

การเปรียบเทียบกฎการจัดตารางแบบฮิวริสติกพลวัตในการจ่ายน้ำมันของคลังน้ำมัน

ศุภณัฐ สีทา¹, อังศุมาลิน เสนจันทรธิไชย^{*2} และ วรโชค ไชยวงศ์³

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

Received: 1 May 2022; Revised: 17 October 2022; Accepted: 25 October 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานในการจัดตารางการเติมน้ำมันแบบฮิวริสติกพลวัตให้กับรถบรรทุกน้ำมันโดยกฎการจ่ายงานต่าง ๆ ซึ่งการจัดตารางการเติมน้ำมันแบบฮิวริสติกพลวัตนี้จะคำนึงถึงความสำคัญของการใช้งานปั๊มจ่ายน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากปั๊มแต่ละตัวของคลังน้ำมันกรณีศึกษาสามารถจ่ายน้ำมันให้กับรถบรรทุกน้ำมัน 2-5 คันพร้อม ๆ กัน และคำสั่งซื้อที่ถูกจัดตารางเป็นคำสั่งซื้อที่สามารถรับน้ำมันได้หลายชนิดในเวลาเดียวกัน จึงมีผลให้กระบวนการจัดตารางจะเป็นแบบฮิวริสติกพลวัต (Dynamic Heuristic) โดยการเปรียบเทียบระหว่างกฎการจัดลำดับแบบจำนวนการดำเนินการที่เหลืออยู่น้อยที่สุด (Least Operation Remaining, LOPNR) กับกฎการจัดลำดับแบบจำนวนการดำเนินการที่เหลืออยู่มากที่สุด (Most Operation Remaining, MOPNR) และกฎการจัดลำดับแบบเวลาปฏิบัติงานรวมมากที่สุด (Largest Total Processing Time, LTPT) กับกฎการจัดลำดับแบบเวลาปฏิบัติงานมากที่สุด (Largest Processing Time, LPT) รวม 4 วิธีในการจัดลำดับความสำคัญของใบคำสั่งซื้อ โดยการจัดตารางเวลาจะคำนึงถึงจำนวนหัวจ่ายที่ถูกใช้งาน งานที่เหลืออยู่ในระบบ และการใช้พลังงานของปั๊มที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา จากการจัดตารางด้วยฮิวริสติกพลวัตทั้งหมด 4 วิธี พบว่าการจัดตารางด้วยกฎจำนวนการดำเนินการที่เหลืออยู่น้อยที่สุด (LOPNR) ร่วมกับกฎการจัดลำดับแบบเวลาปฏิบัติงานมากที่สุด (LPT) มีการใช้พลังงานต่อการเติมน้ำมัน 1 ลิตรน้อยที่สุด ลดลงร้อยละ 42 จากการใช้พลังงานเดิมเฉลี่ย 0.42 วัตต์ชั่วโมงต่อลิตร เหลือเพียง 0.24 วัตต์ชั่วโมงต่อลิตร มีผลให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเฉลี่ยของปั๊มเป็นจำนวนเงิน 200,215.25 บาทต่อเดือน ทั้งนี้การจัดตารางดังกล่าวดำเนินการภายใต้กระบวนการจัดตารางที่รู้จำนวนงานล่วงหน้า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนงานระหว่างการจัดตาราง และออกแบบโดยการคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของคลังน้ำมันเป็นหลัก

คำสำคัญ: การจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกแบบพลวัต, กฎการจัดลำดับแบบจำนวนการดำเนินการที่เหลืออยู่น้อยที่สุด, กฎการจัดลำดับแบบจำนวนการดำเนินการที่เหลืออยู่มากที่สุด, กฎการจัดลำดับแบบเวลาปฏิบัติงานรวมมากที่สุด, กฎการจัดลำดับแบบเวลาปฏิบัติงานมากที่สุด

* Corresponding author. E-mail: angsumalin.s@chula.ac.th

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

³ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Comparison between the dynamic heuristic scheduling rules in the fuel distribution process of the fuel depot

Supanut Sitha¹, Angsumalin Senjuntichai*² and Worachok Chaiwong³

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,
Bangkok 10330

Received: 1 May 2022; Revised: 17 October 2022; Accepted: 25 October 2022

Abstract

This research demonstrates the comparison of the energy efficiency improvement by the dynamic heuristics scheduling of the truck. Filling-fuel scheduling is considered based on the pump's usage, which is changing all the time. Since the pump can handle 2-5 nozzles at the same time and the orders consist of more than one fuel type with different fuel volumes. The Dynamic Heuristic Scheduling is proposed by comparing the Least Operation Remaining with Most Operation Remaining rules and the Largest Total Processing Time with the Largest Processing Time to prioritize fuel orders by considering the number of used-fuel nozzles and work remaining in the system, which are changing all the time. With four dynamic heuristic methods, the dynamic heuristic scheduling by Least Operation Remaining combined with the Largest Processing Time yields the least energy usage. The energy for one-liter fuel was reduced by 42%, from 0.42 watts-hour per liter to 0.24 watts-hour per liter. This also affected the pump energy cost reduction of 200,215.25 Baht per month on average. The scheduling technique is based on a stable ordering process in which volumes and orders do not change during the scheduling process and is also limited by the physical characteristics of the depot.

Keywords: dynamic heuristic scheduling, least operation remaining, most operation remaining, largest total processing time, largest processing time

