

การศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้าอุปโภคที่เหมาะสมของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง

STUDY OF THE APPROPRIATE FORECASTING METHODS FOR CONSUMER PRODUCT DEMAND OF A PUBLIC COMPANY

กนกกาญจน์ มุลผลา

รองศาสตราจารย์.ดร.เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย

คณะบริหารธุรกิจ

สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

E-mail : kanokkarn.m@gmail.com

ruengsakaw@pim.ac.th.

บทคัดย่อ

ในธุรกิจทุกประเภท การพยากรณ์ถือเป็นพื้นฐานในการวางแผนและการตัดสินใจต่างๆ เพื่อคาดการณ์ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำสูงและเหมาะสมประเภทของสินค้า จะช่วยลดระดับการลงทุนในสินค้าคงคลัง ลดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิต ลดระดับการลงทุนในกำลังการผลิต รวมถึงช่วยให้สามารถขนส่งสินค้าได้ทันตามความต้องการของลูกค้า

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้าอุปโภคที่เหมาะสมของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2556 จากการศึกษาข้อมูลของบริษัทพบว่าบริษัทใช้วิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) ในพยากรณ์ยอดขายสินค้าทุกประเภทและวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) พบว่าเกิดค่าความคลาดเคลื่อน (error) สูง งานวิจัยนี้จึงได้ทำการปรับปรุงและเลือกเทคนิคพยากรณ์ยอดขายสินค้าใหม่ โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณโดยวิธีอนุกรมเวลา (Time Series) ซึ่งประกอบไปด้วย การพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method), การพยากรณ์โดยวิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method), การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing Method) และการพยากรณ์โดยแบบจำลอง Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA) ในการวิเคราะห์และเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมแก่สินค้าแต่ละประเภท และใช้โปรแกรมมินิแทบ (Minitab) เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ และทำการวัดผลโดยการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

ผลการวิจัยพบว่าสินค้าจำนวน 73 รายการ จากทั้งหมด 137 รายการ ที่เหมาะสมกับเทคนิคการพยากรณ์โดยวิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ และมีสินค้าจำนวน 64 รายการ ที่ควรปรับปรุงเทคนิคที่ใช้ในการพยากรณ์ยอดขาย จากนั้นทำการพยากรณ์ยอดขายสินค้าในช่วงเดือนมกราคม ถึง มีนาคม 2557 ด้วยเทคนิคการพยากรณ์หลังการปรับปรุง เปรียบเทียบกับยอดขายที่เกิดขึ้นจริง เดือนนั้นๆ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ลดลงถึง 11% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เทคนิคการพยากรณ์วิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยที่สินค้าของบริษัทกรณีศึกษาส่วนใหญ่เหมาะสมกับเทคนิคการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) และจากผลการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากขึ้นยังเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการทำงาน ทั้งด้านการลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า การเพิ่มประโยชน์จากการใช้พื้นที่คลังสินค้าให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น การลดต้นทุนค่าขนส่ง รวมถึงสามารถนำเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้าไปประยุกต์ใช้กับสินค้าอื่นๆ ของบริษัทต่อไปในอนาคตได้อีกด้วย

คำสำคัญ : การพยากรณ์โดยวิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ การวิเคราะห์อนุกรมเวลา การพยากรณ์

Abstract

All of business, forecasting is basis for planning and decisions. To accommodate the demand uncertainty. The forecasting performance means high accuracy and appropriate to the type of product.

The purpose of the study was to determine the suitable forecasting models for the monthly sales of consumer product. To collect the sales data from January 2012 until December 2013 that this company use Moving Average technique for all of product. So we found high the forecast error by the measurement of the mean absolute percentage error. Next, To be improve the forecast techniques from four main techniques of time-series forecasting such as Decomposition, Moving Average, Exponential Smoothing and ARIMA for analysis of sales and selected suitable forecast techniques by comparing Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

The result was show that we have 73 SKU appropriate of Moving Average forecasting technique and 64 SKU should be improve and select new forecasting technique. Then we applied the technique to forecast sales quantity in 2014. Time period as January to March compare with actual sales. We can improve sales accuracy total 11% and mostly Decomposition technique had appropriate for this product group. After that we can improve warehouse management by increase to utilize the space more efficiently and reduce inventory management cost. In the future, this thesis can apply to other product of the company.

Keywords : Moving Average, Time Series Analysis, Forecasting.

