



วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์

Industrial Technology Valaya Alongkorn Journal

ISSN 3088-1773 (Online)

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1

มกราคม - มิถุนายน 2568

Vol. 1 No.1

January - June 2025



วารสารวิชาการ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เจ้าของวารสาร

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

วัตถุประสงค์

วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์ (Industrial Technology Valaya Alongkorn Journal) มีวัตถุประสงค์จัดพิมพ์ขึ้นเพื่อส่งเสริมสนับสนุนการสร้างองค์ความรู้ทางวิชาการ เผยแพร่และเสนอผลงานทางวิชาการ ผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ สำหรับคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา บุคลากรทางการศึกษา และนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ทั้งภายในและภายนอก โดยขอบเขตเนื้อหาของบทความที่เผยแพร่ลงในวารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับศาสตร์ด้านต่าง ๆ ดังนี้ 1) ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น โยธา ไฟฟ้า เครื่องกล เมคคาทรอนิกส์ อุตสาหการ พลังงาน และเทคโนโลยีเกษตร 2) ด้านวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีวะ คณิตศาสตร์ สิ่งแวดล้อม คอมพิวเตอร์ และสารสนเทศ 3) ด้านการออกแบบอุตสาหกรรม เช่น ศิลปะประยุกต์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ สื่อมัลติมีเดียและกราฟิก เซรามิกส์ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

นโยบาย

1. บทความที่นำเสนอเพื่อขอตีพิมพ์ต้องเป็นบทความวิจัย หรือบทความวิชาการภาษาไทย
2. บทความที่จะได้รับการตีพิมพ์ต้องเขียนตามรูปแบบที่ทางวารสารกำหนดเท่านั้น
3. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ต้องผ่านการพิจารณาถ้อยแถลงโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง และต้องเป็นบทความที่ไม่เคยรับการตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ใดมาก่อน รวมถึงไม่อยู่ระหว่างขั้นตอนการพิจารณาตีพิมพ์ที่ใด หากตรวจสอบพบว่าการจัดพิมพ์ซ้ำซ้อนถือเป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์แต่เพียงผู้เดียว
4. บทความที่ตีพิมพ์เผยแพร่ทุกบทความต้องผ่านการพิจารณาเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ (Peer Review) ที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องจากภายในและ/หรือภายนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 3 ท่านต่อหนึ่งบทความ ซึ่งบทความต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ใน 3 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของบทความว่าสมควรเผยแพร่ตีพิมพ์หรือไม่ ทั้งนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิไม่ทราบชื่อผู้นิพนธ์ และผู้นิพนธ์ไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-Blinded Peer Review)

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน) และฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม)

คณะที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ คชสิทธิ์

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

รองศาสตราจารย์ ดร.อรสา จรูญธรรม

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล ปทุมมาเกษตร

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย วิภาทานัง

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

รองบรรณาธิการ

อาจารย์ ดร.ศิริวรรณ พลเศษ

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

ผู้ช่วยบรรณาธิการ และผู้ประสานงาน

อาจารย์ ดร.ชนกพร สมุทรกลิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.สุรสิงห์ ไชยคุณ

มหาวิทยาลัยบูรพา

รองศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ สุขสกุลชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ บุญลักษณะนามสรณ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.นรเศรษฐ์ พัฒนเดช

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฐ์ ลีวนกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวงษ์ ไพรินทร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลทิพย์ สุวรรณทิพย์

Institute of Science Tokyo

วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์

Industrial Technology Valaya Alongkorn Journal

คณะดำเนินงานวารสาร

รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษฏางค์ ศุภระมุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย วิภาทานัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โยษิตา เจริญศิริ
อาจารย์ ดร.ชนกพร สมุทรกลิน
อาจารย์ ดร.ชุติกานุจน์ สุพัตเวช
อาจารย์ ดร.วิศภพ ตรีสุวรรณ
อาจารย์ ดร.ศิริวรรณ พลเศษ
อาจารย์ ดร.อานันท์ บุตรรัตน์
อาจารย์ จุฑามาศ เลียรเวช
อาจารย์ ธีรศ เสถียรนาม
อาจารย์ ภูมิรินทร์ ทวิชศรี
อาจารย์ วิศวรรธน์ พชรวิชัย
อาจารย์ ศักย บุญชูวิทย์
นางสาวกรณิกา เมฆนภา
นายภาณุวัฒน์ สุธรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

เจ้าหน้าที่วารสาร

นางสาวกรณิกา เมฆนภา
นายภาณุวัฒน์ สุธรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ

ติดต่อกองบรรณาธิการวารสาร

สำนักงานคณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180
เบอร์โทรศัพท์ 02-529-3829 หรือ 081-323-6596

E-mail: itec-journal@vru.ac.th



บทบรรณาธิการ

วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์ (Industrial Technology Valaya Alongkorn Journal) เป็นวารสารที่ดำเนินงานโดยคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ที่มุ่งเน้นให้มีการรังสรรค์นำเสนอ และเผยแพร่ผลงานวิจัย ผลงานวิชาการที่มีคุณภาพ ให้เป็นที่ยอมรับต่อสาธารณชนในวงวิชาการอย่างกว้างขวาง ส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ทางวิชาการ การพัฒนาศักยภาพในการวิจัย สำหรับคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา บุคลากรทางการศึกษา และนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ทั้งภายในและภายนอก วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์ มุ่งเน้นคัดสรรผลงาน และตีพิมพ์บทความเกี่ยวกับศาสตร์ ประกอบ 1)ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น โยธา ไฟฟ้า เครื่องกล เมคคาทรอนิกส์ อุตสาหกรรม พลังงาน และเทคโนโลยีเกษตร 2)ด้านวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีวะ คณิตศาสตร์ สิ่งแวดล้อม คอมพิวเตอร์ และสารสนเทศ 3)ด้านการออกแบบอุตสาหกรรม เช่น ศิลปะประยุกต์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ สื่อมัลติมีเดียและกราฟิก เซรามิกส์ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีกำหนดการจัดพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน) และฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม)

วารสารฉบับนี้เป็นปีที่ 1 ฉบับที่1 (มกราคม-มิถุนายน) ขอนำเสนอบทความทั้งหมด 6 เรื่อง ประกอบด้วย บทความวิชาการ 1 เรื่อง และบทความวิจัย 5 เรื่อง โดยมีผู้นิพนธ์จากหลากหลายสถาบัน ทั้งนี้ทุกบทความผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) 3 ท่านต่อ 1 บทความ ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องด้านภาษาต่างประเทศตามหลักไวยากรณ์และบริบทของเนื้อหา กองบรรณาธิการมีความมุ่งมั่นตั้งใจในการพัฒนากระบวนการทำงานของวารสารอย่างต่อเนื่องให้มีคุณภาพ เพื่อขับเคลื่อนพัฒนาวารสารให้เป็นไปตามมาตรฐานทางวิชาการและการเสนอขอรับรองมาตรฐานวารสารของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI)

ในฐานะบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนส่งเสริมสนับสนุนการบริหารจัดการวารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์ (Industrial Technology Valaya Alongkorn Journal) ฉบับปฐมฤกษ์ ขอขอบคุณผู้นิพนธ์ต้นฉบับ บทความทุกท่านที่ได้ตั้งใจผลิตผลงานที่มีคุณภาพตีพิมพ์ในวารสารฉบับนี้ และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบประเมินคุณภาพบทความ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ส่งผลให้วารสารมีคุณภาพ ทางกองบรรณาธิการคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความจากวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านทุกท่านสำหรับการพัฒนาต่อยอดและผลิตผลงานทางวิชาการ รวมถึงการใช้เป็นแหล่งอ้างอิงทางวิชาการ ซึ่งหากผู้เขียนหรือผู้อ่านมีข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะประการใด ทางกองบรรณาธิการมีความยินดีที่จะนำไปพิจารณาปรับปรุง และขอน้อมรับเพื่อพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพยิ่ง ๆ ต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย วิภาทานัง
บรรณาธิการวารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์



วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์ (Industrial Technology Valaya Alongkorn Journal) ฉบับนี้เป็นปีที่ 1 ฉบับที่ 1 (มกราคม -มิถุนายน 2568) ของการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานบทความทางวิชาการ และบทความจากผลงานวิจัย สู่สาธารณชนในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ (ThaiJO) สำหรับคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา บุคลากรทางการศึกษา และนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ทั้งภายในและภายนอก ที่ได้จากการค้นคว้า วิจัย แง่มุมต่าง ๆ ซึ่งฉบับนี้ได้รับรวบรวมบทความทางวิชาการ และบทความจากผลงานวิจัยเผยแพร่ จำนวน 6 เรื่อง ประกอบด้วย บทความทางวิชาการ 1 เรื่อง คือ การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยุคเทคโนโลยีสมัยใหม่ บทความวิจัย 5 เรื่อง ประกอบด้วย แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมในการลดของเสียในกระบวนการผลิตแผ่นวงจรในผลิตภัณฑ์ไฟเลี้ยงรถยนต์โดยใช้แผ่นภูมิพาเรโต และแผนภาพสาเหตุและผล, การศึกษาและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนเชื้อเพลิงสำหรับแปลงปลูกกล้วยไข่, การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ระหว่างวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษ, ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย, การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีของโมเมนต์สำหรับการแจกแจงแกusser

ทั้งนี้ทุกบทความผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) 3 ท่านต่อ 1 บทความ ทั้งภายใน และภายนอกมหาวิทยาลัยแล้ว ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องด้านภาษาต่างประเทศตามหลักไวยากรณ์และบริบทของเนื้อหา สุดท้ายนี้ทางกองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าทุกบทความจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและพัฒนางานวิจัยให้ก้าวหน้าต่อไป

คณะดำเนินงานวารสาร

วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์



สารบัญ

	หน้า
* วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วไลยอลงกรณ์	ก - ค
* บทบรรณาธิการ	ง
* คำนำ	จ
* สารบัญ	ฉ
บทความวิชาการ	
➤ การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยุคเทคโนโลยีสมัยใหม่ ณัฐพล ขอฐานานุก์กดี	1 - 12
บทความวิจัย	
➤ แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมในการลดของเสียในกระบวนการผลิตแผ่นวงจรในผลิตภัณฑ์ไฟเลี้ยงรถยนต์โดยใช้แผนภูมิพาเรโตและแผนภาพสาเหตุและผล ปราณี หวานเงิน, สุภาวดี ทิพย์ไชย, ประภาวรรณ แพงศรี, อานันท์ บุตรรัตน์, ภัทราภรณ์ เทนือศรี, ชุตติกาญจน์ สุพัตเวช และวิศภาพ ตรีสุวรรณ	13 - 24
➤ การศึกษาและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนเชื้อเพลิงสำหรับแปลงปลูกกล้วยไข่ ภุมรินทร์ ทวีศรี, อดิศักดิ์ ทับปรี, กันยารัตน์ เอกเอี่ยม, พีรวัฒน์ อาทิตยตั้ง, วีระพงศ์ ทองสา และศิลาปชัย กลิ่นไกล	25 - 35
➤ การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ระหว่างวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษ สิโรรัตน์ จันทาม	36 - 48
➤ ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย กิตยากร อิศรางกูร ณ อยุธยา และสายฝน เทียมแก้ว	49 - 59
➤ การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีของโมเมนต์สำหรับการแจกแจงแชนเกอร์ ศศิชา นามเสนา และสุธาสินี ไทยส่วย	60 - 71



การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยุคเทคโนโลยีสมัยใหม่ Industrial Product Design in the Era of Modern Technology

ณัฐพล ซอธานานุศักดิ์

Nutthapol Sorthananusak

คณะศิลปกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี,

ปทุมธานี, 12120, ประเทศไทย

Faculty of Fine and Applied Arts, Rajamangala University of Technology Thanyaburi,

Pathum Thani, 12120, Thailand

Corresponding Author E-mail: nutthapol@rmutt.ac.th

รับบทความ (Received) : March 21, 2025 /ปรับปรุงแก้ไข (Revised) : June 10, 2025 /ตอบรับบทความ (Accepted) : June 17, 2025

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวคิดกระบวนการด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอน ความรู้ และวิชาชีพ ซึ่งประกอบด้วย (1) ความแตกต่างของการออกแบบผลิตภัณฑ์ และการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2) ปัจจัยสำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประกอบด้วย การใช้งาน ความปลอดภัย ความคุ้มค่า ความทนทาน ความสะดวกสบายในการใช้งาน การผลิตและการประกอบ ความสวยงาม ความยั่งยืน การบำรุงรักษา มาตรฐานและข้อบังคับ และ(3) กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้แก่ ขั้นตอนการพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ ขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น ขั้นตอนการสร้างต้นแบบ ขั้นตอนการทดสอบและทดลอง ขั้นตอนการวิเคราะห์และศึกษาความเป็นไปได้ครั้งสุดท้าย ขั้นตอนของการออกแบบครั้งสุดท้าย ขั้นตอนการผลิตและจำหน่าย บทความวิชาการนี้ เหมาะสำหรับนักเรียน นักศึกษา และบุคคลโดยทั่วไป เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ และแนวคิดเพื่อนำไปปฏิบัติการทางวิชาชีพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และสามารถบูรณาการทางด้านวิชาชีพได้อย่างเหมาะสม สามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการพัฒนาและการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงของสังคม เทคโนโลยีในปัจจุบัน และอนาคตต่อไป

คำสำคัญ : การออกแบบ, ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, การผลิตในระบบอุตสาหกรรม

Abstract

This academic article aims to present the conceptual process of industrial product design to promote teaching, knowledge, and professional practice. It includes: (1) the differences between product design and industrial product design; (2) the key factors in industrial product design, including usability, safety, cost-effectiveness, durability, user comfort, manufacturing and assembly, aesthetics, sustainability, maintenance, standards and regulations; and (3) the industrial product design process, which includes product concept development, feasibility study, preliminary design, prototyping, testing and experimentation, final feasibility analysis, final design, and production and distribution. This academic article is suitable for students and the

general public to encourage learning and provide concepts for professional practice in product development. It can also appropriately integrate professional aspects and apply knowledge effectively in development and work, amidst the changing landscape of current and future society and technology.

Keywords: Design, Industrial Product Design, Industrial Production

บทนำ

การออกแบบ เป็นศาสตร์วิชาที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความคิดสร้างสรรค์ การใช้ทักษะ และกระบวนการสร้างหรือวางแผนสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องการให้มีรูปร่าง ประโยชน์ หรือองค์ประกอบต่าง ๆ ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ โดยจะต้องคำนึงถึงลักษณะในการใช้งาน มีความสวยงาม และความเหมาะสมในทุก ๆ ด้าน เช่น รูปลักษณ์ ความสะดวกในการใช้งาน และประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการผสมผสานกันระหว่างความรู้ด้านศิลปะ และความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการสร้างสรรค์ผลงานที่ทั้งมีความสวยงาม และใช้งานได้จริง โดยในความหมายนั้น การออกแบบ (Design) อาจจะครอบคลุมในศาสตร์หลายสาขา เช่น การออกแบบกราฟิก (Graphic Design), การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design), การออกแบบตกแต่งภายใน (Interior Design), การออกแบบสถาปัตยกรรม (Architecture Design), การออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) และการออกแบบทางเทคโนโลยี (Technological Design) เป็นต้น โดยทุกสาขาจะมีแนวทาง และกระบวนการที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของสิ่งที่ต้องการออกแบบ แต่ทั้งหมดนั้นมีจุดมุ่งหมายร่วมกัน คือ การทำให้สิ่งที่ออกแบบมีคุณภาพ และตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งานได้จริง

ผลิตภัณฑ์ (Product) เป็นลักษณะของสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นหรือผลิตขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการ ซึ่งในยุคปัจจุบันที่วิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีเปลี่ยนไป และก้าวหน้าทันสมัยมากขึ้น ในการสร้างผลิตภัณฑ์จึงจำเป็นต้องผสมผสานระบบ และกลไกในหลาย ๆ ด้านเข้ามาเป็นส่วนประกอบต่อกระบวนการในการสร้าง และจึงกลายมาเป็นธุรกิจ เพื่อให้ได้ประโยชน์ต่อธุรกิจ ที่ต้องสามารถนำมาขายหรือจำหน่ายให้กับลูกค้าหรือผู้บริโภคได้ในรูปแบบที่มีความเหมาะสม โดยให้มีคุณสมบัติทางด้านกายภาพสามารถตอบสนองการใช้งานที่และความต้องการ ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่จับต้องได้ที่ตอบสนองการดำรงชีวิตตัวอย่าง เช่น สินค้าอุปโภคบริโภค เสื้อผ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ต่าง ๆ รถยนต์ เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันจึงมักจะมีหลากหลายทางกายภาพ ทั้งในด้านภาพลักษณ์ การใช้งาน และนวัตกรรม เพื่อรองรับวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปตามยุคสังคมสมัยใหม่ และตอบสนองต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นของผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ เช่น ความสะดวกสบาย, สุขภาพ, สิ่งแวดล้อม, และเทคโนโลยี การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงเป็นกระบวนการที่ต้องผสมผสานทั้งทางด้านศิลปะ ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการจัดการ และด้านธุรกิจการตลาด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ สามารถผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับอุตสาหกรรม

ดังนั้น การออกแบบผลิตภัณฑ์และการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จึงมีความแตกต่างกันในแง่ของขอบเขตและวัตถุประสงค์ โดยที่ทั้งสองประเภทนี้ต่างก็มีบทบาทในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง การออกแบบผลิตภัณฑ์ จะเน้นที่การตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้านการใช้งาน และความสวยงามการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จะเน้นที่การสร้างผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ในระดับอุตสาหกรรม และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรม โดยมีการวิเคราะห์หาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเกี่ยวกับด้านการตลาด ผู้บริโภค แล้วนำมาปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตขึ้นเป็นจำนวนมาก ๆ ให้อยู่ในความนิยมของตลาดในราคาพอสมควร และคำนึงถึงความทนทาน และสามารถใช้ได้ในการบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูง โดยทั้งสองประเภทของการออกแบบมีความสำคัญ และแตกต่างกันไปตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ และตอบสนองความต้องการของตลาดและผู้บริโภคในปัจจุบัน

ความแตกต่างของการออกแบบผลิตภัณฑ์ และการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สามารถแยกคำจำกัดความหมายได้เป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1)การออกแบบ เป็นกิจกรรมการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายหรือจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งเป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ หรือปรับปรุงดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่ให้ดีขึ้น เป็นการกระทำด้วยจุดประสงค์ที่ต้องการถ่ายทอดรูปแบบจากความคิดออกมาเป็นผลงานสิ่งใหม่ ๆ มีทั้งที่ออกแบบเพื่อสร้างขึ้นใหม่ หรือปรับปรุงตกแต่งของเดิม 2)ผลิตภัณฑ์ อาจหมายถึง สิ่งที่มีรูปร่าง รูปทรง หรืออาจมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สามารถจับต้องได้ เป็นลักษณะที่สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในหลายมิติ เช่น สิ่งของต่าง ๆ เสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย สินค้าอุปโภค และบริโภค อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรอุตสาหกรรม 3)อุตสาหกรรม เป็นกิจกรรมในการสร้าง หรือผลิตขึ้น ที่ใช้แรงงาน วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และกระบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดเป็นผลงานขึ้น เพื่อที่จะผลิตสิ่งของนั้น ๆ เป็นการผลิตสิ่งของจำนวนมากเพื่อการค้าโดยทั่วไป จึงเรียกว่าอุตสาหกรรม การตั้งเป้าหมายเชิงพาณิชย์สำหรับผลิตภัณฑ์ควรพิจารณาด้านวัสดุและด้านกรรมวิธีการผลิต ตลอดจนช่องทางจัดจำหน่ายด้วย [1] การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จึงเป็นศาสตร์ของการปฏิบัติการทางวิชาชีพอีกสาขาหนึ่ง ที่มีกระบวนการในการดำเนินงานจากการนำศาสตร์วิชาการทางด้านศิลปะ ด้านวิทยาศาสตร์ และด้านวิศวกรรมมาบูรณาการร่วมกันเพื่อให้เกิดเป็นผลงานที่เป็นรูปธรรม โดยตอบสนองความต้องการด้านต่าง ๆ ที่มีต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง นักออกแบบผลิตภัณฑ์จึงต้องคำนึงถึงรสนิยม ความชอบ และความต้องการของผู้บริโภค เป็นสำคัญ Image Scale เป็นการพิจารณาถึงตำแหน่งของภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ (Product Positioning) เพื่อนำมาเป็น ข้อกำหนดเงื่อนไขที่ใช้ในการออกแบบต่อไป [2] ดังนั้น ความแตกต่างของการออกแบบผลิตภัณฑ์ และการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จึงสามารถอธิบายความแตกต่างได้ดังนี้

1. ขอบเขตและวัตถุประสงค์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) เป็นกระบวนการที่เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ในด้านประโยชน์ใช้สอย และความสวยงาม ตัวอย่าง เช่น การออกแบบสินค้าสำหรับผู้บริโภคที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น เสื้อผ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือเฟอร์นิเจอร์ ที่เน้นให้ผู้ใช้งาน และมีรูปลักษณ์ที่น่าสนใจ ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Industrial Product Design) มุ่งเน้นไปที่สามารถผลิตได้ในปริมาณมาก โดยต้องคำนึงถึงการใช้งาน, ความทนทาน, ความปลอดภัย, กระบวนการผลิต, และต้นทุน กระบวนการนี้มักจะเกี่ยวข้องกับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ขนส่ง ผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ทางเทคนิค หรือผลิตภัณฑ์ในภาคอุตสาหกรรม



ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตด้วยฝีมือ และทักษะเฉพาะตน
(ที่มา Corner 43 Décor, 2568) [3]

2. กระบวนการและการพัฒนา การออกแบบผลิตภัณฑ์จะมีขั้นตอนการออกแบบที่ค่อนข้างยืดหยุ่นและสามารถทดลองปรับเปลี่ยนได้ตามแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลง เช่น ของใช้ สิ่งของ เครื่องนุ่งห่ม หรือแฟชั่น ซึ่งอาจมีการทดลองหลายแบบ และใช้เวลาในการปรับแต่งตามความคิดเห็นของผู้บริโภคหรือตลาด มักจะมีต้นทุนในการออกแบบที่สูงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด ในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมักจะมีขั้นตอนการออกแบบที่คำนึงถึงการผลิตในปริมาณมาก และคำนึงถึงกระบวนการทางวิศวกรรม และเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต โดยเฉพาะการออกแบบที่ทนทาน และสามารถใช้ในสภาพแวดล้อมทางอุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อน จึงมีต้นทุนการออกแบบที่สูงในด้านการเลือกวัสดุที่มีความทนทานต่อการใช้งานหนัก, การทดสอบทางวิศวกรรม, การพัฒนากระบวนการผลิตที่เหมาะสม และการลงทุนในเครื่องมือหรือเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต

3. การใช้งาน การออกแบบผลิตภัณฑ์ มุ่งเน้นที่การใช้งานของผู้บริโภคโดยตรง เช่น สินค้าที่ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยเน้นที่ความสะดวกสบาย, ความสวยงาม, และการใช้งานที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค บางครั้งอาจจะทำเพื่อตอบสนองเฉพาะผู้บริโภคเพียงบางกลุ่มเท่านั้น ในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เน้นที่การใช้งานที่เกี่ยวข้องกับผู้บริโภคกลุ่มใหญ่ที่ต้องคำนึงถึงการผลิตหรือการใช้งานในกระบวนการทางอุตสาหกรรม การใช้งานจำเป็นต้องมีประสิทธิภาพ และทนทานต่อการใช้งานที่ดี

4. กระบวนการผลิต การออกแบบผลิตภัณฑ์ สามารถยืดหยุ่นได้อาจจะไม่ต้องคำนึงถึงกระบวนการผลิตในลักษณะเฉพาะ เช่น การผลิตจำนวนมาก หรือการใช้เครื่องจักรในโรงงาน งานบางอย่างอาจจะใช้ทักษะเฉพาะ หรือฝีมือส่วนบุคคลในการผลิตขึ้นมา ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จำเป็นต้องคำนึงถึงกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ และคุ้มค่าต่อการผลิตในปริมาณมาก รวมถึงการเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการผลิตในปริมาณมาก และการลดต้นทุนในการผลิต



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรม
(ที่มา: depositphotos, 2568) [4]

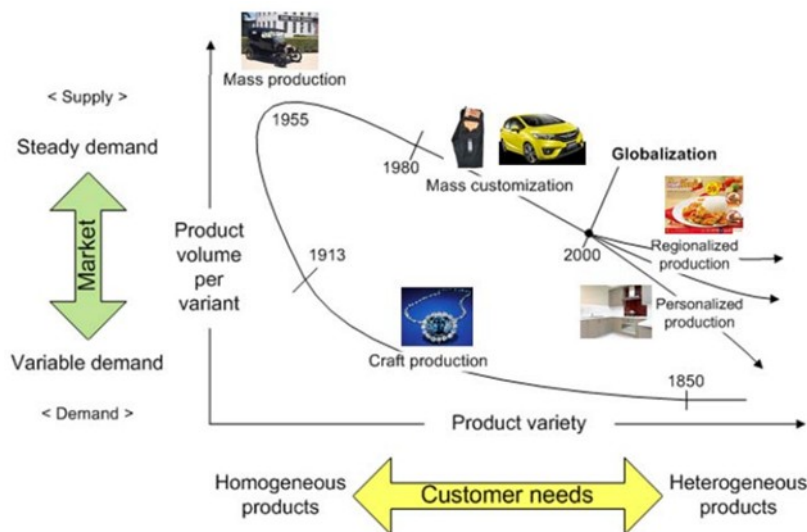
5. วัสดุและเทคโนโลยี การออกแบบผลิตภัณฑ์ วัสดุที่ใช้ในผลิตภัณฑ์มักจะเน้นไปที่ความสวยงาม ให้ความรู้สึกดี และเหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ราคาไม่สูงเกินไป เช่น พลาสติก, โลหะ, หรือวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไป วัสดุที่เลือกจึงมักจะคำนึงถึงต้นทุนต่ำเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีราคาที่แข่งขันได้ในตลาด แต่ในบางกรณีอาจต้องลงทุนเพิ่มเติมในเทคโนโลยีการผลิตที่ล้ำสมัยหรือเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วัสดุจะต้องคำนึงถึงความทนทาน การใช้งานที่ยาวนาน และการตอบสนองต่อกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เช่น การเลือกวัสดุที่สามารถทนทานต่อสภาวะการทำงานหนัก และวัสดุที่สามารถหาได้ง่าย และราคาประหยัด จะต้องคำนึงถึงความทนทาน และเหมาะสมกับการใช้งานในสภาวะการผลิตที่เข้มข้น เช่น

การใช้วัสดุที่ทนต่อความร้อน, แรงดัน หรือการสึกหรอสูง การเลือกวัสดุและเทคโนโลยีในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจะมีต้นทุนที่สูงกว่า เนื่องจากต้องใช้วัสดุพิเศษหรือเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและความทนทานในกระบวนการผลิต

6. กลุ่มเป้าหมาย การออกแบบผลิตภัณฑ์ กลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่คือผู้บริโภคทั่วไปที่ใช้ผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน เน้นตอบสนองความต้องการโดยตรง โดยการออกแบบต้องตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในแง่ของการใช้งาน และรูปลักษณะ การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กลุ่มเป้าหมาย คือ มุ่งเน้นไปที่การตอบสนองความต้องการของตลาดอุตสาหกรรม ธุรกิจหรือองค์กรที่ใช้ผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตหรือการดำเนินงาน อาจเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในโรงงานหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานเฉพาะทาง

7. ต้นทุนและราคา การออกแบบผลิตภัณฑ์ การออกแบบผลิตภัณฑ์มักจะคำนึงถึงต้นทุนที่เหมาะสมกับตลาดผู้บริโภค เช่น ราคาที่ไม่สูงเกินไปจนทำให้ผู้บริโภคไม่สามารถซื้อได้ การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การออกแบบผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอุตสาหกรรมจะคำนึงถึงต้นทุนการผลิตที่คุ้มค่าในระดับอุตสาหกรรม โดยที่ราคาของผลิตภัณฑ์อาจสูงขึ้น เนื่องจากต้องใช้วัสดุและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการผลิตในปริมาณมาก

8. การผลิต การออกแบบผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภคสามารถผลิตในปริมาณน้อยหรือผลิตเป็นช่วง ๆ ตามฤดูกาลหรือการเปลี่ยนแปลงของตลาด ซึ่งช่วยให้มีความยืดหยุ่นในการผลิต ต้นทุนการผลิตในระยะยาวอาจต่ำ แต่ก็มีความเสี่ยงสูงจากการเปลี่ยนแปลงในความต้องการตลาด การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมักจะเน้นไปที่การผลิตในปริมาณมาก ซึ่งสามารถลดต้นทุนต่อหน่วยได้ แต่ต้องใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีที่มีความยั่งยืนในการผลิต ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจะต่ำเมื่อผลิตในปริมาณมาก แต่การตั้งค่าเครื่องจักรและกระบวนการผลิตอาจมีต้นทุนเริ่มต้นที่สูง



ภาพที่ 3 วิวัฒนาการของกระบวนการผลิต [5]

ปัจจัยสำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เป็นการรวมกันขององค์ประกอบในงาน ออกแบบสร้างสรรค์ทั้งทางด้านศิลปะ วิศวกรรมศาสตร์ การวิเคราะห์พฤติกรรมด้านการตลาด และ ผลกระทบโดยรวมตั้งแต่การคิด การผลิต จำหน่าย [6] การออกแบบ

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เป็นกระบวนการที่ต้องคำนึงถึงหลายปัจจัยที่สำคัญ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพ มีประสิทธิภาพ และสามารถแข่งขันในตลาดได้ ปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [7] ประกอบด้วย

1. การใช้งาน (Function) ผลิตภัณฑ์ต้องมีหน้าที่ และการใช้งานตอบสนองความต้องการได้อย่างเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ และปัญหาที่ต้องการแก้ไข สามารถทำหน้าที่เพื่อรองรับการใช้งานในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสม สามารถตอบสนองการใช้งานอย่างเต็มที่ และมีผลกระทบเชิงบวกต่อผู้ใช้ในการดำเนินงานต่าง ๆ
2. ความปลอดภัย (Safety) ความปลอดภัยเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้งานกับมนุษย์ เช่น การออกแบบเพื่อป้องกันอันตรายหรือการบาดเจ็บจากการใช้งาน
3. ความคุ้มค่า (Cost-effectiveness) การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องคำนึงถึงต้นทุนในการผลิต การจัดหาวัสดุ และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ โดยคำนึงถึงกำไรที่ต้องการจากผลิตภัณฑ์
4. ความทนทาน (Durability) ผลิตภัณฑ์ต้องมีความทนทานและใช้งานได้ยาวนาน โดยการเลือกวัสดุและวิธีการผลิตที่สามารถรองรับการใช้งานหนักได้
5. ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Usability) การออกแบบต้องให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย ไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน คำนึงถึงประสบการณ์ผู้ใช้
6. การผลิตและการประกอบ (Manufacturability & Assembly) การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องคำนึงถึงวิธีการผลิต และการประกอบที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ ไม่ซับซ้อนเกินไป
7. ความสวยงาม (Aesthetics) การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องมีรูปลักษณะที่น่าสนใจ และตอบสนองความต้องการในด้านการตกแต่งหรือลักษณะทางทัศนศิลป์
8. ความยั่งยืน (Sustainability) การใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และการออกแบบที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว
9. การบำรุงรักษา (Maintainability) ผลิตภัณฑ์ต้องมีการออกแบบที่สามารถบำรุงรักษาและซ่อมแซมได้ง่าย
10. มาตรฐานและข้อบังคับ (Standards & Regulations) การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องสอดคล้องกับมาตรฐานและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรม เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีปัญหาทางกฎหมายหรือความเสี่ยงในการใช้งาน การพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ จะช่วยให้การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้ดี.

