

การพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในเขตพื้นที่สำนักงานป้องกัน
ควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก

**A Study on Statistical Model Predicting the Number of Conjunctivitis in the
Office of Disease Prevention and Control 9 Phitsanulok Province Thailand**

ชลิดา วงศ์ดี* และ ทิพย์วัลย์ เกตุอินทร์

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

*Email: Thipwank@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแบบการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในเขตพื้นที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก ในพื้นที่รับผิดชอบ 5 จังหวัด ได้แก่ อุตรดิตถ์ ตาก สุโขทัย พิษณุโลก และเพชรบูรณ์ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 โดยวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี คือ การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล และวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยบ็อกซ์-เจนกินส์ แล้วจึงทำการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ด้วยการพิจารณาค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error : MSE) ที่ต่ำสุด ผลการวิจัยพบว่า วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด คือ การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และได้ตัวแบบพยากรณ์ ดังนี้

$$\text{จังหวัดอุตรดิตถ์} \quad Z_t = 3.949 + 0.7Z_{t-1} + a_i$$

$$\text{จังหวัดตาก} \quad Z_t = 205.814 + 0.702Z_{t-1} + a_i$$

$$\text{จังหวัดสุโขทัย} \quad Z_t = 3.828 + 0.993Z_{t-1} - 0.330Z_{t-2} + a_i$$

$$\text{จังหวัดพิษณุโลก} \quad Z_t = 4.533 + 0.771Z_{t-1} + a_i$$

$$\text{จังหวัดเพชรบูรณ์} \quad Z_t = 4.728 + 0.958Z_{t-1} - 0.243Z_{t-2} + a_i$$

คำสำคัญ: โรคตาแดง การพยากรณ์ การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

Abstract

This research aims to study the statistical model of conjunctivitis in the area controlled by Centers for Disease Prevention and Control 9, Phitsanulok. The districts within this area covered five provinces of Uttaradit, Tak, Sukhothai, Phitsanulok and Phetchabun. Data in the model covered from January, 2003 to December, 2012. Three forecasting methods involving time

series analysis are classical model, exponential method and Box-Jenkins method. The results obtained from those three methods, which are the mean square error (MSE), are compared. It shows that the result from Box-Jenkins method give the most appropriate forecasting, where the model is as follows:

Uttaradit	$Z_t = 3.949 + 0.7Z_{t-1} + a_t$
Tak	$Z_t = 205.814 + 0.702Z_{t-1} + a_t$
Sukhothai	$Z_t = 3.828 + 0.993Z_{t-1} - 0.330Z_{t-2} + a_t$
Phitsanulok	$Z_t = 4.533 + 0.771Z_{t-1} + a_t$
Phetchabun	$Z_t = 4.728 + 0.958Z_{t-1} - 0.243Z_{t-2} + a_t$

Keywords: Conjunctivitis, Predicting, Classical model, Exponential method, Box-Jenkins method

บทนำ

โรคตาแดงเป็นโรคติดต่อที่เกิดจากการสัมผัสน้ำตาของผู้ป่วย แม้จะเป็นโรคที่ไม่เป็นอันตรายถึงชีวิต แต่เมื่อพิจารณาจากอัตราการป่วยในแต่ละปีแล้ว จะเห็นว่าอัตราผู้ป่วยสูงมากกว่า 100 คนต่อประชากรแสนคนทุกปี และมักพบผู้ป่วยจำนวนมากในสถานที่ที่มีการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ ลักษณะการเกิดโรคตาแดงมักจะมีการระบาดทุก 2 - 3 ปี ในปีที่มีผู้ป่วยปกติจะพบผู้ป่วยตลอดปี แต่ปีที่มีการระบาดมักจะเริ่มระบาดตั้งแต่เดือนกรกฎาคม - สิงหาคม และมีผู้ป่วยสูงสุดในเดือนกันยายน - ตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ผู้ป่วยไม่มีรายงานการเสียชีวิต เชื่อที่เป็นสาเหตุ ได้แก่ Enterovirus 70 และ Coxsackievirus A 24 ดังนั้นเพื่อที่จะศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์โรคตาแดงในอนาคต จึงนำมาสู่ความสนใจของผู้วิจัยในการศึกษาตัวแบบจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในเขตพื้นที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก ในพื้นที่รับผิดชอบ 5 จังหวัด ได้แก่ อุตรดิตถ์ ตาก สุโขทัย พิษณุโลก และเพชรบูรณ์ โดยวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล และการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ แล้วจึงเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ด้วยการพิจารณาค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error : MSE) ที่ต่ำสุด

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาศาตรแบบการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในเขตพื้นที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในเขตพื้นที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก ในพื้นที่รับผิดชอบ 5 จังหวัด ได้แก่ อุตรดิตถ์ ตาก สุโขทัย พิษณุโลก และเพชรบูรณ์ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2546 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2555 รวมทั้งสิ้น 120 เดือน ซึ่งแหล่งที่มาของข้อมูล คือ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก

2. การศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรม

การศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเป็นการพิจารณาในเบื้องต้นว่าอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะใด มีส่วนประกอบของอนุกรมเวลาใดบ้าง โดยพิจารณาจากกราฟอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล และการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ มีวิธีดำเนินการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก

วิธีแบบคลาสสิกเป็นวิธีที่สามารถแยกอนุกรมเวลาออกเป็นส่วนประกอบต่างๆ คือ แนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ซึ่งตัวแบบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในตัวแบบเชิงคูณ (Multiplicative model) คือ

$$Y = T \times S \times C \times I$$

โดยที่ T , S , C และ I แทน แนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ตามลำดับ

ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิก ส่วนประกอบที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์คือ ส่วนประกอบของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล แนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร ส่วนการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกตินั้นเราไม่สามารถพยากรณ์ได้ เนื่องจากเป็นตัวแปรสุ่มมีรูปแบบไม่แน่นอน ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้าว่าจะเกิดอะไรขึ้น ณ เวลาใด และรุนแรงเพียงใด ดังนั้น ค่าพยากรณ์ $\hat{Y}$ ในหน่วยเวลา t จะหาได้ดังนี้

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

เมื่อ $\hat{T}$ แทน ค่าประมาณของส่วนประกอบแนวโน้มของหน่วยเวลา t

$\hat{S}$ แทน ค่าประมาณของส่วนประกอบเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของหน่วยเวลา t

3.2 วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปแนนเชียล

วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปแนนเชียลเป็นการใช้ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลา t แล้วปรับค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ออกจากข้อมูลดิบในช่วงเวลาเดียวกันด้วยค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้คงที่ในการทำให้เรียบ (α) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ตัวแบบพยากรณ์เขียนได้ดังนี้

$$\hat{Z}_n(1) = \alpha Z_n + (1 - \alpha) S_{n-1}$$

เมื่อ $\hat{Z}_n(1)$ แทน ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ช่วงเวลา เมื่อพยากรณ์ ณ เวลา n

Z_n แทน ค่าสังเกตที่เวลา n

S_{n-1} แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $n-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า)

α แทน ค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (Smoothing constant)

3.3 การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

ขั้นตอนของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พอสรุปได้ดังนี้

- 1) วิเคราะห์สหสัมพันธ์ในตนเอง (autocorrelation) และสหสัมพันธ์ในตนเองส่วนย่อย (partial autocorrelation) ของข้อมูลหรือผลต่างของข้อมูลในอนุกรมนั้น ๆ
- 2) ผลการวิเคราะห์ในข้อ 3.1 จะใช้ในการเลือกตัวแบบพยากรณ์
- 3) ประมาณค่าของพารามิเตอร์ในตัวแบบ และตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ
- 4) ถ้าผลการตรวจสอบปรากฏว่า ตัวแบบไม่มีความเหมาะสม จะกลับไปข้อ 3.2 โดยเลือกตัวแบบพยากรณ์ใหม่ ซึ่งจะอาศัยผลการวิเคราะห์ในข้อ 3.1 และตรวจสอบในข้อ 3.3 แล้วทำซ้ำข้อ 3.3 ใหม่ ถ้าผลการตรวจสอบปรากฏว่า มีความเหมาะสมในตัวแบบ ตัวแบบนี้ก็จะถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไป

4. การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี จะพิจารณาโดยใช้ค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error : MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$$

วิธีพยากรณ์ซึ่งให้ MSE มีค่าน้อยกว่าวิธีพยากรณ์อื่นๆ ย่อมเป็นวิธีที่ดีกว่า

สรุปผลการวิจัย

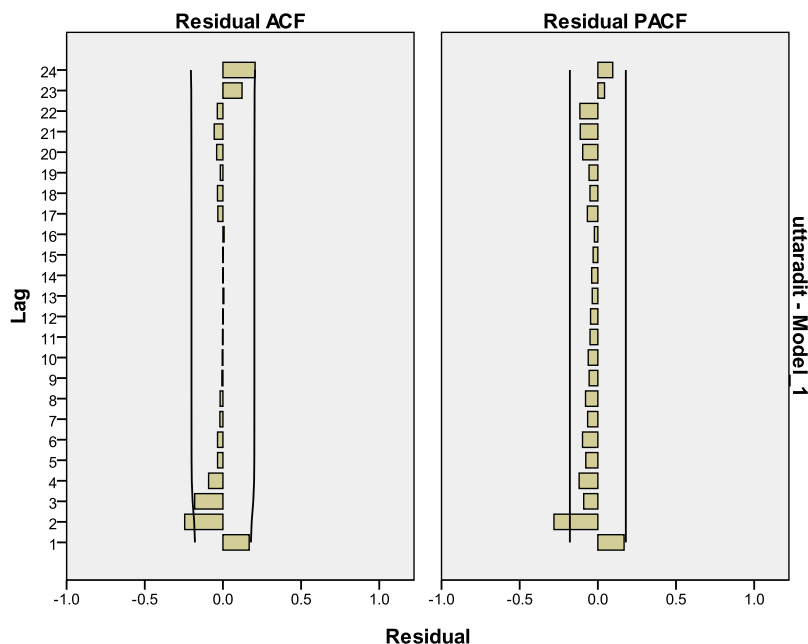
1. จังหวัดอุดรดิตถ์

การวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก วิธีแบบคลาสสิก วิเคราะห์โดยใช้ตัวแบบเชิงคูณ มีค่าพยากรณ์ $\hat{Y}$ ในหน่วยเวลา t จะหาค่าได้ดังนี้ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$ ค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลจากการวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก จังหวัดอุดรดิตถ์

