การพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีแบบฉบับและวิธีบอกซ์-เจนกินส์ กรณีศึกษาจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทย

TIME SERIES FORECASTING BY THE COMPARISION OF CLASSICAL AND BOX-JENKINS METHODS CASE STUDY THE NUMBER OF ACCIDENTS IN THE COUNTRY

วราพร งามสุข

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ปีการศึกษา 2555
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อเรื่อง

การพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีแบบฉบับและวิธีบอกซ์-เจนกินส์ กรณีศึกษาจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทย

TIME SERIES FORECASTING BY THE COMPARISION OF CLASSICAL AND BOX-JENKINS METHODS CASE STUDY THE NUMBER OF ACCIDENTS IN THE COUNTRY

ชื่อนิสิต วราพร งามสุข รหัสประจำตัวนิสิต 52030565

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์พัชรี วงษ์เกษม

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ ปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการควบคุมปัญหาพิเศษ

....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์พัชรี วงษ์เกษม)

คณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษ

....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร)

....กรรมการ
(อาจารย์อภิศักดิ์ ไชยโรจน์วัฒนา)

....กรรมการ
(อาจารย์พัชรี วงษ์เกษม)

คณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษอนุมัติให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

....ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรียารัตน์ นาคสุวรรณ์)
วันที่............เดือน.........................พ.ศ.................

....หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณ์ทนา พรมสวย)
วันที่............เดือน.........................พ.ศ.................

ประกาศคุณูปการ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเมตตาช่วยเหลืออย่างดียิ่ง จากอาจารย์พัชรี วงษ์เกษม อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร และอาจารย์อภิศักดิ์ ไชยโรจน์วัฒนา ที่ได้เสียสละเวลาและกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการปรับปรุงปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องและเสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จ ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา และขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคน ที่เป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงได้

วราพร งามสุข

52030565: สาขาวิชา: สถิติ; วท.บ. (สถิติ)
คำสำคัญ: จำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทย /วิธีแบบฉบับ /วิธีของบอกซ์ -เจนกินส์

วราพร งามสุข: การพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีแบบฉบับและวิธีบอกซ์-เจนกินส์ กรณีศึกษาจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทย (TIME SERIES FORECASTING BY THE COMPARISION OF CLASSICAL AND BOX-JENKINS METHODS CASE STUDY THE NUMBER OF ACCIDENTS IN THE COUNTRY)
คณะกรรมการควบคุมปัญหาพิเศษ: อาจารย์พัชรี วงษ์เกษม, ปร.ด. 36 หน้า. ปี พ.ศ. 2555

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยวิธีแบบฉบับและวิธีบอกซ์-เจนกินส์ โดยใช้ข้อมูลสถิติจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 รวมทั้งสิ้น 72 เดือน จากการศึกษาพบว่าข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่มีฤดูกาล การพยากรณ์โดยวิธีแบบฉบับได้สมการพยากรณ์คือ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$ คำนวณค่ารากที่สองค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เท่ากับ 229.5816 ครั้ง และตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์คือ $ARIMA(0,1,3),(2,1,0)_{12}$ ได้สมการพยากรณ์คือ

$$\begin{aligned}\hat{X}_t &= X_{t-1} - 2.3508X_{t-12} - 1.3225X_{t-13} - 0.9717X_{t-14} - 1.3508X_{t-24} \\ &\quad -2.3225X_{t-25} + 0.9717X_{t-26} - 0.2212u_{t-1} - 0.4336u_{t-2} + 0.5005u_{t-3}\end{aligned}$$

ที่ไม่มีค่าคงตัว คำนวณค่ารากที่สองค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เท่ากับ 51.5996 ครั้ง ดังนั้นการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาโดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ จึงมีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดดังกล่าว เนื่องจากให้ค่ารากที่สองค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยกว่าการพยากรณ์โดยวิธีแบบฉบับ

52030565: MAJOR: STATISTICS; B.Sc. (STATISTICS)
KEYWORDS: THE NUMBER OF ACCIDENTS IN THE COUNTRY /CLASSICL METHOD / BOX-JENKINS METHOD

WARAPORN NGAMSUK: TIME SERIES FORECASTING BY THE COMPARISION OF CLASSICAL AND BOX-JENKINS METHODS CASE STUDY THE NUMBER OF ACCIDENTS IN THE COUNTRY
ADVISOR: PATCHAREE WONGKASEM, Ph.D 36 P. ACADEMIC YEARS 2012.

ABSTRACT

This study aimed to compare the predicted time series by means of classical and Box - Jenkins. By using the statistics of accidents in Thailand using monthly data from January 2545 to December 2554 a total of 72 months of the study showed that such information is a season. The forecasting classical models of $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$. Calculate the root mean squared error (RMSE) equal to 229.5816 and forecasting models for Box - Jenkins is $ARIMA(0,1,3),(2,1,0)_{12}$ The regression equation is

$$\hat{X}_t = X_{t-1} - 2.3508X_{t-12} - 1.3225X_{t-13} - 0.9717X_{t-14} - 1.3508X_{t-24}$$
$$-2.3225X_{t-25} + 0.9717X_{t-26} - 0.2212u_{t-1} - 0.4336u_{t-2} + 0.5005u_{t-3}$$

is no Constant. Calculate the root mean square error (RMSE) is 51.5996, so the forecast time series data by using Box - Jenkins. It is appropriate for the data set. Due to the square root of the average squared error is less than predicted by the classical method.

สารบัญ

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

สารบัญภาพ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นับจากปลายศตวรรษที่ 20 เป็นต้นมา วิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงต่าง ๆ ได้มีการพัฒนาเติบโตอย่างรวดเร็ว มนุษย์สามารถนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้อย่างกว้างขวาง เพื่อตอบสนองความสุขสบาย รถยนต์กลายเป็นความต้องการปัจจัยที่ 5 ของมนุษย์ แต่ผลกระทบที่ตามมาคือ อุบัติเหตุจากการจราจร ซึ่งนับวันจะเพิ่มและทวีความรุนแรงมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาที่มีผลกระทบในด้านต่าง ๆ มากมาย ทั้งด้านความสูญเสียทรัพยากรมนุษย์ ด้านเศรษฐกิจ สังคม และทางด้านสาธารณสุข

ปัจจุบันปริมาณอุบัติเหตุไม่ว่าจะเป็นทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ จะเกิดขึ้นจำนวนมากในแต่ละปี โดยเฉพาะเทศกาลไทยไม่ว่าจะเป็นเทศกาลตามประเพณีไทยหรือสากลอย่างเช่น วันขึ้นปีใหม่ วันสงกรานต์ วันตรุษจีน หรือวันวาเลนไทน์ เป็นต้น ซึ่งเทศกาลเหล่านี้เป็นเทศกาลแห่งความสุข ความรื่นเริงและเป็นช่วงเวลาที่ได้เดินทางไปพบปะสังสรรค์กันระหว่างคนในครอบครัว ญาติ หรือเพื่อน โดยเฉพาะในเทศกาลที่มีวันหยุดติดต่อกันหลายวัน อย่างไรก็ตามในการเฉลิมฉลองของเทศกาลแห่งความสุขเหล่านี้ยังคงมีความเชื่อที่ผิดที่ต้องสังสรรค์กันด้วยสุราหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการเดินทางที่ส่งผลให้สูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุบัติเหตุจากการจราจรทางบกอื่น ๆ จึงมีหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งในภาครัฐ และเอกชน อาทิเช่น สำนักอำนวยความปลอดภัยกรมทางหลวงกระทรวงคมนาคม ตลอดจนหน่วยต่าง ๆ ที่ต้องรับผิดชอบ เพื่อให้จำนวนอุบัติเหตุลดน้อยลง และผู้เสียชีวิตมีจำนวนน้อยลงเท่าที่จะควบคุมได้

ปัญหาการลดจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแต่ละปียังเป็นประเด็นสำคัญต่อการลดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้รถใช้ถนน จึงนำไปสู่การพยากรณ์จำนวนอุบัติเหตุบนทางหลวงเพื่อรองรับการวางแผนต่อความปลอดภัยบนทางหลวงซึ่งจำเป็นต้องทราบถึงแนวทางการพยากรณ์ปริมาณอุบัติเหตุที่มีประสิทธิภาพต่อการพยากรณ์เพื่อทำให้การวางแผนเกิดประสิทธิภาพที่จะควบคุมและลดปริมาณการเกิดอุบัติเหตุในอนาคตได้ ด้วยปัญหานี้จึงทำให้มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการสรรหาเครื่องมือหรือเทคนิควิธีที่ใช้ในการพยากรณ์ที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ

สำนักอำนวยความปลอดภัยกรมทางหลวงกระทรวงคมนาคม (2554) ได้ศึกษาการทำนายจำนวนการเกิดอุบัติเหตุบนถนนหลวงในรูปอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบ (Decomposition approach) โดยการรวบรวมฐานข้อมูลจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวงและสำนักงานตำรวจแห่งชาติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536-2545 มาทำการศึกษาวิเคราะห์ในการสร้างรูปแบบจำลองการพยากรณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุในรูปแบบอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบ โดยมีขั้นตอนการวิจัยวิธีทางสถิติ เริ่มต้นจากการทดสอบแผนการกระจายของข้อมูลในรูปแบบอนุกรมเวลาทั้งแบบเชิงเส้นตรงและแบบไม่เชิงเส้นตรงเพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในอนุกรมเวลา จากผลการทดสอบสังเกตเห็นได้ว่าข้อมูลมีการแกว่งตัวค่อนข้างสูงมากเมื่อดำเนินการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เพื่อหาส่วนประกอบฤดูกาลแล้วพบว่าอิทธิพลของส่วนประกอบฤดูกาลมากที่สุดได้แก่ เดือนเมษายน รองลงมาได้แก่เดือนมกราคมและเดือนธันวาคม ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่เกิดจำนวนอุบัติเหตุเนื่องจากพฤติกรรมของผู้ขับขี่อันมาจากอิทธิพลของเทศกาลประจำปีของประเทศ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจเปรียบเทียบตัวแบบที่เหมาะสมของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุโดยวิธีอนุกรมเวลาแบบฉบับและวิธีอนุกรมเวลาบอกซ์-เจนกินส์ เพื่อหาประสิทธิภาพตัวแบบอนุกรมเวลาเพื่อพยากรณ์อุบัติเหตุในช่วงปี 2549-2554 ซึ่งผลจากการวิจัยในครั้งนี้นอกจากจะได้ตัวแบบในการพยากรณ์อุบัติเหตุที่เหมาะสมที่ดีที่สุดแล้ว ทำให้ทราบถึงจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงใน พ.ศ. 2555 และผู้วิจัยหวังว่าการพยากรณ์วิธีอนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์จะแม่นยำกว่าวิธีอนุกรมเวลาแบบฉบับ ซึ่งผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์ต่อภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชนในการวางแผนเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบฉบับ

1.2.2 เพื่อศึกษาการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

การวิเคราะห์โดยวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) พยากรณ์ได้แม่นยำกว่าการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบฉบับ (Classical time series analysis)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1.4.1 ได้ตัวแบบสำหรับพยากรณ์จำนวนการเกิดอุบิติเหตุในประเทศไทย

1.4.2 ได้ค่าพยากรณ์ของจำนวนการเกิดอุบิติเหตุในประเทศไทย

1.4.3 ทำให้ทราบว่าการพยากรณ์วิธีอนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์มีความแม่นยำกว่าการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบฉบับ

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

1.5.1 การพยากรณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุนี้ ใช้วิธีอนุกรมเวลาแบบฉบับ (Classical Time Series) และบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) โดยใช้โปรแกรม SPSS และ Minitab

1.5.2 การเปรียบเทียบตัวแบบในการพยากรณ์

เปรียบเทียบโดยใช้รากที่สองค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) เพราะให้ความแม่นยำสูง การเลือกวิธีการพยากรณ์ใด ๆ จะดูจากดัชนีที่ให้ค่าต่ำสุด เพื่อใช้ในการสรุปว่าการพยากรณ์มีความแม่นยำเพียงพอหรือไม่ ซึ่งมีรูปแบบสมการในการพิจารณาดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\sum_{t=1}^{n} \frac{\left(Y_i - \hat{Y}_i\right)}{n}}$$

เมื่อ Y_t คือ ค่าของข้อมูลจริง ณ เวลา

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา

n คือ ขนาดของอนุกรมเวลา

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง พยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีแบบฉบับและวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ความหมาย และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

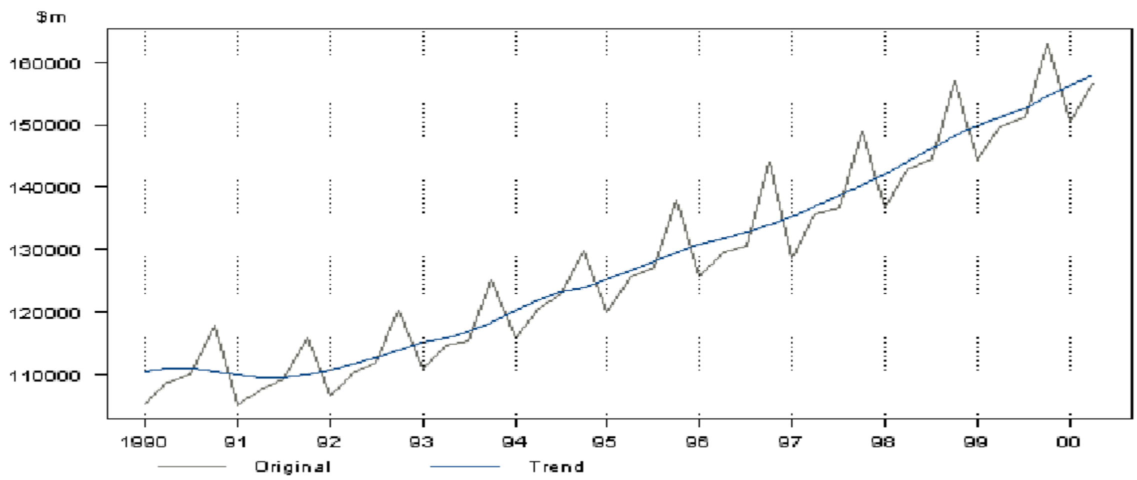
2.1.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบฉบับ (Classical time series)

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบฉบับเป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์โดยอนุกรมเวลา (Time series forecasting models) ซึ่งจะอาศัยข้อมูลในอดีตเพื่อคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตโดยอาศัยหลักการทางสถิติ ส่วนประกอบอนุกรมเวลาในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ตัวแปรนำหรือตัวแปรอิสระในที่นี้คือเวลา ซึ่งอาจกำหนดเป็นสัปดาห์ เดือน ปี หรืออื่น ๆ และตัวแปรตามก็คือตัวแปรที่เราต้องการพยากรณ์ค่าการผันแปรในอนุกรมเวลาหนึ่ง ๆ