* Corresponding author. E-mail: angsumalin.s@chula.ac.th

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

³ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

1. บทนำ

ในการดำเนินธุรกิจ การตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าเป็นสิ่งสำคัญที่มาพร้อมด้วยคุณภาพ ต้นทุน และเวลา สำหรับธุรกิจการจำหน่ายน้ำมัน นอกจากการเก็บรักษาน้ำมันให้มีคุณภาพที่ดีแล้ว คลังน้ำมันมีหน้าที่ในการบริหารต้นทุนและเวลาในการจ่ายน้ำมันให้กับลูกค้า โดยคลังน้ำมันกรณีศึกษาเป็นคลังน้ำมันที่มีปริมาณการจำหน่ายน้ำมันสูงที่สุดในประเทศไทย มีรถบรรทุกเข้ามาใช้บริการจำนวนมาก เปิดดำเนินการทุกวัน ตลอด 24 ชั่วโมง โดยพนักงานขับรถสามารถกำหนดเวลาที่จะเข้ามาใช้บริการด้วยตนเอง ทำให้มีรถบรรทุกเข้ามาใช้บริการพร้อม ๆ กัน และมีจำนวนมากกว่าความสามารถที่คลังน้ำมันให้บริการได้ ทำให้เกิดแถวคอย ประกอบกับข้อมูลการดำเนินงานในเดือนมีนาคม 2564 คลังน้ำมันจะมีเวลาปฏิบัติงาน (Makespan) เฉลี่ยมากกว่า 24 ชั่วโมง ทั้ง ๆ ที่คลังน้ำมันมีความสามารถในการเติมน้ำมันตามปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าให้เสร็จได้เฉลี่ย 10 ชั่วโมง 32 นาทีต่อวัน ด้วยการดำเนินการปัจจุบันยังส่งผลให้การใช้พลังงานของอุปกรณ์หลักซึ่งนำเสนอในรายงานการใช้พลังงานประจำปี ได้แก่ ปั๊มที่ใช้ในการเติมน้ำมันใช้งานไม่เต็มกำลังที่สามารถจ่ายได้ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน

การจัดตารางการทำงานเป็นกิจกรรมในการจัดลำดับการผลิตหรือบริการที่มีความสำคัญมากกิจกรรมหนึ่งในขั้นตอนการวางแผนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินงานให้สูงสุดและลดต้นทุนการผลิต โดยการจัดตารางการทำงานมีหลายวิธี [1, 2] และสามารถแบ่งกฎการจัดตารางตามความซับซ้อนของวิธีการเป็น 3 กลุ่มหลัก ๆ ดังนี้ 1. กฎลำดับความสำคัญอย่างง่าย เช่น First Come First Serve (FCFS), Earliest Due Date (EDD), Shortest Processing Time (SPT), Longest Processing Time (LPT), Minimum Slack Time (MST) 2. กฎการจัดตารางเวลาฮิวริสติก (Heuristic) ซึ่งเป็นการประยุกต์กฎอย่างง่ายโดยพิจารณาจากข้อมูลหรือทางเลือกที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น Look Ahead หรือ Alternate Operation 3. กฎอื่น ๆ ที่ถูกออกแบบมาเพื่องานนั้น ๆ โดยเฉพาะ เช่น กฎที่ออกแบบมาเพื่อเวลาล่าช้าของงาน

(Least Job Slack Ratio) หรือ Processing Time Factor สำหรับสายการผลิตที่เครื่องจักรทำงานแบบขนาน

โดยกฎการจ่ายงานดังกล่าวสามารถปรับให้เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์สำหรับการจัดลำดับความสำคัญให้กับงานบนเครื่องจักรได้อีกหลากหลายเป็นจำนวนมากกว่า 100 กฎ [1] นอกเหนือจากนั้นกฎการจ่ายงานยังสามารถแบ่งตามลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามเวลา [2, 3] ได้ 2 ประเภทระหว่าง กฎแบบสถิต (Static Rule) และแบบพลวัต (Dynamic Rule) ที่ลำดับความสำคัญของแต่ละงานไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ตามลำดับ

เนื่องจากลักษณะงานแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันตามโครงสร้างของโรงงาน เครื่องจักร อุปกรณ์ และการดำเนินงาน รวมถึงวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการทำงาน มีผลให้การจัดตารางการทำงานมีความหลากหลายและมีผลให้กฎในการให้ความสำคัญกับลำดับงานแบบผสมหรือฮิวริสติกได้รับความนิยมมากขึ้น ดังจะเห็นได้ในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง [4] ที่มีการพัฒนาการจัดตารางการผลิตวิธีใหม่ โดยการนำกฎการจ่ายงาน 2 วิธีมาผสมผสานกันสำหรับการให้ความสำคัญกับใบสั่งซื้อ ได้แก่ SPT และ Slack1 โดยงานวิจัยนี้พบว่าการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกแบบผสมผสานเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสามารถลดจำนวนงานล่าช้าได้ดีที่สุด รวมถึงสามารถลดปริมาณสินค้าคงคลังซึ่งส่งผลให้ต้นทุนรวมลดลง นอกจากนี้วิธีฮิวริสติกอื่น เช่น Least Operation Remaining (LOPNR) [5] ยังเป็นกฎที่ใช้งานได้ดีที่สุดในการทดลองจัดลำดับความสำคัญของงานในการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop) อีกด้วย

การใช้วิธีฮิวริสติกยังสามารถประยุกต์ใช้กับวิธีการจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบตามสั่ง ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้กฎอย่างง่ายและกฎฮิวริสติกในอุตสาหกรรมสิ่งทอ [6] เช่น First Comes First Serve (FCFS), EDD, SPT, LPT, MST, EDD+LPT, EDD+MST พบว่าวิธีฮิวริสติกแบบ EDD+LPT มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีผลให้จำนวนงานล่าช้าลดลงมากที่สุด ซึ่งข้อสรุปนี้สอดคล้องกับข้อสรุปของสุเทพ บุตรดีและคณะ [7] ที่เปรียบเทียบกฎอย่างง่าย กฎฮิวริสติก และกฎฮิวริสติกแบบผสมผสาน (Hybrid Heuristic) ในการแก้ไขปัญหาวิธีการจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบตามสั่ง พบว่าการจัด

ตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกแบบผสมผสานเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพเหมาะกับงานที่มีลักษณะเฉพาะตัว

โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบวิธีการจัดตารางการเติมน้ำมันของรถบรรทุกให้กับคลังน้ำมันกรณีศึกษาโดยวิธีฮิวริสติกพลวัต เพื่อให้เกิดการใช้งานปั๊มจ่ายน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เวลาการเข้ามารับบริการ จำนวนแถวคอยและการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง จากข้อมูลในเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2564 พบว่ามีลูกค้าเข้ามาใช้บริการเฉลี่ย 358 รายต่อวัน โดยลูกค้าแต่ละรายมียอดการสั่งซื้อน้ำมัน 1- 6 ชนิด เฉลี่ย 4 ชนิดต่อใบสั่งซื้อ ปริมาณสั่งซื้อเฉลี่ย 9,996,274 ลิตรต่อวัน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของปั๊มในการจ่ายน้ำมัน 4,204 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน หรือ 12 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกค้า หรือ 0.42 วัตต์ต่อลิตร

