การเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่

นายธีรเดช สิงห์อินทร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARISON OF THE IMPUTATION METHODS FOR NONIGNORABLE MISSING DATA IN TIME SERIES ANALYSIS WITH STATIONARY

Mr. Thiradet Singin

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่
โดย	นายธีรเดช สิงห์อินทร์
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร. พสุ เดชะรินทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิฐรา พึ่งพาพงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ณัตติฤดี เจริญรักษ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร. ระวี สุวรรณเดโชไชย)

ธีรเดช สิงห์อินทร์ : การเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ (COMPARISON OF THE IMPUTATION METHODS FOR NONIGNORABLE MISSING DATA IN TIME SERIES ANALYSIS WITH STATIONARY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี, 295 หน้า.

ข้อมูลสูญหายไปในข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นปัญหาที่พบบ่อยในการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุหลายๆประการเพื่อที่จะประมาณค่าสูญหายให้เกิดความถูกต้องแม่นยำนั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและกลไกที่ทำให้เกิดค่าสูญหาย เพื่อทำให้ค่าประมาณที่ได้ดีที่สุดของค่าสูญหาย ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายสำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีข้อมูลสูญหาย การศึกษานี้ ใช้วิธี Mean Imputation วิธี LOCF และวิธี EM Algorithm ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้จากการจำลองข้อมูล โดยมีสัดส่วนการสูญหาย 3 ระดับ คือ 10%, 20% และ 30% มีระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล 3 ระดับ คือ ไม่มี ปานกลาง และสูง จากการเปรียบเทียบแต่ละวิธีการโดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Average Mean Absolute Percentage Error : AMAPE) พบว่า i) สำหรับตัวแบบAR(1) วิธีการใส่ค่าสูญหายวิธี Mean Imputation จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในกรณีที่ขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก (n=50,100) และพารามิเตอร์แสดงค่าของกระบวนการถดถอยในตัวอันดับที่ 1 เป็น 0.2 ii) วิธี EM Algorithm มีประสิทธิภาพดีที่สุดในกรณีที่พารามิเตอร์แสดงค่าของกระบวนการถดถอยในตัวอันดับที่ 1 เป็น 0.5 iii) วิธี LOCF มีประสิทธิภาพดีที่สุดในกรณีที่ขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก (n=50,100) และพารามิเตอร์แสดงค่าของกระบวนการถดถอยในตัวอันดับที่ 1 เป็น 0.8 iv) สำหรับตัวแบบAR(2) วิธีการใส่ค่าสูญหายวิธี Mean Imputation จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในกรณีที่พารามิเตอร์แสดงค่าของกระบวนการถดถอยในตัวอันดับที่ 1 และ2 เป็น 0.1 v) วิธีการใส่ค่าสูญหายวิธี Mean Imputation จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในกรณีที่ขนาดตัวอย่างมีขนาดเล็ก (n=50) และ ในกรณีที่พารามิเตอร์แสดงค่าของกระบวนการถดถอยในตัวอันดับที่ 1 และ2 เป็น 0.25 vi) วิธีการใส่ค่าสูญหายวิธี EM Algorithmจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในกรณีที่พารามิเตอร์แสดงค่าของกระบวนการถดถอยในตัวอันดับที่ 1 และ2 เป็น 0.4

ภาควิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถิติ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2558

5681541426 : MAJOR STATISTICS
KEYWORDS: TIME SERIES / AUTOREGRESSIVE PROCESS / BOX-JENKINS / NONIGNORABLE MISSING

THIRADET SINGIN: COMPARISON OF THE IMPUTATION METHODS FOR NONIGNORABLE MISSING DATA IN TIME SERIES ANALYSIS WITH STATIONARY. ADVISOR: ASST. PROF. ANUPAP SOMBOONSAVATDEE, Ph.D., 295 pp.

Missing data in time series data is a common problem in statistical analysis that occurs due to many reasons. In order to estimate missing values accurate, it is necessary to select an appropriate method depending on the type and mechanisms generating missing values so as to obtain the best possible estimates of missing values. The purpose of this study is to compare the imputation methods for time series analysis with missing data. The imputation methods were Mean imputation, LOCF, and EM Algorithm. The data were simulated under three levels of missing percentages of data 10%, 20% and 30%, three levels of nonignorable-missingness of none, medium, high. The comparison of each imputation methods using the size of average mean absolute percentage error (AMAPE), the findings are the followings: i) for first order autoregressive model, Mean Imputation perform test when the sample size is small (n=50,100) and parameter first order autoregressive process equal 0.2, ii) EM Algorithm perform best when parameter first order autoregressive process equal 0.5, iii) LOCF perform best when the sample size is small (n=50,100) and parameter first order autoregressive process equal 0.8, iv) for second order autoregressive model, Mean Imputation perform best when parameter first order autoregressive process and second order autoregressive process equal 0.1, v) Mean Imputation perform best when the sample size is small (n=50) and parameter first order autoregressive process and second order autoregressive process equal 0.25, vi) EM Algorithm perform best when parameter first order autoregressive process and second order autoregressive process equal 0.4.

Department: Statistics Student's Signature .....
Field of Study: Statistics Advisor's Signature .....
Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือ และเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษาเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิฐรา พึ่งพาพงศ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. ณัตติฤดี เจริญรักษ์ และอาจารย์ ดร. ระวี สุวรรณเดโชไชย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี ภาควิชาสถิติ ที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้อันเป็นประโยชน์ยิ่งให้แก่ผู้เขียน รวมถึงเจ้าหน้าที่คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี ภาควิชาสถิติ ที่ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อ ประสานงานในเรื่องต่างๆ ขอขอบคุณทุกๆท่านที่มีส่วนร่วมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัว ที่ช่วยส่งเสริม สนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยช่วยให้กำลังใจผู้วิจัยมาโดยตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น 5

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 5

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 6

1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ 8

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย 9

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 10

บทที่ 2 ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง 11

2.1 ตัวแบบ ARIMA 11

2.2 วิธีประมาณค่าสูญหาย 3 วิธี 15

2.2.1 Mean Imputation 15

2.2.2 Last Observation Carried Forward (LOCF) 16

2.2.3 Expectation-Maximization (EM) Algorithm 17

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.1 แผนการจำลองข้อมูล 19
3.2 ขั้นตอนในการวิจัย 20
บทที่ 4 ผลการวิจัย 26
ส่วนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายของตัวแบบ AR(1) 29
ส่วนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายของตัวแบบ AR(2) 122
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ 214
5.1 ผลการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Average Mean Absolute Percentage Error: AMAPE) 215
5.2 สรุปความแตกต่างของแต่ละวิธีการประมาณค่า 216
วิธี Mean Imputation 216
วิธี Last Observation Carried Forward (LOCF) 216
วิธี EM Algorithm 216
5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 223
5.4 ข้อเสนอแนะ 224
รายการอ้างอิง 225
ภาคผนวก 227
ภาคผนวก ก 228
ภาคผนวก ข 240
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 295

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1.1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24 29

ตารางที่ 4.1.2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) และสำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48 36

ตารางที่ 4.1.3 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24 44

ตารางที่ 4.1.4 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48 47

ตารางที่ 4.1.5 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75 60

ตารางที่ 4.1.6 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5 67

ตารางที่ 4.1.7 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75 75

ตารางที่ 4.1.8 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5 78

ตารางที่ 4.1.9 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9 91

ตารางที่ 4.1.10 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18 98

ตารางที่ 4.1.11 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9 106

ตารางที่ 4.1.12 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18..... 109

ตารางที่ 4.2.1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5..... 122

ตารางที่ 4.2.2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49..... 129

ตารางที่ 4.2.3 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5..... 137

ตารางที่ 4.2.4 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49..... 140

ตารางที่ 4.2.5 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875 153

ตารางที่ 4.2.6 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75 160

ตารางที่ 4.2.7 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875 168

ตารางที่ 4.2.8 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75 171

ตารางที่ 4.2.9 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17..... 184

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.2.10 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34 191

ตารางที่ 4.2.11 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17 198

ตารางที่ 4.2.12 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34 201

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(1) ที่มี $\phi_1 = 0.2$ 217

ตารางที่ 5.2 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(1) ที่มี $\phi_1 = 0.5$ 218

ตารางที่ 5.3 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(1) ที่มี $\phi_1 = 0.8$ 219

ตารางที่ 5.4 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(2) ที่มี $\phi_1 = \phi_2 = 0.1$ 220

ตารางที่ 5.5 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(2) ที่มี $\phi_1 = \phi_2 = 0.25$ 221

ตารางที่ 5.6 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(2) ที่มี $\phi_1 = \phi_2 = 0.4$ 222

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการของบ็อกซ์ - เจนกินส์ 11

ภาพที่ 3.1 การแบ่งช่วงของข้อมูลอนุกรมเวลา 21

ภาพที่ 3.2 แผนผังการเขียนโปรแกรม 25

ภาพที่ 4.1.1 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24 32

ภาพที่ 4.1.2 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 16, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24 33

ภาพที่ 4.1.3 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 64, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24 34

ภาพที่ 4.1.4 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48 39

ภาพที่ 4.1.5 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 16, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48 40

ภาพที่ 4.1.6 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48 41

ภาพที่ 4.1.7 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 50

ภาพที่ 4.1. 8 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 53

ภาพที่ 4.1.9 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 56

ภาพที่ 4.1.10 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75 63

ภาพที่ 4.1.11 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = 0.5)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ18.75 64

ภาพที่ 4.1.12 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบ Nonignorable สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = 0.5)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75 65

ภาพที่ 4.1.13 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = 0.5)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 4.1.14 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบ Nonignorable สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 10, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5 71

ภาพที่ 4.1.15 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบ Nonignorable สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 40, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5 72

ภาพที่ 4.1.16 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 81

ภาพที่ 4.1.17 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 84

ภาพที่ 4.1.18 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 87

ภาพที่ 4.1.19 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 1, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9 94

ภาพที่ 4.1.20 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9 95

ภาพที่ 4.1.21 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 16, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9 96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 4.1.22 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 1, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18 101

ภาพที่ 4.1.23 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18 102

ภาพที่ 4.1.24 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 16, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18 103

ภาพที่ 4.1.25 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 112

ภาพที่ 4.1.26 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 115

ภาพที่ 4.1.27 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 118

ภาพที่ 4.2.1 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5 125

ภาพที่ 4.2.2 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5 126

ภาพที่ 4.2.3 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 64, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5 127

ภาพที่ 4.2.4 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49 132

ภาพที่ 4.2.5 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49 133

ภาพที่ 4.2.6 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49 134

ภาพที่ 4.2.7 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 143

ภาพที่ 4.2.8 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 146

ภาพที่ 4.2.9 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 149

ภาพที่ 4.2.10 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875 156

ภาพที่ 4.2.11 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 10, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875 157

ภาพที่ 4.2.12 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 40, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875 158

ภาพที่ 4.2.13 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75 163

ภาพที่ 4.2.14 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 10, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75 164

ภาพที่ 4.2.15 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 40, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75 165

ภาพที่ 4.2.16 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 174

ภาพที่ 4.2.17 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 177

ภาพที่ 4.2.18 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 180

ภาพที่ 4.2.19 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17 187

ภาพที่ 4.2.20 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17 188

ภาพที่ 4.2.21 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17 189

ภาพที่ 4.2.22 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34 194

ภาพที่ 4.2.23 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34 195

ภาพที่ 4.2.24 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34 196

ภาพที่ 4.2.25 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 204

ภาพที่ 4.2.26 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ 207

ภาพที่ 4.2.27 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ.....210

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพยากรณ์อนุกรมเวลาเป็นวิธีการที่นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมาหาตัวแบบที่เหมาะสมและใช้ตัวแบบดังกล่าวพยากรณ์ค่าในอนาคต ดังนั้นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาจึงเข้ามามีบทบาทช่วยในการตัดสินใจ การพยากรณ์อนุกรมเวลาจึงเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการดำเนินการในปัจจุบันและการวางแผนในอนาคตของหน่วยงานต่าง ๆทั้งภาครัฐและเอกชน เป็นต้น การพยากรณ์อนุกรมเวลาในอนาคตนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีการที่เป็นที่รู้จักและใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) ด้วยตัวแบบ ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) สำหรับวิธีการของบ๊อก-เจนกินส์เป็นวิธีการที่ให้ค่าพยากรณ์ที่ดี กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error : MSE) ของการพยากรณ์ต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ ภายใต้ข้อสมมติว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแปรสุ่มที่เป็นอิสระต่อกันและมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ ความแปรปรวนคงที่ (Pankratz, 2009) โดยในการวิเคราะห์ต้องมีจำนวนข้อมูลมาก คืออย่างน้อย 50 ค่า เพื่อให้การกำหนดตัวแบบและการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบเป็นไปอย่างถูกต้อง (Farnum & Stanton, 1989)

การพยากรณ์อนุกรมเวลามีข้อสมมติว่าข้อมูลในอนาคตจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลในอดีต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องเก็บรวบรวมข้อมูลในอดีตมาใช้ในการสร้างสมการพยากรณ์ แต่หากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้นั้นไม่สามารถเก็บได้ครบทุกช่วงเวลาภายในช่วงเวลาที่กำหนดเก็บข้อมูลแล้ว หรือเรียกว่า ข้อมูลสูญหาย ซึ่งจะส่งผลให้ไม่สามารถนำข้อมูลชุดนั้น ๆมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มความสามารถ โดยทั่วไปในการสร้างสมการพยากรณ์ จะสามารถพยากรณ์อนุกรมเวลาได้ ในกรณีที่มีข้อมูลสูญหายในช่วงต้นของอนุกรมเวลา บางครั้งผู้วิจัยแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการตัดช่วงเวลานั้นทิ้งไปไม่นำมาพิจารณา แล้ววิเคราะห์ข้อมูลที่เหลืออยู่ แต่วิธีนี้จะมีความไม่เหมาะสมเกิดขึ้นในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลาที่เก็บมาในช่วงเวลาสั้นๆ การตัดข้อมูลทิ้งไปบางส่วนจะส่งผลให้จำนวนข้อมูลดังกล่าวน้อยลงไปอีก สำหรับในกรณีที่มีข้อมูลสูญหายระหว่างกลางช่วงของอนุกรมเวลาจึงทำให้ไม่สามารถกำหนดฟังก์ชันไลลิฮูด (Likelihood Function) เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ ARIMA ได้ เป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพทางสถิติไปได้มาก และอาจทำให้ค่าประมาณที่ได้มีความเอนเอียงหรือมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อหน่วยที่ ทิ้งไปแตกต่างจากที่เหลืออยู่มาก ประชุม สุวัตถี (2552) ทำให้การประมาณค่าขาดความน่าเชื่อถือได้ ดังนั้นการประมาณค่าของข้อมูลสูญหายจึงมีความสำคัญมาก

การจัดการกับข้อมูลสูญหายมีหลายวิธี ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้น หากเลือกใช้วิธี จัดการกับข้อมูลสูญหายที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผล กระทบทำให้เกิดการบิดเบือนต่อผล

การวิเคราะห์ได้ ซึ่งโดยทั่วไปมักจำแนกข้อมูลสูญหายออกเป็น 3 ประเภท (Little & Rubin, 2002) คือ Missing completely at random (MCAR), Missing at random (MAR) และ Missing not at random (MNAR) จะเห็นว่าโดยทั่วไปแล้วกลไกการสูญหายที่พบในงานวิจัยส่วนใหญ่แล้วจะเกิดการสูญหายในรูปแบบสุ่ม (Random) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ที่มีกลไกการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ซึ่งการสูญหายในรูปแบบนี้เป็นการสูญหายที่มีความสัมพันธ์กันของข้อมูลและตัวแปรต่าง ๆ หากเราละเลยการสูญหายในรูปแบบนี้ผลกระทบที่เกิดขึ้นบางครั้งอาจมีความรุนแรงเกิดขึ้นได้ เนื่องจากการสรุปผลที่ผิดพลาดไป ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจทำการศึกษาวิธีการที่ใช้ในการใส่ค่าสูญหายที่การสูญหายเป็นแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้ วิธี Mean Imputation วิธี Last Observation Carried Forward (LOCF) และ วิธี EM Algorithm (EM) โดยจะนำวิธีดังกล่าวมาประยุกต์เพื่อให้เหมาะสมกับการใส่ค่าสูญหาย และจะใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Average Mean Absolute Percentage Error: AMAPE) และใช้ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหาย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประมาณค่าข้อมูลสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาของตัวแปรทางเศรษฐกิจโดยการสร้างตัวแบบ ARIMA ในรูปแบบของ state space และใช้ Kalman filter มาช่วยในการประมาณค่าแมกซิมัมไลลิฮูด (Maximum Likelihood Estimation) เมื่ออนุกรมเวลาดังกล่าวขาดคุณสมบัติคงที่ (Stationary) โดยการหาผลต่างของข้อมูลเพื่อทำให้อนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่ การพยากรณ์อนุกรมเวลาและการประมาณค่าสูญหายโดยใช้วิธีการ fixed-point smoothing (FPS) ช่วยในการคำนวณ ซึ่งวิธีการนี้ไม่สามารถใช้กับอนุกรมเวลาที่มีข้อมูลสูญหายในช่วงต้นของอนุกรมเวลา แต่หากข้อมูลสมบูรณ์ในช่วงท้ายของอนุกรมเวลาก็สามารถใช้วิธีการนี้ได้โดยการเรียงลำดับของข้อมูลใหม่ (Harvey & Pierse, 1984)

การศึกษาการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการประมาณค่าข้อมูลสุญหายในอนุกรมเวลาสำหรับตัวแบบ ARIMA เนื่องจากอนุกรมเวลาดังกล่าวขาดคุณสมบัติคงที่ (Stationary) ดังนั้นจึงทำการแปลงข้อมูลให้มีคุณสมบัติคงที่ก่อน โดยการคูณเมทริกซ์ข้อมูลด้วยเมทริกซ์การแปลง (Transformation Matrix) ในทำนองเดียวกัน การประมาณค่าพารามิเตอร์และการพยากรณ์อนุกรมเวลาจะดัดแปลง Kalman filter มาช่วยในการคำนวณ ซึ่งวิธีการนี้สามารถใช้ได้กับอนุกรมเวลาที่มีข้อมูลสูญหายทั้งที่หายในช่วงต้นและช่วงใด ๆของอนุกรมเวลา ส่วนในกรณีที่ไม่มีข้อมูลสูญหายในช่วงต้นของอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษา การกำหนดฟังก์ชันไลลิฮูด (Likelihood Function) ของการพยากรณ์อนุกรมเวลาและการประมาณค่าสูญหายเหมือนกับของ Harvey และ Pierse (1984) (Kohn & Ansley, 1986)

การศึกษาเปรียบเทียบอนุกรมเวลาในตัวแบบ Autoregressive – moving average (ARMA) โดยใช้ Kalman – Bucy filter , PEM Algorithm และ Smoothing cubic spline ในการประมาณค่าข้อมูลสูญหาย ผลจากการวิจัย สรุปได้ว่า วิธี Kalman – Bucy filter algorithm ซึ่งนำเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และวิธี Smoothing cubic spline มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธี PEM Algorithm ทั้งอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) และไม่คงที่ (Nonstationary) (Ferreiro, 1987; Jones, 1980)

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในตัวแบบโครงสร้างสมการ (The comparative efficacy of imputation methods for missing data in structural equation modeling) โดยใช้วิธีการทางสถิติที่นิยม คือ วิธี EM (Expectation- Maximization) วิธี FIML (Full Information Maximum Likelihood) วิธีเชิงพหุ (Multiple Imputation-MI) วิธีแทนที่ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean Substitution-Mean) และการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression) (Olinsky, Chen, & Harlow, 2003)

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าข้อมูลสูญหายในอนุกรมเวลา ด้วย 2 วิธี คือ วิธี Between-Forecast Estimation และ วิธี Fixed-Point Smoothing ภายใต้เงื่อนไขของขนาดตัวอย่าง จำนวนข้อมูลสูญหาย ช่วงข้อมูลสูญหายและค่าพารามิเตอร์ ทำการวัดประสิทธิภาพของแต่ละวิธีด้วยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการประมาณค่าสูญหายทั้ง 2 วิธี สามารถประมาณค่าสูญหายได้ดีในทุกสถานการณ์เมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ $(n=100)$หรือข้อมูลสูญหายมีจำนวน=1 สำหรับวิธี Between-Forecast ประมาณค่าสูญหายได้ดีในทุกสถานการณ์เมื่อข้อมูลสูญหายในช่วงกลางหลังจากการทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยพบว่า วิธี Between-Forecast สามารถประมาณค่าสูญหายได้ดีกว่าวิธี Fixed-Point Smoothing เมื่ออนุกรมเวลามีรูปแบบ AR(1) , AR(2) ในทุกสถานการณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีรูปแบบ MA(1) , MA(2) และ ARMA(1,1) ในทุกสถานการณ์พบว่าวิธี Fixed-Point Smoothing สามารถประมาณค่าสูญหายได้ดีกว่าวิธี Between-Forecast (นุชจิรัตน์ ธีระกนก, 2535)

การศึกษาเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ ARIMA เมื่อมีข้อมูลสูญหายแบบสุ่ม ด้วยวิธีของ Gomez และ Maravall โดยใช้ความน่าจะเป็นครอบคลุมของช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ ในการประเมินประสิทธิภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์ และใช้ความน่าจะเป็นครอบคลุมของช่วงความเชื่อมั่นของค่าข้อมูลสูญหาย ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน ในการประเมินประสิทธิภาพของการประมาณค่าข้อมูลสูญหาย จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ ARIMA (1,1,0) และ ARIMA (0,1,1) จะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อมีขนาดตัวอย่างไม่น้อยกว่า 100 และสูญหายไม่เกิน 10% สำหรับตัวแบบ ARIMA (2,1,0) การประมาณค่าพารามิเตอร์มีประสิทธิภาพสูง เมื่อพารามิเตอร์มีค่าใกล้กับขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ตามเงื่อนไขเกี่ยวกับคุณสมบัติคงที่ ส่วนตัวแบบ

ARIMA (0,1,2) ส่วนใหญ่การประมาณค่าพารามิเตอร์มีประสิทธิภาพต่ำ เมื่อค่าพารามิเตอร์อยู่ใกล้กับขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ตามเงื่อนไข เกี่ยวกับคุณสมบัติผกผัน การประมาณค่าพารามิเตอร์มีประสิทธิภาพต่ำมาก ในเรื่องการประมาณค่าสูญหายส่วนใหญ่ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร (ปารเมนทร คูรัตน์, 2539)

การศึกษาการประมาณค่าข้อมูลสูญหายโดยการใช้ filtering process ในตัวแบบอนุกรมเวลา ผู้วิจัยได้ใช้ชุดข้อมูลที่ไม่เกิดการสูญหาย และข้อมูลที่เกิดการสูญหายแบบสุ่มเพื่อประเมินผลของวิธีการประมาณค่าใหม่โดยอาศัย filtering process และใช้ตัวแบบบ๊อก-เจนกินส์ (Box-Jenkins) ซึ่งเป็นเทคนิคการพยากรณ์ที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยรายเดือน ที่สถานีปีนัง ประเทศมาเลเซีย การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบใช้ตัวแบบ ARIMA ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากช่วงเวลา 1 มกราคม 1969 ถึง 31 ธันวาคม 1997 ซึ่งตัวแบบที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนคือ $ARIMA(1,0,0)(0,0,1)_s$ เมื่อผู้วิจัยทำการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์จากสถิติ Theil ได้ว่า $U = 0.720864$ สำหรับข้อมูลที่ไม่มีการสูญหาย และ $U = 0.726352$ สำหรับข้อมูลที่เกิดการสูญหาย ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 จึงสรุปได้ว่า ตัวแบบที่ได้เป็นตัวแบบที่ดี (Mahir & Al-khazaleh, 2008)

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธี Complete Method, Mean Imputation, Last Observation Carried Forward (LOCF) และ Multiple Imputation (MI) กำหนดให้ระดับการสูญหาย 5% ,30%, 50% โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีต่าง ๆคือ ใช้ความน่าจะเป็นครอบคลุมของช่วงความเชื่อมั่นของจุดตัด และค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง สามารถสรุปผลได้ว่า Multiple Imputation (MI) เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (Nakai *et al*., 2014)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ในกรณีที่มีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable)
2. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ในกรณีที่มีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ทั้ง 3 วิธีได้แก่ วิธี Mean Imputation วิธี Last Observation Carried Forward (LOCF) และ วิธี EM Algorithm (EM) จะทำการพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) และใช้ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) ที่ได้จากวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 3 วิธีข้างต้น

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การจำลองข้อมูลที่ทำการวิจัยในตัวแบบนั้นมีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) กล่าวคือ ค่าประมาณของ ε_t มีคุณสมบัติไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีความแปรปรวนคงที่ (มุกดา แม้นมินทร์, 2549)

2. การสูญหายของอนุกรมเวลา Y_t ที่เกิดขึ้นนั้นมีรูปแบบการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ในลักษณะที่ข้อมูลเกิดการสูญหายจะมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าของอนุกรมเวลา Y_t เท่านั้น โดยจะทำการแบ่งช่วงของอนุกรมเวลา Y_t ออกเป็น 3 ช่วง และให้แต่ละช่วงมีความน่าจะเป็นของการสูญหายที่แตกต่างกัน

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีคำจำกัดความที่ใช้ดังต่อไปนี้

สเตชันนารี (Stationary) เป็นคุณสมบัติของตัวแบบอนุกรมเวลาซึ่งมีคุณสมบัติทางสถิติ คือ ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของ Y_t เป็นค่าคงที่ทุกหน่วยเวลาใด ๆละ $Cov\left(Y_t, Y_{t-1}\right)$ ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่ห่างกัน k เท่านั้น การพิจารณาค่าพารามิเตอร์ $\phi_1, \phi_2, ..., \phi_p$ ที่ทำให้ตัวแบบ AR(p) เป็นสเตชันนารี โดยจะหาคำตอบจากสมการ $1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-...-\phi_p B^p=0$ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าของ B จำนวน p ค่า แต่จะเลือกใช้ค่า B เพียงค่าเดียวที่อยู่นอกวงกลมหนึ่งหน่วย (unit circle) นั่นคือ $|B|>1$ ซึ่งจะกำหนดเป็นเงื่อนไข เช่น AR(1) คำตอบของสมการ $1-\phi_1 B=0$ คือ $B=\frac{1}{\phi_1}$ เลือกค่า B ที่ $|B|>1$ หรือ $|\phi_1|<1$ ซึ่งตัวแบบ AR(1) จะมีคุณสมบัติสเตชันนารี (Stationary)

ช่วงต้น คือ ช่วงของพื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐานที่อยู่ใน $(-\infty, z)$ เมื่อ Z และ Z' มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน $(N(0,1))$ ดังนั้น พื้นที่ในช่วงนี้จะเป็น $P(-\infty<Z<z)\times 100\%$ ของพื้นที่ทั้งหมด

ช่วงกลาง คือ ช่วงของพื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐานที่อยู่ใน (z, z') เมื่อ Z มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน $(N(0,1))$ และ $z<z'$ ดังนั้น พื้นที่ในช่วงนี้จะเป็น $P(z<Z<z')\times 100\%$ ของพื้นที่ทั้งหมด

ช่วงปลาย คือ ช่วงของพื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐานที่อยู่ใน (z', ∞) เมื่อ Z' มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน $(N(0,1))$ ดังนั้น พื้นที่ในช่วงนี้จะเป็น $(1-P(Z<z'))\times 100\%$ ของพื้นที่ทั้งหมด

ความน่าจะเป็นของการสูญหายในแต่ละช่วง คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนตัวอย่างที่สูญหายในช่วงนั้นกับจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ตกอยู่ในช่วงนั้น

ร้อยละของการสูญหาย คือ (จำนวนตัวอย่างที่สูญหาย/จำนวนตัวอย่างทั้งหมด)$\times 100\%$

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. อนุกรมเวลาที่ศึกษาในครั้งนี้มี 2 ตัวแบบคือ

1) ตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่ 1 : AR(1) มีสมการทั่วไปคือ

$$Y_t - \mu = \phi_1(Y_{t-1} - \mu) + \varepsilon_t$$

หรือสามารถเขียนในรูปแบบถดถอยคือ

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

เมื่อ $c = (1-\phi_1)\mu$ และ $|\phi_1| < 1$

โดยมีเงื่อนไขในการวิจัยสำหรับตัวแบบ AR(1) ข้อมูลอนุกรมเวลาจะไม่สูญหาย ณ เวลาที่ 1

2) ตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่ 2 : AR(2) มีสมการทั่วไปคือ

$$Y_t - \mu = \phi_1(Y_{t-1} - \mu) + \phi_2(Y_{t-2} - \mu) + \varepsilon_t$$

หรือสามารถเขียนในรูปแบบถดถอยคือ

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$$

เมื่อ $c = (1-\phi_1-\phi_2)\mu$ และ $\phi_1 + \phi_2 < 1$, $\phi_2 - \phi_1 < 1$, $|\phi_2| < 1$

โดยมีเงื่อนไขในการวิจัยสำหรับตัวแบบ AR(2) ข้อมูลอนุกรมเวลาจะไม่สูญหาย ณ เวลาที่ 1 และ 2

2. การกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น

2.1 ตัวแบบ AR(1) กำหนดให้ ϕ_1 มีค่าเป็น 0.2, 0.5 และ 0.8

2.2 ตัวแบบ AR(2) กำหนดให้ $\phi_1 = \phi_2$ มีค่าเป็น 0.1, 0.25 และ 0.4

3. การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม (ε_t) ที่ทำการศึกษามีการแจกแจงปกติ กำหนดให้ค่าเฉลี่ย $(\mu_\varepsilon = 0)$มีความแปรปรวน (σ_ε^2)โดยกำหนดให้ความแปรปรวนจำแนกตามค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบดังนี้

3.1 ตัวแบบ AR(1)

ϕ_1 มีค่าเป็น 0.2 σ_ε^2 = 24, 48 และ 96

ϕ_1 มีค่าเป็น 0.5 σ_ε^2 = 18.75, 37.5 และ 75

ϕ_1 มีค่าเป็น 0.8 σ_ε^2 = 9,18 และ 36

3.2 ตัวแบบ AR(2)

$\phi_1 = \phi_2$ มีค่าเป็น 0.1 σ_ε^2 = 24.5, 49 และ 98

$\phi_1 = \phi_2$ มีค่าเป็น 0.25 σ_ε^2 = 21.875, 43.75 และ 87.5

$\phi_1 = \phi_2$ มีค่าเป็น 0.4 σ_ε^2 = 17, 34 และ 68

4. ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดขนาดตัวอย่าง 3 ขนาดคือ 50, 100 และ 200

5. พื้นที่ใต้โค้งปกติของข้อมูลอนุกรมเวลาถูกแบ่งเป็น 3 ช่วง กำหนดอัตราส่วนในการแบ่งของแต่ละช่วงดังนี้

ช่วงต้น	:	ช่วงกลาง	:	ช่วงปลาย
1	:	1	:	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. การสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t มีรูปแบบของการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) การสูญหายของข้อมูลจะมีความสัมพันธ์กับค่าของอนุกรมเวลา Y_t โดยสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t แตกต่างกันไปตามระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) โดยอนุกรมเวลา Y_t ที่มีค่ามากก็จะมีสัดส่วนของการสูญหายมากกว่าอนุกรมเวลา Y_t ที่มีค่าน้อย มีผลทำให้ในแต่ละช่วงมีความน่าจะเป็นของการสูญหายที่สูง-ต่ำ แตกต่างกันด้วย โดยจะทำการแบ่งระดับของการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ออกเป็น 3 ระดับคือ ไม่มี, ปานกลาง และสูง อัตราส่วนของการสูญหายในแต่ละช่วงกำหนดดังนี้

ไม่มี	1	: 1	: 1
ปานกลาง	8	: 10	: 12
สูง	2	: 10	: 18

7. สัดส่วนของการสูญหายของอนุกรมเวลา Y_t คิดเป็นร้อยละโดยเฉลี่ยของทั้ง 3 ช่วงคือ ร้อยละ 10,20 และ 30 ซึ่งกำหนดให้แต่ละช่วงของค่าตัวแปรตามมีร้อยละของการสูญหายดังนี้

ร้อยละการสูญหายโดยเฉลี่ย	ระดับการสูญหายแบบ นอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable)	ร้อยละของการสูญหายในแต่ละช่วง		
		ช่วงต้น	ช่วงกลาง	ช่วงปลาย
10	ไม่มี	10	10	10
	ปานกลาง	8	10	12
	สูง	2	10	18
20	ไม่มี	20	20	20
	ปานกลาง	16	20	24
	สูง	4	20	36
30	ไม่มี	30	30	30
	ปานกลาง	24	30	36
	สูง	6	30	54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (Ordinary Least Squares Method : OLS)
9. การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการจำลองข้อมูลให้มีสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น โดยใช้เทคนิคการจำลองมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) ทำการจำลองในแต่ละสถานการณ์ 5,000 รอบ

1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาว่าการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธีใดที่ดีกว่า ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Average Mean Absolute Percentage Error: AMAPE) ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหาย โดยวิธีการใดที่ให้ค่า AMAPE ต่ำกว่าแสดงว่า เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่า และใช้ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวิธี EM กับวิธีการใส่ค่าสูญหายวิธีอื่น ๆในการเปรียบเทียบและดูแนวโน้มของวิธีการใส่ค่าสูญหายในแต่ละวิธี ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธี EM เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบเนื่องจากวิธี EM เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการประมาณค่าสูญหายมากที่สุดซึ่งเป็นวิธีที่ให้ค่า RE มากกว่า 1 นั้นแสดงว่ามีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี EM โดยสามารถคำนวณจากสูตรดังนี้

คำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) ของแต่ละวิธี. ใส่ค่าสูญหายที่มีการทำซ้ำทั้งหมด 5,000 รอบ ในแต่ละสถานการณ์ที่ได้ทำการจำลอง ซึ่งมีสูตรแสดงดังต่อไปนี้

สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$

$$AMAPE = \frac{\sum_{i=1}^{5,000}\left[\left|\frac{\hat{c}_{complete}^{(i)} - \hat{c}_{missing}^{(i)}}{\hat{c}_{complete}^{(i)}}\right| + \left|\frac{\hat{\phi}_{1,complete}^{(i)} - \hat{\phi}_{1,missing}^{(i)}}{\hat{\phi}_{1,complete}^{(i)}}\right|\right]}{10,000} \times 100\%$$

สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$

$$AMAPE = \frac{\sum_{i=1}^{5,000}\left[\left|\frac{\hat{c}_{complete}^{(i)} - \hat{c}_{missing}^{(i)}}{\hat{c}_{complete}^{(i)}}\right| + \left|\frac{\hat{\phi}_{1,complete}^{(i)} - \hat{\phi}_{1,missing}^{(i)}}{\hat{\phi}_{1,complete}^{(i)}}\right| + \left|\frac{\hat{\phi}_{2,complete}^{(i)} - \hat{\phi}_{2,missing}^{(i)}}{\hat{\phi}_{2,complete}^{(i)}}\right|\right]}{15,000} \times 100\%$$

เมื่อ $\hat{c}^{(i)}_{complete}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์เทอมของค่าคงที่ของชุดข้อมูลสมบูรณ์ชุดที่ i

$\hat{c}^{(i)}_{missing}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์เทอมของค่าคงที่ของชุดข้อมูลสูญหายชุดที่ i

$\hat{\phi}^{(i)}_{1,complete}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองอันดับที่ 1 ของชุดข้อมูลสูญหายชุดที่ i

$\hat{\phi}^{(i)}_{1,missing}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองอันดับที่ 1 ของชุดข้อมูลสูญหายชุดที่ i

$\hat{\phi}^{(i)}_{2,complete}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองอันดับที่ 2 ของชุดข้อมูลสมบูรณ์ชุดที่ i

$\hat{\phi}^{(i)}_{2,missing}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองอันดับที่ 2 ของชุดข้อมูลสูญหายชุดที่ i

AMAPE แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการทำซ้ำ 5,000 รอบ

คำนวณค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวิธี EM กับวิธีการประมาณค่าสูญหายวิธีอื่น ๆ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้วิธี EM เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบเนื่องจากวิธี EM เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการใส่ค่าสูญหายมากที่สุด ซึ่งวิธีใดที่ให้ค่า RE มากกว่า 1 แสดงว่ามีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี EM

$$RE = \frac{AMAPE_{EM}}{AMAPE_{\upsilon}}; \upsilon = 1,2$$

$AMAPE_{EM}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณค่าสูญหายด้วยวิธี EM

$AMAPE_{\upsilon}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณค่าสูญหายแต่ละวิธี

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

1. สร้างข้อมูลความคลาดเคลื่อนสุ่ม (ε_t) ที่มีการแจกแจงปกติ
2. สร้างข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบและพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

   ตัวแบบ AR(1) กำหนดให้ ϕ_1 มีค่าเป็น 0.2, 0.5 และ 0.8

   ตัวแบบ AR(2) กำหนดให้ $\phi_1 = \phi_2$ มีค่าเป็น 0.1, 0.25 และ 0.4

3. สร้างข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t เกิดการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) โดยมีความน่าจะเป็นของการสูญหายขึ้นอยู่กับค่าของอนุกรมเวลา Y_t เท่านั้น และมีสัดส่วนของการสูญหายตามที่กำหนดข้างต้น
4. ประมาณค่าข้อมูลสูญหายในอนุกรมเวลาด้วย วิธี Mean Imputation, วิธี Last Observation Carried Forward (LOCF), และ วิธี EM Algorithm (EM)
5. ประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบอนุกรมเวลาทั้งหมดด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (Ordinary Least Squares Method : OLS)
6. สร้างสมการพยากรณ์เพื่อใช้ในการพยากรณ์
7. หาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน(AMAPE) ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหาย และค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวิธี EM กับวิธีการใส่ค่าสูญหายวิธีอื่น ๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี

สรุปผลการวิจัยที่ได้จากสถานการณ์ทั้งหมดต่อไป

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายของอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) ที่มีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable)
2. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายในสถานการณ์อื่น ๆ ต่อไป

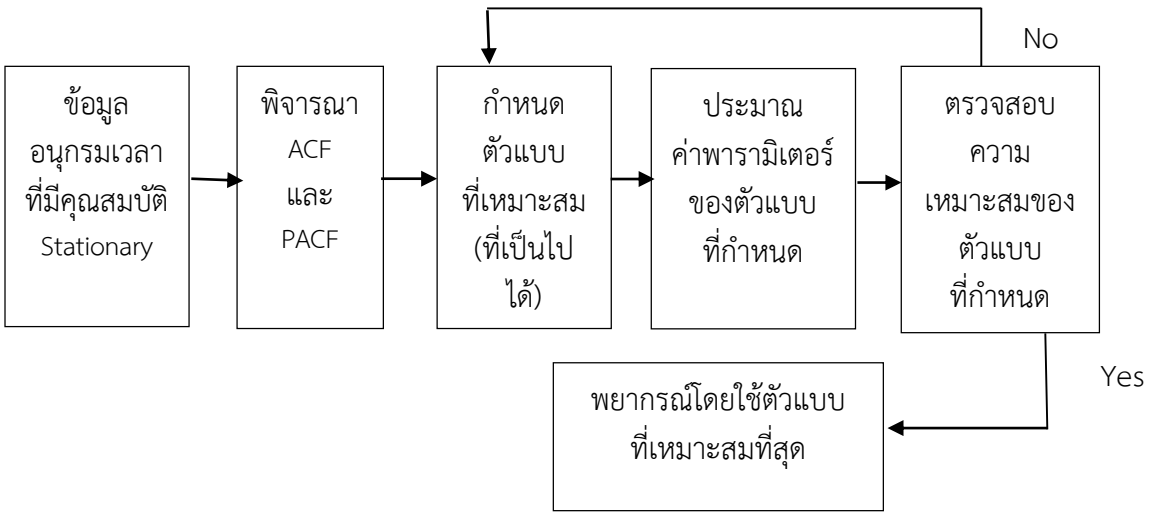
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตัวแบบ ARIMA

ตัวแบบที่ใช้ศึกษาคือ ตัวแบบ ARIMA โดยวิธีการของบ็อกซ์ – เจนกินส์ ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Nonseasonal ARIMA Model) มีชื่อเต็มว่า Autoregressive Integrated Moving Average Model เขียนแทนด้วย ARIMA (p,d,q) เป็นวิธีพยากรณ์ที่นำเอาข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตมาใช้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาในอนาคต วิธีนี้สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวทุกประเภทและเป็นวิธีการที่มีความถูกต้องแม่นยำค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์แบบอื่น ๆในการพยากรณ์ระยะสั้น แต่ข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ต้องเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน และข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะนำมาวิเคราะห์ต้องมีคุณสมบัติ Stationary กล่าวคือ ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ซึ่งในการพยากรณ์ด้วยวิธีการของ บ็อกซ์-เจนกินส์ จะเลือกตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ โดยพิจารณาจากลักษณะของสหสัมพันธ์ในตัวเอง(Autocorrelation Function : ACF) และสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (Partial Autocorrelation Function : PACF) โดยตัวแบบที่เป็นไปได้ในเบื้องต้นอาจมีมากกว่า 1 ตัวแบบ ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการตรวจสอบ เพื่อเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาดังกล่าวต่อไปนี้ ซึ่งสามารถสรุปเป็น Flow Chart ได้ดังนี้

<u>ภาพที่ 2.1</u> ขั้นตอนการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการของบ็อกซ์ - เจนกินส์



ลักษณะทั่วไปของอนุกรมเวลา

ตัวแบบ ARIMA(p,d,q)

$$(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\ldots-\phi_p B^p)(1-B)^d(Y_t-\mu) = (1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\ldots-\theta_q B^q)\varepsilon_t$$

โดยที่ Y_t = ข้อมูล ณ เวลาที่ t

μ = พารามิเตอร์แสดง Constant Term

ε_t = ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลาที่

$\phi_p(B)$ = Nonseasonal Autoregressive Operator of Order

$\theta_q(B)$ = Nonseasonal Moving Average Operator of Order

$(1-B)^d$ = Nonseasonal Difference Operator of Order d

$\phi_p(B)$ = $\left(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\ldots-\phi_p B^p\right)$

$\theta_q(B)$ = $\left(1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\ldots-\theta_q B^q\right)$

B = Backshift Operator

$(1-B)Y_t$ = $Y_t-BY_t = Y_t-Y_{t-1}$

$\phi_1,\phi_2,\ldots,\phi_p$ เป็นพารามิเตอร์แสดงค่าของ Nonseasonal Autoregressive Process อันดับที่ 1,2,...,p

