



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การประยุกต์แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นสำหรับการวางแผนการผลิต: กรณีศึกษาบริษัท ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

Application of linear programming model for production planning: a case study of the automotive parts manufacturing company

จีราดา อนุชิตนันท์

คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอมือ จังหวัดชลบุรี 20131

Jeerada Anuchitnanon

Faculty of Logistics, Burapha University Chonburi 20131

Corresponding author.

E-mail: jeerada@go.buu.ac.th; Telephone: 0 3810 2222

วันที่รับบทความ 9 พฤษภาคม 2564; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 16 มิถุนายน 2563; วันที่ตอบรับบทความ 25 สิงหาคม 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการวางแผนการผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์กรณีศึกษาด้วยวิธีเฮจุงกะ (Heijunka) และศึกษาการประยุกต์แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming: LP) ในการวางแผนการผลิตบริษัทกรณีศึกษา เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของทั้งสองวิธี โดยการศึกษาพิจารณาต้นทุนที่เกิดจากแรงงานที่ทำการผลิตในช่วงเวลาปกติ และช่วงการทำงานล่วงเวลา รวมถึงต้นทุนการจัดเก็บสินค้า ผลจากการศึกษา พบว่าวิธีแบบจำลองเชิงเส้นมีต้นทุนรวมน้อยกว่าวิธี Heijunka ประมาณร้อยละ 15 ถึงแม้ว่าวิธี LP จะมีต้นทุนรวมน้อยกว่าแต่แผนการผลิตแต่ละวันมีความผันผวนหรือแตกต่างกันสูง ในขณะที่วิธี Heijunka แผนการผลิตจะถูกปรับเรียบด้วยข้อมูลรวมของทั้งสัปดาห์ทำให้แผนมีความผันผวนหรือแตกต่างกันน้อยกว่าวิธี LP

คำสำคัญ

การวางแผนการผลิต การปรับเรียบการผลิต เฮจุงกะ แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้น

Abstract

This research studies the production planning process in an automotive parts manufacturer case study with the Heijunka method and studies to apply of linear programming (LP) model in the case study to compare the manufacturing costs of two methods. This study considers the costs incurred by labor produced during regular production hours and overtime production hours, including the holding cost. Study results show that the total cost of the linear programming method is less than the Heijunka method about 15%. Although the LP method has a lower total cost, the daily production plan is highly fluctuated. In contrast, the Heijunka method, production plans were adjusted more smoothly by consolidating data all week which makes the production plan in each day less fluctuated than linear programming method.

Keywords

production planning; level production; Heijunka; linear programming model

1. คำนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหนึ่งในรากฐานสำคัญของการพัฒนา และเป็นกลไกในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย ทำให้อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นส่วนหนึ่งในโซ่อุปทานอุตสาหกรรมยานยนต์มีบทบาทและความสำคัญ เนื่องจากการประกอบรถยนต์หนึ่งคันจะต้องประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้ประกอบการรถยนต์ไม่สามารถผลิตชิ้นส่วนเองได้ทั้งหมด ส่งผลให้อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อการประกอบรถยนต์ (Original Equipment Manufacturer; OEM) ในประเทศไทยมีอัตราการเติบโตตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์ ปัจจุบันอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ของไทยมีจำนวนผู้ผลิตมากกว่า 1,800 ราย แบ่งเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วน 1st Tier เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนคุณภาพสูงตามมาตรฐานที่กำหนดโดยบริษัทผู้ประกอบรถยนต์ ปัจจุบันมีจำนวนผู้ประกอบการ 720 ราย และผู้ผลิตชิ้นส่วน 2nd Tier และ 3rd Tier ส่วนใหญ่เป็น SMEs ปัจจุบันมีผู้ประกอบการมากกว่า 1,100 ราย [1] ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนในตลาด OEM มีอัตราการแข่งขันที่สูง และจากแพร่ระบาดของไวรัส COVID-19 ส่งผลให้อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ในไทยมีแนวโน้มหดตัวตามอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ ผู้ผลิตชิ้นส่วนจึงต้องพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในการเพิ่มขีดความสามารถ และศักยภาพให้สามารถดำเนินธุรกิจได้ในสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน จึงเป็นเหตุให้ผู้บริหารองค์กรให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนในกิจกรรมที่เป็นความสูญเสียเปล่า

บริษัทธนาศึกษาเป็นบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แบบ OEM เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วน 1st Tier ที่มีกระบวนการผลิตแบบ Jop Shop และเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อ (Make to order) โดยจะรับคำสั่งซื้อล่วงหน้า 1 เดือน เมื่อได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าจะทำการสั่งซื้อวัตถุดิบ และผลิตตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการในคราวเดียว และส่งให้กับลูกค้าตามจำนวน lot size ที่ลูกค้ากำหนดในแต่ละรอบการจัดส่งตามระบบ Milk run ซึ่งเป็นระบบสนับสนุนระบบทันเวลา (Just in time) เพื่อช่วยลดต้นทุนการขนส่ง ลดสินค้าคงคลัง และลดงานระหว่างกระบวนการ (Work in process) ทำให้บริษัทมีระดับสินค้าคงคลังค่อนข้างสูง และต้องสูญเสียพื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบและสินค้าสูงตามยอดคำสั่งซื้อ หากคำสั่งซื้อของลูกค้ามีความผัน

