วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

บทความวิจัย

กรอบการจัดการข้อมูลและตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรพนักงานที่คำนึงถึงทักษะและการเพิ่มพูนทักษะสำหรับแผนกเย็บในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม

นพรุจ บุญเสริม และ สิรวิชญ์ สว่างนพ*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: siravit.s@eng.kmutnb.ac.th

วันที่รับบทความ: 18 กรกฎาคม 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 12 มกราคม 2569; วันที่ตอบรับบทความ: 26 มกราคม 2569

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 17 เมษายน 2569

บทคัดย่อ: อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มโดยเฉพาะในแผนกเย็บเสื้อผ้าของโรงงานแบบผลิตตามคำสั่ง (Made-to-Order Manufacturing) ต้องเผชิญกับความหลากหลายของรูปแบบผลิตภัณฑ์และการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง ผู้ผลิตรายย่อยในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทยหลายรายไม่มีเครื่องมือหรือวิธีการจัดสรรงานอย่างเป็นระบบ การตัดสินใจมักขึ้นกับประสบการณ์ของหัวหน้างานเป็นหลัก ส่งผลให้คุณภาพการตัดสินใจขึ้นกับบุคคล การจัดสรรงานสำหรับอุตสาหกรรมนี้นอกจากจะต้องจัดสรรงานให้ผลิตทันแล้วยังต้องจัดสรรงานโดยคำนึงถึงการหมุนเวียนการทำงานเพื่อให้พนักงานมีทักษะเพิ่มขึ้น ทำงานเร็วขึ้น และทำงานทดแทนกันได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนากรอบการจัดการข้อมูลและตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรพนักงานที่คำนึงถึงทักษะและการเพิ่มพูนทักษะสำหรับแผนกเย็บในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม กรอบการจัดการข้อมูลจะทำให้พนักงานมีแนวทางการจัดเก็บและใช้ข้อมูลอย่างเป็นระบบ และตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะถูกนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับชุดเครื่องมือสำหรับหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Solver) กรอบการจัดการข้อมูลและตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นถูกนำไปทดสอบใช้งานกับข้อมูลจริงของโรงงานและมีการจำลองข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อวิเคราะห์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากรอบการจัดการข้อมูลให้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการตัดสินใจจัดสรรและหมุนเวียนพนักงานและตัวแบบทางคณิตศาสตร์สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ภายในกรอบเวลาการทำงานจริงที่เหมาะสม

คำสำคัญ: ตารางทักษะ; ตัวแบบทางคณิตศาสตร์; ปัญหาการจัดสรรงาน; อุตสาหกรรมเสื้อผ้า

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

บทความวิจัย

A Data Management Framework and Mathematical Model for Worker Allocation Considering Skills and Upskilling in the Sewing Department of the Garment Industry

Nopruj Boonserm and Siravit Swangnop*

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

* Corresponding author, E-mail: siravit.s@eng.kmutnb.ac.th

Received: 18 July 2025; Revised: 12 January 2026; Accepted: 26 January 2026

Online Published: 17 April 2026

Abstract: The garment industry, particularly the sewing departments of made-to-order manufacturing factories, faces constant diversity and frequent changes in product designs. Many small-scale garment manufacturers in Thailand lack systematic tools or methods for task assignment; allocations are often made based on the personal experience of supervisors, resulting in subjective and inconsistent outcomes. In this industry, task allocation must not only ensure timely production but also promote task rotation to enhance the worker skills, improve work speed, and enable workforce flexibility through substitution. This study aims to develop a data management framework and mathematical model for skill-based worker assignment and skill enhancement in sewing departments of the garment industry. The data management framework provides a systematic approach for collecting and utilizing worker-related data, while the mathematical model is designed to be implemented with optimization tools for deriving optimal solutions. The proposed framework and model were tested using real-world data collected from a garment factory and supplemented with simulated data to assess the performance of the mathematical model. The experimental results demonstrate that the data framework effectively supports decision-making in worker assignment and rotation, and the mathematical model is capable of solving the optimal solutions within a real working timeframe.

Keywords: Skill matrix; Mathematical model; Assignment problem; Garment industry

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

1. บทนำ

อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มถือเป็นภาคการผลิตที่มีความซับซ้อนสูง โดยเฉพาะในกระบวนการเย็บประกอบเสื้อผ้า ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยทักษะเฉพาะทางจากแรงงานฝีมือ อีกทั้งยังต้องเผชิญกับความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และรูปแบบเสื้อผ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ การจัดสรรงานให้พนักงานจึงมีหลายมิติที่ต้องพิจารณาทั้งด้านความสามารถและทักษะแรงงานที่ส่งผลให้ความเร็วการผลิตของพนักงานแต่ละคนไม่เท่ากัน เวลาส่งมอบที่ถูกกำหนดโดยลูกค้า ความต่อเนื่องของขั้นตอนการผลิตที่มีลำดับที่ซับซ้อน และความสมดุลของสายการผลิตหลังจากจัดสรรงานไปแล้ว ทุกประเด็นดังกล่าวจะต้องถูกนำไปพิจารณาพร้อมกัน นอกจากนี้ สำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม การพัฒนาทักษะของพนักงานให้สามารถปฏิบัติงานได้หลากหลายขั้นตอนและทำได้รวดเร็วมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ไม่เพียงเพื่อทดแทนแรงงานที่ลาออก แต่ยังช่วยเสริมสร้างความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพการผลิตในระยะยาว [1-3]

ผู้ผลิตรายย่อยในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทยหลายรายไม่มีเครื่องมือหรือวิธีการจัดสรรงานอย่างเป็นระบบมากนัก มักขึ้นกับประสบการณ์ของหัวหน้างานเป็นหลัก ส่งผลให้คุณภาพการตัดสินใจขึ้นกับบุคคล การจัดสรรงานสำหรับอุตสาหกรรมนี้นอกจากจะต้องจัดสรรงานให้ผลิตทันแล้ว ยังต้องจัดสรรงานโดยคำนึงถึงการหมุนเวียนการทำงานเพื่อให้พนักงานมีทักษะเพิ่มขึ้น ทำงานเร็วขึ้น และทำงานทดแทนกันได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนากรอบการจัดการข้อมูลและตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรงานที่คำนึงถึงทักษะและการเพิ่มพูนทักษะสำหรับแผนกเย็บในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม กรอบการจัดการข้อมูลจะทำให้พนักงานมีแนวทางการจัดเก็บและใช้ข้อมูลอย่างเป็นระบบ และตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะถูกนำไปประยุกต์ใช้กับชุดเครื่องมือสำหรับหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Solver) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การจัดสรรงานที่สามารถผลิตงานได้ทันตามกำหนดโดยมีการหมุนเวียนพนักงานเพื่อให้เกิดการพัฒนาทักษะได้อย่างที่คาดหวังไว้ องค์ประกอบทั้งสองส่วนจะต้องทำงานร่วมกัน จะขาดส่วนใดส่วนหนึ่งไม่ได้ ถ้ามีเพียงข้อมูลแต่ไม่มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์พนักงานจะต้องใช้ประสบการณ์ในการจัดสรรงาน ถ้ามีตัวแบบทางคณิตศาสตร์แต่ไม่มีข้อมูลชุดเครื่องมือก็จะไม่สามารถหาคำตอบได้เช่นกัน ทั้งกรอบการจัดการข้อมูลและตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นถูกนำไปทดสอบใช้กับข้อมูลการผลิตจริงของโรงงานและมีการทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อวิเคราะห์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

