

---

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาล  
อย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม สำหรับการพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร  
A Comparison of Forecasting Methods between Box-Jenkins, Simple Seasonal Exponential  
Smoothing, and Combined Forecasting Methods for Predicting Monthly Mean Temperature  
in Bangkok

วารางคณา กীরติวิบูลย์

สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง  
ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง วิทยาเขตพัทลุง

Warangkha Keerativibool

Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung Campus,  
Research Center in Energy and Environment, Thaksin University, Phatthalung Campus

---

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้คือ การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวมระหว่าง 2 วิธีข้างต้น สำหรับการพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้อนุกรมเวลาอุณหภูมิตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนมกราคม 2556 จำนวน 121 ค่า จากเว็บไซต์ของบริษัท Propelin Consulting S.L.U. ประเทศสเปน ซึ่งมีสำนักงานใหญ่จัดตั้งอยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิจากทั่วโลกที่ผ่านการรับรองความถูกต้องโดยสถานทูตและสถานกงสุล ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนพฤษภาคม 2555 จำนวน 113 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556 จำนวน 8 ค่า สำหรับการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีการพยากรณ์รวมมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_t = 1.397630 - 0.146846\hat{Y}_{1t} + 1.098697\hat{Y}_{2t}$$

เมื่อ  $\hat{Y}_{1t}$  และ  $\hat{Y}_{2t}$  แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย ตามลำดับ

**คำสำคัญ :** อุณหภูมิเฉลี่ย บ็อกซ์-เจนกินส์ การทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย การพยากรณ์รวม เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย

---

\*E-mail: warang27@gmail.com

The purpose of this research is to compare three forecasting methods which are Box-Jenkins method, simple seasonal exponential smoothing method, and combined forecasting between above two methods for predicting monthly mean temperature in Bangkok. Time series that used is the temperature during January 2003 to January 2013 of 121 values from the website of Própelin Consulting S.L.U. company in Spain, which has its headquarters located in the United States. The temperature data are collected from around the world and have been certified by the Embassy and Consulates. The data are split into two sets, the first 113 values from January 2003 until May 2012 for the modeling and the last 8 values from June 2012 until January 2013 for finding the most suitable forecasting method by the criterion of the lowest mean absolute percentage error. The results show that combined forecasting method is the most suitable for this time series which the forecasting model is

$$\hat{Y}_t = 1.397630 - 0.146846\hat{Y}_{1t} + 1.098697\hat{Y}_{2t}$$

where  $\hat{Y}_{1t}$  and  $\hat{Y}_{2t}$  represent the single forecasts at time t from Box-Jenkins method and simple seasonal exponential smoothing method, respectively.

**Keywords :** Mean Temperature, Box-Jenkins, Simple Seasonal Exponential Smoothing, Combined Forecasting, Mean Absolute Percentage Error

มหาวิทยาลัยบูรพา  
Burapha University

## บทนำ

คนส่วนใหญ่มักสับสนกับนิยามของคำว่า อุณหภูมิ (Temperature) และความร้อน (Heat) เช่น จากวลีที่ว่า “ความร้อนในวันนี้” คำว่า “ความร้อน” ในวลีนี้ ทางวิทยาศาสตร์จะหมายถึง “อุณหภูมิ” โดยความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถทำให้วัตถุร้อนขึ้น แต่อุณหภูมิเป็นการแสดงว่าวัตถุนั้นร้อนเท่าไร ดังนั้นอุณหภูมิจึงหมายถึง ระดับของความร้อน (Degree of Heat) ในขณะที่ ความร้อนจะหมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อน (Quantity of Heat Energy) ซึ่งการเพิ่มความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น และการลดความร้อนทำให้อุณหภูมิต่ำลง นอกจากนี้ความแตกต่างของอุณหภูมิยังบอกทิศทางของการไหลของความร้อน โดยความร้อนจะไหลจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้น อาจให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการได้ว่า อุณหภูมิเป็นคุณสมบัติในการพิจารณาว่าความร้อนจะไหลเข้าหรือไหลออกจากวัตถุเมื่อวัตถุนั้นสัมผัสกับวัตถุอื่น (พัฒนาพงษ์ วีรยุทธกำจร, 2556; สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์, ม.ป.ป.) สำหรับหน่วยวัดอุณหภูมิ (Temperature Scale Unit) ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ หน่วยเซลเซียส (Celsius: °C) มีจุดเยือกแข็งของน้ำที่ 0 องศาเซลเซียส และจุดเดือดของน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส หน่วยวัดอุณหภูมิอื่นๆ ได้แก่ หน่วยฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit: °F) มีจุดเยือกแข็งของน้ำที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ และจุดเดือดของน้ำที่ 212 องศาฟาเรนไฮต์ และหน่วยเคลวิน (Kelvin: K) มีจุดเยือกแข็งของน้ำที่ 273.15 เคลวิน และจุดเดือดของน้ำที่ 373.15 เคลวิน (พัฒนาพงษ์ วีรยุทธกำจร, 2556; สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ม.ป.ป.)

ปัจจุบันสภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Climate Change) โดยสาเหตุหลักนั้นเกิดจากพฤติกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การทำเกษตรกรรมบางประเภท รวมทั้งการผลิตของเสียจากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) ในชั้นบรรยากาศมีค่าเพิ่มมากขึ้น ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO<sub>2</sub>) มีเทน (Methane: CH<sub>4</sub>) และไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide: N<sub>2</sub>O) โดยปกติก๊าซเหล่านี้จะเกิดขึ้นและมีอยู่แล้วตามธรรมชาติ อีกทั้งยังมีความสำคัญกับสิ่งมีชีวิตบนโลก เนื่องจากมีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรด (Infrared) จึงช่วยรักษาความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้มียอยู่ในชั้นบรรยากาศโลก แต่การมีปริมาณก๊าซเหล่านี้มากกว่าระดับที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต

บนโลก ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นในระดับที่ผิดปกติ (ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ, ม.ป.ป.) ซึ่งอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสำคัญ เพราะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นสาเหตุให้องค์ประกอบทางอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ เปลี่ยนแปลง เช่น เกิดการพาความร้อนและเกิดปรากฏการณ์ต่อเนื่อง ได้แก่ ลม เมฆ หรือฝน (รังสรรค์ อาภาศัพท์กุล, 2547) โดยความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละพื้นที่หรือแต่ละช่วงเวลาอาจเกิดจากปัจจัยหลากหลายประการ อาทิ รังสีดวงอาทิตย์ สภาพพื้นดินและพื้นน้ำ กระแสน้ำในมหาสมุทร ความสูงของพื้นที่ ละติจูด ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ และปริมาณเมฆ เป็นต้น ทำให้ในวันหนึ่งๆ แต่ละบุคคลอาจมีความรู้สึกร้อนหรือเย็นแตกต่างกัน ซึ่งไม่สามารถใช้เป็นมาตรฐานในการบอกอุณหภูมิของอากาศได้ จึงมีผู้ประดิษฐ์เครื่องมือสำหรับการวัดอุณหภูมิของอากาศขึ้นมา เรียกว่า เทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer) โดยเทอร์มอมิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาสภาพอากาศ คือ เทอร์มอมิเตอร์ชนิดสูงสุด-ต่ำสุด (Max-Min Thermometer) ใช้สำหรับการวัดอุณหภูมิสูงสุดและต่ำที่สุด ซึ่งเป็นค่าทางสถิติที่มีประโยชน์ทางอุตุนิยมวิทยาในการคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละวัน (Daily Mean Temperature) โดยการนำอุณหภูมิสูงสุดและต่ำที่สุดรวมกันแล้วหาร 2 ในขณะที่การคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน (Monthly Mean Temperature) จะใช้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของแต่ละวันรวมกันแล้วหารด้วยจำนวนวัน และการคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี (Yearly Mean Temperature) จะใช้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของแต่ละเดือนรวมกันแล้วหารด้วย 12 (ศูนย์สารสนเทศ สำนักชลประทานที่ 14, ม.ป.ป.)

จากปัญหาของความแปรปรวนในอุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศ จึงนำมาสู่ความสนใจของผู้วิจัยที่จะพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน กรณีศึกษาเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร เนื่องจากกรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงของประเทศไทย เป็นศูนย์กลาง การปกครอง การศึกษา การคมนาคม การพาณิชย์ การสื่อสาร และแหล่งรวมวัฒนธรรมต่างๆ มากมาย ดังนั้นการได้ทราบถึงสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในอนาคต จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับตัวของผู้อยู่อาศัยเพื่อให้อาจสามารถป้องกันปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยการวิจัยครั้งนี้ได้เปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ทางสถิติ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวมระหว่าง 2 วิธีข้างต้น เนื่องจากเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากกว่าวิธีการพยากรณ์อื่นๆ

## วัตถุประสงค์และวิธีการวิจัย

อนุกรมเวลาอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนมกราคม 2556 จำนวน 121 ค่า ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลทุติยภูมิ จากเว็บไซต์ของบริษัท Própolis Consulting S.L.U. ประเทศสเปน (Própolis Consulting S.L.U., 2013, February) ซึ่งมีสำนักงานใหญ่จัดตั้งอยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิจากทั่วโลกที่ผ่านการรับรองความถูกต้องจากสถานทูตและสถานกงสุล โดยอนุกรมเวลาอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานครถูกเก็บรวบรวมที่สถานีอากาศหมายเลข (Weather Station) 484550 ละติจูด (Latitude) 13.66 ลองจิจูด (Longitude) 100.56 อัลติจูด (Altitude) 4 ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนพฤษภาคม 2555 จำนวน 113 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for Social Sciences) รุ่น 17 ด้วยวิธีการพยากรณ์ทางสถิติ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล ที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556 จำนวน 8 ค่า สำหรับการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด

### 1. การศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา

การศึกษาความเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเป็นการพิจารณาในเบื้องต้นว่าอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะใด มีส่วนประกอบของอนุกรมเวลาใดบ้าง แนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร หรือเหตุการณ์ที่ผิดปกติ โดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลา เทียบกับเวลา (Bowerman & O'Connell, 1993)

### 2. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 2.1 การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีความถูกต้องสูง เนื่องจากมีการพิจารณาลักษณะของอนุกรมเวลาว่ามีสหสัมพันธ์กันอย่างไร เพื่อสร้างเป็นตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม และมีการคำนึงถึงความผันแปรตามฤดูกาลซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยมีตัวแบบทั่วไป คือ Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average: SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)<sub>s</sub> แสดงดังสมการที่ (1) (Bowerman & O'Connell, 1993; Box et al., 1994) และขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์แสดงรายละเอียดใน วรางคณา กิรติวิบูลย์ และเจ๊ะอัฐพาน มาทีละ (2556)

$$\phi_p(B) \Phi_p(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Y_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_q(B^s) \varepsilon_t \quad (1)$$

เมื่อ  $Y_t$  แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา  $t$

$\varepsilon_t$  แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา

$\delta = \mu\phi_p(B) \Phi_p(B^s)$  แทนค่าคงที่ โดยที่  $\mu$  แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (Stationary Time Series)

$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$  แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่  $p$  (Non-Seasonal Autoregressive Operator of Order  $p$ : AR( $p$ ))

$\Phi_p(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_p B^{ps}$  แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่  $P$  (Seasonal Autoregressive Operator of Order  $P$ : SAR( $P$ ))

