

การพยากรณ์ความต้องการใช้กาวดักแมลงวัน Fly Glue Trap Demand Forecasting

ศิริวรรณ สัมพันธ์มิตร¹ วรรณดา สมบูรณ์² กนกวรรณ สังสรรค์ศิริ³ และ เสาวนิตย์ เลขวัต^{4*}

^{1,2,4}คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

³บริษัท แสงสิริ อินเตอร์เทรดดิ้ง จำกัด 115/22 แขวงบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร 10150

E-mail: saowanit.le@gobuu.ac.th*

Siriwan sampanmit¹, Wannada somboon², Kanokwan Sangsangsiri³ and Saowanit Lekhavat^{4*}

^{1,2,4}Faculty of Logistics, Burapha University, Mueang, Chonburi, 20131

³Sangsiri Intertrading Co., Ltd. 115/22, Bangbon, Bangbon, Bangkok, 10150

E-mail: saowanit.le@gobuu.ac.th*

Received 19 Mar 2021; Revised 7 May 2021

Accepted 28 Jun 2021; Available online 29 Jun 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบว่าเทคนิคการพยากรณ์ใดที่มีความแม่นยำและเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด โดยวัดจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ และเพื่อช่วยให้ทราบถึงความต้องการกาวดักแมลงวันในแต่ละเดือนโดยใช้เครื่องมือการพยากรณ์ต่าง ๆ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ แผ่นกาวดักแมลงสีเหลือง กาวดักแมลงวันแบบซองสีฟ้า และแผ่นกาวดักแมลงวันสีเขียว และใช้รูปแบบการพยากรณ์ทั้งหมด 7 วิธี ได้แก่ วิธี Simple Moving Average, Weighted Moving Average, Exponential Smoothing, Stationary with additive and multiplicative seasonal effect, Double moving average, Double exponential smoothing (Holt's method) และ Holt-winter's method for additive and multiplicative seasonal effect ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าพยากรณ์แผ่นกาวดักแมลงวันสีเหลือง ค่าพยากรณ์ของแผ่นกาวดักแมลงวันแบบซองสีฟ้า และค่าพยากรณ์ของแผ่นกาวดักแมลงวันสีเขียวที่ได้จากวิธี Double exponential smoothing (Holt's method) ที่ให้ค่าคลาดเคลื่อน (MSE) น้อยที่สุดเท่ากับ 551,161.21 , 14,447.7 และ 77,545,737.4 ตามลำดับ ดังนั้นผู้ประกอบการสามารถนำเทคนิคการพยากรณ์ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เพื่อพยากรณ์ยอดขายในอนาคตต่อไป

คำหลัก: กาวดักแมลงวัน, การพยากรณ์, การวางแผน, อนุกรมเวลา

Abstract

The aim of this research is to compare various forecasting techniques that provide the best choice for the collected data by minimizing mean square error. In order to forecast the demand of fly glue trap, we collect 3 types of such products which are yellow, blue and green ones. The methods which are applied to compare are simple moving average, weighted moving average, exponential smoothing, stationary with additive and multiplicative seasonal effect, double moving average, double exponential smoothing (Holt's method) and Holt-winter's method for additive and multiplicative seasonal effect. The results find that double moving average, double exponential smoothing (Holt's method) is the best forecasting method that can minimize mean square error which are 551,161.21 for yellow type of fly glue trap while double exponential smoothing (Holt's method) is the best choice that minimizes mean square error 14,447.7 and 77,545,737.4 for blue and green type of fly glue trap, respectively. Therefore, an entrepreneur can apply such recommended methods to forecast the future demand of the product.

Keywords: Fly glue trap, Forecasting, Planning, Time Series

1. บทนำ

ในปัจจุบันการประกอบธุรกิจถือเป็นความท้าทายอย่างมาก เนื่องจากสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจเป็นไปอย่างรุนแรง ผู้ประกอบธุรกิจจึงต้องมีการบริหารจัดการธุรกิจให้สามารถอยู่รอดในตลาดได้ ซึ่งเทคนิคการพยากรณ์เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่ง ที่จะช่วยให้ได้ข้อมูลสำหรับการผลิตหรือยอดขายของอนาคต

ธุรกิจกรณีศึกษาที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล คือ ธุรกิจกาวดักแมลงวัน ซึ่งเป็นธุรกิจจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ให้แก่ลูกค้าผ่านช่องทางออนไลน์ ถ้าผู้ประกอบการมีการวางแผนการขายที่ดีก็จะส่งผลทำให้เพิ่มกำไรให้กับธุรกิจได้ ในปัจจุบันที่ทำให้ธุรกิจสามารถอยู่รอดและเติบโตนั้นมีหลายปัจจัย ยกตัวอย่าง เช่น การทราบความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ ซึ่งการพยากรณ์การสั่งซื้อสามารถให้ผลลัพธ์ในส่วนนี้ได้ ผู้ประกอบการสามารถนำผลข้อมูลมาวางแผนธุรกิจไม่ให้ธุรกิจขาดทุนไม่สูญเสียโอกาสที่จะทำกำไรและมีรายได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

จากที่กล่าวมาเบื้องต้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาในเรื่องดังกล่าว โดยเทคนิคที่ใช้ในการพยากรณ์ได้แก่ วิธี Simple Moving average, Weighted Moving Average, Exponential Smoothing, Stationary data with additive seasonal effect, Stationary data with multiplicative seasonal effect, Trend model, Holt-

Winter's method และใช้วิธีหาความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ด้วยวิธี Mean Squared Error (MSE) ซึ่งการพยากรณ์ดังกล่าวสามารถนำมาเป็นแนวทางในการวางแผนธุรกิจ

