

การพยากรณ์คำสั่งซื้อและการวางแผนการสั่งซื้อสำหรับบริษัทประเภทซื้อขายไป

Order Forecasting and Procurement Planning for a Trading Company

พีระพัฒน์ ศรีใจป้อ¹ พาพิศ วงศ์ชัยสุวัฒน์² และวรวุฒิ หวังวัชรกุล³

Phiraphat Srichaipo¹ Papis Wongchaisuwat² and Worawut Wangwatcharakul³

นิสิตปริญญาโท สาขาการจัดการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์¹,

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์²⁻³

E-mail: phiraphat.sr@ku.th¹, fengppwo@ku.ac.th², fengwww@ku.ac.th³

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พยากรณ์คำสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า และ (2) เพื่อปรับปรุงนโยบายการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม เพื่อแก้ปัญหาเรื่องต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังที่สูง เนื่องจากการรับสินค้าเข้าแต่ละครั้งนั้นมีปริมาณมากเกินกว่าคำสั่งซื้อของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริง ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำเทคนิคการพยากรณ์มาใช้พยากรณ์คำสั่งซื้อสินค้า โดยเลือกใช้ 6 วิธี ประกอบด้วยวิธี Moving Average, Exponential Smoothing, Holt-Winters, ARIMA, SARIMA และ Prophet โดยลักษณะข้อมูลในงานวิจัยเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา จึงเลือกใช้วิธีที่ออกแบบมาสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลลำดับเวลา โดยเฉพาะ และจำเป็นต้องรองรับความหลากหลายของรูปแบบข้อมูล เช่น ไม่มีแนวโน้ม (Moving Average), มีแนวโน้ม (Exponential Smoothing), มีฤดูกาล (Holt-Winters, SARIMA), หรือมีความซับซ้อนสูง (Prophet) ซึ่งแต่ละวิธีถูกพัฒนาโดยใช้ภาษาไพธอนเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับสินค้าแต่ละชนิด ผลการวิจัยประกอบด้วย (1) สินค้าอันดับที่ 1, 3, 4, 6 และ 8 การพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ให้ความแม่นยำสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการพยากรณ์ด้วยวิธีอื่น โดยให้ค่า MAPE ต่ำสุดอยู่ที่ 13.93 และสินค้าอันดับที่ 2, 5, 7 และ 9 การพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ให้ความแม่นยำสูงที่สุด โดยให้ค่า MAPE ต่ำสุดอยู่ที่ 16.62 (2) การปรับปรุงนโยบายการสั่งซื้อสินค้าด้วยวิธี Order Up To Level (OUL) พบว่าสามารถลดต้นทุนการสั่งซื้อได้ถึง 1,133,264 บาทต่อปี หรือลดลง 26.6% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีปัจจุบัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการนำเทคนิคการพยากรณ์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับแนวทางการวางแผนการสั่งซื้อที่เหมาะสมสามารถช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารสินค้าคงคลังได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การพยากรณ์คำสั่งซื้อ การวางแผนการสั่งซื้อ สินค้าคงคลัง

Abstract

The purposes of this study were (1) to forecast customer orders and (2) improve an optimal procurement plan to address the issue of high inventory costs. The problem arises because the quantity of goods received in each procurement cycle often exceeds actual customer orders. To mitigate this issue, forecasting techniques were applied to forecast product demand using six methods: Moving Average, Exponential Smoothing, Holt-Winters, ARIMA, SARIMA, and Prophet. Since the dataset is a time series, the study selected forecasting techniques specifically designed for time series data, with the flexibility to handle various patterns such as no trend (Moving Average), trend (Exponential Smoothing), seasonality (Holt-Winters, SARIMA), or complex patterns (Prophet) Each method was implemented using Python to optimize the parameters for each product type. The research findings are as follows (1) For products ranked 1, 3, 4, 6, and 8, the Moving Average method yielded the highest forecasting accuracy compared to other methods, with the lowest MAPE at 13.93. For products ranked 2, 5, 7, and 9, the Holt-Winters method provided the most accurate forecasts, with the lowest MAPE at 16.62. (2) Improving the purchasing policy using the Order-Up-To Level (OUL) method resulted in a cost reduction of 1,133,264 THB per year, or 19.1% compared to the current method. These findings demonstrate that integrating forecasting techniques with an appropriate procurement planning strategy can significantly reduce costs and enhance inventory management efficiency.

Keywords: Order forecasting, procurement planning, inventory

บทนำ

ในปัจจุบันบริษัทดำเนินกิจการประเภทซื้อขายไปต้องเผชิญความท้าทายในการบริหารสินค้าคงคลัง เนื่องจากความผันแปรของจำนวนคำสั่งซื้อ ซึ่งการพยากรณ์ความต้องการสินค้าที่ไม่แม่นยำ อาจกระทบต่อต้นทุนและประสิทธิภาพในการดำเนินธุรกิจ ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง คือ จำนวนคำสั่งซื้อที่ไม่แน่นอน และระยะเวลาการนำเข้า (Lead Time) จากซัพพลายเออร์ ซึ่งอาจแตกต่างกันไป หากไม่มีการวางแผนการสั่งซื้อที่เหมาะสม อาจส่งผลให้มีสินค้าคงคลังมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น ส่งผลให้ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าเพิ่มสูงขึ้นและอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสภาพคล่องทางการเงินของบริษัท (วรพล เนตรอัมพร, 2559) ซึ่งปัจจุบันบริษัทใช้วิธีการคาดการณ์ปริมาณการสั่งซื้อโดยอาศัยประสบการณ์ของพนักงานฝ่ายขายเป็นหลัก ซึ่งแม้จะมีข้อดีในด้านความรวดเร็ว แต่ก็ขาดความแม่นยำทางวิชาการ ส่งผลให้เกิดการจัดซื้อเกินความจำเป็น และทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี ทั้งที่บริษัทเพิ่งก่อตั้งได้ไม่นาน หากไม่เร่งหาแนวทางแก้ไข อาจส่งผลกระทบต่อการดำเนินงานโดยรวมขององค์กรในอนาคตอย่างมีนัยสำคัญ

การปรับปรุงเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าให้มีความแม่นยำมากขึ้นจึงเป็นแนวทางสำคัญในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว การใช้เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมจะช่วยให้บริษัทสามารถคาดการณ์ปริมาณสินค้าที่ควรสั่งซื้อได้อย่างแม่นยำ ลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณสินค้าคงคลัง และเพิ่มประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว

งานวิจัยนี้จึงตั้งคำถามสำคัญว่า วิธีการพยากรณ์คำสั่งซื้อแบบใดให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลในธุรกิจซื้อขายไปมากที่สุด อีกทั้งยังมุ่งวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำของการพยากรณ์ เช่น รูปแบบแนวโน้ม ความผันผวน หรือฤดูกาลของคำสั่งซื้อ ทั้งนี้ยังต้องการศึกษาว่า เมื่อใช้ข้อมูลการพยากรณ์ที่แม่นยำมาใช้ในการวางแผนการสั่งซื้อ จะสามารถช่วยลดต้นทุนสินค้าคงคลังได้อย่างไร งานวิจัยนี้ตอบคำถามเหล่านี้ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลจริงของคำสั่งซื้อสินค้าในอดีต การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองพยากรณ์ทั้ง 6 วิธี และการประเมินต้นทุนรวมจากการวางแผนการสั่งซื้อภายใต้ข้อมูลที่พยากรณ์ได้ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างความแม่นยำในการพยากรณ์และการจัดการต้นทุนสินค้าคงคลังอย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. พยากรณ์คำสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า
2. เพื่อปรับปรุงนโยบายการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม

การทบทวนวรรณกรรม

การพยากรณ์คำสั่งซื้อและการวางแผนการสั่งซื้อเป็นหัวข้อสำคัญในงานวิจัยด้านโลจิสติกส์และการจัดการซัพพลายเชน โดยเฉพาะในธุรกิจประเภทซื้อขายไป ซึ่งต้องการการบริหารสินค้าคงคลังอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า การวางแผนและบริหารคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้เกิดความสะดวกในการดำเนินงานและสามารถเป็นกิจกรรมที่สามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าได้ (ภัทรา อุดมกัลยารักษ์, 2560)

ตามแนวคิดของ Chopra & Meindl (2016) การพยากรณ์อุปสงค์ (Demand Forecasting) คือ กระบวนการในการคาดการณ์ปริมาณความต้องการของสินค้าในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลในอดีตและวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการวางแผนจัดซื้อ ผลิต และกระจายสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการจัดการสินค้าคงคลัง การวางแผนการผลิต และการจัดการโซ่อุปทานโดยรวม ทั้งนี้ เทคนิคที่ใช้ในการพยากรณ์สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ วิธีเชิงปริมาณแบบอนุกรมเวลา (Time Series), วิธีเชิงสาเหตุ (Causal Models) และวิธีเชิงคุณภาพ (Judgmental Forecasting)

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการพยากรณ์มาใช้ในการพยากรณ์คำสั่งซื้อสินค้า และนำผลที่ได้จากการพยากรณ์มาใช้ประโยชน์ในการวางแผนการสั่งซื้อ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2553) ซึ่งในการศึกษานี้พยากรณ์ด้วยเทคนิคอนุกรมเวลา (Time Series Forecasting)

เป็นเทคนิคที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณในอดีตที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามลำดับเวลาที่เกิดขึ้นทำการพยากรณ์ในอนาคต (ชุมชัย บุญศรี, 2559)

การคัดเลือกสินค้าเพื่อพยากรณ์จากการทำ ABC Analysis ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลัง โดยจัดกลุ่มสินค้าตามมูลค่าการใช้งานสะสม ซึ่งสามารถช่วยในการโพลัสการจัดการกับสินค้าที่มีความสำคัญสูงสุด (ณัฐปรีญา ฉลาดแย้ม, ประกายกานต์ ชูศรี, และยุภาพร ตงประสิทธิ์, 2558)

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้ 6 วิธี ได้แก่ Moving Average, Exponential Smoothing, Holt-Winters, ARIMA, SARIMA และ Prophet โดยพิจารณาจากความสามารถในการรองรับข้อมูลที่มีแนวโน้มฤดูกาล และความซับซ้อนของข้อมูลในธุรกิจจริง โมเดลเหล่านี้สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับชุดข้อมูลแต่ละชนิดได้ (Taylor & Letham, 2017) และสามารถพัฒนาได้ด้วยภาษาไพธอนซึ่งรองรับไลบรารีด้านอนุกรมเวลา เช่น Statsmodels และ Fbprophet

มีงานวิจัยหลายงานที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิค เช่น การศึกษาความเที่ยงตรงของการพยากรณ์ยอดขายสินค้าของปรีชา อุณะวงศ์, สุทธิพงษ์ ที่สมักร, และธนสิทธิ์ นิตยะประภา (2560) พบว่าการพยากรณ์วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) แบบย้อนหลัง 3 เดือน มีค่าความแม่นยำและใกล้เคียงกับยอดขายสินค้าปีก่อนหน้ามากที่สุด ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการจัดเก็บลดลงได้ ซึ่งวิธีการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นเทคนิคในกลุ่มอนุกรมเวลาที่ใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในอดีตช่วงระยะเวลาหนึ่งมาใช้พยากรณ์อนาคต ดังนั้นสิ่งที่ต้องพิจารณาคือจำนวนของข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยสำหรับข้อมูลถัดไป วิธีนี้เหมาะกับข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้มหรือฤดูกาลชัดเจน จุดเด่นของวิธีนี้คือความเรียบง่ายและช่วยลดความผันผวนของข้อมูล แต่มีข้อจำกัดในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลันหรือแนวโน้มที่ชัดเจน (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

ในงานวิจัยของธัญชนก จันทร์หอม (2564) ศึกษาการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา เพื่อกำหนดการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดของโรงงานผลิตยางซิลิโคนแห่งหนึ่ง จากผลการศึกษาพบว่าการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาแบบการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing) ที่ $\alpha = 0.1$ ได้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำและเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด วิธีการพยากรณ์แบบการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียล เป็นเทคนิคในกลุ่มการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่ทำให้น้ำหนักกับข้อมูลในอดีต โดยข้อมูลล่าสุดจะมีน้ำหนักมากกว่าข้อมูลเก่าอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของเลขชี้กำลัง เทคนิคนี้มีพื้นฐานจากสมมติฐานว่าค่าที่ผ่านมาใกล้เคียงกับปัจจุบันจะสะท้อนพฤติกรรมในอนาคตได้ดีกว่า จุดเด่นของวิธีนี้คือการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้ดีกว่าค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยสามารถแบ่งออกเป็นหลายรูปแบบ ได้แก่ Single, Double และ Holt-Winters ซึ่งแต่ละแบบจะเหมาะกับข้อมูลที่มีระดับ, แนวโน้ม และฤดูกาล ตามลำดับ วิธีนี้เหมาะสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้นถึงกลางในข้อมูลที่มีโครงสร้างชัดเจน และสามารถปรับพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละชุดได้ (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

ในงานวิจัยของอภิชัย พรหมอ่อน (2561) ศึกษาการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา เพื่อวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ สำหรับชิ้นส่วนผลิตท่ออย่างรถยนต์ พบว่าเทคนิคการพยากรณ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ

การพยากรณ์ด้วยวิธีการ Holt-Winter และเมื่อนำผลการพยากรณ์มาใช้ในการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบลดความคลาดเคลื่อนจากวิธีเดิมจาก 9.97% เป็น 5.35% ซึ่งวิธีการพยากรณ์แบบ Holt-Winters เป็นการขยายแนวคิดของการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลเพื่อรองรับข้อมูลที่มีแนวโน้มและฤดูกาล โดยมีทั้งแบบ Additive และ Multiplicative ขึ้นอยู่กับลักษณะของฤดูกาลในข้อมูล วิธีนี้ประกอบด้วยสามองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ระดับ (Level), แนวโน้ม (Trend) และฤดูกาล (Seasonality) ซึ่งจะถูกปรับในแต่ละช่วงเวลาด้วยสมการที่เชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ จุดเด่นของ Holt-Winters คือความสามารถในการจับรูปแบบข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงซับซ้อนได้ดี โดยเฉพาะในระบบที่มีความถี่ในการสั่งซื้อคงที่และมีฤดูกาลชัดเจน ด้วยความยืดหยุ่นในการตั้งค่าพารามิเตอร์ วิธีนี้จึงเป็นหนึ่งในเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในงานด้านการพยากรณ์ในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม

นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Tirkes, Güray & Çelebi (2017) ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์อุปสงค์ของลูกค้า กล่าวว่า การพยากรณ์ด้วย วิธีการ Holt-Winter ให้ความแม่นยำสูงเมื่อข้อมูลมีองค์ประกอบของระดับ, แนวโน้ม และฤดูกาล ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี

ในงานวิจัยของ Yücalar (2024) ศึกษาการใช้เทคนิคอนุกรมเวลาในการพยากรณ์คำสั่งซื้อ แสดงให้เห็นถึงการใช้โมเดล Prophet ซึ่งเป็นแบบจำลองอนุกรมเวลาที่พัฒนาโดย Facebook โดยออกแบบมาให้ใช้งานง่ายและสามารถจัดการกับข้อมูลที่มีแนวโน้มซับซ้อน เช่น แนวโน้มไม่เชิงเส้น ฤดูกาล และวันหยุด ได้อย่างมีประสิทธิภาพ Prophet สร้างแบบจำลองด้วยสมมติฐานว่าอนุกรมเวลาประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ แนวโน้ม, ฤดูกาล และวันหยุดหรือเหตุการณ์พิเศษ ซึ่งถูกกำหนดอย่างยืดหยุ่นและสามารถเพิ่มส่วนประกอบอื่นได้ตามความเหมาะสม โมเดลนี้ใช้แนวคิดการแยกองค์ประกอบ และสามารถปรับค่าพารามิเตอร์อัตโนมัติ ทำให้เหมาะกับข้อมูลเชิงธุรกิจที่มีความซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีความไม่สมบูรณ์หรือมีปัจจัยภายนอกแทรกซ้อน (Taylor & Letham, 2017)

สำหรับการจัดการสินค้าคงคลัง แนวคิดสำคัญประกอบด้วย EOQ (Economic Order Quantity), ROP (Reorder Point) และ OUL (Order Up To Level) ซึ่งช่วยกำหนดปริมาณและรอบการสั่งซื้อที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนรวม โดยเฉพาะในสถานะที่มีความไม่แน่นอนของคำสั่งซื้อและระยะเวลานำเข้า (Silver, Pyke & Thomas, 2016)

งานวิจัยนี้ได้วางแผนการสั่งซื้อโดยใช้วิธี OUL (Order Up To Level) เป็นหนึ่งในวิธีการวางแผนการสั่งซื้อสินค้าในระบบการตรวจสอบสินค้าคงคลังแบบเป็นช่วงเวลา (Periodic Review System) โดยหลักการของ OUL คือ การตรวจสอบระดับสินค้าคงคลังเป็นระยะตามรอบเวลาที่กำหนด (Review Period) และเมื่อถึงรอบการตรวจสอบ จะทำการสั่งซื้อสินค้าให้มีปริมาณรวมถึงระดับที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เรียกว่า “Order-Up-To Level” หรือ “OUL” เพื่อให้สินค้ามีเพียงพอใช้ระหว่างรอบเวลานั้น รวมถึงคำนึงถึงระยะเวลานำสินค้า (Lead Time) และความไม่แน่นอนของความต้องการ (Demand variability) โดยจะคำนวณปริมาณการสั่งซื้อเพื่อเติมสินค้าคงคลังให้เท่ากับระดับเป้าหมาย หลังจากมีการเบิกสินค้าออกไป (อิศณีย์ พุ่งเกียรติไพบูลย์,

2559) วิธีนี้ช่วยให้สามารถกำหนดจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนรวมของระบบ ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการเก็บรักษาและต้นทุนการสั่งซื้อ

เพื่อวัดประสิทธิภาพของแนวทางที่พัฒนาขึ้น งานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนรวมระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง โดยคำนวณต้นทุนรวมที่ประกอบด้วยต้นทุนการเก็บรักษาและต้นทุนการสั่งซื้อที่กำหนดตามเงื่อนไขของบริษัท วิธีการดังกล่าวคล้ายกับแนวทางของ Durlinger (2015) ที่ได้เสนอแนวทางการคำนวณต้นทุนเพื่อปรับปรุงการบริหารสินค้าคงคลัง

แม้งานวิจัยนี้จะใช้แบบจำลองการพยากรณ์เช่นเดียวกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่ผ่านมา แต่สิ่งที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญคือ ลักษณะเฉพาะของข้อมูลที่ใช้ ซึ่งเป็นข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้าในธุรกิจซื้อขายไปที่มีความผันแปรสูง และมีลักษณะเฉพาะรูปแบบสินค้าแต่ละรายการ นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังให้ความสำคัญกับการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองให้เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละชุด เพื่อให้ได้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด ความแตกต่างในชุดข้อมูลและกระบวนการ tuning แบบจำลองดังกล่าว ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่สามารถเปรียบเทียบโดยตรงกับงานวิจัยเดิมที่อาจใช้โมเดลเดียวกันได้เสมอไป นอกจากนี้ความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับโมเดลเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลและบริบทการใช้งานด้วย

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูล

ผู้ทำวิจัยทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลรายได้ของบริษัท วิเคราะห์หาลูกค้าที่สร้างรายได้ให้แก่บริษัทสูงสุด เนื่องจากบริษัทมีลูกค้าหลายราย การศึกษานี้จะศึกษาลูกค้าที่ทำรายได้สูงสุดเท่านั้น จากนั้นรวบรวมปริมาณการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้าดังกล่าว ตั้งแต่ มกราคม 2562 ถึงธันวาคม 2566 เพื่อนำมาวิเคราะห์ ABC เพื่อคัดเลือกสินค้าที่อยู่ในกลุ่ม A ของบริษัทดังกล่าว

