

การพยากรณ์ความต้องการ: กรณีศึกษาบริษัทผลิตขวดน้ำดื่ม
DEMAND FORECASTING: A CASE STUDY DRINKING WATER BOTTLE
MANUFACTURING COMPANY

ศิริรัตน์ แจ่มรักษ์สกุล¹ ผ่องใส เพ็ชรรักษ์¹ และ สิริโชค เจริญกิจ¹

¹การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน วิทยาลัยบริหารธุรกิจนวัตกรรมและการบัญชี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

Sirat Jangruxsakul¹, Pongsai Petcharuk¹ and Sittichok Jalerakij¹

¹Logistics and Supply Chain Management, College of Innovative Business and Accountancy,
Dhurakij Pundit University

(Received: February 5, 2021; Revised: May 13, 2021; Accepted: June 25, 2021)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าสำหรับกำหนดปริมาณการผลิตสินค้าของบริษัทผลิตขวดน้ำดื่ม ซึ่งเป็นบริษัทที่ผลิตสินค้าแบบเก็บสต็อกเพื่อรอจำหน่ายในการพยากรณ์ความต้องการสินค้าได้ศึกษาถึงลักษณะรูปแบบของข้อมูลยอดขายในอดีตเพื่อการพยากรณ์ให้เหมาะสมกับรูปแบบของข้อมูลการขาย ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MINITAB ในการพยากรณ์ โดยทำการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการพยากรณ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย (Single Exponential Smoothing Method) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล แบบไฮลท์ (Double Exponential Smoothing Method) การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล แบบวินเทอร์ (Triple Exponential Smoothing Method) หรือ Winter's Method และวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) พบว่า การพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ การพยากรณ์ของวินเทอร์ ซึ่งให้ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 5.12 และลดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ลงถึงร้อยละ 63.15 ลดจำนวนสินค้าขาดสต็อกร้อยละ 89.97 รวมถึงทำให้สินค้าคงเหลือลดลงร้อยละ 79.37

คำสำคัญ: ความต้องการสินค้า, วิธีการพยากรณ์, บริษัทผลิตขวดน้ำดื่ม, สินค้าขาดสต็อก, สินค้าคงคลัง

ABSTRACT

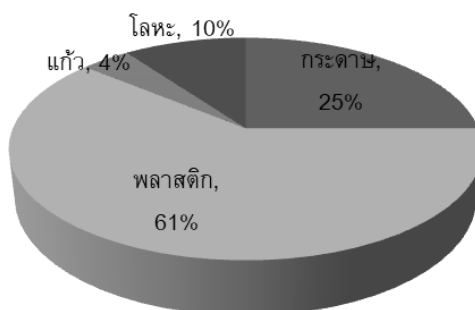
The purpose of this research was to study the method of forecasting the demand for drinking water bottles, the company case study which is a company that produces stocked products for sale. In forecasting product demand, studied the pattern of historical sales data for the past 13 months. In terms of demand forecasting, a software of MINITAB was utilized to track down the previous sales pattern in order to forecast the proper sales one. This was manipulated by four distinct forecasting methods, which were moving average and single, double and triple (or Winters' method) exponential smoothing, respectively. Based on the mean absolute percent error (MAPE), a result showed that the most appropriate one was Winters' method. Its minimum value of MAPE

was 5.12. Also, this led to reduce by 63.15%, 92.25% and 79.37% of forecasting error, the shortage of goods and inventory, respectively.

Keyword: Demands of Goods, Forecasting Method, Drinking Water Bottle Manufacturing Company, Out of Stock Products, Inventory

บทนำ

อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์เป็นอุตสาหกรรมสนับสนุนสำหรับอุตสาหกรรมหลากหลายสาขา เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกือบทุกชนิดต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์หรือการบรรจุหีบห่อเพื่อป้องกันความเสียหายของสินค้า ในระหว่างการขนส่งและการจำหน่าย นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ยังเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์โดยการสร้างภาพลักษณ์ สร้างการจดจำแก่ผู้บริโภค ในขณะที่กรอบยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมไทย 4.0 ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) ก็ได้กำหนดวิสัยทัศน์ให้อุตสาหกรรมไทย “มุ่งสู่อุตสาหกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาและเชื่อมโยงกับเศรษฐกิจโลก” ซึ่งมี 10 อุตสาหกรรมเป้าหมายที่เป็นกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจเพื่ออนาคต (จำแนกเป็น 5 กลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย) และยังจำเป็นต้องปรับโครงสร้างและยกระดับความสามารถในการแข่งขันของกลุ่มอุตสาหกรรมพื้นฐานและสนับสนุน โดยอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมกลุ่มนี้ ในการขับเคลื่อนและพัฒนาอุตสาหกรรมดังกล่าวจะดำเนินการปฏิรูปอุตสาหกรรมเดิมไปเป็นอุตสาหกรรมรูปแบบใหม่ที่มีการใช้ความคิดสร้างสรรค์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมมากขึ้นเพื่อรองรับการเติบโตของ 10 อุตสาหกรรมเป้าหมาย (ประวีรา โพธิ์สุวรรณ, 2561) โดยภาพรวมผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ปี 2559 (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2561) มีจำนวนผู้ประกอบการบรรจุภัณฑ์ทุกประเภทรวมทั้งสิ้น 1,641 ราย โดยแบ่งตามประเภท ดังนี้ บรรจุภัณฑ์พลาสติก จำนวน 998 ราย คิดเป็นร้อยละ 61 บรรจุภัณฑ์กระดาษ จำนวน 403 ราย คิดเป็นร้อยละ 25 บรรจุภัณฑ์โลหะ จำนวน 166 รายคิดเป็นร้อยละ 10 และบรรจุภัณฑ์แก้ว จำนวน 74 ราย คิดเป็นร้อยละ 4 ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงจำนวนผู้ประกอบการแบ่งตามประเภทผลิตภัณฑ์
ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2561