กลยุทธ์การพัฒนาผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ใหม่ (New product) หมายถึง การนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่แบบริเริ่ม หรือการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมของธุรกิจให้มีคุณสมบัติดีขึ้น หรือเป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ของธุรกิจที่มีลักษณะเหมือนผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ 3 ลักษณะ คือ

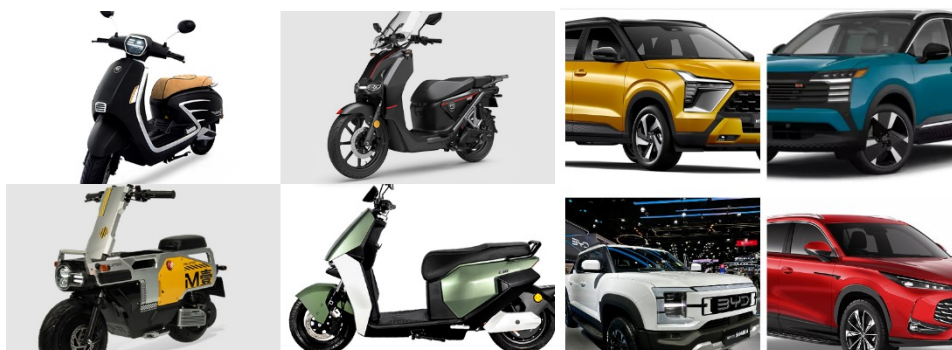
1. ผลิตภัณฑ์นวัตกรรม (Innovation Product) หมายถึง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแนวคิดริเริ่มเป็นครั้งแรก ยังไม่มีมาก่อนในตลาด
2. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุง (Modified Product) หมายถึง ผลิตภัณฑ์เดิมที่มีการปรับปรุงในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ทำให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาดอีกครั้ง
3. ผลิตภัณฑ์เลียนแบบ (Me-Too Product) หมายถึง เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของธุรกิจ ซึ่งเลียนแบบผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งที่มีอยู่ในตลาดแล้ว



ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่มีรูปแบบการใช้งานแบบใหม่
(ที่มา : buzzfeed,2025) [8]



ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีรูปแบบปรับปรุงตามยุคสมัยและตลาดปัจจุบัน
(ที่มา : thaihometown, 2025) [9]



ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์ยานยนต์ที่มีรูปแบบใกล้เคียงกันในการตลาด
(ที่มา kapok, 2025) [10]

บทบาทการคิดเชิงออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยุคใหม่

1. ความสามารถในการดำรงอยู่ของผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการนํ้าออกแบบจะต้องดำเนินการวิเคราะห์ความสามารถในการคงอยู่ของผลิตภัณฑ์ เพื่อพิจารณาว่าแนวคิดของผลิตภัณฑ์นั้นใช้งานได้จริง สามารถเอาชนะความท้าทายได้หรือไม่ และต้องได้รับการสนับสนุนเพื่อให้แน่ใจว่าผู้บริโภคพึงพอใจหรือไม่ ตั้งแต่ขนาด น้ำหนัก และความคงทนของผลิตภัณฑ์ ไปจนถึงอายุการใช้งาน ราคา และการแข่งขัน ล้วนมีผลต่อความสามารถในการอยู่รอดของผลิตภัณฑ์ ต้องสามารถผลิต จัดส่ง ได้อย่างประหยัด คำนึงถึงต้นทุน ราคา ในการนำออกสู่ตลาดที่เหมาะสม

2. ความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ นักออกแบบต้องวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ เพื่อตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์ที่เสนอนั้นเป็นที่ต้องการ และคุ้มค่าหรือไม่ หากผลิตภัณฑ์นั้นเป็นนวัตกรรมใหม่ ความต้องการอาจยังไม่เกิดขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคไม่ทราบถึงความเป็นไปได้ อย่างไรก็ตาม หากผลิตภัณฑ์ได้รับการออกแบบมาอย่างรอบคอบ ความต้องการก็จะตามมา การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยการวิจัยที่เน้นเฉพาะ เช่น การทดสอบแนวคิด การทดสอบการใช้งาน และการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ การปรับเปลี่ยนเฉพาะเจาะจงจะทำให้ผลิตภัณฑ์น่าดึงดูดใจมากขึ้นหรือไม่

3. ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นแนวทางที่มีโครงสร้างสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีความสำคัญต่อการสร้างผลิตภัณฑ์ที่ประสบความสำเร็จและผลิตได้ ต่อไปนี้คือรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน

3.1 ขั้นการสร้างแนวคิด ขั้นตอนการสร้างแนวคิดเป็นขั้นตอนของการสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ ๆ สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ ขั้นตอนนี้มีความสำคัญต่อการสำรวจความเป็นไปได้และระบุรูปแบบใหม่ ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด ประกอบด้วย การระดมความคิดเพื่อจุดประกายความคิดสร้างสรรค์ การประชุมเพื่อสร้างแนวคิดที่แตกต่างกัน การร่างแนวคิดผลิตภัณฑ์เบื้องต้น การรวบรวมข้อคิดเห็นเบื้องต้นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และรูปแบบที่มีศักยภาพที่ตอบสนองความต้องการของตลาด

3.2 ขั้นการพัฒนาแนวคิด ในขั้นตอนการพัฒนาแนวคิด จะปรับปรุงแนวคิดที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างแนวคิดให้กลายเป็นแนวคิดผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้จริง ขั้นตอนนี้จะช่วยให้แน่ใจว่าแนวคิดมีความเป็นไปได้ และสอดคล้องกับวิสัยทัศน์ผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย การสร้างภาพร่างโดยละเอียดแบบจำลอง 3 มิติ และ 2 มิติ การกำหนดขนาดสัดส่วนรูปแบบ การทดสอบแนวคิด รวบรวมข้อคิดเห็นเพื่อสรุปและปรับปรุงการออกแบบ

3.3 การสร้างต้นแบบและการทดสอบ ขั้นตอนการสร้างต้นแบบเกี่ยวข้องกับทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อสรุปปรับเปลี่ยนก่อนการผลิตขั้นสุดท้าย ประกอบด้วย สร้างต้นแบบทางกายภาพ ดำเนินการทดสอบการใช้งานจริง รวบรวมความคิดเห็นสำหรับการปรับปรุงต้นแบบ ทดสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำอีกครั้ง

3.4 การออกแบบการผลิตและวิศวกรรม ขั้นตอนการผลิต เป็นการวางแผนเพื่อให้การผลิตนั้นมีประสิทธิภาพ และออกสู่ตลาดได้สำเร็จ ประกอบด้วย กำหนดกระบวนการผลิต มาตรการควบคุมคุณภาพดำเนินการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายโดยขั้นวิศวกรรม เป็นการออกแบบเพื่อการผลิตที่มุ่งเน้นไปที่การรับรองว่าการออกแบบนั้นใช้งานได้จริง และสามารถผลิตได้ในปริมาณมาก ประกอบด้วย การเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ดี นักออกแบบอุตสาหกรรมสามารถนำเสนอการคิดเชิงออกแบบความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ ด้วยการเน้นที่ความต้องการของผู้บริโภค และแก้ไขปัญหาทั่วไปด้วยการสร้างสรรค์ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ให้ดีขึ้น โดยกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสินค้าหรือผลิตภัณฑ์จึงมีขั้นตอน ประกอบด้วย [11]

1. ขั้นตอนการพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ (Product Concept) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น การค้นคว้าวิจัย แนวคิดจากสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ พัฒนาจากผลิตภัณฑ์อื่นๆ ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของลูกค้า ข้อเสนอแนะหรือข้อวิจารณ์จากบุคคลหลายระดับในโรงงาน และความคิดเห็นจากร้านค้าทั่วไป

2. ขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) ซึ่งกระบวนการออกแบบในขั้นนี้เป็นการกลั่นกรองข้อมูลต่างๆ ก่อนที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจในการออกแบบต่อไปและสิ่งเหล่านั้น ได้แก่ ศักยภาพของตลาดและความสามารถในการผลิต การประเมินด้านงบประมาณ จุดมุ่งหมายและนโยบายของบริษัทถ้าข้อมูลต่างๆ เหล่านี้มีคำตอบอย่างชัดเจนและอย่างพอใจแล้ว นักออกแบบก็สามารถดำเนินการต่อไปได้

3. ขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design) ซึ่งนักออกแบบพยายามสร้างรูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ให้ดีที่สุด และสอดคล้องกับความต้องการมากที่สุด กระบวนการออกแบบในขั้นนี้อาจต้องเกี่ยวข้องกับคนอื่นๆ ในบริษัทด้วย อันจะนำไปสู่การเกิดปัญหาต่อไป ดังนั้น การทำงานเป็นคณะและการประสานงาน ตลอดจนการสื่อสารเป็นสิ่งสำคัญ

4. ขั้นตอนการสร้างต้นแบบ (Prototype Build) ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องคำนึงถึงธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ ถ้าผลิตภัณฑ์นั้นสามารถจับต้องได้หรือมีโครงร่าง เราก็สามารถสร้างรูปจำลองเพื่อเหตุผลทางการตลาดและการปฏิบัติทางการผลิต ตัวอย่างเช่น การสร้างแบบ (Model) ใช้สำหรับการสร้างอาคาร เป็นต้น ดังนั้น ในการสร้างต้นแบบจะต้องพิจารณาถึงรายละเอียดของรูปแบบการ เช่น วัสดุ ขนาด รูปร่าง สัดส่วน เป็นต้น

5. ขั้นตอนการทดสอบและทดลอง (Test and Trails) ซึ่งเป็นขั้นตอนเพื่อนำผลข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ ก่อนที่จะตัดสินใจครั้งสุดท้าย ดังนั้น การทดสอบและการทดลองจะคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้

5.1 การตลาด (Marketing) เพื่อตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นว่า ตลาดมีความต้องการในแง่ของขนาด รูปร่าง ชนิด หรือใคร ที่ไหน เมื่อไหร่ บริษัทต่างๆ พยายามสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์จำนวนมาก ก็เพื่อทดสอบความต้องการทางการตลาดด้วย

5.2 ด้านเทคนิค (Technical) ต้นแบบต้องมีการทดสอบ เพื่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ในสภาพปัจจุบันมีสิทธิ์เลือกซื้อและใช้ผลิตภัณฑ์ ถ้าผลิตภัณฑ์นั้นมีข้อบกพร่อง ลูกค้าย่อมมีอำนาจในการต่อรอง หรือปฏิเสธการซื้อต่อไปด้วย

6. ขั้นตอนการวิเคราะห์และศึกษาความเป็นไปได้ครั้งสุดท้าย (Analysis and final feasibility Study) ผลและข้อมูลต่างๆ ในขั้นตอนนี้ก่อนหน้า นำมาวิเคราะห์และประเมินผลสรุป ข้อมูลทางการตลาดจะเป็นตัวบ่งชี้คุณค่าของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์หรือไม่ ในแง่ของการจำหน่าย และอาจมีการแก้ไขผลิตภัณฑ์ในแง่ของลักษณะรูปร่างหรือออกแบบใหม่ การประเมินทางด้านเทคนิคอาจมีผลในการยกเลิกโครงการ หรือในการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้ามีความต้องการให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใหม่ การเริ่มต้นในขั้นนี้ จึงมีความจำเป็นอีกครั้งเพื่อให้มั่นใจว่า มีการปรับปรุงแก้ไขแบบตามที่ตลาดต้องการและมีความสมบูรณ์ตามหลักวิชาการด้วย

7. ขั้นตอนของการออกแบบครั้งสุดท้าย (Final Product Design) กิจกรรมของการออกแบบครั้งสุดท้าย จะเกี่ยวข้องกับการระบุคุณสมบัติในรายละเอียดของผลิตภัณฑ์จะผลิตออกมาได้อย่างไร หรือสิ่งที่ต้องใช้มีอะไรบ้าง เราอาจคิดว่ากระบวนการออกแบบสิ้นสุดลงแค่นี้ แต่การผลิตก็เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของกระบวนการด้วย ถึงแม้ว่าการวางแผนและการเตรียมการ ได้กระทำอย่างรอบคอบแล้วก็ตาม แต่ยังมีปัญหาแฝงอยู่ในขั้นตอนการออกแบบครั้งสุดท้าย ดังนั้นการออกแบบควรเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับคนหลายฝ่ายเข้าร่วมกันด้วย และการออกแบบจึงควรเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตด้วยเช่นกัน

8. ขั้นตอนการผลิตและจำหน่าย (Product And Supply) เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน ทั้งในด้านการออกแบบและการผลิต เพื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะออกมา ซึ่งเราอาจกล่าวได้ว่า กระบวนการออกแบบทุกขั้นตอนนี้จะใช้กับผลิตภัณฑ์ใหม่ บางครั้งผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เดิมก็ได้ในลักษณะนี้ ขั้นตอนบางขั้นตอนของกระบวนการอาจข้ามไปได้ ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่ขั้นตอนทั้งหมดในเงื่อนไขดังกล่าวแล้วก็ตาม แต่ก็ครอบคลุมในกระบวนการออกแบบเช่นกัน

ทั้งนี้ การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ดี ย่อมอาศัยความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์นับเป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอนินทรีย์ อันนำไปสู่การคิดค้นสิ่งแปลกใหม่ โดยการคิดดัดแปลง ปรับปรุง จากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมถึงการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งต่างๆ ตลอดจนวิธีการคิดทฤษฎีหลักการได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ไม่ใช่เพียงแค่คิดในสิ่งที่เป็นไปได้ หรือสิ่งที่เห็นเหตุเป็นผลเพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากแต่ความคิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่ก่อให้เกิดความแปลกใหม่ แต่ต้องควบคู่กันไปกับความพยายามที่จะสร้างความคิดค้นหรือจินตนาการให้เป็นไปได้ หรือที่เรียกว่า จินตนาการประยุกต์ นั่นเอง เช่น บรรดานักประดิษฐ์ทั้งหลาย นิวตัน เห็นผลแอปเปิ้ลหล่น ก็คิดเรื่องแรงโน้มถ่วงขึ้นมาได้ เจมส์ วัตต์ เห็นไอน้ำทำให้หมอกาเผยก็ทำให้เกิดเครื่องจักรไอน้ำได้สำเร็จ เป็นต้น [11]

โดยลักษณะกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง วิธีการคิด กระบวนการทำงานของสมองอย่างมีขั้นตอน ตลอดจนคิดแก้ปัญหาได้สำเร็จ ซึ่งเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือเรียกว่า กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (creative problem solving) มีหลายแนวคิด (Torrance, 1962) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การค้นพบความจริง (fact finding) เป็นการพิจารณาหาคำตอบอันเกิดจากความสับสนวุ่นวายภายในใจ
2. การค้นพบปัญหา (problem finding) รู้ว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหรือมองเห็นปัญหา
3. การหาสมมติ (idea finding) รวบรวมความคิดและตั้งสมมติฐานขึ้น
4. การค้นพบคำตอบ (solution finding) การค้นพบคำตอบโดยทดสอบสมมติฐาน
5. การยอมรับจากการค้นพบ (acceptance finding) การยอมรับคำตอบจากการพิสูจน์เพื่อแก้ไขปัญห

กิจกรรมสร้างสรรค์ด้วยเทคนิคซินเนกติกส์ (Synectics) เป็นเทคนิคการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ได้เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1950 โดยศาสตราจารย์ William J. J. Gordon จากมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และทฤษฎีของ Osborn โดยการบันทึกความคิดเห็นของบุคคลในที่วิจัยของเขา และพบว่าการนำเสนอปัญหาจะมีจุดกำหนดที่คล้ายๆ กัน ซึ่งมีอยู่ในทุกแห่งหนของการดำรงชีวิต Gordon (1972) ได้เริ่มงานวิจัยและรวบรวมกระบวนการซึ่งเป็นเทคนิคที่เรียกว่า ซินเนกติกส์ (Synectics) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาการระดมความคิดเป็นกลุ่มเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาโดยเริ่มจากข้อมูลพื้นฐาน จากนั้นพยายามแก้ปัญหาแต่ละจุดไปจนกระทั่งถึงจุดสำคัญของปัญหา และสุดท้ายคือค้นหาเหตุผลเพื่อเปรียบเทียบ

Synectics มาจากภาษากรีก ซึ่งหมายถึง การรวมกันระหว่างความแตกต่างและความขัดแย้งกันอย่างเห็นได้ชัดขององค์ประกอบ 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 คือ การพยายามทำความเข้าใจความแตกต่างที่คล้ายคลึงให้มีความสอดคล้องกัน (make the familiar strange) โดยการตั้งวิธีการแก้ปัญหาเพื่อสร้างแนวความคิดสร้างสรรค์

ขั้นที่ 2 คือ การทำความเข้าใจความแตกต่างที่แตกต่าง (make the strange familiar) เพื่อค้นหามุมมองใหม่ในการมองปัญหา [11]

วิธีคิดอุปมาอุปไมย (analogy) เป็นการเปรียบเทียบปัญหากับประเด็นอื่นๆ สามารถแบ่งได้ 4 ลักษณะ [11] ดังนี้

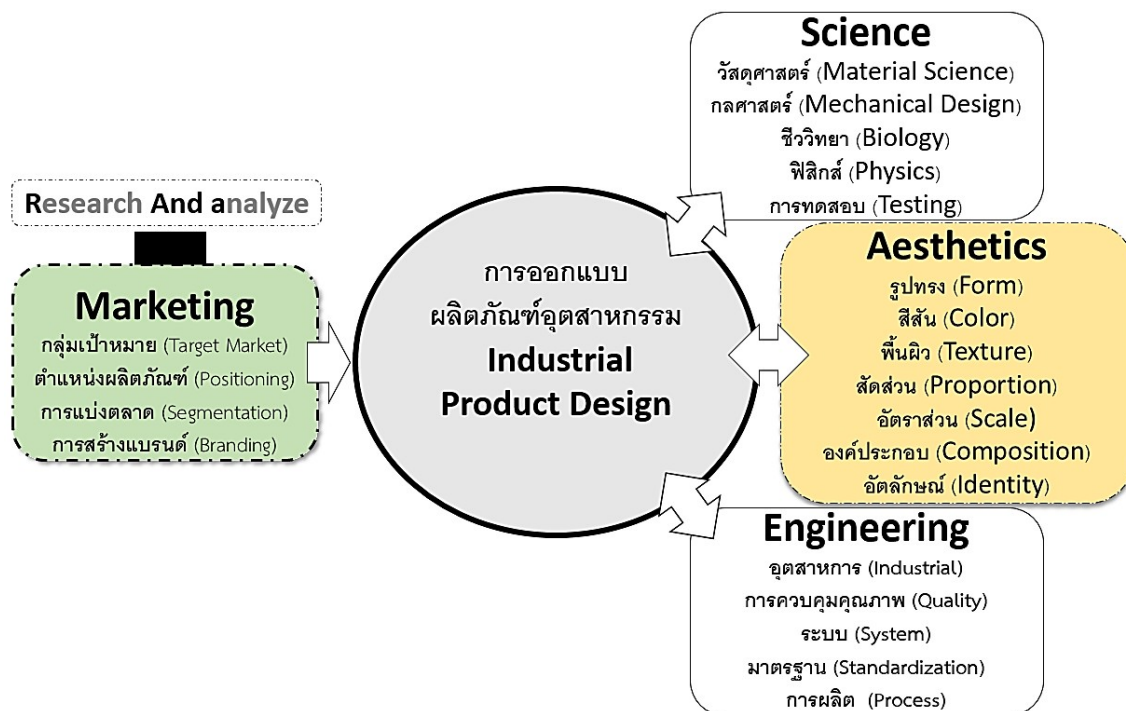
1. การอุปมาอุปไมยตรง (direct analogy) เป็นการนำวิธีการที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาซึ่งมีลักษณะตรงกัน

2. การอุปมาอุปไมยตามความรู้สึกส่วนตัว (personal analogy) เป็นวิธีการนำตัวเองเข้าไปเปรียบเทียบ โดยสมมติตนว่าเป็นสิ่งนั้นว่าจะให้ความรู้สึกอย่างไร

3. การอุปมาอุปไมยเชิงสัญลักษณ์ (symbolic analogy) เป็นการนำสิ่งที่เป็นนามธรรมมาใช้เปรียบเทียบ

4. การอุปมาอุปไมยเพื่อฝัน (fantasy analogy) เป็นการนำจินตนาการ ความอยาก ความคิดเพื่อฝันมาใช้สมมติเปรียบเทียบในงานออกแบบ

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้เขียนได้สรุป และสังเคราะห์ออกมาเป็นกรอบแนวคิดกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ดังนี้



ภาพที่ 7 แนวคิดกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บทสรุป

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เป็นกิจกรรมปฏิบัติการทางวิชาชีพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นโดยมีลักษณะของรูปแบบ ที่นำไปสู่ประโยชน์ และการใช้งาน ด้วยกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกในด้านต่าง ๆ เทคโนโลยีมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก็เช่นเดียวกัน ที่นำเอาปัจจัยทางด้านสังคมเข้ามามีส่วนร่วมในการกำหนดผลิตภัณฑ์ จึงทำให้เกิดเป็นการทำงานร่วมกัน ถึงแม้ว่าตอนแรกจะอยู่ภายใต้ศาสตร์การสร้างสรรค์ทางศิลปะ ต้องอาศัยหลักการแขนงอื่นเป็นองค์ประกอบช่วย เช่น วิศวกรรมศาสตร์ (engineering) การตลาด (marketing) สุนทรียศาสตร์ (aesthetics) วิทยาศาสตร์ (science) เป็นต้น เพื่อให้มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง ต่อมาได้มีการรวบรวม พัฒนานำไปใช้ และเผยแพร่ เพื่อให้เข้ากับการดำรงชีพตามความต้องการ ด้านการใช้สอย ความงามและความต้องการพิเศษเฉพาะเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน เป็นหลักการและแนวคิดเบื้องต้น สำหรับการออกแบบและการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้

เพื่อความเหมาะสมกับยุคสมัย ซึ่งในการการออกแบบเชิงอุตสาหกรรม (อังกฤษ: industrial design) จึงเป็นกระบวนการออกแบบที่ประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตผ่านเทคนิคการผลิตจำนวนมาก มีลักษณะสำคัญคือ การออกแบบนั้นแยกออกจากการผลิต หมายถึง การออกแบบเป็นกิจกรรมเชิงสร้างสรรค์ในการกำหนดรูปแบบและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ที่เกิดขึ้นก่อนหน้ากิจกรรมเชิงกายภาพของการผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นไปในลักษณะการทำซ้ำอย่างแท้จริง และบ่อยครั้งเป็นการผลิตแบบอัตโนมัติ ทั้งนี้ธรรมชาติของกระบวนการออกแบบอุตสาหกรรมอาจมีหลายแนวทางคือ สามารถดำเนินการได้โดยตัวบุคคลหรือโดยทีมงานขนาดใหญ่ สามารถเน้นความคิดสร้างสรรค์เชิงการหยั่งรู้ หรือ เน้นผลการตัดสินใจที่เกิดจากการคำนวณทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งบ่อยครั้งมักจะเน้นทั้งสองแนวทางในเวลาเดียวกัน และสามารถรับอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ เช่น วัสดุศาสตร์ กระบวนการผลิต กลยุทธ์ทางธุรกิจ และ ทักษะทางสังคมการค้าหรือสุนทรียภาพที่แพร่หลายในขณะนั้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ภัทรพล สุวรรณโณ และโอภาส สุขหวาน. (2561). การวิจัยออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยแนวคิดการออกแบบเพื่อมวลชน: ชุมชนบ้านทุ่งลาดหญ้า อำเภอเมืองจังหวัดกาญจนบุรี. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 12(2), 58-70.
- [2] สุชาติ อิมสำราญ, พรเทพ เลิศเทวศิริ และอินทิรา พรหมพันธุ์. (2564). การออกแบบผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากอัตลักษณ์ศิลปะพื้นบ้านสำหรับนักท่องเที่ยว. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล., 33(23), 115–129.
- [3] Corner 43 Décor (2568). เฟอร์นิเจอร์หวายกรุงเทพ. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2568, จาก <https://www.corner43.com/th/rattan-furniture-store-bangkok-like-no-other-meet-corner-43-decor/>
- [4] Depositphotos.com (2568). เครื่องใช้ในบ้าน. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2568, จาก <https://depositphotos.com/th/photos/B2.html?qview=191060780>
- [5] ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ. (2558). การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองกับความต้องการของลูกค้า. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 10(1), 55-65.
- [6] รูปนัท แก้วปาน, สราวุธ อิศรานวัฒน์ และจริยา แผลงนอก. (2563). หลักการและแนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 22(2), NA.
- [7] อุดมศักดิ์ สาริบุตร. (2549). เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์.
- [8] Buzzfeed.com, (2025). Innovative Products That Are Next-Level Genius, Retrieved February 17, 2025, From <https://www.buzzfeed.com/kaylasuazo/innovative-products-that-are-next-level-genius>
- [9] Thaihometown.com (2025). ความรู้เรื่องการเครื่องใช้ไฟฟ้าหลักของบ้าน ใช้อย่างถูกต้องประหยัดและคุ้มค่า. Retrieved February 17, 2025, From <https://www.thaihometown.com/knowledge/4231/>
- [10] kapok.com. (2025). รถยนต์มอเตอร์ไซค์. Retrieved February 17, 2025, From <https://car.kapook.com/view278827.html>
- [11] นิรัช สุดสังข์. (2548). ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

แนวทางการแก้ไขปัญหที่เหมาะสมในการลดของเสียในกระบวนการผลิตแผ่นวงจรในผลิตภัณฑ์ ไฟเลี้ยวรถยนต์โดยใช้แผนภูมิพาเรโตและแผนภาพสาเหตุและผล

A Suitable Solution Approach to Reduce Waste in the Manufacturing Process of Automotive Turn Signal Products Using Pareto Chart and Cause-and-Effect Diagram

ปราณี หวานเงิน¹ สุภาวิดา ทิพย์ไชย¹ ประภาวรรณ แพงศรี¹ อานันท์ บุตรรัตน์^{1*} ภัทราภรณ์ เหนือศรี¹
ชุติกัญจน์ สุพัตเวช¹ ธิศพร ตรีสุวรรณ¹

Pranee Wanngoen¹ Supawida Thippachai¹ Prapawan Pangsi¹ Anan Butrat^{1*}

Pattaraporn Nueasri¹ Chutikarn Suppatvech¹ Rissaphop Treesuwan¹

¹หลักสูตรวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม,

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, ปทุมธานี, 13180, ประเทศไทย

¹Industrial Management Engineering Program, Faculty of Industrial Technology,

Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Phathumthani, 13180, Thailand

*Corresponding author E-mail: anan.but@vru.ac.th

รับบทความ (Received) : January 10, 2025 /ปรับปรุง (Revised) : May 30, 2025 /ตอบรับบทความ (Accepted) : June 16, 2025

บทคัดย่อ

ในอุตสาหกรรมการผลิต ความสูญเสียหรือข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ต้นทุน และความพึงพอใจของลูกค้า การระบุปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้สามารถวางแผน แก้ไขและปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยวรถยนต์ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมยานยนต์ ด้วยการใช้เครื่องมือการวิเคราะห์พาเรโต (Pareto Analysis) เพื่อระบุประเภทของ ข้อบกพร่องที่มีผลกระทบสูงสุด และผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ในการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักที่นำไปสู่ปัญหา ผลการศึกษา พบว่าการวิเคราะห์พาเรโตสามารถระบุข้อบกพร่องที่สำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน เช่น ความผิดพลาดใน กระบวนการเชื่อมต่องจรหรือการเคลือบผิว การใช้ผังก้างปลาช่วยระบุสาเหตุที่เกี่ยวข้อง เช่น คุณภาพวัตถุดิบ เครื่องจักรที่ชำรุด และข้อจำกัดด้านทักษะของแรงงาน จากการวิเคราะห์นี้ งานวิจัยได้เสนอแนวทางแก้ไขปัญหที่เหมาะสม เช่น การปรับปรุง กระบวนการตรวจสอบวัตถุดิบ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักร และการฝึกอบรมแรงงาน การวิจัยนี้มีความสำคัญต่อ การเพิ่มคุณภาพ ลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต และลดต้นทุน รวมถึงสร้างแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน อุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้ โดยการใช้เครื่องมือที่เป็นมาตรฐานสากล งานวิจัยนี้ไม่เพียงช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันใน อุตสาหกรรมยานยนต์ แต่ยังสร้างคุณค่าให้แก่ระบบการผลิตโดยรวม

คำสำคัญ : ของเสียในกระบวนการผลิต, การวิเคราะห์พาเรโต, ผังก้างปลา, แผ่นวงจรไฟเลี้ยวรถยนต์, การปรับปรุงคุณภาพ

Abstract

In the manufacturing industry, losses or defects in production processes directly affect product quality, costs, and customer satisfaction. Identifying problems and analyzing root causes are crucial steps that enable effective planning and improvement. This research focuses on analyzing and solving issues in the production line of automotive turn signal circuit boards, which are essential components in the automotive industry. Pareto Analysis was employed to identify the most impactful defects, and the Fishbone Diagram was used to analyze the root causes leading to these problems. The study revealed that Pareto Analysis effectively pinpointed the most critical defects in the production process, such as circuit connection errors or surface coating issues. The Fishbone Diagram further identified related causes, including raw material quality, faulty machinery, and limitations in workforce skills. Based on this analysis, the research proposed appropriate solutions, such as improving raw material inspection processes, implementing preventive maintenance for machinery, and providing worker training programs. This research is significant in enhancing quality, reducing production losses, and minimizing costs. It also establishes guidelines that can be applied to other industries. By using internationally recognized tools, this study not only contributes to improving competitiveness in the automotive industry but also adds value to the overall.

