่าวถูกละเมิด ซึ่งค่าน้ำหนักของการลงโทษจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความรุนแรงของข้อจำกัดที่ถูกละเมิด (ดูตารางที่ 1 ประกอบ)

2. บทบทวนวรรณกรรม

การจัดตารางการทำงานพยาบาลเป็นงานที่มีองค์ประกอบซับซ้อน หากแต่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อวางแผนให้มีจำนวนพยาบาลเพียงพอต่อการเข้ารับบริการของผู้เข้ารับการรักษา ซึ่งการบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว เราจำเป็นต้องคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ ในการทำงานควบคู่ไปด้วย

เช่น การไม่กำหนดให้พยาบาลเข้าทำงานในวันที่ขอลาหยุด หรือการไม่กำหนดให้พยาบาลเข้าทำงานในกะที่ทับซ้อนกัน [5]

การนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาประยุกต์ใช้จะช่วยให้การแก้ปัญหาการจัดตารางการทำงานพยาบาลอย่างเป็นไปอย่างมีระเบียบแบบแผน ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในแผนกที่มีความซับซ้อนในการจัดตาราง เช่น แผนกฉุกเฉินที่ผู้เข้ารับการรักษาต้องได้รับการรักษาอย่างเร่งด่วน และไม่สามารถระบุได้ว่า ในวันหนึ่งๆ จะมีผู้เข้ารับการรักษาจำนวนเท่าใด ซึ่งในกรณีดังกล่าว การเตรียมความพร้อมในการจัดการกำลังคน หรือการจัดตารางพยาบาลถือว่าเป็นงานที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง [6]

เนื่องด้วย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความยืดหยุ่นในการพิจารณาข้อจำกัดที่หลากหลาย ปัญหาการจัดตารางบุคลากรทางการแพทย์ส่วนใหญ่จึงมักถูกออกแบบให้แก้ปัญหาได้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวยังได้รับความสนใจ และถูกดำเนินการวิจัยอย่างต่อเนื่องมายาวนาน หากแต่ส่วนใหญ่จะเป็นการวิจัยที่อยู่ในระดับสถาบันการศึกษา และมีงานวิจัยเพียงส่วนน้อยประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ที่ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานจริง [7] โรงพยาบาลส่วนใหญ่จึงจำเป็นต้องดำเนินการจัดตารางด้วยตนเองอยู่ ส่งผลทำให้ไม่สามารถจัดการค่าใช้จ่ายในการจัดจ้างพยาบาลได้อย่างเหมาะสม

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม หรือ Mixed Integer Linear Programming (MILP) ในการจัดตารางการทำงานของพยาบาลเพื่อลดต้นทุนในการจ้างพยาบาลของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในประเทศอิหร่าน โดยใช้ข้อมูล และข้อจำกัดในการทำงานของพยาบาลที่เป็นข้อมูลจริงของโรงพยาบาล เป็นข้อยืนยันได้ว่าสามารถลดต้นทุนการจ้างพยาบาล 10 เปอร์เซ็นต์ และสามารถจัดตารางการทำงานของพยาบาลที่รองรับกับการเข้าใช้บริการของคนไข้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [8]

สังเกตว่า ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการจ้างงานพยาบาลนั้น คิดเป็นสัดส่วนกว่า 44 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด การปรับปรุงตารางทำงานของพยาบาลจะช่วยให้โรงพยาบาลสามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็นในส่วนนี้ลงได้ นอกจากนี้ การจัดตารางการทำงานพยาบาลที่มี

ประสิทธิภาพยังถือเป็นการเตรียมรับมือกับปริมาณความต้องการของคนไข้ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในภาคหน้าอย่างยั่งยืนอีกด้วย [9]

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

3.1.1 ค่าดัชนี (Indices)