จากสภาพเศรษฐกิจรวมถึงสภาพการแข่งขันที่สูงมากขึ้น ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์จึงจำเป็นต้องหาวิธีสร้างโอกาสและสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันให้เหนือกว่าคู่แข่ง ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการสร้างความได้เปรียบของธุรกิจนั้นก็คือการวางแผนความต้องการสินค้าและการบริหารสินค้าคงคลังที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการคาดการณ์ความต้องการของลูกค้าในอนาคต ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผู้ประกอบการเนื่องจากเป็นพื้นฐานสำหรับการวางแผนการผลิต (Mirko Kück and Michael Freitag, 2021) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคาดการณ์ความต้องการที่ถูกต้องเป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งผลความสามารถของธุรกิจในการ วางแผนกำลังการผลิต การจัดการการทำงาน และนำไปใช้ในการวางแผนทางการเงิน การตลาด และบุคคล เพื่อให้สามารถรองรับยอดขายที่เกิดขึ้นได้ (รชฎ ขำบุญ และคณะ, 2549) เพื่อสร้างความพึงพอใจจากการตอบสนองความต้องการของลูกค้า (Fleischmann et al., 2015) โดยเฉพาะในปัจจุบันที่ความต้องการของลูกค้ามีความผันผวนเป็นอย่างมาก จึงส่งผลให้การคาดการณ์ความต้องการของลูกค้าในอนาคตเป็นความยุ่งยากของสถานประกอบการ ในขณะที่ลูกค้าก็มีความต้องการที่หลากหลายในรายการผลิตภัณฑ์ซึ่งทำให้การคาดการณ์ความต้องการลูกค้าจำเป็นต้องใช้วิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งวิธีการพยากรณ์อย่างง่าย ๆ เช่น วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลหรือวิธีการถดถอยเชิงเส้นยังคงถูกนำมาใช้ในปัจจุบัน (Küsters et al., 2006) แต่วิธีการที่ซับซ้อนกว่านั้นก็ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถนำไปใช้ได้ในการใช้งานได้อย่างหลากหลายรวมทั้งในการคาดการณ์การแข่งขัน (Hyndman, 2020) รวมถึงจากปัญหาสินค้าไม่เพียงพอจนส่งผลกระทบต่อแผนการผลิตและสินค้าคงเหลือในคลังที่เกิดจากการพยากรณ์ที่ผิดพลาดของบริษัทกรณีศึกษา ส่งผลให้เกิดสินค้าขาดแคลนผลิตจำนวน 25,254 ขวด ซึ่งต้องใช้เวลาในการผลิตเพิ่มเติมถึง 1,378 นาที รวมถึงปัญหาสินค้าที่เหลือน้ำค้างจำนวน 7,818 ขวด ดังนั้น การพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าเพื่อกำหนดปริมาณการผลิตที่เหมาะสม จึงจำเป็นที่จะต้องใช้หลักการทฤษฎีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเข้ามาช่วยในการตัดสินใจในการพยากรณ์ เพื่อให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับความต้องการจริงของลูกค้ามากที่สุด การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการพยากรณ์ที่หลากหลายในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการผลิตสินค้าให้มีระดับเหมาะสมกับความต้องการของลูกค้า โดยใช้ข้อมูลยอดขายในอดีตมาวิเคราะห์ เพื่อพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าและกำหนดปริมาณการผลิตสินค้า

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าสำหรับกำหนดปริมาณการผลิตสินค้าของบริษัทผลิตขวดน้ำดื่ม ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis)

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้เทคนิคของการพยากรณ์สำหรับการวางแผนการผลิตที่เหมาะสมกับประเภทของธุรกิจ นอกจากสามารถผลิตสินค้าได้ใกล้เคียงกับความต้องการของลูกค้า ยังสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และเตรียมความพร้อมของวัตถุดิบในกระบวนการผลิต ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของรวีพิมพ์ ฉวีสุข และธนิกานต์ จุฑาเจริญวงศ์ (2553) ได้เปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาทั้งหมด 8 วิธี สำหรับพยากรณ์ปริมาณความต้องการและวางแผนการผลิต

ชิ้นส่วนไม้สำหรับผลิตภัณฑ์ไม้แปรรูปแช่แข็งเพื่อวางแผนในการหาจำนวนของไม้และกำหนดการใช้เข้าฟัก ซึ่งพบว่า วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับสินค้าที่ใช้ชิ้นส่วนเนื้อไม้เป็นวัตถุดิบได้แก่ วิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์และวินเทอร์สที่มีฤดูกาล โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ Root Mean Squared Error (RMSE), Mean Absolute Deviation (MAD) และ Mean Absolute Percentage Error (MAPE) นอกจากนั้น การพยากรณ์ที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตได้จากงานวิจัยของ ณรงค์เดช เดชทวีสุทธิ์ (2555) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคของการพยากรณ์ร่วมกับการวางแผนการจัดตารางการผลิตหลักในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เมื่อนำค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) มาพิจารณาพบว่า เฟอร์นิเจอร์ไม้แต่ละชนิดมีความเหมาะสมสำหรับเทคนิคของการพยากรณ์ที่แตกต่างกัน และการนำโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดตารางการผลิตหลักพบว่าประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมมีประสิทธิภาพการผลิตเพียง 51.57 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นเป็น 90.73 เปอร์เซ็นต์หรือประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น 39.16 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ การพยากรณ์สำหรับการวางแผนการผลิตยังสามารถช่วยลดขนาดของความคลาดเคลื่อนในการวางแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์ได้ จากงานวิจัยของจุฑามาศ ศุภนคร (2554) หาวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลา ยอดขายรายเดือนของชิ้นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์แปรงชนิดโลหะผงชนิดสแตนเลส และชนิดพลาสติก เพื่อลดขนาดของความคลาดเคลื่อนในการวางแผนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งผลการวิจัยพบว่า วิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลา ยอดขายรายเดือนของชิ้นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์แปรงชนิดโลหะผงและชนิดพลาสติก คือ วิธีการปรับเรียบด้วยเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบเส้นตรง ส่วนชนิดสแตนเลส คือ วิธีการปรับเรียบด้วยเอ็กซ์โปเนนเชียลสองชั้น อีกทั้งการพยากรณ์ยังมีส่วนในการช่วยตัดสินใจสำหรับการวางระบบการวางแผนการผลิตรวมที่เหมาะสม (วัชรินทร์ เปียสกุล และธัญญา วสุศรี, 2550, David C. Heath and Peter L. Jackson, 1994) และสามารถช่วยในเรื่องของการลดต้นทุนในการจัดเก็บและระบบของการกระจายสินค้าด้วย (Gabriel R. Bitran, Elizabeth A. Haas and Hirofumi Matsuo, 1986)

