NUEJ
Naresuan University
Engineering Journal

การแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่เปรียบเทียบกับกฎกำหนดส่งเร็วที่สุด: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

Solving Production Scheduling Problems Using a Local Search Metaheuristic in Comparison with the Earliest Due Date Rule: A Case Study of the Cosmetics Industry

สายสัมพันธ์ ซุ้นเจริญ[1], ธีรภพ เกษศิลป์[2], เอกราช กองสี[2], เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น[1] และ ภาณุ บูรณจารุกร[1*]
Saisumpan Sooncharoen[1], Thiraphob Ketsin[2], Aekarat Konsee[2], Saowalak Tongklin[1] and Panu Buranajarukorn[1*]

[1] อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย
[2] นิสิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย

* Corresponding author e-mail: panub@nu.ac.th

(Received: 19 May 2026, Revised 28 May 2026, Accepted 22 June 2026)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้วิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ เพื่อหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของระบบการผลิตจริง ปัญหาการจัดตารางการผลิตเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนสูงในงานวิจัยการดำเนินงาน เนื่องจากจำนวนทางเลือกของลำดับงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามขนาดของปัญหา ทำให้การหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีเชิงแน่นอนอาจใช้เวลาในการคำนวณสูง งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีค้นหาเฉพาะที่ร่วมกับกฎกำหนดส่งเร็วที่สุดในการจัดลำดับงานและตารางการทำงาน เพื่อเปรียบเทียบและค้นหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับกรณีศึกษาขนาดต่าง ๆ จากข้อมูลการผลิตของอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ตัวชี้วัดหลักของผลลัพธ์คือค่าต้นทุนรวมของงานทั้งหมดในระบบ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนรวมจากการจัดตารางการผลิตให้ต่ำที่สุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีค้นหาเฉพาะที่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีในการลดต้นทุนรวมได้สูงสุด 4,000 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 26.17 ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีความซับซ้อนและมีข้อจำกัดหลายประการในภาคอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: การจัดตารางการผลิต, วิธีค้นหาเฉพาะที่, กฎกำหนดส่งเร็วที่สุด, ต้นทุนรวมของงานทั้งหมด, อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

Abstract

This study presents a production scheduling approach for the cosmetic products industry by focusing on the application of a Local Search metaheuristic to determine effective production sequences under practical manufacturing constraints. Production scheduling is a highly complex problem in operations research because the number of possible job sequences increases rapidly as the problem size becomes larger. As a result, exact optimization approaches may require substantial computational effort, particularly for practical industrial cases. Therefore, this study applies a Local Search method combined with the Earliest Due Date rule to compare and identify effective solutions for different case study sizes obtained from cosmetic production data. The main performance measure is the total cost of all jobs in the system, with the objective of minimizing the overall production scheduling cost. The experimental results indicate that the Local Search approach can provide effective solutions for reducing total cost and is suitable for addressing complex production scheduling problems with multiple practical constraints in industrial applications.

Keywords: Production Scheduling, Local Search, Earliest Due Date Rule, Total Cost of All Jobs, Cosmetics Industry

1. บทนำ

การจัดตารางการผลิตเป็นกระบวนการสำคัญในการบริหารจัดการระบบการผลิต เนื่องจากเป็นการกำหนดลำดับงาน การจัดสรรงานให้กับทรัพยากรหรือเครื่องจักร และการควบคุมให้งานสามารถดำเนินไปตามระยะเวลาที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในระบบการผลิตที่มีเครื่องจักรหลายหน่วยหรือมีงานหลายรายการ ลำดับของงานที่ถูกจัดสรรให้แก่เครื่องจักรแต่ละเครื่องจะส่งผลโดยตรงต่อค่าชี้วัดด้านการผลิต เช่น เวลาปิดงานของระบบ เวลาการไหลของงาน เวลาล่าช้า และต้นทุนรวมของระบบ ดังนั้น การจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ลดความล่าช้า และลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานในภาคอุตสาหกรรม (เชฎฐา ชำนาญหล่อ, จันจิรา คงชื่นใจ, ธนพันธ์ คงทอง และ กาญจนา บุญชู, 2562)

อย่างไรก็ตาม ปัญหาการจัดตารางการผลิตมักเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง โดยเฉพาะเมื่อจำนวนงาน จำนวนเครื่องจักร หรือเงื่อนไขของระบบการผลิตเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนทางเลือกของลำดับงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามขนาดของปัญหา งานวิจัยด้านการจัดตารางงานได้อธิบายว่าปัญหาลักษณะนี้มักอยู่ในกลุ่มปัญหาแบบ NP-Hard หรือ Combinatorial Optimization ซึ่งการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงแน่นอนอาจใช้เวลาในการคำนวณสูงมากเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น เช่น กรณีที่มีงานจำนวน n งาน จะมีความเป็นไปได้ของลำดับงานมากถึง n! ส่งผลให้การแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเดิมทำได้ยากและอาจไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในปัญหาจริงของภาคอุตสาหกรรม (อดุลย์ พุกอินทร์, 2557)

จากข้อจำกัดดังกล่าว วิธีฮิวริสติกและเมตะฮิวริสติกจึงถูกนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต เนื่องจากสามารถค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพดีภายในระยะเวลาที่เหมาะสม แม้ว่าจะไม่สามารถรับประกันได้ว่าคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเชิงคณิตศาสตร์เสมอไป แต่วิธีดังกล่าวมีความยืดหยุ่นและเหมาะสมกับปัญหาที่มีตัวแปรตัดสินใจจำนวนมากหรือมีข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการคำตอบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในระบบการผลิตจริง (สุวิมล คำแสน, อธิวัฒน์ บุญมี และ อัมภิกา บุญมี, 2561) นอกจากนี้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนาน (Parallel Machine Scheduling) ยังแสดงให้เห็นว่าการใช้ฮิวริสติก เช่น EDD, Shortest Processing Time (SPT) และอัลกอริทึมที่ปรับปรุงเพิ่มเติม สามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อเลือกวิธีการจัดตารางที่เหมาะสมกับลักษณะของอุตสาหกรรมแต่ละประเภทได้ (เชฎฐา ชำนาญหล่อ และคณะ, 2562)

