

การเปรียบเทียบวิธีการกำหนดขนาดการสั่งซื้อและการส่งผลิตที่เหมาะสม

COMPARISONS OF THE PURCHASING AND PRODUCTION LOT SIZING METHODS

ศุภัชญา โชตยะกุล*

*Supatchaya Chotayakul**

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University.

**Corresponding author, e-mail: supatchaya@g.swu.ac.th*

Received: 27 April 2021; **Revised:** 21 September 2022; **Accepted:** 31 October 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีในการบริหารคงคลังวัตถุดิบ งานระหว่างกระบวนการ และสินค้าสำเร็จรูปที่มีพื้นที่ในการจัดเก็บร่วมกัน เพื่อให้เกิดต้นทุนรวมในการสั่งซื้อและสั่งผลิตต่ำที่สุด และเปรียบเทียบผลลัพธ์ต้นทุนรวมของการผลิต และเวลาในการคำนวณโปรแกรม GUROBI SOLVER ระหว่างวิธีการกำหนดขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการส่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัตโดยคำนวณที่ละขั้นตอนกับวิธีที่นำเสนอคือการประยุกต์ใช้วิธีการหาขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการส่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัต แบบคิดรวมกันทั้งสายการผลิต เพื่อหาวิธีที่ให้ต้นทุนในการสั่งซื้อและสั่งผลิตรวมต่ำที่สุดและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา สำหรับสินค้าหลายชนิดและมีข้อจำกัดด้านกำลังการผลิตของเครื่องจักรและพื้นที่คงคลังซึ่งมีการจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตร่วมกัน จากการทดลองตัวแบบคณิตศาสตร์ทั้งสองวิธีพบว่าวิธีการหาขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการส่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัต แบบคิดรวมกันทั้งสายการผลิต ใช้เวลาในการคำนวณโปรแกรม GUROBI SOLVER เร็วกว่าและยังให้ต้นทุนรวมของการสั่งซื้อและสั่งผลิตต่ำกว่า

คำสำคัญ: การสั่งซื้อแบบพลวัต; การวางแผนการผลิต; การควบคุมสินค้าคงคลัง

Abstract

The objective of this research is to determine optimal purchase and production lot size of each product that meets demand at minimum total cost of purchase and production including purchase costs, set up costs, production costs, and holding costs, and to compare results of total production cost and solving time between the methods of a dynamic lot-sizing production and purchase model and dynamic lot sizing model purchase and production combination of the whole production line. Comparing the results between the two methods shows that the total cost and the solving time of the dynamic lot sizing model production and purchase combination of the whole production line is less than the other method.

Keywords: Dynamic Lot Sizing; Production Planning; Inventory Control

บทนำ

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดดของเทคโนโลยี ส่งผลกระทบต่อไลฟ์สไตล์ในการดำเนินชีวิต และพฤติกรรมของผู้คน ดังนั้นธุรกิจที่สามารถปรับเปลี่ยนได้รวดเร็วและเท่าทันต่อกระแสการเปลี่ยนแปลงตามยุค 4.0 จึงจะทำให้ธุรกิจหรือองค์กรนั้นอยู่รอดได้ แนวทางหนึ่งในการเพิ่มขีดความสามารถให้กับองค์กรคือการนำเทคโนโลยี และนวัตกรรมใหม่ ๆ เข้ามาใช้ในองค์กร แต่เมื่อพิจารณาความพร้อมของอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งธุรกิจ SMEs ยังขาดการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานในการดำเนินกิจกรรมขององค์กรที่จำเป็นในการ บ้อนข้อมูลให้กับเทคโนโลยีที่จะเชื่อมต่อกันระหว่างองค์กรต่อองค์กร เพื่อลดต้นทุนการผลิตสินค้าและต้นทุนด้าน โลจิสติกส์ หนึ่งในต้นทุนที่สำคัญขององค์กรคือต้นทุนการจัดการคลังสินค้าและต้นทุนการจัดเก็บสินค้า ดังนั้นเพื่อให้ สามารถลดต้นทุนดังกล่าวได้ การวางแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้เกิดค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนต่าง ๆ ข้างต้น ลดลงตามไปด้วย

ปัญหาการวางแผนและกำหนดขนาดการผลิตที่เหมาะสมจะเป็นการหาจุดสมดุลระหว่างค่าใช้จ่ายในการสั่ง ผลิตและค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ [1] ในขณะที่การวางแผนการสั่งซื้อเพื่อกำหนดขนาดการผลิตที่เหมาะสมในแต่ละรอบ จะเป็นการหาจุดสมดุลระหว่างค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บเช่นเดียวกับปัญหาการสั่งผลิตข้างต้น [2] ปัญหาการวางแผนการสั่งซื้อและสั่งผลิตมีผู้วิจัยนำเสนอวิธีการในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะเป็น การวางแผนแยกกัน นั่นคือการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ และการวางแผนการผลิตสินค้า Wagner-Whitin [3] นำเสนอ ตัวแบบการวางแผนสั่งซื้อหรือสั่งผลิตที่เหมาะสมเชิงพลวัต (dynamic lot sizing problem) ลักษณะของตัวแบบเริ่มใช้ สำหรับการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบเพียงชนิดเดียว โดยมีความต้องการวัตถุดิบในแต่ละช่วงเวลาที่มีความแน่นอน (deterministic) เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละช่วงเวลาที่จะส่งผลให้ต้นทุนรวมของการสั่งผลิตมีค่าต่ำที่สุด ในการหาคำตอบจะอาศัยเทคนิคกำหนดการพลวัต (forward dynamic programming, FDP) ซึ่งคำตอบที่ได้สามารถ รับรองได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด [4] เนื่องจากวิธีการหาคำตอบของ Wagner-Whitin [3] มีความซับซ้อน ดังนั้นจึงมี นักวิจัยจำนวนมากคิดค้นและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่ง่ายขึ้น ตัวอย่างเช่น Callerman และ Whybark [5] Chiang และ Lu [6] และ Ghaniabadi และ Mazinani [7] นำเสนอวิธีการกำหนดการเชิงเส้นแบบ ผสม (mixed integer linear programming: MILP) ในการแก้ปัญหาคำถามการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยวิธี แบบพลวัตเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด นอกจากการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (optimization) แล้วยังมีวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic Approach) ในการหาคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งเป็นวิธีทางลัดในการแก้ปัญหาที่ทำให้สามารถหาคำตอบได้ รวดเร็วขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแบบจำลองที่มีขนาดใหญ่ Defersha และ Chen [8] Gaafar [9] Defersha และ Chen [10] และ Koken et al. [11] ได้อาศัยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm, GA) ในการหาคำตอบที่เหมาะสมหรือ คำตอบตั้งต้นของปัญหาการสั่งซื้อแบบพลวัต วิธี Silver-Meal (SM) Heuristic ได้ถูกนำเสนอโดย Teunter et al. [12] ในขณะที่ Li et al. [13] ได้นำเสนอวิธี Tabu Search Algorithm และวิธี Neighborhood Search Algorithm นำเสนอโดย Sifaleras et al. [14] โดยที่ Carvalho และ Nascimento [15] ได้ประยุกต์ Matheuristics สำหรับปัญหาการสั่งผลิตที่ เป็นเครื่องจักรแบบขนานและมีข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต เป็นต้น Chotayakul และ Punyangarm [16] นำเสนอวิธีการ ปัญหาการหาขนาดการผลิตที่เหมาะสมที่มีขั้นตอนการผลิตเดียวของสินค้าหลายชนิดความต้องการไม่แน่นอน และเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยเครื่องจักรแต่ละเครื่องไม่มีความสัมพันธ์กันและมีข้อจำกัดด้านพื้นที่จัดเก็บ งานวิจัย ดังกล่าวได้สร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นแบบผสมแบบพินสุ่ม (stochastic mixed-integer linear programming model) และแปลงปัญหาแบบไม่แน่นอนเป็นแบบเทียบเท่าแน่นอนด้วยวิธี chance constrained programming

ในงานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนการผลิต (economic production quantity) ร่วมกับการวางแผนการ สั่งซื้อวัตถุดิบ (economic order quantity) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการบริหารจัดการการผลิตและสั่งซื้อ

วัตถุดิบ เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (time-vary demand) เมื่อพื้นที่จัดเก็บภายในคลังมีจำกัดและใช้พื้นที่จัดเก็บร่วมกันระหว่างสินค้าสำเร็จรูป (finished goods: FG) และวัตถุดิบ (raw material: RM) โดยทั่วไปการวางแผนการผลิตจะดำเนินการแยกกันกับการวางแผนการสั่งซื้อ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการผลิตแต่ละครั้งจะต้องทำให้เกิดต้นทุนรวมในการผลิตต่ำที่สุด และวัตถุประสงค์ของการสั่งซื้อแต่ละครั้งจะต้องทำให้เกิดต้นทุนรวมในการสั่งซื้อต่ำที่สุด จากปัญหาดังกล่าวตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในกรณีนี้คือ ตัวแบบการวางแผนสั่งซื้อหรือผลิตที่เหมาะสมเชิงพลวัต ซึ่งถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Wagner-Whitin [3]

งานวิจัยนี้จะศึกษาวิธีการวางแผนการผลิตสินค้าสำเร็จรูป ร่วมกับการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ โดยมีวัตถุประสงค์ร่วมกันคือ ต้นทุนรวมในการสั่งซื้อและผลิตต่ำที่สุด จากปัญหาดังกล่าวจะประยุกต์ใช้ตัวแบบการผลิตที่เหมาะสมเชิงพลวัต ที่มีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน (multi-stage) มีสินค้าหลายชนิด (multi-item) ความต้องการของสินค้าแต่ละชนิดแน่นอนและเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (certain and time varying demand) โดยมีเครื่องจักรที่สามารถผลิตสินค้าได้เหมือนกันหลายเครื่องและไม่มีความเกี่ยวข้องกัน (unrelated parallel machines) ซึ่งเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต (limited capacity) สินค้าแต่ละชนิดสามารถผลิตได้กับทุกเครื่องจักรและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (setup time) จะเกิดขึ้นก่อนเวลาที่เริ่มการผลิต รวมกับตัวแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสมเชิงพลวัต ที่มีวัตถุดิบหลายชนิด (multi-item) ความต้องการของวัตถุดิบแต่ละชนิดแน่นอนและเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา โดยมีพื้นที่ในการจัดเก็บจำกัดและใช้พื้นที่การจัดเก็บร่วมกันระหว่างสินค้าสำเร็จรูปที่ผลิตเสร็จและวัตถุดิบที่สั่งซื้อเข้ามา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณหาขนาดการสั่งซื้อและผลิตที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา โดยมีสมมติฐานของแบบจำลอง ได้แก่ 1) ระยะเวลาในการสั่งซื้อวัตถุดิบมีค่าเป็นศูนย์ 2) ความต้องการสินค้าและวัตถุดิบในแต่ละช่วงเวลามีความแน่นอน (deterministic) และ 3) วัตถุดิบกับสินค้าสำเร็จรูปใช้พื้นที่คลังร่วมกัน โดยพิจารณาผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมของระบบซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ค่าใช้จ่ายในการผลิต และค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปด้วยตัวแบบการวางแผนสั่งซื้อและผลิตที่เหมาะสมเชิงพลวัต

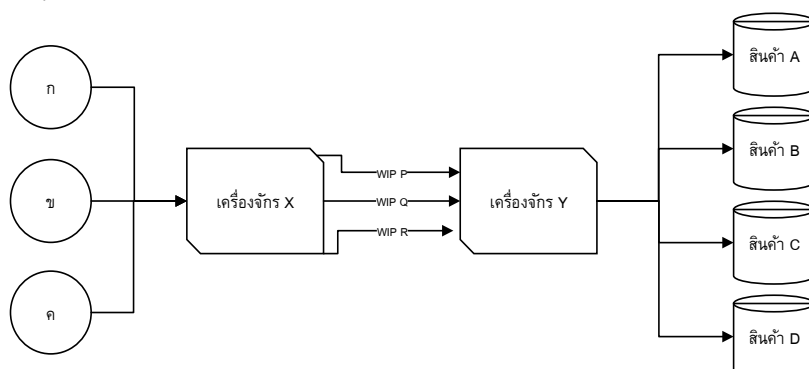
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพคำตอบของนโยบายในการสั่งซื้อวัตถุดิบคงคลังและการผลิตสินค้าสำเร็จรูปในแต่ละรอบการผลิต ระหว่างตัวแบบดั้งเดิมที่มีการพิจารณาการวางแผนการผลิตแยกกันกับการวางแผนการสั่งซื้อ โดยมีตัวแบบการสั่งซื้อซึ่งเป็นตัวแบบที่มีวัตถุดิบหลายชนิด (multi-item dynamic lot size; MILS) และตัวแบบการผลิตซึ่งเป็นตัวแบบที่มีสินค้าสำเร็จรูปหลายชนิด และมีกระบวนการการผลิตหลายขั้นตอน (multi-stage dynamic lot size ; MSLS) กับตัวแบบที่นำเสนอที่มีการพิจารณาการวางแผนการผลิตรวมกันกับการวางแผนการสั่งซื้อตลอดสายการผลิตซึ่งจะมีหลายกระบวนการผลิตและมีผลิตภัณฑ์หลายชนิด (multi-stage and multi-item dynamic lot size; MSILS) โดยพิจารณาผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมของระบบ ซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ค่าใช้จ่ายในการผลิต และค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป รวมถึงเวลาที่ใช้ในการคำนวณ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาสภาพปัญหา

การหาขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัต โดยคำนวณรวมกันตลอดทั้งสายการผลิต ตั้งแต่ขั้นตอนการสั่งซื้อวัตถุดิบจนถึงการผลิตสินค้าสำเร็จรูปและอยู่ภายใต้ข้อจำกัดการใช้พื้นที่การจัดเก็บร่วมกัน โดยมีแนวคิดตามภาพที่ 1 ซึ่งในกระบวนการผลิตนั้นจะมีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน โดยสมมติให้กระบวนการผลิตใช้เครื่องจักรในการทำงานคือ เครื่องจักร X และเครื่องจักร Y โดยเริ่มแรกจะนำวัตถุดิบ

ก วัตถุดิบ ข และวัตถุดิบ ค มาผ่านเครื่องจักร X เพื่อผสมวัตถุดิบตามสัดส่วนของส่วนผสมของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยวัตถุดิบจะมีทั้งวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกันและวัตถุดิบที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์หนึ่งเท่านั้น ซึ่งจะได้เป็นงานระหว่างกระบวนการ P, Q และ R จากนั้นงานระหว่างกระบวนการผ่านเครื่องจักร Y เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแต่ละชนิด (สินค้า A, B, C และ D)



ภาพที่ 1 แนวคิดการหาขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัต โดยคิดรวมกันทั้งสายการผลิต

เนื่องจากการบริหารจัดการคงคลังซึ่งมีทั้งวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป มีข้อจำกัดในด้านพื้นที่การจัดเก็บสินค้าที่ต้องใช้ร่วมกัน ดังนั้นในการสั่งซื้อวัตถุดิบหรือการผลิตสินค้าสำเร็จรูป จะต้องคำนึงถึงพื้นที่สำหรับจัดเก็บด้วยว่าจะมีเพียงพอต่อสินค้าคงคลังที่ต้องจัดเก็บหรือไม่ จากสภาพปัญหาการสั่งซื้อและสั่งผลิตจะใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์นำมาแก้ปัญหา โดยใช้กำหนดการเชิงพลวัตสำหรับการสั่งซื้อและการสั่งผลิตที่มีหลายขั้นตอน เพื่อให้ได้นโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบและนโยบายการผลิตที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลาได้ ซึ่งจะมีหลายกระบวนการผลิตและมีผลิตภัณฑ์หลายชนิด (MSILS) โดยกำหนดให้ระยะเวลาในการสั่งซื้อวัตถุดิบมีค่าเป็นศูนย์ ความต้องการสินค้าและวัตถุดิบในแต่ละช่วงเวลามีความแน่นอน (deterministic) และมีข้อจำกัดคือวัตถุดิบกับสินค้าสำเร็จรูปใช้พื้นที่คงคลังร่วมกัน ดังนั้นในการคำนวณจะต้องคำนึงถึงขนาดพื้นที่คงคลังด้วย

2. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ

ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาต้นทุนรวมของการสั่งผลิตและการสั่งซื้อเป็นสมการเป้าหมาย โดยต้นทุนรวมของการสั่งผลิตและสั่งซื้อประกอบไปด้วย ต้นทุนการผลิต ซึ่งจะแปรผันตามจำนวนครั้งที่สั่งผลิต ต้นทุนในการสั่งซื้อจะแปรผันตามจำนวนครั้งที่สั่งซื้อ และต้นทุนในการถือครองวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ โดยในตอนเริ่มแรกจะกำหนดให้ปริมาณวัตถุดิบคงคลังต้นงวดแรกมีค่าเท่ากับ 0 ($I_{0,j}$) และกำหนดให้ปริมาณสินค้าคงคลังแต่ละชนิดในต้นงวดแรกมีค่าเท่ากับ 0 ($I_{0,2,j}$) โดยในขั้นตอนที่ 1 มีเครื่องจักร n เครื่อง และในขั้นตอนที่ 2 มีเครื่องจักร m เครื่อง จากจำนวนเครื่องจักรจะนำไปคำนวณเป็นกำลังการผลิตรวมของเครื่องจักรในรายสัปดาห์ (CAP_t)

ค่าใช้จ่ายในการผลิตสินค้า (บาทต่อครั้ง) ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการปรับตั้ง เครื่องจักร และทำความสะอาดเครื่องจักร โดยแบ่งเป็นต้นทุนในส่วนที่เกิดจากการขึ้นผลิตสินค้าแต่ละชนิดโดยใช้เครื่องจักรในขั้นตอนที่ 1 ($S_{t,1,j}$) และเครื่องจักรในขั้นตอนที่ 2 ($S_{t,2,j}$)

ค่าใช้จ่ายในการผลิตสินค้า (บาทต่อหน่วย) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการผลิต เช่น ค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิต ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร เป็นต้น โดยแบ่งเป็นต้นทุนในส่วนที่เกิดจากการขึ้นผลิตสินค้าแต่ละชนิดโดยใช้เครื่องจักรในขั้นตอนที่ 1 ($C_{t,1,j}$) และเครื่องจักรในขั้นตอนที่ 2 ($C_{t,2,j}$) และต้นทุนของวัตถุดิบ ($C_{t,j}$)

ค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้า (บาทต่อหน่วย) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดูแลรักษาสินค้าคงคลัง เช่น ค่าจ้างพนักงาน ค่าเช่าโกดัง ค่าขนย้าย และค่าสาธารณูปโภคต่าง ๆ เป็นต้น ($H_{t,m,j}$)

ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาวัตถุดิบ (บาทต่อหน่วย) ประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาวัตถุดิบคงคลัง เช่น ค่าจ้างพนักงาน ค่าเช่าโกดัง ค่าขนย้าย และค่าสาธารณูปโภคต่าง ๆ เป็นต้น ($H_{t,j}$)

ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัตถุดิบ (บาทต่อครั้ง) ประกอบด้วย ค่าจัดทำเอกสารการสั่งซื้อ ค่าโทรศัพท์ ค่าจ้างพนักงานฝ่ายจัดซื้อ และค่าธรรมเนียมต่าง ๆ เป็นต้น ($O_{t,j}$)

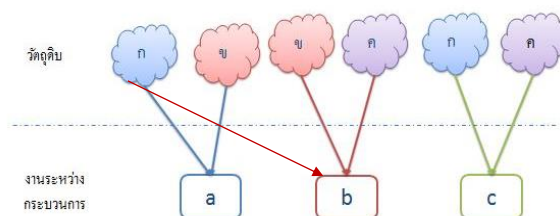
ข้อจำกัดด้านเวลาในการผลิตของเครื่องจักรในขั้นตอนที่ 1 ($CAP1_1$) มาจากจำนวนเครื่องจักร n เครื่อง และเวลาในการทำงานของคนที่สามารถใช้งานเครื่องจักรได้ในช่วงเวลาหนึ่งโดยคิดเวลารวมจากจำนวนเครื่องจักร n เครื่องที่ใช้งาน (หน่วยของเวลา)