จากตัวอย่างงานวิจัยข้างต้นจะเห็นว่าเทคนิคของการพยากรณ์ที่เหมาะสมนั้นสามารถช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในกระบวนการผลิตได้ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับประเภทของผลิตภัณฑ์ เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ยอดขายที่เหมาะสมสำหรับกรณีศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต มีขั้นตอนการศึกษา 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของทางบริษัทและสภาพปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ข้อมูลความต้องการหรือยอดขายของสินค้าในช่วงเวลาเดือนสิงหาคม 2561 ถึง สิงหาคม 2562 ของสินค้าทุกรายการ รวมถึงสินค้าค้างสต็อกหรือขาดแคลนและเวลาที่ใช้เพื่อการผลิต

2. การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลยอดขายของสินค้าโดยเลือกสินค้าที่มียอดขายสูงสุดมาทดลองทำการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการพยากรณ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย (Single Exponential Smoothing Method) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล แบบโฮลท์ (Double Exponential Smoothing Method) การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล แบบวินเทอร์ (Triple Exponential Smoothing Method) หรือ Winter's Method และวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE)

3. เปรียบเทียบผลการพยากรณ์

นำเทคนิคการพยากรณ์ที่ผ่านการพิจารณาทำการพยากรณ์ปริมาณความต้องการล่วงหน้า มาเปรียบเทียบความต้องการจริงกับค่าพยากรณ์ของบริษัทเพื่อแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของทางบริษัทและสภาพปัจจุบันของผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลยอดขายผลิตภัณฑ์ผลิตในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ที่ผ่านมา ดังตารางที่ 1

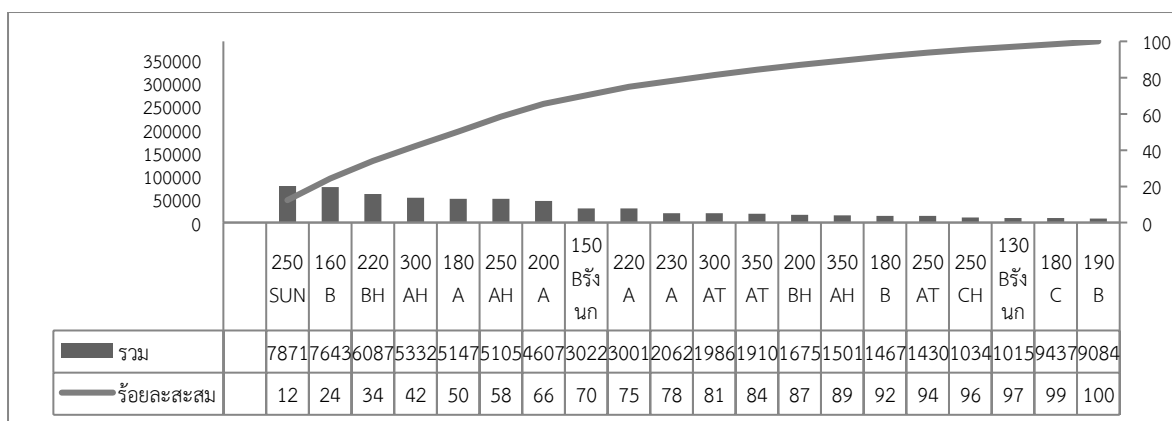
ตารางที่ 1 แสดงการรวบรวมข้อมูลยอดขายสินค้าเป็นบางส่วนและเรียงลำดับข้อมูลตามยอดขายสินค้าในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2562

รายการสินค้า	พ.ศ. 2561					พ.ศ. 2562								รวม
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	
250 SUN	4296	5514	7330	929	3912	5179	5347	5032	8067	11257	7847	6406	7602	78718
160 B	4586	5649	6556	3701	4830	7418	6933	6177	7067	6550	6399	4686	5879	76431
220 BH	3653	5108	5423	2374	3067	4740	5107	5263	5359	5917	5057	4726	5083	60877
300 AH	3363	3795	5324	1244	3484	3808	4413	4599	5721	5839	4347	3528	3860	53325
180 A	3583	4411	5342	2156	2537	3734	4526	4206	4442	4557	3537	4060	4379	51470
250 AH	3776	3891	5756	1882	3621	3296	4319	3759	5465	4545	3934	3342	3473	51059
200 A	2526	3911	4068	919	3044	4416	3075	3963	4392	4401	4085	3510	3767	46077
150 B รั้งนก	1304	990	1942	3419	6737	3409	1662	1983	1417	1615	1264	1766	2717	30225
220 A	1779	2163	2623	1354	2693	2396	2341	2178	2913	2966	2725	1524	2361	30016
230 A	1260	1284	2115	408	1026	1377	1496	1368	1786	2173	2365	2009	1956	20623
300 AT	824	1501	1680	474	1370	1523	1395	1299	1956	2479	1793	1803	1770	19867
350 AT	1304	1563	1804	541	1221	1906	1982	1698	1854	2058	1089	918	1171	19109
200 BH	771	1342	1816	140	517	1037	725	880	2038	2225	2033	1542	1692	16758