2. การทบทวนวรรณกรรม

ปัญหาการจัดสรรกำลังคน (Worker Assignment Problem: WAP) เป็นหนึ่งในปัญหาหลักที่ภาคอุตสาหกรรมต้องเผชิญอย่างต่อเนื่อง โดยจัดอยู่ในกลุ่มของปัญหาการหาค่าเหมาะสมแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Optimization Problems) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการหาค่าเหมาะสมแบบเชิงผสม (Combinatorial Optimization) [4, 5] ทั้งนี้จุดมุ่งหมายของการจัดสรรกำลังคนอาจอยู่ในรูปแบบของสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพียงหนึ่งหรือหลายเป้าหมาย เช่น การลดรอบเวลาการผลิตให้ต่ำที่สุด การลดเวลานำส่ง (Lead Time) การลดระยะทางการเดินของพนักงานระหว่างสถานีงาน หรือการลดค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมพนักงาน

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

หนึ่งในแนวทางที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรทรัพยากร คือ แบบจำลองคณิตศาสตร์กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed - Integer Linear Programming: MILP) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิผลในการจัดสรรทรัพยากรให้เหมาะสมกับลักษณะงานเฉพาะด้าน MILP ได้ถูกประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น งานวิจัยของ Mitiku [6] ศึกษาโรงงานผลิตเครื่องโลหะ ทำการจัดสรรงานเข้ากับพนักงาน โดยวางเป้าหมายกำไรของโรงงานสูงสุด Katiraee และคณะ [7] ทำการจัดสรรพนักงานและวางเป้าหมายลดรอบเวลาการผลิตและลดจำนวนสถานีงาน Durmaz และ Koyuncu [8] ทำการจัดสรรพนักงานเข้าสู่สถานีงานให้เหมาะกับทักษะของพนักงาน Yılmaz [9] จัดสรรพนักงานเข้าสู่สายการผลิตรูปตัวยู เพื่อปรับสมดุลสายการผลิตและลดจำนวนสถานีงานรวม

ในขณะที่การศึกษาเพิ่มเติม นอกจากให้ความสำคัญในการจัดสรรพนักงานเข้าสู่สายการประกอบแล้ว ยังคำนึงถึงความสามารถหรือทักษะการเรียนรู้ของมนุษย์ด้วย แล้วพยายามสร้างแบบจำลองที่คำนึงถึงความเป็นจริงของมนุษย์ โดยการเพิ่มเงื่อนไขการเรียนรู้ ความชำนาญ ตัวอย่างงานวิจัยเช่น งานของ Han และ Park [10] พัฒนาอัลกอริธึมการจัดสมดุลงานให้กับพนักงานในสายการผลิตเสื้อผ้าสั่งตัด โดยคำนึงถึงระยะเวลาผลิตงาน ความซับซ้อนของงานและทักษะของผู้ปฏิบัติงาน Abdelsalam และคณะ [11] ศึกษาโรงงานผลิตเครื่องนุ่งห่มแล้ว พบว่าการวางแผนการผลิตในปัจจุบันล่าช้า ส่งมอบสินค้าไม่ทันกำหนดเวลา จึงได้สร้างตัวแบบคณิตศาสตร์โดยวางเป้าหมายลดเวลาว่างของเครื่องจักร ทำให้ใช้งานกำลังการผลิตที่เหลือให้เต็มประสิทธิภาพ งานของ Bao และ คณะ [12] และงานของ Xie และคณะ [13] สนใจทักษะที่แตกต่างของพนักงานแล้วทำการสมดุลสายการผลิตเสื้อผ้า และลำดับการผลิตงาน ใช้วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติก Kong และ คณะ [14] สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยเพื่อจัดสมดุลสายการผลิตเสื้อเชิ้ตวางเป้าหมายลดค่าใช้จ่ายพนักงานรวม หาคำตอบของ MILP ด้วยโปรแกรม IBM ILOG CPLEX Chen และคณะ [15] สนใจฝีมือและทักษะของพนักงานในสายการประกอบเย็บผ้าแล้วทำการจัดสรรพนักงานให้รอบเวลาในการผลิตลดลง พร้อมเปรียบเทียบการทำงานเดี่ยวกับการทำงานหลายงานภายในสถานีงาน

งานวิจัยก่อนหน้า [6-15] ได้พุ่งเป้าหมายที่การจัดสมดุลสายการผลิต ลดรอบเวลาการผลิต ลดต้นทุนการผลิต หรือจัดสรรพนักงานตามทักษะ แต่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการหมุนเวียนการทำงานเพื่อเพิ่มพูนพัฒนาทักษะของตัวพนักงาน

สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากรอบการจัดเก็บข้อมูลและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรพนักงานในโรงงานผลิตเสื้อผ้าแบบผลิตตามคำสั่ง (Made-to-Order Manufacturing) โดยอิงจากข้อมูลทักษะและเวลาการปฏิบัติงานจริงของพนักงานผ่านตารางเมทริกซ์เวลาการทำงาน (Skill Matrix) เข้ากับกลไกการเรียนรู้ของพนักงานผ่านการหมุนเวียนงานอย่างเป็นระบบ แบบจำลองคณิตศาสตร์ถูกออกแบบให้รองรับสภาพแวดล้อมการผลิตแบบ ตามคำสั่ง ปรับเปลี่ยนรูปแบบผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอ สนับสนุนการวางแผนจัดสรรพนักงาน โดยยังคงความสามารถในการผลิตให้ทันตามกำหนดส่งมอบ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

3. กรอบการจัดเก็บข้อมูลและตัวแบบทางคณิตศาสตร์

กรอบการจัดเก็บข้อมูลที่นำเสนอเริ่มจากการพิจารณาข้อมูลที่จำเป็นต่อการจัดสรรพนักงาน รวมถึงเสนอแนะแนวทางในการจัดเก็บข้อมูลหรือการคำนวณ หลังจากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้กับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น รายละเอียดแสดงได้ดัง

รูปที่ 1

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการผลิตและวิธีการจัดเก็บและคำนวณ

ข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการจัดสรรพนักงานในสายการผลิต ใช้ข้อมูล 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) รอบเวลาการทำงานและค่าแท็คไทม์ (2) ตารางเมทริกซ์เวลาการทำงานของพนักงาน (Skill Matrix) และ (3) ตารางระบุทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในสถานีงาน

3.1.1 ข้อมูลรอบเวลาการผลิตและค่าแท็คไทม์

รอบเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงาน เป็นผลรวมของงานย่อยทุกงานในสถานีงานนั้นๆ โดยสามารถเก็บข้อมูลได้จากการศึกษางาน (Time Study) แล้วนำมาสร้างแผนภูมิยามาซูมิ (Yamazumi Chart) หรือข้อมูลบันทึกขั้นตอนและรอบเวลามาตรฐานของโรงงานที่มีอยู่แล้ว