2.1 แนวคิด ทฤษฎี

การพยากรณ์ คือ การประมาณ หรือ การคาดคะเนว่าอะไรจะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การพยากรณ์ยอดขายของปีข้างหน้า การพยากรณ์มีบทบาทสำคัญกับทุกด้าน ทั้งหน่วยงานของรัฐบาลและเอกชน รัฐบาลต้องประมาณ หรือ พยากรณ์รายได้รายจ่ายในปีหน้า เพื่อนำมาวางแผน เอกชนต้องพยากรณ์ยอดขาย เพื่อนำมาวางแผนการผลิตสินค้าคงคลัง แรงงาน ฯลฯ โดยประโยชน์ของการพยากรณ์ด้านการเงิน และการบัญชี (Finance) สามารถช่วยในการจัดทำงบประมาณการขาย เพื่อจัดสรรทรัพยากรให้ทุกส่วนขององค์กรได้อย่างทั่วถึงและเหมาะสม ด้านการตลาด (Marketing) ใช้กำหนดยอดขายเป้าหมายของแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ในการควบคุมกิจกรรมของฝ่ายขายและฝ่ายการตลาด และด้านการผลิต (Operation) ถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลในการดำเนินการต่างๆ ในฝ่ายการผลิต เช่น การบริหารสินค้าคงคลังและการจัดซื้อ การบริหารแรงงาน โดยการจัดทำลॉคอินให้สอดคล้องกับ

ปริมาณงาน การกำหนดกำลังการผลิต เพื่อจัดให้มีขนาดของโรงงานที่เหมาะสม การเลือกทำเลที่ตั้งสำหรับการผลิต การวางแผนผังกระบวนการผลิตและการจัดตารางการผลิต ทั้งนี้เพื่อให้ผลิตสินค้าออกมาได้อย่างเหมาะสม และเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รูปแบบการพยากรณ์ในปัจจุบันนั้นมีหลากหลายวิธี โดยการเลือกรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การพยากรณ์ความต้องการ เพื่อแก้ปัญหาต้นทุน โดยผลการวิเคราะห์พบว่าพยากรณ์วิธีแยกส่วนประกอบได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำที่สุด [1] เช่นเดียวกับ การศึกษาและวิเคราะห์ถึงปริมาณความต้องการของลูกค้าเพื่อนำไปสู่การวางแผนการผลิต [2] การศึกษาการพยากรณ์ยอดขายสินค้า เพื่อกำหนดเป้าหมายยอดขายที่เหมาะสม โดยพบการวิเคราะห์พบว่า วิธีของวินเทอร์ (Winter's Method) มีความคลาดเคลื่อนจากยอดขายจริงน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพยากรณ์ในรูปแบบเดิมของบริษัท [3] การศึกษาการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา เพื่อปรับปรุงข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนการผลิตให้ดีขึ้น โดยรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้ง ซึ่งทำให้ผลิตสินค้าได้ใกล้เคียงกับความต้องการของลูกค้ามากขึ้น [4] การศึกษาการใช้ทฤษฎี ABC Classification เพื่อลำดับความสำคัญสินค้า และทำการพยากรณ์ยอดขายในแต่ละคลาส ซึ่งมีรูปแบบการพยากรณ์ต่างกันไป [5, 6] การวิเคราะห์หาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยใช้ทฤษฎีการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) มาใช้ในการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม เพื่อให้มีสินค้าเพียงพอต่อความต้องการ [6, 7] การศึกษาการพยากรณ์ปริมาณความต้องการ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณ โดยเลือกผลลัพธ์การพยากรณ์ที่มีข้อผิดพลาด (RMSE) น้อยที่สุด [8] แต่อีกงานวิจัยหนึ่งเลือกใช้วิธีความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ในการหาค่าความผิดพลาด

ของการพยากรณ์ ซึ่งได้ผลลัพธ์ของการพยากรณ์ที่มีความคลาดน้อยที่สุดจากวิธีการแยกส่วนในรูปแบบการคูณ [9, 10] การศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ เพื่อใช้วางแผนในกระบวนการผลิต [11] การศึกษาการพยากรณ์เพื่อเป็นการลดความคลาดเคลื่อนของประตูลำเรือรูป [12] การศึกษาหนึ่งพบว่าเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องพิจารณาจากหลายๆปัจจัยร่วมกัน [13] การศึกษาหาคำตอบเกี่ยวกับการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ไม่มียอดขายในอดีต ซึ่งสรุปได้ว่าแบบจำลอง Bayesian สามารถใช้ร่วมกับกฎทั่วไปของอุตสาหกรรมอื่นๆได้ยังสามารถใช้กับแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน เพื่อทำการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งในและต่างประเทศได้ [14] การให้แนวคิดว่าการสังเกตผลลัพธ์การพยากรณ์นั้นสำคัญที่สุด โดยรูปแบบการถ่วงน้ำหนักในการหาพยากรณ์ และค่าคงที่การปรับให้เรียบเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดลักษณะการทำงานของ simple exponential smoothing [15]

3.ระเบียบวิธี

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

3.1.1. การทบทวนวรรณกรรม ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ยอดขายกาวตักแมลงวัน ให้เกิดองค์ความรู้ทางทฤษฎีเพื่อนำไปเป็นแนวความคิดในการศึกษาข้อมูล

3.1.2 ศึกษาข้อมูล ยอดขายกาวตักแมลงวันในแต่ละเดือนย้อนหลังโดยศึกษาขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ
2. ดำเนินพยากรณ์โดยเทคนิคต่างๆ
3. ทดสอบความแม่นยำของแต่ละวิธีเพื่อนำมาเปรียบเทียบ

4. สรุปผลการทดลอง

3.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาเรื่องการพยากรณ์ความต้องการซื้อกาวตักแมลงวัน คณะผู้ศึกษามีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