1) รูปแบบอนุกรมเวลาแบบแบบฉบับ

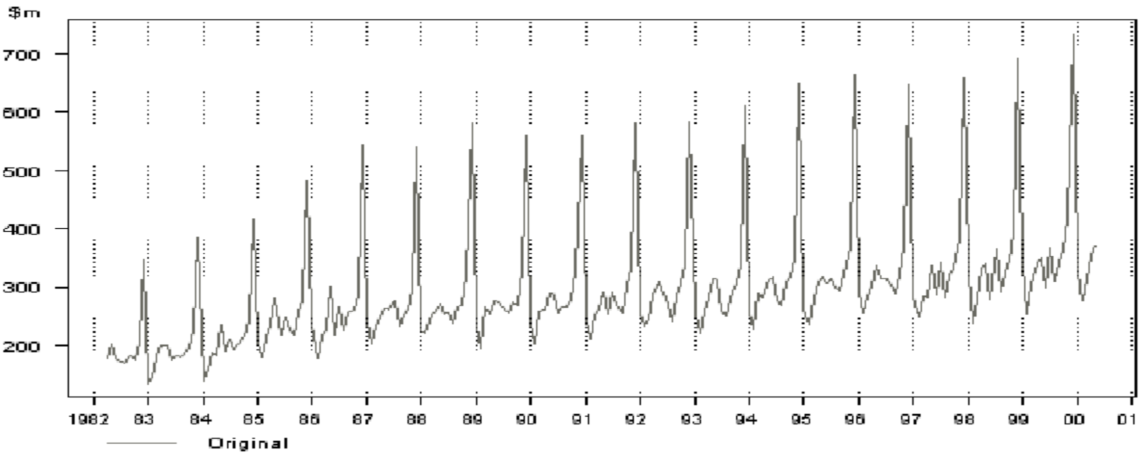
อนุกรมเวลาแบบฉบับ จะแบ่งอนุกรมเวลาออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ก. ค่าแนวโน้ม (Secular trend) ใช้สัญลักษณ์ T เป็นการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในระยะยาว เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย, ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบ เป็นต้น



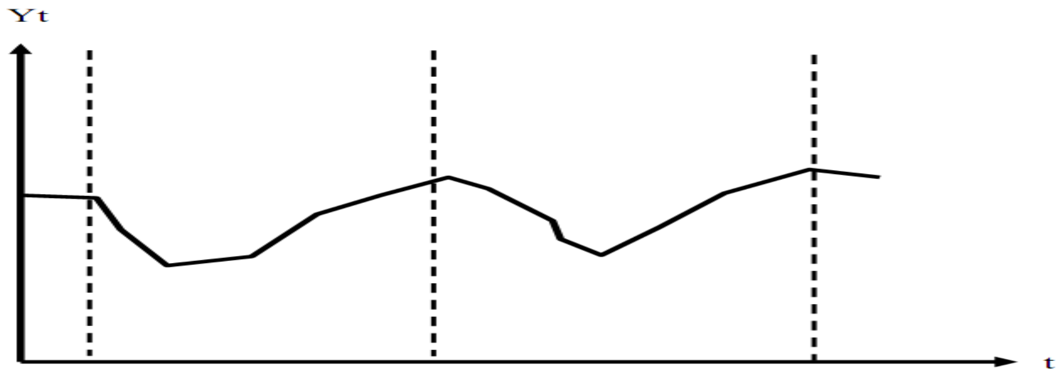
ภาพที่ 1 กราฟอนุกรมเวลาที่แสดงลักษณะของส่วนประกอบแนวโน้ม
ที่มา : เว็บไซต์สำนักงานสถิติแห่งชาติ (http://www.abs.gov.au/websitedbs/OpenDocument)

ข. การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Seasonal variation) ใช้สัญลักษณ์ S เป็นการเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ กันในช่วงเวลาหนึ่ง อาจจะเป็น 1 สัปดาห์หรืออื่น ๆ โดยการเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาจะคล้ายกันในช่วงเวลาเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลจะเห็นได้อย่างเด่นชัดในอนุกรมเวลาของวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป เนื่องจากสิ่งเหล่านี้กระทบกระเทือนง่ายจากสภาวการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ภูมิอากาศ หรือจากสภาวะที่มนุษย์สร้างขึ้นเอง เช่น เทศกาลต่าง ๆ การที่สามารถหาลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ควบคุมดูแลในการวางแผนล่วงหน้าเกี่ยวกับการลดจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ



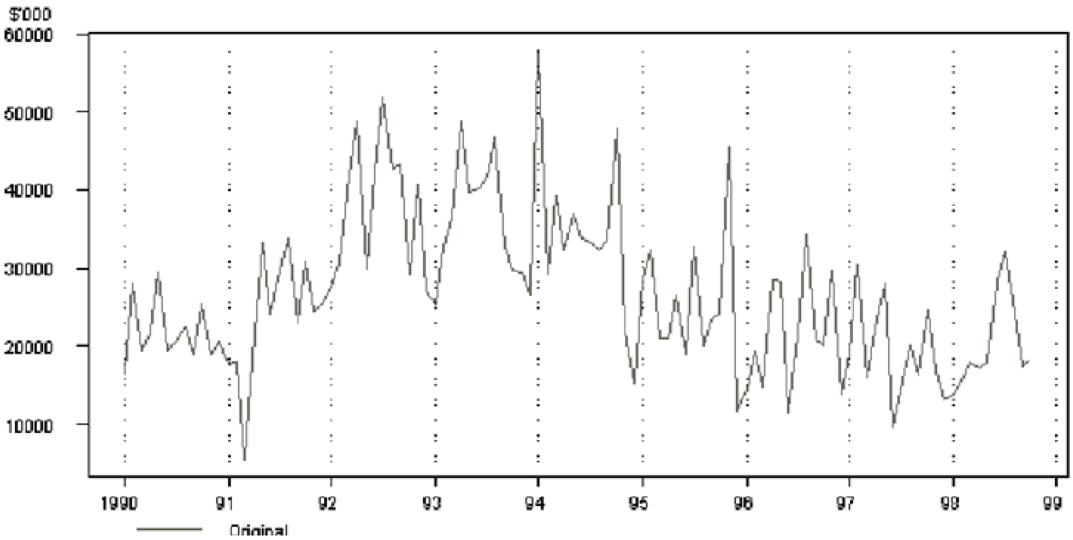
ภาพที่ 2 กราฟอนุกรมเวลาที่แสดงลักษณะของอิทธิพลฤดูกาล
ที่มา : เว็บไซด์สำนักงานสถิติแห่งชาติ (http://www.abs.gov.au/websitedbs/OpenDocument)

ค. การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร (Cyclical variation) ใช้สัญลักษณ์ C วัฏจักรเป็นส่วนประกอบอีกส่วนประกอบหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายกับฤดูกาลเพียงแต่ว่าส่วนประกอบฤดูกาลมีคาบหรือระยะเวลาสั้นกว่าส่วนประกอบวัฏจักร อย่างไรก็ตามส่วนประกอบวัฏจักรยังมีลักษณะคล้าย ๆ กับส่วนประกอบฤดูกาลคือ ส่วนประกอบวัฏจักรเป็นส่วนประกอบที่ช่วยลดความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากการแกว่งตัวของข้อมูลที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบคาบเวลาตามอิทธิพลของวัฏจักรต่าง ๆ ตามธรรมชาติของข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจส่วนมากของอนุกรมเวลาที่พบเสมอในการทำนายหรือการพยากรณ์ด้วยอนุกรมเวลา ได้แก่ วัฏจักรธุรกิจ (Business cycle) วัฏจักรเศรษฐกิจ (Economic cycle) วัฏจักรสภาพอากาศ (Weather cycle) เป็นต้น



ภาพที่ 3 กราฟแสดงอิทธิพลวัฏจักรกับการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา
ที่มา : เทคนิคการพยากรณ์ , กรุงเทพฯ , โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิต พัฒนาบริหารศาสตร์ โดยวิชิต หล่อจีระชุณห์, สมบูรณวัลย์ สัตยารักษ์วิทย์, จิราวัลย์ จิตรถเวช

ง. การเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ (Irregular variation) ใช้สัญลักษณ์ I เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ใช่แนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรซึ่งมีผลต่ออนุกรมเวลาและไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ อนุกรมเวลาส่วนใหญ่อาจถูกกระทบกระเทือนจากสิ่งภายนอกซึ่งมีพลังงานในตัวเองพอที่จะทำให้เกิดหรือเปลี่ยนแปลงวัฏจักรได้ เช่น การนัดหยุดงาน สงคราม เป็นต้น



ภาพที่ 4 กราฟอนุกรมเวลาที่แสดงลักษณะของอิทธิพลเหตุการณ์ผิดปกติ
ที่มา : เว็บไซด์สำนักงานสถิติแห่งชาติ (http://www.abs.gov.au/websitedbs/OpenDocument)

จากส่วนประกอบของอนุกรมเวลากล่าวโดยสรุปคือ ส่วนประกอบทั้งสามส่วนประกอบแรก ได้แก่ ค่าแนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรเป็นส่วนประกอบที่สามารถหาค่าที่เป็นตัวแทนการคำนวณหรือดัชนีการวัดได้การที่เป็นส่วนประกอบอนุกรมเวลาที่วัดได้ จึงเรียกส่วนประกอบนี้ว่า ส่วนที่กำหนดได้ (Deterministic component) และส่วนที่สี่ของส่วนประกอบของอนุกรมเวลา ได้แก่ ส่วนประกอบของเหตุการณ์ที่ผิดปกติ เป็นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาที่วัดไม่ได้ เรียกส่วนประกอบอนุกรมแบบแยกส่วนนี้ว่าส่วนคลาดเคลื่อน (Stochastic component) จากส่วนประกอบของอนุกรมเวลา เมื่อรวมเข้าด้วยกันเพื่อเป็นรูปแบบของอนุกรมเวลา สามารถรวมได้หลายรูปแบบแต่ที่นิยมใช้มี 2 รูปแบบคือ

รูปแบบเชิงบวก (Additive model) $Y = T + S + C + I$ (1)

รูปแบบเชิงคูณ (Multiplicative model) $Y = T \times S \times C \times I$ (2)

โดยทั่วไปนิยมใช้รูปแบบเชิงคูณ ซึ่งบางอนุกรมเวลาอาจมีส่วนประกอบเพียงอย่างเดียวหรืออาจมีหลายส่วนประกอบก็ได้

2) การประมาณค่าแนวโน้ม

โดยทั่วไปการหาค่าแนวโน้มนิยมใช้ข้อมูลรายปีมากกว่าการใช้ข้อมูลรายเดือนหรือราย 3 ไตรมาสหรืออื่น ๆ เพราะการเปลี่ยนแปลงในระยะสั้นไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงในระยะเวลานาน ๆ ในการประมาณค่าแนวโน้มควรนำข้อมูลพล๊อตในกระดาษกราฟ เพื่อดูแนวกว้าง ๆ ของแนวโน้มว่ามีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง แล้วจึงหาค่าแนวโน้มตามวิธีการหาค่าแนวโน้ม

ก . การประมาณค่าแนวโน้มเส้นตรง

การประมาณค่าแนวโน้มเส้นตรงมีวิธีการหาดังต่อไปนี้

1. วิธีกะประมาณด้วยสายตาคือ การนำข้อมูลมาเขียนกราฟโดยให้แกน X แทนเวลา และแกน Y แทนค่าของข้อมูล จากนั้นก็ลองลากเส้นผ่านจุดหรือพยายามลากเส้นให้ใกล้เคียงกับจุดต่าง ๆ มากที่สุดวิธีนี้ต้องอาศัยประสบการณ์มากพอสมควร เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียที่ว่าไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน

2. วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ (The moving average method) วิธีนี้จะลดอิทธิพลของเหตุการณ์ที่ผิดปกติลงได้ และทำให้ข้อมูลนั้นราบเรียบยิ่งขึ้น ซึ่งมีวิธีการดังนี้

2.1 เลือกจำนวนระยะ (จำนวนข้อมูล) ที่จะใช้เฉลี่ยในแต่ละครั้ง เช่น 3 ระยะ ก็คือการเฉลี่ยข้อมูลทีละ 3 ตัว เป็นต้น ปกติแล้วจะเลือกระยะที่เป็นเลขคี่ เพราะค่าเฉลี่ยที่ได้จะตกอยู่กลางระยะพอดี

2.2 เมื่อหาค่าเฉลี่ยกลุ่มแรกได้แล้ว จะหาค่าเฉลี่ยกลุ่มที่ 2 ทำได้โดยตัดข้อมูลตัวแรกของกลุ่มแรกออกแล้วเอาข้อมูลตัวที่อยู่ถัดไปแทน เพื่อให้ครบจำนวนตามที่กำหนด

2.3 ทำเช่นนี้ไปจนครบค่าของข้อมูลทุกตัว

2.4 นำค่าเฉลี่ยทั้งหมดไปเขียนกราฟเพื่อประมาณค่าแนวโน้มต่อไป

3. วิธีการเลือกจุด 2 จุด (Selected two-points method) เลือกจุดที่อยู่ในช่วงปลายทั้งสองข้างของข้อมูล 1 จุด แล้วลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดที่เลือกทั้งสอง สำหรับค่าแนวโน้มของแต่ละเวลาก็จะหาจากสมการเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดที่เลือกทั้งสองดังนี้

$$\hat{Y} = Y_1 + b\left(X_i - X_1\right) \tag{3}$$

เมื่อ $\hat{Y}$ คือ ค่าแนวโน้ม

Y_1 คือ ข้อมูล ณ จุดที่เลือกจุดแรก

X_i คือ เป็นเวลา ณ จุดที่เลือกจุดแรก

X_1 คือ เป็นเวลาที่ต้องการหาค่าแนวโน้ม

b คือ ความชันของเส้นแนวโน้ม $b = \dfrac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$

4. วิธีเฉลี่ยทีละครึ่ง (Semi-average method) การหาเส้นแนวโน้มวิธีนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละส่วนเป็นจุดเส้นแนวโน้มลากผ่าน ถ้าจำนวนทั้งหมดเป็นเลขคู่จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 สองเท่า ๆ กัน ค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จะอยู่ที่กึ่งกลางเวลาทั้งหมดที่นำมาเฉลี่ย ถ้าจำนวนข้อมูลในแต่ละส่วนเป็นเลขคี่ ค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จะอยู่ระหว่างข้อมูล 2 ตัว ที่อยู่ตรงกลางของส่วนนั้นในกรณีนี้จะต้องปรับค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ตรงกับข้อมูลตัวใดตัวหนึ่ง

ถ้าจำนวนข้อมูลทั้งหมดเป็นเลขคี่ สามารถทำได้ดังนี้

1. ตัดค่าที่อยู่ตำแหน่งตรงกลางออก เพื่อให้จำนวนข้อมูลที่เหลือเป็นเลขคู่ แล้วแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน การตัดค่าในตำแหน่งตรงกลางออก ไม่ได้ตัดเวลาที่ควบคู่กับข้อมูลนั้นออกไปด้วย

2. นำค่าที่อยู่ในตำแหน่งตรงกลาง รวมเข้ากับข้อมูลทั้งสองส่วน

3. นำค่าที่อยู่ในตำแหน่งตรงกลางรวมเข้ากับข้อมูลส่วนใดส่วนหนึ่ง เมื่อคำนวณได้ค่าเฉลี่ย และเวลาของค่าเฉลี่ยของแต่ละส่วนแล้ว จะได้สมการค่าแนวโน้มเป็น

$$\hat{Y}_t = Y_1 + bt \tag{4}$$

เมื่อ $\hat{Y}_t$ คือ ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t

Y_1 คือ ค่าเฉลี่ยของส่วนแรก

t คือ $\ldots,-3,-2,-1,0,1,2,3,\ldots$ โดยที่ค่า $t=0$ จะอยู่ที่ค่าเฉลี่ย Y_1 ซึ่งระบุว่า $t=0$ จะระบุเป็นจุดเริ่มต้นต่อท้ายสมการ

b คือ ค่าความชัน $b = \dfrac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$ โดย Y_1, Y_2 เป็นค่าเฉลี่ยของส่วนแรกและส่วนหลัง X_1, X_2 เป็นเวลาของ Y_1, Y_2

5. วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least squares method) ให้ $\hat{Y}$ เป็นค่าแนวโน้มเส้นตรง $\left(\hat{Y} = a + bt\right)$ ประมาณค่าแนวโน้ม $\hat{Y}$ ที่มีจำนวน N ตัว จะได้สมการดังนี้

$$a = \frac{\sum_{t=0}^{N-1} Y_t}{N} - \frac{b\sum_{t=0}^{N-1} t}{N} = \bar{Y}_t - b\bar{t} \tag{5}$$