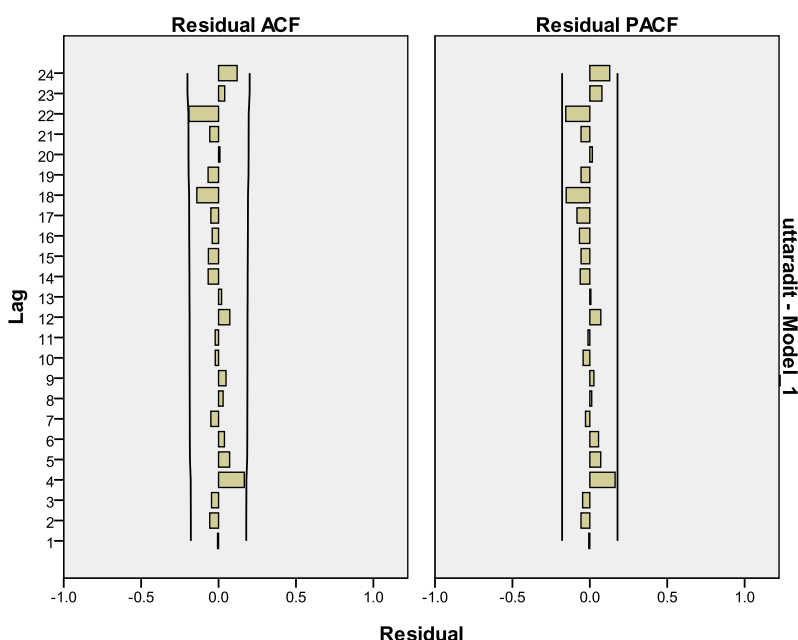
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
ฤดูกาล (%)	77.375	68.013	80.247	67.882	79.248	85.151
เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ฤดูกาล (%)	97.685	109.518	160.912	208.007	96.635	69.328

วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปแนนเชียล กำหนดค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (α) ที่ได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ได้ค่าประมาณ เท่ากับ 0.531 และค่าสถิติ Box-Ljung ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จากการพิจารณารูป ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ในภาพ 1 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังนี้ $\hat{Z}_n(1) = (0.531)Z_n + (1-0.531)S_{n-1}$ เมื่อ $\hat{Z}_n(1)$ แทน ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ช่วงเวลา เมื่อพยากรณ์ ณ เวลา n , Z_n แทน ค่าสังเกตที่เวลา n และ S_{n-1} แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $n-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า)



รูปที่ 1 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปแนนเชียล ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดอุตรดิตถ์

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พิจารณากราฟ ACF และ PACF แล้วจึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยตัวแบบที่มีพารามิเตอร์ทุกตัวมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และค่าสถิติ Box-Ljung ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ตัวแบบ ARIMA(1,0,0) โดยมีค่าประมาณพารามิเตอร์ ดังนี้ $\phi = 0.7$ (P-value<0.001) และ $\sigma^2 = 3.949$ (P-value<0.001) จากการพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในภาพ 2 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,0,0) มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังนี้ $Z_t = 3.949 + 0.7Z_{t-1} + a_t$ เมื่อ Z_t แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t Z_{t-1} แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า) และ a_t แทน ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา $t-1$



รูปที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ ARIMA (1,0,0) ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง

2. จังหวัดอุดรดิตถ์

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดอุดรดิตถ์ แสดงดังตารางที่ 2 ตาราง 2 การเปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดอุดรดิตถ์

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบ	MSE
Classic	$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$	10562.117
Exponential	$\hat{Z}_n(1) = (0.531)Z_n + (1 - 0.531)S_{n-1}$	10173.748
Box-Jenkins	$Z_t = 3.949 + 0.7Z_{t-1} + a_t$	7550.567

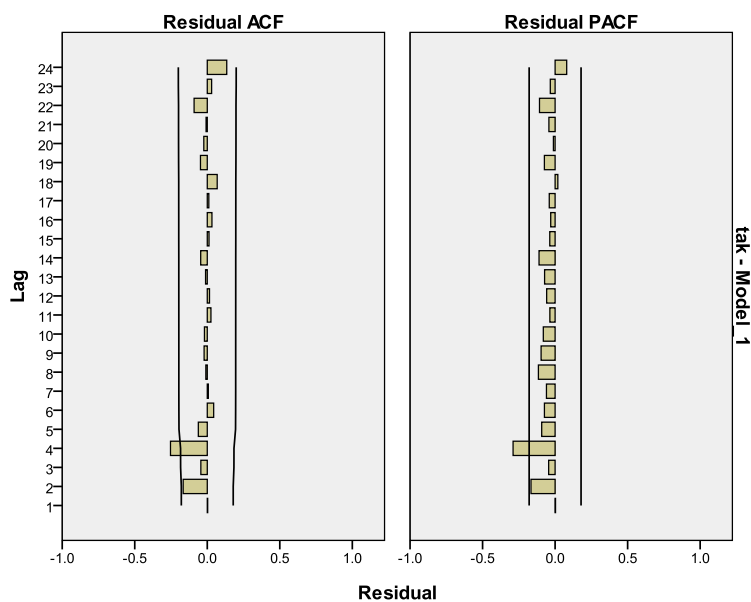
จากตาราง 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี สำหรับข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยพิจารณาจากค่า MSE พบว่า การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ให้ค่า MSE ต่ำสุด เท่ากับ 7550.567 จะได้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