ข้อจำกัดด้านเวลาในการผลิตของเครื่องจักรในขั้นตอนที่ 2 ($CAP1_2$) มาจากจำนวนเครื่องจักร m เครื่อง และเวลาในการทำงานของคนที่สามารถใช้งานเครื่องจักรได้ในช่วงเวลาหนึ่งโดยคิดเวลารวมจากจำนวนเครื่องจักร m เครื่องที่ใช้งาน (หน่วยของเวลา)

ข้อจำกัดด้านพื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป คือ พื้นที่ที่ใช้สำหรับจัดเก็บ วัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูป (WA_j) ต้องไม่เกินพื้นที่ที่ใช้สำหรับการจัดเก็บวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูปทั้งหมด ($CAP2$)

ความต้องการของสินค้าสำเร็จรูปได้มาจากการประมาณค่าข้อมูลของยอดขายในอดีต โดยให้ฝ่ายต่าง ๆ ประมาณยอดขายแล้วนำมารวมกันเป็นยอดขายรวมของบริษัท

ความต้องการของวัตถุดิบได้มาจากการวางแผนความต้องการวัตถุดิบ โดยจะคิดจากรายการวัสดุ (bill of materials) ของงานระหว่างกระบวนการที่ต้องทำการผลิตของสินค้าแต่ละชนิด ว่าสินค้าชิ้นนั้นใช้วัตถุดิบใดในปริมาณเท่าใดบ้าง ในการผลิตสินค้าสำเร็จรูป 1 หน่วย ซึ่งขนาดของการสั่งซื้อวัตถุดิบในแต่ละช่วงเวลาจะเท่ากับความต้องการของระหว่างกระบวนการพอดีและกำหนดให้เวลานำมีค่าเป็นศูนย์ ในงานวิจัยนี้ลักษณะของกระบวนการผลิตจะมีการผสมวัตถุดิบทั้งหมดเพื่อให้ได้งานระหว่างกระบวนการชนิดต่าง ๆ ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 งานระหว่างกระบวนการเกิดจากการผสมรวมวัตถุดิบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

โดยให้สัดส่วนของวัตถุดิบในการผสมโดยให้ X แทนปริมาณของวัตถุดิบ a , b และ c ที่ต้องใช้ในการผลิต งานระหว่างกระบวนการ a , b หรือ c เท่ากับ 1 หน่วย จะได้ว่า

$$WIP\ a = X_a + X_b \quad (1)$$

$$WIP\ b = X_a + X_b + X_c \quad (2)$$

$$WIP\ c = X_a + X_c \quad (3)$$

สามารถคำนวณปริมาณความต้องการของวัตถุดิบทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลา โดยให้ RM_a , RM_b และ RM_c แทน ปริมาณความต้องการของวัตถุดิบ a , b และ c ตามลำดับและให้ a , b และ c แทนปริมาณงาน ระหว่างกระบวนการที่ผลิต ดังนี้

$$RM_a = X_a a + X_b b + X_c c \quad (4)$$

$$RM_b = X_a a + X_b b \quad (5)$$

$$RM_n = X_n b + X_n c \quad (6)$$

3. ตัวแบบการหาขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัตโดยคำนวณทีละขั้นตอน (multi-item dynamic lot size and multi-stages dynamic lot size; MILS and MSLS)

จากปัญหาข้างต้นสามารถคำนวณหาขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัตโดยวิธีการดั้งเดิม นั่นคือวิธีนี้จะเป็นการแยกคิดแบบสองกรณี โดยที่กรณีหนึ่งจะคิดที่ขั้นตอนการสั่งผลิต ซึ่งจะอาศัยตัวแบบการสั่งผลิตที่มีสินค้าสำเร็จรูปหลายชนิด และมีกระบวนการการผลิตหลายขั้นตอน (multi-stage dynamic lot size ; MSLS) ส่วนกรณีที่สองจะคิดที่ขั้นตอนการสั่งซื้อ ซึ่งจะอาศัยตัวแบบการสั่งซื้อที่มีวัตถุดิบหลายชนิด (multi-item dynamic lot size; MILS) โดยที่ทั้งสองกรณีจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขการใช้พื้นที่จัดเก็บร่วมกันโดยแบ่งสัดส่วนพื้นที่คงคลังตามสัดส่วนที่กำหนด

3.1 ตัวแบบขนาดการสั่งผลิตที่เหมาะสมแบบพลวัตในกระบวนการผลิตที่มีหลายขั้นตอน (multi-stages dynamic lot size; MSLS)

ตัวแปรตัดสินใจ

$Y_{t,i,j}$	แทน	ค่าแสดงการสั่งผลิตโดยมีค่า 1 เมื่อมีการสั่งผลิตและมีค่า 0 เมื่อไม่มีการสั่งผลิต
$X_{t,i,j}$	แทน	ปริมาณการสั่งผลิตในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของสินค้า j
$I_{t,i,j}$	แทน	สินค้าคงคลังปลายงวดในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของสินค้า j

พารามิเตอร์

t	แทน	ช่วงเวลา t ; $t = 1, 2, \dots, T$
T	แทน	ช่วงเวลาทั้งหมด
i	แทน	ขั้นตอนการผลิตสินค้าขั้นตอนที่ i ; $i = 1, 2, \dots, m$
m	แทน	จำนวนขั้นตอนของการผลิตสินค้า
j	แทน	สินค้าที่ j ; $j = 1, 2, \dots, N$
N	แทน	จำนวนสินค้าทั้งหมด
$d_{t,j}$	แทน	ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า ในช่วงเวลา t ของสินค้า j
$S_{t,i,j}$	แทน	ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องจักรในการผลิต 1 ครั้ง ในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของสินค้า j
$C_{t,i,j}$	แทน	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในการผลิตสินค้าในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของสินค้า j
$H_{t,i,j}$	แทน	ค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของสินค้า j
$CAP1_i$	แทน	ข้อจำกัดด้านเวลาในการผลิตของเครื่องจักรในขั้นตอน i
$CAP2$	แทน	ข้อจำกัดด้านพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูป
$PT_{t,i,j}$	แทน	เวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของสินค้า j
$ST_{t,i,j}$	แทน	เวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของสินค้า j
$K_{t,i}$	แทน	ผลรวมความต้องการในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i
WA_j	แทน	พื้นที่คงคลังที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้า j

สมการเป้าหมาย

$$MinCost = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^N [S_{t,i,j} \cdot Y_{t,i,j} + C_{t,i,j} \cdot X_{t,i,j} + H_{t,i,j} \cdot I_{t,i,j}] \quad (20)$$

