การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี สำหรับความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ในภาคกลาง ของประเทศไทย

A Comparison of the Four Forecasting Methods for Peak Electric Energy Demand in the Center Region of Thailand

จินตพร หนิ้วอินปั๋น (Jintaporn Newinpun)* บุญอ้อม โฉมที (Boonorm Chomtee)**
ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์ (Prasit Payakkapong)***

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ สำหรับการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในเขตภาคกลาง ของประเทศไทย โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2545 ถึง เดือนธันวาคม 2550 สำหรับกำหนดรูปแบบ และส่วนที่ 2 ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2551 ถึง เดือนธันวาคม 2551 เพื่อหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจากการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะการเคลื่อนไหวของแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาล วิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 4 วิธี คือ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ และการวิเคราะห์การถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมพิจารณาจากค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษา พบว่า วิธีการพยากรณ์ที่ให้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter จากรูปแบบดังกล่าวนำมาคำนวณช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 6 และ12 เดือน พบว่า วิธีนี้เหมาะสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้นล่วงหน้า 2 เดือน

ABSTRACT

The purpose of this research was to study and compares the forecasting methods for peak electric energy demand in the center region of Thailand. The time series data was divided into two groups. The first group was monthly from January 2002 to December 2007 for identification models. The second group was monthly from January 2008 to December 2008 for finding the most suitable forecasting period. The results of preliminary time series analysis show that there are trend and seasonal variation. There were four forecasting methods that were used in the study; Exponential smoothing Holt-Winter method, Regression dummy variable, Box-Jenkins method and Fuzzy regression dummy variable. The suitable forecasting methods were chosen by considering the smallest value of MAPE. The results of the study show that Exponential smoothing Holt-Winter method was the best method. Then, the time horizon 3 periods of forecasting as 2, 6 and 12 months were calculated and it showed that the method was suitable for short term as 2 month.

คำสำคัญ: การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter

Key Words: Regression dummy variable, Exponential smoothing Holt-Winter method

** นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

**** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีต่างๆถูกพัฒนาอย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีการแข่งขันกันอย่างมากระหว่างองค์กรต่างๆ โดยการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง รัฐบาลและองค์กรต่างๆของไทยพยายามผลักดันให้มีการลงทุน และพัฒนาให้ทันต่อความเปลี่ยนแปลงของโลกตลอดเวลา โดยเฉพาะในเขตภาคกลางของประเทศไทย ที่ประกอบด้วย 22 จังหวัด ได้แก่ สระบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา ฉะเชิงเทรา ลพบุรี อ่างทอง สิงห์บุรี สระแก้ว สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กาญจนบุรี สุพรรณบุรี เพชรบุรี ราชบุรี นครปฐม นครนายก ชลบุรี จันทบุรี ปราจีนบุรี ระยอง ตราด และประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นภาคที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว จะเห็นได้จากการมีโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในเขตภาคกลางเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น การศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ เพื่อใช้ในการวางแผนระบบการผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า การซื้อ-ขายไฟฟ้า การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า และการเตรียมกำลังผลิตสำรอง และในภาวะปัจจุบันนั้นสภาพเศรษฐกิจมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และเนื่องจากไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจ จึงส่งผลให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น แต่ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ไม่สามารถกักเก็บไว้ได้ จึงทำให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(กฟผ.) จำเป็นต้องจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้กฟผ. ต้องใช้ข้อมูลด้านค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และข้อมูลด้านช่วงเวลาที่ใช้ไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละปี เพื่อวางแผนสร้างโรงไฟฟ้า ระบบสายส่ง และระบบสายจำหน่าย เพื่อรองรับความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะเกิดขึ้นในแต่ละปีซึ่งกฟผ. จะวัดออกมาในรูปของค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 15 นาที และเรียกความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นในรอบเดือนของการใช้ไฟฟ้าว่า ความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ย 15 นาทีที่สูงสุด (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2547)

