ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณขายของอุตสาหกรรมไส้กรอกโดยใช้เทคนิคอนุกรมเวลาแบบคลาสสิค
A Sales Forecasting Model in Sausage Industry by Classical Time Series Techniques

ดำรงสิทธิ์ สมศักดิ์[1]* และ จิราวัลย์ จิตรถเวช[2]

[1]นักศึกษาปริญญาโท สาขาการจัดการระบบสารสนเทศ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

[2]รองศาสตราจารย์ ประจำสาขาสถิติ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

Dumrongsit Somsak[1]* and Jirawan Jitthavech[2]

[1]Graduate student in the Department of Information Management System, School of Applied Statistics National Institute of Development Administration

[2]Associate Professor, School of Applied Statistics, National Institute of Development Administration

บทคัดย่อ

การสร้างและพัฒนาตัวแบบในการพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงในอุตสาหกรรมไส้กรอก โดยใช้วิธีอนุกรมเวลาแบบคลาสสิค ซึ่งใช้ข้อมูล ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554 นำมาศึกษาและวิเคราะห์ ได้สมการพยากรณ์จำนวน 4 สมการ เกณฑ์การคัดเลือกสมการพยากรณ์ใช้ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE), ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAD) และ ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของร้อยละความคลาดเคลื่อน (MAPE) จากผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบผสมที่ได้จากผลรวมของแนวโน้ม และผลคูณของฤดูกาลและวัฏจักร ($Y = T + S \times C$) เป็นตัวแบบ ที่ให้ค่า MSE 26,789 ตัน^2, ค่า MAD 123.89 ตัน และค่า MAPE 5.92% เมื่อนำสมการที่สร้างขึ้นพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงในเดือน มกราคม พ.ศ. 2555 ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 พบว่า สมการพยากรณ์ที่สร้างขึ้นพยากรณ์ปริมาณการขายใกล้เคียงกับค่าปริมาณที่ขายได้จริงและ ให้ค่า MSE, MAD และMAPE ต่ำกว่าค่าพยากรณ์จากทางฝ่ายขายและฝ่ายการตลาด

คำสำคัญ : การพยากรณ์ อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค MSE MAD MAPE

Abstract

A dataset of high–grade sausage sales volumes from January 2008 to December 2011 from the sausage industry is used as training dataset to develop the sales forecasting models by classical time series techniques. Four forecasting models are developed and the accuracies of the models are measured by three criteria: Mean Square Error (MSE), Mean Absolute Deviation (MAD) and Mean Absolute Percent Error (MAPE). The mixed model which is influenced by the sum of trend, and the product of season factor and cycle factor ($Y = T + S \times C$) is selected with MSE = 26,789 tons^2, MAD = 123.89 tons and MAPE = 5.92%. In the following eleven months: January 2012 to November 2012 the sales volumes of high–grade sausage forecasted by the mixed model outperforms the forecasts given by the sales and marketing department, with the lower values of MSE, MAD and MAPE.

Keywords : forecasting, classical time series techniques, MSE, MAD, MAPE

***Corresponding author.** E-mail: nft12@hotmail.com

บทนำ

ปัจจุบันอาหารสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน เช่น ไส้กรอกและแฮม เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในอาหารทุกมื้อมากขึ้น ด้วยชีวิตประจำวันที่เร่งรีบของผู้บริโภคต้องการอาหารที่รสชาติดี ในราคาไม่สูงเกินไป (ไพเราะ เลิศวิราม, 2552) ในการตอบสนองความต้องการของตลาดและผู้บริโภคนั้น ธุรกิจอุตสาหกรรมไส้กรอกจะต้องมีการวางแผนและควบคุมการผลิตที่แม่นยำ โดยต้องมีการพยากรณ์ความต้องการบริโภคสินค้าของผู้บริโภค ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งในอนาคต เพื่อจะได้จัดเตรียมปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการผลิตไว้ให้พร้อม ดังนั้น การพยากรณ์ปริมาณการขายที่ถูกต้องจะช่วยเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในวางแผน เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนจัดเตรียมวัตถุดิบ เงินทุนที่ใช้ในการผลิต รวมถึงช่วยในการทำงบประมาณค่าใช้จ่ายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม (แววดาว พูนสวน, 2550)

การพยากรณ์ปริมาณการขายด้วยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นักธุรกิจใช้กันแพร่หลาย ในการศึกษาความเคลื่อนไหวของเหตุการณ์ต่างๆ ในอดีต เพื่อนำมาใช้วางนโยบายธุรกิจในอนาคต การวิเคราะห์ได้ทำการแยกอนุกรมเวลาออกเป็นส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งทำให้นักธุรกิจสามารถอธิบาย และให้คำตอบกับตนเองเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอนุกรมเวลาบางส่วนได้ เช่น การที่ปริมาณขายเพิ่มขึ้น 10% ในเดือนที่ผ่านมานั้นเป็นการเพิ่มตามปกติ หรือ เป็นการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล หรือว่าเกิดเนื่องจากผลการโฆษณา เป็นต้น (วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล และจิราวัลย์ จิตรถเวช, 2548)

การศึกษามีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและพัฒนาตัวแบบในการพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงของโรงงานผลิตไส้กรอกแห่งหนึ่ง การพยากรณ์ปริมาณการขายใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการจัดทำงบประมาณการบริหาร จัดสรรทรัพยากรให้กับทุกส่วนของโรงงาน และใช้กำหนดโควตาการขายของพนักงานขาย การวางแผนการตลาด การตั้งเป้าหมายยอดขายของแต่ละผลิตภัณฑ์ และใช้เป็นข้อมูลในการดำเนินงานต่างๆ ของโรงงาน

การศึกษาใช้ข้อมูลปริมาณการขายสินค้าไส้กรอกเกรดสูงของโรงงานผลิตไส้กรอกแห่งหนึ่ง ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554 ในการหาตัวแบบและทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการพยากรณ์กับข้อมูลปริมาณการขายสินค้าไส้กรอกเกรดสูงที่เกิดจริง ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2555

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค (วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล และจิราวัลย์ จิตรถเวช, 2548) เป็นการศึกษาหารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เปลี่ยนไปตามเวลาในอดีตจนถึงปัจจุบัน แล้วนำรูปแบบนั้นมาวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์ค่าของตัวแปรนั้นในอนาคต การหาส่วนประกอบที่ผสมผสานกันขึ้นมาเป็นอนุกรมเวลา เป็นสิ่งสำคัญที่สุด ข้อมูลอนุกรมเวลาทางธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 4 ประการ

แนวโน้ม (Secular Trend: T) หมายถึง การเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปของอนุกรมเวลาในช่วงระยะเวลานานพอที่จะทำให้สามารถเห็นแนวโน้มจะต้องนานกว่า 1 ปี ลักษณะแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอาจจะเป็นเชิงเส้นหรือเส้นโค้ง พาราโบลา หรือเส้นโค้งเอ็กโปแนนเชียล เช่น การเปลี่ยนแปลงยอดขายโทรศัพท์มือถืออัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากร เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Seasonal Variation: S) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นซ้ำๆ กันในช่วงเวลาเดียวกันในแต่ละฤดูกาล โดยฤดูกาลหนึ่งๆ จะสั้นกว่า 1 ปี โดยทั่วไปการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอนุกรมเวลาจะมีลักษณะคล้ายกันในช่วงเวลาเดียวกันในแต่ละฤดูกาล เช่น ยอดขายสินค้าของห้างสรรพสินค้าจะพบว่ายอดขายสัปดาห์กลางเดือนจะต่ำ แต่ยอดขายสัปดาห์สุดท้ายของเดือนจะสูง การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นซ้ำๆ กันทุกเดือน เป็นต้น

วัฏฏะ (Cycles: C) หมายถึง วงจรของธุรกิจในอนุกรมเวลาประกอบด้วยช่วงซึ่งแสดงถึงความเจริญของธุรกิจและความเสื่อมทางธุรกิจ ซึ่งการเคลื่อนไหวตามวัฏจักรนี้จะมีลักษณะคล้ายกับการผันแปรตามฤดูกาล แต่จะมีระยะเวลาที่ยาวนานกว่า วัฏฏะนี้อาจเกิดจากเหตุการณ์ภายนอกธุรกิจ เช่น นโยบายของรัฐบาล การเปลี่ยนแปลงทางการเมือง หรือระบบเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก

ความรบกวนสุ่ม (Random Disturbance หรือ Irregular Variation: I) หมายถึง ความรบกวนที่เกิดขึ้นอย่างสุ่มๆ มีผลต่ออนุกรมเวลา และไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ เช่น น้ำท่วมพื้นที่เลี้ยงหมูทำให้หมูมีราคาสูงขึ้น การเกิดไข้หวัดนกทำให้คนบริโภคไก่น้อยลง เป็นต้น

ตัวแบบอนุกรมเวลาแบบคลาสสิค มีตัวแบบพื้นฐานอยู่ 2 ตัวแบบ คือ

ตัวแบบเชิงคูณ (Multiplicative model) พบมากในข้อมูลอนุกรมเวลาทางเศรษฐกิจและทางธุรกิจ ตัวแบบชนิดนี้เป็นตัวแบบที่ส่วนประกอบของอนุกรมเวลาที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น วัฏฏะอาจมีส่วนทำให้เกิดแนวโน้มหรือการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล หรือความรบกวนสุ่มอาจทำให้แนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงรูปแบบไป เป็นต้น

ตัวแบบเชิงคูณเป็นที่นิยมใช้มากกว่าตัวแบบอื่น ทั้งนี้เนื่องจากการแยกส่วนประกอบแต่ละส่วนนั้นทำได้สะดวกกว่า

$$Y = T \times C \times S \times I \quad (1)$$

เมื่อ Y = อนุกรมเวลา
T = แนวโน้ม
C = วัฏฏะ
S = การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล
และ I = ความรบกวนสุ่ม