$\theta_1,\theta_2,\ldots,\theta_q$ เป็นพารามิเตอร์แสดงค่าของ Nonseasonal Moving Average Process อันดับที่ 1,2,...,q

p แทน อันดับที่ p ของกระบวนการ Autoregressive แบบ Nonseasonal

d แทน อันดับที่ d ของการหาผลต่างแบบ Nonseasonal เพื่อทำให้อนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยคงที่

q แทน อันดับที่ q ของกระบวนการ Moving Average แบบ Nonseasonal

ตัวแบบ AR(1)

$$Y_t-\mu = \phi_1(Y_{t-1}-\mu)+\varepsilon_t$$

หรือ $Y_t = c+\phi_1 Y_{t-1}+\varepsilon_t$

สำหรับ t ใดๆ $\varepsilon_t \sim i.i.d.N(0,\sigma_\varepsilon^2)$ ในกรณีนี้ $\boldsymbol{\theta} = (c,\phi_1,\sigma^2)'$ และ $Cov(\varepsilon_t,\varepsilon_{t-k})=0$, $k\neq 0$

โดยที่ $|\phi_1|<1$ มีคุณสมบัติสเตชันนารี (Stationary)

ซึ่ง $E(Y_t)=E(Y_{t-1})=\mu$ และ $V(Y_t)=V(Y_{t-1})=\gamma_0$

ดังนั้น $E(Y_t)$ = $E(c+\phi_1 Y_{t-1}+\varepsilon_t)$

$$E(Y_t) = c + \phi_1 E(Y_{t-1}) + E(\varepsilon_t)$$
$$\mu = c + \phi_1 \mu$$
$$(1-\phi_1)\mu = c$$
$$\mu = \frac{c}{1-\phi_1}$$
$$V(Y_t) = V(c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t)$$
$$V(Y_t) = \phi_1^2 V(Y_{t-1}) + V(\varepsilon_t)$$
$$\gamma_0 = \phi_1^2 \gamma_0 + \sigma_\varepsilon^2$$
$$(1-\phi_1^2)\gamma_0 = \sigma_\varepsilon^2$$
$$\gamma_0 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\phi_1^2}$$

สรุป $Y_t \sim N\left(\frac{c}{1-\phi_1}, \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\phi_1^2}\right)$

ตัวแบบ AR(2)

$$Y_t - \mu = \phi_1(Y_{t-1} - \mu) + \phi_2(Y_{t-2} - \mu) + \varepsilon_t$$

หรือ $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$

สำหรับ t ใด ๆ $\varepsilon_t \sim i.i.d.N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ ในกรณีนี้ $\boldsymbol{\theta} = (c, \phi_1, \phi_2, \sigma^2)'$ และ $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}) = 0$, $k \neq 0$

โดยที่ $\phi_1 + \phi_2 < 1$, $\phi_2 - \phi_1 < 1$, $|\phi_2| < 1$ มีคุณสมบัติสเตชันนารี (Stationary)

ในทำนองเดียวกันสามารถสรุปได้ว่า

$$Y_t \sim N\left(\frac{c}{1-\phi_1-\phi_2}, \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\phi_1^2-\phi_2^2}\right)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย

ในการกำหนดตัวแบบ ARIMA(p,d,q) ที่เหมาะสมให้กับข้อมูลอนุกรมเวลาจะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function : ACF) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (Partial Autocorrelation Function : PACF) ของข้อมูลอนุกรมเวลาที่พิจารณาซึ่งมีคุณสมบัติสเตชันนารี โดยตัวแบบที่เป็นไปได้ในเบื้องต้นอาจมากกว่า 1 ตัวแบบ ซึ่งจะต้องมีขั้นตอนการตรวจสอบเพื่อเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด เพื่อใช้ในการพยากรณ์ต่อไป

ก. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Coefficient)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองเป็นค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาใน ชุดเดียวกัน โดยมีช่วงเวลาห่างกันเท่ากับ k (lag k) เช่น การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลา $Y_t, Y_{t-1}, Y_{t-2}, \ldots$ กับ $Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-3}, \ldots$ จะเห็นว่าข้อมูลอนุกรมเวลาดังกล่าวเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน แต่มีช่วงเวลาที่ห่างกันเท่ากับ 1 (lag 1) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^{n}\left(Y_t - \bar{Y}\right)\left(Y_{t-k} - \bar{Y}\right)}{\sum_{t=1}^{n}\left(Y_t - \bar{Y}\right)^2} \qquad ; k = 1,2,...$$

โดยที่ r_k คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ k

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

Y_t คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลาที่ t

$\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t

n คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

เนื่องจาก r_k เป็นค่าที่ใช้วัดลักษณะของตัวอย่างสุ่มที่เราสุ่มมา และเป็นค่าประมาณของ ρ_k ซึ่ง ρ_k จะเป็นค่าที่ใช้วัดลักษณะของประชากร และค่า r_k มีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma^2_{r_k}$ ซึ่งเราจะประมาณ $\sigma^2_{r_k}$ ด้วย $s^2_{r_k}$ โดยที่ $s^2_{r_k}$ มีค่าประมาณเท่ากับ 1/n ดังนั้นการทราบลักษณะของการแจกแจงของ r_k จะทำให้เราสามารถทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับ ρ_k ได้

คุณสมบัติของ r_k มีดังนี้

1. r_k มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 เมื่อขนาดของ r_k ที่วัดด้วย $|r_k|$ มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า มีความสัมพันธ์กันต่ำ ถ้า r_k มีค่าน้อยกว่า 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม และถ้า r_k มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน

2. $r_k = r_{-k}$ นั่นคือ การวัดความสัมพันธ์ระหว่าง Y_t กับ Y_{t-k} หรือระหว่าง Y_{t-k} กับ Y_t ซึ่งต่างก็เป็นค่าสังเกตที่อยู่ห่างกัน k ค่า โดยค่า r_k จะเท่ากันกับค่า r_{-k}

ข. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (Partial Autocorrelation Coefficient)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยเป็นค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลาเมื่อกำหนดให้ค่าสังเกต ณ เวลาอื่นคงที่ เช่น การหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยระหว่าง $Y_t, Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-3}, Y_{t-4}$ กับ $Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-3}, Y_{t-4}, Y_{t-5}$ ซึ่งมีช่วงเวลาห่างกันอยู่ 1 โดยกำหนดให้ $Y_{t+1}, Y_{t+2}, Y_{t+3}, ...$ กับ $Y_{t-6}, Y_{t-7}, Y_{t-8}, ...$ มีค่าคงที่ ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังนี้

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

โดยที่ r_{kk} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ Lag ที่ k

k คือ จำนวนช่วงเวลาที่ข้อมูลอยู่ห่างกัน; k = 1,2, 3...

r_1 คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 1

$r_{k,j}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยที่ช่วงเวลาห่างกัน k และ j

และ $r_{kj} = r_{k-1,j} - r_{kk}(r_{k-1,k-1})$ สำหรับ j = 1,2,...,k-1

สำหรับการทดสอบ ρ_{kk} จะใช้ r_{kk} เป็นตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ โดยที่ r_{kk} มีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma^2_{r_k}$ ซึ่งเราจะประมาณ $\sigma^2_{r_k}$ ด้วย $S^2_{r_k}$ โดยที่ $S^2_{r_k}$ มีค่าประมาณเท่ากับ $\frac{1}{n}$

ประโยชน์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย

1. ใช้ค่า r_k และ r_{kk} เป็นแนวทางในการอธิบายขนาดและทิศทางของสหสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตในอนุกรมเวลาที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลา

2. ใช้ค่า r_k อธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่เนื่องจากแนวโน้มหรือฤดูกาล กล่าวคือ $|r_k|$ จะมีค่าลดลงช้าเมื่อ k มีค่าเพิ่มขึ้น และ $|r_k|$ จะมีค่าขึ้นลงเป็นคลื่น โดย $|r_k|$ จะมีค่าสูงสุดเมื่อ k มีค่าเท่ากับ S, 2S, 3S,... เมื่อ S เป็นจำนวนฤดูกาลใน 1 รอบ

3. ใช้ค่า r_k และ r_{kk} ของอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีเป็นแนวทางในการกำหนดรูปแบบ ARIMA ให้กับข้อมูลอนุกรมเวลา

4. ใช้ค่า r_k ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบพยากรณ์เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบอนุกรมเวลาที่สร้างขึ้น ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีลักษณะการแจกแจงที่เป็นอิสระกันซึ่งเป็นไปตามข้อสมมติของรูปแบบอนุกรมเวลาจะสรุปว่ารูปแบบที่กำหนดเหมาะสม

2.2 วิธีประมาณค่าสูญหาย 3 วิธี มีหลักการดังต่อไปนี้

2.2.1 Mean Imputation เป็นวิธีการประมาณค่าสูญหายโดย Wilks ที่เสนอวิธีการนี้เป็นคนแรกในปี ค.ศ.1932 (Little & Rubin, 2002) โดยมีหลักการคือ การนำข้อมูลค่าสังเกต (Y_{obs}) มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) แล้วนำค่าเฉลี่ยเลขคณิตดังกล่าวแทนค่ากลับให้กับข้อมูลตำแหน่งที่เกิดการสูญหาย (Y_{miss})

สมมติ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่จำลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ สามารถเขียนในรูปตัวแบบทั่วไปดังนี้ กำหนดให้ $Y_1, Y_2, ..., Y_t$ ดังนั้นหากข้อมูลดังกล่าวเกิดการสูญหาย เช่น $Y_1, Y_2, ..., Y_{miss}, .., Y_t$ จะได้ว่า

$$\hat{Y}_{miss} = \frac{1}{n^*}\sum_{i=1}^{n^*} Y_i = \bar{Y}^* \qquad \text{เมื่อ} \quad i = 1,2,...,n^*$$

$\bar{Y}^*$ แทนค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ไม่สูญหายของตัวแปร Y

n^* แทนจำนวนข้อมูลที่ไม่สูญหายของตัวแปร Y

ตัวอย่าง

Time	Y_t	Y_{miss}	
1	2.2278392	2.2278392	
2	1.3819893	1.3819893	
3	0.1075173	0.1075173	
4	-1.0879502	Missing	→ 0.7762149
5	-1.4531286	-1.4531286	
6	-0.5898299	Missing	→ 0.7762149
7	0.6790012	0.6790012	
8	1.4186894	1.4186894	
9	1.0131632	Missing	→ 0.7762149
10	1.0715968	1.0715968	

ดังนั้น

$$\hat{Y}_{miss} = \frac{1}{n^*}\sum_{i=1}^{n^*} Y_i$$

$$= \frac{1}{7}(2.2278392 + 1.3819893 + 0.1075173 - 1.4531286 + 0.6790012 + 1.4186894 + 1.0715968)$$

$$= 0.77621494$$

2.2.2 Last Observation Carried Forward (LOCF) เป็นวิธีการประมาณค่าสุญหาย โดยมีหลักการคือ จะใช้ค่าสังเกต (Y_{obs}) ค่าสุดท้ายก่อนที่ข้อมูลจะเกิดการสูญหายมาแทนค่ากลับให้กับข้อมูลตำแหน่งที่เกิดการสูญหาย (Y_{miss}) (Nakai, Chen, Nishimura, & Miyamoto, 2014)

$$\hat{Y}_{miss,t} = Y_{obs,t-1} \quad ; \; t = 1,2,\ldots,N$$

ตัวอย่าง

Time	Y_t	Y_{miss}	
1	2.2278392	2.2278392	
2	1.3819893	1.3819893	
3	0.1075173	0.1075173	
4	-1.0879502	Missing	→ 0.1075173
5	-1.4531286	-1.4531286	
6	-0.5898299	Missing	→ -1.4531286
7	0.6790012	0.6790012	
8	1.4186894	1.4186894	
9	1.0131632	Missing	→ 1.4186894
10	1.0715968	1.0715968	

ดังนั้น

$\hat{Y}_{miss,t=4} = Y_{obs,3} = 0.1075173$

$\hat{Y}_{miss,t=6} = Y_{obs,5} = -1.4531286$

$\hat{Y}_{miss,t=9} = Y_{obs,8} = 1.4186894$

2.2.3 Expectation-Maximization (EM) Algorithm เป็นวิธีการที่ถูกเสนอโดย Dempster Laird and Rubin ซึ่งเป็นวิธีการที่อาศัยหลักของกระบวนการวนซ้ำ (Iterative Procedure) เพื่อทำการค้นหาค่าประมาณแมกซิมัมไลลิฮูด (Maximum Likelihood) ของค่าพารามิเตอร์ การประมาณค่าสูญหาย ด้วย EM Algorithm มี 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอน Expectation Step (E-Step) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำการประมาณค่าคาดหวังจากฟังก์ชันไลลิฮูด (Likelihood Function) ภายใต้ชุดข้อมูลที่สมบูรณ์

ตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่ 1 : AR(1) มีสมการทั่วไปคือ

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

1.1 ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเริ่มต้น ด้วยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) จากชุดข้อมูลที่สมบูรณ์โดยจะเรียกว่า สัมประสิทธิ์การถดถอยในรอบที่ 0 ทำให้ได้ค่าประมาณเริ่มต้นเป็น $\hat{c}^{(0)}$ และ $\hat{\phi}_1^{(0)}$

1.2 เมื่อได้ ค่า $\hat{c}^{(0)}$ และ $\hat{\phi}_1^{(0)}$ จะทำการประมาณค่าสูญหายจากค่าคาดหวังดังนี้

$$\hat{y}_{mis} = E\left(y_t | y_1, y_2, ..., y_{t-1}, \hat{c}^{(0)}, \hat{\phi}_1^{(0)}\right)$$

$$= \begin{cases} y_t & ;t = 1,2,...,m \\ \hat{c}^{(0)} + \hat{\phi}_1^{(0)} y_{t-1} & ;t = m+1,...,p \end{cases}$$

ดังนั้นจะได้ $y_t^{(1)} = E\left(y_t | y_1, y_2, ..., y_{t-1}, \hat{c}^{(0)}, \hat{\phi}_1^{(0)}\right)$

2. ขั้นตอน Maximization Step (M Step) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำการแทนค่าคาดหวังของข้อมูลที่เกิดการสูญหายด้วยค่าที่ได้จาก E-Step และทำการประมาณค่าคาดหวังจากฟังก์ชันไลลิฮูด (Likelihood Function) ซึ่งในกรณีที่ข้อมูลไม่เกิดการสูญหาย จะทำการวนซ้ำระหว่าง 2 ขั้นตอนจนกว่าจะเกิดค่าที่ลู่เข้า (Convergence) หรือค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ใช้ค่านั้นแทนค่าข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้น

2.1 ในขั้นตอน M-Step ในการทำซ้ำรอบที่ 1 เพื่อหาค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยตัวใหม่โดยใช้ชุดข้อมูลตัวแปรตามที่ได้จากการประมาณในข้อ 1.2 จะทำให้ได้ ค่า $\hat{c}^{(1)}$ และ $\hat{\phi}_1^{(1)}$

3. หาค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเริ่มต้นในข้อ 1.1 กับค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยใหม่รอบที่ 1 ของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทุกค่า

4. ถ้าค่าสัมบูรณ์ของผลต่างทุกค่าในข้อ 3 มีค่ามากกว่า 0.001 ให้ทำขั้นต่อไป แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.001 ให้หยุด และจะได้ค่าประมาณข้อมูลสูญหายตามข้อ 1.2

5. เข้าสู่ขั้นตอน E-Step ในการทำซ้ำรอบที่ k ; $k = 2,3,...$ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยใหม่ที่ได้มาประมาณค่าอนุกรมเวลาที่สูญหาย

$$\hat{y}_{mis} = E\left(y_t | y_1, y_2, ..., y_{t-1}, \hat{c}^{(k-1)}, \hat{\phi}_1^{(k-1)}\right) = \begin{cases} y_t & ;t = 1,2,...,m \\ \hat{c}^{(k-1)} + \hat{\phi}_1^{(k-1)} y_{t-1} & ;t = m+1,...,n \end{cases}$$

ดังนั้นจะได้ $y_t^{(t)} = E\left(y_t | y_1, y_2, ..., y_{t-1}, \hat{c}^{(k-1)}, \hat{\phi}_1^{(k-1)}\right)$

6. เข้าสู่ขั้นตอน M-Step ในการทำซ้ำรอบที่ k เพื่อหาค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยตัวใหม่โดยใช้ชุดข้อมูลตัวแปรตามที่ได้จากการประมาณในข้อ 5 จะทำให้ได้ ค่า $\hat{c}^{(k)}$ และ $\hat{\phi}_1^{(k)}$

7. หาค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยรอบที่ $k-1$กับ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยรอบที่ t ของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยทุกค่า

8. ถ้าค่าสัมบูรณ์ของผลต่างทุกค่าในข้อ 7 มีค่ามากกว่า 0.001 ให้กลับไปทำข้อ 5 ถึง 7 เรื่อย ๆจนกระทั่งค่าสัมบูรณ์ของผลต่างทุกค่ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.001 จึงจะหยุด และจะได้ค่าประมาณข้อมูลสูญหายจากขั้นตอน E-Step ขั้นสุดท้าย

9. นำค่าประมาณข้อมูลสูญหายที่ได้จากข้อ 4 หรือ 8 มาทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย โดยวิธี OLS เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ต่อไป

สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่ 2 : AR(2) มีสมการทั่วไปคือ

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$$

ทำในทำนองเดียวกันกับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลา ที่มีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจะเป็นข้อมูลระยะยาว (Longitudinal Data) โดยมีวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ใช้ใน งานวิจัยนี้ คือ วิธี Mean Imputation, วิธี Last Observation Carried Forward (LOCF) และ วิธี Expectation-Maximization (EM) Algorithm เพื่อจะทราบว่าวิธีใดเป็นวิธีที่ดีที่สุด โดย พิจารณาจาก ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Average Mean Absolute Percentage Error: AMAPE) ระหว่างค่าประมาณพารามิเตอร์ชุดข้อมูลที่สมบูรณ์กับค่าประมาณพารามิเตอร์ชุดข้อมูลที่สูญหาย นอกจากนี้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ชัดเจน ยิ่งขึ้นโดยนำค่า AMAPE ที่ได้จากวิธี EM เปรียบเทียบกับค่าAMAPE ที่ได้จากวิธีการอื่น ๆ เพื่อนำไปสู่ การหาค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) และในการศึกษาครั้งนี้จะทำการจำลองข้อมูลให้มีสถานการณ์ที่แตกต่างกันด้วยเทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) โดยใช้โปรแกรม R เวอร์ชั่น 3.1.1 ซึ่งมีการจำลองข้อมูลและขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

3.1 แผนการจำลองข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสถานการณ์จำลองที่มีความแตกต่างกันทั้งหมด 162 สถานการณ์ ที่แตกต่างกันตามลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา และลักษณะของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ซึ่งในแต่ละสถานการณ์จะทำการจำลองเป็นจำนวน 5,000 รอบ โดยค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบอนุกรมเวลามีวิธีการกำหนดดังต่อไปนี้

สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$

จะทำการกำหนดค่า พารามิเตอร์ ϕ_1 ค่าเฉลี่ย $E(Y_t)$ และค่าความแปรปรวน $V(Y_t)$ ของอนุกรมเวลา Y_t แล้วคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of variation) โดยให้อนุกรมเวลามีการกระจายที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ระดับน้อย ระดับกลาง และระดับมาก จึงทำให้ได้ว่าค่าพารามิเตอร์ c จะมีค่าเท่ากับ $c = (1-\phi_1)\mu$ และค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนจะมีค่าเท่ากับ $\sigma_\varepsilon^2 = \left(1-\phi_1^2\right)\sigma_{Y_t}^2$ ซึ่งในกรณีตัวแบบ AR(2) ก็ทำในทำนองเดียวกัน

3.2 ขั้นตอนในการวิจัย

1. สร้างข้อมูลความคลาดเคลื่อนสุ่ม (ε_t) ที่มีการแจกแจงปกติ
2. สร้างข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบและพารามิเตอร์ที่มีรูปแบบความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้
   ตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$
   ตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$
3. สร้างข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) โดยมีความน่าจะเป็นของการสูญหายขึ้นอยู่กับค่าของอนุกรมเวลา Y_t เท่านั้น และมีสัดส่วนของการสูญหายตามที่กำหนด
4. ประมาณค่าข้อมูลสูญหายในอนุกรมเวลาด้วย วิธี Mean Imputation, วิธี Last Observation Carried Forward (LOCF), และ วิธี EM Algorithm (EM)
5. ประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบอนุกรมเวลาทั้งหมดด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (Ordinary Least Squares Method : OLS)
6. สร้างสมการพยากรณ์เพื่อใช้ในการพยากรณ์
7. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) ของแต่ละวิธีการประมาณค่าสูญหาย และค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของวิธี EM กับวิธีการประมาณค่าสูญหายวิธีอื่น ๆเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี

ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การสร้างความคลาดเคลื่อนสุ่ม

1.1 สร้างข้อมูลความคลาดเคลื่อนสุ่ม (ε_t) ที่มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และความแปรปรวนดังต่อไปนี้ $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$

$$f(\varepsilon_t;\sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{\varepsilon_t^2}{2\sigma^2}} \quad ; -\infty < \varepsilon_t < \infty$$

$\sigma^2_{\varepsilon_t}$ เป็น 24, 48 และ 96

$\sigma^2_{\varepsilon_t}$ เป็น 18.75, 37.5 และ 75

$\sigma^2_{\varepsilon_t}$ เป็น 9, 18 และ 36

1.2 สร้างข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบและพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

ตัวแบบ AR(1) $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ เมื่อ $c = (1-\phi_1)\mu$ และ $|\phi_1| < 1$

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 4, 16 และ 64 สำหรับ ϕ_1 เป็น 0.2

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 2.5, 10 และ 40 สำหรับ ϕ_1 เป็น 0.5

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 1, 4 และ 16 สำหรับ ϕ_1 เป็น 0.8

ตัวแบบ AR(2) $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ เมื่อ $c = (1-\phi_1-\phi_2)\mu$ และ $\phi_1 + \phi_2 < 1$, $\phi_2 - \phi_1 < 1$,$|\phi_2| < 1$

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 4, 16 และ 64 สำหรับ $\phi_1 = \phi_2$ เป็น 0.10

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 2.5, 10 และ 40 สำหรับ $\phi_1 = \phi_2$ เป็น 0.25

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 1, 4 และ 16 สำหรับ $\phi_1 = \phi_2$ เป็น 0.40

2. การสร้างข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t

สร้างข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t จากรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแบบอนุกรมเวลา โดยใช้ข้อมูลในการสร้างตัวแปรดังกล่าวจากข้อ 1 ตามสมการของตัวแบบอนุกรมเวลาต่อไปนี้

สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad , t = 1,2,\ldots,n$

สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad , t = 1,2,\ldots,n$

โดยมีค่าพารามิเตอร์ตามข้อ 1

3. การสร้างข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t ให้เกิดการสูญหาย

สร้างข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t ให้เกิดการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ในลักษณะที่อนุกรมเวลา Y_t ตัวที่เกิดการสูญหายจะมีความสัมพันธ์หรือขึ้นอยู่กับอนุกรมเวลา Y_t เท่านั้น โดยนำข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t ที่มีการแจกแจงปกติที่ได้มาทำการแบ่งออกเป็น 3 ช่วง โดยให้ในแต่ละช่วงมีอัตราส่วนเท่ากันคือ 1:1:1 ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการแบ่งช่วงของอนุกรมเวลา Y_t คือ

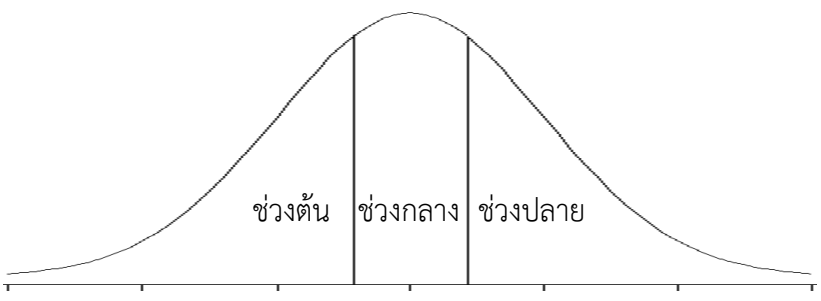
จาก $z = \dfrac{y_t - \bar{y}_t}{\hat{\sigma}_{y_t}} \sim N(0,1)$ ดังนั้นจะได้ว่า $y_t = \bar{y}_t + z\hat{\sigma}_{y_t}$

ถ้า $y_t \le \bar{y}_t + z_{\frac{1}{3}}\hat{\sigma}_{y_t}$ อนุกรมเวลา y_t นี้จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงต้น

ถ้า $\bar{y}_t + z_{\frac{1}{3}}\hat{\sigma}_{y_t} < y_t \le \bar{y}_t + z_{\frac{2}{3}}\hat{\sigma}_{y_t}$ อนุกรมเวลา y_t นี้จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงกลาง

และถ้า $\bar{y}_t + z_{\frac{2}{3}}\hat{\sigma}_{y_t} < y_t$ อนุกรมเวลา y_t นี้จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงปลาย

<u>ภาพที่ 3.1</u> การแบ่งช่วงของข้อมูลอนุกรมเวลา



$y_t \le \bar{y}_t + z_{\frac{1}{3}}\hat{\sigma}_{y_t}$ $\bar{y}_t + z_{\frac{1}{3}}\hat{\sigma}_{y_t} < y_t \le \bar{y}_t + z_{\frac{2}{3}}\hat{\sigma}_{y_t}$ $\bar{y}_t + z_{\frac{2}{3}}\hat{\sigma}_{y_t} < y_t$

จากนั้นจะทำให้แต่ละช่วงของอนุกรมเวลา Y_t มีการสูญหาย โดยจะทำการสร้างตัวแปรสุ่มที่มีค่าเป็น (0,1) ที่มีการแจกแจงทวินามจำนวน 3 ชุด มีขนาดเท่ากับจำนวนอนุกรมเวลา Y_t ที่ตกอยู่ในแต่ละช่วง และมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดการสูญหายตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตการวิจัย ซึ่งถ้าเป็นการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) นั้น ในแต่ละช่วงจะมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดการสูญหายที่แตกต่างกัน แล้วทำการจับคู่อนุกรมเวลา Y_t กับชุดของตัวแปรสุ่มที่สร้างขึ้นมาสำหรับแต่ละช่วง ซึ่งอนุกรมเวลา Y_t ใดที่มีตัวแปรสุ่มมีค่าเป็น 1 อนุกรมเวลา Y_t นั้นก็จะเกิดการสูญหาย

4. การประมาณค่าอนุกรมเวลา Y_t เกิดการสูญหาย

หลังจากได้ข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t เกิดการสูญหายแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การใส่ค่าข้อมูลที่สูญหายด้วยวิธี Mean Imputation วิธี Last Observation Carried Forward (LOCF) และวิธี EM Algorithm (EM) โดยวิธี Mean Imputation วิธี Last Observation Carried Forward (LOCF) จะเป็นวิธีที่มีรูปแบบการคำนวณที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ วิธี EM จะเป็นวิธีที่มีรูปแบบการคำนวณที่ใช้พารามิเตอร์ ซึ่งแต่ละ วิธีก็จะมีรายละเอียดขั้นตอนตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการคำนวณ แล้ว จะได้ชุดข้อมูลที่สมบูรณ์ที่ค่าสูญหายจะถูกแทนที่ด้วยค่าที่ประมาณได้

5. การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบอนุกรมเวลา

เมื่อได้ค่าประมาณข้อมูลสูญหายจากทั้ง 3 วิธีและได้ชุดข้อมูลที่สมบูรณ์จากข้อ 4 แล้ว ก็จะทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดแบบสามัญ (OLS) ตาม ทฤษฎีที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ซึ่งวิธี OLS จะไม่พิจารณาหรือตัดชุดข้อมูลที่สูญหายทิ้งและนำเฉพาะชุดข้อมูลที่สมบูรณ์มาใช้ในการคำนวณ ดังนั้นจึงต้องประมาณค่าที่สูญหายก่อนแล้วจึงหา ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย และสำหรับแต่ละวิธีการประมาณค่าสูญหายก็จะให้ค่าประมาณ สัมประสิทธิ์การถดถอยที่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. การสร้างสมการพยากรณ์

เมื่อได้ชุดข้อมูลที่สมบูรณ์จากการใส่ค่าสูญหายด้วยทั้ง 3 วิธีแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีกาลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่แตกต่างกันสาหรับแต่ละวิธีการต่าง ๆ และสมการพยากรณ์จะมีรูปแบบดังต่อไปนี้

สำหรับตัวแบบ AR(1) : $\hat{Y}_t = \hat{c} + \hat{\phi}_1 Y_{t-1}$

สำหรับตัวแบบ AR(2) : $\hat{Y}_t = \hat{c} + \hat{\phi}_1 Y_{t-1} + \hat{\phi}_2 Y_{t-2}$

7. การหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) และค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE)

คำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) ของแต่ละวิธีประมาณค่าสูญหายที่มีการทำซ้ำทั้งหมด 5,000 รอบ ในแต่ละสถานการณ์ที่ได้ทำการจำลอง ซึ่งมีสูตรดังต่อไปนี้

สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$

$$AMAPE = \frac{\sum_{i=1}^{5,000}\left[\left|\frac{\hat{c}^{(i)}_{complete} - \hat{c}^{(i)}_{missing}}{\hat{c}^{(i)}_{complete}}\right| + \left|\frac{\hat{\phi}^{(i)}_{1,complete} - \hat{\phi}^{(i)}_{1,missing}}{\hat{\phi}^{(i)}_{1,complete}}\right|\right]}{10,000} \times 100\%$$

สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$

$$AMAPE = \frac{\sum_{i=1}^{5,000}\left[\left|\frac{\hat{c}^{(i)}_{complete} - \hat{c}^{(i)}_{missing}}{\hat{c}^{(i)}_{complete}}\right| + \left|\frac{\hat{\phi}^{(i)}_{1,complete} - \hat{\phi}^{(i)}_{1,missing}}{\hat{\phi}^{(i)}_{1,complete}}\right| + \left|\frac{\hat{\phi}^{(i)}_{2,complete} - \hat{\phi}^{(i)}_{2,missing}}{\hat{\phi}^{(i)}_{2,complete}}\right|\right]}{15,000} \times 100\%$$

เมื่อ $\hat{c}^{(i)}_{complete}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์เทอมของค่าคงที่ของชุดข้อมูลสมบูรณ์ชุดที่ i

$\hat{c}^{(i)}_{missing}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์เทอมของค่าคงที่ของชุดข้อมูลสูญหายชุดที่ i

$\hat{\phi}^{(i)}_{1,complete}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองอันดับที่ 1 ของชุดข้อมูลสูญหายชุดที่ i

$\hat{\phi}^{(i)}_{1,missing}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองอันดับที่ 1 ของชุดข้อมูลสูญหายชุดที่ i

$\hat{\phi}^{(i)}_{2,complete}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองอันดับที่ 2 ของชุดข้อมูลสมบูรณ์ชุดที่ i

$\hat{\phi}^{(i)}_{2,missing}$ แทน ค่าประมาณพารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองอันดับที่ 2 ของชุดข้อมูลสูญหายชุดที่ i

AMAPE แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการทำซ้ำ 5,000 รอบ

คำนวณค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวิธี EM กับวิธีการประมาณค่าสูญหายวิธี อื่น ๆ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้วิธี EM เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบเนื่องจากวิธี EM เป็นวิธีที่ นิยมใช้ในการประมาณค่าสูญหายมากที่สุด ซึ่งวิธีใดที่ให้ค่า RE มากกว่า 1 แสดงว่ามีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี EM

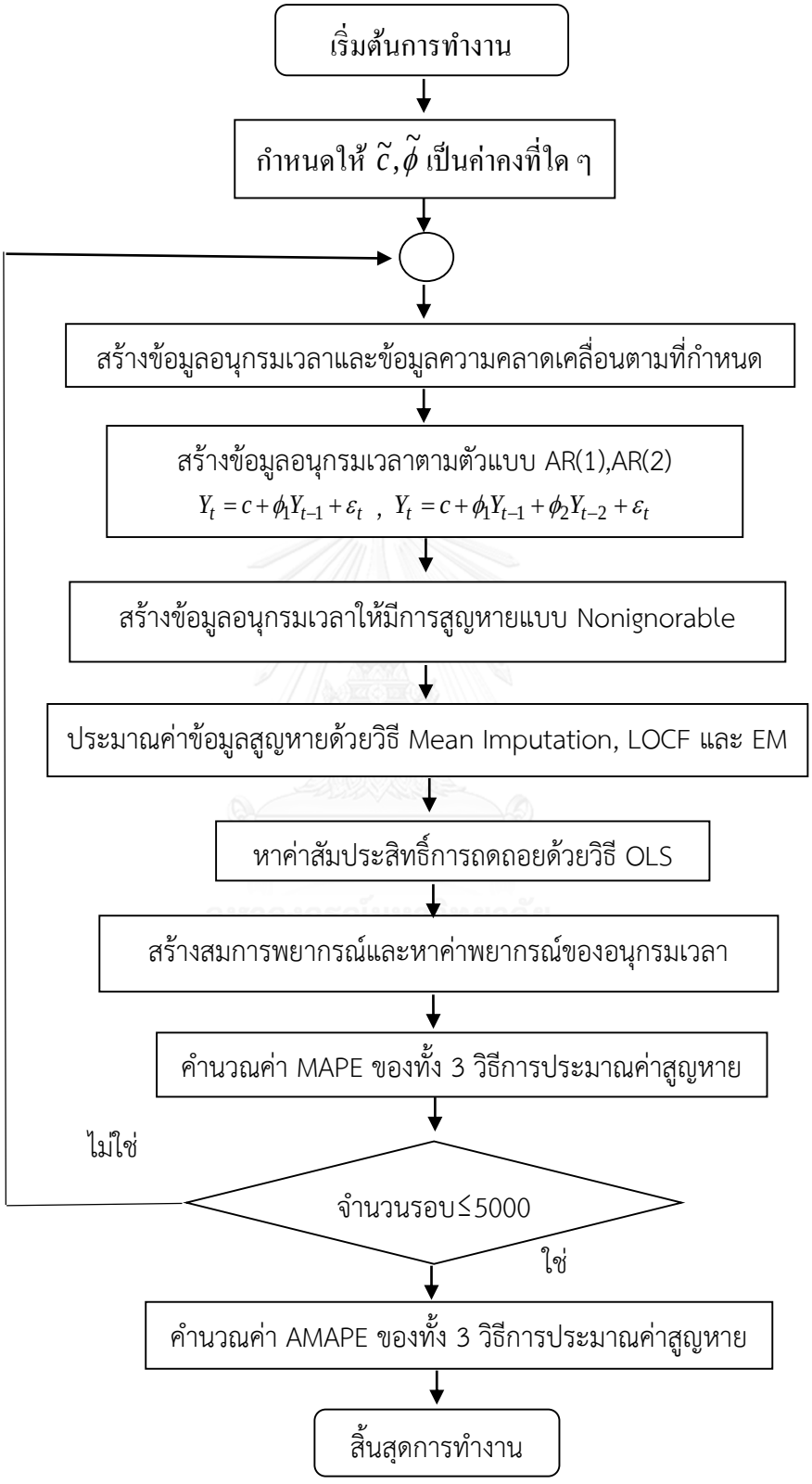
$$RE = \frac{AMAPE_{EM}}{AMAPE_{v}} ; v = 1,2$$

$AMAPE_{EM}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณค่าสูญหายด้วยวิธี EM

$AMAPE_{v}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณค่าสูญหายแต่ละวิธี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 3.2 แผนผังการเขียนโปรแกรม



บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายของอนุกรมเวลา Y_t ที่มีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) โดยมีวิธีที่ใช้ในการใส่ค่าสูญหายทั้งหมด 3 วิธีคือ วิธี Mean Imputation วิธี Last Observation Carried Forward (LOCF) และวิธี Estimation-Maximization Method (EM Algorithm) ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบว่าวิธีการใส่ค่าสูญหายใดจะเป็นวิธีที่ดีกว่า จะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) และใช้ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวิธีEM กับวิธีการประมาณค่าสูญหายวิธีอื่น ๆ ซึ่งวิธีการใส่ค่าสูญหายวิธีใดที่ให้ค่า AMAPE ต่ำกว่าจะเป็นวิธีที่ดีกว่า และในทำนองเดียวกัน ถ้าค่า RE น้อยกว่า 1 แสดงว่าวิธีการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธีEM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ

ในการนำเสนอผลการวิจัยจะแสดงในรูปแบบของตารางและกราฟ โดยมีสัญลักษณ์ที่ใช้แทนความหมายต่าง ๆดังนี้

n	แทน ขนาดของตัวอย่าง
%	แทน สัดส่วนการสูญหาย
$\sigma_{\varepsilon_t}^2$	แทน ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม
None	แทน ระดับของการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล ในระดับไม่มี
Medium	แทน ระดับของการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล ในระดับปานกลาง
High	แทน ระดับของการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล ในระดับสูง
Mean	แทน การใส่ค่าสูญหายของตัวแปรด้วยวิธี Mean Imputation
LOCF	แทน การใส่ค่าสูญหายของตัวแปรด้วยวิธี Last Observation Carried Forward
EM	แทน การใส่ค่าสูญหายของตัวแปรด้วยวิธี Estimation-Maximization Method
AMAPE	แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

RE แทน ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวิธีEM กับวิธีการประมาณค่าสูญหายวิธีอื่น ๆ

ในการนำเสนอผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธีนั้น จะแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วน โดยใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาเป็นเกณฑ์ในการแบ่งและแต่ละส่วนถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งคือ ค่าของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของตัวแบบต่าง ๆ ซึ่งจะมีการนำเสนอทั้งหมดดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> ผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายของตัวแบบ AR(1)

เมื่อ c=4,16,64

แบบที่ 1.1 $\phi_1 = 0.2$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 24

แบบที่ 1.2 $\phi_1 = 0.2$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 48

แบบที่ 1.3 $\phi_1 = 0.2$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 96

เมื่อ c=2.5,10,40

แบบที่ 1.4 $\phi_1 = 0.5$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 18.75

แบบที่ 1.5 $\phi_1 = 0.5$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 37.5

แบบที่ 1.6 $\phi_1 = 0.5$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 75

เมื่อ c=1,4,16

แบบที่ 1.7 $\phi_1 = 0.8$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 9

แบบที่ 1.8 $\phi_1 = 0.8$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 18

แบบที่ 1.9 $\phi_1 = 0.8$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 36

<u>ส่วนที่ 2</u> ผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายของตัวแบบ AR(2)

เมื่อ c=4,16,64

แบบที่ 2.1 $\phi_1 = \phi_2 = 0.1$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 24.5

แบบที่ 2.2 $\phi_1 = \phi_2 = 0.1$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 49

แบบที่ 2.3 $\phi_1 = \phi_2 = 0.1$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 98

เมื่อ c=2.5,10,40

แบบที่ 2.4 $\phi_1 = \phi_2 = 0.25$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 21.875

แบบที่ 2.5 $\phi_1 = \phi_2 = 0.25$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 43.75

แบบที่ 2.6 $\phi_1 = \phi_2 = 0.25$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 87.5

เมื่อ c=1,4,16

แบบที่ 2.7 $\phi_1 = \phi_2 = 0.4$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 17

แบบที่ 2.8 $\phi_1 = \phi_2 = 0.4$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 34

แบบที่ 2.9 $\phi_1 = \phi_2 = 0.4$ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเท่ากับ 68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายของตัวแบบ AR(1)

<u>ตารางที่ 4.1.1</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.2	10	None	4	28.4522	53.9289	30.3626
				16	28.1738	53.6815	30.0745
				64	28.1586	53.6830	30.0525
			Medium	4	28.0667	54.4405	30.2194
				16	28.0014	53.9896	29.9147
				64	28.0472	53.9219	29.8952
			High	4	25.0589	52.5335	28.8802
				16	25.2925	51.3378	28.2800
				64	25.4923	51.1083	28.2508
50	0.2	20	None	4	38.3101	77.3616	43.9683
				16	37.8319	77.1443	43.5884
				64	37.8052	77.1368	43.5679
			Medium	4	35.6385	76.8556	42.2327
				16	35.8085	76.0561	41.7705
				64	35.9698	75.9091	41.7620
			High	4	35.8784	83.6706	44.2504
				16	36.6709	80.8992	42.8136
				64	37.3597	80.3244	42.7967
50	0.2	30	None	4	48.0967	122.2756	60.4774
				16	47.4586	122.1099	60.2130
				64	47.4196	122.1021	60.1983
			Medium	4	48.4779	126.4858	63.2626
				16	49.1895	125.3043	63.1090
				64	49.5603	125.0564	63.1969
			High	4	49.6892	150.9848	71.5614
				16	51.0371	146.4315	69.8409
				64	52.6267	145.4921	69.9380

<u>ตารางที่ 4.1.1</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24

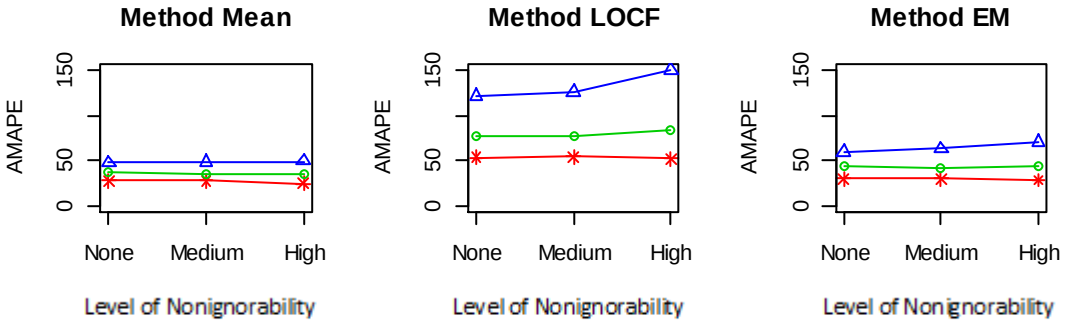
n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.2	10	None	4	16.5690	33.5088	16.3898
				16	16.3704	33.3487	16.0920
				64	16.3560	33.3294	16.1767
			Medium	4	15.1100	33.5320	15.1110
				16	15.1598	33.0755	14.8782
				64	15.1890	32.9792	14.8688
			High	4	14.5790	34.8779	15.6004
				16	14.8093	33.4278	14.8196
				64	15.0456	33.1059	14.7702
100	0.2	20	None	4	22.5265	68.0933	23.4928
				16	22.2609	68.1069	23.2536
				64	22.2450	68.0086	23.2130
			Medium	4	21.7411	69.3617	24.1046
				16	22.0690	68.5558	23.6842
				64	22.2513	68.3686	23.6413
			High	4	22.8991	73.9857	27.1298
				16	23.2678	70.8790	24.1856
				64	24.0119	70.1515	24.6752
100	0.2	30	None	4	29.8605	105.3293	33.0669
				16	29.4713	105.2925	33.0655
				64	29.4439	105.2927	33.1181
			Medium	4	28.9485	106.5973	34.8855
				16	29.8735	105.4491	34.3187
				64	30.2879	105.1738	34.4124
			High	4	32.3201	113.8378	43.2239
				16	32.0467	109.2250	38.7438
				64	33.5663	108.1252	38.6670

