



การพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

พิมพ์พรรณ อัมพันธ์ทอง

สาขาวิชาคณิตศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

อีเมล : pim_pimpan@hotmail

วันที่รับบทความ 13 มิถุนายน 2563

วันแก้ไขบทความ 17 พฤศจิกายน 2563

วันที่ตอบรับบทความ 18 ธันวาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากการผลิตก๊าซชีวภาพในจังหวัดสุพรรณบุรีด้วยวิธีบ็อกซ์-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 ข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 จำนวน 84 ข้อมูล เพื่อนำไปสร้างตัวแบบพยากรณ์ก๊าซแต่ละชนิดและข้อมูลชุดที่ 2 รายเดือนในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 12 ข้อมูลนำไปพยากรณ์เทียบประสิทธิภาพกับค่าจริง ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบพยากรณ์ของก๊าซ CO_2 มีความเหมาะสมในการนำไปสร้างตัวแบบพยากรณ์มากที่สุดโดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ค่าสัมบูรณ์คลาดเคลื่อน (MAPE) ต่ำที่สุดกว่าก๊าซชนิดอื่นและเมื่อนำตัวแบบไปใช้พยากรณ์ของก๊าซเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าจริงของก๊าซชีวภาพ ดังนั้นวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์จึงมีความเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา

คำสำคัญ : พยากรณ์; ก๊าซชีวภาพ; วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

Forecasting of Gas Produced by Biogas using Box-Jenkins Method

Pimpan Amphanthong

Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi Province, 72130.

E – mail : pim_pimpan@hotmail.com

Received 13 June 2020

Revised 1 November 2020

Accepted 18 December 2020

Abstract

This research studies the gas forecasting for biogas production in Suphanburi province by Box-Jenkins method. Biogas is an alternative energy consisting of CH_4 gas, CO_2 gas and H_2S gas respectively. Monthly biogas data forecasts for 8 years from 2010 to 2017. The forecasting data is divided into two sets, which are the first set of data from January 2010 to December 2016, consisting of 84 data. Used to create an air quality forecasting model for each type of gas. And the second set of data in the year 2018, consisting of 12 data, to be predicted and compared with the actual value. The results showed that air quality forecasting model for CO_2 gas suitable for creating the model. Most predicted with the least absolute percentage (MAPE) than the other gas types. And when the model is used to forecast the air quality. It is found the values are close to the actual of biogas. Therefore, the Box-Jenkins method is appropriate to analyze time series data.

Keywords : Forecast; Biogas; Box-Jenkins Method.

1. บทนำ

สถานการณ์พลังงานทางเลือกของประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ ทั้งนี้เนื่องมาจากการภาครัฐได้ส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงพลังงานของโลกรวมทั้งเทคโนโลยีของโลกก็เปลี่ยนไป จากกระแสโลกตื่นตัวในเรื่องการลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและการให้ความสำคัญต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กระแสการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วนี้ก่อให้เกิดการความร่วมมือทั้งภาครัฐและเอกชนในด้านการนำพลังงานทางเลือกมาทดแทนการนำเข้าและการใช้พลังงานในประเทศไทย 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 เป็นต้น

จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพมาจาก 5 รูปแบบ คือ มูลสัตว์ น้ำเสียอุตสาหกรรม ขยะชุมชน เชื้อเพลิงชีวภาพของเหลวและของแข็ง โดยถือว่าทางเลือกใหม่มีกำลังผลิตเพิ่มขึ้นตามความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังนั้นสิ่งที่ตามมาคือรายละเอียดสภาพแวดล้อมที่ผลิตก๊าซชีวภาพก็เป็นสิ่งที่จำเป็นและแสดงให้เห็นว่าก๊าซชีวภาพมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศหรือไม่ จากสถานการณ์คุณภาพอากาศในจังหวัดสุพรรณบุรีนั้น พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ตะกั่ว ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น โดยสมมติฐานอาจมาจากพลังงานทางเลือกนั้นคือ ถ้าพื้นที่ที่มีกระบวนการผลิตจากก๊าซชีวภาพใกล้ชุมชน รูปแบบและความเหมาะสมของบ่อผลิตก๊าซชีวภาพไม่ได้มาตรฐาน ก๊าซชีวภาพที่เกิดจากกระบวนการผลิตจะส่งผลเสียต่อคุณภาพอากาศหรือไม่ จึงสนใจที่จะศึกษาคุณภาพอากาศในจังหวัดสุพรรณบุรีที่เกิดขึ้นหลังจากมีการผลิตก๊าซชีวภาพว่ามีผลต่อผลกระทบต่อคุณภาพโดยการรวบรวมข้อมูลรายเดือนของก๊าซที่เกิดจากก๊าซชีวภาพทั้ง 3 ชนิด คือ ก๊าซ CH_4 ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2560 จำนวน 96 ข้อมูลโดยนำข้อมูลมาหาตัวแบบพยากรณ์ของก๊าซทั้งสามชนิดด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) เพื่อหาความเหมาะสมของตัวแบบและนำไปพยากรณ์ ทิศทางของก๊าซแต่ละชนิดในอนาคตว่ามีผลกระทบต่ออากาศในจังหวัดสุพรรณบุรี อีกทั้งต้องการแสดงประสิทธิภาพของตัวแบบด้วยการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบการพยากรณ์ก๊าซด้วยเกณฑ์ตัวแบบรากที่สองค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และเปอร์เซ็นต์ค่าสัมบูรณ์คลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