ตัวแบบเชิงบวก (Additive model) เป็นตัวแบบที่มีส่วนประกอบแต่ละส่วนเป็นอิสระต่อกัน และอาจมาจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกันด้วย

$$Y = T + C + S + I \quad (2)$$

นอกจากนี้แล้วยังมีตัวแบบเชิงผสม (mixed model) ซึ่งเป็นการผสมระหว่างตัวแบบเชิงคูณและตัวแบบเชิงบวก คือมีทั้งส่วนประกอบอนุกรมเวลาที่สัมพันธ์กันและเป็นอิสระรวมอยู่ด้วยกัน เช่น ตัวแบบ Y = T×C×S+I โดยที่ความรบกวนสุ่มมีค่าคาดหมายเป็นศูนย์เพราะเป็นสิ่งที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ เป็นต้น

ในทางธุรกิจนิยมใช้ตัวแบบเชิงคูณ เนื่องจากตัวแปรต่างๆ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงย่อมจะมีผลกระทบกระเทือนต่อตัวแปรอื่นๆ เสมอ ข้อมูลอนุกรมเวลาในแต่ละชุดไม่จำเป็นที่จะต้องประกอบครบทั้ง 4 ส่วนคือ T,S,C,I ข้อมูลบางชุดอาจมี 3 ส่วนประกอบ คือ T,S,C บางชุดอาจมีแค่ T,S เท่านั้น (ภูริทัต นาคประเสริฐ, 2554) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ตัวแบบเชิงคูณในการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์

เกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมในการพยากรณ์ (วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล และจิราวัลย์, 2548) คือ ค่าคงเหลือซึ่งเป็นค่าของความแตกต่างระหว่างค่าที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ นั่นคือ

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (3)$$

เมื่อ e_t คือค่าคงเหลือ ณ เวลา t
Y_t คือค่าที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลา t
$\hat{Y}_t$ คือค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

ในกรณีที่ตัวแบบและการหาส่วนประกอบต่างๆ ถูกต้อง ค่าคงเหลือต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ค่าคงเหลือ (ค่าของความแตกต่างระหว่างค่าที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์) ควรมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างไปจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ

2. ค่าคงเหลือควรเป็นค่าที่เกิดขึ้นอย่างสุ่มๆ ไม่มีรูปแบบ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้ การทดสอบแบบวิ่ง (Runs Test)

3. ค่าคงเหลือและค่าพยากรณ์จะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน นั้นคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าคงเหลือและค่าพยากรณ์ไม่แตกต่างไปจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ

ถ้าการพยากรณ์อนุกรมเวลาจากตัวแบบใด ให้ค่าคงเหลือที่ได้จากการพยากรณ์เป็นไปตามคุณสมบัติทั้ง 3 นี้ ถือว่าการพยากรณ์ภายใต้ตัวแบบนั้นผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ และเป้าหมายสูงสุดในการพยากรณ์ (พิเชฐ พุ่มเกษร, 2556) คือ ได้ค่าพยากรณ์ที่มีความถูกต้อง และค่าความถูกต้องของการพยากรณ์จะมากหรือน้อยนั้น จะขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ (Forecast Error) เป็นการตรวจสอบว่าค่าที่ได้จากการพยากรณ์แตกต่างจากค่าจริงมากน้อยเพียงใด ณ ช่วงเวลา t เดียวกันใดๆ หรือทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดย่อมเป็นค่าที่เหมาะสมกับการใช้พยากรณ์ให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ การวัดความคลาดเคลื่อนสามารถวัดได้จากค่าต่างๆ (แววดาว พูนสวน, 2555) ดังต่อไปนี้

Mean Square Error (MSE) ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่ได้จากค่าเฉลี่ยของกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน ค่า MSE จะมีหน่วยวัดเป็นกำลังสองของหน่วยวัดของค่าสังเกตโดย

$$MSE = \sum \frac{e_t^2}{n} \quad (4)$$

Mean Absolute Deviation (MAD) เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดยไม่คำนึงถึงทิศทางของความคลาดเคลื่อน ที่แทนด้วยค่าสัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ค่า MAD มีหน่วยวัดหน่วยเดียวกับค่าสังเกตโดย (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546)

$$MAD = \sum \frac{|e_t|}{n} \quad (5)$$

Mean Absolute Percent Error (MAPE) ร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากขนาดของความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริง ค่าวัดความถูกต้องนี้เป็นค่าที่ไม่มีหน่วยจึงเหมาะที่จะใช้ในการเปรียบเทียบอนุกรมเวลาหลายชุดที่อาจจะมีหน่วยของการวัดต่างกันเมื่อใช้วิธีการพยากรณ์เดียวกันโดย

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum \left[\frac{|e_t|}{Y_t} \right] \quad (6)$$

กรณีที่ MSE, MAD และ MAPE มีค่าน้อยหมายถึงการพยากรณ์โดยใช้ตัวแบบนั้นได้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าที่เกิดขึ้นจริง