ค่าแท็คไทม์ เป็นค่าจังหวะในการผลิตที่ตรงกับความต้องการของลูกค้าในแต่ละรอบเวลา ในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มสำหรับธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก คำสั่งซื้อมักจะหลากหลายและสั่งในปริมาณไม่มาก หัวหน้าฝ่ายผลิตจะเป็นผู้กำหนดระยะเวลาสำหรับแต่ละล็อตเพื่อนำมาคำนวณค่าแท็คไทม์ ซึ่งค่าแท็คไทม์คำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\text{แท็คไทม์} = \frac{\text{เวลาที่มีในการผลิต}}{\text{ปริมาณความต้องการ}} \quad (1)$$

รูปแบบตารางเก็บข้อมูลได้แสดงในตารางที่ 1 กำหนดให้แถวแนวนอนเป็นผลิตภัณฑ์แต่ละแบบที่ต้องผลิต ส่วนคอลัมน์แนวตั้งเป็นสถานีงานและค่าแท็คไทม์และจุดตัดของตารางเป็นค่าเวลา

ตารางที่ 1 รูปแบบตารางรอบเวลาสถานีงานและค่าแท็คไทม์ตามแต่ละผลิตภัณฑ์

Station / Product	Station 1	Station 2	…	Station S	Takt Time
P.1	2.21	2.00	…	1.39	2.70
P.2	2.30	1.80	…	1.45	2.50
…	…	…	…	…	…
P.n	CT_1	CT_2	…	CT_S	TT_P

หน่วยเวลาในตารางเป็นค่าตัวอย่างและมีหน่วยเป็นนาที

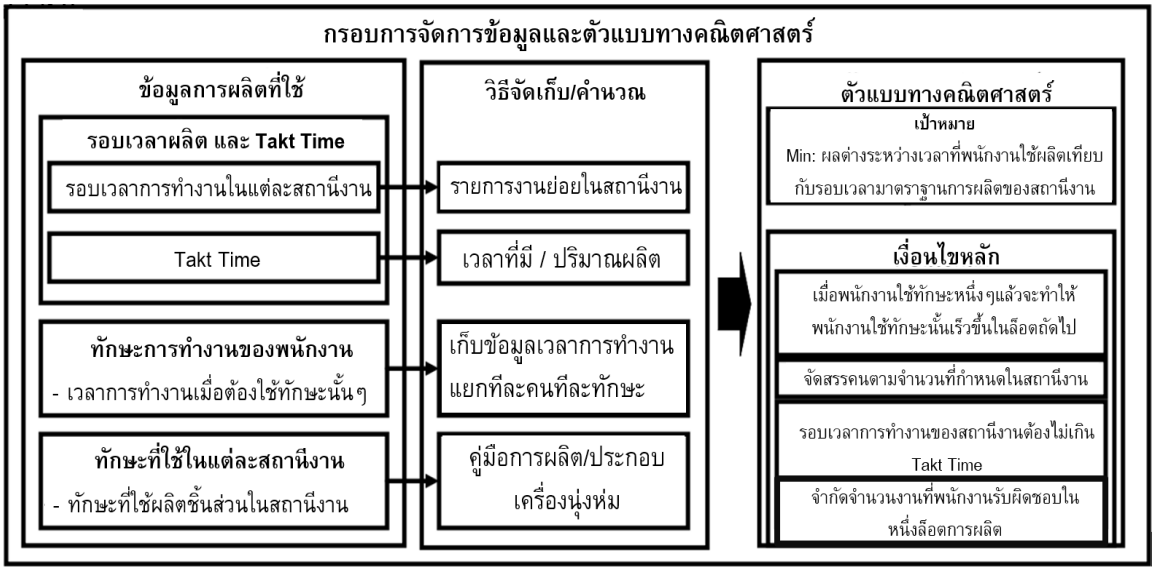
3.1.2 ข้อมูลเมทริกซ์เวลาการทำงานของพนักงาน

ตารางเมทริกซ์เวลาการทำงาน เป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้พิจารณาความแตกต่างของความสามารถรายบุคคล เพื่อจับคู่พนักงานกับงานอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการรวบรวมข้อมูลมีหลายวิธี วิธีที่ผู้วิจัยเลือกใช้สำหรับงานวิจัยนี้คือการสัมภาษณ์หัวหน้าแผนกเย็บผ้าเพื่อให้ทราบว่ามีทักษะที่จำเป็นในการผลิตแตกต่างกันกี่ทักษะในเบื้องต้นก่อน หลังจากนั้นใช้วิธีเก็บข้อมูลเวลาการทำงาน โดยใช้การทดลองทำ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

ชิ้นงานที่ใช้ทักษะนั้นๆ 10 ชิ้นงาน แยกกัน แต่ละทักษะ แล้วบันทึกวิดีโอเพื่อหาเวลาในการทำงาน



รูปที่ 1 กรอบการนำเข้าข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลและตัวแบบทางคณิตศาสตร์

จากนั้นเฉลี่ยเวลาเพื่อให้ได้เวลาการทำงาน ข้อดีของวิธีการนี้คือจะได้ค่าเวลาที่มีความแปรปรวนน้อยและระหว่างเก็บข้อมูลจะได้แนวทางในการปรับปรุงท่าทางในการทำงานอีกด้วย

รูปแบบตารางเก็บข้อมูลของเมทริกซ์เวลาการทำงาน ได้แสดงในตารางที่ โดยให้แถวแนวนอนรายชื่อของพนักงาน และคอลัมน์แนวตั้งเป็นเป็นรายการทักษะในขณะที่จุดตัดเป็นค่าเวลาการทำงาน

3.1.3 ข้อมูลตารางทักษะที่จำเป็นในแต่ละสถานีงาน

ตารางนี้เป็นเมทริกซ์ข้อมูลแบบ Boolean ระบุทักษะที่ต้องใช้ในสถานีงาน วิธีการเก็บข้อมูล พิจารณาจากคู่มือการผลิตหรือการประกอบของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการสอบถามวิธีการทำงานจากหัวหน้าแผนกเย็บผ้า รูปแบบตารางทักษะที่จำเป็นในแต่ละสถานีงานแสดงในตารางที่ 3 โดยกำหนดให้แถวแนวนอน

ตารางที่ 2 รูปแบบตารางเมทริกซ์เวลาการทำงานของพนักงาน

Skill / Operator	Skill 1	Skill 2	Skill 3	…	Skill k
A	1.97	2.25	0.66	…	A_k
B	1.05	1.75	0.71	…	B_k
C	1.92	2.77	0.38	…	C_k
…	…	…	...	…	…
X	X_{K1}	X_{K2}	...	…	X_k

หน่วยเวลาในตารางเป็นค่าตัวอย่างและมีหน่วยเป็นนาที

เป็นรายการสถานีงานซึ่งจะเชื่อมโยงกับรายการรอบเวลามาตรฐานในแต่ละสถานีงาน และแถวคอลัมน์เป็นรายการทักษะซึ่งจะเชื่อมโยงกับรายการทักษะในตารางเมทริกซ์เวลาการทำงานจุดตัดภายในตารางเป็นข้อมูลแบบ True หรือ False