สมการข้อจำกัด

$$X_{t,m,j} + I_{t-1,m,j} = I_{t,m,j} + d_{t,j} \quad ; t = 1, 2, \dots, T; j = 1, 2, \dots, N \quad (21)$$

$$X_{t,i,j} + I_{t-1,i,j} = I_{t,i,j} + X_{t,i+1,j} \quad ; t = 1, 2, \dots, T; i = 1, 2, \dots, m-1; j = 1, 2, \dots, N \quad (22)$$

$$\sum_{j=1}^N [PT_{t,i,j} \cdot X_{t,i,j} + ST_{t,i,j} \cdot Y_{t,i,j}] \leq CAP1_i \quad ; t = 1, 2, \dots, T; i = 1, 2, \dots, m \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^N [WA_j \cdot X_{t,2,j} + WA_j \cdot I_{t-1,2,j}] \leq 0.5CAP2_t; t = 1, 2, \dots, T; j = 1, 2, \dots, N \quad (24)$$

$$X_{t,i,j} - [\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^P K_{t,i} Y_{t,i,j}] \leq 0 \quad ; t = 1, 2, \dots, T; i = 1, 2, \dots, m-1; j = 1, 2, \dots, N \quad (25)$$

$$Y_{t,i,j} \in \{0, 1\} \quad ; t = 1, \dots, T; i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, N \quad (26)$$

$$(X_{t,i,j}, I_{t,i,j}) \geq 0 \quad ; t = 1, \dots, T; i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, N \quad (27)$$

สมการ (20) เป็นสมการเป้าหมายมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ประกอบด้วยต้นทุนการสั่งผลิต ต่อครั้ง ต้นทุนในการผลิตสินค้าและต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า สมการ (21) และ (22) แสดงการสมดุลของปริมาณสินค้า ระหว่างการรับวัตถุดิบเข้าและส่งผลิตภัณฑ์ออก สมการ (23) แสดงกำลังการผลิตของเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิต สมการ (24) แสดงข้อจำกัดพื้นที่การเก็บรักษาสินค้าสำเร็จรูป สมการ (25) เป็นเงื่อนไขที่กำหนดค่า $(Y_{t,i,j})$ เท่ากับ 1 เมื่อมีการสั่งผลิตที่เวลา t เท่ากับ 0 เมื่อไม่มีการสั่งผลิตที่เวลา t สมการที่ (26) และ (27) แสดงชนิดของตัวแปรตัดสินใจ

3.2 ตัวแบบขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสมแบบพลวัต ที่มีวัตถุดิบหลายชนิด (multi-item dynamic lot size;

MILS)

ตัวแปรตัดสินใจ

$Y_{t,j}$	แทน	ค่าแสดงการสั่งผลิตซื้อโดยมีค่า 1 เมื่อมีการสั่งซื้อและมีค่า 0 เมื่อไม่มี การสั่งซื้อ
$X_{t,j}$	แทน	ปริมาณการสั่งผลิตในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ j
$I_{t,j}$	แทน	วัตถุดิบคงคลังปลายงวดในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ j

พารามิเตอร์

t	แทน	ช่วงเวลา t ; $t = 1, 2, \dots, T$
T	แทน	ช่วงเวลาทั้งหมด
j	แทน	วัตถุดิบที่ j ; $j = 1, 2, \dots, N$
N	แทน	จำนวนวัตถุดิบทั้งหมด
$d_{t,j}$	แทน	ปริมาณความต้องการวัตถุดิบในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ j
$O_{t,j}$	แทน	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัตถุดิบ 1 ครั้ง ในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ j
$C_{t,j}$	แทน	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในการซื้อวัตถุดิบในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ j
$H_{t,j}$	แทน	ค่าใช้จ่ายในการถือครองวัตถุดิบในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ j
$CAP2$	แทน	ข้อจำกัดด้านพื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบ j
WA_j	แทน	พื้นที่คงคลังที่ใช้ในการจัดเก็บวัตถุดิบ j
K_t	แทน	ผลรวมความต้องการในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ j

สมการเป้าหมาย

$$MinCost = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^N [C_{t,j} \cdot X_{t,j} + H_{t,j} \cdot I_{t,j} + O_{t,j} \cdot Y_{t,j}] \quad (28)$$

สมการข้อจำกัด

$$X_{t,j} + I_{t-1,j} = I_{t,j} + d_{t,j} \quad ; t = 1, 2, \dots, T; j = 1, 2, \dots, N \quad (29)$$

$$X_{t,j} - \sum_{t=1}^T K_t Y_{t,j} \leq 0 \quad ; t = 1, 2, \dots, T; j = 1, 2, \dots, N \quad (30)$$

$$\sum_{j=1}^N [W A_j \cdot X_{t,j} + W A_j \cdot I_{t-1,j}] \leq 0.5 CAP 2_t \quad ; t = 1, 2, \dots, T; j = 1, 2, \dots, N \quad (31)$$

$$Y_{t,j} \in \{0, 1\} \quad ; t = 1, \dots, T; j = 1, \dots, N \quad (32)$$

$$(X_{t,j}, I_{t,j}) \geq 0 \quad ; t = 1, \dots, T; j = 1, \dots, N \quad (33)$$

สมการ (28) เป็นสมการเป้าหมาย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนการสั่งซื้อต่อครั้ง ต้นทุนของวัตถุดิบและต้นทุนในการจัดเก็บวัตถุดิบ สมการ (29) แสดงการสมดุลของปริมาณวัตถุดิบระหว่างการรับวัตถุดิบเข้าและส่งวัตถุดิบออก สมการ (30) เป็นเงื่อนไขที่กำหนดค่า $(Y_{t,j})$ เท่ากับ 1 เมื่อมีการสั่งซื้อที่เวลา t เท่ากับ 0 เมื่อไม่มีการสั่งซื้อที่เวลา t สมการ (31) แสดงข้อจำกัดของพื้นที่การเก็บรักษาวัตถุดิบคงคลัง สมการ (32) และ (33) แสดงชนิดของตัวแปรตัดสินใจ

4. ตัวแบบการหาขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัตโดยคำนวณรวมกันทั้งสายการผลิต (multi-stage and multi-item dynamic lot size; MSILS)

จากการศึกษาปัญหาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจข้างต้น ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์นำมาแก้ปัญหา โดยใช้กำหนดการเชิงพลวัตสำหรับการสั่งซื้อและการผลิตที่มีหลายขั้นตอน เพื่อให้ได้นโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบและนโยบายการผลิตที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลาได้ ซึ่งจะมีหลายกระบวนการผลิตและมีผลิตภัณฑ์หลายชนิด โดยมีตัวแปรตัดสินใจ พารามิเตอร์ และตัวแบบทางคณิตศาสตร์ MSILS แสดงดังนี้

ตัวแปรตัดสินใจ

$Y1_{t,i,j}$	แทน	ค่าแสดงการผลิตโดยมีค่า 1 เมื่อมีการผลิตและมีค่า 0 เมื่อไม่มีการผลิต
$Y2_{t,p}$	แทน	ค่าแสดงการสั่งซื้อโดยมีค่า 1 เมื่อมีการสั่งซื้อและมีค่า 0 เมื่อไม่มีการสั่งซื้อ
$X1_{t,i,j}$	แทน	ปริมาณการผลิตในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของผลิตภัณฑ์ j
$X2_{t,p}$	แทน	ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ p
$I1_{t,i,j}$	แทน	สินค้าคงคลังปลายงวดในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของผลิตภัณฑ์ j
$I2_{t,p}$	แทน	วัตถุดิบคงคลังปลายงวดในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ p