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รายการ สินค้า	พ.ศ. 2561					พ.ศ. 2562								รวม
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	
350 AH	956	1135	1489	209	865	1098	1148	1144	1624	1590	1408	971	1379	15016
180 B	892	1165	1390	443	741	881	961	1294	1265	1467	1466	1331	1374	14670
250 AT	563	958	1334	193	1117	1251	1112	1601	1172	1352	1047	1289	1315	14304
250 CH	1069	312	762	189	857	509	742	957	749	1059	640	1524	974	10343
130 B ร้ง นก	600	555	877	623	1050	1250	590	619	995	575	658	856	910	10158
180 C	574	739	721	238	714	729	881	1168	912	640	748	546	827	9437
190 B	510	1100	715	218	327	783	1150	452	797	766	567	834	865	9084

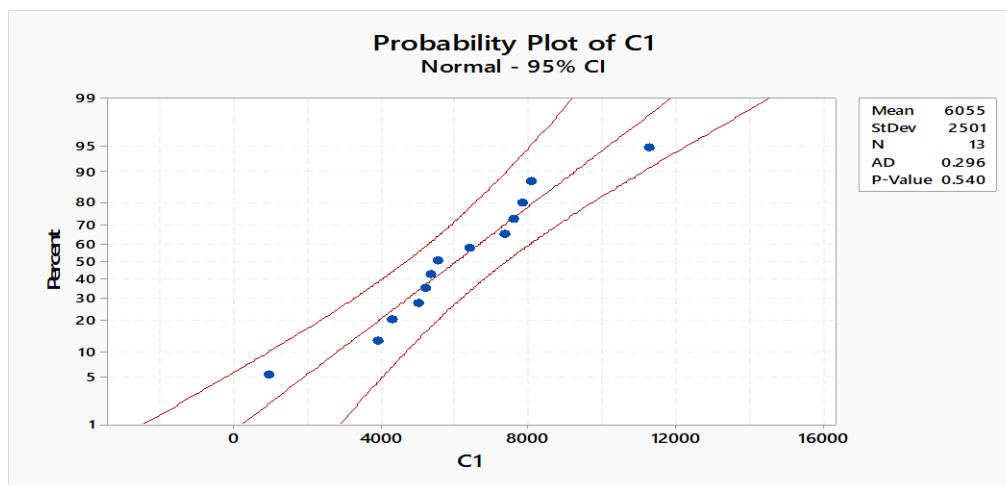
จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ยอดขายของผลิตภัณฑ์ 250 SUN ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มี ยอดขายสูงสุด



ภาพที่ 2 แสดงแผนภูมิพาเรโตของยอดขายสินค้าในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562

จากภาพที่ 2 ซึ่งแสดงแผนภูมิพาเรโตของยอดขายสินค้าในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ผู้วิจัยจะพบว่า สินค้าที่มียอดขายสูงสุด 3 อันดับแรก คือ 250SUN, 160B และ 220BH ซึ่งผู้วิจัยได้ทดลองเลือกผลิตภัณฑ์ 250SUN มาวาดกราฟเพื่อหาการกระจายตัว โดยใช้ โปรแกรม MINITAB จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงยอดขายในแต่ละช่วงเวลามีรูปแบบ ของแนวโน้มและฤดูกาลอาจมีผลต่อยอดขาย นอกจากนี้เมื่อนำข้อมูลเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 มาวาดกราฟเพื่อหาการกระจายตัว โดยใช้ MINITAB จะได้ภาพที่ 3 พบว่า

ผลจากการหาค่าสถิติ โดยใช้โปรแกรม MINITAB การแจกแจงดังกล่าวมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) โดยมีค่าเฉลี่ย 6,055 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2,501



ภาพที่ 3 แสดงผลการทดสอบการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ 250 SUN โดยใช้ MINITAB

ศึกษาวิธีการพยากรณ์เพื่อหาเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับกรณีศึกษา

ภายใต้สมมติได้ว่ารูปแบบหรือลักษณะของยอดขายในอดีตจะดำเนินต่อเนื่องต่อไปได้ในอนาคต (Assumption of continuity) การพยากรณ์เชิงปริมาณสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1. การพยากรณ์รูปแบบอนุกรมเวลา (Time Series Model) (Jay Heizer, Barry Render and Chuck Munson, 2020) ซึ่งเป็นการพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตจากข้อมูลในอดีตโดยขึ้นอยู่กับตัวเลขในอดีตของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ข้อมูลทางสถิติจัดเรียงไปตามลำดับเวลาที่เกิดขึ้นในอดีตเพื่อพยากรณ์ในอนาคต (Chatfield, 2006) การวิเคราะห์จะใส่ข้อมูลในอดีตเข้าไปแล้วพยากรณ์ออกมา โดยมีรูปแบบอนุกรมเวลาสามารถแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ ข้อมูลแนวโน้ม (Trend) ข้อมูลตามฤดูกาล (Seasonality) ข้อมูลตามวัฏจักร (Cycles) และข้อมูลแบบสุ่ม (Random) (Chatfield, 2006) ซึ่งควรใช้กราฟช่วยในการพิจารณาลักษณะรูปแบบของข้อมูลยอดขายในอดีต (Pattern in the historical data) เพื่อนำรูปแบบ (Pattern) นั้นมาใช้ในการพยากรณ์ยอดขายในอนาคตต่อไป สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