ถ้าจำนวนข้อมูล (N) ของอนุกรมเวลามีจำนวนมาก การหาค่า a และ b โดยวิธีนี้จะใช้เวลามากในการคำนวณ อาจทำให้ง่ายขึ้นโดยย้ายจุดเริ่มต้น $t=0$ แล้วทำให้ $\sum t = 0$ จะได้ว่า

$$b = \frac{\sum Y_t t}{\sum t^2} \tag{6}$$

การทำให้ $\sum t = 0$ พิจารณาเป็น 2 กรณี

1. ถ้าจำนวนอนุกรมเวลาเป็นเลขคี่ จะให้เวลาที่อยู่ตรงกลางมีค่า t เป็นศูนย์เวลาที่อยู่ก่อนเวลาตรงกลางมีค่า t เป็น $-1,-2,-3,\ldots$ และเวลาที่อยู่หลังเวลาตรงกลางมีค่า t เป็น $1,2,3,\ldots$

2. ถ้าจำนวนอนุกรมเวลาเป็นเลขคู่ จะให้ t ที่อยู่ระหว่างเวลาตรงกลางมีค่าเป็นศูนย์ เวลาที่อยู่ก่อนเวลานี้มีค่า t เป็น $-1,-3,-5,\ldots$ และช่วงเวลาที่อยู่หลังเวลานี้มีค่า t เป็น $1,3,5,\ldots$

สมการ $\left(\hat{Y} = a + bt\right)$ จะต้องกำหนดเงื่อนไข 3 ข้อ ดังนี้

1. จุดเริ่มต้น หมายถึงเวลาที่ $t=0$ ซึ่งต้องระบุวัน เดือน ปี
2. หน่วยของ t
3. หน่วยของ $\hat{Y}$

ข . การเปลี่ยนแปลงสมการแนวโน้ม

เนื่องจากสมการแนวโน้มที่หาได้นั้น จะต้องระบุเสมอว่าใช้จุดเริ่มตน วัน เดือน ปีอะไร ที่ Y และ t มี หน่วยเป็นอะไร บางครั้งมีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนจุดเริ่มต้นหรือหน่วยของ Y หรือ t ซึ่งสามารถทำการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนจุดเริ่มต้น

การเปลี่ยนจุดเริ่มต้นเพื่อให้อยู่ก่อนหรือหลังจุดเริ่มต้นเดิม การเปลี่ยนจุดเริ่มต้นจะไม่ทำให้ความชัน (b) เปลี่ยนแปลง แต่จะทำให้ค่า a ในสมการแนวโน้มเส้นตรงเปลี่ยนแปลงทำได้โดยเปลี่ยนค่า t ในสมการ (b) เปลี่ยนแปลง ซึ่งทำได้โดยเปลี่ยนค่า t ในสมการแนวโน้มเดิม ให้เป็น t บวกหรือลบด้วยจำนวนหน่วยเวลาที่ต้องการย้ายไปโดยเป็นบวก ถ้าจุดเริ่มต้นใหม่อยู่หลังจุดเริ่มต้นเดิมหรือเป็นลบ ถ้าจุดเริ่มต้นใหม่อยู่ก่อนจุดเริ่มต้นเดิม

การเปลี่ยนหรือย้ายจุดเริ่มต้นจะต้องคำนึงถึงหน่วยของเวลาด้วย เพราะจุดเริ่มต้นจะต้องอยู่ กึ่งกลางของหน่วยเวลา เช่น ข้อมูลรายเดือน จุดเริ่มต้นจะอยู่วันที่ 16 ของเดือน ข้อมูลราย 3 เดือน จุดเริ่มต้นจะอยู่ วันที่ 16 ของกลางเดือน

2. การเปลี่ยนหน่วยของ $\hat{Y}$

ในสมการแนวโน้มเดิมหน่วยของ $\hat{Y}$ อาจจะเป็นปีหรือครึ่งปี (6 เดือน) เมื่อต้องการเปลี่ยนหน่วยให้มีหน่วยน้อยกว่าหน่วยเดิม ทำได้โดยคูณทางขวามือด้วยอัตราส่วนของเวลาใหม่กับเวลาเดิม เช่น เดิมข้อมูลเป็นรายปี ต้องการเปลี่ยนให้เป็นรายเดือน เช่น เดิมข้อมูลเป็นรายปี ต้องการเปลี่ยนให้เป็นรายเดือน อัตราส่วนเป็น $\frac{1}{2}$ หรือเดิมข้อมูลเป็นราย 6 เดือน ต้องการเปลี่ยนให้เป็นราย 3 เดือน อัตราส่วนเป็น $\frac{3}{12}$ เป็นต้น

3. การเปลี่ยนหน่วยของ t

ตามปกติสมการแนวโน้มเวลาและข้อมูล จะมีหน่วยเดียวกัน เมือต้องการเปลี่ยนหน่วยของเวลา (t) จะทำให้ค่าความชัน (b) เปลี่ยนเพียงค่าเดียว การเปลี่ยนค่าความชันจะคูณด้วยอัตราส่วนของเวลาใหม่กับเวลาเดิม เช่น เดิม t มีหน่วย 1 ปี ต้องการเปลี่ยนให้มีหน่วย 1 เดือน ก็คูณความชัน $\frac{1}{12}$ หรือเดิม t มีหน่วย 1 ปี ต้องการเปลี่ยนให้มีหน่วย 3 เดือน อัตราส่วนเป็น $\frac{3}{12}=\frac{1}{4}$ ก็คูณความชันด้วย $\frac{1}{4}$

3) การประมาณฤดูกาล

ก. การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลนั้นเนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการคือ

1. อิทธิพลทางธรรมชาติ ตัวอย่างของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปตามอิทธิพลของธรรมชาติ เช่น ผลผลิตของผลไม้ชนิดหนึ่งในเดือนต่าง ๆ กันของปี ปริมาณของแสงแดด ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

2. สิ่งที่มนุษย์กำหนดขึ้น เช่น เทศกาลต่าง ๆ ตัวอย่างของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามเทศกาล เช่น ระดับการขายสินค้าบางประเภท

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมี 2 ประเภทคือ

1. ฤดูกาลที่มีเสถียรภาพ (stable seasonal) คือ การเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นทุก ๆ ปี ด้วยรูปแบบที่คงที่ภายในช่วงเวลานั้น

2. ฤดูกาลเปลี่ยนแปลง (changing seasonal) คือการเปลี่ยนแปลงที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ อย่างช้า ๆ ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ บางครั้งอาจคงรูปแบบของฤดูกาลที่มีเสถียรภาพอยู่เป็นเวลาหลายปี แต่หลังจากนั้นก็เปลี่ยนแปลงไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง

ข. วิธีการประมาณฤดูกาลที่มีเสถียรภาพ

ถ้าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลนั้นเป็นฤดูกาลที่มีเสถียรภาพคือ มีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบเดียว เราอาจประมาณค่าของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้จากการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลของหน่วยเวลาเดียวกันของทุก ๆ ฤดูกาล ค่าประมาณของฤดูของหน่วยเวลาที่ i คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลของหน่วยเวลาที่ i ของทุก ๆ ฤดูกาล เป็นต้น และเพื่อให้มัชฌิมเลขคณิตของค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยเวลาใน 1 ฤดูกาลมีค่าเท่ากับ 100 จึงคำนวณค่าเฉลี่ยใน 1 หน่วยเวลา คิดเป็นร้อยละของค่ามัชฌิมเลขคณิต

ข้อมูลอนุกรมเวลาโดยทั่ว ๆ ไป จะไม่มีแต่เฉพาะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเพียงอย่างเดียว ดังนั้นการหาค่าเปอร์เซ็นต์ของแต่ละหน่วยเวลาโดยใช้ค่ามัชฌิมเลขคณิตนั้นไม่เป็นนิยมใช้ วิธีปฏิบัติก็คือ จะต้องกำจัดส่วนประกอบที่เป็นแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรออกจากข้อมูลอนุกรมเวลาเสียก่อนที่จะหาค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยเวลา

ดังนั้นถ้าตัวแบบของอนุกรมเวลาเป็นตัวแบบเชิงคูณคือ เป็นผลคูณของส่วนประกอบทั้งสี่ ได้แก่ แนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ อาจทำการกำจัดส่วนประกอบที่เป็นแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรออกจากข้อมูลของอนุกรมเวลาได้โดยใช้วิธีดังนี้

1. การใช้วิธีอัตราส่วนต่อแนวโน้ม (Ratio to trend)

การกำจัดแนวโน้มออกจากข้อมูลเดิมอาจทำด้วยการหารข้อมูลเดิมทุกตัวด้วยค่าแนวโน้ม เสร็จแล้วทำให้หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ สิ่งที่เหลือก็คือการเคลื่อนไหวเนื่องจากส่วนประกอบการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติกล่าวคือ

$$\left(\frac{X}{\hat{T}}\times 100\right)=\frac{T\times C\times S\times I}{\hat{T}}\times 100=C\times S\times I\times 100 \tag{7}$$

โดยที่ใช้ $\hat{T}$ เป็นค่าประมาณของแนวโน้ม

จากนั้นทำการกำจัดการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติด้วยการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ส่วนใหญ่แล้วผู้วิเคราะห์จะทำการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยมีจำนวนเทอมเท่ากับจำนวนหน่วยเวลาใน 1 ฤดูกาล ซึ่งจะทำให้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลถูกกำจัดออกไป พร้อมด้วยการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ จึงเหลือแต่การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร จากนั้นนำการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรที่ได้ไปหารข้อมูลที่กำจัดแนวโน้มแล้ว ก็จะเหลือส่วนประกอบที่เป็นฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติและทำการกำจัดการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ โดยการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เหลือในแต่ละหน่วยเวลาเดียวกันของทุกฤดูกาล การหาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยวิธีนี้ไม่ค่อยจะเป็นที่นิยม เพราะการใช้วิธีนี้เพื่อหาดัชนีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลนั้น จะต้องประมาณค่าของทั้งแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรก่อนซึ่งเป็นการเสียเวลาในการคำนวณ หากผู้วิเคราะห์ไม่มีความประสงค์ที่จะศึกษาแนวโน้มหรือการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร

สรุปการหาดัชนีฤดูกาล (Seasonal index) โดยใช้วิธีอัตราส่วนต่อแนวโน้มนั้นปฏิบัติดังนี้

1. หาสมการแนวโน้มและประมาณค่า Y และหาค่า $(Y/\hat{Y})\times 100$
2. สร้างตารางสัดส่วนต่อค่าแนวโน้ม หาผลรวมแยกตามฤดูกาล, หาค่าเฉลี่ยแต่ละฤดูกาลและปรับค่าให้ผลรวมของค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 400
3. ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการปรับค่าแล้วคือค่าดัชนีฤดูกาล

2. การใช้วิธีอัตราส่วนต่อการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Ratio to moving average)

เป็นการแยกองค์ประกอบ T, C และ I ออกจากข้อมูลอนุกรมเวลาให้เหลือแต่ S ที่ต้องการ โดยที่หากข้อมูลเป็นรายเดือนจะใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 12 เดือน หรือ หากข้อมูลเป็นรายไตรมาสจะใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 ไตรมาส ซึ่งในที่นี้จะแสดงรายละเอียดขั้นตอนการหาดัชนีฤดูกาลของข้อมูลรายไตรมาส ดังนี้

1. หาผลรวมข้อมูลไตรมาสที่ 1 ถึง 4 ของปีที่ 1 แล้วใส่ผลรวมนั้นระหว่างกลางของไตรมาสที่ 2 และ 3 ของปีที่ 1 จากนั้นหาผลรวมไตรมาสที่ 2 ถึง 4 ของปีที่ 1 และไตรมาส ที่ 1 ของปีที่ 2 แล้วใส่ผลรวมนั้นระหว่างกลางของไตรมาสที่ 3 และ 4 ของปีที่ 1 ทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนถึงปีสุดท้ายจะได้ผลรวมไตรมาสที่ 1 ถึง 4 ของปีที่ n แล้วใส่ผลรวมนั้นระหว่างกลางของไตรมาสที่ 2 และ 3 ของปีที่ n

2. จากผลรวมตามข้อที่ 1 หารด้วย 4 เพื่อหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 ไตรมาส แล้วใส่ค่าเฉลี่ยนั้นให้ตรงกับผลรวมนั้น

3. จากค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 ไตรมาส ตามข้อที่ 2 หาค่าเฉลี่ยกึ่งกลางอีกครั้งเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ตรงกับไตรมาสเดิม เพราะค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 ไตรมาสตามขั้นตอนที่ 1 จะอยู่กึ่งกลางไตรมาส ในข้อนี้จะสังเกตได้ว่าไตรมาสที่ 1 และ 2 ของปีที่ 1 และไตรมาสที่ 3 และ 4 ของปีที่ n จะหายไป

4. หาค่าร้อยละของเฉลี่ยกึ่งกลาง โดยใช้ข้อมูลไตรมาสเดิมแต่ละไตรมาส หารด้วยค่าเฉลี่ยกึ่งกลางตามข้อที่ 3 แล้วคูณด้วย 100

5. จัดกลุ่มตามไตรมาสโดยให้ค่าร้อยละของเฉลี่ยกึ่งกลางไตรมาสเดียวกัน อยู่กลุ่มด้วยกัน จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของร้อยละของค่าเฉลี่ยกึ่งกลางในแต่ละไตรมาสอีกครั้งโดยตัดค่าร้อยละที่มีค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดทิ้ง (กรณีที่มีจำนวนปีไม่มากอาจจะใช้ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทั้งหมด โดยไม่ต้องตัดค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดทิ้ง)

6. ปรับค่าเฉลี่ยของร้อยละของค่าเฉลี่ยกึ่งกลาง ตามข้อที่ 5 ให้ได้ผลรวมเท่ากับ 400 (4 ไตรมาส) โดยหาร 400 ด้วยผลรวมของค่าร้อยละของค่าเฉลี่ยกึ่งกลาง แล้วนำผลที่ได้ไปคูณกับค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าเฉลี่ยกึ่งกลางในแต่ละไตรมาส ก็จะได้ค่าดัชนีฤดูกาลที่ปรับค่าแล้วของแต่ละไตรมาส

4) การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรและการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ

ในกรณีที่มีข้อมูลย้อนหลังเป็นระยะเวลายาว เช่น ตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรอาจมีผลต่อการวิเคราะห์อนุกรมเวลา เนื่องจากอนุกรมเวลาอาจผ่านสภาวะความรุ่งเรืองและความเสื่อม ซึ่งเป็นสภาวะที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานในด้านต่างๆ ดังนั้นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบฉบับในกรณีที่ข้อมูลย้อนหลังเป็นระยะยาวจึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงวัฏจักร ซึ่งเป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งในอนุกรมเวลาด้วย แม้ว่าการพยากรณ์ในส่วนนี้จะเป็นที่ยอมรับว่ากระทำได้ยาก

ก. การประมาณการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากวัฏจักร (Cyclical or nonperiodic fluctuations analysis) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เราไม่สามารถระบุหรือทราบลักษณะได้อย่างแน่ชัด เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลาบางชุดอาจจะมีวัฏจักรที่นานมากกว่า 1 ปี บางชุดอาจจะมีวัฏจักรเป็น 10 ปี ในขณะที่ข้อมูลบางชุดมีวัฏจักรภายในหนึ่งปีก็ได้ ซึ่งความแปรผันของข้อมู,ที่ เกิดจากวัฏจักรแบบนี้มักจะเกิดกับข้อมูลเชิงเศรษฐกิจ และมีแบบจำลองผลคูณ $Y = T \times S \times C \times I$ เราได้ค่าของ T และ S แล้วซึ่งจะนำไปหารแบบจำลองผลคูณจะได้

$$\frac{Y}{T \times S} = \frac{T \times S \times C \times I}{T \times S} = C \times I \qquad (9)$$