หลายปีที่ผ่านมา เทคนิคการพยากรณ์โดยใช้หลักการทางสถิติถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเทคนิคการพยากรณ์มีประโยชน์อย่างมากในการวางแผนและตัดสินใจในการดำเนินงานทั้งระยะสั้นและระยะยาว และการพยากรณ์ยังเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่จะช่วยให้ได้ข้อมูลในอนาคต เพื่อประกอบการวางแผน จึงเป็นที่ยอมรับกันว่า การพยากรณ์มีบทบาทสำคัญทั้งในงานของภาครัฐและภาคเอกชน (มุกดา, 2549) การคำนวณวิธีการพยากรณ์แต่ละวิธีที่มีประสิทธิภาพพิจาณาจากค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของการพยากรณ์ ซึ่งการเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมควรพิจารณาจากหลายๆปัจจัยได้แก่ ช่วงการพยากรณ์ที่ต้องการ เวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ ลักษณะข้อมูลอนุกรมเวลา และขนาดอนุกรมเวลา (ทรงศิริ, 2549) สำหรับวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่นิยมใช้มีหลายวิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบ การวิเคราะห์การถดถอย และวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ เป็นต้น แต่เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลอนุกรมเวลา ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีต อาจจะไม่มีความครบถ้วน ข้อมูลไม่แน่นอน หรือข้อมูลมีความคลุมเครือ อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงในการพยากรณ์ Song and Chissom (1993) กล่าวว่าวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยใช้หลักการของฟัซซีเซต (Fuzzy set) โดยรูปแบบที่นำเสนอสามารถพยากรณ์อนุกรมเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถพยากรณ์อนุกรมเวลาที่อยู่ในรูปภาษาพูด (Linguistic term) แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบนี้ เหมาะสำหรับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม หรืออนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (stationary series) แต่เมื่อนำมาพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของฤดูกาล หรืออนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลไม่ชัดเจน จึงส่งผลต่อความถูกต้องของการพยากรณ์ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าข้อมูลความต้องการปริมาณพลังงานไฟฟ้า มีลักษณะการเคลื่อนไหวของแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาล

(พิพัฒน์, 2550) ซึ่งมีผู้เสนอวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลโดยใช้การถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ (กนกวรรณ, 2547)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษา การวิเคราะห์การถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในเขตภาคกลาง ของประเทศไทย โดยนำวิธีดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับวิธีพยากรณ์อีก 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ และวิธีของบอกซ์-เจนกินส์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี คือ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ และการวิเคราะห์การถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่
2. เพื่อพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในภาคกลาง ของประเทศไทย โดยศึกษาข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้น เพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา กับข้อมูลความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในภาคกลาง ของประเทศไทย วิธีการพยากรณ์ที่ศึกษามี 4 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter แบบผลคูณ การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ และการวิเคราะห์การถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นอนุกรมเวลารายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2551 โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน สำหรับส่วนที่ 1 ข้อมูลตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 เพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา 4 วิธี และกำหนดรูปแบบที่เหมาะสม และส่วนที่ 2 ข้อมูล ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึง เดือนธันวาคม 2551 โดยการนำรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดจาก 4 วิธีที่ศึกษา ของส่วนที่ 1 มาคำนวณช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 ช่วง คือ 2 6 และ 12 เดือน เพื่อหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมที่สุด โดยการหาผลต่างระหว่างค่าพยากรณ์ล่วงหน้ากับข้อมูลจริงในส่วนที่ 2 ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ พิจารณาจาก ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) วิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด แสดงว่าวิธีการพยากรณ์นั้นมีความแม่นยำที่สุด ซึ่งวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา 4 วิธี มีรายละเอียด ดังนี้

1. วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter แบบผลคูณ (Multicative Exponential smoothing Holt-Winter method)

เป็นวิธีการสร้างสมการพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและมีอิทธิพลของฤดูกาล โดยใช้ค่าปรับให้เรียบ 3 ค่า ได้แก่ a g และ d ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยที่ a เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม g เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับความชัน (slope) และ d เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล โดยให้ค่า SSE ต่ำที่สุด ซึ่งมีรูปแบบสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_t(p) = \hat{T}_{t+p}(t) \times \hat{S}_{t+p}(t) \quad , p = 1, 2, \ldots$$