บทนำ

สินค้าอุปโภคถือเป็นสินค้าที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และเป็นที่ต้องการอย่างมากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและมีแนวโน้มที่จะเติบโตอย่างต่อเนื่องในอนาคต อุตสาหกรรมจึงต้องเตรียมตัวให้พร้อมไปกับสภาวะที่ตลาดมีความไม่แน่นอน และความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น ซึ่งการพยากรณ์ความต้องการสินค้าถือเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่สำคัญที่สุดที่ใช้สำหรับการวางแผนกลยุทธ์การดำเนินงานที่แต่ละองค์กรต้องคำนึงเพื่อความถูกต้องแม่นยำในการวางแผนผลิตสินค้าให้เพียงพอ กับความต้องการของลูกค้า

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ ยอดขายสินค้าของบริษัทแห่งหนึ่งพบว่าบริษัทกรณีศึกษาใช้วิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) ในพยากรณ์ยอดขายสินค้าทุกประเภทซึ่งส่งผลให้การพยากรณ์ยอดขายสินค้าของบริษัทเกิดความไม่แม่นยำ และทำให้เกิดปัญหาเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็น สินค้าขาดแคลน (Out of stock) ไม่สามารถส่ง

สินค้าไปยังลูกค้าได้ครบตามจำนวนในเวลาที่ต้องการ หรือปัญหาปริมาณสินค้าคงคลังมากเกินไปเกินต้องการ (Over Stock) ทำให้เกิดต้นทุนในการบริหารจัดการสินค้าคงคลังเพิ่มขึ้นส่งผลให้ต้นทุนสินค้าเพิ่มขึ้น

ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการพยากรณ์ยอดขายสินค้าอุปโภค โดยใช้ข้อมูลยอดขายเฉลี่ยย้อนหลังเป็นเวลา 2 ปี ในการทดสอบ และใช้เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณโดยวิธีอนุกรมเวลา ซึ่งประกอบไปด้วย การพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method), การพยากรณ์โดยวิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method), การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing Method) และการพยากรณ์โดยแบบจำลอง Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA) ในการวิเคราะห์และเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ (Minitab) เป็นเครื่องมือช่วยในการ

วิเคราะห์พร้อมทั้งวัดผลโดยการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดยใช้ MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้าที่เหมาะสมสำหรับสินค้าแต่ละประเภท และเพื่อปรับปรุงและพัฒนากระบวนการทำงาน ทั้งด้านการลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า การเพิ่มประโยชน์จากการใช้พื้นที่คลังสินค้า การลดต้นทุนค่าขนส่งในการโอนย้ายสินค้าจากโรงงานผลิตไปยังคลังสินค้า และการลดต้นทุนในการบริหารจัดการคลังสินค้า

แนวคิด ทฤษฎี และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภูวิศส เพ็ชรช่วย, นิตพงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์ และวันชัย ลีลาภวิพงศ์ (2555) ทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้าเครื่องประดับ ของโรงงานเครื่องประดับขนาดกลาง โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบ Decomposition, แบบวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลของWinterและแบบจำลอง ARIMA จากการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาล ทำให้การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลของWinter เหมาะสมที่สุด เพราะ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

จินตพร หนัวินัน, บุญอ้อม โฉมทิ และ ประสิทธิ์ พัยคมพงษ์ (2555) ทำการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในเขตภาคกลาง ซึ่งใช้ข้อมูลตั้งแต่มกราคม ปี 2545 ถึง ธันวาคม ปี 2550 ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเดือนมกราคม-ธันวาคม 2551 จากการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลมีการเคลื่อนไหวไม่คงที่อีกทั้งยังมีส่วนประกอบของแนวโน้มและฤดูกาล จึงใช้แบบจำลองARIMA และวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ Holt-Winter ในการพยากรณ์ ซึ่งผลที่ได้คือวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ Holt-Winter ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

จุฑามาศ ศุภนคร(2554) ทำการพยากรณ์เพื่อวางแผนผลิตชิ้นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์บรรจุ ชนิดโลหะผง ชนิดสแตนเลส และชนิดพลาสติก ของโรงงานผลิตแห่งหนึ่ง เพื่อแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ที่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นและเกิดการสูญเสียโอกาสในการขาย ซึ่งทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม SPSS 12 พบว่าการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์บรรจุชนิดพลาสติกเหมาะกับแบบจำลอง

ARIMA และผลิตภัณฑ์บรรจุชนิดโลหะผงเหมาะกับการพยากรณ์วิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลของ Holt

Ali Hadizadeh (2554) นำแบบจำลอง ARIMA ในการพยากรณ์ยอดขายน้ำมันเนฟรินิค ของบริษัท Nynas ในประเทศสวีเดน ด้วยการนำสองกลุ่มตัวอย่างไป Run T-Test ในโปรแกรมมินิแทบ (MINITAB) ผลคือค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 90% และนั่นเป็นการยืนยันว่าเทคนิค ARIMA มีประสิทธิภาพดีกว่าเทคนิคการพยากรณ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