ผวนสูงจะส่งให้การบริหารจัดการทำได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ มีงานในกระบวนการสูง และผลิตงานล่าช้าจากการวางแผนการผลิตที่ไม่เหมาะสม บริษัทจึงนำแนวคิดสินค้าเข้ามาใช้ในปรับปรุงกระบวนการ ในที่นี้บริษัทได้ประยุกต์แนวคิดการวางแผนการผลิตแบบปรับเรียบ (Heijunka) เข้ามาใช้ในการวางแผนการผลิตสำหรับสินค้าที่มีความผันผวนของคำสั่งซื้อจากลูกค้าสูงจะทำการปรับเรียบแผนการผลิตเป็นรายสัปดาห์ และสินค้าที่มีความผันผวนของคำสั่งซื้อน้อยจะทำการผลิตตามความต้องการ โดยผลการดำเนินงานนี้สามารถลดปริมาณสินค้าคงคลังได้ แต่เนื่องจากต้องวางแผนพร้อมกันหลายผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต ทำให้หาคำตอบได้ยาก และผลลัพธ์ยังมีข้อจำกัดที่ดีที่สุด ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดงานวิจัยนี้จึงศึกษาแนวทางการประยุกต์แบบจำลองเชิงเส้น (Linear programming: LP) มาใช้ในการวางแผนการผลิตของบริษัทธนาศึกษา และเปรียบเทียบกับต้นทุนกับวิธีเฮจุงกะ

2. ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม

การวางแผนการผลิตโดยรวม (Aggregate production planning: APP) คือ การวางแผนการผลิต และการจ้างงานระยะกลาง ซึ่งโดยทั่วไปจะครอบคลุมช่วงเวลาประมาณ 3 ถึง 18 เดือน โดยจะเกี่ยวข้องกับการกำหนดปริมาณการผลิตที่เหมาะสม การจ้างงาน และการกำหนดอัตราค่าจ้างคนงาน และระดับสินค้าคงคลัง Backorder และการจ้างเหมาช่วง (Subcontract) และอื่น ๆ ตามข้อจำกัดของทรัพยากร กลยุทธ์ของการวางแผนการผลิตโดยรวม ได้แก่ การผลิตตามความต้องการ (Mixed chase) และการผลิตแบบปรับเรียบ (Level production) [2] การวางแผนการผลิตโดยรวมเป็นกระบวนการตัดสินใจที่จะกำหนดวิธีที่ดีที่สุดในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยอาศัยข้อมูล ได้แก่ อัตราการผลิตระดับแรงงาน ระดับสินค้าคงคลังการทำงานล่วงหน้า อัตราการรับเหมาช่วง และตัวแปรที่ควบคุมได้อื่น ๆ ในการประกอบการตัดสินใจในการวางแผน เพื่อให้การผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสามารถรองรับความต้องการของลูกค้าได้อย่างเหมาะสม [3,4]

เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) และการวิจัยการดำเนินงาน (Operations research) ถูกนำมาใช้อย่าง

กว้างขวางเพื่อหาแนวทางแก้ไขและการตัดสินใจที่ดีขึ้นสำหรับปัญหาอุตสาหกรรม ในอุตสาหกรรมการผลิตทุกประเภท การวางแผนการผลิตเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า [5] โดย Jamalnia และคณะ [2] เสนอรูปแบบการตัดสินใจใหม่สำหรับการวางแผนการผลิตรวม (APP) ภายใต้ความไม่แน่นอน โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming: LP) เป็นเทคนิคที่บริษัทจำนวนมากนำมาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาการขนส่ง การวางแผนการผลิต ปัญหาการตัดสินใจในการลงทุน ท่าเลที่ตั้ง การจัดสรร และปัญหาอื่นๆ อีกมากมาย [6] เช่น ในงานวิจัยของปรีดี [7] ได้นำ LP มาช่วยในการออกแบบเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตรวมและการบริหารคลังสินค้า กรณีศึกษาโรงงานฟองเต้าหู้ตัวอย่าง เช่นเดียวกับพัทธรธรรม [8] ที่ประยุกต์ LP สำหรับการวางแผนการผลิตทางการเกษตรส่งผลให้รายได้สุทธิเหนือต้นทุนเงินสดสูงกว่าการผลิตแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ยังถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต เช่น เพชรรายุทธ และอภิชัย [9] ที่นำมาใช้ในการวางแผนการผลิตของบริษัทผลิตเครื่องสำอางจากสมุนไพร โดยนำข้อมูลทางด้านการพยากรณ์ความต้องการ การผลิต และคลังสินค้ามาทำการวิเคราะห์ และ Naveena Surya and Sivasundari [5] ได้นำ LP มาใช้ในการวางแผนการผลิตในกระบวนการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับยานยนต์ โดยวัตถุประสงค์ของทั้ง 3 งานวิจัยคือ การลดต้นทุน ในขณะที่ Gulsum และคณะ [3] ศึกษาการแก้ปัญหาด้วย LP ที่มีหลายวัตถุประสงค์ คือ การลดต้นทุน และลดผลกระทบต่อระดับแรงจูงใจของพนักงานที่เกิดจากการตัดสินใจจ้างหรือเลิกจ้าง