ซึ่ง $\hat{T}_{t+p}(t)$ เป็นค่าแนวโน้มที่เวลา $t+p$ เมื่อใช้ค่าสังเกต t ค่า มีค่า เท่ากับ $\hat{T}_t(t) + p\hat{b}_1(t)$ และ $\hat{S}_{t+p}(t)$ เท่ากับ $\hat{S}_i(t)$

โดยที่ $\hat{T}_t(t)$ เป็นค่าแนวโน้ม ณ เวลา t
$\hat{b}_1(t)$ เป็นค่าความชัน ณ เวลา t
$\hat{S}_i(t)$ เป็นค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ i

สามารถหาค่าปรับให้เรียบ $\hat{T}_t(t)$, $\hat{b}_1(t)$ และ $\hat{S}_i(t)$ ได้ดังนี้

$$\hat{T}_t(t) = a\frac{Y_t}{\hat{S}_t(t-1)} + (1-a)\hat{T}_t(t-1)$$

$$\hat{B}_1(t) = g\left(\hat{T}_t(t) - \hat{T}_t(t-1)\right) + (1-g)\hat{B}_1(t-1)$$

$$\hat{S}_i(t) = \frac{d}{Y_t(t)} + (1-d)\hat{S}_i(t-1)$$

การกำหนดค่าเริ่มต้นของ $\hat{T}_t(t)$, $\hat{b}_1(t)$ และ $\hat{S}_i(t)$ ใช้การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ค่าสังเกตส่วนหนึ่งของอนุกรมเวลา

2. การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ (Regression dummy variable)

การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา เพื่อศึกษาแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล ตัวแปรที่กำหนดขึ้นเพื่อระบุว่าค่าสังเกตในอนุกรมเวลาเป็นค่าที่เกิดขึ้นหรือไม่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา เรียกว่า ตัวแปรดัมมี่ (dummy variable) ซึ่งมีรูปแบบสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_t = b_0 + bt + b_1x_1 + b_2x_2 + ... + b_{i-1}x_{(i-1)}$$

โดยที่ t เป็นตัวแปรเวลา

b_i เป็นค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ i

$x_i = 1$ เมื่อค่าสังเกตเป็นค่าในฤดูกาลที่ i

$x_i = 0$ เมื่อค่าสังเกตไม่เป็นค่าในฤดูกาลที่ i

3. วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method)

เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากวิธีการพยากรณ์นี้สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวทุกประเภท และให้ผลการพยากรณ์ที่ค่อนข้างแม่นยำกว่าวิธีการพยากรณ์อื่นๆ สำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น (ทรงศิริ, 2549) ซึ่งการพยากรณ์อนุกรมเวลาจะวัดสหสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตที่ช่วงเวลาห่าง k ช่วงเวลา หรือเป็นการวัดความสัมพันธ์ระหว่าง Y_t และ Y_{t-k} อธิบายได้ว่า Y_t และ Y_{t-k} มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันหรือในทิศทางตรงข้ามกัน และอธิบายขนาดของสหสัมพันธ์ การวัดค่าดังกล่าวเรียกว่า ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์แบบออโตที่ช่วงเวลาห่าง k แทนด้วย r_k

ขั้นตอนวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบข้อมูล เพื่อพิจารณาว่าอนุกรมเวลาเป็นสเตชันนารี หรือไม่ โดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลา หรือพิจารณาจากกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์แบบออโต (Autocorrelation function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์แบบออโตบางส่วน (Partial autocorrelation function: PACF) ของอนุกรมเวลา y_t ซึ่งเมื่อพิจารณา พบว่า อนุกรมเวลาไม่เป็นสเตชันนารี จะต้องแปลงอนุกรมเวลาเดิมให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่เป็นสเตชันนารี ทำได้โดยการกำจัดแนวโน้ม กำจัดฤดูกาล และแปลงอนุกรมเวลาให้มีค่าความแปรปรวนคงที่ ซึ่งการแปลงอนุกรมเวลาขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุกรมเวลาที่สนใจศึกษา (Bowerman & Connell & Koehler, 2005)

