การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล

นางสาวศรีสุดา ทิมกระจ่าง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

A COMPARISON ON ESTIMATION OF PARAMETERS IN SEASONAL TIME SERIES MODEL

Miss Srisuda Thimkrachang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Statistics

Department of Statistics

Faculty of Commerce and Accountancy

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล
โดย	นางสาวศรีสุดา ทิมกระจ่าง
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
(รองศาสตราจารย์ ดร.พสุ เดชะรินทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.อรุณี กำลัง)

ศรีสุดา ทิมกระจ่าง: การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล. (A COMPARISON ON ESTIMATION OF PARAMETERS IN SEASONAL TIME SERIES MODEL) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา, 62 หน้า.

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ ตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล ด้วยวิธีการประมาณ 3 วิธี คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข (ULS) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข (CLS) และวิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด (MLE) โดยใช้ตัวแบบอนุกรมเวลา 4 ตัวแบบ คือ ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$ ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$ ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$ และ ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$ ซึ่งใช้ขนาดตัวอย่าง 4 ระดับ คือ 60 80 100 และ 120 ไตรมาส การจำลองข้อมูลและการวิเคราะห์ผลทำการศึกษาด้วยโปรแกรม R ซึ่งทำการทดลองซ้ำๆกัน 500 ครั้ง โดยใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบด้วยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) หรือค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ระดับขนาดตัวอย่างส่งผลต่อประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในทุกตัวแบบที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ตัวแบบ ซึ่ง

1.สำหรับตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$ เมื่อระดับของค่าพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างมีค่าน้อย วิธี ULS เป็นวิธีที่ดีที่สุดเพราะให้ค่า MSE ต่ำที่สุด แต่เมื่อค่าพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น วิธี MLE เป็นวิธีที่ดีกว่าอีก 2 วิธี โดยเมื่อค่าพารามิเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น วิธี MLE เป็นวิธีที่ดีแม้ว่าขนาดตัวอย่างจะมีค่าน้อย

2.สำหรับตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$ และ ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$ เมื่อระดับของค่าพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างมีค่าน้อย วิธี ULS เป็นวิธีที่ดีที่สุดเพราะให้ค่า MSE ต่ำที่สุด แต่เมื่อค่าพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น วิธี CLS และวิธี MLE เป็นวิธีที่ดีกว่าวิธี ULS โดยกรณีที่พารามิเตอร์มีค่ามาก วิธี MLE จะให้ค่า MSE ต่ำสุดสำหรับตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$

3.สำหรับตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$ ในทุกระดับของค่าพารามิเตอร์และทุกขนาดตัวอย่างที่ศึกษา วิธี ULS เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเพราะให้ค่า $\overline{MSE}$ ต่ำที่สุด

ภาควิชาสถิติ สถิติ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา สถิติ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2554

5281905926: MAJOR STATISTICS

KEYWORDS: Time Series/ Unconditional Least Squares/ Conditional Least Squares/ Maximum Likelihood Estimation

SRISUDA THIMKRACHANG: A COMPARISON ON ESTIMATION OF PARAMETERS IN SEASONAL TIME SERIES MODEL. ADVISOR: ASSOC.PROF.KANLAYA VANICHBUNCHA, Ph.D., 62 pp.

The purpose of this research is to compare the parameter estimation methods in seasonal time series models. These methods are Unconditional Least Squares (ULS), Conditional Least Squares (CLS) and Maximum Likelihood Estimation (MLE). The time series models are ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$, ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$, ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$ and ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$. The sample sizes are 60, 80, 100 and 120 quarters. This study simulates and analyzes data by using R program. The experiment was repeated 500 times under each condition and the criterion of determination are the mean squared error (MSE) or the average of mean squared error $(\overline{MSE})$.

Results of the study are as follows:-

The sample sizes effect to the efficiency of estimate parameter in all time series models.

1. For ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$ model, the parameters and the sample sizes are small. ULS method is the best method to the minimum MSE. In case of, the parameters and the sample sizes are increase, MLE method is better than 2 methods. MLE is the best method if the parameters are large for any sample size.

2. For ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$ and ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$ models, the parameters and the sample sizes are small. ULS method is the best method to the minimum MSE. In case of, the parameters and the sample sizes are increase, CLS and MLE method are better than ULS method. The large parameters, MLE method will gives the minimum MSE for ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$ model.

3. For ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$ model, ULS method is the best estimation of parameter to the minimum $\overline{MSE}$, for every value of parameter and sample size.

Department: Statistics Student's Signature……...

Field of Study: Statistics Advisor's Signature……...

Academic Year : 2011

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือ และเอาใจใส่อย่างดีของรองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ ท่านได้ช่วยแนะนำและให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์เกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.อรุณี กำลัง กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาคสถิติที่ให้โอกาสทางการศึกษา และประสิทธิประสาทความรู้ให้แก่ผู้วิจัยกระทั่งสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านทั้งคุณพ่อ คุณแม่ที่ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนด้านการเรียนของผู้วิจัยและเป็นกำลังใจให้สำเร็จการศึกษา และขอขอบคุณน้องสาว คุณสาวิตรี บุญพัชรนนท์ คุณกรกฎ วัฒนวีร์ เพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้องที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 3

1.5 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ..... 5

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง..... 7

2.1 ทฤษฎีพื้นฐาน..... 7

2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์..... 8

2.3 สถิติที่ใช้เพื่อการตัดสินใจ..... 10

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 12

3.1 ขอบเขตการวิจัย..... 12

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย..... 14

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 17

4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์..... 17

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์..... 55

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 56

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 56

5.2 แนวทางการศึกษาต่อ..... 60

รายการอ้างอิง..... 61

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 62

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1.1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$..... 18

4.1.2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$..... 27

4.1.3 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$..... 36

4.1.4 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$..... 46

5.1.1 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$..... 57

5.1.2 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$..... 57

5.1.3 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$..... 58

5.1.4 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$..... 59

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1.1	แสดงค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$.....	23
4.1.2	แสดงค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$.....	32
4.1.3	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$.....	42
4.1.4	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$.....	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล หมายถึง ข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวขึ้นลงตามระยะเวลาเป็นช่วงที่แน่นอน และลักษณะการเคลื่อนไหวในระยะเวลาหนึ่งจะคล้ายๆกันกับช่วงเวลาอื่นๆซ้ำๆกัน เช่น ราคาผลิตผลทางการเกษตร จำนวนนักท่องเที่ยว ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำนายหรือคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคต ซึ่งมีความสำคัญมากอย่างหนึ่งในการบริหารขององค์กรต่างๆ โดยเฉพาะองค์กรทางด้านธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ เช่น การพยากรณ์ปริมาณสินค้าส่งออกเพื่อวางแผนในการผลิต การตลาด เป็นต้น การวิเคราะห์อนุกรมเวลามีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีเทคนิคการทำให้เรียบ (Smoothing Techniques) วิธีอนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) เป็นต้น

การพยากรณ์ให้ถูกต้องและความน่าเชื่อถือของค่าพยากรณ์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญหลายปัจจัย อาทิ การเลือกเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลและการประมาณค่าพารามิเตอร์ให้มีความถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) โดยเป็นวิธีที่ให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำของการพยากรณ์ค่อนข้างสูงมาก เมื่อเทียบกับวิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ และการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับตัวแบบอนุกรมเวลาในงานวิจัยต่างๆ ดังนี้

วาวกัส (Vaugas, 2000:239-258) ได้พัฒนาวิธีการประมาณจีเอ็มเอ็ม (Generalized Method of Moment Method) สำหรับตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 (AR(1)) ซึ่งความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ และศึกษาเปรียบเทียบความเอนเอียงของตัวประมาณจีเอ็มเอ็มมีความเอนเอียงน้อยกว่าตัวประมาณวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด

โกว (Gao, 2000:55-66) ได้เสนอวิธีการประมาณค่าตัวใหม่ที่เรียกว่า วิธีการประมาณของโกว และศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีการประมาณของโกวกับวิธีการประมาณของทีล (Theil's Estimation) วิธีการประมาณของฮุนเซน (Hussain's Estimation) และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดสำหรับตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 เมื่อความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงต่างๆ คือ การแจกแจงปกติ การแจกแจงปกติปลอมปน (Contaminate Normal Distribution) การแจกแจง

ดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล (Double Exponential Distribution) และการแจกแจงลอจิสติก (Logistic Distribution) โดยได้ข้อสรุป คือ ค่าประมาณที่ได้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม แต่ขึ้นอยู่กับค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบอัตตถดถอย

วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศล (2545) ได้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา ซึ่งมีตัวแบบคือ AR(1), AR(2), MA(1), MA(2) และ ARMA(1,1) โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่า 3 วิธี คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข (Unconditional Least Squares) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข (Conditional Least Squares) และวิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation) และได้พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) หรือค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AV.MSE) เป็นเกณฑ์การตัดสินใจ โดยได้ข้อสรุป คือ วิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุดเป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ในทุกตัวแบบที่ทำการศึกษาทั้ง 5 ตัวแบบ

ด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์นั้นมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มักนิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่และข้อมูลในปัจจุบันที่พบมากเป็นข้อมูลที่มีฤดูกาล ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล โดยทำการศึกษา 3 วิธี คือ

1.วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข (Unconditional Least Squares : ULS)

2.วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข (Conditional Least Squares : CLS)

3.วิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation : MLE)

ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ศึกษาในครั้งนี้ คือ ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$, ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$, ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$ และ ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$ แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ทุกวิธีด้วยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) หรือค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ($\overline{MSE}$)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล ด้วยวิธีประมาณ 3 วิธี คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข และวิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด

1.2.2 เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ต่างๆ

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) โดยการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีนี้ลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาต้องเป็นอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติสเตชันนารี (stationary) และเป็นการศึกษาการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล (z_t) ทั้งหมด 4 ตัวแบบ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 อนุกรมเวลา (z_t) เป็นอนุกรมเวลาแบบหนึ่งตัวแปร (Univariate Time Series) และมีฤดูกาลโดยพิจารณาเป็นรายไตรมาส

1.4.2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในแต่ละอนุกรมเวลาที่จะศึกษาและตัวแบบที่ศึกษา มีทั้งหมด 4 ตัวแบบ ดังนี้

1.4.2.1 ตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$ มีตัวแบบ คือ

$$z_t - \mu = \Phi_1(z_{t-4} - \mu) + a_t$$

โดยมีเงื่อนไข คือ $|\Phi_1| < 1$

กำหนดค่าพารามิเตอร์ Φ_1 ทั้งหมด 5 ค่า ดังนี้ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

1.4.2.2 ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$ มีตัวแบบ คือ

$$z_t - \mu = a_t - \Theta_1 a_{t-4}$$

โดยมีเงื่อนไข คือ $|\Theta_1| < 1$

กำหนดค่าพารามิเตอร์ Θ_1 ทั้งหมด 5 ค่า ดังนี้ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

1.4.2.3 ตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$ มีตัวแบบ คือ

$$z_t - \mu = \Phi_1(z_{t-4} - \mu) - \Theta_1 a_{t-4} + a_t$$

โดยมีเงื่อนไข คือ $|\Phi_1| < 1$ และ $|\Theta_1| < 1$

กำหนดค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) ทั้งหมด 6 ชุด ดังนี้ (0.1,0.3), (0.1,0.5), (0.1,0.7), (0.9,0.3), (0.9,0.5) และ (0.9,0.7)

1.4.2.4 ตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$ มีตัวแบบ คือ

$$z_t - \mu = \Phi_1(z_{t-4} - \mu) + \Phi_2(z_{t-8} - \mu) - \Theta_1 a_{t-4} + a_t$$

โดยมีเงื่อนไข คือ $\Phi_1 + \Phi_2 < 1$, $\Phi_2 - \Phi_1 < 1$, $|\Phi_2| < 1$ และ $|\Theta_1| < 1$

กำหนดค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ ทั้งหมด 6 ชุด ดังนี้ (0.2,0.3,0.5), (0.2,0.4,0.5), (0.2,0.5,0.5), (0.5,0.2,0.5), (0.5,0.3,0.5) และ (0.5,0.4,0.5)

1.4.3 การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (a_t) มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution) ซึ่งมีฟังก์ชันความหนาแน่น คือ

$$f(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{1}{2} a^2)$$

1.4.4 ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา คือ 100 โดยในแต่ละฤดูกาลจะมีค่าเฉลี่ย คือ 50, 130, 80 และ 140

1.4.5 กำหนดขนาดตัวอย่าง (n) โดยให้ปีที่ทำการศึกษาเป็น 15, 20, 25 และ 30 ปี ซึ่งพิจารณาเป็นรายไตรมาส ทำให้ขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษามีขนาด 60, 80, 100 และ 120 ไตรมาส

1.5 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

เกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์จะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) หรือค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของค่าประมาณพารามิเตอร์

พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาตัวที่ i คือ

$$MSE(\hat{\omega}_i) = \frac{1}{500}\sum_{k=1}^{500}(\omega_i - \hat{\omega}_{i,k})^2$$

โดย ω_i คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่กำหนดขึ้นตัวที่ i

$\hat{\omega}_{i,k}$ คือ ค่าประมาณของค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาตัวที่ i จากการทำซ้ำรอบที่ k

k คือ รอบที่ของการทำซ้ำ

และพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ เมื่อจำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบที่ทำการศึกษามีมากกว่า 1 พารามิเตอร์

$$\overline{MSE} = \frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p} MSE(\hat{\omega}_i)$$

โดย $MSE(\hat{\omega}_i)$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ $\hat{\omega}_i$

p คือ จำนวนพารามิเตอร์

โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ทุกวิธีพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) หรือค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ที่ต่ำกว่า แสดงว่า เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพกว่า

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางให้ผู้วิจัยสามารถเลือกใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2

ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล โดยมีวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ 3 วิธี คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข และวิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด ในบทนี้จึงกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องและวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ทฤษฎีพื้นฐาน

อนุกรมเวลาบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) เป็นการวิเคราะห์อนุกรมวิธีหนึ่ง โดยการหารูปแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา ซึ่งรูปแบบที่จะกำหนดเป็นรูปแบบของ ARIMA(p,d,q) ข้อดีของวิธีนี้ คือ เป็นวิธีที่ให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำของการพยากรณ์ค่อนข้างสูงมาก เมื่อเทียบกับวิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ สามารถแบ่งข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

2.1.1 อนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (stationary time series) เป็นอนุกรมเวลาที่ค่าสังเกต (z_t) มีคุณสมบัติทางสถิติ คือ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนเป็นค่าคงที่ทุกหน่วยเวลาใดๆ โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เปลี่ยนไป

2.1.2 อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี (nonstationary time series) เป็นอนุกรมเวลาที่ค่าสังเกต (z_t) มีคุณสมบัติทางสถิติไม่คงที่ คือ เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่เปลี่ยนไป การแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่สเตชันนารีให้เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี มีวิธีดังนี้

2.1.2.1 การหาผลต่าง ถ้าอนุกรมเวลาเดิม (z_t) เป็นอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม สามารถแปลงได้โดย $w_t = \nabla^d z_t$ เมื่อ d เป็นลำดับของการหาผลต่าง เช่น d=1, $w_t = \nabla z_t = z_t - z_{t-1}$

2.1.2.2 การหาผลต่างฤดูกาล ถ้าอนุกรมเวลาเดิม (z_t) เป็นอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล สามารถแปลงได้โดย $w_t = \nabla_L^D z_t$ เมื่อ D เป็นลำดับของการหาผลต่างฤดูกาล และ L เป็นจำนวนฤดูกาลต่อปี เช่น ถ้าอนุกรมเวลาเดิมเป็นรายไตรมาส (L = 4) เมื่อ D=1, $w_t = \nabla_4 z_t = z_t - z_{t-4}$

2.1.2.3 การหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ถ้าอนุกรมเวลาเดิม (z_t) เป็นอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและมีฤดูกาล การแปลงทำได้โดยหาผลต่างและผลต่างฤดูกาลควบคู่กันไป เช่น ถ้าอนุกรมเวลาเดิมเป็นอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและเป็นอนุกรมเวลารายไตรมาส เมื่อ d = 1 และ D=1

$$w_t = \nabla\nabla_4 z_t = \nabla(z_t - z_{t-4}) = \nabla z_t - \nabla z_{t-4} = (z_t - z_{t-1}) - (z_{t-4} - z_{t-5})$$
$$= z_t - z_{t-1} - z_{t-4} + z_{t-5}$$

2.1.2.4 การแปลงโดยใช้ลอการิทึม รากที่สอง หรือกำลังสอง มักใช้เมื่อความแปรปรวนของอนุกรมเวลาเดิมไม่คงที่

2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

2.2.1 วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข (Unconditional Least Squares Method : ULS)

เป็นวิธีการประมาณพารามิเตอร์ที่มีหลักการ คือ การทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนภายใต้พารามิเตอร์ของตัวแบบมีค่าต่ำที่สุด โดยผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน คือ

$$s(\phi,\theta,\Phi,\Theta) = \sum_{t=-\infty}^{n} E[a_t \mid (\phi,\theta,\Phi,\Theta)]^2$$

เมื่อ $s(\phi,\theta,\Phi,\Theta)$ คือ ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

a_t คือ ความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ณ ช่วงเวลา t

ϕ คือ สัมประสิทธิ์ autoregressive

θ คือ สัมประสิทธิ์ moving average

Φ คือ สัมประสิทธิ์ seasonal autoregressive

Θ คือ สัมประสิทธิ์ seasonal moving average

2.2.2 วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข (Conditional Least Squares Method : CLS)

เป็นวิธีการประมาณพารามิเตอร์ที่มีหลักการ คือ การทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนภายใต้พารามิเตอร์ของตัวแบบเมื่อกำหนดเงื่อนไขมีค่าต่ำสุด โดยผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน คือ

$$s(\phi,\theta,\Phi,\Theta) = \sum_{t=LP+1}^{n} E[a_t \mid (\phi,\theta,\Phi,\Theta)]^2$$

โดยกำหนดเงื่อนไขให้ $a_{LP} = a_{LP-1} = ... = a_{LP+1-LQ} = 0$

เมื่อ $s(\phi,\theta,\Phi,\Theta)$ คือ ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

a_t คือ ความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ณ ช่วงเวลา t

ϕ คือ สัมประสิทธิ์ autoregressive

θ คือ สัมประสิทธิ์ moving average

Φ คือ สัมประสิทธิ์ seasonal autoregressive

Θ คือ สัมประสิทธิ์ seasonal moving average

P คือ อันดับของ seasonal autoregressive

Q คือ อันดับของ seasonal moving average

L คือ จำนวนฤดูกาลต่อปี

2.2.3 วิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation Method : MLE)

เป็นวิธีการประมาณพารามิเตอร์ที่มีหลักการ คือ การหาค่าตัวประมาณที่ทำให้ฟังก์ชันลอการิทึมความควรจะเป็นของตัวแบบมีค่าสูงที่สุด โดยฟังก์ชันลอการิทึมความควรจะเป็นของตัวแบบ คือ

$$\ln L(\phi,\theta,\Phi,\Theta,\sigma_a^2 \mid z) = -\frac{n}{2}\ln(2\pi\sigma_a^2) - \frac{s(\phi,\theta,\Phi,\Theta)}{2\sigma_a^2}$$

โดย

$$s(\phi,\theta,\Phi,\Theta) = \sum_{t=-\infty}^{n} E[a_t \mid (\phi,\theta,\Phi,\Theta)]^2$$

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{s(\hat{\phi},\hat{\theta},\hat{\Phi},\hat{\Theta})}{n}$$

เมื่อ $s(\phi,\theta,\Phi,\Theta)$ คือ ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

a_t คือ ความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ณ ช่วงเวลา t

ϕ คือ สัมประสิทธิ์ autoregressive

θ คือ สัมประสิทธิ์ moving average

Φ คือ สัมประสิทธิ์ seasonal autoregressive

Θ คือ สัมประสิทธิ์ seasonal moving average

σ_a^2 คือ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

n คือ ขนาดตัวอย่าง

2.3 สถิติที่ใช้เพื่อการตัดสินใจ

เกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์จะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) หรือค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของค่าประมาณพารามิเตอร์

พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาตัวที่ i คือ

$$MSE(\hat{\omega}_i) = \frac{1}{500}\sum_{k=1}^{500}(\omega_i - \hat{\omega}_{i,k})^2$$

โดย ω_i คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่กำหนดขึ้นตัวที่ i

$\hat{\omega}_{i,k}$ คือ ค่าประมาณของค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาตัวที่ i จากการทำซ้ำรอบที่ k

k คือ รอบที่ของการทำซ้ำ

และพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ เมื่อจำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบที่ทำการศึกษามีมากกว่า 1 พารามิเตอร์

$$\overline{MSE} = \frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p} MSE(\hat{\omega}_i)$$

โดย $MSE(\hat{\omega}_i)$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ $\hat{\omega}_i$

p คือ จำนวนพารามิเตอร์

โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ทุกวิธีพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) หรือค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ที่ต่ำกว่า แสดงว่า เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพกว่า

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลในกรณีต่างๆ ซึ่งวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทำการศึกษาในครั้งนี้มี 3 วิธี คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข (ULS) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข (CLS) และวิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด (MLE) โดยดำเนินการด้วยการจำลองข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R

3.1 ขอบเขตการวิจัย

3.1.1 อนุกรมเวลา (z_t) เป็นอนุกรมเวลาแบบหนึ่งตัวแปร (Univariate Time Series) และมีฤดูกาลโดยพิจารณาเป็นรายไตรมาส

3.1.2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในแต่ละอนุกรมเวลาที่จะศึกษาและตัวแบบที่ศึกษา มีทั้งหมด 4 ตัวแบบ ดังนี้

3.1.2.1 ตัวแบบอัตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$ มีตัวแบบ คือ

$$z_t - \mu = \Phi_1(z_{t-4} - \mu) + a_t$$

โดยมีเงื่อนไข คือ $|\Phi_1| < 1$

กำหนดค่าพารามิเตอร์ Φ_1 ทั้งหมด 5 ค่า ดังนี้ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

3.1.2.2 ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$ มีตัวแบบ คือ

$$z_t - \mu = a_t - \Theta_1 a_{t-4}$$

โดยมีเงื่อนไข คือ $|\Theta_1| < 1$

กำหนดค่าพารามิเตอร์ Θ_1 ทั้งหมด 5 ค่า ดังนี้ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9

3.1.2.3 ตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA(0,0,0)(1,0,1)$_4$ มีตัวแบบ คือ

$$z_t - \mu = \Phi_1(z_{t-4} - \mu) - \Theta_1 a_{t-4} + a_t$$

โดยมีเงื่อนไข คือ $|\Phi_1| < 1$ และ $|\Theta_1| < 1$
กำหนดค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) ทั้งหมด 6 ชุด ดังนี้ (0.1,0.3), (0.1,0.5), (0.1,0.7), (0.9,0.3), (0.9,0.5) และ (0.9,0.7)

3.1.2.4 ตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA(0,0,0)(2,0,1)$_4$ มีตัวแบบ คือ

$$z_t - \mu = \Phi_1(z_{t-4} - \mu) + \Phi_2(z_{t-8} - \mu) - \Theta_1 a_{t-4} + a_t$$

โดยมีเงื่อนไข คือ $\Phi_1 + \Phi_2 < 1$, $\Phi_2 - \Phi_1 < 1$, $|\Phi_2| < 1$ และ $|\Theta_1| < 1$
กำหนดค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ ทั้งหมด 6 ชุด ดังนี้ (0.2,0.3,0.5), (0.2,0.4,0.5), (0.2,0.5,0.5), (0.5,0.2,0.5), (0.5,0.3,0.5) และ (0.5,0.4,0.5)

3.1.3 การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (a_t) มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution) ซึ่งมีฟังก์ชันความหนาแน่น คือ

$$f(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{1}{2} a^2)$$

3.1.4 ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา คือ 100 โดยในแต่ละฤดูกาลจะมีค่าเฉลี่ย คือ 50, 130, 80 และ 140

3.1.5 กำหนดขนาดตัวอย่าง (n) โดยให้ปีที่ทำการศึกษาเป็น 15, 20, 25 และ 30 ปี ซึ่งพิจารณาเป็นรายไตรมาส ทำให้ขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษามีขนาด 60, 80, 100 และ 120 ไตรมาส

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 กำหนดตัวแบบ ขนาดตัวอย่าง และค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษา

3.2.2 กำหนดวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ซึ่งมี 3 วิธี คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข (ULS) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข (CLS) และวิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด (MLE)

3.2.3 จำลองข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อน (a_t) ให้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution)

3.2.4 จำลองข้อมูลอนุกรมเวลา (z_t) ตามตัวแบบที่ทำการศึกษา

3.2.5 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีที่ทำการศึกษา

3.2.6 เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 3.2.3 – 3.2.5 จนครบ 500 รอบ คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาตัวที่ i ของแต่ละวิธี โดยสูตรในการคำนวณ คือ

$$MSE(\hat{\omega}_i) = \frac{1}{500}\sum_{k=1}^{500}(\omega_i - \hat{\omega}_{i,k})^2$$

โดย ω_i คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่กำหนดขึ้นตัวที่ i

$\hat{\omega}_{i,k}$ คือ ค่าประมาณของค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาตัวที่ i จากการทำซ้ำรอบที่ k

k คือ รอบที่ของการทำซ้ำ

และพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ เมื่อจำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบที่ทำการศึกษามีมากกว่า 1 พารามิเตอร์

$$\overline{MSE} = \frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p} MSE(\hat{\omega}_i)$$