นำข้อมูลทุติยภูมิที่มียอดขายในอดีตของธุรกิจการดักแมลงวัน ที่มีข้อมูลปีละแต่ละเดือนมาทำการเรียบเรียงข้อมูล และนำข้อมูลดิบมาทำการแปลงเป็นข้อมูลยอดขายของสินค้าแต่ละประเภทรายเดือน คณะผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลยอดขายนำมาใส่ลงใน excel แยกแต่ละประเภท และแปลงเป็นยอดขายของสินค้าแต่ละประเภทรายเดือนเพื่อนำมาพยากรณ์

3.2.2. ดำเนินพยากรณ์โดยเทคนิคต่าง ๆ

ในวิธีนี้ผู้วิจัยได้ทำการเลือกตัวแบบในการพยากรณ์ โดยได้มีวิธีการพยากรณ์ในโปรแกรม Excel ดังนี้

1.Simple moving average

วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่ใช้ค่าเฉลี่ยของ n ค่าข้อมูลล่าสุดในอนุกรมเวลาเป็นการคาดการณ์สำหรับช่วงเวลาถัดไป สมการ คือ

$$\text{Moving average} = \frac{\sum \text{Most recent } n \text{ data value}}{n}$$

2. Weighted moving average

ในวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่การสังเกตแต่ละครั้งในการคำนวณจะได้รับน้ำหนักเท่ากัน ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักเกี่ยวข้องกับการเลือกน้ำหนักที่แตกต่างกันสำหรับค่าข้อมูลแต่ละค่าจากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของ n ค่าข้อมูลล่าสุดตามการคาดการณ์ เทคนิคค่าถ่วงน้ำหนักเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักจะมีการให้น้ำหนักข้อมูลในอดีตไม่เท่ากัน โดยให้น้ำหนักเป็น W_1, W_2, W_3 ซึ่งผลรวมของน้ำหนักที่ให้อาจต้องมีค่าเท่ากับ 1 [$\sum_{i=1}^n W_i = 1$] สมการ คือ

$$F_{t+1} = W_1 X_t + W_1 X_t - 1 + \dots + W_n X_t - n + 1$$

3. Exponential smoothing

วิธีนี้ใช้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของค่าอนุกรมเวลาในอดีตเป็นการคาดการณ์ เป็นกรณีพิเศษของวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักซึ่งเราเลือกน้ำหนักเพียงตัวเดียว - น้ำหนักสำหรับการสังเกตล่าสุด

$$\text{สมการ คือ } F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t$$

โดย F_{t+1} = การคาดการณ์อนุกรมเวลาสำหรับช่วงเวลา $t + 1$

Y_t = ค่าจริงของอนุกรมเวลาในช่วง t

F_t = พยากรณ์อนุกรมเวลาสำหรับช่วงเวลา t

Stationary with additive and multiplicative seasonal effect กำหนดสัญลักษณ์ดังนี้

- ให้ F_{t+n} เป็นค่าการคาดการณ์อนุกรมเวลาสำหรับช่วงเวลา $t + n$

- ให้ S_{t+n-p} เป็นค่าของสมการที่วัดได้

- ให้ S_t เป็นค่าประมาณฤดูกาลของข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ t ใด ๆ

- ให้ T_t เป็นค่าประมาณแนวโน้มของ ข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ t ใด ๆ

- ให้ t คือ ช่วงเวลา เป็น เดือน $0 < t \leq m$; m คือ ช่วงเวลาสูงสุดของข้อมูล

- ให้ α เป็นค่าคงที่ปรับระดับของข้อมูล มีค่า $0 < \alpha < 1$

- ให้ β เป็นค่าคงที่ปรับแนวโน้มของข้อมูล มีค่า $0 < \beta$

4 . Stationary with additive and multiplicative seasonal effect (แบบจำลองผลบวก)

$$\text{มีสมการดังนี้ } F_{t+n} = E_t + S_{t+n-p}$$

$$\text{โดยที่ } E_t = \alpha(Y_t - S_{t-p}) + (1 - \alpha)E_{t-1}$$

$$S_t = \beta(Y_t - E_t) + (1 - \beta)S_{t-p}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1 \text{ และ } 0 \leq \beta \leq 1$$

5. Stationary with multiplicative seasonal effect

สูตรสำหรับ Stationary with additive and multiplicative seasonal effect (แบบจำลองผลคูณ) ได้กำหนดสัญลักษณ์เดียวกับวิธี Stationary with additive and multiplicative seasonal effect

$$\text{มีสมการดังนี้ } F_{t+n} = E_t \times S_{t+n-p}$$

$$\text{โดยที่ } E_t = \alpha(Y_t/S_{t-p}) + (1 - \alpha)E_{t-1}$$

$$S_t = \beta(Y_t/E_t) + (1 - \beta)S_{t-p}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1 \text{ และ } 0 \leq \beta \leq 1$$

Double moving average และ Double exponential smoothing (Holt's method)

เทคนิคการพยากรณ์ Double moving average

และ Double exponential smoothing (Holt's method)

ได้กำหนดสัญลักษณ์ ดังนี้

- ให้ M_t เป็นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับช่วง k ที่ผ่านมาซึ่งมีสมการคือ (รวมระยะเวลา t)
- ให้ Y_t เป็นค่าข้อมูลจริง ณ ช่วงเวลาที่ t ใด ๆ
- ให้ T_t เป็นค่าประมาณแนวโน้มของ ข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ t ใด ๆ
- ให้ t คือ ช่วงเวลา เป็น เดือน $0 < t \leq m$; m คือ ช่วงเวลาสูงสุดของข้อมูล
- ให้ α เป็นค่าคงที่ปรับระดับของข้อมูล มีค่า $0 < \alpha < 1$