1.1 Smoothing method มีพื้นฐานการพยากรณ์อยู่ที่วิธีการหาค่าเฉลี่ย (Averaging methods) โดยสมมติว่าตัวเลขยอดขายในอดีตมีค่า (น้ำหนัก) เท่าเทียมกันไม่ว่ายอดขายนั้นจะเกิดขึ้นช้าหรือเร็ว เทคนิคการหาค่าเฉลี่ย (Averaging methods) ที่เป็นที่รู้จักดีมีหลายวิธีได้แก่ 1) Simple average (Mean) หรือค่าเฉลี่ยแบบธรรมดา 2) Single moving average หรือค่าเฉลี่ยธรรมดาแบบเคลื่อนที่ 3) Other moving average หรือค่าเฉลี่ยธรรมดาแบบต่าง ๆ ผสมกันกลุ่มเทคนิคค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) เทคนิคค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted moving average: WMA)

1.2 Exponential smoothing methods เป็นวิธีการที่ผู้พยากรณ์ต้องการจะถ่วงน้ำหนักตัวเลขยอดขายในอดีตให้ไม่เท่ากันโดยให้ยอดขายที่เกิดขึ้นใกล้กับปัจจุบันที่สุดจะมีน้ำหนักกว่ายอดขายในอดีตที่ห่างไกลออกไป ซึ่งสามารถแยกแยะออกเป็นหลายเทคนิคดังนี้ 1) เทคนิคปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Single exponential smoothing: SES) 2) เทคนิคปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิลวิธีของ Brown (Double exponential smoothing: DES) (Brown's one-parameter linear model) 3) การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Winters' multiplicative exponential smoothing method) คือ การพยากรณ์โดยใช้ค่าสังเกตจากอดีตส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดในการสร้างสมการพยากรณ์ ซึ่งน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะแตกต่างกัน โดยวิธีการปรับเรียบนั้นมีวิธีการหลายวิธีและการใช้งานจะขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุกรมเวลา (วารสาร กิรติวิบูลย์, 2557)

2. การพยากรณ์แบบเป็นเหตุเป็นผล (Casual of explanatory methods) เทคนิคความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นการพยากรณ์ที่วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลกระทบต่อตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์ Simchi-Levi and Kaminsky (2009) กล่าวว่า Casual model เป็นวิธีการพยากรณ์ในรูปแบบวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นของตัวแปรตาม (Dependent variable) และตัวแปรต้น (Independent variable)

3. แบบจำลองการถดถอย (Regression models) หรือการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis: LRA) โดยการวิเคราะห์การถดถอยนี้เป็นวิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณที่นิยมวิธีหนึ่ง โดยใช้เทคนิคทางสถิติในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่จะถูกกำหนดค่าที่แน่นอนเอาไว้แล้วล่วงหน้า โดยผู้ทดสอบและตัวแปรตาม (Dependent variable) เป็นตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรอิสระในกรณีที่ความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ในสมการการถดถอยได้เป็นแบบเชิงเส้นจะเรียกวิธีนี้ว่าการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis: LRA)

ดังนั้น วิธีการพยากรณ์ที่เลือกนำมาพิจารณาเบื้องต้นมี 4 วิธี คือ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) 2) วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing) 3) วิธีสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Method) 4) วิธีการของวินเทอร์ (Winter's Method) โดยผู้วิจัยได้ทดสอบเทคนิคพยากรณ์หลาย ๆ รูปแบบเพื่อสรุปว่าเทคนิคการพยากรณ์ที่ดีที่สุดยังคงอยู่ใน 4 วิธีดังกล่าวหรือไม่ ด้วยการวัดค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของค่าความแตกต่างระหว่างค่าการพยากรณ์กับค่าความต้องการที่แท้จริงแล้วแสดงออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความต้องการที่แท้จริง ซึ่งสูตรการคำนวณมีดังนี้

$$MAPE = \frac{(\sum | \text{ค่าที่เกิดขึ้นจริง} - \text{ค่าที่พยากรณ์} | / \text{ค่าที่เกิดขึ้นจริง})}{n}$$

ผลการวิจัย

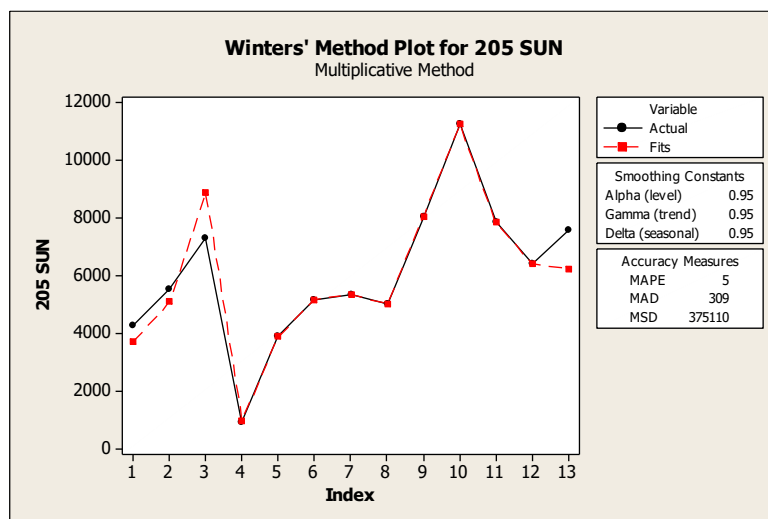
ข้อมูลความต้องการที่เกิดขึ้นจริงและการพยากรณ์แบบเก่าผลิตภัณฑ์ 250 SUN ในช่วงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ดังตารางที่ 2 ส่วนใหญ่แล้ว ค่าพยากรณ์จะต่ำกว่า ความต้องการที่เกิดขึ้นจริงอยู่เสมอ ซึ่งส่งผลให้บริษัทไม่สามารถที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้า ได้อันเนื่องมาจากจำนวนที่ผลิตน้อยกว่าความต้องการของลูกค้า ทำให้บริษัทต้องผลิตเพิ่มเติมส่งผลต่อให้ ไม่สามารถตอบสนองลูกค้าได้อย่างทันที่ ก่อให้เกิดรอยคอของลูกค้านั่นเอง