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

ตารางที่ 3 รูปแบบตารางทักษะที่จำเป็นในแต่ละสถานีงาน

Skill / Station	Skill 1	Skill 2	Skill 3	…	Skill k
S1	0	0	1	…	1
S2	1	0	0	…	0
S3	0	1	0	…	1
…	…	…	...	…	…
S	S_{k1}	S_{K2}	...	…	S_k

รูปแบบตารางทั้งหมดนี้จะเป็นแนวทางสำหรับหัวหน้างานในการนำข้อมูลมากรอก และข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ต่อในตัวแบบทางคณิตศาสตร์

4. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ปัญหาการจัดสรรพนักงานตามทักษะการทำงานในแต่ละสถานีงานเป็นการตัดสินใจว่าพนักงานคนใดควรถูกมอบหมายไปยังสถานีงานใด ภายใต้ข้อจำกัดของทักษะ เวลาในการทำงาน และรอบการผลิตในแต่ละล็อตผลิตภัณฑ์

เป้าหมายของการจัดสรรคือเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนการทำงานของพนักงานแล้วพนักงานมีการเรียนรู้เกิดขึ้น ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้จากการทำงานซ้ำๆ ซึ่งจะทำให้เวลาทำงานของพนักงานเข้าใกล้รอบเวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนด ในขณะเดียวกันยังคงต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขการผลิตที่ไม่เกินค่าแท็คไทม์ของแต่ละล็อต โดยพนักงานจะสามารถถูกจัดสรรไปที่สถานีงานเฉพาะที่ตนเองมีทักษะที่สามารถทำงานได้เท่านั้น

ปัญหาการจัดสรรพนักงานที่พิจารณาในบทความนี้ตั้งอยู่บนสมมุติฐานดังต่อไปนี้

1. ต้องจัดสรรจำนวนพนักงานให้ครบตามจำนวนที่แต่ละสถานีงานต้องการ

2. ผังการผลิต จำนวนสถานีงาน ทักษะที่ต้องใช้ในแต่ละสถานีงานและจำนวนพนักงานที่ต้องทำงานด้วยทักษะนั้นๆ ในแต่ละสถานีงานจะถูกวางแผนและทราบล่วงหน้า

3. สถานีงานและทักษะที่ต้องใช้งาน กำหนดแบบหนึ่งต่อหนึ่ง กล่าวคือ หนึ่งสถานีงาน หนึ่งทักษะที่ต้องใช้ในการผลิต

4. ในกรณีที่พนักงานคนใดไม่เคยทำงานทักษะนั้นๆ มาก่อน ให้สมมุติฐานว่า หากพนักงานคนนั้นทำงานครั้งแรกจะใช้ระยะเวลาในการทำงานเทียบเท่ากับพนักงานที่ทำงานได้ช้าที่สุดเป็นค่าตั้งต้น

5. ในแต่ละล็อตการผลิตที่เพิ่มขึ้น ไม่มีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ ไม่มีการเปลี่ยนทักษะที่ใช้ในสถานี

6. พนักงานแต่ละคนสามารถทำงานซ้ำได้ไม่เกิน 3 สถานีงานต่อหนึ่งรอบล็อตการผลิต

7. อัตราการเรียนรู้ คิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ นับจากเวลาผลิตตั้งต้น เมื่อมีการทำงานซ้ำ เป็นค่าคงที่และพิจารณาเพียงความชำนาญ ไม่ได้พิจารณากรณีหลงลืม (Forgetting)

(สมมุติฐานข้อที่ 6 และข้อที่ 7 สามารถแก้ไขค่าจากในแบบจำลองคณิตศาสตร์ ค่าดังกล่าวเป็นเพียงการกำหนดตัวเลขของโรงงานกรณีศึกษา)

<u>ตัวแบบทางคณิตศาสตร์มีรายละเอียดดังนี้</u>

ดัชนี (Index)

i = ดัชนีจำนวนพนักงาน; $i \in \{1,2,3,\ldots,I\}$

k = ดัชนีจำนวนทักษะ; $k \in \{1,2,3,\ldots,K\}$

s = ดัชนีจำนวนสถานีงาน; $s \in \{1,2,3,\ldots,S\}$

p = ดัชนีจำนวนล็อตผลิตภัณฑ์; $p \in \{1,2,3,\ldots,P\}$

พารามิเตอร์ (Parameters)

TT_p = ค่าแท็คไทม์ของล็อตผลิตภัณฑ์ p

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

T_{ik} = เวลาการทำงานของพนักงาน i ของทักษะ k

STD_{sp} = รอบเวลาการผลิตของสถานีงาน s ของล็อตผลิตภัณฑ์ p

$N_{ksp} \in \{0,1\}$

= 1 เมื่อล็อตผลิตภัณฑ์ p ในสถานีงาน s ใช้ทักษะ k

= 0 อื่นๆ

M_{sp} = จำนวนพนักงานที่จำเป็นในสถานีงาน s ในการผลิตล็อตผลิตภัณฑ์ p

LR = อัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) โรงงานที่อยู่ในกรณีศึกษามีสมมุติฐานการเรียนรู้อยู่ที่ 5 เปอร์เซ็นต์

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$X_{ips} \in \{0,1\}$;

= 1 เมื่อให้พนักงาน i ผลิตล็อตผลิตภัณฑ์ p ในสถานีงาน s

= 0 อื่น ๆ

D_{ikps} = ผลต่างระหว่างเวลาการทำงานที่พนักงาน i ใช้ทักษะ k ในการผลิตล็อตผลิตภัณฑ์ p เทียบกับรอบเวลามาตรฐานการผลิตของแต่ละสถานีงาน s

$Z_{ikp} \in \{0,1\}$;

= 1 เมื่อพนักงาน i ใช้ทักษะ k ในผลิตล็อตผลิตภัณฑ์ p

= 0 อื่น ๆ

ET_{ikp} = เวลาการทำงาน ที่พนักงาน i ใช้ทักษะ k ในการผลิตล็อตผลิตภัณฑ์ p

RT_{ikp} = เวลาการทำงานที่ลดลงจากการเรียนรู้ เมื่อพนักงาน i ใช้ทักษะ k ในการผลิตล็อตผลิตภัณฑ์ p

ETZ_{ikp} = ตัวแปรช่วยในกระบวนการแปลงเชิงเส้นระหว่างตัวแปร ET_{ikp} กับ Z_{ikp}

AT_{ips} = รอบเวลาการทำงานในสถานีงาน ที่พนักงาน i ในการผลิตล็อตผลิตภัณฑ์ p ตามแต่ละสถานีงาน s

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^{I}\sum_{k=1}^{K}\sum_{p=1}^{P}\sum_{s=1}^{S} D_{ikps} \qquad (2)$$

สมการเงื่อนไข (Constraints)