พารามิเตอร์

t	แทน	ช่วงเวลา t ; $t = 1, 2, \dots, T$
T	แทน	ช่วงเวลาทั้งหมด
j	แทน	สินค้าที่ j ; $j = 1, 2, \dots, N$
p	แทน	วัตถุดิบที่ p ; $p = 1, 2, \dots, P$
i	แทน	ขั้นตอนการผลิตที่ i ; $i = 1, 2, \dots, m$
$d_{t,j}$	แทน	ปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ j
$DRM_{t,p}$	แทน	ปริมาณความต้องการวัตถุดิบในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ p
$S_{t,i,j}$	แทน	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของผลิตภัณฑ์ j
$O_{t,p}$	แทน	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัตถุดิบในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ p
$C1_{t,i,j}$	แทน	ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตสินค้าในช่วงเวลา t บนขั้นตอน i ของผลิตภัณฑ์ j

$C2_{t,p}$	แทน	ต้นทุนต่อหน่วยของวัตถุดิบในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ p
$H1_{t,i,j}$	แทน	ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าในช่วงเวลา t บนชั้นตอน i ของผลิตภัณฑ์ j
$H2_{t,p}$	แทน	ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบในช่วงเวลา t ของวัตถุดิบ p
$CAP1_i$	แทน	กำลังการผลิตสินค้าในชั้นตอน i
$CAP2_t$	แทน	ข้อจำกัดด้านพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าและวัตถุดิบ
$PT_{t,i,j}$	แทน	เวลาที่เครื่องจักรใช้ในการผลิตในช่วงเวลา t บนชั้นตอน i ของสินค้า j
$ST_{t,i,j}$	แทน	เวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตในช่วงเวลา t บนชั้นตอน i ของสินค้า j
WA_j	แทน	พื้นที่คงคลังที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้า j
WB_p	แทน	พื้นที่คงคลังที่ใช้ในการจัดเก็บวัตถุดิบ p
$K_{t,i}$	แทน	ผลรวมความต้องการของสินค้าในช่วงเวลา t บนชั้นตอน i
K_t	แทน	ผลรวมความต้องการของวัตถุดิบในช่วงเวลา t

สมการเป้าหมาย

$$MinCost = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^N [S_{t,i,j} \cdot Y1_{t,i,j} + C1_{t,i,j} \cdot X1_{t,i,j} + H1_{t,i,j} \cdot I1_{t,i,j}] + \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K [C2_{t,p} \cdot X2_{t,p} + H2_{t,p} \cdot I2_{t,p} + O_{t,p} \cdot Y2_{t,p}] \quad (7)$$

สมการข้อจำกัด

$$X1_{t,m,j} + I1_{t-1,m,j} = I1_{t,m,j} + d_{t,j} \quad ; t = 1, 2, \dots, T; j = 1, 2, \dots, N \quad (8)$$

$$X1_{t,m,j} + I1_{t-1,i,j} = I1_{t,i,j} + X1_{t,i+1,j} \quad ; t = 1, 2, \dots, T; i = 1, 2, \dots, m-1; j = 1, 2, \dots, N \quad (9)$$

$$X2_{t,p} + I2_{t-1,p} = I2_{t,p} + dr_{t,p} \quad ; t = 1, 2, \dots, T; p = 1, 2, \dots, P \quad (10)$$

$$X1_{t,i,j} - \left[\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^P K_{t,i} Y1_{t,i,j} \right] \leq 0 \quad ; t = 1, 2, \dots, T; i = 1, 2, \dots, m-1; j = 1, 2, \dots, N \quad (11)$$

$$X2_{t,p} - \sum_{t=1}^T K_t Y2_{t,p} \leq 0 \quad ; t = 1, 2, \dots, T; p = 1, 2, \dots, P \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^N [PT_{t,i,j} \cdot X1_{t,i,j} + ST_{t,i,j} \cdot Y1_{t,i,j}] \leq CAP1_i \quad ; t = 1, 2, \dots, T; i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^N [WA_j \cdot X1_{t,2,j} + WA_j \cdot I1_{t-1,2,j}] + \sum_{p=1}^P [WB_p \cdot X2_{t,p} + WB_p \cdot I2_{t-1,p}] \leq CAP2_t \quad ; t = 1, 2, \dots, T \quad (14)$$

$$DRM_{t,p} = a_p d_{t,j} + b_p d_{t,j} + c_p d_{t,j} \quad ; t = 1, 2, \dots, T; p = 1, 2, \dots, P \quad (15)$$

$$Y1_{t,i,j} \in \{0,1\} \quad ; t = 1, \dots, T; i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, N \quad (16)$$

$$(X1_{t,i,j}, I1_{t,i,j}) \geq 0 \quad ; t = 1, \dots, T; i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, N \quad (17)$$

$$Y2_{t,p} \in \{0,1\} \quad ; t = 1, \dots, T; p = 1, \dots, P \quad (18)$$

$$(X2_{t,p}, I2_{t,p}) \geq 0 \quad ; t = 1, \dots, T; p = 1, \dots, P \quad (19)$$

สมการ (7) เป็นสมการเป้าหมายมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดประกอบด้วยต้นทุนในการสั่งผลิตและส่งซื้อต่อครั้ง ต้นทุนการผลิตและต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูป สมการ (8) และ (9) แสดงสมมูลของปริมาณ

การผลิตความต้องการผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาและส่งออกผลิตภัณฑ์ออก สมการ (10) แสดงสมมูลของวัตถุดิบที่รับเข้ามา สมการ (11) เป็นสมการเงื่อนไขที่กำหนดค่า $Y1_{t,i,j}$ เท่ากับ 1 เมื่อมีการสั่งผลิตที่เวลา t บนขั้นตอน i ของผลิตภัณฑ์ j หรือเท่ากับ 0 เมื่อไม่มีการสั่งผลิตที่เวลา t สมการ (12) เป็นสมการเงื่อนไขที่กำหนดค่า $Y2_{t,p}$ เท่ากับ 1 เมื่อมีการสั่งซื้อที่เวลา t ของวัตถุดิบ p หรือเท่ากับ 0 เมื่อไม่มีการสั่งซื้อที่เวลา t สมการ (13) แสดงกำลังการผลิตของแต่ละเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิต สมการ (14) แสดงขนาดพื้นที่ที่ใช้จัดเก็บสินค้าสำเร็จรูปและวัสดุที่ใช้ในการผลิต สมการ (15) แสดงความต้องการของวัสดุที่ใช้ในการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้จะกำหนดตามสมการ (1-6) แสดงดังภาพที่ 2 และสมการ (16-19) แสดงชนิดตัวแปรตัดสินใจ

ผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้จะทดลองวางแผนการผลิตและการสั่งซื้อวัตถุดิบด้วยวิธีการที่นำเสนอ (MSILS) และวิธีการดั้งเดิม (MILS and MSLS) เป็นเวลา 30 สัปดาห์ และทำการทดลองจากสินค้า 5, 10, 15 ไปจนถึง 50 SKUs (stock keeping units) โดยกำหนดค่าความต้องการของสินค้าในแต่ละช่วงเวลา และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากสมมติฐานของแบบจำลองของงานวิจัยจะกำหนดเงื่อนไขด้านพื้นที่คงคลังสำหรับวิธี MILS and MSLS โดยมีพื้นที่สำหรับเก็บสินค้ากับวัตถุดิบเท่ากัน และสำหรับ MSILS พื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าและวัตถุดิบแต่ละชนิดจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณสินค้าและวัตถุดิบคงคลังในแต่ละช่วงเวลา เมื่อนำมาคำนวณด้วยโปรแกรม Gurobi Solver จะพบว่าทั้งสองตัวแบบ ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันทั้งต้นทุน (total cost) ปริมาณสินค้าที่ต้องผลิตหรือสั่งซื้อ (X) ปริมาณสินค้าและวัตถุดิบคงเหลือในคลัง (I) รวมไปถึงพื้นที่คงคลังสำหรับจัดเก็บสินค้าและวัตถุดิบ ผลการวิจัยจะนำเสนอการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพคำตอบของการคำนวณทั้ง 2 วิธี โดยคำนวณผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ Intel(R) Core(TM) i5-6300U 2.4GHz CPU และ 8GB RAM

จากการทดลองคำนวณค่าใช้จ่ายรวมจากตัวแบบการกำหนดขนาดการสั่งซื้อทั้งสองแบบ โดยทำการทดลองตั้งแต่สินค้า 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 SKU ที่ 30 สัปดาห์ พบว่าค่าใช้จ่ายรวม (Total Cost) กับเวลาที่ CPU ใช้ในการคำนวณเป็นดังตาราง 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพคำตอบและเวลาในการคำนวณของวิธี MSILS และวิธี MSLS and MILS

จำนวน SKUs	CPU time (sec.)			Objective Value (บาท)		
	MSLS and MILS	MSILS	% ความ แตกต่าง	MSLS and MILS	MSILS	% ความ แตกต่าง
5	0.042	0.065	54.76	4,687,097	4,686,787	-0.01
10	0.085	0.078	-8.24	8,634,920	8,629,981	-0.06
15	0.201	0.102	-49.25	15,620,784	15,617,369	-0.02
20	0.425	0.122	-71.29	23,460,030	23,449,817	-0.04
25	1.307	0.189	-85.54	30,431,159	30,416,220	-0.05
30	1.374	0.346	-74.82	35,866,743	35,829,740	-0.10
35	1.954	0.410	-79.02	42,958,805	42,953,496	-0.01
40	1.814	0.415	-77.12	48,055,004	48,037,619	-0.04
45	1.961	0.498	-74.60	52,516,592	52,478,920	-0.07
50	2.912	0.522	-82.07	59,759,952	59,709,865	-0.08

ผลการทดลองจากตารางที่ 1 พบว่าสำหรับการกำหนดขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัตทั้ง 2 วิธี ที่คำนวณด้วยโปรแกรม Gurobi Solver ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันทั้งต้นทุนโดยรวมและเวลาที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งวิธี MSILS ให้ผลลัพธ์ของต้นทุนโดยรวมต่ำกว่าวิธี MILS and MSLS แต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณสำหรับแผนการผลิตสินค้าจำนวน 5 SKU วิธี MSILS ใช้เวลามากกว่าวิธี MILS and MSLS แต่เมื่อเพิ่มจำนวนสินค้าในแผนการผลิตสินค้าเป็น 10, 15, 20 ไปจนถึง 50 SKU พบว่า วิธี MSILS ใช้เวลาน้อยกว่าวิธี MILS and MSLS ส่วนในด้านการบริหารพื้นที่คงคลังของวิธี MSILS จะสามารถบริหารคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี MILS and MSLS เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่คงคลังได้ทั้งหมด ดังนั้นสรุปได้ว่าคำตอบของวิธี MSILS มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี MILS and MSLS เพราะทำให้ต้นทุนโดยรวมต่ำ และมีความสะดวกมากกว่า เนื่องจากใช้การคำนวณเพียงครั้งเดียวและสามารถบริหารพื้นที่คงคลังให้เพียงพอสำหรับปริมาณสินค้าและวัตถุดิบที่ต้องจัดเก็บในแต่ละช่วงเวลาได้

สรุปและอภิปรายผล

ในการวางแผนการสั่งซื้อและสั่งผลิตที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ในการจัดเก็บและใช้พื้นที่ในการจัดเก็บร่วมกัน โดยทั่วไปจะวางแผนการสั่งซื้อและการสั่งผลิตที่แยกกันคำนวณ ซึ่งจะพบว่าปัญหาคือ จะต้องแบ่งพื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปที่แน่นอนและชัดเจน เพื่อใช้ในการกำหนดขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการสั่งผลิตที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการกำหนดขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและขนาดการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัตโดยคำนวณรวมกันทั้งสายการผลิต (MSILS) เปรียบเทียบกับวิธีการกำหนดขนาดการสั่งซื้อวัตถุดิบและการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมแบบพลวัตโดยคำนวณทีละขั้นตอน (MILS and MSLS) เพื่อหาวิธีที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าตามช่วงเวลา สำหรับสินค้าและวัตถุดิบหลายชนิด (multi-items) หลายขั้นตอนการผลิต (multi-stages) โดยอยู่ภายใต้ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิตและเงื่อนไขด้านพื้นที่คงคลังที่ต้องใช้ร่วมกันของสินค้าและวัตถุดิบ ผลการเปรียบเทียบจะพิจารณาจากต้นทุนรวมของการสั่งซื้อและสั่งผลิตและเวลาในการคำนวณบนโปรแกรม Gurobi Solver

