



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวางแผนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตแป้งสาลี สำหรับบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป

Mathematical model for production planning : A case study of a wheat flour factory for instant noodles

เชษฐา ชำนาญหล่อ จันจิรา คงชื่นใจ* บุษกร โพธิ์รัตน์ ปริญาวรรณ ผาตินาวิน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

Chettha Chamnanlor Janjira Kongchuenjai* Butsakon Porat Priyawan Phatinawin

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha, Chonburi 20230

* Corresponding author.

E-mail: janjira_k@eng.src.ku.ac.th; Telephone: 06 3858 2989

วันที่รับบทความ 11 พฤศจิกายน 2567 ; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 28 มกราคม 2568; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 13 มีนาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการวางแผนการผลิตรวมสำหรับการผลิตแป้งสาลีเพื่อต้องการให้ต้นทุนโดยรวมต่ำที่สุด โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ 4 วิธี คือ ค่าพยากรณ์ถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก ค่าถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย การพยากรณ์ยอดขายโดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่ $\alpha = 0.1, 0.3, 0.5$ และการพยากรณ์ยอดขายโดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล 2 ครั้ง ที่ $\alpha = 0.1, \beta = 0.1$ พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนสมบูรณ์ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองและค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์โดยเฉลี่ย พบว่าวิธีการพยากรณ์ยอดขายในปี 2565 และ 2566 โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล ที่ $\alpha = 0.1$ และ $\alpha = 0.5$ เป็นวิธีการที่เหมาะสมตามลำดับ ในส่วนของการวางแผนการผลิตรวมใช้วิธีทางฮิวริสติกส์ (Heuristics) 3 กลยุทธ์ คือ กลยุทธ์การผลิตสม่ำเสมอ กลยุทธ์การไล่ติดความต้องการ และกลยุทธ์แบบผสม นอกจากนี้ ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมกำหนดการเชิงเส้นในการวางแผนการผลิตและหาคำตอบโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งผลการดำเนินการพบว่าฟังก์ชัน Solver สามารถคำนวณต้นทุนโดยรวมต่ำที่สุดตามที่ได้กำหนดในเงื่อนไข ซึ่งจากผลการคำนวณต้นทุนโดยรวมนั้นน้อยกว่าต้นทุนโดยรวมเมื่อเทียบกับข้อมูลจริงปี 2565 ค่าพยากรณ์ปี 2565 และค่าพยากรณ์ปี 2566 ลดลง 0.41% 0.77% และ 0.87% ตามลำดับ

คำสำคัญ

การวางแผนการผลิตรวม การพยากรณ์ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Abstract

This research studies aggregate production planning for wheat flour production to minimize costs. The four forecasting techniques are the weighted moving average method, simple moving average, exponential smoothing at $\alpha = 0.1, 0.3, 0.5$ and double exponential smoothing method at $\alpha = 0.1, \beta = 0.1$. Along with finding the mean absolute deviation (MAD), mean square error (MSE), and mean absolute percent error (MAPE). It was found that the methods for forecasting sales in 2022 and 2023 using the exponential smoothing at $\alpha = 0.1$ and $\alpha = 0.5$ are the appropriate methods respectively. Regarding aggregate production planning three heuristics are used level production strategy, chase Strategy, and mixed strategies. In addition, a mathematical model was developed using linear programming for production planning, and answers were found using microsoft excel. The results show that the solver function can calculate the lowest overall cost

as specified in the conditions. Overall cost calculation results are less than the overall cost compared to the actual data for 2022, The 2022 forecast value and the 2023 forecast value decreased by 0.41%, 0.77%, and 0.87%, respectively.

Keywords

aggregate production planning; forecasting; mathematical model

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตแป้งสาลีเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนธัญพืชเป็นอาหารหลากหลายชนิด ตั้งแต่กลุ่มขนมปัง บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ไปจนถึงขนมเค้กนานาชนิด โดยประชากรส่วนใหญ่ในหลายๆ ทวีปทั่วโลก จะนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งสาลีมากกว่าอาหารชนิดอื่น ปัจจุบันข้าวสาลีและแป้งสาลีที่นำเข้ามาประมาณ 2 ใน 3 จะผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภค ส่วนที่เหลือประมาณ 1 ใน 3 จะใช้ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ ซึ่งสัดส่วนการบริโภคแป้งสาลีเพื่อการบริโภคแยกออกได้เป็น ขนมปังและผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ร้อยละ 35 บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปร้อยละ 30 บิสกิตร้อยละ 10 และเป็นการใช้ในลักษณะอเนกประสงค์ร้อยละ 25 [1]

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตและจำหน่ายแป้งสาลีให้แก่โรงงานผู้ผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปรายหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันปริมาณการผลิตแป้งสาลีไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ภายในช่วงเวลาการทำงานปกติจึงต้องมีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นซึ่งส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาต้องใช้ต้นทุนที่มากขึ้น เช่น ค่าแรงงานล่วงเวลา ค่าสินค้าคงคลัง ค่าไฟฟ้า ค่ากระสอบ ค่าเชื้อเพลิงรถโฟล์คลิฟ และต้นทุนข้าวสาลี เป็นต้น ดังนั้นจากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการดำเนินงานรวมของการผลิตที่กล่าวไว้ข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ของการวางแผนการผลิตรวม (Aggregate Production Planning) โดยศึกษาวิธีการพยากรณ์ความต้องการที่เหมาะสมจาก 3 วิธีการ ได้แก่ วิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล ($\alpha = 0.1, 0.3, 0.5$) และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล 2 ครั้ง จากนั้นทำการวางแผนการผลิตโดยใช้วิธีทางฮิวริสติกส์ (Heuristics) ตามแนวคิดของกลยุทธ์ต่างๆดังนี้ กลยุทธ์การผลิตสม่ำเสมอ กลยุทธ์การไล่ติดความต้องการ และกลยุทธ์แบบผสม พร้อมทั้งได้พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีการพิจารณาข้อจำกัดครอบคลุมปัญหาของกรณีศึกษาช่วยตัดสินใจในการวางแผนการผลิตรวมเพื่อทำให้ต้นทุนโดยรวม

ต่ำที่สุดโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ฟังก์ชัน Solver สามารถใช้รูปแบบนี้ได้ทันที

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพยากรณ์ ความพยายามที่จะหาวิธีการในการคาดการณ์และเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้อย่างเหมาะสม วิธีหนึ่งในหลาย ๆ วิธีนั้น คือ การพยากรณ์ (Forecasting) มีคำจำกัดความที่สั้นและเข้าใจได้ง่ายว่า เป็นความพยายามที่จะมองเหตุการณ์ในอนาคต โดยดูจากข้อมูลในอดีตแต่ก็มีผู้ขยายความไว้อีกว่า การพยากรณ์ต้องประกอบด้วย การประมาณค่าขนาดของตัวแปรต่าง ๆ โดยไม่ลำเอียง ซึ่งในความเป็นจริงนั้น การพยากรณ์ต้องมีการประมาณค่าในอนาคต โดยดูจากรูปแบบในอดีตและใช้วิจารณ์ญาณเพิ่มเติม จึงมีผู้กล่าวว่า การพยากรณ์นั้นเป็นการนำวิจารณ์ญาณเข้ามาร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับค่าที่ได้จากการทำนาย [2] งานวิจัยของ [3] ทำการพยากรณ์ 3 วิธีได้แก่ การพยากรณ์แบบเมื่อข้อมูลมีผลกับฤดูกาล การพยากรณ์แบบเมื่อข้อมูลมีแนวโน้ม การพยากรณ์โดยวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ จากนั้นใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาการวางแผนการผลิตรวมเพื่อแก้ปัญหาปริมาณผลผลิตที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า [4] ได้ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ความต้องการ เพื่อวางแผนการผลิตรวมสำหรับวิเคราะห์หาต้นทุนการผลิตรวมที่น้อยที่สุด โดยทำการพยากรณ์ 3 วิธีคือการพยากรณ์แนวโน้มเชิงเส้นตรง การพยากรณ์แนวโน้มโดยใช้สมการกำลังสอง และการพยากรณ์วิธีแนวโน้มเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบมีแนวโน้มการเติบโต จากนั้นนำค่าที่ได้ไปวางแผนการผลิตรวมผ่านโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ จากงานวิจัย [5-7] ทำการวิจัยศึกษาการพยากรณ์ความต้องการโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ Minitab แล้วนำค่าพยากรณ์ไปทำการวางแผนการผลิตเพื่อลดต้นทุนรวม

