

การพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ FORECASTING OF GAS PRODUCED BY BIOGAS USING BOX-JENKINS METHOD

พิมพ์พรรณ อัมพันธ์ทอง*, เสริมศิริ ปราบเสริญ และ ลลิตพัทธ์ สุขเรื่อน
Pimpan Amphanthong*, Soemsiri Prabset and Lalithphat Sukruan

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

Received: 16 June 2020

Accepted: 20 January 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากการผลิตก๊าซชีวภาพในจังหวัดสุพรรณบุรี ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทางเลือกที่ประกอบด้วย ก๊าซ CH_4 ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S ตามลำดับ ข้อมูลก๊าซชีวภาพรายเดือนที่ใช้พยากรณ์รวม 8 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2560 โดยแบ่งข้อมูลพยากรณ์ออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 จำนวน 84 ข้อมูล เพื่อนำไป สร้างตัวแบบพยากรณ์ก๊าซแต่ละชนิดและข้อมูลชุดที่ 2 รายเดือนในปี พ.ศ. 2560 จำนวน 12 ข้อมูลนำไปพยากรณ์เทียบประสิทธิภาพกับค่าจริง ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบพยากรณ์ของก๊าซ CO_2 มีความเหมาะสมในการนำไปสร้างตัวแบบพยากรณ์มากที่สุดโดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ค่าสัมบูรณ์คลาดเคลื่อน (MAPE) ต่ำที่สุดกว่าก๊าซชนิดอื่นและเมื่อนำตัวแบบไปใช้ พยากรณ์ของก๊าซเปรียบเทียบพบว่าค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าจริงของก๊าซชีวภาพ ดังนั้นวิธี บ็อกซ์-เจนกินส์จึงมีความเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา

คำสำคัญ: พยากรณ์, ก๊าซชีวภาพ, วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

* ผู้ประสานงาน: พิมพ์พรรณ อัมพันธ์ทอง
อีเมล: pim_pimpan@hotmail.com

Abstract

This research study the gas forecast form biogas production in Suphanburi province. With the Box-Jenkins method, Biogas is an alternative energy containing CH_4 gas CO_2 gas and H_2S gas, respectively. Monthly biogas data for 8 years total forecast since 2010 to 2017 by dividing the forecast data into 2 sets. The first set of data monthly from January 2010 to December 2016, amount 84 data. To create a forecast model for each type of gas and the second monthly data set in 2016. A total of 12 data were used to forecast the performance against the actual value. The results of the study showed that the model. The forecast of CO_2 gas is suitable for to create the most forecasting model with the value. The absolute percentage error (MAPE) was lower than other gases and when the subject was used. The comparative gas forecast shows that the values are close to the values of biogas. Box-Jenkins is suitable for to analysis time series data.

Keywords: Forecast, Biogas, Box-Jenkins Method.

บทนำ

สถานการณ์พลังงานทางเลือกของประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ ทั้งนี้เนื่องมาจากการภาครัฐได้ส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงพลังงานของโลกรวมทั้งเทคโนโลยีของโลกก็เปลี่ยนไป จากกระแสโลกตื่นตัวในเรื่องการลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและการให้ความสำคัญต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กระแสการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วนี้ก่อให้เกิดความร่วมมือทั้งภาครัฐและเอกชนในด้านการนำพลังงานทางเลือกมาทดแทนการนำเข้าและการใช้พลังงานในประเทศไทย พลังงานทางเลือกของประเทศไทยเริ่มเป็นที่รู้จักและแพร่หลายมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็น แสงอาทิตย์ ลม พลังงานน้ำขนาดเล็ก ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ขยะ และเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นต้น โดยพบว่าหนึ่งในพลังงานทางเลือก คือ ก๊าซชีวภาพซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของซากสิ่งมีชีวิตและของเสียจากสัตว์ ก๊าซชีวภาพสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ

มีองค์ประกอบก๊าซหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (Methane: CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide: H_2S) และส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่น ๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) และไอน้ำ

จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพมาจาก 5 รูปแบบ คือ มูลสัตว์ น้ำเสียอุตสาหกรรม ขยะชุมชน เชื้อเพลิงชีวภาพของเหลวและของแข็ง โดยถือว่าการเลือกใหม่มีกำลังผลิตเพิ่มขึ้นตามความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังนั้นสิ่งที่ตามมาคือ รายละเอียดสภาพแวดล้อมที่ผลิตก๊าซชีวภาพก็เป็นสิ่งที่จำเป็นและแสดงให้เห็นว่าก๊าซชีวภาพมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศหรือไม่ จากสถานการณ์คุณภาพอากาศในจังหวัดสุพรรณบุรีนั้น พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ตะกั่ว ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น โดยสมมติฐานอาจมาจากพลังงานทางเลือกนั้นคือ ถ้าพื้นที่ที่มีกระบวนการผลิตจากก๊าซชีวภาพใกล้ชุมชน รูปแบบและความเหมาะสมของบ่อผลิตก๊าซชีวภาพไม่ได้มาตรฐาน ก๊าซชีวภาพที่เกิดจากกระบวนการผลิตจะส่งผลเสียต่อคุณภาพอากาศหรือไม่ จึงสนใจที่จะศึกษาคุณภาพอากาศในจังหวัดสุพรรณบุรีที่เกิดขึ้นหลังจากมีการผลิตก๊าซชีวภาพว่ามีผลต่อผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในจังหวัดสุพรรณบุรีหรือไม่ โดยศึกษาวิธีพยากรณ์คุณภาพอากาศที่ใช้ ดังนี้ (ชยกร สมศิลา และคณะ, 2553) ได้แสดงตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์สำหรับการพยากรณ์คุณภาพอากาศในประเทศไทย ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซโอโซน (O_3) โดยแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ระยะสั้นและระยะยาวให้ผลพยากรณ์แม่นยำที่สุด (ชม ปานตา และ ยุภาวดี สำราญฤทธิ์, 2560) ได้ใช้วิธีบอกซ์-เจนกินส์ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในจังหวัดนครสวรรค์โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ทางสถิติพบว่ามีความเหมาะสม ดังนั้นผู้วิจัยสนใจวิธีบอกซ์-เจนกินส์ในการพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากการผลิตก๊าซชีวภาพ จึงทำการรวบรวมข้อมูลก๊าซชีวภาพรายเดือนในโรงงานเอกชนแห่งหนึ่งของจังหวัดสุพรรณบุรี ด้วยเครื่องมือตรวจวัดก๊าซชีวภาพชื่อ BIOGAS5000 ที่มีคุณสมบัติการวัดค่า ก๊าซ CH_4 ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S ได้ค่าใกล้เคียงความจริง ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2560 จำนวน 96 ข้อมูลโดยนำข้อมูลมาหาตัวแบบพยากรณ์ของก๊าซทั้งสามชนิดด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) เพื่อหาความเหมาะสมของตัวแบบและนำไปพยากรณ์ทิศทางของก๊าซแต่ละชนิดในอนาคตว่ามีผลกระทบต่ออากาศในจังหวัดสุพรรณบุรี อีกทั้งต้องการแสดงประสิทธิภาพของตัวแบบด้วยการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบการ

พยากรณ์ก๊าซด้วยเกณฑ์ตัวแบบรากที่สองค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และเปอร์เซ็นต์ค่าสัมบูรณ์คลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแบบพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากก๊าซชีวภาพจากโรงงานในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี การเก็บตัวอย่างข้อมูลก๊าซชีวภาพทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซ CH_4 ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S โดยเครื่องมือการตรวจวัดแยกก๊าซ BIOGAS5000 ของโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพ ได้รวบรวมข้อมูลรายเดือนของก๊าซชีวภาพ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 จนถึง พ.ศ. 2560 รวม 8 ปี จำนวน 96 ข้อมูล โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 จำนวน 84 ข้อมูลเพื่อนำไปสร้างตัวแบบพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากก๊าซชีวภาพหาความเหมาะสมของตัวแบบด้วย วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และนำตัวแบบที่ได้มาหาค่าพยากรณ์เปรียบเทียบกับข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 12 ข้อมูล เพื่อทดสอบหาค่าประสิทธิภาพตัวแบบพยากรณ์กับค่าจริง วิธีบอกซ์-เจนกินส์ เป็นการพยากรณ์เชิงปริมาณที่แตกต่างจากการพยากรณ์โดยวิธีอื่น ๆ ที่ต้องมีการกำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์ก่อนที่จะทำการพยากรณ์ต่อไป ปัญหาที่พบคือถ้าลักษณะข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะแนวโน้ม วัฏจักรหรือฤดูกาลที่ชัดเจนการนำข้อมูลไปพยากรณ์โดยกำหนดรูปแบบที่เหมาะสม แต่ถ้าข้อมูลไม่มีลักษณะดังกล่าวแล้วการพยากรณ์ก็จะยุ่งยากปัญหาในการกำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาลำดับ (วิจิต หล่อจิระขุนทดกุล และ จิราวัลย์ จิตกรเวช, 2548) ได้อธิบายการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแรกด้วยวิธีการพยากรณ์ของบอกซ์-เจนกินส์ จะสามารถแก้ปัญหาการกำหนดรูปแบบที่แน่นอนได้ด้วยทำการวิเคราะห์ก่อนโดยระหว่างการวิเคราะห์รูปแบบจะถูกกำหนดขึ้นมาเองด้วยซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. การคำนวณหาค่าของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) สำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่คงที่ เพื่อกำหนดรูปแบบอนุกรมคงที่ระหว่าง ค่าฟังก์ชัน ACF และค่าฟังก์ชัน PACF ด้วยการกำหนดค่า p , q , P และ Q พร้อมทั้งประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบตามแบบ

วิธีบ็อกซ์-เจนกิน เรียกว่า “SARIMA (p, d, q) (P, D, Q)_s” (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average:) ดังสมการนี้

$$\left(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i B^i\right) (1-B)^d \left(1 - \sum_{i=1}^P \Phi_i B^{is}\right) (1-B^s)^D Y_t = c + \left(1 - \sum_{j=1}^q \theta_j B^j\right) \left(1 - \sum_{j=1}^Q \Theta_j B^{js}\right) E_t$$

เมื่อ $\left(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i B^i\right) (1-B)^d$ แทนค่าสหสัมพันธ์แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ p : AR(p)

$\left(1 - \sum_{i=1}^P \Phi_i B^{is}\right) (1-B^s)^D$ แทนค่าสหสัมพันธ์แบบมีฤดูกาลอันดับที่ P: SAR(P)