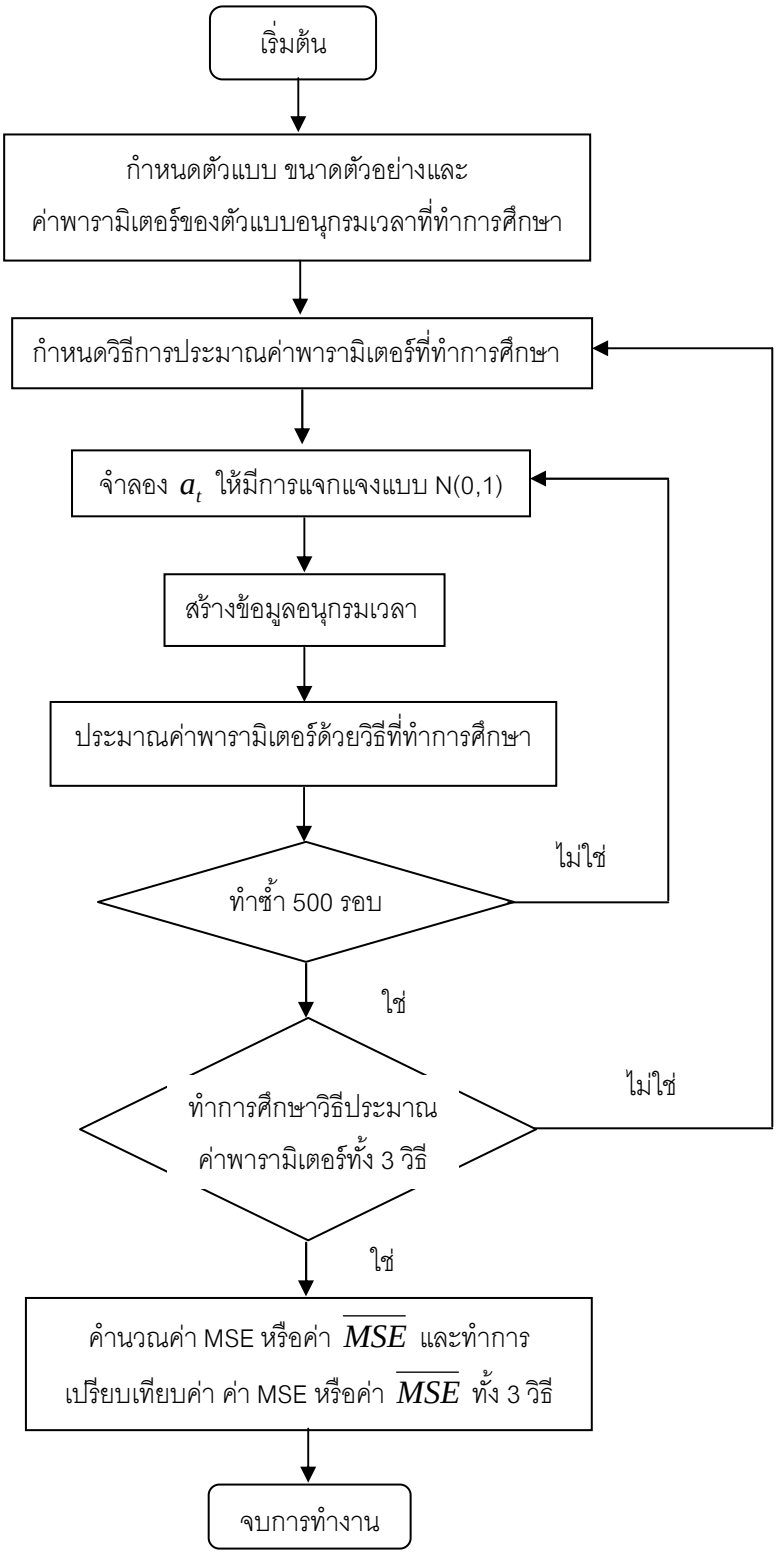
โดย $MSE(\hat{\omega}_i)$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของตัวประมาณ $\hat{\omega}_i$

p คือ จำนวนพารามิเตอร์

3.2.7 ทำการเปรียบเทียบค่า MSE หรือค่า $\overline{MSE}$ ของแต่ละวิธี โดยพิจารณาว่าวิธีการใดให้ค่า MSE หรือค่า $\overline{MSE}$ ที่ต่ำกว่า แสดงว่า เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพกว่า

จากขั้นตอนการศึกษาด้านบนสามารถเขียนแผนผังการดำเนินงาน ได้ดังนี้

แผนผังการเขียนโปรแกรมในแต่ละกรณีที่ทำการศึกษา



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาข้อสรุปที่เหมาะสมในการเลือกวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล ซึ่งวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทำการศึกษาในครั้งนี้มี 3 วิธี คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข และวิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด โดยข้อสรุปจะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) หรือค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ต่ำสุด

โดยสัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายในตารางและรูปภาพ มีดังนี้

ULS คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข

CLS คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข

MLE คือ วิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด

MSE คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

$\overline{MSE}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

* คือ วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่า MSE หรือค่า $\overline{MSE}$ ต่ำที่สุด

4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์

4.1.1 ผลการเปรียบเทียบเมื่ออนุกรมเวลาเป็นตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$

โดยตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$ คือ

$$z_t - \mu = \Phi_1(z_{t-4} - \mu) + a_t$$

ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) จะแสดงในรูปตารางและรูปกราฟ โดยมีระดับของค่าพารามิเตอร์ 5 ระดับ และขนาดตัวอย่าง 4 ระดับ ด้วยตารางที่ 4.1.1 และภาพที่ 4.1.1

ตารางที่ 4.1.1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}}_1)$ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(1,0,0)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

Φ_1	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}}_1$	วิธี	MSE	สรุป
0.1	n=60	0.02813772	ULS	0.02077291*	ULS
		0.02109068	CLS	0.02350036	
		0.02084909	MLE	0.02361083	
	n=80	0.0487403	ULS	0.01427426*	ULS
		0.04574247	CLS	0.01514745	
		0.0457209	MLE	0.01519503	
	n=100	0.06064753	ULS	0.01141245*	ULS
		0.05919517	CLS	0.01173792	
		0.05909087	MLE	0.01165747	
	n=120	0.0657745	ULS	0.009645715*	ULS
		0.06426355	CLS	0.009863999	
		0.06418962	MLE	0.009878797	

ตารางที่ 4.1.1(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}}_1)$ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(1,0,0)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

Φ_1	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}}_1$	วิธี	MSE	สรุป
0.3	n=60	0.2045668	ULS	0.02454570*	ULS
		0.1966612	CLS	0.02776616	
		0.1969070	MLE	0.02763590	
	n=80	0.2312779	ULS	0.0159825*	ULS
		0.2278425	CLS	0.01704765	
		0.2290493	MLE	0.01679042	
	n=100	0.2469110	ULS	0.01214363*	ULS
		0.2452166	CLS	0.01254724	
		0.2450665	MLE	0.01249278	
	n=120	0.2545706	ULS	0.01015071*	ULS
		0.2529688	CLS	0.01037739	
		0.2536263	MLE	0.01024014	

ตารางที่ 4.1.1(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}}_1)$ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(1,0,0)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

Φ_1	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}}_1$	วิธี	MSE	สรุป
0.5	n=60	0.3781957	ULS	0.02937937*	ULS
		0.3693689	CLS	0.03321190	
		0.3721827	MLE	0.03217984	
	n=80	0.4118799	ULS	0.01806033*	ULS
		0.4078976	CLS	0.01944881	
		0.4112273	MLE	0.01856275	
	n=100	0.4318526	ULS	0.0128337*	ULS
		0.4298220	CLS	0.01338961	
		0.4304124	MLE	0.01322880	
	n=120	0.4425609	ULS	0.01039946	MLE
		0.4408927	CLS	0.01063341	
		0.4427467	MLE	0.01034626*	

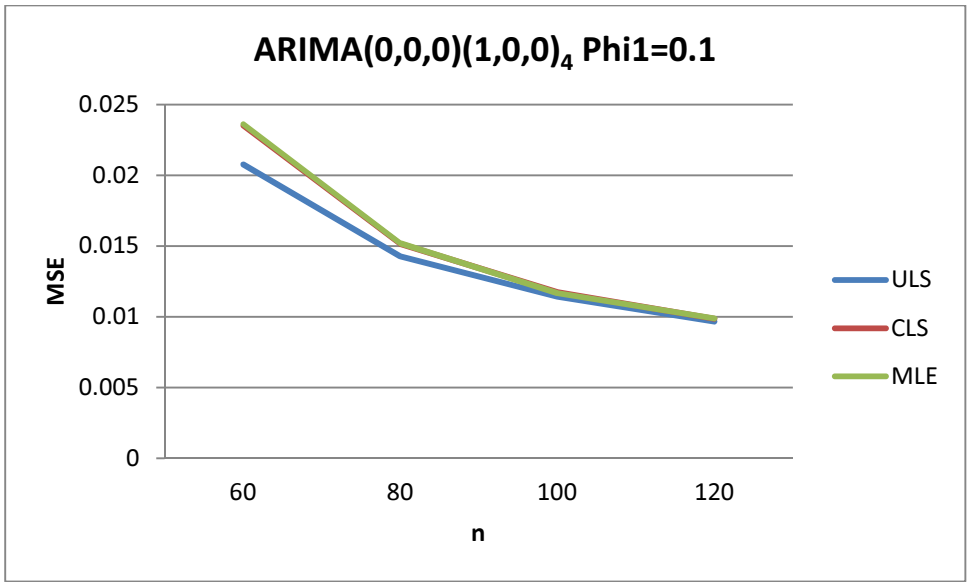
ตารางที่ 4.1.1(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}}_1)$ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(1,0,0)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

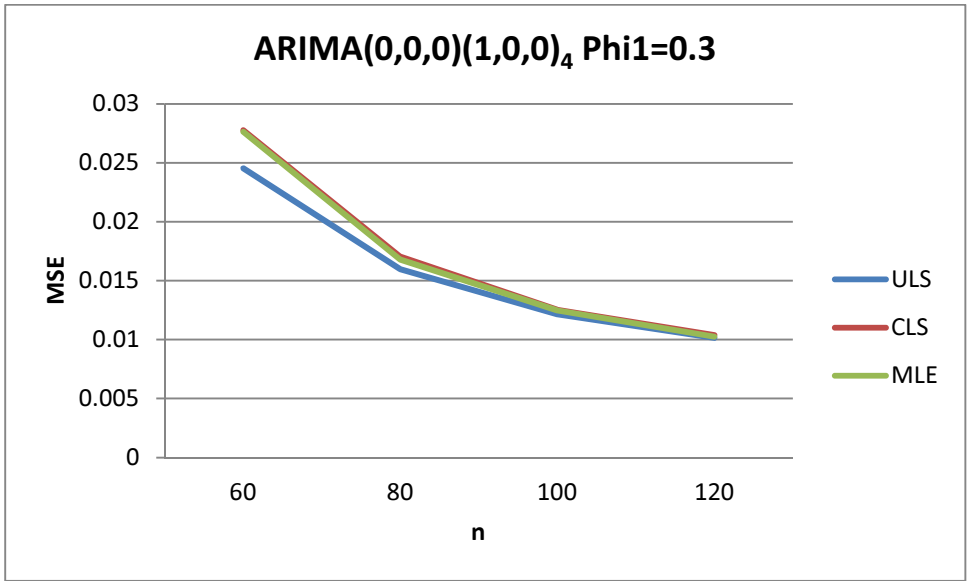
Φ_1	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}}_1$	วิธี	MSE	สรุป
0.7	n=60	0.54597	ULS	0.03663418*	ULS
		0.5363317	CLS	0.04123186	
		0.5456617	MLE	0.03783261	
	n=80	0.5887185	ULS	0.02102263*	MLE
		0.5840597	CLS	0.02287525	
		0.5919402	MLE	0.02060121	
	n=100	0.6144494	ULS	0.01377914	MLE
		0.6119606	CLS	0.01456562	
		0.6153521	MLE	0.01377625*	
	n=120	0.6287645	ULS	0.01059470	MLE
		0.6270446	CLS	0.01087105	
		0.6310241	MLE	0.01034569*	

ตารางที่ 4.1.1(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}}_1)$ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(1,0,0)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

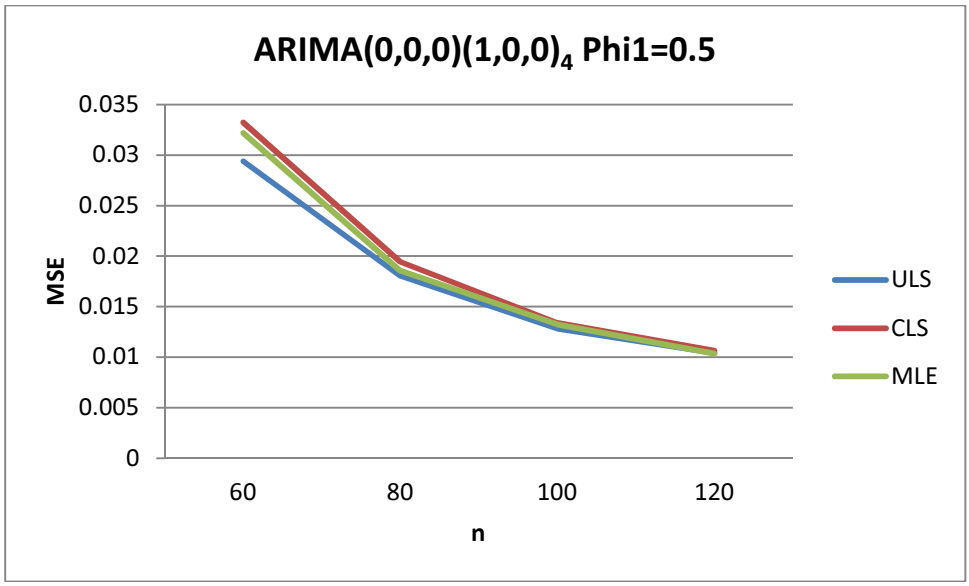
Φ_1	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}}_1$	วิธี	MSE	สรุป
0.9	n=60	0.6975068	ULS	0.05174613	MLE
		0.688489	CLS	0.05687958	
		0.7110065	MLE	0.04729569*	
	n=80	0.7532406	ULS	0.02807502	MLE
		0.7487467	CLS	0.03009291	
		0.767787	MLE	0.02392933*	
	n=100	0.786819	ULS	0.01715971	MLE
		0.7839692	CLS	0.01817427	
		0.7971214	MLE	0.01484053*	
	n=120	0.808017	ULS	0.01192319	MLE
		0.8064109	CLS	0.01227083	
		0.8165048	MLE	0.01043450*	

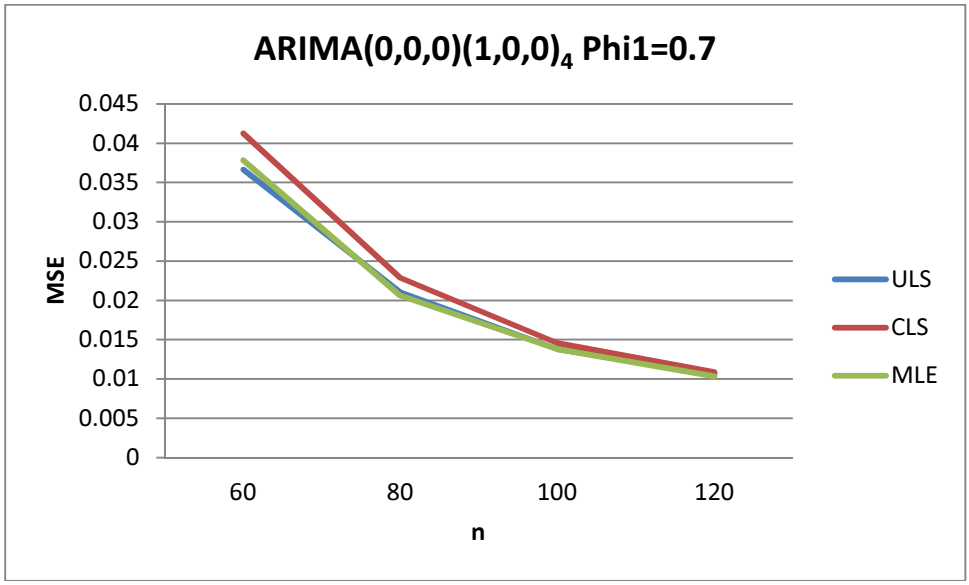
ภาพที่ 4.1.1 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส



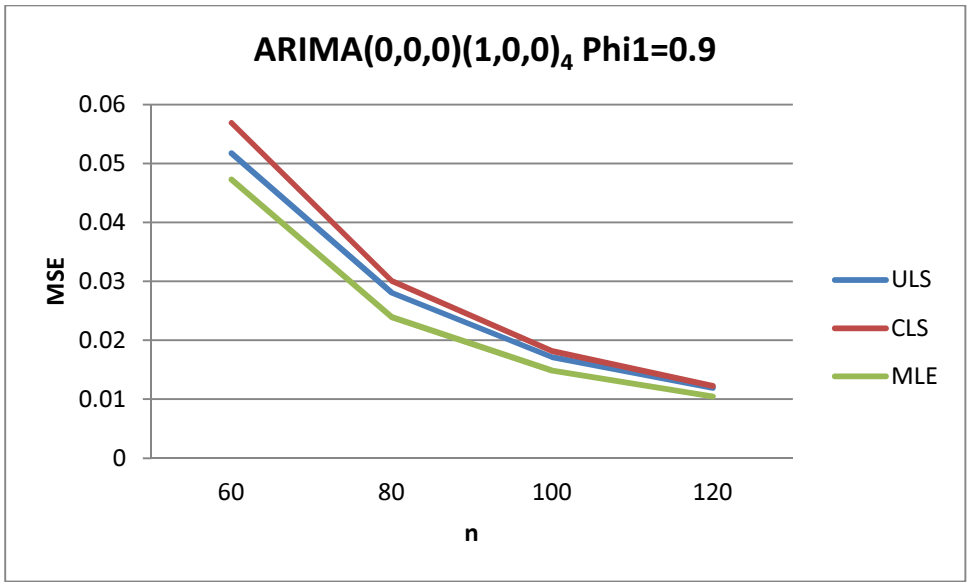


ภาพที่ 4.1.1(ต่อ) แสดงค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส





ภาพที่ 4.1.1(ต่อ) แสดงค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส



จากตารางที่ 4.1.1 และภาพที่ 4.1.1 สามารถสรุป ได้ดังนี้

เมื่อระดับของค่าพารามิเตอร์ Φ_1 เท่ากับ 0.1, 0.3 และ 0.5 ส่วนใหญ่วิธี ULS จะให้ค่า MSE ต่ำสุดในทุกขนาดตัวอย่าง (60, 80,100 และ 120 ไตรมาส) และเมื่อค่าพารามิเตอร์ Φ_1 เท่ากับ 0.7 และ 0.9 ส่วนใหญ่วิธี MLE จะให้ค่า MSE ต่ำสุดในทุกขนาดตัวอย่าง

4.1.2 ผลการเปรียบเทียบเมื่ออนุกรมเวลาเป็นตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$

โดยตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$ คือ

$$z_t - \mu = a_t - \Theta_1 a_{t-4}$$

ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) จะแสดงในรูปตารางและรูปกราฟ โดยมีระดับของค่าพารามิเตอร์ 5 ระดับ และขนาดตัวอย่าง 4 ระดับ ด้วยตารางที่ 4.1.2 และภาพที่ 4.1.2

ตารางที่ 4.1.2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Theta}}_1)$ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(0,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

Θ_1	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Theta}}_1$	วิธี	MSE	สรุป
0.1	n=60	0.01989997	ULS	0.02439265*	ULS
		0.01751551	CLS	0.0355655	
		0.01783125	MLE	0.03660618	
	n=80	0.04503039	ULS	0.01729922*	ULS
		0.05069875	CLS	0.02099079	
		0.05084149	MLE	0.02136840	
	n=100	0.05652764	ULS	0.01139174*	ULS
		0.06518952	CLS	0.01442856	
		0.0650954	MLE	0.01447392	
	n=120	0.06447613	ULS	0.01050142*	ULS
		0.069904	CLS	0.01176078	
		0.07002938	MLE	0.01180581	

<u>ตารางที่ 4.1.2(ต่อ)</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Theta}}_1)$ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(0,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

Θ_1	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Theta}}_1$	วิธี	MSE	สรุป
0.3	n=60	0.1984629	ULS	0.02799874*	ULS
		0.2373018	CLS	0.02800328	
		0.2418513	MLE	0.02981311	
	n=80	0.2291947	ULS	0.01906137	CLS
		0.2666031	CLS	0.01764970*	
		0.2701105	MLE	0.01840205	
	n=100	0.2444319	ULS	0.01264277	CLS
		0.2758075	CLS	0.01209188*	
		0.2770547	MLE	0.01230766	
	n=120	0.2545155	ULS	0.01124582	CLS
		0.2784582	CLS	0.01005948*	
		0.2802494	MLE	0.01012600	

ตารางที่ 4.1.2(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Theta}}_1)$ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(0,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

Θ_1	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Theta}}_1$	วิธี	MSE	สรุป
0.5	n=60	0.3606022	ULS	0.03785076	CLS
		0.4465287	CLS	0.02244749*	
		0.462465	MLE	0.02399749	
	n=80	0.3995290	ULS	0.02451493	CLS
		0.4739903	CLS	0.01364461*	
		0.4874459	MLE	0.01440042	
	n=100	0.4209743	ULS	0.01636526	CLS
		0.4813768	CLS	0.009280717*	
		0.4888709	MLE	0.009955784	
	n=120	0.4348353	ULS	0.01367370	CLS
		0.4826956	CLS	0.007963609*	
		0.4901882	MLE	0.008207687	

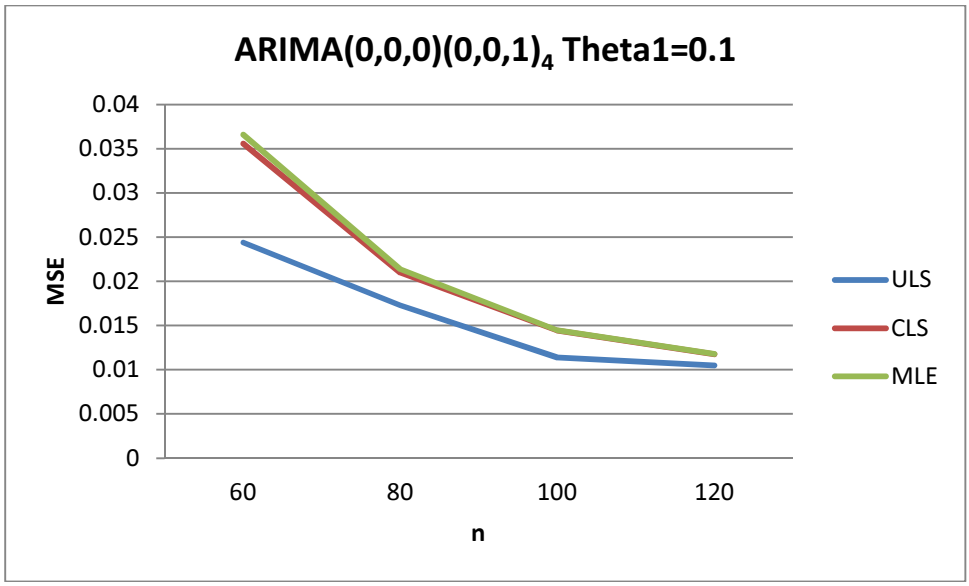
ตารางที่ 4.1.2(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Theta}}_1)$ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(0,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

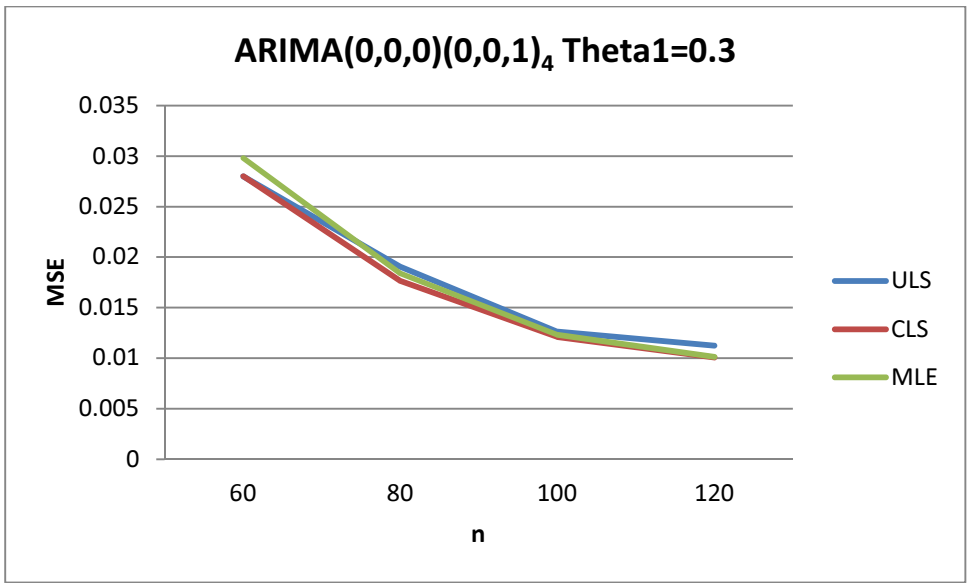
Θ_1	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Theta}}_1$	วิธี	MSE	สรุป
0.7	n=60	0.4886911	ULS	0.06590982	CLS
		0.6294761	CLS	0.02025501*	
		0.6873717	MLE	0.0210505	
	n=80	0.538408	ULS	0.04216364	CLS
		0.6626084	CLS	0.01039492*	
		0.7037306	MLE	0.01114952	
	n=100	0.5708658	ULS	0.02869073	CLS
		0.67038	CLS	0.007226168*	
		0.7021335	MLE	0.008583691	
	n=120	0.5911224	ULS	0.02261548	CLS
		0.67388	CLS	0.006255401*	
		0.700523	MLE	0.006284191	

<u>ตารางที่ 4.1.2(ต่อ)</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Theta}}_1)$ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)$(0,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

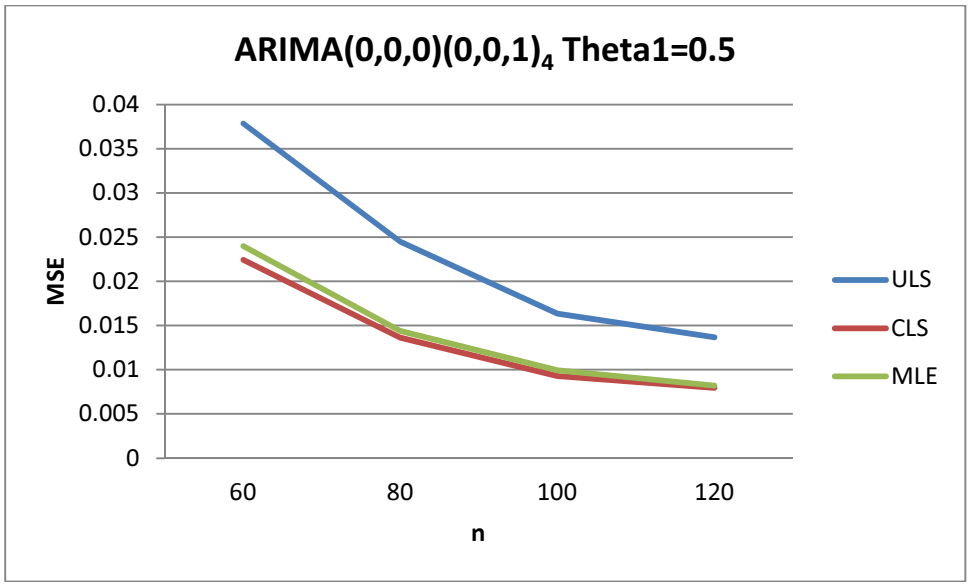
Θ_1	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Theta}}_1$	วิธี	MSE	สรุป
0.9	n=60	0.557979	ULS	0.1419425	MLE
		0.7429227	CLS	0.0365741	
		0.8903157	MLE	0.01348712*	
	n=80	0.6170138	ULS	0.09832136	MLE
		0.7892144	CLS	0.01949229	
		0.9105308	MLE	0.007186263*	
	n=100	0.6618353	ULS	0.07188635	MLE
		0.8009838	CLS	0.01409533	
		0.9091677	MLE	0.005895228*	
	n=120	0.6882759	ULS	0.05769882	MLE
		0.816114	CLS	0.01142262	
		0.913017	MLE	0.004663716*	