งานวิจัยที่ได้ประยุกต์แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming, MILP) มาใช้ในการแก้ปัญหา เช่น สรไกร [4] ได้สร้างแบบจำลอง MILP สำหรับการวางแผนการผลิตสินค้าหลายผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงเวลาด้วยค่าใช้จ่ายคงที่ ในขณะที่ ธันยพร ภูพงษ์ และขวัญนิธิ [10] ใช้ MILP สำหรับการวางแผนและการจัดตารางการผลิตขั้นสูง (Advanced Planning and Scheduling: APS) ที่มีข้อจำกัดในเรื่องของรอบเวลาของการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะ

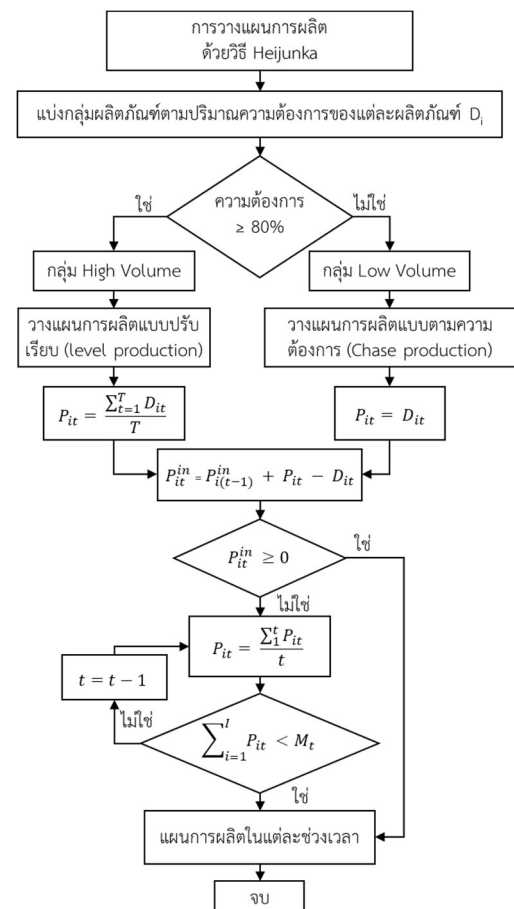
พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ LP หรือ MILP ในปัญหาการวางแผนการผลิต โดยพิจารณาระดับสินค้าคงคลัง ระดับแรงงาน อัตราการทำงานล่วงเวลา และอัตราการรับเหมาช่วง โดยมีวัตถุประสงค์เป้าหมายคือ การลดต้นทุนตลอดระยะเวลาการวางแผน

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงประยุกต์ โดยจะทำการศึกษาแนวทางการประยุกต์ LP ในการวางแผนการผลิตของสายการผลิต A ของบริษัทกรณีศึกษา และเปรียบเทียบผลกับแนวทางปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษาที่ได้ประยุกต์วิธี Heijunka ในการวางแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในสายการผลิต A

1) วิธี Heijunka

บริษัทกรณีศึกษามีกระบวนการหาคำตอบด้วยวิธี Heijunka ดังนี้



รูปที่ 1 กระบวนการวางแผนการผลิตด้วยวิธี Heijunka ของบริษัทกรณีศึกษา

โดย

P_{it} คือ ปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ i ในช่วงเวลาที่ t

D_{it} คือ ปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ i ในช่วงเวลาที่ t

M_t คือ ปริมาณกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงเวลาที่ t

P_{it}^{in} คือ ปริมาณสินค้าคงคลังสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ i ในช่วงเวลาที่ t

จากรูปที่ 1 วิธี Heijunka ของบริษัทกรณีศึกษาเริ่มจากแบ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามปริมาณความต้องการของแต่ละผลิตภัณฑ์ ถ้าปริมาณความต้องการมีมากกว่าร้อยละ 80 จะอยู่ในกลุ่ม High volume ทำการวางแผนการผลิตแบบปรับเรียบโดยปริมาณการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงเวลาจะหาได้จากค่าเฉลี่ยของความต้องการของผลิตภัณฑ์นั้น แต่ถ้าปริมาณความต้องการมีน้อยกว่าร้อยละ 80 จะอยู่ในกลุ่ม Low volume และวางแผนการผลิตแบบตามความต้องการ ปริมาณการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงเวลาจะเท่ากับปริมาณความต้องการ ในระหว่างการวางแผนจะต้องพิจารณาระดับสินค้าคงคลังของแต่ละผลิตภัณฑ์ของแต่ละช่วงเวลา หากมีค่าติดลบปริมาณการผลิตให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยของปริมาณความต้องการในช่วงเวลาที่ผ่านมาจนถึงช่วงเวลานั้นๆ และต้องคำนึงถึงกำลังการผลิตที่มีจำกัดในแต่ละวัน หากปริมาณการผลิตมากกว่ากำลังการผลิตต้องทำการเกลี่ยปริมาณการผลิตในช่วงเวลานั้นๆ ให้กับช่วงเวลาก่อนหน้า