Y_t แทนข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา t

$c = \mu \left(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i B^i\right) \left(1 - \sum_{i=1}^P \Phi_i B^{is}\right)$ แทนค่าคงที่

μ แทนค่าเฉลี่ยของข้อมูลอนุกรมคงที่

$\left(1 - \sum_{j=1}^q \theta_j B^j\right)$ แทนค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ q

$\left(1 - \sum_{j=1}^Q \Theta_j B^{js}\right)$ แทนค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่ Q

E_t แทนข้อมูลอนุกรมของค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

t แทนเวลาซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n โดยที่แบ่งเวลาออกเป็นสองช่วง คือ n_1 แทนจำนวนข้อมูลอนุกรมในชุดที่ 1 และ n_2 แทนจำนวนข้อมูลอนุกรมชุดที่ 2

S แทนจำนวนฤดูกาล

d และ D แทนการหาผลต่างลำดับที่และฤดูกาลและ B แทนการหาค่าดำเนินการถอยหลังโดยที่ $B^s Y_t = Y_{t-s}$

2. พิจารณาอนุกรมคงที่หรือไม่ โดยการการวิเคราะห์ข้อมูลค่าฟังก์ชัน ACF และค่าฟังก์ชัน PACF ของผลต่างข้อมูลอนุกรมนั้น ๆ ด้วยการตรวจสอบจากกราฟฟังก์ชัน หากพบว่าไม่คงที่ที่ต้องแปลงอนุกรมเวลาให้คงที่ก่อนที่จะทำขั้นตอนต่อไป

3. กำหนดค่าตัวแบบพยากรณ์จากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่คงที่จากการแทนค่าคงที่ p, q, P, Q เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ โดยค่า q, และ Q

จะนำไปพิจารณากราฟ ACF ส่วนค่า p และ P จะนำไปพิจารณากราฟ PACF ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงจำนวนแท่งสหสัมพันธ์ตามฤดูกาลที่มีค่าเกินขอบเขต $\pm 2/\sqrt{n}$

4. การวิเคราะห์ข้อมูลค่าฟังก์ชัน ACF และค่าฟังก์ชัน PACF ของผลต่างข้อมูลอนุกรมนั้น ๆ ด้วยการตรวจสอบความถูกต้องจากการตัดค่าพารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญออกจากตัวแบบพยากรณ์ครั้งละ 1 ตัว โดยถ้าพารามิเตอร์ของอันดับที่ต่ำกว่าไม่มีนัยสำคัญ ถ้าผลการตรวจสอบปรากฏว่า ตัวแบบไม่มีความเหมาะสม จะกลับไปเลือกตัวแบบพยากรณ์ใหม่ ซึ่งอาศัยผลการวิเคราะห์และตรวจสอบแล้วทำใหม่ จนกว่าการตรวจสอบจะมีตัวแบบที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ใหม่ที่มีนัยสำคัญทั้งหมด ตัวแบบนี้ก็จะถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไป ข้อกำหนดตัวแบบพยากรณ์และประมาณค่าพารามิเตอร์จนกว่าจะได้ตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมประกอบด้วยจะทำการตรวจสอบการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกันโดยใช้การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟหรือการตรวจสอบการแจกแจงปกติโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และการตรวจสอบอนุกรมเวลาเป็นส่วนประกอบของแนวโน้มโดยใช้การทดสอบของเลวินภายใต้การใช้มัธยฐาน

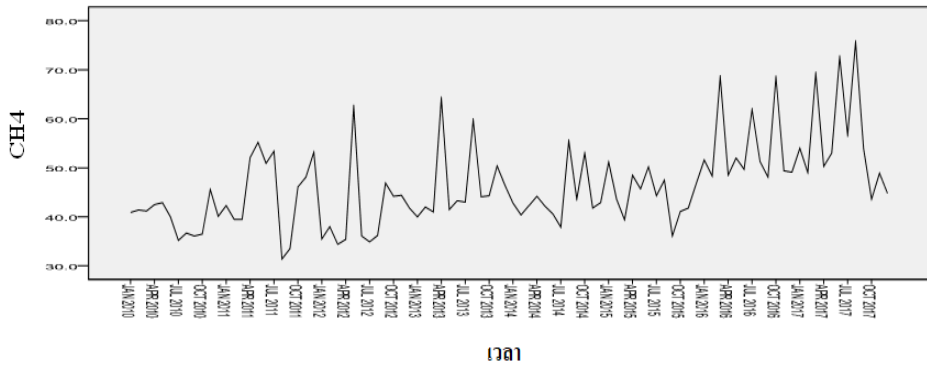
5. การพยากรณ์อนุกรมเวลาจากตัวแบบที่เหมาะสมนำมาศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ก๊าซด้วยเกณฑ์พิจารณาค่าต่ำสุดของค่า RMSE และ MAPE เพื่อแสดงความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