ดังนั้นจะเหลือแต่องค์ประกอบ C และ I โดยในที่นี่ต้องการขจัด I ออกไปให้เหลือแต่ C เท่านั้น ซึ่งทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 5 ไตรมาส ตามรายละเอียดขั้นตอนซึ่งคล้ายคลึงกันกับวิธีอัตราส่วนต่อการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Ratio to moving average) ดังนี้

1. หาผลรวมไตรมาสที่ 1 ถึง 4 ของปีที่ 1 และไตรมาสที่ 1 ของปีที่ 2 แล้วใส่ผลรวมนั้นตรงไตรมาสที่ 3 ของปีที่ 1 จากนั้นหาผลรวมไตรมาสที่ 2 ถึง 4 ของปีที่ 1 และไตรมาสที่ 1 ถึง 2 ของปีที่ 2 แล้วใส่ผลรวมนั้นตรงไตรมาสที่ 4 ของปีที่ 1 ทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนถึงปีสุดท้ายจะได้ ผลรวมไตรมาสที่ 4 ของปีที่ $n-1$ และไตรมาสที่ 1 ถึง 4 ของปีที่ n แล้วใส่ผลรวมนั้นตรงไตรมาสที่ 2 ของปีที่ n ซึ่งในขั้นตอนนี้จะสังเกตได้ว่าไตรมาสที่ 1 และ 2 ของปีที่ 1 และ ไตรมาสที่ 3 และ 4 ของปีที่ n จะหายไป

2. หารผลรวมไตรมาส 5 ไตรมาส ตามขั้นตอนที่ 1 ด้วย 5 จะได้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 5 ไตรมาส แล้วใส่ให้ตรงกับผลรวมนั้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบวัฏจักร C

ข. การประมาณการเปลี่ยนแปลงผิดปกติ

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความผิดปกติ (Irregular fluctuations analysis) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสุดท้ายที่ไม่สามารถทราบแบบแผนลักษณะการเคลื่อนไหวได้ และเราจะไม่ใช้เป็นตัวพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคต ซึ่งมีวิธีการคำนวณจาก $C \times I$ หารด้วย C

5) การพยากรณ์

ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบฉบับ ส่วนประกอบที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์คือส่วนประกอบของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล แนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร ส่วนการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกตินั้นเราไม่สามารถพยากรณ์ได้ เนื่องจากเป็นตัวแปรสุ่มมีรูปแบบที่ไม่แน่นอน ทำให้ไม่อาจคาดการณ์ได้ล่วงหน้าว่าจะเกิดอะไรขึ้น ณ เวลาใด และรุนแรงเพียงใด ดังนั้น ค่าพยากรณ์ $\hat{Y}$ ในหน่วยเวลา t จะหาค่าได้ดังนี้

$$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S} \qquad (10)$$

เมื่อ $\hat{T}$ คือค่าประมาณของส่วนประกอบแนวโน้มของหน่วยเวลา t

$\hat{S}$ คือค่าประมาณของส่วนประกอบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของหน่วยเวลา t

ในการพยากรณ์ค่าส่วนประกอบแนวโน้มและส่วนประกอบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลกระทำได้ไม่ยากนัก แต่การพยากรณ์ค่าของส่วนประกอบการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรนั้นไม่ใช่สิ่งที่ง่ายนัก เพราะการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรไม่มีรูปแบบ และความยาวของการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรไม่แน่นอน ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรในระยะสั้น หรืออาจใช้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในธุรกิจนั้น ๆ เช่น การประมาณอัตราการขยายตัวของธุรกิจโดยใช้ค่าเฉลี่ยของความสูง และความยาวของการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรในอดีต เป็นต้น แต่ในทางปฏิบัติก็ไม่ใช่สิ่งที่จะทำได้โดยง่าย และการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรในระยะสั้นก็มีความสำคัญต่อความแม่นยำของค่าพยากรณ์มากพอสมควร ดังนั้นการประมาณการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรโดยวิธีการนำเสนอไปในหัวข้อ 4 เป็นแนวทางหนึ่ง ที่อาจใช้ประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรได้อย่างเป็นระบบ นอกเหนือไปจากวิธีหาค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ ค่าประมาณของส่วนประกอบการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรที่จะใช้พยากรณ์ในฤดูกาลหน้าจะเป็นค่าในฤดูกาลปัจจุบัน

2.1.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินซ์ (Box-Jenkins)

วิธีของบอกซ์–เจนกินส์ (วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล และจิราวัลย์ จิตรถเวช, 2548) การพยากรณ์ด้วยวิธีของบอกซ์-เจนกินส์เป็นการพยากรณ์เชิงปริมาณวิธีหนึ่งที่มีแนวคิดว่าพฤติกรรมในอดีตของสิ่งที่ต้องการพยากรณ์นั้นเพียงพอที่จะพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคตของตัวเองได้โดยในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีของบอกซ์-เจนกินส์นี้จะแตกต่างจากการพยากรณ์โดยวิธีอื่นซึ่งผู้ที่สร้างตัวแบบพยากรณ์นั้นต้องกำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ต่อไปนี้ โดยเฉพาะเมื่ออนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้มวัฏจักรหรือฤดูกาลที่ชัดเจน ทำให้ยากในการกำหนดรูปแบบหรือการวิเคราะห์การทดถอยที่เหมาะสมได้ ซึ่งจะต้องทำการกำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามก่อน แต่วิธีพยากรณ์ของบอกซ์-เจนกินส์สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เพราะวิธีพยากรณ์ของบอกซ์-เจนกินส์นั้นไม่มีการกำหนดรูปแบบที่ตายตัวขึ้นก่อนทำการวิเคราะห์ โดยในระหว่างการวิเคราะห์รูปแบบจะถูกกำหนดขึ้นมาเอง ซึ่งสามารถทำตามขั้นตอนของบอกซ์-เจนกินส์ได้ดังนี้

1) คำนวณหาค่าของฟังชันก์สหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) เป็นขั้นตอนแรกสำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีสมบัตินิ่ง (stationary) คือการนำอนุกรมเวลาที่เราต้องการหาค่าการพยากรณ์มาคำนวณหาค่า ACF และ PACF เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดรูปแบบหรือใช้ในการเลือกตัวแบบซึ่งจะบอกถึงลำดับหรือจำนวนเทอมของข้อมูลที่จะต้องพิจารณาย้อนหลังที่มีค่าสังเกต N คือ $X_1, X_2, X_3, ..., X_N$

คำนวณหาค่า ACF จากสมการ

$$r_j = \frac{\sum_{t=1}^{N-j}(X_t - \bar{X})(X_{t+j} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^{N}(X_t - \bar{X})^2} \tag{11}$$

เมื่อ X_t คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t

j คือ จำนวนช่วงเวลาที่ข้อมูลอยู่ห่างกัน $j = 1, 2, 3, ..., k$

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดโดยที่ $\bar{X} = \frac{\sum_{t=1}^{N} X_t}{N}$

คำนวณหาค่า PACF จากสมการ

$$\hat{\phi}_{kk} = \begin{cases} r_1 & ; k = 1 \\ \dfrac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1}(\hat{\phi}_{(k-1)j} r_{k-j})}{1 - \sum_{j=1}^{k-1}(\hat{\phi}_{(k-1)j} r_j)} & ; k = 2, 3, 4, ... \end{cases} \tag{12}$$

และ $$\hat{\phi}_{kj} = \hat{\phi}_{(k-1)j} - \hat{\phi}_{kk}\hat{\phi}_{(k-1)(k-j)} \qquad ; j = 1,2,3,...,k-1 \tag{13}$$

2) การกำหนดตัวแบบสำหรับใช้การพยากรณ์ เป็นขั้นตอนที่พิจารณาว่าตัวแบบใดที่เหมาะสมกับข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ โดยพิจารณาจากค่า ACF และค่า PACF ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การพิจารณาค่า ACF และค่า PACF

ตัวแบบ	ACF	PACF
AR(p)	ลดลงเข้าหา 0 อย่างรวดเร็ว	หลัง lag p มีค่าเท่ากับ 0
MA(q)	หลัง lag q มีค่าเท่ากับ 0	ลดลงเข้าหา 0 อย่างรวดเร็ว
ARMA(p,q)	ลดลงเข้าหา 0 อย่างรวดเร็ว	ลดลงเข้าหา 0 อย่างรวดเร็ว

ตัวแบบเชิงปริมาณที่ใช้ในการพยากรณ์ของงานวิจัยนี้คือกระบวนการ ARIMA(p,d,q) p คือจำนวนเทอมที่ถอยในตัวเอง d คืออันดับของผลต่างที่ทำให้ข้อมูลนิ่ง q คือจำนวนเทอมของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่นกระบวนการ ARIMA(2,1,2) มีผลต่างอันดับที่ 1(d=1) ที่ทำให้ข้อมูลนิ่ง และมีเทอมการถดถอยและเทอมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 เทอมเท่ากัน ถ้า d=0 กระบวนการ ARIMA(p,d=0,q) หมายถึง ARMA(p,q) ข้อสังเกตกระบวนการ ARIMA(p,0,0) หมายถึงกระบวนการ AR(p) และกระบวนการ ARIMA(0,0,q) หมายถึงกระบวนการ MA(q) ตัวแบบ ARIMA(p,d,q) ได้มาจากกระบวนการ ARMA(p,q) ซึ่งอยู่ในรูปแบบทั่วไปดังต่อไปนี้

1. A pth-order autoregressive model: AR(p)

$$X_t = \delta + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + ... + \phi_p X_{t-p} + u_t \tag{14}$$

เมื่อ X_t คือ ตัวแปรตอบสนอง ณ เวลา t

δ คือ ค่าคงตัวของกระบวนการ

u_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลา t

$\phi_1, \phi_2, ..., \phi_p$ คือ สัมประสิทธิ์ของเทอมถดถอย

$X_{t-1}, X_{t-2}, ..., X_{t-p}$ คือ ตัวแปรตอบสนอง ณ lag ที่ $t-1, t-2, ..., t-p$

2. A qth-order moving average model: MA(q)

$$X_t = \mu + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - ... - \theta_q u_{t-q} \tag{15}$$

เมื่อ X_t คือ ตัวแปรตอบสนอง ณ เวลา t

μ คือ ค่าเฉลี่ยคงที่

u_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลา t

$\theta_1, \theta_2, ..., \theta_q$ คือ สัมประสิทธิ์ของเทอมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

$u_{t-1}, u_{t-2}, ..., u_{t-q}$ คือ เทอมของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ q เทอม

3. A pth and qth-order autoregressive moving average model :ARMA (p,q)

$$X_t = \delta + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + ... + \phi_q X_{t-p} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - ... - \theta_q u_{t-q} \quad (16)$$

เมื่อ X_t คือ ตัวแปรตอบสนอง ณ เวลา t

δ คือ ค่าคงตัวของกระบวนการ

u_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลา t

$\phi_1, \phi_2, ..., \phi_p$ คือ สัมประสิทธิ์ของเทอมถดถอย

$\theta_1, \theta_2, ..., \theta_q$ คือ สัมประสิทธิ์ของเทอมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

$u_{t-1}, u_{t-2}, ..., u_{t-q}$ คือ เทอมของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ q เทอม

$X_{t-1}, X_{t-2}, ..., X_{t-p}$ คือ ตัวแปรตอบสนอง ณ lag ที่ $t-1, t-2, ..., t-p$

3) ประมาณค่าพารามิเตอร์ เป็นขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีอยู่ในตัวแบบอนุกรมเวลา โดยใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood) $L(\underline{\phi}, \underline{\theta}, \delta, \sigma_u^2 | X_t, t = 1, 2, 3, ..., N)$ และค่าตัวประมาณของ $\underline{\phi}, \underline{\theta}$ และ δ สามารถคำนวณได้จากการทำให้ผลบวกต่ำสุดของความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าต่ำสุด นั้นคือ

$$\text{Minimize} \sum_{t=1}^{n} \varepsilon_t^2$$

โดยที่

$$\varepsilon_t = X_t - \hat{\phi}_1 X_t - ... - \hat{\phi}_p X_{t-p} - \hat{\delta} + \hat{\theta}_1 \varepsilon_{t-1} + ... + \hat{\theta}_q \varepsilon_{t-q} \quad (17)$$

เป็นค่าประมาณของ u_t ซึ่งพิจารณาจากสมการ

$$u_t = X_t - \hat{\phi}_1 X_t - .... - \hat{\phi}_p X_{t-p} - \hat{\delta} + \hat{\theta}_1 u_{t-1} + ... + \hat{\theta}_q u_{t-q} \quad (18)$$

เมื่อหาค่าประมาณของ $\underline{\phi}, \underline{\theta}$ และ δ ได้แล้ว จะได้ค่าประมาณของ σ_u^2 คือ

$$\hat{\sigma}_u^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N} \varepsilon_t^2 \quad (19)$$

ให้ $\hat{\beta}$ แทนตัวประกอบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สถิติที่ใช้ทดสอบตัวประมาณคือสถิติ t ซึ่ง

$$t_{\hat{\beta}} = \frac{\hat{\beta}}{SE(\hat{\beta})} \tag{20}$$

โดย $SE(\hat{\beta})$ คือความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ $\hat{\beta}$ และมีองศาเสรีคือจำนวนเทอม N ลบด้วยพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า

4) การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ได้คัดเลือกไว้และได้ประมาณค่าพารามิเตอร์เรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนต่อไปเราจะต้องนำตัวแบบมาตรวจสอบความเหมาะสม ซึ่งหลักในการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบเราจะพิจารณาจากคุณสมบัติความน่าจะเป็นสุ่มของค่าความคลาดเคลื่อน u_t โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับความไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองนั่นคือ ถ้าตัวแบบที่ได้เลือกไว้มีความเหมาะสมและทราบค่าพารามิเตอร์เราจะใช้สถิติ Q ซึ่งมีการแจกแจงไคกำลังสอง โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$Q(k) = \{(N-d)[(n-d)+2]\} \sum_{j=1}^{k} \frac{r_j^2}{[(N-d)-j]} \tag{21}$$

สถิติ Q เป็นสถิติที่ใช้ทดสอบความไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อน u_t โดยที่มีองศาเสรีของสถิติ $Q = k$ ลบด้วยจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่าของตัวแบบที่เลือกไว้

เมื่อ k คือ จำนวนช่วงเวลาที่ข้อมูลอยู่ห่างกัน k (จำนวน lag)

N คือ จำนวนค่าสังเกตทั้งหมดของค่าอนุกรมเวลา

d คือ อันดับของผลต่างของอนุกรมเวลา

r_j คือ ค่าอัตสหสัมพันธ์ที่ lag j

5) การพยากรณ์

เมื่อได้มีการตรวจสอบแล้วว่าตัวแบบที่กำหนดให้กับอนุกรมเวลามีความเหมาะสมขั้นตอนต่อไปจะมีการนำเอาสมการจากตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์ เพื่อหาค่าพยากรณ์