การวางแผนการผลิตรวม หลังจากผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าในอนาคตแล้ว กระบวนการต่อไป

เป็นกระบวนการสร้างแผนการดำเนินการผลิต เพื่อให้สอดคล้องกับช่วงเวลาที่ได้ทำการพยากรณ์ไว้ โดยแผนการผลิตที่สร้างขึ้นมานั้นต้องตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าในช่วงเวลาและปริมาณที่เหมาะสม โดยการวางแผนการผลิตจะแบ่งออกเป็น 3 ระยะเวลา คือ การวางแผนระยะยาว ระยะกลางและระยะสั้น โดยกระบวนการต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมนั้นจะถูกจัดลงในแต่ละระยะเวลา เช่น การเลือกทำเลที่ตั้ง การวางแผนกระบวนการผลิต การวางแผนผลิตภัณฑ์ การวางแผนการจัดการองค์กร จัดอยู่ในการวางแผนระยะยาว เนื่องจากเมื่อมีการตัดสินใจไปแล้วนั้นจะต้องดำเนินการในระยะยาวอีก ทั้งยังเห็นผลหรือส่งผลในระยะเวลายาวนาน แต่ในบางกระบวนการที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลง หรือต้องปฏิบัติการซ้ำ ๆ ในแต่ละวัน แต่ละสัปดาห์ หรือในแต่ละเดือน ในระหว่างการวางแผนระยะสั้นและระยะยาวนั้น การวางแผนในระยะปานกลางมีหนึ่งกระบวนการที่จัดอยู่ระยะนี้ คือ การวางแผนการผลิตรวม (Aggregate production planning) เป็นการวางแผนในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 6 ถึง 12 เดือนข้างหน้า เพื่อเป็นตัวกำหนดการดำเนินการผลิตและมีกำลังผลิตที่ต้องตอบสนองความต้องการของอุปสงค์ที่ไม่แน่นอนและสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของลูกค้า ทั้งนี้ยังรวมถึงการควบคุมต้นทุนการผลิต ทั้งในด้านของวัตถุดิบและด้านแรงงาน ต้นทุนการจัดการในกระบวนการตลอดจนถึงการจัดการคลังสินค้าให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมก่อนการส่งมอบให้ลูกค้า ทั้งนี้การวางแผนการผลิตรวมจะเพิ่มความยืดหยุ่นในการผลิต การบริหารแรงงาน การให้บริการกับลูกค้า เพื่อให้เกิดความพึงพอใจมากที่สุด [2] โดย [8,9] ทำการศึกษาแนวทางการปรับปรุงการวางแผนการผลิตเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาการส่งมอบสินค้าล่าช้าและส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าไม่ทันเวลา [10-12] ศึกษาปัญหาการวางแผนการผลิตเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานให้ต่ำสุด [13,14] ทำการวิจัยเพื่อสนับสนุนการวางแผนการผลิตและวางแผนความต้องการวัสดุเพื่อกำหนดปริมาณความต้องการวัสดุให้เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการใช้ของฝ่ายผลิต

โปรแกรมกำหนดการเชิงเส้นตรง เป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในแก้ปัญหา เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด โดยเป้าหมาย

ที่นำมาใช้ในกระบวนการวางแผนการผลิตรวมนั้นเพื่อลดต้นทุนการผลิตที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การจ้างแรงงาน การทำงานล่วงเวลา การจัดการสินค้าคงคลังและการจ้างเหมาในการผลิต เป็นต้น ทั้งนี้ยังมีข้อจำกัดต่าง ๆ ทางด้านการผลิตซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละโรงงาน เช่น กำลังการผลิตที่จำกัด ความต้องการที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา [2] โดย [15-17] ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด [18] นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการผลิต เพื่อให้การวางแผนการผลิตมีประสิทธิภาพในการจัดการการวางแผนทรัพยากรโดยใช้ต้นทุนที่เหมาะสม [19,20] ทำการวิจัยเพื่อหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสมโดยการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยนำข้อมูลด้านการพยากรณ์ ข้อมูลด้านการผลิต และข้อมูลด้านคงคลังสินค้ามาวิเคราะห์แล้วสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับเงื่อนไขต่าง ๆ [21] ทำการวิจัยเพื่อสร้างรูปแบบคำนวณกำลังการผลิตเพื่อการตัดสินใจโดยใช้โปรแกรม เอกเซลแอลพีโซลเวอร์ (Excel LP Solver) แก้ปัญหาใช้เวลาในการคำนวณกำลังการผลิตที่มาก

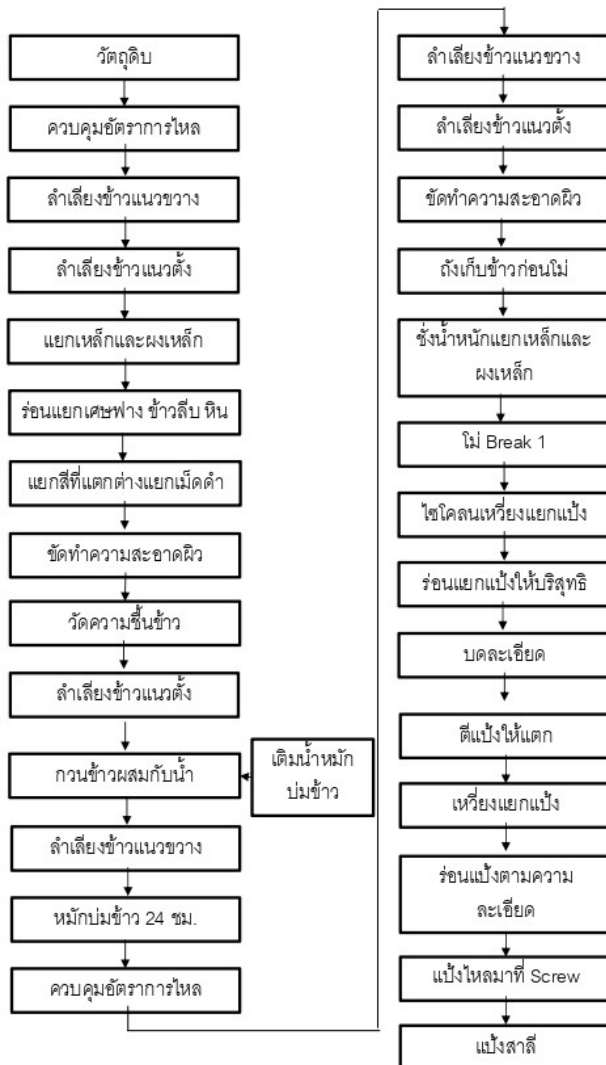
3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิต แบ่งสาลีและที่มาของปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม ทำการพยากรณ์ความต้องการล่วงหน้า ทำการวางแผนการผลิตโดยใช้วิธีการต่างๆที่เหมาะสม ได้แก่ ฮิวริสติกส์ และการจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณคำตอบ ประมวลผลผลลัพธ์เปรียบเทียบระหว่างต้นทุนจริงที่เกิดขึ้นและต้นทุนที่ได้จากวิธีการที่เหมาะสมข้างต้น