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณากำหนดรูปแบบการพยากรณ์ ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)$_L$ (Multiplicative Autoregressive Integrated Moving average model) ที่คาดว่าเหมาะสมกับอนุกรม โดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF

ขั้นตอนที่ 3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของรูปแบบที่กำหนด ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบที่กำหนด โดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF ของ e_t หรือทดสอบสหสัมพันธ์แบบออโตของ Box-Ljung เมื่อพบว่ารูปแบบมีความเหมาะสม จะสร้างสมการพยากรณ์จากรูปแบบดังกล่าว แต่หากพบว่ารูปแบบที่กำหนดไม่เหมาะสมต้องเริ่มขั้นตอนที่ 2 คือ กำหนดรูปแบบ

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อผ่านขั้นตอนที่ 4 คือจะได้สมการพยากรณ์ และค่าประมาณพารามิเตอร์ จากนั้นคำนวณค่าพยากรณ์จากรูปแบบที่กำหนด

4. การวิเคราะห์การถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ (Fuzzy regression dummy variable)

การนิยามฟัซซีเซตแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$A = \{x, \mu_A(x) \mid x \in U\}$$

โดยที่ A เป็นฟัซซีเซตในเอกภพสัมพัทธ์ U

x เป็นระดับความเป็นสมาชิก

$\mu_A(x)$ เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ของ A

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) หมายถึง ค่าที่แสดงถึงระดับความเป็นสมาชิกของ $\mu_A(x)$ ในฟัซซีเซต A คือถ้า x มีระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ 1 แสดงว่า เป็นสมาชิกของ A อย่างแน่นอน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ เลือกใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม (Triangular membership function) ประกอบด้วย พารามิเตอร์ 3 ค่า มีค่าระดับความเป็นสมาชิก ดังนี้

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & ,x \le \alpha' \\ (x-\alpha')/(\beta'-\alpha') & ,\alpha' < x \le \beta' \\ (\alpha'-x)/(\beta'-\alpha') & ,\beta' < x < \gamma' \\ 0 & ,x \ge \gamma' \end{cases}$$

ตัวแบบการถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ คือ

$$\hat{Y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t + \hat{\beta}_2 x_1 + \hat{\beta}_3 x_2 + \hat{\beta}_4 x_3 + \ldots + \hat{\beta}_{12} x_{11}$$

โดยที่ t เป็นตัวแปรเวลา

$\hat{\beta}_i$ เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ฟัซซีที่ประกอบด้วยค่ากลาง และค่าการกระจาย (α_i, c_i)

$x_i = 1$ เมื่อค่าสังเกตเป็นค่าในฤดูกาลที่ i

$x_i = 0$ เมื่อค่าสังเกตไม่เป็นค่าในฤดูกาลที่ i

สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\beta}_i$ ซึ่งมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมสมมาตร ดังนี้

$$\mu_{\hat{\beta}_i}(\hat{\beta}_i) = \begin{cases} 1 - \dfrac{|\alpha_i - \beta_i|}{c_i} & ,\alpha_i - c_i \le \beta_i \le \alpha_i + c_i \\ 0 & ,otherwise \end{cases}$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์การถดถอยแบบฟัซซีโดยสมการที่ต้องการมีความคลุมเครือน้อยที่สุด คือ

$$\text{minimize } S = c_0 + c_1 t + c_2 x_1 + c_3 x_2 + \ldots + c_{12} x_{11}$$

โดยมีสมการข้อจำกัด ดังนี้

$$1 - \frac{|y_t - (\alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 x_1 + \alpha_3 x_2 + \ldots + \alpha_{12} x_{11})|}{c_0 + c_1 t + c_2 x_1 + c_3 x_2 + \ldots + c_{12} x_{11}} \ge h$$

ซึ่งจะประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้น จะได้ $\hat{\beta}_i = (\alpha_i, c_i)$