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กมล ท่าเรือรักษ์, ดร.ปัญญา ชูพานิช และมงคล ทวีชัยทศพล (2549, บทคัดย่อ) ศึกษาความสัมพันธ์ปริมาณอุบัติเหตุในรูปอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบดำเนินการศึกษาการทำนายปริมาณอุบัติเหตุบนถนนหลวง ในรูปอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบ (Decomposition Approach) โดยการรวบรวมฐานข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น จากสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวงและสำนักงานตำรวจแห่งชาติติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538-2546 มาทำการวิเคราะห์ในการสร้างรูปแบบจำลอง การพยากรณ์ปริมาณอุบัติเหตุในรูปแบบอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบ โดยมีขั้นตอนการวิจัยวิธีทางสถิติ เริ่มต้นจากการทดสอบแผนการกระจายของข้อมูลในรูปแบบอนุกรมเวลาทั้งแบบเชิงเส้นตรง และแบบไม่เชิงเส้นตรงเพื่อตรวจสอบดูแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุในอนุกรมเวลา จากผลการทดสอบสังเกตเห็นได้ว่าข้อมูลมีการแกว่งตัวค่อนข้างสูงมากเมื่อดำเนินการหาเฉลี่ยเคลื่อนที่เพื่อหา ส่วนประกอบฤดูกาลแล้วพบว่าอิทธิพลของส่วนประกอบฤดูกาลมากที่สุดได้แก่เดือนเมษายน รองลงมาได้แก่เดือนมกราคม ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่เกิดอุบัติเหตุเนื่องจากพฤติกรรมของผู้ขับขี่อันมาจากอิทธิพลของเทศกาลประจำปีของประเทศ นอกจากนี้รูปแบบจำลองแบบพาราโบล่ามีความสามารถ ในการพยากรณ์อุบัติเหตุได้ดีกว่ารูปแบบจำลองแบบเชิงเส้นตรง

กล่าวโดยสรุปของการพยากรณ ์ปริมาณอุบัติเหตุในรูปอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบในรูปของผลคูณของประกอบอุบัติเหตุ และผลสรุปกราฟผลแสดงการพยากรณ์จำนวนอุบัติเหตุบนทางหลวงช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2538-2546 จะเห็นได้ว่า ปริมาณอุบัติเหตุบนทางหลวงแผ่นดินของประเทศไทยมีแนวโน้มตามรูปแบบพาราโบล่าตามส่วนประกอบการวิเคราะห์ที่ได้จากตัวข้อมูลปริมาณอุบัติเหตุตามแนวโน้มของเวลา และอิทธิพลอันเนื่องมาจากเทศกาลต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อผู้ใช้ และมีช่วงที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุดประจำปีประมาณช่วงเดือนเมษายน และ เดือนมกราคม

Armstrong, Collapy & Yokum (2004) ศึกษาการสร้างตัวแบบจำลองแบบแยกส่วนประกอบโดยการตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุกับตัวแบบอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบเพื่อจะสำรวจหาว่าอะไรที่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดจริงหลังจากดำเนินการทดสอบตัวแบบอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบ อาศัยการวางสมมติฐานโดยอันดับแรก คือการอาศัยความรู้ที่เป็นเหตุเป็นผลในการวางโครงสร้างปัญหาเพื่อให้สอดคล้องกับส่วนประกอบอนุกรมเวลา ส่วนอันดับสอง คือเมื่อทราบความเป็นไปได้ที่จะให้ความแม่นยำที่ถือเป็นสาเหตุอย่างสัมพัทธ์กับ แต่ละส่วนประกอบในตัวแบบจำลองสำหรับความแม่นยำในแต่ละส่วนประกอบอาศัยการทดสอบผ่านตัวอย่าง ที่แยกสำหรับการทดสอบ (Hold out sample) จากนั้นจึงดำเนินการทดสอบปัจจัยที่เป็นสาเหตุในตัวแบบอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบใน 16 ตัวแบบจำลองอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบ แบ่งออกเป็นอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบในเรื่องอุบัติเหตุเกี่ยวกับรถยนต์ (Automobile Accident) อุบัติเหตุบนเครื่องบิน (Airline Accident) ยอดขายเครื่องคอมพิวเตอร์ รายได้จากการตั๋วเครื่องบิน เป็นต้น ช่วงคาบเวลาข้อมูลที่ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ 12 ปีสำหรับรายได้จากการขายตั๋วเครื่องบินจนถึง 56 ปีสำหรับเรื่องอุบัติเหตุเกี่ยวกับรถยนต์อีก 3 ตัวแบบจำลองไม่สามารถพบปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักในการทดสอบแบบจำลองได้

อรรคพล เซี่ยงโหล (2552, บทคัดย่อ) ศึกษาการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์รูปแบบอนุกรมเวลากับเทคนิคการพยากรณ์แบบเป็นเหตุเป็นผล กรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตรถกระบะแห่งหนึ่งในประเทศไทย งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพยากรณ์ปริมาณยอดขายของบริษัทผู้ผลิตรถกระบะแห่งหนึ่งในประเทศไทยเพื่อทำการวางแผนทางธุรกิจของทางบริษัทและปรับปรุงข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนทางธุรกิจให้ดีขึ้น ซึ่งเวลาในการทำวิจัยนี้ใช้ข้อมูลปริมาณการขายโดยรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ถึง ปี พ.ศ. 2552 จากนั้นผู้วิจัยทำการเลือกรูปแบบเทคนิคและวิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลโดยพิจารณาเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์การหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดร้อยละสัมบูรณ์ (Mean absolute percentage error, MAPE) วิธีการพยากรณ์ 8 วิธีการได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ วิธีการหาค่าแบบตรง (Naive), วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average), วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ $M \times N\left(MA\left(M \times N\right)\right)$, วิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential smoothing), วิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลของฮอล์ท (Holt’s Exponential smoothing), วิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลของวินเทอร์ (Winter’s exponential smoothing), วิธีแยกองค์ประกอบ (Decomposition) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression) ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่า วิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลให้ค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

วชิราภรณ์ วงศ์ษาเดช (2543, บทคัดย่อ) ศึกษาการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีคลาสสิคกับวิธีบอกซ์-เจนกินส์ จากการศึกษาพบว่าเป็นข้อมูลที่มีฤดูกาล การพยากรณ์ข้อมูลโดยวิธีคลาสสิคได้สมการ พยากรณ์คือ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$ คำนวณค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) เท่ากับ 919,040.067 ล้านบาท และการพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ได้รูปแบบสมการพยากรณ์ คือ $ARIMA(2,1,0)(3,1,0)_{12}$ ไม่มีค่าคงตัว (No constant) คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) เท่ากับ 691,610.531 ล้านบาท ดังนั้นการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาโดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ จึงมีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดดังกล่าว เนื่องจากได้ค่าความเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยกว่าการพยากรณ์โดยวิธคลาสสิค

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเรื่อง การพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีแบบฉบับและวิธีบอกซ์-เจนกินส์ มีวิธีดำเนินการศึกษาโดยแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2549 ถึงเดือนธันวาคม 2554 รวมทั้งสิ้น 72 เดือน แหล่งที่มาของข้อมูล: สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม แสดงดังตารางที่ 2

ตางรางที่ 2 ข้อมูลจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2549-2554

หน่วย: ครั้ง

เดือน	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2554
มกราคม	1,259	1,414	1,492	1,392	1,288	1,199
กุมภาพันธ์	1,033	1,066	1,107	1,105	942	874
มีนาคม	1,115	1,084	1,148	1,139	990	940
เมษายน	1,638	1,625	1,860	1,565	1633	1,507
พฤษภาคม	950	1,028	1,020	1,101	961	730
มิถุนายน	893	1,040	1,035	1,121	824	786
กรกฎาคม	978	1,031	1,042	1,008	892	791
สิงหาคม	940	1,059	1,046	994	923	764
กันยายน	830	1,035	1,032	1,074	796	716
ตุลาคม	996	1,008	1,101	977	944	661
พฤศจิกายน	973	999	997	931	843	593
ธันวาคม	1,323	1,266	1,476	1,266	1,018	1,046

3.1 นำข้อมูลในตารางที่ 2 มาวิเคราะห์ด้วยวิธีแบบฉบับ (Classical time series) เพื่อให้ได้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด

3.2 นำข้อมูลในตารางที่ 2 มาวิเคราะห์ด้วยวิธีวิธีบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) เพื่อให้ได้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด

3.3 ดำเนินการเปรียบเทียบค่า RMSE โดยวิธีแบบฉบับ และวิธีวิธีบอกซ์-เจนกินส์

บทที่ 4
ผลการศึกษา

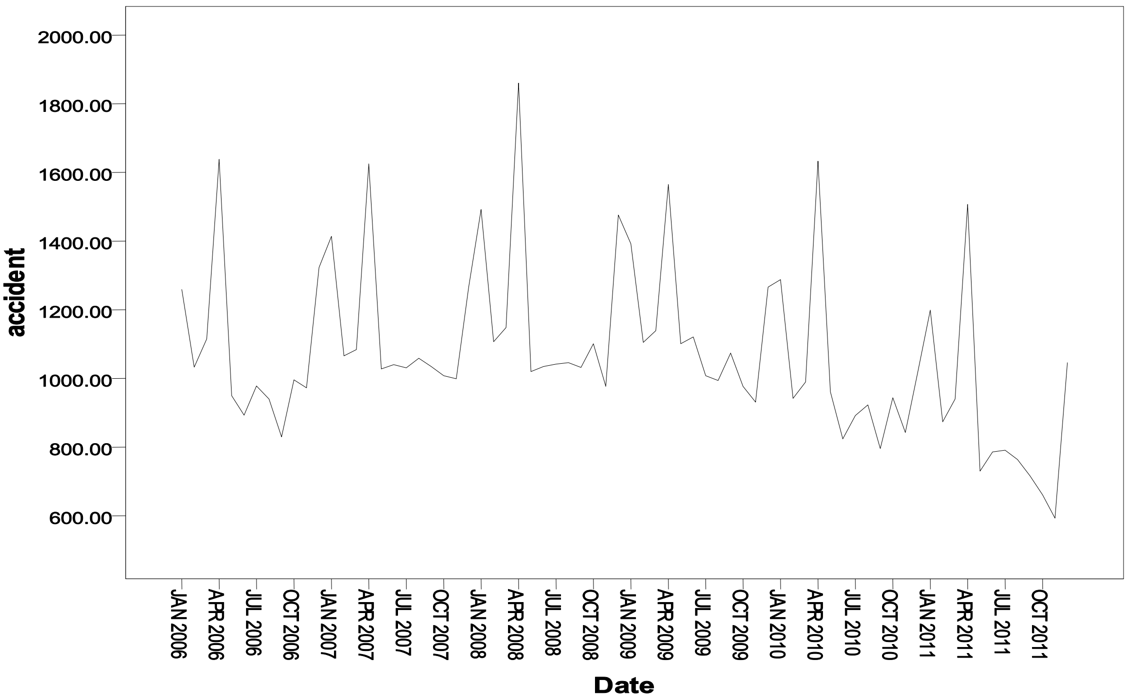
จากการศึกษาวิธีการพยากรณ์อนุกรมแบบฉบับและเทคนิค และวิธีการพยากรณ์อนุกรมแบบบอกซ์-เจนกินส์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ทั้งสองแบบ เพื่อจะได้สามารถเลือกวิธีพยากรณ์ที่ถูกต้องแม่นยำกว่าไปใช้ในการพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลจำนวนการเกิดอุบัติเหตุบนทางหลวงในประเทศไทยรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึงเดือนธันวาคม 2554 รวมเป็นเวลา 6 ปี หรือ 72 เดือน ข้อมูลมีหน่วยเป็นคน โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ คือ

4.1 การวิเคราะห์รูปแบบพยากรณ์โดยวิธีแบบฉบับ

4.2 การวิเคราะห์รูปแบบพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์

4.3 การเปรียบเทียบรูปแบบพยากรณ์ที่ได้จากทั้งสองวิธี

การตรวจสอบแหล่งข้อมูลและลักษณะข้อมูล นำข้อมูลมาพล็อตกราฟ เพื่อตรวจสอบแหล่งข้อมูล

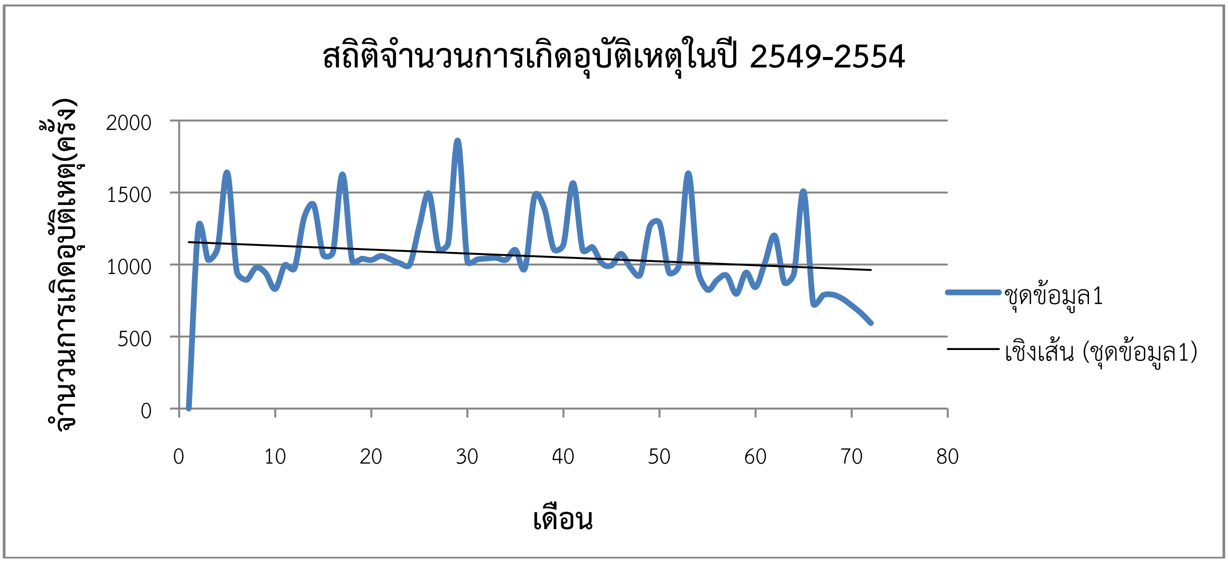


ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์จำนวนอุบัติเหตุกับเวลา (เดือน)

สังเกตได้ว่าการเคลื่อนไหวข้อมูลมีการแกว่งตัวสูง ตามเทศกาลวันหยุดต่างๆ ของแต่ละเดือนในรอบหนึ่ง ที่มีลักษณะซ้ำไปซ้ำมาสามารถแสดงให้ได้ดังกราฟรูปที่ 5

4.1 การวิเคราะห์รูปแบบพยากรณ์โดยวิธีแบบฉบับ

4.1.1 ผลส่วนประกอบของแนวโน้ม (Trend Component) นำข้อมูลมาพล็อตกราฟ เพื่อดูแนวโน้มของกราฟ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภาพแนวโน้มของข้อมูลการกระจายตัวข้อมูลระหว่างจำนวนอุบัติเหตุกับลำดับเวลาตามเดือนที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อพิจารณาจากลักษณะของกราฟในรูปที่ 6 จะเห็นว่าแนวโน้มมีลักษณะเป็นเส้นตรง

4.1.2 คำนวณค่าดัชนีฤดูกาล (Seasonal index)

เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยใช้วิธีอัตราส่วนต่อการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Ratio to moving average) โดยทำการเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งละ 12 เดือน (k=12) ซึ่งเป็นการกำจัดอิทธิพลของฤดูกาล (S) และการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ (I) ออกจากข้อมูลก่อน และทำการคำนวณตามขั้นตอน ค.2 ในบทที่ 2 จะได้ค่าดัชนีฤดูกาล ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีฤดูกาล

เดือน	**ม.ค**	**ก.พ**	**มี.ค**	**เม.ย**	**พ.ค**	**ก.ค**	**มิ.ย**	**ส.ค**	**ก.ย**	**ต.ค**	**พ.ย**	**ธ.ค**
ดัชนีฤดูกาล (%)	124.0	93.5	97.1	152.6	89.7	89.1	89.1	89.3	85.6	90.6	85.0	114.4