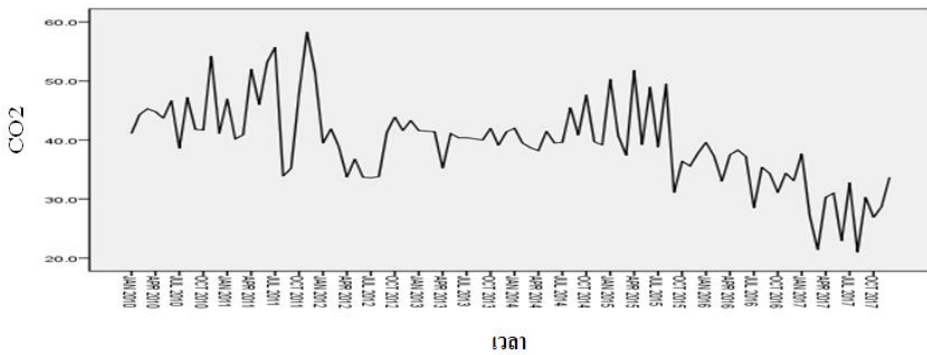
การพยากรณ์คุณภาพอากาศก๊าซที่เกิดจากชีวภาพทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซ CH_4 ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S ในข้อมูลรายเดือนในจังหวัดสุพรรณบุรีตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2560 รวม 8 ปี จำนวน 96 ข้อมูล มีผลดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาก๊าซ CH_4 ที่เกิดจากชีวภาพ

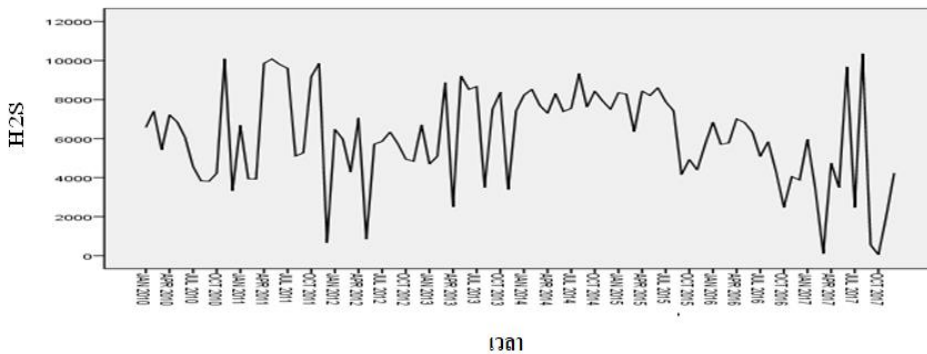
การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาก๊าซที่เกิดจากชีวภาพทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซ CH_4 ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S เพื่อตรวจสอบการเคลื่อนไหวแสดงในรูปที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของก๊าซ CH₄



รูปที่ 2 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของก๊าซ CO₂



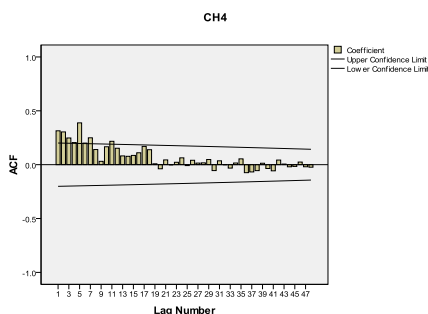
รูปที่ 3 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S

องค์ประกอบของแนวโน้มกราฟเทียบกับเวลาในรูปที่ 1-3 พบว่า อนุกรมเวลาของก๊าซ CH_4 , อนุกรมเวลาของก๊าซ CO_2 และอนุกรมเวลาของก๊าซ H_2S ในระยะเวลา 7 ปี ทุกๆ ปีจะมีข้อมูล 12 เดือนที่นำมาแสดงความสัมพันธ์โดยพบว่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นและไม่มีความแปรผันตามฤดูกาล ในขณะที่เดียวกันถ้าดูค่าแนวโน้มในแต่ละปีเพิ่มเติมด้วยค่ามัธยฐานในก๊าซทั้งสามชนิดโดยใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ นั่นคือ อนุกรมเวลาชุดนี้มีส่วนประกอบของแนวโน้ม

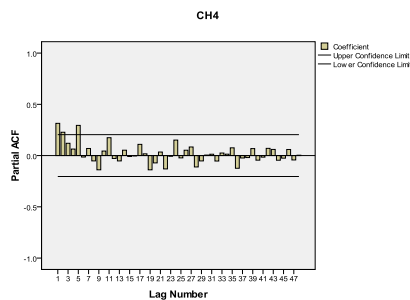
2. การหาตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศของก๊าซที่เกิดจากชีวภาพ

การหาตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศของก๊าซที่เกิดจากชีวภาพทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซ CH_4 , ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พบว่าอนุกรมเวลาของก๊าซ CH_4 อนุกรมเวลาของก๊าซ CO_2 และอนุกรมเวลาของก๊าซ H_2S มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีความแปรผันตามฤดูกาล นั่นคือการเคลื่อนไหวแบบลูกคลื่นจะมีลักษณะที่ซ้ำๆ กัน 12 ค่าของค่า lag ดังนั้นการที่จะกำหนดรูปแบบอนุกรมเวลาของก๊าซทั้งสามชนิด ที่คาดว่าเหมาะสมหรือไม่ นั่นคือการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองที่น้อยที่สุด โดยจะตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนกระจายอยู่รอบศูนย์และมีความแปรปรวนคงที่ นั่นคือความคลาดเคลื่อนไม่มีสหสัมพันธ์ จึงนำมาหาตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศด้วยวิธีบ็อกเจนกินส์ ได้ดังนี้

1) การสร้างตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ CH_4



รูปที่ 4 (1)