Keywords : Production Defects, Pareto Analysis, Fishbone Diagram, Automotive Turn Signal Circuit Board, Quality Improvement

บทนำ

ในกระบวนการผลิตสินค้าอุตสาหกรรม ความสูญเสียหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในสายการผลิตถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ต้นทุนการผลิต และความพึงพอใจของลูกค้า ดังนั้น การระบุปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้สามารถวางแผนทางในการปรับปรุงและลดปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเลือกปัญหาที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขจึงควรพิจารณาจากลำดับความสำคัญและผลกระทบ ซึ่งสามารถประเมินได้โดยใช้ การวิเคราะห์พาเรโต (Pareto Analysis) เพื่อระบุปัญหาที่มีผลกระทบสูงสุด และ ผังก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือแผนผังสาเหตุและผลลัพธ์ เพื่อวิเคราะห์และระบุสาเหตุหลักที่นำไปสู่การเกิดข้อบกพร่อง [1][2] ในงานวิจัยนี้ ได้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยงสำหรับรถยนต์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยจากการตรวจสอบพบว่าข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตมีผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพและต้นทุนของผลิตภัณฑ์ การเลือกปัญหาโดยใช้หลักการวิเคราะห์พาเรโตช่วยให้สามารถระบุประเภทของข้อบกพร่องที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุด และการใช้ผังก้างปลาช่วยให้สามารถวิเคราะห์เชิงลึกถึงปัจจัยที่เป็นต้นเหตุของปัญหา อันนำไปสู่การกำหนดแนวทางแก้ไขที่สอดคล้องและเหมาะสมกับลักษณะของปัญหา [2][3] งานวิจัยนี้มีความสำคัญในการนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยงรถยนต์อย่างเป็นระบบ โดยใช้เครื่องมือที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล เช่น การวิเคราะห์พาเรโตและผังก้างปลา ซึ่งช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ได้จริง นอกจากนี้ งานวิจัยยังช่วยลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพ และเสริมสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันให้กับผู้ผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อใช้การวิเคราะห์พาเรโตเพื่อระบุปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตสูงสุดในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยงรถยนต์
- 1.2 เพื่อใช้ผังก้างปลาในการวิเคราะห์สาเหตุเชิงลึกของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น
- 1.3 เพื่อนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมและสามารถนำไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริง เพื่อลดข้อบกพร่องและเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตไฟเลี้ยงรถยนต์

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (7 QC Tools) เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพของกระบวนการผลิต โดยช่วยในการศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา คัดเลือกหรือจัดลำดับความสำคัญของปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบัน การค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริง เพื่อให้สามารถแก้ไขได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งติดตามผลอย่างต่อเนื่องและช่วยในการจัดทำมาตรฐาน เครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพมี 7 ชนิด ได้แก่ ใบตรวจสอบที่ใช้สำหรับกรอกรายละเอียดข้อมูลเพื่อติดตามผลการดำเนินงาน, กราฟที่ช่วยนำเสนอข้อมูลให้เข้าใจง่าย, ฮิสโตแกรมที่ใช้เปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลกับข้อกำหนดเฉพาะ, แผนภูมิพาเรโตที่แสดงสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง, แผนภาพก้างปลาที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุ, แผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด, และแผนภูมิควบคุมที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตและติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิต [4] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เช่น งานวิจัยของธนภุช ชุ่มแข่ง (2557) ที่ใช้เครื่องมือ QC ในการลดของเสียจากกระบวนการฉีดพลาสติก โดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย และงานวิจัยของจักรินทร์ & วรากร (2564) ที่ใช้แผนภูมิพาเรโตในการปรับปรุงคุณภาพการผลิตของชิ้นส่วนยานยนต์ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลและระบุสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต [6]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพในการลดจำนวนของเสีย ได้แก่ ศุภวัชร และจิรวัดน์ (2559) ที่ศึกษาแนวทางการลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโลหะสำหรับผลิตภัณฑ์ขีดยึดเหล็กได้ครอบ โดยการใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด ซึ่งทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตและวัสดุการผลิตเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตขีดยึดหลักได้จากร้อยละ 0.66 เหลือร้อยละ 0.2 [4] และธนภุช ชุ่มแข่ง (2557) ได้ใช้เครื่องมือในการลดของเสียประเภทจุดตำในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยใช้เครื่องมือ 7 QC Tools และหลักการต่าง ๆ ซึ่งพบว่าการใช้เครื่องมือเหล่านี้สามารถลดของเสียได้ถึง 45.49% โดยลดจำนวนของเสียจาก 2,844 ชิ้น เหลือ 1,294 ชิ้น ในช่วง 3 เดือน [5]

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเสนอแนวคิดในการปรับปรุงคุณภาพ เช่น จักรินทร์ และวรากร (2564) ที่เสนอแนวคิดในการใช้แผนภูมิพาเรโตเพื่อช่วยในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาการผลิต โดยการวิเคราะห์สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและเลือกสาเหตุที่ควรปรับปรุงก่อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต [6] และสุนทร และชาญชัย (2565) นำเสนอแนวคิดในการใช้แผนภาพการกระจายและกราฟเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและตัดสินใจในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ในการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการและการควบคุมกระบวนการผลิตตามข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือควบคุมคุณภาพ [7]

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยงสำหรับรถยนต์ โดยเน้นการใช้เครื่องมือที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล เช่น การวิเคราะห์พาเรโต (Pareto Analysis) และผังก้างปลา

(Fishbone Diagram) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถนำไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้:

1. การเก็บข้อมูล (Data Collection)

ในขั้นตอนแรกของการวิจัย จำเป็นต้องเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยง โดยการเก็บข้อมูลจะรวมถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในสายการผลิต ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถเก็บได้จากการบันทึกข้อมูลประจำวันของสายการผลิต หรือจากการสัมภาษณ์กับผู้ปฏิบัติงานที่มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตในส่วนต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและแม่นยำ

ในการศึกษาข้อมูลปริมาณการผลิตและจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยงของบริษัท กรณีศึกษา ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการบันทึกปริมาณการผลิตรายวัน ข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพในแต่ละขั้นตอน และจำนวนชิ้นงานที่ถูกจัดว่าเป็นของเสีย พร้อมทั้งระบุลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภท ข้อมูลดังกล่าวถูกจัดทำเป็นสถิติและนำเสนอในรูปแบบของตารางที่ 1 ซึ่งแสดงปริมาณการผลิตและจำนวนของเสียในช่วงเวลาที่ศึกษา จากการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่าจากปริมาณการผลิตทั้งหมด 45,000 ชิ้น มีจำนวนของเสียเกิดขึ้น 10,793 ชิ้น คิดเป็นร้อยละของเสีย 23.98 ทั้งนี้ รายละเอียดลักษณะของเสียได้ถูกจำแนกเพิ่มเติมและแสดงในตารางที่ 2 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไขปัญหาดังต่อไป

2. การวิเคราะห์พาเรโต (Pareto Analysis)

การใช้การวิเคราะห์พาเรโตจะช่วยระบุปัญหาที่มีผลกระทบสูงสุดในกระบวนการผลิต โดยขั้นตอนในการใช้การวิเคราะห์พาเรโตเริ่มจากการจัดหมวดหมู่ข้อบกพร่องโดยการรวบรวมข้อมูลและจัดกลุ่มตามประเภทของปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการผลิต การตรวจสอบคุณภาพ หรือการใช้เครื่องมือ จากนั้นทำการคำนวณและเรียงลำดับข้อบกพร่องตามความถี่ โดยใช้หลักการ 80/20 เพื่อระบุสาเหตุที่สำคัญที่สุด สุดท้ายจะมีการแสดงผลในรูปกราฟเพื่อให้เห็นถึงข้อบกพร่องที่มีความสำคัญสูงสุดที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

3. การใช้ผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

ผังก้างปลาจะช่วยให้การวิเคราะห์สาเหตุเชิงลึกของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยเริ่มจากการระบุปัญหาหลักที่ต้องการแก้ไข ซึ่งจะอ้างอิงจากผลการวิเคราะห์พาเรโตเพื่อเลือกปัญหาที่มีผลกระทบสูงสุด จากนั้นจะทำการระบุสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย โดยแบ่งประเภทของสาเหตุออกเป็น 6 หมวดหมู่หลัก ได้แก่ คน (People), เครื่องมือ (Machines), วัสดุ (Materials), กระบวนการ (Process), การตรวจสอบ (Measurement), และสภาพแวดล้อม (Environment) ซึ่งช่วยในการระบุและวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตและสามารถหาสาเหตุที่แท้จริงได้อย่างลึกซึ้ง

4. การพัฒนาแนวทางการแก้ไข (Solution Development)

หลังจากได้ข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุของข้อบกพร่องแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือการพัฒนาแนวทางการแก้ไขที่เหมาะสม โดยการกำหนดแนวทางที่เหมาะสมจะพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์พาเรโตและผังก้างปลา ซึ่งอาจรวมถึงการปรับปรุงกระบวนการผลิต การฝึกอบรมพนักงาน หรือการลงทุนในเครื่องจักรใหม่ เพื่อให้สามารถลดข้อบกพร่องและเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตได้ จากนั้นจะทำการทดลองใช้งานแนวทางการแก้ไขในกระบวนการผลิตจริง เพื่อทดสอบความสามารถในการลดข้อบกพร่องและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณการผลิตและจำนวนของเสีย เดือนตุลาคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566

เดือน	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วนของเสีย (ร้อยละ)
ตุลาคม	15,000	2,306	15.37
พฤศจิกายน	15,000	6,868	45.79
ธันวาคม	15,000	1,543	10.29
รวม	45,000	10,717	23.82

ตารางที่ 2 ลักษณะของเสียแต่ละประเภท

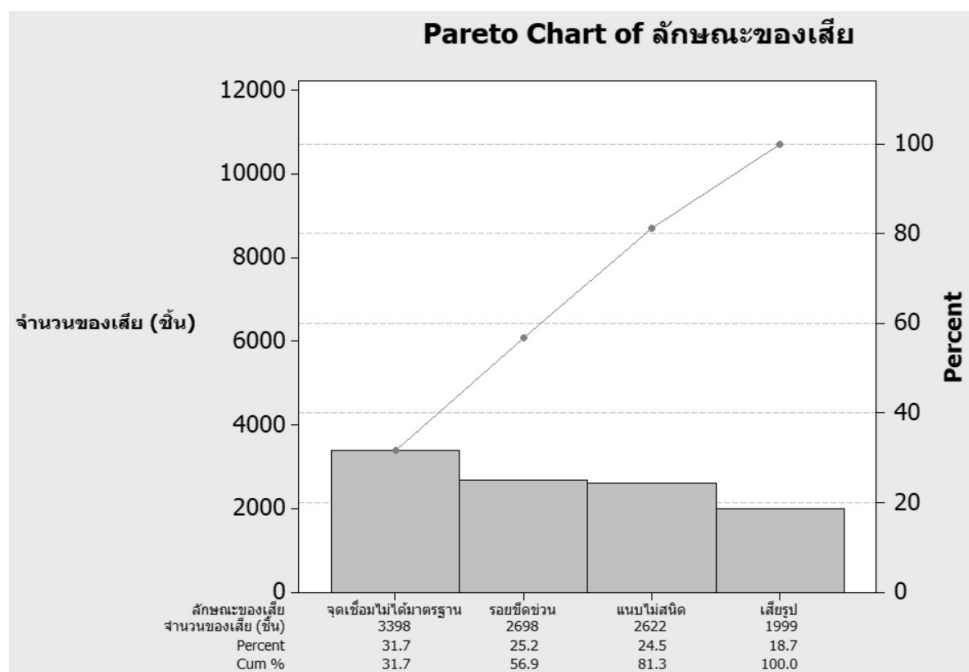
ลักษณะของเสีย	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ร้อยละของเสีย (%)
จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน	3,398	31.71
รอยขีดข่วน	2,698	25.17
แนบไม่สนิท	2,622	24.47
เสียรูป	1,999	18.65
รวม	10,717	100.00

ผลการวิจัย

1. ผลการระบุปัญหาจากการใช้การวิเคราะห์พาเรโต

จากการใช้โปรแกรม Minitab 16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลของเสียตามหลักการของพาเรโต (Pareto Analysis) พบว่า ร้อยละของปัญหาที่ส่งผลกระทบมากที่สุดสามารถช่วยระบุจุดที่ควรแก้ไขได้อย่างชัดเจน โดยในกรณีนี้จะเน้นการแก้ปัญหาที่สามารถครอบคลุมมากกว่า 50% ของปัญหาทั้งหมด เหตุผลในการกำหนดเกณฑ์นี้คือเพื่อให้การแก้ปัญหาเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยลดของเสียในกระบวนการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ และสามารถใช้ทรัพยากรในการปรับปรุงได้อย่างคุ้มค่า

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าปัญหาที่ควรให้ความสำคัญเป็นอันดับแรกคือ จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน และ รอยขีดข่วน ซึ่งรวมกันแล้วคิดเป็น 56.88% ของปัญหาทั้งหมดในกระบวนการผลิต ดังนั้น การแก้ไขปัญหาลักษณะนี้จะช่วยลดของเสียได้มากกว่าครึ่งหนึ่ง



รูปที่ 2 แผนภูมิพาเรโตลักษณะของเสีย

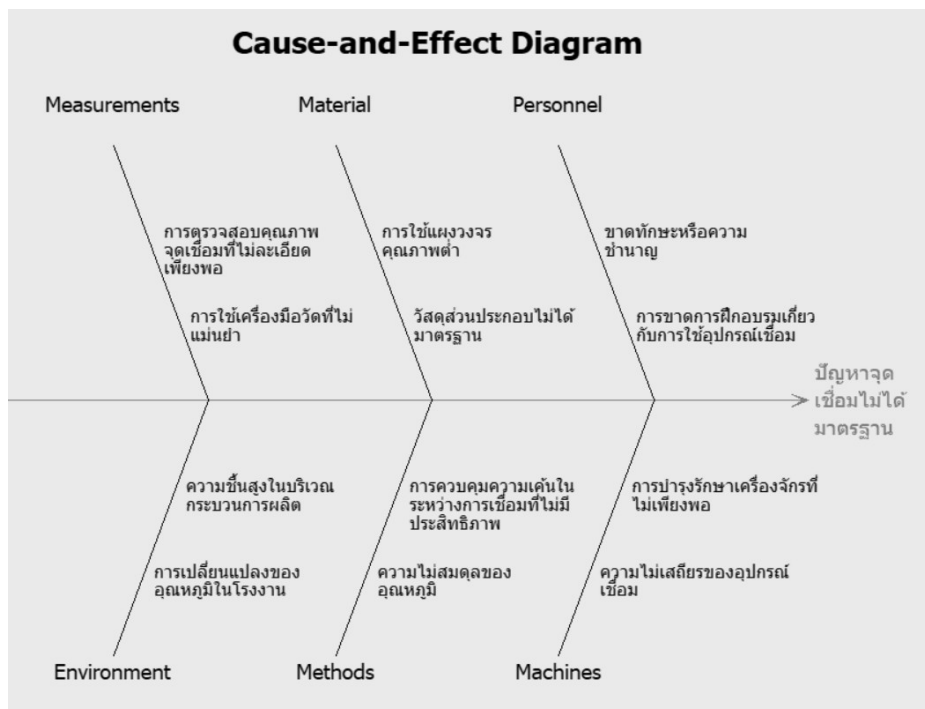
2. ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาจากการใช้แผนภาพสาเหตุและผล

ปัญหาจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐานเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดของเสียมากที่สุดตามกราฟพาเรโต ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 31.71% ของของเสียทั้งหมด จึงถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผลในโปรแกรม Minitab 16 เพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหานี้ จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาเกิดจากหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต โดยหนึ่งในปัจจัยสำคัญคือความไม่เสถียรของอุปกรณ์ ซึ่งทำให้แผงวงจรและส่วนประกอบต่างๆ เกิดการบิดงอระหว่างกระบวนการเชื่อม ส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องหลายประการ เช่น รอยประสานที่ไม่สมบูรณ์และไฟฟ้าลัดวงจร

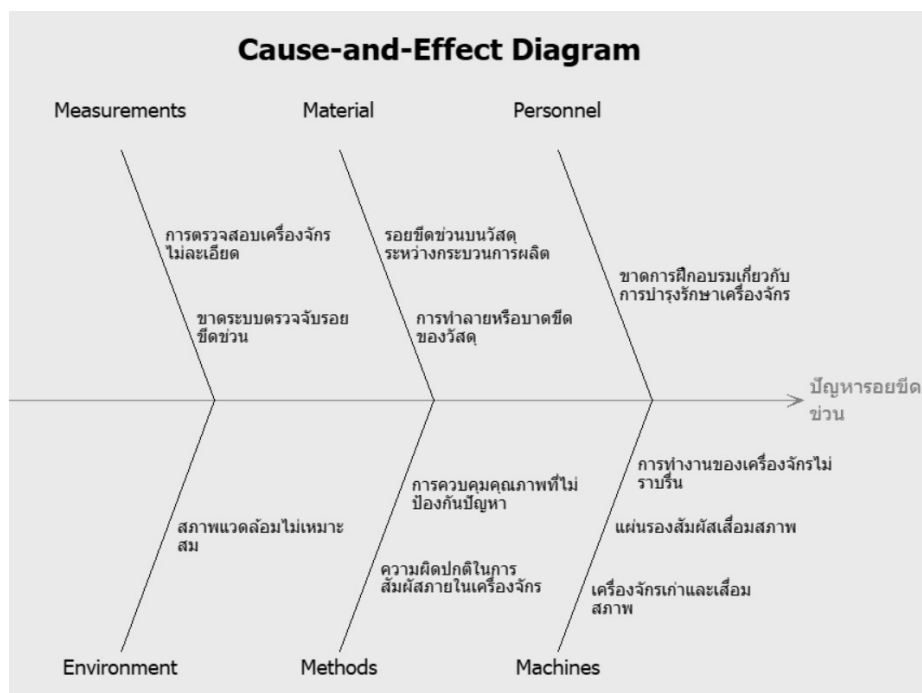
ตามรูปที่ 3 แสดงแผนภาพสาเหตุและผลของปัญหาจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบมาจากหลายด้าน ได้แก่ ด้าน People เช่น การขาดทักษะหรือความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานและการขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์เชื่อม; ด้าน Machines เช่น ความไม่เสถียรของอุปกรณ์เชื่อมและการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ไม่เพียงพอ; ด้าน Materials เช่น การใช้แผงวงจรคุณภาพต่ำและวัสดุส่วนประกอบที่ไม่ได้มาตรฐาน; ด้าน Process เช่น ความไม่สมดุลของอุณหภูมิและการควบคุมความเค้นในระหว่างการเชื่อมที่ไม่มีประสิทธิภาพ; ด้าน Measurement เช่น การตรวจสอบคุณภาพจุดเชื่อมที่ไม่ละเอียดเพียงพอและการใช้เครื่องมือวัดที่ไม่แม่นยำ; และด้าน Environment เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในโรงงานและความชื้นสูงในบริเวณกระบวนการผลิต ปัจจัยเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความซับซ้อนของปัญหาและความจำเป็นในการปรับปรุงในหลายด้านเพื่อแก้ไขปัญหาและลดของเสียในกระบวนการผลิต

นอกจากนี้ปัญหารอยขีดข่วนเป็นปัญหาที่เมื่อรวมกับการแก้ปัญหาคัดเชื่อมไม่ได้มาตรฐานแล้ว จะสามารถแก้ปัญหาของเสียได้มากกว่า 50% ตามกราฟพาเรโต ด้วยเหตุนี้ จึงถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผลใน Minitab 16 ซึ่งพบว่าปัญหานี้เกิดจากเครื่องจักรเก่าที่ทำให้มีปัญหาในส่วนของแผ่นรองสัมผัสภายในเครื่องจักรที่เสื่อมสภาพจากการใช้งานอย่างยาวนาน การเสื่อมสภาพดังกล่าวส่งผลให้การสัมผัสระหว่างชิ้นส่วนภายในเครื่องจักรเกิดความผิดปกติ และก่อให้เกิดรอยขีดข่วนบนวัสดุที่กำลังถูกผลิตหรือเชื่อม นอกจากนี้ การทำงานของเครื่องจักรที่ไม่ราบรื่นยังส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้แผ่นวัสดุในกระบวนการผลิตเกิดการทำลายหรือบิดเบี้ยว ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

ตามรูปที่ 4 ปัญหารอยขีดข่วนถูกวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผลใน Minitab 16 ซึ่งพบว่าสาเหตุหลักของปัญหานี้เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย ได้แก่ ด้าน People พบว่าการขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักรและแผ่นรองสัมผัสที่เสื่อมสภาพส่งผลต่อการเกิดปัญหา ด้าน Machines เครื่องจักรเก่าและเสื่อมสภาพ รวมถึงการทำงานที่ไม่ราบรื่น เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้วัสดุเกิดรอยขีดข่วนระหว่างกระบวนการผลิต ด้าน Materials การเกิดรอยขีดข่วนและการทำลายวัสดุในกระบวนการผลิตส่งผลต่อคุณภาพโดยตรง ด้าน Process ความผิดปกติในการสัมผัสภายในเครื่องจักรและการควบคุมคุณภาพที่ไม่ป้องกันปัญหาเป็นปัจจัยที่เสริมสร้างการเกิดรอยขีดข่วน ด้าน Measurement การตรวจสอบเครื่องจักรที่ไม่ละเอียดและการขาดระบบตรวจจ็บบรอยขีดข่วนทำให้ปัญหาไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเหมาะสม และด้าน Environment สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมมีส่วนเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิต



รูปที่ 3 แผนผังก้างปลาปัญหาจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน



รูปที่ 4 แผนผังก้างปลาปัญหา รอยขีดข่วน

3. การนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหที่เหมาะสม

ปัญหาจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐานเกิดจากหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อทั้งด้าน People, Machines, Materials, Process, Measurement, และ Environment ซึ่งพบว่าในด้าน People ผู้ปฏิบัติงานขาดทักษะและความชำนาญ รวมทั้งขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์เชื่อม ในด้าน Machines อุปกรณ์เชื่อมมีความไม่เสถียรและการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ไม่เพียงพอ ด้าน Materials การใช้วัสดุที่ไม่ได้มาตรฐานและแผงวงจรที่มีคุณภาพต่ำส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเชื่อม ในส่วนของ Process การควบคุมอุณหภูมิและความเค้นในระหว่างการเชื่อมยังไม่มีประสิทธิภาพ ด้าน Measurement เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพจุดเชื่อมไม่แม่นยำ และในด้าน Environment สภาพแวดล้อมในโรงงาน เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสูงก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว การวิเคราะห์สาเหตุในตารางที่ 3 แสดงถึงปัจจัยที่มีผลกระทบเหล่านี้ที่ต้องได้รับการปรับปรุงและแก้ไขเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและลดข้อเสียในกระบวนการเชื่อม

สำหรับปัญหา รอยขีดข่วนในกระบวนการผลิต การวิเคราะห์ในตารางที่ 4 พบว่าปัญหานี้มีสาเหตุจากหลายปัจจัยที่เชื่อมโยงกัน ในด้าน People การขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักรและแผ่นรองสัมผัสที่เสื่อมสภาพส่งผลให้เกิดปัญหา ในส่วนของ Machines เครื่องจักรที่เก่าและเสื่อมสภาพ และการทำงานที่ไม่ราบรื่นเป็นปัจจัยที่ทำให้วัสดุเกิดรอยขีดข่วน ด้าน Materials การใช้วัสดุที่มีความทนทานต่ำและการทำลายวัสดุระหว่างกระบวนการผลิตก็ส่งผลให้เกิดปัญหาดังกล่าว ด้าน Process ความผิดปกติในการสัมผัสภายในเครื่องจักรและการควบคุมคุณภาพที่ไม่ป้องกันปัญหาก็เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดรอยขีดข่วน ในด้าน Measurement การขาดระบบตรวจจบบรอยขีดข่วนและการตรวจสอบเครื่องจักรที่ไม่ละเอียดก็เป็นส่วนหนึ่งของปัญหา และสุดท้ายในด้าน Environment สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดรอยขีดข่วน การแก้ไขปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการและการบำรุงรักษาเครื่องจักร รวมทั้งควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมตามมาตรฐานในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 แนวทางการแก้ไขปัญหาคัดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน

ปัจจัย	ปัญหาที่เกิดขึ้น	มาตรการแนวทางในการแก้ไขปัญหา	ผู้รับผิดชอบ
People	การขาดทักษะและความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน, การขาดการฝึกอบรม	การฝึกอบรมทักษะการใช้อุปกรณ์เชื่อมและการบำรุงรักษาเครื่องจักร	ผู้บริหารฝ่ายบุคคลและผู้จัดการฝึกอบรม
Machines	ความไม่เสถียรของอุปกรณ์เชื่อม, เครื่องจักรเก่าและเสื่อมสภาพ	การบำรุงรักษาเครื่องจักรให้เหมาะสม, การอัปเดตเครื่องจักร	ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร
Materials	การใช้แผงวงจรคุณภาพต่ำและวัสดุส่วนประกอบที่ไม่ได้มาตรฐาน	การตรวจสอบและคัดเลือกวัสดุที่มีคุณภาพสูง, การควบคุมคุณภาพวัสดุ	ฝ่ายจัดซื้อวัสดุและฝ่ายควบคุมคุณภาพ
Process	ความไม่สมดุลของอุณหภูมิและการควบคุมความเค้นที่ไม่เหมาะสม	การควบคุมอุณหภูมิและความเค้นในการเชื่อมอย่างเข้มงวด	ฝ่ายการผลิตและฝ่ายวิศวกรรม
Measurement	การตรวจสอบคุณภาพจุดเชื่อมไม่ละเอียด, เครื่องมือวัดไม่แม่นยำ	การใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง, การตรวจสอบอย่างละเอียด	ฝ่ายควบคุมคุณภาพและวิศวกรเครื่องมือ
Environment	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นในโรงงาน	การควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงงานให้คงที่และเหมาะสม	ฝ่ายสิ่งแวดล้อมและการผลิต

ตารางที่ 4 แนวทางการแก้ไขปัญหารอยขีดข่วน

ปัจจัย	ปัญหาที่เกิดขึ้น	มาตรการแนวทางในการแก้ไขปัญหา	ผู้รับผิดชอบ
People	การขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร, แผ่นรองสัมผัสเสื่อมสภาพ	การฝึกอบรมการบำรุงรักษาเครื่องจักรและการตรวจสอบแผ่นรองสัมผัส	ฝ่ายบุคคลและฝ่ายซ่อมบำรุง
Machines	เครื่องจักรเก่า, เสื่อมสภาพ, การทำงานที่ไม่ราบรื่น	การบำรุงรักษาเครื่องจักร, การอัปเดตเครื่องจักรที่เสื่อมสภาพ	ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร
Materials	การเกิดรอยขีดข่วน, การทำลายวัสดุในกระบวนการผลิต	การเลือกวัสดุที่มีความทนทานสูง, การควบคุมคุณภาพวัสดุ	ฝ่ายจัดซื้อวัสดุและฝ่ายควบคุมคุณภาพ
Process	ความผิดปกติในการสัมผัสภายในเครื่องจักร, การควบคุมคุณภาพไม่ป้องกันปัญหา	การปรับปรุงกระบวนการสัมผัสและการควบคุมคุณภาพให้มีประสิทธิภาพ	ฝ่ายการผลิตและวิศวกรกระบวนการ

Measurement	การตรวจสอบเครื่องจักรไม่ละเอียด, ขาดระบบตรวจจ็บบรอยขีดข่วน	การติดตั้งระบบตรวจจ็บบรอยขีดข่วน, การตรวจสอบเครื่องจักรอย่างละเอียด	ฝ่ายควบคุมคุณภาพและวิศวกรเครื่องมือ
Environment	สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม, เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดรอยขีดข่วน	การควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต	ฝ่ายสิ่งแวดล้อมและการผลิต

4. การเปรียบเทียบจำนวนของเสียก่อนและหลังการนำแนวทางการปรับปรุงไปใช้

การเปรียบเทียบจำนวนของเสียก่อนและหลังการนำแนวทางการปรับปรุงไปใช้แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ดีขึ้นในกระบวนการผลิต หลังจากดำเนินการตามแนวทางที่กำหนดไว้ ได้แก่ การตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการอบรมพนักงานให้มีทักษะและความชำนาญในการใช้งานเครื่องจักร ผลการปรับปรุงดังกล่าวได้รับการวัดผลโดยการเดินเครื่องจักรผลิตและเก็บข้อมูลการผลิตในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม 2567

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2567 โดยแบ่งลักษณะของเสียออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน และ รอยขีดข่วน จากข้อมูลพบว่าจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐานมีจำนวนของเสียทั้งหมด 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 12.31 ของของเสียทั้งหมด ในขณะที่รอยขีดข่วนเป็นลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด โดยมีจำนวน 57 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 87.69 ของของเสียทั้งหมด ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าปัญหารอยขีดข่วนเป็นลักษณะของเสียที่ต้องให้ความสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการผลิตมากที่สุด

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง โดยพิจารณาจากลักษณะของเสียสองประเภทหลัก ได้แก่ จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน และ รอยขีดข่วน พบว่าจำนวนของเสียทั้งสองประเภทลดลงอย่างชัดเจนหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต สำหรับจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน จำนวนของเสียลดลงจาก 3,398 ชิ้นก่อนปรับปรุง เหลือเพียง 8 ชิ้นหลังการปรับปรุง แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาในด้านนี้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนรอยขีดข่วน จำนวนของเสียลดลงจาก 2,698 ชิ้นก่อนปรับปรุง เหลือเพียง 57 ชิ้นหลังการปรับปรุง สะท้อนถึงการปรับปรุงที่ช่วยลดของเสียในกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน รวมจำนวนของเสียทั้งหมดลดลงจาก 6,096 ชิ้นก่อนปรับปรุง เหลือเพียง 65 ชิ้นหลังการปรับปรุง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของมาตรการที่นำมาใช้ในการลดของเสียในกระบวนการผลิต