ในงานวิจัยนี้ โรงงานกรณีศึกษาเป็นอุตสาหกรรมเครื่องสำอางที่มีลักษณะการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า และเดิมใช้กฎกำหนดส่งงานเร็วที่สุด หรือ Earliest Due Date (EDD) เป็นแนวทางในการจัดลำดับงาน ซึ่งเป็นวิธีที่เข้าใจง่ายและสอดคล้องกับการให้ความสำคัญกับวันส่งมอบ อย่างไรก็ตาม เมื่อมีงานหลายรายการและต้องจัดสรรงานให้กับหน่วยผลิตหลายหน่วย การใช้ EDD เพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถให้ผลลัพธ์ด้านต้นทุนรวมที่ดีที่สุดได้ การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากกรณีศึกษาอุตสาหกรรมเครื่องสำอางจำนวน 5 ขนาดปัญหา และเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธี Local Search Algorithm กับวิธี EDD โดยใช้ต้นทุนรวมของงานทั้งหมดในระบบเป็นตัวชี้วัดหลัก และมีเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนรวมให้ต่ำที่สุด (ธีรภพ เกษศิลป และ เอกราช กองสี, 2567)

วิธี Local Search เป็นแนวทางหนึ่งของเมตะฮิวริสติกที่มุ่งค้นหาคำตอบที่ดีขึ้นจากคำตอบเริ่มต้น โดยปรับเปลี่ยนลำดับงานในบริเวณใกล้เคียงของคำตอบเดิม แล้วเปรียบเทียบค่าคำตอบเพื่อเลือกคำตอบที่เหมาะสมกว่า แนวทางนี้เหมาะสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีพื้นที่คำตอบขนาดใหญ่และไม่สามารถตรวจสอบคำตอบทั้งหมดได้ภายในเวลาที่เหมาะสม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการนำ Local Search ไปใช้ร่วมกับวิธีการค้นหาอื่นสามารถช่วยเพิ่มศักยภาพของการหาคำตอบและทำให้ผลลัพธ์ของการจัดตารางงานดีขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีพื้นฐานบางรูปแบบ (อดุลย์ พุกอินทร์, 2557)

จากเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่กับกฎกำหนดส่งงานเร็วที่สุด เพื่อหาลำดับการผลิตที่ให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดภายใต้เงื่อนไขของระบบการผลิตกรณีศึกษา โดยต้นทุนรวมจะเกี่ยวข้องกับค่าจัดเก็บสินค้า (Inventory Holding Cost) และค่าเสร็จงานล่าช้า (Tardiness Penalty Cost) ที่คำนวณจากตารางการผลิต (Production Scheduling) ที่จัดขึ้น ผลการทดลองพบว่าวิธี Local Search ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธี EDD ในทุกขนาดปัญหา ได้แก่ S, M, L, XL และ XXL ภายใต้เงื่อนไขการค้นหาคำตอบจำนวน 32,000 คำตอบต่อกรณี ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของ Local Search ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีความซับซ้อนและมีหลายทางเลือกของลำดับงาน (ธีรภพ เกษศิลป และ เอกราช กองสี, 2567)

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการจัดตารางการผลิตในการวิจัยดำเนินงาน เนื่องจากสามารถแสดงให้เห็นถึงแนวทางการเลือกใช้วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตในสถานการณ์จริง โดยเฉพาะ

อุตสาหกรรมที่มีการผลิตตามคำสั่งซื้อ มีข้อจำกัดด้านกำหนดส่ง และต้องการลดต้นทุนรวมของระบบ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการผลิตของอุตสาหกรรมเครื่องสำอางต่อไป

2. การทบทวนวรรณกรรม

การจัดตารางการผลิตเป็นกระบวนการกำหนดลำดับของงานและการจัดสรรงานให้กับทรัพยากรการผลิต เช่น เครื่องจักร หน่วยผลิต หรือสายการผลิต ภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา ความสามารถของทรัพยากร และเงื่อนไขการส่งมอบสินค้า โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ระบบการผลิตดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดเวลารอคอย ลดงานล่าช้า และลดต้นทุนรวมของระบบ ปัญหาการจัดตารางการผลิตมีความสำคัญอย่างมากในงานวิจัยการดำเนินงานและวิศวกรรมอุตสาหการ เนื่องจากการเปลี่ยนลำดับงานเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลต่อเวลาสำเร็จงาน กำหนดส่งมอบ ต้นทุนการจัดเก็บ และต้นทุนจากความล่าช้าได้อย่างชัดเจน (Pinedo, 2016) ทั้งนี้ งานวิจัยของ ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และ วรวุฒิ หวังวัชรกุล (2564) ที่ศึกษาการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนานในกระบวนการทดสอบวงจรรวม ได้แสดงให้เห็นว่าการจัดตารางการผลิตสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักร และเปรียบเทียบแนวทางการจัดตารางระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับฮิวริสติกได้ โดยมีการใช้หลักการ Earliest Due Date และ Longest Processing Time (LPT) เป็นส่วนหนึ่งของวิธีฮิวริสติกแบบผสมผสาน

ปัญหาการจัดตารางการผลิตมักจัดเป็นปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมเชิงจัดหมู่หรือ Combinatorial Optimization เนื่องจากจำนวนทางเลือกของลำดับงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อจำนวนงานหรือจำนวนเครื่องจักรเพิ่มขึ้น ในหลายกรณีปัญหาการจัดตารางการผลิตมีลักษณะเป็นปัญหาแบบ NP-hard ทำให้การค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีเชิงแน่นอนใช้เวลาในการคำนวณสูงมาก โดยเฉพาะในสถานการณ์อุตสาหกรรมจริงที่มีจำนวนงานจำนวนมากและมีข้อจำกัดหลายประการ (Garey & Johnson, 1979) งานวิจัยด้านการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ลำดับงานมีผลต่อเวลาตั้งเครื่องจักรยังระบุว่าปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง และเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้นจะไม่สามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดได้โดยง่าย จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการเชิงประมาณหรือฮิวริสติกเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมภายในเวลาที่ยอมรับได้ (จักรวาล คุณะดิลก, 2564)