N = พยาบาลทั้งหมดภายในแผนก ($n \in N$)
 E = พยาบาลที่สามารถทำงานในกะตึกได้ ($e \in E$)
 D = ลำดับวัน $\{1,2,3,4,5,6,7\} \in D$ (โดยดัชนีที่ 1 คือ วันจันทร์, 2 คือ วันอังคาร, 3 คือ วันพุธ, 4 คือ วันพฤหัสบดี, 5 คือ วันศุกร์, 6 คือ วันเสาร์, 7 คือ วันอาทิตย์)
 NA_n = พยาบาล n ขอลาหยุด ($na \in NA$)
 DA_n = วันที่พยาบาล n ขอลาหยุด ($da \in DA$)
 QA_n = สัปดาห์ที่พยาบาล n ขอลาหยุด ($qa \in QA$)
 S = ชนิดของกะการทำงาน $\{1,2,3\} \in S$ (โดยดัชนีที่ 1 คือ กะการทำงานเช้า, 2 คือ กะการทำงานบ่าย, 3 คือ กะการทำงานดึก)
 Q = จำนวนสัปดาห์การวางแผนทั้งหมด (Planning Horizon) $\{1,2,3,4\} \in Q$
 V = ชนิดของการละเมิดข้อจำกัด ($v \in V$)

3.1.2 ค่าคงที่ (Parameters)

C_{ns} = ค่าจ้างของพยาบาล n เมื่อ กำหนดให้เข้ากะการทำงาน s
 R_{ds} = จำนวนพยาบาลที่ต้องการในวันที่ d ของกะการทำงาน s
 W_{max_week} = จำนวนกะการทำงานรวมสูงสุดที่พยาบาลทุกคนสามารถทำได้ไม่เกินในหนึ่งสัปดาห์
 W_{min_week} = จำนวนกะการทำงานรวมขั้นต่ำที่พยาบาลทุกคนต้องทำในหนึ่งสัปดาห์
 C_{max} = จำนวนวันที่สามารถเข้าทำงานติดต่อกันสูงสุด
 C_{min} = จำนวนวันขั้นต่ำที่ต้องทำงานติดต่อกันต่ำสุด
 Lns = จำนวนสูงสุดของการเข้ากะการทำงานดึกของพยาบาลทุกคนในการวางแผนทั้งหมด (Planning horizon)

3.1.3 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)

$X_{ndsq} = \begin{cases} 1, & \text{เมื่อพยาบาล } n \text{ ถูกกำหนดให้เข้าทำงานใน} \\ & \text{วันที่ } d \text{ กะการทำงานที่ } s \text{ ในสัปดาห์ที่ } q \\ 0, & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$

$H_{ndq} = \begin{cases} 1, & \text{เมื่อพยาบาล } n \text{ ถูกกำหนดให้เข้าทำงานใน} \\ & \text{วันที่ } d \text{ ในสัปดาห์ที่ } q \\ 0, & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$

$UNFAIRNESS_{np}$ = จำนวนกะการทำงานที่เหลื่อมล้ำของพยาบาลลำดับที่ n และ p

V_v = จำนวนการละเมิดข้อจำกัดของดัชนีที่ v (ดูตารางที่ 1 และสมการด้านล่างประกอบ)

V_{vnq} = ตัวแปรการละเมิดข้อจำกัดที่ v พยาบาล n ในสัปดาห์ที่ q

V_{vndq} = ตัวแปรการละเมิดข้อจำกัดที่ v พยาบาล n ในวันที่ d ในสัปดาห์ที่ q

V_{vn} = ตัวแปรการละเมิดข้อจำกัดที่ v พยาบาล n

$$V_v = \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} \sum_{v \in \{1,2\}} w_v \cdot V_{vnq}; \forall v \in \{1,2\} \quad (\text{Eq.1})$$

$$V_3 = \sum_{n \in N} \sum_{d=1}^{|D|-1} \sum_{q \in Q} \sum_{v \in \{3\}} w_v \cdot V_{vndq} \quad (\text{Eq.2})$$

$$V_4 = \sum_{n \in N} \sum_{d=1}^{|D|-1} \sum_{q \in Q} \sum_{v \in \{4\}} w_v \cdot V_{vndq} \quad (\text{Eq.3})$$

$$V_5 = \sum_{n \in N} \sum_{d \in D/\{7\}} \sum_{q \in Q} \sum_{v \in \{5\}} w_v \cdot V_{vndq} \quad (\text{Eq.4})$$