สมการเงื่อนไขกลุ่มที่ 1: บังคับผลต่างรอบเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานเป็นค่าสัมบูรณ์;

$$D_{ikp} \geq STD_{sp} - ET_{ikp} \quad \forall\, i\in I, k\in K, p\in P, s\in S \quad (3)$$

$$D_{ikp} \geq -(STD_{sp} - ET_{ikp}) \forall\, i\in I, k\in K, p\in P, s\in S \quad (4)$$

สมการเงื่อนไขกลุ่มที่ 2: กลไกการใช้งานทักษะและการเรียนรู้;

การทริคเกอร์การเรียนรู้

$$\sum_{s\in S|N_{ksp}=1} X_{ips} \geq Z_{ikp} \quad \forall\, i\in I, k\in K, p\in P \quad (5)$$

$$\sum_{s\in S|N_{ksp}=1} X_{ips} \leq 3\cdot Z_{ikp} \quad \forall\, i\in I, k\in K, p\in P \quad (6)$$

การตั้งค่าเวลาเริ่มต้น (p=1)

$$ET_{ik(p=1)} = T_{ik} \quad \forall i\in I, k\in K \qquad (7)$$

การแปลงตัวแปร Boolean ให้อยู่ในรูปเชิงเส้นและคำนวณค่าเวลาการทำงานที่ลดลง

$$ETZ_{ikp} \leq M_{skilltime}\cdot Z_{ikp} \qquad \forall\, i\in I, k\in K, p\in P \quad (8)$$

$$ETZ_{ikp} \leq ET_{ikp} \qquad \forall\, i\in I, k\in K, p\in P \quad (9)$$

$$ETZ_{ikp} \geq ET_{ikp} - M_{skilltime}\cdot(1-Z_{ikp}) \quad \forall\, i\in I, k\in K, p\in P \quad (10)$$

$$RT_{ikp} \leq ETZ_{ikp}\cdot LR \qquad \forall\, i\in I, k\in K, p\in P \quad (11)$$

$$RT_{ikp} \geq ETZ_{ikp}\cdot LR - M_{skilltime}\cdot(1-Z_{ikp}) \quad \forall\, i\in I, k\in K, p\in P \quad (12)$$

การปรับปรุงค่าเวลาการทำงานที่ P>1

$$ET_{ikp} = ET_{ik(p-1)} - RT_{ik(p-1)} \quad \forall\, i\in I, k\in K, p\in P : p>1 \quad (13)$$

สมการเงื่อนไขกลุ่มที่ 3: การจัดสรรคนตามจำนวนที่ต้องการในสถานีงาน;

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

$$\sum_{i=1}^{I} X_{ips} = M_{sp} \quad \forall\, s \in S,\ p \in P \qquad (14)$$

สมการเงื่อนไขกลุ่มที่ 4: รอบเวลาการทำงานจริงจะต้องไม่เกินค่าแท็คไทม์;

$$AT_{ips} \le M_{skilltime} \cdot X_{ips} \qquad \forall i \in I,\ p \in P,\ s \in S \qquad (15)$$

$$AT_{ips} \ge \sum_{k \in K | N_{ksp}=1} ET_{ikp} - M_{skilltime} \cdot (1-X_{ips}) \quad \forall i \in I,\ p \in P,\ s \in S \qquad (16)$$

$$AT_{ips} \le TT_p \qquad \forall i \in I,\ p \in P,\ s \in S \qquad (17)$$

$$\sum_{i \in I} AT_{ips} \le TT_p \cdot M_{ps} \qquad \forall p \in P,\ s \in S \qquad (18)$$

สมการเงื่อนไขกลุ่มที่ 5: พนักงานสามารถเปลี่ยนไปทำงานซ้ำสถานีงานภายในสายการผลิตได้;

$$\sum_{s \in S} X_{ips} \le 3 \quad \forall\, i \in I,\ p \in P \qquad (19)$$

สมการเป้าหมาย (2) เพื่อจัดสรรพนักงานให้ได้ผลรวมของค่าผลต่างระหว่างรอบเวลาของพนักงานในการผลิตล็อตผลิตภัณฑ์สุดท้าย กับรอบเวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงานต่ำที่สุด โดยค่าของผลต่าง D_{ikp} ได้มาจากสมการเงื่อนไข (3) และ (4) สมการเงื่อนไข (3) และ (4) เป็นการหาผลต่างระหว่างรอบเวลาการทำงานของพนักงานกับรอบเวลามาตรฐานของแต่ละสถานี และบังคับให้ผลต่างดังกล่าวเป็นค่าสัมบูรณ์ สมการเงื่อนไข (5) และ (6) เป็นการหาทักษะที่ต้องใช้และเช็คจำนวนพนักงานที่เรียนรู้แล้วทริคเกอร์การเรียนรู้ สมการเงื่อนไข (7) ตั้งค่าเริ่มต้นของเวลาการทำงาน ณ ล็อตผลิตภัณฑ์เริ่มต้น สมการเงื่อนไข (8) - (10) เป็นการใช้เทคนิค Big-M กับตัวแปร Boolean สมการเงื่อนไข (11) และ (12) ทำการหาค่าเวลาการทำงานที่ลดลงไป เมื่อมีการเรียนรู้เกิดขึ้น สมการเงื่อนไข (13) ปรับปรุงและลดค่าเวลาการทำงานของพนักงานลง สมการเงื่อนไข (14) กำหนดว่าต้องจัดสรรพนักงานให้ครบตามจำนวนพนักงานที่สถานีงานนั้นๆต้องการ สมการเงื่อนไข (15) และ (16) ใช้ตัวแปรการจัดสรรพนักงานซึ่งเป็น Boolean ดึงค่าเวลาการทำงานของพนักงานออกมา สมการเงื่อนไข (17) เป็นการเทียบว่ารอบเวลาการทำงานจะต้องไม่เกินค่าแท็คไทม์ ในกรณีที่สถานีงานนั้นเป็นสถานีงานเดี่ยว สมการเงื่อนไข (18) ทำการเทียบว่ารอบเวลาการทำงานจะต้องไม่เกินค่าแท็คไทม์ กรณีที่สถานีงานนั้นเป็นสถานีงานขนาน สมการเงื่อนไข (19) เป็นการอนุญาตให้พนักงานสามารถเวียนทำงานซ้ำสถานีงานได้ไม่เกิน 3 สถานีงาน

5. การทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงและการจำลองเพื่อวิเคราะห์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

การศึกษานี้อาศัยข้อมูลจริงที่ได้ทำการเก็บรวบรวมจากโรงงานผลิตเสื้อผ้าแห่งหนึ่ง ซึ่งดำเนินการผลิตเสื้อผ้าตามคำสั่งซื้อ (Made-to-Order) โดยผลิตภัณฑ์ที่เลือกนำมาศึกษาคือผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเสื้อแขนสั้น ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บตามกรอบการจัดการข้อมูล โดยข้อมูลรอบเวลามาตรฐานของสถานีงานเก็บจากเวลาการทำงานมาตรฐานของแต่ละขั้นตอนการทำงาน ข้อมูลแท็คไทม์คำนวณจากปริมาณคำสั่งซื้อและกำหนดเวลาแล้วเสร็จ จากข้อมูลทั้งหมดประกอบกันนำไปสู่การคำนวณจำนวนพนักงานที่ต้องการในแต่ละสถานีงานได้ สำหรับเวลาการทำงานของพนักงานแต่ละคน โรงงานจัดเตรียมชิ้นงานตัวอย่างเพื่อให้พนักงานที่มีทักษะในการทำงานดังกล่าวทำงานซ้ำจำนวน 10 ชิ้นงานต่อทักษะ จากนั้นบันทึกวิดีโอการทำงานเพื่อศึกษาเวลาการทำงานแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