2) วิธี LP

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประยุกต์โมเดลทางคณิตศาสตร์ของ Gulsum และคณะ [3] มาเป็นแบบจำลองต้นแบบในการสร้างรูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นของบริษัทกรณีศึกษา ดังนี้

1) สมการวัตถุประสงค์

ฟังก์ชันต้นทุนนี้ประกอบด้วยต้นทุน 3 ส่วนคือ ต้นทุนการผลิตในช่วงเวลาปกติ ต้นทุนการผลิตในช่วงล่วงเวลา และต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลัง

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T c_{it}^{ot} P_{it}^{rt} + c_{it}^{ot} P_{it}^{ot} + c_{it}^{in} P_{it}^{in} \quad (1)$$

2) สมการข้อจำกัด

- การตอบสนองความต้องการ

$$P_{it}^{in} = P_{i(t-1)}^{in} + P_{it}^{rt} + P_{it}^{ot} - d_{it} \quad \forall i, \forall t \quad (2)$$

- ปริมาณการผลิตต้องไม่เกินกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงเวลาปกติ

$$\sum_{i=1}^I P_{it}^{rt} \leq m_t^{rt} \quad \forall t \quad (3)$$

- ปริมาณการผลิตต้องไม่เกินกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงล่วงเวลา

$$\sum_{i=1}^I P_{it}^{ot} \leq m_t^{ot} \quad \forall t \quad (4)$$

- ตัวแปรตัดสินใจต้องไม่ติดลบและเป็นจำนวนเต็ม (I)

$$P_{it}^{rt}, P_{it}^{ot}, P_{it}^{in} = \begin{cases} 0 \\ I^+ \end{cases} \quad \forall i, \forall t \quad (5)$$

เมื่อ

- ตัวแปรตัดสินใจ คือ

P_{it}^{rt} คือ ปริมาณการผลิตในช่วงเวลาปกติสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ i ในช่วงเวลาที่ t

P_{it}^{ot} คือ ปริมาณการผลิตในช่วงล่วงเวลาสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ i ในช่วงเวลาที่ t

P_{it}^{in} คือ ปริมาณสินค้าคงคลังสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ i ในช่วงเวลาที่ t

- พารามิเตอร์ คือ

c_{it}^{rt} คือ ต้นทุนการผลิตในช่วงเวลาปกติต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ที่ i ในช่วงเวลาที่ t

c_{it}^{ot} คือ ต้นทุนการผลิตในช่วงล่วงเวลาต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ที่ i ในช่วงเวลาที่ t

c_{it}^{in} คือ ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ที่ i ในช่วงเวลาที่ t

d_{it} คือ ปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่ i ในช่วงเวลาที่ t

m_i^{rt} คือ ปริมาณกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงเวลาปกติของช่วงเวลาที่ t

m_i^{ot} คือ ปริมาณกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงล่วงเวลาของช่วงเวลาที่ t

3) ลักษณะปัญหาของกรณีศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากារวางแผนการผลิตของสายการประกอบ A ของบริษัทกรณีศึกษา มีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 14 ผลิตภัณฑ์ โดยปกติบริษัทกรณีศึกษาจะทำการวางแผนการผลิตเป็นรายสัปดาห์ มีวันทำงานปกติ 5 วันต่อสัปดาห์ อีก 2

วันเป็นวันทำงานล่วงเวลา โดยที่ช่วงเวลาที่ทำงานปกติของสายการประกอบ A มีกำลังการผลิต (m_i^{rt}) 2,337 ชิ้นต่อวัน ต้นทุนการผลิตในช่วงเวลาปกติ (c_i^{rt}) เท่ากับ 20 บาทต่อชิ้น โดยประมาณ และ ในขณะที่ช่วงเวลาที่ทำงานล่วงเวลามีกำลังการผลิต (m_i^{ot}) เท่ากับ 2,718 ชิ้นต่อวัน ทั้งในวันเสาร์และอาทิตย์ และมีต้นทุนการผลิตในช่วงล่วงเวลาเท่ากับ 40 บาทต่อชิ้นในวันเสาร์ และ 60 บาทในวันอาทิตย์ (c_i^{ot}) ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า (c_i^{in}) เท่ากับ 2 บาทต่อชิ้น และงานวิจัยนี้ได้นำความต้องการของแต่ละผลิตภัณฑ์ย้อนหลัง 6 เดือน มาพยากรณ์หาความต้องการค่าเฉลี่ยของแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงเวลา เป็นรายสัปดาห์รวม 4 สัปดาห์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความต้องการของแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงเวลา

สัปดาห์ที่	ช่วงเวลา t	ความต้องการผลิตภัณฑ์ i (ชิ้น)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	0	0	0	0	0	165	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	435	0	15	0	0	0	0	0	0
	3	188	0	130	8	30	1330	56	164	5	0	0	0	0	0
	4	400	0	278	28	0	1451	55	71	12	0	0	0	0	0
	5	400	0	332	24	0	1323	90	130	24	0	0	0	0	0
	6	432	0	354	4	0	1134	78	115	24	0	0	0	0	0
	7	432	0	298	0	46	1170	75	130	24	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	1245	85	121	24	0	0	0	0	0
	2	0	280	0	0	0	135	15	45	12	0	0	280	700	0
	3	332	0	188	56	20	1395	75	125	24	0	0	0	0	0
	4	228	0	206	104	42	1369	109	151	24	0	0	0	0	0
	5	224	0	230	148	16	1395	75	105	24	0	0	0	0	0
	6	232	0	308	84	16	1215	45	165	36	0	0	0	0	0
	7	228	0	178	144	12	1184	60	136	24	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	1245	60	138	0	0	0	0	0	0
	2	0	280	0	0	0	0	0	0	0	280	140	980	980	140
	3	220	0	212	144	16	1425	60	135	24	0	0	0	0	0
	4	444	0	158	96	0	1410	170	112	12	0	0	0	0	0
	5	428	0	106	20	0	1365	75	120	12	0	0	0	0	0
	6	456	0	152	24	0	1275	60	180	12	0	0	0	0	0
	7	436	0	106	44	30	1140	45	105	12	0	0	0	0	0

ตารางที่ 1 ความต้องการของแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงเวลา(ต่อ)

4	ช่วงเวลา t	ความต้องการผลิตภัณฑ์ i (ชิ้น)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	1	0	0	0	0	0	1335	30	127	0	0	0	0	0	0
	2	0	280	0	0	0	0	0	0	0	280	140	980	980	140
	3	440	0	100	24	0	1440	84	142	24	0	0	0	0	0
	4	436	0	118	44	30	1507	107	129	12	0	0	0	0	0
	5	356	0	217	20	0	1209	66	79	12	0	0	0	0	0
	6	88	0	114	0	0	1208	51	106	24	0	0	0	0	0
	7	213	280	22	0	32	1433	81	123	24	280	0	980	980	140

4. ผลการดำเนินงาน

จากข้อมูลทำการเก็บรวบรวมมาได้ นำมาทำการวางแผนด้วยวิธี Heijunka ตามกระบวนการในรูปที่ 1 และวางแผนการผลิตด้วยวิธี LP หาคำตอบด้วยโปรแกรม OpenSolver 2.9.3 สำหรับ Microsoft Excel โดยการศึกษาจะทำการวางแผนการผลิตรอบละ 7 วัน หรือ 1 สัปดาห์ โดยผลจากการวางแผนการผลิตที่วางแผนได้ในแต่ละวันด้วยวิธี Heijunka และวิธี LP แสดงดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ และสามารถสรุปผลที่ได้จากการวางแผนการผลิตทั้ง 2 วิธีเป็นรายสัปดาห์ได้ดังตารางที่ 4 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผลรวมของแผนการผลิต รวมถึงร้อยละของความแตกต่างระหว่างแผนการผลิตที่คำนวณได้กับกำลังการผลิตที่มีอยู่ และต้นทุนการผลิตในแต่ละสัปดาห์ของวิธี Heijunka และ LP แสดงในตารางที่ 5

และจากตารางที่ 4 พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 วิธี Heijunka มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,640 ชิ้นต่อวัน S.D. เท่ากับ 53 ชิ้นต่อวัน และแตกต่างกับกำลังการผลิตเฉลี่ยร้อยละ 33 สำหรับวิธี LP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,637 ชิ้นต่อวัน S.D. เท่ากับ 922 ชิ้นต่อวัน และแตกต่างกับกำลังการผลิตเฉลี่ยร้อยละ 30 และเมื่อพิจารณาผลในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าผลรวมของแผนการผลิตเฉลี่ยของทั้งสองวิธีเท่ากับ 2,438 ชิ้นต่อวัน S.D. ของวิธี Heijunka และวิธี LP เท่ากับ 192 และ 173 ชิ้นต่อวัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกับกำลังการผลิตเท่ากับร้อยละ 0.33 และ 0.3 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในสัปดาห์ที่ 1 วิธี LP มีค่า S.D. สูงกว่าวิธี Heijunka แต่ในสัปดาห์ที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันมาก

ผลจากตารางที่ 5 พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 ถ้าวางแผนด้วยวิธี LP จะมีต้นทุนรวมน้อยกว่าวิธี Heijunka มากถึงร้อยละ 28 ในสัปดาห์ที่ 2 ร้อยละ 16 สัปดาห์ที่ 3 ร้อยละ 12 ในขณะที่ผลของสัปดาห์ที่ 4 วิธี LP จะมีต้นทุนรวมน้อยกว่าวิธี Heijunka เพียงร้อยละ 0.5

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ถ้าแผนการผลิตแตกต่างกับกำลังการผลิตมากจะทำให้วิธี LP มีต้นทุนน้อยกว่าวิธี Heijunka ในร้อยละที่สูง เนื่องจากวิธี Heijunka จะเป็นการเฉลี่ยแผนการผลิตทั้งสัปดาห์ทำให้มีต้นทุนในการจัดเก็บสูงกว่าวิธี LP เพราะฉะนั้นถ้าแผนการผลิตโดยรวมตลอดทั้งสัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกับกำลังการผลิตที่มีอยู่จะทำให้ต้นทุนรวมของทั้ง 2 วิธีแตกต่างกันน้อย และวิธี Heijunka แผนการผลิตที่ได้ในแต่ละสัปดาห์จะมีความแตกต่างของแผนในแต่ละวันของทุกผลิตภัณฑ์น้อยกว่าวิธี LP โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 240 ชิ้นต่อสัปดาห์ ในขณะที่วิธี LP มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 452 ชิ้นต่อสัปดาห์ วิธี Heijunka แผนการผลิตจะถูกปรับเรียบให้ในแต่ละวันมีแผนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์จะไม่แตกต่างกันมาก โดยอยู่ภายใต้ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต

ตารางที่ 2 แผนการผลิตที่วางแผนได้ในแต่ละวันด้วยวิธี Heijunka

สัปดาห์ที่	วันที่	ผลิตภัณฑ์ที่														รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	1	265	0	199	12	0	1002	0	90	0	0	0	0	0	0	1,568	1,640	53
	2	265	0	199	12	0	1002	0	90	0	0	0	0	0	0	1,568		
	3	265	0	199	12	30	1002	56	90	5	0	0	0	0	0	1,659		
	4	265	0	199	12	0	1002	55	90	12	0	0	0	0	0	1,635		
	5	265	0	199	12	0	1002	90	90	24	0	0	0	0	0	1,682		
	6	265	0	199	4	0	1002	78	90	24	0	0	0	0	0	1,662		
	7	265	0	199	2	46	1002	75	90	24	0	0	0	0	0	1,703		
2	1	178	0	159	77	0	1245	85	122	24	0	0	140	350	0	2,380	1,953	316
	2	178	280	159	77	0	1116	15	121	12	0	0	140	350	0	2,448		
	3	178	0	159	77	20	1116	75	121	24	0	0	0	0	0	1,770		
	4	178	0	159	77	42	1116	109	121	24	0	0	0	0	0	1,826		
	5	178	0	158	76	16	1115	75	121	24	0	0	0	0	0	1,763		
	6	177	0	158	76	16	1115	45	121	36	0	0	0	0	0	1,744		
	7	177	0	158	76	12	1115	60	121	24	0	0	0	0	0	1,743		
3	1	0	0	127	80	0	1335	60	138	0	0	0	489	489	0	2,718	2,155	396
	2	330	280	0	0	0	457	0	109	0	280	140	491	491	140	2,718		
	3	330	0	127	80	16	1252	60	109	24	0	0	0	0	0	1,998		
	4	331	0	127	80	0	1253	170	109	12	0	0	0	0	0	2,082		
	5	331	0	127	30	0	1253	75	110	12	0	0	0	0	0	1,938		
	6	331	0	120	29	0	1170	60	110	12	0	0	0	0	0	1,832		
	7	331	0	106	29	30	1140	45	105	12	0	0	0	0	0	1,798		
4	1	156	0	90	0	0	1335	30	127	0	0	0	490	490	0	2,718	2,438	192
	2	344	280	90	36	0	332	0	96	0	280	140	490	490	140	2,718		
	3	300	0	95	18	0	1328	84	96	24	0	0	196	196	0	2,337		
	4	253	0	95	17	30	1287	107	96	36	0	0	196	220	0	2,337		
	5	225	0	100	17	0	1285	66	97	36	0	0	230	281	0	2,337		
	6	150	0	101	0	0	1285	51	97	0	280	0	142	90	140	2,336		
	7	105	280	0	0	32	1280	81	97	0	0	0	216	193	0	2,284		

(หน่วย: ชิ้น)

ตารางที่ 3 แผนการผลิตที่วางแผนได้ในแต่ละวันด้วยวิธี LP

สัปดาห์ที่	วันที่	ผลิตภัณฑ์ที่														รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	1	0	0	0	0	0	165	0	0	0	0	0	0	0	0	165		
	2	0	0	0	0	0	435	0	15	0	0	0	0	0	0	450		
	3	188	0	130	8	30	1330	56	164	5	0	0	0	0	0	1,911		
	4	400	0	278	28	0	1451	55	71	12	0	0	0	0	0	2,295	1,637	922
	5	400	0	332	24	0	1323	90	130	24	0	0	0	0	0	2,323		
	6	432	0	354	4	0	1134	78	115	24	0	0	0	0	0	2,141		
	7	432	0	298	0	46	1170	75	130	24	0	0	0	0	0	2,175		
2	1	0	0	0	0	0	1245	85	121	24	0	0	0	0	0	1,475		
	2	0	280	0	0	0	135	15	45	12	0	0	280	700	0	1,467		
	3	332	0	188	56	20	1395	75	125	24	0	0	0	0	0	2,215		
	4	228	0	206	104	42	1369	109	151	24	0	0	0	0	0	2,233	1,953	342
	5	224	0	230	148	16	1395	75	105	24	0	0	0	0	0	2,217		
	6	232	0	308	84	16	1215	45	165	36	0	0	0	0	0	2,101		
	7	228	0	178	144	12	1184	60	136	24	0	0	0	0	0	1,966		
3	1	0	0	0	0	0	1245	60	138	0	0	0	0	82	0	1,525		
	2	0	280	0	0	0	0	0	0	0	280	140	980	898	140	2,718		
	3	285	0	212	144	16	1425	60	135	24	0	0	0	0	0	2,301		
	4	379	0	158	96	0	1410	170	112	12	0	0	0	0	0	2,337	2,155	371
	5	428	0	106	20	0	1365	75	120	12	0	0	0	0	0	2,126		
	6	456	0	152	24	0	1275	60	180	12	0	0	0	0	0	2,159		
	7	436	0	106	44	30	1140	45	105	12	0	0	0	0	0	1,918		
4	1	0	108	0	0	0	1335	114	127	0	0	0	0	980	0	2,664		
	2	0	172	0	24	0	982	0	0	0	280	140	980	0	140	2,718		
	3	456	280	100	0	30	458	0	142	24	280	0	567	0	0	2,337		
	4	420	0	118	44	0	1507	107	129	12	0	0	0	0	0	2,337	2,438	173
	5	356	0	217	20	0	1209	66	79	12	0	0	0	238	140	2,337		
	6	88	0	114	0	0	1208	51	106	24	0	0	413	333	0	2,337		
	7	213	0	22	0	32	1433	81	123	24	0	0	0	409	0	2,337		