$$V_6 = \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q/\{4\}} \sum_{v \in \{6\}} w_v \cdot V_{vnq} \quad (\text{Eq.5})$$

$$V_7 = \sum_{n \in N} \sum_{d \in D} \sum_{q \in Q} \sum_{v \in \{7\}} w_v \cdot V_{vndq} \quad (\text{Eq.6})$$

$$V_8 = \sum_{n \in N} \sum_{v \in \{8\}} w_v \cdot V_{vn} \quad (\text{Eq.7})$$

$$V_9 = \sum_{n \in N} \sum_{q \in Q} \sum_{v \in \{9\}} w_v \cdot V_{vnq} \quad (\text{Eq.8})$$

3.1.4 ฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function)

การจัดตารางการทำงานของพยาบาลในงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการสร้างตารางแบบดั้งเดิมที่มีความซับซ้อน และมีข้อจำกัดที่หลากหลาย ซึ่งหากทำการจัดตารางด้วยตนเอง อาจใช้เวลานาน และอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย

ฟังก์ชันจุดประสงค์ของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นถูกอ้างอิงจากความต้องการของโรงพยาบาล และพยาบาลผู้ปฏิบัติงานซึ่งประกอบไปด้วย 3 จุดประสงค์หลัก คือ 1. การลดค่าใช้จ่ายในการจ้างพยาบาลที่เกินความจำเป็น (Minimize cost) 2. การเพิ่มความเท่าเทียมกันในมุมมองของภาระงานที่พยาบาลแต่ละคนในแผนกได้รับ (Workload fairness) และ 3. การเพิ่มความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน (Maximize the satisfaction) ดังแสดงในสมการ (Obj. 1) – (Obj. 3) ตามลำดับ

$$\text{Minimize } \sum_{n \in N} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{q \in Q} X_{ndsq} \cdot C_{ns} \quad (\text{Obj.1})$$

$$\text{Minimize } 300 \cdot \sum_{n \in N} \sum_{p \in N} \text{UNFAIRNESS}_{np} \quad (\text{Obj.2})$$

$$\text{Minimize } \sum_{v \in V} V_v \quad (\text{Obj.3})$$

ในการจัดตารางการทำงานของพยาบาลวัตถุประสงค์จะมีความสำคัญที่ไม่เท่ากัน โดยพยาบาลผู้ปฏิบัติงานได้ให้ความสำคัญจากมากไปน้อย ได้แก่ ความเท่าเทียม(Obj.2), ความพึงพอใจ(Obj.3), ค่าใช้จ่าย(Obj.1) ตามลำดับ

เพื่อให้ตอบสนองวัตถุประสงค์ในด้านความเท่าเทียมที่มีความสำคัญมากที่สุด จึงมีความจำเป็นจะต้องใส่ค่าคงที่ที่เหมาะสม ซึ่งได้มาจากการปรับตั้งค่าในการหาคำตอบที่เหมาะสม ส่งผลให้ได้ค่าคงที่เท่ากับ 300 ที่สามารถตอบสนองความต้องการของวัตถุประสงค์ในด้านความเท่าเทียมได้ดีที่สุด

3.1.5 ข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{s \in S} X_{ndsq} \leq 2 H_{nds} ; \forall n \in N, d \in D, q \in Q \quad (1)$$

$$\sum_{n \in N} X_{ndsq} \geq R_{ds} ; \forall d \in D, s \in S, q \in Q \quad (2)$$

$$\sum_{d \in D} \sum_{s \in S} X_{ndsq} - V_{1nq} \leq W_{\max_week} ; \forall n \in N, q \in Q \quad (3)$$

$$\sum_{d \in D} \sum_{s \in S} X_{ndsq} + V_{2nq} \geq W_{\min_week} ; \forall n \in N, q \in Q \quad (4)$$

$$\sum_d^{|\mathcal{D}|} H_{ndq} - V_{3ndq} \leq C_{\max} ; \forall n \in N, d \in (1,2,\dots,(|\mathcal{D}| - 1)), q \in Q \quad (5)$$