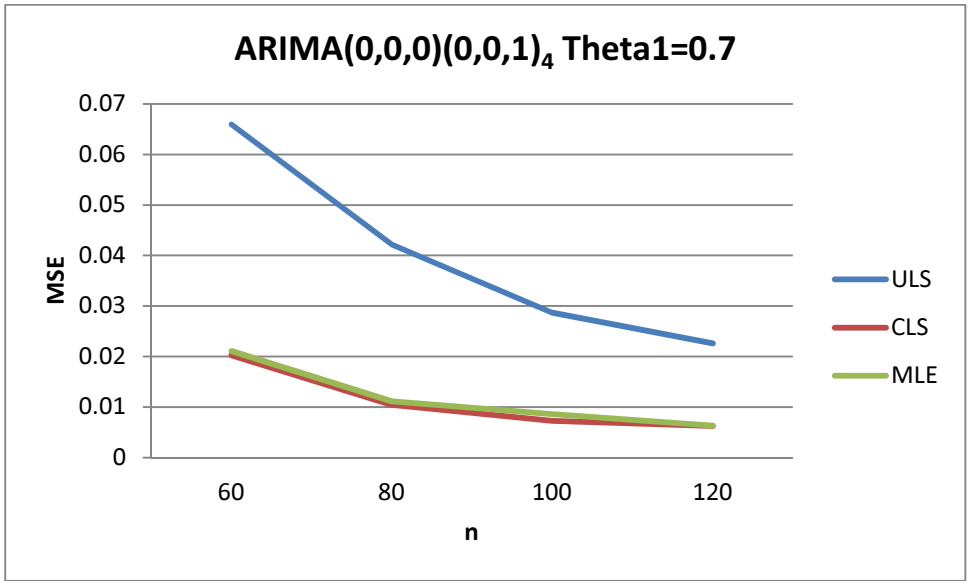
ภาพที่ 4.1.2 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส



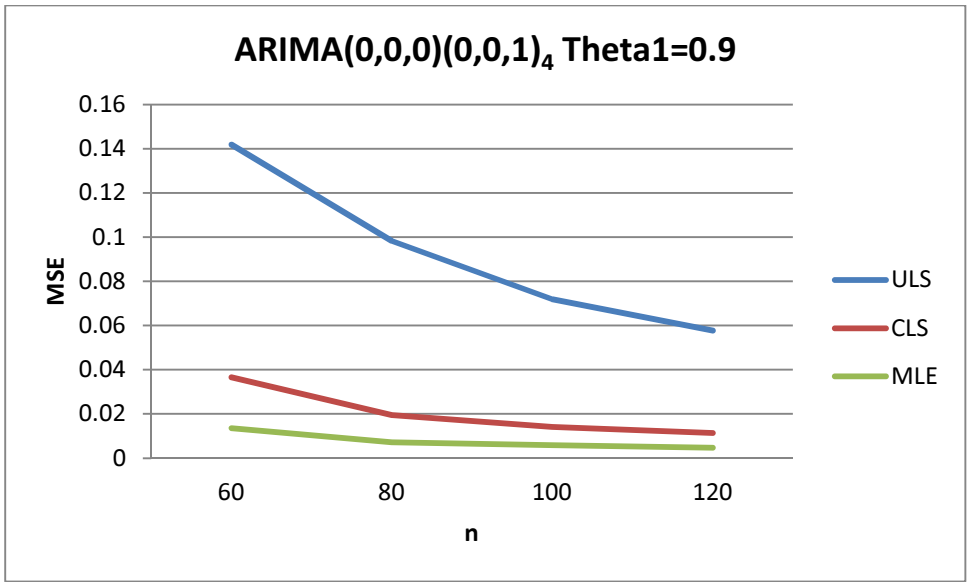


ภาพที่ 4.1.2(ต่อ) แสดงค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส





ภาพที่ 4.1.2(ต่อ) แสดงค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส



จากตารางที่ 4.1.2 และภาพที่ 4.1.2 สามารถสรุป ได้ดังนี้

เมื่อระดับของค่าพารามิเตอร์ Θ_1 เท่ากับ 0.1 วิธี ULS จะให้ค่า MSE ต่ำสุดในทุกขนาดตัวอย่าง (60, 80,100 และ 120 ไตรมาส) เมื่อค่าพารามิเตอร์ Θ_1 เท่ากับ 0.3, 0.5 และ 0.7 ส่วนใหญ่วิธี CLS จะให้ค่า MSE ต่ำสุดในทุกขนาดตัวอย่าง และเมื่อค่าพารามิเตอร์ Θ_1 เท่ากับ 0.9 วิธี MLE จะให้ค่า MSE ต่ำสุดในทุกขนาดตัวอย่าง

4.1.3 ผลการเปรียบเทียบเมื่ออนุกรมเวลาเป็นตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA(0,0,0)$(1,0,1)_4$

โดยตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA(0,0,0)$(1,0,1)_4$ คือ

$$z_t - \mu = \Phi_1(z_{t-4} - \mu) - \Theta_1 a_{t-4} + a_t$$

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ จะแสดงในรูปตารางและรูปกราฟ โดยมีระดับของค่าพารามิเตอร์ 6 ระดับ และขนาดตัวอย่าง 4 ระดับ ด้วยตารางที่ 4.1.3 และภาพที่ 4.1.3

ตารางที่ 4.1.3 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}_1}, \overline{\hat{\Theta}_1})$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(1,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}_1}$	$\overline{\hat{\Theta}_1}$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.1$ $\Theta_1 = 0.3$	n=60	0.005825057	0.3498767	ULS	0.07188473	0.06528204	0.06858339*	ULS
		0.072982	0.2595162	CLS	0.07528036	0.1158150	0.09554765	
		-0.09088403	0.4351614	MLE	0.1347638	0.1348606	0.1348122	
	n=80	0.007438814	0.3530764	ULS	0.064295	0.05942423	0.06185961*	ULS
		0.06487204	0.2955145	CLS	0.06420428	0.0824422	0.07332324	
		-0.07853584	0.4422781	MLE	0.1194859	0.1011278	0.1103069	
	n=100	0.00670551	0.3489527	ULS	0.06067535	0.05322631	0.05695083	CLS
		0.07781779	0.2914302	CLS	0.05374865	0.0596384	0.05669352*	
		-0.0136999	0.3792642	MLE	0.07851148	0.06700599	0.07275873	
	n=120	0.001840211	0.3596721	ULS	0.05584415	0.04764482	0.05174448	CLS
		0.06293564	0.3127871	CLS	0.04631	0.0479451	0.04712755*	
		-0.02831466	0.3986395	MLE	0.0782015	0.0635829	0.0708922	

ตารางที่ 4.1.3(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}_1}, \overline{\hat{\Theta}_1})$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(1,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}_1}$	$\overline{\hat{\Theta}_1}$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.1$ $\Theta_1 = 0.5$	n=60	-0.002062090	0.4931945	ULS	0.05212681	0.03376577	0.04294629*	ULS
		0.09782006	0.450924	CLS	0.04226772	0.05820481	0.05023626	
		-0.04966017	0.5993078	MLE	0.07559854	0.05384954	0.06472404	
	n=80	0.006058365	0.5071652	ULS	0.04535595	0.02975287	0.03755441	CLS
		0.09403532	0.475333	CLS	0.03245214	0.03737157	0.03491186*	
		-0.02223644	0.5866089	MLE	0.05947402	0.04368185	0.05157793	
	n=100	0.01815406	0.5068173	ULS	0.03645171	0.0250536	0.03075265	CLS
		0.1009877	0.4749266	CLS	0.02685811	0.02672526	0.02679168*	
		0.02127532	0.5455564	MLE	0.03673927	0.02829317	0.03251622	
	n=120	0.01398492	0.5215536	ULS	0.03535979	0.02312979	0.02924479	CLS
		0.08833713	0.4931341	CLS	0.02244804	0.02066775	0.02155789*	
		0.01669031	0.5538304	MLE	0.03668178	0.02510474	0.03089326	

ตารางที่ 4.1.3(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}_1}, \overline{\hat{\Theta}_1})$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)$(1,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}_1}$	$\overline{\hat{\Theta}_1}$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.1$ $\Theta_1 = 0.7$	n=60	0.01517339	0.5966886	ULS	0.03939757	0.03418736	0.03679246	CLS
		0.1247522	0.624189	CLS	0.02750761	0.03261177	0.03005969*	
		-0.003674775	0.7625026	MLE	0.04286889	0.02890949	0.03588919	
	n=80	0.01990409	0.6270765	ULS	0.03364944	0.02491102	0.02928023	CLS
		0.1227569	0.6453171	CLS	0.01977945	0.02016927	0.01997436*	
		0.01692065	0.7554154	MLE	0.03145088	0.02068448	0.02606768	
	n=100	0.03152525	0.6388833	ULS	0.02531394	0.02030332	0.02280863	CLS
		0.1254459	0.651502	CLS	0.01636105	0.01487630	0.01561867*	
		0.04354562	0.7277059	MLE	0.02019336	0.01321831	0.01670584	
	n=120	0.02934540	0.6618033	ULS	0.02350184	0.01534521	0.01942353	CLS
		0.1124466	0.669785	CLS	0.01355436	0.01002125	0.01178781*	
		0.04212358	0.7309431	MLE	0.01950551	0.01064025	0.01507288	

ตารางที่ 4.1.3(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}_1}, \overline{\hat{\Theta}_1})$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)$(1,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}_1}$	$\overline{\hat{\Theta}_1}$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.9$ $\Theta_1 = 0.3$	n=60	0.6375423	0.3312195	ULS	0.08727351	0.01749153	0.05238252	CLS
		0.6765356	0.3768225	CLS	0.06494712	0.025008	0.04497756*	
		0.6720369	0.4075513	MLE	0.07038644	0.0346321	0.05250927	
	n=80	0.715196	0.3139216	ULS	0.04408477	0.01423428	0.02915952	CLS
		0.7358904	0.3632637	CLS	0.03548965	0.01724300	0.02636633*	
		0.7401331	0.379696	MLE	0.03512187	0.02271060	0.02891624	
	n=100	0.763986	0.2993586	ULS	0.02589841	0.01107947	0.01848894	MLE
		0.7774283	0.3456793	CLS	0.02178734	0.01205594	0.01692164	
		0.7830413	0.3540959	MLE	0.02056485	0.01314538	0.01685511*	
	n=120	0.7901457	0.2954244	ULS	0.01703058	0.009149297	0.01308994	CLS
		0.7996352	0.3389628	CLS	0.01456066	0.01076465	0.01266265*	
		0.8040927	0.3469865	MLE	0.01385464	0.01163771	0.01274617	

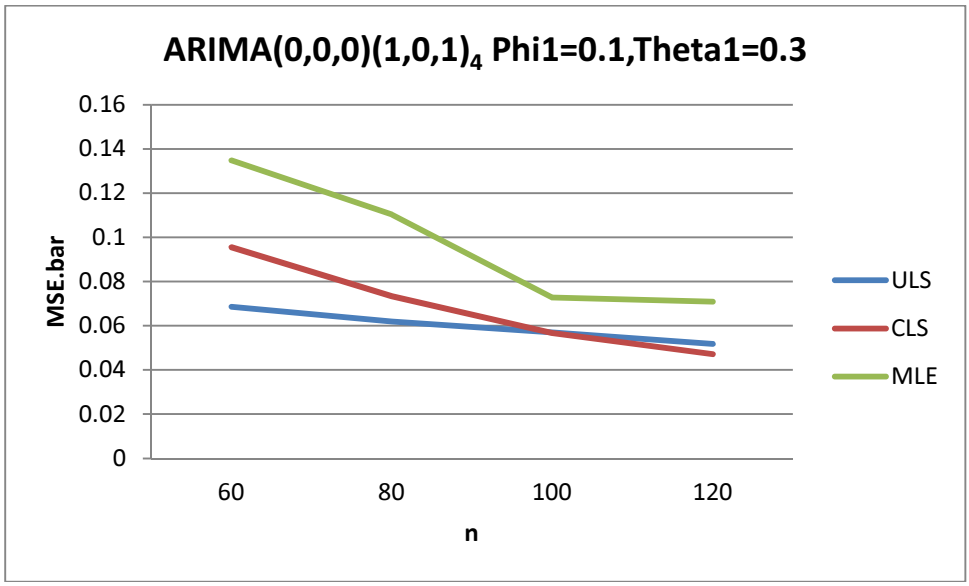
ตารางที่ 4.1.3(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}_1}, \overline{\hat{\Theta}_1})$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)$(1,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

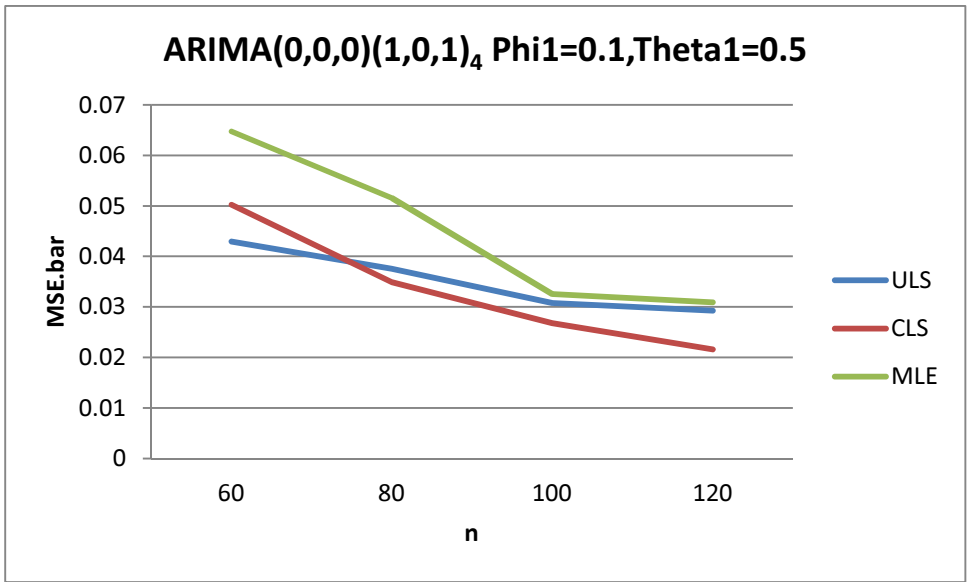
พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}_1}$	$\overline{\hat{\Theta}_1}$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.9$ $\Theta_1 = 0.5$	n=60	0.645066	0.4219483	ULS	0.08161998	0.02322744	0.05242371	CLS
		0.6967474	0.5451607	CLS	0.05437182	0.01761318	0.0359925*	
		0.6905052	0.5848432	MLE	0.05927362	0.02745794	0.04336578	
	n=80	0.7198029	0.4194681	ULS	0.0417376	0.02221598	0.03197679	CLS
		0.7491548	0.5394693	CLS	0.03056817	0.01213471	0.02135144*	
		0.7503307	0.5648034	MLE	0.03047715	0.01762581	0.02405148	
	n=100	0.767465	0.4131271	ULS	0.02436499	0.02076637	0.02256568	CLS
		0.787095	0.5267801	CLS	0.01857391	0.008615184	0.01359455*	
		0.789556	0.542098	MLE	0.01810405	0.01028256	0.01419330	
	n=120	0.7928919	0.4164579	ULS	0.01611761	0.01798431	0.01705096	CLS
		0.807207	0.524426	CLS	0.01262625	0.007812986	0.01021962*	
		0.8089622	0.5365851	MLE	0.01242975	0.008906348	0.01066805	