ตามที่แสดงในตารางที่ 5 ซึ่งพบว่าจำนวนของเสียทั้งจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐานและรอยขีดข่วนลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนการปรับปรุง ตามข้อมูลในตารางที่ 6 ยืนยันถึงความสำเร็จของแนวทางการปรับปรุงที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 5 ลักษณะของเสียแต่ละประเภท เดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2567

ลักษณะของเสีย	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ร้อยละของเสีย
จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน	8	12.31
รอยขีดข่วน	57	87.69

ตารางที่ 6 ผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ลักษณะของเสีย	จำนวนของเสียก่อนปรับปรุง (ชิ้น)	จำนวนของเสียหลังการปรับปรุง (ชิ้น)
จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน	3,398	8
รอยขีดข่วน	2,698	57
รวม	6,096	65

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยวรถยนต์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เช่น การวิเคราะห์พาเรโต (Pareto Analysis) และผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อระบุปัญหาหลักที่มีผลกระทบสูงสุดและค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต จากการวิจัย พบว่าปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบมากที่สุดคือ จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน และ รอยขีดข่วน ซึ่งรวมกันคิดเป็น 56.88% ของข้อบกพร่องทั้งหมด การวิเคราะห์เชิงลึกด้วยผังก้างปลาชี้ให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อข้อบกพร่องเหล่านี้ เช่น ทักษะของผู้ปฏิบัติงาน คุณภาพของวัสดุ และความเสถียรของเครื่องจักร แนวทางการแก้ไขที่เสนอ ได้แก่ การฝึกอบรมพนักงาน ปรับปรุงคุณภาพวัสดุ และการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ ผลลัพธ์จากการทดลองใช้งานแนวทางดังกล่าวในกระบวนการผลิตจริง ชี้ให้เห็นว่าสามารถลดของเสียและเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยวรถยนต์ โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เช่น การวิเคราะห์พาเรโตและผังก้างปลา เพื่อระบุและจัดการปัญหาหลักในกระบวนการผลิต การประยุกต์ใช้แนวทางนี้มีความสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานจากงานของ Juran & Godfrey (1998) และ Ishikawa (1986) ที่เน้นความสำคัญของการระบุปัญหาหลัก (Vital Few) และการหาสาเหตุรากฐาน (Root Cause) อย่างเป็นระบบ ซึ่งแสดงถึงการบูรณาการแนวคิดคลาสสิกเข้าสู่การปฏิบัติจริงในอุตสาหกรรมยานยนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Montgomery (2019) ที่ใช้การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ (Statistical Quality Control) เป็นกรอบหลัก งานวิจัยนี้แตกต่างตรงที่เน้นการวิเคราะห์คุณภาพด้วยเครื่องมือแบบง่ายแต่มีประสิทธิภาพในบริบทของสายการผลิตเฉพาะทาง ซึ่งสามารถนำไปสู่การปรับปรุงได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่แนวทางของ Montgomery เน้นการวิเคราะห์เชิงลึกที่อาศัยข้อมูลเชิงปริมาณ สำหรับงานวิจัยในประเทศ เช่น ศุภวัชร ธีระวัฒน์ และ จีระวัฒน์ ศรีทอง (2559) และ ธนกฤษ ชุ่นเซ่ง (2557) ซึ่งศึกษาในอุตสาหกรรมโลหะและพลาสติกตามลำดับ พบว่ามีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้ในด้านการใช้เครื่องมือพาเรโตและผังก้างปลา แต่แตกต่างในลักษณะของปัญหา ตัวอย่างเช่น งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านทักษะของบุคลากรและความเสถียรของเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับรอยเชื่อมและรอยขีดข่วน ขณะที่งานของศุภวัชรเน้นไปที่ปัญหาคุณภาพวัสดุ และธนกฤษมุ่งเน้นการปรับตั้งค่าเครื่องฉีดพลาสติก ในทำนองเดียวกัน งานของ จักรินทร์ ปราบศัตรู และ วรากร แสนสุข (2564) ที่เน้นการปรับปรุงคุณภาพด้วยแผนภูมิพาเรโตในกระบวนการผลิตสินค้าอุปโภค มีแนวทางที่คล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้ แต่แตกต่างในความซับซ้อนของปัจจัยที่วิเคราะห์ ขณะที่งานวิจัยของ สุนทรี สมิตานนท์ และ ชาญชัย สุทธิวรรณ (2565) แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของแผนภาพการกระจายที่ใช้ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงสถิติของตัวแปรหลายตัวในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยรวมแล้ว งานวิจัยนี้สามารถเพิ่มคุณค่าต่อองค์ความรู้ในวงการด้วยการผสมผสานเครื่องมือวิเคราะห์แบบดั้งเดิมเข้ากับบริบทที่เฉพาะเจาะจงของสายการผลิต และได้แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมในการลด

ข้อบกพร่องและเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม การขยายการศึกษาด้วยการใช้เครื่องมือเชิงสถิติขั้นสูงหรือเทคโนโลยีใหม่ เช่น การวิเคราะห์ด้วย AI หรือ IoT อาจช่วยยกระดับการแก้ไขปัญหาได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในอนาคตสามารถมุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือวิเคราะห์ข้อบกพร่อง เช่น แผนภาพสาเหตุและผล กับเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อพัฒนาเครื่องมือที่สามารถทำนายข้อบกพร่องได้ล่วงหน้า พร้อมทั้งขยายขอบเขตการศึกษาไปยังสายการผลิตในอุตสาหกรรมอื่นเพื่อประเมินความยืดหยุ่นของวิธีการ นอกจากนี้ การพัฒนาระบบอัตโนมัติที่ใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพหรือ IoT รวมถึงการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินผลกระทบของการลดข้อบกพร่องต่อทั้งต้นทุนและความพึงพอใจของลูกค้าจะช่วยสร้างกรอบการวางแผนที่ครบถ้วน สุดท้าย การศึกษาเชิงพฤติกรรมของบุคลากรสามารถช่วยพัฒนาแนวทางส่งเสริมการยอมรับและการปรับตัวที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตใหม่ได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). Juran's Quality Handbook. McGraw-Hill.
- [2] Ishikawa, K. (1986). Guide to Quality Control. Asian Productivity Organization.
- [3] Montgomery, D. C. (2019). Introduction to Statistical Quality Control. Wiley.
- [4] ศุภวัชร ธีระวัฒน์, & จีระวัฒน์ ศรีทอง. (2559). การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโลหะสำหรับผลิตภัณฑ์ขีดยืดเหล็กได้ครอบ. วารสารวิจัยและพัฒนา, 15(2), 123-134.
- [5] ธนภฤช ชื่นเซ่ง. (2557). การลดของเสียจากการฉีดพลาสติกด้วยเครื่องมือ QC. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [6] จักรินทร์ ปรานีศัตรู, & วรากร แสนสุข. (2564). การใช้แผนภูมิพาเรโตในการปรับปรุงคุณภาพการผลิต. วารสารวิจัยการจัดการ, 22(3), 45-58.
- [7] สุนทร สมิตานนท์, & ชานูชัย สุทธิวรรณ. (2565). การใช้แผนภาพการกระจายในการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วารสารการผลิตและวิศวกรรม, 33(1), 76-89.

การศึกษาและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดต้นทุนเชื้อเพลิงสำหรับแปลงปลูกกล้วยไข่ The Studies and Design Solar Power Generation System for Fuel Cost Reduction of Banana Plantations

ภุมรินทร์ ทวิชศรี¹ องอาจ ทับบุรี² กันยารัตน์ เอกเอี่ยม² พีรวัฒน์ อาทิตยตั้ง² วีระพงศ์ ทองสา² และ ศิลปชัย กลิ่นไกล²
Phummarin Thavitchasri¹, Aongarj Tubburi², Kanyarat Eakeiam², Peerawat Artittung², Weerapong Thongsa² and
Silapachai Klinklai²

^{1,2}สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์,
ปทุมธานี, 13180, ประเทศไทย

^{1,2}Department of Industrial Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat
University under The Royal Patronage, Phathumthani, 13180, Thailand

*Corresponding Author E-mail: phummarin@vru.ac.th

รับบทความ (Received) : January 17, 2025 /ปรับปรุง (Revised) : May 30, 2025 /ตอบรับบทความ (Accepted) : June 23, 2025

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เสนอการศึกษาและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับสำหรับแปลงปลูกกล้วยไข่ ในพื้นที่ตำบลคลองไก่อี้น อำเภอลองหาด จังหวัดสระแก้ว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ไปใช้เป็นพลังงานหลักจ่ายให้ปั๊มน้ำที่ใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ แทนการใช้เครื่องยนต์ที่ใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อลดต้นทุนจากการส่งจ่ายน้ำเข้าสู่แปลงปลูกกล้วยไข่ และสามารถนำความรู้จากเทคโนโลยีนี้ไปให้เกษตรกรในพื้นที่ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาไปใช้กับระบบอื่น ๆ ที่สามารถใช้พลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ได้ โดยระบบการทำงานของการทำงานจ่ายน้ำเข้าสู่พื้นที่ในแปลงปลูกกล้วยไข่ ใช้การควบคุมการทำงานของปั๊ม รับค่าความชื้นในดินเพื่อสั่งให้ปั๊มทำงาน โดยจากผลการทดสอบการทำงาน พบว่า ช่วงค่าความชื้นที่เหมาะสม ที่ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากที่สุด มีค่าความชื้นในดินระหว่างร้อยละ 65 - 90 โดยสามารถลดปริมาณการใช้น้ำรวมทั้งสิ้น 640 ลิตร ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 80 ลิตรและมีค่าน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเฉลี่ย 2,400 บาทต่อเดือน

คำสำคัญ : ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, ระบบควบคุมความชื้น, กล้วยไข่

Abstract

This research presents a study and design of a solar power generation system for reducing fuel costs on banana plantations in Khlong Kai Thuen Subdistrict, Khlong Hat District, Sa Kaeo Province. The objective is to study and design a solar power generation system. It is used as the main energy to reduce the cost of water distribution systems for banana cultivation and create knowledge and transfer technology to farmers.

There is a process to control water distribution into banana plots through a soil moisture control system. From the results of the system operation test during the specified period, it was found that the range of soil moisture adjustment at 65-70 percent used a total of 640 liters of water and 80 liters of fuel and had an average fuel cost of 2,400 baht per month.

Keywords : Solar power generating system, Humidity control, Banana

บทนำ

ตำบลคลองไผ่เถื่อน อำเภอลองหาด จังหวัดสระแก้ว เป็นพื้นที่เป้าหมายของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สำหรับการวางกรอบในการพัฒนาในด้าน เศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรม เนื่องจากผู้นำในชุมชน อาทิเช่น กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน แกนนำชุมชน และหน่วยงานราชการในตำบล มีความเข้มแข็งในการดูแลเอาใจใส่ชาวบ้านในพื้นที่ รวมทั้งชาวบ้านให้ความร่วมมือในการพัฒนาทุกๆ มิติ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของตำบลคลองไผ่เถื่อนทำการเกษตรเป็นหลัก เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ลำไย ยางพารา ปาล์ม กล้วยไข่ ในหลายปีที่ผ่านมาพบว่าตำบลคลองไผ่เถื่อนที่ในอดีตเป็นพื้นที่ที่มีสภาพดินที่เหมาะสมแก่การเกษตรและแหล่งน้ำที่เพียงพอ เจอกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้เกษตรกรประสบปัญหาในเรื่องการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งเนื่องจากแหล่งน้ำที่มีอยู่ในพื้นที่มีสภาพดินแข็งและไม่มีแหล่งกักเก็บน้ำขนาดใหญ่ ทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทำให้ต้องเร่งหาวิธีเข้าไปแก้ไขปัญหาให้กับเกษตรกรอย่างเร่งด่วน โดยข้อมูลด้านสภาพพื้นฐานทางเกษตรกรรมในระดับตำบลคลองไผ่เถื่อนพบว่า ด้านการเกษตร จากการศึกษาสำรวจบริบทของตำบลคลองไผ่เถื่อน ภายในชุมชนมีการประกอบอาชีพเกษตรกรรม การปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ การประกอบอาชีพรับจ้าง ร้านค้าปลีกและร้านค้าและการรวมกลุ่มทำอาชีพเสริม และการดำรงชีพตามวิถีดั้งเดิมของคนในชุมชนแบบพึ่งพาธรรมชาติ โดยองค์การบริหารส่วนตำบลคลองไผ่เถื่อน มีเนื้อที่ทั้งหมด 54,690 ไร่ แยกเป็นพื้นที่เพื่อการเกษตร จำนวน 7,675 ไร่

สภาพพื้นที่อำเภอลองหาด จังหวัดสระแก้ว ตั้งอยู่ทิศเหนือของจังหวัดเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จากการสำรวจ พบว่าประชาชนทำการเกษตรแบบผสมผสานปลูกกล้วยหอมไข่ ลำไย อ้อย และข้าวโพด กล้วยไข่เป็นผลไม้ที่สามารถปลูกได้เกือบทุกพื้นที่ ใช้เวลาราว 6-8 เดือนก็สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ส่วนใหญ่จะปลูกมากในพื้นที่ภาคกลาง ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกล้วยไข่ทั้งหมด 40,270 ไร่ มีผลผลิตรวม 100,220 ตัน ใช้บริโภค เน้น ส่งออกต่างประเทศ 50,531 ตัน มูลค่าการส่งออกกว่า 30 ล้านบาท แหล่งเพาะปลูกกล้วยไข่ที่สำคัญส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคกลาง และภาคตะวันออก ทั้งนี้ จังหวัด "สระแก้ว" ถือเป็นแหล่งปลูกกล้วยไข่ที่ใหญ่ที่สุดของไทย มีพื้นที่ปลูกกล้วยหอม 14,170.5 ไร่โดยมีข้อได้เปรียบทางภูมิศาสตร์ ที่ดินเป็นดินเหนียว มีระบบชลประทานทั่วถึง ทำให้เหมาะกับการปลูกกล้วยไข่ หรือพืชชนิดอื่น ๆ อีกทั้งยังอยู่ใกล้กับตลาดค้าส่งผักผลไม้ขนาดใหญ่ทั้งตลาดไท ตลาดสี่มุมเมืองการขนส่งจึงสะดวกสบาย ผลผลิตเสียหายน้อย ขณะเดียวกัน การปลูกกล้วยในจังหวัดสระแก้ว ก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยตั้งแต่ปี 2558-2563 เป็นต้นมา พื้นที่เพาะปลูกกล้วยหอมไข่ในจังหวัดสระแก้วเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 60 รวมทั้งจำนวนเกษตรกรที่หันมาปลูกกล้วยไข่เพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 40 โดยปลูกมากที่สุด ในอำเภอ "คลองหาด" จำนวน 14,170.5 ไร่ และมีเกษตรกรกว่า 530 ราย (สำนักส่งเสริมการเกษตร จังหวัดสระแก้ว, 2564) จากที่เกษตรกรได้ปลูกกล้วยไข่ในพื้นที่มาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 10 ปีพบว่าเกษตรกรมีอัตราการปลูกกล้วยไข่มากขึ้นเนื่องจากมีแหล่งขายที่แน่นอนและมีราคาที่สูง แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในระยะหลังพบว่าราคาผลผลิตที่เกษตรกรได้ไม่สูงนักเนื่องจากปัญหาของขนาดกล้วยไข่ไม่ตรงตามที่ผู้ซื้อต้องการทำให้เกษตรกรได้ราคาขายที่ต่ำลงมาโดยตลอดเนื่องจากปัญหาสภาวะทางธรรมชาติการขาดแคลนน้ำและกระบวนการปลูกที่เป็นมาตรฐาน ในปัจจุบันพื้นที่การเกษตรประสบปัญหาภัยธรรมชาติ ทำให้เกิดผลกระทบต่อนักวิชาการเกษตรโดยเฉพาะการปลูกกล้วยไข่ ที่มี

ผลผลิตขนาดเล็กกว่าปกติ โดยมีเนื่องจากขาดน้ำในการทำเกษตร ทำให้การราคาขายไม่ได้ราคาตามที่เกษตรกรคาดหวังไว้ โดยราคาที่เกษตรกรขายราคาประมาณกิโลกรัมละ 20-25 บาท จากราคาผลผลิตที่เกษตรกรเคยขายได้ในราคากิโลกรัมละ 45-60 บาท ทั้งยังรวมไปถึงไม่มีระบบการควบคุมการปลูกและดูแลควบคุมการรดน้ำ ให้สารอาหารไม่ดี ภาพรวมการขายกล้วยไข่จึงมีราคาราคาตก จุดนี้เป็นปัญหาที่มีมานาน (Pain point) และยังไม่สามารถหาที่ทางเกษตรกรยังไม่ได้รับการแก้ไข นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เข้ามามีผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรอีก รวมไปถึงต้นทุนในการปลูกที่สูงขึ้น เช่น ต้นทุนราคาน้ำมันที่สูงขึ้น มีผลกระทบด้านต้นทุนทำให้ต้องลดการใช้งานเครื่องจักรในการรดน้ำกล้วยไข่ ผลกระทบทำให้ขนาดกล้วยไข่มีขนาดเล็กลงเกิดปัญหาไม่ผ่านเกณฑ์ในการส่งออก ส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรปลูกกล้วยไข่ลดลง จากการขายกล้วยไข่ที่ไม่ได้ราคาและต้นทุนการดูแลที่เพิ่มขึ้น

จากแนวทางการศึกษาพื้นที่ของนักวิจัยพบเห็นเห็นว่า พื้นที่การทำเกษตรเป็นพื้นที่ที่มีสภาพดินเป็นดินร่วนหรือดินดำแดงที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก แต่ในการทำเกษตรก็ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อทำการเกษตรในฤดูแล้งทำให้ไม่สามารถทำการเกษตรได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากพื้นที่ทำเกษตรอยู่ในพื้นที่เขา ระบบสาธารณูปโภค เช่น ระบบไฟฟ้า ประปา เข้าไม่ถึง ทำให้เกษตรกรต้องหาแนวทางการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง ด้วยการขุดบ่อบาดาน สร้างระบบพักน้ำ โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานหลักในการจ่ายน้ำเข้าไปในแปลงปลูกกล้วยไข่ โดยจากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของการปลูกกล้วยไข่ ที่นำมาวิจัยในครั้งนี้ มีข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะพื้นที่สำหรับการปลูกกล้วยไข่

ลำดับ	รายละเอียด	ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร		
		ถูกต้อง/เหมาะสม	ไม่ถูกต้อง/ไม่เหมาะสม	ต้นทุน
1	สภาพพื้นที่			
	1.1 เป็นพื้นที่ดอน พื้นที่ราบ ไม่มีน้ำท่วมขัง	✓	-	-
	1.2 มีแหล่งน้ำธรรมชาติ	-	✓	-
	1.3 พื้นที่เอียงลาดเก็บกักน้ำไม่ดี	-	✓	-
2	ลักษณะดิน			
	2.1 ดินร่วน ดินร่วนเหนียว ดินร่วนปนทราย	✓	-	-
	2.2 การระบายน้ำดี ระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 75 ซม.	✓	-	-
	2.3 ค่าความเป็นกรด – ด่างของดิน 5.0 – 7.0	✓	-	-
	2.4 การเตรียมดินก่อนปลูก 1 เดือน ด้วยการไถและตากทิ้งไว้ 1 เดือน	-	✓	-
3	สภาพภูมิอากาศ			
	3.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต 25 °C– 35 °C	✓	-	-
	3.2 ไม่มีลมพัดแรงผ่านประจำ	-	✓	-
	3.3 มีแสงแดดจัด	✓	-	-
	3.4 ความชื้นในอากาศ 70-85 %	✓	-	-
4	แหล่งน้ำ (เป็นแหล่งน้ำบาดาล)			
	4.1 มีแหล่งน้ำเพียงพอตลอดการเพาะปลูก	-	✓	-
	4.2 ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำ 5.0 – 9.0	✓	-	-

5	การปลูก			
	5.1 ขนาดของหลุมปลูก 50 ซม. x 50 ซม. x 50 ซม.	-	✓	-
	5.2 รองกันหลุมปลูกด้วยปุ๋ยคอก 5 กก. ต่อ หลุม	-	✓	-
	5.3 ระยะห่างที่เหมาะสมของแต่ละหลุมปลูก 2 ม. x 2 ม.	-	✓	-
	5.4 ความลึกที่ปลูกหน่อกล้วย 25 ซม.-30 ซม.	-	✓	-
	5.5 การพรวนดินหลังการปลูก 1 เดือน	-	✓	-
	5.6 การให้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก 3-5 กก.ต่อหลุม	-	✓	-
	5.7 การให้ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 200 กรัมต่อต้นหลังจากปลูก 1 เดือน	-	✓	-
	5.8 การให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 200 กรัมต่อต้นหลังจากปลูก 3 เดือน	-	✓	-
	5.9 การให้ปุ๋ยเคมีสูตร 12-12-24 200 กรัมต่อต้นหลังจากปลูก 5 เดือน	-	✓	-
	5.10 การให้ปุ๋ยเคมีสูตร 14-14-21 200 กรัมต่อต้นหลังจากปลูก 7 เดือน	-	✓	-
	5.11 การให้น้ำ เกษตรกรให้น้ำโดยการอาศัยวิธีการที่ทำมาโดยการใช้เครื่องยนต์ปั้มน้ำเข้าสวนต่อเนื่อง เพื่อให้กล้วยไข่ได้รับน้ำที่เพียงพอแต่ขาดการควบคุม ทำให้เกิดปัญหาดันทุนน้ำมันเชื้อเพลิงแก่เกษตรกร	-	✓	6000-7,000 บาทต่อเดือน
	5.12 การให้น้ำตามปริมาณที่เหมาะสม	-	✓	-

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อศึกษาและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
- 1.2 เพื่อทดสอบผลการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชวกร รุ่งทวีชัยและอนุรักษ์ ตาค้า ทำการวิจัยเรื่อง การติดตั้งปั้มน้ำโซลาร์เซลล์สำหรับการเกษตรเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน เพื่อทดลองเพื่อหาค่าประสิทธิภาพ ของระบบและผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จากผลการทดลองพบว่า การติดตั้งปั้มน้ำโซลาร์เซลล์กับแบตเตอรี่เพื่อทดสอบ ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ในการปั้มน้ำ การเกษตรแล้ว หลังจากนั้นทำการหาผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าสามารถลดต้นทุนในการทำการเกษตรได้ 50-70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น 30-40 เปอร์เซ็นต์ จากการทำการเกษตรใน 1 รอบฤดูกาล [1] เติ้งจ บุญทอง (2554) ทำการวิจัยเรื่อง แนวทางการพัฒนาการผลิตกล้วยไข่ของเกษตรกร ตำบลสระแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชรโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพ ปัญหาและหาแนวทางพัฒนาการผลิต กล้วยไข่ของเกษตรกร จำนวน 60 คนและผู้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมโดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร นักวิชาการเกษตร และผู้เชี่ยวชาญในการผลิตกล้วยไข่ ผู้ค้ากล้วยไข่ ผลการวิจัยพบว่า การเจริญเติบโตและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต การให้ปุ๋ยเคมีสำหรับกล้วยไข่ที่ให้ผลผลิตแล้วมี การให้ปุ๋ย 2 ครั้ง ได้แก่ หลังจากการปลูกประมาณ 1 เดือนและหลังการเก็บเกี่ยว 1 เดือน ปุ๋ยเคมีที่ใช้ได้แก่ สูตร 15-15-15, 46-0-0, ใส่ครั้งละ 0.5-1 กิโลกรัมต่อต้น ส่วนปุ๋ยอินทรีย์จะให้มูลไก่และกากขี้หมู อัตราร้อยละ 1,000 กิโลกรัม การให้น้ำ แบบสลับรด ส่วนปัญหาการปลูกกล้วยไข่ของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรขาดความรู้ในวิธีการปลูกกล้วยไข่ที่ถูกต้อง เช่น การตัดแต่งหน่อ, การให้ปุ๋ยเคมี การให้น้ำและการกำจัดศัตรูพืช ในด้านแนวทางพัฒนาการผลิตกล้วยไข่ โดยการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้อุดมสมบูรณ์ต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ จัดให้มีการปลูกพืชหมุนเวียนหรือการปลูกพืชสลับพร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินไปตรวจวิเคราะห์

คุณภาพ การใช้สารเคมีโดยต้องใช้สารเคมีที่ถูกต้องและเหมาะสมกับชนิดของศัตรูพืชหรือใช้สารอินทรีย์ที่สามารถป้องกันกำจัดโรคและแมลง การควรเก็บเกี่ยวเมื่อตัดปลีกกล้วยไข่แล้ว 45 วัน เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลผลิตกล้วยไข่ใช้มีดที่คมและสะอาดตัดที่ก้านของเครือ การขนย้ายจากต้นกล้วยควรใช้คนแบกหามมายังจุดรวบรวมและต้องมีวัสดุหามและนิ่มวางคั่นระหว่างเครือกล้วยและรองพื้นต้องวางในที่ร่มที่มีอากาศถ่ายเท เพื่อป้องกันผลกล้วยไข่ช้ำเพื่อให้ได้ราคาที่ดีตามที่ตลาดต้องการ [2] วรดา ช้างคำ และฐนิตา บุญสร้างสม (2564) ทำการศึกษาเรื่อง การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของกล้วยไข่โดยใช้เครื่องหมายเอสอาร์เอฟ อธิบายว่า กล้วยเป็นหนึ่งในผลไม้ที่บริโภคกันมากที่สุดในโลก โดยกล้วยไข่กำแพงเพชรและกล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2 เป็นสายพันธุ์ที่สร้างมูลค่าสูงมากให้กับตลาดการส่งออก เนื่องจากมีรสชาติหวานและมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความหลากหลายทางพันธุกรรมในกล้วยสามารถเกิดขึ้นได้โดยการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติหรือการคัดเลือกโดยมนุษย์ อีกทั้งสายพันธุ์กล้วยไข่ที่เพาะปลูกในประเทศไทยมีคะแนนจีโนมเท่ากันแต่แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน ดังนั้นความหลากหลายทางพันธุกรรมของสายพันธุ์กล้วยไข่จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบโดยใช้เครื่องหมายซีวโมเลกุล งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอและประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของกล้วยไข่ต่างสายพันธุ์และในสายพันธุ์เดียวกันจำนวน 13 ตัวอย่าง ร่วมกับกล้วยหอม จำนวน 2 สายพันธุ์ โดยใช้เครื่องหมายเอสอาร์เอฟ จำนวน 10 คู่ พบว่าไพรมอร์สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอและให้แถบดีเอ็นเอทั้งหมด 79 แถบ เป็นแถบดีเอ็นเอที่แสดงพอลิมอร์ฟิซึมจำนวน 61 แถบ (77.2 เปอร์เซ็นต์) และค่า PIC มีค่าอยู่ระหว่าง 0.16-0.38 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25 ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมมีค่าระหว่าง 0.64-1.00 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 ในการศึกษาสามารถจัดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธี UPGMA และแบ่งกลุ่มกล้วยได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อาจเป็นประโยชน์ในการเก็บรวบรวมเชื้อพันธุกรรม การอนุรักษ์ และการปรับปรุงพันธุ์กล้วยต่อไปในอนาคต [3] ภูมินทร์ ต้นอุตรม์ ภัทรพงศ์ คุณเมือง ธนากร วงษ์ศา ธนสิริ นิติยะประภา (2562) ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาตู้อนุบาลกล้วยไข่กำแพงเพชรโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง อธิบายว่า การพัฒนาตู้อนุบาลต้นกล้วยไข่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการปรับสภาพต้นกล้าจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อก่อนนำออกปลูกโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง จึงได้มีการพัฒนาตู้อนุบาลต้นกล้วยไข่เพื่อควบคุมและติดตามสถานะของการปรับสภาพของสภาวะภายในตู้อนุบาลได้จากทุกสถานที่ อีกทั้งยังมีการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์และระบบ หลังจากที่ได้พัฒนาตู้อนุบาลพืชเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแล้ว การทดสอบประสิทธิภาพแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย 1) การทดสอบการควบคุมและการตรวจสอบความชื้นภายในตู้อนุบาล และ 2) การทดสอบการควบคุมจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับการแสดงผลและการส่งคำสั่งควบคุมการทำงานจากระยะไกล จากการทดลองพบว่า ตู้อนุบาลพืชเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถควบคุมความชื้นให้อยู่ในช่วง 60 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ และควบคุมอุปกรณ์ภายในกล่องผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการปรับสภาพต้นกล้วยไข่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้มีอัตราการรอดชีวิตและสามารถออกปลูกในสภาพแวดล้อมปกติได้ [3] จันทกานต์ นุชสุข (2561) ทำการศึกษาเรื่อง ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้าและกล้วยหอม ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และน้ำกลั่น พบว่า การสกัดด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาณผลผลิตร้อยละมากที่สุด จากนั้นนำสารสกัดหยาบดังกล่าวมาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีการดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH assay) และการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP assay) พบว่าสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยน้ำว้าด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม มากที่สุดเท่ากับ 187.82 ± 1.47 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง สามารถดักจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอชได้ดีที่สุด มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 367.67 ± 0.011 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสามารถรีดิวซ์เฟอร์ริกได้ดีที่สุด โดยมีค่า FRAP value เท่ากับ 64.93 ± 2.25 ไมโครโมลาร์ ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่และกล้วยหอมด้วยเอทานอล ตามลำดับ [4]