<u>ตารางที่ 4.1.1</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24

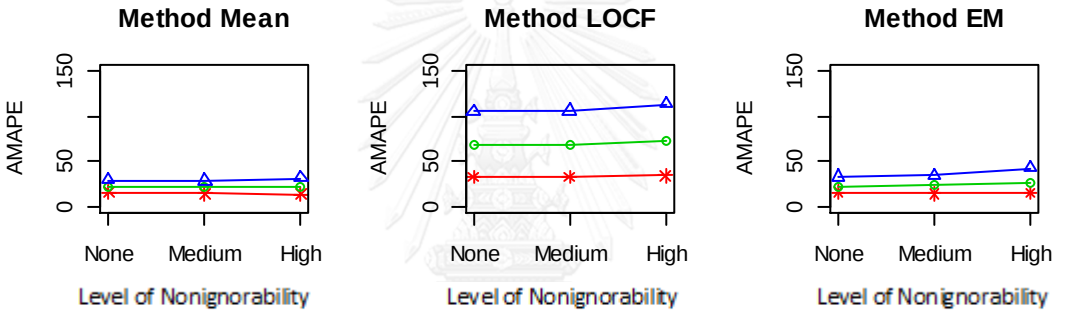
n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.2	10	None	4	10.9801	25.7004	9.5238
				16	10.8733	25.8679	9.3964
				64	10.8701	25.6907	9.3885
			Medium	4	10.5438	26.3505	9.5052
				16	10.7177	25.9559	9.3299
				64	10.7974	25.8626	9.3226
			High	4	10.4720	27.8878	10.5878
				16	10.8251	26.2713	9.7412
				64	11.1214	25.8854	9.7176
200	0.2	20	None	4	17.1397	51.4017	14.5425
				16	17.0047	51.3873	14.3889
				64	16.9997	51.3849	14.3825
			Medium	4	16.0995	52.4233	14.7445
				16	16.7636	51.6216	14.3761
				64	17.0029	51.4239	14.3478
			High	4	16.1753	55.0391	17.5108
				16	16.5440	51.8443	14.6995
				64	17.4050	51.0600	14.5443
200	0.2	30	None	4	22.6763	76.9682	19.2792
				16	22.4470	76.9452	19.2779
				64	22.4267	76.9404	19.2864
			Medium	4	20.6460	78.5788	19.7222
				16	21.9445	77.4304	19.2387
				64	22.4194	77.0466	19.1800
			High	4	23.1143	83.8599	25.9948
				16	22.3156	79.2968	20.5031
				64	24.0613	78.1714	20.1986

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

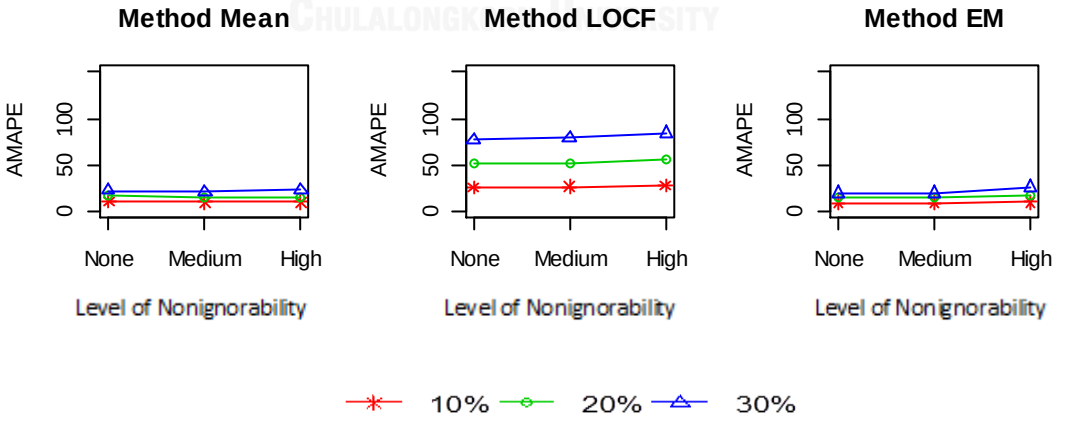
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



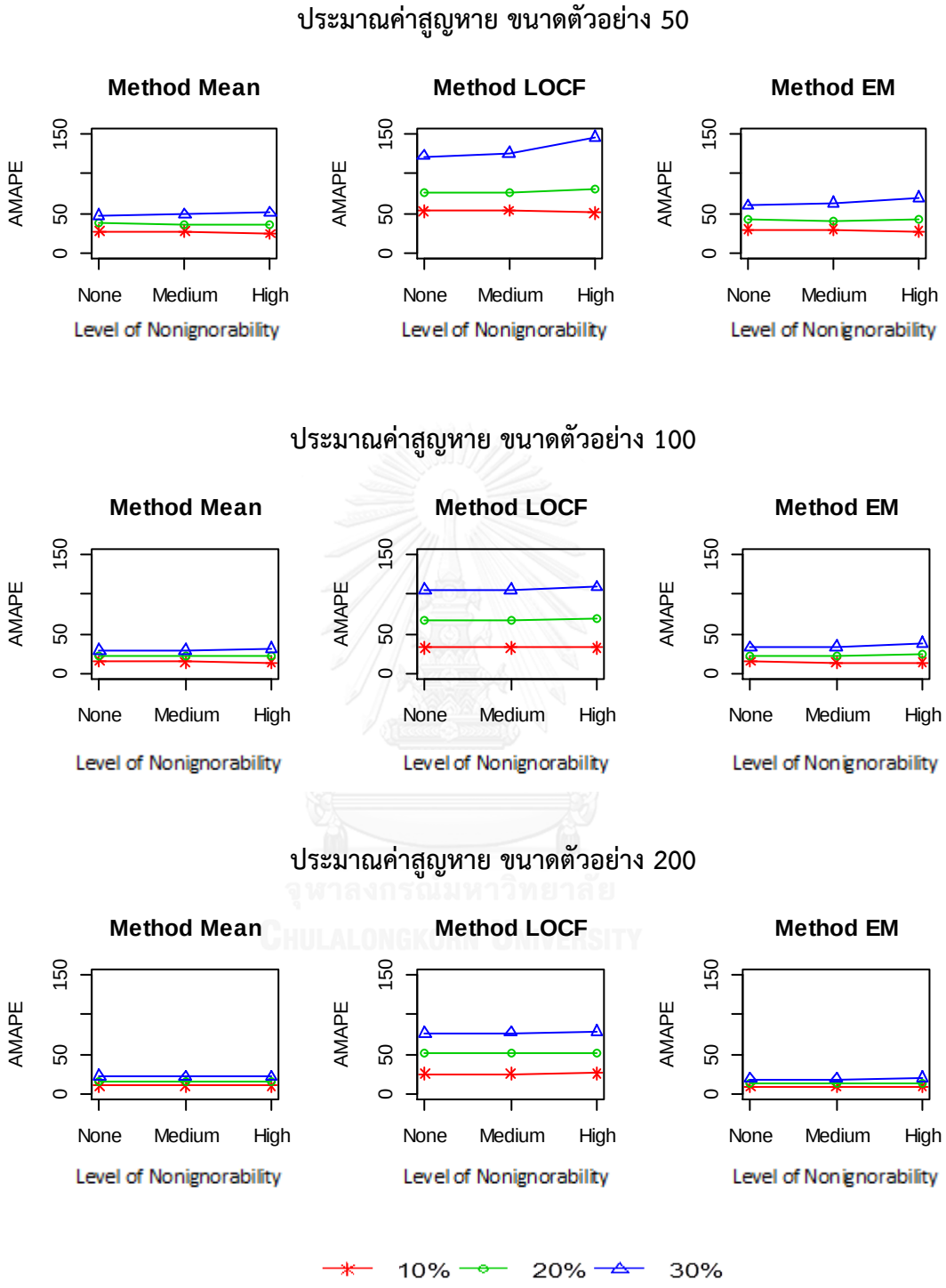
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

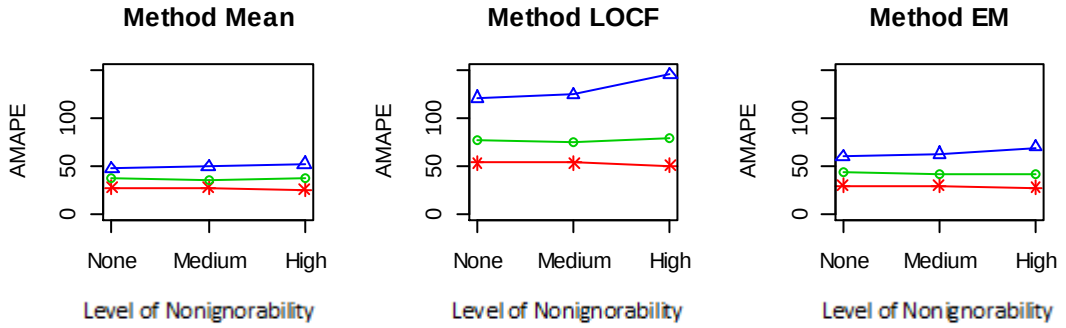


<u>ภาพที่ 4.1.1</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24

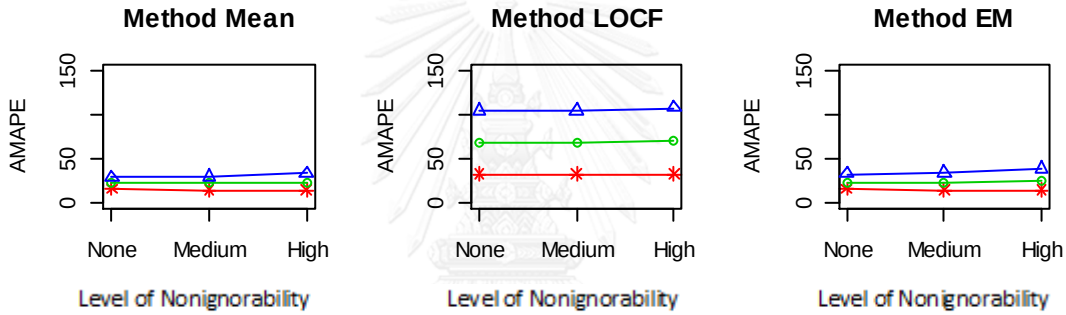


<u>ภาพที่ 4.1.2</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24

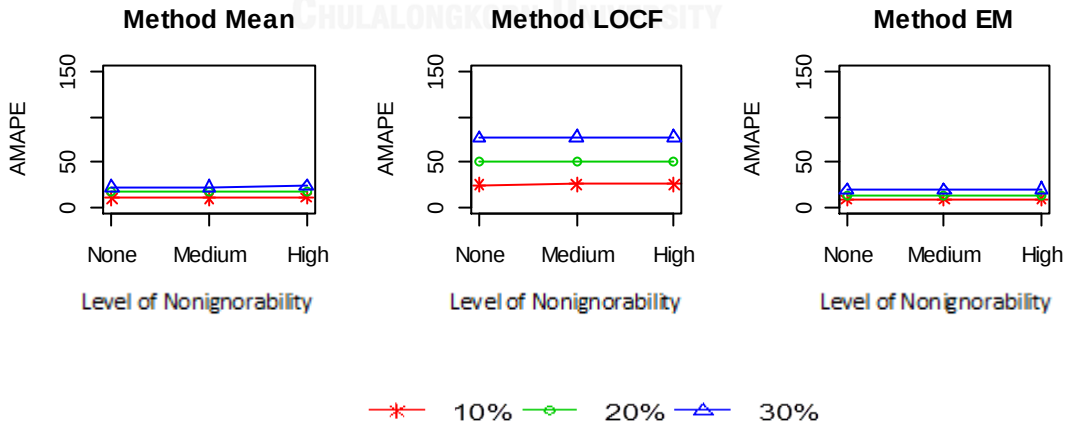
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.1.3</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24

จากตารางที่ 4.1.1 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 1.1 พบว่าสำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 โดยส่วนใหญ่วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation วิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี Mean เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ยกเว้นในบางกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100สัดส่วนการสูญหาย 10% และระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับไม่มี (c=4,16,64) ระดับปานกลาง (c=16,64) และระดับสูง (c=64) วิธี EM ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด นอกเหนือจากนี้วิธี Mean จะให้ค่า AMAPE ต่ำสุดแต่ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 วิธี EM จะให้ค่า AMAPE ต่ำสุด

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.1.1-4.1.3 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้น ค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนของการสูญหายเท่ากับ 30% จะมีค่า AMAPE สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.2</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) และ สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.2	10	None	4	28.8480	54.2433	30.7257
				16	28.1899	53.6959	30.0944
				64	28.1595	53.6693	30.0548
			Medium	4	28.3731	54.8627	30.6081
				16	27.9867	54.0335	29.9346
				64	28.0395	53.9305	29.8970
			High	4	25.5506	53.4626	29.9619
				16	25.2034	51.4759	28.1331
				64	25.4613	51.1385	28.2524
50	0.2	20	None	4	38.9406	77.6953	44.5016
				16	37.8600	77.1560	43.6146
				64	37.8071	77.1368	43.9694
			Medium	4	36.0782	77.5106	42.8832
				16	35.7365	76.1460	41.7896
				64	35.9450	75.9284	41.7609
			High	4	37.3784	85.5119	46.2944
				16	36.3653	81.2348	42.8754
				64	37.2549	80.4010	42.7935
50	0.2	30	None	4	49.0199	122.5458	61.0772
				16	47.4980	122.1192	60.2250
				64	47.4227	122.1022	60.1958
			Medium	4	49.0201	127.3586	64.2418
				16	49.0115	125.4461	63.1279
				64	49.5059	125.0899	63.1926
			High	4	53.7965	154.1236	75.8513
				16	50.3255	146.9821	69.6626
				64	52.3862	145.6176	69.8917

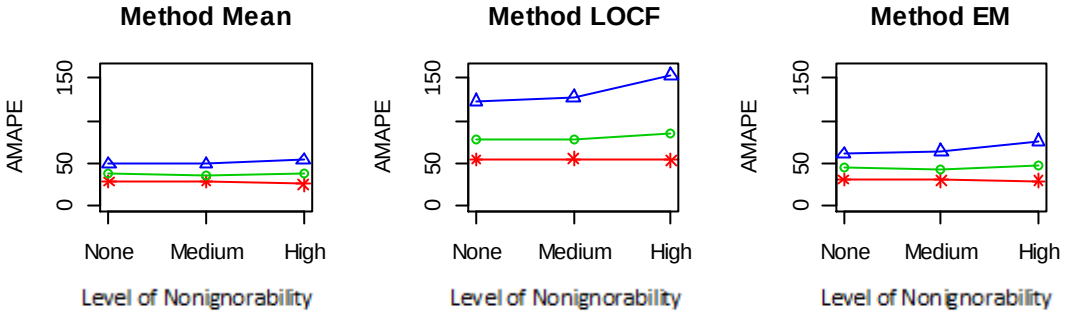
<u>ตารางที่ 4.1.2</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.2	10	None	4	16.7828	33.6601	16.6062
				16	16.3835	33.3631	16.2052
				64	16.3573	33.3316	16.1781
			Medium	4	15.2244	33.8443	15.3645
				16	15.1351	33.1319	14.8942
				64	15.2097	32.9920	14.8696
			High	4	15.0223	35.7986	16.4240
				16	14.7059	33.6128	14.8723
				64	15.0095	33.1493	14.7738
100	0.2	20	None	4	22.8504	68.1750	23.7835
				16	22.2778	68.0236	23.2737
				64	22.2464	68.0094	23.2141
			Medium	4	21.8753	69.8561	24.5904
				16	21.9842	68.6618	23.7181
				64	22.2244	68.3939	23.6458
			High	4	24.6976	75.8466	29.5018
				16	22.9582	71.2910	24.9764
				64	23.8974	70.2505	24.6851
100	0.2	30	None	4	30.3087	105.372	33.4528
				16	29.4953	105.2975	33.0959
				64	29.4461	105.2929	33.1187
			Medium	4	29.0686	107.2828	35.6484
				16	29.6736	105.6028	34.385
				64	30.2273	105.2115	34.4145
			High	4	36.8633	116.56	87.6964
				16	31.4465	109.8409	39.0401
				64	33.3175	108.2759	38.685

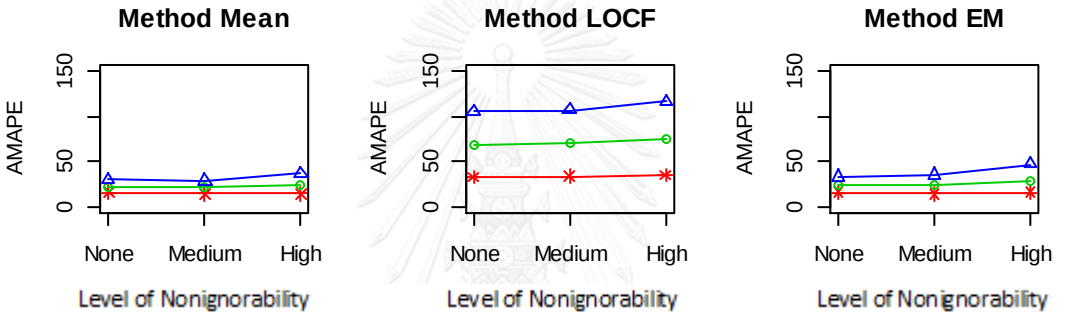
<u>ตารางที่ 4.1.2</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.2	10	None	4	11.1023	25.7323	9.6643
				16	10.8794	25.6869	9.4044
				64	10.8700	25.6902	9.3891
			Medium	4	10.5631	26.5875	9.6951
				16	10.6797	26.0081	9.3400
				64	10.7857	25.8754	9.3230
			High	4	10.9393	28.8236	11.5134
				16	10.6949	26.4882	9.7877
				64	11.0762	25.9381	9.7163
200	0.2	20	None	4	17.3026	51.4153	14.7467
				16	17.0123	51.3888	14.3979
				64	16.9995	51.3852	14.3819
			Medium	4	15.9989	52.8804	15.1643
				16	16.6426	51.7310	14.4045
				64	16.9686	51.4511	14.3498
			High	4	18.2085	56.8555	20.1462
				16	16.1842	52.2804	14.8831
				64	17.2717	51.1680	14.5498
200	0.2	30	None	4	22.9100	76.9833	19.5584
				16	22.4637	76.9479	19.2890
				64	22.4286	76.9411	19.2858
			Medium	4	22.4672	79.2300	20.4655
				16	21.7044	77.5874	19.3056
				64	22.3510	77.1858	19.1886
			High	4	28.2628	86.4516	30.9221
				16	21.6026	79.9208	20.8858
				64	23.7894	78.3263	20.2091

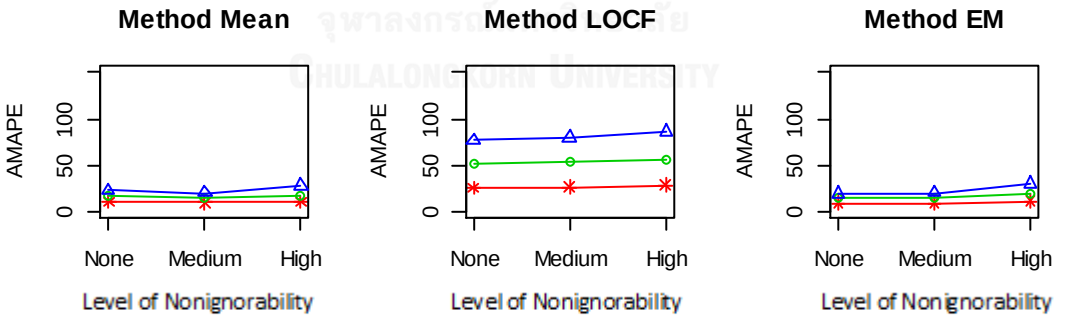
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50

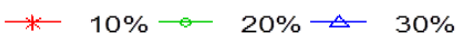


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



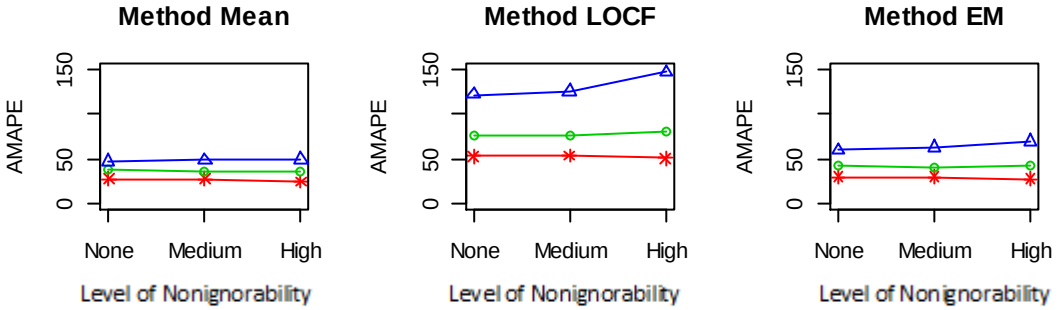
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



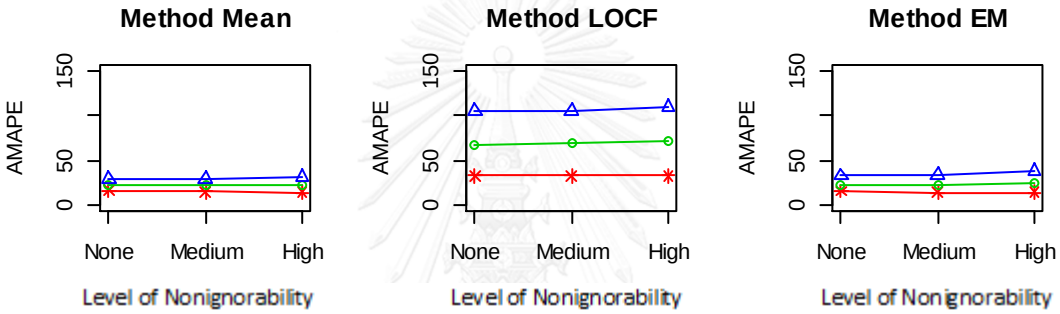


<u>ภาพที่ 4.1.4</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48

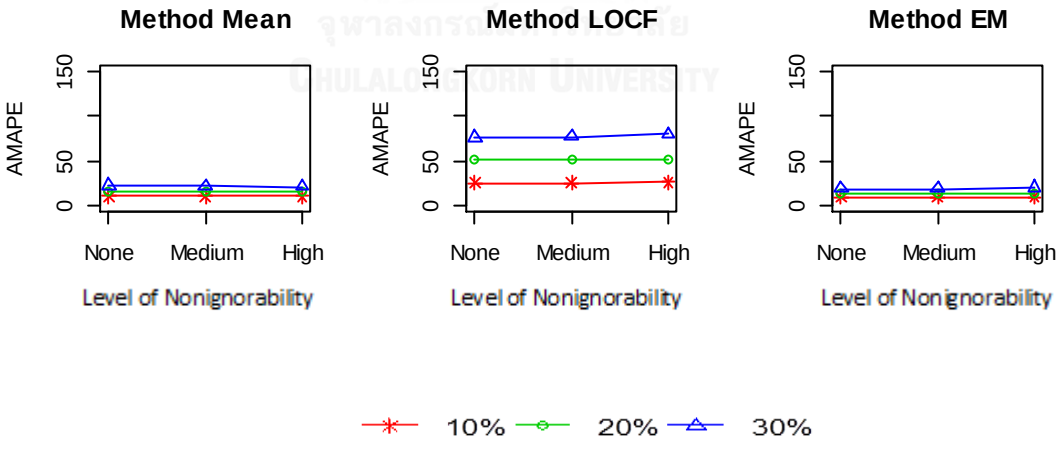
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

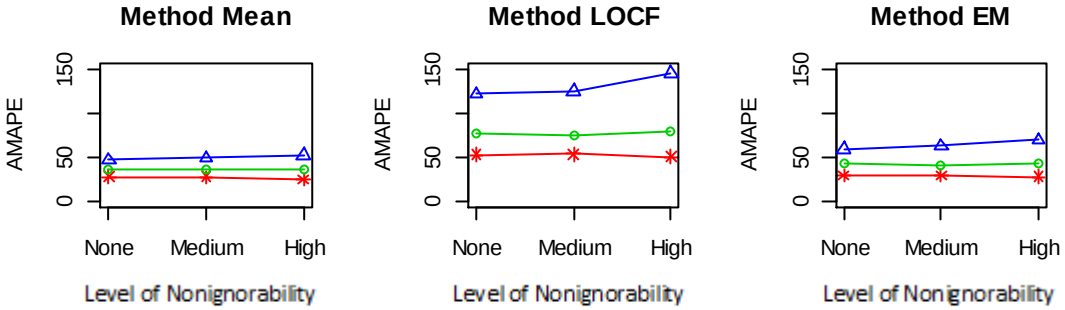


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

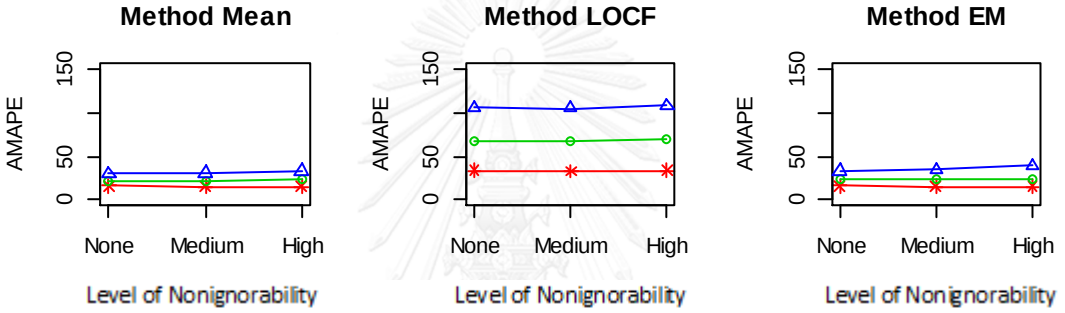


<u>ภาพที่ 4.1.5</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48

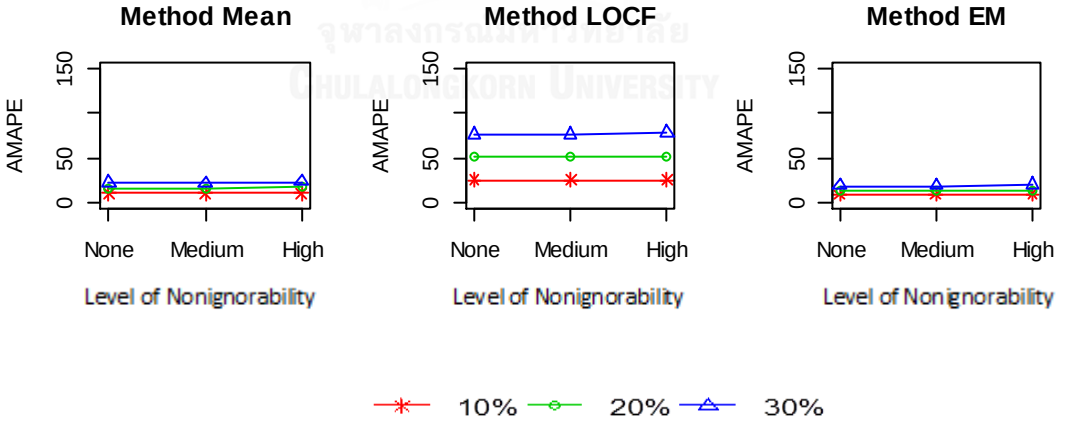
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.1.6</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = 0.2)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48

จากตารางที่ 4.1.2 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 1.2 พบว่าสำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation วิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี Mean Imputation เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ยกเว้นในบางกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 สัดส่วนการสูญหาย 10% และระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับไม่มี (c=4,16,64) ระดับปานกลาง (c=16,64) และระดับสูง (c=64) วิธี EM ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด นอกเหนือจากนี้วิธี Mean Imputation จะให้ค่า AMAPE ต่ำสุด แต่ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 วิธี EM จะให้ค่า AMAPE ต่ำสุด ยกเว้นในกรณีที่ สัดส่วนการสูญหายเป็น 10%,20% และ 30% และระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับสูง (c=4) วิธี Mean Imputation ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.1.4-4.16 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้น ค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนของการสูญหายเท่ากับ 30% จะมีค่า AMAPE สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 1 (ภาคผนวก ข) เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 1.3 พบว่าสำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 สัดส่วนการสูญหาย 10% โดยส่วนใหญ่ วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation วิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี Mean Imputation เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ยกเว้นในบางกรณีที่ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับไม่มี (c=4) และระดับสูง (c=4) วิธี EM จะให้ค่า AMAPE ต่ำสุด และเมื่อสัดส่วนการสูญหาย 20% โดยส่วนใหญ่ วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation ยกเว้นในบางกรณีที่ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับไม่มี (c=4) และระดับปานกลาง (c=4) วิธี EM จะให้ค่า AMAPE ต่ำสุด และ เมื่อสัดส่วนการสูญหาย 30% โดยส่วนใหญ่ วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation ยกเว้นในบางกรณีที่ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับสูง (c=4) วิธี LOCF จะให้ค่า AMAPE ต่ำสุด

ในกรณีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 โดยส่วนใหญ่ วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation วิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี Mean Imputation เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ยกเว้นในกรณีที่ สัดส่วนการสูญหาย 10% แลระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับไม่มี (c=4,16,64) ระดับปานกลาง (c=16,64) และระดับสูง (c=64) วิธี EM ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด นอกเหนือจากนี้วิธี Mean Imputation ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 โดยส่วนใหญ่ วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ยกเว้นในกรณีที่ สัดส่วนการสูญหาย 10%, 20% และ 30% และระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับสูง (c=4) วิธี Mean Imputation ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด นอกเหนือจากนี้ วิธี EM ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 1-3 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้น ค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนของการสูญหายเท่ากับ 30% จะมีค่า AMAPE สูงสุด

<u>ตารางที่ 4.1.3</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.2	10	None	4	1.0671	0.5630	1.0000
				16	1.0675	0.5602	1.0000
				64	1.0673	0.5600	1.0000
			Medium	4	1.0767	0.5551	1.0000
				16	1.0683	0.5541	1.0000
				64	1.0659	0.5544	1.0000
			High	4	1.1525	0.5497	1.0000
				16	1.1181	0.5509	1.0000
				64	1.1082	0.5528	1.0000
50	0.2	20	None	4	1.1477	0.5683	1.0000
				16	1.1522	0.5650	1.0000
				64	1.1524	0.5648	1.0000
			Medium	4	1.1850	0.5495	1.0000
				16	1.1665	0.5492	1.0000
				64	1.1610	0.5502	1.0000
			High	4	1.2333	0.5289	1.0000
				16	1.1675	0.5292	1.0000
				64	1.1455	0.5328	1.0000
50	0.2	30	None	4	1.2574	0.4946	1.0000
				16	1.2687	0.4931	1.0000
				64	1.2695	0.4930	1.0000
			Medium	4	1.3050	0.5002	1.0000
				16	1.2830	0.5036	1.0000
				64	1.2752	0.5053	1.0000
			High	4	1.4402	0.4740	1.0000
				16	1.3684	0.4770	1.0000
				64	1.3289	0.4807	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 4.1.3</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.2	10	None	4	0.9892	0.4891	1.0000
				16	0.9891	0.4855	1.0000
				64	0.9890	0.4854	1.0000
			Medium	4	1.0001	0.4506	1.0000
				16	0.9814	0.4498	1.0000
				64	0.9770	0.4509	1.0000
			High	4	1.0701	0.4473	1.0000
				16	1.0007	0.4333	1.0000
				64	0.9817	0.4461	1.0000
100	0.2	20	None	4	1.0429	0.3450	1.0000
				16	1.0446	0.3419	1.0000
				64	1.0436	0.3413	1.0000
			Medium	4	1.1087	0.3475	1.0000
				16	1.0732	0.3455	1.0000
				64	1.0625	0.3458	1.0000
			High	4	1.1848	0.3667	1.0000
				16	1.0665	0.3501	1.0000
				64	1.0276	0.3517	1.0000
100	0.2	30	None	4	1.1074	0.3139	1.0000
				16	1.1220	0.3140	1.0000
				64	1.2148	0.3145	1.0000
			Medium	4	1.2051	0.3273	1.0000
				16	1.1488	0.3255	1.0000
				64	1.1362	0.3272	1.0000
			High	4	1.3374	0.3797	1.0000
				16	1.2090	0.3547	1.0000
				64	1.1523	0.3576	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 4.1.3</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.2	10	None	4	0.8674	0.3706	1.0000
				16	0.8642	0.3658	1.0000
				64	0.8637	0.3654	1.0000
			Medium	4	0.9015	0.3607	1.0000
				16	0.8705	0.3595	1.0000
				64	0.8634	0.3605	1.0000
			High	4	1.0111	0.3797	1.0000
				16	0.8999	0.3708	1.0000
				64	0.8738	0.3754	1.0000
200	0.2	20	None	4	0.8485	0.2829	1.0000
				16	0.8462	0.2800	1.0000
				64	0.8460	0.2799	1.0000
			Medium	4	0.9158	0.2813	1.0000
				16	0.8576	0.2785	1.0000
				64	0.8438	0.2790	1.0000
			High	4	1.0826	0.3182	1.0000
				16	0.8885	0.2835	1.0000
				64	0.8356	0.2848	1.0000
200	0.2	30	None	4	0.8502	0.2505	1.0000
				16	0.8588	0.2505	1.0000
				64	0.8600	0.2507	1.0000
			Medium	4	0.9553	0.2510	1.0000
				16	0.8767	0.2485	1.0000
				64	0.8555	0.2486	1.0000
			High	4	1.1246	0.3100	1.0000
				16	0.9189	0.2586	1.0000
				64	0.8395	0.2584	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.4</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.2	10	None	4	1.0651	0.5664	1.0000
				16	1.0676	0.5605	1.0000
				64	1.0673	0.5600	1.0000
			Medium	4	1.0788	0.5579	1.0000
				16	1.0696	0.5540	1.0000
				64	1.0662	0.5544	1.0000
			High	4	1.1621	0.5554	1.0000
				16	1.1234	0.5500	1.0000
				64	1.1096	0.5525	1.0000
50	0.2	20	None	4	1.1428	0.5728	1.0000
				16	1.1520	0.5653	1.0000
				64	1.1524	0.5648	1.0000
			Medium	4	1.1886	0.5533	1.0000
				16	1.1694	0.5488	1.0000
				64	1.1618	0.5500	1.0000
			High	4	1.2385	0.4049	1.0000
				16	1.1790	0.5278	1.0000
				64	1.1487	0.5325	1.0000
50	0.2	30	None	4	1.2460	0.4984	1.0000
				16	1.2679	0.4932	1.0000
				64	1.2693	0.4930	1.0000
			Medium	4	1.3105	0.5044	1.0000
				16	1.2880	0.5032	1.0000
				64	1.2765	0.5052	1.0000
			High	4	1.4100	0.4921	1.0000
				16	1.3842	0.4740	1.0000
				64	1.3342	0.4800	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 4.1.4</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.2	10	None	4	0.9895	0.4934	1.0000
				16	0.9891	0.4857	1.0000
				64	0.9890	0.4854	1.0000
			Medium	4	1.0092	0.4540	1.0000
				16	0.9841	0.4495	1.0000
				64	0.9776	0.4507	1.0000
			High	4	1.0933	0.4588	1.0000
				16	1.0113	0.4425	1.0000
				64	0.9843	0.4457	1.0000
100	0.2	20	None	4	1.0408	0.3489	1.0000
				16	1.0447	0.3421	1.0000
				64	1.0435	0.3413	1.0000
			Medium	4	1.1241	0.3520	1.0000
				16	1.0789	0.3454	1.0000
				64	1.0640	0.3457	1.0000
			High	4	1.9145	0.3890	1.0000
				16	1.0879	0.5303	1.0000
				64	1.0330	0.3514	1.0000
100	0.2	30	None	4	1.1037	0.3175	1.0000
				16	1.1221	0.3143	1.0000
				64	1.1247	0.3145	1.0000
			Medium	4	1.2264	0.3323	1.0000
				16	1.1588	0.3256	1.0000
				64	1.1385	0.3271	1.0000
			High	4	1.2939	0.4092	1.0000
				16	1.2115	0.3554	1.0000
				64	1.1611	0.3573	1.0000

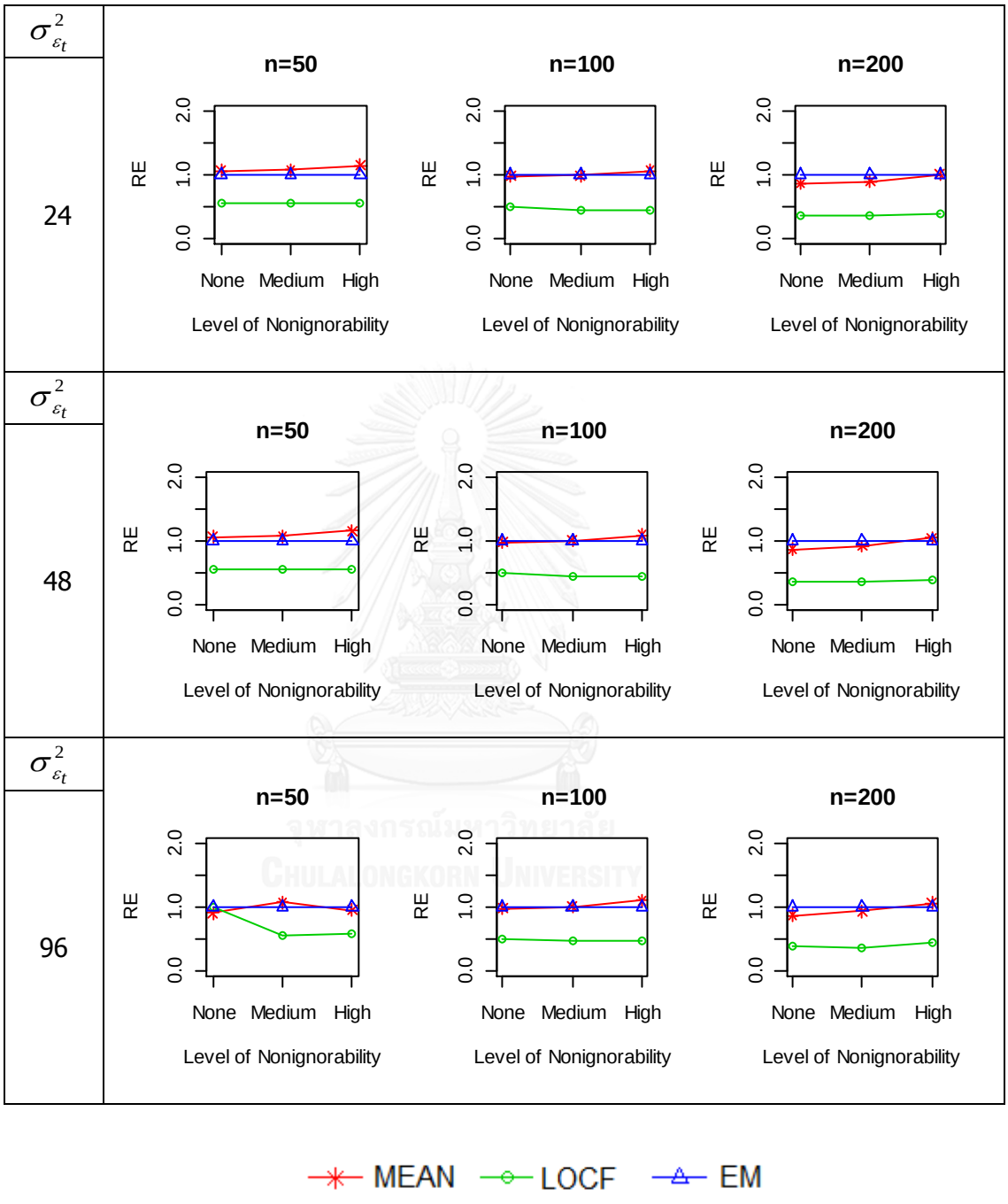
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 4.1.4</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 48

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.2	10	None	4	0.8705	0.3756	1.0000
				16	0.8644	0.3661	1.0000
				64	0.8638	0.3655	1.0000
			Medium	4	0.9178	0.3646	1.0000
				16	0.8746	0.3591	1.0000
				64	0.8634	0.3603	1.0000
			High	4	1.0525	0.3994	1.0000
				16	0.9152	0.3695	1.0000
				64	0.8772	0.3746	1.0000
200	0.2	20	None	4	0.8523	0.2868	1.0000
				16	0.8463	0.2802	1.0000
				64	0.8460	0.2799	1.0000
			Medium	4	0.9478	0.2868	1.0000
				16	0.8655	0.2785	1.0000
				64	0.8457	0.2789	1.0000
			High	4	1.1064	0.3543	1.0000
				16	0.9196	0.2847	1.0000
				64	0.8424	0.2844	1.0000
200	0.2	30	None	4	0.8537	0.2541	1.0000
				16	0.8587	0.2507	1.0000
				64	0.8599	0.2507	1.0000
			Medium	4	0.9999	0.2583	1.0000
				16	0.8895	0.2488	1.0000
				64	0.8585	0.2486	1.0000
			High	4	1.0941	0.3577	1.0000
				16	0.9660	0.2613	1.0000
				64	0.8495	0.2580	1.0000

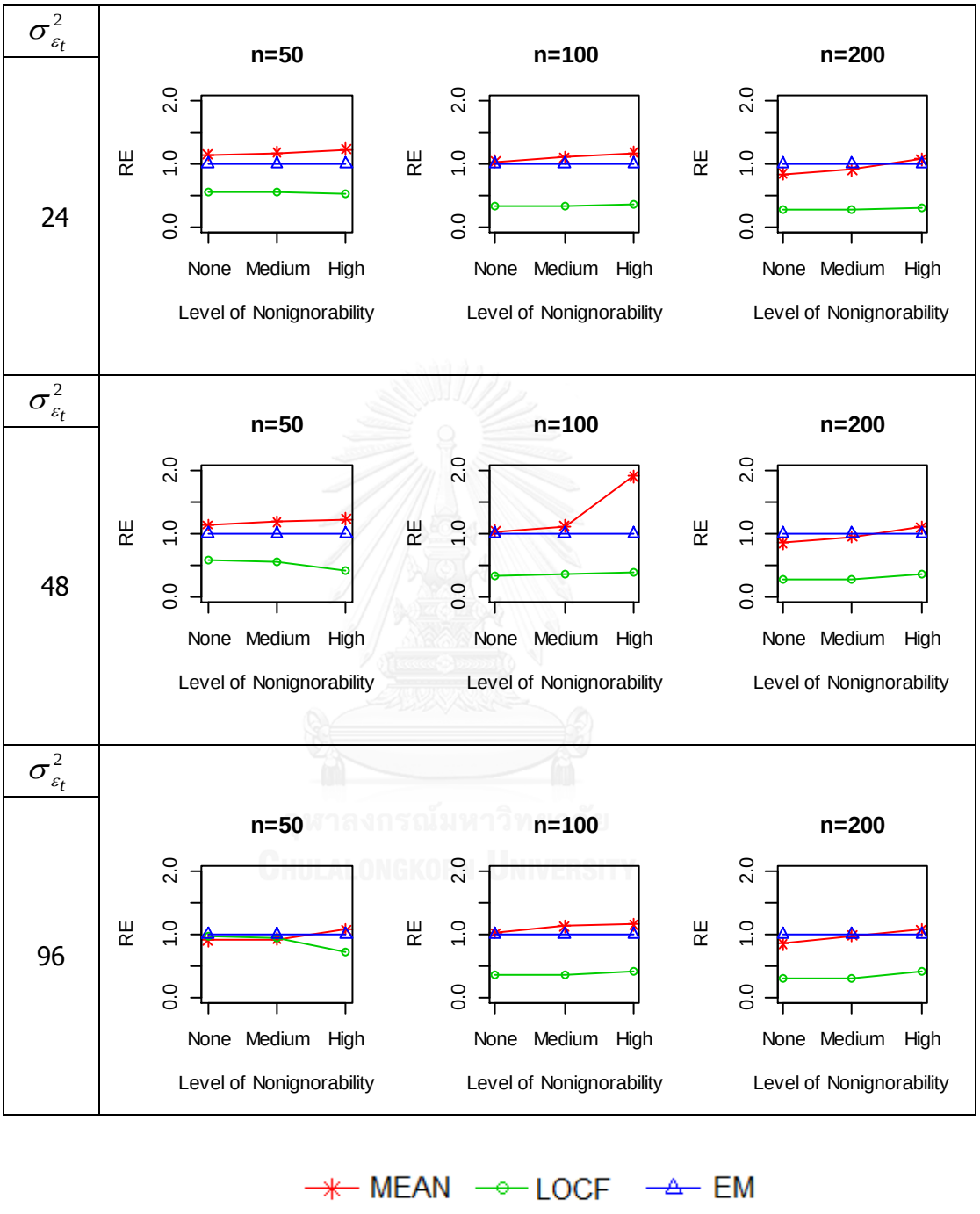
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สัดส่วนการสูญหาย 10%