2. พยากรณ์ความต้องการของลูกค้า

เมื่อคัดเลือกสินค้าที่อยู่ในกลุ่ม A จากการทำ ABC Analysis มาทำการพยากรณ์ โดยใช้ 6 วิธี และเขียนโค้ดด้วยภาษาไพธอนเพื่อหาค่าของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์แต่ละวิธี ซึ่งพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์แต่ละวิธีแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์แต่ละวิธี

วิธีการพยากรณ์	พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง
Moving Average	จำนวนข้อมูลล่าสุดที่ต้องใช้ (Window Size)
Single Exponential Smoothing	α (ค่าคงที่การปรับเรียบ (Smoothing Constant))
Double Exponential Smoothing	α และ β (Trend)
Additive HWS	α (Cycle), β (Trend) และ γ (Seasonal) ปรับ γ = add
Multiplicative HWS	α (Cycle), β (Trend) และ γ (Seasonal) ปรับ γ = mul

วิธีการพยากรณ์	พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง
ARIMA	ARIMA (p,d,q)
SARIMA	SARIMA (p,d,q)(P,D,Q)
Prophet Model	Changepoint Prior Scale, Seasonality Prior Scale และ N- Changepoints

3. กำหนดนโยบายการสั่งซื้อ

การกำหนดนโยบายการสั่งซื้อด้วยวิธี OUL โดยพิจารณาจากความต้องการของลูกค้าที่ได้จากการพยากรณ์, ระยะเวลา, รอบการสั่งซื้อ และสินค้าคงคลังสำรอง เพื่อคำนวณหา OUL

4. คำนวณหาต้นทุน

ในการศึกษานี้จะพิจารณาต้นทุนรวม ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการถือครอง ดังสมการที่ 1 และต้นทุนการสั่งซื้อดังสมการที่ 2 นำมาเปรียบเทียบระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

$$\text{ต้นทุนการถือครอง} = \% \text{ ค่าจัดเก็บต่อปี} \times \text{สินค้าคงเหลือเฉลี่ยต่อปี} \times \text{ราคาสินค้าต่อหน่วย} \quad (1)$$

$$\text{ต้นทุนการสั่งซื้อ} = \text{จำนวนครั้งในการสั่งซื้อ} \times \text{ต้นทุนในการสั่งซื้อต่อครั้ง} \quad (2)$$

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

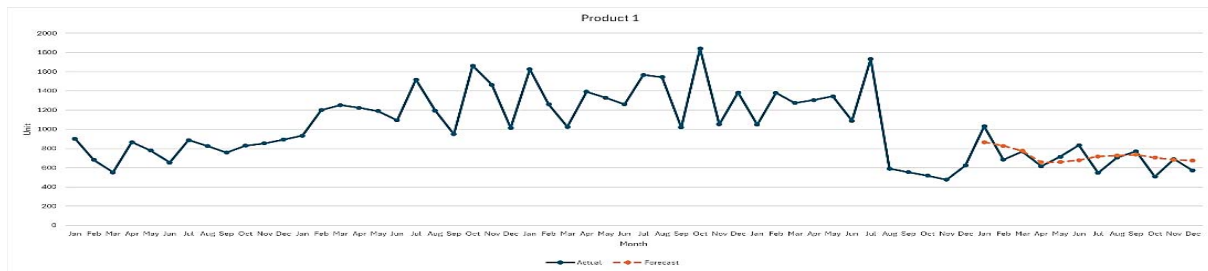
1. การรวบรวมข้อมูล

วิเคราะห์หาลูกค้าที่สร้างรายได้ให้แก่บริษัทสูงที่สุด ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูล พบว่าสัดส่วนรายได้ 72.29 เปอร์เซ็นต์เป็นของลูกค้า A

จากนั้นวิเคราะห์เพื่อจัดอันดับสินค้าของลูกค้า A ด้วยวิธี ABC Analysis พบว่าสินค้าที่อยู่ใน class A มีทั้งหมด 9 รายการ คิดเป็นรายได้ทั้งหมด 71.11% ต่อสัดส่วนของสินค้าที่ขายให้ลูกค้า A ทั้งหมด ดังนั้นในการศึกษานี้จะทำการพยากรณ์และวางแผนสั่งซื้อ เฉพาะสินค้า 9 รายการนี้เท่านั้น

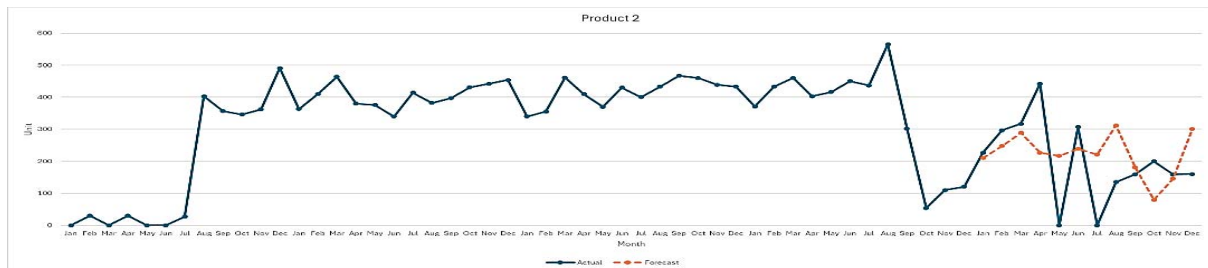
2. การพยากรณ์ความต้องการของสินค้า

ทำการพยากรณ์ทั้งหมด 9 รายการ โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดข้อมูลฝึกโมเดล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ. 2566 และวัดค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์กับข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2567 จากนั้นเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์แต่ละวิธี โดยเลือกวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE กับค่า MAD ต่ำที่สุด ผลการพยากรณ์ของสินค้า 9 รายการที่ได้จากวิธีที่ดีที่สุดแสดงดังรูปต่อไปนี้



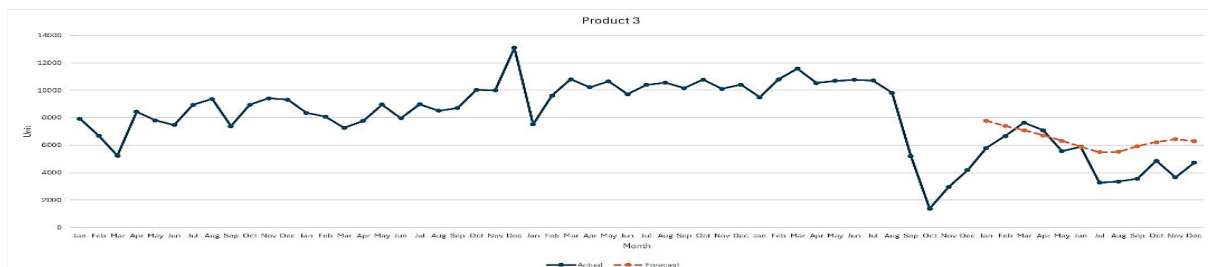
รูปที่ 1 ผลลัพธ์การพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง ปี พ.ศ. 2567 ของสินค้าอันดับที่ 1