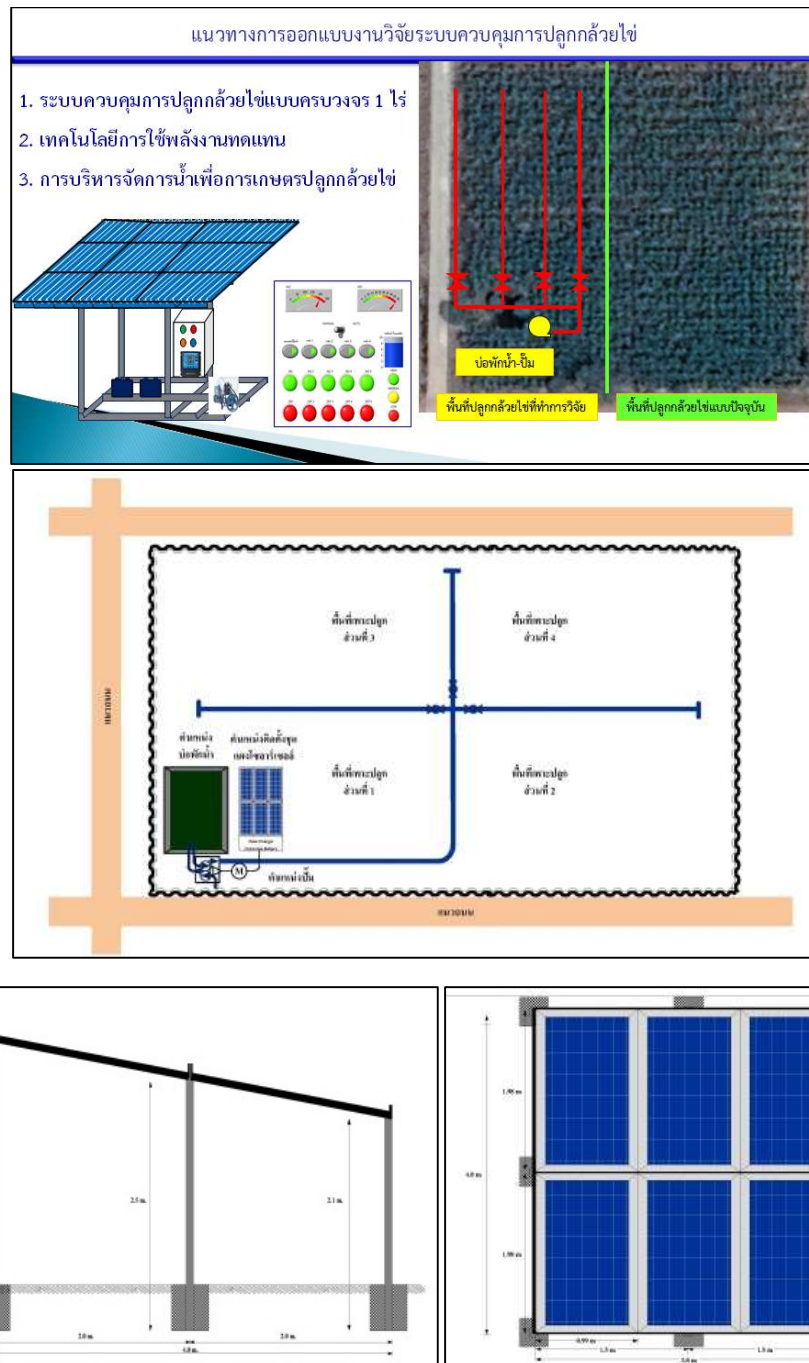
วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อศึกษาและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในแปลงปลูกกล้วยไข่ ตำบลคลองไก่อี้น อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว มีรูปแบบและแนวทางวิธีการวิจัยดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงแนวทางการดำเนินงานวิจัย

กิจกรรมการดำเนินการวิจัย	วิธีการดำเนินงานวิจัย	กลุ่มเป้าหมาย	ตัวชี้วัด
1. ประชุมชี้แจงโครงการให้กับกลุ่มเกษตรกรปลูกกล้วยไข่ ตำบลคลองไก่อี้น อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว	- ประชุมเพื่อชี้แจงรายละเอียดการดำเนินโครงการ	1. เกษตรกรปลูกกล้วยไข่ 2. ผู้นำชุมชน	1. จำนวนเกษตรกรปลูกกล้วยไข่
2. ทบทวนและถอดบทเรียนเดิมจากกลุ่มเกษตรกรปลูกกล้วยไข่ ตำบลคลองไก่อี้น อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว	- จัดเวทีประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้แนวทางการปลูกกล้วยไข่ของเกษตรกรในปัจจุบัน - ให้ความรู้กระบวนการปลูกกล้วยไข่และการจัดการปลูกแบบครบวงจร	1. เกษตรกรปลูกกล้วยไข่ 2. ผู้นำชุมชน	1. จำนวนเกษตรกรปลูกกล้วยไข่
3. จัดสร้างนวัตกรรมการใช้เทคโนโลยีการปลูกกล้วยไข่อินทรีย์	- ออกแบบระบบควบคุมการปลูกกล้วยไข่ ควบคุมความชื้นในดิน ควบคุมปริมาณน้ำ ควบคุมปริมาณสารอาหาร - ออกแบบระบบพลังงานทดแทน โดยการใช้แผง โซลาร์เซลล์ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 6 แผง ต่อในแบบอนุกรม และขนานเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและกระแสการใช้งาน ที่เหมาะสมกับปั๊มน้ำขนาด 2 กิโลวัตต์ - ติดตั้งระบบระบบควบคุมการปลูกกล้วยไข่ ควบคุมความชื้นในดิน ควบคุมปริมาณน้ำ ควบคุมปริมาณสารอาหาร ระบบพลังงานทดแทน	1. เกษตรกรปลูกกล้วยไข่ 2. ผู้นำชุมชน	1. ระบบควบคุมการปลูกกล้วยไข่ 2. ระบบพลังงานทดแทน
4. ทดสอบการใช้งาน	- ทดสอบระบบควบคุมการปลูกกล้วยไข่ ควบคุมความชื้นในดิน ควบคุมปริมาณน้ำ ควบคุมปริมาณสารอาหาร ระบบพลังงานทดแทน - ทดสอบการใช้งานระบบพลังงานทดแทน	1. เกษตรกรปลูกกล้วยไข่ 2. ผู้นำชุมชน	1. ระบบควบคุมการปลูกกล้วยไข่ 2. ระบบพลังงานทดแทน
5. คัดเลือกข้อมูลและถอดบทเรียนให้กับกลุ่มเกษตรกรปลูกกล้วยไข่	- จัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อคัดเลือกข้อมูลกลุ่มเกษตรกรปลูกกล้วยไข่ - วิเคราะห์การคุ้มทุนของงานวิจัยเปรียบเทียบกับผลการวิจัยก่อนและหลังเพื่อคัดเลือกข้อมูลกลุ่มเกษตรกรปลูกกล้วยไข่	1. เกษตรกรปลูกกล้วยไข่ 2. ผู้นำชุมชน	1. จำนวนเกษตรกรปลูกกล้วยไข่

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับสำหรับระบบจ่ายน้ำแปลงปลูกกล้วยไข่ ตำบลคลองไก่อี้น อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว มีแนวทางดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับสำหรับแปลงปลูกกล้วยไข่



รูปที่ 2 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับสำหรับแปลงปลูกกล้วยไข่

จากรูปที่ 1 เป็นการออกแบบระบบพลังแสงอาทิตย์ โดยมีเงื่อนไขปั๊มน้ำไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 1,500 วัตต์ 220 โวลต์ โดยแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้งานมีขนาด 340 วัตต์ แรงดัน 48 โวลต์ กระแส 15 แอมป์ จำนวน 6 แผง ดังนั้นการคำนวณหาขนาดกำลังไฟฟ้า หาได้จากสมการที่ (1 – 2) ดังนี้

$$P_{\max} = W_{\text{peak}} \times N \quad (1)$$

$$2,040 = 340 \times 6 \quad (2)$$

ดังนั้น กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ เท่ากับ 2,040 วัตต์ ขนาดกำลังของปั๊มน้ำไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 1,500 วัตต์ 220 โวลต์ ดังนั้นการต่อใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์ จะใช้การต่อแบบอนุกรม 2 แผง จำนวน 3 ชุด แล้วนำมาขนานกัน ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่ได้

อนุกรมชุดที่ 1	ได้แรงดัน 96 โวลต์ กระแส 15 แอมป์
อนุกรมชุดที่ 2	ได้แรงดัน 96 โวลต์ กระแส 15 แอมป์
อนุกรมชุดที่ 2	ได้แรงดัน 96 โวลต์ กระแส 15 แอมป์

เมื่อนำมาต่อขนานกัน จะได้ได้แรงดัน 96 โวลต์ กระแส 45 แอมป์ โดยระบบการใช้งานจะติดตั้งผ่าน โซลาร์ชาร์จเจอร์ เพื่อไปเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ขนาด 100 Ah จำนวน 2 ตัว โดยระบบการจัดวางอุปกรณ์การออกแบบและติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

ผลการวิจัย

1. การทดลองการเก็บค่าพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์

การทดลองการเก็บค่าพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์โดยมีการเก็บผลต่างๆ ตามลักษณะการต่อวงจรที่ได้กำหนดไว้ โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการทดสอบค่าพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ (solarcell)

ลักษณะการต่อวงจรใช้งาน	แรงดัน (V)		กระแส (A)		กำลังไฟฟ้า (W)	
	ค่าจากแผง	ค่าที่วัดได้	ค่าจากแผง	ค่าที่วัดได้	ค่าจากแผง	ค่าที่วัดได้
1 แผง	48	45	8.6	8.0	350	340
2 แผง ต่อแบบ อนุกรม ชุดที่ 1	96	92	8.6	8.3	700	680
2 แผง ต่อแบบ อนุกรม ชุดที่ 2	96	95	8.6	8.5	700	690
2 แผง ต่อแบบ อนุกรม ชุดที่ 3	96	90	8.6	8.1	700	695
ชุดที่ 1-3 ต่อแบบขนาน	96	94	17.2	16.7	1,400	1,390

จากตารางที่ 3 แสดงการทดสอบค่าพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ (solarcell) พบว่า การทดสอบค่าพลังงานไฟฟ้า แบบ 1 แผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งทดสอบแรงดันไฟฟ้า (Voltage) มีค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 48 โวลต์ และมีค่าที่วัดได้ 45 โวลต์ การทดสอบวัดกระแสไฟฟ้า (Amp) มีค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 8.6 แอมป์ และมีค่าที่วัดได้ 8.0 แอมป์ ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้า (Watt) ค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 350 วัตต์ มีค่าที่วัดได้จากการทดสอบ 340 วัตต์

การต่อวงจรแบบ 2 แผง ต่อแบบอนุกรม ชุดที่ 1 ทดสอบแรงดันไฟฟ้า (Voltage) มีค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 96 โวลต์ และมีค่าที่วัดได้ 92 โวลต์ ทดสอบวัดกระแสไฟฟ้า (Amp) มีค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 8.6 แอมป์ และมีค่าที่วัดได้ 8.3 แอมป์ ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้า (Watt) ค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 700 วัตต์ และค่าที่วัดได้จากการทดสอบ 680 วัตต์

การต่อวงจรแบบ 2 แผง ต่อแบบอนุกรม ชุดที่ 2 ทดสอบแรงดันไฟฟ้า (Voltage) มีค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 96 โวลต์ และมีค่าที่วัดได้ 95 โวลต์ ทดสอบวัดกระแสไฟฟ้า (Amp) มีค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 8.6 แอมป์ และมีค่าที่วัดได้ 8.5 แอมป์ ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้า (Watt) ค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 700 วัตต์ และค่าที่วัดได้จากการทดสอบ 690 วัตต์

การต่อวงจรแบบ 2 แผง ต่อแบบอนุกรม ชุดที่ 3 ทดสอบแรงดันไฟฟ้า (Voltage) มีค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 96 โวลต์ และมีค่าที่วัดได้ 90 โวลต์ ทดสอบวัดกระแสไฟฟ้า (Amp) มีค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 8.6 แอมป์ และมีค่าที่วัดได้ 8.1 แอมป์ ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้า (Watt) ค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 700 วัตต์ และค่าที่วัดได้จากการทดสอบ 695 วัตต์

การทดสอบค่าพลังงานไฟฟ้าจาก solarcell ชุดที่ 1-3 ต่อแบบขนาน ซึ่งทดสอบกับแรงดันไฟฟ้า (Voltage) มีค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 96 โวลต์ และมีค่าที่วัดได้ 94 โวลต์ ทดสอบกับกระแสไฟฟ้า (Amp) มีค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 17.2 แอมป์ และมีค่าที่วัดได้ 16.7 แอมป์ ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้า (Watt) ค่าจากแผงโซลาร์เซลล์ 1,400 วัตต์ และค่าที่วัดได้จากการทดสอบ 1,390 วัตต์

2. การทดลองเก็บค่าความชื้นในดินเพื่อควบคุมการจ่ายน้ำ

การทดลองการเก็บค่าความชื้นในดิน เพื่อเป็นแนวทางในการวางระบบสำหรับการจ่ายน้ำเข้าแปลงปลูกกล้วยไข่ โดยผล
การทดลองการเก็บค่าความชื้นในดิน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการทดสอบค่าความชื้นในดินเมื่อแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า

ลักษณะการวัด	อากาศ	ดินแห้ง	ดินชื้น	ดินเปียก
ความชื้น (% RH)	35	50	65	90
แรงดันไฟฟ้า (mV)	1000	500-1000	300-500	0-300

จากตารางที่ 4 แสดงการทดสอบค่าความชื้นในดินเมื่อแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ในอากาศ 35 % มีแรงดันไฟฟ้า (mV) เท่ากับ 1000 มิลลิโวลต์ ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ในดินแห้ง 50 % มีแรงดันไฟฟ้า (mV) เท่ากับ 500 - 1000 มิลลิโวลต์ ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ในดินชื้น 65 % มีแรงดันไฟฟ้า (mV) เท่ากับ 300 - 500 มิลลิโวลต์ และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ในดินเปียก 90 % มีแรงดันไฟฟ้า (mV) เท่ากับ 0 - 300 มิลลิโวลต์

3. การทดลองการรดน้ำในแปลงปลูกกล้วยไข่

การทดลองการจ่ายน้ำเข้าแปลงปลูกกล้วยไข่ ตามลักษณะการแปรผันตามความชื้น แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการทดสอบการรดน้ำตามปกติ

ช่วง เวลา	06.00 - 08.00	08.00 - 10.00	10.00 - 12.00	12.00 - 14.00	14.00 - 16.00	16.00 - 18.00	18.00 - 20.00	20.00 - 22.00	ปริมาณ น้ำ	น้ำมัน เชื้อ เพลิง	ค่าน้ำมัน
ความชื้น (% RH)	-	-	-	-	-	-	-	-			
ระบบรดน้ำ ทำงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
ปริมาณน้ำ (ลิตร)	80	80	80	80	80	80	80	80	640	80	2400

จากตารางที่ 5 แสดงการทดสอบการรดน้ำตามปกติ พบว่า ที่ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 0 % ช่วงเวลาทุก ๆ 2 ชั่วโมง ตั้งแต่
เวลา 06.00 – 22.00 น. หากระบบรดน้ำทำงานปกติ จะมีการรดน้ำ 2 ชั่วโมงต่อปริมาณน้ำ 80 ลิตร และใน 1 วัน จะรดน้ำรวม
ทั้งสิ้น 640 ลิตร จะใช้น้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 80 ลิตร และมีค่าน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสิ้น 2,400 บาท

สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยการศึกษา ออกแบบและทดลองระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับระบบสำหรับการจ่ายน้ำเข้า
แปลงปลูกกล้วยไข่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาและออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการจ่ายน้ำ
เข้าระบบแปลงปลูกกล้วยไข่ และเพื่อสร้างองค์ความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร โดยมีกระบวนการ ควบคุมการจ่ายน้ำเข้า
แปลงกล้วยไข่ผ่านระบบการควบคุมความชื้นในดิน โดยจากผลการทดสอบการทำงานของระบบในช่วงระยะเวลาที่กำหนด พบว่า

ช่วงของการปรับตั้งค่าความชื้นในดินที่ 65 – 90% พบว่า จะใช้ปริมาณน้ำรวมทั้งสิ้น 640 ลิตร ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 80 ลิตรและมีค่าน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเฉลี่ย 2,400 บาทต่อเดือน ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายได้เฉลี่ย 3,600 บาทต่อเดือน

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งต่อไปควร พัฒนาระบบการควบคุมกระบวนการจ่ายน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อ เพื่อลดต้นทุนจากน้ำมันที่ยังเป็นค่าใช้จ่ายทำให้เกษตรกรลดรายได้ลงไป

กิตติกรรมประกาศ

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนมัทธร โตระสะ. (2566). ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติโดยใช้อินเทอร์เน็ทของสรรพสิ่ง สำหรับสวนปาล์มน้ำมัน. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 11(1), 1-11.
- [2] สิทธิโชค พรค์พิทักษ์ กาญจนา ดงสงคราม ศศิธร อ่อนเหลา กฤตภาส ยุทธอาจ อุดมศักดิ์ และพิมพ์พาศรี. (2564). การพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิต อ้อยคั้นน้ำ. วารสารวิชาการ “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ”. 7(2), 17-30.
- [3] ศรีณยู เหลาพา และวิราวรรณ พุฒมาตย์. (2566). การออกแบบและสร้างชุดฝึกควบคุมระบบรดน้ำอัตโนมัติ กรณีศึกษาสวนส้มโอ ตำบลบ้านแท่น อำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 8(2), 137-148.
- [4] กนิษฐา อินธิชิต, วรภา อาธิราชบุรี, และธวัช อาธิราชบุรี. (2559). การศึกษาบริบทและความต้องการในการดำเนินการออกแนะแนวการศึกษาต่อของอาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 3 (น.17), มหาสารคาม: คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- [5] เผด็จ บุญทอง. (2554). แนวทางการพัฒนาการผลิตกล้วยไข่ของเกษตรกรตำบลสระแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, กำแพงเพชร.
- [6] วรดา ช้างคำ และฐนิตา บุญสร้างสม. (2564). การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของกล้วยไข่โดยใช้เครื่องหมายเอสอาร์เอฟ. วารสารเกษตรนเรศวร, 18(1), 1-11.

การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ระหว่างวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์
วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้ง
เลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษ
Comparison of Forecasting Methods to Improve Forecasting Accuracy Between
the Box-Jenkins Method, the Additive Holt-Winters Exponential Smoothing
Method, and the Multiplicative Holt-Winters Exponential Smoothing Method for
Pulp Sales Volume

สิโรรัตน์ จันทงาม

Sirorath Channgam

สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์,
ปทุมธานี, 13180, ประเทศไทย

Data Science Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the
Royal Patronage, Phathumthani, 13180, Thailand

Corresponding Author E-mail: Sirorath@vru.ac.th

รับบทความ (Received) : March 20, 2025 /ปรับปรุงแก้ไข (Revised) : June 5, 2025 /ตอบรับบทความ (Accepted) : June 17, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษ โดยนำเทคนิคการพยากรณ์มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ทั้งนี้พิจารณาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมจากค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ข้อมูลที่ใช้ได้มาจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนมกราคม 2568 จำนวน 85 ค่า และได้แบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด ชุดแรก จำนวน 77 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนพฤษภาคม 2567 และชุดที่สอง จำนวน 8 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2567 ถึงเดือนมกราคม 2568 โดยที่ข้อมูลชุดแรกใช้สำหรับสร้างตัวแบบพยากรณ์ และข้อมูลชุดสองใช้สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ ผลการวิจัย พบว่าตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด (MAPE = 11.775 และ RMSE = 3921.166)

คำสำคัญ : เยื่อกระดาษ, ตัวแบบพยากรณ์, ปริมาณการจำหน่าย, การปรับเรียบ

Abstract

This research aims to develop an appropriate forecasting model for pulp sales volume by utilizing various forecasting techniques for data analysis. The techniques examined include the Box-Jenkins method, the additive Holt-Winters exponential smoothing method, and the multiplicative Holt-Winters exponential smoothing method. The most appropriate forecasting method is determined based on the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and the Root Mean Squared Error (RMSE), with the lowest values deemed optimal. The data used for this research was obtained from the Office of Industrial Economics website, encompassing the period from January 2018 to January 2025, which includes 85 data points. The data is divided into two sets: the first set contains 77 data points from January 2018 to May 2024, while the second set includes 8 data points from June 2024 to January 2025. The first set is utilized to develop the forecasting model, and the second set is employed to validate the model's accuracy. The research findings indicate that the forecasting model using the multiplicative Holt-Winters exponential smoothing method is the most suitable for this time series, yielding a MAPE of 11.775 and an RMSE of 3921.166.

Keywords : Pulp, Forecasting model, Sales volume, Smoothing

บทนำ

เยื่อกระดาษเป็นวัตถุดิบหลักที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระดาษสำหรับการเขียน การพิมพ์ ไปจนถึงบรรจุภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ ไม่เพียงเท่านั้น เยื่อกระดาษยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตสินค้าหลากหลายประเภท ทั้งในเชิงอุตสาหกรรม นวัตกรรม และสิ่งแวดล้อม ความสำคัญของเยื่อกระดาษจึงไม่ได้จำกัดอยู่แค่การเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตกระดาษ แต่ยังสะท้อนถึงการพัฒนาย่างยั่งยืน การรีไซเคิล และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอีกด้วย เยื่อกระดาษเป็นหัวใจสำคัญของการผลิตกระดาษ ซึ่งมีหลากหลายประเภท เช่น กระดาษปอนด์ กระดาษอาร์ต กระดาษกราฟ และกระดาษลูกฟูก กลายเป็นสินค้าที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง โดยมีการผลิตและการจำหน่ายในระดับสากล เยื่อกระดาษถูกนำไปใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมกระดาษ: สำหรับผลิตกระดาษเขียน พิมพ์ ถ่ายเอกสาร และกระดาษพิเศษ เช่น กระดาษกันน้ำ กระดาษกรอง อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์: ผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก ถุงกระดาษ กล่องใส่อาหาร งานศิลปะและหัตถกรรม: ใช้ทำกระดาษทำมือ กระดาษสา หรือกระดาษศิลปะอื่น ๆ นวัตกรรมชีวภาพ: นำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น เส้นใยเซลลูโลสสำหรับสิ่งทอ หรือวัสดุชีวภาพอื่น ๆ ด้วยความหลากหลายในการใช้ประโยชน์ เยื่อกระดาษจึงเป็นทรัพยากรที่ขาดไม่ได้ทั้งในด้านอุตสาหกรรม เศรษฐกิจ และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ดังนั้น การส่งเสริมการผลิตและการใช้งานเยื่อกระดาษอย่างยั่งยืนจึงเป็นเป้าหมายสำคัญที่ทุกภาคส่วนควรร่วมมือกันเพื่ออนาคตที่ดีกว่า จากแนวโน้มอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษ และสิ่งพิมพ์ ไตรมาสที่ 2 ปี 2567 [1] คาดว่าอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษ และผลิตภัณฑ์สำหรับบรรจุภัณฑ์มีการขยายตัวต่อเนื่องในไตรมาสที่ 2 ปี 2567 โดยได้รับอิทธิพลจากการบริโภคภายในประเทศ โดยเฉพาะในกลุ่มบรรจุภัณฑ์อาหารและสินค้าอุปโภคบริโภค ขณะเดียวกัน การส่งออกเยื่อกระดาษไปยังประเทศจีน ซึ่งเป็นตลาดหลัก ยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นปี สะท้อนถึงความต้องการวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับการผลิตบรรจุภัณฑ์และกระดาษในภูมิภาคเอเชีย อย่างไรก็ตาม กลุ่มหนังสือและสิ่งพิมพ์ยังคงเผชิญกับภาวะชะลอตัว อันเนื่องมาจากความต้องการที่ลดลงในตลาดนำเข้า เช่น ฮองกงและสหรัฐอเมริกา ซึ่งปรับตัวเข้าสู่ยุคดิจิทัล ส่งผลให้ความนิยมในการใช้สิ่งพิมพ์ลดลงอย่างต่อเนื่อง การคาดการณ์หรือพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษจึงเป็นกระบวนการที่ขาดไม่ได้ เพราะช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนและบริหารจัดการธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพการพยากรณ์ที่แม่นยำช่วยให้โรงงานผลิตสามารถเตรียมความพร้อมด้านวัตถุดิบ กำหนดแผนการผลิต และจัดการซัพพลายเชนได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด ไม่ว่าจะเป็นการตั้งราคา การขยายตลาดส่งออก หรือการปรับตัวตามความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะในช่วงที่ตลาดมีความผันผวนตลอดเวลา ดังนั้นการพยากรณ์ยังมีบทบาทในการบริหารความเสี่ยงทางธุรกิจ ช่วยให้ผู้ประกอบการรับมือกับความเปลี่ยนแปลงของตลาด เช่น การลดลงของความต้องการกระดาษสิ่งพิมพ์ในยุคดิจิทัล หรือการเพิ่มขึ้นของความต้องการบรรจุภัณฑ์อาหารและสินค้าอุปโภคบริโภค ตลอดจนสนับสนุนนโยบายของภาครัฐในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์และส่งเสริมการผลิตอย่างยั่งยืน ดังนั้น การพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษจึงไม่ได้เป็นเพียงการคาดการณ์ตัวเลขทางธุรกิจ แต่ยังเป็นรากฐานสำคัญในการเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้กับอุตสาหกรรมกระดาษและบรรจุภัณฑ์

ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมและสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการวางแผนการผลิตและการขาย ด้วยการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับยอดจำหน่าย เสริมสร้างศักยภาพการแข่งขันขององค์กร และสนับสนุนการทำการตลาดเชิงรุก นอกจากนี้ ยังมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพ กระดาษที่ทันสมัยและความสามารถ รวมถึงการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาปรับใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการจัดจำหน่ายให้เกิดผลลัพธ์สูงสุด การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการช่วยให้ธุรกิจสามารถวางแผนกลยุทธ์การผลิตและการขายได้อย่างสอดคล้องกัน เสริมสร้างความแข็งแกร่งให้กับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ และช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจให้เติบโตอย่างยั่งยืน

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมของปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษโดยใช้วิธีการทางสถิติจำนวน 3 วิธี คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พรณิภา คุมสิน และสมศรี บัณฑิตวิไล [2] การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ยอดขายเครื่องปรับอากาศโดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์, วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ผลการศึกษาพบว่าวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ยอดขายเครื่องปรับอากาศรุ่น A-3 มากที่สุด (RMSE = 4,252.7092, MAPE = 27.964%)

วราภรณ์ เรือนสุทธิ [3] ศึกษาตัวแบบพยากรณ์ราคาขายส่งกล้วยไม้แคทลียาที่ตลาดสี่มุมเมือง ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกและวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ผลการศึกษาพบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ให้ค่า MAPE และ RMSE ต่ำที่สุด (MAPE = 16.4736, RMSE = 32.6572)

Melike Nur Ince และ Çagatay Tasdemir [4] นำเสนอการวิเคราะห์การพยากรณ์ความต้องการสำหรับการขายเฟอร์นิเจอร์ปลีกในสหรัฐอเมริกาในช่วง 36 เดือนข้างหน้า โดยใช้วิธีการ Multiple Linear Regression (MLR) และ Holt-Winters ผลการวิจัยพบว่า วิธี MLR ได้ค่า MAPE เท่ากับ 3.47% และวิธี Holt-Winters ได้ค่า MAPE เท่ากับ 4.21% แสดงว่าวิธี MLR มีความเหมาะสมในการพยากรณ์

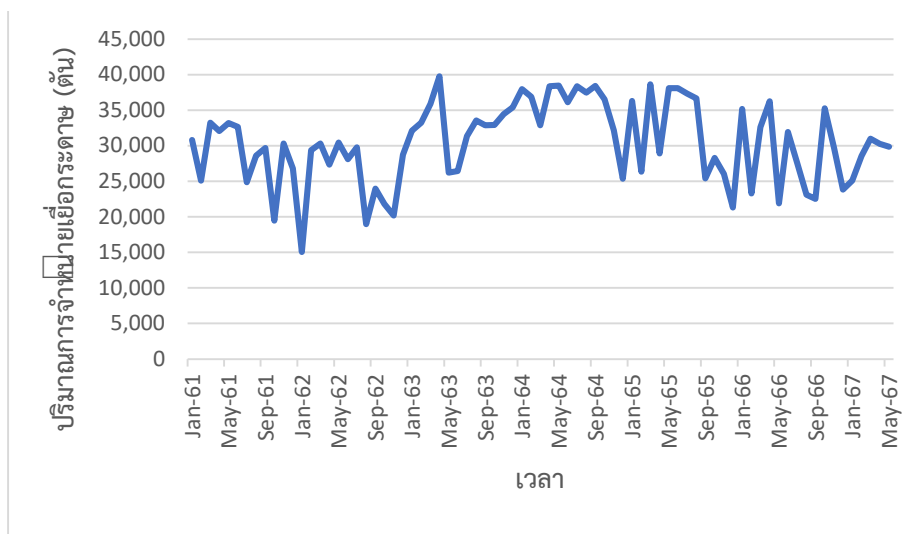
Sulaeman Nurman และคณะ [5] ศึกษาวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ที่ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการผลิตข้าวในเขตमारอส ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบจำลอง ARIMA(0,2,1) เป็นตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณการผลิตข้าวในเขตमारอส จากการค่าประมาณของ AIC = 368.12

Uppala Meena Sirisha และคณะ [6] เปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ของ ตัวแบบ ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) ตัวแบบ SARIMA (Seasonal ARIMA) และวิธีการเรียนรู้เชิงลึกผ่านแบบจำลองโครงข่ายประสาท

เทียม LSTM (Long Short-Term Memory) สำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลาข้อมูลทางการเงิน ข้อมูลถูกปรับให้เป็นอนุกรมเวลานิ่งสำหรับตัวแบบ ARIMA แต่ไม่ได้ปรับสำหรับ SARIMA และ ตัวแบบ LSTM จากการทดสอบความแม่นยำ พบว่า MAPE ของ ARIMA เท่ากับ 93.84% SARIMA เท่ากับ 94.378% และ LSTM เท่ากับ 97.01% แสดงให้เห็นว่าตัวแบบ LSTM มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษ โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม [7] ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนมกราคม 2568 จำนวน 85 ค่า และได้แบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด ชุดแรก จำนวน 77 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนพฤษภาคม 2567 และชุดที่สอง จำนวน 8 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2567 ถึงเดือนมกราคม 2568 โดยที่ข้อมูลชุดแรกสำหรับการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ และชุดสองสำหรับการเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำและเหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าที่ต่ำที่สุดด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute percentage error : MAPE) และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) จากการศึกษาข้อมูลชุดแรก (เดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนพฤษภาคม 2567) จำนวน 77 ค่า พบว่าข้อมูลมีอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาล ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษ (ตัน) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนพฤษภาคม 2567 [7]