ตารางที่ 4.1.3(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}_1}, \overline{\hat{\Theta}_1})$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)$(1,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

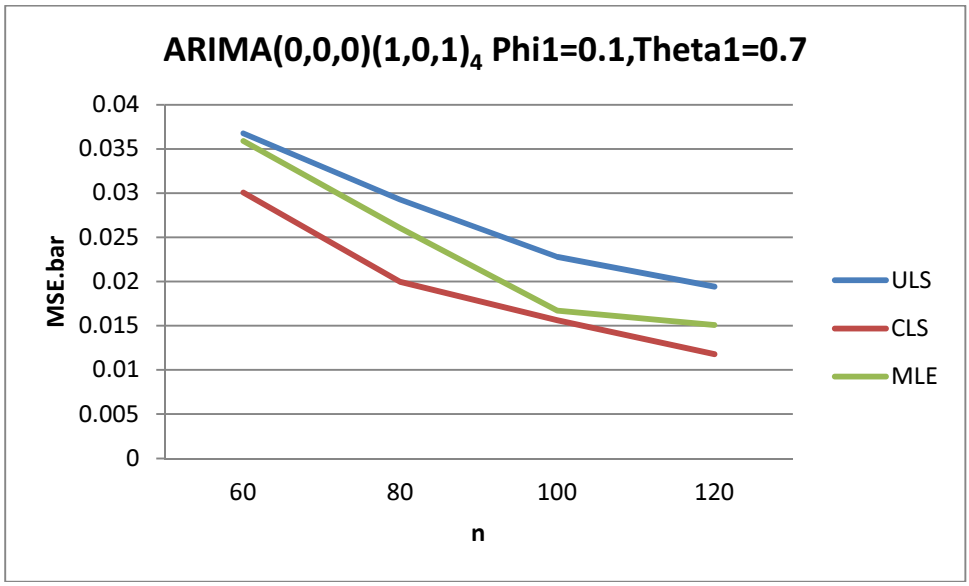
พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}_1}$	$\overline{\hat{\Theta}_1}$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.9$ $\Theta_1 = 0.7$	n=60	0.6501596	0.4781544	ULS	0.07797616	0.06859576	0.07328596	CLS
		0.7154648	0.6939872	CLS	0.04566585	0.01164580	0.02865582*	
		0.7057585	0.7694553	MLE	0.05051857	0.02124122	0.03587990	
	n=80	0.7224064	0.4886464	ULS	0.04047206	0.06413642	0.05230424	CLS
		0.7630689	0.6986079	CLS	0.02612541	0.007525446	0.01682543*	
		0.7585538	0.7555943	MLE	0.02695258	0.01357032	0.02026145	
	n=100	0.769553	0.4899251	ULS	0.02348966	0.06175173	0.0426207	CLS
		0.7973701	0.6949718	CLS	0.01576348	0.005779967	0.01077172*	
		0.7949851	0.7325152	MLE	0.01623696	0.008227445	0.01223220	
	n=120	0.7945582	0.5001176	ULS	0.01560279	0.05514862	0.03537571	CLS
		0.8154903	0.6988158	CLS	0.01086436	0.004942944	0.007903654*	
		0.8128467	0.7282429	MLE	0.01138359	0.006714802	0.009049196	

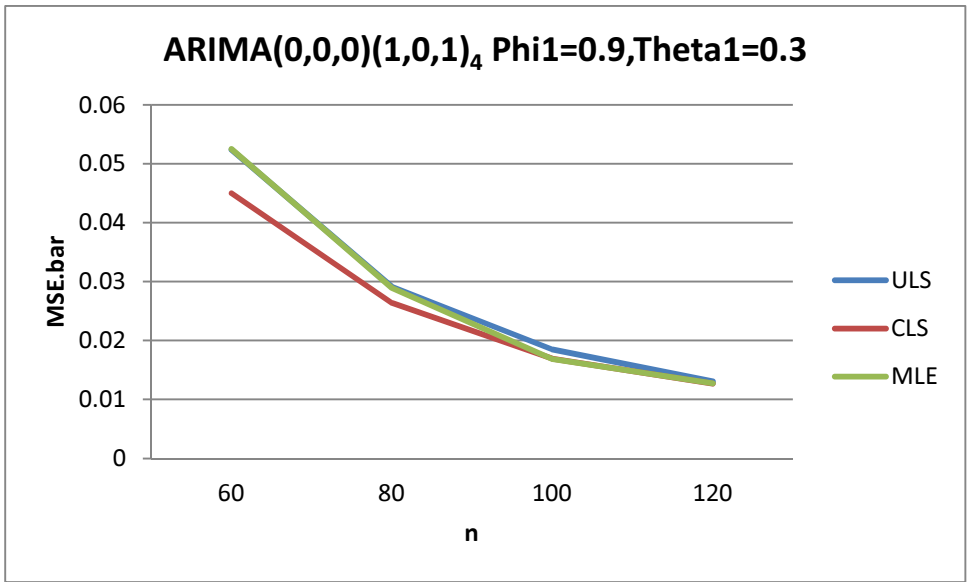
ภาพที่ 4.1.3 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(1,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส



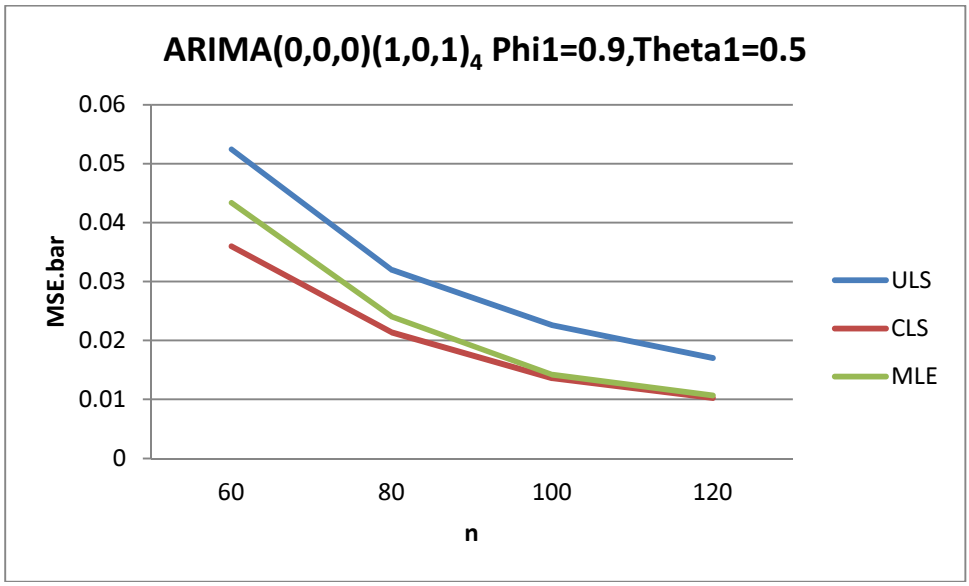


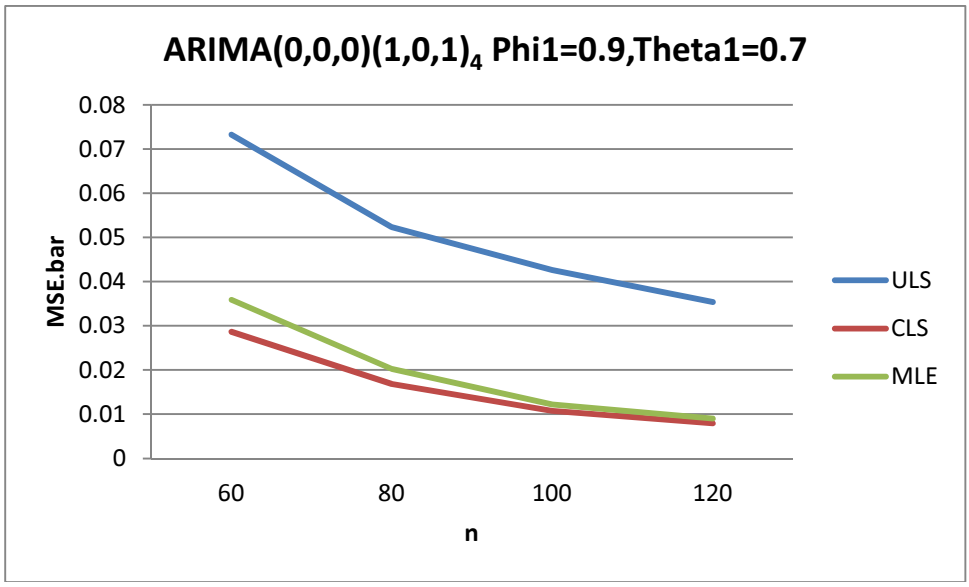
<u>ภาพที่ 4.1.3(ต่อ)</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(1,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส





<u>ภาพที่ 4.1.3(ต่อ)</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(1,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส





จากตารางที่ 4.1.3 และภาพที่ 4.1.3 สามารถสรุป ได้ดังนี้

เมื่อระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) เท่ากับ (0.1,0.3) วิธี ULS จะให้ค่า $\overline{MSE}$ ต่ำสุด ในขนาดตัวอย่างเท่ากับ 60 และ 80 ไตรมาสและขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 120 ไตรมาส วิธี CLS จะให้ค่า $\overline{MSE}$ ต่ำสุด และเมื่อค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) เท่ากับ (0.1,0.5) และ (0.1,0.7) ส่วนใหญ่วิธี CLS จะให้ค่า $\overline{MSE}$ ต่ำสุดในทุกขนาดตัวอย่าง(60, 80, 100 และ 120 ไตรมาส)

เมื่อระดับของค่าพารามิเตอร์ (Φ_1, Θ_1) เท่ากับ (0.9,0.3), (0.9,0.5) และ (0.9,0.7) ส่วนใหญ่วิธี CLS จะให้ค่า $\overline{MSE}$ ต่ำสุดในทุกขนาดตัวอย่าง(60, 80, 100 และ 120 ไตรมาส)

4.1.4 ผลการเปรียบเทียบเมื่ออนุกรมเวลาเป็นตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$

โดยตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$ คือ

$$z_t - \mu = \Phi_1(z_{t-4} - \mu) + \Phi_2(z_{t-8} - \mu) - \Theta_1 a_{t-4} + a_t$$

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ จะแสดงในรูปตารางและรูปกราฟ โดยมีระดับของค่าพารามิเตอร์ 6 ระดับ และขนาดตัวอย่าง 4 ระดับ ด้วยตารางที่ 4.1.4 และภาพที่ 4.1.4

ตารางที่ 4.1.4 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}_1}, \overline{\hat{\Phi}_2}, \overline{\hat{\Theta}_1})$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(2,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}_1}$	$\overline{\hat{\Phi}_2}$	$\overline{\hat{\Theta}_1}$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Phi}_2)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.2$ $\Phi_2 = 0.3$ $\Theta_1 = 0.5$	n=60	0.2940611	0.05196734	0.2439509	ULS	0.1291759	0.1116793	0.1765038	0.1391197	MLE
		0.4051048	-0.03472766	0.189831	CLS	0.1713607	0.1746029	0.2600427	0.2020021	
		0.06193089	0.1636932	0.5371406	MLE	0.1602178	0.09027829	0.1497564	0.1334175*	
	n=80	0.3013687	0.09443505	0.2867259	ULS	0.1282675	0.08882287	0.1500372	0.1223759*	ULS
		0.3816468	0.03481498	0.2487116	CLS	0.1535029	0.1234613	0.2052704	0.1607449	
		0.1247108	0.1893308	0.5010287	MLE	0.1474200	0.07694971	0.150774	0.1250479	
	n=100	0.3051927	0.1226148	0.3031436	ULS	0.1121781	0.07316956	0.133869	0.1064055*	ULS
		0.414303	0.05177183	0.2330967	CLS	0.1537352	0.1128049	0.1935224	0.1533542	
		0.1536988	0.2108981	0.4873291	MLE	0.1449861	0.07275983	0.1438590	0.120535	
	n=120	0.3397262	0.1257246	0.2951547	ULS	0.1219652	0.07404331	0.1406576	0.1122220*	ULS
		0.4232962	0.05997792	0.2327953	CLS	0.1523773	0.1034832	0.1846047	0.1468217	
		0.1648114	0.2266794	0.4924829	MLE	0.145378	0.07114035	0.1516525	0.1227236	