3. จังหวัดตาก

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก วิธีแบบคลาสสิก วิเคราะห์โดยใช้ตัวแบบเชิงคูณ มีค่าพยากรณ์ $\hat{Y}$ ในหน่วยเวลา t จะหาค่าได้ดังนี้ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$ ค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล แสดงได้ดังนี้ ตารางที่ 3 ค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก จังหวัดตาก

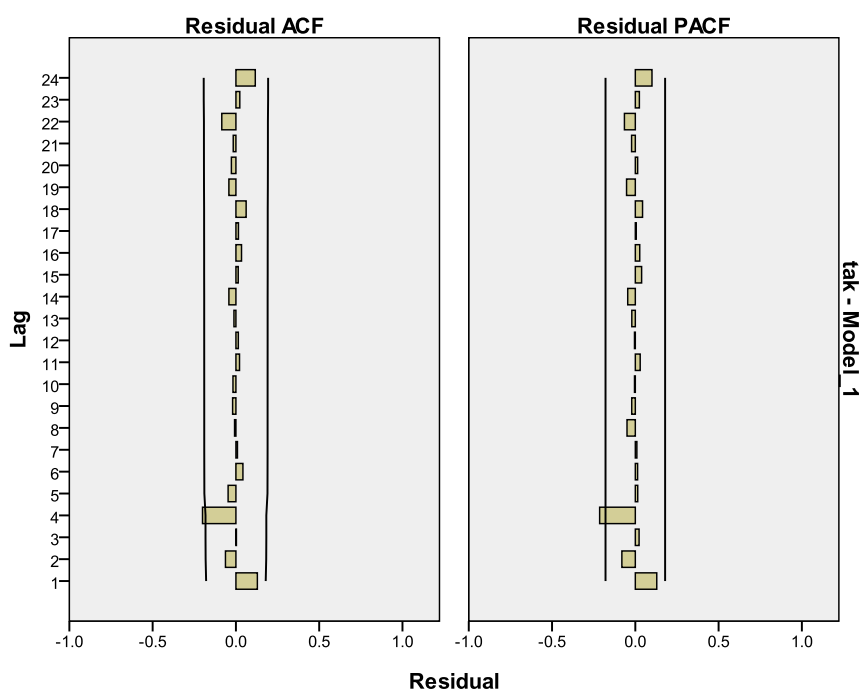
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
ฤดูกาล (%)	99.843	108.223	107.768	96.031	99.002	105.223
เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ฤดูกาล (%)	96.353	99.091	97.523	147.331	89.890	53.724

วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล กำหนดค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (α) ที่ได้โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ได้ค่าประมาณ เท่ากับ 1.000 และค่าสถิติ Box-Ljung ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จากการพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในภาพ 3 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังนี้ $\hat{Z}_n(1) = (1.000)Z_n + (1-1.000)S_{n-1}$ เมื่อ $\hat{Z}_n(1)$ แทน ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ช่วงเวลา เมื่อพยากรณ์ ณ เวลา n Z_n แทน ค่าสังเกตที่เวลา n และ S_{n-1} แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $n-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า)



รูปที่ 3 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดตาก

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พิจารณากราฟ ACF และ PACF แล้วจึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยตัวแบบที่มีพารามิเตอร์ทุกตัวมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และค่าสถิติ Box-Ljung ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ตัวแบบ ARIMA(1,0,0) โดยมีค่าประมาณพารามิเตอร์ ดังนี้ $\phi = 0.702$ (P-value<0.001) และ $\delta = 205.814$ (P-value<0.001) จากการพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในภาพ 4 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,0,0) มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังนี้ $Z_t = 205.814 + 0.702Z_{t-1} + a_t$ เมื่อ Z_t แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t Z_{t-1} แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า) และ a_t แทน ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา $t-1$



รูปที่ 4 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ ARIMA (1,0,0) ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดตาก

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ของจำนวนผู้ป่วย โรคตาแดง จังหวัดตาก แสดงดังตารางที่ 4

ตาราง 4 การเปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ของจำนวนผู้ป่วย โรคตาแดง จังหวัดตาก

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบ	MSE
Classic	$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$	38050.542
Exponential	$\hat{Z}_n(1) = (1.000)Z_n + (1-1.000)S_{n-1}$	21391.695
Box-Jenkins	$Z_t = 205.814 + 0.702Z_{t-1} + a_t$	18450.604

จากตาราง 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี สำหรับข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในจังหวัดตาก โดยพิจารณาจากค่า MSE พบว่า การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ให้ค่า MSE ต่ำสุด เท่ากับ 18450.604 จะได้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