$$\sum_d^{|\mathcal{D}|} H_{ndq} + V_{4ndq} \geq C_{\min} ; \forall n \in N, d \in (1,2,\dots,(|\mathcal{D}| - 1)), q \in Q \quad (6)$$

$$X_{nd3q} + X_{n(d+1)1q} - V_{5ndq} \leq 1 ; \forall n \in N, d \in D \setminus \{7\}, q \in Q \quad (7)$$

$$X_{n73q} + X_{n11(q+1)} - V_{6ndq} \leq 1 ; \forall n \in N, q \in Q \setminus \{4\} \quad (8)$$

$$X_{nd1q} + X_{nd3q} - V_{7ndq} \leq 1 ; \forall n \in N, d \in D, q \in Q \quad (9)$$

$$\sum_{d \in D} \sum_{q \in Q} X_{nd3q} - V_{8n} \leq Lns ; \forall n \in E \quad (10)$$

$$H_{n6q} + H_{n7q} - V_{8nq} \leq 1 ; \forall n \in N, q \in Q \quad (11)$$

$$X_{nd3q} \leq 0 ; \forall n \in N \setminus \{E\}, d \in D, q \in Q \quad (12)$$

$$H_{ndq} \leq 0 ; \forall na \in NA, da \in DA, qa \in QA \quad (13)$$

$$2 \text{ UNFAIRNESS}_{np} \geq \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{q \in Q} (X_{ndsq} - X_{pdsq}) ; \forall n \in N, p \in N \quad (14)$$

$$2 \text{ UNFAIRNESS}_{np} \geq \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \sum_{q \in Q} (X_{pdsq} - X_{ndsq}) ; \forall n \in N, p \in N \quad (15)$$

$$X_{nds,q} \in \{0,1\}; \forall n \in N, d \in D, s \in S, q \in Q \quad (16)$$

$$H_{nd,q} \in \{0,1\}; \forall n \in N, d \in D, q \in Q \quad (17)$$

$$UNFAIRNESS_{np} \geq 0; \forall n \in N, p \in N \quad (18)$$

$$V_v \geq 0; \forall v \in V \quad (19)$$

ในส่วนของการจำกัด ข้อจำกัดที่ (1) ระบุว่าพยาบาลแต่ละคนสามารถเข้ากะการทำงานได้สูงสุด 2 กะต่อหนึ่งวัน ส่วนข้อจำกัดที่ (2) ทำให้มั่นใจได้ว่า จำนวนพยาบาลที่ต้องการในแต่ละกะ ของแต่ละวันทำการจะมีเพียงพอต่อความต้องการ สำหรับข้อจำกัดที่ (3) กำหนดให้กะการทำงานรวมสูงสุดที่พยาบาลแต่ละคนได้รับในหนึ่งสัปดาห์มีค่าไม่เกินค่าสูงสุด ในขณะที่ข้อจำกัดที่ (4) เป็นการระบุกะการทำงานรวมขั้นต่ำของพยาบาลในแต่ละสัปดาห์ ข้อจำกัดที่ (5) กำหนดให้พยาบาลแต่ละคนไม่ถูกกำหนดให้ทำงานติดต่อกันเกินจำนวนวันที่กำหนด เพื่อไม่ให้