จากรูปที่ 1 แสดงผลการพยากรณ์ของสินค้าอันดับที่ 1 ด้วยวิธี MA โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 8 เดือน ซึ่งให้ผลแม่นยำสูงที่สุด โดยให้ค่า MAPE เท่ากับ 13.93 และค่า MAD เท่ากับ 91.52 เส้นพยากรณ์มีลักษณะเรียบและทรงตัวในช่วง 12 เดือนสุดท้าย สะท้อนความสามารถของวิธีนี้ในการลดความผันผวนของข้อมูล อย่างไรก็ตาม ค่าจริงมีความแปรปรวนสูงและแนวโน้มไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะก่อนเกิดการลดลงฉับพลัน ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้าหรือระดับสินค้าคงคลังที่ยังเหลืออยู่



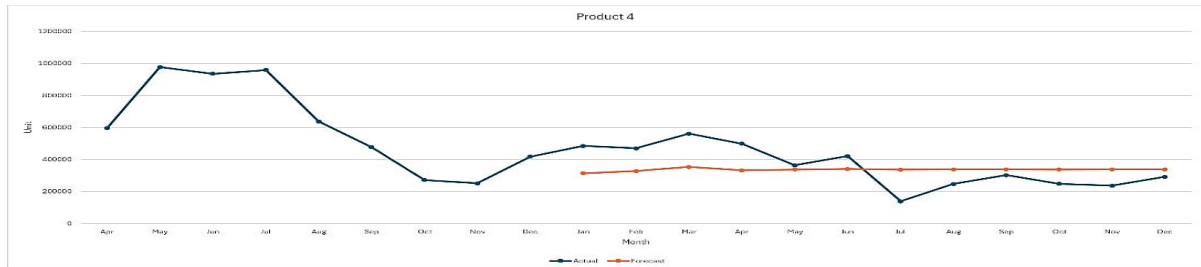
รูปที่ 2 ผลลัพธ์การพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง ปี พ.ศ. 2567 ของสินค้าอันดับที่ 2

จากรูปที่ 2 การพยากรณ์สินค้าอันดับที่ 2 ด้วยวิธี Add HW ให้ความแม่นยำสูงที่สุด โดยให้ค่า MAPE เท่ากับ 41.45 และค่า MAD เท่ากับ 102.6 เส้นพยากรณ์สะท้อนความแปรปรวนของข้อมูลจริงได้ดี โดยเฉพาะหลังช่วงยอดขายลดลงอย่างรุนแรงและมีการฟื้นตัวภายหลัง ซึ่งอาจเป็นผลจากปัจจัยภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงอุปสงค์ของตลาด วิธีนี้สามารถจับแนวโน้มและฤดูกาลได้ชัดเจนกว่าวิธีที่ให้เส้นพยากรณ์เรียบ เช่น MA หรือ SES



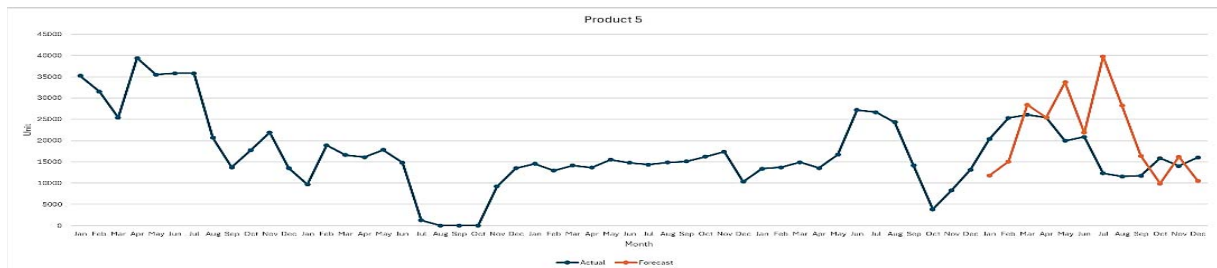
รูปที่ 3 ผลลัพธ์การพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง ปี พ.ศ. 2567 ของสินค้าอันดับที่ 3

จากรูปที่ 3 ผลการพยากรณ์สินค้าอันดับที่ 3 โดยใช้วิธี MA ให้ความแม่นยำสูงสุด โดยให้ค่า MAPE เท่ากับ 24.85 และค่า MAD เท่ากับ 1054.31 แนวโน้มค่าพยากรณ์ค่อย ๆ ลดลงในช่วงต้นและเริ่มฟื้นตัวในช่วงท้าย ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของข้อมูลจริง เส้นพยากรณ์มีความเรียบและตอบสนองต่อความผันผวนของข้อมูลจริงได้น้อย ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของเทคนิคนี้ที่เน้นการลดความผันผวน



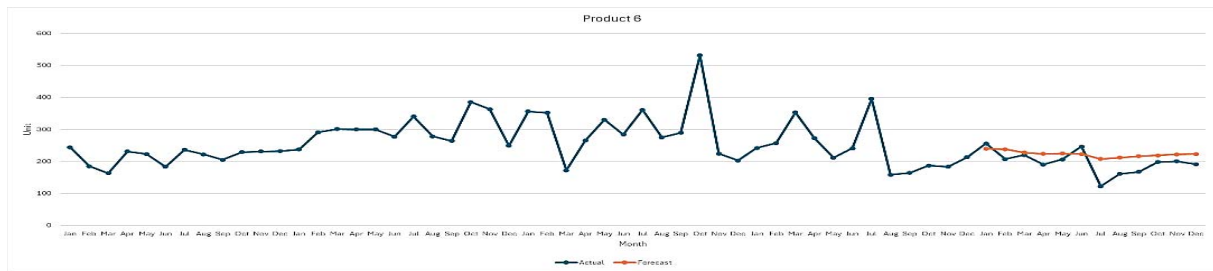
รูปที่ 4 ผลลัพธ์การพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง ปี พ.ศ. 2567 ของสินค้าอันดับที่ 4

จากรูปที่ 4 การพยากรณ์สินค้าอันดับที่ 4 ด้วยวิธี MA ให้ความแม่นยำสูงสุด โดยให้ค่า MAPE เท่ากับ 33.28 และค่า MAD เท่ากับ 85500 เส้นพยากรณ์มีแนวโน้มคงที่และเรียบตลอดช่วงเวลา สะท้อนว่าข้อมูลมีลักษณะเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ขณะที่ค่าจริงมีความผันผวนสูง โดยเฉพาะช่วงต้นที่ลดลงอย่างมากก่อนฟื้นตัวบางส่วน ซึ่งอาจเกิดจากความไม่แน่นอนของตลาดหรือปัจจัยภายนอกที่กระทบต่อคำสั่งซื้อ