โรงงานผลิตเสื้อผ้าที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีจำนวนประเภททักษะการทำงานทั้งหมด 17 ทักษะที่แตกต่างกัน พนักงานในแผนกเย็บจำนวน 17 คน และสถานีงานในการผลิตเสื้อแขนสั้นจำนวน 10 สถานีงาน ข้อมูลเวลาการทำงานแต่ละทักษะจะถูกนำไปหาค่าต่ำสุด (Minimum: Min) ค่าเฉลี่ย (Average) และค่าสูงสุด (Maximum: Max) โดยค่าต่ำสุดคือเวลาทำงานของพนักงานที่เร็วที่สุดในทักษะนั้น ๆ ค่าสูงสุดคือเวลาทำงานของพนักงานที่ช้าที่สุดในทักษะนั้น ๆ และค่าเฉลี่ยคือเวลาทำงานเฉลี่ยของพนักงานทุกคนในทักษะนั้น ข้อมูลทั้ง 3 ค่าถูกนำไปใช้เพื่อประกอบการจำลองเพื่อวิเคราะห์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

การทดลองแบ่งได้เป็น 4 การทดลอง การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองที่ใช้ค่าเวลาจริงของพนักงานแต่ละคน และอีก 3 การทดลองที่เหลือเป็นการจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

1. การทดลองโดยใช้เวลาการทำงานจริงของพนักงานในแต่ละทักษะ

2. การทดลองโดยกำหนดให้สัดส่วนพนักงานมีทักษะการทำงานสูงและต่ำ = 50:50 คือพนักงานครึ่งหนึ่งมีทักษะการทำงานสูง (สุ่มค่าเวลาการทำงานจาก Minimum ถึง Average) และอีกครึ่งหนึ่งมีทักษะการทำงานต่ำ (สุ่มค่าเวลาการทำงานจาก Average ถึง Maximum)

3. การทดลองโดยกำหนดให้สัดส่วนพนักงานมีทักษะการทำงานสูงและต่ำ = 75:25

4. การทดลองโดยกำหนดให้สัดส่วนพนักงานมีทักษะการทำงานสูงและต่ำ = 25:75

ในการประเมินประสิทธิภาพการประมวลผลของตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ งานวิจัยนี้ได้กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของปัญหาออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่:

1. จำนวนพนักงาน: ทดลอง 3 ขนาด คือ 17 คน (เท่ากับของจำนวนพนักงานจริง), 34 คน (2 เท่าของข้อมูลจริง) และ 68 (4 เท่าของข้อมูลจริง) คน เพื่อรองรับกรณีการขยายกำลังการผลิตในอนาคต

2. ขอบเขตการวางแผนการผลิต: ทดลองตั้งแต่ 3, 6 ถึง 9 ล็อตการผลิต (เพิ่มขึ้นช่วงละ 3 ล็อต) โดยมาจากข้อเท็จจริงในสายการผลิตที่แผนกเย็บสามารถผลิตได้สูงสุด 9 ล็อตต่อสัปดาห์ การกำหนดขอบเขตเช่นนี้จะช่วยให้ทราบถึงขีดจำกัดของตัวแบบจำลองเมื่อต้องวางแผนการผลิตล่วงหน้าในระยะเวลานานที่สุด

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ถูกนำไปหาผลเฉลยโดยใช้โปรแกรม IBM ILOG CPLEX เวอร์ชั่น 22.1.0.0 บนคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ้ค ASUS TUF โมเดล A15 FA507NUR และหน่วยประมวลผลกลาง AMD Ryzen 7-7435HS และหน่วยประมวลกราฟฟิก NVidia GTX 4050 ประมวลผล Branch and Cut พร้อมกัน 16 Threads และตั้งค่าช่องว่าง (Optimal Gap) ของ MILP อยู่ที่ 0.01 เปอร์เซ็นต์

5.1 ผลการหาคำตอบการจัดสรรพนักงาน 17 คน จากข้อมูลจริงที่เก็บมา

การหาผลเฉลยแบบจำลองการจัดสรรพนักงานโดยใช้ข้อมูลเวลาการทำงานจริงที่เก็บรวบรวมมาจัดสรรพนักงานในสายการผลิตเสื้อ จำนวนพนักงาน17 คนได้ทำการทดสอบหาผลลัพธ์การจัดสรรพนักงาน เพื่อประเมินการทำงานและกลไกสมการเงื่อนไขของตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

ตารางที่ 4 แสดงรอบเวลาทักษะของพนักงานที่ถูกจัดสรรเข้าสู่สถานีงานในล็อตการผลิตที่หนึ่ง

Product Lot	Station	Worker	STD Time	EffTime	Takt Time	Slack Time
1	Station 1	Worker 12	2.21	2.63	2.7	0.07
1	Station 2	Worker 2	2.00	0.19	2.7	2.51
1	Station 3	Worker 3	1.73	0.48	2.7	2.22
1	Station 4	Worker 2	2.32	0.19	2.7	2.51
1	Station 5	Worker 3	2.55	0.48	2.7	2.22
1	Station 6	Worker 3	2.33	0.48	2.7	2.22
1	Station 7	Worker 6	1.93	0.48	2.7	2.22
1	Station 7	Worker 14	1.93	0.44	2.7	2.26
1	Station 8	Worker 1	2.12	2.53	2.7	0.17
1	Station 8	Worker 11	2.12	2.60	2.7	0.10
1	Station 9	Worker 16	1.96	2.61	2.7	0.09
1	Station 10	Worker 7	1.39	2.50	2.7	0.20
1	Station 10	Worker 8	1.39	2.50	2.7	0.20

ตารางที่ 4 แสดงเวลาทักษะของพนักงานที่ถูกจัดสรรเข้าสู่สถานีงาน ในล็อตการผลิตที่ 1 พบว่าค่าเวลาทักษะการทำงาน (EffTime) ไม่ได้เกินค่า แท็คไทม์ที่กำหนด สามารถดูได้จากผลต่างของ Slack Time ที่เป็นค่าบวกทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามสมการเงื่อนไขที่ (17) สำหรับกรณีจัดสรรพนักงานเดี่ยวและสมการเงื่อนไขที่ (18) สำหรับกรณีจัดสรรพนักงานขนานกัน

ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเวลาทักษะในแต่ละทักษะที่ใช้งาน โดยเทียบระหว่างเวลาทักษะเมื่อเริ่มต้นกับเวลาทักษะสุดท้าย เมื่อสิ้นสุดล็อตการผลิต โดยพนักงานที่ได้รับการจัดสรรให้ปฏิบัติงานซ้ำในทักษะเดิมจะมีเวลาทักษะที่ลดลงตามจำนวนครั้งที่มีการเรียนรู้สะสม เช่น W2, W6 และ W11 แสดงการลดลงของเวลาทักษะเฉลี่ยในระดับมากกว่า 20เปอร์เซ็นต์ ขณะที่บางพนักงาน เช่น W13 และ W15 ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของเวลา เนื่องจากไม่ได้รับการจัดสรรงาน โดยแต่ละทักษะได้มีเวลาทักษะลดลงเฉลี่ย 19.25 เปอร์เซ็นต์ และแต่ละพนักงานมีเวลาทักษะลดลงเฉลี่ย 13.55 เปอร์เซ็นต์

ผลลัพธ์จากการทดลองปรับสัดส่วนทักษะของพนักงานนำเสนอในรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 4 และในตารางที่ 6 แสดงกราฟระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาผลเฉลยที่ที่ดีที่สุด โดยแต่ละเส้นภายในกราฟแทนกลุ่มพนักงานมีองค์ประกอบทักษะแตกต่างกัน แต่ละจุดข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการคำนวณหาผลเฉลย 10 ครั้ง

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของเวลาทักษะการทำงานโดยเทียบเวลาตั้งต้นกับเวลาผลิตล็อตสุดท้าย (แสดงเฉพาะพนักงานที่ถูกจัดสรรและทักษะที่ได้ใช้งานเท่านั้น กำหนดล็อตการผลิต 9 ล็อตการผลิต)

Skill / Worker	K1	K8	K10	K12	K13	K15	K17	Worker Average
W1	0%	0%	0%	0%	-18.55%	0%	0%	-18.55%
W2	0%	0%	0%	0%	-18.55%	-33.66%	0%	-26.11%
W3	0%	0%	0%	-30.17%	0%	0%	-5%	-17.59%
W4	0%	0%	-5%	0%	0%	0%	0%	-5.00%
W5	-5%	0%	-9.75%	-5%	0%	0%	0%	-6.58%
W6	0%	0%	0%	0%	-18.55%	0%	-30.17%	-24.36%
W7	0%	-22.62%	0%	0%	0%	0%	0%	-22.62%
W8	0%	-22.62%	0%	0%	0%	0%	0%	-22.62%
W9	0%	0%	-5%	0%	0%	0%	0%	-5.00%
W10	0%	0%	-5%	0%	0%	0%	0%	5.00%
W11	0%	-26.49%	0%	0%	-18.55%	0%	0%	-22.52%
W12	0%	0%	-5%	0%	0%	0%	0%	-5.00%
W13	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0.00%
W14	0%	0%	-5%	0%	0%	0%	-33.66%	-19.33%
W15	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0.00%
W16	-22.62%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-22.62%
W17	-9.75%	0%	-5%	0%	0%	0%	0%	-7.38%
Skill Average	-12.46%	-23.91%	-5.68%	-17.59%	-18.55%	-33.66%	-22.94%	-13.55% / -19.25%

จากการทดลองพบว่าเมื่อจำนวนพนักงานเพิ่มจาก 17 คน เป็น 34 คน และ 68 คน เวลาในการประมวลผลเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปัญหาการจัดสรรซึ่งมีความซับซ้อน (Combinatorial Complexity) ในกรณีที่ล็อตการผลิตจำนวนต่ำ เช่น 3 ล็อต แบบจำลองคณิตศาสตร์สามารถหาผลเฉลยได้ในระดับวินาที สำหรับทุกสัดส่วนของทักษะ ขณะที่ล็อตการผลิตมีจำนวนมาขึ้น ความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น จึงใช้เวลาในการคำนวณอย่างมาก โดยเฉพาะในกลุ่มพนักงาน 68 คน ในกรณีผลิต 9 ล็อตการผลิต ไม่สามารถหาผลเฉลยได้ แสดงถึงข้อจำกัดของตัวแบบจำลองเมื่อการจัดสรรมีขนาดใหญ่เกินไป

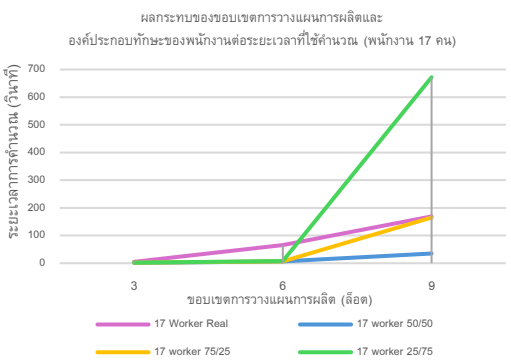
ในมุมมองสัดส่วนของทักษะพนักงาน เมื่อจำนวนพนักงานน้อย เช่น พนักงาน 17 คน 9 ล็อตการผลิต สัดส่วนพนักงานส่วนใหญ่มีระดับทักษะสูง (75:25) แบบจำลองสามารถหาผลเฉลยได้เร็วกว่า เมื่อเทียบกับสัดส่วนพนักงานส่วนใหญ่มีระดับทักษะต่ำ (25:75)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

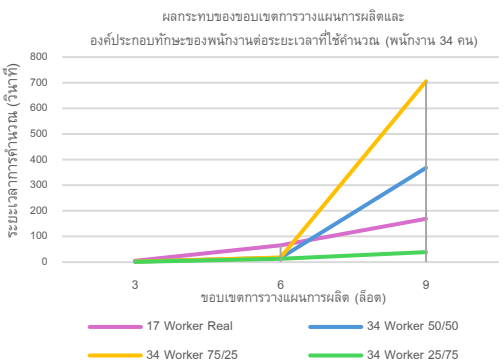
แสดงว่าพนักงานที่มีระดับทักษะสูง เมื่อพนักงานทำงานได้เร็วแล้ว พนักงานคนนั้นจึงเข้าเงื่อนไขของข้อจำกัดของแท็คไทม์ ตัวแบบจำลองจึงทำการจัดสรรได้เร็วกว่า เมื่อเพิ่มจำนวนพนักงานเป็น 34 คน พบว่าสัดส่วนพนักงานส่วนใหญ่มีระดับทักษะต่ำ (25:75) แบบจำลองสามารถหาผลเฉลยได้เร็วกว่า เมื่อเทียบกับสัดส่วนพนักงานส่วนใหญ่มีระดับทักษะสูง (75:25) เพราะกลุ่มสัดส่วนพนักงานส่วนใหญ่มีระดับทักษะต่ำจำนวนมากที่เวลาทักษะเกินกว่าเงื่อนไขแท็คไทม์ แบบจำลองจึงตัดพนักงานที่ไม่เข้าเงื่อนไขออก ลดระดับของความซับซ้อนของตัวเลือกปัญหาลง ส่งผลให้หาผลเฉลยได้เร็ว