- ให้ β เป็นค่าคงที่ปรับแนวโน้มของข้อมูล มีค่า $0 < \beta$

- ให้ F_{t+n} เป็นค่าการคาดการณ์อนุกรมเวลา สำหรับช่วงเวลา $t + n$

6. Double moving average

$$M_t = (Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1})/k$$

ให้ Double moving average คือ D_t สำหรับช่วง k ที่ผ่านมา (รวมระยะเวลา t) คือค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

$$D_t = (M_t + M_{t-1} + \dots + M_{t-k+1})/k$$

จากนั้นสูตร Double moving average จะถูกกำหนดโดย

$$F_{t+n} = E_t + nT_t$$

$$E_t = 2M_t - D_t$$

$$T_t = 2(M_t - D_t)/(k - 1)$$

7. Double exponential smoothing (Holt's method)

วิธีการแบบ Holt's method เป็นวิธีการ Double exponential smoothing ออกแบบมาเพื่อติดตามอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเชิงเส้น

$$E_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(E_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(E_t - E_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

8. Holt-winter's method for additive seasonal effect

เป็นเทคนิคพยากรณ์ที่ประยุกต์เกี่ยวกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและฤดูกาลข้อมูลเชิงบวก (additive seasonal) โดยกำหนดสัญลักษณ์ ดังนี้

- ให้ p แสดงค่าฤดูกาลของข้อมูล (รายไตรมาส $p = 4$ และรายเดือน $p = 12$)
- ให้ n เป็นหนึ่งช่วงเวลานั้นๆของข้อมูล
- ให้ γ เป็นค่าคงที่ปรับฤดูกาลของข้อมูล มีค่า $0 < \gamma$

- ให้ S_t เป็นค่าประมาณฤดูกาลของข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ t ใด ๆ

- ให้ β เป็นค่าคงที่ปรับแนวโน้มของข้อมูล มีค่า $0 < \beta$

- ให้ T_t เป็นค่าประมาณแนวโน้มของ ข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ t ใด ๆ

- ให้ α เป็นค่าคงที่ปรับระดับของข้อมูล มีค่า $0 < \alpha < 1$

- ให้ F_{t+n} เป็นค่าการคาดการณ์อนุกรมเวลา สำหรับช่วงเวลา $t + n$

$$\text{มีสมการดังนี้ } F_{t+n} = E_t + nT_t + S_{t+n-p}$$

$$\text{โดยที่ } S_t = \gamma(Y_t - E_t) + (1 - \gamma)S_{t-p}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1 \text{ และ } 0 \leq \gamma \leq 1$$

9. Holt-winter's method for multiplicative seasonal effect

เป็นเทคนิคพยากรณ์ที่ประยุกต์เกี่ยวกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและฤดูกาลข้อมูลเชิงคูณ

(additive seasonal) โดยได้กำหนดสัญลักษณ์เดียวกันกับวิธี Holt-winter's method for additive seasonal effect

$$\text{มีสมการดังนี้ } F_{t+n} = (E_t + nT_t)S_{t+n-p}$$

$$\text{โดยที่ } S_t = y(Y_t/E_t) + (1 - y)S_{t-p}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1 \text{ และ } 0 \leq y \leq 1$$

3.2.3. ทดสอบความแม่นยำของแต่ละวิธีและนำมาเปรียบเทียบ

การวัดความคลาดเคลื่อนของค่าจริงและค่าที่พยากรณ์ได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆหรือจำนวนข้อมูลต่างๆ จะพิจารณาจากการที่ค่าจริงใกล้เคียงค่าพยากรณ์ที่สุด หรือทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับการพยากรณ์มากที่สุด ในวิจัยฉบับนี้การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์มี 1 วิธีด้วยกัน ได้แก่ Mean Squared Error (MSE) = ค่า MSE ยิ่งน้อย หมายถึง การพยากรณ์ยิ่งมีความแม่นยำสูง สามารถคำนวณค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างการพยากรณ์และค่าการสังเกต n กำลังสอง มีสูตรดังนี้

$$\frac{\sum(\text{ค่าความคลาดเคลื่อน})^2}{n}$$

ซึ่งวิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนแบบดังกล่าวดีกว่าวิธีอื่น ๆ ในกรณีที่สามารถตรวจจับข้อมูลหรือความต้องการของลูกค้าจากการพยากรณ์ในแต่ละเดือนได้เร็วกว่าวิธีอื่นๆ เช่น Mean Absolute Error (MAE) เนื่องจากมีการนำเอาความคลาดเคลื่อนมายกกำลังสอง

3.2.4 สรุปผลทดลอง

จากขั้นตอนที่กล่าวถึงในบทนี้เป็นการแสดงให้เห็นถึงลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานและเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษา เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลครบ ก็นำข้อมูลต่างๆมาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่ดีที่สุด เพื่อนำผลของการ

พยากรณ์มาเปรียบเทียบ ซึ่งในส่วนนี้จะแสดงผลลัพธ์ในบทถัดไป

4. ผลการดำเนินการ

จากการศึกษาการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์กาวดักแมลงวันทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ แผ่นกาวดักแมลงวันสีเหลือง กาวดักแมลงวันแบบซองสีฟ้า และแผ่นกาวดักแมลงวันสีเขียว โดยใช้วิธีการพยากรณ์ ทั้งหมด 7 วิธี ได้แก่ วิธี Simple Moving Average โดยเลือกสมมติการพยากรณ์ที่ 2 และ 4 period, Weighted Moving Average โดยเลือกสมมติการพยากรณ์ที่ 2 และ 4 period, Exponential Smoothing, Stationary with additive and multiplicative seasonal effect, Double moving average, Double exponential smoothing (Holt's method) และ Holt-winter's method for additive and multiplicative seasonal effect โดยมีค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ MSE ต่ำที่สุดของแต่ละวิธี ดังตารางที่ 1-3 และมีผลการเปรียบเทียบค่า MSE ที่ได้จากการพยากรณ์ดังตารางที่ 4-6