พยาบาลเกิดความล้าสะสมจากการทำงาน ส่วนข้อจำกัดที่ (6) ถูกสร้างขึ้นเพื่อกำหนดขอบล่างสำหรับการเข้าทำงานของพยาบาลที่ติดต่อกันขั้นต่ำ ข้อจำกัดที่ (7) และ (8) ทำให้มั่นใจได้ว่า หากพยาบาลเข้าทำงานในกะดึกแล้ว ในเช้าวันถัดมาจะไม่ถูกกำหนดให้ทำงานต่อได้ ส่วนข้อจำกัดที่ (9) ช่วยไม่ให้เกิดการเข้ากะทำงานแบบเว้นช่วง (ไม่สามารถเข้าทำงานในกะเช้า แล้วต่อด้วยกะดึกของวันเดียวกันได้) ข้อจำกัดที่ (10) ถูกสร้างขึ้นเพื่อกำหนดจำนวนการเข้าทำงานกะดึกในกรอบการวางแผนทั้งหมด (Planning Horizon) ในขณะที่ข้อจำกัดที่ (11) ทำหน้าที่จัดสรรวันหยุดสุดสัปดาห์ขั้นต่ำให้กับพยาบาลแต่ละคน โดยในแต่ละสัปดาห์ พยาบาลแต่ละคนจะได้หยุดอย่างน้อยหนึ่งวัน นอกจากนี้ ข้อจำกัดที่ (12) ช่วยจำกัดพยาบาลที่ไม่สามารถเข้าทำงานในกะดึกได้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากปัญหาด้านสุขภาพ หรือการตั้งครรภ์ ในทำนองเดียวกัน ข้อจำกัดที่ (13) ช่วยป้องกันไม่ให้พยาบาลถูกมอบหมายในวันที่ขอลาหยุด ส่วนข้อจำกัดที่ (14) และ (15) เป็นข้อจำกัดที่ช่วยสร้างความเท่าเทียมในกะการทำงาน ของพยาบาลแต่ละคน

ตารางที่ 1 การละเมิดกฎข้อจำกัดและบทลงโทษ (น้ำหนักของการละเมิดข้อจำกัดเป็นความเห็นของพยาบาลผู้ปฏิบัติงานจริง ในแผนกฉุกเฉินของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในประเทศไทย)

ลำดับ	คำอธิบาย	ดัชนี	น้ำหนัก	ข้อจำกัด	ตัวแปรการละเมิด
1.	การละเมิดกฎจำนวนการทำงานที่ทำได้ใน 1 สัปดาห์				
1.1	จำนวนกะการทำงานสูงสุดถูกละเมิด	1	$w_1 = 1000$	3	V_1
1.2	จำนวนกะการทำงานขั้นต่ำถูกละเมิด	2	$w_2 = 900$	4	V_2
2.	การละเมิดกฎการทำงานติดต่อกัน				
2.1	จำนวนวันเข้าทำงานติดต่อกันสูงสุดในสัปดาห์ถูกละเมิด	3	$w_3 = 1200$	5	V_3
2.2	จำนวนวันเข้าทำงานติดต่อกันขั้นต่ำในสัปดาห์ถูกละเมิด	4	$w_4 = 500$	6	V_4
3.	การละเมิดกฎรูปแบบการทำงาน				
3.1	การทำงานในกะดึกแล้วห้ามต่อด้วยกะเช้าในสัปดาห์ถูกละเมิด	5	$w_5 = 1100$	7	V_5
3.2	การทำงานในกะดึกแล้วจะห้ามต่อด้วยกะเช้าข้ามสัปดาห์ถูกละเมิด	6	$w_6 = 1100$	8	V_6
3.3	การทำงานในกะเช้าแล้วห้ามต่อด้วยกะดึกในวันเดียวกันถูกละเมิด	7	$w_7 = 500$	9	V_7
4.	การละเมิดกฎจำนวนการทำงานในกะดึก				
4.1	จำนวนกะดึกสูงสุดถูกละเมิด	8	$w_8 = 1200$	10	V_8
5.	การละเมิดกฎการได้รับวันหยุดเสาร์ - อาทิตย์				
5.1	การได้วันหยุดวันเสาร์ - อาทิตย์ อย่างน้อย 1 วัน ถูกละเมิด	9	$w_9 = 2000$	11	V_9

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ทดลองสร้างปัญหาตัวอย่างขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยข้อมูลทดลองนี้ ประกอบไปด้วยจำนวนพยาบาล 10 คน กะการทำงาน 3 กะ ค่าจ้างพยาบาล ในกะเช้า 400 บาท ค่าจ้างพยาบาลในกะบ่าย 400 บาท และค่าจ้างพยาบาลในกะดึก 460 บาท โดยมีจำนวนพยาบาลที่ต้องการในแต่ละวัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนความต้องการพยาบาล(หน่วย : คน)

	กะเช้า	กะบ่าย	กะดึก
วันจันทร์	5	5	2
วันอังคาร	5	5	2
วันพุธ	5	5	2
วันพฤหัสบดี	5	5	2
วันศุกร์	5	5	2
วันเสาร์	5	5	2
วันอาทิตย์	4	4	2