3.1 กระบวนการผลิตแป้งสาลีในปัจจุบัน

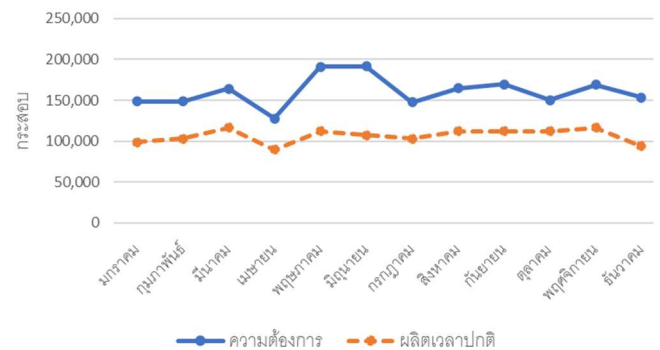
โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตและจำหน่ายแป้งสาลี โดยกระบวนการผลิตเกือบทั้งหมดจะเป็นเครื่องจักรซึ่งมีการใช้พนักงานคุมเครื่องจักรและแพ็คแป้งใส่กระสอบ โดยขั้นตอนในการปฏิบัติงานสำหรับการผลิตแป้งสาลีเริ่มจากรับข้าวสาลีมาเก็บที่ไซโล นำข้าวสาลิลำเลียงตามท่อมาดำเนินการผลิตเป็นแป้งสาลี จากนั้นแป้งสาลีจะถูกนำไปเก็บที่ถังพักแป้ง เพื่อก่อนการแพ็คใส่กระสอบ และเมื่อพนักงานได้ทำการแพ็คแป้งแล้วก็ทำการเคลื่อนย้ายไปเก็บที่คลังสินค้าดังแสดงในรูปที่ 1

ในกระบวนการผลิตมีแรงงานจำนวน 2 คน การทำงานในเวลาปกติ คือ วันจันทร์ถึงเสาร์ ช่วงเวลา 08.00-17.00 น. โดยอนุญาตให้มีการทำงานล่วงเวลาได้ไม่เกิน 4 ชั่วโมงต่อวัน คือ ช่วงเวลา 17.00-21.00 น. มีอัตราค่าจ้างล่วงเวลา 1.5 เท่าของอัตราค่าจ้างเวลาทำงานปกติ นอกจากนี้ถ้าอัตราการผลิตในวันทำงานปกติไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า จะต้องมีการทำงานล่วงเวลาในวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ โดยในช่วงเวลา 08.00-17.00 น. มีอัตราค่าจ้าง 1 เท่าของอัตราค่าจ้างเวลาทำงานปกติ และอนุญาตให้มีการทำงานล่วงเวลาได้ไม่เกิน 3 ชั่วโมงต่อวันในช่วงเวลา 17.00-20.00 น. ซึ่งมีอัตราค่าล่วงเวลา 3 เท่า ของอัตราค่าจ้างเวลาทำงานปกติ



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตแบ่งสาลี

โดยในปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษามีกำลังการผลิตในช่วงเวลาการทำงานปกติดังรูปที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าในแต่ละเดือน จึงทำให้ต้องมีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิตเพิ่มมากขึ้น เช่น ค่าตอบแทนทางด้านแรงงาน ค่าวัตถุดิบต่างๆ ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้า เป็นต้น



รูปที่ 2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างความต้องการของลูกค้ากับปริมาณการผลิตในเวลาปกติ

3.2 การพยากรณ์ยอดขาย

จากข้อมูลความต้องการของลูกค้าปี 2565 ที่ได้ทำการเก็บรวบรวม ได้นำมาพิจารณาการพยากรณ์ที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่ วิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก วิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล ($\alpha = 0.1, 0.3, 0.5$) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้ง ($\alpha = 0.1, \beta = 0.1$) โดยวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนสมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation : MAD) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Squared Error : MSE) และ ค่าร้อยละ ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์โดยเฉลี่ย (Mean Absolute Percent Error : MAPE) ซึ่งเมื่อทำการพยากรณ์ปริมาณความต้องการแบ่งสาลี (กระสอบ) ย้อนหลังแล้วพบว่า ค่าพยากรณ์ของปี 2565 โดยใช้วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล $\alpha = 0.1$ ได้ค่า MSE MAD และ MAPE ต่ำที่สุด แสดงว่าค่าพยากรณ์ใกล้เคียงปริมาณความต้องการแบ่งสาลี (กระสอบ) จริงมากที่สุด และค่าพยากรณ์ในปี 2566 โดยใช้วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล $\alpha = 0.5$ มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 1

และเมื่อนำปริมาณความต้องการแบ่งสาลี (กระสอบ) จริงมาเปรียบเทียบกับค่าที่พยากรณ์ ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าของฟังก์ชันค่าคลาดเคลื่อนการพยากรณ์ปริมาณความต้องการแบ่งสาลี (กระสอบ)

เทคนิคการพยากรณ์	ปี 2565			ปี 2566		
	MSE ($\times 10^6$)	MAD	MAPE	MSE ($\times 10^6$)	MAD	MAPE
ถั่วเหลืองที่แบบถ่วงน้ำหนัก	6,380	53,445	34.26	5,548	38,716	25.96
ถั่วเหลืองเคลื่อนที่อย่างง่าย	6,310	52,168	33.37	5,549	38,910	26.09
เอกซ์โปเนนเชียล ที่ $\alpha = 0.1$	392	14,661	8.72	19	3,507	2.25
เอกซ์โปเนนเชียล ที่ $\alpha = 0.3$	408	15,151	9.24	8	2,305	1.48
เอกซ์โปเนนเชียล ที่ $\alpha = 0.5$	467	16,172	10.00	5	1,689	1.09
เอกซ์โปเนนเชียล 2 ครั้ง $\alpha = 0.1$ $\beta = 0.1$	8,466	84,662	52.05	1,851	13,809	9.24

ตารางที่ 2 ปริมาณความต้องการแบ่งสาลี (กระสอบ) เทียบกับค่าพยากรณ์

เดือน	ยอดขายจริง (หน่วย) ปี2565	พยากรณ์ปี 2565	พยากรณ์ปี 2566
มกราคม	148,925	148,925	148,925
กุมภาพันธ์	148,632	148,925	148,925
มีนาคม	164,169	148,896	148,925
เมษายน	127,874	150,423	148,910
พฤษภาคม	191,327	148,168	149,667
มิถุนายน	191,784	152,484	148,917
กรกฎาคม	147,698	156,414	150,701
สิงหาคม	164,990	155,542	153,557
กันยายน	169,498	156,487	154,550
ตุลาคม	150,237	157,788	155,519
พฤศจิกายน	168,935	157,033	156,653
ธันวาคม	153,494	158,223	156,843