กฎกำหนดส่งงานเร็วที่สุด (Earliest Due Date: EDD) เป็นกฎการจัดลำดับงานพื้นฐานที่จัดเรียงงานตามวันกำหนดส่ง โดยให้งานที่มีกำหนดส่งเร็วกว่าได้รับการดำเนินการก่อน กฎดังกล่าวมีข้อดีคือเข้าใจง่าย ใช้งานสะดวก และเหมาะกับระบบการผลิตที่ต้องการให้ความสำคัญกับการลดความล่าช้าหรือรักษากำหนดส่งมอบ อย่างไรก็ตาม การใช้ EDD เพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในทุกมิติ โดยเฉพาะเมื่อเป้าหมายของระบบไม่ได้พิจารณาเฉพาะการส่งมอบตรงเวลา แต่รวมถึงต้นทุนรวม เช่น ต้นทุนจากการผลิตเสร็จก่อนกำหนด ต้นทุนการจัดเก็บ และต้นทุนจากความล่าช้า งานวิจัยของ ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และ วรวุฒิ หวังวัชรกุล (2564) จึงใช้ EDD เป็นส่วนหนึ่งของวิธีฮิวริสติกเพื่อเปรียบเทียบกับแนวทางการจัดตารางแบบอื่นในระบบเครื่องจักรขนาน

เมตะฮิวริสติกเป็นแนวทางการค้นหาคำตอบที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่มีพื้นที่คำตอบขนาดใหญ่ ซับซ้อน และยากต่อการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีเชิงแน่นอน วิธีดังกล่าวไม่ได้รับประกันว่าจะได้คำตอบดีที่สุดเชิงคณิตศาสตร์เสมอไป แต่สามารถให้คำตอบที่มีคุณภาพดีภายในเวลาคำนวณที่เหมาะสม จึงเหมาะกับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีจำนวนทางเลือกของลำดับงานสูงและมีข้อจำกัดหลายประการ (Talbi, 2009) งานวิจัยของ อดุลย์ พุกอินทร์ (2557) ได้นำวิธีเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับ Local Search มาใช้กับปัญหาการจัดตารางงาน โดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงคุณภาพของคำตอบเมื่อเทียบกับการค้นหาแบบพื้นฐาน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการผสมผสานแนวคิดเมตะฮิวริสติกกับการค้นหาเฉพาะที่สามารถใช้สนับสนุนการแก้ปัญหาการจัดตารางงานที่มีความซับซ้อนได้

วิธีค้นหาเฉพาะที่ หรือ Local Search เป็นวิธีเมตะฮิวริสติกที่เริ่มจากคำตอบต้นแบบหรือคำตอบเริ่มต้น จากนั้นทำการปรับปรุงคำตอบโดยพิจารณาคำตอบข้างเคียง เช่น การสลับลำดับงาน การย้ายตำแหน่งงาน หรือการปรับโครงสร้างบางส่วนของลำดับงาน แล้วเปรียบเทียบค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อเลือกคำตอบที่ดีขึ้น วิธีนี้เหมาะกับปัญหาการจัดตารางการผลิต เนื่องจากสามารถปรับปรุงลำดับงานเดิมให้มีผลลัพธ์ดีขึ้นได้โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบทุกความเป็นไปได้ของลำดับงานทั้งหมด โดยวิธี Local Search ถูกใช้ร่วมกับกฎ EDD เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยกำหนดให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดพิจารณาจากค่าต้นทุนรวมของงานทั้งหมดในระบบที่มีค่าน้อยที่สุด

ต้นทุนรวม (Total Cost) เป็นตัวชี้วัดสำคัญในการประเมินผลการจัดตารางการผลิต เนื่องจากสามารถสะท้อนผลกระทบของลำดับงานต่อระบบการผลิตได้มากกว่าการพิจารณาเฉพาะวันกำหนดส่งและต้นทุนรวมถูกใช้เป็นเกณฑ์

หลักในการประเมินคำตอบ โดยเป้าหมายคือการหาลำดับงานที่ทำให้ต้นทุนรวมของงานทั้งหมดในระบบต่ำที่สุด งานวิจัยดังกล่าวรายงานว่าการเปรียบเทียบระหว่าง Local Search และ EDD ดำเนินการทั้งในกรณี Rescheduling และชุดข้อมูลขนาดต่าง ๆ ได้แก่ S-problem, M-problem, L-problem, XL-problem และ XXL-problem โดยผลการทดลองส่วนใหญ่พบว่าวิธี Local Search ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธี EDD เมื่อพิจารณาจากค่าต้นทุนรวม

จากการทบทวนวรรณกรรมจะเห็นได้ว่า ปัญหาการจัดตารางการผลิตเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนสูงและมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการบริหารทรัพยากรการผลิต กำหนดส่งมอบ และต้นทุนรวมของระบบ แม้กฎ EDD จะเป็นวิธีพื้นฐานที่ใช้งานง่ายและเหมาะกับปัญหาที่ให้ความสำคัญกับกำหนดส่ง แต่เมื่อพิจารณาเป้าหมายด้านต้นทุนรวมและเงื่อนไขของระบบการผลิตจริง วิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่มีศักยภาพในการค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพสูงกว่า เนื่องจากสามารถปรับปรุงลำดับงานจากคำตอบเริ่มต้นและค้นหาทางเลือกที่ดีกว่าในพื้นที่คำตอบขนาดใหญ่ได้ ดังนั้น การเปรียบเทียบ Local Search กับ EDD ในกรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการจัดตารางการผลิตภายใต้เป้าหมายการลดต้นทุนรวมของระบบ

3. ระเบียบวิธีวิจัย

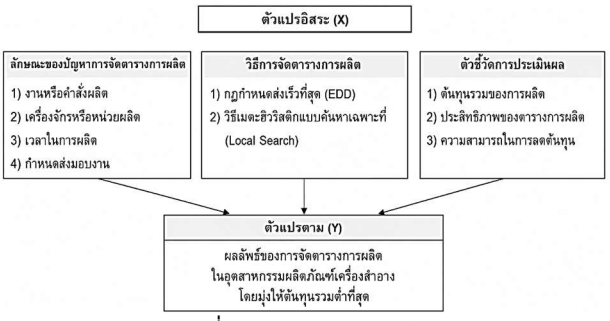
ระเบียบวิธีวิจัยในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย สมมติฐานการวิจัย กรอบแนวคิดการวิจัย และวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 สมมติฐานการวิจัย

การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ให้ค่าต้นทุนรวมของระบบต่ำกว่าการจัดตารางการผลิตด้วยกฎกำหนดส่งงานเร็วที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

3.2 กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรอิสระ (X) ในการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ ลักษณะของปัญหาการจัดตารางการผลิต วิธีการจัดตารางการผลิต และตัวชี้วัดการประเมินผล มีผลต่อตัวแปรตาม (Y) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 1 ด้านล่างนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณเชิงทดลองด้วยการคำนวณเชิงเปรียบเทียบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับกฎกำหนดส่งงานเร็วที่สุด หรือ Earliest Due Date: EDD ในกรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยมุ่งประเมินผลจากค่าต้นทุนรวมของงานทั้งหมดในระบบเป็นสำคัญ เนื่องจากปัญหาการจัดตารางการผลิตเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง และเวลาในการคำนวณมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามขนาดของปัญหา จึงเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้วิธีเมตะฮิวริสติกในการค้นหาคำตอบที่มีคุณภาพดีภายในเวลาที่เหมาะสม

ข้อมูลในการวิจัยนี้มาจากกรณีศึกษาในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โดยพิจารณาข้อมูลที่จำเป็นต่อการจัดตารางการผลิต ได้แก่ งานหรือคำสั่งผลิต เครื่องจักรหรือหน่วยผลิต เวลาในการผลิต และกำหนดส่งมอบงาน ทั้งนี้ การวิจัยมุ่งเน้นการจัดตารางการผลิตแบบเปรียบเทียบระหว่างวิธีพื้นฐานของการจัดลำดับงานตามกำหนดส่งเร็วที่สุดกับวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่

ตัวแปรอิสระ (X) ประกอบด้วย 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ (1) ลักษณะของปัญหาการจัดตารางการผลิต ซึ่งประกอบด้วย จำนวนงานหรือคำสั่งผลิต จำนวนเครื่องจักรหรือหน่วยผลิต เวลาในการผลิต และกำหนดส่งมอบงาน (2) วิธีการจัดตารางการผลิต ซึ่งประกอบด้วย กฎกำหนดส่งงานเร็วที่สุด และวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ และ (3) ตัวชี้วัดการประเมินผล ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนรวมค่าจัดเก็บสินค้า (Inventory Holding Cost) และค่าเสร็จงานล่าช้า (Tardiness Penalty Cost) ที่คำนวณจากตารางการผลิต (Production Scheduling) ที่จัดขึ้น ประสิทธิภาพของตารางการผลิต และความสามารถในการลดต้นทุน ส่วนตัวแปรตาม (Y) คือ ผลลัพธ์ของการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โดยมุ่งพิจารณาค่า

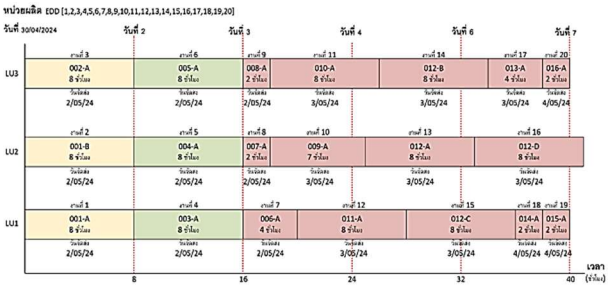
ต้นทุนรวมต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์หลักในการตัดสินประสิทธิภาพของวิธีการจัดตารางการผลิต

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเริ่มจากการจัดเตรียมข้อมูลคำสั่งผลิตของกรณีศึกษา โดยกำหนดข้อมูลพื้นฐานของแต่ละงาน ได้แก่ ลำดับงาน เวลาในการผลิต เครื่องจักรหรือหน่วยผลิตที่เกี่ยวข้อง และกำหนดส่งมอบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลคำสั่งผลิตของกรณีศึกษา

ลำดับงาน	รหัสสินค้า	ชั่วโมงการทำงาน	วันที่งานต้องส่ง
1	001-A	8	2/5/2024
2	001-B	8	2/5/2024
3	002-A	8	2/5/2024
4	003-A	8	2/5/2024
5	004-A	8	2/5/2024
6	005-A	8	2/5/2024
7	006-A	4	2/5/2024
8	007-A	2	2/5/2024
9	008-A	2	2/5/2024
10	009-A	7	3/5/2024
11	010-A	8	3/5/2024
12	011-A	8	3/5/2024
13	012-A	8	3/5/2024
14	012-B	8	3/5/2024
15	012-C	8	3/5/2024
16	012-D	8	3/5/2024
17	013-A	4	3/5/2024
18	014-A	2	4/5/2024
19	015-A	2	4/5/2024
20	016-A	2	4/5/2024

จากนั้น ทำการดำเนินการจัดตารางการผลิตให้เป็นไปตามกฎกำหนดส่งงานเร็วที่สุด (EDD) โดยเรียงลำดับงานตามวันกำหนดส่งมอบ ได้แก่ Number of solution 0 หรือ N0 คือ [1 ,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20] เพื่อใช้เป็นวิธีเปรียบเทียบพื้นฐานดังรูปที่ 2 โดยสีเหลืองคือ งานเสร็จก่อนกำหนด สีเขียวคือ งานเสร็จพอดีกำหนด และสีชมพูคือ งานเสร็จหลังกำหนด



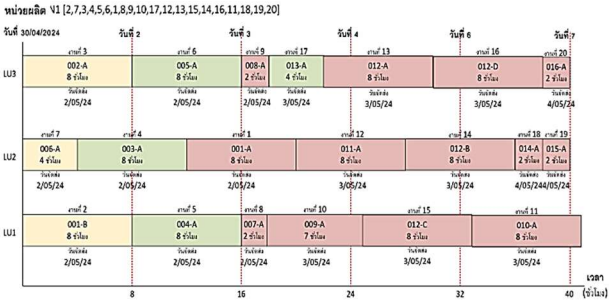
รูปที่ 2 การจัดตารางการผลิตด้วยกฎกำหนดส่งงานเร็วที่สุด (EDD)