ผลจากการแก้ปัญหาข้างต้นด้วยวิธีการ Scalarization ผ่านโปรแกรม IBM ILOG CPLEX Optimizer ผู้วิจัยสามารถสร้างตารางที่สอดคล้องกับข้อกำหนดต่างๆ ได้โดย

- มีค่าใช้จ่ายในการจัดจ้างพยาบาลที่เหมาะสมอยู่ที่ 135,360 บาท พยาบาลทุกคนได้รับจำนวนกะการทำงานเท่ากันที่ 33 กะการทำงาน
- มีการละเมิดข้อจำกัดที่ 9 จำนวน 8 ครั้ง และข้อจำกัดที่ 11 จำนวน 4 ครั้ง

สำหรับเวลาที่ใช้ในการจัดตารางพยาบาลรูปแบบเดิมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1 ชั่วโมงซึ่งเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการจัดตารางโดยโปรแกรมที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2 นาทีแล้ว จะสังเกตเห็นได้จาก ตัวแบบที่ถูกสร้างขึ้น สามารถลดเวลาที่ใช้ในการจัดตารางพยาบาลได้กว่า 96.67 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ตารางที่ได้ยังมีประสิทธิภาพ และมีความสม่าเสมอมากกว่าการจัดตารางแบบดั้งเดิมอีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 3 - 6

ตารางที่ 3 ตารางการทำงานของพยาบาลแต่ละกะการทำงานในสัปดาห์ที่ 1

สัปดาห์ 1	Mon			Tue			Wed			Thu			Fri			Sat			Sun		
	เช้า	บ่าย	ดึก																		
พยาบาล 1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
พยาบาล 2	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1
พยาบาล 3	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
พยาบาล 4	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
พยาบาล 5	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
พยาบาล 6	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
พยาบาล 7	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
พยาบาล 8	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
พยาบาล 9	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
พยาบาล 10	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0

ตารางที่ 4 ตารางการทำงานของพยาบาลแต่ละกะการทำงานในสัปดาห์ที่ 2

สัปดาห์ 2	Mon			Tue			Wed			Thu			Fri			Sat			Sun		
	เช้า	บ่าย	ดึก																		
พยาบาล 1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
พยาบาล 2	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
พยาบาล 3	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
พยาบาล 4	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
พยาบาล 5	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
พยาบาล 6	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
พยาบาล 7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1
พยาบาล 8	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
พยาบาล 9	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
พยาบาล 10	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0

ตารางที่ 5 ตารางการทำงานของพยาบาลแต่ละกะการทำงานในสัปดาห์ที่ 3

สัปดาห์ 3	Mon			Tue			Wed			Thu			Fri			Sat			Sun		
	เช้า	บ่าย	ดึก																		
พยาบาล 1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
พยาบาล 2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
พยาบาล 3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
พยาบาล 4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0
พยาบาล 5	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
พยาบาล 6	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
พยาบาล 7	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1
พยาบาล 8	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
พยาบาล 9	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
พยาบาล 10	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0

ตารางที่ 6 ตารางการทำงานของพยาบาลแต่ละกะการทำงานในสัปดาห์ที่ 4

สัปดาห์ 4	Mon			Tue			Wed			Thu			Fri			Sat			Sun		
	เช้า	บ่าย	ดึก																		
พยาบาล 1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
พยาบาล 2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
พยาบาล 3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
พยาบาล 4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
พยาบาล 5	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
พยาบาล 6	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
พยาบาล 7	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
พยาบาล 8	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
พยาบาล 9	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
พยาบาล 10	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1

5.สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การจัดตารางการทำงานพยาบาล ถือเป็นหนึ่งในกิจกรรมที่มีความสำคัญสำหรับพยาบาลทุกคน เพราะการได้รับมอบหมายกะการทำงานที่มีความเหมาะสม มีความเท่าเทียมในภาระงาน และมีรูปแบบกะการทำงานที่พยาบาลพึงพอใจนั้นเป็นสิ่งที่ส่งผลให้การทำงานมีประสิทธิภาพ เกิดความสุขในการทำงาน ลดความเครียดจากความเหนื่อยล้าสะสม และลดปัญหาการลาออก แต่วิธีการที่สามารถเข้าถึงปัญหาและแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับความต้องการต้องอาศัยข้อมูลจากพยาบาลผู้มีประสบการณ์ จากนั้นข้อมูลจะถูกทำให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์และนำมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมเพื่อหาคำตอบ