ผู้วิจัยนำข้อมูลยอดขายของบริษัทจำนวน 13 เดือนในปี 2561 ถึง ปี 2562 มาพยากรณ์ โดย เปรียบเทียบกับข้อมูลเดิม โดยนำข้อมูลมาทำการพยากรณ์ด้วยพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับ เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล แบบไฮลท์ การพยากรณ์โดยวิธีปรับ เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล แบบวินเทอร์ หรือ Winter's Method และวัดความคลาดเคลื่อนของการ พยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิคทั้ง 4 วิธี

เดือน ปี	ยอด ขาย	Moving Average		Single Exponential		Double Exponential		Linear Trend Model	Winter's Method		
		2	4	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.2$ $\gamma = 0.2$	$\alpha = 0.4$ $\gamma = 0.4$		$\alpha = 0.2$ $\gamma = 0.2$ $\delta = 0.2$	$\alpha = 0.4$ $\gamma = 0.4$ $\delta = 0.4$	$\alpha = 0.95$ $\gamma = 0.95$ $\delta = 0.95$
ส.ค. 61	4296	-	-	4526	4526	3895	3895	3895	3697	3697	3697
ก.ย. 61	5514	-	-	4480	4434	4351	4479	4255	4152	4340	5514
ต.ค. 61	7330	4905	-	4687	4866	5006	5483	4615	6417	7193	8911
พ.ย. 61	929	6422	-	5215	5851	5986	7106	4975	907	1020	961
ธ.ค. 61	3912	4130	4517	4358	3882	5288	4532	5335	4136	4505	3912
ม.ค. 62	5179	2421	4421	4269	3894	5271	4081	5695	5790	5999	5179
ก.พ. 62	5347	4546	4338	4451	4408	5506	4493	6055	6207	6077	5347
มี.ค. 62	5032	5263	3842	4630	4783	5722	4944	6415	5977	5543	5032
เม.ย. 62	8067	5190	4868	4710	4883	5805	5103	6775	9690	8587	8067
พ.ค. 62	11257	6550	5906	5381	6156	6568	6886	7135	13547	11619	11257
มิ.ย. 62	7847	9662	7426	6556	8196	8004	9931	7495	9390	7909	7847
ก.ค. 62	6406	9552	8051	6814	8056	8464	10061	7854	7580	6406	6406
ส.ค. 62	7602	7127	8394	6733	7396	8462	8977	8214	7407	6328	6243
MAPE		78.07	22.37	54	58	60	73	52	14	10	5

ข้อมูลตารางที่ 2 เกณฑ์การเลือกเทคนิคการพยากรณ์ใช้เกณฑ์ค่าความผิดพลาด MAPE เป็น เกณฑ์ตัดสินใจ เทคนิคการพยากรณ์ที่เลือกใช้ คือ วิธีการของวินเทอร์ (Winter's Method) เนื่องจาก ให้ค่าความผิดพลาดต่ำที่สุด



ภาพที่ 4 แสดงภาพการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด ของการพยากรณ์โดยวิธีการของวินเตอร์ (Winter's Method) ด้วยโปรแกรม Minitab

เมื่อใช้เทคนิคการพยากรณ์ที่ผ่านการพิจารณาทำการพยากรณ์ปริมาณความต้องการล่วงหน้า ได้เปรียบเทียบความต้องการจริงกับค่าพยากรณ์ของบริษัทและเปรียบเทียบความต้องการจริงกับค่าพยากรณ์ที่นำเสนอเพื่อแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3 เปรียบเทียบข้อมูลตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนสิงหาคม 2562 ระยะเวลา 13 เดือน พบว่า ปริมาณความต้องการรวม 78,718 ขวด ขณะที่เทคนิคการพยากรณ์ที่นำเสนอสามารถพยากรณ์ยอดขายได้ทั้งสิ้น 78,373 ขวด ส่งผลให้สินค้าที่ขาดแคลนผลิตไม่ทันรวม 1,958 ขวด สินค้าที่เหลือค้างสต็อกรวม 1,613 เวลาที่ต้องใช้ในการที่จะผลิตในกรณีสินค้าขาดแคลนรวมเท่ากับ 163.17 นาที ในขณะที่การพยากรณ์แบบเก่าที่บริษัทใช้สามารถพยากรณ์ยอดขายได้ทั้งสิ้น 70,000 ขวด ส่งผลให้สินค้าที่ขาดแคลนผลิตไม่ทันรวม 16,536 ขวด สินค้าที่เหลือค้างสต็อกรวม 7,818 เวลาที่ต้องใช้ในการที่จะผลิตในกรณีสินค้าขาดแคลนรวมเท่ากับ 1,378 นาที ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบยอดขายจริงกับค่าพยากรณ์เก่าของบริษัทและค่าพยากรณ์ที่นำเสนอ