3. จังหวัดสุโขทัย

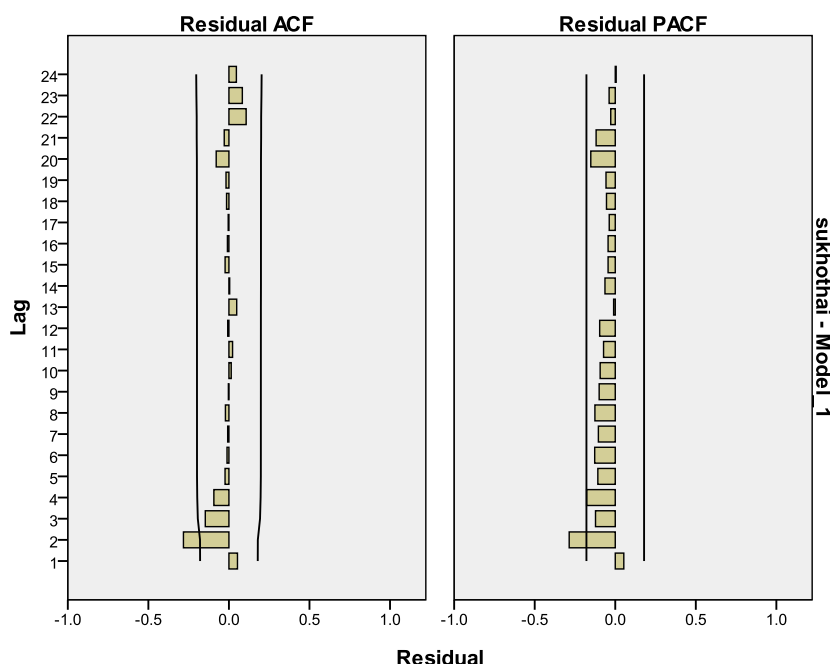
การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก วิธีแบบคลาสสิก วิเคราะห์โดยใช้ตัวแบบเชิงคูณ มีค่าพยากรณ์ $\hat{Y}$ ในหน่วยเวลา t จะหาค่าได้ดังนี้ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$ ค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล แสดงได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก จังหวัดสุโขทัย

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
ฤดูกาล (%)	78.009	70.689	79.831	65.738	71.782	74.639
เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ฤดูกาล (%)	105.967	126.069	146.505	205.631	112.066	63.074

วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล กำหนดค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (α) ที่ได้ โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ได้ค่าประมาณ เท่ากับ 0.831 และค่าสถิติ Box-Ljung ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จากการพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ในภาพ 5 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังนี้ $\hat{Z}_n(1) = (0.831)Z_n + (1-0.831)S_{n-1}$ เมื่อ $\hat{Z}_n(1)$

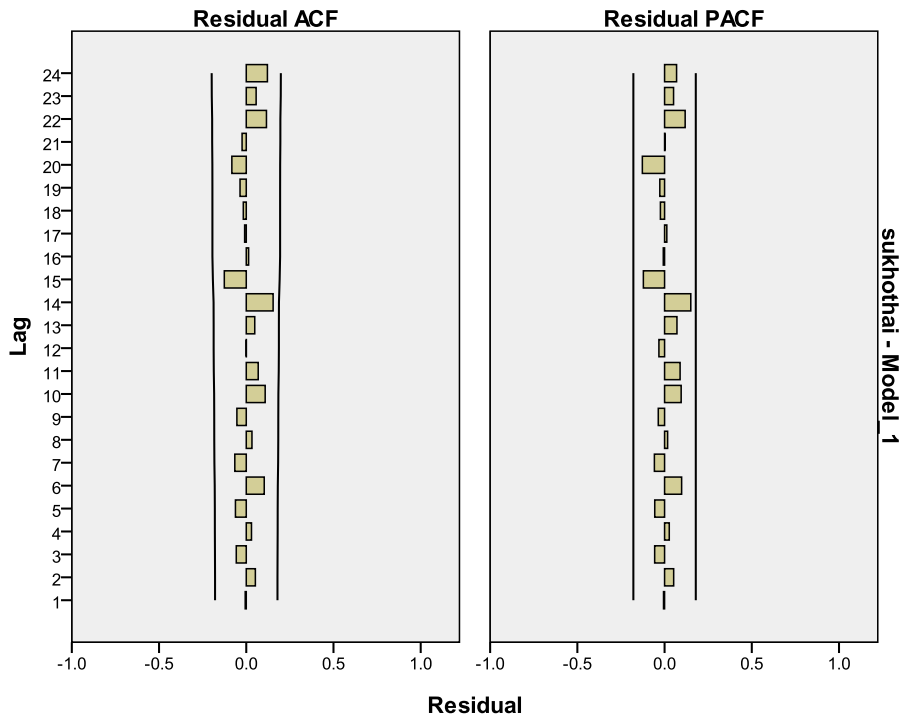
แทน ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ช่วงเวลา เมื่อพยากรณ์ ณ เวลา n Z_n แทน ค่าสังเกตที่เวลา n S_{n-1}
 แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $n-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า)



รูปที่ 5 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล ของ
 จำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดสุโขทัย

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พิจารณากราฟ ACF และ PACF แล้วจึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยตัวแบบที่มีพารามิเตอร์ทุกตัวมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และค่าสถิติ Box-Ljung ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ตัวแบบ ARIMA(2,0,0) โดยมีค่าประมาณพารามิเตอร์ ดังนี้ $\phi_1 = 0.993$ (P-value<0.001) $\phi_2 = -0.330$ (P-value<0.001) และ $\delta = 3.828$ (P-value<0.001) จากการพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในภาพ 6 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(2,0,0) มีความเหมาะสมตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังนี้

$$Z_t = 3.828 + 0.993Z_{t-1} - 0.330Z_{t-2} + a_t$$
 เมื่อ Z_t แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t Z_{t-1} แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า) และ a_t แทน ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา $t-1$