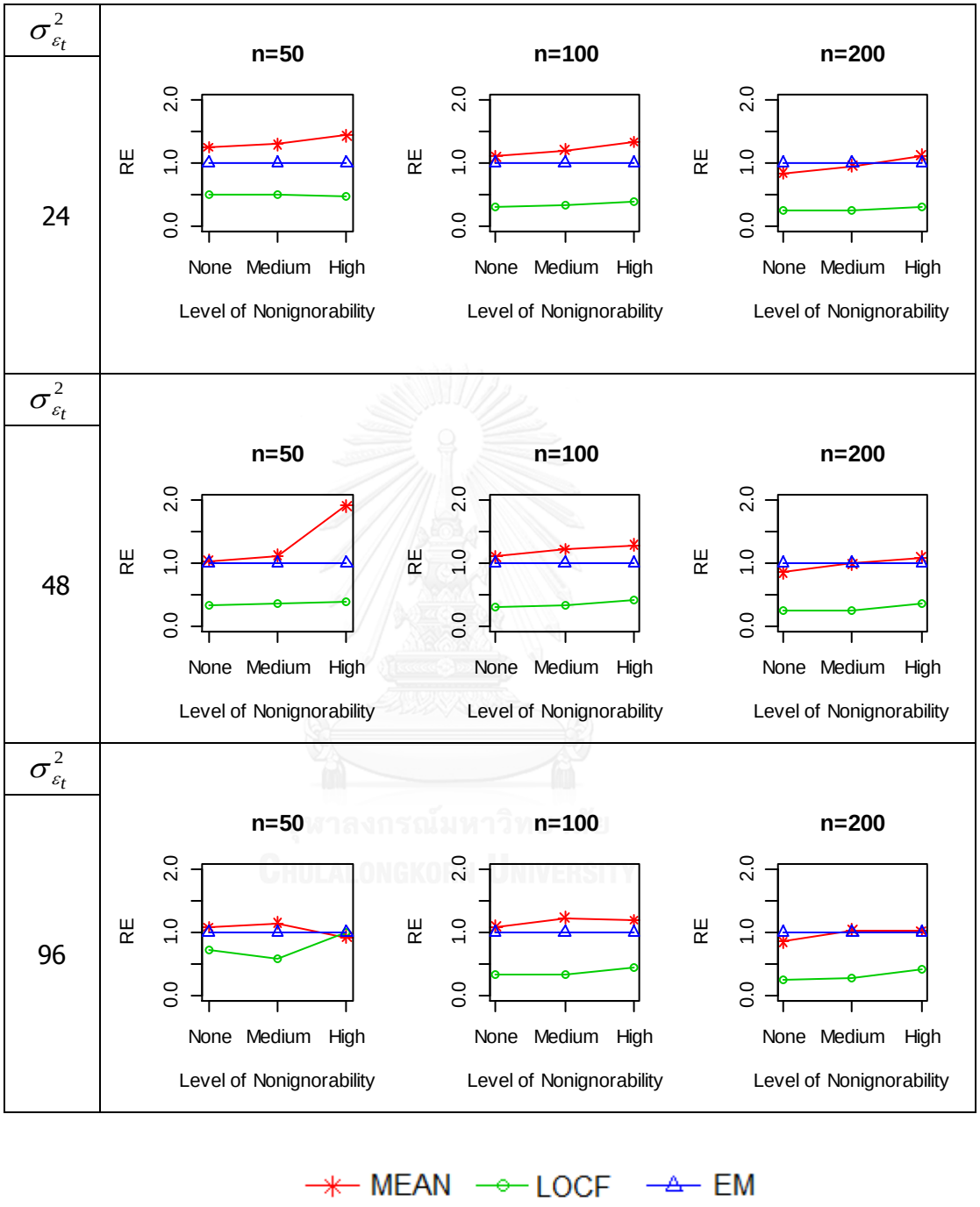
<u>ภาพที่ 4.1.7</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 4, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



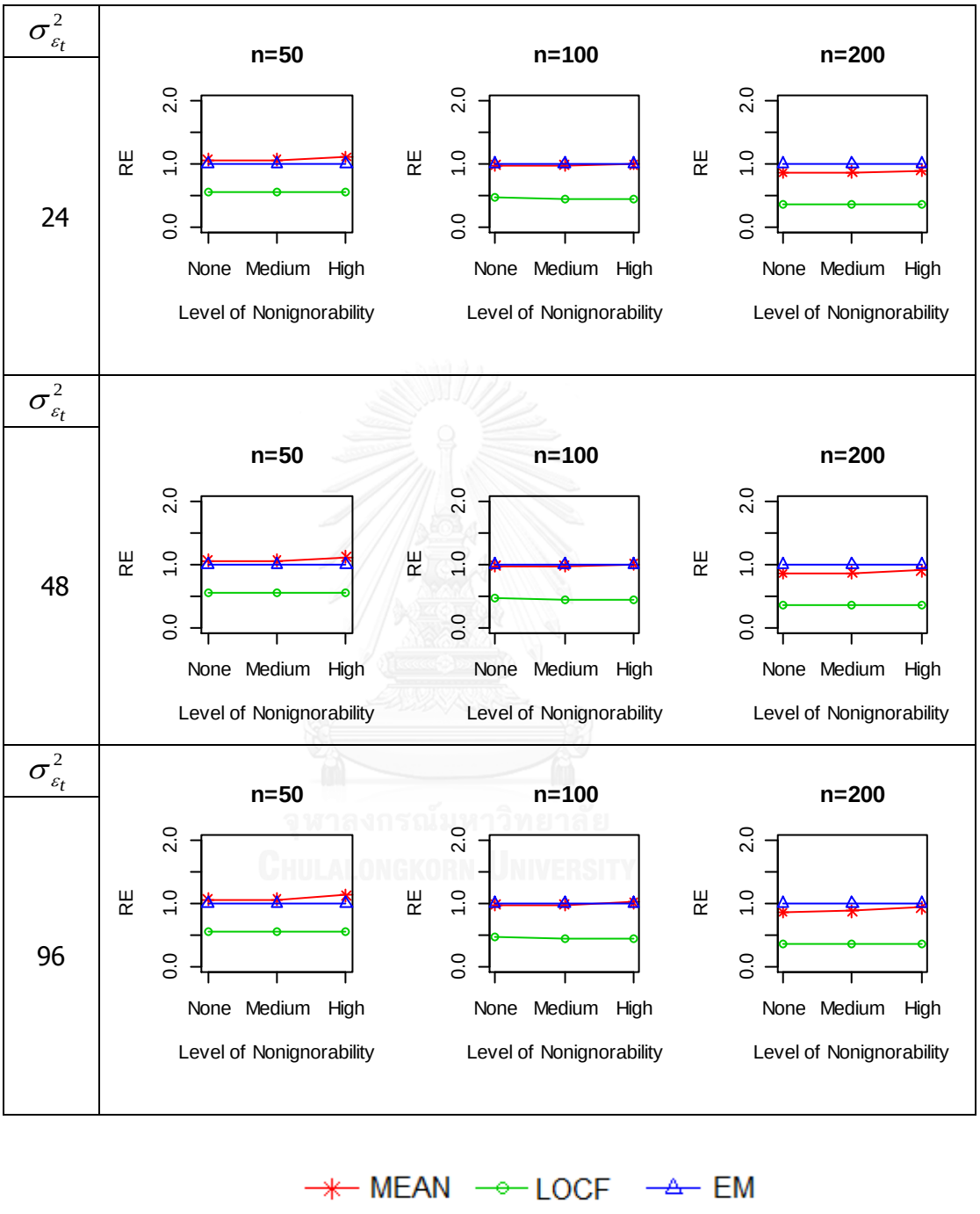
<u>ภาพที่ 4.1.7</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1): $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 4, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



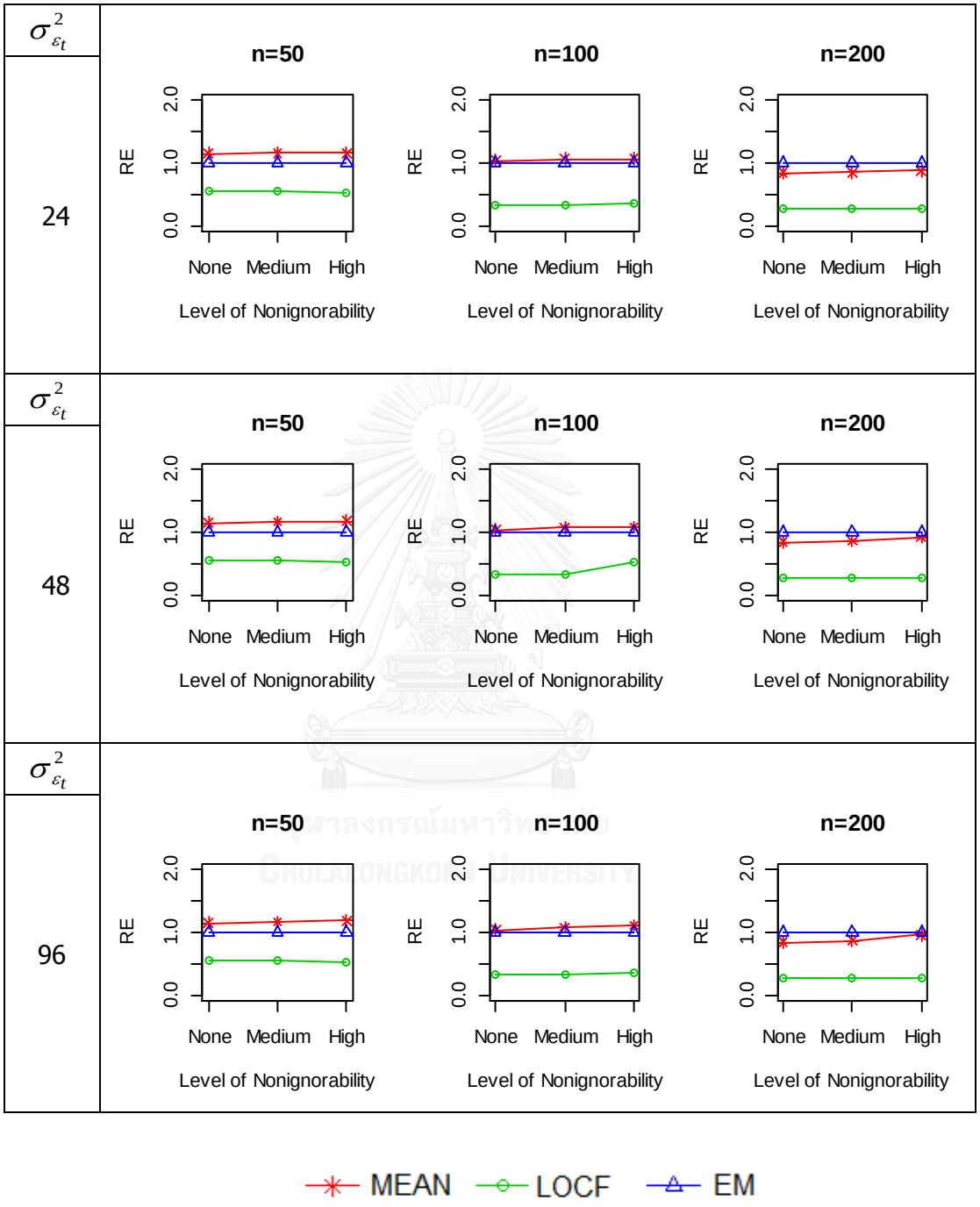
<u>ภาพที่ 4.1.7</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 4, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%



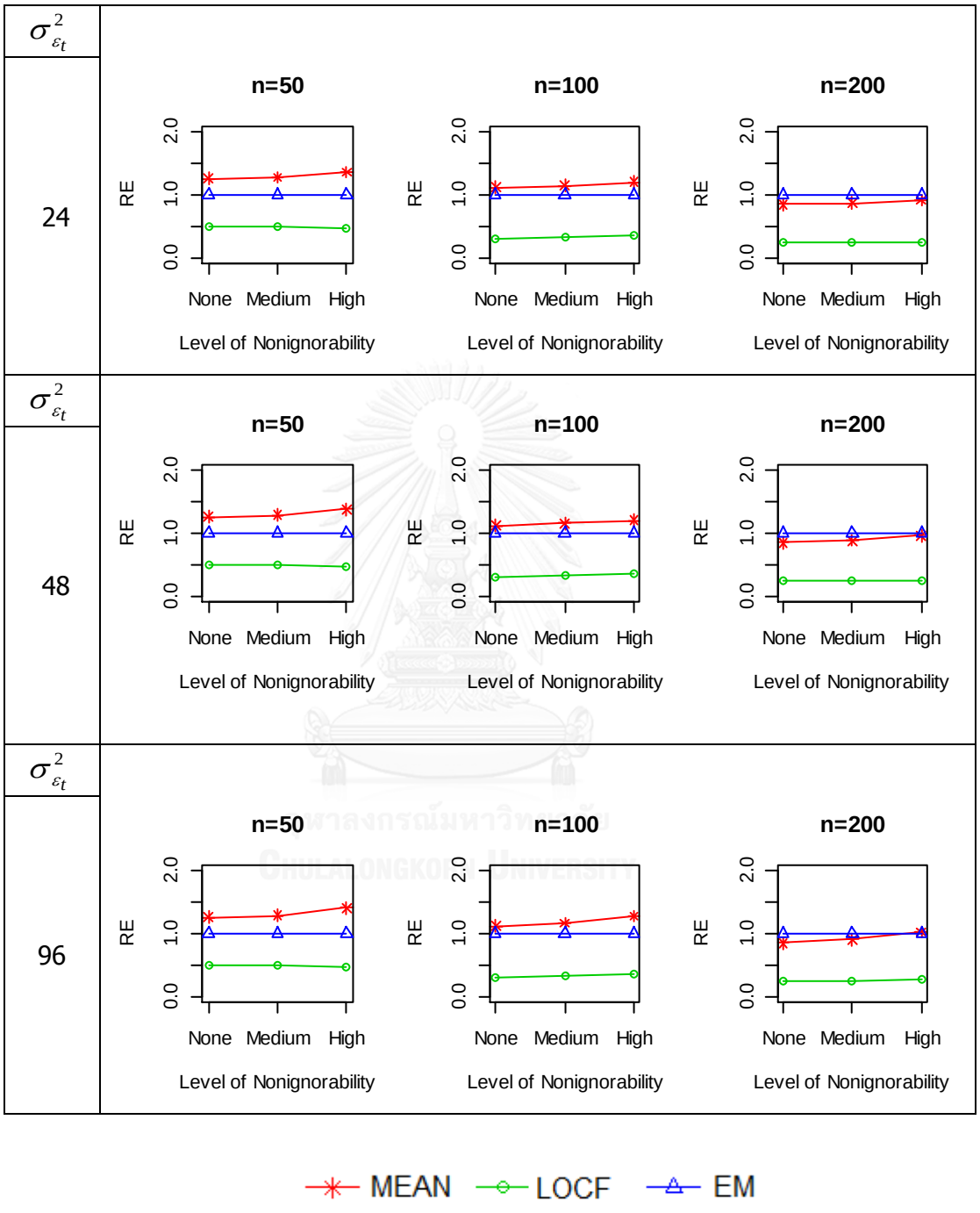
<u>ภาพที่ 4.1. 8</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 16, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



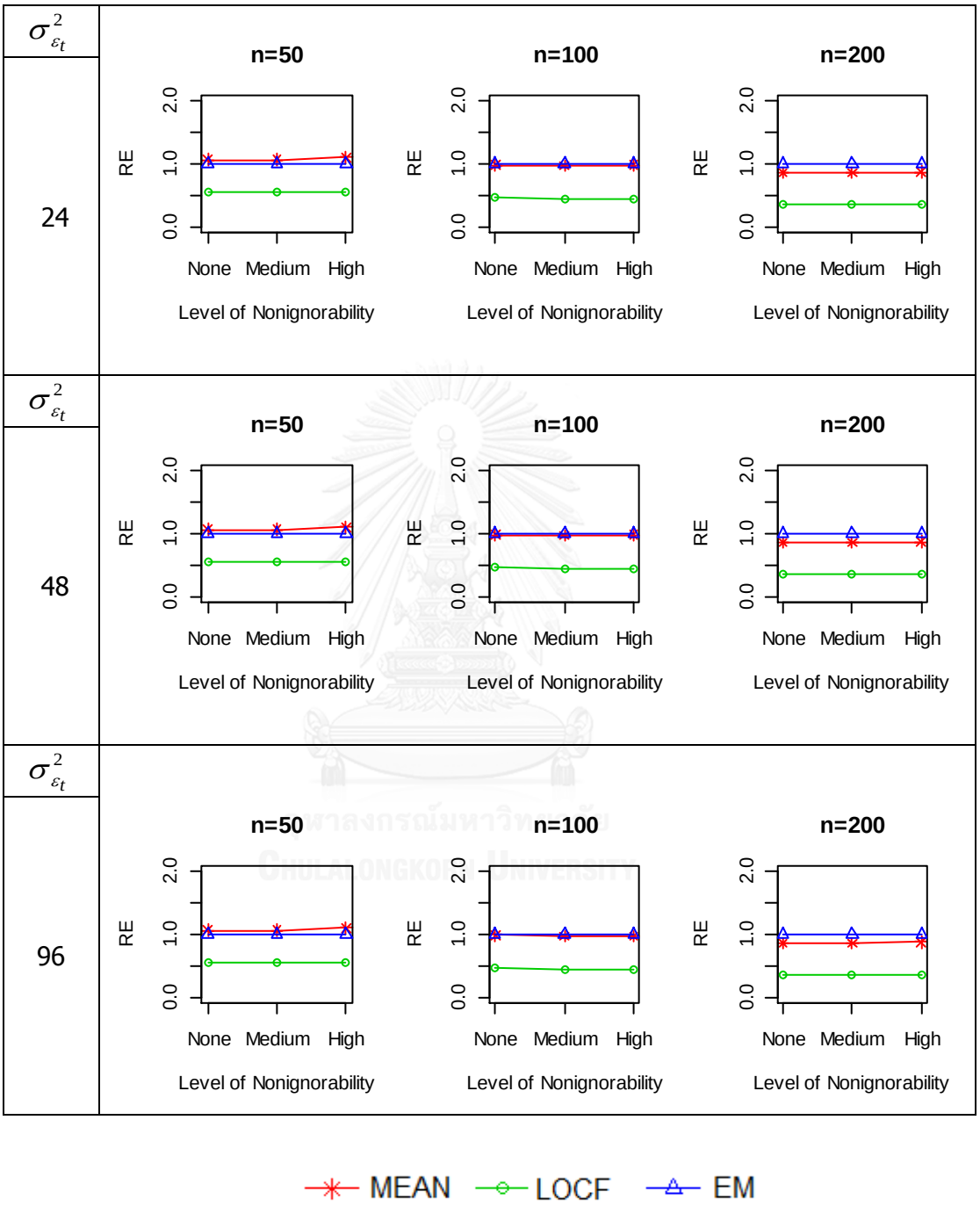
<u>ภาพที่ 4.1.8</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



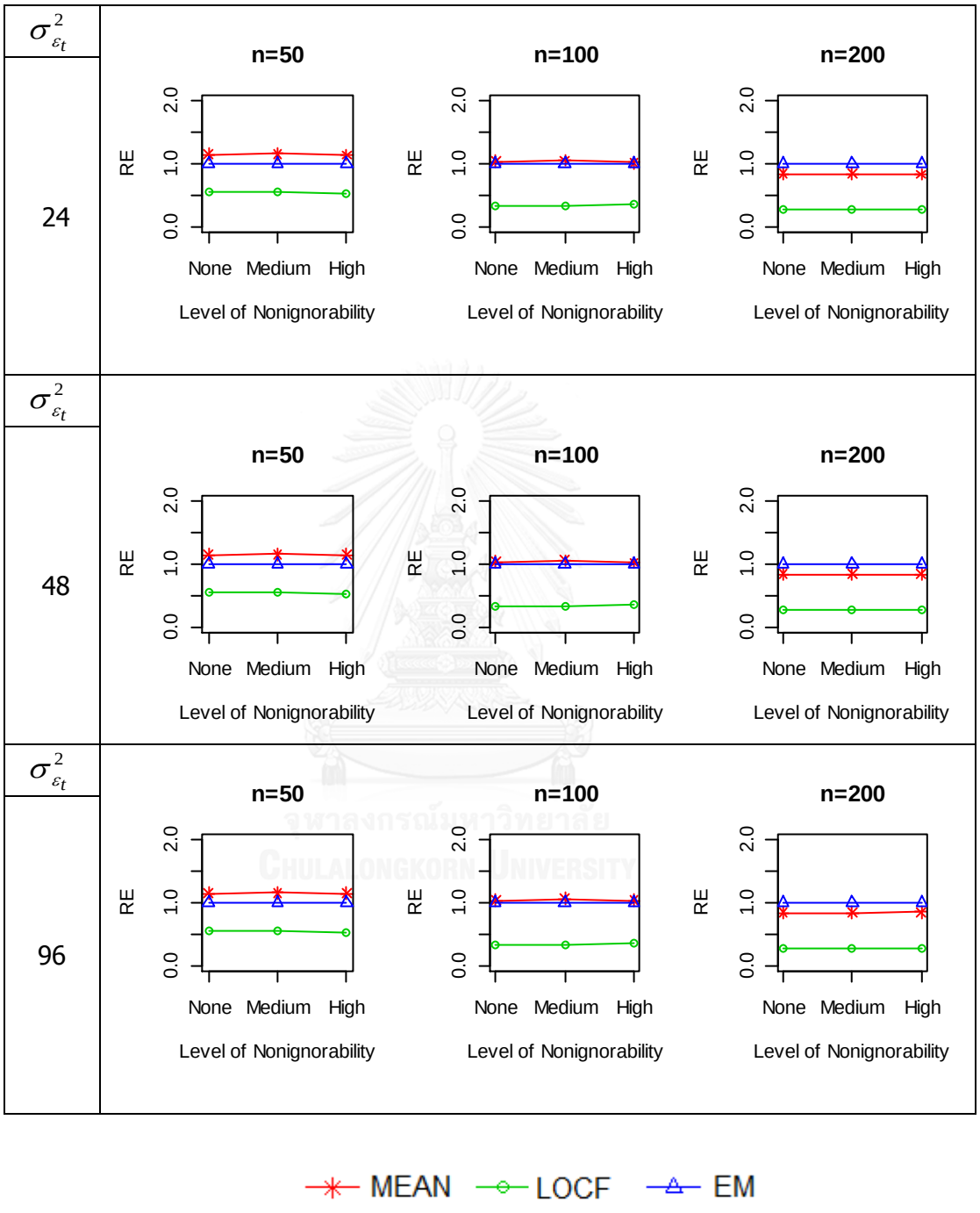
<u>ภาพที่ 4.1.8</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 16, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%



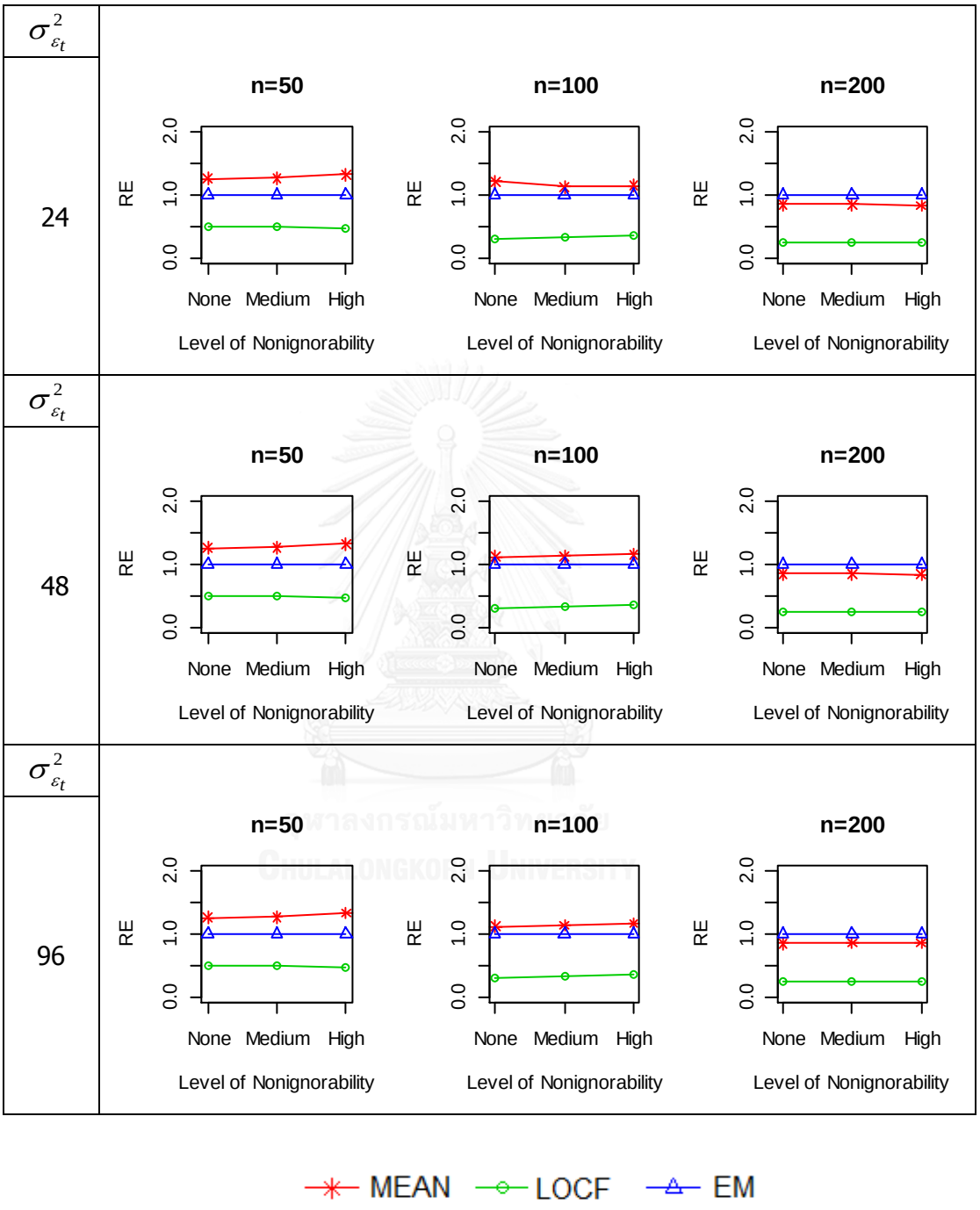
<u>ภาพที่ 4.1.9</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 64, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



<u>ภาพที่ 4.1.9</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 64, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



<u>ภาพที่ 4.1.9</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 64, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.1.3-4.1.4, ตารางที่ 2 (ภาคผนวก ข) และภาพที่ 4.1.7-4.1.9 สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = 0.2)$ พบว่าในกรณีที่สัดส่วนการสูญหาย 10%, 20% และ 30% ขนาดตัวอย่างเป็น 50 และ100 โดยส่วนใหญ่แล้ววิธี Mean Imputation มักจะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างเป็น 200 โดยส่วนใหญ่พบว่า วิธี EM มักจะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับและเมื่อทำการพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) ที่มีค่า 24, 48 และ 96 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันวิธีการใส่ค่าสูญหายดังกล่าวยังคงมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ใกล้เคียงกัน สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.2)$ และตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 64, \phi_1 = 0.2)$ มีผลในทำนองเดียวกันกับ $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = 0.2)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.5</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.5	10	None	2.5	20.8526	12.6526	11.6789
				10	20.6195	12.4193	11.4140
				40	20.6029	12.4065	11.3926
			Medium	2.5	19.8093	12.4783	11.3400
				10	20.2167	12.1579	11.2188
				40	20.3523	12.1263	11.2403
			High	2.5	17.5208	12.9189	11.1400
				10	19.7069	12.3424	11.2215
				40	20.2978	12.2733	11.3380
50	0.5	20	None	2.5	36.9385	20.5351	17.6704
				10	36.5776	20.1742	17.3137
				40	36.5519	20.1519	17.3023
			Medium	2.5	34.8878	20.9514	17.5095
				10	36.4785	20.3466	17.4213
				40	36.9204	20.2744	17.4844
			High	2.5	29.0858	22.3060	17.4280
				10	36.0155	20.7627	17.7894
				40	37.9007	20.5372	18.1462
50	0.5	30	None	2.5	53.2898	28.8165	23.8024
				10	52.8853	28.4238	23.2872
				40	52.8748	28.4141	23.2537
			Medium	2.5	48.7655	29.4297	23.0279
				10	52.3575	28.4992	23.1412
				40	53.3057	28.3706	23.2813
			High	2.5	37.8529	32.5627	23.7168
				10	52.3172	29.4534	24.2340
				40	56.3337	28.9721	24.9881

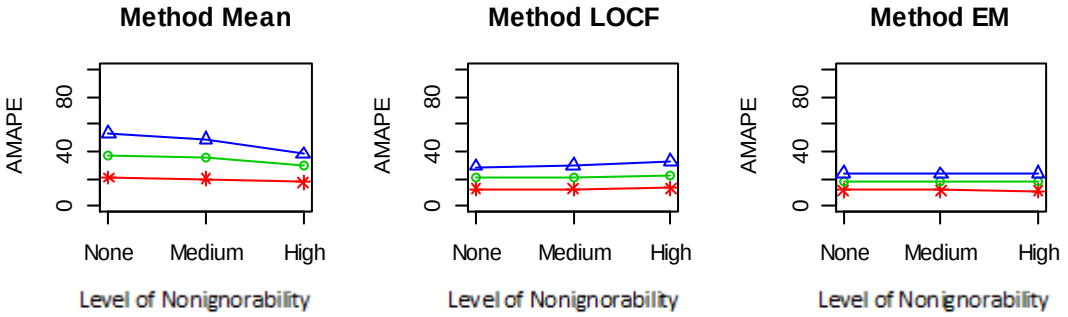
<u>ตารางที่ 4.1.5</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.5	10	None	2.5	18.0209	9.9498	8.3640
				10	17.9557	9.8297	8.2311
				40	17.9521	9.8251	8.2244
			Medium	2.5	17.2343	10.2205	8.2372
				10	17.8519	9.9471	8.2065
				40	18.0168	9.9089	8.2316
			High	2.5	14.8457	10.7851	8.2593
				10	17.2579	10.0303	8.2977
				40	17.9139	9.8955	8.3985
100	0.5	20	None	2.5	34.7199	17.6308	13.0876
				10	34.6649	17.4745	12.8939
				40	34.6623	17.4618	12.8856
			Medium	2.5	32.0418	18.2086	12.6872
				10	33.9598	17.6228	12.7955
				40	34.4444	17.5083	12.8761
			High	2.5	26.2194	20.1038	13.0327
				10	33.6266	17.9934	13.1111
				40	35.5946	17.5761	13.4413
100	0.5	30	None	2.5	52.0035	28.8754	17.1076
				10	51.9572	25.7181	16.8413
				40	51.9602	25.7038	16.8336
			Medium	2.5	47.3533	26.7511	16.7486
				10	51.4114	25.7820	16.9527
				40	52.4159	25.5780	17.0852
			High	2.5	36.0557	30.3165	18.1323
				10	51.7495	26.5820	18.5168
				40	55.9040	25.8111	19.3493

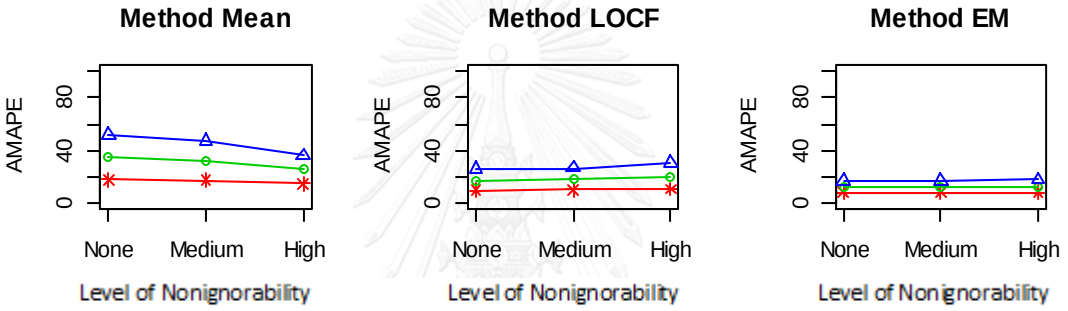
<u>ตารางที่ 4.1.5</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.5	10	None	2.5	16.3622	8.5337	5.9270
				10	16.3434	8.4730	5.8399
				40	16.3434	8.4699	5.8347
			Medium	2.5	15.4139	8.8402	5.8939
				10	16.0935	8.5848	5.8424
				40	16.2672	8.5349	5.8539
			High	2.5	13.0958	9.7150	6.0698
				10	15.7344	8.7742	5.8051
				40	16.4343	8.5724	5.8623
200	0.5	20	None	2.5	33.0505	16.3681	9.1652
				10	33.0124	16.3386	9.0161
				40	33.0049	16.3410	9.0058
			Medium	2.5	30.6588	17.1338	9.0959
				10	32.6397	16.5467	9.0683
				40	33.1326	16.4102	9.1090
			High	2.5	24.4518	19.3508	9.6742
				10	32.2826	17.9880	9.0914
				40	34.2954	16.4472	9.3381
200	0.5	30	None	2.5	51.2064	25.0381	12.5454
				10	51.1970	25.0088	12.2688
				40	51.1970	25.0055	12.2445
			Medium	2.5	46.2520	26.2005	12.0716
				10	50.1219	25.2395	12.1484
				40	51.1281	25.0088	12.2429
			High	2.5	33.9804	29.9402	13.9848
				10	50.3724	25.9643	13.1071
				40	54.5561	25.0380	13.7741

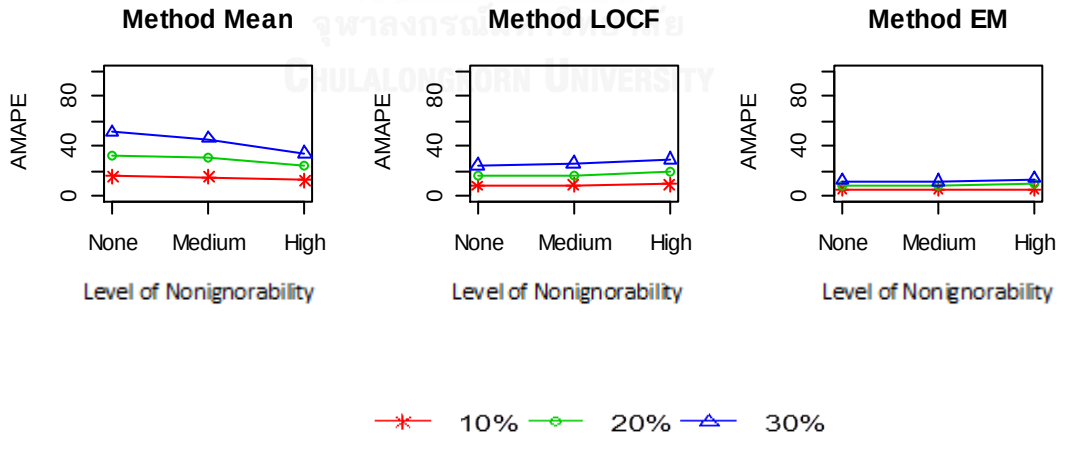
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

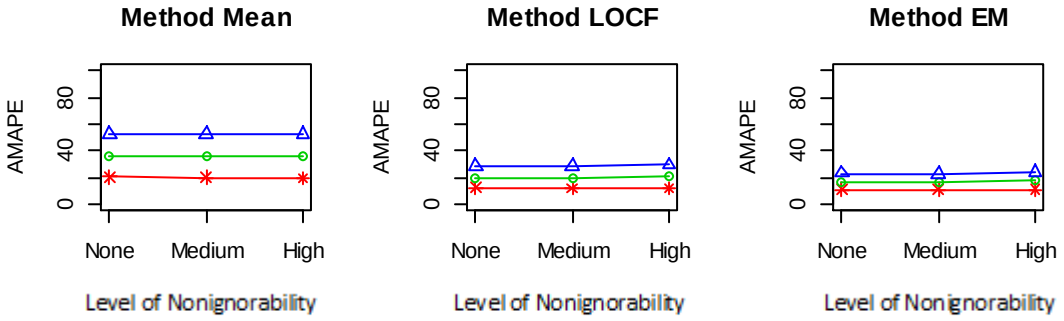


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

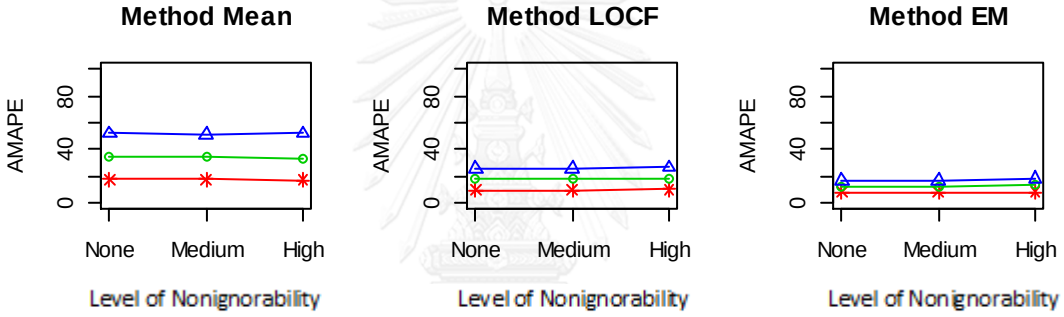


<u>ภาพที่ 4.1.10</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75

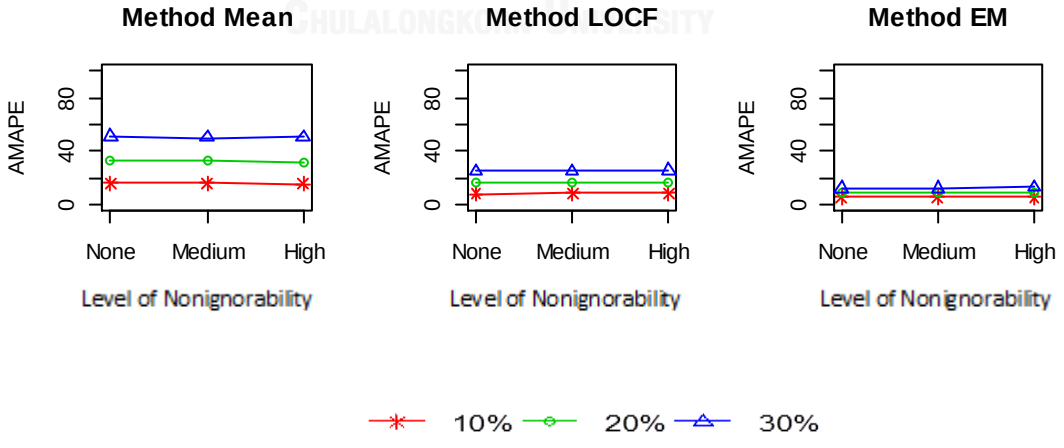
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

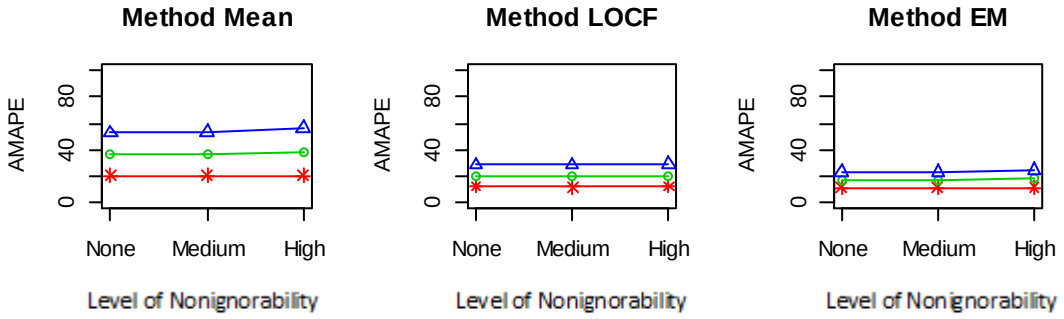


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

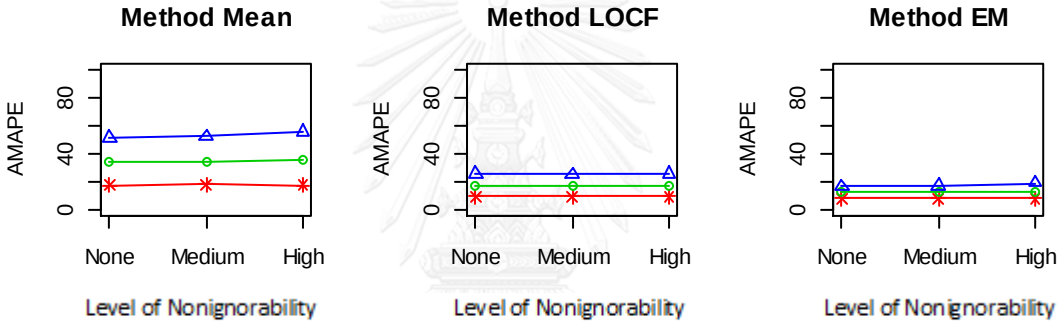


<u>ภาพที่ 4.1.11</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 10,\ \phi_1 = 0.5)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ18.75