$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$  แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่  $q$  (Non-Seasonal Moving Average Operator of Order  $q$ : MA( $q$ ))

$\Theta_q(B^s) = 1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \dots - \Theta_q B^{qs}$  แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่  $Q$  (Seasonal Moving Average Operator of Order  $Q$ : SMA( $Q$ ))

$t$  แทนเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  $n$  โดยที่  $n$  แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

$s$  แทนจำนวนฤดูกาล

$d$  และ  $D$  แทนลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

$B$  แทนตัวดำเนินการถอยหลัง (Backward Operator) โดยที่  $B^s Y_t = Y_{t-s}$

### 2.2 การพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย

วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่ายมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีเพียงความผันแปรตามฤดูกาล ไม่มีส่วนประกอบของแนวโน้ม ซึ่งมีตัวแบบและตัวแบบพยากรณ์ แสดงดังสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ (สมเกียรติ เกตุเอี่ยม, 2548)

$$Y_t = \beta_0 + S_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\hat{Y}_t = a_t + \hat{S}_t \quad (3)$$

เมื่อ  $Y_t$  แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา  $t$

$\beta_0$  และ  $S_t$  แทนพารามิเตอร์ของตัวแบบแสดงระยะตัดแกน และความผันแปรตามฤดูกาล ตามลำดับ

$e_t$  แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา

$\hat{Y}_t$  แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t$

$a_t$  และ  $\hat{S}_t$  แทนค่าประมาณ ณ เวลา  $t$  ของพารามิเตอร์

$\beta_0$  และ  $S_t$  ตามลำดับ

โดยที่  $a_t = \alpha(Y_t - \hat{S}_{t-s}) + (1-\alpha)a_{t-1}$

$\hat{S}_t = \delta(Y_t - a_t) + (1-\delta)\hat{S}_{t-s}$

$\alpha$  และ  $\delta$  แทนค่าคงที่การทำให้เรียบ โดยที่  $0 < \alpha < 1$  และ

$0 < \delta < 1$

$t$  แทนเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  $n$  โดยที่  $n$  แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

$s$  แทนจำนวนฤดูกาล

### 2.3 การพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์รวม

การพยากรณ์รวมเป็นวิธีการประยุกต์ที่มีการรวมค่าพยากรณ์จากวิธีการพยากรณ์เดี่ยวตั้งแต่ 2 วิธีขึ้นไป เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ใหม่ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด สามารถใช้ได้ตีในกรณีที่วิธีการพยากรณ์เดี่ยวมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลามากกว่า 1 วิธี (มุกดา แม้นมิตร, 2549) ณ ที่นี้ได้พิจารณาวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 2 วิธี คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย เนื่องจากค่าพยากรณ์ของวิธีการเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับอนุกรมเวลาชุดที่ 1 (สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.7745 และ 0.8454 ตามลำดับ) ดังนั้นตัวแบบของวิธีการพยากรณ์รวมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 \hat{Y}_{1t} + b_2 \hat{Y}_{2t} \quad (4)$$

เมื่อ  $\hat{Y}_t$  แทนค่าพยากรณ์รวม ณ เวลา  $t$

$\hat{Y}_{1t}$  และ  $\hat{Y}_{2t}$  แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา  $t$  จากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย ตามลำดับ

$b_0, b_1$  และ  $b_2$  แทนค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละวิธีการพยากรณ์เดี่ยวด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Method) (Montgomery *et al.*, 2006) ซึ่งคำนวณจากจำนวนข้อมูลพยากรณ์ในอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ณ ที่นี้คือ 100 ค่า เนื่องจากมีการแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ทำให้ไม่มีค่าพยากรณ์ 13 ค่าแรก

### 3. การคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม

การวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมมากที่สุดกับอนุกรมเวลาอนุกรมเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร จากวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม โดยทำการพยากรณ์อนุกรมของข้อมูลชุดที่ 2 คือ ข้อมูลตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556 จำนวน 8 ค่า ได้ค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ (Error:  $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ ) เพื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ซึ่งมีสูตรแสดงดังสมการที่ (5) (สมเกียรติ เกตุเอี่ยม, 2548) โดยวิธีการพยากรณ์ใด มีค่า MAPE ต่ำที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด

$$MAPE = \frac{100}{n_2} \sum_{t=1}^{n_2} \left| \frac{e_t}{Y_t} \right| \quad (5)$$

เมื่อ  $Y_t$  แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา  $t$

$\hat{Y}_t$  แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t$

$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$  แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา  $t$

$t$  แทนเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  $n_2$  โดยที่  $n_2$  แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 2

### 4. การพยากรณ์อนุกรมเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร

จากผลการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม เมื่อทราบว่าวิธีการพยากรณ์ใดมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ต่ำที่สุด จะใช้วิธีการพยากรณ์นั้นสำหรับการพยากรณ์อนุกรมเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนธันวาคม 2556 ต่อไป

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

#### 1. ผลการศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 คือ อนุกรมเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนพฤษภาคม 2555 จำนวน 113 ค่า ดังภาพที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลาชุดนี้มีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยมีการเกิดซ้ำของข้อมูลในทุกๆ 12 ค่า นั่นคือ มีจำนวนฤดูกาลเท่ากับ 12 ( $s = 12$ )

#### 2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

##### 2.1 ผลการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาอนุกรมเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่เดือนมกราคม