จะได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_t = (\hat{\alpha}_0, \hat{c}_0) + (\hat{\alpha}_1, \hat{c}_1) t + (\hat{\alpha}_2, \hat{c}_2) x_1 + (\hat{\alpha}_3, \hat{c}_3) x_2 + \ldots + (\hat{\alpha}_{12}, \hat{c}_{12}) x_{11}$$

เกณฑ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพยากรณ์

ในการศึกษาครั้งนี้ เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธีดังกล่าว โดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ซึ่งการวัดความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ ค่า MAPE นี้ไม่มีหน่วย และมีค่าเป็นบวกเสมอ คำนวณได้ดังนี้

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{e_t}{Y_t}\right|\times 100$$

$$= \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - F_t}{Y_t}\right|\times 100$$

โดยที่ e_t เป็นผลต่างของค่าจริงกับค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_t เป็นค่าจริง ณ เวลา t

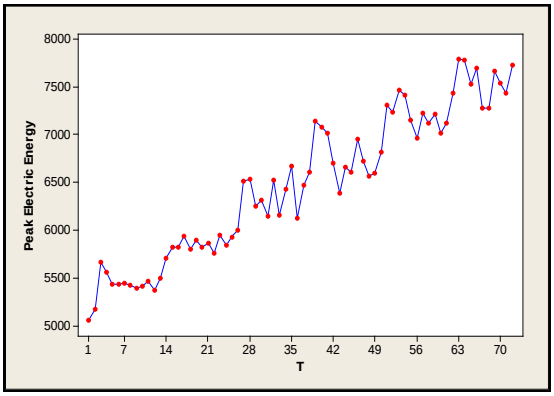
F_t เป็นค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

n เป็นจำนวนช่วงเวลาทั้งหมด

วิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด แสดงว่าวิธีการพยากรณ์นั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา (ข้อมูลเดือน ม.ค. 2545 ถึง ธ.ค. 2550)



รูปที่ 1 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา

จากการพิจารณารูปที่ 1 พบว่าอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวที่มีส่วนประกอบของแนวโน้มและฤดูกาล แต่อิทธิพลของฤดูกาลอาจจะไม่คงที่

2. ผลการวิเคราะห์วิธีการพยากรณ์ 4 วิธี เพื่อหารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด ได้ผลดังนี้

2.1 วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter แบบผลคูณ

การกำหนดค่าเริ่มต้น $\hat{T}_t(t)$, $\hat{b}_1(t)$ และ $\hat{S}_i(t)$ ใช้ข้อมูล 36 ค่าแรก ในการกำหนดรูปแบบการถดถอย ด้วยโปรแกรม SAS 9.1 และกำหนดค่าปรับให้เรียบที่ดีที่สุด คือ $a = 0$ $g = 0$ และ $d = 0$ ซึ่งค่าปรับให้เรียบดังกล่าวจะให้ค่า SSE ต่ำที่สุด และได้ค่าดัชนีฤดูกาลรายเดือน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าดัชนีฤดูกาลรายเดือน

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
$\hat{S}_i(t)$	0.972	0.994	1.055	1.042	1.026	1.013
เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
$\hat{S}_i(t)$	0.983	0.987	0.986	0.988	0.991	0.963

ได้รูปแบบสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_t(p) = (7,725.24 + p35.28)\hat{S}_i(t)$$

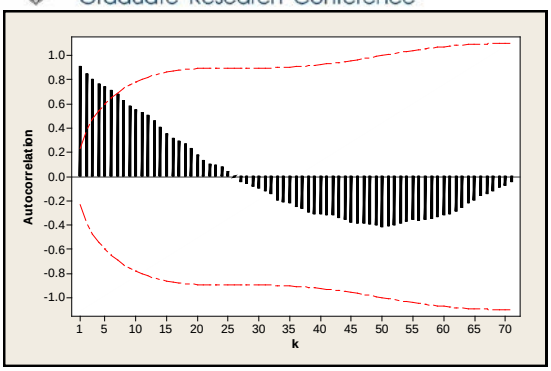
2.2 การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่