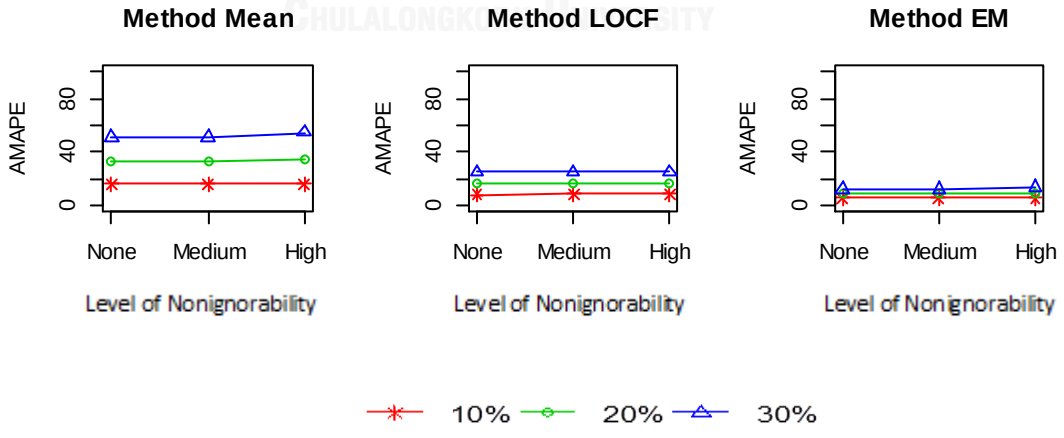
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.1.12</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบ Nonignorable สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 40,\ \phi_1 = 0.5)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75

จากตารางที่ 4.1.5 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 1.4 พบว่าสำหรับทุกระดับปัจจัยของขนาดตัวอย่าง สัดส่วนของการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี LOCF และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี LOCF และวิธี Mean Imputation

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.1.10-4.1.12 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนของการสูญหายเท่ากับ 30% จะมีค่า AMAPE สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.6</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.5	10	None	2.5	22.9322	14.8370	13.8391
				10	20.6335	12.4330	11.4325
				40	20.6045	12.4072	11.3944
			Medium	2.5	20.5413	13.5210	12.1747
				10	20.1471	12.1817	11.2149
				40	20.3328	12.1297	11.2364
			High	2.5	18.3772	14.3389	12.7079
				10	19.3868	12.3895	11.1697
				40	20.2151	12.2813	11.3205
50	0.5	20	None	2.5	38.5033	21.5167	18.7735
				10	36.5998	20.1964	17.3346
				40	36.5544	20.1536	17.3032
			Medium	2.5	35.2800	22.1243	18.4920
				10	36.2398	20.3964	17.3971
				40	36.8586	20.2831	17.4740
			High	2.5	30.0124	24.8920	20.5433
				10	34.9932	20.9104	17.6246
				40	37.6373	20.5657	18.0930
50	0.5	30	None	2.5	55.9901	30.4977	25.8366
				10	52.9013	28.4409	23.3091
				40	52.8749	28.4138	23.2534
			Medium	2.5	49.7283	30.2578	25.1259
				10	51.8433	28.5823	23.0848
				40	53.1737	28.3865	23.2589
			High	2.5	43.0639	38.9298	31.9721
				10	50.1332	29.7571	23.8972
				40	55.7743	29.0336	24.8721

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

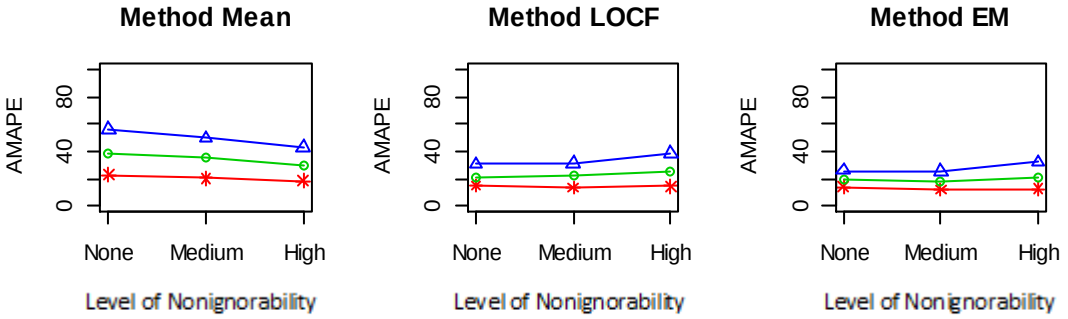
<u>ตารางที่ 4.1.6</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.5	10	None	2.5	18.1186	10.1176	8.5401
				10	17.9694	9.8361	8.2395
				40	17.9524	9.8251	8.2248
			Medium	2.5	16.9465	10.4789	8.3795
				10	17.7629	9.9723	8.1975
				40	17.9938	9.9136	8.2275
			High	2.5	13.8404	11.3961	8.6304
				10	16.9028	10.1133	8.2545
				40	17.8222	9.9130	8.3824
100	0.5	20	None	2.5	34.8352	17.8401	13.3615
				10	34.6675	17.4852	12.9038
				40	34.6626	17.4629	12.8844
			Medium	2.5	31.0286	18.6678	12.8780
				10	33.6939	17.6908	12.7592
				40	34.3773	17.5234	12.8641
			High	2.5	23.3726	21.6425	14.3124
				10	32.5513	18.2430	12.9759
				40	35.3213	17.6311	13.3875
100	0.5	30	None	2.5	52.1619	26.0767	17.4876
				10	51.9572	25.7295	16.8505
				40	51.9696	25.7054	16.8309
			Medium	2.5	45.1683	27.4452	17.0336
				10	50.8569	25.9006	16.8806
				40	52.2770	25.6051	17.0652
			High	2.5	31.6658	32.9276	21.1206
				10	49.4694	27.0335	18.1434
				40	55.3280	25.9145	19.2216

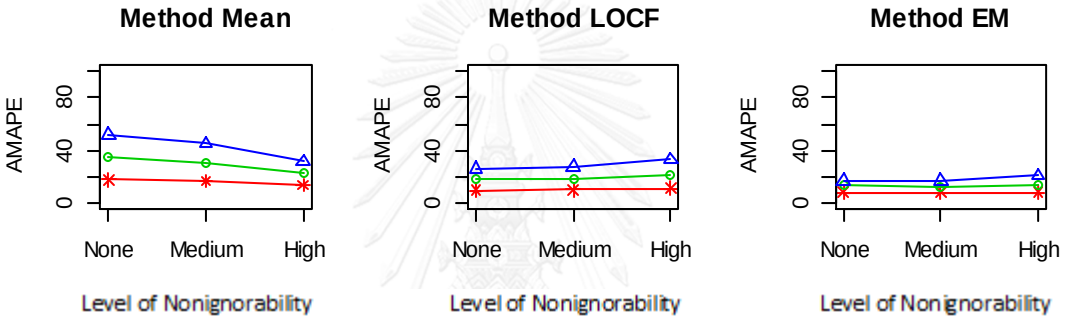
<u>ตารางที่ 4.1.6</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.5	10	None	2.5	16.3893	8.6067	6.0249
				10	16.3442	8.4770	5.8459
				40	16.3433	8.4701	5.8349
			Medium	2.5	15.0526	9.0234	6.0021
				10	15.9984	8.6147	5.8408
				40	16.2431	8.5416	5.8517
			High	2.5	11.8659	10.3254	6.4675
				10	15.3543	8.8915	5.7941
				40	16.3369	8.5995	5.8516
200	0.5	20	None	2.5	33.0797	16.4132	9.3234
				10	33.0169	16.3387	9.0272
				40	33.0059	16.3406	9.0079
			Medium	2.5	29.5413	17.4947	9.2589
				10	32.3682	16.6234	9.0512
				40	33.0645	16.4289	9.1023
			High	2.5	20.8523	20.7905	11.2107
				10	31.1763	17.2956	9.0140
				40	34.0170	16.5202	9.2958
200	0.5	30	None	2.5	51.2257	25.0686	12.7443
				10	51.1973	25.0114	12.1883
				40	51.1970	25.0058	12.2448
			Medium	2.5	43.7443	26.7693	12.2627
				10	49.5656	25.3685	12.1003
				40	50.9892	25.0404	12.2287
			High	2.5	27.7647	32.3036	17.4162
				10	48.0634	26.4887	12.8563
				40	53.9782	25.1639	13.6595

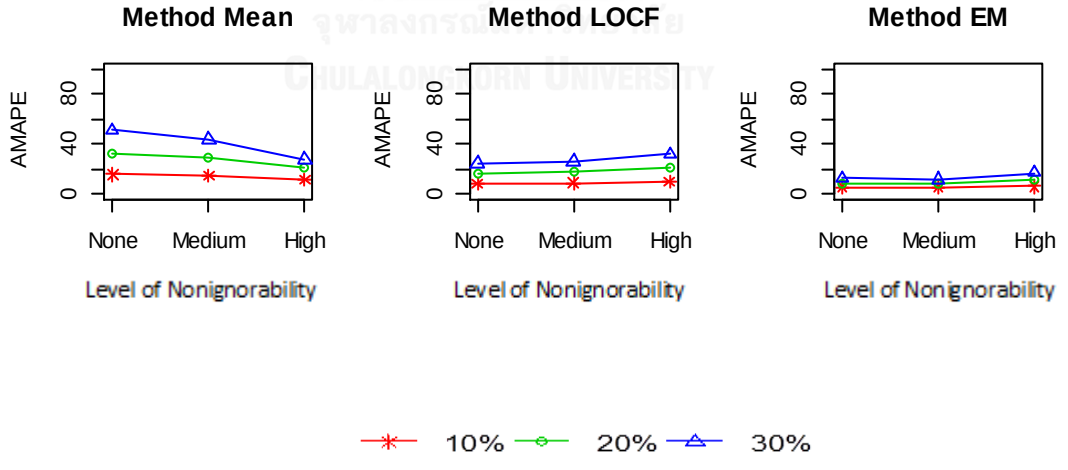
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

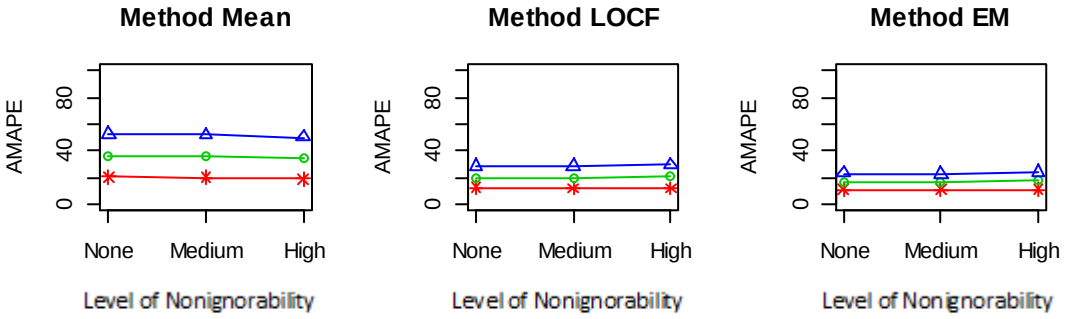


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

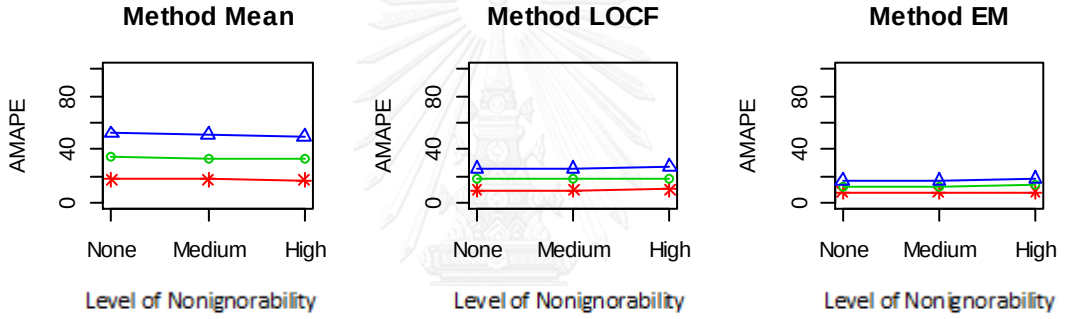


<u>ภาพที่ 4.1.13</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = 0.5)$ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5

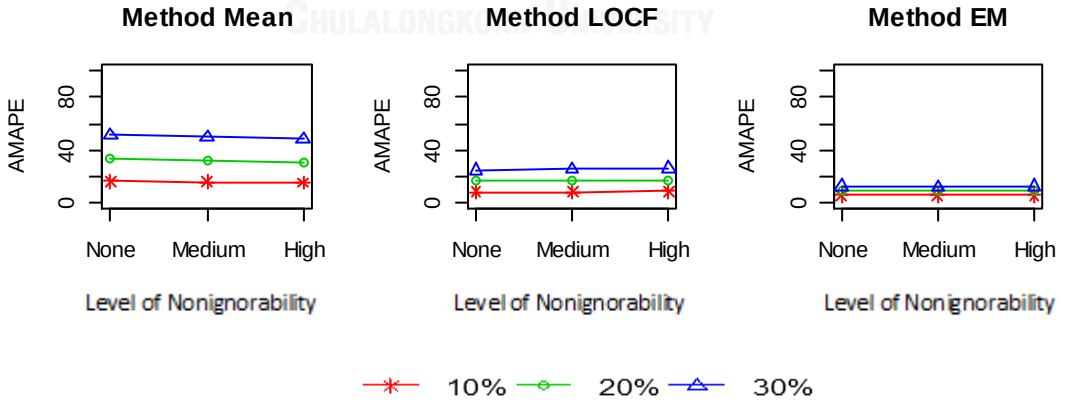
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

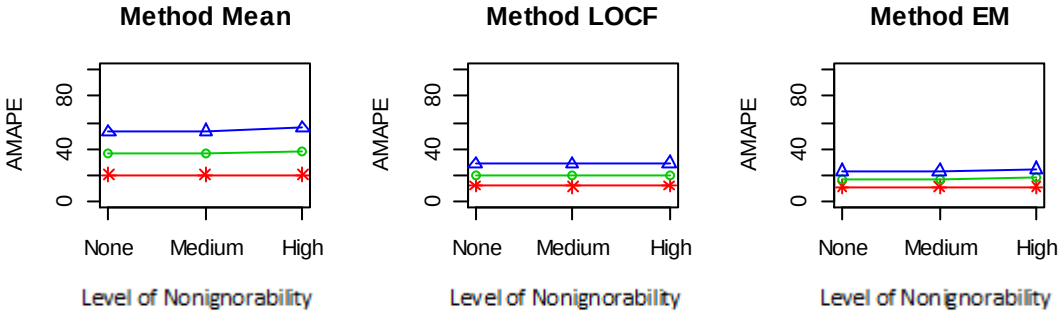


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

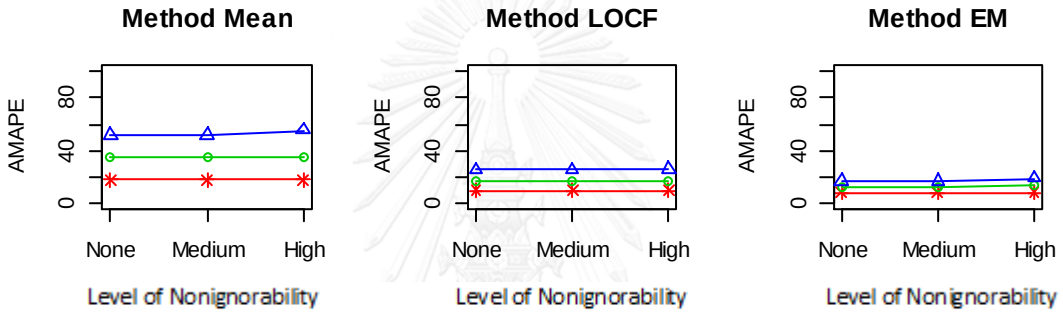


<u>ภาพที่ 4.1.14</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5

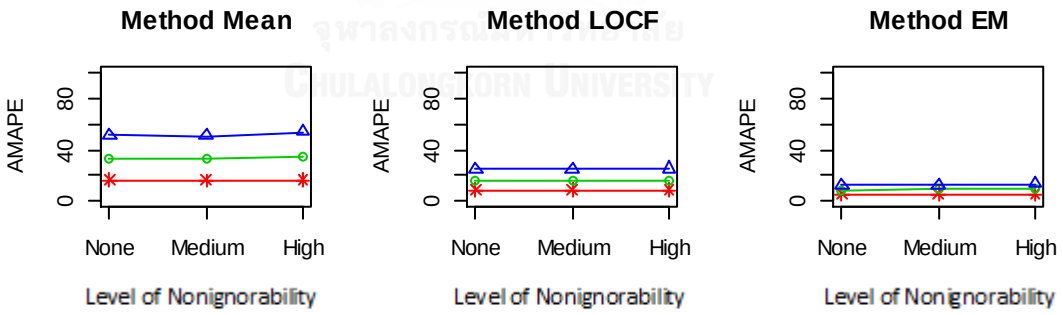
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50

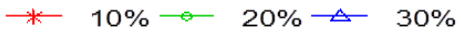


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200





<u>ภาพที่ 4.1.15</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5

จากตารางที่ 4.1.6 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 1.5 พบว่าสำหรับทุกระดับปัจจัยของขนาดตัวอย่าง สัดส่วนของการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี LOCF และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี LOCF และวิธี Mean Imputation

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.1.13-4.1.15 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนของการสูญหายเท่ากับ 30% จะมีค่า AMAPE สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 3 (ภาคผนวก ข) เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 1.6 พบว่าสำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 สัดส่วนการสูญหาย 10% โดยส่วนใหญ่ วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี LOCF และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี LOCF และวิธี Mean Imputation และเมื่อสัดส่วนการสูญหาย 20% โดยส่วนใหญ่ วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือวิธี EM ยกเว้นในบางกรณีที่ระดับการสูญหายแบบ Nonignorable ระดับปานกลาง (c=2.5) และระดับสูง (c=2.5) วิธี Mean Imputation จะให้ค่า AMAPE ต่ำสุด และเมื่อสัดส่วนการสูญหาย 30% โดยส่วนใหญ่ วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM ยกเว้นในบางกรณีที่ระดับการสูญหายแบบ Nonignorable ระดับสูง (c=2.5) วิธี LOCF จะให้ค่า AMAPE ต่ำสุด

ในกรณีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 200 ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบ Nonignorable วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี LOCF และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี LOCF และวิธี Mean Imputation เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4-6 (ภาคผนวก ข) จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้น ค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนของการสูญหายเท่ากับ 30% จะมีค่า AMAPE สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.7</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.5	10	None	2.5	0.5601	0.9230	1.0000
				10	0.5536	0.9191	1.0000
				40	0.5530	0.9183	1.0000
			Medium	2.5	0.5725	0.9088	1.0000
				10	0.5549	0.9228	1.0000
				40	0.5523	0.9269	1.0000
			High	2.5	0.6358	0.8623	1.0000
				10	0.5694	0.9092	1.0000
				40	0.5586	0.9238	1.0000
50	0.5	20	None	2.5	0.4784	0.8605	1.0000
				10	0.4733	0.8582	1.0000
				40	0.4734	0.8586	1.0000
			Medium	2.5	0.5019	0.8357	1.0000
				10	0.4776	0.8562	1.0000
				40	0.4736	0.8624	1.0000
			High	2.5	0.5992	0.7813	1.0000
				10	0.4939	0.8568	1.0000
				40	0.4788	0.8836	1.0000
50	0.5	30	None	2.5	0.4467	0.8260	1.0000
				10	0.4403	0.8193	1.0000
				40	0.4398	0.8184	1.0000
			Medium	2.5	0.4722	0.7825	1.0000
				10	0.4420	0.8120	1.0000
				40	0.4367	0.8206	1.0000
			High	2.5	0.6266	0.7283	1.0000
				10	0.4632	0.8228	1.0000
				40	0.4436	0.8625	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 4.1.7</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.5	10	None	2.5	0.4641	0.8406	1.0000
				10	0.4584	0.8373	1.0000
				40	0.4581	0.8371	1.0000
			Medium	2.5	0.4780	0.8059	1.0000
				10	0.4597	0.8250	1.0000
				40	0.4569	0.8307	1.0000
			High	2.5	0.5563	0.7658	1.0000
				10	0.4808	0.8273	1.0000
				40	0.4688	0.8487	1.0000
100	0.5	20	None	2.5	0.3769	0.7423	1.0000
				10	0.3720	0.7379	1.0000
				40	0.3717	0.7379	1.0000
			Medium	2.5	0.3960	0.6968	1.0000
				10	0.3768	0.7261	1.0000
				40	0.3738	0.7354	1.0000
			High	2.5	0.4971	0.6483	1.0000
				10	0.3899	0.7287	1.0000
				40	0.3776	0.7647	1.0000
100	0.5	30	None	2.5	0.3290	0.6612	1.0000
				10	0.3241	0.6548	1.0000
				40	0.3240	0.6549	1.0000
			Medium	2.5	0.3537	0.6261	1.0000
				10	0.3297	0.6575	1.0000
				40	0.3260	0.6680	1.0000
			High	2.5	0.5029	0.5981	1.0000
				10	0.3578	0.6966	1.0000
				40	0.3461	0.7497	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.7</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18.75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.5	10	None	2.5	0.3622	0.6945	1.0000
				10	0.3573	0.6892	1.0000
				40	0.3570	0.6889	1.0000
			Medium	2.5	0.3824	0.6667	1.0000
				10	0.3630	0.6806	1.0000
				40	0.3599	0.6859	1.0000
			High	2.5	0.4588	0.6186	1.0000
				10	0.3690	0.6616	1.0000
				40	0.3567	0.6839	1.0000
200	0.5	20	None	2.5	0.2773	0.5599	1.0000
				10	0.1273	0.5518	1.0000
				40	0.2729	0.5511	1.0000
			Medium	2.5	0.2968	0.5308	1.0000
				10	0.2778	0.5480	1.0000
				40	0.2749	0.5551	1.0000
			High	2.5	0.3956	0.4999	1.0000
				10	0.2816	0.5317	1.0000
				40	0.2723	0.5678	1.0000
200	0.5	30	None	2.5	0.2450	0.5011	1.0000
				10	0.2396	0.4906	1.0000
				40	0.2392	0.4897	1.0000
			Medium	2.5	0.2621	0.4607	1.0000
				10	0.2424	0.4813	1.0000
				40	0.2395	0.4895	1.0000
			High	2.5	0.4116	0.4671	1.0000
				10	0.2602	0.5048	1.0000
				40	0.2525	0.5501	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.8</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.5	10	None	2.5	0.6035	0.9327	1.0000
				10	0.5541	0.9195	1.0000
				40	0.5530	0.9184	1.0000
			Medium	2.5	0.5927	0.9004	1.0000
				10	0.5566	0.9206	1.0000
				40	0.5526	0.9264	1.0000
			High	2.5	0.6950	0.8862	1.0000
				10	0.5761	0.9015	1.0000
				40	0.5600	0.9218	1.0000
50	0.5	20	None	2.5	0.4876	0.8725	1.0000
				10	0.4736	0.8583	1.0000
				40	0.4734	0.8586	1.0000
			Medium	2.5	0.5242	0.8358	1.0000
				10	0.4801	0.8530	1.0000
				40	0.4741	0.8615	1.0000
			High	2.5	0.6845	0.8253	1.0000
				10	0.5037	0.8429	1.0000
				40	0.4807	0.8798	1.0000
50	0.5	30	None	2.5	0.4615	0.8472	1.0000
				10	0.4406	0.8196	1.0000
				40	0.4398	0.8184	1.0000
			Medium	2.5	0.5053	0.8038	1.0000
				10	0.4453	0.8077	1.0000
				40	0.4374	0.8194	1.0000
			High	2.5	0.7424	0.8213	1.0000
				10	0.4767	0.8031	1.0000
				40	0.4459	0.8567	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.8</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.5	10	None	2.5	0.4713	0.8441	1.0000
				10	0.4588	0.8377	1.0000
				40	0.4581	0.8371	1.0000
			Medium	2.5	0.4945	0.7997	1.0000
				10	0.4615	0.8220	1.0000
				40	0.4572	0.8299	1.0000
			High	2.5	0.6236	0.7573	1.0000
				10	0.4884	0.8162	1.0000
				40	0.4703	0.8456	1.0000
100	0.5	20	None	2.5	0.3836	0.7490	1.0000
				10	0.3722	0.7380	1.0000
				40	0.3717	0.7378	1.0000
			Medium	2.5	0.4150	0.6899	1.0000
				10	0.3787	0.7212	1.0000
				40	0.3742	0.7341	1.0000
			High	2.5	0.6124	0.6613	1.0000
				10	0.3986	0.7113	1.0000
				40	0.3790	0.7593	1.0000
100	0.5	30	None	2.5	0.3353	0.6706	1.0000
				10	9.3243	0.6549	1.0000
				40	0.3239	0.6548	1.0000
			Medium	2.5	0.3771	0.6206	1.0000
				10	0.3319	0.6517	1.0000
				40	0.3264	0.6665	1.0000
			High	2.5	0.6670	0.6412	1.0000
				10	0.3667	0.6710	1.0000
				40	0.3474	0.7417	1.0000

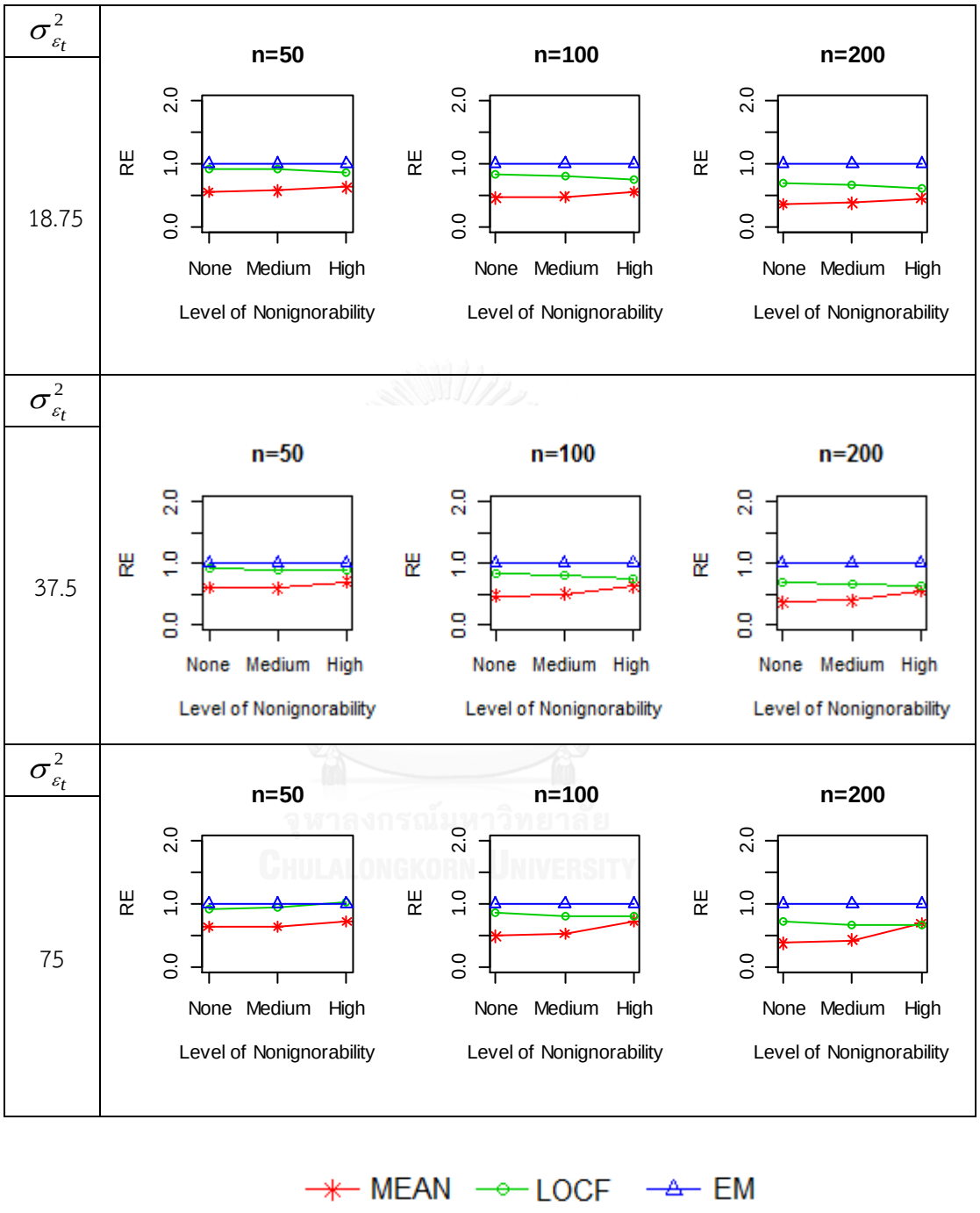
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.8</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 37.5

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.5	10	None	2.5	0.3676	0.7000	1.0000
				10	0.3577	0.6896	1.0000
				40	0.3570	0.6889	1.0000
			Medium	2.5	0.3947	0.6651	1.0000
				10	0.3651	0.6780	1.0000
				40	0.3603	0.6851	1.0000
			High	2.5	0.5451	0.6264	1.0000
				10	0.3774	0.6516	1.0000
				40	0.3582	0.6805	1.0000
200	0.5	20	None	2.5	0.2818	0.5680	1.0000
				10	0.2734	0.5525	1.0000
				40	0.2729	0.5513	1.0000
			Medium	2.5	0.3134	0.5292	1.0000
				10	0.2796	0.5449	1.0000
				40	0.2753	0.5540	1.0000
			High	2.5	0.5376	0.5392	1.0000
				10	0.2891	0.5212	1.0000
				40	0.2733	0.5627	1.0000
200	0.5	30	None	2.5	0.2488	0.5084	1.0000
				10	0.2400	0.4913	1.0000
				40	0.2392	0.4897	1.0000
			Medium	2.5	0.2833	0.4581	1.0000
				10	0.2441	0.4770	1.0000
				40	0.2398	0.4884	1.0000
			High	2.5	0.6273	0.5391	1.0000
				10	0.2675	0.4854	1.0000
				40	0.2531	0.5428	1.0000

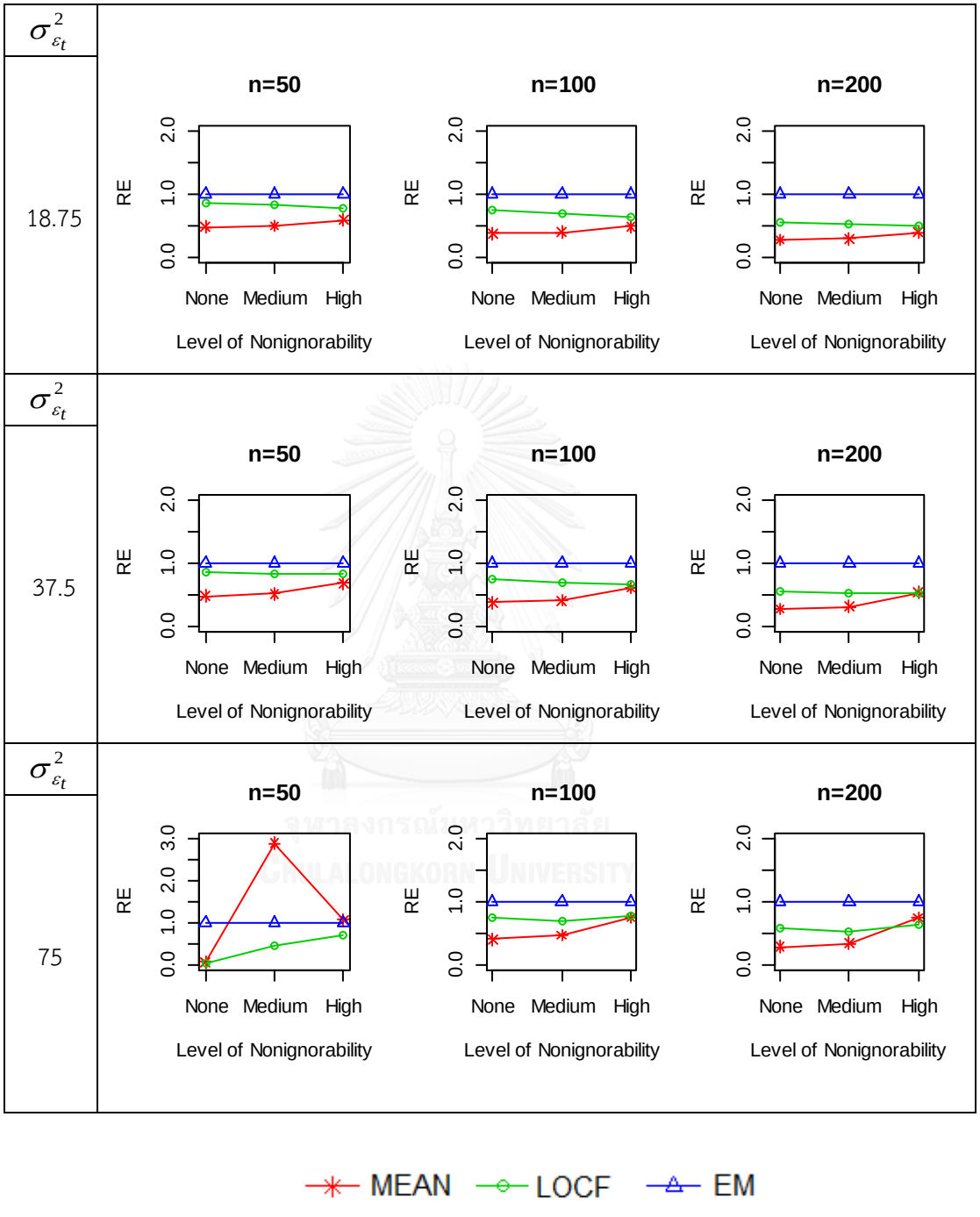
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัดส่วนการสูญหาย 10%



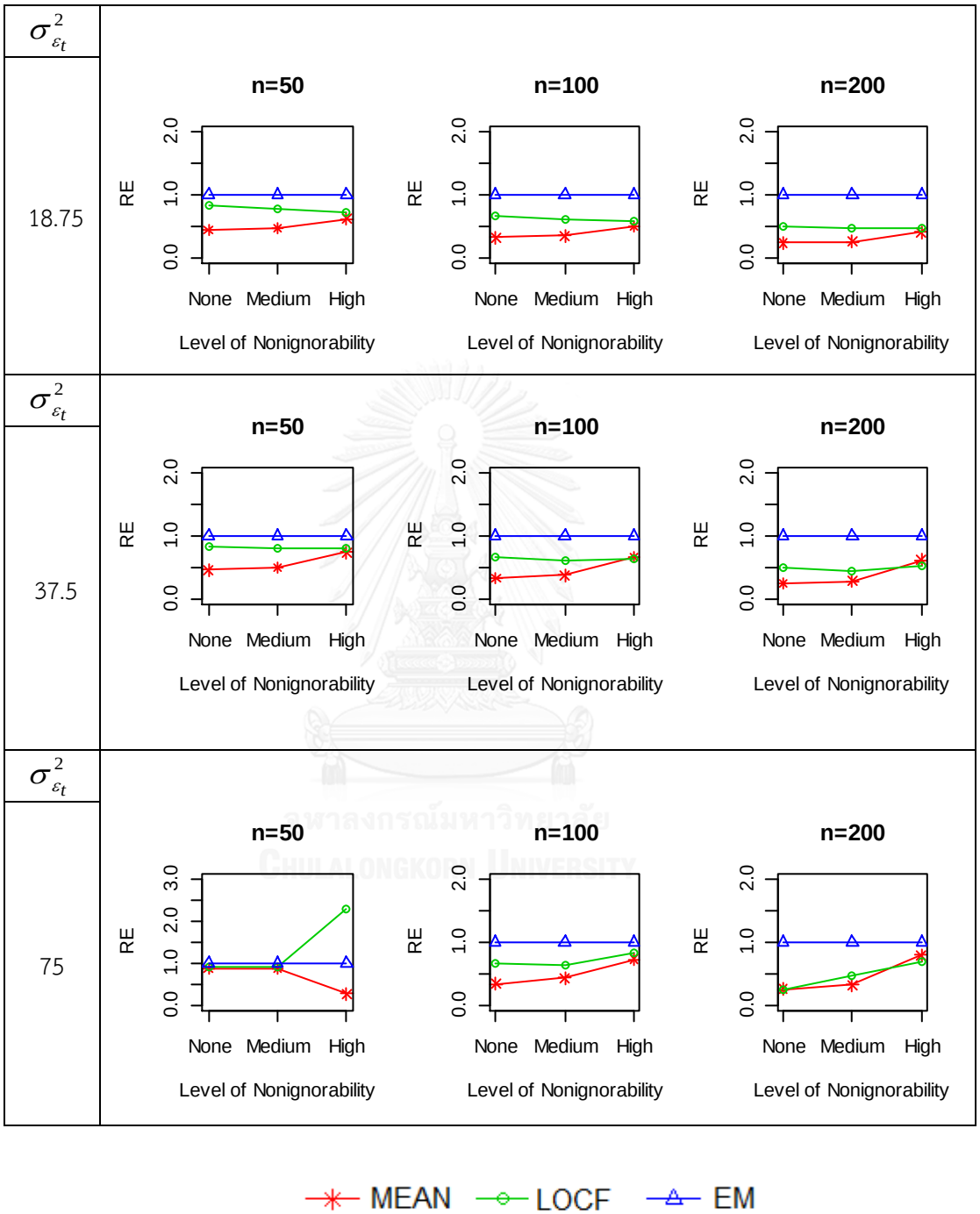
<u>ภาพที่ 4.1.16</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 2.5, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



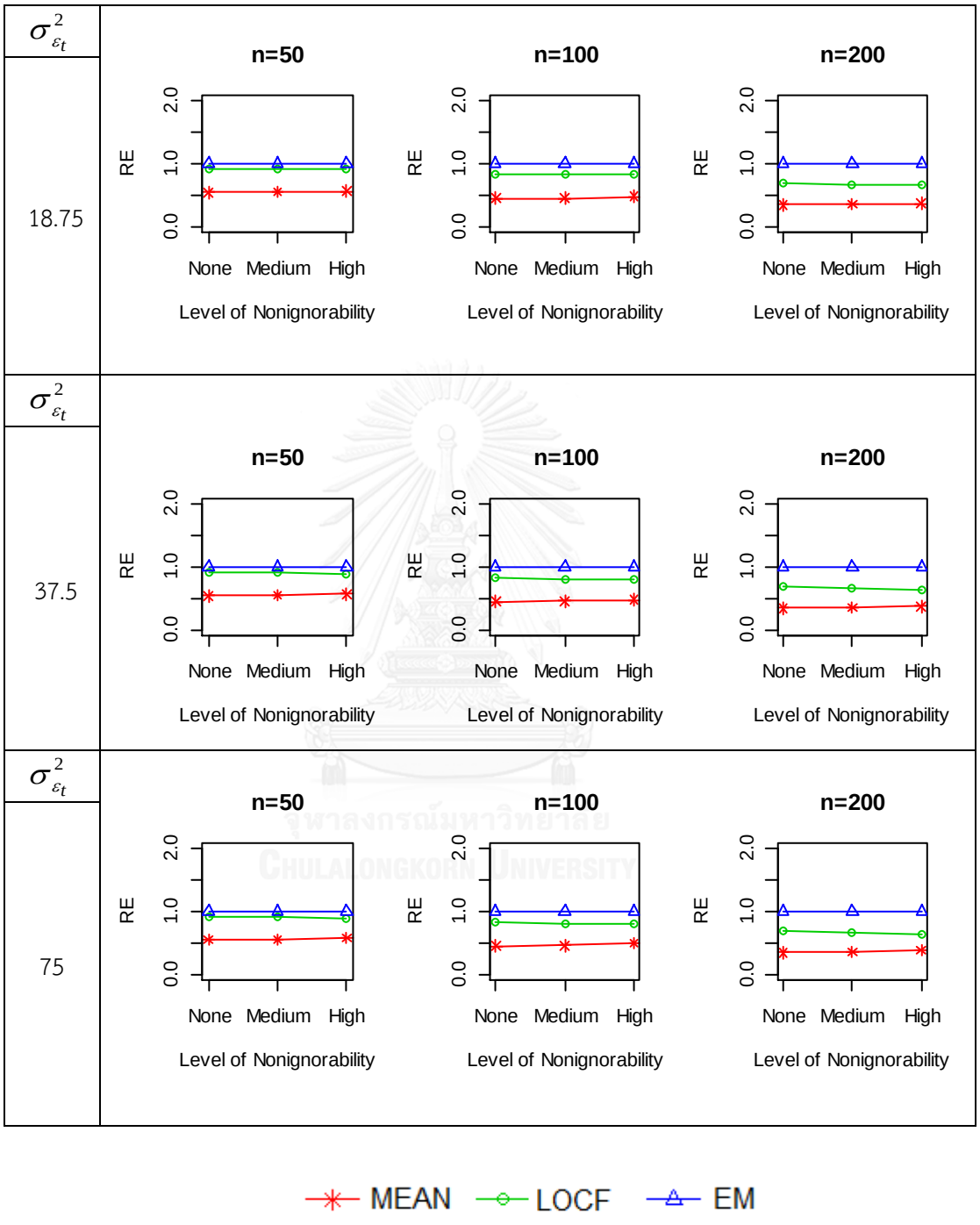
<u>ภาพที่ 4.1.16</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 2.5, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง

สัดส่วนการสูญหาย 30%



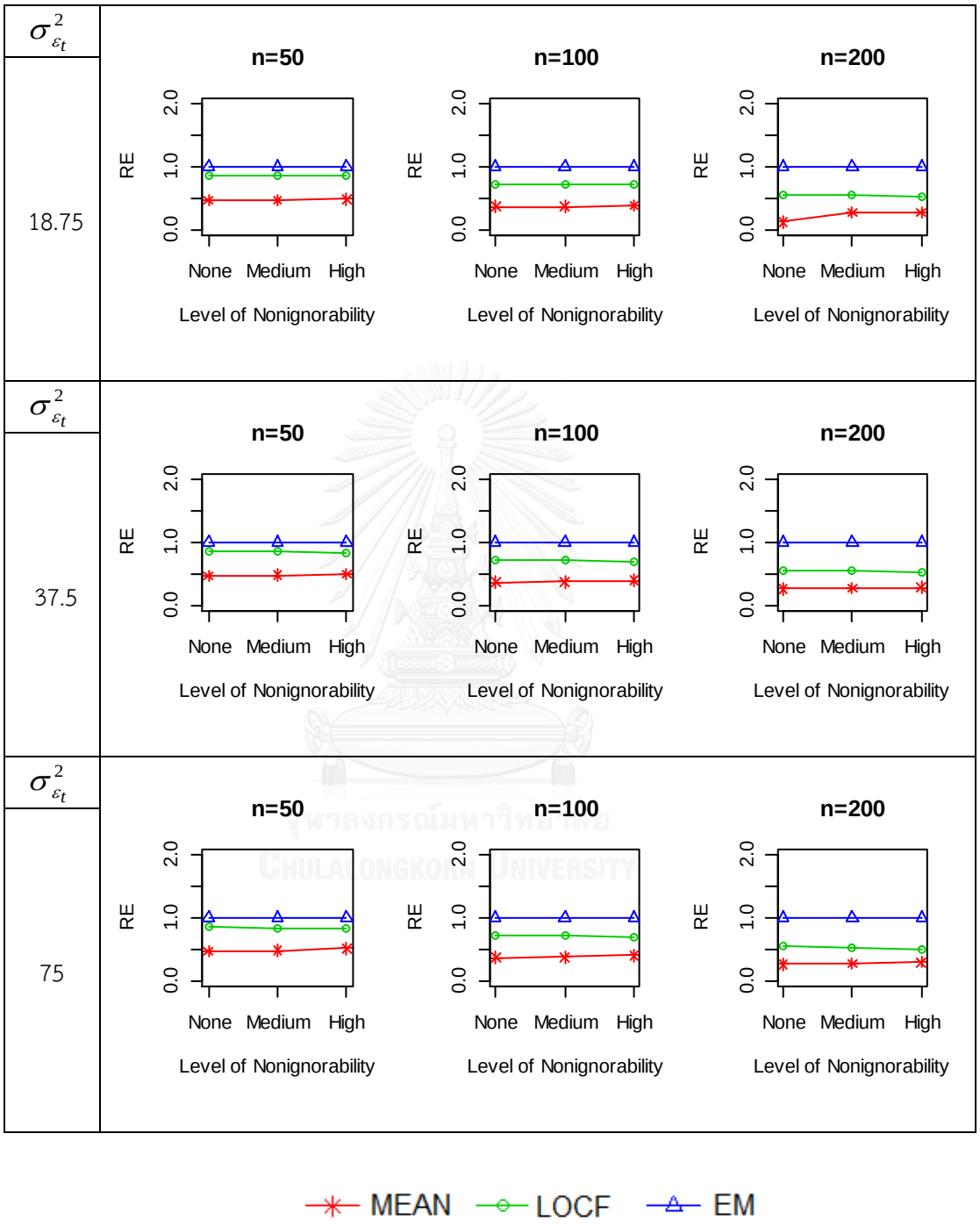
<u>ภาพที่ 4.1.16</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%



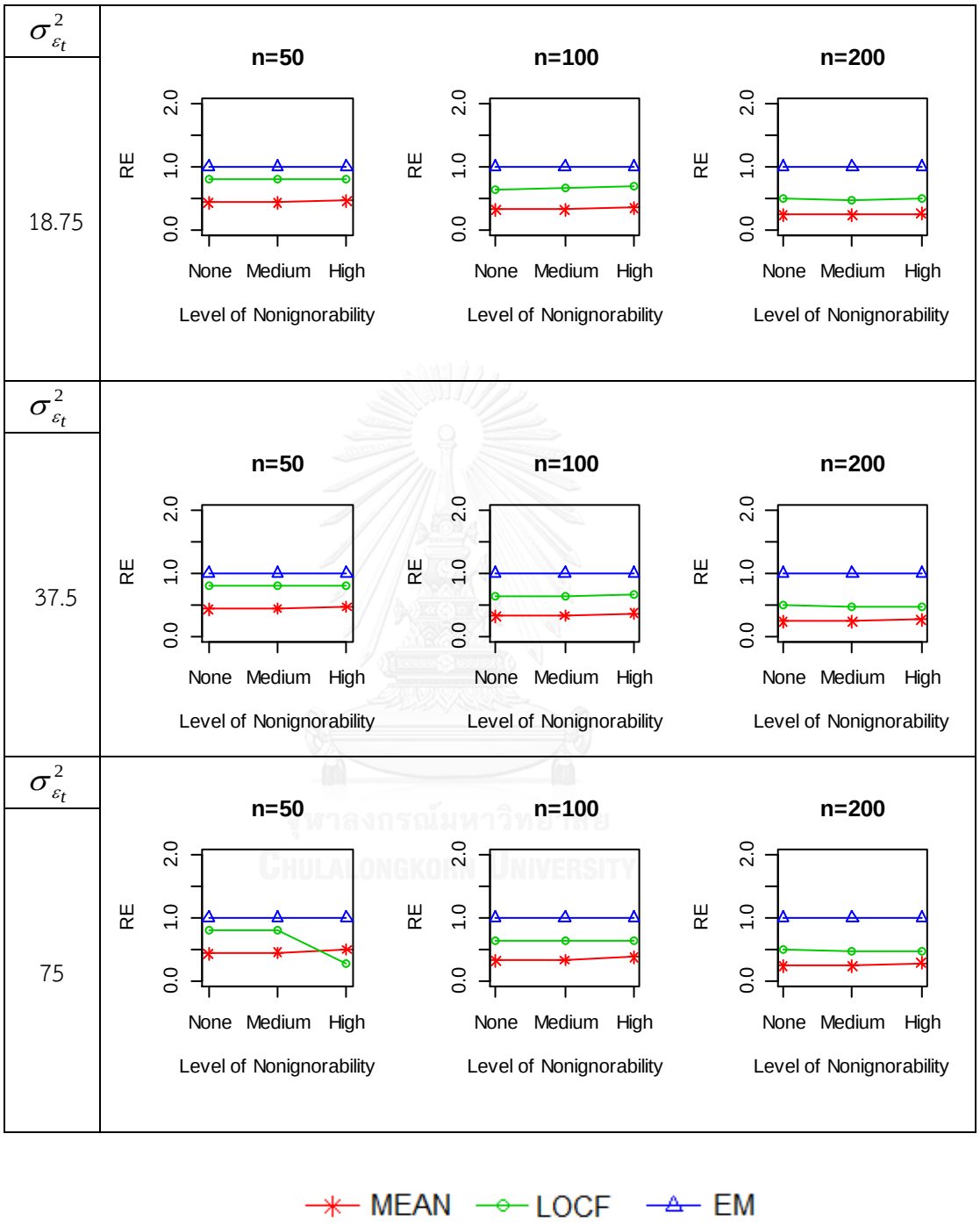
<u>ภาพที่ 4.1.17</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 10, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



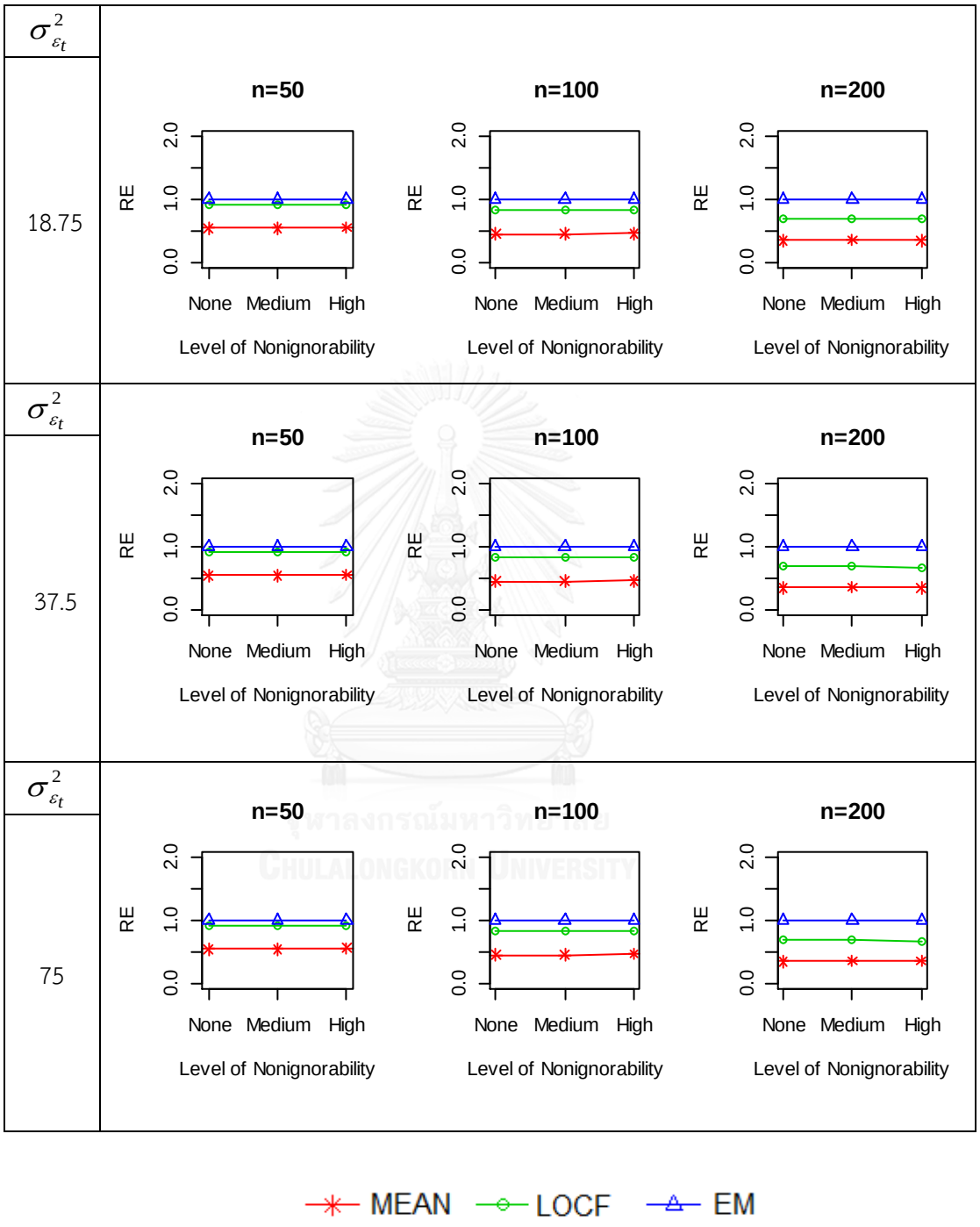
<u>ภาพที่ 4.1.17</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%

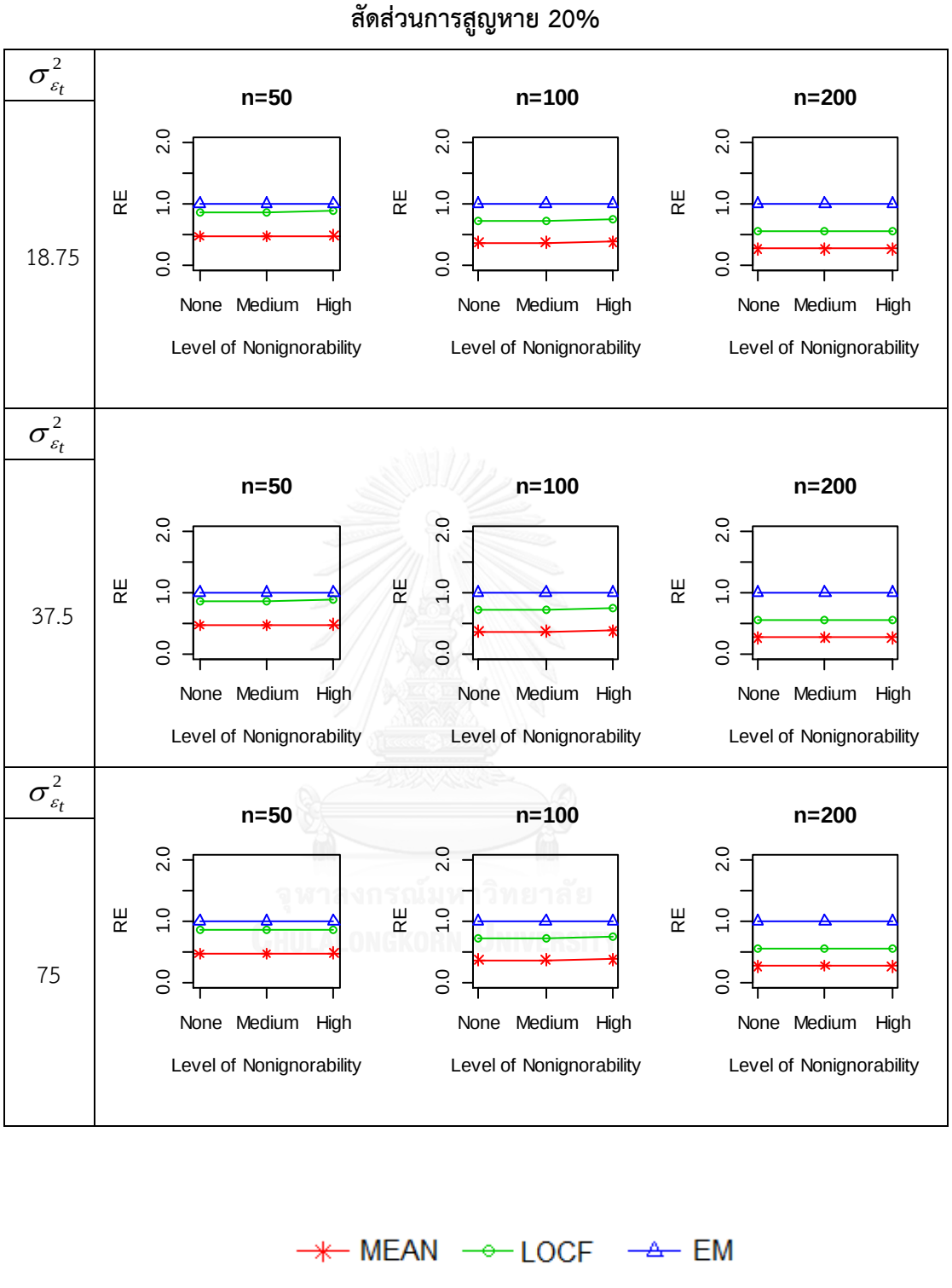


<u>ภาพที่ 4.1.17</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%

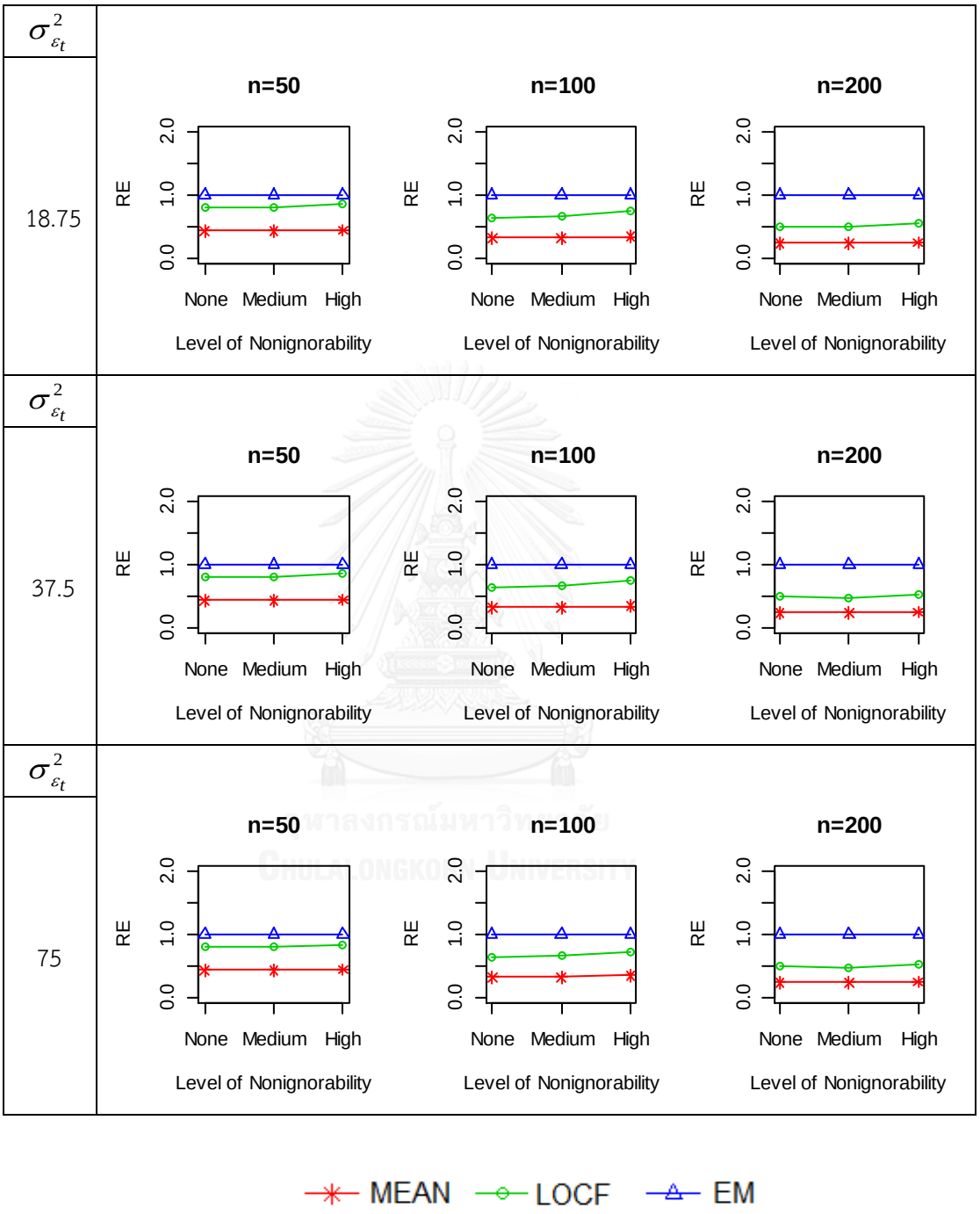


<u>ภาพที่ 4.1.18</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 40, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ



<u>ภาพที่ 4.1.18</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



<u>ภาพที่ 4.1.18</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 40, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.1.7-4.1.8, ตารางที่ 4 (ภาคผนวก ข) และภาพที่ 4.1.16-4.1.18 สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 2.5, \phi_1 = 0.5)$ พบว่าในกรณีที่สัดส่วนการสูญหาย 10%, 20% และ 30% ทุกขนาดตัวอย่าง โดยส่วนใหญ่แล้ววิธีการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธี EM จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี LOCF และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ แต่ก็มีบางสถานการณ์ที่จะเกิดความผันผวนขึ้นคือกรณีที่ (c=2.5) ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) มีค่าสูง ๆ ซึ่งมีค่าเป็น 75 พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างเป็น 50 แล้ว บางครั้งวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF จะมีประสิทธิภาพในการส่าค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM สำหรับตัวแบบ AR(1): $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 10, \phi_1 = 0.5)$ และตัวแบบ AR(1): $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 40, \phi_1 = 0.5)$ พบว่าวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี LOCF และวิธี Mean Imputation ทุกสถานการณ์ และเมื่อค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) มีค่าน้อย ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.9</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.8	10	None	1	69.3741	10.9408	11.6800
				4	58.5919	8.4733	9.4205
				16	58.4176	8.4573	9.4032
			Medium	1	59.9429	9.3248	10.2128
				4	58.2500	8.3398	9.3599
				16	58.7324	8.3372	9.3880
			High	1	51.8384	9.1637	9.8402
				4	55.2957	8.5443	9.4494
				16	56.8788	8.5696	9.5652
50	0.8	20	None	1	146.7238	17.0013	18.9489
				4	127.9282	12.6143	14.9818
				16	127.3358	12.5785	14.9510
			Medium	1	143.6089	16.4709	19.4665
				4	127.2487	12.6181	14.8896
				16	128.1139	12.5997	14.9449
			High	1	124.1927	16.3934	19.6046
				4	124.8742	12.9374	15.8362
				16	129.6432	12.9933	16.2317
50	0.8	30	None	1	242.4700	22.6475	25.5330
				4	215.6588	16.6387	20.8076
				16	214.8950	16.5971	20.7880
			Medium	1	230.6516	22.8233	26.3456
				4	211.8358	16.6877	20.8095
				16	213.8270	16.6554	20.9835
			High	1	182.8502	20.1217	23.4294
				4	213.4483	17.6321	22.9334
				16	225.4197	17.7732	23.9072

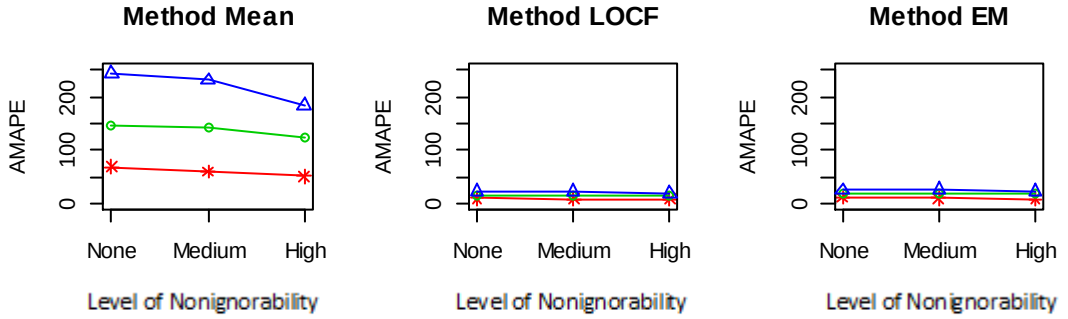
<u>ตารางที่ 4.1.9</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.8	10	None	1	55.8561	6.0364	6.7056
				4	54.7771	6.0705	6.4252
				16	54.7386	6.0650	6.4180
			Medium	1	54.2055	6.4023	6.6116
				4	54.5796	6.0895	6.4681
				16	54.8720	6.0860	6.4865
			High	1	49.1502	6.5272	6.5814
				4	53.7210	6.1084	6.4284
				16	54.9972	6.1142	6.5120
100	0.8	20	None	1	125.7849	9.6622	10.4567
				4	124.2098	9.4276	10.1977
				16	124.1539	9.4268	10.1938
			Medium	1	119.3353	9.7235	10.3113
				4	122.9522	9.3992	10.1232
				16	124.0872	9.3911	10.1787
			High	1	103.7600	10.2907	9.9571
				4	121.3478	9.7814	10.5870
				16	126.0338	9.7476	10.8480
100	0.8	30	None	1	212.1669	12.9744	14.3450
				4	209.6948	12.7004	14.0528
				16	209.5767	12.6933	14.0447
			Medium	1	194.9587	13.2580	13.5787
				4	205.1526	21.8579	13.8430
				16	207.9623	12.8203	13.9608
			High	1	163.3538	14.5355	14.8083
				4	209.0145	13.3147	16.3781
				16	221.5180	13.2259	17.0999

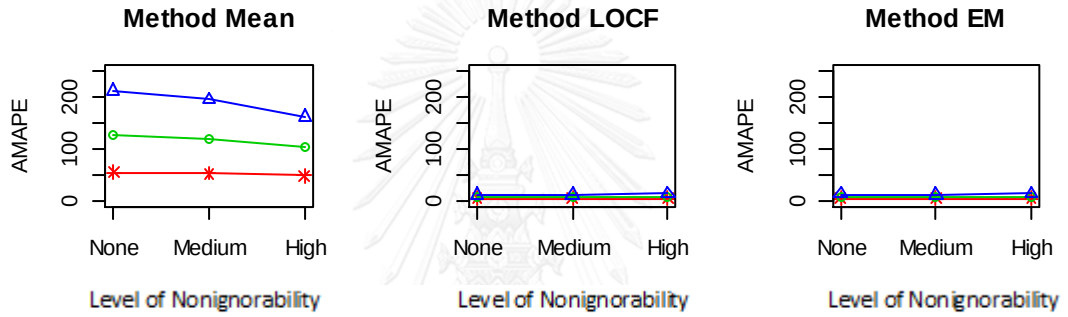
<u>ตารางที่ 4.1.9</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.8	10	None	1	53.6593	4.5992	4.5339
				4	53.6052	4.5398	4.5247
				16	53.5994	4.5360	4.5227
			Medium	1	51.9123	4.9645	4.6277
				4	53.1838	4.6181	4.6180
				16	53.4907	4.6099	4.6080
			High	1	47.5044	4.8068	4.5158
				4	52.7888	4.6456	4.6289
				16	54.0474	4.6335	4.6245
200	0.8	20	None	1	123.9504	7.3857	7.2196
				4	123.7732	7.3221	7.1256
				16	123.7516	7.3212	7.1171
			Medium	1	118.6508	7.5599	7.0538
				4	123.4094	7.3753	7.1067
				16	124.5580	7.3487	7.1362
			High	1	102.6098	8.2840	6.9920
				4	122.2281	7.6647	7.3552
				16	126.9235	7.5574	7.5461
200	0.8	30	None	1	211.1137	10.4387	9.6423
				4	210.8814	10.3184	9.5022
				16	210.8697	10.3081	9.4931
			Medium	1	195.4909	10.7723	9.9345
				4	207.5103	10.3978	9.5976
				16	210.3968	10.3308	9.6784
			High	1	156.7490	12.3908	9.8689
				4	207.7703	10.9889	10.1390
				16	220.0696	10.7502	10.6669

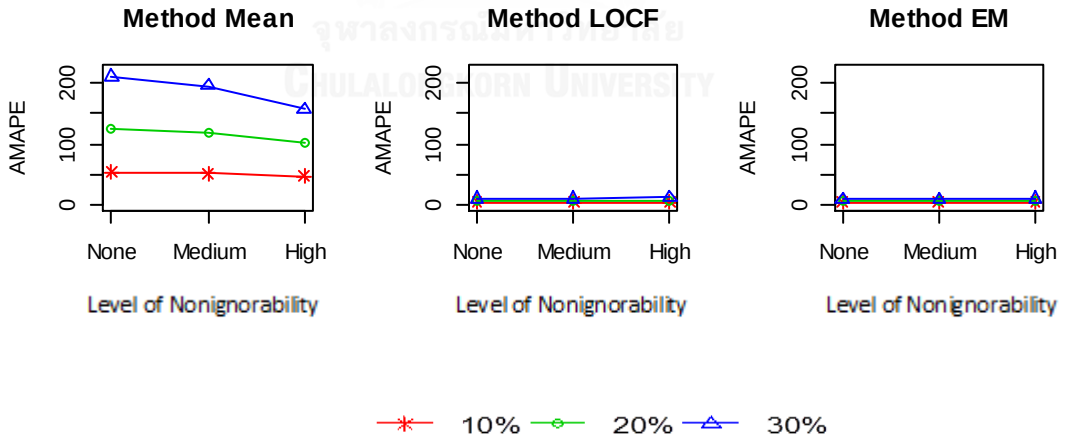
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

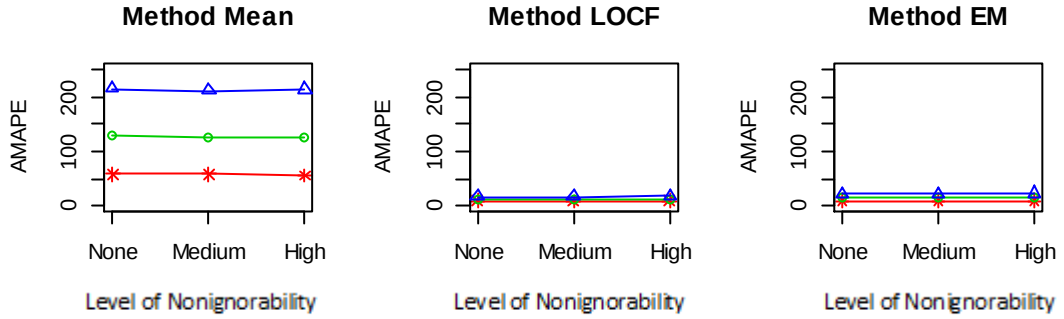


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

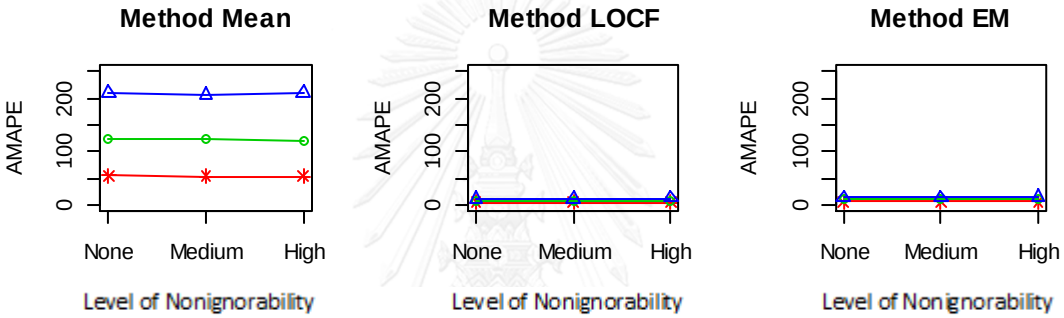


<u>ภาพที่ 4.1.19</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9

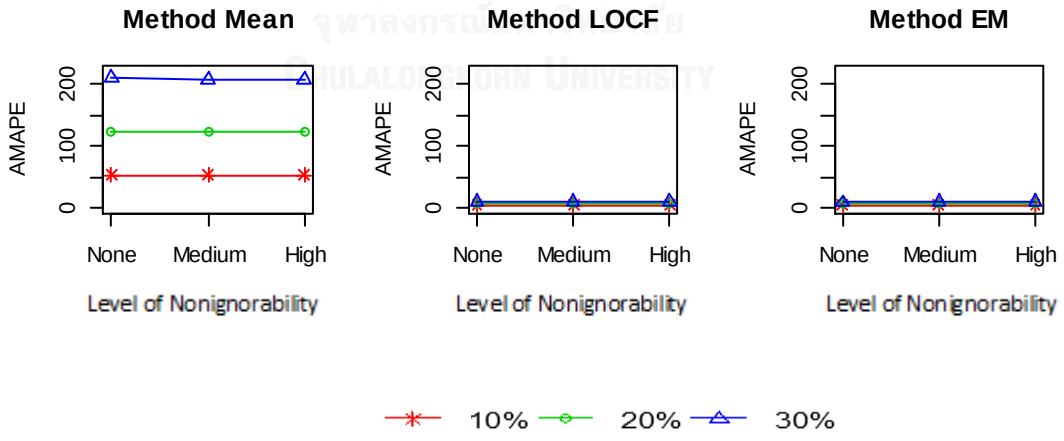
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

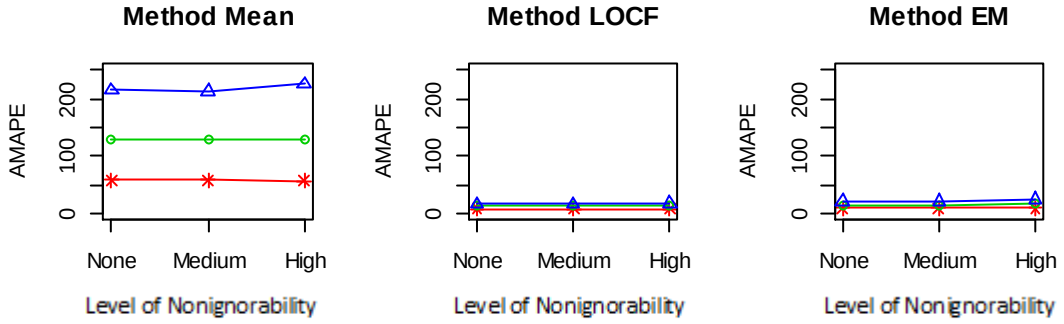


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

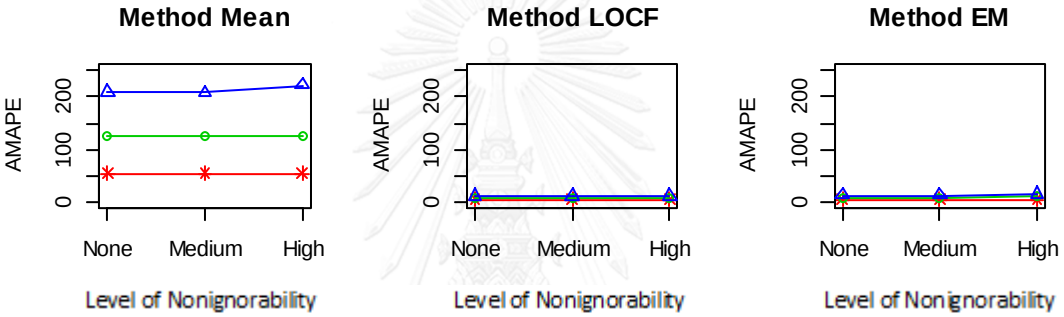


<u>ภาพที่ 4.1.20</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9

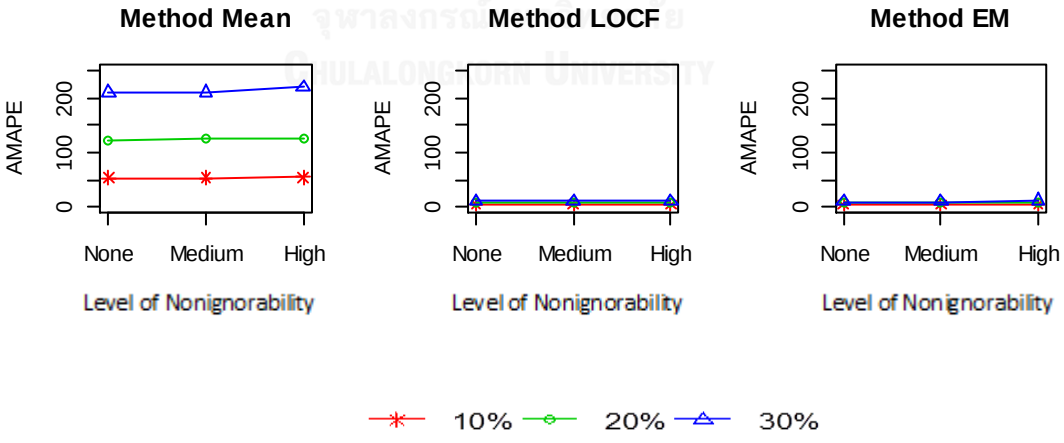
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.1.21</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9

จากตารางที่ 4.1.9 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 1.7 พบว่าสำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ100 ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี LOCF วิธี EM และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ ดังนั้นวิธี LOCF เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี Mean Imputation

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบ Nonignorable วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี LOCF และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.1.19-4.1.21 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนของการสูญหายเท่ากับ 30% จะมีค่า AMAPE สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.10</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.8	10	None	1	77.0527	12.1932	13.7899
				4	58.7180	8.4885	9.4369
				16	58.4813	8.4588	9.4048
			Medium	1	70.1785	14.2829	15.1608
				4	58.0595	8.3479	9.3504
				16	58.6541	8.3368	9.3833
			High	1	67.8177	15.1641	16.6127
				4	54.5158	8.5365	9.3912
				16	56.6739	8.5652	9.5494
50	0.8	20	None	1	175.7856	17.2829	19.4852
				4	128.9921	12.6919	15.0366
				16	127.3831	12.5808	14.9531
			Medium	1	161.0309	17.1017	18.6963
				4	127.1986	12.6870	14.9012
				16	127.9689	12.5998	14.9311
			High	1	129.9290	17.5498	21.6356
				4	122.9439	12.9488	15.6498
				16	128.9540	12.9831	16.1735
50	0.8	30	None	1	304.6145	23.8022	29.2571
				4	217.2736	16.7096	20.8542
				16	214.9318	16.6003	20.7884
			Medium	1	270.0486	23.2629	28.0611
				4	212.4781	16.7799	20.7676
				16	213.4762	16.6564	20.9546
			High	1	226.0955	25.8090	32.8441
				4	209.1697	17.6109	22.4605
				16	223.6774	17.7495	23.7681

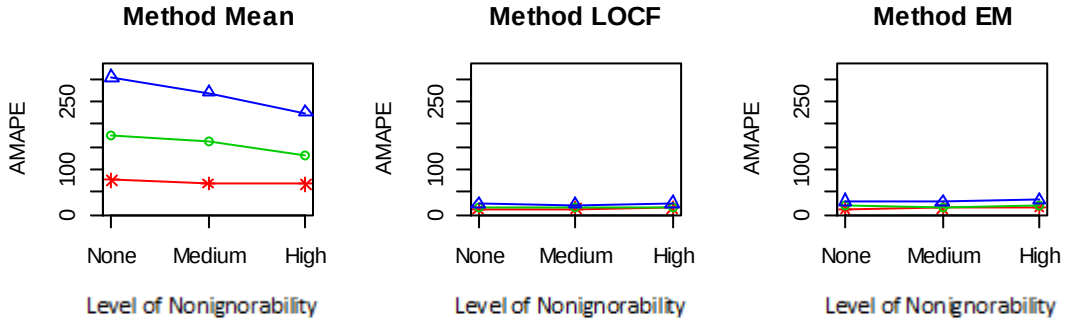
<u>ตารางที่ 4.1.10</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.8	10	None	1	58.5053	6.8913	7.2963
				4	54.8048	6.0768	6.4316
				16	54.7431	6.0653	6.4189
			Medium	1	54.9321	6.8348	7.0596
				4	54.4218	6.0939	6.4600
				16	54.8310	6.0861	6.4837
			High	1	47.9861	6.7978	6.9180
				4	53.0139	6.1079	6.3858
				16	54.8207	6.1129	6.5000
100	0.8	20	None	1	131.8795	10.6105	11.5033
				4	124.2569	9.4329	10.2040
				16	124.1595	9.4263	10.1937
			Medium	1	121.2928	10.7071	11.1440
				4	122.3309	9.4087	10.0963
				16	123.9292	9.3915	10.1699
			High	1	99.2036	11.8166	12.0039
				4	118.7475	9.8067	10.4545
				16	125.3861	9.7513	10.8107
100	0.8	30	None	1	230.6369	14.6749	16.4162
				4	209.7942	12.7107	14.0626
				16	209.5886	12.6935	14.0448
			Medium	1	198.9351	14.8376	15.1750
				4	203.6083	12.8866	13.7816
				16	207.5720	12.8245	13.9441
			High	1	158.1375	17.6947	18.7968
				4	202.1062	13.3788	15.9970
				16	219.7853	13.2359	16.9960

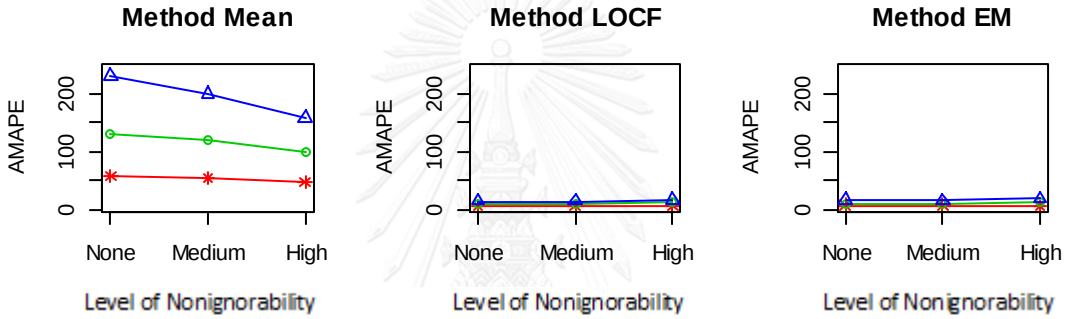
<u>ตารางที่ 4.1.10</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.8	10	None	1	53.7875	4.6901	4.6186
				4	53.6094	4.5431	4.5268
				16	53.6000	4.5364	4.5228
			Medium	1	51.1423	4.8020	4.6944
				4	53.0140	4.6244	4.6161
				16	53.4483	4.6108	4.6065
			High	1	44.0700	5.0011	4.6232
				4	52.0900	4.6607	4.6019
				16	53.8738	4.6262	4.6163
200	0.8	20	None	1	124.3119	7.5010	7.3579
				4	123.7881	7.3249	7.1298
				16	123.7542	7.3209	7.1180
			Medium	1	115.7029	7.7588	7.1329
				4	122.7739	7.3927	7.0917
				16	124.3993	7.3520	7.1323
			High	1	90.2149	8.8897	7.3690
				4	119.6250	7.7306	7.2633
				16	126.2753	7.5714	7.5175
200	0.8	30	None	1	211.7078	10.2674	9.8473
				4	210.8940	10.3273	9.5128
				16	210.8705	10.3091	9.4955
			Medium	1	187.8801	11.1253	9.4499
				4	205.9111	10.4382	9.5543
				16	209.9982	10.3396	9.6672
			High	1	126.8575	13.7169	10.6897
				4	200.9655	11.1348	10.8571
				16	218.3698	10.7815	10.5866

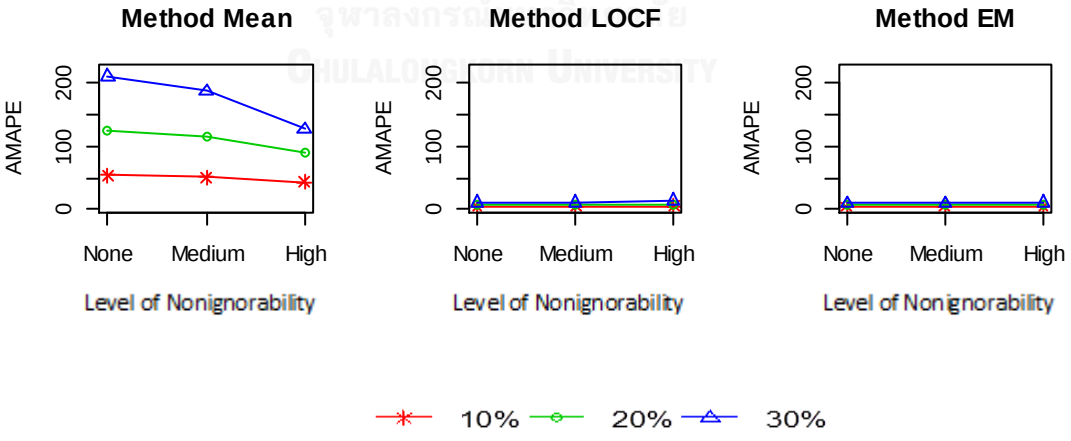
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