2546 ถึงเดือนพฤษภาคม 2555 กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) ดังภาพที่ 1 และ 2 พบว่า อนุกรมเวลายังไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากมีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาล ดังนั้นผู้วิจัย จึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ( $D = 1, s = 12$ ) ได้กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้ว แสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งพบว่า อนุกรมเวลายังมีลักษณะไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองจากภาพที่ 3 (ซ้าย) มีลักษณะลดลงอย่างช้าๆ จึงแปลงข้อมูลอีกครั้งด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ( $d = 1$ ) ได้กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลใหม่ครั้งที่ 2 แสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งพบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะเป็นสเตชันนารี จึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ 1 โดยตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่า BIC ต่ำที่สุด และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 คือ ตัวแบบ SARIMA (0, 1, 1)(2, 1, 0)<sub>12</sub> ไม่มีพจน์ของค่าคงที่ เมื่อพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในภาพที่ 5 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

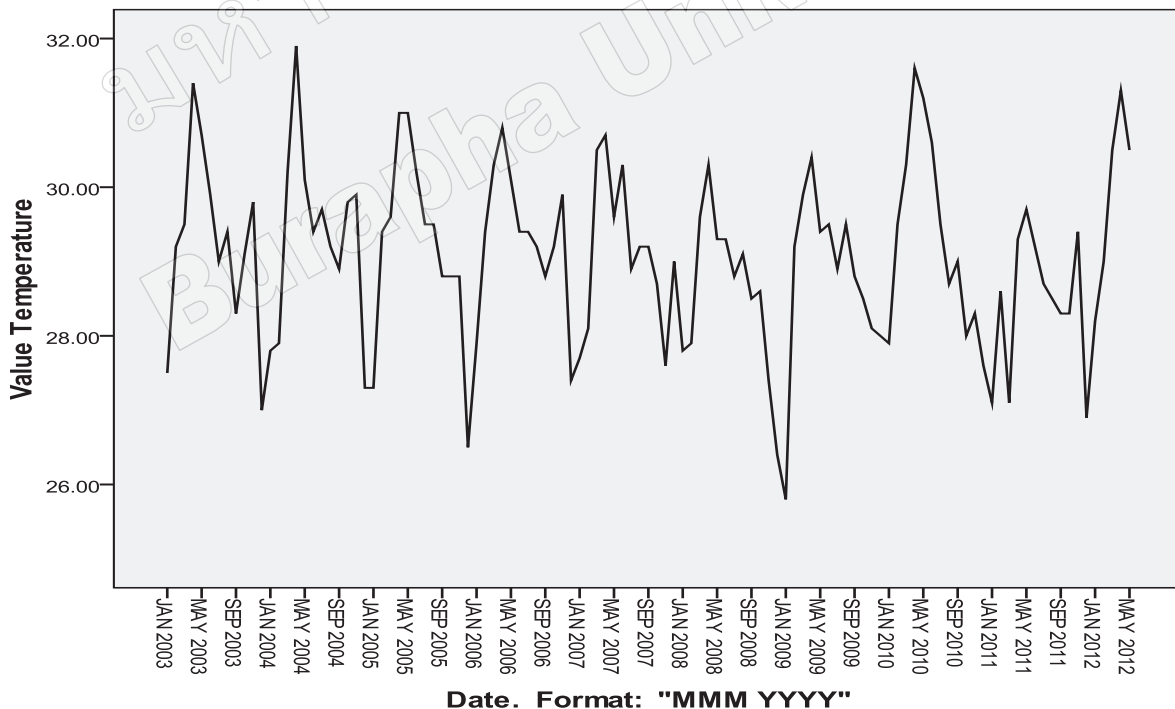
ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ดังนั้นตัวแบบ SARIMA(0, 1, 1)(2, 1, 0)<sub>12</sub> ไม่มีพจน์ของค่าคงที่ มีความเหมาะสม ซึ่งจากสมการที่ (1) สามารถเขียนเป็นตัวแบบได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \Phi_2(B^{12})(1-B)(1-B^{12})Y_t &= \theta_1(B)\varepsilon_t \\ (1-\Phi_1B^{12}-\Phi_2B^{24})(1-B)(1-B^{12})Y_t &= (1-\theta_1B)\varepsilon_t \\ (1-B-(1+\Phi_1)(B^{12}-B^{13})+(\Phi_1-\Phi_2)(B^{24}-B^{25}) \\ &+ \Phi_2(B^{36}-B^{37}))Y_t = \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} \\ Y_t &= Y_{t-1} + (1+\Phi_1)(Y_{t-12}-Y_{t-13}) - (\Phi_1-\Phi_2)(Y_{t-24}-Y_{t-25}) \\ &- \Phi_2(Y_{t-36}-Y_{t-37}) + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} \end{aligned}$$

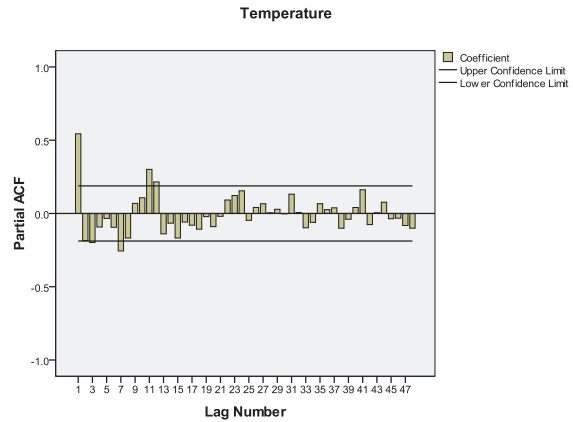
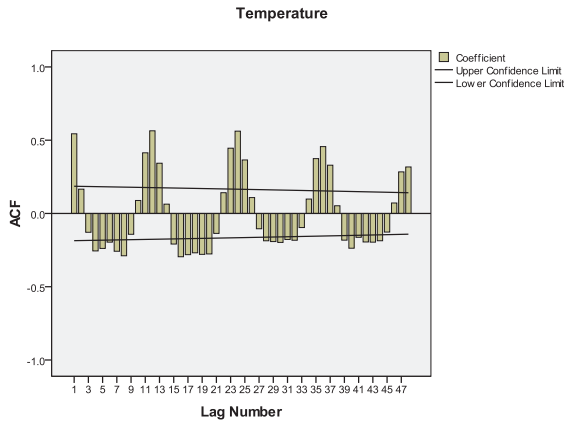
เมื่อแทนค่าประมาณพารามิเตอร์จากตารางที่ 1 จะได้ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\begin{aligned} \hat{Y}_t &= Y_{t-1} + 0.259920(Y_{t-12}-Y_{t-13}) + 0.386554(Y_{t-24}-Y_{t-25}) \\ &+ 0.353526(Y_{t-36}-Y_{t-37}) - 0.773048\varepsilon_{t-1} \end{aligned} \quad (6)$$