F.A.H.Van Sommeren (2554) ทำการปรับปรุงการพยากรณ์ยอดขายเนยแข็งของบริษัท Friesland Campina เพื่อวิเคราะห์ยอดขายในช่วงเวลาปกติที่ปราศจากการทำโปรโมชั่น โดยเลือกสินค้าจำนวน 80 ชนิด เพื่อทำการวิเคราะห์พบว่า 72.5% ของสินค้าทั้งหมดที่วิเคราะห์ทั้งหมดต้องปรับปรุงการพยากรณ์เพื่อสร้างความสมดุลระหว่างระดับการให้บริการ (Service level) ปริมาณสินค้าคงคลัง (Inventory Level) และ ต้นทุนในการดำเนินงาน (Operation Cost) จึงทำการปรับปรุงการพยากรณ์โดยใช้วิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียล

พิพัฒน์ บำรุงกาญจน์ และ สมชาติ จิรวิภากร (2549) ทำการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ประเภทบ้านอยู่อาศัย ประเภทกิจการขนาดเล็ก ประเภทกิจการขนาดกลาง และประเภทกิจการขนาดใหญ่ ของการไฟฟ้านครหลวงตั้งแต่เดือนตุลาคม 2543 ถึงกรกฎาคม 2549 ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม SPSS 13 พบว่า แบบจำลอง ARIMA เหมาะกับการพยากรณ์ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กและประเภทกิจการขนาดกลาง และเทคนิคพยากรณ์แบบปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียล เหมาะกับการพยากรณ์ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยและประเภทกิจการขนาดใหญ่

F.T.Omadto (2549) เล็งเห็นว่าการพยากรณ์มีความสำคัญในการวางแผนดำเนินธุรกิจ ทั้งในด้านการสั่งซื้อ การทำการตลาด รวมถึงการลงทุนด้านการเงินและอื่นๆ อีกมากมายดังนั้นการเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมจะส่งผลให้ธุรกิจดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในแง่การใช้งบประมาณและการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด F.T.Omadto จึงได้ทำการศึกษาทฤษฎีการพยากรณ์เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพในองค์กร โดยศึกษาข้อมูลจากการค้นคว้าในห้องสมุดและอินเทอร์เน็ต (Internet) จากการศึกษพบว่าแบบจำลอง ARIMA เหมาะกับการพยากรณ์ที่มี

แนวโน้มของฤดูกาล (Seasonal) ที่แน่นอนการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียล เหมาะกับธุรกิจที่มีแนวโน้มไปในทางเดียว (เติบโตหรือถดถอย) การพยากรณ์แบบ Moving Average เหมาะกับธุรกิจที่เพิ่งเริ่มต้นที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ของสินค้าหลายๆ ชนิด และยังเหมาะกับข้อมูลที่ค่อนข้างจะเป็นเส้นตรงและคงที่ ไม่มีอิทธิพลของแนวโน้มหรือฤดูกาลมาเกี่ยวข้อง

นอกจากเทคนิคในการพยากรณ์ที่กล่าวข้างต้นแล้วยังมีเทคนิคการพยากรณ์อีกมากมายที่สามารถนำมาพยากรณ์ยอดขายสินค้าได้ เช่น Regression Analysis ซึ่งทางผู้วิจัยไม่ได้นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจาก Regression Analysis เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหรือปัจจัยที่แทนด้วยตัวแปรตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไปแต่ทางผู้จัดทำวิจัยครั้งนี้มีข้อมูลเพียงแค่ตัวแปรเดียว นั่นคือยอดขายสินค้า จึงไม่สามารถนำมาพยากรณ์โดยใช้ Regression Analysis ได้ และสิ่งที่จะเป็นตัวบอกความแม่นยำของการพยากรณ์ คือการวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จากเทคนิคการพยากรณ์ทั้งหมดที่กล่าวข้างต้น พบว่า นักวิจัยส่วนใหญ่วัดค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดยใช้เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ในการเปรียบเทียบ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ได้นำเสนอข้างต้นพบว่า เทคนิคที่มีการนำมาใช้ส่วนใหญ่เป็นเทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting Methods) โดยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ซึ่งเทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาแต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับรูปแบบของข้อมูลที่จะนำมาศึกษาแตกต่างกัน จึงต้องใช้ค่าความแม่นยำในการพยากรณ์เป็นตัววัดประสิทธิภาพในการพยากรณ์ ดังนั้นจากการทบทวนวรรณกรรมต่างๆ เหล่านี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษานักวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากผลที่ได้จากการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำ สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการผลิต รวมถึงการควบคุมปริมาณสินค้าคงคลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม และลดต้นทุนในการบริหารจัดการคลังสินค้า ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อบริษัทกรณีศึกษาต่อไปในอนาคต