เนื่องด้วยการดำเนินการจ่ายน้ำมันมีลักษณะที่เฉพาะตัว คือ ช่องจ่ายน้ำมัน (สถานีงาน) สามารถจ่ายน้ำมันได้พร้อมกันสูงสุด 4 ชนิด และโรงจ่ายประกอบด้วยช่องจ่ายจำนวน 14 ช่องจ่ายที่สามารถจ่ายน้ำมัน 1-4 ชนิดที่แตกต่างกันจำนวน 5 รูปแบบเปรียบเสมือนสถานีงานมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน โดยลูกค้าแต่ละรายสามารถสั่งน้ำมันได้ตามต้องการทั้งชนิดและปริมาณ มีผลให้ใบสั่งซื้อหรือใบงานมีความแตกต่างกัน ทำให้การจัดตารางการจ่ายน้ำมันมีความซับซ้อนและแตกต่างจากการจัดตารางการผลิตอื่น ๆ ประกอบกับวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการจ่ายน้ำมันเน้นที่การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของปั๊มจ่ายน้ำมันที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพื่อลดการสูญเสียพลังงานที่เกิดจากการใช้งานอุปกรณ์ปั๊ม และคาดหวังว่าการจัดตารางการจ่ายน้ำมันที่น่าเสนอจะสามารถลดการรอของลูกค้าที่มาพร้อมกัน และลดเวลาการทำงานในแต่ละวัน ส่งผลให้มีความสามารถในการจ่ายน้ำมันในแต่ละวันเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการจัดตารางการผลิตอื่น ๆ ที่เน้นการผลิตที่สามารถส่งมอบสินค้าได้ตามกำหนดเวลา สามารถลดจำนวนงานล่าช้าหรือลดปริมาณสินค้าคงคลัง จากลักษณะดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการจัดตารางการจ่ายน้ำมันสำหรับคลังน้ำมันกรณีศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เฉพาะที่แตกต่างจากการจัดตารางการผลิตอื่น รวมถึงข้อกำหนดที่แตกต่างจากงานวิจัยอื่น

2. วิธีการวิจัย

2.1 กฎการจ่ายงาน

การจ่ายงาน (Dispatching Rule) ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ไขความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในกรณีที่มีเซตของงานตั้งแต่ 2 งานขึ้นไปคอยรับบริการจากเครื่องจักร (ทรัพยากร) เครื่องเดียวกัน โดยงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบผลการจัดตารางการจ่ายน้ำมันด้วยการเปรียบเทียบค่าพลังงานของปั๊มซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักในการเติมน้ำมัน ที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของคลังน้ำมัน ซึ่งกฎการจ่ายงานที่จะใช้ในการจัดตารางการจ่ายน้ำมันประกอบไปด้วยการเปรียบเทียบกฎ 2 คู่ ได้แก่ กฎ Most Operation Remaining (MOPNR) และ Least Operation Remaining (LOPNR) ที่ลำดับความสำคัญสูงสุดให้กับงานที่มีจำนวนขั้นตอนการทำงานมากที่สุดและน้อยสุด ตามลำดับ และอีกคู่คือ กฎ Largest Total Processing Time (LTPT) และ Largest Processing Time (LPT) ที่ลำดับความสำคัญสูงสุดให้กับงานที่มีระยะเวลาการทำงานรวมมากที่สุดและระยะเวลาการทำงานมากที่สุด ตามลำดับ จากกฎทั้ง 4 กฎ นำมาทดลองจัดตารางการจ่ายน้ำมันโดยจะมีการเปรียบเทียบการใช้กฎการจ่ายงานทั้ง 4 มาผสมผสานกันเป็น 4 กลุ่มคือ MOPNR+LTPT, MOPNR+LPT, LOPNR+LTPT และ LOPNR+LPT

2.2 เงื่อนไขในการจัดตารางการจ่ายน้ำมัน

คลังน้ำมันกรณีศึกษาเป็นคลังน้ำมันที่มีการผสมน้ำมันแบบตามสั่งโดยจะผสมที่โรงจ่ายก่อนจะจ่ายให้กับรถบรรทุกน้ำมัน ซึ่งการจ่ายน้ำมันให้ลูกค้าจะมีการผสมน้ำมันพื้นฐานกับน้ำมันทางเลือกเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมัน 6 ชนิดที่พร้อมจำหน่ายได้แก่ 1. น้ำมันเบนซินธรรมดาไร้สารตะกั่ว (Unleaded Gasoline, ULG) 2. น้ำมันแก๊สโซฮอล์ อี 11 ออกเทน 91 (GSH91) 3. น้ำมันแก๊สโซฮอล์ อี 11 ออกเทน 95 (GSH95) 4. น้ำมันแก๊สโซฮอล์ อี 85 (E85) 5. น้ำมันแก๊สโซฮอล์ อี 20 (E20) 6. น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา (HSD B7, B10 และ B20) โดยน้ำมันจะถูกจ่ายให้กับ

รถบรรทุกน้ำมัน ภายในโรงจ่ายน้ำมันที่มีช่องให้บริการทั้งหมด 14 ช่อง มีจำนวนหัวจ่ายรวม 47 หัวจ่าย ประกอบด้วยหัวจ่ายน้ำมัน ULG, GSH91, GSH95, E85, E20 และ HSD จำนวน 4, 9, 6, 3, 5 และ 20 หัวจ่ายตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยที่ช่องจ่ายที่ 1-7, 9 และ 11 สามารถจ่ายน้ำมันพร้อมกันได้ 4 ชนิด และช่องจ่ายที่ 8, 10 และ 12-14 สามารถจ่ายน้ำมันดีเซลได้เพียงชนิดเดียว

การจ่ายน้ำมันที่โรงจ่ายจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ปั๊มเพื่อสูบน้ำมันพื้นฐานออกจากถังเก็บเพื่อจ่ายให้กับรถบรรทุกน้ำมัน โดยปั๊มที่ใช้ในการจ่ายน้ำมันพื้นฐานแต่ละชนิดจะมีขนาด จำนวน ปริมาณการใช้ไฟฟ้า รวมถึงจำนวนหัวจ่ายของน้ำมันแต่ละชนิดแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2 โดยจะมีกำลังการจ่ายน้ำมันสูงสุดรวม 18.5 ล้านลิตรต่อวัน แบ่งเป็นกำลังการจ่ายน้ำมันสูงสุดสำหรับ HSD, GSH91, G-Base 2 (GSH95 และ E20), ULG และ E85 จำนวน 8.16, 3.43, 2.29+2.08, 1.42 และ 1.3 ล้านลิตรต่อวัน ตามลำดับ