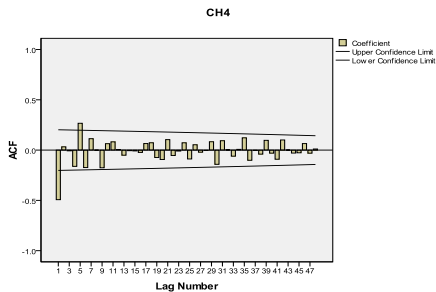


รูปที่ 4 (2)

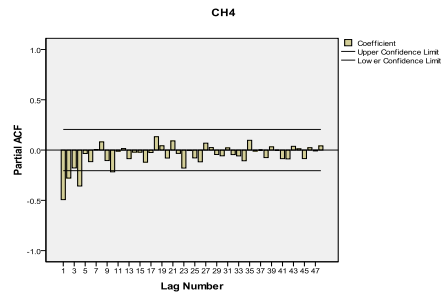
รูปที่ 4 (1-2) ค่าฟังก์ชัน ACF และค่าฟังก์ชัน PACF ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ CH_4

ค่า ACF และค่า PACF ในรูปที่ 4 (1-2) มีค่าไม่คงที่ และความสัมพันธ์สูงเกินจากขอบเขตที่กำหนด แสดงก๊าซ CH_4 จะมีส่วนประกอบของแนวโน้มสอดคล้องกับที่สรุปไว้ในรูป

ที่ 1 จึงแปลงข้อมูลก๊าซ CH₄ ใหม่ด้วยการหาลดต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) ได้กราฟค่า ACF และกราฟค่า PACF ของอนุกรมเวลาของก๊าซ CH₄ ใหม่ แสดงดังรูปที่ 5 (1-2)



รูปที่ 5 (1)



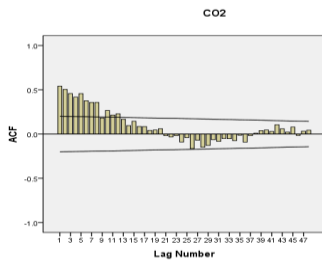
รูปที่ 5 (2)

รูปที่ 5 (1-2) ค่าฟังก์ชัน ACF และค่าฟังก์ชัน PACF ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ CH₄ ใหม่

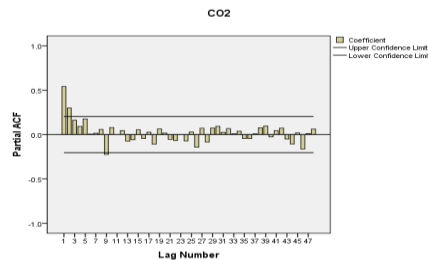
ค่า ACF และค่า PACF มีลักษณะคงที่ในรูปที่ 5 (1-2) ดังนั้นสามารถหาตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ CH₄ คือ สร้างตัวแบบ ARIMA (0, 1, 1) โดยประมาณพารามิเตอร์ที่ได้นำมาเขียนเป็นตัวแบบพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 0.16186Y_{t-1} - 0.06193e_{t-1} \quad (1)$$

โดยกำหนดให้ $\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ของก๊าซ CH₄ ณ เวลา t , $\hat{Y}_{t-1}$ แทนข้อมูลก๊าซ CH₄ ณ เวลา $t - 1$ และ e_{t-1} แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อนุกรมเวลาของก๊าซ CH₄ ณ เวลา $t - 1$ ตามลำดับ ดังนั้นในการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ในสมการ (1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 พิจารณาที่ค่าความคลาดเคลื่อน พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov $Z = 1.4001$, $p\text{-value} = 0.0390$) แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา และได้ตรวจสอบอนุกรมเวลาว่ามีส่วนประกอบของแนวโน้มหรือไม่โดยใช้การทดสอบของเลวินภายใต้การใช่มัธยฐาน (Levene Statistic = 0.0201, $p\text{-value} = 0.0436$) พบว่ามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ CH₄ มีความเหมาะสม

2) การสร้างตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาของก๊าซ CO₂

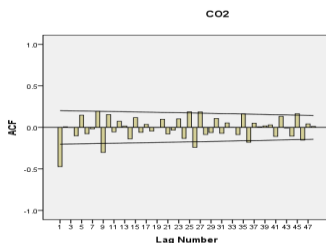
รูปที่ 6 (1)



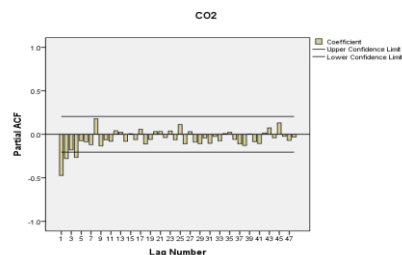
รูปที่ 6 (2)

รูปที่ 6 (1-2) ค่าฟังก์ชัน ACF และค่าฟังก์ชัน PACF ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ CO₂

ค่า ACF และค่า PACF ในรูปที่ 6 (1-2) มีค่าไม่คงที่ โดยพบว่าค่าความสัมพันธ์สูงเกินจากขอบเขตที่กำหนด นั่นคือข้อมูลก๊าซ CO₂ มีส่วนประกอบของแนวโน้มสอดคล้องกับที่สรุปไว้ในรูปที่ 2 จึงนำมาแปลงข้อมูลก๊าซ CO₂ ใหม่ด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) ได้กราฟค่า ACF และค่า PACF ของอนุกรมของเวลาของก๊าซ CO₂ ที่แปลงข้อมูลใหม่แล้วแสดงดังรูปที่ 7(1-2)