เกศรา มีสุขอนันต์ (2550) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพยากรณ์ยอดขายผ้าขนหนู กรณีศึกษา:บริษัท ภัคประวีร์ ภูวการทอ จำกัด เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม สำหรับการพยากรณ์ยอดขายผ้าขนหนู 5 ชนิด โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลา ได้แก่ วิธีการแยกส่วนประกอบ, วิธี Holt's Two Parameter Linear Exponential Smoothing, วิธี Winter's Three Parameter Trend and Seasonal Method เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล และใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นค่าวัดความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์แต่ละวิธี เพื่อนำมาเปรียบเทียบคัดเลือกตัวแบบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด ผลการศึกษาพบว่าวิธีแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากแนวโน้มและฤดูกาล เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ยอดขายผ้าขนหนูทั้ง 5 ชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าแนวโน้มของยอดขายทั้ง 5 ชนิด มีแนวโน้มลดลง

ศิริกุล พงษ์สุทธิมนัส (2551) ได้ศึกษาการพยากรณ์อนุกรมเวลา สร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม และนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ไปพยากรณ์ยอดขายเฟอรนิเจอร์ของบริษัท ร้อกเวิร์ธ จำกัด มหาชน โดยใช้วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ศึกษาถึงความเคลื่อนไหวของยอดขายในอดีต เพื่อพยากรณ์ยอดขายในอนคต โดยใช้ข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2546 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2551 ทำการพยากรณ์ยอดขาย โดยแบ่งตามประเภทสินค้า แบ่งออกเป็น 4 ประเภท โดยทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลา 4 วิธีได้แก่ 1) วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition) 2) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซโพเนนเชียล 2 ครั้ง ตามแบบของบราวน์ (Brown's Method) 3) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซโพเนนเชียล 2 ครั้ง ตามแบบของโฮลท์ (Holt's Method) 4) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซโพเนนเชียล ของวินเทอร์ (Winter Method) โดยใช้โปรแกรม Minitab 15 (Trial Version) สำหรับการเปรียบเทียบคัดเลือกเทคนิคพยากรณ์ จะใช้ค่าวัดความคลาดเคลื่อน MSD (Mean Square Deviation) เป็นตัววัด โดยจะเลือกเทคนิคพยากรณ์ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อน MSD ต่ำที่สุด และหลังจากได้ตัวแบบพยากรณ์จะทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ โดยเปรียบเทียบระหว่างยอดขายที่เกิดจริงกับค่าพยากรณ์ยอดขายที่ได้ ซึ่งใช้ค่าวัดความคลาดเคลื่อน MAPE (Mean Absolute Percent Error) เป็นตัวตรวจสอบ

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อสร้างและพัฒนาตัวแบบในการพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงของโรงงานผลิตไส้กรอกแห่งหนึ่ง ได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ในการศึกษา คือ ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงของโรงงานผลิตไส้กรอกแห่งหนึ่ง (หน่วย: ตัน)

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงของโรงงานผลิตไส้กรอกแห่งหนึ่ง ตั้งแต่ เดือน มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554

ตัวแปร

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ช่วงเวลา (รายเดือน) ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554 และ ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงรายเดือน ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554

วิธีดำเนินการวิจัย

ประเภทข้อมูล

ข้อมูลที่ศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงรายเดือนตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554 จากฐานข้อมูลของโรงงานผลิตไส้กรอกแห่งหนึ่ง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ใช้โปรแกรมตารางการทำงาน (Microsoft Office Excel 2007) เพื่อทำการวิเคราะห์และพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงที่รวบรวมตามตารางที่ 1 มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอนุกรมเวลาแบบคลาสสิค (Classical time series techniques) เพื่อให้ได้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด โดยนำข้อมูลปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงมาเขียนกราฟดูลักษณะของข้อมูล ดังภาพที่ 1 พบว่าปริมาณการขายสินค้าไส้กรอกเกรดสูงจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกเดือนแสดงว่าปริมาณการขายสินค้าไส้กรอกเกรดสูงนี้ มีอัตราการขายที่เพิ่มขึ้น และข้อมูลมีรูปแบบที่เป็นการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล คือปริมาณการขายจะสูงในช่วงเดือนธันวาคม และจะ

ลดน้อยลงในเดือน มกราคม เนื่องจากเป็นช่วงเทศกาลปีใหม่ ซึ่งเมื่อเดือนธันวาคม จะมีการเก็บกักปริมาณสินค้าไว้สำหรับขายในช่วงเทศกาลปีใหม่ เพราะผู้บริโภคมีการเดินทางกลับภูมิลำเนาและท่องเที่ยวในช่วงเวลาดังกล่าว จึงมีการซื้อสินค้าบริโภคที่มากขึ้น และในเดือนมกราคม ผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงลดปริมาณการซื้อสินค้าลง ผลจากขาดสภาพคล่องทางการเงิน

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูง ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554 (หน่วย: ตัน)