ผลการวิเคราะห์หาคำตอบโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์และโปรแกรม IBM ILOG CPLEX Optimizer แสดงให้เห็นว่าสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและใช้เวลานานสำหรับปัญหาขนาดเล็ก ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ โดยสามารถให้คำตอบตั้งวัตถุประสงค์ที่ 1 ที่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดของค่าจ้างพยาบาลที่เหมาะสมที่สุด, วัตถุประสงค์ที่ 2 ที่สร้างมาตรฐานความเท่าเทียมกัน และวัตถุประสงค์ที่ 3 มีบทลงโทษหากมีการละเมิดข้อจำกัดที่กำหนดไว้

สำหรับการวิจัยนี้ในอนาคตจะถูกพัฒนาให้สามารถรองรับข้อจำกัดต่างๆ และถูกนำไปใช้กับโรงพยาบาลอื่นๆในประเทศไทยอย่างแพร่หลายเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังเข้าสู่สังคมสูงอายุ (Aging society) ฉะนั้นการเตรียมการรับมือกับความต้องการ (Demand) ของผู้เข้า

รับบริการทางการแพทย์นั้นเป็นสิ่งสำคัญ และในขั้นถัดไปของงานวิจัยครั้งนี้จะได้รับการพัฒนาให้สามารถรองรับกับกลุ่มทดลองที่มีจำนวนมากขึ้นและมีความซับซ้อนมากขึ้นเป็นข้อดีของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้เมื่อจำนวนพยาบาล หรือข้อจำกัดเพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นต้องแก้ปัญหาขนาดใหญ่โดยใช้วิธีการ เมตา ฮิวริสติก อัลกอริทึมในภายภาคหน้า

6. เอกสารอ้างอิง

[1] J. Guo, J. F. Bard, "A column generation-based algorithm for midterm nurse scheduling with specialized constraints, preference considerations, and overtime," *Computers & Operations Research.*, vol. 138, 2022.

[2] R. Bruni, P. Detti, "A flexible discrete optimization approach to the physician scheduling problem," *Operations Research for Health Care.*, vol. 3, pp.191-199, 2014.

[3] R. Silvestro, C. Silvestro, "An evaluation of nurse rostering practices in the national health service," *Journal of Advanced Nursing.*, vol. 32, no. 3, pp. 525-535, 2000.

- [4] E. K. Burke, P. D. Causmaecker, G. V. Berghe and H. V. Landeghem, “The state of the art of nurse rostering,” *Journal of Scheduling.*, vol. 7, no. 6, pp. 441-499, 2004.
- [5] C. A. Glass, R. A. Knight, “The nurse rostering problem: A critical appraisal of the problem structure,” *European Journal of Operational Research*, vol. 202, pp. 379–389, 2010.
- [6] A. C. Svirsko, B. A. Norman, D. Rausch and J. Woodring, “Using mathematical modeling to improve the emergency department nurse-scheduling process,” *Journal of Emergency Nursing.*, vol. 45, no. 4, pp. 425-432, 2019.
- [7] D. L. Kellogg and S. Walczak, “Nurse Scheduling: from academia to implementation or not?,” *Interfaces.*, vol. 37, no. 4, pp. 355-369, 2007.
- [8] A. H. Nabil, S. M. E. Sharifnia and L. E. Cárdenas-Barrón, “Mixed integer linear programming problem for personnel multi-day shift scheduling: A case study in an Iran hospital,” *Alexandria engineering journal.*, vol. 61, no. 1, pp. 419-426, 2022.
- [9] A. Legrain, H. Bouarab and N. Lahrichi. “The nurse scheduling problem in real-life,” *Journal of Medical Systems.*, vol. 39, no. 1, pp. 160, 2015.