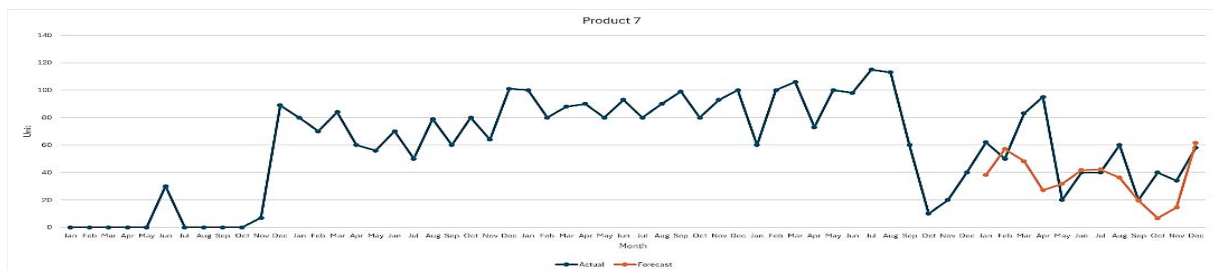
รูปที่ 5 ผลลัพธ์การพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง ปี พ.ศ. 2567 ของสินค้าอันดับที่ 5

จากรูปที่ 5 การพยากรณ์สินค้าอันดับที่ 5 ด้วยวิธี Mul HW ให้ความแม่นยำสูงสุด โดยให้ค่า MAPE เท่ากับ 19.8 และค่า MAD เท่ากับ 3799.27 วิธีนี้สามารถจับรูปแบบฤดูกาลและแนวโน้มเชิงคูณได้ชัดเจน อย่างไรก็ตาม ค่าพยากรณ์ในช่วงท้ายมีความผันผวนสูงกว่าค่าจริง และบางช่วงสูงเกินจริง ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดของโมเดลที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลันมากเกินไป



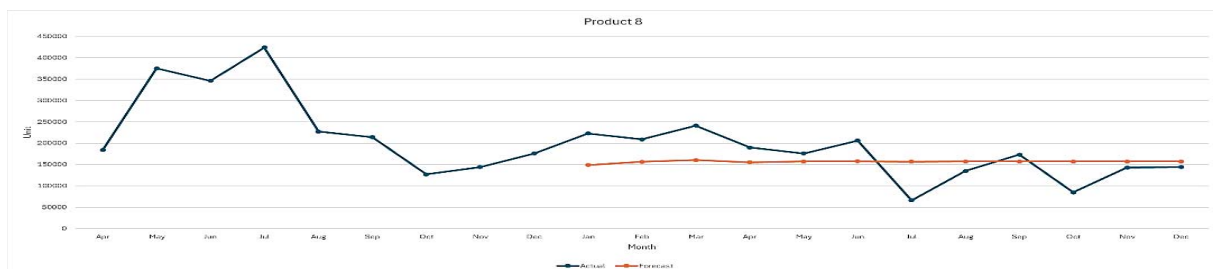
รูปที่ 6 ผลลัพธ์การพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง ปี พ.ศ. 2567 ของสินค้าอันดับที่ 6

จากรูปที่ 6 การพยากรณ์สินค้าอันดับที่ 6 ด้วยวิธี MA ให้ความแม่นยำสูงที่สุด โดยให้ค่า MAPE เท่ากับ 14.47 และค่า MAD เท่ากับ 24.12 วิธีนี้สามารถลดความผันผวนของข้อมูลและให้แนวโน้มที่ราบเรียบต่อเนื่อง แม้ค่าพยากรณ์จะไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงฉับพลันของค่าจริง แต่ก็สะท้อนลักษณะของวิธีที่เน้นความต่อเนื่องมากกว่าความแม่นยำในจุดเปลี่ยนแปลงไดนามิก



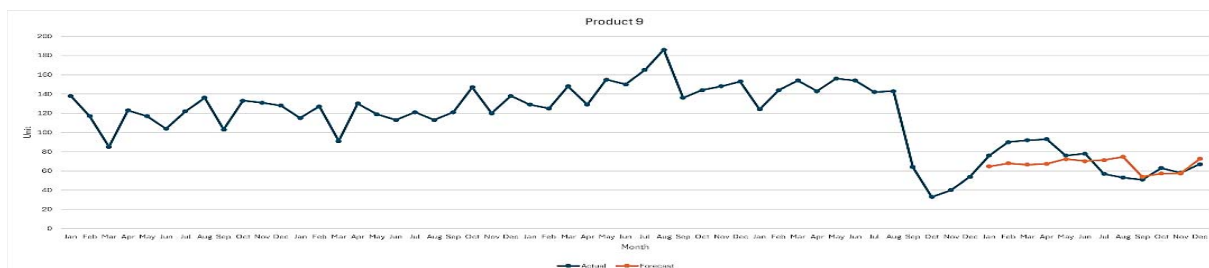
รูปที่ 7 ผลลัพธ์การพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง ปี พ.ศ. 2567 ของสินค้าอันดับที่ 7

จากรูปที่ 7 การพยากรณ์สินค้าอันดับที่ 7 ด้วยวิธี Mul HW ให้ความแม่นยำสูงที่สุด โดยให้ค่า MAPE เท่ากับ 35.19 และค่า MAD เท่ากับ 19.11 วิธีนี้สามารถจับแนวโน้มและฤดูกาลของข้อมูลได้ดี ค่าพยากรณ์ในช่วง 12 เดือนสุดท้ายมีความผันผวนใกล้เคียงกับค่าจริง สะท้อนการเปลี่ยนแปลงของคำสั่งซื้อที่ไม่สม่ำเสมอและติดตามแนวโน้มลดลงในช่วงปลายปีได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 8 ผลลัพธ์การพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง ปี พ.ศ. 2567 ของสินค้าอันดับที่ 8

จากรูปที่ 8 การพยากรณ์สินค้าอันดับที่ 8 ด้วยวิธี MA ให้ความแม่นยำสูงสุด โดยให้ค่า MAPE เท่ากับ 32.23 และค่า MAD เท่ากับ 37833.33 ค่าพยากรณ์มีแนวโน้มคงที่และใกล้เคียงกับค่าจริงในช่วงที่คำสั่งซื้อมีความเสถียร แม้จะไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงฉับพลันในช่วงต้น แต่สามารถติดตามแนวโน้มได้ดีในช่วงปลาย สะท้อนข้อดีของวิธีนี้ในการจัดการข้อมูลที่มีความผันผวนต่ำ