4.1 ค่าถ่วงน้ำหนักและค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์แผ่นกาวดักแมลงวันสีเหลือง

รูปแบบการพยากรณ์	ค่าถ่วงน้ำหนัก			
WMA 2 periods	$W_1 = 0.67$		$W_2 = 0.33$	
WMA 4 periods	$W_1 = 0.58$	$W_2 = 0$	$W_3 = 0.17$	$W_4 = 0.25$
รูปแบบการพยากรณ์	ค่าพารามิเตอร์			
	Alpha	Beta	Gamma	
EPS	0.22	-	-	
STA	0	0.34	-	
STM	0	0.34	-	
DES	0.10	0.23	-	
HWA	0	0	0.34	
HWM	0	0	0.34	

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตภัณฑ์
กาวดักแมลงวันแบบของสีฟ้า

รูปแบบ การ พยากรณ์	ค่าถ่วงน้ำหนัก			
WMA 2 periods	$W_1 = 0.18$		$W_2 = 0.82$	
WMA 4 periods	$W_1 =$ 0.18	$W_2 =$ 0.03	$W_1 =$ 0.18	$W_2 =$ 0.079
รูปแบบ การ พยากรณ์	ค่าพารามิเตอร์			
	Alpha	Beta	Gamma	
EPS	0.91	-	-	
TA	0	0.16	-	
STM	0	0.16	-	
DES	0.92	0	-	
HWA	0.91	0	0	
HWM	1	0	1	

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตภัณฑ์
แผ่นกาวดักแมลงวันสีเขียว

รูปแบบ การ พยากรณ์	ค่าถ่วงน้ำหนัก			
WMA 2 periods	$W_1 = 0.53$		$W_2 = 0.47$	
WMA 4 periods	$W_1 =$ 0	$W_2 =$ 0.17	$W_1 =$ 0	$W_2 =$ 0.17
รูปแบบ การ พยากรณ์	ค่าพารามิเตอร์			
	Alpha	Beta	Gamma	
EPS	0.54	-	-	
STA	0.37	0.55	-	
STM	0.31	0.94	-	
DES	0.20	1	-	
HWA	0.37	0	0.55	
HWM	0.21	1	1	

4.2 ผลการพยากรณ์

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลยอดขายและค่าการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์แผ่นกาวดักแมลงวันสีเหลือง

เดือน-ปี	ยอดขาย (ชิ้น)	SMA 2 periods	SMA 4 periods	WMA 2 periods	WMA 4 periods	EPS	Stationary additive	Stationary mul	DMA	DES	Holt addi	Holt multi
พ.ย. 62	100					100.00						
ธ.ค. 62	379					100.00				100.00		
ม.ค. 63	1038	239.50		286.10		162.22				135.07		
ก.พ. 63	852	708.50		818.57		357.54				255.08		
มี.ค. 63	1129	945.00	592.25	913.93	584.09	467.82	100.00	100.00		357.76	100.00	100.00
เม.ย. 63	906	990.50	849.50	1,036.77	926.26	615.28	379.00	379.00		496.33	379.00	379.00
พ.ค. 63	1227	1,017.50	981.25	980.25	929.83	680.12	1,038.00	1,038.00		607.50	1,038.00	1,038.00
มิ.ย. 63	362	1,066.50	1,028.50	1,120.12	1,116.74	802.08	852.00	852.00	1,304.54	754.64	852.00	852.00
ก.ค. 63	239	794.50	906.00	650.02	645.68	703.93	453.98	453.98	847.15	789.06	453.98	453.98
ส.ค. 63	194	300.50	683.50	279.96	572.86	600.24	560.29	560.29	322.98	794.51	560.29	560.29
ก.ย. 63	130	216.50	505.50	208.98	480.46	509.64	1,103.02	1,103.02	46.54	780.75	1,103.02	1,103.02
ต.ค. 63	1416	162.00	231.25	151.31	206.40	424.97	683.44	683.44	(352.60)	746.62	683.44	683.44
พ.ย. 63	2458	773.00	494.75	987.80	915.14	645.99	380.02	380.02	521.42	863.17	380.02	380.02
ธ.ค. 63	379	1,937.00	1,049.50	2,111.04	1,498.39	1,050.11	434.28	434.28	1,848.25	1,111.70	434.28	434.28
ม.ค. 64	-	1,418.50	1,095.75	1,071.25	492.36	900.44	768.30	768.30	1,725.65	1,105.03	768.30	768.30
ก.พ. 64							935.44	935.44	1,977.60	1,173.30	935.44	935.44
มี.ค. 64							1,094.85	1,094.85	2,229.56	1,241.57	1,094.85	1,094.85
เม.ย. 64							415.27	415.27	2,481.52	1,309.84	415.27	415.27
MSE		774,771.7	732,896.1	764,245.05	648,361.95	625,565.6	759,721.6	759,721.6	1,474,120.0	551,161.21	759,721.6	759,721.6

จากตารางที่ 4 แสดงถึงผลการพยากรณ์ทั้ง 11 วิธีของผลิตภัณฑ์กาวดักแมลงวันสีเหลืองตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2562 ถึงเดือนเมษายน 2564 และแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ โดยรูปแบบการพยากรณ์ Double exponential smoothing (Holt's method) มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดอยู่ที่ 551,161.6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์แผ่นกาวดักแมลงวันสีเหลืองด้วยวิธีนี้ มีความแม่นยำมากที่สุด

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลยอดขายและการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์ กาวตักแมลงวันแบบของสีฟ้า

