

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

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

Kittayakan Isarangurav Na Ayuthaya^{1,*} and Saiphon Thamkeaw²

¹สำนักงานศึกษาทั่วไป, สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา, กรุงเทพมหานคร, 10300, ประเทศไทย

²สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์, นนทบุรี, 11120, ประเทศไทย

¹Chitralada Technology Institute, Bureau of the Royal Household Sanam Sueapa,
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 วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบรวาน 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 ปัจจุบันผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมการส่งออกเนื้อปลาแข่งขันกันสูง 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 การแช่แข็งอย่างรวดเร็ว (quick freezing) สามารถรักษาเนื้อสัมผัสและรสชาติของปลาได้ดีกว่าการแช่แข็งแบบช้า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ไม่เพียงช่วยยืดอายุการเก็บรักษา แต่ยังเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อปลา ผ่านการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีความหลากหลาย ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับคุณภาพ ความสะดวกสบาย และความปลอดภัยของอาหาร จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการไทย แนวโน้มของอุตสาหกรรมนี้ยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงของกฎระเบียบการค้าระหว่างประเทศ เช่น ข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนในการทำประมง นอกจากนี้พฤติกรรมของผู้บริโภคที่หันมาให้ความสนใจกับอาหารเพื่อสุขภาพและโปรตีนจากแหล่งธรรมชาติมากขึ้น ทำให้มีโอกาสนิคมในการขยายตลาดและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ตอบโจทย์

ความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้น ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งจึงต้องปรับตัวและพัฒนากลยุทธ์ให้สอดคล้องกับแนวโน้มของตลาดเพื่อให้สามารถแข่งขันและเติบโตได้อย่างยั่งยืน การเพิ่มขึ้นของความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารทะเลจากประเทศไทยในตลาดโลก จากสถิติการส่งออกปลาในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2567 ประเทศไทยมีการส่งออกปลาจำนวน 161,353 ตัน มูลค่า 18,112 ล้านบาท มีการเพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและมูลค่า โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 18 และ 24 ตามลำดับเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2566 [2] เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงการขยายตัวของความนิยมในอาหารทะเล ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมการบริโภคทั่วโลก 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 จิรัชชุต [3] ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกแป้งข้าวเหนียวของไทยไปประเทศจีน ด้วยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายและวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบ MA(1) ที่ได้จากวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์เป็นตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม (MAPE = 27.964%)

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

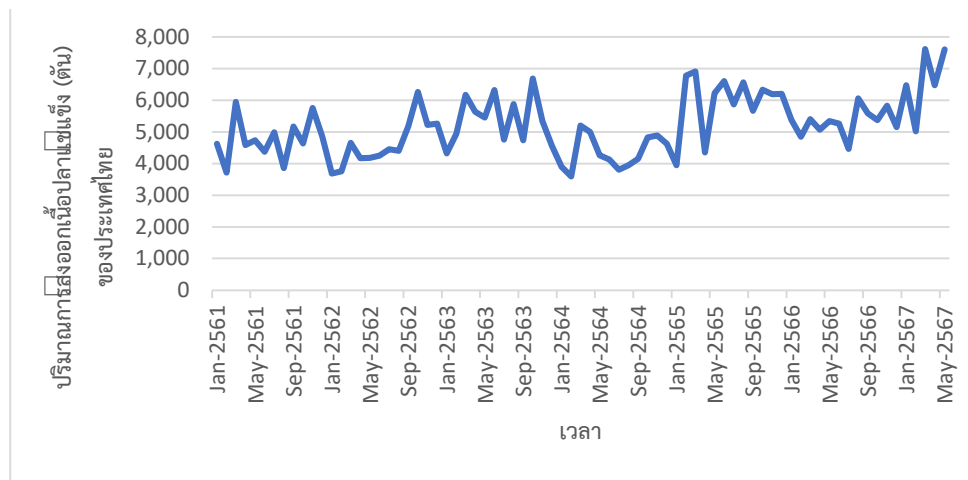
วรารคณา เรียนสุทธิ [5] ศึกษาการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ราคากระเทียม โดยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติ ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแฉก ผลการศึกษาพบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์เป็นวิธีที่มีความถูกต้องและเหมาะสมมากที่สุด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