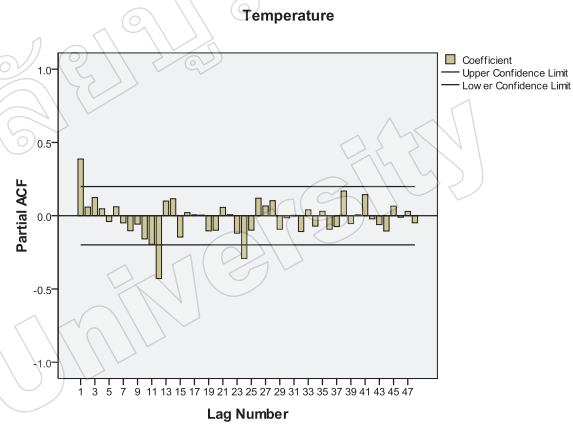
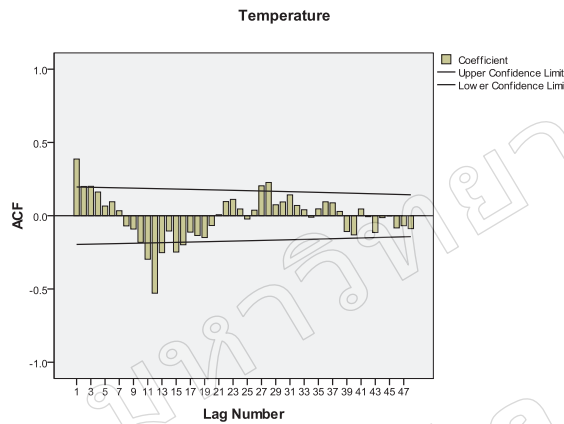
เมื่อ  $\hat{Y}_t$  แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t$   
 $Y_{t-j}$  แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา  $t-j$   
 $\varepsilon_{t-1}$  แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา  $t-1$



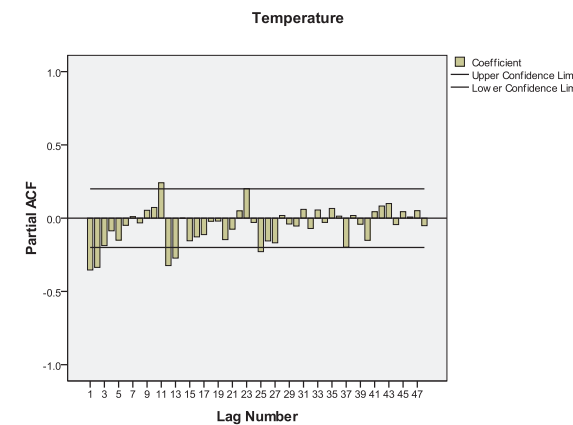
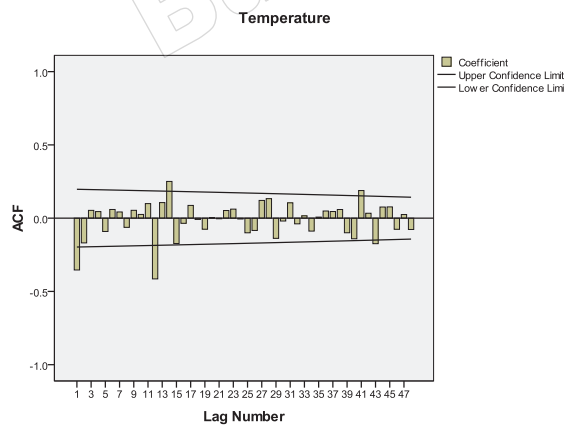
ภาพที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนพฤษภาคม 2555



ภาพที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร



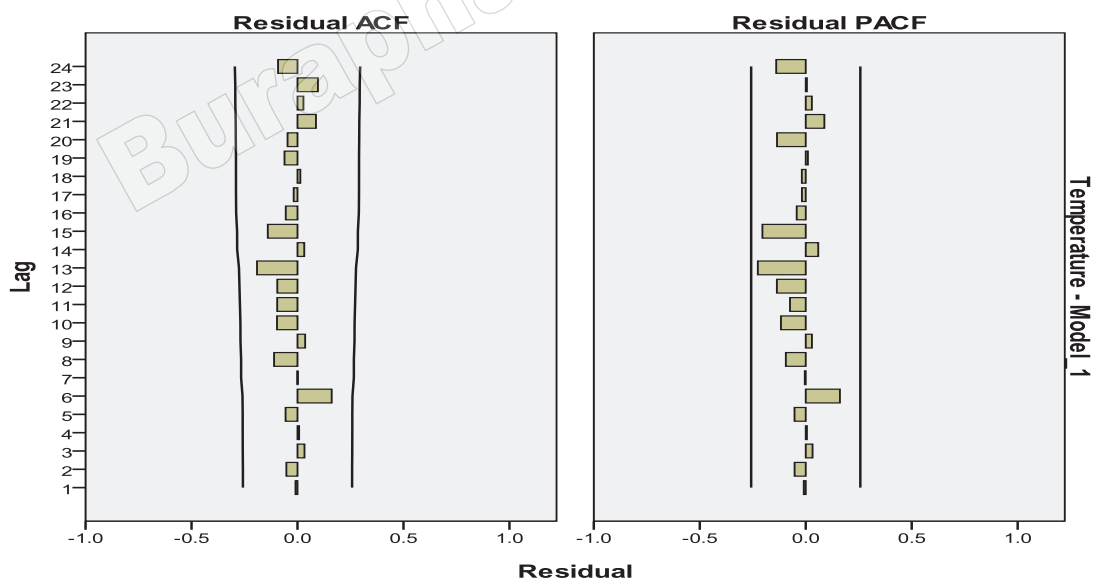
ภาพที่ 3 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร เมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1