(หน่วย: ชิ้น)

ตารางที่ 4 จำนวนยอดการผลิตที่วางแผนได้ในแต่ละสัปดาห์ด้วยวิธี Heijunka และ LP

สัปดาห์ที่	วิธี Heijunka				วิธี LP			
	ผลรวมแผนการผลิต (ขึ้นต่อวัน)		ร้อยละความแตกต่างกับกำลังการผลิต		ผลรวมแผนการผลิต (ขึ้นต่อวัน)		ร้อยละความแตกต่างกับกำลังการผลิต	
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	1,640	53	33	6.7	1,637	922	30	40.3
2	1,953	316	21	6.5	1,953	342	19	18.8
3	2,155	396	12	9.4	2,155	371	11	0.8
4	2,438	192	0.33	0.85	2,438	173	0.3	0.9
ค่าเฉลี่ย	2,047	240	16	6	2,046	452	15	15

ตารางที่ 5 ต้นทุนที่ทำการวางแผนด้วยวิธี Heijunka และ LP

สัปดาห์ที่	Heijunka (บาท)	LP (บาท)	ความแตกต่าง (บาท)	ร้อยละความแตกต่าง
1	342,172	244,800	97,372	28
2	429,778	361,820	67,958	16
3	474,010	417,334	56,676	12
4	521,702	518,896	2,806	0.5
ค่าเฉลี่ย	441,916	385,713	56,203	14

5. สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการวางแผนการผลิตของสายการประกอบ A ของบริษัทกรณีศึกษา ด้วยการประยุกต์แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้น (LP) มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยเปรียบเทียบกับวิธี Heijunka เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตกับต้นทุนการจัดเก็บสินค้าเท่านั้น ผลการศึกษาพบว่าวิธี LP มีต้นทุนรวมน้อยกว่าวิธี Heijunka เฉลี่ย 56,203 บาทต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 14 และถึงแม้ว่าวิธี LP จะมีต้นทุนรวมน้อยกว่าแต่วิธีนี้จะทำให้แผนการผลิตที่ได้ในแต่ละวันมีความแตกต่างกันสูง ในขณะที่วิธี Heijunka จะทำให้มีต้นทุนสูงกว่าแต่จะทำให้แผนในการผลิตถูกปรับเรียบทั้งสัปดาห์ทำให้แผนของแต่ละวันแตกต่างกันน้อย จากผลการศึกษาของบริษัทกรณีศึกษาเมื่อพิจารณาที่ต้นทุนสามารถสรุปได้ว่า ถ้าความต้องการของลูกค้าน้อยกว่ากำลังการผลิตมากวิธี LP จะทำให้ต้นทุนถูกกว่าวิธี Heijunka แต่ถ้าความต้องการของลูกค้าใกล้เคียงกับกำลัง

การผลิตต้นทุนรวมของทั้งสองวิธีจะแตกต่างกันน้อย เนื่องจากในการศึกษานี้เราพิจารณาต้นทุนที่เกิดจากต้นทุนแรงงานและต้นทุนในการจัดเก็บเท่านั้น ทำให้วิธี LP ดีกว่าวิธี Heijunka แต่ถ้าพิจารณาในการจัดการความสมดุลในการผลิตจะพบว่าวิธี Heijunka จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธี LP เพราะมีความแตกต่างของแผนในแต่ละวันน้อยกว่าวิธี LP ที่จะมีแรงงานหรือเครื่องจักรว่างงานเกิดขึ้น เพราะโดยปกติในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์จะมีการจ้างงานพนักงานประจำที่จ่ายเงินเป็นรายเดือน รวมถึงการจ้างพนักงานจ้างเหมาช่วงเวลา (พนักงานรายวัน) ที่มีการจ่ายค่าจ้างเป็นรายวันของบริษัทรับจ้างเหมารายวัน แต่บริษัทก็ต้องทำการวางแผนเพื่อจัดการและสำรองแรงงานให้เพียงพอกับความต้องการที่มีความแปรปรวนในอนาคต ส่งผลให้พนักงานทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ และเกิดความสูญเสียเปล่าขึ้นในกระบวนการ เพราะฉะนั้นจึงอาจจะต้องมีการศึกษาวัตถุประสงค์เป้าหมายและข้อจำกัดเพิ่มเติมใน

ปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการผลิตของวิธี LP เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับบริษัทกรณีศึกษา

จากที่กล่าวมาในข้างต้นงานวิจัยนี้ประยุกต์วิธี LP โดยมีวัตถุประสงค์เป้าหมายที่ต้นทุนต่ำที่สุด ทำให้ผลที่ได้เกิดความเสี่ยงเปล่าขึ้นในกระบวนการ ประสิทธิภาพของการผลิตลดลงจากการจัดสมดุลของภาระงานที่ไม่เหมาะสม เพราะฉะนั้นการประยุกต์ LP เข้ามาหาคำตอบในกรณีศึกษาครั้งนี้จึงเป็นปัญหาในรูปแบบ Single Objective Optimization Problem ดังนั้นเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกรณีศึกษาอาจจะต้องประยุกต์แนวทางการแก้ปัญหาในรูปแบบ Multi Objective Optimization Problem เข้ามาช่วยในการหาคำตอบ [14 - 17]

เอกสารอ้างอิง

- [1] วรรณ วยพิศาลภพ. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2563-65 อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์. ธนากรกรุงศรี. 2563. เข้าถึงได้จาก: <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/Hi-tech-Industries/Automobiles/IO/io-automobile-20> [เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน 2564]
- [2] Jamalnia A, Yanga J, Xua D, Feilib A. Novel decision model based on mixed chase and level strategy for aggregate production planning under uncertainty: Case study in beverage industry. *Computers & Industrial Engineering*. 2017; 114: 54-68.
- [3] Gulsun B, Tuzkaya G, Tuzkaya UR, Onut S. An aggregate production planning strategy selection methodology based on Linear Physical Programming. *International Journal of Industrial Engineering*. 2009; 16(2): 135-146
- [4] สรไกร อังสุทัตสรณ. การวางแผนการผลิตสินค้าหลายผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงเวลาด้วยค่าใช้จ่ายคงที่: กรณีศึกษาสินค้ากระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต. [วิทยานิพนธ์]. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2560.
- [5] Jyothi DN, Rao KSP, Sivasundari M. Application of linear programming model for production planning in an engineering industry-a case study. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 2019; 8(10): 613-618.
- [6] Kriri OM. Use of linear programming for optimal production in a production line in Saudi food Co. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*. 2018; 12(3): 467-471
- [7] ปรีดี มาไพศาลสิน. การออกแบบเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตรวมและการบริหารคลังสินค้า กรณีศึกษาโรงงานฟองเต้าหู้ตัวอย่าง. [วิทยานิพนธ์]. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2561.
- [8] พฤทธิสรรค์ สุทธิไชยเมธี. การประยุกต์ใช้ Linear Programming สำหรับการวางแผนการผลิตทางเกษตรและติดตามผลการดำเนินงานตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. *วารสารสุทธิปริทัศน์*. 2555; 26(78): 19-36.
- [9] เพชรายุทธ แซ่หลี่, อภิชัย ฤตวิรุฬห์. แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มสำหรับการวางแผนการผลิตเครื่องสำอางจากสมุนไพร. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*. 2557; 37(3): 347-360.
- [10] ธีรพร อุดม, ภูพงษ์ พงษ์เจริญ, ขวัญนิธิ คำเมือง. การแก้ปัญหาการวางแผนและจัดตารางการผลิตขั้นสูงที่พิจารณาการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แบบมีกรอบเวลา โดยตัวแบบกำหนดการจำนวนเต็มแบบผสม. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*. 2559; 4(1): 1-15.
- [11] ชลธิชา สินธุสุวรรณ, ปณิทร เรืองเชิงชุม. การปรับปรุงประสิทธิภาพด้วยการลดความสูญเสียเปล่า ในกระบวนการจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษาธุรกิจจำหน่ายอะไหล่ยนต์จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี*. 2563; 6(4): 197-207.
- [12] เพ็ญภัทร์ อารี, นระเกณต์ พุ่มชูศรี. การวางแผนการผลิตสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีความต้องการสินค้าไม่แน่นอน. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*. 2558; 26(3): 71-79.
- [13] ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา การหาขนาดการผลิตที่เหมาะสม. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ*. 2552; 2(2): 47-64.
- [14] Ransikarbum K, Mason SJ. Multiple- objective analysis of integrated relief supply and network restoration in humanitarian logistics operations. *International Journal of Production Research*. 2016; 54(1): 49-68.

- [15] Ransikarbum K, Mason SJ. Goal programming-based post-disaster decision making for integrated relief distribution and early-stage network restoration. *International Journal of Production Economics*. 2016; 182: 324-341.
- [16] Ransikarbum K, Ha S, Ma J, Kim N. Multi-objective optimization analysis for part-to-Printer assignment in a network of 3D fused deposition modeling. *Journal of Manufacturing Systems*. 2017; 43(1): 35-46.
- [17] Wattanasang N, Ransikarbum K. Model and analysis of economic- and risk-based objective optimization problem for plant location within Industrial estates using epsilon - constraint algorithms. *Computation*. 2021; 9(4), 46: 1-22.