อุปริญฐา อินทรสาด และ นัสมล บุตรวิเศษ [6] ศึกษาการสร้างตัวแบบการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกยางแผ่นรมควันของประเทศไทย โดยเทคนิคที่เลือกใช้สร้างตัวแบบมี 3 วิธี ได้แก่ วิธีการของบอซ-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือ ตัวแบบที่สร้างด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวกโดยให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด (MAPE = 11.33%)

Dustin Tarinque Loreño และ Yu-Chuan Huang [7] ศึกษาการสร้างตัวแบบพยากรณ์สำหรับการค้าสับปะรดของฟิลิปปินส์ ด้วยวิธีบอซ-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบรวาน์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของแดม และวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบที่มีความแม่นยำที่สุด 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]

การศึกษาค้นคว้าดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ ผู้วิจัยเลือกใช้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮสต์ (Holt's Exponential Smoothing) วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ (Brown's Exponential Smoothing) และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม (Damped Trend Exponential Smoothing) สำหรับการเลือกแบบจำลองการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยใช้เกณฑ์ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ที่มีค่าต่ำที่สุด แบบจำลองการพยากรณ์โดยใช้วิธีการทางสถิติทั้งหมด 3 วิธี แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮสต์ (Holt's Exponential Smoothing)

วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮสต์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มเชิงเส้นตรง และไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล [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) สำหรับการตรวจสอบความเป็นอิสระต่อกันจะด้วยสถิติทดสอบรัน (Run test) การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ด้วยการทดสอบที (t-test) และความแปรปรวนคงที่ด้วยการทดสอบของเลวินภายใต้การใช้อยู่ฐาน (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

สำหรับการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์จะพิจารณาเหมือนกับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮสต์

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 ค่าคงตัวการปรับเรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \gamma < 1$

ϕ แทน ค่าคงตัวการปรับเรียบของค่าความชันแบบแดม 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 ตั้งแต่เดือนมกราคม 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) แสดงว่าตัวแบบการพยากรณ์นี้มีความเหมาะสม

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) แสดงว่าตัวแบบการพยากรณ์นี้มีความเหมาะสม

3. ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตร

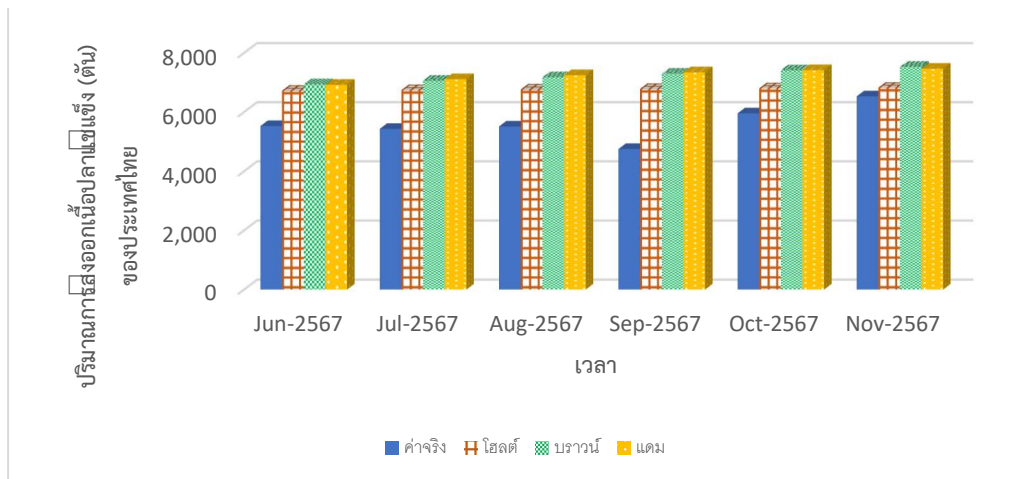
จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแตร พบว่า BIC = 13.618 และค่าสถิติของบ็อกซ์และจุง (Ljung-Box Q) ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 21.227, p-value=0.130) แสดงว่าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ จากการประมาณค่าพารามิเตอร์จะได้ $\alpha = 0.166$, $\gamma = 0.996$, $\phi = 0.712$, $a_t = 5195.726$ 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, $p\text{-value} = 0.958$) แสดงว่าตัวแบบการพยากรณ์มีความเหมาะสม