หลังจากนั้น ให้มีการดำเนินการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ โดยเริ่มจากคำตอบตั้งต้นแล้วปรับปรุงลำดับงานผ่านการค้นหาคำตอบข้างเคียง เช่น การสลับลำดับงานหรือการเปลี่ยนตำแหน่งงานในตารางการผลิต สมมติให้ตัวอย่างการสลับลำดับงานแบบสุ่มเกิดขึ้นแตกต่างกัน 3 กรณี อันได้แก่ N1 (รูปที่ 3) N2 (รูปที่ 4) และ N3 (รูปที่ 5) ที่ได้จากวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ ดังต่อไปนี้

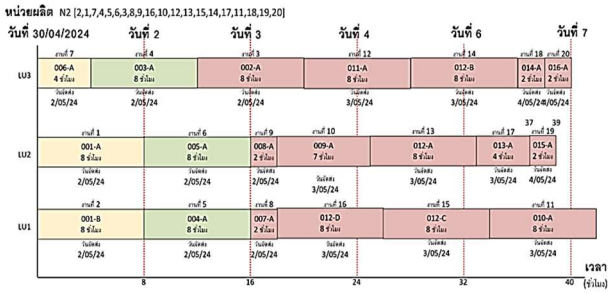
N1 [2,7,3,4,5,6,1,8,9,10,17,12,13,15,14,16,11,18,19,20]

N2 [2,1,7,4,5,6,3,8,9,16,10,12,13,15,14,17,11,18,19,20]

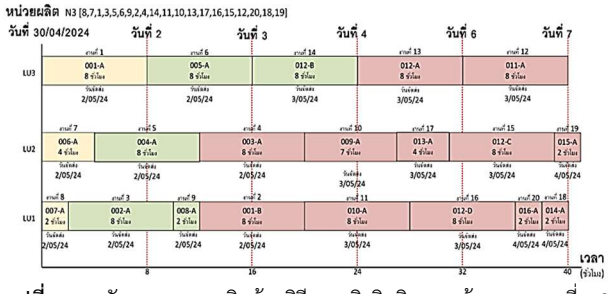
N3 [8,7,1,3,5,6,9,2,4,14,11,10,13,17,16,15,12,20,18,19]



รูปที่ 3 การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ N1



รูปที่ 4 การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ N2



รูปที่ 5 การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ N3

จากนั้นคำนวณค่าต้นทุนรวมของแต่ละคำตอบ ต้นทุนรวมจะเกี่ยวข้องกับค่าจัดเก็บสินค้าและค่าเสร็จงานล่าช้าจากการคำนวณแบบละเอียดที่อิงข้อมูลจากอุตสาหกรรมจริงในงานวิจัยของ ธีรภพ เกษศิลป์ และ เอกราช กองสี (2567) และเลือกคำตอบที่ให้ค่าต้นทุนรวมต่ำที่สุดซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

(Optimal solution) ได้ดังต่อไปนี้ คือ EDD หรือ N0 เท่ากับ 15,284 บาท N1 เท่ากับ 13,784 บาท N2 เท่ากับ 15,284 บาท และ N3 เท่ากับ 12,284 บาท

จากการคำนวณต้นทุนรวมจะเห็นได้ว่าคำตอบของกรณีตัวอย่างที่ 3 หรือ N3 ให้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด นั่นคือคำตอบที่ดีที่สุดจากการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ ที่เรียกว่าค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution)

การประเมินผลการวิจัยใช้การเปรียบเทียบค่าต้นทุนรวมที่ได้จากวิธี Local Search และวิธี EDD ในชุดข้อมูลกรณีศึกษาขนาดต่างๆ โดยพิจารณาว่าวิธีใดสามารถให้ค่าต้นทุนรวมต่ำกว่า และสามารถลดต้นทุนจากการจัดตารางการผลิตได้มากกว่า ทั้งนี้ ต้นทุนรวมถือเป็นตัวชี้วัดหลักของงานวิจัย เนื่องจากสามารถสะท้อนผลกระทบของการจัดลำดับงานต่อระบบการผลิตได้โดยตรง ทั้งในด้านงานที่เสร็จก่อนกำหนด งานที่เสร็จล่าช้า และประสิทธิภาพโดยรวมของตารางการผลิต

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ โดยนำเสนอค่าต้นทุนรวมของแต่ละวิธีในแต่ละชุดข้อมูล และคำนวณความแตกต่างของต้นทุนรวมระหว่างวิธี Local Search และ EDD เพื่อแสดงประสิทธิภาพในการลดต้นทุนของวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ หากต้องการเพิ่มความเข้มแข็งของบทความ สามารถวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วยร้อยละของการปรับปรุงผลลัพธ์ โดยคำนวณจากส่วนต่างของต้นทุนรวมระหว่างวิธี EDD และ Local Search เทียบกับต้นทุนรวมของวิธี EDD เพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธี Local Search สามารถลดต้นทุนรวมได้มากน้อยเพียงใดเมื่อเทียบกับวิธีพื้นฐาน

ดังนั้น วิธีดำเนินการวิจัยนี้จึงออกแบบให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดการวิจัย โดยเริ่มจากลักษณะของปัญหาการจัดตารางการผลิตและวิธีการจัดตารางที่ใช้เป็นตัวแปรอิสระ แล้วประเมินผลผ่านตัวชี้วัดด้านต้นทุนรวมและประสิทธิภาพของตารางการผลิต เพื่อสรุปผลว่าวิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่มีความเหมาะสมต่อการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางมากกว่ากฎกำหนดส่งงานเร็วที่สุดหรือไม่

4. ผลการวิจัย

จากการทดลองใช้งานโปรแกรมในการประมวลผลชุดข้อมูลทั้ง 5 ชุด ซึ่งในหนึ่งชุดข้อมูลจะทำการค้นหาคำตอบทั้งหมด 32,000 คำตอบ แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการค้นหาคำตอบเฉพาะที่ (LSA) เปรียบเทียบกับวิธีการจัดแบบกำหนดส่งเร็วสุด (EDD) เพื่อดูความแตกต่างระหว่างค่าคำตอบที่ได้ในต้นทุนรวมที่ต่ำสุดที่ใช้วิธี LSA เปรียบเทียบกับวิธีแบบดั้งเดิมของทางโรงงานที่ใช้วิธีกำหนดส่งเร็วสุด EDD แสดงดังตาราง 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธี Local Search กับวิธี EDD