จะพบว่าเมื่อนำค่าดัชนีฤดูกาลที่ได้จากตารางที่ 3 ของทุกเดือนมารวมกันจะเท่ากับ 1200 เพราะเป็นค่าดัชนีฤดูกาลที่ปรับแล้ว (Normalized seasonal index) เนื่องจากการคำนวณค่าดัชนีฤดูกาลในรูปเปอร์เซ็นต์ นั่นหมายถึงถ้าจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในเดือนใดมีค่าดัชนีฤดูกาลเท่ากับ 100 แสดงว่าไม่มีอิทธิพลของฤดูกาลต่อปริมาณการเกิดอุบัติเหตุเฉลี่ย แต่ถ้าดัชนีฤดูกาลในเดือนใดมีค่ามากกว่า 100 แสดงว่าอิทธิพลของฤดูกาลในเดือนนั้นทำให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุในเดือนนั้นสูงกว่าจำนวนการเกิดอุบัติเหตุเฉลี่ย และถ้าค่าดัชนีฤดูกาลในเดือนใดมีค่าน้อยกว่า 100 แสดงว่าอิทธิพลของฤดูกาลในเดือนนั้นทำให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุต่ำกว่าจำนวนการเกิดอุบัติเหตุเฉลี่ย

จากค่าดัชนีฤดูกาลในตารางที่ 1 จะพบว่า เนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลในเดือนที่ 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 และ 11 จะทำให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุต่ำกว่าจำนวนการเกิดอุบัติเหตุเฉลี่ย 6.5%, 2.9%, 10.3%, 10.9%, 10.9%, 10.7%, 14.4%, 9.4% และ15% ตามลำดับ ส่วนอิทธิพลของฤดูกาลในเดือนที่ 1, 4 และ 12 จะทำให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุต่ำกว่าจำนวนการเกิดอุบัติเหตุเฉลี่ย 24%, 52.6% และ 14.4% ตามลำดับ

4.1.3 การคำนวณหาค่าแนวโน้มเส้นตรง ($\hat{T}$) ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากสมการแนวโน้ม $\hat{Y} = a + bt$ โดยที่

$$a = \frac{\sum Y}{N}$$

$$b = \frac{\sum Y_t}{\sum t^2}$$

ได้สมการแนวโน้มเส้นตรงคือ

$$\hat{Y} = 1217.481 - 3.9595t$$

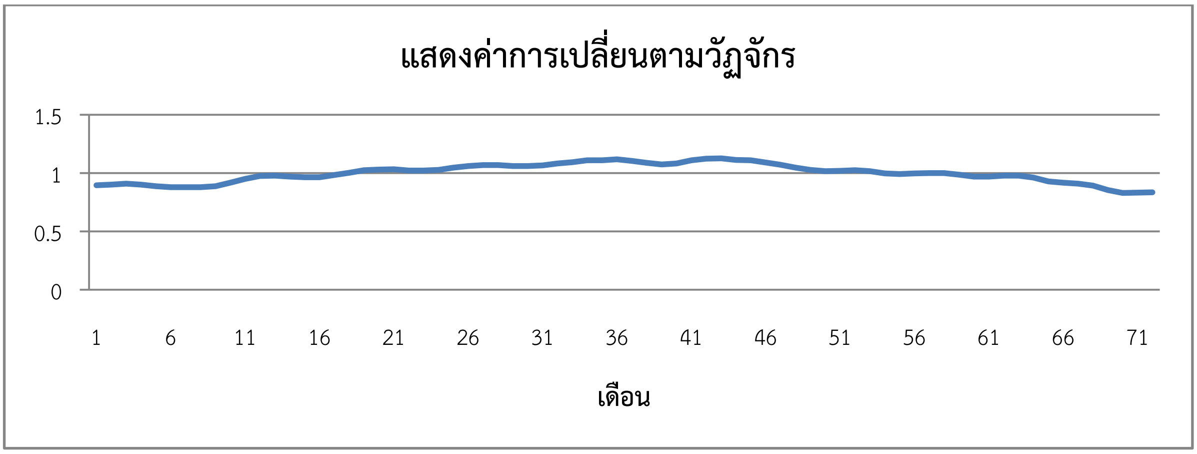
จุดเริ่มต้น 1 มกราคม 2549

t หน่วย เดือน

$\hat{Y}$ ข้อมูลค่าพยากรณ์การเกิดจำนวนอุบัติเหตุ (หน่วย/ครั้ง)

4.1.4 คำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร ($\hat{C}$) และคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ ($\hat{I}$)

การคำนวณค่าเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร ($\hat{C}$) จะกระทำโดยกำจัดแนวโน้ม ($\hat{T}$) ออกจากค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA) โดยที่ $\hat{C} = (T \times C) / \hat{T}$ และค่า ($\hat{C}$) ที่คำนวณได้ตารางที่ 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.8302 ถึง 1.1265 ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับ 1 และเมื่อนำค่า ($\hat{C}$) มาพล็อตกราฟ จะมีลักษณะดังนี้



ภาพที่ 7 ค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร

การคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ ($\hat{I}$) โดยที่ $\hat{I} = (S \times I) / \hat{S}$ จากค่าการเปลี่ยนแปลงค่าผิดปกติพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่มีค่าระหว่าง 0.894 ถึง 1.172 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ 1 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลาที่คำนวณได้ทั้งหมด แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การแยกส่วนประกอบ Seasonal decomposition

เดือนที่	ข้อมูล (Y)	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA)	อัตราส่วนต่อการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (%)	ดัชนีฤดูกาล (%)	ค่าการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ ($\hat{I}$)	ค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร ($\hat{C}$)
1	1259.000	-	-	124.0	0.935	0.8947
2	1033.000	-	-	93.5	1.014	0.9008
3	1115.000	-	-	97.1	1.046	0.9101
4	1638.000	-	-	152.6	0.991	0.9007
5	950.000	-	-	89.7	0.996	0.8881
6	893.000	-	-	89.1	0.955	0.8791
7	978.000	1077.3333	90.8	89.1	1.047	0.8807
8	940.000	1090.2500	86.2	89.3	1.009	0.8801
9	830.000	1093.0000	75.9	85.6	0.923	0.8888
10	996.000	1090.4167	91.3	90.6	1.016	0.9182
11	973.000	1089.3333	89.3	85.0	1.025	0.9517
12	1323.000	1095.8333	120.7	114.4	1.013	0.9763
13	1414.000	1108.0833	127.6	124.0	0.999	0.9793
14	1066.000	1112.5000	95.8	93.5	1.011	0.9711
15	1084.000	1122.4167	96.6	97.1	1.000	0.9638
16	1625.000	1139.5000	142.6	152.6	0.956	0.9652
17	1028.000	1140.5000	90.1	89.7	1.014	0.9829
18	1040.000	1142.6667	91.0	89.1	1.014	1.0040
19	1031.000	1137.9167	90.6	89.1	0.989	1.0244
20	1059.000	1144.4167	92.5	89.3	1.010	1.0316
21	1035.000	1147.8333	90.2	85.6	1.031	1.0339
22	1008.000	1153.1667	87.4	90.6	.962	1.0220
23	999.000	1172.7500	85.2	85.0	1.019	1.0235
24	1266.000	1172.0833	108.0	114.4	0.960	1.0270
25	1492.000	1171.6667	127.3	124.0	1.027	1.0481
26	1107.000	1172.5833	94.4	93.5	1.001	1.0617
27	1148.000	1171.5000	98.0	97.1	0.995	1.0698
28	1860.000	1171.2500	158.8	152.6	1.031	1.0683

ตารางที่ 4 การแยกส่วนประกอบ Seasonal decomposition (ต่อ)

เดือนที่	ข้อมูล (Y)	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA)	อัตราส่วนต่อการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (%)	ค่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (%)	ค่าการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ ($\hat{I}$)	ค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร ($\hat{C}$)
30	1035.000	1177.1667	87.9	89.1	0.997	1.0605
31	1042.000	1194.6667	87.2	89.1	1.001	1.0673
32	1046.000	1186.3333	88.2	89.3	0.991	1.0838
33	1032.000	1186.1667	87.0	85.6	1.013	1.0947
34	1101.000	1185.4167	92.9	90.6	1.011	1.1098
35	977.000	1160.8333	84.2	85.0	0.959	1.1109
36	1476.000	1167.5833	126.4	114.4	1.074	1.1177
37	1392.000	1174.7500	118.5	124.0	0.950	1.1035
38	1105.000	1171.9167	94.3	93.5	1.018	1.0886
39	1139.000	1167.5833	97.6	97.1	1.026	1.0749
40	1565.000	1171.0833	133.6	152.6	0.894	1.0823
41	1101.000	1160.7500	94.9	89.7	1.047	1.1113
42	1121.000	1156.9167	96.9	89.1	1.065	1.1235
43	1008.000	1139.4167	88.5	89.1	0.959	1.1265
44	994.000	1130.7500	87.9	89.3	0.959	1.1126
45	1074.000	1117.1667	96.1	85.6	1.089	1.1089
46	977.000	1104.7500	88.4	90.6	0.955	1.0896
47	931.000	1110.4167	83.8	85.0	0.991	1.0718
48	1266.000	1098.7500	115.2	114.4	1.030	1.0463
49	1288.000	1074.0000	119.9	124.0	0.988	1.0271
50	942.000	1064.3333	88.5	93.5	0.974	1.0154
51	990.000	1058.4167	93.5	97.1	0.984	1.0201
52	1633.000	1035.2500	157.7	152.6	1.033	1.0241
53	961.000	1032.5000	93.1	89.7	1.046	1.0171
54	824.000	1025.1667	80.4	89.1	0.922	0.9988
55	892.000	1004.5000	88.8	89.1	1.010	0.9914
56	923.000	997.0833	92.6	89.3	1.042	0.9963
57	796.000	991.4167	80.3	85.6	0.937	1.0007
58	944.000	987.2500	95.6	90.6	1.054	1.0001
59	843.000	976.7500	86.3	85.0	1.022	0.9865
60	1018.000	957.5000	106.3	114.4	.935	0.9712

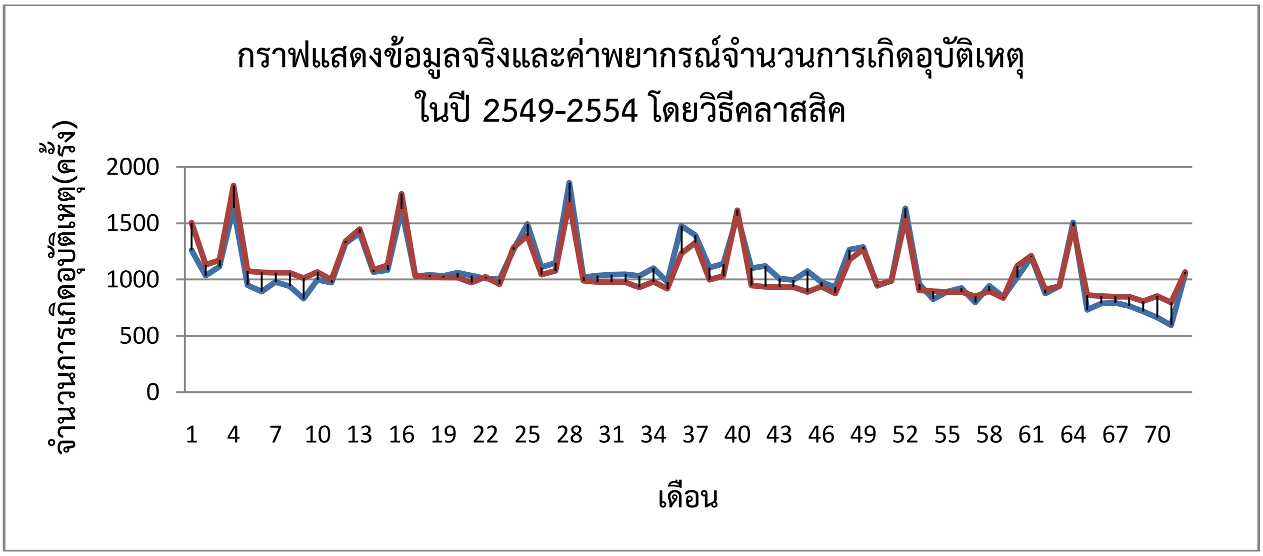
ตารางที่ 4 การแยกส่วนประกอบ Seasonal decomposition (ต่อ)

เดือนที่	ข้อมูล (Y)	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA)	อัตราส่วนต่อการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (%)	ค่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (%)	ค่าการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ $(\hat{I})$	ค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร $(\hat{C})$
62	874.000	945.9167	92.4	93.5	0.984	0.9777
63	940.000	932.6667	100.8	97.1	1.021	0.9790
65	730.000	902.4167	80.9	89.7	0.912	0.9299
66	786.000	881.5833	89.2	89.1	1.006	0.9170
67	791.000	883.9167	89.5	89.1	1.026	0.9088
68	764.000	-	-	89.3	1.010	0.8935
69	716.000	-	-	85.6	1.036	0.8547
70	661.000	-	-	90.6	0.934	0.8302
71	593.000	-	-	85.0	0.894	0.8335
72	1046.000	-	-	114.4	1.172	0.8370

4.1.5 ทำการพยากรณ์

จากค่าของส่วนประกอบทั้ง 4 ส่วนของอนุกรมเวลา ที่ได้จากโปรแกรม SPSS จากการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบฉบับจะเห็นว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติมีค่าน้อย อยู่ระหว่าง 0.894 ถึง 1.172 และค่าการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรมีค่าน้อยอยู่ระหว่าง 0.8302 ถึง 1.1265 ส่วนประกอบส่วนทั้งสองนี้จึงไม่มีผลการวิเคราะห์อนุกรมมากนัก การพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบฉบับของข้อมูลชุดนี้ จึงใช้ส่วนประกอบของอนุกรมส่วนนี้คือ แนวโน้ม $(\hat{T})$ และการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล $(\hat{S})$ และสมการการพยากรณ์คือ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$ ค่าที่ได้แสดงในภาคผนวก จะได้ค่า RMSE เท่ากับ 229.5816 ครั้ง

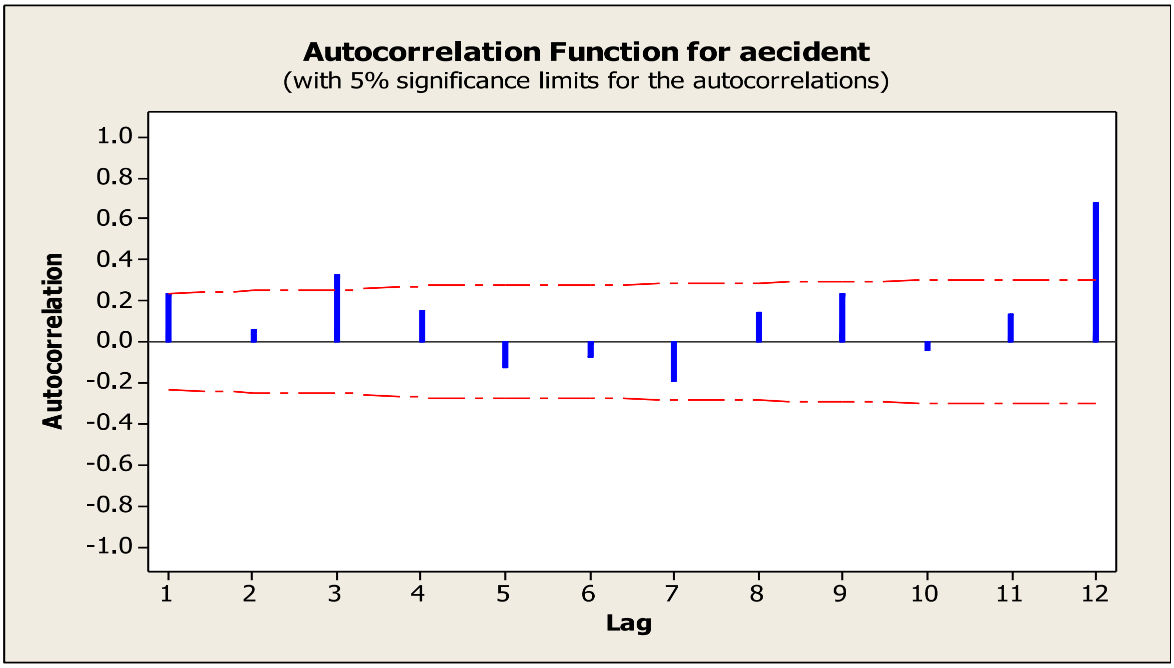
เมื่อพิจารณากราฟค่าจริงกับค่าพยากรณ์ จะได้ว่าค่าพยากรณ์มีลักษณะใกล้เคียงกับค่าจริง ดังภาพที่ 8 โดยมีรากที่สองค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) = 229.5816 ครั้ง