รูปที่ 6 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบอซ-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ ARIMA (2,0,0) ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดสุโขทัย

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ของจำนวนผู้ป่วย โรคตาแดง จังหวัดสุโขทัย แสดงดังตารางที่ 6 ตาราง 6 การเปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ของจำนวนผู้ป่วย โรคตาแดง จังหวัดสุโขทัย

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบ	MSE
Classic	$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$	7350.528
Exponential	$\hat{Z}_n(1) = (0.831)Z_n + (1-0.831)S_{n-1}$	7213.445
Box-Jenkins	$Z_t = 3.828 + 0.993Z_{t-1} - 0.330Z_{t-2} + a_t$	4638.427

จากตาราง 6 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี สำหรับข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในจังหวัดสุโขทัย โดยพิจารณาจากค่า MSE พบว่า การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบอซ-เจนกินส์ ให้ค่า MSE ต่ำสุด เท่ากับ 4638.427 จะได้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบอซ-เจนกินส์

4. จังหวัดพิษณุโลก

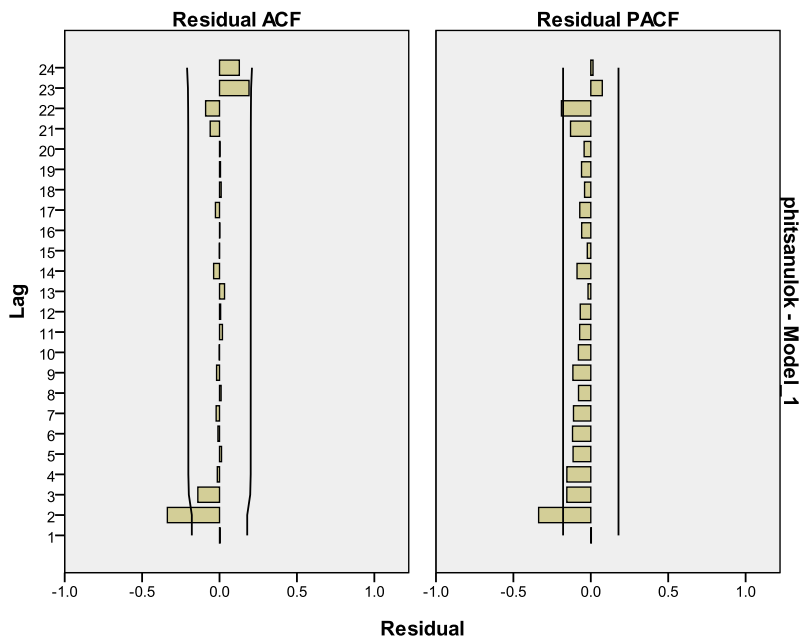
การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก วิธีแบบคลาสสิก วิเคราะห์โดยใช้ตัวแบบเชิงคูณ มีค่าพยากรณ์ $\hat{Y}$ ในหน่วยเวลา t จะหาค่าได้ดังนี้ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$ ค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก จังหวัดพิษณุโลก

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
ฤดูกาล (%)	19.902	76.428	80.152	86.721	69.621	74.813
เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ฤดูกาล (%)	87.012	67.782	143.162	283.265	134.271	76.869

วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล กำหนดค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (α) ที่ได้โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ได้ค่าประมาณ เท่ากับ 0.990 และค่าสถิติ Box-Ljung ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จากการพิจารณารูปภาพ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในภาพ 7 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95

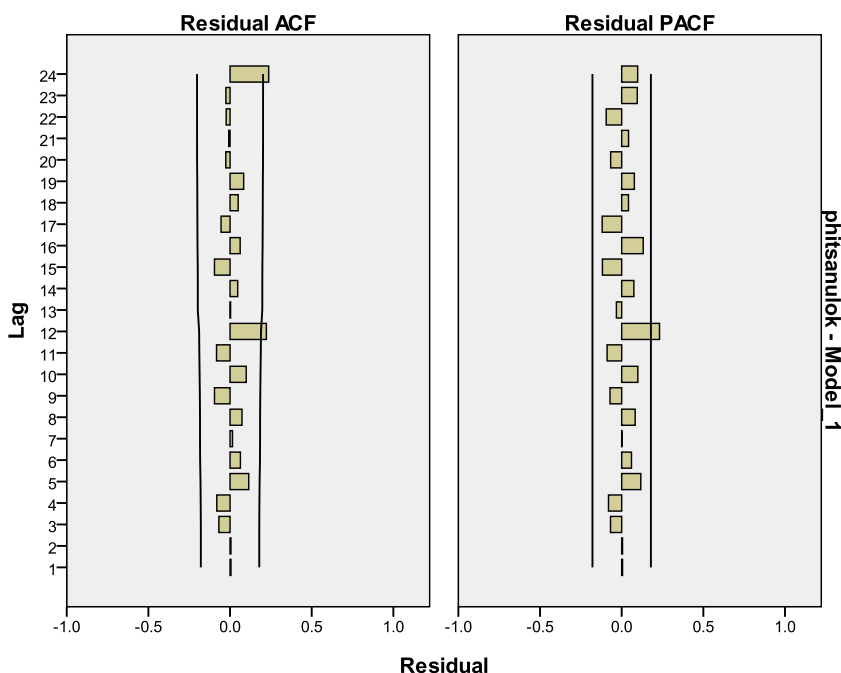
ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังนี้ $\hat{Z}_n(1) = (0.990)Z_n + (1 - 0.990)S_{n-1}$ เมื่อ $\hat{Z}_n(1)$ แทน ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ช่วงเวลา เมื่อพยากรณ์ ณ เวลา n Z_n แทน ค่าสังเกตที่เวลา n และ S_{n-1} แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $n-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า)