ขนาดปัญหา	ต้นทุนรวมต่ำสุด (บาท)		% ต้นทุนรวมวิธี LSA ที่ลดลงจากวิธี EDD
	LSA	EDD	
S	11,284	15,284	26.17%
M	16,984	18,982	10.53%
L	37,028	40,382	8.18%
XL	86,746	93,026	6.75%
XXL	143,670	151,802	5.36%

ในชุดข้อมูล S-problem ได้ผลลัพธ์จากวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี Local Search ใช้เครื่องจักรในการทำงาน 3 เครื่อง มีต้นทุนรวมอยู่ที่ 11,284 บาท ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เพราะเป็นลำดับงานที่มีต้นทุนรวมระบบน้อยสุดจากจำนวนผลเฉลยทั้งหมดที่เป็นไปได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิมที่ใช้วิธี EDD พบว่ามีร้อยละของต้นทุนรวมที่ลดลงถึง 26.17%

ในชุดข้อมูล M-problem ได้ผลลัพธ์จากวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี Local Search มีเครื่องจักรในการทำงาน 5 เครื่องต้นทุนรวมอยู่ที่ 16,984 บาท ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เพราะเป็นลำดับงานที่มีต้นทุนรวมระบบน้อยสุดจากจำนวนผลเฉลยทั้งหมดที่เป็นไปได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิมที่ใช้วิธี EDD พบว่ามีร้อยละของต้นทุนรวมที่ลดลงถึง 10.53%

ในชุดข้อมูล L-problem ได้ผลลัพธ์จากวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี Local Search มีเครื่องจักรในการทำงาน 5 เครื่องต้นทุนรวมอยู่ที่ 37,028 บาท ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เพราะเป็นลำดับงานที่มีต้นทุนรวมระบบน้อยสุดจากจำนวนผลเฉลยทั้งหมดที่เป็นไปได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิมที่ใช้วิธี EDD พบว่ามีร้อยละของต้นทุนรวมที่ลดลงถึง 8.18%

ในชุดข้อมูล XL-problem ได้ผลลัพธ์จากวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี Local Search มีเครื่องจักรในการทำงาน 6 เครื่องต้นทุนรวมอยู่ที่ 86,746 บาท ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เพราะเป็นลำดับงานที่มีต้นทุนรวมระบบน้อยสุดจากจำนวนผลเฉลยทั้งหมดที่เป็นไปได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิมที่ใช้วิธี EDD พบว่ามีร้อยละของต้นทุนรวมที่ลดลงถึง 6.75%

ในชุดข้อมูล XXL-problem ได้ผลลัพธ์จากวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี Local Search มีเครื่องจักรในการทำงาน 7 เครื่องต้นทุนรวมอยู่ที่ 143,670 บาท ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เพราะเป็นลำดับงานที่มีต้นทุนรวมระบบน้อยสุดจากจำนวนผลเฉลยทั้งหมดที่เป็นไปได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิมที่ใช้วิธี EDD พบว่ามีร้อยละของต้นทุนรวมที่ลดลงถึง 5.36%

ดังนั้นสรุปผลได้ว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) ให้ค่าต้นทุนรวมของ

งานแต่ละงานที่อยู่ในระบบมีค่าน้อยที่สุดและเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับการนำไปจัดตารางการผลิต

5. สรุปและอภิปรายผล

จากตารางที่ 2 งานวิจัยเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธี การค้นหาคำตอบเฉพาะที่ (LSA) และวิธีการจัดแบบกำหนดส่งเร็วสุด (EDD) ในชุดข้อมูลขนาดปัญหา 5 ขนาด ได้แก่ S, M, L, XL และ XXL โดยใช้ตัวชี้วัดหลักคือต้นทุนรวมต่ำสุด (Minimized Total Cost) และรายงานร้อยละการลดต้นทุนของ Local Search เมื่อเทียบกับ EDD ได้ดังต่อไปนี้ คือ S-problem ลดได้ 26.17%, M-problem ลดได้ 10.53%, L-problem ลดได้ 8.18%, XL-problem ลดได้ 6.75% และ XXL-problem ลดได้ 5.36% สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1) วิธี Local Search ให้ต้นทุนรวมต่ำกว่า EDD ในทุกขนาดปัญหา โดยจากผลการทดลองพบว่า วิธี LSA ให้ค่า Total Cost ต่ำกว่าวิธี EDD ในทุกชุดข้อมูล ได้แก่ S, M, L, XL และ XXL แสดงให้เห็นว่า Local Search มีความสามารถในการค้นหาลำดับงานที่เหมาะสมกว่า EDD ภายใต้เป้าหมายการลดต้นทุนรวมของระบบ ผลลัพธ์นี้สะท้อนว่า Local Search ไม่ได้ให้ผลดีเฉพาะปัญหาขนาดเล็ก แต่ยังสามารถรักษาความสามารถในการลดต้นทุนได้แม้ขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักรเพิ่มขึ้นตามสภาพการผลิตจริง

2) วิธี EDD เหมาะกับการจัดลำดับตามกำหนดส่ง แต่ไม่เพียงพอสำหรับเป้าหมายในด้านต้นทุนรวม (Total Cost) วิธีนี้เป็นวิธีที่จัดลำดับงานโดยให้ความสำคัญกับงานที่มีกำหนดส่งเร็วที่สุดก่อน จุดแข็งคือเข้าใจง่าย ใช้งานง่าย และเหมาะกับสถานการณ์ที่เป้าหมายหลักคือการลดความล่าช้าตามกำหนดส่ง แต่ในงานนี้ตัวชี้วัดหลักคือ ต้นทุนรวมซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับกำหนดส่งเพียงอย่างเดียว ต้นทุนรวมของการจัดตารางการผลิตอาจได้รับผลกระทบจากหลายองค์ประกอบ เช่น งานที่เสร็จก่อนกำหนดมากเกินไปจนเกิดต้นทุนจัดเก็บ งานที่เสร็จหลังกำหนดจนเกิดต้นทุนล่าช้า และการจัดสรรงานที่ทำให้เครื่องจักรบางส่วนถูกใช้งานไม่สมดุล ดังนั้น การใช้ EDD เพียงอย่างเดียวจึงอาจไม่สามารถหาลำดับงานที่ให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดได้ กล่าวอีกนัยหนึ่ง EDD เป็นวิธีที่ดีในเชิง “กฎลำดับความสำคัญ” แต่ยังไม่ใช่วิธีที่เหมาะที่สุดเมื่อ Objective Function ของงานวิจัยคือ ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด (Minimized Total Cost)