รูปที่ 9 ผลลัพธ์การพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง ปี พ.ศ. 2567 ของสินค้าอันดับที่ 9

จากรูปที่ 9 การพยากรณ์สินค้าอันดับที่ 9 ด้วยวิธี Mul HW ให้ผลแม่นยำที่สุด โดยให้ค่า MAPE เท่ากับ 16.62 และค่า MAD เท่ากับ 12.23 วิธีนี้สามารถสะท้อนแนวโน้มการฟื้นตัวในช่วงปลายปีได้ แม้จะไม่สามารถจับความผันผวนของยอดขายจริงได้ทั้งหมด ค่าพยากรณ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ยังต่ำกว่าค่าจริงในบางช่วง ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงของตลาดหรือปัญหาด้านซัพพลายเชน

จากการทดลองพยากรณ์สินค้า 9 ชนิด พบว่าสินค้าอันดับที่ 1, 3, 4, 6 และ 8 ให้ผลแม่นยำที่สุดเมื่อใช้วิธี Moving Average ซึ่งสามารถอธิบายได้จากลักษณะของข้อมูลในแต่ละกลุ่มสินค้า โดยสินค้าในกลุ่มแรกมักมีพฤติกรรมคำสั่งซื้อที่ไม่มีแนวโน้มหรือฤดูกาลชัดเจน ขณะที่สินค้าอันดับที่ 2, 5, 7 และ 9 เหมาะกับวิธี Holt-Winters ที่ลักษณะของข้อมูลประกอบด้วย แนวโน้มและฤดูกาลอย่างชัดเจน จึงเหมาะกับโมเดลที่สามารถแยกองค์ประกอบดังกล่าวออกมาได้ ส่วน Prophet ที่ออกแบบมาเพื่อรองรับข้อมูลซับซ้อนและสามารถจัดการกับแนวโน้มที่ไม่เป็นเชิงเส้น ฤดูกาล และวันหยุดได้ดี แต่จากผลการทดลองพบว่า ไม่ให้ผลแม่นยำที่สุดในการพยากรณ์ของสินค้าทั้งหมดนี้ มีสาเหตุจาก (1) ข้อมูลของสินค้าในงานวิจัยนี้ไม่มีโครงสร้างฤดูกาลหรือแนวโน้มแบบต่อเนื่องที่ Prophet ได้เปรียบ, (2) ปริมาณข้อมูลอาจไม่เพียงพอให้ Prophet สร้างแบบจำลองที่เหมาะสมได้ดีเท่ากับวิธีแบบง่ายที่มีการตอบสนองเร็วต่อข้อมูลน้อย ๆ และ (3) เกิด overfitting ได้ง่ายเนื่องจากโมเดลที่ซับซ้อนจะพิจารณาทุกรายละเอียด ซึ่งในบางครั้งรายละเอียดนั้นไม่ได้ส่งผลต่อการพยากรณ์

ปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของการพยากรณ์อีกประการหนึ่งคือ ลักษณะของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา เช่น ความแปรปรวนสูง, การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน, หรือข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งล้วนเป็นเงื่อนไขที่ทำให้แบบจำลองเกิดข้อผิดพลาดได้ โดยเฉพาะในโมเดลที่ต้องอาศัยโครงสร้างข้อมูลที่มีรูปแบบที่ชัดเจน

3. การกำหนดนโยบายการสั่งซื้อ

กำหนดนโยบายการสั่งซื้อด้วยวิธี OUL โดยคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ที่ส่งผลให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด และสินค้าเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์สำหรับการกำหนดนโยบายการสั่งซื้อด้วยวิธี OUL ของสินค้าแต่ละประเภท

สินค้า	ความต้องการสินค้า (หน่วย/เดือน)	ระยะเวลานำ (เดือน)	รอบการ สั่งซื้อ	สินค้าคง คลังสำรอง	OUL
1	725	0	2	0	1,451
2	222	2	2	111	1,001
3	6,423	1	1	601	13,446
4	335,702	0	3	0	1,007,107
5	16,215	1	1	3,633	36,063
6	223	0	2	0	446
7	35	2	1	28	134
8	156,566	0	2	0	313,131
9	66	2	2	11	277

4. การคำนวณหาต้นทุน

เปรียบเทียบต้นทุนรวมระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงด้วยนโยบายการสั่งซื้อที่ได้จากการคำนวณ สำหรับปี พ.ศ. 2567 ซึ่งต้นทุนรวมประกอบด้วยต้นทุนการถือครองซึ่งถูกกำหนดโดยนโยบายของบริษัทเป็น 20% ของราคาต้นทุนสินค้าต่อชิ้นต่อปี และต้นทุนการสั่งซื้อเป็น 4,500 บาทต่อครั้งการสั่งซื้อ เปรียบเทียบต้นทุนรวมสำหรับสินค้า 9 รายการก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ได้ดังนี้ สินค้าอันดับที่ 1 ต้นทุนรวมลดลงไป 229,852 บาท, สินค้าอันดับที่ 2 ต้นทุนรวมลดลงไป 451,391 บาท, สินค้าอันดับที่ 3 ต้นทุนรวมลดลงไป 38,885 บาท, สินค้าอันดับที่ 4 ต้นทุนรวมลดลงไป 35,480 บาท, สินค้าอันดับที่ 5 ต้นทุนรวมลดลงไป 12,624 บาท, สินค้าอันดับที่ 6 ต้นทุนรวมลดลงไป 39,788 บาท, สินค้าอันดับที่ 7 ต้นทุนรวมลดลงไป 210,917 บาท, สินค้าอันดับที่ 8 ต้นทุนรวมลดลงไป 11,274 บาท, สินค้าอันดับที่ 9 ต้นทุนรวมลดลงไป 103,053 บาท และต้นทุนรวมของสินค้าทั้งหมดลดลงไป 1,133,264 บาท

แม้การพยากรณ์ที่แม่นยำจะช่วยให้วางแผนการสั่งซื้อได้ดีขึ้น แต่ไม่ได้ส่งผลให้ลดต้นทุนด้วยวิธี OUL ได้อย่างมีนัยสำคัญในทุกรายการสินค้า ปัจจัยสำคัญคือ ราคาต้นทุนต่อหน่วย ซึ่งมีผลโดยตรงต่อค่าจัดเก็บ แม้จะใช้อัตราคงที่ที่ 20% เท่ากันก็ตาม สินค้าที่มีราคาต่อหน่วยสูงสามารถลดต้นทุนได้มาก แม้ลดสต็อกเพียงเล็กน้อย ในขณะที่สินคาราคาต่ำ แม้ลดสต็อกได้มาก แต่ส่งผลต่อการลดต้นทุนน้อยกว่า ดังนั้น การพยากรณ์ที่แม่นยำแม้ว่าจะช่วยให้การสั่งซื้อมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ไม่ได้หมายความว่าสามารถลดต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญในทุกกรณี เนื่องจากต้นทุนการจัดเก็บสินค้าได้รับอิทธิพลจากราคาต้นทุนสินค้า ซึ่งล้วนส่งผลให้การลดต้นทุนจากการใช้ OUL แตกต่างกันในแต่ละรายการสินค้า