ภาพที่ 4 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร เมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์ ค่า BIC และค่าสถิติ Ljung-Box Q ของตัวแบบ SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)<sub>s</sub>

ค่าประมาณพารามิเตอร์		SARIMA(p, d, q)(P, D, Q) <sub>s</sub>				
		SARIMA (2, 1, 1)(2, 1, 1) <sub>12</sub>	SARIMA (2, 1, 1)(2, 1, 1) <sub>12</sub> ไม่มีพจน์ของค่าคงที่	SARIMA (2, 1, 1)(2, 1, 0) <sub>12</sub> ไม่มีพจน์ของค่าคงที่	SARIMA (1, 1, 1)(2, 1, 0) <sub>12</sub> ไม่มีพจน์ของค่าคงที่	SARIMA (0, 1, 1)(2, 1, 0) <sub>12</sub> ไม่มีพจน์ของค่าคงที่
ค่าคงที่	ค่าประมาณ	0.002697	-	-	-	-
	p-value	0.716	-	-	-	-
AR(1): $\phi_1$	ค่าประมาณ	0.013371	0.015529	-0.018187	0.035595	-
	p-value	0.936	0.926	0.910	0.789	-
AR(2): $\phi_2$	ค่าประมาณ	-0.093214	-0.090365	-0.046720	-	-
	p-value	0.495	0.507	0.732	-	-
MA(1): $\theta_1$	ค่าประมาณ	0.719811	0.721612	0.739558	0.796890	0.773048
	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SAR(1): $\Phi_1$	ค่าประมาณ	0.036145	0.028018	-0.732734	-0.741025	-0.740080
	p-value	0.886	0.911	0.000	0.000	0.003
SAR(1): $\Phi_2$	ค่าประมาณ	0.096124	0.098341	-0.352008	-0.347660	-0.353526
	p-value	0.649	0.640	0.003	0.003	0.000
SMA(1): $\Theta_1$	ค่าประมาณ	0.994698	0.997174	-	-	-
	p-value	0.913	0.953	-	-	-
BIC		-0.175	-0.231	-0.229	-0.285	-0.341
Ljung-Box Q (ณ lag 18)		15.194	15.108	15.064	16.045	15.449
p-value		0.231	0.236	0.303	0.311	0.420



ภาพที่ 5 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ที่มีตัวแบบ SARIMA(0, 1, 1)(2, 1, 0)<sub>12</sub> ไม่มีพจน์ของค่าคงที่



## 2.2 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย

จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ -0.839 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 21.987, p-value = 0.144) จากการพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในภาพที่ 6 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_t = 29.272915 + \hat{S}_t \quad (7)$$

เมื่อ  $\hat{Y}_t$  แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

$\hat{S}_t$  แทนความผันแปรตามฤดูกาล หรือค่าดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลาอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร

รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคมมีค่าสูงกว่าช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ เนื่องจากมีค่าดัชนีฤดูกาลมากกว่า 0 โดยอุณหภูมิสูงที่สุดที่เดือนเมษายน และอุณหภูมิต่ำที่สุดที่เดือนธันวาคม

$\alpha$  และ  $\delta$  มีค่าเท่ากับ 0.200076983 และ 0.000004026 ตามลำดับ

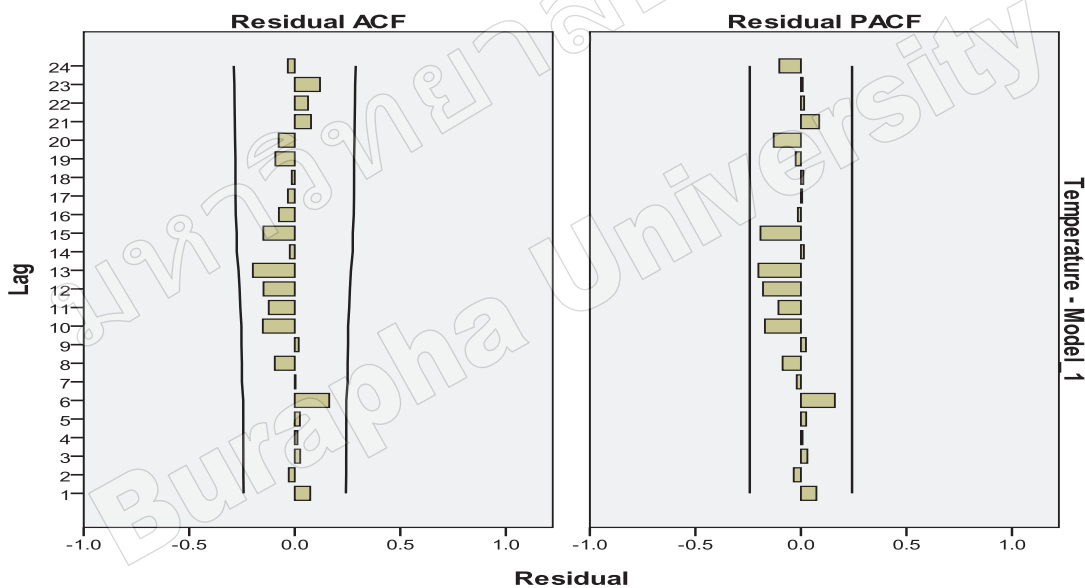
## 2.3 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์รวม