3.3 การวางแผนการผลิต

ต้นทุนการผลิตต่างๆย้อนหลัง 1 ปี ได้แก่ ค่าเก็บรักษาคงคลัง ค่าเชื้อเพลิงรถโฟล์คลิฟ ค่ากระสอบ ค่าไฟฟ้า และค่าแรงงานล่วงหน้าที่ต่างๆ ได้รับการเก็บรวบรวมและแสดงไว้ดังตารางที่ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายในการผลิต

ค่าใช้จ่าย	ต้นทุน
ค่าเก็บรักษาคงคลัง (บาท/กระสอบ)	0.459
ค่าเชื้อเพลิงรถโฟล์คลิฟ (บาท/พาลา)	2.612
ค่ากระสอบ (บาท/กระสอบ)	0.500
ค่าไฟฟ้า (บาท/กระสอบ)	0.087
ค่าแรงงานปกติ (บาท/กระสอบ)	0.142
ค่าแรงงานล่วงเวลา ในวันทำงานปกติ 17:00-21:00 น. (บาท/กระสอบ)	0.213
ค่าแรงงานล่วงเวลา ในวันอาทิตย์และนักชดเชย ช่วง 8:00-17:00 น. (บาท/กระสอบ)	0.142
ค่าแรงงานล่วงเวลา ในวันอาทิตย์และนักชดเชย ช่วง 17:00-20:00 น. (บาท/กระสอบ)	0.426

ที่มา: ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา

อย่างไรก็ดี จากความต้องการที่มีการเปลี่ยนไปในแต่ละเดือน ทำให้แนวคิดเชิงฮิวริสติกส์ได้ถูกนำมาใช้ในการวางแผนการผลิตภายใต้กลยุทธ์ต่างๆ ได้แก่ กลยุทธ์การผลิตสม่ำเสมอ กลยุทธ์ไล่ติดความต้องการ และกลยุทธ์ผสม ซึ่งได้ถูกนำมาใช้ในการวางแผนการผลิตโดยมุ่งเน้นกลยุทธ์ใดทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ซึ่งผลลัพธ์แสดงดังต่อไปนี้

กลยุทธ์ที่ 1 กลยุทธ์การผลิตสม่ำเสมอ เป็นแผนการผลิตที่ปริมาณในแต่ละช่วงเวลาและจำนวนแรงงานคงที่ โดยนำผลรวมของความต้องการผลิตรวม หารด้วยจำนวนวันทำงานรวมเพื่อที่จะหาจำนวนพนักงาน โดยเมื่อได้จำนวนพนักงานจะใช้ตลอดระยะเวลา 1 ปี ซึ่งมีอัตราการผลิตโดยเฉลี่ย 5,894.75 กระสอบต่อวัน และเนื่องจากพนักงาน 1 คน มีอัตราการผลิตเท่ากับ 2,947.37 กระสอบต่อวัน แต่ละวันเราจะต้องจัดให้มีพนักงานเท่ากับ 2 คน ดังนั้นจึงจัดให้มีพนักงานในระดับสม่ำเสมอจำนวน 2 คน แผนการผลิตที่ได้จากกลยุทธ์การผลิตสม่ำเสมอแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แผนการผลิตที่ได้จากกลยุทธ์การผลิตสม่ำเสมอ

เดือน	จำนวนวันทำงาน	จำนวนพนักงาน	จำนวนพนักงานเพิ่ม	จำนวนพนักงานปลดพนักงาน	แผนปริมาณการผลิต	ปริมาณความต้องการ	สินค้าคงคลัง	สินค้าคงคลังสะสม
ธ.ค.		2	0	0			14,253	
ม.ค.	23	2	0	0	135,579	148,925	907	907
ก.พ.	24	2	0	0	141,474	148,925	-7,451	-6,544
มี.ค.	28	2	0	0	165,053	148,896	16,157	9,613
เม.ย.	22	2	0	0	129,685	150,423	-20,739	-11,125
พ.ค.	29	2	0	0	170,948	148,168	22,780	11,654
มิ.ย.	30	2	0	0	176,842	152,484	24,358	36,013
ก.ค.	25	2	0	0	147,369	156,414	-9,045	26,968
ส.ค.	27	2	0	0	159,158	155,542	3,616	30,583
ก.ย.	28	2	0	0	165,053	156,487	8,566	39,149
ต.ค.	26	2	0	0	153,263	157,788	-4,525	34,624
พ.ย.	28	2	0	0	165,053	157,033	8,020	42,644
ธ.ค.	23	2	0	0	135,579	158,223	-22,644	20,000

กลยุทธ์ที่ 2 กลยุทธ์การไล่ติดตามความต้องการ กลยุทธ์นี้ อัตราการผลิตจะถูกกำหนดให้สอดคล้องกับอัตราความต้องการ หลีกเลียงการถือครองสินค้าคงคลังโดยการหาจำนวนพนักงานในแต่ละเดือนซึ่งหาได้จากการหารความต้องการผลิตด้วยจำนวนหน่วยที่ผลิตได้ต่อพนักงาน ผลลัพธ์จากการวางแผนด้วยกลยุทธ์การไล่ติดตามความต้องการแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์จากการวางแผนด้วยกลยุทธ์การไล่ติดตามความต้องการ

เดือน	จำนวนวันทำงาน	จำนวนกระสอบที่ผลิตได้ต่อพนักงาน	ความต้องการผลิต	จำนวนพนักงานที่ต้องการ	จำนวนพนักงานที่ปิดขึ้น
ม.ค.	23	67,790	134,672	1.99	2.00
ก.พ.	24	70,737	148,925	2.11	3.00
มี.ค.	28	82,527	148,896	1.80	2.00
เม.ย.	22	64,842	150,423	2.32	3.00

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์จากการวางแผนด้วยกลยุทธ์การไล่ติดตามความต้องการ (ต่อ)

เดือน	จำนวนวันทำงาน	จำนวนกระสอบที่ผลิตได้ต่อพนักงาน	ความต้องการผลิต	จำนวนพนักงานที่ต้องการ	จำนวนพนักงานที่ปิดขึ้น
พ.ค.	29	85,474	148,168	1.73	2.00
มิ.ย.	30	88,421	152,484	1.72	2.00
ก.ค.	25	73,684	156,414	2.12	3.00
ส.ค.	27	79,579	155,542	1.95	2.00
ก.ย.	28	82,526	156,487	1.90	2.00
ต.ค.	26	76,632	157,788	2.06	3.00
พ.ย.	28	82,526	157,033	1.90	2.00
ธ.ค.	23	67,790	178,223	2.63	3.00

โดยมีแผนการผลิตที่ได้จากกลยุทธ์การไล่ติดตามความต้องการดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แผนการผลิตที่ได้จากกลยุทธ์การไล่ติดตามความต้องการ

เดือน	จำนวนพนักงาน	จำนวนพนักงานเพิ่ม	จำนวนพนักงานปลดพนักงาน	จำนวนหน่วยที่ผลิตได้ต่อพนักงาน	แผนปริมาณการผลิต	ปริมาณความต้องการ	สินค้าคงคลัง	สินค้าคงคลังสะสม
ธ.ค.	2	0	0				14,253	
ม.ค.	2	0	0	67,790	135,579		907	907
ก.พ.	3	1	0	70,737	212,211	148,925	63,286	64,193
มี.ค.	2	0	1	82,526	165,053	148,896	16,158	80,350
เม.ย.	3	1	0	64,842	194,527	150,423	44,104	124,454
พ.ค.	2	0	1	85,474	170,948	148,168	22,780	147,234
มิ.ย.	2	0	0	88,421	176,842	152,484	24,358	171,592
ก.ค.	3	1	0	73,684	221,053	156,414	64,639	236,231
ส.ค.	2	0	1	79,579	159,158	155,542	3,616	239,847
ก.ย.	2	0	0	82,526	165,053	156,487	8,566	248,413
ต.ค.	3	1	0	76,632	229,895	157,788	72,107	320,520
พ.ย.	2	0	1	82,526	165,053	157,033	8,020	328,539
ธ.ค.	3	1	0	67,790	203,369	158,223	45,145	373,685