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ตัวแบบดังกล่าวข้างต้นกับโรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่าง ที่มีทั้งนโยบายการสั่งซื้อวัตถุดิบและสั่งผลิตสินค้า กระบวนการผลิตมีขั้นตอนการผลิต 2 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีเครื่องจักรหลายเครื่อง โดยทุกเครื่องสามารถใช้แทนกันได้และทุกเครื่องสามารถใช้ได้กับทุกผลิตภัณฑ์ ซึ่งความต้องการของสินค้ามีค่าแน่นอนและเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา จากรูปแบบสถานการณ์จำลองและข้อจำกัดต่างๆ ผู้วิจัยจึงได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ คือ MSILS และเปรียบเทียบกับวิธี MILS and MSLS เพื่อแก้ปัญหาการหาขนาดการสั่งผลิตและขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสม จากนั้นออกแบบการทดลองโดยกำหนดแผนการผลิตสินค้าตั้งแต่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 SKU ในช่วงระยะเวลา 30 สัปดาห์ พิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าและการซื้อวัตถุดิบ และเงื่อนไขในการวางแผนการสั่งผลิตและการสั่งซื้อ ในการคำนวณหาขนาดการผลิตและการสั่งซื้อที่เหมาะสมจะใช้โปรแกรม Gurobi Solver ช่วยในการคำนวณตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของนโยบายการสั่งผลิตและการสั่งซื้อที่นำเสนอ ผลการคำนวณพบว่าต้นทุนรวมด้วยวิธี MILS and MSLS มีค่ามากกว่าวิธี MSILS เสมอ และเวลาที่ใช้ในการคำนวณด้วยโปรแกรมของวิธี MILS and MSLS จะน้อยกว่าวิธี MSILS สำหรับการวางแผนการผลิตสินค้าและสั่งซื้อวัตถุดิบจำนวน 5 SKU แต่เมื่อเพิ่มชนิดสินค้าเป็น 10, 15, 20 ไปจนถึง 50 SKU พบว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณด้วยโปรแกรมของวิธี MILS and MSLS จะมากกว่าวิธี MSILS ส่วนเงื่อนไขด้านพื้นที่คงคลังสำหรับวิธี MILS and MSLS จะกำหนดให้พื้นที่สำหรับเก็บสินค้ากับวัตถุดิบเท่ากันซึ่งเท่ากับพื้นที่ครึ่งหนึ่งของทั้งหมด และสำหรับวิธี MSILS พื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าและวัตถุดิบแต่ละชนิดจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณสินค้าและวัตถุดิบคงคลังในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นวิธี MSILS จะให้ผลลัพธ์ด้านต้นทุนการผลิตต่ำกว่าวิธี MILS and MSLS ส่วนเวลาในการคำนวณ พบว่ากรณีที่ทำการวางแผนการผลิตสินค้าน้อยชนิด วิธี MILS and MSLS จะใช้เวลาในการคำนวณนานกว่าวิธี MSILS ดังนั้นสำหรับกรณีตัวอย่างของโรงงาน

อุตสาหกรรมแห่งนี้ วิธีที่เหมาะสมก็คือวิธี MSILS เพราะเป็นวิธีที่สะดวก สามารถหาคำตอบได้รวดเร็วกว่า มีความยืดหยุ่นในการใช้พื้นที่ และได้ผลลัพธ์ด้านต้นทุนรวมในการสั่งผลิตสินค้าและการสั่งซื้อวัตถุดิบต่ำ

ในงานวิจัยนี้มีสมมติฐานของแบบจำลองที่ว่าระยะเวลานำในการสั่งซื้อวัตถุดิบมีค่าเป็นศูนย์ ความต้องการสินค้าและวัตถุดิบในแต่ละช่วงเวลามีความแน่นอน และวัตถุดิบกับสินค้าสำเร็จรูปใช้พื้นที่คงคลังร่วมกัน แนวทางการวิจัยในอนาคตจะพิจารณากรณีที่ความต้องการสินค้าและวัตถุดิบมีความไม่แน่นอน ระยะเวลานำไม่เท่ากับศูนย์ หรือวัตถุดิบกับสินค้าสำเร็จรูปใช้พื้นที่คงคลังร่วมกันในสัดส่วนที่ไม่คงที่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2562 สัญญาเลขที่ 029/2563

เอกสารอ้างอิง

- [1] De Bodt, M. A., Gelders, L. F., and Van Wassenhove, L. N. (1984). Lot sizing under dynamic demand conditions: A review. *Engineering Costs and Production Economics*, 8(3), 165-187.
- [2] Bai, Q., and Xu, J. (2011). Optimal Solutions for the Economic Lot-Sizing Problem with Multiple Suppliers and Cost Structures. *Journal of Applied Mathematics and Computing*, 37(1-2), 331-345.
- [3] Wagner, H. M., and Whitin, T. M. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size Model. *Management Science*, 89-96.
- [4] Silver, E. A. (1978). Inventory Control Under a Probabilistic Time-varying Demand Pattern. *AIIE Transactions*, 10, 371-379.
- [5] Callerman, T. E., and Whybark, D. C. (1977). *Purchase Quantity Discounts in an MRP Environment*. 8th annual midwest conference. American Institute for Decision Science.
- [6] Chang, C.-T. (2006). An acquisition policy for a single item multi-supplier system with real-world constraints. *Applied Mathematical Modelling*, 30(1), 1-9.
- [7] Ghaniabadi, M., and Mazinani, A. (2017). Dynamic Lot Sizing with Multiple Suppliers, Backlogging and Quantity Discounts. *Computer and Industrial Engineering*, 110, 67-74.
- [8] Defersha, F. M., and Chen, M. (2008). A Linear Programming Embedded Genetic Algorithm for an Integrated Cell Formation and Lot Sizing Considering Product Quality. *European Journal of Operational Research*, 187, 46-69.
- [9] Gaafar, L. (2006). Applying Genetic Algorithms to Dynamic Lot Sizing with Batch Ordering. *Computers & Industrial Engineering*, 51, 433-444.
- [10] Defersha, F. M., and Chen, M. (2008). A Linear Programming Embedded Genetic Algorithm for an Integrated Cell Formation and Lot Sizing Considering Product Quality. *European Journal of Operational Research*, 187, 46-69.
- [11] Koken, P., Seok, H., and Yoon, S. W. (2017). A Genetic Algorithm Based Heuristic for Dynamic Lot Sizing Problem with Returns and Hybrid Products. *Computers & Industrial Engineering*, 119, 453-464.
- [12] Teunter, R. H., Bayindir, Z. P., and Van Den Heuvel, W. (2006). Dynamic lot sizing with product returns and remanufacturing. *International Journal of Production Research*, 44(20), 4377-4400.

- [13] Li, X., Baki, F., Tian, P., and Chaouch, B. A. (2014). A robust block-chain based tabu search algorithm for the dynamic lot sizing problem with product returns and remanufacturing. *Omega (United Kingdom)*, 42(1), 75-87.
- [14] Sifaleras, A., Konstantaras, I., and Mladenovic, N. (2015). Variable Neighborhood Search for the Economic Lot Sizing Problem with Product Returns and Recovery. *International Journal of Production Economics*, 160, 133-143.
- [15] Carvalho, D. M., and Nascimento, M. C. (2022). Hybrid Matheuristics to Solve the Integrated Lot Sizing and Scheduling Problem on Parallel Machines with Sequence-Dependent and Non-Triangular Setup. *European Journal of Operational Research*, 296, 158-173.
- [16] Chotayakul, S., and Punyangarm, V. (2016). The Chance-Constrained Programming for the Lot-Sizing Problem with Stochastic Demand on Parallel Machines. *International Journal of Modeling and Optimization*, 6(1), 56-60.