วิธีการดำเนินการศึกษา

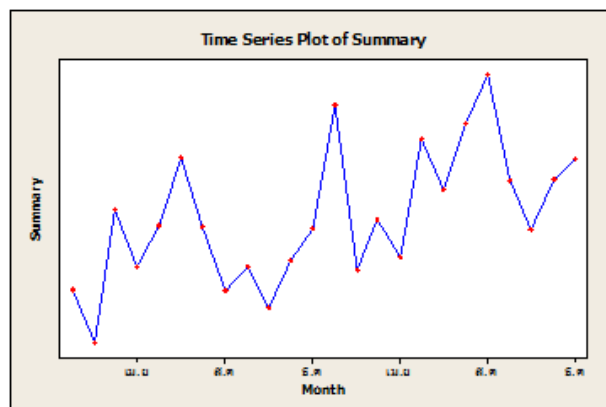
ในการทำการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำกระบวนการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีหัวข้อดังรายละเอียดต่อไปนี้

การเก็บข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา

- ข้อมูลองค์กรบริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผลิตสินค้าอุปโภค เช่น ยาสระผม ครีมาบ่น้ำ ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดครัวเรือน เป็นต้น โดยกระบวนการผลิตสินค้า แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือการส่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป และการส่งวัตถุดิบเพื่อนำมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปที่โรงงาน
- ข้อมูลสินค้า งานวิจัยนี้ทำการพยากรณ์เฉพาะสินค้าประเภทที่เป็นสินค้าขายปกติ (Normal Product) ที่มียอดขายตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไป
- ข้อมูลการพยากรณ์ยอดขายสินค้าปัจจุบันอาศัยการทำการพยากรณ์โดยเจ้าหน้าที่ ซึ่งขาดประสบการณ์ และความแม่นยำในการพยากรณ์ ทำให้เกิดความผิดพลาดบ่อยครั้ง

การเก็บข้อมูลกระบวนการพยากรณ์ในปัจจุบัน

ข้อมูลปริมาณยอดขายสินค้าเป็นรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคมปี 2555 ถึงเดือนธันวาคมปี 2556



ภาพที่ 1 กราฟแสดงการเคลื่อนไหวของปริมาณยอดขายสินค้าตั้งแต่เดือนมกราคมปี 2555 – เดือนธันวาคมปี 2556

กระบวนการพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่

งานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาการเทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่ โดยใช้วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยการนำข้อมูลในอดีตมาศึกษาว่ามีองค์ประกอบของอนุกรมเวลาส่วนใดบ้าง ซึ่งได้แก่ แนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร และการผันแปรเนื่องจากความผิดปกติ เพื่อหาเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับแต่ละรูปแบบของข้อมูลที่จะนำมาศึกษาซึ่งเทคนิคการพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่จะนำมาใช้ในกระบวนการพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่ ได้แก่ Exponential

Smoothing Model, Holt's Model, Winter's Model และ Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA)

การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่

นำข้อมูลยอดขายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา มาวิเคราะห์และเลือกรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ (Minitab) และทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของการพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) จากนั้นทำการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้า 3 เดือน และเปรียบเทียบผลค่าความแม่นยำที่ได้จากเทคนิคการพยากรณ์แบบเดิมและแบบใหม่ และสรุปผลที่ได้จากการพยากรณ์ รวมถึงวิเคราะห์ต้นทุนต่างๆที่เกิดจากการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง

ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลยอดขายตั้งแต่เดือนมกราคม ปี 2555 – เดือนธันวาคมปี 2556 พบว่าข้อมูลมีลักษณะของแนวโน้ม หรือความแปรปรวนที่ไม่คงที่ โดยได้รับอิทธิพลจากปัจจัยของฤดูกาลผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดเลือกข้อมูลเฉพาะสินค้าที่มีการขายปกติและสร้างมูลค่ายอดขายทุกเดือนเป็นเวลาติดต่อกัน 2 ปี พบว่ามีข้อมูลยอดขายที่สามารถนำมาพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์ได้จำนวนทั้งสิ้น 137 รายการจากทั้งหมด 400 รายการ

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ABC ตามกฎของพาเรโต

จากการวิเคราะห์สินค้าจำนวน 137 รายการ ดังตาราง 4.1 พบว่า มีสินค้า Rank A จำนวน 44 รายการสินค้า Rank B จำนวน 45 รายการ และสินค้า Rank C จำนวน 48 รายการ ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์และพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์ทุกรายการ เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งประเภทของข้อมูลโดยการวิเคราะห์ ABC ตามกฎของพาเรโต

Rank	จำนวนสินค้า	% มูลค่ายอดขาย
A	44	80%
B	45	16%
C	48	4%
รวม	137	100%

การพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่

ขั้นตอนที่ 1 : ทำการทดลองพยากรณ์ในรูปแบบอนุกรมเวลา จำนวน 4 วิธี จากทั้งหมด 6 วิธี ซึ่งได้แก่

- วิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกวิธีแยกองค์ประกอบแบบพหุ (Multiplication) ในการพยากรณ์ เนื่องจากส่วนประกอบทั้ง 4 ส่วน มีความสัมพันธ์กัน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y_t = S_t * T_t * C_t * R_t \quad (\text{สมการที่ 1})$$

- วิธีการพยากรณ์โดยวิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Moving average} = \frac{\sum \text{demand in previous } n \text{ periods}}{n} \quad (\text{สมการที่ 2})$$

- วิธีการพยากรณ์โดยเทคนิคการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียล (Single Exponential Smoothing Method) เหมาะกับข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้มและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t \quad (\text{สมการที่ 3})$$

- วิธีการปรับเรียบด้วยการปรับแนวโน้มตามวิธีของ Holt (Double Exponential smoothing Method) เหมาะกับข้อมูลที่มีอิทธิพลของแนวโน้มเส้นตรงเป็นส่วนประกอบสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F_{t+1} = S_t + B_t \quad (\text{สมการที่ 4})$$

และใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) เป็นตัวเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของเทคนิคการพยากรณ์แต่ละวิธี ในกรณีที่สินค้ารายการใดให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากัน ตั้งแต่ 2 เทคนิคการพยากรณ์ขึ้นไป จะทำการพิจารณาตัววัดค่าความแม่นยำเพิ่มเติม โดยพิจารณา

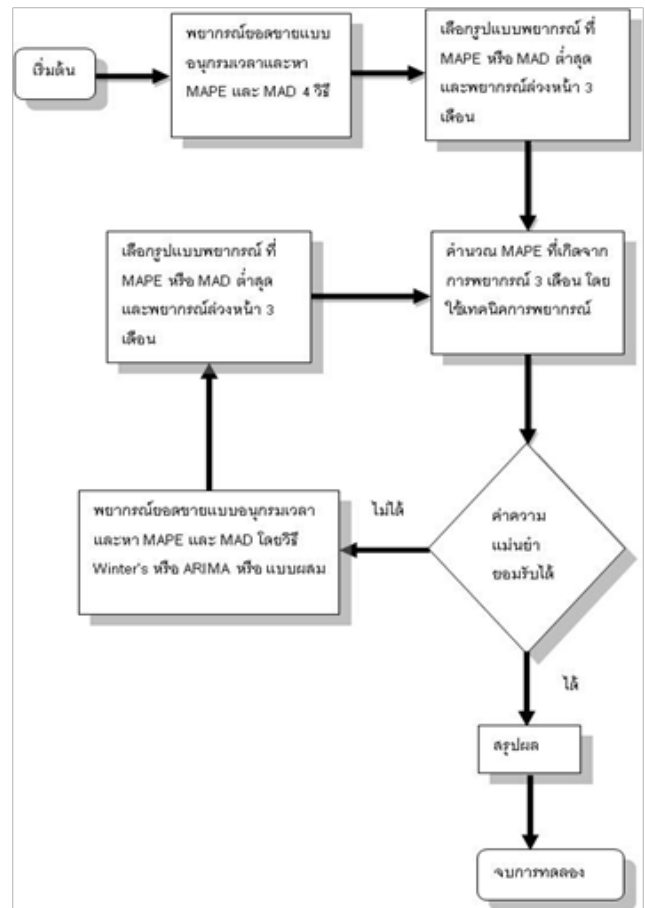
เปรียบเทียบจากค่าความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงเฉลี่ย (Mean Absolute Deviation: MAD)

ขั้นตอนที่ 2 : นำข้อมูลทำการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้าเป็นเวลา 3 เดือน โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ที่เลือกจากขั้นตอนที่ 1 และวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ โดยเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์แบบเดิมและแบบใหม่ หากรายการสินค้าใดให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ต่ำกว่าเทคนิคการพยากรณ์แบบเดิมถือว่ายอมรับได้

ขั้นตอนที่ 3 : นำข้อมูลรายการสินค้าที่ยังให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์สูงกว่าเทคนิคการพยากรณ์แบบเดิม (Moving Average Method) มาพัฒนาต่อโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ 2 วิธีที่เหลือ คือวิธีการปรับเรียบด้วยการปรับแนวโน้มและฤดูกาลตามวิธีของ Winter และ Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA) จากนั้นนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้าเป็นเวลา 3 เดือน และวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ เช่นเดียวกับ 4 วิธีแรก

ขั้นตอนที่ 4 : จากเทคนิคการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธีที่กล่าวข้างต้น นำรายการสินค้ายังไม่สามารถเลือกรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมได้ เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ยังไม่สามารถยอมรับได้ มาทำการทดลองโดยใช้รูปแบบของการพยากรณ์แบบผสม (2 รูปแบบต่อสินค้า 1 รายการ) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ยอดขายจากนั้นนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้าเป็นเวลา 3 เดือน และเปรียบเทียบโดยวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 2 และ