จากการประมาณค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละวิธีการพยากรณ์เดี่ยวโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ได้ตัวแบบพยากรณ์รวมดังนี้

$$\hat{Y}_t = 1.397630 - 0.146846\hat{Y}_{1t} + 1.098697\hat{Y}_{2t} \quad (8)$$

เมื่อ  $\hat{Y}_t$  แทนค่าพยากรณ์รวม ณ เวลา t

$\hat{Y}_{1t}$  และ  $\hat{Y}_{2t}$  แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย ตามลำดับ



ภาพที่ 6 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ด้วยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย  
ตารางที่ 2 ดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลาอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร จากวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย

เดือน	ค่าประมาณดัชนีฤดูกาล	เดือน	ค่าประมาณดัชนีฤดูกาล
มกราคม	-1.583188	กรกฎาคม	0.072370
กุมภาพันธ์	-0.263189	สิงหาคม	0.061258
มีนาคม	0.666811	กันยายน	-0.349853
เมษายน	1.786810	ตุลาคม	-0.305409
พฤษภาคม	1.076809	พฤศจิกายน	-0.283187
มิถุนายน	0.672370	ธันวาคม	-1.738742

### 3. ผลการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม

จากการใช้ตัวแบบพยากรณ์ของวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม ในสมการที่ (6) ถึง (8) ตามลำดับ สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลชุดที่ 2 คือ อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556 ได้ค่าพยากรณ์ และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าวิธีการพยากรณ์รวมมีความเหมาะสมกับบอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด หรือมีค่า MAPE ต่ำที่สุด

### 4. ผลการพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร

จากผลการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม ซึ่งพบว่าวิธีการพยากรณ์รวมมีความเหมาะสมกับบอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการดังกล่าวในการพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนธันวาคม 2556 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4 และภาพที่ 7

### สรุปผลการวิจัย

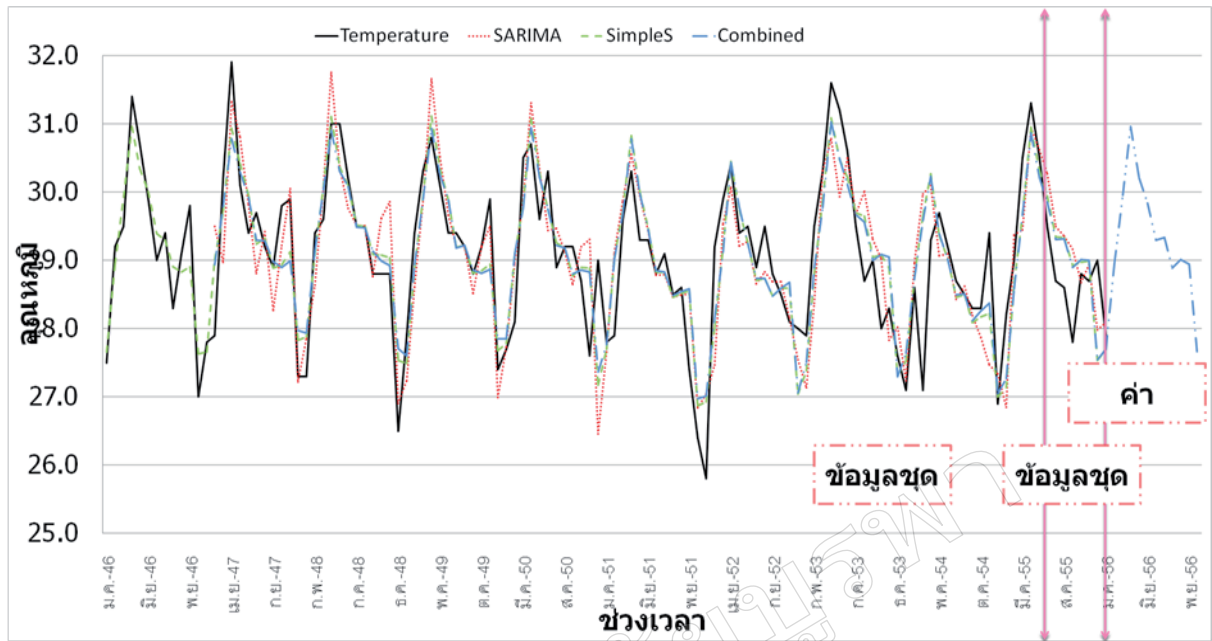
การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างและคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับบอนุกรมเวลาอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนมกราคม 2556 จำนวน 121 ค่า จากเว็บไซต์ของบริษัท Pröpelin Consulting S.L.U. ประเทศสเปน ซึ่งมีสำนักงานใหญ่จัดตั้งอยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา และมีการรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิจากทั่วโลกที่ผ่านการรับรองความถูกต้องโดยสถานทูตและสถานกงสุล ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม

ตารางที่ 3 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร (°C) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556 และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE)

ช่วงเวลา	อุณหภูมิเฉลี่ย ต่อเดือนจริง	อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนจากการพยากรณ์โดยวิธี		
		บอกซ์-เจนกินส์	ฤดูกาลอย่างง่าย	พยากรณ์รวม
มิ.ย. 55	29.5	30.26509	29.94529	29.85415
ก.ค. 55	28.7	29.49780	29.34529	29.30760
ส.ค. 55	28.6	29.34869	29.33417	29.31728
ก.ย. 55	27.8	29.16521	28.92306	28.89254
ต.ค. 55	28.8	28.67260	28.96751	29.01371
พ.ย. 55	28.7	28.93306	28.98973	28.99988
ธ.ค. 55	29.0	27.97732	27.53417	27.54100
ม.ค. 56	27.9	28.08659	27.68973	27.69587
MAPE		2.2940	2.2205	2.1631