ปี พ.ศ.	2551	2552	2553	2554
ม.ค.	1,779	1,930	1,860	2,223
ก.พ.	1,809	1,756	1,764	2,158
มี.ค.	1,993	1,819	1,995	2,680
เม.ย.	2,089	1,941	2,238	2,574
พ.ค.	1,813	1,996	2,062	2,283
มิ.ย.	1,731	1,973	1,993	1,954
ก.ค.	1,910	2,195	2,250	2,186
ส.ค.	1,998	2,344	2,176	2,215
ก.ย.	1,838	1,942	2,095	2,187
ต.ค.	1,968	2,267	2,254	2,370
พ.ย.	1,935	1,809	2,077	2,113
ธ.ค.	2,039	2,054	2,489	2,354

ภาพที่ 1 ข้อมูลปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูง

2. จากนั้นแยกส่วนประกอบของข้อมูลออกมาด้วยวิธีตัวแบบเชิงคูณ นำข้อมูลปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงรายเดือนตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554 มาคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเข้าสู่กึ่งกลาง 12 เดือน ซึ่งเป็นการขจัดส่วนประกอบของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและความรบกวนสุ่มออก โดยใช้ข้อสมมุติว่าจำนวนหน่วยเวลาใน 1 ฤดูกาลเท่ากับ 12 หน่วยเวลา จากนั้นนำเอาค่าเฉลี่ย 12 เดือนมาหาค่าเฉลี่ยของ 2 พจน์ อีกครั้งหนึ่ง จะได้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเข้าสู่กึ่งกลาง (T × C) เมื่อนำค่าที่ได้ไปหารค่าข้อมูลปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงแล้วคูณด้วย 100 จะได้ค่าร้อยละของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (S × I) นำค่าร้อยละของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ มาหาค่า median average ในหน่วยเวลา (เดือน) ที่ตรงกันในทุกปี และปรับให้แต่ละหน่วยเวลาเป็น 100 โดยคูณด้วยค่าที่ใช้ปรับดัชนีฤดูกาล 1.000984 ซึ่งคำนวณมาจาก 1,200 หารด้วยผลรวมของ median average ทั้ง 12 เดือน (1,200/1,198.81) จะได้ดัชนีฤดูกาลที่มีเสถียรภาพ ดังข้อมูลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ดัชนีฤดูกาลแบบคงที่โดยใช้ median average

ดัชนีฤดูกาล	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
	98.24	89.53	97.87	109.47	100.03	95.62	106.27	104.22	96.36	103.90	91.92	106.58

3. คำนวณแนวโน้ม (Secular trend, T) และ วัฏฏะ (Cycles, C) เมื่อกำจัดการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลออกจากข้อมูล ทำให้เหลือเพียง 3 ส่วนประกอบ คือ แนวโน้ม วัฏฏะ และความรบกวนสุ่มตาม (7) โดยมีลักษณะของข้อมูลหลังกำจัดการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลออกจากข้อมูล มีความเรียบมากขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 2

$$\frac{T \times C \times I \times S}{S} = T \times C \times I \qquad (7)$$

ภาพที่ 2 ข้อมูลปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงที่กำจัดการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลออก

ต่อมาให้ทำการกำจัดความรบกวนสุ่ม (I) ออกไป โดยการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 5 พจน์ของส่วนประกอบที่เหลือ ($T \times C \times I$) 2 ครั้ง เพื่อทำให้ข้อมูลเรียบมากขึ้น บางส่วนของวัฏฏะอาจจะถูกกำจัดออกไปบ้าง ส่วนที่เหลือคือส่วนประกอบที่เป็นแนวโน้มและวัฏฏะ นำส่วนที่เหลือ ($T \times C$) นี้ไปหาแนวโน้ม โดยใช้หลักการของการวิเคราะห์ความถดถอย ให้ตัวแปรอิสระ t เป็น เวลา และตัวแปรตามเป็นแนวโน้มของอนุกรมเวลา ตามสมการ (8)

$$\hat{T} = a + bt \qquad (8)$$

เมื่อนำข้อมูลส่วนที่เหลือ ($T \times C$) มาเขียนกราฟจะได้กราฟที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งจะได้สมการค่าประมาณแนวโน้ม $\hat{T}$ = 1,834 + 11.684t และจากสมการแนวโน้มดังกล่าว ให้ประมาณค่าแนวโน้มของปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูง เดือน มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554 ต่อจากนั้นให้กำจัดแนวโน้มจากค่าของส่วนที่เหลือ ($T \times C$) ก็จะได้ส่วนที่เหลือเป็นส่วนของวัฏฏะและความรบกวนสุ่มต่อไป ให้กำจัดความรบกวนสุ่มออก เพื่อให้เหลือเพียงส่วนประกอบของวัฏฏะโดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (median average) โดยการนำส่วนประกอบวัฏฏะและความรบกวนสุ่ม ($C \times I$) ไปจัดเรียงให้ช่วงเวลาในฤดูกาลให้ตรงกัน ดังตารางที่ 3