ขั้นตอนที่ 6 : เมื่อได้เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมและค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ที่สามารถยอมรับได้สำหรับสินค้าครบทุกรายการแล้ว นำผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้ทำการวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานของบริษัทกรณีศึกษาให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงขั้นตอนการพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์ของบริษัทกรณีศึกษา

ผลลัพธ์จากการพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์และการวิเคราะห์ผล

จากการนำข้อมูลยอดขายแต่ละรายการเข้าสู่โปรแกรมมินิแทบ (Minitab) เพื่อวิเคราะห์และหาเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสม สรุปผลได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลลัพธ์จากการเลือกเทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่ที่เหมาะสมให้แก่สินค้าแต่ละรายการ

	จำนวนรายการสินค้าที่เหมาะสมกับเทคนิคการพยากรณ์แต่ละวิธี							
Rank	Decomposition	Moving Average	Single Exponential	Double Exponential	Winter's	ARIMA	Other	Total
A	9	21	1	1	8	4		44
B	9	29		1	3	3		45
C	13	23	2	1	2	3	4	48
Total	31	73	3	3	13	10	4	137

จากการพยากรณ์โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ที่เลือกจากตาราง 2 เปรียบเทียบกับยอดขายที่เกิดขึ้นจริงในเดือนมกราคม ถึง เดือนมีนาคม 2557 และวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลลัพธ์ของค่าความคลาดเคลื่อนของเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายแต่ละวิธี

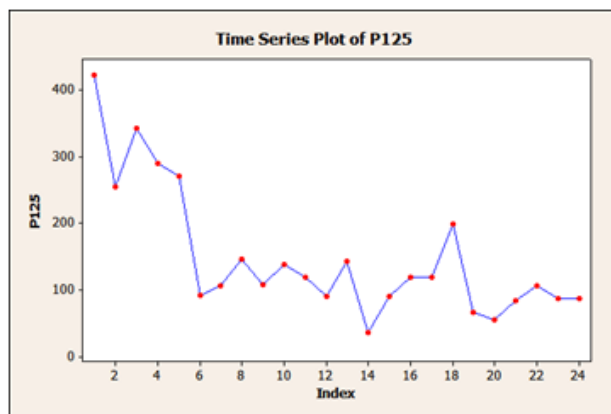
	% ค่าความคลาดเคลื่อนของเทคนิคการพยากรณ์แต่ละวิธี						
Rank	Decomposition	Moving Average	Single Exponential	Double Exponential	Winter's	ARIMA	Other
A	5%	8%	7%	24%	13%	40%	
B	6%	12%		3%	21%	16%	
C	17%	15%	30%	34%	22%	19%	10%
Total	10%	12%	23%	20%	16%	27%	10%

จากตารางที่ 3 แม้ว่า จะทำการปรับปรุงเทคนิคการพยากรณ์แล้ว พบว่าสินค้า Rank A ที่เหมาะกับเทคนิคการพยากรณ์โดยวิธี ARIMA จำนวน 4 รายการ ยังคงให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงถึง 40% เนื่องจากเป็นกลุ่มสินค้าที่ยอดขายมีความแปรปรวนสูงมาก การทำการรายการส่งเสริมการขาย (Promotion) แบบเดียวกันในช่วงเวลาต่างกัน ส่งผลต่อยอดขายแตกต่างกันมาก จึงทำให้ไม่สามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนได้มากนัก รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการพยากรณ์ยอดขายสินค้าที่เลือกใช้เทคนิค ARIMA

Product	Rank	% ค่าคลาดเคลื่อนแบบเดิม	% ค่าคลาดเคลื่อนแบบใหม่	ค่าความแตกต่าง	เทคนิคที่เลือกใช้
P15	A	78.13%	27.80%	50.32%	ARIMA(0,1,1)
P24	A	21.18%	18.39%	2.79%	ARIMA(0,1,1)
P36	A	51.96%	49.06%	2.90%	ARIMA(0,1,1)
P43	A	67.37%	66.46%	0.91%	ARIMA(0,0,1)

นอกจากนี้ ยังมีสินค้าจำนวน 4 รายการที่ไม่สามารถทำการลดค่าความคลาดเคลื่อนได้โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ทั้ง 6 วิธีที่กล่าวข้างต้น ขอยกตัวอย่างดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเคลื่อนไหวของข้อมูลยอดขายสินค้ารายการที่ 125 (P125)