ตารางที่ 4.1.4(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}_1}, \overline{\hat{\Phi}_2}, \overline{\hat{\Theta}_1})$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}_1}$	$\overline{\hat{\Phi}_2}$	$\overline{\hat{\Theta}_1}$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Phi}_2)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.2$ $\Phi_2 = 0.4$ $\Theta_1 = 0.5$	n=60	0.2249003	0.1783936	0.2883301	ULS	0.1058302	0.0940866	0.1413374	0.1137514*	ULS
		0.3334220	0.08481	0.2531557	CLS	0.1391252	0.1623756	0.2094556	0.1703188	
		-0.01984673	0.3157842	0.5779087	MLE	0.1578551	0.06403644	0.1274561	0.1164492	
	n=80	0.2268642	0.2267021	0.3330564	ULS	0.1011502	0.07210773	0.1165116	0.09658985*	ULS
		0.3340811	0.148367	0.2884418	CLS	0.1237389	0.1171173	0.1691451	0.1366671	
		0.08906117	0.3142656	0.5032572	MLE	0.135278	0.06503817	0.1343847	0.1115669	
	n=100	0.2482056	0.2509931	0.3427068	ULS	0.09457815	0.0645004	0.1122265	0.09043501*	ULS
		0.3607176	0.1668213	0.2791173	CLS	0.1345808	0.1100267	0.1644919	0.1363665	
		0.1239643	0.3325699	0.4931917	MLE	0.1377850	0.06770775	0.1399621	0.1151516	
	n=120	0.268779	0.2570019	0.3374073	ULS	0.09439488	0.06065897	0.1113871	0.08881365*	ULS
		0.3720783	0.1785885	0.2783447	CLS	0.1336961	0.1009940	0.1575772	0.1307558	
		0.1202649	0.3495861	0.5117729	MLE	0.1364204	0.06097923	0.1312462	0.1095486	

ตารางที่ 4.1.4(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}_1}, \overline{\hat{\Phi}_2}, \overline{\hat{\Theta}_1})$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}_1}$	$\overline{\hat{\Phi}_2}$	$\overline{\hat{\Theta}_1}$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Phi}_2)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.2$ $\Phi_2 = 0.5$ $\Theta_1 = 0.5$	n=60	0.1142975	0.3083011	0.3598919	ULS	0.08592395	0.07087718	0.08142431	0.07940848*	ULS
		0.2389642	0.2191006	0.3395442	CLS	0.1017964	0.1342931	0.1489627	0.1283508	
		-0.05827975	0.4133815	0.5825309	MLE	0.1596582	0.05094103	0.1062274	0.1056089	
	n=80	0.1562189	0.3501257	0.3775766	ULS	0.07487155	0.05584184	0.08314536	0.07128625*	ULS
		0.2462070	0.2839483	0.363973	CLS	0.0889954	0.0931704	0.1202277	0.1007978	
		0.03919695	0.4283174	0.5220435	MLE	0.1169481	0.04831687	0.1080548	0.09110659	
	n=100	0.165469	0.374767	0.4021482	ULS	0.06675674	0.04592861	0.07274225	0.0618092*	ULS
		0.281204	0.2992697	0.3492752	CLS	0.09115525	0.08693598	0.1142130	0.09743475	
		0.07405863	0.4477646	0.5219671	MLE	0.1050942	0.04627750	0.1025457	0.08463915	
	n=120	0.1810257	0.3900412	0.4077397	ULS	0.0662476	0.04174205	0.07043371	0.05947445*	ULS
		0.2944017	0.3115186	0.3464124	CLS	0.0963722	0.08199914	0.1119985	0.09678994	
		0.08793365	0.4567547	0.5265101	MLE	0.1019084	0.04298192	0.09600237	0.08029757	

ตารางที่ 4.1.4(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}}_1, \overline{\hat{\Phi}}_2, \overline{\hat{\Theta}}_1)$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)$(2,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}}_1$	$\overline{\hat{\Phi}}_2$	$\overline{\hat{\Theta}}_1$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Phi}_2)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.5$ $\Phi_2 = 0.2$ $\Theta_1 = 0.5$	n=60	0.4549111	0.01280009	0.3287730	ULS	0.08035002	0.0759834	0.1033599	0.08656443*	ULS
		0.5435832	-0.07991855	0.3537549	CLS	0.08015278	0.1308017	0.1146282	0.1085276	
		0.3614976	0.05760656	0.5577539	MLE	0.1202734	0.09041647	0.1052615	0.1053171	
	n=80	0.4848956	0.04749927	0.3603807	ULS	0.06964226	0.06099763	0.07956652	0.0700688*	ULS
		0.561256	-0.02402439	0.3751532	CLS	0.07314142	0.09623192	0.09774625	0.08903986	
		0.3938047	0.1070362	0.5418901	MLE	0.1082462	0.07566788	0.0934827	0.09246559	
	n=100	0.4951048	0.0800236	0.3836904	ULS	0.05659495	0.04744145	0.06925288	0.05776309*	ULS
		0.5933032	-0.01111214	0.3573886	CLS	0.07129413	0.08585164	0.09022537	0.08245705	
		0.4234181	0.1221161	0.5269209	MLE	0.09671908	0.06990961	0.08044399	0.08235756	
	n=120	0.5382968	0.06838862	0.3625232	ULS	0.056802	0.05269123	0.07299639	0.06082987*	ULS
		0.6054475	0.002984864	0.3618363	CLS	0.06402638	0.07421124	0.07668131	0.07163964	
		0.447933	0.1301662	0.5137017	MLE	0.0784194	0.05988657	0.07102284	0.06977627	

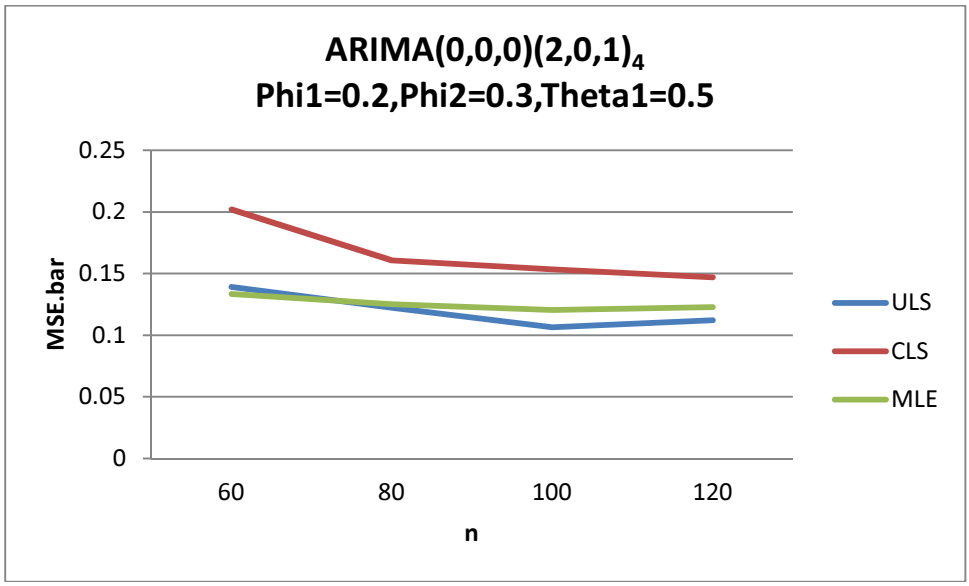
ตารางที่ 4.1.4(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}_1}, \overline{\hat{\Phi}_2}, \overline{\hat{\Theta}_1})$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

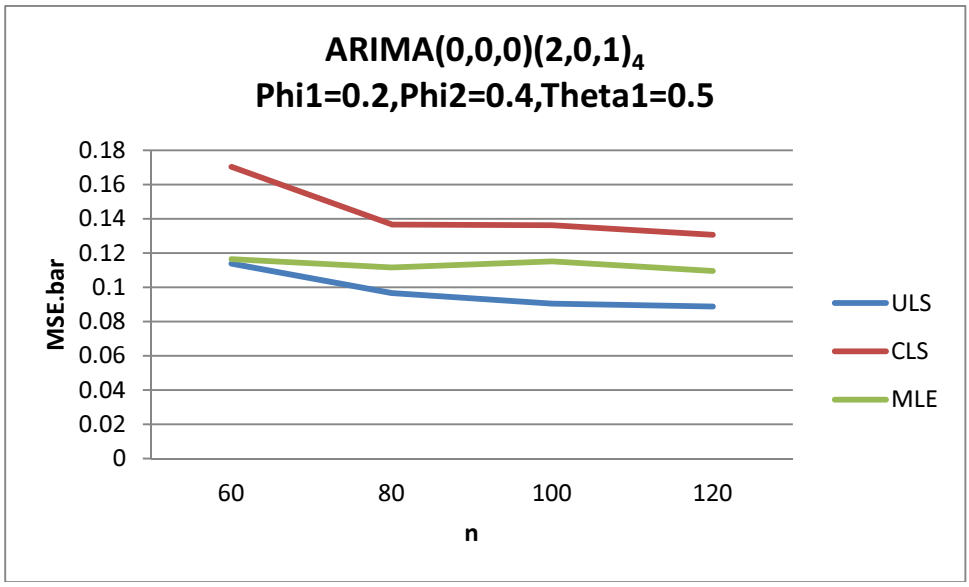
พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}_1}$	$\overline{\hat{\Phi}_2}$	$\overline{\hat{\Theta}_1}$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Phi}_2)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.5$ $\Phi_2 = 0.3$ $\Theta_1 = 0.5$	n=60	0.4266767	0.1056553	0.3272899	ULS	0.081831	0.0766268	0.09822836	0.08556205*	ULS
		0.5052068	0.01577339	0.3763574	CLS	0.08392222	0.1418417	0.1136303	0.1131314	
		0.2933668	0.1806486	0.6089017	MLE	0.1469442	0.0921914	0.1127458	0.1172938	
	n=80	0.4533009	0.1482722	0.3644504	ULS	0.07010882	0.05996825	0.0830175	0.07103152*	ULS
		0.5375847	0.07012861	0.3889978	CLS	0.07029564	0.1035725	0.0950403	0.08963614	
		0.3210247	0.2479251	0.6036138	MLE	0.1385810	0.08560103	0.1092685	0.1111502	
	n=100	0.4548076	0.1899356	0.4006523	ULS	0.05789268	0.04479381	0.06370634	0.05546428*	ULS
		0.5785728	0.0744384	0.3573775	CLS	0.07732547	0.09956238	0.09899614	0.09196133	
		0.366521	0.2525751	0.5692619	MLE	0.1185742	0.07663509	0.0973249	0.0975114	
	n=120	0.4979616	0.1807690	0.3782438	ULS	0.05680161	0.0505038	0.06969114	0.05899885*	ULS
		0.5865174	0.099008	0.3702493	CLS	0.07137076	0.08688494	0.084103	0.08078623	
		0.4011987	0.2564932	0.556011	MLE	0.0998009	0.07227746	0.08995762	0.08734532	

ตารางที่ 4.1.4(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าประมาณพารามิเตอร์ $(\overline{\hat{\Phi}}_1, \overline{\hat{\Phi}}_2, \overline{\hat{\Theta}}_1)$ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส

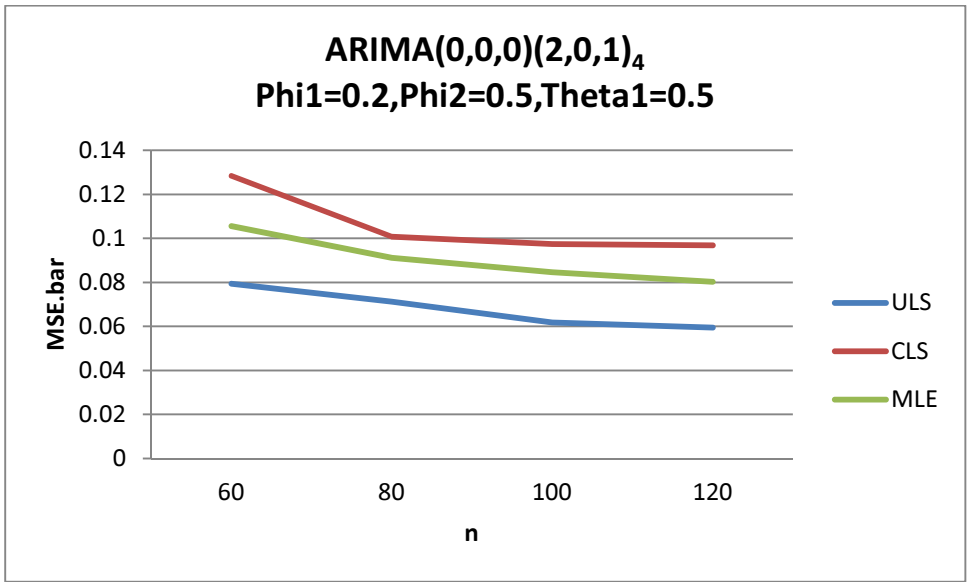
พารามิเตอร์	ขนาดตัวอย่าง	$\overline{\hat{\Phi}}_1$	$\overline{\hat{\Phi}}_2$	$\overline{\hat{\Theta}}_1$	วิธี	$MSE(\hat{\Phi}_1)$	$MSE(\hat{\Phi}_2)$	$MSE(\hat{\Theta}_1)$	$\overline{MSE}$	สรุป
$\Phi_1 = 0.5$ $\Phi_2 = 0.4$ $\Theta_1 = 0.5$	n=60	0.3031751	0.2624027	0.3989656	ULS	0.0929298	0.04503527	0.05582911	0.06459806*	ULS
		0.4850864	0.1046650	0.3766409	CLS	0.08618869	0.1462935	0.1127960	0.1150927	
		0.2109068	0.3346812	0.6389765	MLE	0.1772372	0.08164048	0.1125564	0.1238114	
	n=80	0.374661	0.2841646	0.3952902	ULS	0.06590559	0.04153913	0.06025689	0.05590054*	ULS
		0.4932344	0.1789113	0.405622	CLS	0.06968549	0.1050277	0.09453707	0.0897501	
		0.2526029	0.3924099	0.6335225	MLE	0.1564575	0.07831913	0.1136536	0.1161434	
	n=100	0.4026376	0.3038735	0.4064128	ULS	0.05555265	0.03725535	0.05570408	0.04950403*	ULS
		0.5387677	0.1868856	0.3780884	CLS	0.07155304	0.1000592	0.0939904	0.08853423	
		0.2647142	0.4318999	0.645743	MLE	0.1444056	0.077785	0.1060331	0.1094079	
	n=120	0.4317256	0.3153576	0.4012532	ULS	0.04948096	0.03677281	0.05378765	0.04668047*	ULS
		0.5530724	0.2039441	0.3847039	CLS	0.06896125	0.08854528	0.0834011	0.08030255	
		0.2805574	0.4508468	0.65103	MLE	0.1430655	0.0827564	0.1120887	0.1126369	