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) และวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลแบบแฉก (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 แนวโน้มแบบแฉก
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

สำหรับผลการศึกษารั้งนี้พบว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด วิธีการดังกล่าวนี้ มีความสามารถในการจับลักษณะแนวโน้มเชิงเส้น (Linear Trend) ของข้อมูลได้อย่างแม่นยำ โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในทิศทางเดียว ไม่ว่าจะเป็นแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง นอกจากนี้ยังสามารถปรับตัวให้เข้ากับ ความผันผวนของข้อมูลได้ดี ทำให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด ส่งผลให้ MAPE และ RMSE มีค่าต่ำสุด ผลลัพธ์ที่ได้นี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของภิญโญภัส พุกขากิจ และจาตุรนต์ แซ่มส่น [10] ที่ได้ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการสินค้าผลไม้แปรรูป เพื่อการวางแผนการผลิตกรณีศึกษาบริษัท XYZ จำกัด ผลวิจัยพบว่าวิธีการพยากรณ์วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังมีค่า

ความผิดพลาดต่ำที่สุดสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลนี้ งานวิจัยของปัญญา สำราญหันท และคณะ [11] ศึกษาการลดค่าคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ความต้องการของสินค้าอุตสาหกรรมที่มีความผันแปรสูงด้วยเทคนิคการแปลงข้อมูล ผลวิจัยพบว่า วิธีการปรับเรียบแบบไฮลด์มีประสิทธิภาพดีสำหรับข้อมูลที่เบ้ขวาควรใช้การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม และสามารถปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลได้ อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงว่าวิธีการพยากรณ์แต่ละแบบมีข้อจำกัดของตนเอง แม้ว่าวิธีการของไฮลด์จะให้ผลลัพธ์ที่ดีสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้ม แต่ในกรณีที่ข้อมูลมีความแปรปรวนสูงหรือมีองค์ประกอบของฤดูกาล วิธีการพยากรณ์อื่น เช่น วิธีการปรับเรียบแบบไฮลด์-วินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing) อาจให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า ดังนั้นในการประยุกต์ใช้วิธีการพยากรณ์ ควรพิจารณาลักษณะของข้อมูลเป็นหลักเพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

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

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้เปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกเนื้อปลาแช่แข็งของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2567 จำนวน 83 ค่า และได้แบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด ข้อมูลชุดแรก จำนวน 77 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือนพฤษภาคม 2567 ใช้สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของไฮลด์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม และข้อมูลชุดที่สองจำนวน 6 ค่า คือ ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2567 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2567 ใช้สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ผลการศึกษพบว่าวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของไฮลด์ 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 จิรัฐชยต์. (2566). ตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกแปรรูปของเนื้อปลาไปประเทศจีน. Life Sciences and Environment Journal, 24(1), (118-134).
- [4] วรางคณา เรืองสุทธิ. (2563). การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ราคาอ้อย. วารสารคณิตศาสตร์ ปริมา, 65(701), (30-48).
- [5] วรางคณา เรืองสุทธิ. (2563). การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ราคากระเทียม โดยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติ. วารสารคณิตศาสตร์ ปริมา, 65(702), (11-26).

- [6] อุปรีฐฐา 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: สำนักพิมพ์ประกายประกิ.
- [10] ภิญญภัต พุกขากิจ และจาดูร์นต์ แซ่มสุน. (2566). การพยากรณ์ความต้องการสินค้าผลไม้แปรรูปเพื่อการวางแผนการผลิตกรณีศึกษาบริษัท XYZ จำกัด. วารสารบริหารธุรกิจ, 13(1), (105-119).
- [11] ปัญญา สำราญหันธ์ และคณะ. (2566). การลดค่าตลาดเคลื่อนไหวในการพยากรณ์ความต้องการของสินค้าอุตสาหกรรมที่มีความผันแปรสูงด้วยเทคนิคการแปลงข้อมูล. วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 10(1), (36-54).