จากกราฟดังภาพที่ 2 ในช่วงเวลา 1-5 เป็นช่วงของการเริ่มนำสินค้ารายการนี้เข้าสู่ตลาดใหม่ ยอดขายจึงสูงมาก และยอดขายมีแนวโน้มต่ำลงเมื่อเข้าสู่ช่วงการขายปกติ การพยากรณ์ยอดขายสินค้ารายการนี้จึงตัดข้อมูลตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 1-5 และช่วงเวลาที่ 14 และ 18 ออก จากนั้นนำข้อมูลที่เหลือพยากรณ์ยอดขายโดยใช้วิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับช่วงที่มีการขายสินค้าปกติ ส่วนในช่วงที่มีรายการส่งเสริมการขาย จะทำการเพิ่มจำนวนโดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การเติบโตของยอดขายในช่วงเวลาที่ 18 เป็นฐานในการพยากรณ์ เป็นต้น จากผลการทดลองที่กล่าวทั้งหมดข้างต้น พบว่า การพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่ของบริษัทธนีสักขานี้ สามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ยอดขายสินค้าได้ถึง 11% ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ของเทคนิคการพยากรณ์แบบเดิมและแบบใหม่

เปรียบเทียบ % ค่าความคลาดเคลื่อนของเทคนิคการพยากรณ์			
Rank	แบบเดิม	แบบใหม่	ความแตกต่าง
A	17%	12%	5%
B	18%	11%	7%
C	35%	17%	18%
Total	24%	13%	11%

และเพื่อเป็นการวัดประสิทธิภาพของการพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่ ผู้วิจัยขอเสนอผลประโยชน์

ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในแง่ของการลดต้นทุนในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการบริหารจัดการโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบเดิม และเทคนิคการพยากรณ์หลังการปรับปรุงตัวแบบการพยากรณ์

ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการวิเคราะห์ที่ได้ดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนด้านการจัดเก็บสินค้าคงคลัง

ตารางที่ 6 ผลการคำนวณปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบเดิม

Rank	ค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE)	ปริมาณสินค้าคงคลัง (20 วัน)
A	17%	160,426.93
B	18%	22,272.68
C	35%	5,892.12
Total	24%	188,591.72

ตารางที่ 7 ผลการคำนวณปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่

Rank	ค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE)	ปริมาณสินค้าคงคลัง (20 วัน)
A	12%	150,708.35
B	11%	21,532.31
C	17%	5,905.77
Total	13%	178,146.44

ปริมาณสินค้าคงคลังลดลง	10,445	หีบ
ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า	400	บาท/ตร.ม.
พื้นที่การจัดเก็บต่อ 1 ตร.ม.	100	หีบ
ต้นทุนลดลง	41,781	บาท/เดือน
รวม	<u>501,373</u>	บาท/ปี

2. ต้นทุนด้านการบริหารจัดการคลังสินค้า เช่น ค่าแรงงาน ค่าระบบที่ใช้บริหารจัดการ เป็นต้น

สินค้าคงคลังลดลง	10,445.28	หีบ
ต้นทุนบริหารจัดการ	210	บาท/ตร.ม.
1 ตร.ม.	100	หีบ
ลดต้นทุนบริหารจัดการ	21,935.09	บาท/เดือน
ลดต้นทุนบริหารจัดการ	<u>263,221.09</u>	บาท/ปี

3. ต้นทุนค่าขนส่งในออนไลน์จากโรงงานซึ่งค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เกิดขึ้นเนื่องจาก พื้นที่ส่วนของโรงงานและคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาอยู่คนละแห่ง ซึ่งระยะทางห่างกันประมาณ 2-5 กิโลเมตร

สินค้าคงคลังลดลง	10,445.28	หีบ
ค่าขนส่งในการออนไลน์จากโรงงาน	100,000	บาท/เดือน
จำนวนรอบการวิ่งรถ	500	เที่ยว/เดือน
ค่าขนส่งในการออนไลน์จากโรงงาน	200	บาท/เที่ยว
ปริมาณในการขนส่ง	1,000	หีบ/เที่ยว
ต้นทุนลดลง	2,089	บาท/เดือน
ต้นทุนลดลง	<u>25,068.68</u>	บาท/ปี

จากการวิเคราะห์ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่ ในด้านการลดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการคำนวณการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบริหารคลังสินค้า

	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย/ปี		
	แบบเดิม	แบบใหม่	ค่าแตกต่าง
การลดต้นทุน			
ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า	9,052,402.62	8,551,029.11	501,373.51
ต้นทุนในการบริหารจัดการ	4,752,511.37	4,489,290.28	263,221.09
ต้นทุนค่าขนส่งในออนไลน์จากโรงงาน	452,620.13	427,551.46	25,068.68
รวมทั้งสิ้น	14,257,534.12	13,467,870.85	789,663.27
เปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่าง	100%	94.5%	5.5%

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้าโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณประเภทอนุกรมเวลา ซึ่งเทคนิคพยากรณ์จะถูกปรับปรุงทุกเดือน เพื่อให้มีการคำนวณสอดคล้องกับแนวโน้มของปริมาณความต้องการในปัจจุบัน และทำการวัดผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อน รวมถึงลดปัญหาในกระบวนการวางแผนผลิตสินค้า การบริหารจัดการสินค้าคงคลัง และการส่งสินค้าไปยังลูกค้า ซึ่งจากการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) สามารถทราบเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับสินค้าแต่ละประเภท 2) สามารถบริหารจัดการ