จากการวิเคราะห์รูปแบบที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ โดยให้เดือนเป็นตัวแปรดัมมี่ และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAS 9.1 ได้รูปแบบสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 4,702.402 + 35.728\,t + 303.101\,x_1 + 444.840\,x_2 + 828.029\,x_3 + 753.418\,x_4 + 654.889\,x_5 + 574.762\,x_6 + 362.434\,x_7 + 387.156\,x_8 + 390.345\,x_9 + 406.350\,x_{10} + 410.722\,x_{11} + 239.828\,x_{12}$$

2.3 วิธีของบอกซ์-เจนกินส์

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบข้อมูล โดยพิจารณาจากกราฟ ACF ของอนุกรมเวลา y_t

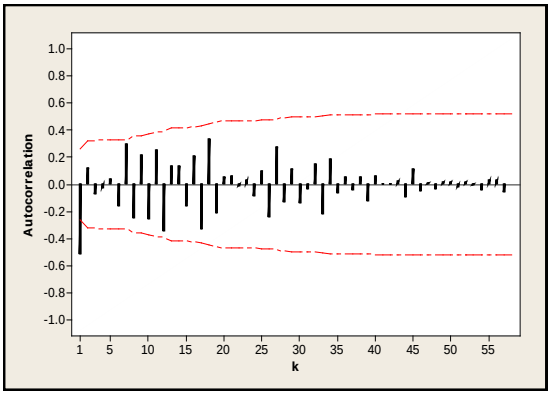


รูปที่ 2 กราฟคอเรลโรแกรมแสดง ACF

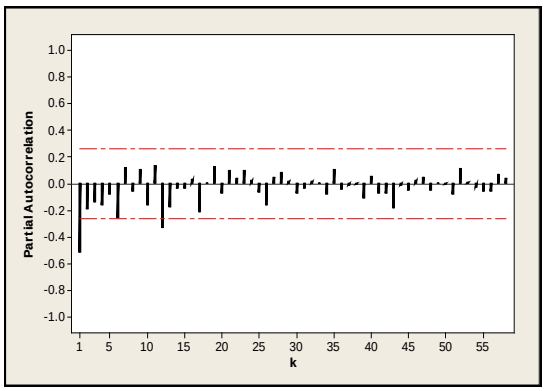
จากรูปที่ 2 พบว่าค่า $r_k\,(e_k)$ สูงเมื่อ k มีค่าน้อย และลดลงค่อนข้างช้าเมื่อ k มีค่าเพิ่มขึ้น และมีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบคลื่น แสดงว่าอนุกรมเวลาไม่เป็น สเตชันนารี เนื่องจากมีแนวโน้มและมีอิทธิพลของฤดูกาล จึงทำการแปลงอนุกรมเวลา โดยการหาผลต่างเพื่อกำจัดแนวโน้ม และหาผลต่างฤดูกาลเพื่อกำจัดอิทธิพลของฤดูกาล ได้อนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ ดังนี้

$$Z_t = \nabla\nabla_{12}Y_t = \nabla\left(Y_t - Y_{t-12}\right) = Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-12} + Y_{t-13}$$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดรูปแบบโดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาใหม่



รูปที่ 3 กราฟคอเรลโรแกรม แสดง ACF ที่แปลงให้เป็นสเตชันนารี



รูปที่ 4 กราฟคอเรลโรแกรม แสดง PACF ที่แปลงให้เป็นสเตชันนารี

จากอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ ซึ่งเป็นสเตชันนารี จากนั้นกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม โดยพิจารณากราฟ ACF และ PACF จากรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ ผลการพิจารณาได้รูปแบบที่เหมาะสม คือ SARIMA(0,1,1)(0,1,1) มีรูปแบบการพยากรณ์ ดังนี้

$$Z_t = \left(1-\theta_1 \mathrm{B}\right)\varepsilon_t\left(1-\theta_{12}\mathrm{B}^{12}\right)$$

ซึ่งรูปแบบดังกล่าว ไม่มีค่าคงที่ θ_0
จากตารางที่ 2 ได้รูปแบบสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Z}_t = \left(1-0.9940\mathrm{B}\right)\left(1-0.9375\mathrm{B}^{12}\right)\varepsilon_t$$