การศึกษานี้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ ผู้วิจัยเลือกใช้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ สำหรับการเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมมากที่สุด โดยใช้เกณฑ์ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ที่มีค่าต่ำที่สุด ตัวแบบพยากรณ์โดยใช้วิธีการทางสถิติทั้งหมด 3 วิธี แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method)

วิธีการบ็อกซ์-เจนกินส์ [8] เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากใช้ผลการพยากรณ์ในระยะสั้นที่มีความแม่นยำในการกำหนดตัวแบบการพยากรณ์จากการตรวจสอบฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตนเอง (autocorrelation function : ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (partial autocorrelation function : PACF) ของอนุกรมเวลาแบบคงที่ (stationary time series) หรืออนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ตลอดเวลา หากพบว่าอนุกรมเวลาที่มีความเคลื่อนไหวแบบไม่คงที่ (non-stationary time series) จะต้องแปลงอนุกรมเวลานั้นให้เป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ก่อนการกำหนดตัวแบบ หากอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยไม่คงที่ควรแปลงอนุกรมเวลาโดยการหาผลต่างหรือผลต่างฤดูกาล (difference or seasonal difference) หากอนุกรมเวลาที่มีความแปรปรวนไม่คงที่ ควรแปลงอนุกรมเวลาโดยใช้ลอการิทึมธรรมชาติ (natural logarithm) หรือ รากที่สอง (square root) เป็นต้น การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ มีขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดตัวแบบการพยากรณ์ โดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่มีการปรับให้เป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ จากตัวแบบทั่วไปของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ คือ SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s แสดงได้ดังสมการที่ (1)

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Y_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\varepsilon_t \quad (1)$$

เมื่อ

Y_t แทน อนุกรมเวลาปริมาณการจำหน่ายเชื้อกระดาษ ณ เวลา t

$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ แทน กระบวนการสหสัมพันธ์ในตัวอันดับที่ p กรณีไม่มีฤดูกาล

$\Phi_P(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_P B^{Ps}$ แทน กระบวนการสหสัมพันธ์ในตัวอันดับที่ P กรณีมีฤดูกาล

$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ แทน กระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ อันดับ q กรณีไม่มีฤดูกาล

$\Theta_Q(B^s) = 1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \dots - \Theta_Q B^{Qs}$ แทน กระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ อันดับ Q กรณีมีฤดูกาล

ε_t แทน Gaussian white noise ณ เวลา t โดยที่เป็นอิสระต่อกัน และมีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และความแปรปรวนคงที่ในทุกเวลา t

$(1-B)^d$ แทน ผลต่าง อันดับ d กรณีไม่มีฤดูกาล

$(1-B^s)^D$ แทน ผลต่าง อันดับ D กรณีมีฤดูกาล

$\delta = \phi_p(B)\Phi_P(B^s)\mu$ แทน ค่าคงตัว

μ แทน ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่คงที่

s แทน จำนวนฤดูกาล

d และ D แทน ลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

B แทน ตัวดำเนินการถอยหลัง (Backward operator) โดยที่ $B^s Y_t = Y_{t-s}$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ จากการพิจารณากราฟของ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่คงที่และประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ต้องมีความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ที่ผ่านตามข้อสมมติ คือ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ตรวจสอบโดยการทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ(Kolmogorov-Smirnov test) ความคลาดเคลื่อนต้องมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ตรวจสอบโดยการทดสอบที (t-test) มีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา ตรวจสอบโดยการทดสอบของเลวีเนภายใต้การใช้มัธยฐาน (Levene's test based on median) และความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกัน ตรวจสอบโดยการทดสอบรัน (Runs test) ถ้าไม่ผ่านการตรวจสอบจะต้องกลับไปดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 ใหม่อีกครั้ง เพื่อให้ได้ตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสม ในกรณีที่ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากกว่าหนึ่งตัวแบบพยากรณ์ สามารถพิจารณาจาก (Bayesian Information Criterion : BIC) ที่มีค่าต่ำที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 พยากรณ์อนุกรมเวลาล่วงหน้า ด้วยตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

2. วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (Winters' Additive Exponential Smoothing Method)

การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก [9] มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีส่วนประกอบของฤดูกาล โดยที่อัตราส่วนของความผันแปรตามฤดูกาลต่อค่าแนวโน้มมีค่าคงที่ โดยที่อัตราส่วนนี้มีค่าไม่เพิ่มขึ้นและไม่ลดลงตามเวลาที่เปลี่ยนไป ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการ (2)

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t m + \hat{S}_t \quad (2)$$

เมื่อ

a_t แทน ค่าประมาณระยะตัดแกน Y ณ เวลา t, $a_t = \alpha(Y_t - \hat{S}_{t-s}) + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$

b_t แทน ค่าประมาณความชันของแนวโน้ม ณ เวลา t, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$

$\hat{S}_t$ แทน ค่าประมาณความผันแปรตามฤดูกาล ณ เวลา t, $\hat{S}_t = \delta(Y_t - a_t) + (1-\delta)\hat{S}_{t-s}$

$\hat{Y}_t$ และ $\hat{Y}_{t+m}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t และ t+m ตามลำดับ โดยที่ m แทน จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า

α, γ แทน ค่าคงตัวการปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \gamma < 1$

t แทน ช่วงเวลาของอนุกรมเวลา

สำหรับการคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสม และการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ที่ผ่านตามข้อสมมติ ผู้วิจัยทำการตรวจสอบเช่นเดียวกับการพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์

3. วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Winters' Multiplicative Exponential Smoothing Method)

การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ [9] มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีส่วนประกอบของฤดูกาล โดยที่อัตราส่วนของความผันแปรตามฤดูกาลต่อค่าแนวโน้มมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามเวลาที่เปลี่ยนไป และมีค่าคงที่ของการปรับให้เรียบ 3 ตัว คือ ค่าคงที่ของการปรับเรียบของค่าระดับ ค่าคงที่ของการปรับเรียบของค่าความชัน และค่าคงที่ของการปรับเรียบของค่าฤดูกาล ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการ (3)

$$\hat{Y}_{t+m} = (a_t + b_t m) \hat{S}_t \quad (3)$$

เมื่อ

a_t แทน ค่าประมาณ ณ เวลา t แสดงระยะตัดแกน Y , $a_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$

b_t แทน ค่าประมาณ ณ เวลา t แสดงความชันของแนวโน้ม , $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$

$\hat{S}_t$ แทน ค่าประมาณความผันแปรตามฤดูกาล ณ เวลา t , $\hat{S}_t = \delta \left(\frac{Y_t}{a_t} \right) + (1-\delta)\hat{S}_{t-s}$

$\hat{Y}_t$ และ $\hat{Y}_{t+m}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t และ $t+m$ ตามลำดับ โดยที่ m แทน จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า

α, γ, δ แทน ค่าคงตัวการปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \gamma < 1$, $0 < \delta < 1$

t แทน ช่วงเวลาของอนุกรมเวลา

สำหรับการคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสม และการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ที่ผ่านตามข้อสมมติ ผู้วิจัยทำการตรวจสอบเช่นเดียวกับการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

4. การเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

สำหรับการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์จะใช้ข้อมูลชุดสอง คือ ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2567 ถึงเดือนมกราคม 2568 จำนวน 8 ค่า กับค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบการพยากรณ์จากวิธีที่กล่าวมาข้างต้น โดยพิจารณา ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด แสดงดังสมการ (4) และ (5)

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right| \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (5)$$

เมื่อ

$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ แทน ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_t แทน อนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็ง ณ เวลา t

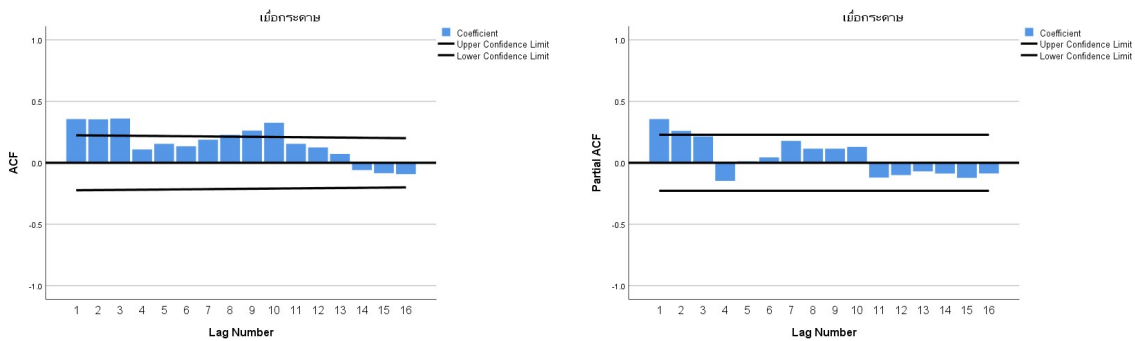
$\hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

ผลการวิจัย

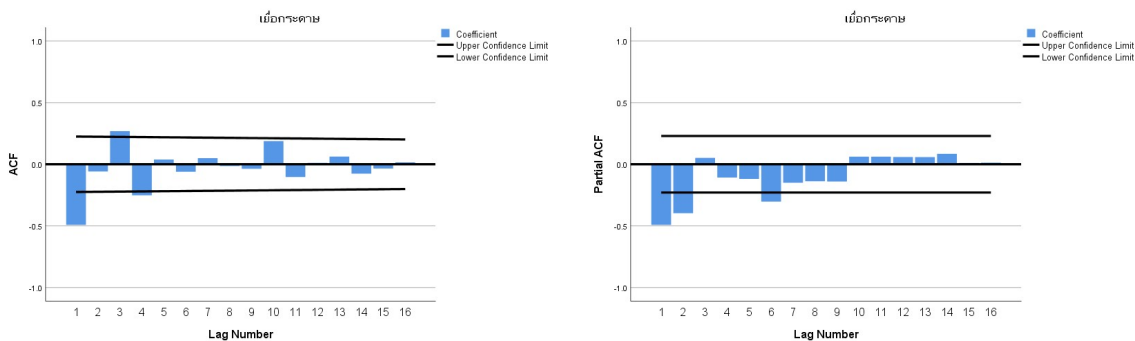
1. ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ใช้ข้อมูลชุดแรก คือ ปริมาณการจำหน่ายเหื่อกระดาด ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนพฤษภาคม 2567 จำนวน 77 ค่า มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์



รูปที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของการจำหน่วยเยื่อกระดาษ



รูปที่ 3 กราฟ ACF และ PACF ของปริมาณจำหน่วยเยื่อกระดาษที่คงที่จากการแปลงข้อมูลด้วยการลอการิทึมธรรมชาติ
ผลต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ($D = 1$)

เมื่อพิจารณารูปของ ACF และ PACF พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณการจำหน่วยเยื่อกระดาษไม่คงที่ ยังมีส่วนประกอบของแนวโน้มและส่วนประกอบของฤดูกาล แสดงดังรูปที่ 2 ดังนั้นจึงต้องแปลงข้อมูลด้วยการลอการิทึมธรรมชาติ ผลต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ($D = 1$) แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะที่คงที่ ดังนั้นสามารถกำหนดแบบจำลองการพยากรณ์ที่เป็นไปได้ คือ ตัวแบบ SARIMA(1,1,1)(1,1,1)₁₂ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ และได้กำหนดตัวแบบพยากรณ์ในรูปแบบอื่น และประมาณค่าพารามิเตอร์ แสดงดังตารางที่ 1 โดยตัวแบบพยากรณ์ที่มีพารามิเตอร์ทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีค่า BIC ต่ำที่สุด และค่าสถิติของบอกซ์และจุง (Ljung-Box Q) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์ ของตัวแบบพยากรณ์ SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s ค่าสถิติ Ljung-Box Q (18) และค่า BIC

SARIMA (p,d,q)(P,D,Q) _s	ค่าประมาณพารามิเตอร์						
	ค่าคงที่ p-value	AR(1): ϕ_1 p-value	MA(1): θ_1 p-value	SAR(1): Φ_1 p-value	SMA(1): Θ_1 p-value	Ljung-Box Q (ณ lag 18) p-value	BIC
(1,1,1)(1,1,1) ₁₂	-0.005 (0.746)	-0.098 (0.593)	0.756 (0.000)	0.069 (0.816)	0.995 (0.959)	22.428 (0.070)	18.022
(1,1,1)(1,1,1) ₁₂	-	-0.094 (0.607)	0.750 (0.000)	0.060 (0.836)	0.984 (0.878)	22.736 (0.065)	17.939
ไม่มีพจน์ค่าคงตัว							
(0,1,1)(0,1,0) ₁₂	0.007 (0.861)	-	0.774 (0.000)	-	-	30.974 (0.020)	18.154
(0,1,1)(0,1,0) ₁₂	-	-	0.775 (0.000)	-	-	30.38 (0.024)	18.069
ไม่มีพจน์ค่าคงตัว							
(0,1,1)(0,1,1) ₁₂	0.001 (0.941)	-	0.790 (0.000)	-	0.936 (0.285)	20.147 (0.214)	17.855
(0,1,1)(0,1,1) ₁₂	-	-	0.790 (0.000)	-	0.958 (0.477)	20.058 (0.218)	17.658
ไม่มีพจน์ค่าคงตัว							
(0,1,0)(0,1,1) ₁₂	0.037 (0.341)	-	-	-	0.676 (0.000)	24.134 (0.116)	18.396
(0,1,1)(0,1,1) ₁₂	-	-	-	-	0.667 (0.000)	24.968 (0.095)	18.273
ไม่มีพจน์ค่าคงตัว							

จากตารางที่ 1 พบว่า คือ ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)(0,1,0)₁₂ ไม่มีพจน์ค่าคงตัว (BIC = 18.069, Ljung-Box Q ณ lag 18 = 30.38, p-value = 0.024) แสดงว่าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ พบว่า $\theta_1 = 0.775$ แทนค่าในสมการ (1) สามารถเขียนตัวแบบพยากรณ์ได้ดังสมการ (6)

$$\hat{Z}_t = Z_{t-1} + Z_{t-12} - Z_{t-13} + \varepsilon_t - 0.775\varepsilon_{t-1} \quad (6)$$

เมื่อ $Z_t = \ln(Y_t)$

หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.081, p-value=0.200) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ (Z-test = -2.520, p-value = 0.012) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t-test = 0.516, p-value = 0.608) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene statistic = 0.571, p-value = 0.843) แสดงว่าตัวแบบพยากรณ์นี้มีความเหมาะสม

2. ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์ พบว่า BIC = 17.209 และค่าสถิติของบ็อกซ์และจุง (Ljung-Box Q) ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 30.144, p-value = 0.012) แสดงว่าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ จากการประมาณค่าพารามิเตอร์จะได้ $\alpha = 0.084$, $\gamma = 0.647$, $\delta = 0.01$, $a_t = 27287.223$ และ $b_t = 320.614$ ณ เวลา t แทนค่าในสมการ (2) จะได้ตัวแบบพยากรณ์ แสดงดังสมการ (7)

$$\hat{Y}_{t+m} = 27287.223 + 320.614m + \hat{S}_t \quad (7)$$

เมื่อ $\hat{S}_t$ แทน ดัชนีฤดูกาล โดยที่ค่าของดัชนีฤดูกาล แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ดัชนีฤดูกาล

เดือน	ค่าประมาณ ของดัชนีฤดูกาล	เดือน	ค่าประมาณ ของดัชนีฤดูกาล	เดือน	ค่าประมาณ ของดัชนีฤดูกาล
มกราคม	208.103	พฤษภาคม	83.589	กันยายน	-217.351
กุมภาพันธ์	70.311	มิถุนายน	85.3669	ตุลาคม	-204.119
มีนาคม	325.289	กรกฎาคม	-1.2769	พฤศจิกายน	-215.606
เมษายน	270.967	สิงหาคม	-142.051	ธันวาคม	-303.136

หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.063, p-value=0.2) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ (Z-test = -0.802, p-value = 0.423) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t-test = 0.455, p-value = 0.65) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene statistic = 0.417, p-value = 0.943) แสดงว่าตัวแบบพยากรณ์มีความเหมาะสม

3. ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์ พบว่า BIC = 17.346 และค่าสถิติของบ็อกซ์และจุง (Ljung-Box Q) ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 21.313, p-value = 0.127) แสดงว่าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ จากสมการ (3) จากการประมาณค่าพารามิเตอร์จะได้ $\alpha = 0.201$, $\gamma = 0.001$, $\delta = 0.198$, $a_t = 25149.550$ และ $b_t = 23.223$ ณ เวลา t แทนค่าในสมการ (2) จะได้ตัวแบบพยากรณ์ แสดงดังสมการ (8)

$$\hat{Y}_{t+m} = (25149.550 + 23.223m)\hat{S}_t \quad (8)$$

เมื่อ $\hat{S}_t$ แทน ดัชนีฤดูกาล โดยที่ค่าของดัชนีฤดูกาล แสดงดังตารางที่ 3

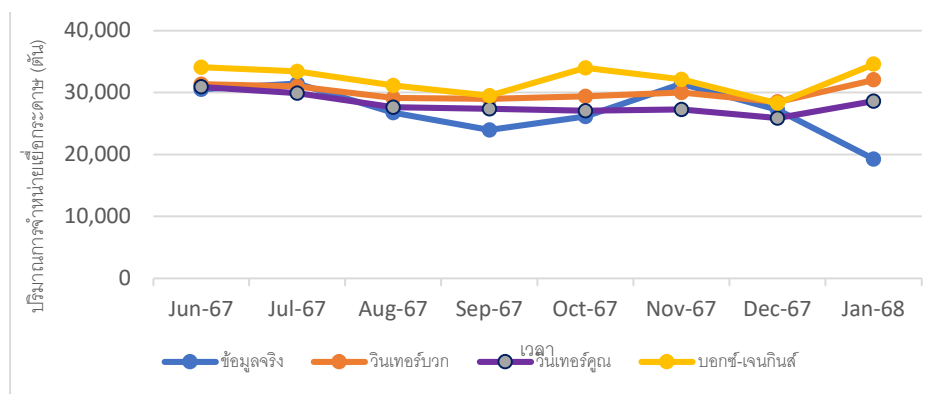
ตารางที่ 3 ดัชนีฤดูกาล

เดือน	ค่าประมาณ ของดัชนีฤดูกาล	เดือน	ค่าประมาณ ของดัชนีฤดูกาล	เดือน	ค่าประมาณ ของดัชนีฤดูกาล
มกราคม	1.396	พฤษภาคม	1.121	กันยายน	1.003
กุมภาพันธ์	1.167	มิถุนายน	1.153	ตุลาคม	1.054
มีนาคม	1.283	กรกฎาคม	1.110	พฤศจิกายน	1.009
เมษายน	1.234	สิงหาคม	1.042	ธันวาคม	0.947

หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov $Z = 0.125$, $p\text{-value} = 0.045$) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ ($Z\text{-test} = 0.346$, $p\text{-value} = 0.730$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t\text{-test} = -0.312$, $p\text{-value} = 0.756$) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene statistic = 0.715, $p\text{-value} = 0.720$) แสดงว่าตัวแบบพยากรณ์นี้มีความเหมาะสม

4. ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

จากการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงของปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษและค่าพยากรณ์จากทั้ง 3 วิธี พบว่าค่าพยากรณ์จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณให้ค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 4 และเมื่อพิจารณาค่า MAPE และ RMSE พบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณมีค่าต่ำสุด (MAPE = 11.775%, RMSE = 3921.166) แสดงว่าวิธีนี้มีความแม่นยำมากที่สุดในการพยากรณ์ และวิธีการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำรองลงมา คือ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (MAPE = 15.251%, RMSE = 5115.36) และบอซ-เจนกินส์ (MAPE = 21.674%, RMSE = 6756.037) ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงของปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษ (ตัน) และค่าพยากรณ์จาก 3 วิธี
ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2567 ถึง เดือนมกราคม 2568

ตารางที่ 4 ค่าจริง ค่าพยากรณ์ MAPE และ RMSE ของวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี

ระยะเวลา	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์		
		วิธีบอกซ์-เจนกินส์	วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก	วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ
มิถุนายน 2567	30,526	34112.41	31331.65	30916.1
กรกฎาคม 2567	31,444	33419.36	30985.42	29881.07
สิงหาคม 2567	26,735	31131.19	29114.42	27639.29
กันยายน 2567	23,953	29500.12	28967.12	27385.86
ตุลาคม 2567	26,137	34007.23	29367.53	27041.67
พฤศจิกายน 2567	31,450	32138.78	29985.24	27264.82
ธันวาคม 2567	27,218	28294.65	28503.64	25893.05
มกราคม 2568	19,271	34590.99	32055.15	28636.85
MAPE		21.6742	15.2512	11.7751
RMSE		6756.0307	5115.3600	3921.1659

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้เปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเยื่อกระดาษ โดยใช้ข้อมูลจากจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนมกราคม 2568 จำนวน 85 ค่า และได้แบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด ชุดแรก จำนวน 77 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนพฤษภาคม 2567 และชุดที่สอง จำนวน 8 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2567 ถึงเดือนมกราคม 2568 ตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติทั้งหมด 3 วิธี คือ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ในการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่าวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ เป็นวิธีที่มีความแม่นยำและประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_{t+m} = (25149.550 + 23.223m)\hat{S}_t$

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาที่พบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการจับลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลที่มีแนวโน้มเชิงเส้นตรงและส่วนประกอบของฤดูกาล นั้นแสดงให้เห็นว่าวิธีนี้เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างคงที่ในระยะยาว โดยไม่จำเป็นที่จะเป็นการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแนวโน้ม ซึ่งในกรณีนี้ เส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ สามารถจับการเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากมันใช้ข้อมูลทั้งในระดับช่วงเวลาและฤดูกาลมาเป็นองค์ประกอบในการคำนวณพยากรณ์ นอกจากนี้ ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับความผันผวนของข้อมูล ซึ่งทำให้ค่าพยากรณ์ ที่ได้จากการใช้วิธีนี้มีความใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด และการคำนวณในเชิงตัวเลขของ MAPE และ RMSE ที่ได้ต่ำสุดแสดงถึงความแม่นยำสูงในการพยากรณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการลดลงของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ ผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ I Komang Arya Ganda Wiguna และคณะ [10] ซึ่งได้ศึกษาถึง

การใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณในการพยากรณ์ข้อมูลที่มีฤดูกาลและแนวโน้มที่ชัดเจน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ I Made Subrata Sandhiyasa และคณะ [11] ที่พบว่าวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณก็สามารถจับลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลได้ดีในกรณีที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและมีฤดูกาลที่มีความสม่ำเสมอ การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การจำหน่ายเยื่อกระดาษเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการพยากรณ์ที่แม่นยำสามารถช่วยให้ธุรกิจสามารถวางแผนการผลิต การจัดจำหน่าย และการบริหารสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพยากรณ์ที่แม่นยำยังช่วยให้ธุรกิจสามารถปรับตัวได้ดีต่อความผันผวนของตลาด ลดต้นทุนในการผลิตและจัดเก็บสินค้า และเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนกลยุทธ์ทางธุรกิจ เช่น การขยายกำลังการผลิตหรือการจัดซื้อวัตถุดิบในช่วงเวลาที่มีความต้องการสูง ซึ่งส่งผลให้สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้ตรงเวลาและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

- [1] รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2567). เข้าถึงได้จาก https://www.oie.go.th/assets/portals/1/filesups/2/files/Industry%20conditions/Q1_2567forQ2_2567.pdf
- [2] พรณิภา คุมสิน และสมศรี บัณฑิตวีโล. (2561). การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ยอดขายเครื่องปรับอากาศโดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์, วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 26(3), (363-376).
- [3] วรางคณา เรียนสุทธิ. (2562). ตัวแบบพยากรณ์ราคาขายส่งกล้วยไม้แคทลียาที่ตลาดสี่มุมเมือง. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 14(2), (76-92).
- [4] Ince, M. N and Tasdemir, Ç. (2024). Forecasting Retail Sales for Furniture and Furnishing Items through the Employment of Multiple Linear Regression and Holt-Winters Models. Systems, 12(219), (64-73).
- [5] Nurman, S., Nusrang, M and Sudarmin. (2022) Analysis of Rice Production Forecast in Maros District Using the Box-Jenkins Method with the ARIMA Model. ARRUS Journal of Mathematics and Applied Science, 2(1), (36-48).
- [6] Sirisha, U. M., Belavagi, M. C., and Attigeri, G. (2022). Profit Prediction Using ARIMA, SARIMA and LSTM Models in Time Series Forecasting: A Comparison. IEEE Access, 10, (124715-124727).
- [7] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). เข้าถึงได้จาก <https://www.oie.go.th>
- [8] มุกดา แม้นมิตร. (2549). อนุกรมเวลาและการพยากรณ์. ประกายพริก. กรุงเทพมหานคร
- [9] สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2546). เทคนิคการพยากรณ์. ภารกิจเอกสารและตำรา มหาวิทยาลัยทักษิณ. สงขลา.
- [10] Wiguna, I. K. A. G., Utami, N. L. P. A. C., Parwita, W. G. S., Udayana, I. P. A. E. D., and Sudipa, I. G. I. (2023). Rainfall Forecasting Using the Holt-Winters Exponential Smoothing Method. Jurnal Info Sains, 13(1), (15-23).
- [11] Sandhiyasa, I. M. S., Negara, I. G. B. A., Sarasvananda, I. B. G., Atmaja, K. J., & Sudipa, I. G. I. (2024). Modeling of Forecasting the Number of Passenger Departures at I Gusti Ngurah Rai Airport Using the Double Exponential Smoothing and Triple Exponential Smoothing Methods. ISAR Journal of Science and Technology, 2(8), (47-58).

ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย A Forecasting Model for the Export Volume of Frozen Fish Fillets in Thailand

กิตยาการ อิศรางกูร ณ อยุธยา^{1,*} และ สายฝน เทียมแก้ว²

Kittayakarn Isarangura Na Ayuthya^{1,*} and Saiphon Thamkeaw²

¹สำนักวิชาศึกษาทั่วไป, สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา, กรุงเทพมหานคร, 10300, ประเทศไทย

²สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์, นนทบุรี, 11120, ประเทศไทย

¹Chitralada Technology Institute, Bangkok, 10300, Thailand

²Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi, 11120, Thailand

*Corresponding Author E-mail: kittayakarn@gmail.com

รับบทความ (Received) : March 21, 2025 /ปรับปรุงแก้ไข (Revised) : May 31, 2025 /ตอบรับบทความ (Accepted) : June 17, 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ คือ การสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมของปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย โดยใช้วิธีการทางสถิติทั้งหมด 3 วิธี คือ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งได้มาจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2567 จำนวน 83 ค่า และได้แบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด ชุดแรก จำนวน 77 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนพฤษภาคม 2567 และชุดที่สอง จำนวน 6 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2567 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2567 โดยที่ข้อมูลชุดแรกใช้สำหรับสร้างตัวแบบพยากรณ์ และข้อมูลชุดสองใช้สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ผลการวิจัย พบว่าตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด (MAPE = 21.650 และ RMSE = 1267.954)

คำสำคัญ : ตัวแบบพยากรณ์, ปริมาณการส่งออก, การปรับให้เรียบ

Abstract

The purpose of this study is to develop an appropriate forecasting model for the export volume of frozen fish fillets in Thailand using four statistical methods: Holt's exponential smoothing, Brown's exponential smoothing, and the Damped trend exponential smoothing method. The time series data on frozen fish meat export volume were gathered from the Office of Agricultural Economics website from January 2018 to November 2024. The 83 observations were divided into two datasets. The first dataset had 77 observations from January 2018 to May 2024. The second dataset had 6 observations from June 2024 to November 2024. The first dataset for creating the forecasting model. The second dataset is for checking the accuracy of the

forecasting models via the criterion of the lowest mean absolute percentage error (MAPE) and the lowest root mean square error (RMSE), with the model yielding the lowest values considered the most suitable. The results showed that Holt's exponential smoothing method is most suitable for this time series (MAPE = 21.650 and RMSE = 1267.954).