รูปที่ 7 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปแนนเชียล ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดพิษณุโลก

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบอซ-เจนกินส์ พิจารณากราฟ ACF และ PACF แล้วจึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยตัวแบบที่มีพารามิเตอร์ทุกตัวมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และค่าสถิติ Box-Ljung ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ตัวแบบ ARIMA(1,0,0) โดยมีค่าประมาณพารามิเตอร์ ดังนี้ $\phi = 0.771$ (P-value<0.001) และ $\delta = 4.533$ (P-value<0.001) จากการพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในภาพ 8 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,0,0) มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังนี้ $Z_t = 4.533 + 0.771Z_{t-1} + a_t$ เมื่อ Z_t แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t Z_{t-1} แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า) และ a_t แทน ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา $t-1$



รูปที่ 8 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ ARIMA (1,0,0) ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดพิษณุโลก

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดพิษณุโลก ดังตารางที่ 8 ตาราง 8 การเปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดพิษณุโลก

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบ	MSE
Classic	$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$	37897.452
Exponential	$\hat{Z}_n(1) = (0.990)Z_n + (1 - 0.990)S_{n-1}$	27476.378
Box-Jenkins	$Z_t = 4.533 + 0.771Z_{t-1} + a_t$	21072.006

จากตาราง 8 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี สำหรับข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในจังหวัดพิษณุโลก โดยพิจารณาจากค่า MSE พบว่า การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ให้ค่า MSE ต่ำสุด เท่ากับ 21072.006 จะได้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

5. จังหวัดเพชรบูรณ์

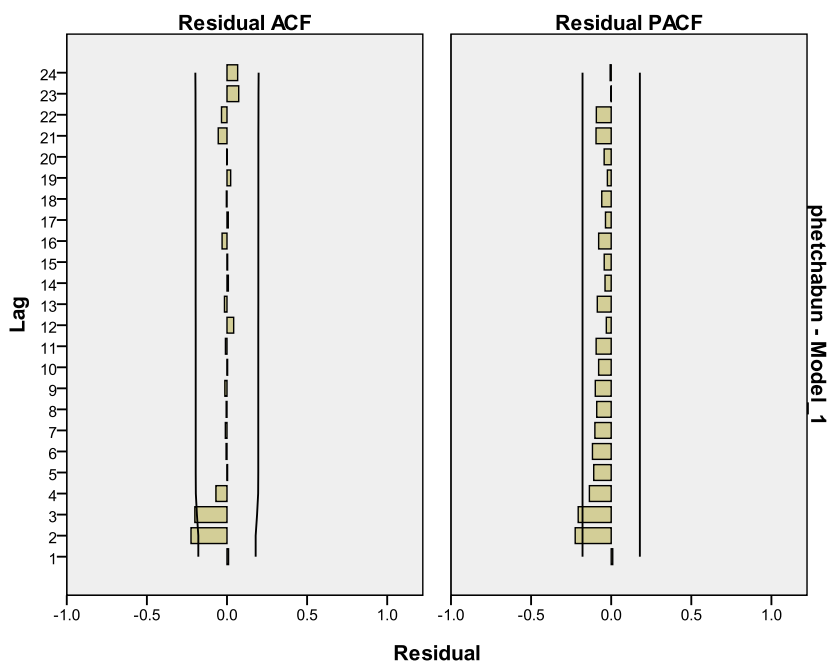
การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก วิธีแบบคลาสสิก วิเคราะห์โดยใช้ตัวแบบเชิงคูณ มีค่าพยากรณ์ $\hat{Y}$ ในหน่วยเวลา t จะหาค่าได้ดังนี้ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$ ค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล แสดงได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 ค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก จังหวัดเพชรบูรณ์

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
ฤดูกาล (%)	88.722	87.303	86.818	78.229	76.390	75.433
เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ฤดูกาล (%)	100.835	132.865	139.706	190.142	85.514	58.043

วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปแนนเชียล กำหนดค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (α) ที่ได้ โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ได้ค่าประมาณ เท่ากับ 1.000 และค่าสถิติ Box-Ljung ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จากการพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ในภาพ 9 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95