2. วัตถุประสงค์

2.1 หาตัวแบบพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากก๊าซชีวภาพที่เป็นพลังงานทางเลือกในจังหวัดสุพรรณบุรีด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

2.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากก๊าซชีวภาพ

3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแบบพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากก๊าซชีวภาพจากโรงงานในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี การเก็บตัวอย่างข้อมูลก๊าซชีวภาพทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซ CH_4 ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S โดยเครื่องมือการตรวจวัดแยกก๊าซของโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพ รวบรวมข้อมูลรายเดือนของก๊าซชีวภาพ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 จนถึง พ.ศ. 2560 รวม 8 ปี จำนวน 96 ข้อมูล โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 จนถึง

เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 จำนวน 84 ข้อมูลเพื่อนำไปสร้างตัวแบบพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากก๊าซชีวภาพหาความเหมาะสมของตัวแบบด้วย วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และนำตัวแบบที่ได้มาหาค่าพยากรณ์เปรียบเทียบกับข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 12 ข้อมูล เพื่อทดสอบหาค่าประสิทธิภาพตัวแบบพยากรณ์กับค่าจริง ทั้งนี้ วิจิต หล่อจิระชุมทกุล และจิราวัลย์ จิตธนะ (2548) ได้อธิบายการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นการพยากรณ์เชิงปริมาณที่แตกต่างจากการพยากรณ์โดยวิธีอื่น ๆ ที่ต้องมีการกำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์ก่อนที่จะทำการพยากรณ์ต่อไป ปัญหาที่พบคือถ้าลักษณะข้อมูลหอนุกรมเวลามีลักษณะแนวโน้ม วัฏจักรหรือฤดูกาลที่ชัดเจนการนำข้อมูลไปพยากรณ์โดยกำหนดรูปแบบที่เหมาะสม แต่ถ้าข้อมูลไม่มีลักษณะดังกล่าวแล้วการพยากรณ์ก็จะยุ่งยากปัญหาในการกำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาลำดับแรก ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ สามารถแก้ปัญหาการกำหนดรูปแบบที่แน่นอนได้ด้วยการวิเคราะห์ก่อนโดยระหว่างการวิเคราะห์รูปแบบจะถูกกำหนดขึ้นมาเอง ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

3.1 การคำนวณหาค่าของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) สำหรับการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาที่ต้องการที่จะเพื่อกำหนดรูปแบบของหอนุกรมคงที่ระหว่าง 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

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

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

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

Y_t แทนข้อมูลหอนุกรมเวลา 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 แทนค่าเฉลี่ยของข้อมูลหอนุกรมคงที่,

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

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

E_t แทนข้อมูลหอนุกรมของค่าความคลาดเคลื่อน 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 $B^S Y_t = Y_{t-S}$

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลค่าฟังก์ชัน ACF และค่าฟังก์ชัน PACF ของผลต่างข้อมูลอนุกรมนั้น ๆ ด้วยการตรวจสอบความถูกต้องจากการตัดค่าพารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญออกจากตัวแบบพยากรณ์ครั้งละ 1 ตัว โดยถ้าพารามิเตอร์ของอันดับที่ต่ำกว่าไม่มีนัยสำคัญ ถ้าผลการตรวจสอบปรากฏว่า ตัวแบบไม่มีความเหมาะสม จะกลับไปเลือกตัวแบบพยากรณ์ใหม่ ซึ่งอาศัยผลการวิเคราะห์และตรวจสอบแล้วทำใหม่ จนกว่าการตรวจสอบจะมีตัวแบบที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ใหม่ที่มีนัยสำคัญทั้งหมด ตัวแบบนี้จะถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไป ข้อกำหนดตัวแบบพยากรณ์และประมาณค่าพารามิเตอร์จนกว่าจะได้ตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมประกอบด้วยจะทำการตรวจสอบการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกันโดยใช้การทดสอบโคโลโมโกรอฟ-สมิธหรือการตรวจสอบการแจกแจงปกติโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และการตรวจสอบอนุกรมเวลาที่มีส่วนประกอบของแนวโน้มโดยใช้การทดสอบของเลวินภายใต้การใช้มัธยฐาน