Keywords : Forecasting model, Export volume, Smoothing

บทนำ

การบริโภคเนื้อปลาเป็นหนึ่งในทางเลือกที่สำคัญของการรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพ เนื้อปลามีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยโปรตีนคุณภาพดีและไขมันไม่อิ่มตัวที่มีประโยชน์ โดยเฉพาะกรดไขมันโอเมก้า-3 ที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพหัวใจและสมอง นอกจากนี้เนื้อปลายังมีแร่ธาตุและวิตามินที่จำเป็นต่อการทำงานของร่างกาย เช่น วิตามิน D และแคลเซียม ซึ่งช่วยในการเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง การรับประทานปลาอย่างสม่ำเสมอช่วยลดความเสี่ยงจากโรคหลายชนิด เช่น โรคหัวใจ เบาหวานประเภท 2 และโรคมะเร็งบางประเภท ด้วยประโยชน์ที่มีต่อสุขภาพอย่างมาก การบริโภคเนื้อปลาได้รับการแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านโภชนาการให้เป็นส่วนสำคัญของการรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพในชีวิตประจำวัน ซึ่งส่งผลให้ความต้องการเนื้อปลาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้อุตสาหกรรมการส่งออกเนื้อปลาแข่งขันกลายเป็นหนึ่งในภาคธุรกิจที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย การเติบโตของอุตสาหกรรมนี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มมูลค่าการส่งออกของประเทศ แต่ยังสร้างรายได้และการจ้างงานในภาคการประมงและการแปรรูปอาหาร รวมถึงส่งเสริมการพัฒนาทางเศรษฐกิจในระดับประเทศ เนื่องจากไทยเป็นประเทศที่มีทรัพยากรทางทะเลอุดมสมบูรณ์และมีศักยภาพในการผลิตและแปรรูปเนื้อปลาเพื่อการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ อุตสาหกรรมนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อภาคการเกษตรและการประมง รวมถึงสร้างรายได้ให้กับประเทศในระดับสูง โดยเฉพาะจากตลาดสำคัญ เช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา กลุ่มอาเซียน [1] ซึ่งมีความต้องการเนื้อปลาแช่แข็งคุณภาพสูงอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งมีการแข่งขันสูง ทั้งจากผู้ผลิตในประเทศและต่างประเทศ โดยต้องให้ความสำคัญกับคุณภาพ ความปลอดภัยของอาหาร และมาตรฐานสากล เช่น ระบบการวิเคราะห์อันตรายและควบคุมจุดวิกฤต (HACCP) และหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต (GMP) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยและเป็นที่ยอมรับในตลาดโลกเพื่อให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ นอกจากนี้ การพัฒนากระบวนการผลิตที่ทันสมัย และการแปรรูปอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาเป็นเทคนิคสำคัญที่ช่วยลดการสูญเสียหลังการจับปลา (post-harvest loss) และรักษาคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลาให้คงอยู่ได้นานขึ้น เนื้อปลาเป็นแหล่งโปรตีนที่เน่าเสียง่ายเนื่องจากมีปริมาณน้ำสูงและมีเอนไซม์ที่กระตุ้นการเสื่อมสภาพ รวมถึงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีแปรรูปจึงเข้ามามีบทบาทในการยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การแช่เยือกแข็ง (Freezing) การอบแห้ง (Drying) และการรมควัน (Smoking) และยังมีอีกหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ การแช่เยือกแข็ง เป็นการช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และชะลอปฏิกิริยาเคมีในเนื้อปลา การแช่เยือกอย่างรวดเร็ว (quick freezing) สามารถรักษาเนื้อสัมผัสและรสชาติของปลาได้ดีกว่าการแช่แข็งแบบช้า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ไม่เพียงช่วยยืดอายุการเก็บรักษา แต่ยังเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อปลา ผ่านการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีความหลากหลาย ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับคุณภาพ ความสะดวก และความปลอดภัยของอาหาร จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการไทย แนวโน้มของอุตสาหกรรมนี้ยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงของกฎระเบียบการค้าระหว่างประเทศ เช่น ข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนในการทำประมง นอกจากนี้พฤติกรรมของผู้บริโภคที่หันมาให้ความสนใจกับอาหารเพื่อสุขภาพและโปรตีนจากแหล่งธรรมชาติมากขึ้น ทำให้มีโอกาสนในการขยายตลาดและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้น ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งจึงต้องปรับตัวและพัฒนากลยุทธ์ให้

สอดคล้องกับแนวโน้มของตลาดเพื่อให้สามารถแข่งขันและเติบโตได้อย่างยั่งยืน การเพิ่มขึ้นของความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารทะเลจากประเทศไทยในตลาดโลก จากสถิติการส่งออกปลาในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2567 ประเทศไทยมีการส่งออกปลาจำนวน 161,353 ตัน มูลค่า 18,112 ล้านบาท มีการเพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและมูลค่า โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 18 และ 24 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2566 [2] เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงการขยายตัวของความนิยมในอาหารทะเล ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมผู้บริโภคทั่วโลก การเพิ่มขึ้นของความต้องการนี้ทำให้การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งกลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถวางแผนการผลิต การตลาด และการจัดการโลจิสติกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ การใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตเพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์อนาคตจะช่วยลดความไม่แน่นอนในตลาด และปรับกลยุทธ์การดำเนินธุรกิจให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ดียิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาวิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ คือ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก เพื่อนำไปคัดเลือกตัวแบบที่มีความแม่นยำสูงสุด และใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มการส่งออกในอนาคต ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มขึ้นหรือลดลง รวมถึงการคาดการณ์ปริมาณที่แน่นอนของการส่งออก ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในการกำหนดแผนการผลิตให้สอดคล้องกับแนวโน้มตลาด นอกจากนี้ ค่าพยากรณ์ดังกล่าวยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถของผู้ประกอบการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทยให้สามารถแข่งขันในเวทีโลกได้มากขึ้น รวมถึงช่วยให้รัฐบาลสามารถกำหนดนโยบายที่เหมาะสมในการสนับสนุนการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไป

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมของปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย โดยใช้วิธีการทางสถิติจำนวน 3 วิธี คือ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัญลิน จิรัฐชยต์ [3] ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกแป้งข้าวเหนียวของไทยไปประเทศจีน ด้วยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายและวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบ MA(1) ที่ได้จากวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์เป็นตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม (MAPE = 27.964%)

วราภรณ์ เรียงสุทธิ [4] ศึกษาการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ราคาอ้อย ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ และวิธีการพยากรณ์รวม ผลการศึกษาพบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่ายเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด (MAPE = 1.74%) เป็นวิธีพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

วราภรณ์ เรียงสุทธิ [5] ศึกษาการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ราคากระเทียม โดยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติ ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ผลการศึกษาพบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์เป็นวิธีที่มีความถูกต้องและเหมาะสมมากที่สุด ให้ค่า RMSE และ MAPE ต่ำที่สุด (MAPE = 4.58%, RMSE = 1.99)

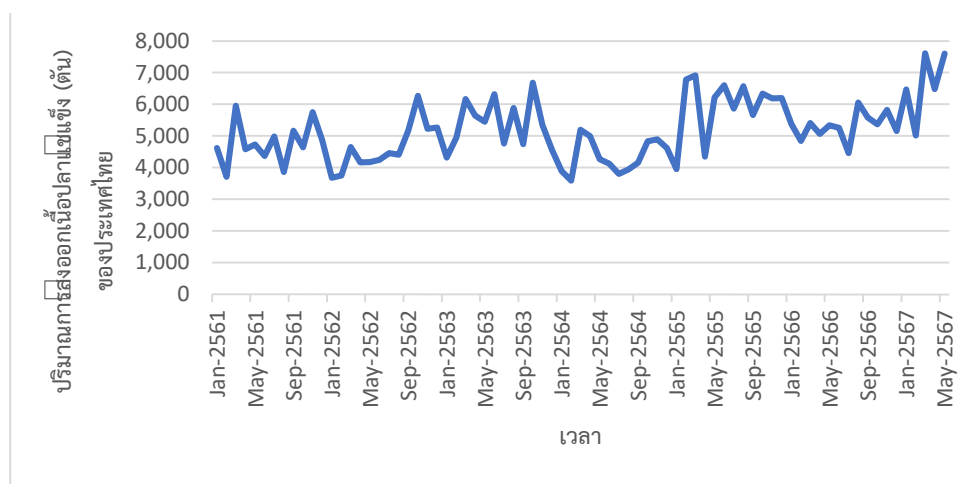
อุปภิษฐา อินทรสาด และ นัสมล บุตรวิเศษ [6] ศึกษาการสร้างตัวแบบการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกยางแผ่นรมควันของประเทศไทย โดยเทคนิคที่เลือกใช้สร้างตัวแบบมี 3 วิธี ได้แก่ วิธีการของ

บอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือ ตัวแบบที่สร้างด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกโดยให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด (MAPE = 11.33%)

Dustin Tarinque Loreño และ Yu-Chuan Huang [7] ศึกษาการสร้างตัวแบบพยากรณ์สำหรับการค้าสับปะรดของฟิลิปปินส์ ด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของแดม และวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือ ตัวแบบที่สร้างด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยให้ค่า RMSE และ MAPE ต่ำที่สุด (RMSE = 71.589, MAPE = 6%)

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [8] ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2567 จำนวน 83 ค่า และได้แบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด ชุดแรก จำนวน 77 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมกราคม 2559 ถึง เดือนพฤษภาคม 2567 และชุดที่สอง จำนวน 6 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2567 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2567 โดยที่ข้อมูลชุดแรกสำหรับการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ และชุดสองสำหรับการเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำและเหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าที่ต่ำที่สุดด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute percentage error : MAPE) และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) จากการศึกษาข้อมูลชุดแรก (เดือนมกราคม 2559 ถึง เดือนพฤษภาคม 2567) จำนวน 77 ค่า พบว่าข้อมูลมีอิทธิพลของแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็ง (ตัน) ของประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนพฤษภาคม 2567 [8]

การศึกษานี้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ ผู้วิจัยเลือกใช้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ (Holt's Exponential Smoothing) วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ (Brown's Exponential Smoothing) และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม (Damped Trend

Exponential Smoothing) สำหรับการเลือกแบบจำลองการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยใช้เกณฑ์ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ที่มีค่าต่ำที่สุด แบบจำลองการพยากรณ์โดยใช้วิธีการทางสถิติทั้งหมด 3 วิธี แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ (Holt's Exponential Smoothing)

วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มเชิงเส้นตรงและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล [9] มีค่าคงที่ 2 ตัว คือ ค่าคงที่สำหรับปรับเรียบของค่าระดับ (α) และค่าคงที่สำหรับการปรับเรียบของค่าความชัน (γ) และตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการ (1)

$$\hat{Y}_{t+h} = a_t + b_t(h) \quad (1)$$

เมื่อ

$\hat{Y}_{t+h}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+h$

h แทน ช่วงจำนวนเวลาที่ต้องพยากรณ์ล่วงหน้า

a_t แทน ค่าประมาณ ณ เวลา t แสดงระยะตัดแกน Y โดยที่ $a_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$

b_t แทน ค่าประมาณ ณ เวลา t แสดงความชันของแนวโน้ม โดยที่ $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$

α, γ แทนค่าคงที่การปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \gamma < 1$

t แทนช่วงเวลาของอนุกรมเวลา

สำหรับการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยทำการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนต้องมีความเป็นอิสระต่อกันด้วยสถิติทดสอบของโคลโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov's test) สำหรับการตรวจสอบความเป็นอิสระต่อกันด้วยสถิติทดสอบรัน (Run test) การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ด้วยการทดสอบที (t-test) และความแปรปรวนคงที่ด้วยการทดสอบของเลวีนาภายใต้การใช้มัธยฐาน (Levene's test based on median)

2. การสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ (Brown's Exponential Smoothing)

วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของบราวน์ [9] เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มเชิงเส้นตรงและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล มีค่าคงที่ของการปรับเรียบของค่าระดับและค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชันเท่ากัน ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังสมการ (2)

$$\hat{Y}_{t+h} = a_t + b_t \left[(h-1) + \frac{1}{\alpha} \right] \quad (2)$$

เมื่อ

$\hat{Y}_{t+h}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+h$

h แทน ช่วงจำนวนเวลาที่ต้องพยากรณ์ล่วงหน้า

a_t แทน ค่าประมาณ ณ เวลา t แสดงระยะตัดแกน Y โดยที่ $a_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(a_{t-1})$

b_t แทน ค่าประมาณ ณ เวลา t แสดงความชันของแนวโน้ม โดยที่ $b_t = \alpha(a_t - a_{t-1}) + (1-\alpha)b_{t-1}$

α, γ แทน ค่าคงที่การปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \gamma < 1$

t แทน ช่วงเวลาของอนุกรมเวลา

สำหรับการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์จะพิจารณาเหมือนกับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์

3. การสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม (Damped Trend Exponential Smoothing Method)

วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบแดม [9] เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะไม่มีส่วนประกอบของฤดูกาล และมีอัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลงเปลี่ยนแปลงช้ากว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแนวโน้มที่เป็นเส้นตรง มีค่าคงที่การทำให้เรียบ 3 ตัว คือ ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าระดับ (α) ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชัน (γ) และค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชันแบบแดม (ϕ) ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการ (3)

$$\hat{Y}_{t+h} = a_t + b_t \sum_{i=1}^h \phi^i \quad (3)$$

เมื่อ

$\hat{Y}_{t+h}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+h$

h แทน ช่วงจำนวนเวลาที่ต้องพยากรณ์ล่วงหน้า

a_t แทน ค่าประมาณ ณ เวลา t แสดงระยะตัดแกน Y โดยที่ $a_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(a_{t-1} + \phi b_{t-1})$

b_t แทน ค่าประมาณ ณ เวลา t แสดงความชันของแนวโน้ม โดยที่ $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1-\gamma)\phi b_{t-1}$

α, γ แทน ค่าคงที่การปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1, 0 < \gamma < 1$

ϕ แทน ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชันแบบแดม โดยที่ $0 < \phi < 1$

t แทน ช่วงเวลาของอนุกรมเวลา

สำหรับการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์จะพิจารณาเหมือนกับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮสต์

4. การเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

สำหรับการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์จะใช้ข้อมูลชุดสอง คือ ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2567 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2567 จำนวน 6 ค่า กับค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบการพยากรณ์จากวิธีที่กล่าวมาข้างต้น โดยพิจารณา ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด แสดงดังสมการ (4) และ (5)

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right| \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (5)$$

เมื่อ

$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ แทน ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_t แทน อนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็ง ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

ผลการวิจัย

ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ใช้ข้อมูลชุดแรก คือ ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย ตั้งแต่เดือน มกราคม 2561 ถึงเดือนพฤษภาคม 2567 จำนวน 83 ค่า มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์

จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีของโฮลต์พบว่า BIC = 13.557 และค่าสถิติของบ็อกซ์และจุง (Ljung-Box Q) ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Ljung-Box Q ณ lag 18=25.234, p-value=0.066) แสดงว่าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ จากการประมาณค่าพารามิเตอร์จะได้ $\alpha = 0.301$, $\gamma = 0.000000.971$, $a_t = 5377.157$ และ $b_t = 1.052$ ณ เวลา $t = 77$ (พฤษภาคม 2567) แทนค่าในสมการ (1) จะได้ตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการ (6)

$$\hat{Y}_{t+h} = 5377.157 - 1.052(h) \quad (6)$$

หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.096, p-value=0.078) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ (Z-test = -0.113, p-value = 0.910) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t-test = 0.286, p-value = 0.776) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene statistic = 0.306, p-value = 0.982) แสดงว่าตัวแบบการพยากรณ์มีความเหมาะสม

2. ผลการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบรวาน

จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีของบรวาน พบว่า BIC = 13.559 และค่าสถิติของบ็อกซ์และจุง (Ljung-Box Q) ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 27.111, p-value=0.056) แสดงว่าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ จากการประมาณค่าพารามิเตอร์จะได้ $\alpha = 0.183$, $a_t = 5488.201$ และ $b_t = -24.596$ ณ เวลา $t = 77$ (พฤษภาคม 2567) แทนค่าในสมการ (2) จะได้ตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการ (7)

$$\hat{Y}_{t+h} = 5488.201 - 24.596 \left[(h-1) + \frac{1}{0.183} \right] \quad (7)$$

หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.079, p-value=0.2) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ (Z-test = -0.343, p-value = 0.732) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t-test = 0.440, p-value = 0.661) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene statistic = 0.359, p-value = 0.967) แสดงว่าตัวแบบการพยากรณ์มีความเหมาะสม

3. ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตร

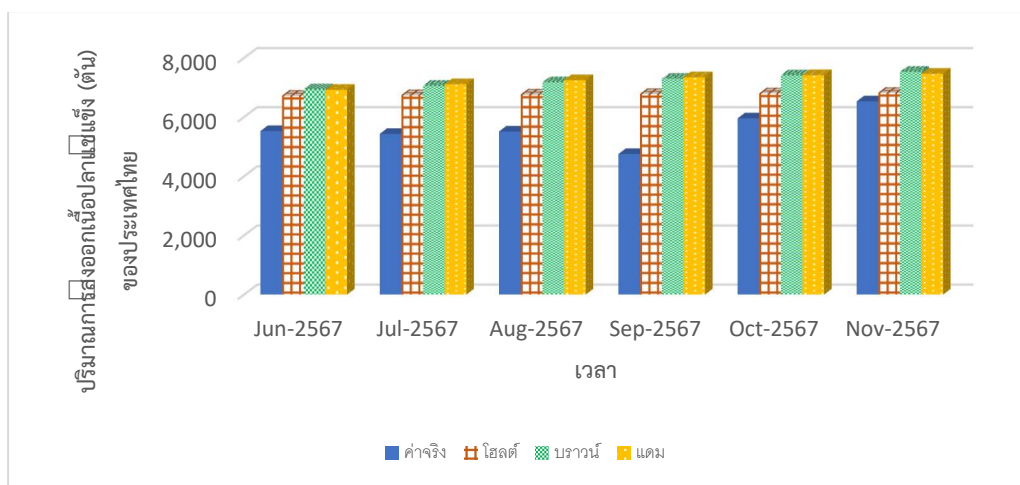
จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตร พบว่า BIC = 13.618 และค่าสถิติของบ็อกซ์และจุง (Ljung-Box Q) ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 21.227, p-value=0.130) แสดงว่าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ จากการประมาณค่าพารามิเตอร์จะได้ $\alpha = 0.166$, $\gamma = 0.996$, $\phi = 0.712$, $a_t = 5195.726$ และ $b_t = -129.567$ ณ เวลา $t = 77$ (พฤษภาคม 2567) แทนค่าในสมการ (3) จะได้ตัวแบบการพยากรณ์ แสดงดังสมการ (8)

$$\hat{Y}_{t+h} = 5195.726 - 129.567 \sum_{i=1}^h 0.712^i \quad (8)$$

หลังจากนั้นตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov $Z = 0.085$, $p\text{-value} = 0.2$) มีการเคลื่อนไหวแบบอิสระ ($Z\text{-test} = -0.343$, $p\text{-value} = 0.732$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($t\text{-test} = 0.680$, $p\text{-value} = 0.498$) และมีความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา (Levene statistic = 0.383, $p\text{-value} = 0.958$) แสดงว่าตัวแบบการพยากรณ์นี้มีความเหมาะสม

4. ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

จากการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงของปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งและค่าพยากรณ์จากทั้ง 3 วิธีพบว่าค่าพยากรณ์จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ให้ค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 2 และเมื่อพิจารณา ค่า MAPE และ RMSE พบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ มีค่าต่ำสุด (MAPE = 21.650%, RMSE = 1267.954) แสดงว่าวิธีนี้มีความแม่นยำมากที่สุดในการพยากรณ์ และวิธีการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำรองลงมา คือ วิธีการทำให้เรียบเอกซ์โปเนนเชียลเส้นตรงของบราวน์ (MAPE = 29.849%, RMSE = 1683.901) และวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลแบบแตร (MAPE = 30.21%, RMSE = 1,710.18) ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงของปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็ง (ตัน) ของประเทศไทย และค่าพยากรณ์จาก 3 วิธี ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2567

ตารางที่ 1 ค่า MAPE และ RMSE ของวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี จากข้อมูลตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2567

ระยะเวลา	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์		
		วิธีการปรับเรียบด้วย เส้นโค้งเลขชี้กำลังของ โฮลต์	วิธีการปรับเรียบด้วย เส้นโค้งเลขชี้กำลังของ บราวน์	วิธีการปรับเรียบด้วยเส้น โค้งเลขชี้กำลังที่มี แนวโน้มแบบแตรม
มิถุนายน 2567	5,526	6721.72	6940.21	6919.91
กรกฎาคม 2567	5,430	6741.50	7058.00	7112.27
สิงหาคม 2567	5,512	6761.28	7175.79	7249.19
กันยายน 2567	4,748	6781.06	7293.58	7346.64
ตุลาคม 2567	5,957	6800.83	7411.37	7416.00
พฤศจิกายน 2567	6,530	6820.61	7529.17	7465.37
MAPE		21.65*	29.85	30.21
RMSE		1,267.59*	1,683.90	1,710.18

* แสดงค่าที่ต่ำสุด

เมื่อใช้วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์พยากรณ์ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2567 ถึงเดือนพฤษภาคม 2568 ได้ผลแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 2 ค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็ง (ตัน) ของประเทศไทย ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2567 ถึงเดือนพฤษภาคม 2568

ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์
ธันวาคม 2567	6840.39	มีนาคม 2568	6899.73
มกราคม 2568	6860.17	เมษายน 2568	6919.51
กุมภาพันธ์ 2568	6879.95	พฤษภาคม 2568	6939.29

อภิปรายผล

สำหรับผลการศึกษานี้พบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด วิธีการดังกล่าวนี้ มีความสามารถในการจับลักษณะแนวโน้มเชิงเส้น (Linear Trend) ของข้อมูลได้อย่างแม่นยำ โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในทิศทางเดียว ไม่ว่าจะเป็นแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง นอกจากนี้ยังสามารถปรับตัวให้เข้ากับ ความผันผวนของข้อมูลได้ดี ทำให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด ส่งผลให้ MAPE และ RMSE มีค่าต่ำสุด ผลลัพธ์ที่ได้นี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของภิญโญ ภูกษาภิ และจาตุรนต์ แซ่มสู่น [10] ที่ได้ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการสินค้าผลไม้แปรรูป เพื่อการวางแผนการผลิตกรณีศึกษาบริษัท XYZ จำกัด ผลวิจัยพบว่าวิธีการพยากรณ์วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังมีค่า ความผิดพลาดต่ำที่สุดสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลนี้ งานวิจัยของปัญญา สราญพันธ์ และคณะ [11] ศึกษาการลดค่าคลาดเคลื่อน ในการพยากรณ์ความต้องการของสินค้าอุตสาหกรรมที่มีความผันแปรสูงด้วยเทคนิคการแปลงข้อมูล ผลวิจัยพบว่า วิธีการปรับเรียบ

แบบโฮลต์มีประสิทธิภาพดีสำหรับข้อมูลที่เชื่อว่าควรใช้การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม และสามารถปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลได้ อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงว่าวิธีการพยากรณ์แต่ละแบบมีข้อจำกัดของตนเอง แม้ว่าวิธีการของโฮลต์จะให้ผลลัพธ์ที่ดีสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้ม แต่ในกรณีที่ข้อมูลมีความแปรปรวนสูงหรือมีองค์ประกอบของฤดูกาล วิธีการพยากรณ์อื่น เช่น วิธีการปรับเรียบแบบโฮลต์-วินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing) อาจให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า ดังนั้นในการประยุกต์ใช้วิธีการพยากรณ์ ควรพิจารณาลักษณะของข้อมูลเป็นหลักเพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

เมื่อใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ในการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งตั้งแต่เดือนธันวาคม 2567 ถึงเดือนพฤษภาคม 2568 พบว่า ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก สภาพอากาศที่แปรปรวน ส่งผลให้ชาวประมงไม่สามารถออกจับปลาได้ตามกำหนดในช่วงที่สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย ทำให้ปริมาณผลผลิตปลาลดลงชั่วคราว เมื่อสภาพอากาศกลับเข้าสู่ภาวะปกติ ชาวประมงสามารถกลับมาจับปลาได้ตามปกติ ทำให้ผลผลิตเนื้อปลาแช่แข็งถูกปล่อยออกสู่ตลาดในปริมาณมากพร้อมกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดภาวะผลผลิตล้นตลาดเกินกว่าความต้องการของผู้บริโภค สถานการณ์นี้สะท้อนถึงความผันผวนของปริมาณการส่งออก ที่เชื่อมโยงกับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอย่างใกล้ชิด โดยในระยะสั้นราคาส่งออกอาจปรับตัวสูงขึ้นเนื่องจากอุปทานที่ลดลง แต่ในระยะยาวเมื่อผลผลิตออกสู่ตลาดมากขึ้นไป จะเกิดแรงกดดันให้ราคาปรับตัวลดลงตามกลไกของตลาด ทั้งนี้ความไม่แน่นอนของสภาพอากาศ จึงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเสถียรของปริมาณและราคาการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้เปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2567 จำนวน 83 ค่า และได้แบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด ข้อมูลชุดแรก จำนวน 77 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนพฤษภาคม 2567 ใช้สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตรัม และข้อมูลชุดที่สองจำนวน 6 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2567 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2567 ใช้สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่าวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ เป็นวิธีที่มีความแม่นยำและประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_{t+h} = 5377.157 - 1.052(h)$

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กรมประมง. (2567). เข้าถึงได้จาก <https://www.fisheries.go.th/strategy-tradestat/images/FisheriesInterTrade/ThailandTrading/Monthly/2567/Jan67.pdf>
- [2] สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย. (2567). เข้าถึงได้จาก <https://www.thai-frozen.or.th/Content/Images/Insights-file/IndustrySummary>
- [3] กัญลิน จิรัฐชุต. (2566). ตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกแปรรูปของประเทศไทยไปประเทศจีน. *Life Sciences and Environment Journal*, 24(1), (118-134).
- [4] วรางคณา เรียนสุทธิ. (2563). การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ราคาอ้อย. *วารสารคณิตศาสตร์ ปริมา*, 65(701), (30-48).
- [5] วรางคณา เรียนสุทธิ. (2563). การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ราคากระเทียม โดยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติ. *วารสารคณิตศาสตร์ ปริมา*, 65(702), (11-26).
- [6] อุปวิฐา อินทรสาด และ นัสมล บุตรวิเศษ. (2565). ตัวแบบการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกยางแผ่นรมควันของประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 24(1), (76-86).

- [7] Dustin Tarinque Loreño และ Yu-Chuan Huang. (2567). Pineapple Trade Projections. International Journal of Research in Vocational Studies, 4(3), (64-73).
- [8] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). เข้าถึงได้จาก <https://www.oie.go.th/view/1/statistics/TH-TH>
- [9] มุกดา แม้นมิตร. (2549). อนุกรมเวลาและการพยากรณ์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ประกายพรึก.
- [10] ภาณุภัส พุกษากิจ และจาตุรนต์ แซ่มส่น. (2566). การพยากรณ์ความต้องการสินค้าผลไม้แปรรูปเพื่อการวางแผนการผลิตกรณีศึกษาบริษัท XYZ จำกัด. วารสารบริหารธุรกิจ, 13(1), (105-119).
- [11] ปัญญา สำราญหัตต์ และคณะ. (2566). การลดค่าตลาดเคลื่อนไหวในการพยากรณ์ความต้องการของสินค้าอุตสาหกรรมที่มีความผันแปรสูงด้วยเทคนิคการแปลงข้อมูล. วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 10(1), (36-54).

การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีของโมเมนต์ สำหรับการแจกแจงชังก์เกอร์

A Comparison of Parameter Estimation Using Maximum Likelihood Estimation and Method of Moment for Shanker Distribution

ศศิชา นามเสนา^{1,*} และ สุธาสินี ไทยส่วย¹

Sasicha Namsena^{1,*} and Suthasinee Thaisuay¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี,
ปทุมธานี, 12120, ประเทศไทย

¹Branch of applied statistics, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology
Thanyaburi, Pathum Thani, 12120, Thailand

*Corresponding Author E-mail: sasichaaaa@gmail.com

รับบทความ (Received) : May 25, 2025 /ปรับปรุงแก้ไข (Revised) : June 2, 2025 /ตอบรับบทความ (Accepted) : June 17, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงชังก์เกอร์ระหว่างวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation : MLE) และวิธีของโมเมนต์ (Method of Moment : MOM) การศึกษาโดยการจำลองข้อมูลเมื่อกำหนด $\theta = 0.3 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5$ และ 2.5 ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ $n = 20 \ 40 \ 60 \ 80$ และ 100 นอกจากนี้มีการนำเสนอการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งสองวิธีกับข้อมูลจริงและการทดสอบภาวะสารูปดี ผลการศึกษาจากการจำลองข้อมูลพบว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (MLE) และ วิธีของโมเมนต์ (MOM) มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงชังก์เกอร์เนื่องจากให้ค่าประมาณ $\hat{\theta}$ เข้าใกล้ค่าจริง θ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากค่าสัมบูรณ์ของ BIAS พบว่า วิธี MLE ให้ค่าสัมบูรณ์ของ BIAS น้อยกว่าวิธี MOM ในทุกกรณี ยกเว้นเมื่อ $\theta = 0.3$ และ 0.5 ($\theta < 1$) ขนาดตัวอย่าง $n = 80$ และ 100 ซึ่งวิธี MOM ให้ค่าสัมบูรณ์ของ BIAS น้อยกว่าวิธี MLE อย่างไรก็ตามวิธี MOM เป็นวิธีที่มีความแปรปรวนน้อยกว่าวิธี MLE จากการเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งสองวิธีกับข้อมูลจริง 3 ชุด พบว่า วิธี MLE ให้ค่าประมาณที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับข้อมูลจริงมากกว่าวิธี MOM เนื่องจากวิธี MLE ให้ค่า K-S test ที่มีค่า $p\text{-value} > 0.05$ และมีค่ามากกว่าวิธี MOM ส่วนวิธี MOM ให้จำนวนรอบในการลู่ออกเร็วกว่าวิธี MLE

คำสำคัญ : การแจกแจงชังก์เกอร์, วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด, วิธีของโมเมนต์

Abstract

The research aims to study and compare the efficiency of estimating the parameters of the Shanker distribution between the maximum likelihood estimation (MLE) and the method of moment (MOM) methods by simulating the data when setting $\theta = 0.3, 0.5, 1.0, 1.5$ and 2.5 , respectively. The sample sizes used in the study

were 20, 40, 60, 80 and 100. In addition, both parameter estimation methods are applied for real data with goodness-of-fit tests presented. The results of the simulation study showed that the maximum likelihood method (MLE) and the method of moments (MOM) were effective in estimating the parameters of the Shanker distribution because they gave an estimate that approached the true value as the sample size increased. Considering the absolute value of BIAS, it is found that the MLE method gives a lower absolute value of BIAS than the MOM method, except for $\alpha = 0.3$ and 0.5 ($\alpha < 1$) and $n = 80$ and 100 , where the MOM method gives a lower absolute value of BIAS than the MLE method. However, the MOM method has a lower variance than the MLE method. From the comparison of the parameter estimation of both methods with the three real datasets, it is found that the MLE method gives estimates that are more consistent with the real datasets than the MOM method. On the other hand, the MOM method gives a faster number of rounds to converge to the answer than the MLE method.