รูปที่ 7 (1)



รูปที่ 7 (2)

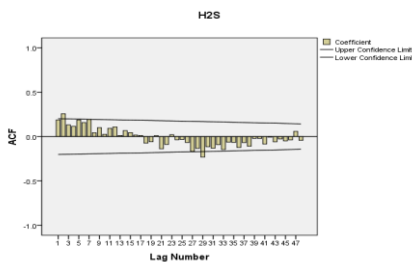
รูปที่ 7 (1-2) ค่าฟังก์ชัน ACF และค่าฟังก์ชัน PACF ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ CO₂ ใหม่

ค่า ACF และค่า PACF มีลักษณะคงที่ในรูปที่ 7 (1-2) ดังนั้นสามารถหาตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซก๊าซ CO₂ คือ ตัวแบบ ARIMA (0, 1, 1) โดยประมาณพารามิเตอร์ที่ได้นำมาเขียนเป็นตัวแบบพยากรณ์ได้ดังนี้

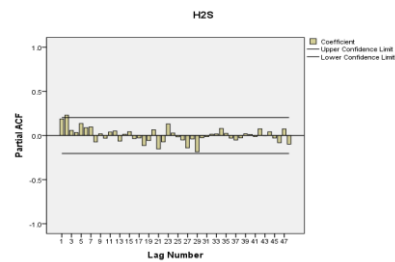
$$\hat{Y}_t = Y_{t-1} - 0.76131e_{t-1} \quad (2)$$

โดยกำหนด $\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ก๊าซ CO_2 ณ เวลา t , Y_{t-1} แทนข้อมูลค่าก๊าซ CO_2 ณ เวลา $t-1$ และ e_{t-1} แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อนุกรมเวลาของก๊าซ CO_2 ณ เวลา $t-1$ ดังนั้นในการตรวจสอบหาความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ในสมการ (2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 โดยพิจารณาที่ค่าความคลาดเคลื่อน พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov $Z = 0.1410$, $p\text{-value} = 0.0807$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา จากนั้นได้ตรวจสอบอนุกรมเวลาที่มีส่วนประกอบของแนวโน้มหรือไม่โดยใช้การทดสอบของเลวินภายใต้การใช้อยู่ฐาน (Levene Statistic = 0.0726, $p\text{-value} = 0.0711$) พบว่ามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ CO_2 มีความเหมาะสม

3) การสร้างตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาของก๊าซ H_2S



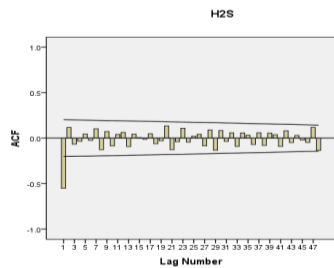
รูปที่ 8 (1)



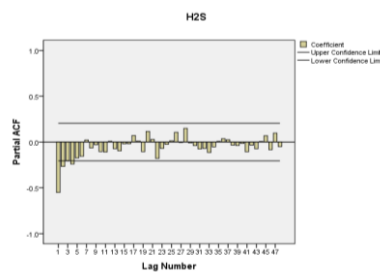
รูปที่ 8 (2)

รูปที่ 8 (1-2) ค่าฟังก์ชัน ACF และค่าฟังก์ชัน PACF ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ H_2S

ค่า ACF และค่า PACF ในรูปที่ 8 (1-2) ยังไม่คงที่โดยมีค่าความสัมพันธ์สูงเกินจากขอบเขตที่กำหนด นั่นคือ ก๊าซ H_2S มีส่วนประกอบของแนวโน้มและสอดคล้องกับที่สรุปไว้ในรูปที่ 3 จึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) ได้กราฟค่า ACF และกราฟค่า PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลใหม่แล้วแสดงดังรูปที่ 9(1-2)



รูปที่ 9 (1)



รูปที่ 9 (2)

รูปที่ 9 (1-2) ค่าฟังก์ชัน ACF และค่าฟังก์ชัน PACF ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S ใหม่

ค่า ACF และค่า PACF มีลักษณะคงที่ในรูปที่ 9 (1-2) ดังนั้นสามารถหาตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S คือ ตัวแบบ ARIMA (1, 1, 0) โดยประมาณพารามิเตอร์ที่ได้นำมาเขียนเป็นตัวแบบพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 0.69716Y_{t-1} + 0.30284Y_{t-2} \quad (3)$$

โดยที่ $\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ก๊าซ H₂S ณ เวลา t, Y_{t-1} แทนค่าก๊าซ H₂S ณ เวลา t - 1 และ Y_{t-2} แทนค่าก๊าซ H₂S ณ เวลา t - 2 ดังนั้นในการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ในสมการ (3) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 โดยพิจารณาที่ค่าความคลาดเคลื่อนพบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.0977, p-value = 0.0295) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา จากนั้นได้ตรวจสอบอนุกรมเวลามีส่วนประกอบของแนวโน้มโดยใช้การทดสอบของเลวีเนนภายใต้การใช้มัธยฐาน (Levene Statistic = 0.1748, p-value = 0.0690) พบว่ามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S มีความเหมาะสม

จากการหาตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศของก๊าซที่เกิดจากชีวภาพทั้งสามชนิดด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พบว่าทั้งสามอนุกรมเวลาของก๊าซชีวภาพมีความเหมาะสมจึงนำตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพต่อไป

3. การเปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลา

จากตัวแบบพยากรณ์ขององค์ประกอบของก๊าซทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซ CH₄, ก๊าซ CO₂ และก๊าซ H₂S ที่ได้นำมาหาประสิทธิภาพของตัวแบบระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ ในข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวน 12 ค่า โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยการคำนวณค่า MAPE และ RMSE แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลา

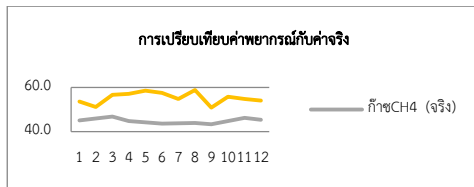
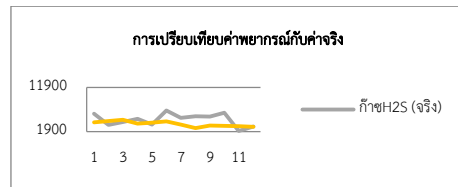
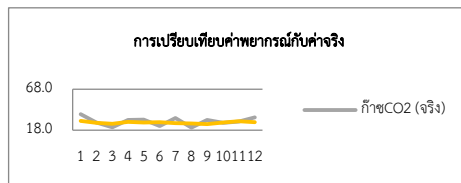
องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ	ก๊าซCH ₄	ก๊าซCO ₂	ก๊าซH ₂ S
MAPE	24.4072%	3.4687%	21.7870%
RMSE	10.9724	1.6685	10.0680

ค่า MAPE และ RMSE ในตารางที่ 1 ที่ต่ำที่สุด คือ ตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาของก๊าซ CO₂ แสดงว่ามีเหมาะที่จะนำไปพยากรณ์ที่สุุดมากกว่าตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S และก๊าซ CH₄ ตามลำดับ ดังนั้นหากนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ไปหาค่าพยากรณ์อนุกรมเวลาในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2560 แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบการเกิดก๊าซจากก๊าซชีวภาพได้ผลพยากรณ์ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์จากตัวแบบอนุกรมเวลากับข้อมูลจริงของก๊าซทั้งสามชนิด พ.ศ. 2560

เดือน	ค่าพยากรณ์ตัวแบบอนุกรมเวลาของ ก๊าซทั้งสามชนิด			ข้อมูลจริงของก๊าซทั้งสามชนิด		
	ก๊าซCH ₄	ก๊าซCO ₂	ก๊าซH ₂ S	ก๊าซCH ₄	ก๊าซCO ₂	ก๊าซH ₂ S
มกราคม	53.6	29.3	3980	45.0	37.7	5970
กุมภาพันธ์	51.1	27.1	4265	45.9	27.2	3400
มีนาคม	56.7	25.8	4550	46.8	21.4	4070
เมษายน	57.1	28	3670	44.7	30.3	4740
พฤษภาคม	58.6	27.5	3935	44.2	31.0	3490
มิถุนายน	57.5	27.8	4200	43.6	22.9	6670
กรกฎาคม	54.8	26.7	3435	43.8	32.8	5001
สิงหาคม	58.8	26.1	2670	43.9	21.0	5350
กันยายน	50.8	25.5	3250	43.3	30.3	5268
ตุลาคม	55.8	27.4	3177	44.8	26.9	6185
พฤศจิกายน	54.8	29.1	3105	46.2	28.7	2020
ธันวาคม	54	27.9	2960	45.3	33.7	3000

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์จากตัวแบบอนุกรมเวลากับข้อมูลจริงของก๊าซทั้งสามชนิดในข้อมูลชุดที่ 2 พ.ศ. 2560 จำนวน 12 ข้อมูลพบว่าการหาตัวแบบอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ที่เหมาะสม พบว่าก๊าซ CO_2 จะมีค่าพยากรณ์ที่ใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด รองลงมาคือ ก๊าซ H_2S และ ก๊าซ CH_4 ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับข้อมูลในตารางที่ 1

รูปที่ 10 (1) ก๊าซCH₄รูปที่ 10 (2) ก๊าซCO₂รูปที่ 10 (3) ก๊าซH₂S

รูปที่ 10 (1-3) การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์จากตัวแบบอนุกรมเวลากับข้อมูลจริง

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เหมาะสมที่นำมาสร้างตัวแบบพยากรณ์กับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงกับช่วงเวลาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเพราะวิธีพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ไม่มีการกำหนดรูปแบบก่อน แต่ในระหว่างที่มีการวิเคราะห์ก็จะกำหนดรูปแบบขึ้นมาเอง ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการนำวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์มาพยากรณ์แยกประเด็นข้อมูลแต่ละด้านดังนี้ ข้อมูลด้านอากาศโดย (วรารคณา กิรติวิบูลย์, 2556) ได้พยากรณ์เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่ายและวิธีการพยากรณ์รวมเพื่อพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านพลังงานไฟฟ้า (จินตพร หนั้วอินปัน และคณะ, 2555) ได้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธีเพื่อหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในภาคกลางของประเทศไทย ด้านพลังงานลม (วรารคณา กิรติวิบูลย์ และ เจ๊ะอัฐพาน มาหิละ, 2554) ได้ตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลม ตามแนวชายฝั่ง จังหวัดสงขลา ด้านเศรษฐกิจ (ณัฐธวิน นิสัยมัน, 2554) ได้พยากรณ์ราคากุ้งขาวแวนนาไมด้วยวิธีการของบ็อกซ์-เจนกินส์อย่าง