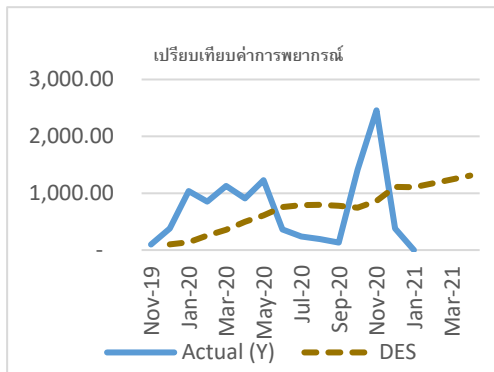
เดือน-ปี	ยอดขาย (ชิ้น)	SMA 2 periods	SMA 4 periods	WMA 2 periods	WMA 4 periods	EPS	Stationary additive	Stationary mul	DMA	DES	Holt addi	Holt multi
ส.ค. 62	62					62						
ก.ย. 62	56					62				62.00		
ต.ค. 62	0	59.00		57.11		56.54				56.49		
พ.ย. 62	0	28.00		45.66		5.09				4.61		
ธ.ค. 62	119	-	29.50	-	12.92	0.45	62.00			0.38	62.00	
ม.ค. 63	376	59.50	43.75	97.04	104.20	108.32	108.11			109.32	108.11	
ก.พ. 63	213	247.50	123.75	306.60	296.64	351.90	297.03	62.00		354.24	297.03	62.00
มี.ค. 63	115	294.50	177.00	173.69	171.25	225.50	220.21	56.00	316.17	224.53	220.21	192.39
เม.ย. 63	259	164.00	205.75	93.78	122.76	124.94	186.02	119.00	319.40	123.94	186.02	244.38
พ.ค. 63	285	187.00	240.75	211.20	279.31	246.93	246.74	376.00	330.65	247.98	246.74	818.35
มิ.ย. 63	434	272.00	218.00	232.40	267.17	281.57	225.72	85.61	230.71	281.98	225.72	46.99
ก.ค. 63	222	359.50	273.25	353.90	370.55	420.27	416.14	65.23	337.94	421.59	416.14	392.00
ส.ค. 63	89	328.00	300.00	181.03	230.51	239.85	300.65	140.89	370.00	238.29	300.65	471.75
ก.ย. 63	98	155.50	257.50	72.57	134.37	102.58	101.15	361.77	249.69	101.18	101.15	281.21
ต.ค. 63	22	93.50	210.75	79.91	163.21	98.41	42.27	140.09	128.04	98.26	42.27	16.16
พ.ย. 63	19	60.00	107.75	17.94	60.63	28.87	23.74	89.74	(77.67)	28.22	23.74	19.87
ธ.ค. 63	15	20.50	57.00	15.49	34.02	19.88	81.41	132.78	(111.75)	19.75	81.41	40.38
ม.ค. 64		17.00	38.50	12.23	30.47	15.44	14.69	320.52	(69.83)	15.39	14.69	47.39
ก.พ. 64							(41.31)	121.62	(113.17)	15.39	(41.31)	7.82
มี.ค. 64							(41.31)	78.68	(156.50)	15.39	(41.31)	7.06
เม.ย. 64							20.69	114.36	(199.83)	15.39	20.69	15.00
MSE		21,444.13	23,039.57	15,957.26	15,935.83	17,531.52	17,742.32	27,745.80	23,959.32	14,447.7	17,742.32	61,171.31

จากตารางที่ 5 แสดงผลการพยากรณ์ทั้ง 11 รูปแบบของแผ่นกาวตักแมลงวันแบบของสีฟ้าตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2562 ถึงเดือนเมษายน 2564 และแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ โดยรูปแบบการพยากรณ์ Double exponential smoothing (Holt's method) มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดอยู่ที่ 14,447.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์แผ่นกาวตักแมลงวันแบบของสีฟ้าด้วยวิธีนี้ มีความแม่นยำมากที่สุด

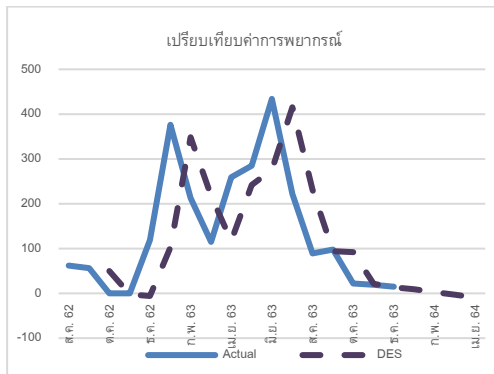
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์ แผ่นกาวดักแมลงวันสีเขี้ยว