3) LSA มีความเหมาะสมกับปัญหา Production Scheduling ที่มีลักษณะเป็น Combinatorial Optimization เนื่องจากปัญหาการจัดตารางการผลิตเป็นปัญหาที่จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อจำนวนงานเพิ่มขึ้น เพราะลำดับงานสามารถสลับตำแหน่งกันได้จำนวนมาก ปัญหาการจัดตารางเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง และเวลาในการคำนวณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามขนาดของปัญหา Local Search เหมาะกับลักษณะปัญหานี้ เพราะไม่จำเป็นต้องค้นหาคำตอบทุกความเป็นไปได้ แต่ใช้แนวคิดการเริ่มจากคำตอบตั้งต้น แล้วปรับปรุงคำตอบในบริเวณใกล้เคียง เช่น การสลับตำแหน่งงานหรือปรับลำดับงานบางส่วน จากนั้นประเมินว่าคำตอบใหม่ให้ต้นทุนรวมลดลงหรือไม่ ดังนั้น ผลการทดลองที่ Local Search ให้ต้นทุนต่ำกว่า EDD ในทุกกรณีจึงสนับสนุนว่าการค้นหาในพื้นที่คำตอบแบบ neighborhood search สามารถช่วยปรับปรุงลำดับงานให้เหมาะสมกับ Objective Function ได้ดีกว่าการใช้กฎเรียงลำดับแบบตายตัว

4) ประสิทธิภาพการลดต้นทุนของ Local Search มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดปัญหาใหญ่ขึ้น แม้ Local Search จะให้ต้นทุนรวมต่ำกว่า EDD ในทุกชุดข้อมูล แต่เมื่อพิจารณาร้อยละการลดต้นทุน พบว่าเปอร์เซ็นต์การลดลงมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 2 ที่แสดงให้เห็นว่า เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่มากขึ้น ร้อยละของค่าความแตกต่างของคำตอบที่ได้ของทั้งสองวิธีมีแนวโน้มลดลง ในประเด็นนี้ตีความได้ว่า เมื่อขนาดปัญหาใหญ่ขึ้น พื้นที่คำตอบมีความซับซ้อนมากขึ้น ทำให้ Local Search อาจค้นหาคำตอบที่ดีขึ้นได้ แต่ประสิทธิภาพเชิงร้อยละเมื่อเทียบกับ EDD ลดลง เนื่องจากพื้นที่คำตอบมีขนาดใหญ่ขึ้นและอาจมี local optimum จำนวนมากขึ้น ดังนั้น แม้ Local Search จะยังมีประสิทธิภาพ แต่ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นข้อจำกัดของ Local Search แบบพื้นฐาน โดยเฉพาะในปัญหาที่มีขนาดใหญ่ที่อาจต้องใช้กลไกเสริม เช่น การเพิ่มจำนวนรอบการค้นหา การปรับ neighborhood structure หรือการใช้เมตะฮิวริสติกแบบผสมเพื่อเพิ่มโอกาสในการหลุดจากคำตอบเฉพาะที่

5) มูลค่าการลดต้นทุนเชิงจำนวนเงินเพิ่มขึ้นในปัญหาขนาดใหญ่ แม้เปอร์เซ็นต์การลดต้นทุนจะลดลงเมื่อขนาดปัญหาใหญ่ขึ้น แต่เมื่อพิจารณาจากมูลค่าการลดต้นทุนจริง พบว่าปัญหาขนาดใหญ่สามารถลดต้นทุนเป็นจำนวนเงินได้มากกว่า เช่น XL-problem ลดได้ 6,280 บาท และ XXL-problem ลดได้ 8,132 บาท ประเด็นนี้มีความสำคัญเชิงอุตสาหกรรม เพราะในระบบการผลิตจริง แม้ร้อยละการปรับปรุงจะไม่สูงมาก แต่หากเป็นระบบที่มีปริมาณงานมากหรือมีการผลิตซ้ำต่อเนื่อง การลดต้นทุนเพียง 5–7% อาจมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงเมื่อนำไปใช้ในระยะยาว ดังนั้น Local Search จึงมีความน่าสนใจในเชิงปฏิบัติ ไม่ใช่เพียงเพราะให้ผลลัพธ์เชิงตัวเลขดีกว่า EDD แต่ยังสามารถ

สร้างผลประโยชน์ด้านต้นทุนในระดับที่มีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจวางแผนการผลิต

6) ผลการทดลองสามารถสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยได้ว่า วิธีเมตะฮิวริสติกแบบค้นหาเฉพาะที่ให้ค่าต้นทุนรวมของการจัดตารางการผลิตต่ำกว่าวิธี EDD เนื่องจาก Local Search ให้ค่าต้นทุนรวมที่ต่ำกว่า EDD ในทุกขนาดปัญหา จึงสามารถสรุปได้ว่า Local Search มีความเหมาะสมมากกว่า EDD สำหรับโจทย์การจัดตารางการผลิตที่มีเป้าหมายหลักคือการลดต้นทุนรวม อย่างไรก็ตาม ข้อสรุปนี้ควรถูกจำกัดอยู่ในบริบทของชุดข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ และควรมีการทดสอบเพิ่มเติมในชุดข้อมูลอื่นหรือสถานการณ์การผลิตที่แตกต่างกัน เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความสามารถในการนำผลลัพธ์ไปใช้ทั่วไป

6. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรเลือกใช้ Local Search เมื่อเป้าหมายหลักคือการลดต้นทุนรวม เนื่องจากผลการทดลอง LSA ให้ต้นทุนรวมต่ำกว่า EDD ในทุกชุดข้อมูล ดังนั้น หากโรงงานต้องการลดต้นทุนรวมของการจัดตารางการผลิต ไม่ควรใช้ EDD เป็นวิธีหลักเพียงอย่างเดียว แต่ควรใช้ Local Search เป็นเครื่องมือช่วยค้นหาลำดับงานที่ให้ต้นทุนรวมต่ำกว่า

2) วิธี EDD ควรใช้เป็นคำตอบตั้งต้นมากกว่าวิธีสุดท้าย ทั้งนี้ EDD ยังมีประโยชน์ในฐานะกฎพื้นฐานสำหรับสร้างลำดับงานเริ่มต้น เพราะเข้าใจง่ายและอิงกับกำหนดส่งงานโดยตรง อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลอง EDD ไม่ควรถูกใช้เป็นคำตอบสุดท้ายโดยไม่มีการปรับปรุงเพิ่มเติม แนวทางที่เหมาะสมคือใช้ EDD เป็น initial solution แล้วนำคำตอบนั้นไปปรับปรุงต่อด้วย Local Search เพื่อให้ได้ลำดับงานที่มีต้นทุนรวมต่ำกว่า

3) ควรเพิ่มการวิเคราะห์เชิงลึกของต้นทุนรวม โดยแยกวิเคราะห์องค์ประกอบของต้นทุนรวมเพิ่มเติม เช่น ต้นทุนจากงานเสร็จก่อนกำหนด ต้นทุนจากงานเสร็จล่าช้า จำนวนงานที่ล่าช้า จำนวนงานที่เสร็จก่อนกำหนด และผลกระทบของแต่ละลำดับงานต่อเครื่องจักรหรือหน่วยผลิต การแยกองค์ประกอบเหล่านี้จะช่วยให้เข้าใจว่า Local Search ลดต้นทุนได้จากปัจจัยใดเป็นหลัก ไม่ใช่เพียงสรุปว่าต้นทุนรวมลดลงเท่านั้น

4) ควรเพิ่มการวิเคราะห์ผลลัพธ์ตามขนาดปัญหา จากผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การลดต้นทุนลดลงเมื่อขนาดปัญหาใหญ่ขึ้น ดังนั้นควรวิเคราะห์เพิ่มเติมว่า สาเหตุเกิดจากอะไร เช่น จำนวนงานเพิ่มขึ้นทำให้พื้นที่คำตอบใหญ่ขึ้น Local Search ติด local optimum มากขึ้น จำนวนรอบค้นหายังไม่เพียงพอสำหรับปัญหาขนาดใหญ่ Neighborhood structure ที่ใช้ยังไม่เหมาะกับปัญหาขนาดใหญ่ การวิเคราะห์ส่วนนี้จะช่วยให้ผลการอภิปรายมีความลึกมากขึ้น และสามารถนำไปใช้ปรับปรุงวิธี Local Search ได้

5) ควรเพิ่มการวิเคราะห์ความคุ้มค่าระหว่างต้นทุนที่ลดลงกับเวลาในการคำนวณ แม้ Local Search จะให้ต้นทุนต่ำกว่า EDD แต่ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมว่าใช้เวลาในการคำนวณมากกว่า EDD เท่าใด และต้นทุนที่ลดลงคุ้มค่ากับเวลาคำนวณที่เพิ่มขึ้นหรือไม่ โดยเฉพาะในระบบการผลิตจริง หากต้องการนำวิธีนี้ไปใช้ในการวางแผนรายวันหรือรายสัปดาห์ ความเร็วในการหาคำตอบจะเป็นปัจจัยสำคัญร่วมกับคุณภาพของคำตอบ

6) ควรกำหนดจำนวนรอบการค้นหาและพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับขนาดปัญหา หากใช้จำนวนรอบค้นหาเท่ากันในทุกขนาดปัญหา อาจไม่ยุติธรรมต่อปัญหาขนาดใหญ่ เพราะพื้นที่คำตอบของ XL และ XXL ใหญ่กว่าปัญหา S หรือ M มาก ดังนั้นควรกำหนดจำนวนรอบการค้นหาให้สัมพันธ์กับขนาดปัญหา เช่น เพิ่มจำนวนรอบตามจำนวนงานหรือจำนวนเครื่องจักร

7. เอกสารอ้างอิง

เชฎฐา ชำนาญหล่อ, จันจิรา คงชื่นใจ, ธนพันธ์ คงทอง และ กาญจนา บุญชู. (2562). ฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรขนาน. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ., 12(2), 13-27.

จักรวาล คุณะดิลก. (2564). การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ลำดับงานมีผลต่อเวลาตั้งเครื่องจักร: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมยางรถยนต์. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 9(2), 1-14.

ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และ วรวุฒิ หวังวัชรกุล. (2564). การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนานในกระบวนการทดสอบวงจรรวม. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 9(1), 153-162.

สุวิมล คำแสน, อธิวัฒน์ บุญมี และ อัมภิกา บุญมี. (2561). การวางแผนเส้นทางการเยี่ยมชมจุดท่องเที่ยวภายใต้เงื่อนไขด้านกรอบเวลาโดยประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม: กรณีศึกษาเมืองจำลองจังหวัดชลบุรี. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 6(1), 1-12.

อดุลย์ พุกอินทร์. (2557). วิธีการแก้ปัญหาของการจัดตารางงานโดยใช้วิธีการผสมผสานเจเนติกอัลกอริทึมกับโลคอลเสิร์ช. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 7(2), 111-126.

ธีรภพ เกษศิลป์ และ เอกราช กองสี. (2567). การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์อัจฉริยะเพื่อแก้ไขปัญหาการจัดตารางโดยใช้ขั้นตอนวิธีปัญญาประดิษฐ์ประเภทการคำนวณด้านโปรแกรม: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Garey, M. R., & Johnson, D. S. (1979). Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. San Francisco: W. H. Freeman.

Pinedo, M. L. (2016). Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems. 5th ed. Cham: Springer.

Talbi, E. G. (2009). Metaheuristics: From Design to Implementation. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.