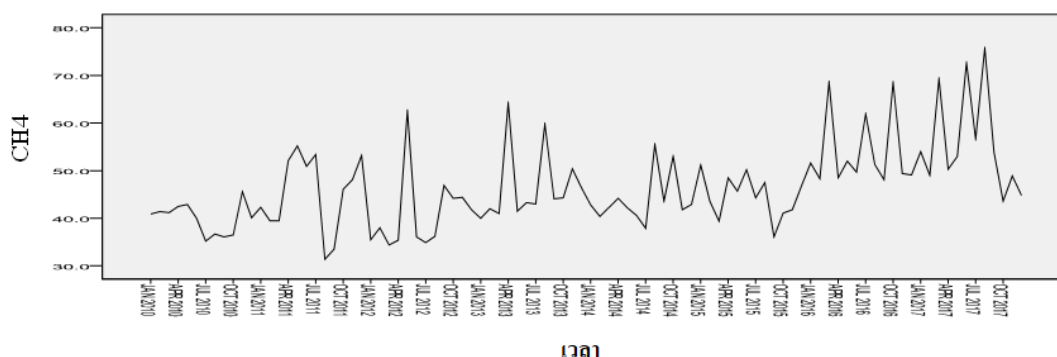
3.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ก๊าซด้วยเกณฑ์พิจารณาค่าต่ำสุดของค่า RMSE และ MAPE

4. ผลการวิจัย

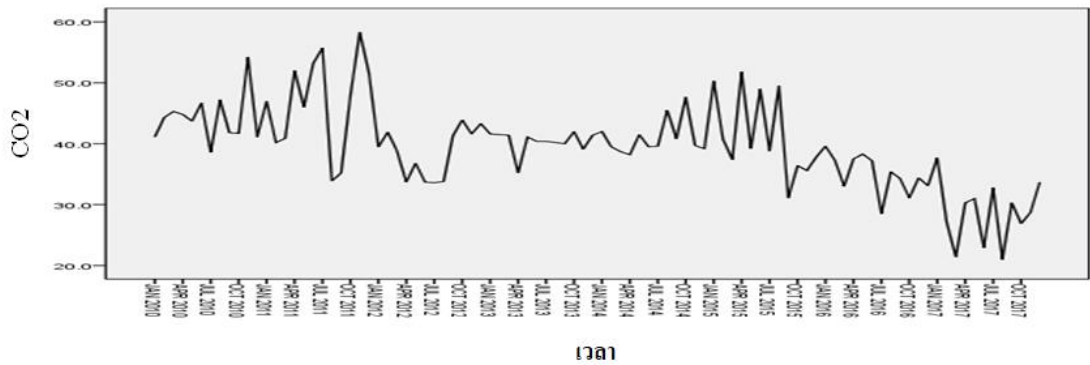
การพยากรณ์คุณภาพอากาศก๊าซที่เกิดจากชีวภาพทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซ CH_4 ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S ในข้อมูลรายเดือนในจังหวัดสุพรรณบุรีตั้งแต่ พ.ศ. 2553-พ.ศ. 2560 รวม 8 ปี จำนวน 96 ข้อมูล มีผลดังนี้

4.1 การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาก๊าซที่เกิดจากชีวภาพ

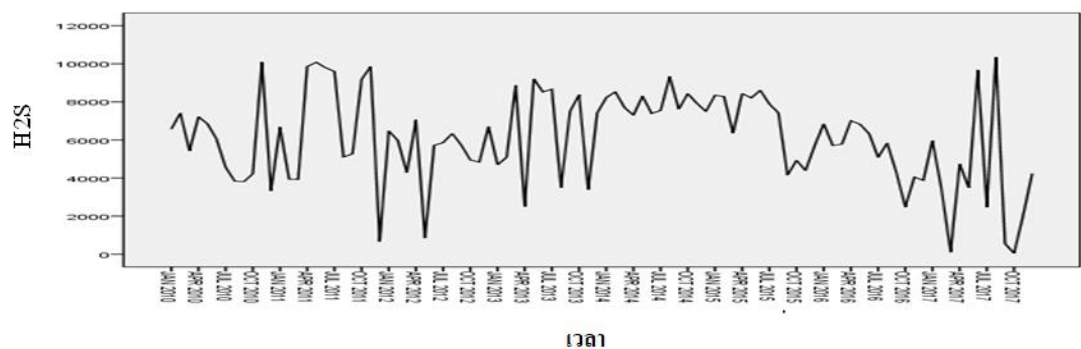
การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาก๊าซที่เกิดจากชีวภาพทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซ CH_4 ก๊าซ CO_2 และก๊าซ H_2S เพื่อตรวจสอบการเคลื่อนไหวแสดงในรูปที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของก๊าซ CH_4