สินค้าคงคลังให้เกิดประสิทธิภาพได้มากขึ้น ทั้งการลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการจัดเก็บสินค้า, ต้นทุนค่าขนส่งในการโอนย้ายสินค้าจากโรงงานผลิตไปยังคลังสินค้า, ต้นทุนในการบริหารจัดการคลังสินค้า และการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ให้เกิดประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

จากการสรุปผลดังกล่าว สามารถกล่าวได้ว่าวิธีที่ทำการพัฒนานั้นมีประโยชน์ต่อการดำเนินการของบริษัทเป็นอย่างมาก เพราะสามารถลดต้นทุนการบริหารจัดการสินค้าคงคลังและใช้ประโยชน์จากพื้นที่ให้เกิดประสิทธิภาพได้เพิ่มขึ้น และยังสามารถรักษาระดับการให้บริการลูกค้าอยู่ในระดับที่สูงเหมือนในปัจจุบันได้

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้า โดยมีเนื้อหางานวิจัยเชื่อมโยงเกี่ยวกับการเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ยอดขายสินค้า เพื่อวางแผนการผลิตสินค้า ให้มีปริมาณสินค้าคงคลังในระดับที่เหมาะสม และเพื่อสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้าสูงสุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกระบวนการพยากรณ์ยอดขายสินค้าแต่ละประเภทต่างมีข้อจำกัดและเหมาะสมกับเทคนิคการพยากรณ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้การพยากรณ์มีความแม่นยำ ผู้พยากรณ์ควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของสิ่งที่ทำการพยากรณ์ รวมถึงทราบข้อจำกัดและสิ่งที่ต้องคำนึงหรือควรระวังก่อนทำการพยากรณ์และเมื่อทำการพยากรณ์เรียบร้อยแล้ว ควรติดตามผลลัพธ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อประเมินผลและยังช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของสิ่งที่ทำการพยากรณ์ได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

คู่มือการอบรมหลักสูตรการบริหารสินค้าคงคลัง. 2554.

หลักสูตรการบริหารสินค้าคงคลัง. โครงการพัฒนาหลักสูตรและการฝึกอบรมโลจิสติกส์และซัพพลายเชน. สำนักงานการอุดมศึกษา, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และมหาวิทยาลัยมหิดล.

จินตพร หนัวอินปั้น บุญอ้อม โฉมทิ และ ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์. 2555. การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี สำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ในภาคกลาง ของประเทศไทย. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 13. วันที่ 17 กุมภาพันธ์

2012. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จุฑามาศ ศุภนคร. 2554. การพยากรณ์อนุกรมเวลาสำหรับการวางแผนการผลิตชิ้นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์แบร์. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.** 21(3) : 595-606

ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2549. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์.

พรณธิภา ลาภเกิดและ ธัญญา วสุศรี. 2552. การวางแผนความต้องการทรัพยากรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการส่งออก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการโลจิสติกส์)บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร.

พิพัฒน์ บารุงกาญจน์ และ สมชาติ จิรวิภากร. 2006. การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของ กฟน. โดยวิธีเอกซโพแนนเชียลสมูทติ้งและวิธีบ็อกซ์เจนกินส์. **วิศวกรรมลาดกระบัง.** 23(4) : 7-12.

พิภพ ลลิตาภรณ์. 2545. ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ภูวิศส เพ็ชรช่วย นิติงศ์ โสภณพงศ์พิพัฒน์ และวันชัย ลีลาภวิพงศ์. 2012. **On the Optimum Analysis of Jewelry Production Planning.** คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยศิลปากร.

Ali Hadizadeh. 2011. **Overview of Quantitative Forecasting Methods on Sales of Naphthenic oils.** Department of management and engineering. The Institute of Technology, Linköping University. Sweden.

Andrew Howard Charles Eaves. 2002. **Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Consumable Spare Part.** Master of Commerce. University of Canterbury. New Zealand.

F.A.H. Van, Sommeren. 2011. **Improving forecast accuracy : improving the baseline forecast forcheese products by use of statistical forecasting.** Master Thesis IEM. University of Twente. Nederland.

- F.T.Omadto. 2006. **Business Forecasting: A Documentary analysis**. Master of Marketing. ค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 จาก <http://www.freewebs.com/speedthesis/samplethesis.htm>
- Marina Kang. 2009. **Demand Forecasting of New Products Using Attribute Analysis**. Bachelor of Applied Science. Department of Mechanical and Industrial Engineering. University of Toronto. Canada.
- Zhejin Hu. 2008. **Time series forecasting model for Chinese future marketing price of copper and aluminum**. Mathematics Theses. Master of Science (MS). Georgia State University. USA.