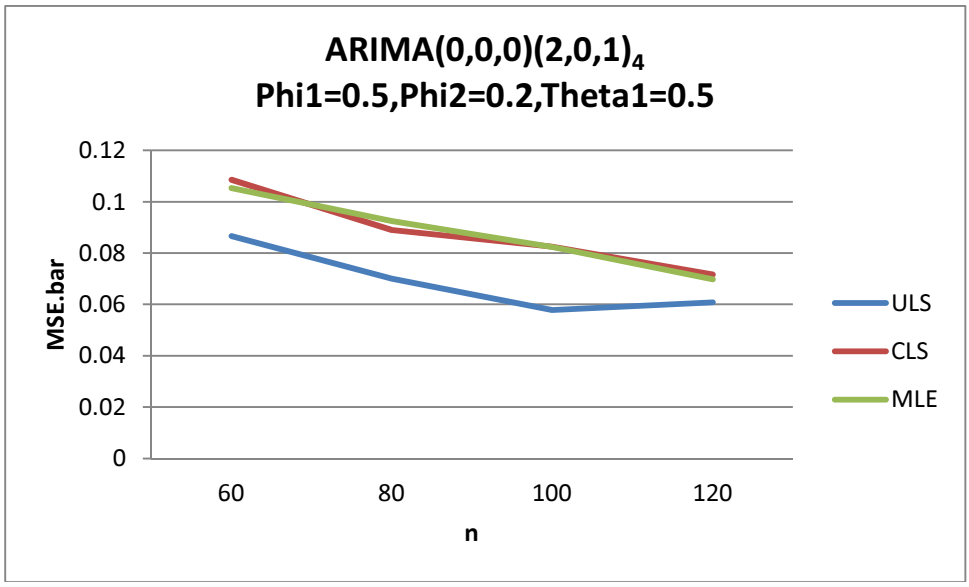
ภาพที่ 4.1.4 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(2,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส



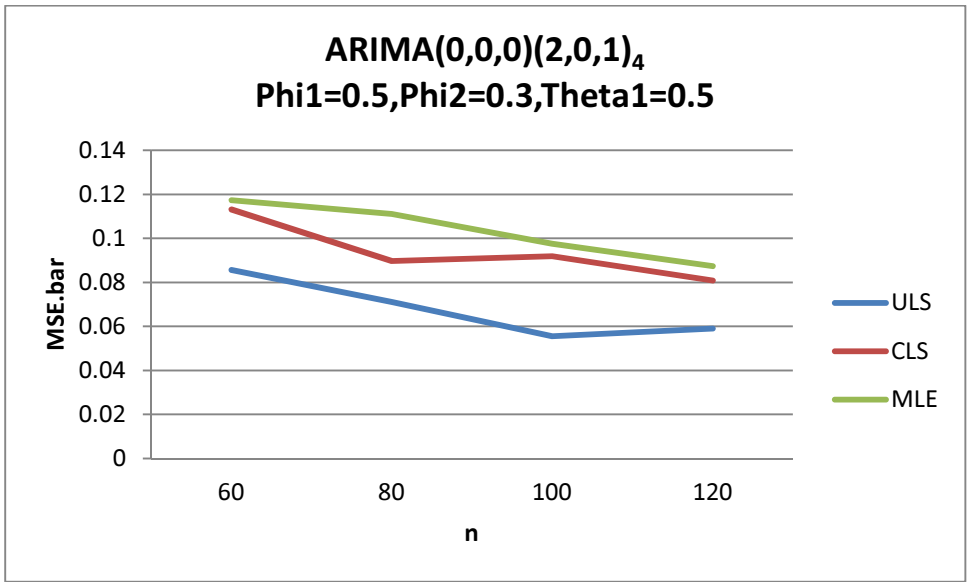


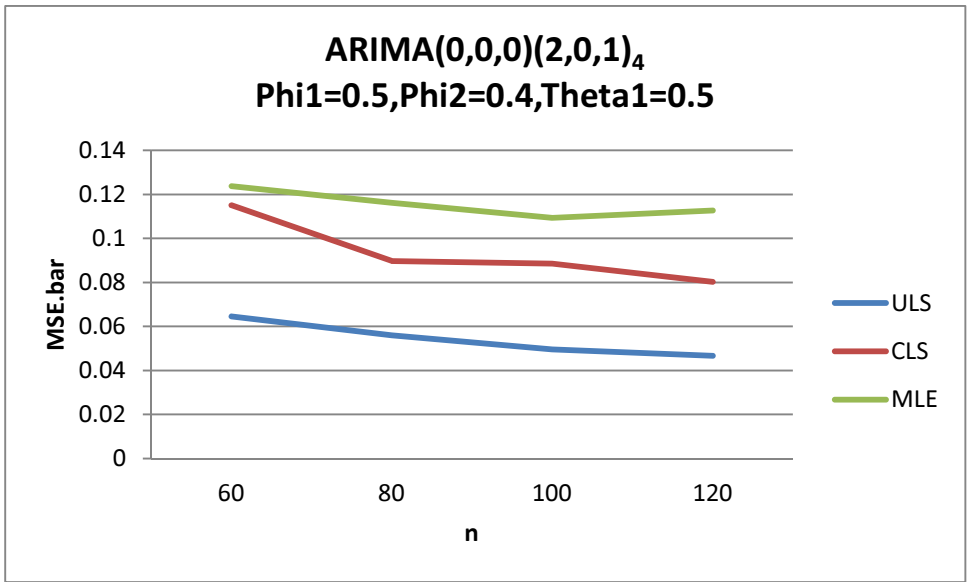
ภาพที่ 4.1.4(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(2,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส





ภาพที่ 4.1.4(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$ ของตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี (ARIMA(0,0,0)(2,0,1)$_4$) โดยจำแนกตามระดับของค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ และขนาดตัวอย่าง (n) ไตรมาส





จากตารางที่ 4.1.4 และภาพที่ 4.1.4 สามารถสรุป ได้ดังนี้

ในทุกระดับของค่าพารามิเตอร์ $(\Phi_1, \Phi_2, \Theta_1)$ ((0.2,0.3,0.5), (0.2,0.4,0.5), (0.2,0.5,0.5), (0.5,0.2,0.5), (0.5,0.3,0.5) และ (0.5,0.4,0.5)) ส่วนใหญ่วิธี ULS จะให้ค่า $\overline{MSE}$ ต่ำสุดในทุกขนาดตัวอย่าง(60, 80, 100 และ 120 ไตรมาส)

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านขนาดตัวอย่าง โดยตัวแบบที่ทำการศึกษา คือ ตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$ และ ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$ พบว่า เมื่อระดับขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่า MSE มีแนวโน้มลดลงในทุกวิธี ส่วนตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$ และ ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$ พบว่า เมื่อระดับขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่า $\overline{MSE}$ มีแนวโน้มลดลงในทุกวิธีเช่นกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล ซึ่งวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทำการศึกษาในครั้งนี้มี 3 วิธี คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข (ULS) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบมีเงื่อนไข (CLS) และวิธีการประมาณความควรจะเป็นสูงสุด (MLE) โดยเกณฑ์ที่ใช้จะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) หรือค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย $(\overline{MSE})$

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยหรือค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของทั้ง 3 วิธี ซึ่งทำการศึกษาตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลทั้งหมด 4 ตัวแบบ สามารถสรุปได้ ดังนี้

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์

5.1.1 ตัวแบบอัตตถดถอยอันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$

เมื่อระดับของค่าพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างมีค่าน้อย วิธี ULS เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเพราะให้ค่า MSE ต่ำที่สุด แต่เมื่อค่าพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น วิธี MLE เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าอีก 2 วิธี โดยเมื่อค่าพารามิเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น วิธี MLE เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีแม้ว่าขนาดตัวอย่างจะมีค่าน้อย โดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ให้ค่า MSE ที่ต่ำที่สุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1.1

ตารางที่ 5.1.1 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$

Φ_1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
n=60	ULS	ULS	ULS	ULS	MLE
n=80	ULS	ULS	ULS	MLE	MLE
n=100	ULS	ULS	ULS	MLE	MLE
n=120	ULS	ULS	MLE	MLE	MLE

5.1.2 ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$

เมื่อระดับของค่าพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างมีค่าน้อย วิธี ULS เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเพราะให้ค่า MSE ต่ำที่สุด แต่เมื่อค่าพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น วิธี CLS และวิธี MLE เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธี ULS โดยเมื่อค่าพารามิเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น วิธี MLE เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีแม้ว่าขนาดตัวอย่างจะมีค่าน้อย โดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ให้ค่า MSE ที่ต่ำที่สุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1.2

ตารางที่ 5.1.2 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$

Θ_1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
n=60	ULS	ULS	CLS	CLS	MLE
n=80	ULS	CLS	CLS	CLS	MLE
n=100	ULS	CLS	CLS	CLS	MLE
n=120	ULS	CLS	CLS	CLS	MLE

5.1.3 ตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (1,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$

เมื่อระดับของค่าพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างมีค่าน้อย วิธี ULS เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเพราะให้ค่า $\overline{MSE}$ ต่ำที่สุด แต่เมื่อระดับพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น วิธี CLS และวิธี MLE เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธี ULS โดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ให้ค่า $\overline{MSE}$ ที่ต่ำที่สุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1.3

ตารางที่ 5.1.3 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$

(Φ_1,Θ_1)	(0.1,0.3)	(0.1,0.5)	(0.1,0.7)
n=60	ULS	ULS	CLS
n=80	ULS	CLS	CLS
n=100	CLS	CLS	CLS
n=120	CLS	CLS	CLS

(Φ_1,Θ_1)	(0.9,0.3)	(0.9,0.5)	(0.9,0.7)
n=60	CLS	CLS	CLS
n=80	CLS	CLS	CLS
n=100	MLE	CLS	CLS
n=120	CLS	CLS	CLS

5.1.4 ตัวแบบอัตตถดถอย-ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ (2,1) ที่มีฤดูกาลโดยมี 4 ฤดูกาลต่อปี : ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$

ในทุกระดับของค่าพารามิเตอร์และทุกขนาดตัวอย่างที่ศึกษา วิธี ULS เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเพราะให้ค่า $\overline{MSE}$ ต่ำที่สุด โดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ให้ค่า $\overline{MSE}$ ที่ต่ำที่สุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1.4

ตารางที่ 5.1.4 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$

(Φ_1,Φ_2,Θ_1)	(0.2,0.3,0.5)	(0.2,0.4,0.5)	(0.2,0.5,0.5)
n=60	MLE	ULS	ULS
n=80	ULS	ULS	ULS
n=100	ULS	ULS	ULS
n=120	ULS	ULS	ULS

(Φ_1,Φ_2,Θ_1)	(0.5,0.2,0.5)	(0.5,0.3,0.5)	(0.5,0.4,0.5)
n=60	ULS	ULS	ULS
n=80	ULS	ULS	ULS
n=100	ULS	ULS	ULS
n=120	ULS	ULS	ULS

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ คือ ปัจจัยด้านขนาดตัวอย่าง ซึ่งตัวแบบที่ทำการศึกษา คือ ตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(1,0,0)_4$ และ ARIMA$(0,0,0)(0,0,1)_4$ พบว่า เมื่อระดับขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่า MSE มีแนวโน้มลดลงในทุกวิธี ส่วนตัวแบบ ARIMA$(0,0,0)(1,0,1)_4$ และ ARIMA$(0,0,0)(2,0,1)_4$ พบว่า เมื่อระดับขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่า $\overline{MSE}$ มีแนวโน้มลดลงในทุกวิธีเช่นกัน

5.2 แนวทางการศึกษาต่อ

เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สนใจได้ศึกษาเพิ่มเติม และเพื่อเป็นการขยายผลการวิจัยออกไปให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอนำเสนอแนะแนวทางสำหรับการวิจัยที่น่าจะศึกษาเพิ่มเติมในครั้งต่อไป คือ

5.2.1 ศึกษาและเปรียบเทียบว่าอิทธิพลของฤดูกาลมีผลต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์หรือไม่ เช่น อาจพิจารณาอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลเป็นรายเดือนและรายไตรมาสนำมาเปรียบเทียบกัน

5.2.2 ลักษณะอนุกรมเวลาที่ศึกษาครั้งนี้เป็นอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล โดยมีคุณสมบัติสเตชันนารี อาจพิจารณาลักษณะอนุกรมเวลาแบบอื่น เช่น อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล โดยไม่มีคุณสมบัติสเตชันนารี หรืออนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลโดยมีลักษณะข้อมูลที่ผิดปกติ (outlier) เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ทรงศิริ แต้สมบัติ. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์, 2549.

มุกดา แม้นมินทร์. อนุกรมเวลาและการพยากรณ์. กรุงเทพมหานคร: โฟร์พริ้นติ้ง, 2549.

วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศล. การเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. เทคนิคการพยากรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: ภารกิจเอกสารและตำรา มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2548.

ภาษาอังกฤษ

Box, George E.P.,Jenkins, Gwilym M., and Reinsel, Gregory C. Time Series analysis: Forecasting and control. 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

Cryer, Jonathan D., and Chan, Kung-Sik. Time series analysis with applications in R. 2nd ed. New York: Springer, 2008.

Guo, J.H. Robust estimation for the coefficient of a first order autoregressive process. Communications in Statistics-Theory and Methods. 29(2000): 55-66.

Vougas, Dimitrios V. A comparison of LS/ML and GMM estimation in a simple AR(1) model. Communications in Statistics-Simulation and Computation. 29(2000): 239-258.

Wei, Willim W.S. Time series analysis: Univariate and multivariate methods. 2nd ed. Boston: Addison-Wesley, 2006.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศรีสุดา ทิมกระจ่าง เกิดวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2530 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต (สต.ม.) สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552