เดือน	ยอดขายจริง	Winter's Method	การพยากรณ์แบบเก่า	สินค้าค้างสต็อก ขาดแคลน		เวลาที่ใช้เพื่อผลิตเพิ่ม(นาที)	
				วิธีใหม่	วิธีเก่า	วิธีใหม่	วิธีเก่า
ส.ค. 61	4,296	3,697	4,000	-599	-296	49.92	24.67
ก.ย. 61	5,514	5,514	4,500	-	-1,014	-	84.5
ต.ค. 61	7,330	8,911	6,000	1,581	-1,330	-	110.83
พ.ย. 61	929	961	7,000	32	6,071	-	-
ธ.ค. 61	3,912	3,912	1,000	-	-2,912	-	242.67

ตารางที่ 3 (ต่อ)

เดือน	ยอดขาย จริง	Winter's Method	การ พยากรณ์ แบบเก่า	สินค้าค้างสต็อก ขาดแคลน		เวลาที่ใช้เพื่อผลิตเพิ่ม(นาท)	
				วิธีใหม่	วิธีเก่า	วิธีใหม่	วิธีเก่า
ม.ค. 62	5,179	5,179	3,000	-	-2,179	-	181.58
ก.พ. 62	5,347	5,347	4,000	-	-1,347	-	112.25
มี.ค. 62	5,032	5,032	5,000	-	-32	-	2.67
เม.ย. 62	8,067	8,067	5,000	-	-3,067	-	255.58
พ.ค. 62	11,257	11,257	8,000	-	-3,257	-	271.42
มิ.ย. 62	7,847	7,847	9,000	-	1,153	-	-
ก.ค. 62	6,406	6,406	7,000	-	594	-	-
ส.ค. 62	7,602	6,243	6,500	-1359	-1,102	113.25	91.83
รวม	78,718	78,373	70,000	ขาด 1,958	ขาด 16,536	163.17	1,378
				เหลือ 1,613	เหลือ 7,818		

สรุปผลการเปรียบเทียบความต้องการจริงกับค่าพยากรณ์ของบริษัทและค่าพยากรณ์ที่นำเสนอจากตารางที่ 3 สามารถอธิบายได้ ดังนี้

MAPE (ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์) ของเทคนิคการพยากรณ์แบบวินเทอร์ เท่ากับ 5.12 ในขณะที่เทคนิคการพยากรณ์แบบเก่า เท่ากับ 68.27 แสดงให้เห็นว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบวินเทอร์ลดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ลงถึง 63.15 เปอร์เซ็นต์ จำนวนสินค้าขาด ของเทคนิคการพยากรณ์แบบวินเทอร์ เท่ากับ 1,958 ขวด ในขณะที่เทคนิคการพยากรณ์แบบเก่า เท่ากับ 16,536 ขวด แสดงให้เห็นว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบวินเทอร์ ลดจำนวนสินค้าขาดลง 23,296 ขวด คิดเป็น 89.97 เปอร์เซ็นต์ จำนวนสินค้าเหลือของเทคนิคการพยากรณ์แบบวินเทอร์ เท่ากับ 1,613 ขวด ในขณะที่เทคนิคการพยากรณ์แบบเก่า เท่ากับ 7,818 ขวด แสดงให้เห็นว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบวินเทอร์ ลดจำนวนสินค้าขาดลง 6,205 ขวด คิดเป็น 79.37 เปอร์เซ็นต์ เวลาผลิตเพิ่มของเทคนิคการพยากรณ์แบบวินเทอร์ เท่ากับ 163.17 นาที่ ในขณะที่เทคนิคการพยากรณ์แบบเก่า เท่ากับ 1,378 นาที่ แสดงให้เห็นว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบวินเทอร์ ลดจำนวนนาที่ลง 1,214.83 นาที่ คิดเป็น 88.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรางคณา เรียนสุทธ (2020) ดาว สงวนรังศิริกุล, ھرรชา เขียวอนันตวานิช และมณีนรัตน์ แสงเกษม (2558) พฤฒิพงศ์ เพ็งศิริ, สุนันทา สดสี และพยุ่ง มีสัจ (2018) พบว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบวินเทอร์ให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำ โดยมีค่า MAPE (ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์) ต่ำที่สุด

ตารางที่ 4 แสดงตัวชี้ระหว่างวิธีการพยากรณ์แบบเก่าเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ของวินเทอร์

ตัวชี้วัด	วินเทอร์	เก่า	เปลี่ยนแปลง	คิดเป็น %
MAPE	5.12	68.27	63.15	92.50
สินค้าขาด	1,958	16,536	14,878	89.97
สินค้าเหลือ	1,613	7,818	6205	79.37
เวลาผลิตเพิ่ม	163.17	1,378	1,214.83	88.16

อภิปรายผล

ในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี สำหรับการพยากรณ์ยอดขายผลิตภัณฑ์ 250 SUN ผลการวิเคราะห์ ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ พิจารณาจากค่า MAPE พบว่า ทั้ง 4 วิธี ให้ค่า MAPE ใกล้เคียงกัน ซึ่งวิธีที่ศึกษาแต่ละวิธีต่างเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพ แต่วิธีการพยากรณ์ของวินเทอร์เป็นวิธีที่ให้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด และเมื่อนำรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดมาพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน พบว่า วิธีการพยากรณ์โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ให้ค่า MAPE ที่น้อยที่สุดคือ 5.12 การพยากรณ์นี้เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคเดิมให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าเท่ากับเดิมร้อยละ 92.50 รวมถึงทำให้สินค้าคงเหลือลดลงจากเดิมเหลือเพียง 1,613 ขวด ซึ่งลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าลงได้ด้วย ผลที่ได้จากงานวิจัยเทคนิคการพยากรณ์ที่ได้ผ่านการคัดเลือกสามารถนำค่าการพยากรณ์ไปวางแผนการผลิตได้ โดยนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาคำนวณหาปริมาณวัสดุ เพื่อวางแผนการผลิตให้มีปริมาณสินค้าเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าโดยผลการวิจัยที่ได้ เมื่อนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาใช้ร่วมกับการวางแผนการผลิตสามารถช่วยในการควบคุมระดับปริมาณสินค้าคงคลังให้มีปริมาณที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งจากผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยหลาย ๆ ชิ้น (ชนะรัตน์ รัตนกุล และคณะ (2550) ดาว สงวนรังศิริกุล (2558) ณัฐพล วีระชาลี (2561) พบว่า วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีรูปแบบฤดูกาล คือ วิธีการพยากรณ์ของวินเทอร์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