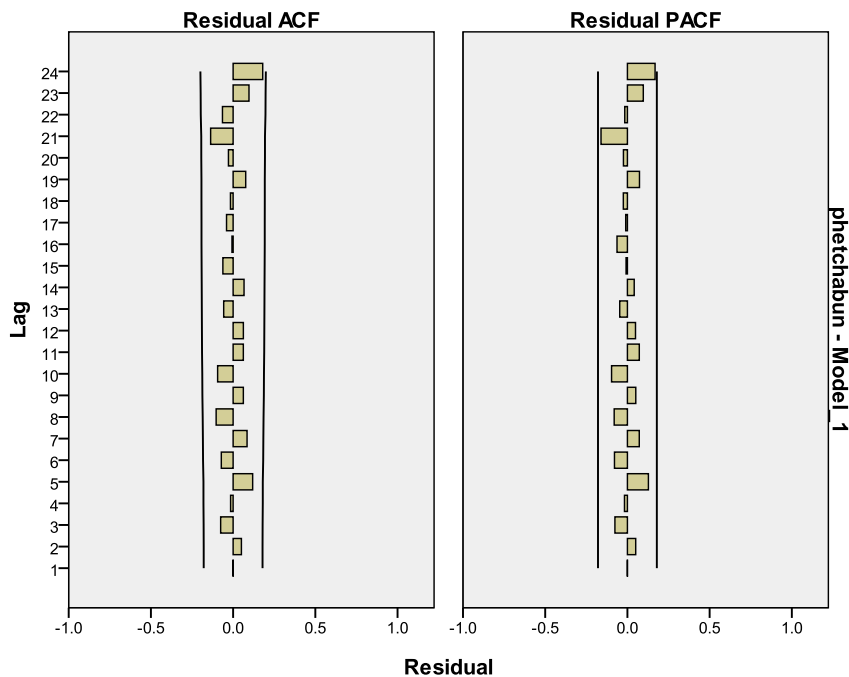
ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังนี้ $\hat{Z}_n(1) = (1.000)Z_n + (1-1.000)S_{n-1}$ เมื่อ $\hat{Z}_n(1)$ แทน ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ช่วงเวลา เมื่อพยากรณ์ ณ เวลา n Z_n แทน ค่าสังเกตที่เวลา n S_{n-1} แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $n-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า)



รูปที่ 9 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดเพชรบูรณ์

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ พิจารณากราฟ ACF และ PACF แล้วจึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยตัวแบบที่มีพารามิเตอร์ทุกตัวมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และค่าสถิติ Box-Ljung ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ตัวแบบ ARIMA(2,0,0) โดยมีค่าประมาณพารามิเตอร์ ดังนี้ $\phi_1 = 0.958$ (P-value<0.001) $\phi_2 = -0.243$ และ $\delta = 4.728$ (P-value<0.001) จากการพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในภาพ 10 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(2,0,0) มีความเหมาะสม ตัวแบบการพยากรณ์แสดงดังนี้ $Z_t = 4.728 + 0.958Z_{t-1} - 0.243Z_{t-2} + a_t$ เมื่อ Z_t แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t Z_{t-1} แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t-1$ (ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้า) และ a_t แทน ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา $t-1$



รูปที่ 10 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ ARIMA (2,0,0) ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดเพชรบูรณ์

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดเพชรบูรณ์ แสดงดังตารางที่ 10 ตาราง 10 แสดงการเปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ของจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง จังหวัดเพชรบูรณ์

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบ	MSE
Classic	$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$	27015.582
Exponential	$\hat{Z}_n(1) = (1.000)Z_n + (1-1.000)S_{n-1}$	18432.950
Box-Jenkins	$Z_t = 4.728 + 0.958Z_{t-1} - 0.243Z_{t-2} + a_t$	13802.725

จากตาราง 10 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี สำหรับข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยพิจารณาจากค่า MSE พบว่า การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ให้ค่า MSE ต่ำสุด เท่ากับ 13802.725 จะได้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

อภิปรายผลการวิจัย

การพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงในเขตพื้นที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก ในพื้นที่รับผิดชอบ 5 จังหวัด ได้แก่ อุตรดิตถ์ ตาก สุโขทัย พิษณุโลก และเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดงรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 โดยวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี คือ การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิก วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล และการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ เพื่อหาตัวแบบ จากการเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ด้วยการพิจารณาค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error : MSE) ที่ต่ำสุด พบว่า วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด คือ การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วาณิชยัญญา. (2555). *การใช้ SPSS for Window ในการวิเคราะห์ข้อมูล* (พิมพ์ครั้งที่ 20). กรุงเทพฯ: บริษัท ธรรมสาร จำกัด.
- จินตพร หนัอินปัน, บุญอ้อม โนมที และ ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์. (2555). *การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธีสำหรับความ ต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในภาคกลางของประเทศไทย*, มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น. สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2557, จาก gsbooks.gs.kku.ac.th/55/.../pmo15.pdf
- มุกดา มั่นมินทร์. (2549). *หอนุกรมเวลาและการพยากรณ์*. กรุงเทพฯ: บริษัท โฟร์พรีนติ้ง จำกัด.
- รุรา ยะปาสมานี. (2557). *โรคตาแดงจากเชื้อไวรัส (Haemorrhagic Conjunctivitis)*. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2557, จาก http://www.boe.moph.go.th/Annual/ANNUAL2550/Part1/2550_Haemorrhagic.doc
- วรรณณา กิรติวิบูลย์. (2556). *ตัวแบบพยากรณ์ราคาขายปลีกน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล*, มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง. สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2557, จาก digital.lib.kmutt.ac.th/.../loadfile.php?A...
- วิจิต หล่อจิระขุนทด และ จิราวัลย์ จิตตรเวช. (2548). *เทคนิคการพยากรณ์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- สมจิตร วัฒนายาภู. (2545). *สถิติวิเคราะห์เบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประกายพรึก.
- สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก. *ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคตาแดง พ.ศ.2545 ถึง พ.ศ. 2556*. H.conjunctivitis 45-56