2.3 การจัดตารางการจ่ายน้ำมัน

ในการจัดตารางการจ่ายน้ำมันจะมีขั้นตอนเบื้องต้นในการแบ่งกลุ่มใบคำสั่งซื้อตามจำนวนชนิดน้ำมัน เช่น ใบคำสั่งซื้อที่มี 6, 5, 4, ... , 1 ชนิดน้ำมัน และการประยุกต์ใช้วิธีวิธีวิสติกในการกำหนดลำดับความสำคัญของงานให้หัวข้อ 2.3.1 ระหว่าง กฎที่ให้ความสำคัญกับงานที่มีขั้นตอนการทำงานน้อยที่สุดกับมากที่สุดก่อน (LOPNR กับ MOPNR) และในหัวข้อ 2.3.2 สำหรับการจัดตารางโดยเปรียบเทียบกฎที่ให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาในการทำงานรวมกับเวลาในการทำงานสูงที่สุดก่อน (LTPT กับ LPT) ผลสมกับการตัดสินใจแบบพลวัตสำหรับจัดลำดับความสำคัญให้กับปั๊มซึ่งมีการใช้งานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยมีรายละเอียดในแต่ละหัวข้อดังนี้

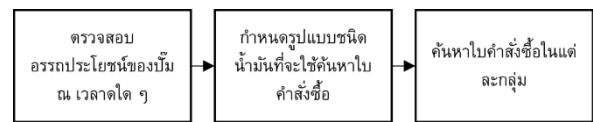
2.3.1 จัดกลุ่มใบคำสั่งซื้อ

จัดกลุ่มใบคำสั่งซื้อตามจำนวนการดำเนินการที่เหลืออยู่โดยอาศัยกฎ MOPNR และ LOPNR เปรียบเทียบกัน ซึ่งจำนวนการดำเนินการที่เหลืออยู่หมายถึงจำนวนรอบของการเติมน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อ ซึ่งหากพิจารณาลักษณะของช่องจ่ายน้ำมันในตารางที่ 1 จะสามารถจำแนกกลุ่มของ

ใบคำสั่งซื้อเป็น 2 แบบคือใบคำสั่งซื้อที่มีน้ำมันไม่เกิน 4 ชนิดสามารถเติมน้ำมันพร้อมกันได้ในรอบเดียวและใบคำสั่งซื้อที่มีน้ำมัน 5-6 ชนิดที่มีความจำเป็นในการเติมน้ำมันสองรอบ เช่นหากใช้กฎ MOPNR จะทำให้กลุ่มใบคำสั่งซื้อที่มีชนิดน้ำมัน 6 และ 5 ชนิด (ตามลำดับ) มีลำดับความสำคัญสูงกว่าและเข้ารับบริการก่อนกลุ่มใบคำสั่งซื้อที่มีชนิดน้ำมัน 4, 3, 2 และ 1 ชนิด (ตามลำดับ) เป็นต้น ในขณะที่กฎ LOPNR จะให้ความสำคัญกับกลุ่มใบคำสั่งซื้อที่มีชนิดน้ำมัน 4, 3, 2 และ 1 ชนิด ที่สามารถเติมน้ำมันได้ภายในรอบเดียวเข้ารับบริการก่อนกลุ่มใบคำสั่งซื้อที่มีชนิดน้ำมัน 6 และ 5 ชนิด

2.3.2 จัดตารางใบคำสั่งซื้อ

การจัดตารางใบคำสั่งซื้อน้ำมันจะดำเนินการตามลำดับความสำคัญที่ถูกจัดไว้ในขั้นตอนที่ 2.3.1 โดยจะอาศัยหลักการใช้อรรถประโยชน์ของปั๊มแต่ละชนิดน้ำมัน ณ เวลาใด ๆ ต่ำสุดเพื่อเพิ่มการใช้งานปั๊มของน้ำมันชนิดนั้น เช่น ณ เวลาหนึ่งมีการใช้หัวจ่ายของน้ำมันดีเซล 11 หัวจ่ายแสดงให้เห็นว่าปั๊มของน้ำมันดีเซลมีการใช้อรรถประโยชน์ต่ำเนื่องจากปั๊มของน้ำมันดีเซลหนึ่งตัวสามารถใช้กับหัวจ่ายจำนวน 5 หัวจ่าย ดังนั้นมีการใช้งานปั๊มของน้ำมันดีเซลเติมกำลัง 2 ตัวและ 20% จำนวน 1 ตัว เพื่อเพิ่มอรรถประโยชน์ของปั๊มน้ำมันดีเซลจะต้องสำรวจว่ามีช่องจ่ายใดที่มีหัวจ่ายน้ำมันดีเซลว่างอยู่บ้าง โดยช่องจ่ายนั้น ๆ จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของชนิดน้ำมันทั้ง 4 ชนิดที่จะได้ลำดับความสำคัญแรกในกลุ่มใบสั่งน้ำมัน 4 ชนิด โดยการจัดลำดับรูปแบบของชนิดน้ำมันสำหรับใบสั่งซื้อที่มี 4, 3, 2 และ 1 ชนิดน้ำมันมีรายละเอียด แสดงด้วยแผนผังขั้นตอนดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการจัดลำดับรูปแบบใบคำสั่งซื้อ

เมื่อได้รูปแบบของชนิดน้ำมันที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดเช่น รูปแบบน้ำมันที่ประกอบด้วย GSH91, E85, GSH95 และ HSD แล้ว จะมีการจัดลำดับความสำคัญของใบคำสั่งในแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะใช้กฎ LTPT เปรียบเทียบกับกฎ LPT หากใช้กฎ LTPT กลุ่มใบคำสั่งซื้อทุกกลุ่ม (ที่มีชนิด