ตารางที่ 4 ค่าพยากรณ์ของอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร (°C) ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนธันวาคม 2556

ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์	ช่วงเวลา	ค่าพยากรณ์
ก.พ. 56	28.94741	ส.ค. 56	29.33777
มี.ค. 56	29.95556	ก.ย. 56	28.88887
เม.ย. 56	30.96320	ต.ค. 56	29.00842
พ.ค. 56	30.21171	พ.ย. 56	28.94488
มิ.ย. 56	29.83586	ธ.ค. 56	27.56038
ก.ค. 56	29.29141		



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบอนุกรมเวลาอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร และค่าพยากรณ์จากวิธีการทางสถิติ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวม

2546 ถึงเดือนพฤษภาคม 2555 จำนวน 113 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวมชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556 จำนวน 8 ค่า สำหรับการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีการพยากรณ์รวมมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_t = 1.397630 - 0.146846\hat{Y}_{1t} + 1.098697\hat{Y}_{2t}$$

เมื่อ  $\hat{Y}_{1t}$  และ  $\hat{Y}_{2t}$  แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย ตามลำดับ

จากค่าพยากรณ์ของอุณหภูมิในเขตกรุงเทพมหานครที่ได้นำเสนอไว้ในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า อุณหภูมิสูงที่สุดยังคงเป็นเดือนเมษายน แต่ค่าพยากรณ์ดังกล่าวเป็นเพียงค่าเฉลี่ยต่อเดือน ซึ่งในบางวันของเดือนเมษายนอาจมีอุณหภูมิที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าที่แสดงไว้ ดังนั้นการศึกษาครั้งต่อไปควรใช้อุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันสำหรับการพยากรณ์เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ที่มีความละเอียด และศึกษาวิธีการพยากรณ์รวมแบบอื่นๆ เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากขึ้น เช่น วิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุด (Least Absolute Value

Method: LAV) และวิธีความแปรปรวนต่ำสุด (Minimum Variance Method: MV) เป็นต้น

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณมารณี มะเย็ง และคุณรัตนชญา พรหมวิจิตร นิสิตสาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ที่ช่วยเรียบเรียงข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ. (ม.ป.ป.). *สถานการณ์ภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทยและของโลก และ นโยบายที่เกี่ยวข้องกับสภาวะโลกร้อนของประเทศไทย*. วันที่ค้นข้อมูล 3 มีนาคม 2556, เข้าถึงได้จาก [http://archive.iwlearn.net/www.lwmea.org/information-and-publications/presentation\\_from\\_the\\_training\\_on\\_the\\_mitigation\\_of\\_green\\_house\\_gas\\_emissions\\_from\\_intensive\\_livestock\\_production\\_in\\_thailand\\_27-29\\_july\\_2009/03\\_dr\\_chaiwat-gwpolicy\\_27july09.pdf](http://archive.iwlearn.net/www.lwmea.org/information-and-publications/presentation_from_the_training_on_the_mitigation_of_green_house_gas_emissions_from_intensive_livestock_production_in_thailand_27-29_july_2009/03_dr_chaiwat-gwpolicy_27july09.pdf)

- พัฒนาพงษ์ วีรยุทธกำจร. (2556). *หน่วยที่ 4 การวัดอุณหภูมิ*.  
วันที่ค้นข้อมูล 3 มีนาคม 2556, เข้าถึงได้จาก <http://www.ind.cru.in.th/patanaphong/>
- มุกดา แม้นมินทร์. (2549). *อนุกรมเวลาและการพยากรณ์*.  
กรุงเทพฯ: โฟร์พรีนติ้ง.
- รังสรรค์ อาภาคัมภะกุล. (2547). *อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ:  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วารงคณา กิรติวิบูลย์ และเจ๊ะอัฐพาน มาหิละ. (2556). *ตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลมตามแนวชายฝั่ง อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช*. *วารสารวิจัย มช.*, 18(1), 32-50.
- ศูนย์สารสนเทศ สำนักชลประทานที่ 14. (ม.ป.ป.). *อุณหภูมิและความกดอากาศ*. วันที่ค้นข้อมูล 2 มีนาคม 2556, เข้าถึงได้จาก <http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/footer/PDF/situation1.pdf>
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2548). *เทคนิคการพยากรณ์*. (พิมพ์ครั้งที่ 2).  
สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สาขาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). *อุณหภูมิของอากาศ*. วันที่ค้นข้อมูล 3 มีนาคม 2556, เข้าถึงได้จาก <http://secondsci.ipst.ac.th/files/e-learning/atmosphere/assignments/C0010005/source/pdf/02/01.pdf>
- สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. (ม.ป.ป.). *บทที่ 4 อุณหภูมิ*. วันที่ค้นข้อมูล 3 มีนาคม 2556, เข้าถึงได้จาก <http://library.uru.ac.th/bookonline/Books/bookonline44-4.pdf>
- Bowerman, B.L., & O'Connell, R.T. (1993). *Forecasting and Time Series: An Applied Approach*. (3<sup>rd</sup> ed.). California: Duxbury Press.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M., & Reinsel, G.C. (1994). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. (3<sup>rd</sup> ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Montgomery, D.C., Peck, E.A., & Vining, G.G. (2006). *Introduction to Linear Regression Analysis*. (4<sup>th</sup> ed.). New York: Wiley.
- Própelin Consulting S.L.U. (2013, February). The Monthly Mean of Temperature Time Series in Bangkok. Retrieved February 14, 2013, from <http://www.tutiempo.net/en/Climate/BANGKOK/01-2013/484550.htm>