สรุป

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการสั่งซื้อสินค้า โดยใช้วิธีการพยากรณ์ 6 วิธีกับสินค้า 9 ชนิด จากผลการทดลองพบว่า สินค้าอันดับที่ 1, 3, 4, 6 และ 8 การพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ให้ความแม่นยำสูงสุดเมื่อเทียบกับการพยากรณ์ด้วยวิธีอื่น โดยให้ค่า MAPE ต่ำสุดอยู่ที่ 13.93 ขณะที่สินค้าอันดับที่ 2, 5, 7 และ 9 การพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ให้ความแม่นยำสูงสุด โดยให้ค่า MAPE ต่ำสุดอยู่ที่ 16.62 ซึ่งตอบคำถามการวิจัยที่ว่าวิธีการพยากรณ์คำสั่งซื้อที่ส่งผลให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลมากที่สุดนั้น ขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูลในอดีตของแต่ละสินค้านั้น ๆ ผลลัพธ์ชี้ให้เห็นว่าสินค้าแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับวิธีการพยากรณ์ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ ความแม่นยำของการพยากรณ์ขึ้นอยู่กับปริมาณข้อมูลที่ใช้และการกำหนดพารามิเตอร์ให้เหมาะสม ผลการพยากรณ์ถูกนำไปใช้ในกระบวนการวางแผนการสั่งซื้อ โดยใช้แนวทางการสั่งซื้อแบบ OUL และมีการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับสินค้าแต่ละประเภท ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสามารถลดต้นทุนรวมลงได้ 1,133,264 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 26.6% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษานี้ ใช้ข้อมูลย้อนหลังเพียง 5 ปี ซึ่งอาจไม่เพียงพอในการจับแนวโน้มระยะยาวหรือปัจจัยฤดูกาลที่อาจส่งผลกระทบต่อพยากรณ์ ในอนาคตเมื่อมีข้อมูลย้อนหลังที่ยาวขึ้น สามารถใช้เทคนิคที่มีความซับซ้อนมากขึ้น หรือใช้วิธีการปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองให้เหมาะสมกับข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ นอกจากนี้ควรพัฒนาและนำระบบที่สามารถอัปเดตข้อมูลคำสั่งซื้อและสต็อกสินค้าแบบเรียลไทม์มาใช้ เพื่อลดความล่าช้าในการพยากรณ์และปรับแผนการสั่งซื้อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน อาจใช้ระบบฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคลังสินค้าและระบบ ERP เพื่อให้ข้อมูลมีความทันสมัยและแม่นยำ

บรรณานุกรม

- ชุมชัย บุญศรี. (2559). *การพยากรณ์ยอดขายสินค้าประเภทสายไฟฟ้าของลูกค้าประเภทตัวแทนจำหน่าย (Distributor): กรณีศึกษาบริษัทสายไฟฟ้าแห่งหนึ่ง* [งานนิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา]. Burapha University Research Information. <https://buuir.buu.ac.th/bitstream/1234567890/12351/1/56710085.pdf>
- ณัฐปริยา ฉลาดแย้ม, ประกายกานต์ ชูสร, และ ยุภาพร ตงประสิทธิ์. (2558). *การวิเคราะห์แบบเอบีซี ABC Analysis* [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น]. DPU Research. http://sc2.kku.ac.th/stat/statweb/images/Eventpic/60/Seminar/02_15_.pdf

- ธัญชนก จันทร์หอม. (2564). *การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา เพื่อกำหนดการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดของโรงงานผลิตยางซีลโคนแห่งหนึ่ง* [วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร]. DSpace at Silpakorn University. <http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3668/1/61602340.pdf>
- ปรีชา อุณวงศ์, สุทธิพงษ์ ที่สมัคร, และ ธนสิทธิ นิตยะประภา. (2560). การศึกษาความเที่ยงตรงของการพยากรณ์ยอดขายสินค้า กรณีศึกษา: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฉมาพรคอนสตรัคชั่น. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ*, 17(4), 711-717.
- พิภพ ลลิตาภรณ์. (2553). *ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต (ฉบับปรับปรุง) (พิมพ์ครั้งที่ 15)*. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ภัทรา อุดมกัลยารักษ์. (2560). *แนวทางการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการจัดการคลังสินค้าสำหรับโรงงานแปรรูป เหล็ก สแตนเลส และอลูมิเนียม: กรณีศึกษา บริษัท พีเอ็มพี มอเตอร์โปรดักส์ จำกัด* [สารนิพนธ์การจัดการมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล]. CMMU Digital Archive. <https://archive.cm.mahidol.ac.th/handle/123456789/2306>
- วรพล เนตรอัมพร. (2559). *การปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดเก็บวัตถุดิบในคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัท นิปปอน เอ็กซ์เพรส เอ็นไอซี โลจิสติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด* [งานนิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา]. DSpace Repository. <https://buuir.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/11677>
- อภิชัย พรหมอ่อน. (2561). *การศึกษาการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (Time Series) เพื่อการวางแผนวัตถุดิบกรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนยางรถยนต์* [สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น]. TNI Library. <http://library.tni.ac.th/thesis/upload/files/IS%20MIM%202018/Apichai%20Prom-aon%20IS%20MIM%202018.pdf>
- อิสณัย พุ่งเกียรติไพบูลย์. (2559). *การกำหนดนโยบายการบริหารสินค้าคงคลังสำหรับธุรกิจซื้อขายไปเคมีภัณฑ์* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (6th ed). Pearson.
- Durlinger, P. (2015). *Inventory and Holding Costs A White Paper Approach for Managers*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/280529747_inventory_and_holding_costs
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G., (2018). *Forecasting: principles and practice* (2nd ed). OTexts.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J., (2016). *Inventory and Production Management in Supply Chains* (4th ed). Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781315374406>

- Taylor, S. J., & Letham, B. (2017). Forecasting at Scale. *The American Statistician*, 72(1), 37–45.
<https://doi.org/10.1080/00031305.2017.1380080>
- Tirkes, G., Güray, C., & Çelebi, N. (2017). Demand Forecasting: A Comparison Between The Holt-Winters, Trend Analysis and Decomposition Models. *Technical Gazette*, 24(2), 503–509.
<https://doi.org/10.17559/TV-20160615204011>
- Yücalar, F. (2024). Using Time Series Models in Product Based Order Forecasting. *Journal of Innovative Science and Engineering*, 8(1), 36-52.<https://doi.org/10.38088/jise.1422178>