น้ำมันตั้งแต่ 1-6 ชนิด) ที่ใบคำสั่งซื้อมีระยะเวลาในการจ่ายน้ำมันรวมสูงสุดจะได้ลำดับความสำคัญก่อน เช่น ใบคำสั่งซื้อที่มี 4 ชนิดน้ำมัน ประกอบด้วยน้ำมัน GSH95, E20, GSH91 และ HSD โดยใบคำสั่งซื้อที่ 1 ใช้เวลาการเติมของแต่ละชนิดน้ำมัน 3, 5, 4, 7 นาที ตามลำดับ และใบคำสั่งซื้อที่ 2 ใช้เวลาการเติมของแต่ละชนิดน้ำมัน 3, 3, 2, 8 นาที ตามลำดับ ใบคำสั่งซื้อที่ 1 ที่มีเวลารวม 19 นาทีจะมีลำดับความสำคัญก่อนใบคำสั่งซื้อที่ 2 ที่มีเวลารวม 16 นาที เพราะระยะเวลาการเติมน้ำมันรวมสูงกว่าเป็นต้น ในขณะที่กฎ LPT จะให้ความสำคัญกับใบคำสั่งซื้อที่มีระยะเวลาการจ่ายน้ำมันสูงสุดเข้ารับบริการก่อน ดังนั้นด้วยกฎ LPT ใบคำสั่งซื้อที่ 2 ที่มีเวลาการจ่ายน้ำมันสูงสุด 8 นาทีจะมีลำดับความสำคัญก่อนใบคำสั่งซื้อที่ 1 ที่มีเวลาการจ่ายน้ำมันสูงสุด 7 นาที เป็นต้น โดยการจัดลำดับดังกล่าวจะใช้กับใบคำสั่งซื้อทุกกลุ่ม จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการกำหนดช่องจ่ายให้กับใบคำสั่งซื้อแต่ละกลุ่มโดยแบ่งวิธีการกำหนดช่องจ่ายเป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะการจ่ายน้ำมันคือ กลุ่มที่สามารถจ่ายน้ำมันเสร็จภายในรอบเดียว และกลุ่มที่จำเป็นต้องมีการวนรอบไปอีกช่องจ่ายเพื่อจ่ายให้ครบ โดยขั้นตอนดังกล่าวต้องพิจารณาการใช้งานของปั๊มที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีผลให้การจัดตารางการจ่ายน้ำมันมีรูปแบบพลวัต (Dynamic) ซึ่งการกำหนดช่องจ่ายให้ใบคำสั่งซื้อมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เลือกช่องจ่ายที่สามารถจ่ายน้ำมันได้เร็วที่สุดจากทุกช่องจ่ายในรูปแบบชนิดน้ำมันที่ถูกกำหนดให้มีลำดับความสำคัญเป็นลำดับแรก เช่น ใบคำสั่งซื้อที่มี 4 ชนิดน้ำมัน ได้แก่ น้ำมัน GSH91, E85, GSH95 และ HSD มีความสำคัญลำดับแรกสามารถเติมน้ำมันได้ที่ช่องจ่ายหมายเลข 2, 4 และ 6 (ดังแสดงในตารางที่ 1) ถ้าช่องจ่ายที่ 6 ว่างก่อนให้เลือกช่องจ่ายที่ 6 ในการเติมน้ำมันคำสั่งซื้อนี้

2. กำหนดเวลาเติมน้ำมัน โดยพิจารณาจำนวนหัวจ่ายที่ใช้ ณ เวลาล่าสุดของน้ำมันดังกล่าวถ้าหากจำนวนหัวจ่ายใช้งานไม่เต็มจำนวนสูงสุดที่ปั๊มชนิดนั้นสามารถจ่ายได้ให้กำหนดเวลาในการเติมน้ำมันสำหรับใบสั่งซื้อนั้น ๆ เป็นเวลาที่ว่างเร็วที่สุด เช่น ช่องจ่ายที่ 6 ว่างเวลา 08.05 น. และปั๊มของน้ำมัน GSH91, E85, GSH95 และ HSD ณ เวลา 08.05 น. มีการใช้งาน 3, 2, 7 และ 12 หัวจ่ายตามลำดับ แสดงว่าปั๊มยังใช้งานไม่เต็มจำนวนสูงสุด (แสดงในตารางที่ 2) ดังนั้นสามารถกำหนดเวลาเติมน้ำมันของคำสั่งซื้อนี้ที่ช่องจ่ายหมายเลข 6 เริ่มเวลา 08.05 น. โดยเวลาสิ้นสุดการเติมน้ำมันกำหนดโดยเวลาเริ่มบวกด้วยเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันมากที่สุดของใบสั่งซื้อนี้ซึ่งจะเป็นเวลาที่ช่องจ่ายที่ 6 ว่างสำหรับใบสั่งซื้อถัดไป แต่ถ้าจำนวนหัวจ่ายถูกใช้งานเต็ม

ตารางที่ 1 ประเภทช่องจ่ายและชนิดน้ำมันที่รองรับและอัตราการจ่ายของน้ำมันแต่ละชนิด

ประเภทช่องจ่าย ชนิดน้ำมัน	A	B	C	D	E	อัตราการจ่าย (ลิตร/นาที)
HSD	✓	✓	✓	✓	✓	769.24
GSH91	✓	✓	✓	✓		1454.55
ULG	✓			✓		946.35
E20	✓		✓			1006.29
GSH95		✓	✓	✓		1250
E85		✓				731.27
หมายเลขช่องจ่าย	1, 5, 11	2, 4, 6	3, 7	9	8, 10, 12-14	

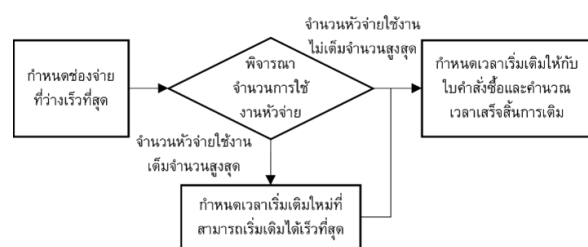
ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและจำนวนการใช้งานหัวจ่ายของปั๊มที่ใช้กับน้ำมันแต่ละชนิด

น้ำมัน	ขนาด (kW)	จำนวน (ตัว)	จำนวนหัวจ่ายที่ใช้ได้พร้อมกันสูงสุด	กำลังไฟฟ้าที่ใช้เมื่อมีการใช้หัวจ่ายเป็นจำนวน (kW)				
				1 หัวจ่าย	2 หัวจ่าย	3 หัวจ่าย	4 หัวจ่าย	5 หัวจ่าย
HSD	315	4	20 (4 ตัว*5 หัวจ่าย)	89.84	92.09	96.58	99.39	101.07
GSH91	52	3	9 (3 ตัว*3 หัวจ่าย)	21	23	24.5		
G-Base2 (GSH95 และ E20)	55	3	9 (3 ตัว*3 หัวจ่าย)	22.11	24.21	26.32		
ULG	52	3	4 (จำนวนสูงสุดที่มีในช่องจ่าย)	21	23	25		
E85	52	2	3 (จำนวนสูงสุดที่มีในช่องจ่าย)	21	22.5			