ภาพที่ 8 ค่าจำนวนจริงกับค่าพยากรณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุในปี 2549-2554 โดยวิธีฉบับ

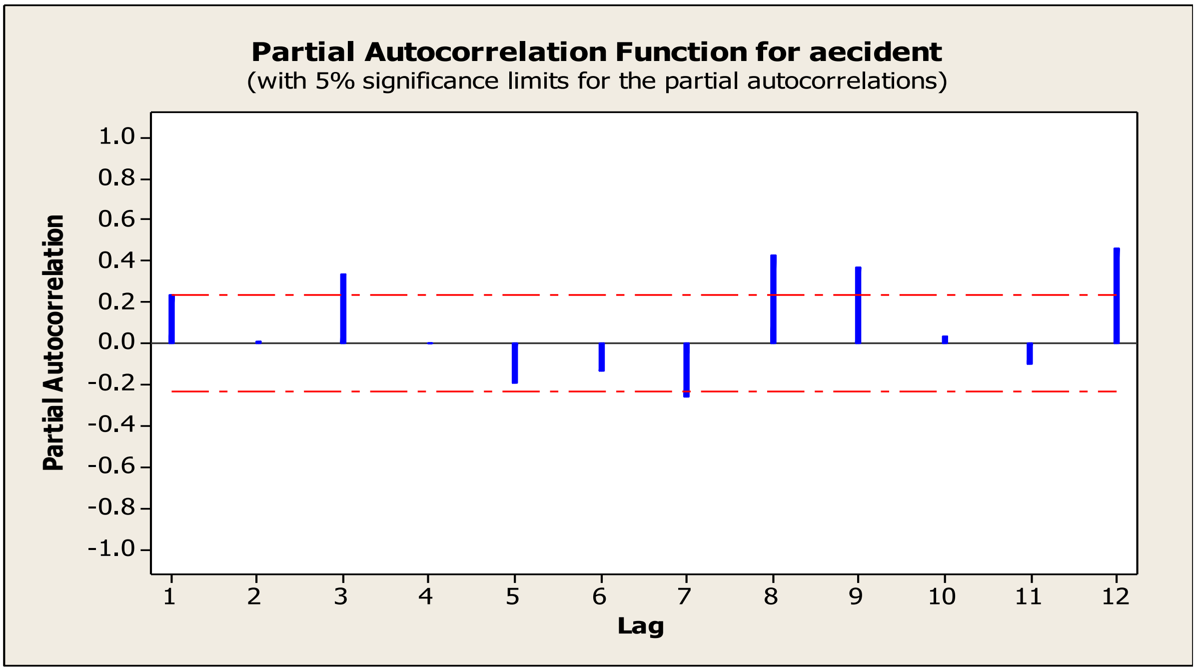
4.2 การวิเคราะห์รูปแบบพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์

4.2.1 พิจารณากราฟ ACF ของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กราฟ ACF ของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุปี 2549 – 2554

พิจารณากราฟ PACF ของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 กราฟ PACF ของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุปี 2545 - 2554

4.2.2 การกำหนดตัวแบบ

จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 เมื่อพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF จะได้ตัวแบบที่เหมาะสม คือตัวแบบ ARIMA (0,1,3),(2,1,0)$_{12}$ ซึ่งมีรูปแบบทั่วไปดังนี้

$$\hat{X}_t = X_{t-1} + (\phi_1 - 1)X_{t-12} + (\phi_1 - \phi_2 + 1)X_{t-13} + \phi_2 X_{t-14} + \phi_1 X_{t-24} + (\phi_2 - \phi_1)X_{t-25}$$
$$-\phi_2 X_{t-26} - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - \theta_3 u_{t-3}$$

4.2.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ ค่าประมาณของพารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ 5

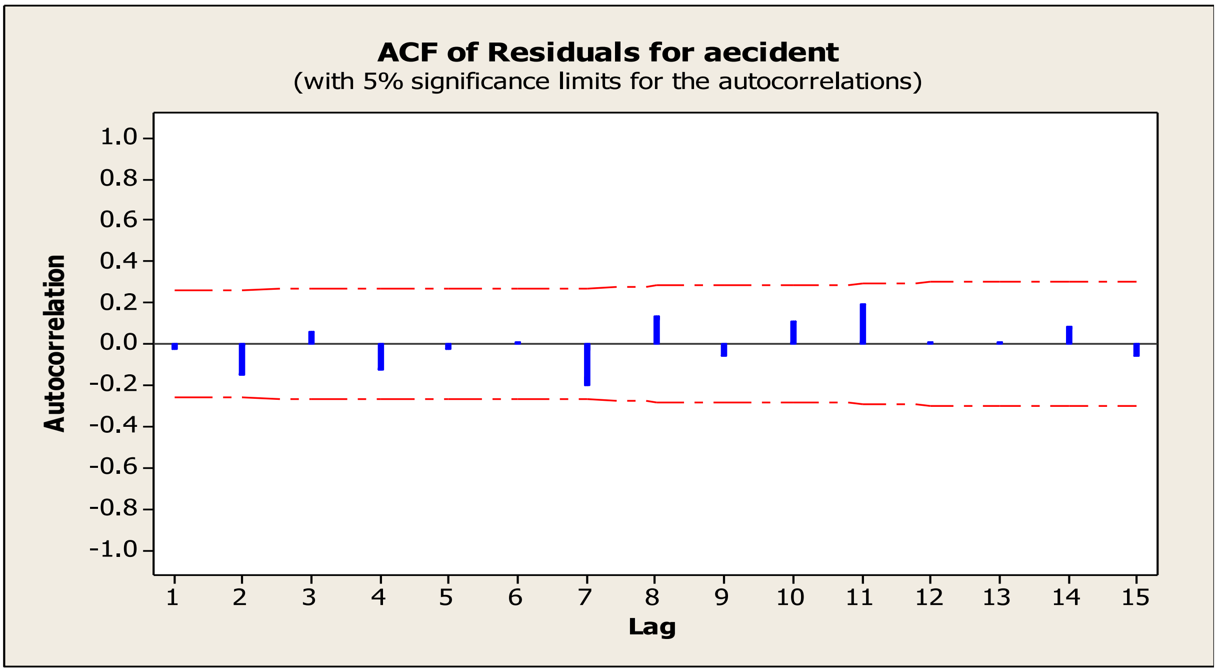
ตารางที่ 5 ค่าประมาณของพารามิเตอร์ของตัวแบบ

$$\hat{X}_t = X_{t-1} + (\phi_1 - 1)X_{t-12} + (\phi_1 - \phi_2 + 1)X_{t-13} + \phi_2 X_{t-14} + \phi_1 X_{t-24} + (\phi_2 - \phi_1)X_{t-25}$$
$$-\phi_2 X_{t-26} - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - \theta_3 u_{t-3}$$

พารามิเตอร์	ค่าประมาณ	SE	ค่าสถิติ T	P-value
SAR 12	-1.3508	0.0862	-15.67	0.000
SAR 24	-0.9717	0.0832	-11.68	0.000
MA 1	0.2212	0.1275	1.74	0.088
MA 2	0.4336	0.1252	3.46	0.001
MA 3	-0.5005	0.1368	-3.66	0.001

4.2.4 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

ตัวแบบ ARIMA(0,1,3),(2,1,0)$_{12}$ เมื่อพิจารณาค่า ACF ของค่าคงเหลือดังภาพที่ 11 จะได้ว่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ใจตัวเองของค่าคงเหลือจะตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 11 กราฟ ACF ของค่าคงเหลือจากวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ด้วยตัวแบบ ARIMA (0,1,3),(2,1,0)$_{12}$

ค่าสถิติ BOX-Pierce (Ljune-Box) จากตารางที่ 10 พบว่าค่าของตัวทดสอบสถิติ $Q_{12} = 10.7$ (P-value=0.154), $Q_{24} = 18.9$(P-value=0.463), $Q_{36} = 25.1$(P-value=0.765), $Q_{48} = 25.8$ (P-value=0.982) ไม่มีนัยสำคัญที่ 0.05 แสดงว่าตัวแบบ ARIMA (0,1,3),$(2,1,0)_{12}$ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้

ตารางที่ 6 Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	**12**	**24**	**36**	**48**
Chi-Square	10.7	18.9	25.1	25.8
DF	7	19	31	43
P-value	0.154	0.463	0.765	0.982

4.2.5 การพยากรณ์

ตัวแบบการพยากรณ์ของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุปี 2549 – 2554 ตัวแบบ ARIMA(0,1,3),$(2,1,0)_{12}$ สมการพยากรณ์คือ

$$\hat{X}_t = X_{t-1} - 2.3508X_{t-12} - 1.3225X_{t-13} - 0.9717X_{t-14} - 1.3508X_{t-24} - 2.3225X_{t-25}$$
$$+0.9717X_{t-26} - 0.2212u_{t-1} - 0.4336u_{t-2} + 0.5005u_{t-3}$$

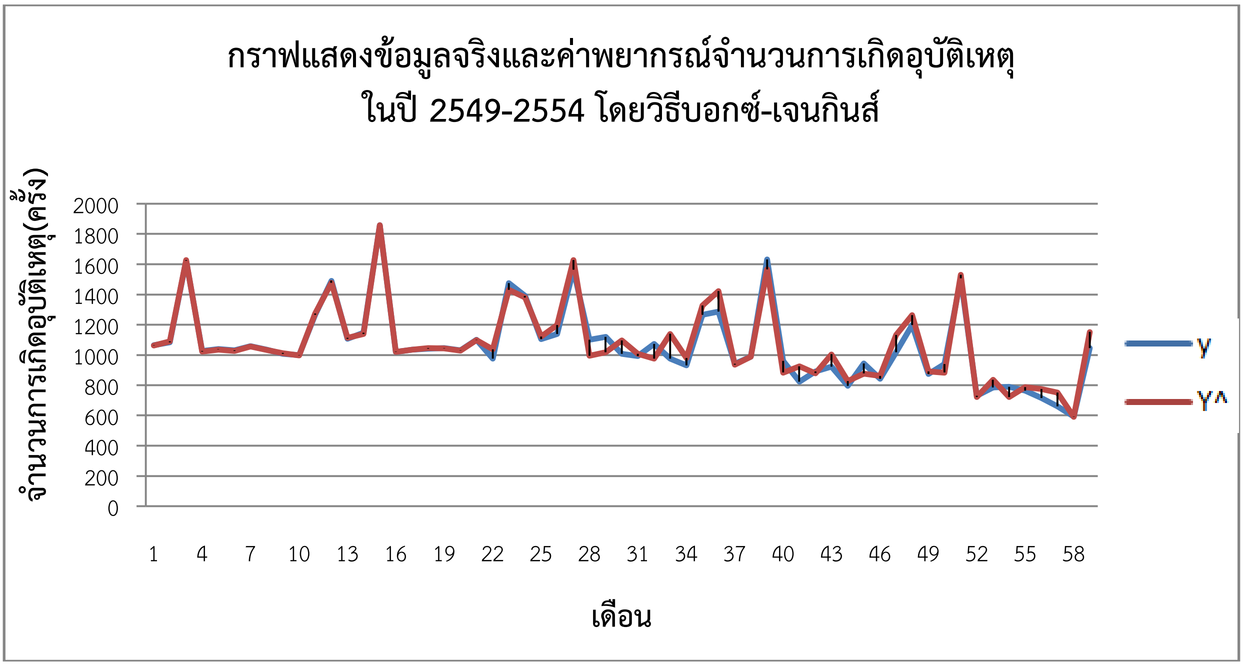
โดยที่ $\hat{X}_t$ เป็นค่าพยากรณ์ที่เวลา t ของข้อมูลจำนวนการเกิดอุบัติเหตุปี 2545 – 2554

พยากรณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุปี 2549 – 2554 ล่วงหน้า 12 เดือน คือเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2555
แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 พยากรณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุเดือนมกราคม พ.ศ.2555 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2555 ด้วยตัวแบบ ARIMA (0,1,3),$(2,1,0)_{12}$ ไม่มีค่าคงตัว (หน่วย: ครั้ง)

เดือน	ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า	ค่าจริง
มกราคม พ.ศ. 2555	886.62	795
กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555	637.48	599
มีนาคม พ.ศ. 2555	611.91	575
เมษายน พ.ศ. 2555	1070.71	1020
พฤษภาคม พ.ศ. 2555	637.66	601
มิถุนายน พ.ศ. 2555	585.51	530
กรกฎาคม พ.ศ. 2555	499.73	435
สิงหาคม พ.ศ. 2555	507.35	487
กันยายน พ.ศ. 2555	553.78	517
ตุลาคม พ.ศ 2555	534.92	502
พฤศจิกายน พ.ศ. 2555	475.79	426
ธันวาคม พ.ศ. 2555	708.75	692

เมื่อพิจารณากราฟค่าจริงกับค่าพยากรณ์ จะได้ว่าค่าพยากรณ์มีลักษณะใกล้เคียงกับค่าจริง ดังภาพที่ 12 โดยมีรากที่สองค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) = 51.5996 คน



ภาพที่ 12 แสดงค่าจำนวนจริงกับค่าพยากรณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุในปี 2549-2554 โดยวิธีแบบฉบับ

4.3 เปรียบเทียบการพยากรณ์วิธีแบบฉบับและวิธีบอกซ์-เจนกินส์

การเปรียบเทียบการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี โดยพิจารณาจากค่า MSE ดังนี้

ตารางที่ 8 รูปแบบและค่า RMSE ของวิธีพยากรณ์

วิธีที่ใช้พยากรณ์	รูปแบบ	ค่า RMSE
แบบฉบับ	$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$	229.5816
บอกซ์-เจนกินส์	$ARIMA(0,1,3),(2,1,0)_{12}$	51.5996

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าค่า RMSE ของการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ มีค่า RMSE น้อยกว่าค่า RMSE ของการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยวิธีแบบฉบับ จึงสามารถสรุปได้ว่าการพยากรณ์ข้อมูลเวลาชุดนี้โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ มีความแม่นยำในการพยากรณ์ดีกว่าการพยากรณ์โดยวิธีแบบฉบับ

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีแบบฉบับ และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ โดยใช้ข้อมูลจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทยจำแนกเป็นรายเดือน ระหว่างปี พ.ศ 2549 - พ.ศ. 2554 รวมเวลา 6 ปี หรือ 72 เดือน

5.1.1 ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบฉบับ

รูปแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ คือ รูปแบบเชิงคูณ (Multiplicative model) $Y = T \times S \times C \times I$

1. การประมาณค่าแนวโน้ม $(\hat{T})$

แนวโน้มของข้อมูลชุดนี้มีลักษณะเป็นเส้นตรง ดังนั้นสมการแนวโน้มเส้นตรงที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

$\hat{Y} = 1217.481 - 3.9595t$

จุดเริ่มต้น 1 มกราคม 2549

t หน่วย เดือน

$\hat{Y}$ ข้อมูลค่าพยากรณ์การเกิดจำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)

2. การประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล $(\hat{S})$

เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีฤดูกาลที่คำนวณได้ พบว่าเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลทำให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุในเดือน กุมภาพันธ์, มีนาคม, พฤษภาคม, กรกฎาคม, มิถุนายน, สิงหาคม, กันยายน, พฤศจิกายน ในระหว่างปี 2549-2554 ต่ำกว่าจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ 6.5%, 2.9%, 10.3%, 10.9%,10.9%,10.7%,14.4%,9.4% และ15% ตามลำดับ และจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในเดือนที่ มกราคม, เมษายน, และ ธันวาคม สูงกว่าจำนวนการเกิดอุบัติเหตุเฉลี่ย 24%,52.6% และ 14.4% ตามลำดับ

3. การประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร $(\hat{C})$ และการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ $(\hat{I})$

เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลมนระยะเวลา 6 ปี จัดอยู่ในข้อมูลระดับปานกลาง ในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ย้อนหลังไปในระยะเวลาปานกลาง ในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ย้อนหลังไปในระยะปานกลาง (Immediate term) การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร $(\hat{C})$ อาจไม่มีผลต่อการวิเคราะห์อนุกรมเวลามากนัก ซึ่งสอดคล้องกับค่า $(\hat{C})$ ที่คำนวณได้ระหว่าง 0.8302 ถึง 1.1265 ซึ่งเป็นค่าไม่มากนักจึงไม่น่าจะมีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้

ส่วนเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติ $(\hat{I})$ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่ออนุกรมเวลาและไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ อนุกรมเวลาส่วนใหญ่อาจถูกกระทบกระเทือนจากสิ่งภายนอกซึ่งมีพลังในตัวเองพอที่จะทำให้เกิดหรือเปลี่ยนแปลงวัฏจักรได้ แต่จากค่า $(\hat{I})$ ที่คำนวณได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.894 ถึง 1.172 ซึ่งเป็นค่าไม่มากนักจึงไม่น่าจะมีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้เช่นเดียวกับ $(\hat{C})$

4. การพยากรณ์

การพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิคของข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้จะใช้ส่วนประกอบเพียง 2 ส่วน คือ แนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในการพยากรณ์ เนื่องจากเหตุผลที่ว่าค่าของการเปลี่ยนแปลงวัฏจักร และการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติมีค่าไม่มากไม่มีผลต่อการวิเคราะห์อนุกรมเวลามากนัก ดังนั้นรูปแบบการพยากรณ์คือ $\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{S}$

เมื่อคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนการเกิดอุบัติเหตุจริงกับจำนวนการเกิดอุบัติเหตุจะคำนวณได้ค่า RMSE เท่ากับ 229.5816 ครั้ง

5.1.2 ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์

รูปแบบพยากรณ์คือ $ARIMA(0,1,3),(2,1,0)_{12}$ noconstant ซึ่งมีสมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{X}_t = X_{t-1} + (\phi_1 - 1)X_{t-12} + (\phi_1 - \phi_2 + 1)X_{t-13} + \phi_2 X_{t-14} + \phi_1 X_{t-24} + (\phi_2 - \phi_1)X_{t-25}$$
$$-\phi_2 X_{t-26} - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - \theta_3 u_{t-3}$$

จากนั้นประมาณค่าพารามิเตอร์จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{X}_t = X_{t-1} - 2.3508X_{t-12} - 1.3225X_{t-13} - 0.9717X_{t-14} - 1.3508X_{t-24} - 2.3225X_{t-25}$$
$$+0.9717X_{t-26} - 0.2212u_{t-1} - 0.4336u_{t-2} + 0.5005u_{t-3}$$

เมื่อทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ $ARIMA(0,1,3),(2,1,0)_{12}$ มีความเหมาะสมโดยพิจารณากราฟ ACF ของค่าคงเหลือจะได้ว่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าคงเหลือจะตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่น 95% และพบว่าค่าสถิติ Q ของตัวแบบไม่แตกต่างจากศูนย์ แสดงว่าตัวแบบบอกซ์-เจนกินส์ที่ได้มานั้นมีความเหมาะสมแล้ว จากนั้นพยากรณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ ล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน คือเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ด้วยตัวแบบ $ARIMA(0,1,3),(2,1,0)_{12}$ ไม่มีค่าคงตัว ได้ค่าพยากรณ์เดือนมกราคม, กุมภาพันธ์, มีนาคม, เมษายน, พฤษภาคม, มิถุนายน, กรกฎาคม, สิงหาคม, กันยายน, ตุลาคม, พฤศจิกายน, ธันวาคมเท่ากับ 886.62, 708.75, 611.91, 1070.71, 637.66, 585.51, 499.73, 507.35, 553.78, 534.92, 475.79, 637.48 ครั้ง จากรูปแบบดังกล่าว คำนวณค่า RMSE ได้เท่ากับ 2662.514 ครั้ง

5.1.3 การเปรียบเทียบทั้ง 2 วิธี

ผลจากการศึกษาการพยากรณ์อนุกรมเวลาวิธีแบบฉบับ และวิธีบอก-เจนกินส์ พบว่าค่า RMSE ที่ได้จากการพยากรณ์โดยวิธีแบบฉบับ 520707.69 ครั้ง ส่วนค่า RMSE ที่ได้จากการพยากรณ์โดยวิธีบอก-เจนกินส์ 2662.514 ครั้ง

เมื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งสองวิธีดังกล่าว โดยพิจารณาจากค่าประมาณที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ ซึ่งค่าประมาณที่ดีที่สุดหมายถึงค่าที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งพบว่าการพยากรณ์โดยวิธีบอก-เจนกินส์จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ต่ำกว่าการพยากรณ์โดยวิธีแบบฉบับ เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นข้อมูลที่มีฤดูกาล ซึ่งการพยากรณ์โดยวิธีแบบฉบับจะสมมติว่าค่าแนวโน้มเป็นเส้นตรง ซึ่งแท้ที่จริงแล้วอาจมีสมการเป็นอย่างอื่น จึงทำให้มีค่า RMSE สูงกว่าการพยากรณ์โดยวิธีบอก-เจนกินส์

ดังนั้นเมื่อต้องการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ควรเลือกใช้วิธีบอก-เจนกินส์ จะทำให้ได้สมการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า หรืออาจทำการศึกษาโดยวิธีอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อเปรียบเทียบกับการพยากรณ์ทั้งสองวิธีดังกล่าว ว่าวิธีใดจะทำให้ได้สมการพยากรณ์ที่ดีที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบฉบับ สิ่งสำคัญอันดับแรกคือ ต้องพิจารณาเลือกรูปแบบของแนวโน้มให้สอดคล้องกับลักษณะแนวโน้มของข้อมูล เพื่อนำไปสู่ผลของการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากในบางครั้งผู้วิจัยอาจจะต้องวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มิได้มีรูปแบบของแนวโน้มหรือฤดูกาลที่เด่นชัด และการหาส่วนประกอบการเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรจะต้องมีข้อมูลในอดีตเป็นจำนวนมาก เพื่อให้เห็นการเกิดขึ้นซ้ำๆ ของวัฏจักร

2. การพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบบอก-เจนกินส์ การเลือกรูปแบบโดยการพิจารณาจากฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และฟังก์ชันสหสัมพันธ์มรตัวเองบางสาวน ต้องพิจารณาอย่างละเอียด เนื่องจากข้อมูลจริงๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันอาจได้ผลไม่ตรงตามทฤษฎีอย่างเคร่งครัด ทำให้การเลือกรูปแบบผิดพลาดไปจากรูปแบบจริงๆ ที่ควรจะเป็นของอนุกรมเวลาชุดนั้น

3. เมื่อต้องการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ควรเลือกใช้วิธีบอกซ์-เจนกินส์ จะทำให้ได้สมการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าหรืออาจทำการศึกษาการพยากรณ์โดยวิธีอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อเปรียบเทียบกับการพยากรณ์ทั้งสองวิธีดังกล่าวว่าวิธีใดจะทำให้ได้สมการพยากรณ์ที่ดีที่สุด

บรรณานุกรม

สถิติอุบัติเหตุจราจร กองวิศวกรรมจราจรกรมทางหลวงกระทรวงคมนาคม. (2546). *รายงานอุบัติเหตุบนทางหลวงประจำปี 2549-2544*. กรุงเทพฯ: ประเทศไทย.

สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวงกระทรวงคมนาคม. (2546). *อุบัติเหตุบนทางหลวงแผ่นดิน 2545*. กรุงเทพฯ: ประเทศไทย.

วชิราภรณ์ วงศ์ษาเดช. (2543). *การพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีคลาสสิคและวิธีบอกซ์แอนด์เจนกินส์*. เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กมล ท่าเรือรักษ์, ดร.ปัญญา ชูพานิช, มงคล ทวีชัยทศพล. (2549). *ความสัมพันธ์ปริมาณอุบัติเหตุในรูปอนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบ*. สำนักงานวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล และจิราวัลย์ จิตรถเวช. (2548). *เทคนิคการพยากรณ์ (พิมพ์ครั้งที่ 3).* กรุงเทพฯ: โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ศิริลักษณ์ เล็กสมบูรณ์. *การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (พิมพ์ครั้งที่ 2).* เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา. (2540). *หลักสถิติ (พิมพ์ครั้งที่ 4).* กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชิต หล่อจีระชุณห์, สมบูรณ์วัลย์ สัตยารักษ์วิทย์, จิราวัลย์ จิตรถเวช, อัจฉราวรรณ ปิ่นสุกาญจนะ. (2539). *เทคนิคการพยากรณ์*. กรุงเทพฯ : โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

นายอรรคพล เซี่ยงโหล. (2552). *การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์รูปแบบอนุกรมเวลากับเทคนิคการพยากรณ์แบบเป็นเหตุเป็นผล*. วันที่ค้นข้อมูล วันที่ 23 พฤศจิกายน 2555, เข้าถึงได้จาก http://logisticscorner.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1928:forecast&catid=58:production-planning&Itemid=76

กสิณ คงเกียรติขจร. *Forecasting (การพยากรณ์)* .วันที่ค้นข้อมูล วันที่ 23 พฤศจิกายน 2555, เข้าถึงได้จาก https://sites.google.com/site/kmaths55/mba/operations-management/forecasting

Armstrong, J. S., Collapy, F., and Yokum, T. (2004). *ศึกษาการสร้างตัวแบบจำลองแบบแยกส่วนประกอบ (Decomposition Time Series)*. กรุงเทพฯ : โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

ภาคผนวก

แสดงการหา MSE

t	Y	$\hat{T}$	$\hat{S}$	$\hat{Y}$	e	e^2
1	1259	1213.522	124	1504.767	45.4785	2068.294
2	1033	1209.562	93.5	1130.94	-176.562	31174.14
3	1115	1205.603	97.1	1170.64	-90.6025	8208.813
4	1638	1201.643	152.6	1833.707	436.357	190407.4
5	950	1197.684	89.7	1074.322	-247.684	61347.12
6	893	1193.724	89.1	1063.608	-300.724	90434.92
7	978	1189.765	89.1	1060.08	-211.765	44844.2
8	940	1185.805	89.3	1058.924	-245.805	60420.1
9	830	1181.846	85.6	1011.66	-351.846	123795.3
10	996	1177.886	90.6	1067.165	-181.886	33082.52
11	973	1173.927	85	997.8375	-200.927	40371.46
12	1323	1169.967	114.4	1338.442	153.033	23419.1
13	1414	1166.008	124	1445.849	247.9925	61500.28
14	1066	1162.048	93.5	1086.515	-96.048	9225.218
15	1084	1158.089	97.1	1124.504	-74.0885	5489.106
16	1625	1154.129	152.6	1761.201	470.871	221719.5
17	1028	1150.17	89.7	1031.702	-122.17	14925.39
18	1040	1146.21	89.1	1021.273	-106.21	11280.56
19	1031	1142.251	89.1	1017.745	-111.251	12376.67
20	1059	1138.291	89.3	1016.494	-79.291	6287.063
21	1035	1134.332	85.6	970.9878	-99.3315	9866.747
22	1008	1130.372	90.6	1024.117	-122.372	14974.91
23	999	1126.413	85	957.4506	-127.413	16233.95
24	1266	1122.453	114.4	1284.086	143.547	20605.74
25	1492	1118.494	124	1386.932	373.5065	139507.1
26	1107	1114.534	93.5	1042.089	-7.534	56.76116
27	1148	1110.575	97.1	1078.368	37.4255	1400.668
28	1860	1106.615	152.6	1688.694	753.385	567589
29	1020	1102.656	89.7	989.082	-82.6555	6831.932
30	1035	1098.696	89.1	978.9381	-63.696	4057.18
31	1042	1094.737	89.1	975.4102	-52.7365	2781.138
32	1046	1090.777	89.3	974.0639	-44.777	2004.98
33	1032	1086.818	85.6	930.3158	-54.8175	3004.958
34	1101	1082.858	90.6	981.0693	18.142	329.1322
35	977	1078.899	85	917.0637	-101.899	10383.3

แสดงการหา MSE (ต่อ)

t	Y	$\hat{T}$	$\hat{S}$	$\hat{Y}$	e	e^2
36	1476	1074.939	114.4	1229.73	401.061	160849.9
37	1392	1070.98	124	1328.015	321.0205	103054.2
38	1105	1067.02	93.5	997.6637	37.98	1442.48
39	1139	1063.061	97.1	1032.232	75.9395	5766.808
40	1565	1059.101	152.6	1616.188	505.899	255933.8
41	1101	1055.142	89.7	946.4619	45.8585	2103.002
42	1121	1051.182	89.1	936.6032	69.818	4874.553
43	1008	1047.223	89.1	933.0752	-39.2225	1538.405
44	994	1043.263	89.3	931.6339	-49.263	2426.843
45	1074	1039.304	85.6	889.6438	34.6965	1203.847
46	977	1035.344	90.6	938.0217	-58.344	3404.022
47	931	1031.385	85	876.6768	-100.385	10077.05
48	1266	1027.425	114.4	1175.374	238.575	56918.03
49	1288	1023.466	124	1269.097	264.5345	69978.5
50	942	1019.506	93.5	953.2381	-77.506	6007.18
51	990	1015.547	97.1	986.0957	-25.5465	652.6237
52	1633	1011.587	152.6	1543.682	621.413	386154.1
53	961	1007.628	89.7	903.8419	-46.6275	2174.124
54	824	1003.668	89.1	894.2682	-179.668	32280.59
55	892	999.7085	89.1	890.7403	-107.709	11601.12
56	923	995.749	89.3	889.2039	-72.749	5292.417
57	796	991.7895	85.6	848.9718	-195.79	38333.53
58	944	987.83	90.6	894.974	-43.83	1921.069
59	843	983.8705	85	836.2899	-140.871	19844.5
60	1018	979.911	114.4	1121.018	38.089	1450.772
61	1199	975.9515	124	1210.18	223.0485	49750.63
62	874	971.992	93.5	908.8125	-97.992	9602.432
63	940	968.0325	97.1	939.9596	-28.0325	785.8211
64	1507	964.073	152.6	1471.175	542.927	294769.7
65	730	960.1135	89.7	861.2218	-230.114	52952.22
66	786	956.154	89.1	851.9332	-170.154	28952.38
67	791	952.1945	89.1	848.4053	-161.195	25983.67
68	764	948.235	89.3	846.7739	-184.235	33942.54
69	716	944.2755	85.6	808.2998	-228.276	52109.7

70	661	940.316	90.6	851.9263	-279.316	78017.43

แสดงการหา MSE (ต่อ)

71	593	936.3565	85	795.903	-343.357	117893.7
72	1046	932.397	114.4	1066.662	113.603	12905.64