กลยุทธ์ที่ 3 กลยุทธ์แบบผสม กลยุทธ์แบบผสมคือการรวมกันระหว่างกลยุทธ์การผลิตสม่ำเสมอที่มีระดับแรงงานและอัตราการผลิตต่อวันจะคงที่ตลอดทั้งปีและกลยุทธ์ไล่ติดตามความต้องการจะมีการปรับอัตราการผลิตทุกเดือน ส่งผลให้มีการปรับระดับแรงงานทุกเดือน ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน

กลยุทธ์แบบผสมจึงเป็นแผนที่อยู่ตรงกลางซึ่งสามารถลดข้อดีและข้อเสียที่เกิดขึ้นจากทั้งสองแผน ในช่วงที่ความต้องการไม่ได้มีความผันผวนมากใช้กลยุทธ์การผลิตสม่ำเสมอ แต่ถ้าช่วงความต้องการผันผวนมาก ความต้องการไม่คงที่มีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อความต้องการผันผวนใช้กลยุทธ์การไล่ติดความต้องการ โดยแผนการผลิตที่ได้จากกลยุทธ์แบบผสมแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แผนการผลิตที่ได้จากกลยุทธ์แบบผสม

เดือน	จำนวนวันทำงาน	จำนวนพนักงาน	จำนวนพนักงานเพิ่ม	จำนวนพนักงานลด	อัตราการผลิตต่อวัน	แผนปริมาณการผลิต	ปริมาณความต้องการ	สินค้าคงคลัง	สินค้าคงคลังสะสม
ธ.ค.	2	0	0					14,253	
ม.ค.	23	3	1	0	6,406	140,925	148,925	6,253	6,253
ก.พ.	24	3	0	0	6,406	147,330	148,925	-1,595	4,658
มี.ค.	28	3	0	0	6,406	166,547	148,896	17,652	22,310
เม.ย.	22	3	0	0	6,406	128,113	150,423	-22,310	0.00
พ.ค.	29	3	0	0	6,506	162,647	148,168	14,479	14,479
มิ.ย.	30	3	0	0	6,506	156,141	152,484	3,657	18,136
ก.ค.	25	3	0	0	6,506	149,635	156,414	-6,779	11,357
ส.ค.	27	3	0	0	6,506	162,647	155,542	7,105	18,462
ก.ย.	28	3	0	0	6,506	162,647	156,487	6,160	24,621
ต.ค.	26	3	0	0	6,506	162,647	157,788	4,859	29,480
พ.ย.	28	3	0	0	6,506	169,153	157,033	12,120	41,600
ธ.ค.	23	3	0	0	6,506	136,623	158,223	-21,600	20,000

3.4 ตัวแบบคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนการผลิตรวมโดยเริ่มจากกำหนดเงื่อนไขการผลิตของโรงงานตามสถานการณ์จริง โดยเงื่อนไขที่กำหนดจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิต ทั้งนี้ฟังก์ชัน Solver ของโปรแกรม Microsoft Excel ได้ถูกนำมาใช้สร้างแบบจำลองการตัดสินใจ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตัวแปรค่าใช้จ่ายที่กำหนดให้ (Cost Parameter)

C^I ต้นทุนในการถือครองสินค้าคงคลังในเดือน t (บาทต่อกระสอบ)

C^R ต้นทุนในการผลิตเวลาปกติในเดือน t (บาทต่อกระสอบ)

C^E ต้นทุนการใช้ไฟฟ้าในเดือน t (บาทต่อกระสอบ)

C^F ต้นทุนรถโฟล์คลิฟท์ในเดือน t (บาทต่อพาลา)

C^S ต้นทุนกระสอบของปริมาณการผลิตจริงที่เป็นของดีในเดือน t (บาทต่อกระสอบ)

C_t^w ต้นทุนแปรงสาเลิในเดือน t (บาทต่อตัน)

n_t จำนวนวันทำงานปกติในเดือน t

n_t^x จำนวนวันทำงานล่วงเวลาในวันทำงานปกติ เวลา 17:00-21:00 น. ในเดือน t

n_t^y จำนวนวันทำงานล่วงเวลาในวันหยุดวันอาทิตย์และนักชัตฤกษ์ เวลา 8:00 – 17:00 น. ในเดือน t

n_t^z จำนวนวันทำงานล่วงเวลาในวันหยุดวันอาทิตย์และนักชัตฤกษ์ เวลา 17:00 – 20:00 น. ในเดือน t

N_t จำนวนวันทำงานทั้งหมดในเดือน t

K อัตราการผลิตรวมที่ถูกผลิตโดยพนักงาน 1 คน ใน 1 วัน

I_o สินค้าคงคลังในมือเริ่มต้นเมื่อเริ่มระยะเวลาของการวางแผน

W_o แรงงานเริ่มต้นเมื่อเริ่มระยะเวลาของการวางแผน

D_t ค่าความต้องการสำหรับเดือน t

ตัวแปรของปัญหา (Problem Variable)

W_t ระดับแรงงานในเดือน t (คน)

P_t ระดับการผลิตในเดือน t (กระสอบ)

I_t ระดับสินค้าคงคลังในเดือน t (กระสอบ)

R_t ปริมาณการผลิตเวลาปกติในเดือน t (กระสอบ)

O_t ปริมาณการผลิตล่วงเวลาทั้งหมดในเดือน t (กระสอบ)

O_t^a ปริมาณการผลิตล่วงเวลาจริงในวันทำงานปกติ เวลา 17: 00-21:00 น. ในเดือน t (กระสอบ)

O_t^b ปริมาณการผลิตล่วงเวลาจริงในวันหยุดวันอาทิตย์และนักชัตฤกษ์ เวลา 8:00-17:00 น. ในเดือน t (กระสอบ)

O_t^c ปริมาณการผลิตล่วงเวลาจริงในวันอาทิตย์และนักชัตฤกษ์ เวลา 17:00-20:00 น. ในเดือน t (กระสอบ)

T จำนวนเดือนที่วางแผนการผลิตรวมในแบบจำลอง

α % ของเสีย (10%) (กระสอบ)

γ จำนวนแปรงสาเลิ 50 กระสอบ

β จำนวนแบ่งสาลี 1 กระสอบ เท่ากับ 0.0278 ตัน

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$MinC = \sum_{t=1}^T \left(\begin{array}{l} C^I(I_t) + C^R(P_t) \\ + 1.5C^R(O_t^a) \\ + C^R(O_t^b) + C^R(O_t^c) \\ + C^F\left(\frac{1}{y}(R_t + O_t)\right) \\ + C^S\left(\frac{1}{1-\alpha}(R_t + O_t)\right) \\ + C^E(R_t + O_t) \\ + C_t^w(\beta(R_t + O_t)) \end{array} \right) \quad (1)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการศึกษามุ่งเน้นผลรวมของต้นทุนที่ต่ำที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับต้นทุนในการถือครองสินค้าคงคลังรวมกับต้นทุนในการผลิต ต้นทุนรถโฟล์คลิฟ ต้นทุนกระสอบ ต้นทุนการใช้ไฟฟ้าและต้นทุนแบ่งสาลี