ในการหา median average เพื่อกำจัดความรบกวนสุ่มออกไปจะได้ค่าประมาณร้อยละของวัฏฏะในแต่ละปี และค่าประมาณร้อยละของวัฏฏะในแต่ละเดือน จากนั้นหาค่า median average ในหน่วยเวลาที่ตรงกันในทุกปีและปรับให้แต่ละหน่วยเวลาเป็น 100 จะได้ค่าประมาณร้อยละของวัฏฏะ (C) ของแต่ละเดือน ในแต่ละปี

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบวัฏฏะและการปรับค่า

ปี พ.ศ.	2551	2552	2553	2554	median average	ตัวปรับค่าวัฏฏะรายเดือน
ม.ค.	101.32	101.31	91.05	101.95	101.31	101.27
ก.พ.	112.32	100.54	94.22	108.03	104.28	104.24
มี.ค.	112.47	94.70	96.94	122.09	104.70	104.66
เม.ย.	104.72	89.81	96.69	104.29	100.49	100.45
พ.ค.	98.20	100.48	96.96	100.71	99.34	99.30
มิ.ย.	97.46	103.29	97.50	89.71	97.48	97.44
ก.ค.	96.16	102.80	98.50	89.84	97.33	97.29
ส.ค.	101.93	111.29	96.61	92.35	99.27	99.23
ก.ย.	100.79	99.15	100.06	98.12	99.60	99.56
ต.ค.	99.48	106.73	99.31	98.12	99.39	99.35
พ.ย.	109.88	95.72	102.89	98.39	100.64	100.59
ธ.ค.	99.25	93.20	105.77	94.06	96.66	96.62
median average	102.53	99.79	97.96	98.58		

4. เมื่อได้ค่าประมาณการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล แนวโน้ม และวัฏฏะ ค่าความรบกวนสุ่มก็คำนวณได้โดยหารข้อมูลปริมาณการขาย ด้วยผลคูณ $\hat{T}$ $\hat{S}$ และ $\hat{C}$

$$\frac{(T \times C \times I \times S)}{(T \times C \times S)} = I \qquad (9)$$

5. เมื่อได้ส่วนประกอบครบทั้ง 4 แล้วนำมาผสมสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาแบบคลาสสิค ซึ่งการเลือกใช้ตัวแบบใดเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่กำลังพิจารณาอยู่หรือไม่นั้น จะต้องพิจารณาชนิดของแหล่งที่มาของข้อมูล ต้นกำเนิดของการเคลื่อนไหวของข้อมูล ประสบการณ์ในการทำงาน ดุลยพินิจของผู้วิเคราะห์ และการได้คลุกคลีกับระบบงานนั้นเป็นเวลานาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกตัวแบบพื้นฐานทั้ง 2 แบบ คือ ตัวแบบเชิงคูณ และตัวแบบผสม มาช่วยกำหนดสมการที่ใช้ในการศึกษา โดยกำหนดค่าความรบกวนสุ่ม มีค่าคาดหมายเป็นศูนย์เพราะเป็นสิ่งที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้

จึงได้ตัวแบบสมการดังนี้

สมการภายใต้ตัวแบบเชิงคูณที่ได้รับอิทธิพลจากแนวโน้มและฤดูกาล คือ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$

สมการภายใต้ตัวแบบเชิงคูณที่ได้รับอิทธิพลจากแนวโน้ม ฤดูกาล และวัฏฏะ คือ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S} \times \hat{C}$

สมการภายใต้ตัวแบบเชิงผสมที่ได้รับอิทธิพลจากแนวโน้ม ฤดูกาล และวัฏฏะ มี 2 รูปแบบย่อย คือ

$\hat{Y} = \hat{T} + \hat{S} \times \hat{C}$ และ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S} + \hat{C}$

6. ตรวจสอบค่าที่ได้จากการพยากรณ์ของแต่ละสมการว่ามีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำการพยากรณ์ เพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม

7. หลังจากได้สมการตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม นำสมการที่ได้ไปตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน ตัวแบบใดที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อน MSE, MAD และ MAPE น้อยที่สุด หมายถึงตัวแบบนั้นพยากรณ์แม่นยำที่สุด

8. นำสมการตัวแบบพยากรณ์ ไปพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูง เปรียบเทียบ กับวิธีที่ทางฝ่ายขายและฝ่ายการตลาดใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งใช้วิธี Sale Force Composite คือพนักงานขายในพื้นที่เป็นคนประมาณการเพราะมีความใกล้ชิดลูกค้ามากที่สุด โดยวิธีใดที่ให้ค่าพยากรณ์ที่ใกล้กับค่าปริมาณขายที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุดหรือทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน MSE, MAD และ MAPE น้อยที่สุด จะเป็นวิธีที่ที่เหมาะสมกับการใช้พยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงที่ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ

ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบค่าที่ได้จากการพยากรณ์ของแต่ละสมการว่ามีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำการพยากรณ์ เพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม แสดงดังในตารางที่ 4 พบว่าสมการพยากรณ์ที่ 3 ให้ค่าคงเหลือที่ได้จากการพยากรณ์เป็นไปตามคุณสมบัติขั้นต่ำของการพยากรณ์ทั้ง 3 ข้อ จึงถือว่าสมการพยากรณ์ 3 สามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงได้