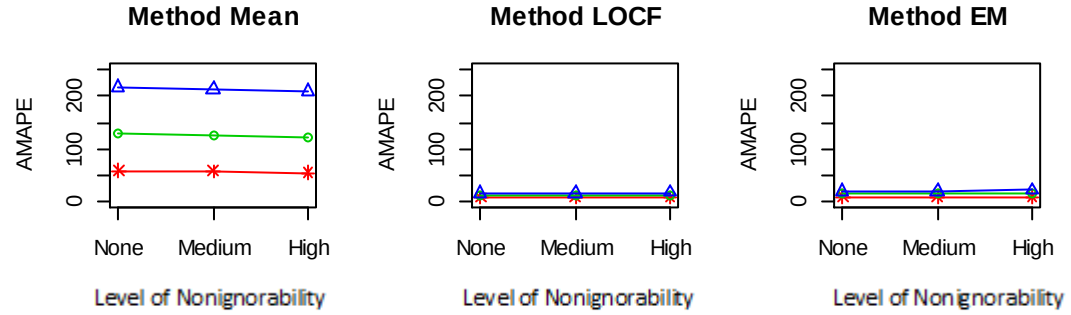


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

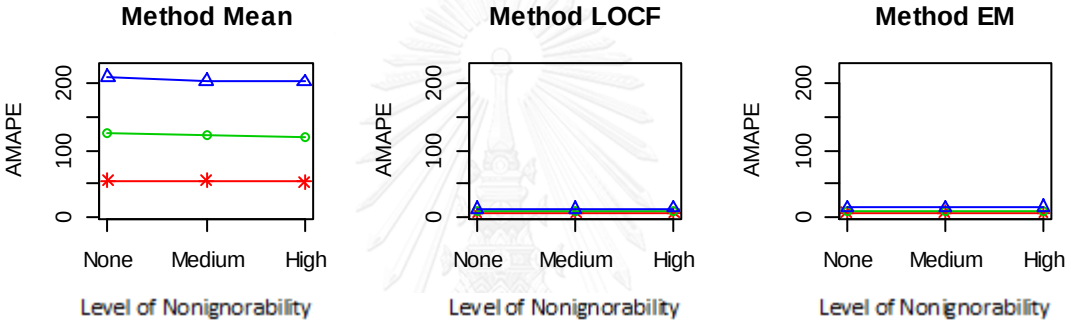


<u>ภาพที่ 4.1.22</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18

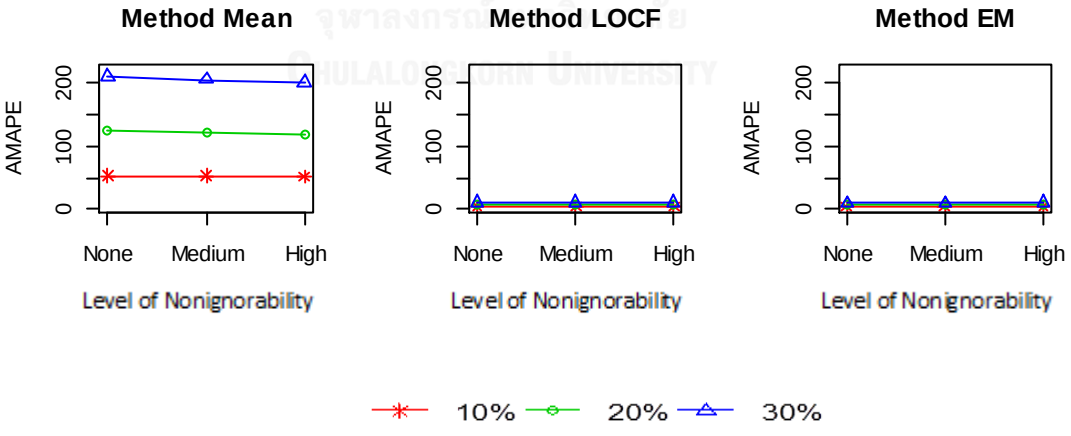
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

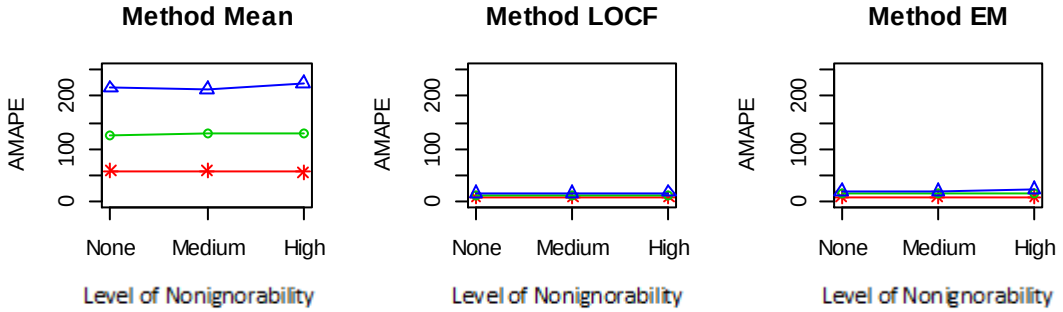


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

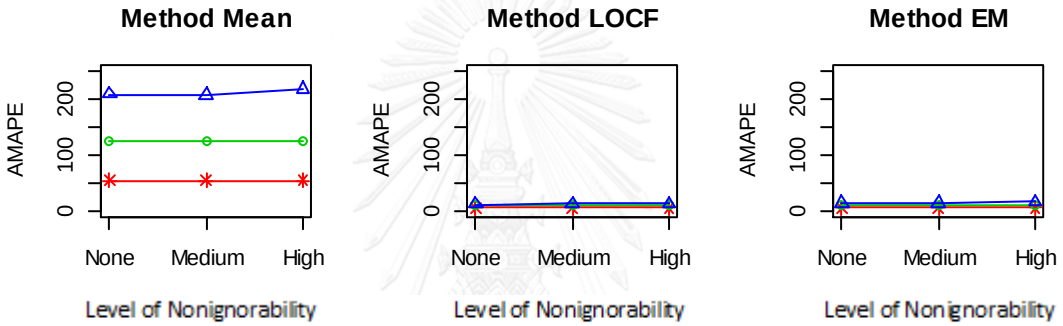


<u>ภาพที่ 4.1.23</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18

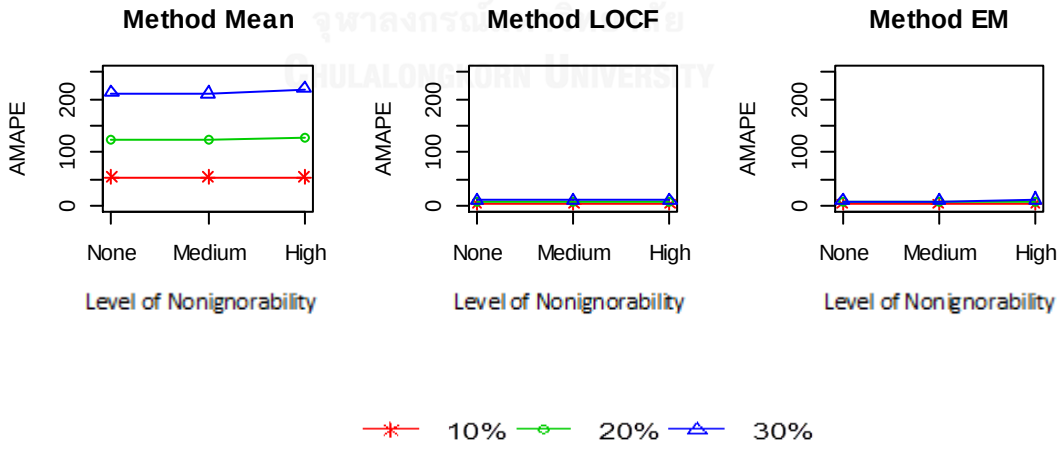
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.1.24</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18

จากตารางที่ 4.1.10 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 1.8 พบว่าสำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 ทุกสัดส่วนของการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี LOCF วิธี EM และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ ดังนั้นวิธี LOCF เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี Mean Imputation

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบ Nonignorable วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี LOCF และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.1.22-4.1.24 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนของการสูญหายเท่ากับ 30% จะมีค่า AMAPE สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 5 (ภาคผนวก ข) เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 1.9 พบว่าสำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 100 ทุกสัดส่วนของการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี LOCF วิธี EM และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ ดังนั้นวิธี LOCF เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่า วิธี EM และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 200 ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี LOCF และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 7-9 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้น ค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนของการสูญหายเท่ากับ 30% จะมีค่า AMAPE สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.1.11</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.8	10	None	1	0.1684	1.0676	1.0000
				4	0.1608	1.1118	1.0000
				16	0.1608	1.1118	1.0000
			Medium	1	0.1704	1.0952	1.0000
				4	0.1607	1.1223	1.0000
				16	0.1598	1.1260	1.0000
			High	1	0.1898	1.0738	1.0000
				4	0.1709	1.1059	1.0000
				16	0.1682	1.1162	1.0000
50	0.8	20	None	1	0.1091	1.1146	1.0000
				4	0.1171	1.1877	1.0000
				16	0.1174	1.1886	1.0000
			Medium	1	0.1355	1.1818	1.0000
				4	0.1170	1.1800	1.0000
				16	0.1167	1.1861	1.0000
			High	1	0.1579	1.1959	1.0000
				4	0.1268	1.2241	1.0000
				16	0.1252	1.2492	1.0000
50	0.8	30	None	1	0.1053	1.1274	1.0000
				4	0.0965	1.2506	1.0000
				16	0.0967	1.2526	1.0000
			Medium	1	0.1142	1.1543	1.0000
				4	0.0982	1.2470	1.0000
				16	0.0981	1.2599	1.0000
			High	1	0.1281	1.1644	1.0000
				4	0.1074	1.3007	1.0000
				16	0.1061	1.3451	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 4.1.11</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.8	10	None	1	0.1205	1.0484	1.0000
				4	0.1173	1.0584	1.0000
				16	0.1172	1.0582	1.0000
			Medium	1	0.1220	1.0327	1.0000
				4	0.1185	1.0622	1.0000
				16	0.1182	1.0659	1.0000
			High	1	0.1339	1.0083	1.0000
				4	0.1196	1.0524	1.0000
				16	0.1184	1.0651	1.0000
100	0.8	20	None	1	0.0831	1.0822	1.0000
				4	0.0821	1.0817	1.0000
				16	0.0821	1.0814	1.0000
			Medium	1	0.0849	1.0420	1.0000
				4	0.0823	1.0770	1.0000
				16	0.0820	1.0839	1.0000
			High	1	0.0969	0.9676	1.0000
				4	0.0872	1.0824	1.0000
				16	0.0861	1.1129	1.0000
100	0.8	30	None	1	0.0676	1.1056	1.0000
				4	0.0670	1.1065	1.0000
				16	0.0670	1.1067	1.0000
			Medium	1	0.0696	1.0242	1.0000
				4	0.0674	1.0764	1.0000
				16	0.0671	1.0890	1.0000
			High	1	0.0907	1.0188	1.0000
				4	0.0784	1.2301	1.0000
				16	0.0772	1.2929	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 4.1.11</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 9

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.8	10	None	1	0.0845	0.9858	1.0000
				4	0.0844	0.9967	1.0000
				16	0.0844	0.9971	1.0000
			Medium	1	0.0891	0.9858	1.0000
				4	0.0866	0.9978	1.0000
				16	0.0861	0.9996	1.0000
			High	1	0.0951	0.9395	1.0000
				4	0.0877	0.9964	1.0000
				16	0.0856	0.9981	1.0000
200	0.8	20	None	1	0.0583	0.9775	1.0000
				4	0.0576	0.9732	1.0000
				16	0.0575	0.9721	1.0000
			Medium	1	0.0594	0.9330	1.0000
				4	0.0576	0.9636	1.0000
				16	0.0573	0.9711	1.0000
			High	1	0.0681	0.8440	1.0000
				4	0.0602	0.9596	1.0000
				16	0.0595	0.9985	1.0000
200	0.8	30	None	1	0.0457	0.9237	1.0000
				4	0.0451	0.9209	1.0000
				16	0.0450	0.9209	1.0000
			Medium	1	0.0481	0.8721	1.0000
				4	0.0463	0.9230	1.0000
				16	0.0460	0.9369	1.0000
			High	1	0.0630	0.7965	1.0000
				4	0.0488	0.9227	1.0000
				16	0.0485	0.9923	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 4.1.12</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.8	10	None	1	0.1790	1.1309	1.0000
				4	0.1607	1.1117	1.0000
				16	0.1608	1.1118	1.0000
			Medium	1	0.2160	1.0615	1.0000
				4	0.1610	1.1201	1.0000
				16	0.1600	1.1252	1.0000
			High	1	0.2450	1.0955	1.0000
				4	0.1723	1.1001	1.0000
				16	0.1685	1.1149	1.0000
50	0.8	20	None	1	0.1108	1.1274	1.0000
				4	0.1166	1.1847	1.0000
				16	0.1174	1.1886	1.0000
			Medium	1	0.1161	1.0932	1.0000
				4	0.1171	1.1745	1.0000
				16	0.1167	1.1853	1.0000
			High	1	0.1664	1.2321	1.0000
				4	0.1273	1.2086	1.0000
				16	0.1254	1.2457	1.0000
50	0.8	30	None	1	0.0960	1.2293	1.0000
				4	0.0960	1.2480	1.0000
				16	0.0967	1.2523	1.0000
			Medium	1	0.1039	1.2063	1.0000
				4	0.0977	1.2376	1.0000
				16	0.0982	1.2581	1.0000
			High	1	0.1453	1.2726	1.0000
				4	0.1074	1.2754	1.0000
				16	0.1063	1.3391	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 4.1.12</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18

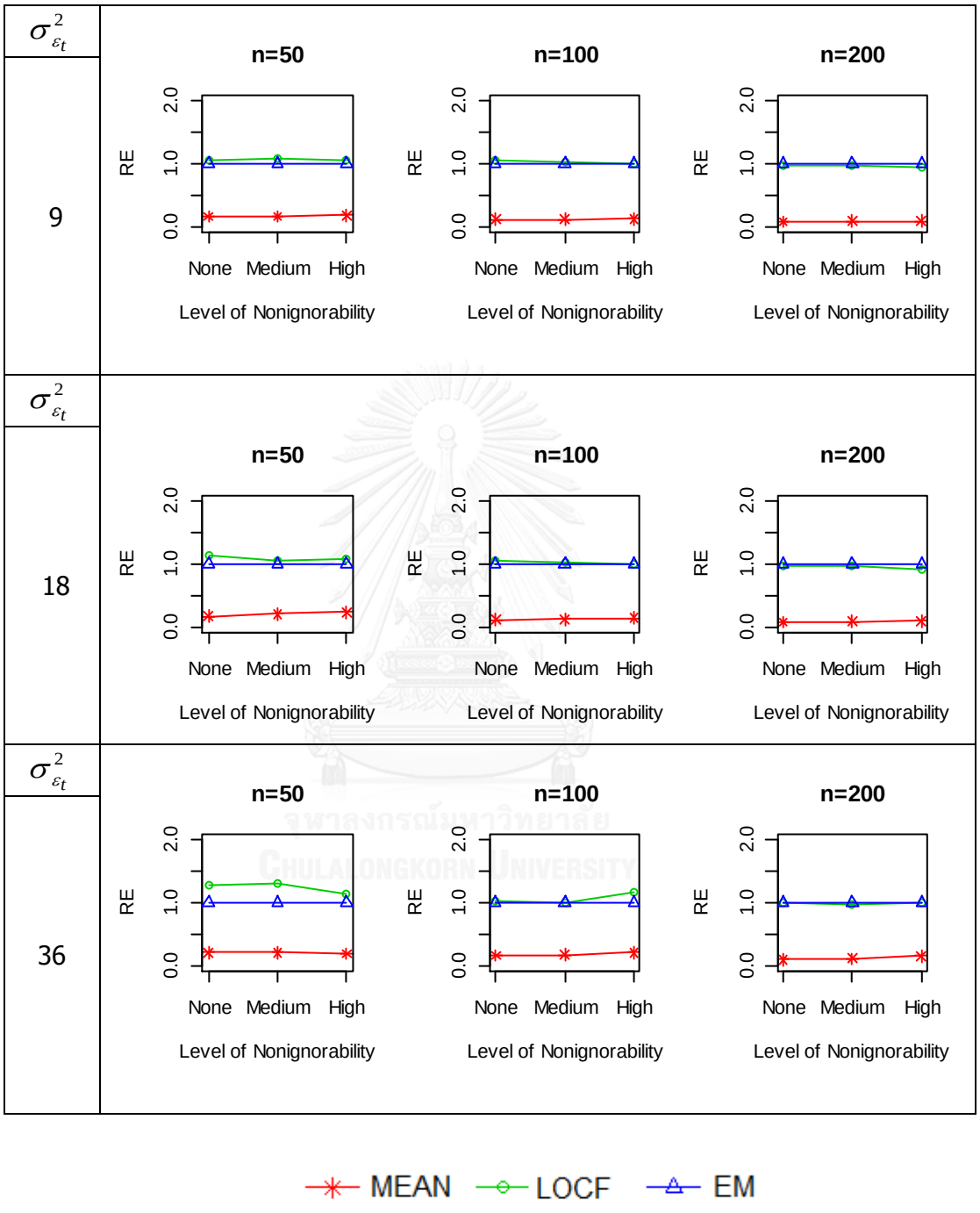
n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.8	10	None	1	0.1247	1.0588	1.0000
				4	0.1174	1.0584	1.0000
				16	0.1173	1.0583	1.0000
			Medium	1	0.1285	1.0329	1.0000
				4	0.1187	1.0601	1.0000
				16	0.1182	1.0653	1.0000
			High	1	0.1442	1.0177	1.0000
				4	0.1205	1.0455	1.0000
				16	0.1186	1.0633	1.0000
100	0.8	20	None	1	0.0872	1.0841	1.0000
				4	0.0821	1.0817	1.0000
				16	0.0821	1.0814	1.0000
			Medium	1	0.0919	1.0408	1.0000
				4	0.0825	1.0731	1.0000
				16	0.0821	1.0829	1.0000
			High	1	0.1210	1.0158	1.0000
				4	0.0880	1.0661	1.0000
				16	0.0861	1.1086	1.0000
100	0.8	30	None	1	0.0712	1.1187	1.0000
				4	0.0670	1.1064	1.0000
				16	0.0670	1.1065	1.0000
			Medium	1	0.0763	1.0227	1.0000
				4	0.0677	1.0694	1.0000
				16	0.0672	1.0873	1.0000
			High	1	0.1189	1.0623	1.0000
				4	0.0792	1.1957	1.0000
				16	0.0773	1.2841	1.0000

<u>ตารางที่ 4.1.12</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 18

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.8	10	None	1	0.0857	0.9848	1.0000
				4	0.0844	0.9964	1.0000
				16	0.0844	0.9970	1.0000
			Medium	1	0.0918	0.9776	1.0000
				4	0.0807	0.9982	1.0000
				16	0.0862	0.9991	1.0000
			High	1	0.1049	0.9244	1.0000
				4	0.0883	0.9874	1.0000
				16	0.0857	0.9979	1.0000
200	0.8	20	None	1	0.0592	0.9809	1.0000
				4	0.0576	0.9733	1.0000
				16	0.0575	0.9723	1.0000
			Medium	1	0.0616	0.9193	1.0000
				4	0.0578	0.9593	1.0000
				16	0.0573	0.9701	1.0000
			High	1	0.0817	0.8289	1.0000
				4	0.0607	0.9396	1.0000
				16	0.0595	0.9929	1.0000
200	0.8	30	None	1	0.0465	0.9266	1.0000
				4	0.0451	0.9211	1.0000
				16	0.0450	0.9211	1.0000
			Medium	1	0.0501	0.8494	1.0000
				4	0.0464	0.9153	1.0000
				16	0.0460	0.9350	1.0000
			High	1	0.0843	0.7793	1.0000
				4	0.0540	0.9750	1.0000
				16	0.0485	0.9819	1.0000

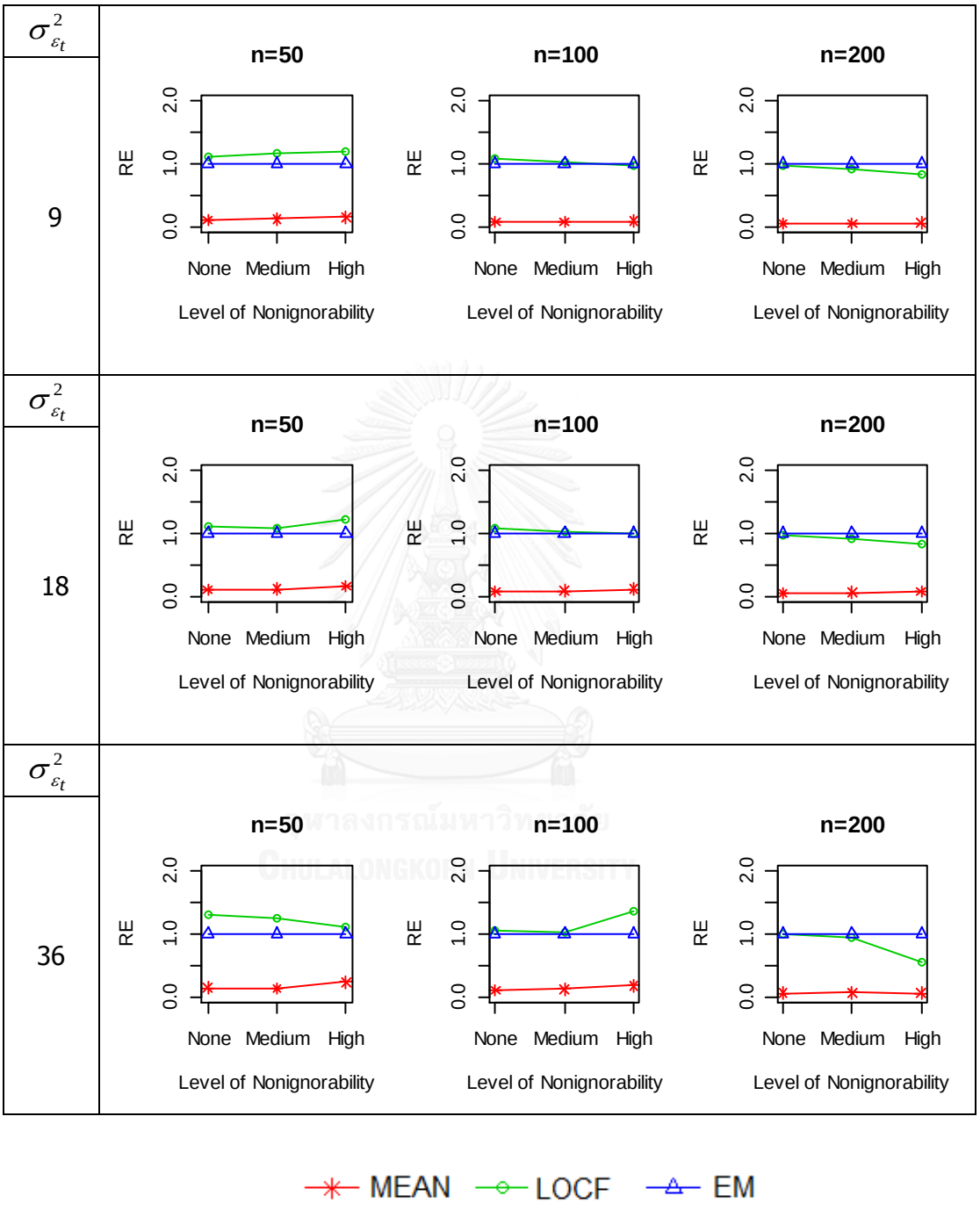
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สัดส่วนการสูญหาย 10%



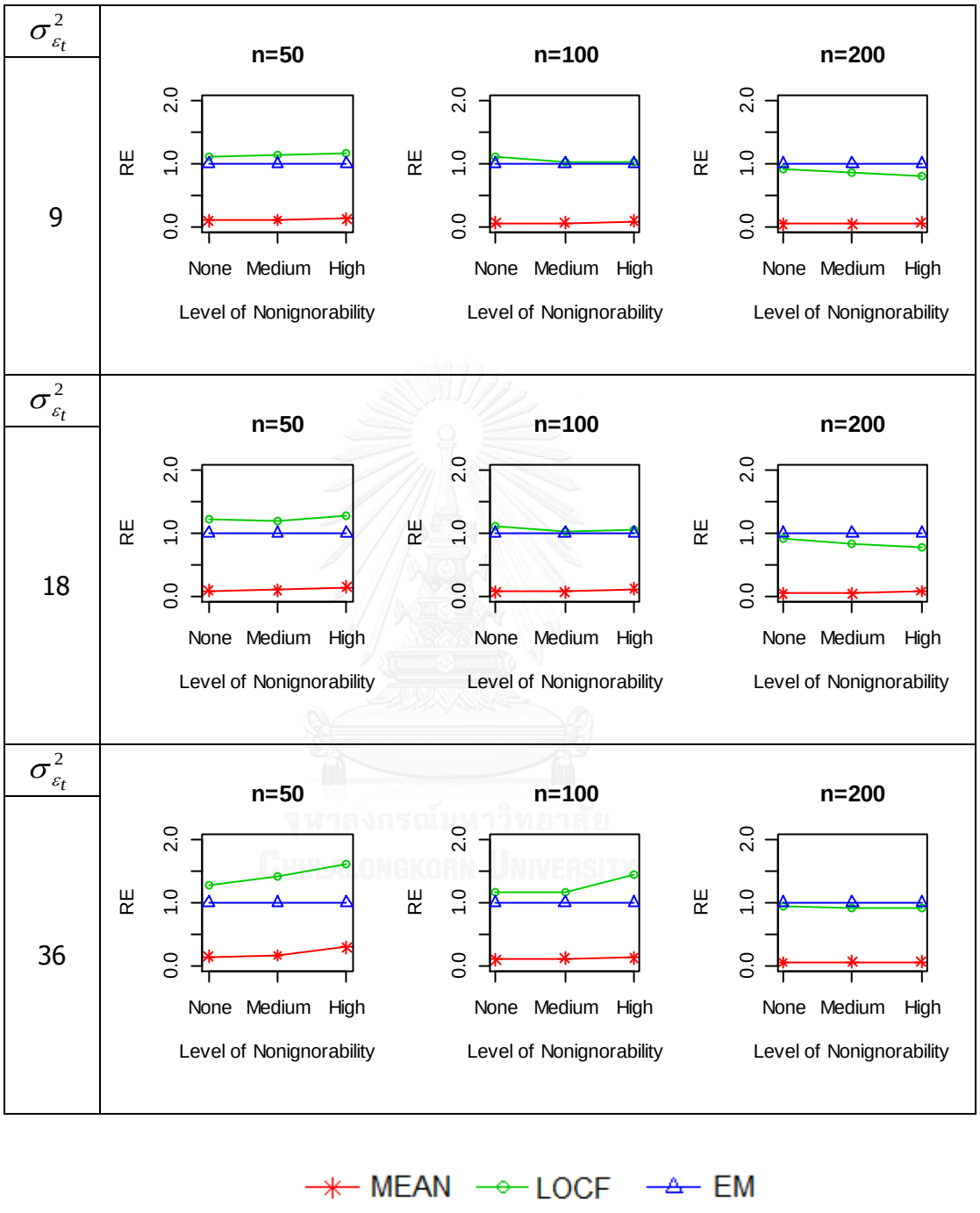
<u>ภาพที่ 4.1.25</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 1, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



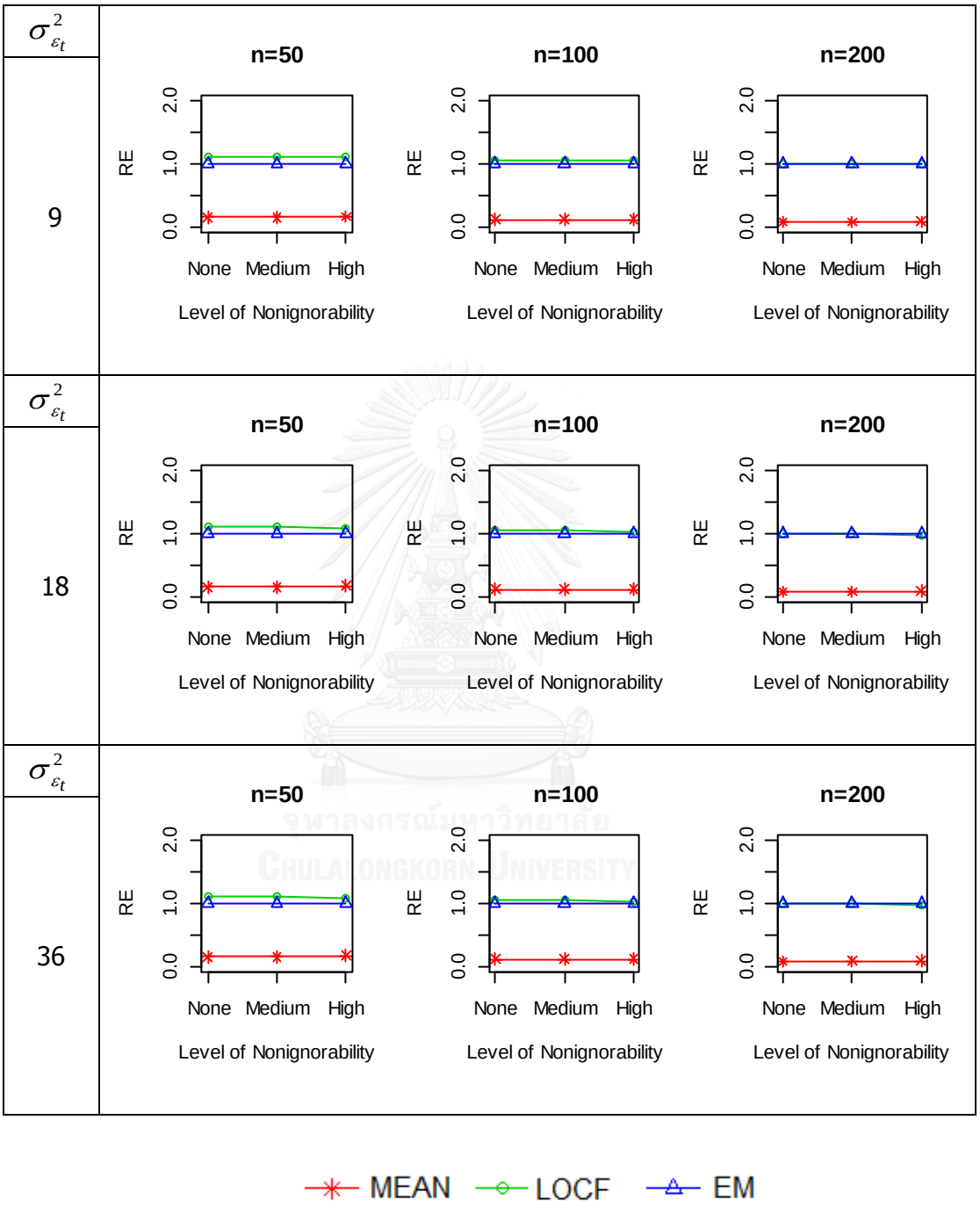
<u>ภาพที่ 4.1.25</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



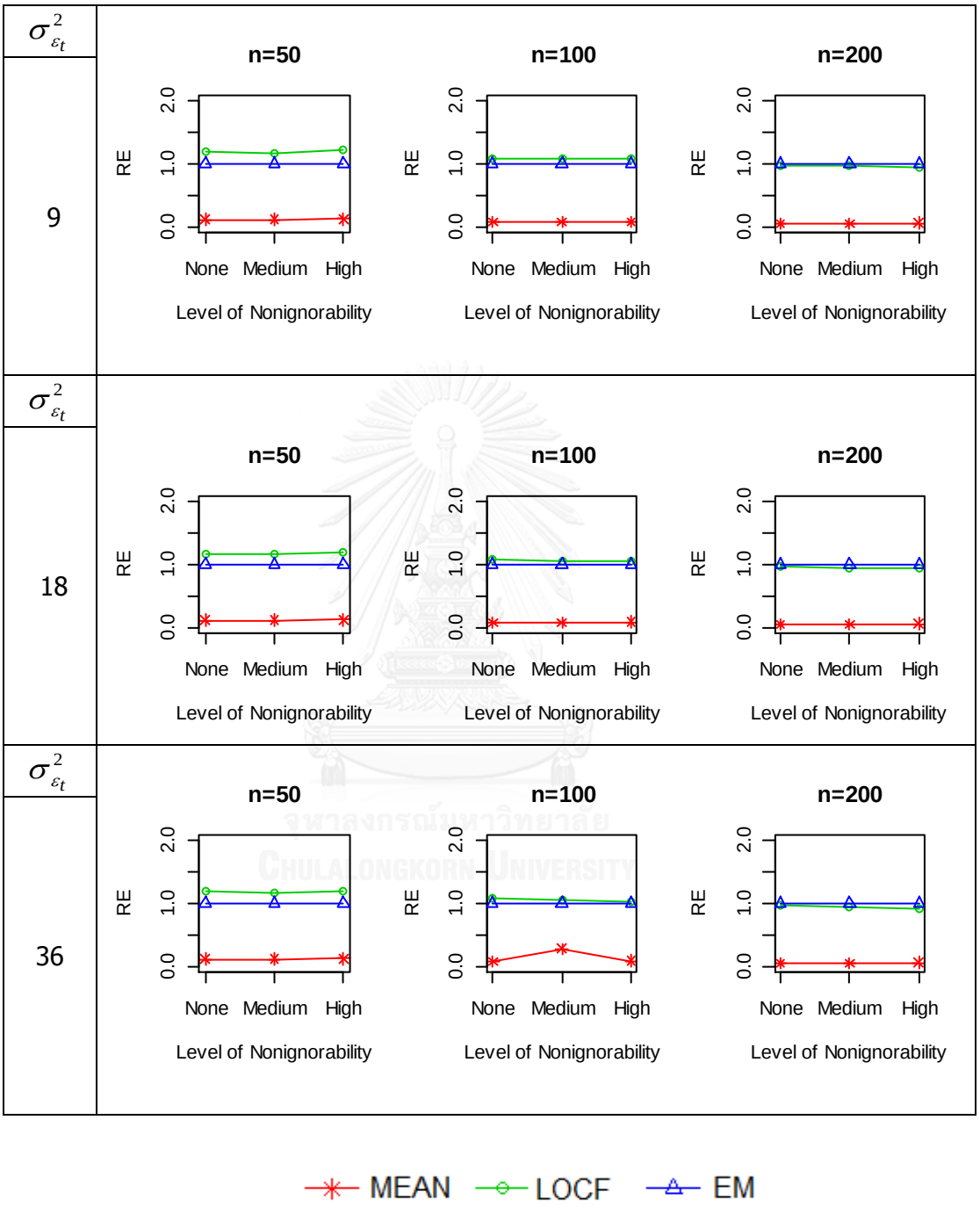
<u>ภาพที่ 4.1.25</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%



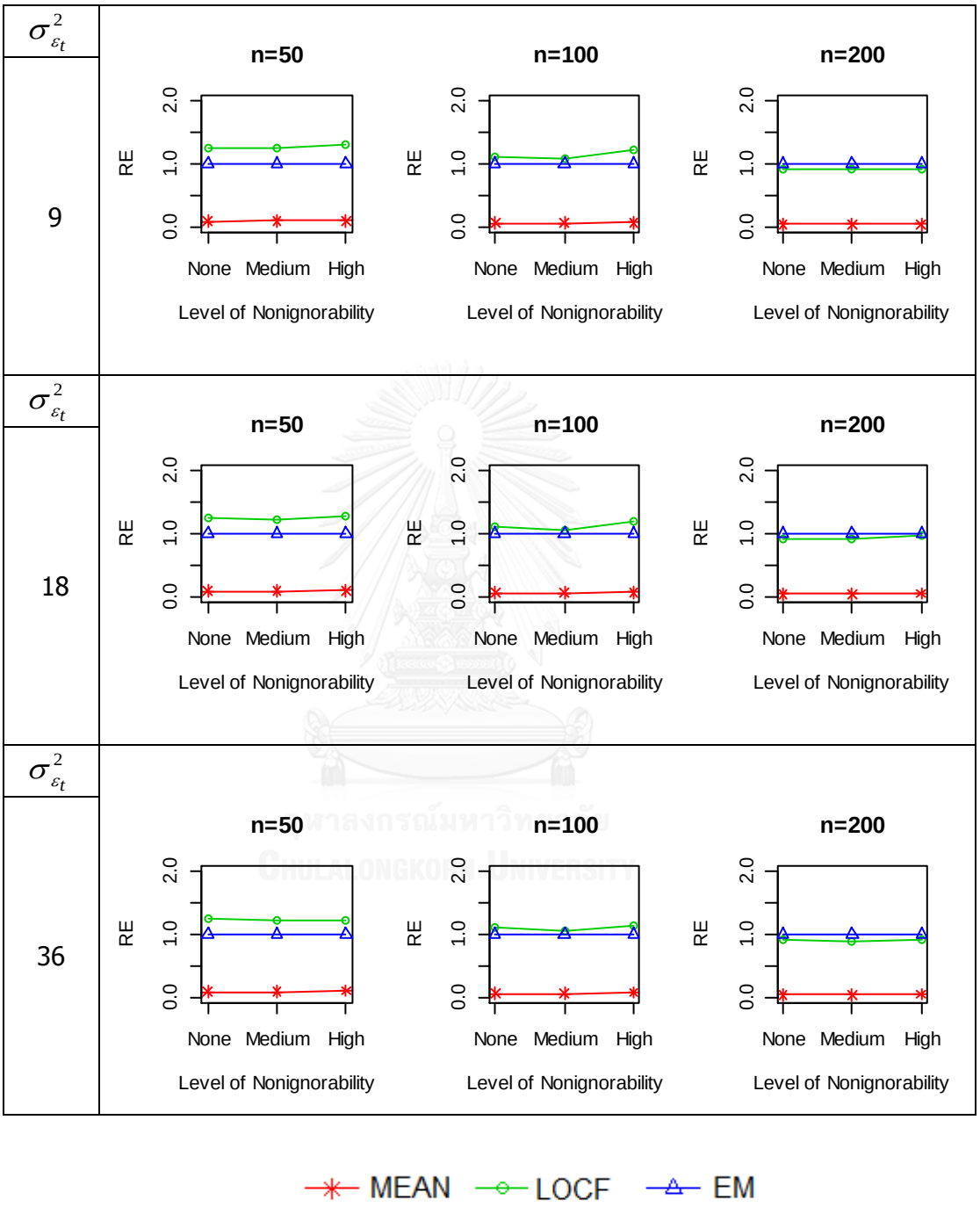
<u>ภาพที่ 4.1.26</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 4, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



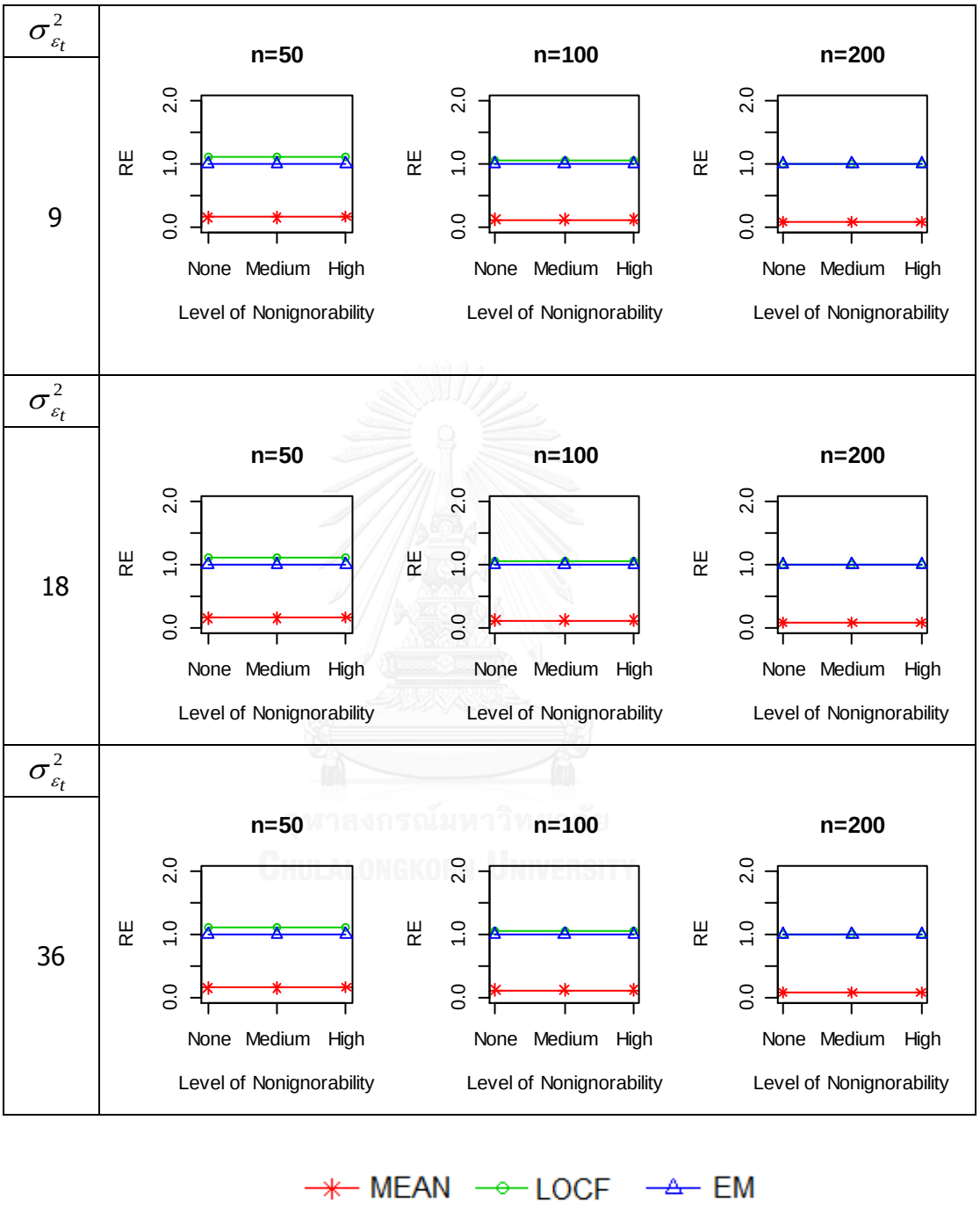
<u>ภาพที่ 4.1.26</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



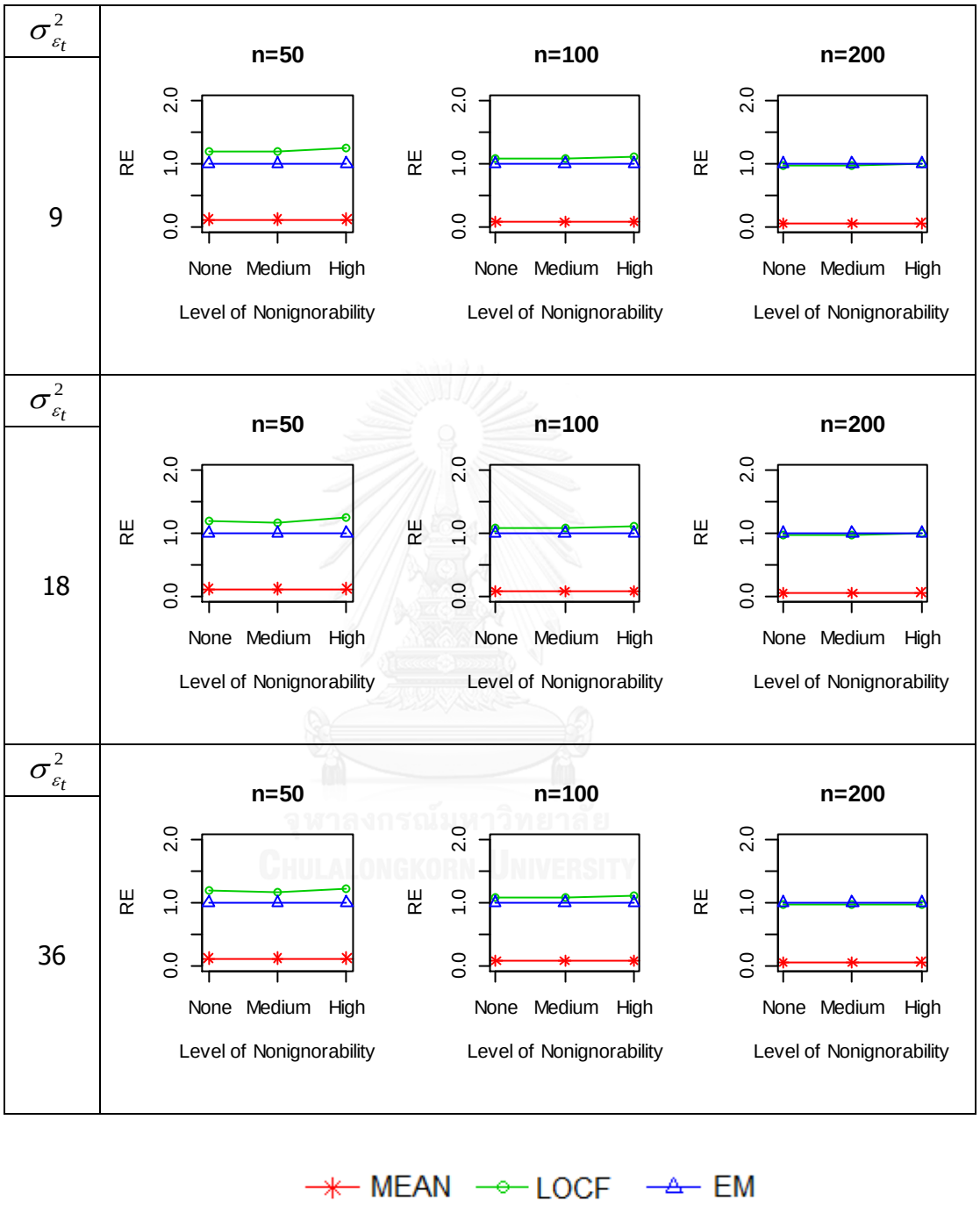
<u>ภาพที่ 4.1.26</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%