จำนวนแล้ว ให้พิจารณาเวลาถัดไปที่จำนวนหัวจ่ายของปั๊มแต่ละชนิดใช้งานไม่เต็มจำนวน ซึ่งเวลาดังกล่าวจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเติมน้ำมันในช่องจ่ายอื่นเสร็จสิ้นและส่งผลให้จำนวนหัวจ่ายที่ถูกใช้งานลดลง และทำการกำหนดเวลาเติมน้ำมันของใบคำสั่งซื้อนั้น ๆ จากนั้นคำนวณเวลาเสร็จของแต่ละรายการในแต่ละใบรายการสั่งซื้อ

3. กำหนดช่องจ่ายและเวลาการเติมน้ำมันสำหรับใบสั่งซื้อในลำดับถัดไปตามขั้นตอนก่อนหน้า จนครบทุกใบสั่งซื้อที่มีรายการน้ำมันสั่งซื้อ 4, 3, 2 และ 1 ชนิด ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 2 จนครบทุกใบคำสั่งซื้อในวันนั้น ๆ (ทุกใบรายการสั่งซื้อถูกกำหนดช่องจ่ายและเวลาครบแล้ว) จะได้ตารางเวลาการเติมน้ำมันของทุกใบรายการสั่งซื้อประเภทนี้ โดยคำสั่งซื้อทั้งกลุ่มที่เติมน้ำมันภายใน 1 รอบ และกลุ่มใบคำสั่งซื้อที่เติมน้ำมัน 2 รอบจะดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าวทั้งหมด ซึ่งกลุ่มใบคำสั่งซื้อที่เติมน้ำมัน 2 รอบมีรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนของการเติมน้ำมัน 2 รอบโดยการเติมน้ำมันรอบแรกให้ได้จำนวนชนิดน้ำมันมากที่สุดคือ 4 ชนิดน้ำมัน ดังนั้นใบสั่งซื้อที่มี 6 และ 5 ชนิดนั้น จะมีการเติม

น้ำมันรอบแรก จำนวน 4 ชนิดและรอบสองจำนวน 2 และ 1 ชนิดน้ำมันตามลำดับ และเนื่องจากใบคำสั่งซื้อชนิดดังกล่าวมีการเติมน้ำมัน 2 รอบเพราะข้อจำกัดในด้านลักษณะทางกายภาพของโรงจ่ายน้ำมัน การกำหนดช่องจ่ายให้กับใบคำสั่งซื้อที่จำเป็นต้องวนรอบ (ใบคำสั่งซื้อน้ำมัน 6 และ 5 ชนิด) จึงแบ่งวิธีการจัดตารางการจ่ายน้ำมันออกเป็น 2 รอบ โดยที่การจ่ายรอบแรกและรอบที่สองควรจะต้องเนื่องกัน เพื่อลูกค้าหรือพนักงานขับรถไม่ต้องเสียเวลารอระหว่างการจ่ายแต่ละรอบ ดังนั้นการจัดตารางสำหรับใบสั่งซื้อกลุ่มนี้จะพิจารณาช่องจ่าย 2 ช่องที่ว่างต่อเนื่องกันพอดี โดยมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 ขั้นตอนการจัดตารางใบคำสั่งซื้อน้ำมัน 1-4 ชนิด

3. ผลการวิจัย

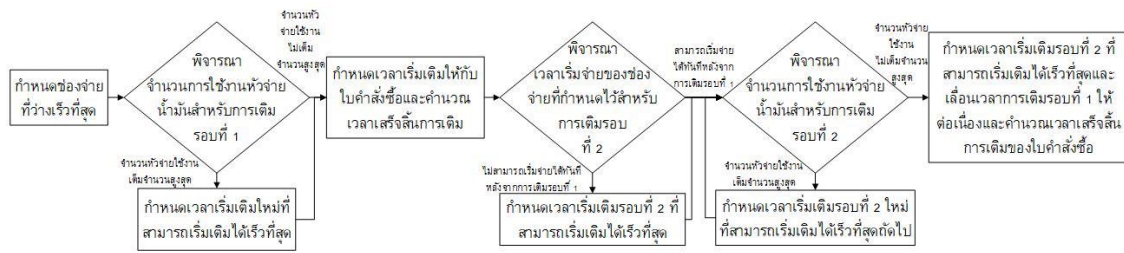
การจัดตารางการจ่ายน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อด้วยวิธีวิธิตกแบบพลวัตที่มีรายละเอียดจากที่กล่าวมาข้างต้น จะได้ผลการจัดตารางที่มีการกำหนดช่องจ่ายและเวลาจ่ายน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อในแต่ละวันทำให้มีการใช้งานหัวจ่ายพร้อมกัน และการใช้งานของปั๊มเต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการจ่ายน้ำมันมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วย จากการทดลองจัดตารางการเติมน้ำมันให้กับใบคำสั่งซื้อที่เกิดขึ้นในเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2564 ด้วยกฎการจ่ายงานแบบผสม พบว่าการใช้ปั๊มมีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากการใช้งานหัวจ่ายพร้อม ๆ กันตามจำนวนหัวจ่ายที่ใช้ได้มากที่สุดของปั๊มในแต่ละชนิดน้ำมัน ส่งผลให้พลังงานที่ใช้ในแต่ละวันของเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2564 ลดลงแสดงดังรูปที่ 4 และตารางที่ 3 โดยปริมาณพลังงานของปั๊มที่ใช้้น้อยที่สุดสำหรับการเติมน้ำมันในแต่ละวันซึ่งเป็นค่าเป้าหมาย (Target Energy) คำนวณจากปริมาณของน้ำมันแต่ละชนิดรวมกันจากใบคำสั่งซื้อทั้งหมดในแต่ละวันหารด้วยอัตราการเติมน้ำมันชนิดนั้น ๆ แล้วนำเวลาที่ได้ออกด้วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับจำนวนหัวจ่ายสูงสุดของปั๊มน้ำมันชนิดนั้น ๆ