เดือน-ปี	ยอด ขาย (ชิ้น)	SMA 2 periods	SMA 4 periods	WMA 2 periods	WMA 4 periods	EPS	Stationary additive	Stationary mul	DMA	DES	Holt addi	Holt multi
ธ.ค. 62	20,800					20,800.00						
ก.ย. 62	25,100					20,800.00						
ต.ค. 62	32,300	22,950.00		22,819.45		23,120.36				29,400.00		
พ.ย. 62	30,300	28,700.00		28,481.41		28,073.86				34,887.45		
ธ.ค. 62	34,400	31,300.00	27,125.00	31,360.72	30,310.99	29,275.13	20,800.00	20,800.00		37,902.77	20,800.00	20,800.00
ม.ค. 63	37,800	32,350.00	30,525.00	32,225.52	32,198.86	32,040.60	30,129.45	30,258.30		40,423.04	30,132.05	32,127.62
ก.พ. 63	33,640	36,100.00	33,700.00	35,996.78	34,991.46	35,148.48	40,166.12	41,988.37		42,586.39	40,169.22	48,991.00
มี.ค. 63	44,270	35,720.00	34,035.00	35,846.30	35,639.32	34,334.48	35,752.68	36,926.97	38,516.25	41,623.54	35,753.38	45,498.92
เม.ย. 63	46,810	38,955.00	37,527.50	38,632.28	38,388.06	39,695.87	34,147.59	36,342.86	43,495.21	43,575.93	34,138.95	47,401.97
พ.ค. 63	54,410	45,540.00	40,630.00	45,462.89	43,419.86	43,534.78	41,061.50	40,720.51	47,558.13	46,310.74	41,062.24	46,679.25
มิ.ย. 63	25,350	50,610.00	44,782.50	50,379.27	49,263.17	49,403.25	48,244.67	43,541.49	54,013.75	51,699.79	48,258.69	43,517.75
ก.ค. 63	40,950	39,880.00	42,710.00	40,762.26	42,073.99	36,423.67	43,026.65	46,049.38	44,872.50	44,641.36	43,020.10	48,487.23
ส.ค. 63	35,050	33,150.00	41,880.00	32,676.39	36,237.30	38,866.16	38,950.01	42,991.33	40,845.63	41,466.10	38,934.77	44,656.53
ก.ย. 63	25,370	38,000.00	38,940.00	38,179.12	36,045.37	36,806.89	39,978.31	42,521.69	33,709.79	36,419.42	39,967.92	40,706.71
ต.ค. 63	29,030	30,210.00	31,680.00	30,503.88	32,380.42	30,635.33	24,177.30	20,725.71	19,773.73	28,136.18	24,179.57	13,838.71
พ.ย. 63	22,290	27,200.00	32,600.00	27,088.88	28,412.99	29,769.07	36,484.10	38,120.41	26,446.13	22,493.99	36,466.22	27,972.57
ธ.ค. 63	25,420	25,660.00	27,935.00	25,864.63	25,844.92	25,733.22	27,290.10	30,245.09	19,823.10	16,585.29	27,269.87	23,153.05
ม.ค. 64		23,855.00	25,527.50	23,759.97	24,629.70	25,564.20	25,332.91	24,254.40	18,998.21	14,335.85	25,304.58	19,292.54
ก.พ. 64							21,724.27	23,690.04	16,392.79	10,277.65	21,733.05	21,157.22
มี.ค. 64							25,590.97	21,797.59	13,787.38	6,219.46	25,601.53	16,138.55
เม.ย. 64							25,946.03	25,620.64	11,181.96	2,161.27	25,941.44	17,884.88
MSE		83,595,540.4	93,678,504.8	83,489,042.0	81,037,958.4	87,102,310.4	129,466,235.9	132,264,595.0	116,651,159.0	77,545,737.4	129,590,781.0	115,302,596.4

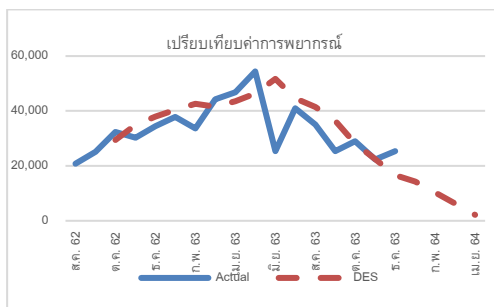
จากตารางที่ 6 แสดงผลการพยากรณ์ทั้ง 11 รูปแบบของแผ่นกาวดักแมลงวันสีเขี้ยว ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2562 ถึงเดือนเมษายน 2564 และแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของกาพยากรณ์ โดยรูปแบบการพยากรณ์ Double exponential smoothing (Holt's method) มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดอยู่ที่ 77,545,737.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์แผ่นกาวดักแมลงวันสีเขี้ยวด้วยวิธีนี้ มีความแม่นยำมากที่สุด



ภาพที่ 1 กราฟแสดงยอดขายจริงกับค่าการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์แผ่นกาวดักแมลงวันสีเหลือง ด้วยวิธี Double exponential smoothing (Holt's method)



ภาพที่ 2 กราฟแสดงยอดขายจริงกับค่าการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์แผ่นกาวดักแมลงวันแบบซองสีฟ้าด้วยวิธี Double exponential smoothing (Holt's method)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงยอดขายจริงกับค่าการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์แผ่นกาวดักแมลงวันสีเขียวด้วยวิธี Double exponential smoothing (Holt's method)

จากภาพที่ 1-3 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างยอดขายจริงและค่าการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำที่สุดในแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยจะเห็นว่าแนวโน้มหรือทิศทางของกราฟมีความใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการพยากรณ์ยอดขายในครั้งนี้มีความน่าเชื่อถือ

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเรื่องการพยากรณ์ความต้องการใช้กาวดักแมลงวัน มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์การสั่งซื้อกาวดักแมลงวันในไตรมาสแรกของปีถัดไป โดยเปรียบเทียบว่าเทคนิคการพยากรณ์ใดมีความแม่นยำและเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุดซึ่งวัดจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

การศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการมีเทคนิคการพยากรณ์ดังนี้ Simple Moving average, Weighted Moving Average, Exponential Smoothing, Stationary data with additive seasonal effect, Stationary data with multiplicative seasonal effect, Trend model และ Holt-Winter's method โดยรวบรวมยอดขายกาวดักแมลงวัน 3 ประเภทคือ แผ่นกาวดักแมลงวันสีเหลือง เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2562 ถึง เดือนธันวาคม 2563, แผ่นกาวดักแมลงวันแบบซองสีฟ้า เริ่มเก็บข้อมูลยอดขายตั้งแต่ เดือนสิงหาคม 2562 ถึง ธันวาคม 2563 และแผ่นกาวดักแมลงวันสีเขียว เริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2562 ถึง เดือนธันวาคม 2563 เมื่อนำผลการพยากรณ์ความต้องการมาเปรียบเทียบกัน พบว่าค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี Double exponential smoothing (Holt's method) ของแผ่นกาวดักแมลงวันสีเหลืองให้ค่า MSE ที่มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเท่ากับ 551,161.21 ค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี Double exponential smoothing (Holt's method) ของแผ่นกาวดักแมลงวันแบบซองสีฟ้าให้ค่า MSE ที่มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเท่ากับ 14,447.7 และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี Double exponential smoothing (Holt's method) ของแผ่นกาวดักแมลงวันสีเขียวให้ค่า MSE ที่มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเท่ากับ 77545737.4 เพราะฉะนั้นจึงเลือกวิธี Double exponential smoothing (Holt's method) สำหรับแผ่นกาวดักแมลงวันทั้งสาม