แม่นยำและเหมาะสม (ศศิธร โกฏสีบ และ กัลยา บุญหล้า, 2559) ได้ตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวหอมมะลิและคุณภาพชีวิตด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ (ดวงพร หัซซะวนิช, 2556) ได้เปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ดัชนีราคาผู้บริโภครายเดือนด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์และวิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียล เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสถานการณ์คุณภาพอากาศจากพลังงานทางเลือกก๊าซชีวภาพในจังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมีแนวโน้มการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น โดยเห็นได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพจากปริมาณมูลสัตว์และน้ำเสียอุตสาหกรรม ปริมาณขยะชุมชน ปริมาณเชื้อเพลิงชีวภาพของเหลวและของแข็งที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการนำข้อมูลรายเดือนของก๊าซชีวภาพในจังหวัดสุพรรณบุรีตลอดระยะเวลา 8 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2560 มาสร้างตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศขององค์ประกอบของก๊าซทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซ CH_4 ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ พบว่า ตัวแบบการพยากรณ์คุณภาพอากาศจากก๊าซ CO_2 มีความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ ตัวแบบ ARIMA (0, 1, 1) สามารถเขียนเป็นตัวแบบพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = Y_{t-1} - 0.76131e_{t-1}$$

แต่ถ้าพิจารณาภาพของก๊าซ CH_4 และก๊าซ H_2S ยังให้ตัวแบบพยากรณ์ไม่เหมาะสมห่างจากค่าจริงที่นำตัวแบบมาพยากรณ์ ดังนั้นหากจะนำตัวแบบพยากรณ์ดังกล่าวไปใช้พยากรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้อาจจะต้องมีการควบคุมการเก็บข้อมูลก๊าซชีวภาพ เพราะปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆที่มีผันแปรต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิในระบบ, ความเป็นกรด-ด่าง ค่า pH ที่พอเหมาะ, ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ, ระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารและการคลุกเคล้าในบ่อหมัก เป็นต้น หากมีการเก็บข้อมูลใหม่ เช่น เก็บข้อมูลรายวันที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อจะได้นำมาวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ก็จะสามารถสร้างตัวแบบพยากรณ์ใหม่ได้ และวิธีดังกล่าวมีความเหมาะสมของการตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศจากพลังงานทางเลือกก๊าซชีวภาพในจังหวัดสุพรรณบุรีครั้งต่อไป ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยจะพิจารณาวิธีอื่นๆ นอกจากวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ในการหาตัวแบบพยากรณ์ครั้งนี้ วิธี Damped วิธี Holt อาจนำมาเปรียบเทียบหาค่าพยากรณ์ที่เหมาะสมในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

- ชม ปานตา และ ยุภาวดี สำราญฤทธิ์ (2560). การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนใน จังหวัดนครสวรรค์โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ทางสถิติ. *วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 9(10), 127-142.
- ชยกร สมศิลา, สิริภัทร เชี่ยวชาญวัฒนา และ คำรณ สุนิติ. (2553). *ตัวแบบการพยากรณ์ คุณภาพอากาศ กรณีศึกษา ข้อมูลคุณภาพอากาศในประเทศไทย*. ใน: การประชุม ทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11, 12 กุมภาพันธ์ 2553. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. หน้า 247-258.
- จินตพร หนั้วอินปัน, บุญอ้อม โฉมทิ และ ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์ (2555). *การเปรียบเทียบ วิธีการพยากรณ์ 4 วิธี สำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในภาคกลางของ ประเทศไทย*. ใน: การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 13, 17 กุมภาพันธ์ 2555. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. หน้า 281-290.
- ดวงพร หัซซะวนิช (2556). การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ดัชนีราคาผู้บริโภค ราย เดือน: ตัวแบบบอซซ์-เจนกินส์และตัวแบบปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียล. *วารสาร วิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*, 33(2), 100-113.
- ณัฐวดี นิสัยมัน (2554). *การพยากรณ์ราคากุ้งขาวแวนนาไม ด้วยวิธีการของบอซซ์-เจน กิ้นส์*. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ศศิธร โกฏสืบ และ กัลยา บุญหล้า (2559). การสร้างตัวแบบเพื่อการพยากรณ์ราคาข้าวหอม มะลิ. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 8(8), 49-60.
- วรางคณา กิรติวิบูลย์ (2556). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างวิธีบอซซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาล อย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์ รวมสำหรับการพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสาร วิทยาศาสตร์บูรพา*, 18(2), 149-160.
- วรางคณา กิรติวิบูลย์ และ เจ๊ะอัสซุฟาน มาหิละ (2554). *ตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลม ตาม แนวชายฝั่งจังหวัดสงขลา*. *วารสารวิจัยพลังงาน*, 8(3), 63-72.
- วิชิต หล่อจิระชุนท์กุล และ จิราวัลย์ จิตรถเวช (2548). *เทคนิคการพยากรณ์*. กรุงเทพฯ: โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.