ตารางที่ 4 สรุปผลการทดสอบความเหมาะสมตัวแบบพยากรณ์

การทดสอบ	สมการ 1	สมการ 2	สมการ 3	สมการ 4
	$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$	$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S} \times \hat{C}$	$\hat{Y} = \hat{T} + \hat{S} \times \hat{C}$	$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S} + \hat{C}$
1.ค่าคงเหลือ et ควรมีค่า เฉลี่ยไม่แตกต่างไปจากศูนย์	✓	✓	✓	✓
2. ค่าคงเหลือ et เป็นค่าที่เกิดขึ้นอย่างสุ่ม ๆ			✓	
3. ค่าคงเหลือ et และค่าพยากรณ์จะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน	✓	✓	✓	✓

2. ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบพยากรณ์ที่ 3 จากการพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงเปรียบเทียบกับปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงที่เกิดจริง ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554 พบมีค่าความความคลาดเคลื่อน MSE, MAD และ MAPE แสดงตามตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 5 สรุปเกณฑ์การวัดความคลาดเคลื่อนของตัวแบบพยากรณ์

เกณฑ์	ตัวแบบ 3
	$\hat{Y} = \hat{T} + \hat{S} \times \hat{C}$
Mean Squared Error (MSE)	26,789
Mean Absolute Deviation (MAD)	123.89
Mean Absolute Percent Error (MAPE)	5.92%

จากข้อมูลตารางที่ 5 พบว่า สมการที่ 3 ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละตัวชี้วัด ดังนี้ ค่า MSE 26,789 ตัน^2, ค่า MAD 123.89 ตัน และค่า MAPE 5.92%

3. และนำสมการตัวแบบที่ 3 ไปพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงในเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 เปรียบเทียบกับการพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงของทางฝ่ายขายและฝ่ายการตลาด (ซึ่งใช้วิธีการพยากรณ์แบบ Sale Force Composite) จะได้ผลตามตารางที่ 6

ผลปรากฏว่า สมการพยากรณ์อนุกรมเวลาตัวแบบที่ 3 ให้ค่า MSE, MAD และ MAPE ที่ต่ำกว่าการพยากรณ์จากทางฝ่ายขายและฝ่ายการตลาดผลต่างของค่า MAPE ของสมการพยากรณ์ และการพยากรณ์จากทางฝ่ายขายและฝ่ายการตลาดเท่ากับ - 5.85% (มาจาก 5.99% - 11.84% = -5.85%) แสดงให้เห็นว่า สมการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิคเมื่อ

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของสมการพยากรณ์กับยอดประมาณการขายสินค้าของฝ่ายขายและฝ่ายการตลาด

เกณฑ์	ปริมาณการขายที่เกิดจริง เดือน ม.ค.– พ.ย. 2555	ค่าพยากรณ์ปริมาณการขายตัวแบบที่ 3	ยอดประมาณการสินค้าของฝ่ายขายและฝ่ายการตลาด (วิธี Sale Force Composite)
ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูง (หน่วย : ตัน)	25,195	26,610	28,095
Mean Squared Error(MSE)		26,092	96,065
Mean Absolute Deviation (MAD)		133.69	268.51
Mean Absolute Percent Error (MAPE)		5.99%	11.84%

นำไปพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูง จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ น้อยกว่าการพยากรณ์ที่ได้จากทางฝ่ายขายและฝ่ายการตลาด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษา จะเห็นได้ว่าตัวแบบอนุกรมเวลาแบบคลาสสิคสำหรับนำไปพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ ตัวแบบเชิงผสมที่ได้รับอิทธิพลจากแนวโน้ม ฤดูกาล และวัฏฏะ (Y=T+S×C) เป็นตัวแบบที่ดีในการพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงสมการพยากรณ์ให้ค่า MSE 26,789 ตัน^2, ค่า MAD 123.89 ตัน และค่า MAPE 5.92% จากนั้นนำสมการดังกล่าวมาพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงในเดือน มกราคม พ.ศ. 2555 ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 เปรียบเทียบกับข้อมูลพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงของทางฝ่ายขายและฝ่ายการตลาดซึ่งใช้วิธีการพยากรณ์แบบ Sale Force Composite ผลปรากฏว่าเมื่อนำทั้งข้อมูลพยากรณ์ทั้ง 2 แบบมาเปรียบเทียบกับปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูงที่เกิดจริง พบว่าสมการ ให้ค่า MSE, MAD และMAPE ที่ต่ำกว่าข้อมูลพยากรณ์จากทางฝ่ายขายและฝ่ายการตลาด ซึ่งตัวแบบอนุกรมเวลามีผลต่างของค่า MAPE กับข้อมูลพยากรณ์จากทางฝ่ายขายและฝ่ายการตลาด เท่ากับ 11.84% – 5.99% จะได้ผลต่างคือประมาณ 5.85% นั้นแสดงให้เห็นว่าสมการภายใต้ตัวแบบอนุกรมเวลาแบบคลาสสิคเมื่อนำไปพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูง ค่าที่ได้จากการพยากรณ์จะใกล้เคียงกับปริมาณการขายจริง มากกว่าข้อมูลพยากรณ์ที่ได้จากทางฝ่ายขายและฝ่ายการตลาด ผลการวิจัยครั้งนี้ขัดแย้งกับการศึกษาของ เกศรา มีสุขอนันต์ (2550) ศึกษาเกี่ยวกับการพยากรณ์ยอดขายผ้าขนหนู พบว่า ส่วนประกอบอนุกรมเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากแนวโน้มและฤดูกาล ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ยอดขายผ้าขนหนู การที่ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าการพยากรณ์ปริมาณการขายไส้กรอกเกรดสูง ใช้วิธีแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาที่ได้รับอิทธิผลจากแนวโน้ม ฤดูกาล และวัฏฏะ อาจเนื่องมาจากไส้กรอกเป็นสินค้าบริโภค ซึ่งจะมีภาวะทางเศรษฐกิจที่ควบคุมได้ยากเกี่ยวข้อง