วิธีที่ใช้ในการพยากรณ์นี้ใช้เฉพาะสินค้าที่ทดลองทำวิจัยเท่านั้น ดังนั้น ควรมีการทดลองใช้พยากรณ์ในสินค้ารายการอื่นเพื่อเป็นการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

การพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้สำหรับความต้องการที่มีลักษณะความต้องการแบบฤดูกาล จึงควรทำวิจัยในรูปแบบความต้องการแบบอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบวิธีการอีกครั้ง

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณ์ รื่นรมย์. (2545). การพยากรณ์การขาย, กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จุฑามาศ ศุภนคร. (2554). การพยากรณ์อนุกรมเวลาสำหรับการวางแผนการผลิตชิ้นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์บรรจุ, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 21(3), 595-606.
- ณรงค์เดช เดชวิสุทธิ. (2555). การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ด้วยวิธีการพยากรณ์ความต้องการ, วารสาร มจร.วิชาการ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, 15(30), 107-117.
- ณัฐพล วีระชาล. (2561) การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์สำหรับบริษัทผู้ผลิตสินค้าเคมีเพื่อการเกษตร. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ดาว สงวนรังศิริกุล, ھرรษา เชี่ยวอนันตวานิช และ มณีนรัตน์ แสงเกษม. (2558). การศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วย ที่เป็นโรคเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาในกรุงเทพมหานคร. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร, 38, 35-55.
- ชนะรัตน์ รัตนกุล, สุกานดา จันทวีและกันต์ธมน สุขกระจ่าง. (2561). ตัวแบบการพยากรณ์ความต้องการข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสม กรณีศึกษา กลุ่มนาข้าวอินทรีย์ จังหวัดสงขลา. ใน การประชุมวิชาการด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ระดับชาติครั้งที่ 2, หน้า 1195-1206. สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- ประวีรา โพธิสุวรรณ. (2561). รายงานการศึกษาภาวะเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- พดุมพิงค์ เฟื่องศิริ, สุนันทา สดสี และ พยุง มีสัจ (2018). การเปรียบเทียบรูปแบบความเหมาะสมการระบายน้ำด้วยเทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา. Journal of Science and Technology Mahasarakham University. 37(5), 715-725.
- รชฏ ขำบุญ และคณะ. (2549) การจัดการการผลิตและการปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น
- รวีพิมพ์ ฉวีสุข และธนิกานต์ จุฑาเจริญวงศ์. (2553). การพยากรณ์ปริมาณความต้องการ และวางแผนการผลิตชิ้นส่วนไม้สำหรับผลิตภัณฑ์ไม้แปรรูปแช่แข็ง: กรณีศึกษา กลุ่มบริษัทธุรกิจการผลิตไม้ครบวงจร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรางคณา กิตติวิบูลย์. (2557). การพยากรณ์ ปริมาณการส่งออกยางคอมปาวด์. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 30(2), 41-56.
- วรางคณา เรียงสุทธ. (2563). การพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังในประเทศไทย. Thai Science and Technology Journal (TSTJ), 28(1), 1-13.
- วัชรินทร์ เปียสกุล และธนัญญา วสุศรี. (2550). การพยากรณ์และการวางแผนการผลิตรวม: กรณีศึกษา บริษัทผลิตกะทิสด. ใน การประชุมสัมมนาวิชาการด้าน การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 7, หน้า 321- 334. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วิชัย สุระเชิดเกียรติ. (2545). การพยากรณ์ทางธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2561). รายงานประจำปี 2561. กรุงเทพมหานคร: พรินต์.

- Chatfield, C. (2006). **The analysis of time series: An introduction (2nd ed.)**. London: Chapman and Hall.
- David, C. H., & Peter, L. J. (1994). Modeling the Evolution of Demand Forecasts ITH Application to Safety Stock Analysis in Production/Distribution Systems. **IIE Transactions**, **26**(3), 17-30.
- Fleischmann, B., Meyr, H., & Wagner, M. (2015). **Supply Chain Management and Advanced Planning (Fourth Edition): Concepts, Models, Software, and Case Studies**, Springer. Berlin: Heidelberg.
- Gabriel, R. B., Elizabeth, A. H. & Hirofumi, M. (1986). Production Planning of Style Goods with High Setup Costs and Forecast Revisions. **Operations Research**, **34**(2), 226 – 236.
- Hyndman, R.J. (2020). A brief history of forecasting competitions. **Int. J. Forecast**, **36**(2020), 7-14.
- Jay, H., Barry, R., & Chuck, M. (2020). **Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management**. 13th Edition. Pearson.
- Küsters, U., McCullough, B.D., & Bell, M. (2006). Forecasting software: Past, present and future **Int. Journal Forecast**, **22**, 599-615.
- Mirko, K., Michael, F. (2021). Forecasting of customer demands for production planning by local **k**-nearest neighbor models. **International Journal of Production Economics**, **231**, 1-22.
- Simchi-Levi, D., & Kaminsky, P. M. (2009). **Designing and managing the supply chain**. New York: McGraw Hill.