รูปที่ 2 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของก๊าซCO2



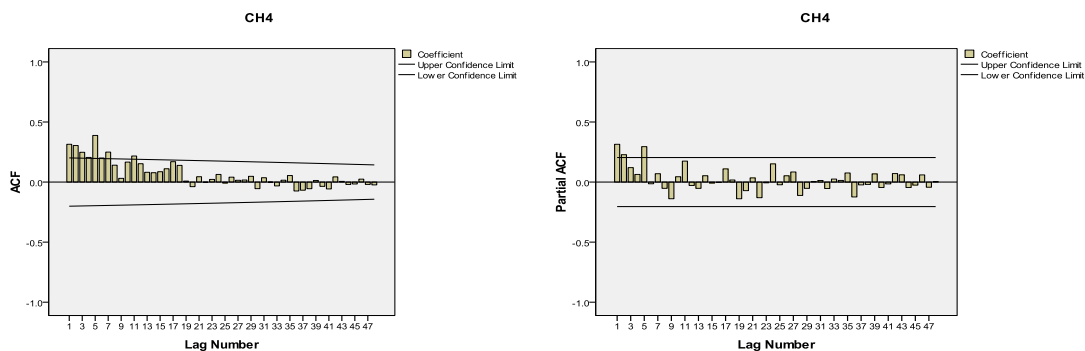
รูปที่ 3 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของก๊าซH2S

องค์ประกอบของแนวโน้มกราฟเทียบกับเวลาในรูปที่ 1-3 พบว่า อนุกรมเวลาของก๊าซCH₄, อนุกรมเวลาของก๊าซCO₂ และอนุกรมเวลาของก๊าซH₂S มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและไม่มีความแปรผันตามฤดูกาล ในขณะเดียวกันถ้าดูค่าแนวโน้มในแต่ละปีเพิ่มเติมด้วยค่ามัธยฐานในก๊าซทั้งสามชนิดโดยใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ นั่นคือ อนุกรมเวลาชุดนี้มีส่วนประกอบของแนวโน้ม

4.2 การหาตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศของก๊าซที่เกิดจากชีวภาพ

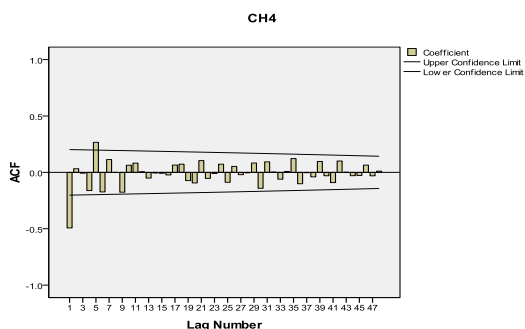
การหาตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศของก๊าซที่เกิดจากชีวภาพทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซCH₄, ก๊าซCO₂ และก๊าซH₂S ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พบว่าอนุกรมเวลาของก๊าซCH₄ อนุกรมเวลาของก๊าซCO₂ และอนุกรมเวลาของก๊าซH₂S มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีความแปรผันตามฤดูกาล ดังนั้นนำข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซทั้งสามชนิดมาหาตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศ ได้ดังนี้

- 1) การสร้างตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซCH₄

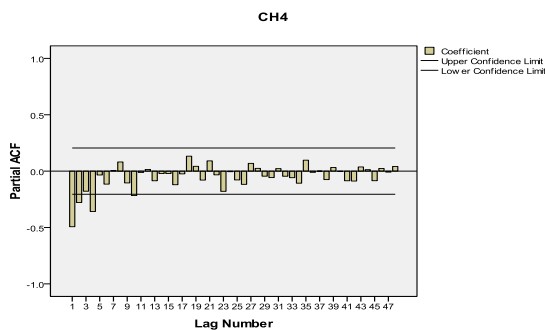


รูปที่ 4 ค่าฟังก์ชันACF ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซCH₄ รูปที่ 5 ค่าฟังก์ชันPACF ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซCH₄

ค่า ACF และค่า PACF ในรูปที่ 4-5 มีค่าไม่คงที่ และความสัมพันธ์สูงเกินจากขอบเขตที่กำหนด แสดงก๊าซ CH₄ จะมีส่วนประกอบของแนวโน้มสอดคล้องกับที่สรุปไว้ในรูปที่ 1 จึงแปลงข้อมูลก๊าซCH₄ ใหม่ด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 ($d = 1$) ได้กราฟค่า ACF และกราฟค่า PACF ของอนุกรมเวลาของก๊าซCH₄ ใหม่ แสดงดังรูปที่ 6-7



รูปที่ 6 ค่าฟังก์ชันACF ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซCH₄ ใหม่



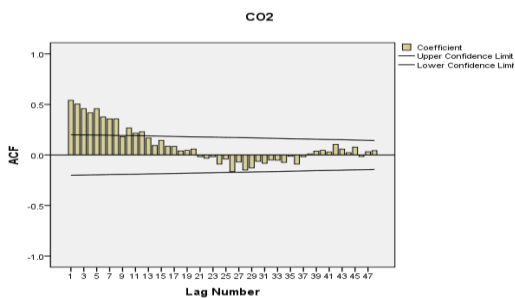
รูปที่ 7 ค่าฟังก์ชัน PACF ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซCH₄ ใหม่