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ที่สนใจสามารถนำตัวแบบพยากรณ์ปริมาณขายอุตสาหกรรมไส้กรอก โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค ไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ที่มีลักษณะการผลิตคล้ายกับอุตสาหกรรมไส้กรอกได้

2. ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ทำการพยากรณ์โดยใช้การพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค ซึ่งวิธีการพยากรณ์นี้เป็นเทคนิคที่ใช้เฉพาะข้อมูลในอดีตของตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์เพื่อพยากรณ์ค่าของตัวแปรนั้นในอนาคต โดยไม่มีการนำปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับค่าพยากรณ์นั้นมาใช้ในการพยากรณ์ร่วมด้วย ดังนั้นหากมีผู้สนใจทำเกี่ยวกับการพยากรณ์จึงควรนำเอาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาทำการพยากรณ์ร่วมด้วย เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับค่าพยากรณ์

3. ในการเลือกเทคนิคการพยากรณ์นั้น ควรเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูล และยังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่จะต้องเสียไปในการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการพยากรณ์ด้วย

4. ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ได้จากการพยากรณ์กับค่าจริงทุกครั้ง เพื่อจะได้ทราบว่าค่าพยากรณ์ที่ได้มานั้นเหมาะสมกับข้อมูล หรือจะต้องทำการเปลี่ยนแปลงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ. ดร. วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล ที่ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเผยแพร่ได้

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2546). การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2553). การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย Excel. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา.

เกศรา มีสุขอนันต์. (2550). การพยากรณ์ยอดขายผ้าขนหนู: กรณีศึกษา บริษัท ภัคประวีร์ ภูวการทอ จำกัด, โครงงานสถิติสาขาสถิติประยุกต์, ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ชุมพล ศฤงคารศี. (2543). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์คลังวิชา.

ดวงสมร ศศิวงศ์ภักดี. (2551). ตัวแบบประมาณการส่งออกผลไม้สด, โครงงานสถิติ สาขาสถิติประยุกต์, ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรงศิริ แต้สมบัติ. (2549). การพยากรณ์เชิงปริมาณ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิเชฐ พุ่มเกษร. (2556). การศึกษารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรซ์, งานวิจัย ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม, คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี.

ไพเราะ เลิศวิราม. (2552). Ready to Eat. Positioning Magazine. วันที่ค้นข้อมูล 10 ธันวาคม 2555, เข้าถึงได้จาก http://www.positioningmag.com/magazine/details.aspx?id=84866.

ภูริทัต นาคประเสริฐ. (2554). พยากรณ์แนวโน้มราคาและปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบของประเทศไทย, รายงานการวิจัยประกอบกระบวนวิชา 751409 (Research Exercise in Economics), คณะเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุทธนา สุรินทร์. (2551). การนำเทคนิคการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผนผลิต กรณีศึกษา: บริษัท สยาม ยีเอส แบตเตอรี่ จำกัด, สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรม การจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัย, เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล และจิราวัลย์ จิตรถเวช. (2548). เทคนิคการพยากรณ์. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

แววดาว พูนสวน. (2550). การศึกษาการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (Time Series) เพื่อการวางแผนการผลิต กรณีศึกษา: บริษัท เอส บีอุตสาหกรรมเครื่องเรือน จำกัด, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ศิราภรณ์ วิชัยสินธุ์และรวิพิมพ์ ฉวีสุข. (2551). เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาสำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตผักและผลไม้, งานวิจัย ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริกุล พงษ์สุทธิมนัส. (2551). การพยากรณ์ยอดขายเฟอร์นิเจอร์: กรณีศึกษา บริษัท ร้อกเวิร์ธ จำกัด มหาชน, โครงงานสถิติสาขาสถิติประยุกต์, ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิริพร พูลสวัสดิ์, คะนึงนิจ กุโบลา และณกร อินทร์พยุง. (2551). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ความต้องการสินค้าระหว่างวิธีผู้เชี่ยวชาญและวิธีทางสถิติ, งานวิจัย ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.