4. สรุปผลการวิจัย

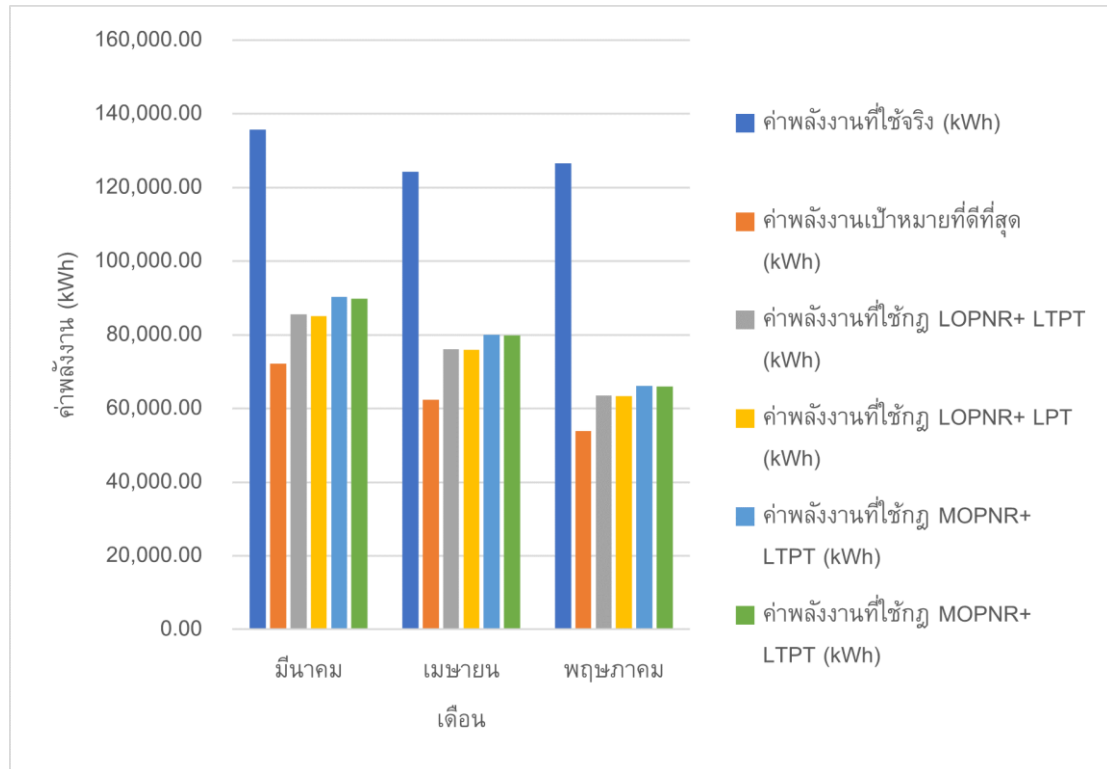
จากปริมาณพลังงานของปั๊มที่ได้จากผลการจัดตารางการเติมน้ำมันให้กับลูกค้าโดยกำหนดเวลาและช่องจ่ายน้ำมัน ด้วยวิธีวิธิตกแบบพลวัตโดยอาศัยกฎการจ่ายงานแบบผสมให้กับข้อมูลใบคำสั่งซื้อย้อนหลังของแต่ละเดือนในหัวข้อที่ 2 เปรียบเทียบกับค่าพลังงานที่ใช้จริงในแต่ละเดือนจากการดำเนินการปกติของคลังน้ำมัน (ข้อมูลจากฝ่ายบำรุงรักษาของคลังน้ำมัน) และค่าพลังงานเป้าหมายที่ดีที่สุดดังรูปที่ 4 และตารางที่ 3 พบว่าการใช้กฎ LOPNR ที่ให้ความสำคัญกับใบรายการสั่งซื้อที่สามารถเติมเสร็จในรอบเดียว ได้แก่ ใบสั่งซื้อที่มีจำนวนชนิดน้ำมัน 4, 3, 2 และ 1 ก่อนใบรายการสั่งซื้อที่มีจำนวนชนิดน้ำมัน 6 และ 5 ชนิดตามลำดับ ร่วมกับกฎ LPT ที่ให้ความสำคัญกับใบรายการ

สั่งซื้อที่มีเวลาของการเติมน้ำมันในใบรายการสั่งซื้อสั้นจากมากไปน้อย และการกำหนดเวลาเติมให้กับใบสั่งซื้อที่เรียงความสำคัญตามกฎดังกล่าวทั้งสองกฎจะอาศัยหลักการใช้อัตราประโยชน์สูงสุดของปั๊มที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา เพื่อจะพยายามให้มีการใช้หัวจ่ายให้มากที่สุดตามกำลังของปั๊ม ทำให้ปั๊มมีการใช้พลังงานเต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้ค่าพลังงานที่เป็นผลของการจัดตารางการจ่ายน้ำมันต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กฎการจ่ายงานแบบผสมอีก 3 แบบที่เหลือ และยังมีค่าพลังงานต่ำกว่าค่าพลังงานที่เกิดจากการปฏิบัติงานปกติโดยไม่มีการจัดตารางและมีค่าเข้าใกล้มากที่สุดในส่วน of ค่าพลังงานเป้าหมายที่ดีที่สุด โดยกฎการจ่ายงานแต่ละกฎมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันสรุปได้ดังตารางที่ 4 แต่มีการดำเนินงานที่เหมือนกันในทางปฏิบัติ คือการใช้งานผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ต้องการความเชี่ยวชาญของพนักงานเพื่อเตรียมข้อมูลก่อนการจัดตาราง และการประสานงานร่วมของฝ่ายจัดคิวกับลูกค้า เพื่อให้ลูกค้ามาถึงคลังน้ำมันตามตารางการเติมน้ำมันที่กำหนดจากโปรแกรมการจัดตาราง โดยเผื่อเวลาสำหรับลูกค้าในส่วนของการตรวจสอบอุปกรณ์และความปลอดภัยก่อนเข้าโรงจ่าย ณ บ่อรักษาความปลอดภัย และในส่วนของการรับบริการที่ฝ่ายการเงิน และบริการอื่น ๆ ที่จำเป็น