ค่า ACF และค่า PACF มีลักษณะคงที่ในรูปที่ 6-7 ดังนั้นสามารถหาตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซCH₄ คือ สร้างตัวแบบ ARIMA (0, 1, 1) โดยประมาณพารามิเตอร์ที่ได้นำมาเขียนเป็นตัวแบบพยากรณ์ได้ดังนี้

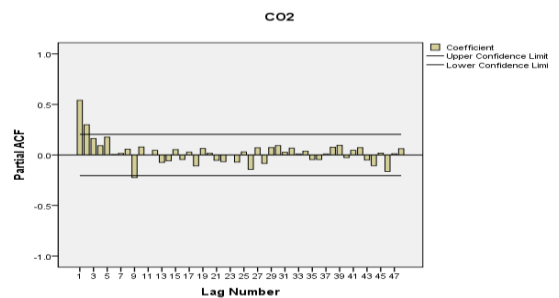
$$\hat{Y}_t = 0.16186Y_{t-1} - 0.06193e_{t-1} \quad (1)$$

โดยกำหนดให้ $\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ของก๊าซCH₄ ณ เวลา t, $\hat{Y}_{t-1}$ แทนข้อมูลก๊าซCH₄ ณ เวลา t - 1 และ e_{t-1} แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อนุกรมเวลาของก๊าซCH₄ ณ เวลา t - 1 ตามลำดับ ดังนั้นในการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ในสมการ (1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 พิจารณาที่ค่าความคลาดเคลื่อน พบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 1.4001, p-value = 0.0390) แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา และได้ตรวจสอบอนุกรมเวลาว่ามีส่วนประกอบของแนวโน้มหรือไม่โดยใช้การทดสอบของเลวีเนภายใต้การใช้มีธีฐาน (Levene Statistic = 0.0201, p-value = 0.0436) พบว่ามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซCH₄ มีความเหมาะสม

2) การสร้างตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาของก๊าซCO₂

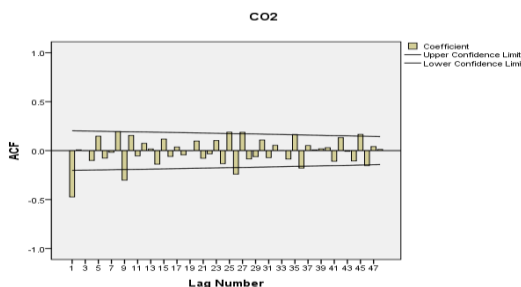


รูปที่ 8 ค่าฟังก์ชันACF ของอนุกรมเวลาของก๊าซCO₂

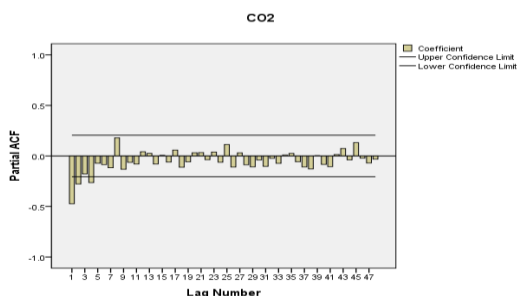


รูปที่ 9 ค่าฟังก์ชัน PACF ของอนุกรมเวลาของก๊าซCO₂

ค่า ACF และค่า PACF ในรูปที่ 8-9 มีค่าไม่คงที่ โดยพบว่าค่าความสัมพันธ์สูงเกินจากขอบเขตที่กำหนด นั่นคือข้อมูลก๊าซ CO₂ มีส่วนประกอบของแนวโน้มสอดคล้องกับที่สรุปไว้ในรูปที่ 2 จึงนำมาแปลงข้อมูลก๊าซCO₂ ใหม่ด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 (d = 1) ได้กราฟค่า ACF และค่า PACF ของอนุกรมของเวลาของก๊าซ CO₂ ที่แปลงข้อมูลใหม่แล้วแสดงดังรูปที่ 10-11



รูปที่ 10 ค่าฟังก์ชันACF ของอนุกรมเวลาของก๊าซ CO₂ ใหม่



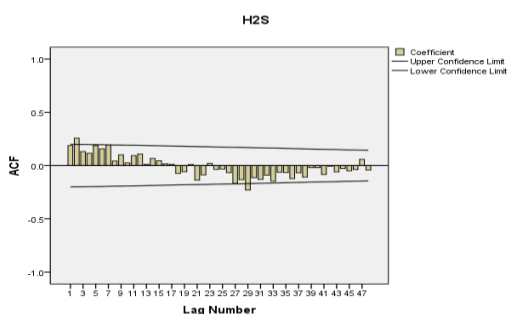
รูปที่ 11 ค่าฟังก์ชัน PACF ของอนุกรมเวลาของก๊าซ CO₂ ใหม่