Keywords : Shanker distribution, Maximum Likelihood Estimation, Method of Moments

บทนำ

การแจกแจงช่วงชีวิต (lifetime distribution) คือ การแจกแจงที่ใช้ในการอธิบายและวิเคราะห์ข้อมูล โดยเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับช่วงอายุการใช้งาน เช่น อายุการใช้งานของอุปกรณ์ เครื่องจักร การรอดชีวิตในทางการแพทย์ ฯลฯ การแจกแจงช่วงชีวิตที่นิยมใช้ในงานประเภนี้มีหลากหลายรูปแบบ เช่น การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) และการแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution) แต่ในบางกรณีการแจกแจงเหล่านี้ไม่สามารถอธิบายข้อมูลช่วงชีวิตที่เก็บรวบรวมได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากข้อจำกัดของตัวแบบและพารามิเตอร์ที่อาจไม่สอดคล้องกับข้อมูลจริงจึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาการแจกแจงแบบใหม่ที่สามารถอธิบายลักษณะของข้อมูลได้ดียิ่งขึ้นการแจกแจงชังก์เกอร์ (Shanker Distribution) เป็นหนึ่งในตัวเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากมีความยืดหยุ่นและสามารถใช้อธิบายข้อมูลที่มีการกระจายแบบเบ้หรือไม่สมมาตรได้ดี การแจกแจงนี้ยังมีรูปแบบที่ค่อนข้างง่ายต่อการคำนวณและการนำไปใช้งาน โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีขนาดตัวอย่างเล็ก หรือข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามการแจกแจงแบบปกติ (non-normal data) ด้วยคุณสมบัตินี้ การแจกแจงชังก์เกอร์จึงได้รับความสนใจในการนำมาใช้อธิบายข้อมูลช่วงชีวิตที่หลากหลาย [1] การประมาณค่าพารามิเตอร์เป็นขั้นตอนสำคัญในการประยุกต์ใช้การแจกแจงชังก์เกอร์ สำหรับการสร้างตัวแบบอธิบายข้อมูลช่วงชีวิต โดยวิธีที่นิยมใช้ได้แก่ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) และวิธีของโมเมนต์ (Method of Moments: MOM) ซึ่งทั้งสองวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) มีข้อได้เปรียบในเรื่องของความแม่นยำและประสิทธิภาพเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ในขณะที่วิธีของโมเมนต์ (Method of Moments: MOM) มีขั้นตอนการคำนวณที่ง่ายกว่าและสามารถใช้ได้ดีในกรณีที่ขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก [2] โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) และวิธีของโมเมนต์ (Method of Moments: MOM) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงชังก์เกอร์ โดยพิจารณาความแม่นยำในกรณีที่ขนาดตัวอย่างแตกต่างกัน ผลการศึกษานี้คาดว่าจะช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนยิ่งขึ้นเกี่ยวกับการเลือกใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่าง ๆ และเป็นแนวทางสำหรับนักวิจัยในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยหรือการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงชงเกอร์โดยใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation : MLE) และวิธีของโมเมนต์ (Method of Moment : MOM)

1.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประมาณค่าระหว่างวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation : MLE) และวิธีของโมเมนต์ (Method of Moment : MOM)

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแจกแจงชงเกอร์ (Shanker Distribution) เป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่องหลายแบบสำหรับสร้างข้อมูลช่วงชีวิต

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function : PDF) คือ ฟังก์ชันที่อธิบายความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ใช้ค่าที่เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง (Continuous Random Variable) PDF ของการแจกแจงชงเกอร์เกิดจากการผสมกันระหว่างการแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) ด้วยค่าพารามิเตอร์ θ และการแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution) ด้วยค่าพารามิเตอร์ $(2, \theta)$ [3]

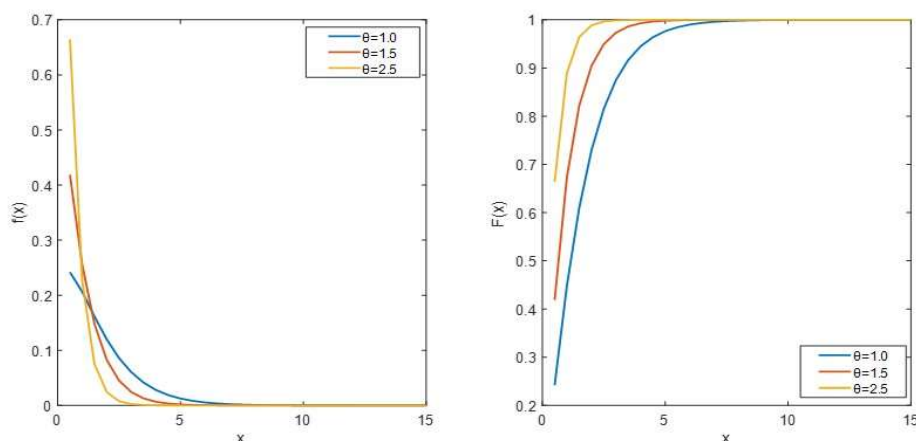
ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น แสดงดังสมการที่ (1)

$$f(x; \theta) = \frac{\theta^2(\theta + x)}{(\theta^2 + 1)} e^{-\theta x} \quad ; \quad x > 0, \theta > 0 \quad (1)$$

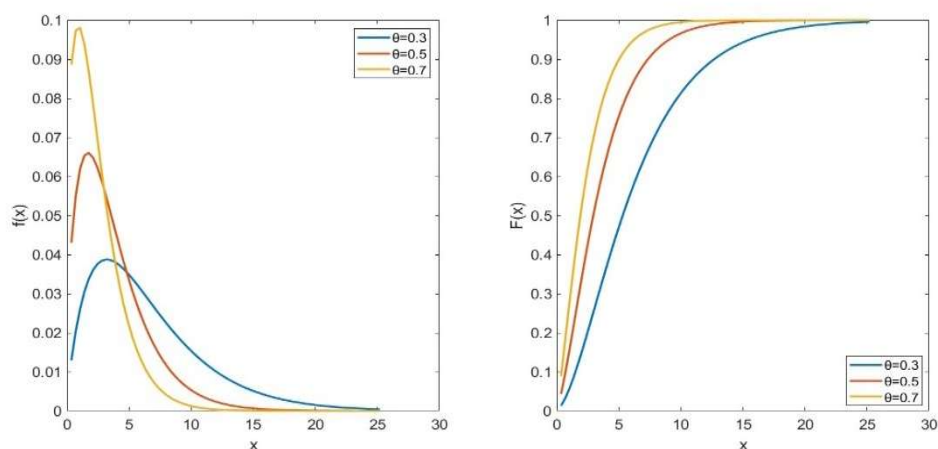
ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function : CDF) คือ ฟังก์ชันของความน่าจะเป็น ที่ค่าของตัวแปรสุ่มจำนวนจริง x น้อยกว่าหรือเท่ากับ x สำหรับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง [3] ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม แสดงดังสมการที่ (2)

$$F(x; \theta) = 1 - \frac{(\theta^2 + 1) + \theta x}{\theta^2 + 1} e^{-\theta x} \quad ; \quad x > 0, \theta > 0 \quad (2)$$

กราฟ PDF และ CDF ของการแจกแจงชงเกอร์แสดงดังรูปที่ 1 และ รูปที่ 2



รูปที่ 1 PDF และ CDF ของการแจกแจงชงเกอร์เมื่อ $\theta \geq 1$



รูปที่ 2 PDF และ CDF ของการแจกแจงแชนเกอร์เมื่อ $\theta < 1$

3) โมเมนต์ (Moments of Associated Measures) โมเมนต์รอบจุดกำเนิดของการแจกแจงแชนเกอร์แสดงดังสมการที่ (3)

$$\mu_r' = \frac{r!(\theta^2 + r + 1)}{\theta^r(\theta^2 + 1)} \quad (3)$$

การคำนวณโมเมนต์เหล่านี้จะใช้ในการศึกษาคุณสมบัติทางสถิติของการแจกแจง เช่น ความคาดหวังและความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งโมเมนต์รอบที่ 1 แสดงดังสมการที่ (4)

$$\mu_1' = \frac{\theta^2 + 2}{\theta(\theta^2 + 1)} \quad (4)$$

2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

2.2.1 วิธีภาวน่าจะเป็นสูงสุด (MLE)

ให้ $\tilde{x}_i = x_1, x_2, \dots, x_n$ เป็นตัวแปรสุ่มขนาด n ที่มีการแจกแจง SD การประมาณค่าพารามิเตอร์ทำได้ดังนี้ กำหนดให้ L คือ likelihood function ของ SD แสดงดังสมการ (5) [3]

$$\begin{aligned} L &= \prod_{i=1}^n \left(\left(\frac{\theta^2}{\theta^2 + 1} \right) (\theta + x_i) e^{-\theta x_i} \right) \\ &= \left(\frac{\theta^2}{\theta^2 + 1} \right)^n \prod_{i=1}^n (\theta + x_i) e^{-\theta x_i} \end{aligned} \quad (5)$$

log – likelihood function SD เขียนด้วย $\ell(\theta|\tilde{x})$

$$\ell(\theta|\tilde{x}) = n \log \left(\frac{\theta^2}{\theta^2 + 1} \right) + \sum_{i=1}^n \log(\theta + x_i) e^{-\theta x_i}$$

$$\begin{aligned} &= n \log \left(\frac{\theta^2}{\theta^2 + 1} \right) + \sum_{i=1}^n \log(\theta + x_i) - \theta \sum_{i=1}^n x_i \\ &= n \log \left(\frac{\theta^2}{\theta^2 + 1} \right) + \sum_{i=1}^n \log(\theta + x_i) - \theta \bar{X}n \end{aligned}$$

ดังนั้นการประมาณค่าพารามิเตอร์ ($\hat{\theta}$) คำนวณได้จากการแก้สมการอนุพันธ์เทียบ θ

$$\frac{d(\ell(\theta|\bar{x}))}{d\theta} = \frac{2n}{\theta(\theta^2 + 1)} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\theta + x_i} \right) - n\bar{X} = 0$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือค่าเฉลี่ยของตัวอย่างการประมาณค่าพารามิเตอร์ θ ทำได้โดย $\frac{d(\ell(\theta|\bar{x}))}{d\theta} = 0$ สมการดังกล่าวไม่อยู่ในรูปแบบปิด (closed form) จึงแก้สมการโดยใช้ระเบียบวิธีนิวตัน-ราฟสัน

$$\hat{\theta}_{n+1} = \hat{\theta}_n - \frac{f(\hat{\theta}_n)}{f'(\hat{\theta}_n)}$$

2.2.2) วิธีของโมเมนต์ (MOM)

โมเมนต์รอบที่ 1 ของ SD แสดงดังนี้ [3]

$$M'_1 = E(x) = \frac{\theta^2 + 2}{\theta(\theta^2 + 1)}$$

ดังนั้น

$$\frac{\theta^2 + 2}{\theta(\theta^2 + 1)} = \bar{X}$$

$$\theta^2 + 2 = \bar{X}(\theta(\theta^2 + 1))$$

$$\theta^2 + 2 = \bar{X}\theta^3 + \bar{X}\theta$$

$$\bar{X}\theta^3 + \bar{X}\theta - \theta^2 - 2 = 0 \quad (6)$$

คำตอบของ $\hat{\theta}$ มาจากการแก้สมการที่ (6) ซึ่งสมการดังกล่าวไม่อยู่ในรูปแบบปิด (closed form) การแก้สมการจึงใช้ระเบียบวิธีนิวตัน-ราฟสัน เช่นเดียวกับวิธี MLE

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีของโมเมนต์สำหรับการแจกแจงแซงเกอร์ ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ SD, MLE และ MOM

ขั้นตอนที่ 2 สร้างข้อมูลให้มีการแจกแจงแซงเกอร์โดยใช้ควอนไทล์ฟังก์ชันของการแจกแจงแซงเกอร์ แสดงรายละเอียดดังนี้

การจำลองข้อมูลโดยควอนไทล์ฟังก์ชัน (Quantile Function ; Q(u))

กำหนดให้ $X \sim SD$ ดังนั้นควอนไทล์ฟังก์ชัน $Q(u) = F^{-1}(x)$

$$\text{ให้ } u = 1 - \frac{(\theta^2 + 1) + \theta x}{\theta^2 + 1} e^{-\theta x}$$

$$[(\theta^2 + 1) + \theta x]e^{-\theta x} = (1 - u)(\theta^2 + 1) \quad [\text{จาก Lambert W Function, } W(Z) \cdot e^{W(Z)} = Z \quad [4]]$$

จะได้ว่า

$$x = \frac{-1}{\theta} [W_{-1}[(u-1)(\theta^2+1)e^{-(\theta^2+1)}] + (\theta^2+1)]$$

การสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจง SD

ให้ $x_i = F^{-1}(u_i)$ ค่าของ $x_i, i=1,2,\dots,n$ สามารถสร้างตัวแปรสุ่มดังขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ให้ $u_i; i=1,2,\dots,n \sim \text{uniform}(0,1)$

ขั้นที่ 2 คำนวณค่า $W_i = W_{-1}[(u_i-1)(\theta^2+1)e^{-(\theta^2+1)}]$ โดยใช้ Lambert W Function

ขั้นที่ 3 คำนวณตัวแปรสุ่ม $x_i = \frac{-1}{\theta} [W_i + (\theta^2+1)]$

โดยในการศึกษาครั้งนี้จะกำหนดขนาดตัวอย่างในการศึกษา $n=20, 40, 60, 80$ และ 100 ตามลำดับ และจะศึกษาโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ $\theta < 1$ และ $\theta \geq 1$ และประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE และ MOM ในหัวข้อที่ 2.2.1 และ 2.2.2

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบการประมาณ $\hat{\theta}$ ระหว่างวิธี MLE และวิธี MOM ด้วยค่า $|BIAS|$ MSE และ Variance ดังสมการที่ (7) และ (8)

$$|BIAS| = |E(\hat{\theta}) - \theta| \quad (7)$$

$$MSE(\hat{\theta}) = (BIAS(\hat{\theta}, \theta))^2 + Variance(\hat{\theta}) \quad (8)$$

ขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์การประมาณค่า $\hat{\theta}$ ด้วยวิธี MLE และ MOM กับข้อมูลจริง พร้อมเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยการทดสอบภาวะสารูปดี ด้วยค่าการทดสอบคอลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ หรือ K-S test

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE และวิธี MOM จากการจำลองข้อมูลและการประยุกต์การประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 วิธีกับข้อมูลจริง ซึ่งรายละเอียดแสดงดังนี้

1. การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE และวิธี MOM จากการจำลองข้อมูล

เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ $\theta < 1$ $\theta = 1$ และ $\theta > 1$ โดยจะทำการจำลองข้อมูลขนาด $n = 20, 40, 60, 80$ และ 100 และมีการทำซ้ำจำนวน 500 รอบ ผลการศึกษาพบว่า MLE และ MOM มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงแชนเกอร์เนื่องจากมีค่าประมาณ $\hat{\theta}$ ใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ θ เมื่อ $n \rightarrow \infty$ อย่างไรก็ตามการประมาณ $\hat{\theta}$ ของทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ดังตารางที่ 1 ถึง 5 หากพิจารณาเป็นรายกรณีพบว่ากรณี $\theta = 0.3$ และ $\theta = 0.5 (\theta < 1)$ วิธี MLE จะให้ค่าประมาณ $\hat{\theta}$ ที่มีค่า $|BIAS|$ ต่ำกว่าวิธี MOM เมื่อ $n=20, 40$ และ 60 ในทางกลับกัน เมื่อ $n=80$ และ 100 วิธี MOM จะมี

ค่า $|BIAS|$ ต่ำกว่า MLE ส่วนในกรณี $\theta = 1.0$ 1.5 และ 2.5 ($\theta \geq 1$) พบว่าวิธี MLE ให้ $|BIAS|$ ต่ำกว่า MOM ทุกค่าขนาดตัวอย่าง อย่างไรก็ตามวิธี MOM นั้นจะให้ค่า MSE ต่ำกว่าวิธี MLE ในทุกกรณี ยกเว้นกรณี $\theta = 0.3$ และ $n = 20$ 40 และ 60 ซึ่งวิธี MOM จะมีค่า MSE สูงกว่าเล็กน้อย เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน (Variance) ของค่าประมาณพารามิเตอร์จะยกตัวอย่างการนำเสนอ ดังรูปที่ 3 กรณี $\theta = 0.3$ ($\theta < 1$) รูปที่ 4 กรณี $\theta = 1$ และรูปที่ 5 กรณี $\theta = 2.5$ ($\theta > 1$) พบว่าวิธี MOM เป็นตัวประมาณที่มีค่าความแปรปรวนต่ำกว่าวิธี MLE ซึ่งกราฟเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ระหว่างวิธี MLE และ MOM ด้วยค่าความแปรปรวน (Variance) แสดงได้ดังรูปที่ 3 ถึง รูปที่ 5

ตารางที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE และวิธี MOM เมื่อ $\theta = 0.3$ กรณี $\theta < 1$

n	MLE			MOM		
	$\hat{\theta}$	$ BIAS $	MSE	$\hat{\theta}$	$ BIAS $	MSE
20	0.4585	0.1585	0.0269	0.4670	0.1670	0.0284
40	0.2478	0.0521	0.0029	0.2451	0.0548	0.0030
60	0.3387	0.0387	0.0017	0.3436	0.0436	0.0019
80	0.2653	0.0346	0.0013	0.2698	0.0301	0.0009
100	0.2775	0.0224	0.0006	0.2844	0.0155	0.0002

ตารางที่ 2 ค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE และวิธี MOM เมื่อ $\theta = 0.5$ กรณี $\theta < 1$

n	MLE			MOM		
	$\hat{\theta}$	$ BIAS $	MSE	$\hat{\theta}$	$ BIAS $	MSE
20	0.6265	0.1265	0.0204	0.6379	0.1379	0.0197
40	0.5647	0.0648	0.0064	0.5729	0.0729	0.0054
60	0.4685	0.0315	0.0023	0.4659	0.0346	0.0012
80	0.5074	0.0074	0.0018	0.5060	0.0060	0.00005
100	0.5020	0.0020	0.0015	0.5007	0.0007	0.00001

ตารางที่ 3 ค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE และวิธี MOM เมื่อ $\theta = 1$

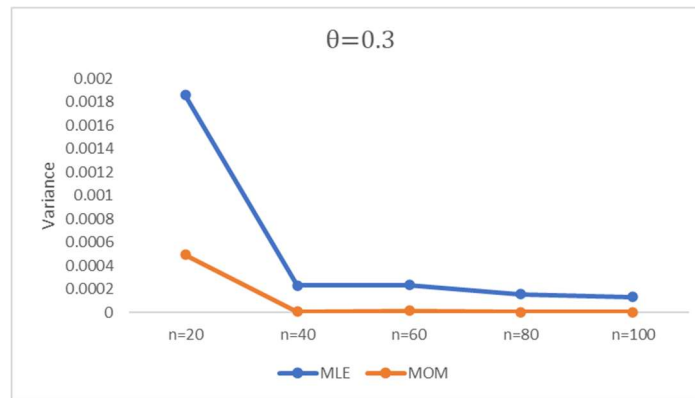
n	MLE			MOM		
	$\hat{\theta}$	$ BIAS $	MSE	$\hat{\theta}$	$ BIAS $	MSE
20	1.2319	0.2319	0.0790	1.2637	0.2637	0.0722
40	1.1200	0.1200	0.0301	1.1400	0.1400	0.0200
60	1.0642	0.0642	0.0163	1.0709	0.0709	0.0051
80	0.9828	0.0172	0.0098	0.9740	0.0260	0.00072
100	1.0137	0.0137	0.0072	1.0256	0.0256	0.00071

ตารางที่ 4 ค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE และวิธี MOM เมื่อ $\theta = 1.5$ กรณี $\theta > 1$

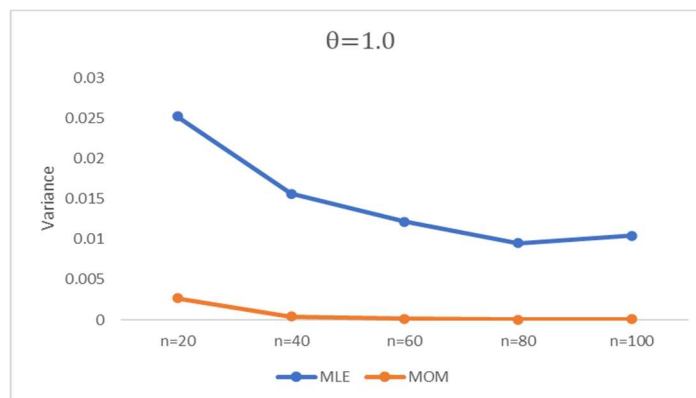
n	MLE			MOM		
	$\hat{\theta}$	$ BIAS $	MSE	$\hat{\theta}$	$ BIAS $	MSE
20	1.3210	0.1790	0.0522	1.3009	0.1990	0.0408
40	1.5438	0.0438	0.0307	1.5502	0.0502	0.0034
60	1.4815	0.0185	0.0225	1.4666	0.0334	0.0013
80	1.4960	0.0040	0.0211	1.4870	0.0130	0.0003
100	1.5021	0.0021	0.0184	1.5111	0.0111	0.0002

ตารางที่ 5 ค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE และวิธี MOM เมื่อ $\theta = 2.5$ กรณี $\theta > 1$

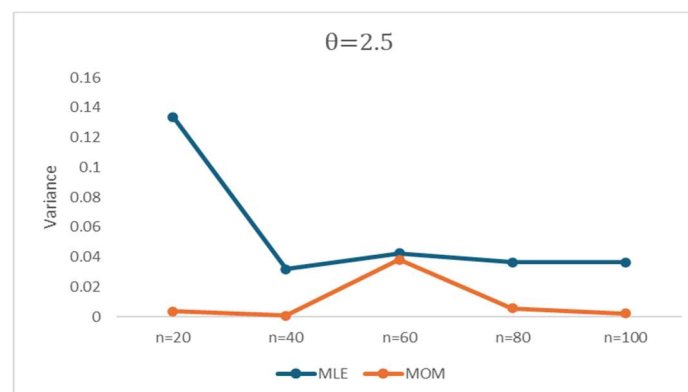
n	MLE			MOM		
	$\hat{\theta}$	$ BIAS $	MSE	$\hat{\theta}$	$ BIAS $	MSE
20	2.0415	0.4585	0.3441	2.0259	0.4741	0.2284
40	2.0902	0.4098	0.1997	2.0606	0.4394	0.1939
60	2.3968	0.1032	0.0531	2.8500	0.3500	0.1607
80	2.4338	0.0662	0.0409	2.6846	0.1846	0.0397
100	2.5084	0.0084	0.0366	2.6302	0.1302	0.0192



รูปที่ 3 ความแปรปรวนของ MLE และ MOM เมื่อ $\theta = 0.3$



รูปที่ 4 ความแปรปรวนของ MLE และ MOM เมื่อ $\theta = 1.0$



รูปที่ 5 ความแปรปรวนของ MLE และ MOM เมื่อ $\theta = 2.5$

2. การประยุกต์การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE และวิธี MOM กับข้อมูลจริง

ในส่วนนี้ได้ดำเนินการศึกษาโดยจะนำเสนอการเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย MLE กับ MOM กับข้อมูลจริง จำนวน 3 ชุดพร้อมการตรวจสอบภาวะสารูปดีด้วยค่า K-S test ดังสมการที่ (9)

$$K-S = \sup_x |F_n(x) - F_0(x)| \quad (9)$$

เมื่อ $F_0(x)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่าง
 $F_n(x)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของประชากรที่คาดไว้
 n คือ จำนวนตัวอย่าง
 p คือ จำนวนพารามิเตอร์

ซึ่งหากค่า K-S test มีค่าต่ำและ p-value > 0.05 แสดงว่าข้อมูลจริงมีความสอดคล้องกับการแจกแจงที่ต้องการทดสอบ รายละเอียดของข้อมูลจริงทั้ง 3 ชุดที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่

ข้อมูลชุดที่1 มีการศึกษาตลับลูกปืน (ball bearings) จำนวน 23 ชิ้น โดยวัดว่ามันหมุนได้กี่ล้านรอบก่อนจะเสีย (failure) ข้อมูลนี้ถูกนำมาใช้เป็นตัวอย่างเพื่ออธิบายแนวคิด GASIP รายละเอียดของข้อมูลดังนี้ [5] 17.88 28.92 33 41.52 42.12 45.60 48.40 51.84 51.96 54.12 55.56 67.80 68.64 68.64 68.88 84.12 93.12 98.64 105.12 105.84 127.92 128.04 173.40

ข้อมูลชุดที่2 เวลาที่เกิดความล้มเหลวของกระจกหน้าของเครื่องบิน 63 บาน ซึ่งข้อมูลถูกวัดเป็นหน่วยพันชั่วโมง เพื่อให้สามารถอ้างอิงได้ง่าย ข้อมูลมีดังนี้ [6] 0.046 1.436 2.592 0.140 1.492 2.600 0.150 1.580 2.670 0.248 1.719 2.717 0.280 1.794 2.819 0.313 1.915 2.820 0.389 1.920 2.878 0.487 1.963 2.950 0.622 1.978 3.003 0.900 2.053 3.102 0.952 2.065 3.304 0.996 2.117 3.483 1.003 2.137 3.500 1.010 2.141 3.622 1.085 2.163 3.665 1.092 2.183 3.695 1.152 2.240 4.015 1.183 2.341 4.628 1.244 2.435 4.806 1.249 2.464 4.881 1.262 2.543 5.140

ข้อมูลชุดที่3 ชุดข้อมูลจากการทดสอบอายุการใช้งานของไดโอดเปล่งแสง (LED) มีข้อมูลตัวอย่าง 58 ตัวอย่าง ที่มีระดับการเซ็นเซอร์ 0.25 เพื่อความเรียบง่าย เราจึงแยกตัวอย่างความล้มเหลวที่สังเกตได้ภายใต้เงื่อนไขการใช้งานหรือความเค้นเป็นชุดข้อมูล PALT ที่มีความเค้นคงที่ทั้งหมด ซึ่งแสดงข้อมูลดังนี้ [7] 0.18, 0.19, 0.19, 0.34, 0.36, 0.40 0.44, 0.44, 0.45, 0.46, 0.47, 0.53, 0.57, 0.57, 0.63, 0.65, 0.70, 0.71, 0.71, 0.75, 0.76, 0.76, 0.79, 0.80, 0.85, 0.98, 1.01, 1.07, 1.12, 1.14, 1.15, 1.17, 1.20, 1.23, 1.24, 1.25, 1.26, 1.32, 1.33, 1.33, 1.39, 1.42, 1.50, 1.55, 1.58, 1.59, 1.62, 1.68, 1.70, 1.79, 2.00, 2.01, 2.04, 2.54, 3.61, 3.76, 4.65, 8.97

ตารางที่ 6 ค่าประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE วิธี MOM และ K-S test ของข้อมูลจริง

ข้อมูลชุดที่	MLE			MOM		
	$\hat{\theta}$	จำนวนรอบในการ สุ่มเข้าหาคำตอบ	K-S (p-value)	$\hat{\theta}$	จำนวนรอบในการ สุ่มเข้าหาคำตอบ	K-S (p-value)
1 (n=23)	0.02766	5	0.1885 (0.3432)	0.02768	3	0.1888 (0.3414)
2 (n=63)	0.76662	7	0.1439 (0.1331)	0.77822	5	0.1529 (0.0945)
3 (n=58)	1.08561	8	0.1403 (0.1850)	1.09665	6	0.1441 (0.1628)

จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาจากข้อมูลชุดที่ 1 ถึง ชุดที่ 3 พบว่าทั้งวิธี MLE และวิธี MOM มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ SD เนื่องจากทั้งสองวิธีให้ค่า K-S test ต่ำและให้ค่า p-value > 0.05 แสดงว่าข้อมูลจริงในแต่ละชุดดังกล่าวมีความสอดคล้องกับ SD แต่อย่างไรก็ตามวิธี MLE จัดว่าเป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีค่า K-S test ที่ให้ค่า p-value ≥ 0.05 และสูงกว่าวิธี MOM ในทุกกรณี อย่างไรก็ตามวิธี MOM จะสุ่มเข้าหาคำตอบได้เร็วกว่าวิธี MLE

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาและการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีของโมเมนต์สำหรับการแจกแจงเชิงเกออร์ โดยการจำลองข้อมูลให้มีการแจกแจงเชิงเกออร์กำหนด $\theta = 0.3 \ 0.5 \ 1.0 \ 1.5$ และ 2.5 ทำการศึกษา กรณี $n = 20 \ 40 \ 60 \ 80$ และ 100 ผลการศึกษาพบว่าวิธี MLE และวิธี MOM มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเชิงเกออร์เนื่องจากมีค่าประมาณ $\hat{\theta}$ ใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ θ เมื่อ $n \rightarrow \infty$ อย่างไรก็ตามกรณี $\theta < 1$ วิธี MLE จะให้ค่าประมาณ $\hat{\theta}$ ที่มีค่า $|BIAS|$ ต่ำกว่าวิธี MOM เมื่อ $n = 20, 40$ และ 60 ในทางกลับกันเมื่อ $n = 80$ และ 100 วิธี MOM จะมีค่า $|BIAS|$ ต่ำกว่าวิธี MLE กรณี $\theta \geq 1$ พบว่าวิธี MLE ให้ค่า $|BIAS|$ ต่ำกว่าวิธี MOM ทุกค่าขนาดตัวอย่าง อย่างไรก็ตามวิธี MOM นั้นจะให้ค่า Variance ต่ำกว่าวิธี MLE ในทุกกรณีและให้ค่า MSE ต่ำกว่าวิธี MLE ในเกือบทุกกรณี เมื่อพิจารณาการประยุกต์กับข้อมูลจริง 3 ชุด ผลการศึกษาพบว่าทั้งวิธี MLE และวิธี MOM มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ SD เนื่องจากทั้งสองวิธี มีค่า K-S test ที่ให้ค่า p-value > 0.05 แต่อย่างไรก็ตามวิธี MLE จัดว่าเป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีค่า K-S test ที่ให้ค่า p-value สูงกว่า วิธี MOM ในเกือบทุกกรณี แสดงว่า MLE ให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลจริงมากกว่า MOM ส่วนวิธี MOM จะมีจำนวนรอบในการสุ่มเข้าหาคำตอบได้รวดเร็วกว่าวิธี MLE

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของการแจกแจงข้อมูลที่แตกต่างกันต่อความแม่นยำของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์
- 2) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าต่อไปอาจมีการนำการประมาณค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบอื่นๆ มาพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เช่น วิธีการแปลงการลงจุดตำแหน่ง (Modified Plotting Position) และวิธีโมเมนต์ถ่วงน้ำหนักความน่าจะเป็น (Probability Weighted Moments)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Liang, J. and Fang, K. (2022). Mixture of Shanker Distributions: Estimation. Simulation and Application. Computational Statistics & Data Analysis, 12(3), 231.
- [2] Tan, W. Y. and Chang, W. C. (1972). Some Comparisons of the Method of Moments and the Method of Maximum Likelihood in Estimating Parameters of a Mixture of Two Normal Densities. Journal of the American Statistical Association, 67(339), 702-708.
- [3] Shanker, R. (2015). Shanker Distribution and Its Applications, International Journal of Statistics and Applications, 5(6), 338-348.
- [4] Jorda, P. (2010). Computer generation of random variables with Lindley or Poisson-Lindley distribution via the Lambert W function. Mathematics and Computers in Simulation, 81, 851-859.
- [5] Lawless, J. F. (2003). Statistical Models and Methods for Lifetime Data, Wiley, New York.
- [6] Tahir, M. H., Cordeiro, G. M., Mansoor, M. and Zubair, M. (2014). The Weibull-Lomax distribution: Properties and applications. Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics, 44 (14), 1-474.
- [7] Cheng, Y.F. and Wang, F.K. (2012). Estimating the Burr XII parameters in constant-stress partially accelerated life tests under multiple censored data. Communications in Statistics - Simulation and Computation, 41, 1711-1727.