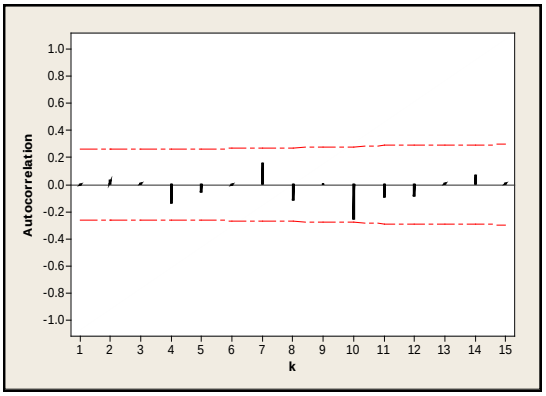
ขั้นตอนที่ 3 ประมาณค่าพารามิเตอร์

ตารางที่ 2 ค่าประมาณพารามิเตอร์ ของรูปแบบ SARIMA(0,1,1)(0,1,1)

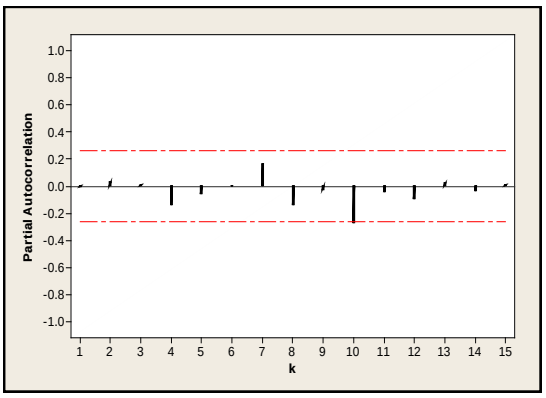
Parameter	Estimate	SE	t-test	P Value
θ_1	0.9940	0.04565	21.77	<0.0001
θ_{12}	0.9375	0.11620	8.07	<0.0001

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ

จากตารางที่ 2 พบว่า การประมาณค่า θ_1 ได้ค่า t = 21.77 (P = 0.0001) และ θ_{12} ได้ค่า t = 8.07 (P = 0.0001) ดังนั้น แสดงว่ารูปแบบที่กำหนด มีความเหมาะสม อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.05



รูปที่ 5 กราฟ ACF ของความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 6 กราฟ PACF ของความคลาดเคลื่อน

จากการพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อน ดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ตามลำดับ พบว่า ที่ทุกๆค่า k ตกอยู่ภายในขอบเขตช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีสหสัมพันธ์ต่อกัน แสดงว่ารูปแบบที่กำหนด มีความเหมาะสม

2.4 การวิเคราะห์การถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่

การกำหนดตัวแบบ ได้จากการใช้คำสั่ง Solver ด้วยการใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2003 ประมาณค่าพารามิเตอร์ (α_i, c_i) เพื่อกำหนดตัวแบบการถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ โดยต้องการให้สมการเป้าหมายมีความไม่แน่นอน หรือความคลุมเครือน้อยที่สุด มีการกำหนดเงื่อนไขคือ ระดับความเป็นสมาชิกของ Y_t จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่า h ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้กำหนด $h = 0$ ได้รูปแบบสมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\begin{aligned}\hat{Y}_t = {} & (4896.55, 5.9) + (36.78, 2.5)\,t - (75.23, 44)\,x_1 \\ & + (232.38, 24.5)\,x_2 + (562.5, 143.2)\,x_3 + (439.02, 112.4)\,x_4 \\ & + (439.02, 69.4)\,x_5 + (346.11, 48.8)\,x_6 + (147.43, 124.5)\,x_7 \\ & + (210.72, 150)\,x_8 + (138.58, 2.3)\,x_9 \\ & + (180.46, 62.3)\,x_{10} - (254.04, 145.5)\,x_{11}\end{aligned}$$

3. ผลการศึกษา และการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา 4 วิธี เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ข้อมูลส่วนที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2545 ถึง เดือนธันวาคม 2550 ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบพิจารณาจากค่า MAPE(%) ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา

วิธีการพยากรณ์	MAPE(%)
1. Multiplicative Exponential smoothing Holt-Winter	1.49
2. Regression dummy variable	1.53
3. Box-Jenkins	1.87
4. Fuzzy regression dummy variable	1.72