ค่า ACF และค่า PACF มีลักษณะคงที่ในรูปที่ 10-11 ดังนั้นสามารถหาตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ CO₂ คือ ตัวแบบ ARIMA (0, 1, 1) โดยประมาณพารามิเตอร์ที่ได้นำมาเขียนเป็นตัวแบบพยากรณ์ได้ดังนี้

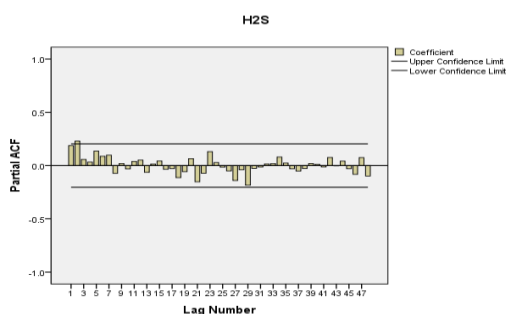
$$\hat{Y}_t = Y_{t-1} - 0.76131 e_{t-1} \quad (2)$$

โดยกำหนด $\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ก๊าซ CO₂ ณ เวลา t, Y_{t-1} แทนข้อมูลค่าก๊าซ CO₂ ณ เวลา t - 1 และ e_{t-1} แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อนุกรมเวลาของก๊าซ CO₂ ณ เวลา t - 1 ดังนั้นในการตรวจสอบหาความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ในสมการ (2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 โดยพิจารณาที่ค่าความคลาดเคลื่อน พบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.1410, p-value = 0.0807) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา จากนั้นได้ตรวจสอบอนุกรมเวลามีส่วนประกอบของแนวโน้มหรือไม่โดยใช้การทดสอบของเลวินภายใต้การใช้อยู่ฐาน (Levene Statistic = 0.0726, p-value = 0.0711) พบว่ามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ CO₂ มีความเหมาะสม

3) การสร้างตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S

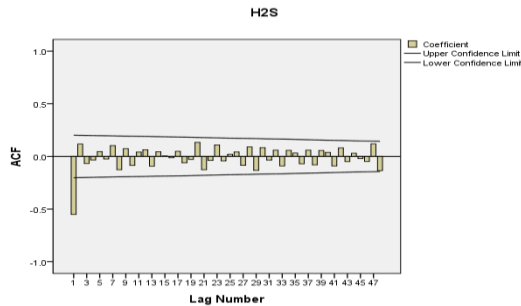


รูปที่ 12 ค่าฟังก์ชัน ACF ของอนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S

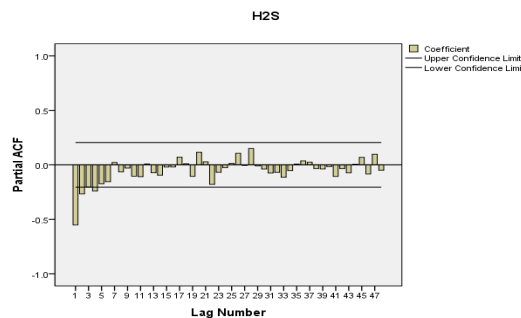


รูปที่ 13 ค่าฟังก์ชัน PACF ของอนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S

ค่า ACF และค่า PACF ในรูปที่ 12-13 ยังไม่คงที่โดยมีค่าความสัมพันธ์สูงเกินจากขอบเขตที่กำหนด นั่นคือก๊าซ H₂S มีส่วนประกอบของแนวโน้มและสอดคล้องกับที่สรุปไว้ในรูปที่ 3 จึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 (d = 1) ได้กราฟค่า ACF และกราฟค่า PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลใหม่แล้วแสดงดังรูปที่ 14-15



รูปที่ 14 ค่าฟังก์ชัน ACF ของอนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S ใหม่



รูปที่ 15 ค่าฟังก์ชัน PACF ของอนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S ใหม่

ค่า ACF และค่า PACF มีลักษณะคงที่ในรูปที่ 14-15 ดังนั้นสามารถหาตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S คือ ตัวแบบ ARIMA(1, 1, 0) โดยประมาณพารามิเตอร์ที่ได้นำมาเขียนเป็นตัวแบบพยากรณ์ได้ดังนี้

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

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 โดยพิจารณาที่ค่าความคลาดเคลื่อนพบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.0977, p-value = 0.0295) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนเท่ากันทุกช่วงเวลา จากนั้นได้ตรวจสอบอนุกรมเวลา มีส่วนประกอบของแนวโน้มโดยใช้การทดสอบของเลวินภายใต้การใช้มัธยฐาน (Levene Statistic = 0.1748, p-value = 0.0690) พบว่ามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของก๊าซ H₂S มีความเหมาะสม

จากการหาตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศของก๊าซที่เกิดจากชีวภาพทั้งสามชนิดด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์พบว่าทั้งสามอนุกรมเวลาของก๊าซชีวภาพมีความเหมาะสมจึงนำตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพต่อไป

4.3 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	1,006.80

ค่า MAPE และ RMSE ในตารางที่ 1 ที่ต่ำที่สุด คือ ตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาของ ก๊าซCO₂ แสดงว่ามีเหมาะที่จะนำไปพยากรณ์ที่สุ่มมากกว่าตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาของ ก๊าซ CH₄ และก๊าซH₂S ตามลำดับ ดังนั้นหากนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ไปหาค่าพยากรณ์อนุกรมเวลาในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2562 แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับ การเกิดก๊าซจากก๊าซชีวภาพได้ผลพยากรณ์ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การหาค่าพยากรณ์จากตัวแบบอนุกรมเวลาของก๊าซทั้งสามชนิด

เดือน	พ.ศ. 2562		
	ก๊าซCH ₄	ก๊าซCO ₂	ก๊าซH ₂ S
มกราคม	53.6	53.6	29.3
กุมภาพันธ์	51.1	51.1	27.1
มีนาคม	56.7	56.7	25.8
เมษายน	57.1	57.1	28.0
พฤษภาคม	58.6	58.6	27.5
มิถุนายน	57.5	57.5	27.8
กรกฎาคม	54.8	54.8	26.7
สิงหาคม	58.8	58.8	26.1
กันยายน	50.8	50.8	25.5
ตุลาคม	55.8	55.8	27.4
พฤศจิกายน	54.8	54.8	29.1
ธันวาคม	54.0	54.0	27.9
เฉลี่ย	55.45	55.3	27.35
ค่าประมาณองค์ประกอบ (100%)	(60%) = 82.83	(38%)= 52.45	(2%) = 2.77

คุณภาพของก๊าซชีวภาพที่เกิดจากบ่อผลิตของโรงงานพบว่าในสถานะที่ปราศจากออกซิเจนนั้นเป็นส่วนผสมประกอบด้วยก๊าซชนิดต่างๆ ที่ทำหน้าที่และส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ ดังนี้ ก๊าซ CH₄ ประมาณ 60% แสดงกำลังขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ก๊าซ CO₂ ประมาณ 38% แสดงสถานะที่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์ ก๊าซชีวภาพและก๊าซ H₂S ประมาณ 2% แสดงค่าเข้มข้นของก๊าซมีเทนลดลงเพื่อส่งผลกระทบต่อปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ ดังนั้นค่าที่ได้ในตารางที่ 2 แสดงค่าพยากรณ์ในปีพ.ศ. 2562 พบว่า มีค่าคลาดเคลื่อนจากค่าประมาณไม่สามารถนำมาอธิบายได้ครบองค์ประกอบของก๊าซ 100% นั่นคือ ค่าพยากรณ์ของก๊าซ CH₄ (60%) เท่ากับ 55.45 เทียบได้ค่าประมาณ 82.83 ก๊าซ CO₂ (38%) เท่ากับ 55.3 เทียบได้ค่าประมาณ 52.45 ถือว่าใกล้เคียงค่าประมาณและสอดคล้องกับข้อมูลในตารางที่ 1 ถือว่าตัวแบบพยากรณ์ก๊าซ CO₂ มีความเหมาะสมที่สุดและ ก๊าซ H₂S (2%) เท่ากับ 27.35 เทียบได้ค่าประมาณ 2.77 ซึ่งห่างจากค่าประมาณค่อนข้างมาก

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากการศึกษาสถานการณ์คุณภาพอากาศจากพลังงานทางเลือกก๊าซชีวภาพในจังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมีแนวโน้มการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น โดยเห็นได้จากการผลิตก๊าซชีวภาพจากปริมาณมูลสัตว์และน้ำเสียอุตสาหกรรม ปริมาณขยะชุมชน ปริมาณเชื้อเพลิงชีวภาพของเหลวและของแข็งที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการนำข้อมูลรายเดือนของก๊าซชีวภาพในจังหวัดสุพรรณบุรีตลอดระยะเวลา 8 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 ถึงพ.ศ. 2560 มาสร้างตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศขององค์ประกอบของก๊าซทั้งสามชนิด ได้แก่ ก๊าซCH₄ ก๊าซCO₂ และก๊าซH₂S โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พบว่า ตัวแบบการพยากรณ์คุณภาพอากาศจากก๊าซCO₂ มีความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ ตัวแบบ ARIMA (0, 1, 1) สามารถเขียนเป็นตัวแบบพยากรณ์ได้ดังนี้