เงื่อนไขข้อจำกัดของแบบจำลอง

1. ข้อจำกัดด้านแรงงาน

ขนาดของแรงงาน W_t เดือน t หาได้โดยระดับแรงงานในเดือน t (คน) (W_t) เท่ากับ 2 (เนื่องจากต้องมีแรงงานคงที่ 2 คน) ดังสมการ

$$W_t = 2 \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (2)$$

2. ข้อจำกัดด้านสมดุลสินค้าคงคลัง

เงื่อนไขนี้เกี่ยวข้องกับสมดุลวัสดุคงคลังปลายงวดแต่ละช่วง สินค้าคงคลังปลายงวด t สามารถคำนวณได้จากปริมาณสินค้าทั้งหมดที่จะได้รับในช่วงเวลาปัจจุบัน ลบด้วยค่าพยากรณ์ความต้องการสำหรับเดือน t (D_t) ซึ่งปริมาณสินค้าทั้งหมดนี้จะได้รับจากระดับการผลิตในเดือน t (กระสอบ) (P_t) และสินค้าคงคลังจากงวดก่อนเวลาหน้า (I_{t-1}) ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$I_t = I_{t-1} + P_t - D_t \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (3)$$

ระดับสินค้าคงคลังในเดือน t (กระสอบ) (I_t) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20,000 กระสอบดังสมการ

$$I_t \leq 20,000 \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (4)$$

ระดับสินค้าคงคลังในเดือน t (กระสอบ) (I_t) ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 8,000 กระสอบ ดังสมการ

$$I_t \geq 8,000 \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (5)$$

3. ข้อจำกัดเกี่ยวกับระดับการผลิตและระดับแรงงาน

จำนวนวันทำงานล่วงเวลา 17:00-21:00 น.(ช่วงเย็น) ในวันทำงานปกติ ในเดือน t (n_t^x) ต้องมีค่าไม่เกินจำนวนวันทำงานปกติในเดือน t (n_t) ดังสมการ

$$n_t^x \leq n_t \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (6)$$

จำนวนวันทำงานล่วงเวลาในวันหยุดวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 8 ชั่วโมงแรก 8:00 – 17:00 น. ในเดือน t (n_t^y) ต้องมีค่าไม่เกินจำนวนวันทำงานทั้งหมดในเดือน t (N_t) ลบจำนวนวันทำงานปกติในเดือน t (n_t) ดังสมการ

$$N_t^y \geq N_t - n_t \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (7)$$

จำนวนวันทำงานล่วงเวลาในวันหยุดวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 3 ชั่วโมง 17:00 – 20:00 น. ในเดือน t (n_t^z) ต้องมีค่าไม่เกินจำนวนวันทำงานล่วงเวลาในวันหยุดวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 8 ชั่วโมงแรก 8:00 – 17:00 น. ในเดือน t (n_t^y) ดังสมการ

$$n_t^z \leq n_t^y \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (8)$$

ปริมาณการผลิตล่วงเวลาจริงในเวลาปกติ 17:00-21:00 น. ในวันทำงานปกติ (ช่วงเย็น) ในเดือน t (กระสอบ) (O_t^a) คำนวณจากกำลังการผลิตโดยเฉลี่ยต่อวัน (KW_t) คูณกับจำนวนวันทำงานล่วงเวลา 17:00-21:00 น. (ช่วงเย็น) ในวันทำงานปกติ ในเดือน t (n_t^x) คูณกับจำนวนชั่วโมงทำงานล่วงเวลา 17:00-21:00 น. (ช่วงเย็น) ในวันทำงานปกติ จำนวน 4 ชั่วโมง ดังสมการ

$$O_t^a = (KW_t \times n_t^x \times 4) \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (9)$$

ปริมาณการผลิตล่วงเวลาจริงในวันทำวันหยุดวันอาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 8 ชั่วโมงแรก 8:00-17:00 น. ในเดือน t (กระสอบ) (O_t^b) คำนวณจากกำลังการผลิตโดยเฉลี่ยต่อวัน (KW_t) คูณกับจำนวนวันทำงานล่วงเวลาในวันหยุดวันอาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 8 ชั่วโมงแรก 8:00 – 17:00 น. ในเดือน t (n_t^y) คูณกับจำนวนชั่วโมงทำงานล่วงเวลาในวันหยุดวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 8:00 – 17:00 น. จำนวน 8 ชั่วโมง ดังสมการ

$$O_t^b = (KW_t \times n_t^y \times 8) \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (10)$$

ปริมาณการผลิตล่วงเวลาจริงในวันหยุดวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 3 ชั่วโมง 17:00-20:00 น. (ช่วงเย็น) ในเดือน t (กระสอบ) (O_t^c) คูณกับจำนวนวันทำงานล่วงเวลาในวันหยุดวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 3 ชั่วโมง 17:00 – 20:00 น. ในเดือน t (n_t^z) คูณกับจำนวนชั่วโมงทำงานล่วงเวลาในวันหยุดวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 3 ชั่วโมง 17:00 – 20:00 น. จำนวน 3 ชั่วโมง ดังสมการ

$$O_t^c = (KW_t \times n_t^z \times 3) \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (11)$$

ในแต่ละช่วงเวลาปริมาณการผลิตล่วงเวลาไม่สามารถผลิตได้เกินกำลังการผลิตที่มีอยู่ ซึ่งคำนวณได้จาก ปริมาณการผลิตล่วงเวลาทั้งหมดในเดือน t (กระสอบ) (O_t) ต้องมีค่า

ไม่เกินปริมาณการผลิตล่วงเวลาจริงในเวลาปกติ 17:00-21:00 น. ในวันทำงานปกติ (ช่วงเย็น) ในเดือน t (กระสอบ) (O_t^a) รวมกับปริมาณการผลิตล่วงเวลาจริงในวันทำวันหยุดวันอาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 8 ชั่วโมงแรก 8:00-17:00 น. ในเดือน t (กระสอบ) (O_t^b) รวมกับปริมาณการผลิตล่วงเวลาจริงในวันหยุดวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 3 ชั่วโมง 17:00-20:00 น. (ช่วงเย็น) ในเดือน t (กระสอบ) (O_t^c) ดังสมการ

$$O_t \leq O_t^a + O_t^b + O_t^c \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (12)$$

ปริมาณการผลิตเวลาปกติในเดือน t (กระสอบ) (R_t) ต้องมีค่าเท่ากับปริมาณการผลิตแรงงานปกติ ($Kn_t W_t$) คูณกับจำนวนชั่วโมงการทำงานเวลาปกติ 8 ชั่วโมงดังสมการ

$$R_t = (Kn_t W_t \times 8) \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (13)$$

ระดับการผลิตคำนวณได้จากปริมาณการผลิตเวลาปกติ ในเดือน t (กระสอบ) (R_t) รวมกับปริมาณการผลิตล่วงเวลาทั้งหมดในเดือน t (กระสอบ) (O_t) แต่บางครั้งการปริมาณความต้องการอาจจะสูงกว่ากำลังการผลิตที่มีอยู่ทำให้ต้องเอาสินค้าที่เหลือจากคงคลังก่อนหน้า (I_{t-1}) มารวมกันเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ สามารถเขียนความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ ดังสมการ

$$P_t = R_t + O_t + I_{t-1} \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (14)$$