ชนิด ซึ่งค่า MSE ดังกล่าวเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ ไม่มากหรือไม่น้อยเกินไปเนื่องจากกาวดักแมลงวันเป็นสินค้าที่ไม่ได้ต้องการความแม่นยำในการวัดสูง เหมือนกับสินค้าประเภทยา

6. ข้อเสนอแนะ

คณะผู้จัดทำเสนอให้ผู้ประกอบการธุรกิจนำผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มาปรับใช้ในการดำเนินธุรกิจ โดยเสนอให้ใช้วิธีการพยากรณ์ Exponential Smoothing กับผลิตภัณฑ์แผ่นกาวดักแมลงวันสีเหลือง วิธีการพยากรณ์ Double exponential smoothing (Holt's method) กับผลิตภัณฑ์แผ่นกาวดักแมลงวันแบบซองสีฟ้า และวิธี Double exponential smoothing (Holt's method) กับผลิตภัณฑ์แผ่นกาวดักแมลงวันสีเขียว ซึ่งผู้ประกอบการอาจมีการศึกษาเพิ่มเติมในปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ นอกเหนือจากการใช้ข้อมูลในอดีตที่ขึ้นอยู่กับเวลาเพียงอย่างเดียว โดยอาจจะใช้วิธีการพยากรณ์แบบ Regression หรือ Machine Learning ซึ่งเป็นทางเลือกอื่นๆ ในการพยากรณ์ และข้อมูลที่ได้จาก การพยากรณ์สามารถใช้เป็นแนวทางการวางแผนการบริหารสินค้าคงคลัง นอกจากนี้ผู้ประกอบการสามารถประยุกต์ใช้วิธีการพยากรณ์ดังที่แสดงในการศึกษานี้ไป ใช้สำหรับการพยากรณ์สินค้าอื่นๆ เพื่อเพิ่มโอกาสให้ธุรกิจเติบโตในตลาดต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] อนุสรณ์ บุญสง่า. การพยากรณ์ความต้องการแวนตา กรณีศึกษา: ร้านรักแวน [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต], กรุงเทพฯ; มหาวิทยาลัยศรีปทุม; 2559.
- [2] นิตยา วงศ์ระวัง. การจัดการคลังสินค้าผ้าที่เหมาะสม สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ. [วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต], นครปฐม; มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2556.
- [3] กิตติพงศ์ อินทร์ทอง. การกำหนดเป้าหมาย ยอดขายที่เหมาะสมกรณีศึกษาสินค้าไฟเบอร์ ซีเมนต์ [งานนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต], กรุงเทพฯ; มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต; 2556.
- [4] เวทดาว พูนสวน. การศึกษาการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาเพื่อวางแผนการของบริษัท เอส บี อุตสาหกรรมเครื่องเรือนจำกัด [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ; สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2550.
- [5] ศิริภักดิ์ ธนชนันท์ และอังกร ลากษนศ. ม.ป.ป. การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดซื้อเพื่อการแข่งขันทางธุรกิจ กรณีศึกษา ร้าน เอ็น เอส อาร์ [วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย]; กรุงเทพฯ; มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย; 2554.
- [6] เนตรนภา เสี่ยงประเสริฐ. การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับวัตถุดิบในประเทศกรณีธุรกิจผลิตยางผสม [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต], ชลบุรี; มหาวิทยาลัยบูรพา; 2558.
- [7] สุภัตตรา ปัญญะรัฐโรจน์. การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีศึกษา บริษัทผลิตอะไหล่และอุปกรณ์ไฟฟ้า [งานนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]; มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์; 2559.
- [8] ชัชชญา เสริมพงษ์พันธ์. การพยากรณ์ความต้องการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย [วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ; มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.
- [9] ชีระพงษ์ ทับพร. การพยากรณ์ยอดขายและการบริหารสินค้าคงคลังของสินค้าคงหมักยักษ์แซ่แข็ง : บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด มหาชน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 2561. 2 (2): 30-33.
- [10] ปิยะกิจ กิจจิตตุลาภานนท์. วิธีการพยากรณ์ความต้องการปุ๋ยเคมี กรณีศึกษา สหกรณ์การเกษตรชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์. วารสารวิจัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 2560. 10(1): 90-99.
- [11] ลักขณา ฤกษ์เกษม. ม.ป.ป. การพยากรณ์ความต้องการสินค้าสำหรับการวางแผนการผลิต: กรณีศึกษาการผลิตชุดสะอาด. วารสารปาริชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 28 (3): 293-299.
- [12] ปิยะมาส กล้าแข็ง. การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์ เพื่อการจัดการสินค้าคงคลัง

[วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต];
กรุงเทพ; มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา;
2561.

- [13] Kahforoushan and Mashahir. 2010. Prediction of added value of agricultural subsections using artificial neural networks: Box-Jenkins and Holt-Winters methods. Journal of Development and Agricultural Economics. 2010; 2: 115-121.
- [14] Neelamegham and Chintagunta. A Bayesian Model to Forecast New Product Performance in Domestic and International Markets. Marketing Science. 1999; 18: 95-192.
- [15] Ostertagova and Ostertag. 2012. Forecasting Using Simple Exponential Smoothing Method. Acta Electrotechnica et Informatica. 2012; 12(3): 62-66.