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

แต่ถ้าพิจารณาภาพของก๊าซCH₄ และก๊าซH₂S ยังให้ตัวแบบพยากรณ์ไม่เหมาะสมห่างจากค่าจริงที่นำตัวแบบมาพยากรณ์ ดังนั้นหากจะนำตัวแบบพยากรณ์ดังกล่าวไปใช้พยากรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้อาจจะต้องมีการควบคุมการเก็บข้อมูลก๊าซชีวภาพ เพราะปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆที่มีผันแปรต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิในระบบ, ความเป็นกรด-ด่าง ค่าpH ที่พอเหมาะ, ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ, ระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารและการคลุกเคล้าในบ่อหมัก เป็นต้น หากมีการเก็บข้อมูลใหม่ เช่น เก็บข้อมูลรายวันที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อจะได้นำมาวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ก็จะสามารถสร้างตัวแบบพยากรณ์ใหม่ได้และวิธีดังกล่าวมีความเหมาะสมของการตัวแบบพยากรณ์คุณภาพอากาศจากพลังงานทางเลือกก๊าซชีวภาพในจังหวัดสุพรรณบุรีครั้งต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) เหมาะสมที่นำมาสร้างตัวแบบพยากรณ์กับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงกับช่วงเวลาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเพราะวิธีพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ไม่มีการกำหนดรูปแบบก่อนแต่ในระหว่างที่มีการวิเคราะห์ก็จะกำหนดรูปแบบขึ้นมาเอง ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์มาพยากรณ์แยกประเด็นข้อมูลแต่ละด้านดังนี้ ข้อมูลด้านอากาศโดย วรางคณา กิริติวิบูลย์ (2556) ได้พยากรณ์เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวมเพื่อพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร ด้านพลังงานไฟฟ้า จินตพร หนัวินปั้นและคณะ (2555) ได้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี เพื่อหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในภาคกลางของประเทศไทย ด้านพลังงานลม วรางคณา กิริติวิบูลย์ (2554) ได้ตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลม ตามแนวชายฝั่ง จังหวัดสงขลา ด้านเศรษฐกิจ ญัฐวิติ นิสัยมัน (2554) ได้พยากรณ์ราคากุ้งขาวแวนนาไมด้วยวิธีการของบ็อกซ์-เจนกินส์อย่างแม่นยำและเหมาะสม ศศิธร โกฏสืบ และคณะ (2559) ได้ตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวหอมมะลิและคุณภาพชีวิตด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ดวงพร หัซชะวนิช (2556). ได้เปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ดัชนีราคาผู้บริโภครายเดือนด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์และวิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียล เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- จินตพร หนั้วอินปัน, บุญอ้อม โฉมทีและประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์ (2555). “การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธีสำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในภาคกลางของประเทศไทย”. งานประชุมวิชาการ Graduate Research Conference. หน้า 281-290.
- ดวงพร หัซชะวณิช (2556). “การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ดัชนีราคาผู้บริโภครายเดือน: ตัวแบบบอกซ์-เจนกินส์และตัวแบบปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียล”. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปีที่ 33 ฉบับที่ 2 เดือนเมษายน-มิถุนายน. หน้า 100-113.
- ณัฐวุฒิ นิสัยมัน (2554). “การพยากรณ์ราคาทุเรียนขาวนาไม ด้วยวิธีการของบอกซ์-เจนกินส์”. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ศศิธร โกฏสืบ และกัลยา บุญหล้า (2559). “การสร้างตัวแบบเพื่อการพยากรณ์ราคาข้าวหอมมะลิ”. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ปีที่ 8 ฉบับที่ 8, หน้า 49-60.
- วรางคณา กิรติวิบูลย์ (2556). “การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีฤดูกาล อย่างง่าย และวิธีการพยากรณ์รวมสำหรับการพยากรณ์อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร”. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 18 (2). หน้า 149-160.
- วรางคณา กิรติวิบูลย์ และ เจ๊ะอัฐพาน มาหิละ (2554). “ตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลม ตามแนวชายฝั่งจังหวัดสงขลา”. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 8 ฉบับที่ 2554/3. หน้า 63-72.
- วิจิต หล่อจิระสุนท์กุล และจิราวัลย์ จิตรถเวช (2548). “เทคนิคการพยากรณ์”. กรุงเทพฯ โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

คุณค่าทางวิชาการ

วิธีการของบอกซ์-เจนกินส์มีความเหมาะสมที่จะนำมาหาตัวแบบพยากรณ์ก๊าซที่เกิดจากก๊าซชีวภาพจากโรงงานที่มีการผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพที่เป็นพลังงานทางเลือกในจังหวัดสุพรรณบุรี เป็นแนวทางที่นำมาเสนอการหาตัวแบบพยากรณ์ก๊าซเพื่อที่จะได้นำมาพยากรณ์หาแนวโน้ม ทิศทางคุณภาพอากาศในภาพรวมและถ้ารู้ทิศทางคุณภาพอากาศในอนาคตก่อนก็จะมีส่วนช่วยในการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้เช่นกัน