4.ข้อจำกัดเกี่ยวกับระดับปริมาณการผลิตทั้งหมด

ระดับการผลิต (P_t) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าปริมาณค่าพยากรณ์ความต้องการในแต่ละเดือน (D_t) ดังสมการ

$$P_t \geq D_t \quad \text{โดยที่ } 1 \leq t \leq T \quad (15)$$

จากนั้นทำการหาคำตอบโดยใช้ฟังก์ชัน Solver ของโปรแกรม Microsoft Excel ดังรูปที่ 3 - 5

กรณีนี้ที่ 1 การเปรียบเทียบผลการวางแผนการผลิตแบ่ง
 สาลีด้วยข้อมูลจริง ปี 2565 โดยทำการเปรียบเทียบผลระหว่าง
 ต้นทุนจริงของโรงงานกรณีศึกษาปี 2565 ต้นทุนที่ได้จากวิธีอวิ
 ริสติกส์ และต้นทุนที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดัง
 แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการดำเนินงานเปรียบเทียบผลการวางแผนการผลิตแป้ง
สาลี (ข้อมูลจริง ปี 2565)

รายการ	ต้นทุนจริง ของโรงงาน ปี 2565 (บาท)	วิธีอีวีริสติกส์			ต้นทุนจาก แบบจำลอง ทาง คณิตศาสตร์ (บาท)
		กลยุทธ์ สม่ำเสมอ (บาท)	กลยุทธ์โล ติตความ ต้องการ (บาท)	กลยุทธ์ ผสม (บาท)	
ค่าเก็บ รักษาคง คลัง	97,050	21,437	188,860	138,366	66,095
ค่าก๊าซรด โฟล์คคลิฟ	100,592	101,553	122,480	101,553	100,388
ค่า กระสอบ	972,335	973,517	1,174,130	963,781	970,359
ค่าไฟฟ้า	167,692	169,294	204,181	169,294	167,351
ค่าข้าว	775,566,96	777,770,04	924,759,93	775,282,42	772,445,61
สาเลี	5	9	5	8	4
ค่าแรงงาน นปกติ	188,591	199,016	240,028	271,819	181,213
OTตอน เย็นวัน ปกติ 4 ชม.	94,541	111,708	134,728	2,504	120,278
OT วันหยุด ตอนกลาง วัน8 ชม.	18,916				10,697
OT วันหยุด ตอนเย็น 3 ชม.	7,868				1,517
ค่าจ้าง พนักงาน เพิ่ม	-	-	4,200	1,400	-
ค่าปลด พนักงาน	-	-	0	-	-
ต้นทุน รวม	777,214,55 0	779,346,57 5	926,828,54 1	776,931,14 6	774,063,51 2

จากตารางข้างต้น พบว่าต้นทุนรวมจากวิธีอิวิริสติกส์ กลยุทธ์แบบผสม เท่ากับ 776,931,146 บาท เป็นผลที่ดีที่สุดจากทั้ง 3 กลยุทธ์ และยังดีกว่าต้นทุนจริงของโรงงานกรณีศึกษา อย่างไรก็ตาม ต้นทุนรวม 774,063,512 บาท ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีอิวิริสติกส์ 0.41 %

กรณีที่ 2 การเปรียบเทียบผลการวางแผนการผลิตแบ่ง
สาลีด้วยค่าพยากรณ์ ปี 2565 โดย ทำการเปรียบเทียบผล
ระหว่างต้นทุนที่ได้จากวิธีอิวิริสติกส์และแบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการดำเนินงานเปรียบเทียบผลการวางแผนการผลิตแบ่ง
สาลี (ค่าพยากรณ์ ปี 2565)

รายการ	วิธีอิวิริสติกส์			ต้นทุนจาก แบบจำลอง ทาง คณิตศาสตร์ (บาท)
	กลยุทธ์ สม่ำเสมอ (บาท)	กลยุทธ์โลติด ความต้องการ (บาท)	กลยุทธ์ผสม (บาท)	
ค่าเก็บรักษา คลัง	38,741	171,518	165,879	66,095
ค่าก๊าซรณโฟล์ คลิฟ	97,206	115,840	97,206	95,776
ค่ากระสอบ	931,847	1,110,475	922,528	925,786
ค่าไฟฟ้า	162,048	193,111	162,048	159,664
ค่าข้าวสาลี	744,478,610	889,754,942	743,569,234	738,654,884
ค่าแรงงานปกติ	199,016	237,166	229,854	181,213
OTตอนเย็นวัน ปกติ 4 ชม.	94,149	112,196	225,029	120,278
OT วันหยุด ตอนกลางวัน8 ชม.				10,697
OT วันหยุด ตอนเย็น 3 ชม.				1,517
ค่าจ้างพนักงาน เพิ่ม	-	7,000	1,400	-
ค่าปลด พนักงาน	-	0	-	-
ต้นทุนรวม	746,001,616	891,702,249	745,373,179	740,215,911

จากตารางข้างต้น พบว่าต้นทุนรวมเท่ากับ 745,373,179
บาท จากกลยุทธ์การผลิตแบบผสม ซึ่งเป็นผลที่ดีที่สุดจากทั้ง 3
กลยุทธ์อย่างใดก็ได้ ต้นทุนรวม 740,215,911 บาท ที่ได้จาก
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอิวิริส
ติกส์ 0.69 %

กรณีที่ 3 การเปรียบเทียบผลการวางแผนการผลิตแบ่ง
สาลีด้วยค่าพยากรณ์ ปี 2566 โดยทำการเปรียบเทียบผล
ระหว่างต้นทุนที่ได้จากวิธีอิวิริสติกส์ และแบบจำลองทาง
คณิตศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 10

จากตารางที่ 10 พบว่ามีต้นทุนรวมอยู่ที่ 738,137,274
บาท จากกลยุทธ์การผลิตแบบผสม ซึ่งเป็นผลที่ดีที่สุดจากวิธี
อิวิริสติกส์ทั้ง 3 กลยุทธ์ อย่างใดก็ได้ วิธีแบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์มีต้นทุนรวมเท่ากับ 732,552,124 บาท ซึ่งได้
ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอิวิริสติกส์ 0.76 %

ตารางที่ 10 ผลการดำเนินงานเปรียบเทียบผลการวางแผนการผลิตแบ่ง
สาลี (ค่าพยากรณ์ ปี 2566)

รายการ	วิธีอิวิริสติกส์			ต้นทุนจาก แบบจำลอง ทาง คณิตศาสตร์ (บาท)
	กลยุทธ์ สม่ำเสมอ (บาท)	กลยุทธ์โลติด ความต้องการ (บาท)	กลยุทธ์ผสม (บาท)	
ค่าเก็บรักษา คลัง	36,943	200,828	156,314	66,095
ค่าก๊าซรณโฟล์ คลิฟ	96,299	118,297	96,299	94,877
ค่ากระสอบ	923,151	1,134,031	913,920	917,091
ค่าไฟฟ้า	160,536	197,208	160,536	158,165
ค่าข้าวสาลี	737,531,736	904,865,027	736,307,488	730,994,964
ค่าแรงงานปกติ	189,904	233,285	219,330	188,127
OTตอนเย็นวัน ปกติ 4 ชม.	104,153	127,945	281,986	116,677
OT วันหยุด ตอนกลางวัน8 ชม.				12,341
OT วันหยุด ตอนเย็น 3 ชม.				3,789
ค่าจ้างพนักงาน เพิ่ม	-	7,000	1,400	-
ค่าปลด พนักงาน	-	0	-	-
ต้นทุนรวม	739,042,722	906,883,621	738,137,274	732,552,124