จากการจัดตารางด้วยวิธีดังกล่าวสำหรับใบสั่งซื้อทั้งหมดในเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2564 พบว่าปั๊มมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยลดลงจาก 4,203.73 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวันหรือ 12 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกค้า เหลือ 2,437.7 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวันหรือ 6.96 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อลูกค้า ทำให้ปริมาณพลังงานลดลงเฉลี่ย 2,176.25 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลให้ค่าไฟลดลง 200,215.25 บาทโดยเฉลี่ยต่อเดือนหรือ 2,402,583 บาทต่อปี ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 5 นอกเหนือจากนั้นการจัดตารางดังกล่าวช่วยให้เวลารอของลูกค้าลดลง ส่งผลให้ลูกค้ามีความพอใจในการบริการของคลังน้ำมันมากขึ้น รวมถึงการบริหารเวลาสำหรับคลังน้ำมันที่ดีขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 3 ขั้นตอนการจัดตารางใบคำสั่งซื้อน้ำมัน 5 และ 6 ชนิด



รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าพลังงานจากการจัดตารางด้วยกฎต่าง ๆ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าพลังงานจากการจัดตารางด้วยกฎต่าง ๆ

เดือน	ค่าพลังงานที่ใช้จริง (kWh)	ค่าพลังงานเป้าหมายที่ดีที่สุด (kWh)	ค่าพลังงานเมื่อใช้กฎ LOPNR ร่วมกับกฎอื่น ๆ (kWh)		ค่าพลังงานเมื่อใช้กฎ MOPNR ร่วมกับกฎอื่น ๆ (kWh)	
			LTPT	LPT	LTPT	LPT
มีนาคม	135,778.56	72,202.08	85,629.55	85,049.88	90,374.25	89,803.61
เมษายน	124,323.84	62,405.40	76,164.84	75,923.72	80,058.38	79,909.61
พฤษภาคม	126,640.32	53,883.39	63,450.79	63,294.89	66,127.24	65,996.63
เฉลี่ย	128,914.24	62,830.29	75,081.73	74,756.16	78,853.29	78,569.95

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของกฎการจ่ายงาน

กฎการจ่ายงาน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อเสนอแนะ/ข้อควรระวัง
LOPNR	เวลาโดยเฉลี่ยของงานในระบบจะต่ำที่สุด ทำให้เกิดสินค้าคงเหลือในระหว่างการผลิตน้อยและสามารถประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ	งานที่มีขั้นตอนในการผลิตเยอะ ๆ มักถูกผลักไปอยู่ในอันดับท้าย ทำให้มีเวลารอคอย	หากน้ำมันของแต่ละชนิดในคำสั่งซื้อเดียวกันมีปริมาณต่างกัน จะทำให้การจ่ายน้ำมันไม่ต่อเนื่อง เกิดเวลาเปลืองงานในตารางการจ่ายน้ำมัน
MOPNR	กรณีที่มีงานใหม่เข้ามาแทรกอยู่เสมอ ๆ และเป็นงานที่มีขั้นตอนน้อยกว่า หากใช้ MOPNR ในการจัดลำดับงานงานที่ได้รับการจัดอันดับให้ทำก่อนจะไม่ถูกงานใหม่แทรก	เวลาโดยเฉลี่ยของงานในระบบสูง ทำให้เวลารอสูงขึ้น	เนื่องจากให้ความสำคัญกับกลุ่มใบคำสั่งซื้อที่เติมน้ำมัน 2 รอบก่อน จะส่งผลให้ใบคำสั่งซื้อที่เติมน้ำมัน 1 รอบถูกผลักไปอยู่ท้ายตาราง ส่งผลให้เวลาปิดงาน (Makespan) สูงขึ้น
LTPT	สามารถสร้างขวัญกำลังใจในการทำงานให้แก่พนักงานได้เนื่องจากเมื่องานยาก ๆ ที่ใช้เวลานานผ่านไปแล้วก็จะเหลือแต่งานง่าย ๆ ที่ใช้เวลาไม่นาน ทำให้กำลังใจในการทำงานดีขึ้น	มักทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตงานทั้งหมดนานและยังทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรด้านการผลิตต่ำอีกด้วย	เมื่อลักษณะคำสั่งซื้อที่มีปริมาณน้ำมันแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน จะทำให้มีการใช้งานหัวจ่ายที่ต่อเนื่อง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ต่อเนื่องและเต็มประสิทธิภาพ
LPT			เมื่อลักษณะคำสั่งซื้อที่มีปริมาณน้ำมันแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน จะทำให้การใช้งานหัวจ่ายทุกชนิดเริ่มและหยุดจ่ายไม่พร้อมกัน ทำให้การใช้งานปั๊มไม่ต่อเนื่องกัน

ตารางที่ 5 ค่าไฟจากการจัดตาราง

เดือน	ค่าไฟที่จ่ายจริง (บาท)	ค่าไฟเมื่อใช้กฎ LOPNR ร่วมกับกฎ LPT (kWh)	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของค่าไฟ (%)	ค่าเฉลี่ยค่าไฟที่เปลี่ยนแปลง (บาท)
มีนาคม	511,399.76	320,333.98	37.36	200,215.25
เมษายน	443,937.36	271,109.50	38.93	
พฤษภาคม	473,315.33	236,563.23	50.02	
เฉลี่ย	476,217.48	276,002.23	42.10	

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. S. Panwalkar and W. Iskander, "A survey of scheduling rules," *Operations Research.*, vol. 25, no. 1, pp. 45-61, 1977.
- [2] ปารเมศ ชูติมา, เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน, พิมพ์ครั้งที่ 2., กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.
- [3] C. C. New, "Job shop scheduling: Is application of dispatching rules feasible?," *Journal of the Operational Research Society.*, vol. 26, no. 1, pp. 35-43, 1975.
- [4] ปวีร์ธิดา พัฒน่อภิพงษ์, ปุณณมี สัจจกมล และ ไอลดา ตริรัตน์ตระกูล, "การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกแบบผสม กรณีศึกษา: โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ," *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.*, ปีที่ 25, ฉบับที่ 1, น. 226-233, 2561.
- [5] T. C. Papadopoulou, "Application of Lean Scheduling and Production Control in Non-repetitive Manufacturing System using Intelligent Agent Decision Support," Ph.D Philosophy, Brunel University, London, UK, 2013.
- [6] ยอดดวงใจ นาคปฐม, "การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ," *วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม, 2555.*
- [7] สุเทพ บุตรดี, ชัยวัฒน์ นุ่มทอง และ ปัญจพร แพใหญ่, "วิธีการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกแบบผสมเพื่อประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด" ใน *การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2550, ภูเก็ต, ประเทศไทย, 2550.*