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

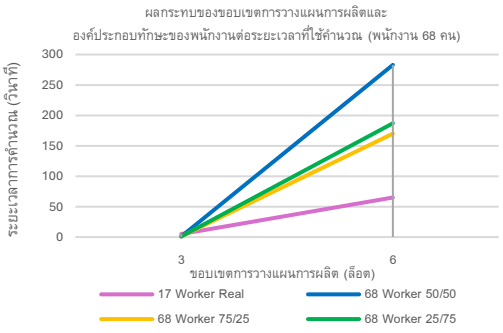
งานวิจัยนี้นำเสนอกรอบการจัดการข้อมูลและตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (MILP) สำหรับสนับสนุนการจัดสรรกำลังคนตามทักษะในโรงงานผลิตเสื้อผ้าแบบผลิตตามคำสั่ง (Made-to-Order) กรอบการจัดการข้อมูลที่พัฒนาขึ้นช่วยกำหนดรูปแบบการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลทักษะ เวลาในการปฏิบัติงาน และข้อมูลผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระบบ ทำให้หัวหน้างานสามารถจัดเตรียมข้อมูลสำหรับการวางแผนกำลังคนได้อย่างถูกต้องและมีมาตรฐานมากขึ้น ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ซึ่งออกแบบมาเพื่อจัดสรรพนักงานให้เหมาะสมกับทักษะที่สถานีงานต้องการ พร้อมรองรับการหมุนเวียนงาน (Job Rotation) ในขณะเดียวกันสามารถรักษาความสามารถในการผลิตให้เป็นไปตามกำหนดจัดส่ง



รูปที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ กรณีพนักงาน 17 คน



รูปที่ 3 ระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ กรณีพนักงาน 34 คน



รูปที่ 4 ระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ กรณีพนักงาน 68 คน

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

ตารางที่ 6 สรุปเวลาเฉลี่ยผลการหาผลเฉลยในแต่ละการทดลอง

ล็อตการ	พนักงาน 17 คน				พนักงาน 34 คน			พนักงาน 68 คน		
ผลิต	ข้อมูลจริง	50:50	75:25	25:75	50:50	75:25	25:75	50:50	75:25	25:75
3	5 sec.	1 sec.	2 sec.	2 sec.	2 sec.	2 sec.	1 sec.	1 sec.	1 sec.	1 sec.
6	65 sec.	6 sec.	7 sec.	8 sec.	17 sec.	18 sec.	13 sec.	283 sec.	170 sec.	187 sec.
9	169 sec.	35 sec.	165. sec.	672 sec.	368 sec.	706 sec.	39 sec.	Unsolved	Unsolved	Unsolved

ผลการทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลจริงจากโรงงานจำนวนพนักงาน 17 คน และการจำลองเพิ่มเติมในกรณีขยายกำลังการผลิตเป็น 34 และ 68 คน พบว่าแบบจำลองสามารถให้คำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพในกรณีปัญหาที่มีขนาดเล็กถึงปานกลาง อย่างไรก็ตามเมื่อจำนวนพนักงานและจำนวนล็อตการผลิตเพิ่มสูงขึ้น เช่น กรณี 68 คนและการผลิต 9 ล็อต ความซับซ้อนของปัญหาเพิ่มแบบทวีคูณ ทำให้เวลาในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นและไม่สามารถหาคำตอบได้ ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดเชิงคำนวณของแบบจำลอง MILP เมื่อใช้กับปัญหาที่มีความใหญ่มาก อาจต้องเปลี่ยนไปใช้วิธีหาคำตอบแบบฮิวริสติก

ในการใช้งานภาคปฏิบัติสามารถนำกรอบการจัดการข้อมูลที่พัฒนาขึ้นและตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ ไปใส่ในโปรแกรมหาค่าเหมาะสม (Optimizer Solver) เช่น Excel solver หรือ IBM ILOG CPLEX ลดการพึ่งพาประสบการณ์ส่วนบุคคลของหัวหน้างาน เพิ่มความเชื่อมั่นว่าการจัดสรรงานยังคงผลิตได้ตามกำหนด และเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาทักษะของพนักงานผ่านการหมุนเวียนงาน นอกจากนี้แบบจำลองยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่พึ่งพาทักษะแรงงานมนุษย์ เช่น การผลิตอัญมณีหรือเครื่องประดับ การผลิตเฟอร์นิเจอร์ และอุตสาหกรรมอาหารแปรรูป เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การจัดสรรพนักงานมีความยืดหยุ่นมากขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] D. Hettiachchi, V. Kostakos and J. Goncalves, A survey on task assignment in crowdsourcing, ACM Computing Surveys, 2022, 55(3), 49.

[2] M. Calzavara, D. Battini, D. Bogataj, F. Sgarbossa and I. Zennaro, Ageing workforce management in manufacturing systems: State of the art and future research agenda, International Journal of Production Research, 2019, 58(3), 729–747.

[3] S.E. Hashemi-Petroodi, A. Dolgui, S. Kovalev, M.Y. Kovalyov and S. Thevenin, Workforce reconfiguration strategies in manufacturing systems: A state of the art, International Journal of Production Research, 2021, 59(22), 6721–6744.

[4] M. Aksoy, S. Yanik and M.F. Amasyali, Reviewer assignment problem: A systematic review of the literature, Journal of Artificial Intelligence Research, 2023, 76, 761–827.

[5] L.A. Wolsey, Integer Programming, John Wiley & Sons, 2020.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2026.04.002

[6] G.A. Mitiku, Optimizing resource utilization using an assignment model in case of metal workshop operation, Journal of Applied Research on Industrial Engineering, 2025, 12(2), 194–210.

[7] N. Katiraee, M. Calzavara, S. Finco and D. Battini, Consideration of workforce differences in assembly line balancing and worker assignment problem, IFAC-PapersOnLine, 2021, 54(1), 13–18.

[8] H. Durmaz and M. Koyuncu, Optimization of assignment problems in production lines with different skilled labor levels, International Advanced Researches and Engineering Journal, 2019, 3(2), 123–136.

[9] O.F. Yılmaz, Robust optimization for U-shaped assembly line worker assignment and balancing problem with uncertain task times, Croatian Operational Research Review, 2020, 11(1), 229–239.

[10] H.S. Han and C.K. Park, An optimized production assignment algorithm for custom-made garments, Advances in Production Engineering and Management, 2025, 20(2), 239–253.

[11] N. Abdelsalam, F. Mohammoud, H. Eder, A.W.E. Abuyoussef, Ö. Kaya, A.C. Kilic and I. Ulku, A production line assignment problem for a textile industry, Journal of Engineering Sciences and Design, 2023, 11(1), 22–32.

[12] N. Bao, X. Zheng, Y. Fan, A. Simeone and R. Bao, Enhancing garment manufacturing efficiency through human-centered scheduling, Production Engineering, 2025, 19, 885–898.

[13] Z. Xie, J. Du, Q. Chen and X. Wang, Enhancing the labor division in the balancing of apparel assembly lines with parallel workstation through an improved ant colony algorithm, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2021, 16.

[14] R.W.M. Kong, D. Ning and T.H.T. Kong, Mixed-integer linear programming (MILP) for garment line balancing, International Journal of Scientific Research and Modern Technology, 2025, 4(2), 64–77.

[15] G.Y.H. Chen, P.S. Chen, J.F. Dang, S.L. Kang and L.J. Cheng, Applying meta-heuristics algorithm to solve assembly line balancing problem with labor skill level in garment industry, International Journal of Computational Intelligence Systems, 2021, 14(1), 1438–1450.