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี สำหรับข้อมูลความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ในเขตภาคกลาง ของประเทศไทย เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากค่า MAPE แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter แบบผลคูณ ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.49% รองลงมา คือ การวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ ให้ค่า MAPE เท่ากับ 1.53% การวิเคราะห์การถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ ให้ค่า MAPE เท่ากับ 1.72% และวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ ให้ค่า MAPE สูงที่สุด เท่ากับ 1.87%

4. จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลา พบว่ารูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter แบบผลคูณ จากนั้นนำรูปแบบดังกล่าวมาคำนวณช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 ช่วง คือ 2 6 และ 12 เดือน เพื่อหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมที่สุด โดยการหาผลต่างระหว่างค่าพยากรณ์ล่วงหน้ากับข้อมูลจริงในส่วนที่ 2 ตั้งแต่เดือน มกราคม 2551 ถึง เดือนธันวาคม 2551 ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบพิจารณาจากค่า MAPE(%)

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า พิจารณาจากค่า MAPE(%)

วิธีการพยากรณ์	ช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า (เดือน)		
	2	6	12
Multiplicative Exponential smoothing Holt-Winter	2.12	3.26	5.35

ผลการวิเคราะห์ช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 ช่วงเวลา จากรูปแบบที่ดีที่สุด แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4 พบว่า การพยากรณ์ล่วงหน้า 2 เดือน ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด เท่ากับ 2.12% รองลงมาคือ การพยากรณ์ล่วงหน้า 6 เดือน ให้ค่า MAPE เท่ากับ 3.26% และการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน ให้ค่า MAPE สูงที่สุด เท่ากับ 5.35%

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี สำหรับการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ในภาคกลาง ของประเทศไทย ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีส่วนประกอบของแนวโน้ม และมีอิทธิพลของฤดูกาล ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ซึ่งพิจารณาจากค่า MAPE พบว่า ทั้ง 4 วิธี ให้ค่า MAPE ใกล้เคียงกัน และมีค่าน้อยกว่า 2.00% แสดงว่าวิธีที่ศึกษาต่างเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพ แต่วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter แบบผลคูณ เป็นวิธีที่ให้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด และเมื่อนำรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดมาพยากรณ์ล่วงหน้า 2 6 และ 12 เดือน พบว่า วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winter แบบผลคูณ เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 เดือน

ข้อเสนอแนะ

1. ผลการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการตัดสินใจ วางแผนผลิตพลังงานไฟฟ้า และระบบสายส่ง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

2. จากรูปแบบสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอนุกรมเวลา ที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวที่คล้ายคลึงกัน

3. ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจศึกษาวิธีการพยากรณ์ที่แตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ เช่น การวิเคราะห์การถดถอย ที่รูปแบบ ประกอบด้วย ตัวแปรดัมมี่ เช่น ฤดูกาล และตัวแปรชี้นำ เช่น GDP อัตราค่าไฟฟ้า และนโยบายของรัฐบาลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ วิไลศรี. 2547. การพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลโดยใช้การถดถอยแบบฟัซซีที่ใช้ตัวแปรดัมมี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2549. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะยาวของประเทศไทย. ศูนย์บริการวิชาการ. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ทรงศิริ แต้สมบัติ. 2549. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์.

พิพัฒน์ บำรุงกาญจน์. 2550. การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของการไฟฟ้า นครหลวงโดยใช้วิธีเอกโพเนนเชียล สมูลติ้งและวิธีบ๊อกและเจนกิ้นส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มุกดา แม้นมินทร์. 2549. อนุกรมเวลาและการพยากรณ์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประกายพรึก.

Qiang Song, & Brad S. Chissom. 1993. Fuzzy time series and its models. Fuzzy Set and Systems, 54(3): 269-277.

Bruce L. Bowerman, Richard T. O' Connell, & Anne B. Koehler. 2005. Forecasting, time series, and regression : an applied approach. 4th ed. The United States of America : Thomson Brooks.