สรุปจากผลการดำเนินการเปรียบเทียบการวางแผน
การผลิตแต่ละวิธีของทั้ง 3 กรณีดังตารางที่ 11 จากตาราง
จะเห็นว่าทุกกรณีมีต้นทุนรวมจากการวางแผนการผลิตด้วย
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ต่ำที่สุด

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบต้นทุนจากการวางแผนการผลิตของแต่ละวิธี
ทั้ง 3 กรณี

กรณี	ต้นทุนจริง (บาท)	ต้นทุนจากวิธี อิวิริสติกส์ (บาท)	ต้นทุนจาก แบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ (บาท)	ต้นทุน ลดลง (บาท)
1 ข้อมูลจริง ปี 2565	777,214,550	776,931,146	774,063,512	2,867,634
2 ค่าพยากรณ์ ปี 2565	-	745,373,179	740,215,911	5,157,268
3 ค่าพยากรณ์ ปี 2566	-	738,137,274	732,552,124	5,585,150

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการวางแผนการผลิตรวม เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและแพ็คเกจของโรงงานกรณีศึกษา เริ่มจากการพยากรณ์ยอดขายจริงในปี 2565 โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล ที่ $\alpha = 0.1$ เป็นวิธีที่ได้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด และข้อมูลในปี 2566 วิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล ที่ $\alpha = 0.5$ เป็นวิธีที่ได้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด โรงงานกรณีศึกษาสามารถนำวิธีการพยากรณ์นี้ไปประยุกต์ใช้กับการคาดการณ์ความต้องการในช่วงเวลาถัดไปได้ โดยวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) ที่เหมาะสมในการนำมาใช้วางแผนการผลิตรวมสำหรับข้อมูลจริงปี 2565 คือกลยุทธ์แบบผสม ในขณะที่สำหรับค่าพยากรณ์ปี 2565 และ 2566 คือกลยุทธ์แบบผสมมากกว่านั้น สำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) วิธีการจำลองทางคณิตศาสตร์จึงได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการวางแผนการผลิตรวมสำหรับการผลิตแพ็คเกจที่ทำให้ต้นทุนโดยรวมต่ำที่สุด โปรแกรม Microsoft Excel ฟังก์ชัน Solver ถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองดังกล่าว ซึ่งผลจากการทดลองคำนวณพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เสนอ ช่วยให้ต้นทุนรวมในปี 2565 และปี 2566 ลดลงเป็นจำนวนเงิน 5,157,268 บาท และ 5,585,150 บาทตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ขานนท์ คล่องแคล่ว, พัชรศรี ว่องไชยกุล, วัฒนพงศ์ จัยวัฒน์. ผลกระทบจากข้าวสาลี: ตลาดในประเทศและตลาดส่งออกขยายตัว. เข้าถึงได้จาก: <https://positioningmag.com/25769> [เข้าถึงเมื่อ 3 มีนาคม 2566]
- [2] พิชิต สุขเจริญพงษ์. การจัดการวิศวกรรมการผลิต. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น; 2546.
- [3] ปรีดี มาไพศาลสิน. การออกแบบเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการผลิตรวมและการบริหารคลังสินค้า กรณีศึกษาโรงงานฟองเต้าหู้ตัวอย่าง [วิทยานิพนธ์]. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2561.
- [4] ลักขณา ฤกษ์เกษม, ภาสุระ อังกุลานนท์. การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ความต้องการสำหรับการวางแผนการผลิตรวมในโรงงานผลิตชุดสำหรับห้องสะอาด. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2563;15(1):86-99.
- [5] ปิยานันท์ ทองโพธิ์. การประยุกต์เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้าเพื่อวางแผนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตชุดชั้นใน [วิทยานิพนธ์]. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2558.
- [6] วัชรชัย อินธิปัก. การพยากรณ์ความต้องการสินค้าและการวางแผนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานแปรรูปเนื้อเป็ด [สารนิพนธ์]. วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต; 2561.
- [7] ภัทรา วิวัฒน์ศร. การพยากรณ์ความต้องการและการวางแผนการสั่งซื้อเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ [งานนิพนธ์]. คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา; 2565.
- [8] อธิ สงวนใจ, ศิลายุทธ อินเอก, กิตติพงษ์ จันสอน. การศึกษาแนวทางการปรับปรุงการวางแผนการผลิต กรณีศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ขวดนม [วิทยานิพนธ์]. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี; 2560.
- [9] จิรโมท ธนพนาพฤกษ์กุล. การวางแผนการผลิตในอุตสาหกรรมขนาดย่อม: กรณีศึกษา [การค้นคว้าอิสระ]. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.
- [10] ญัฐภูมิ แสงนวกิจ. การพยากรณ์และการวางแผนการผลิตด้วยโปรแกรมเป้าหมายสำหรับโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ [การค้นคว้าอิสระ]. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.
- [11] สกาวรัตน์ สุขจันทร์, เชษฐา ชำนาญหล่อ. การวางแผนการผลิตรวมในโรงงานเตาอบในครัวเรือนที่มีข้อจำกัดทางโลจิสติกส์. ใน: การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2559; 2559; กรุงเทพฯ. หน้า 189-197.
- [12] ธนากร เมียงอารมณ์, สิริรงค์ กลั่นคำสอน. การวางแผนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมเคมีคอนกรีตเตอร์โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงแบบเลขจำนวนเต็ม [วิทยานิพนธ์]. คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา; 2558.

- [13] อนุชิต รัตนประสิทธิ์. การพยากรณ์ความต้องการและการวางแผนการผลิต: กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำปลา. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*. 2554;5(1):65–75.
- [14] นิรพร กุมวิจิตร. การวางแผนความต้องการวัสดุในงานขึ้นรูปเย็น กรณีศึกษา: บริษัท ที เอส เค ฟอรัจ จำกัด. *วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี*. 2556:132–137.
- [15] มณีรัตน์ แซ่อ่อง. การวางแผนการผลิตรวมโดยใช้แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน [โครงการวิจัย]. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี; 2562.
- [16] วิชาญ จำปางาม. การวางแผนการผลิตสินค้าของวิสาหกิจขนาดย่อม: กรณีศึกษากลุ่มผลิตสินค้าผ้าต่อหมอนอุ่น [สารนิพนธ์]. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2556.
- [17] อัครพงษ์ บุณวงศ์, เชษฐา ชำนาญหล่อ, ญัฐวิภา จันทรศรี. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตลงมืออย่างทางการแพทย์. ใน: *การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา*; 2563; ชลบุรี. หน้า 502–507.
- [18] ปัญจรัชต์ แพทย์โท. การจัดตารางการผลิตโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ [งานนิพนธ์]. คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา; 2564.
- [19] วชิรินทร์ เปียสกุล, ธัญญา วสุศรี. การพยากรณ์และการวางแผนการผลิตรวม: กรณีบริษัทผลิตกะทิสด. ใน: *การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 7*; 2550; กรุงเทพฯ. หน้า 321–334.
- [20] ทวีพร ขาเจียมเจน, อรรถกร เก่งพล. การหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสมโดยการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์: กรณีศึกษาการวางแผนการผลิตบริษัทในอุตสาหกรรมกระดาษ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 2550;17(3):57–65.
- [21] พิศาล สีนวล. การใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาจัดสรรทรัพยากรเพื่อลดเวลาในการวางแผนการผลิต [การค้นคว้าอิสระ]. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2559.