<u>ภาพที่ 4.1.27</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (c = 16, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

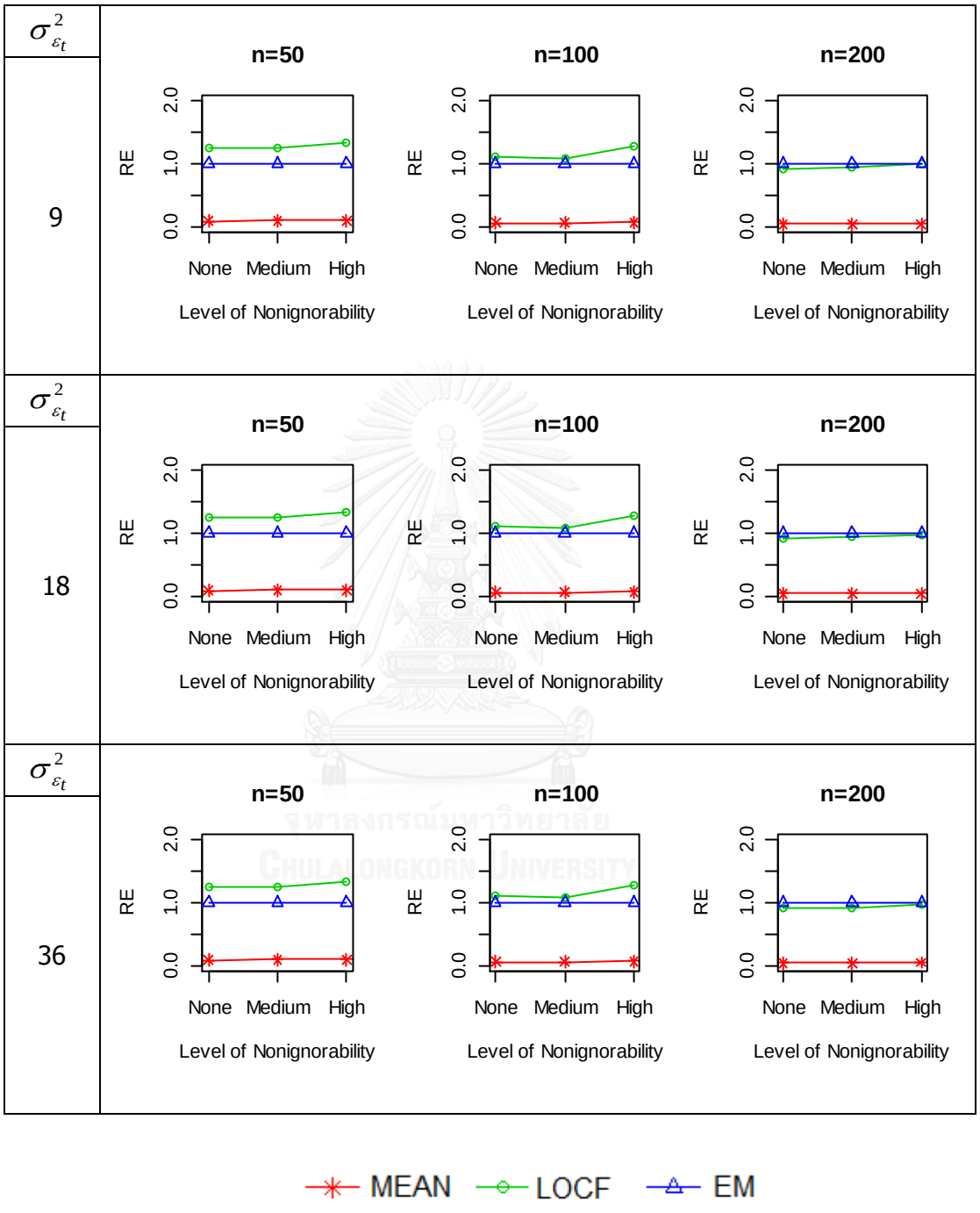
สัดส่วนการสูญหาย 20%



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.1.27 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



<u>ภาพที่ 4.1.27</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.1.7-4.1.8, ตารางที่ 6 (ภาคผนวก ข) และภาพที่ 4.1.25-4.1.27 สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 1, \phi_1 = 0.8)$ พบว่าในกรณีที่สัดส่วนการสูญหาย 10%, 20% และ 30% และขนาดตัวอย่างเป็น 50 และ100 โดยส่วนใหญ่แล้ววิธีการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธี LOCF จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างเป็น 200 วิธีการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธี EM จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี LOCF และวิธี Mean Imputation ตามลำดับ และเมื่อทำการพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) ที่มีค่า 9, 18 และ 36 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันวิธีการใส่ค่าสูญหายดังกล่าวยังคงมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ใกล้เคียงกันสำหรับตัวแบบ AR(1): $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 4 \ \ \phi_1 = 0.8)$และ ตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 16 \ \phi_1 = 0.8)$ มีผลในทำนองเดียวกันกับ $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \ \ (c = 1, \phi_1 = 0.8)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายของตัวแบบ AR(2)

<u>ตารางที่ 4.2.1</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.1	0.1	10	None	4	175.2829	245.6175	186.7504
					16	175.2829	245.6175	186.7504
					64	175.2791	245.6156	186.7436
				Medium	4	162.2915	248.3827	163.8125
					16	163.2915	248.3827	163.8125
					64	163.3301	248.3593	163.8274
				High	4	202.6803	264.8935	205.9029
					16	202.6803	264.8935	205.9029
					64	202.8400	264.8051	205.9541
50	0.1	0.1	20	None	4	250.5276	443.6085	296.4768
					16	250.5276	443.6085	296.4768
					64	250.5119	443.5998	296.4881
				Medium	4	237.6222	462.6956	305.5797
					16	237.6222	462.6956	305.5797
					64	237.7339	462.6223	305.7152
				High	4	254.0942	350.3577	290.7846
					16	254.0942	350.3577	290.7846
					64	254.5676	350.0883	291.1491
50	0.1	0.1	30	None	4	150.3214	405.0846	253.6842
					16	150.3214	405.0846	253.6842
					64	150.3104	405.0862	254.1732
				Medium	4	146.4571	391.9233	255.5357
					16	146.4571	391.9233	255.5357
					64	146.7185	391.7816	255.7476
				High	4	180.2187	339.8459	252.1192
					16	180.2187	339.8459	252.1192
					64	181.1986	339.3351	253.3027

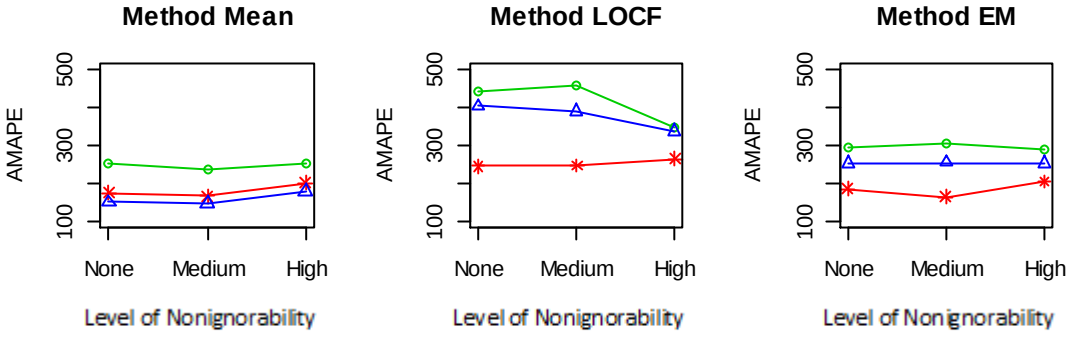
<u>ตารางที่ 4.2.1</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.1	0.1	10	None	4	77.7367	157.3810	86.6052
					16	77.6422	157.2843	86.5316
					64	77.6369	157.2778	86.5301
				Medium	4	80.7144	188.0293	92.5608
					16	80.7623	187.7770	92.5000
					64	80.7994	187.7322	92.4759
				High	4	71.0274	145.9165	70.3622
					16	71.2195	145.1046	79.0314
					64	71.3551	144.9430	79.0310
100	0.1	0.1	20	None	4	110.2067	334.2074	138.3718
					16	110.0272	334.1302	138.4019
					64	110.0123	334.1280	138.5753
				Medium	4	104.7502	315.2335	129.8478
					16	104.9811	314.7317	129.8969
					64	105.0856	314.6140	129.9334
				High	4	108.5929	297.5776	140.1556
					16	109.2753	295.5412	139.4776
					64	109.7539	295.1042	139.5599
100	0.1	0.1	30	None	4	132.2090	431.5487	188.4028
					16	131.9500	431.5009	188.7203
					64	131.9262	431.4498	188.9583
				Medium	4	133.5740	415.6065	188.7840
					16	134.2802	414.8192	191.3376
					64	134.5347	414.6415	191.8516
				High	4	125.4474	440.3090	170.8860
					16	126.8066	437.0868	170.7846
					64	127.9149	436.3717	173.5491

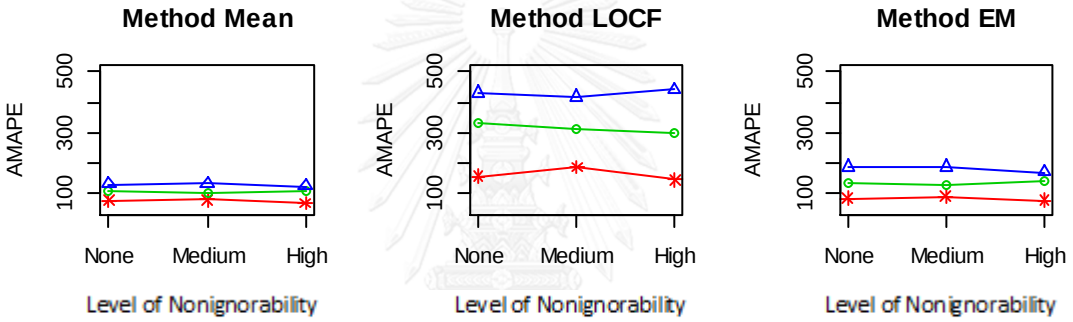
<u>ตารางที่ 4.2.1</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.1	0.1	10	None	4	74.7130	145.4870	81.4250
					16	74.6478	145.4463	81.3672
					64	74.6450	145.4451	81.3692
				Medium	4	75.6535	144.6345	82.4056
					16	75.7424	144.3638	82.2874
					64	75.7839	144.3048	82.2811
				High	4	70.4252	151.4469	78.1114
					16	70.5933	150.3751	77.5300
					64	70.7444	150.1336	77.4811
200	0.1	0.1	20	None	4	58.9032	262.7215	69.7194
					16	58.8083	262.6963	69.6867
					64	58.8011	262.6950	69.7149
				Medium	4	60.8482	257.5463	71.0242
					16	61.2297	256.9883	70.8976
					64	61.3692	256.8558	70.9091
				High	4	114.5281	322.2871	140.4486
					16	114.9226	320.0500	138.5357
					64	115.4356	319.5170	138.5136
200	0.1	0.1	30	None	4	99.6485	463.9421	136.6512
					16	99.5329	463.9203	137.0375
					64	99.5262	463.9162	137.1039
				Medium	4	83.8677	418.9507	126.1296
					16	84.7037	418.1793	126.1280
					64	84.9945	417.9823	126.7777
				High	4	78.8706	321.7561	106.2910
					16	79.2953	318.4618	104.2096
					64	80.4661	317.5430	104.3843

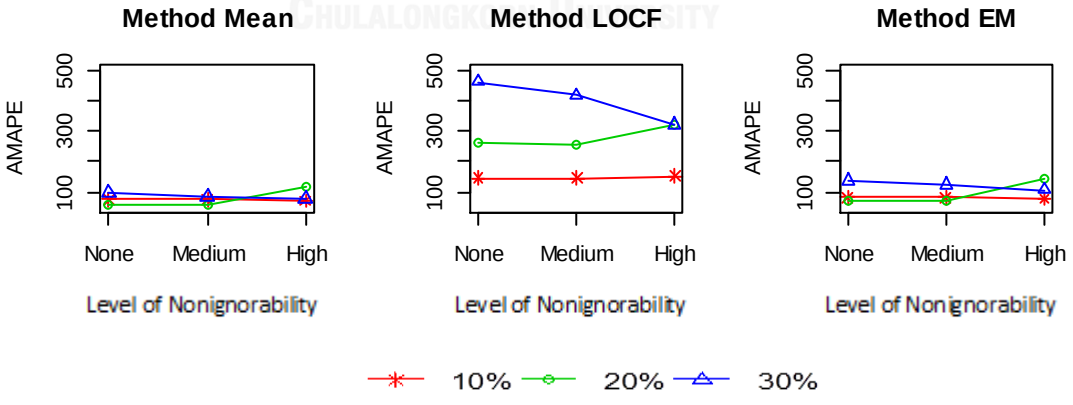
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

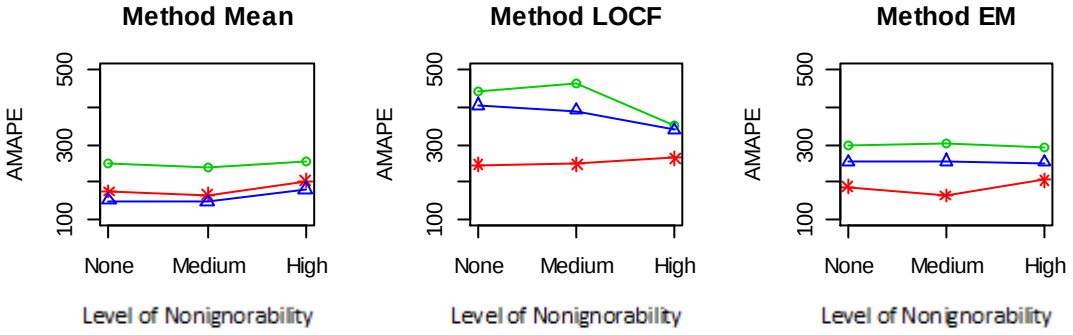


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

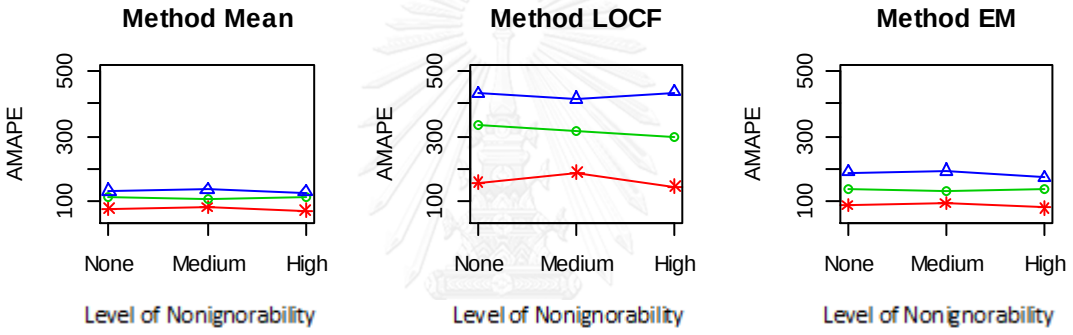


<u>ภาพที่ 4.2.1</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5

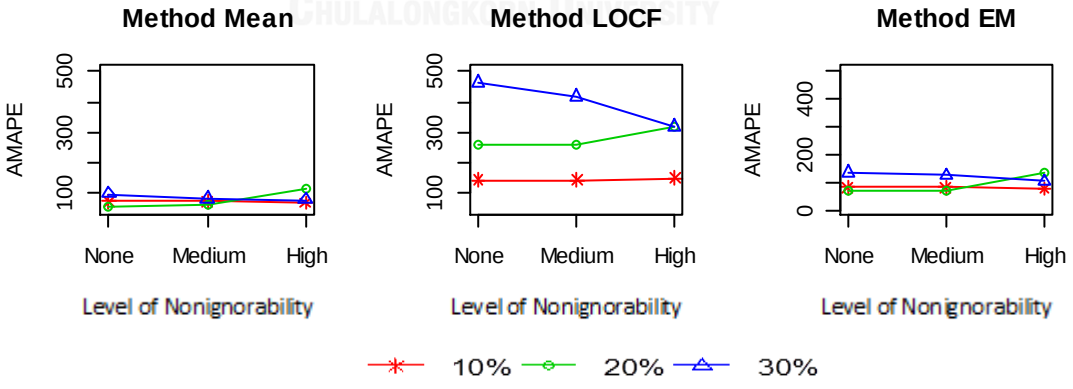
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

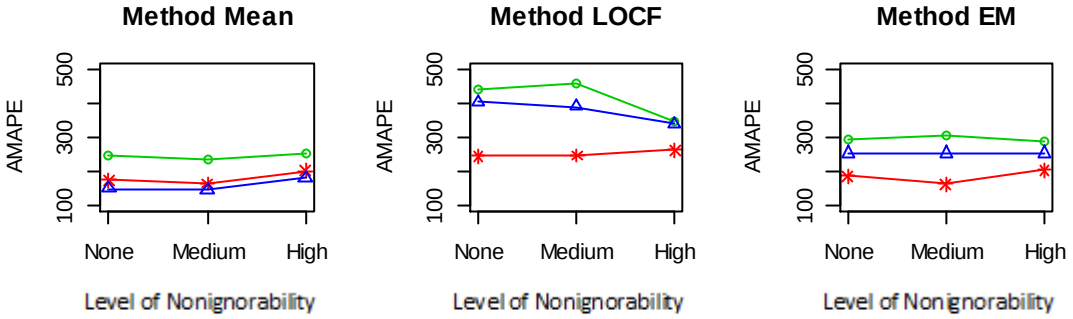


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

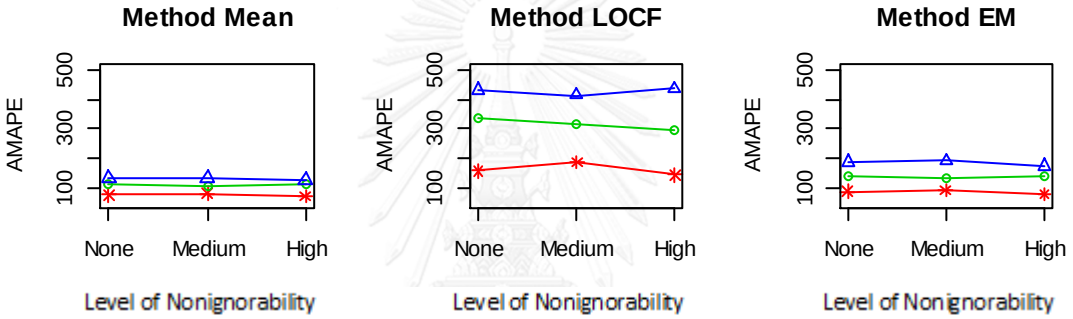


<u>ภาพที่ 4.2.2</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5

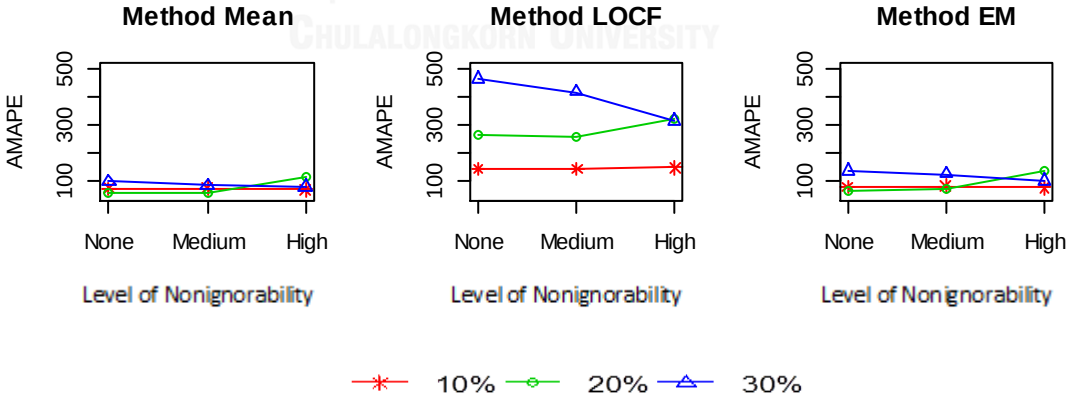
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.2.3</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5

จากตารางที่ 4.2.1 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 2.1 พบว่าสำหรับทุกขนาดตัวอย่าง ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation วิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี Mean Imputation เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.2.1-4.2.3 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่า เมื่อระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) สูงขึ้น ไม่สามารถตอบได้ว่า AMAPE จะเพิ่มสูงขึ้นเสมอซึ่งอาจจะเพิ่มหรือลดก็ได้แล้วแต่กรณี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.2</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.1	0.1	10	None	4	175.6435	245.9827	187.0779
					16	175.2943	245.6247	186.7585
					64	175.2814	245.6152	186.7448
				Medium	4	166.4208	248.9346	167.0522
					16	166.2750	248.4021	167.8095
					64	166.3242	248.3617	167.8245
				High	4	202.5075	266.0616	206.2285
					16	202.6038	264.9513	205.8801
					64	202.8166	264.8162	205.9494
50	0.1	0.1	20	None	4	251.2073	444.1090	292.7008
					16	250.5439	443.6210	296.4810
					64	250.5128	443.6000	296.4888
				Medium	4	237.6400	463.6687	298.8006
					16	237.5701	462.7445	305.5546
					64	237.7171	462.6313	305.7065
				High	4	253.8708	353.2602	291.4703
					16	253.8670	350.5226	290.7718
					64	254.4979	350.1235	291.1111
50	0.1	0.1	30	None	4	151.4382	405.5767	250.2345
					16	150.3405	405.0893	253.7025
					64	150.3101	405.0851	254.1715
				Medium	4	146.0945	393.3793	250.5047
					16	146.3235	392.0138	255.1376
					64	146.6798	391.8000	255.7184
				High	4	180.6973	344.7873	252.5449
					16	179.7529	340.1540	251.8147
					64	181.0541	339.4019	253.2081

<u>ตารางที่ 4.2.2</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49

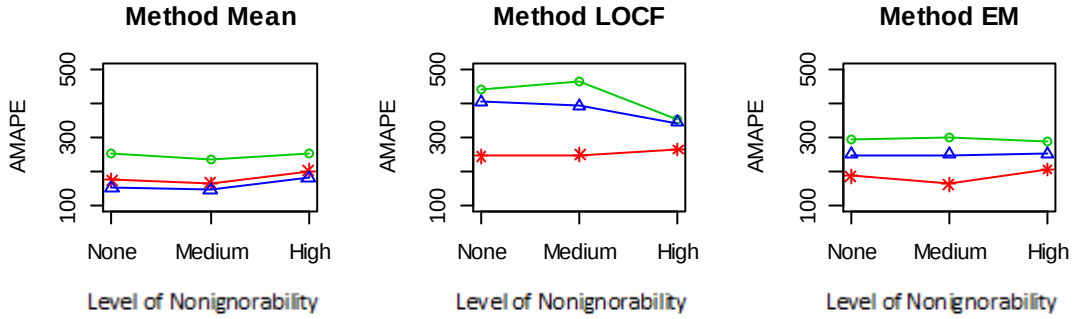
n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.1	0.1	10	None	4	77.8559	157.4947	86.7131
					16	77.6478	157.2905	86.5377
					64	77.6371	157.2783	86.5301
				Medium	4	80.7752	188.2328	92.6893
					16	80.7450	187.8044	92.4693
					64	80.7938	187.7380	92.4758
				High	4	71.2154	146.5046	79.7736
					16	71.1577	145.2004	79.0485
					64	71.3344	144.9644	79.0303
100	0.1	0.1	20	None	4	110.4064	334.3076	138.5520
					16	110.0396	334.1342	138.4197
					64	110.0138	334.1279	138.5760
				Medium	4	104.7839	315.5772	129.9164
					16	104.9319	314.7846	129.9026
					64	105.0701	314.6283	129.9330
				High	4	109.3267	298.8840	141.3014
					16	109.0540	295.7956	139.4831
					64	109.6820	295.1627	139.5485
100	0.1	0.1	30	None	4	132.4774	431.6094	188.5501
					16	131.9723	431.5039	188.7122
					64	131.9287	431.4499	188.8964
				Medium	4	133.4933	416.1054	189.0150
					16	134.1508	414.9206	191.4165
					64	134.4979	414.6656	191.8388
				High	4	127.5874	442.3269	173.1588
					16	126.2853	437.4981	170.6768
					64	127.7497	436.4683	173.4912

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

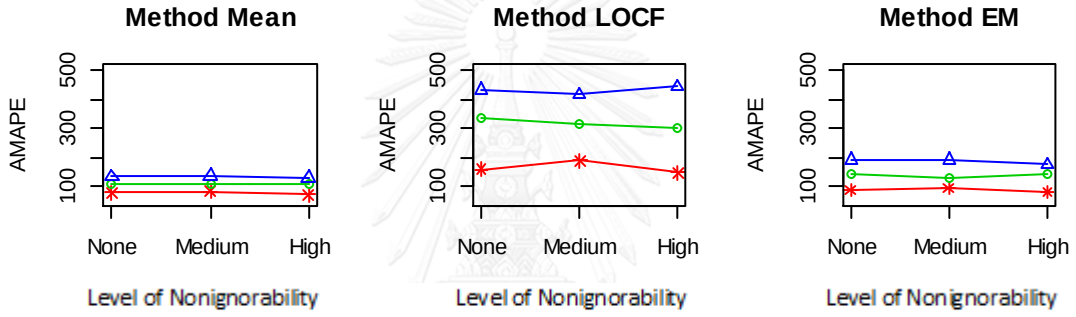
<u>ตารางที่ 4.2.2</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.1	0.1	10	None	4	74.7846	145.536	81.5019
					16	74.6516	145.4487	81.3728
					64	74.6452	145.4450	81.3699
				Medium	4	75.6703	144.8099	82.5268
					16	75.7222	144.3978	82.2982
					64	75.7778	144.3127	82.2827
				High	4	70.6939	152.0927	78.6724
					16	70.5255	150.5138	77.5748
					64	70.7214	150.1662	77.4858
200	0.1	0.1	20	None	4	59.0092	262.7515	69.8576
					16	58.8152	262.6979	69.6938
					64	58.8014	262.6951	69.7150
				Medium	4	60.7726	257.8737	71.2533
					16	61.1605	257.0625	70.9203
					64	61.3490	256.8740	70.9124
				High	4	115.5918	323.5852	141.9575
					16	114.6992	320.3488	138.6111
					64	115.3578	319.5898	138.5210
200	0.1	0.1	30	None	4	99.7831	463.9572	136.8148
					16	99.5398	463.9228	137.0396
					64	99.5265	463.9167	137.1108
				Medium	4	83.6804	419.4062	126.4947
					16	84.5553	418.2884	126.1433
					64	84.9528	418.0095	126.7807
				High	4	81.8101	323.6441	109.3048
					16	78.7903	318.9086	104.2885
					64	80.2883	317.6528	104.3712

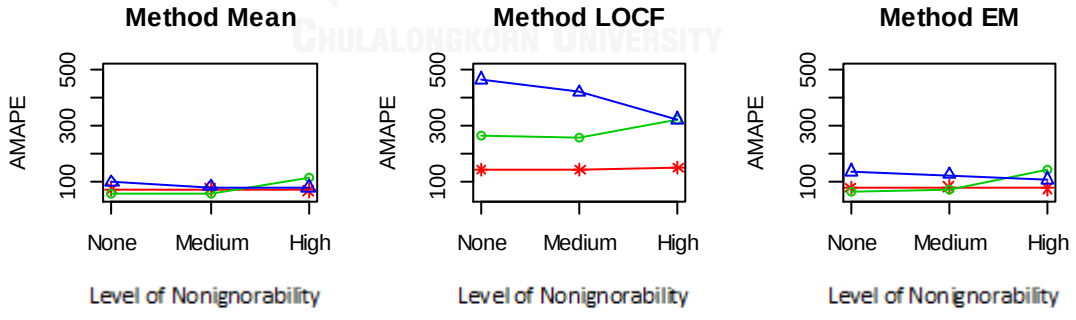
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50

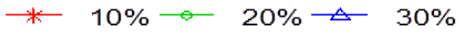


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



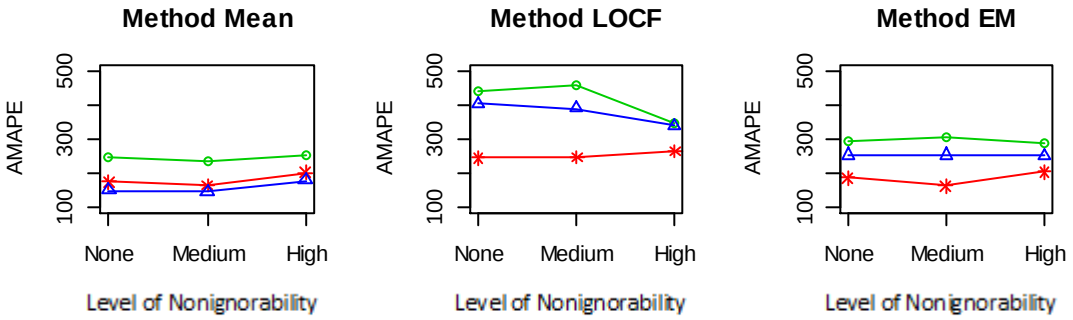
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



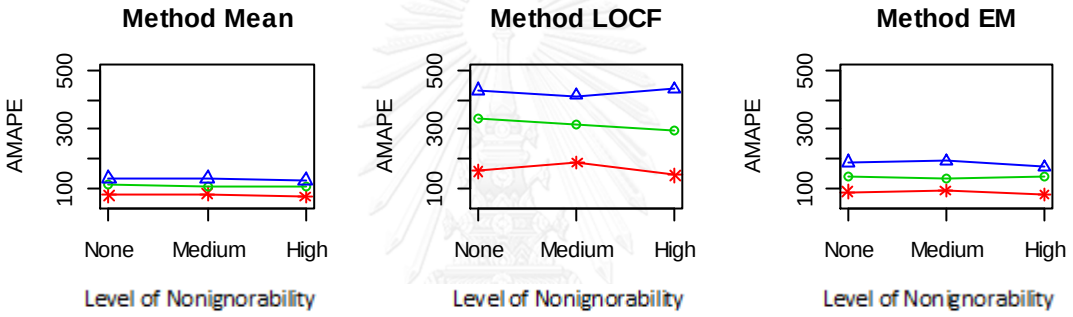


<u>ภาพที่ 4.2.4</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49

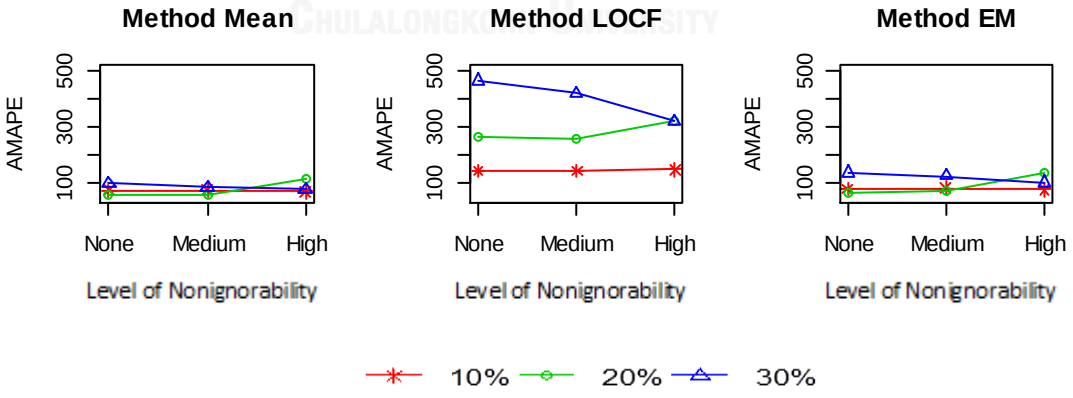
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

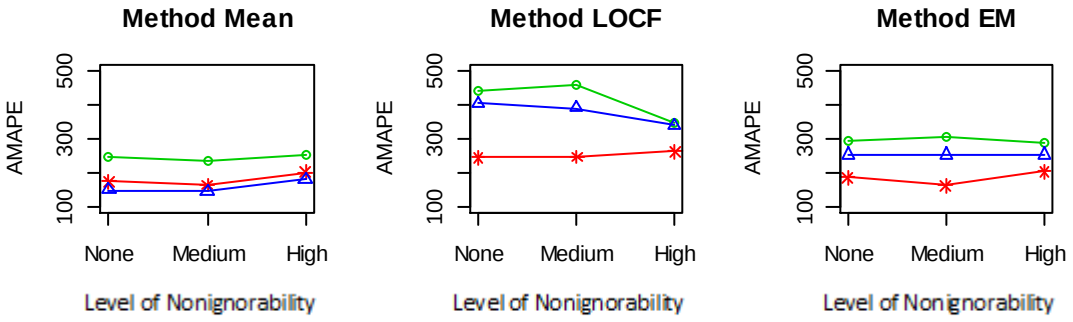


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

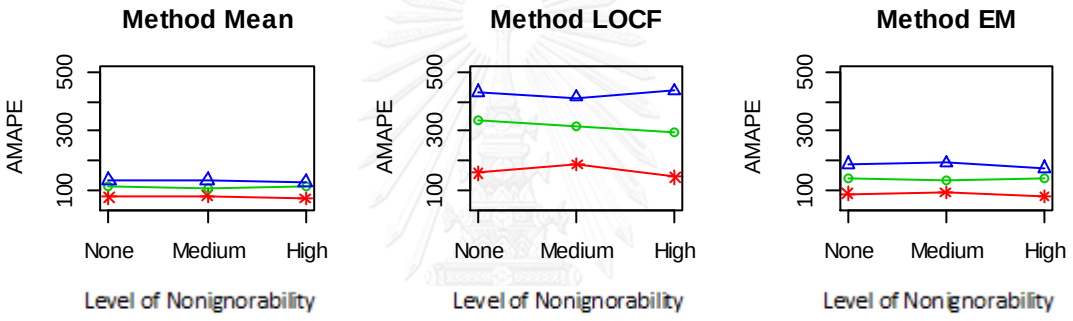


<u>ภาพที่ 4.2.5</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49

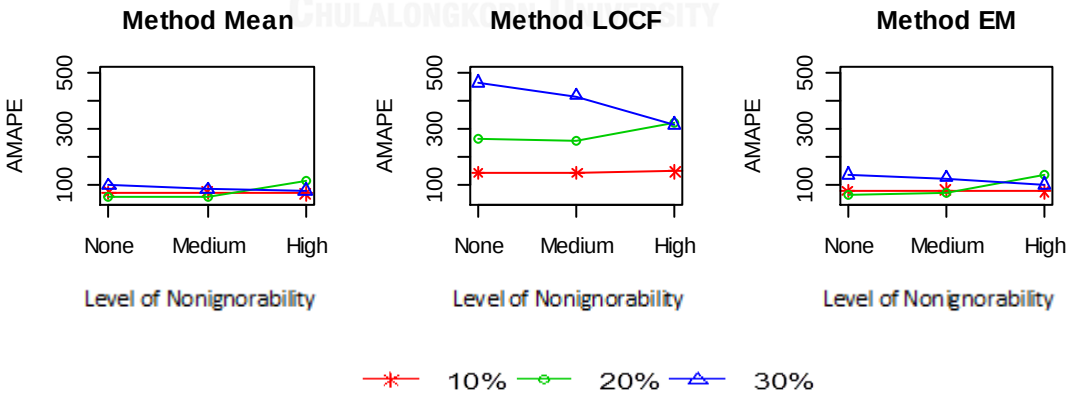
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.2.6</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49

จากตารางที่ 4.2.2 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 2.2 พบว่าสำหรับทุกขนาดตัวอย่าง ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสุญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation วิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี Mean Imputation เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.2.4-4.2.6 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่า เมื่อระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) สูงขึ้น ไม่สามารถตอบได้ว่า AMAPE จะเพิ่มสูงขึ้นเสมอ ซึ่งอาจจะเพิ่มหรือลดก็ได้แล้วแต่กรณี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 7 (ภาคผนวก ข) เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 2.3 พบว่าสำหรับทุกขนาดตัวอย่าง ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสุญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation วิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี Mean Imputation เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 10-12 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้น ค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่า เมื่อระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) สูงขึ้น ไม่สามารถตอบได้ว่า AMAPE จะเพิ่มสูงขึ้นเสมอ ซึ่งอาจจะเพิ่มหรือลดก็ได้แล้วแต่กรณี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.3</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.1	0.1	10	None	4	1.0654	0.7603	1.0000
					16	1.0654	0.7603	1.0000
					64	1.0654	0.7603	1.0000
				Medium	4	1.0094	0.6595	1.0000
					16	1.0032	0.6596	1.0000
					64	1.0030	0.6596	1.0000
				High	4	1.0160	0.7773	1.0000
					16	1.0159	0.7773	1.0000
					64	1.0154	0.7778	1.0000
50	0.1	0.1	20	None	4	1.1834	0.6683	1.0000
					16	1.1834	0.6683	1.0000
					64	1.1835	0.6684	1.0000
				Medium	4	1.2900	0.6604	1.0000
					16	1.2860	0.6604	1.0000
					64	1.2860	0.6608	1.0000
				High	4	1.1444	0.8300	1.0000
					16	1.1444	0.8300	1.0000
					64	1.1437	0.8316	1.0000
50	0.1	0.1	30	None	4	1.6876	0.6262	1.0000
					16	1.6876	0.6263	1.0000
					64	1.6910	0.6275	1.0000
				Medium	4	1.7448	0.6520	1.0000
					16	1.7448	0.6520	1.0000
					64	1.7431	0.6528	1.0000
				High	4	1.4000	0.7420	1.0000
					16	1.4000	0.7419	1.0000
					64	1.3979	0.7465	1.0000

<u>ตารางที่ 4.2.3</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.1	0.1	10	None	4	1.1141	0.5503	1.0000
					16	1.1145	0.5502	1.0000
					64	1.1145	0.5502	1.0000
				Medium	4	1.1500	0.4923	1.0000
					16	1.1450	0.4924	1.0000
					64	1.1445	0.4926	1.0000
				High	4	1.1173	0.5440	1.0000
					16	1.1100	0.5447	1.0000
					64	1.1076	0.5453	1.0000
100	0.1	0.1	20	None	4	1.2600	0.4140	1.0000
					16	1.2600	0.4142	1.0000
					64	1.2596	0.4147	1.0000
				Medium	4	1.2400	0.4119	1.0000
					16	1.2373	0.4127	1.0000
					64	1.2365	0.4130	1.0000
				High	4	1.2910	0.4710	1.0000
					16	1.2764	0.4719	1.0000
					64	1.2716	0.4729	1.0000
100	0.1	0.1	30	None	4	1.4250	0.4366	1.0000
					16	1.4302	0.4374	1.0000
					64	1.4323	0.4380	1.0000
				Medium	4	1.4133	0.4542	1.0000
					16	1.4249	0.4613	1.0000
					64	1.4260	0.4630	1.0000
				High	4	1.3622	0.3881	1.0000
					16	1.3468	0.3907	1.0000
					64	1.3568	0.3977	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.3</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 24.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.1	0.1	10	None	4	1.0898	0.6000	1.0000
					16	1.0900	0.5594	1.0000
					64	1.0901	0.5594	1.0000
				Medium	4	1.0893	0.6000	1.0000
					16	1.0864	0.5700	1.0000
					64	1.0857	0.5702	1.0000
				High	4	1.1091	0.5200	1.0000
					16	1.0983	0.5156	1.0000
					64	1.0952	0.5161	1.0000
200	0.1	0.1	20	None	4	1.1836	0.2654	1.0000
					16	1.1850	0.2653	1.0000
					64	1.1856	0.2654	1.0000
				Medium	4	1.1672	0.3000	1.0000
					16	1.1600	0.2800	1.0000
					64	1.1555	0.2761	1.0000
				High	4	1.2263	0.4400	1.0000
					16	1.2055	0.4329	1.0000
					64	1.1999	0.4335	1.0000
200	0.1	0.1	30	None	4	1.3713	0.2945	1.0000
					16	1.3768	0.2954	1.0000
					64	1.3776	0.2955	1.0000
				Medium	4	1.5039	0.3010	1.0000
					16	1.4891	0.3016	1.0000
					64	1.4916	0.3033	1.0000
				High	4	1.3500	0.3303	1.0000
					16	1.3142	0.3272	1.0000
					64	1.2972	0.3287	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 4.2.4</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.1	0.1	10	None	4	1.0651	0.7605	1.0000
					16	1.0654	0.7603	1.0000
					64	1.0654	0.7603	1.0000
				Medium	4	1.0038	0.6711	1.0000
					16	1.0092	0.6756	1.0000
					64	1.0090	0.6757	1.0000
				High	4	1.0184	0.7751	1.0000
					16	1.0162	0.7770	1.0000
					64	1.0545	0.7777	1.0000
50	0.1	0.1	20	None	4	1.1652	0.6591	1.0000
					16	1.1834	0.6683	1.0000
					64	1.1835	0.6684	1.0000
				Medium	4	1.2574	0.6444	1.0000
					16	1.2862	0.6603	1.0000
					64	1.2860	0.6608	1.0000
				High	4	1.1481	0.8251	1.0000
					16	1.1454	0.8295	1.0000
					64	1.1439	0.8315	1.0000
50	0.1	0.1	30	None	4	1.6524	0.6170	1.0000
					16	1.6875	0.6263	1.0000
					64	1.6910	0.6275	1.0000
				Medium	4	1.7147	0.6368	1.0000
					16	1.7437	0.6508	1.0000
					64	1.7434	0.6527	1.0000
				High	4	1.3976	0.7325	1.0000
					16	1.4010	0.7403	1.0000
					64	1.3985	0.7460	1.0000

<u>ตารางที่ 4.2.4</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49

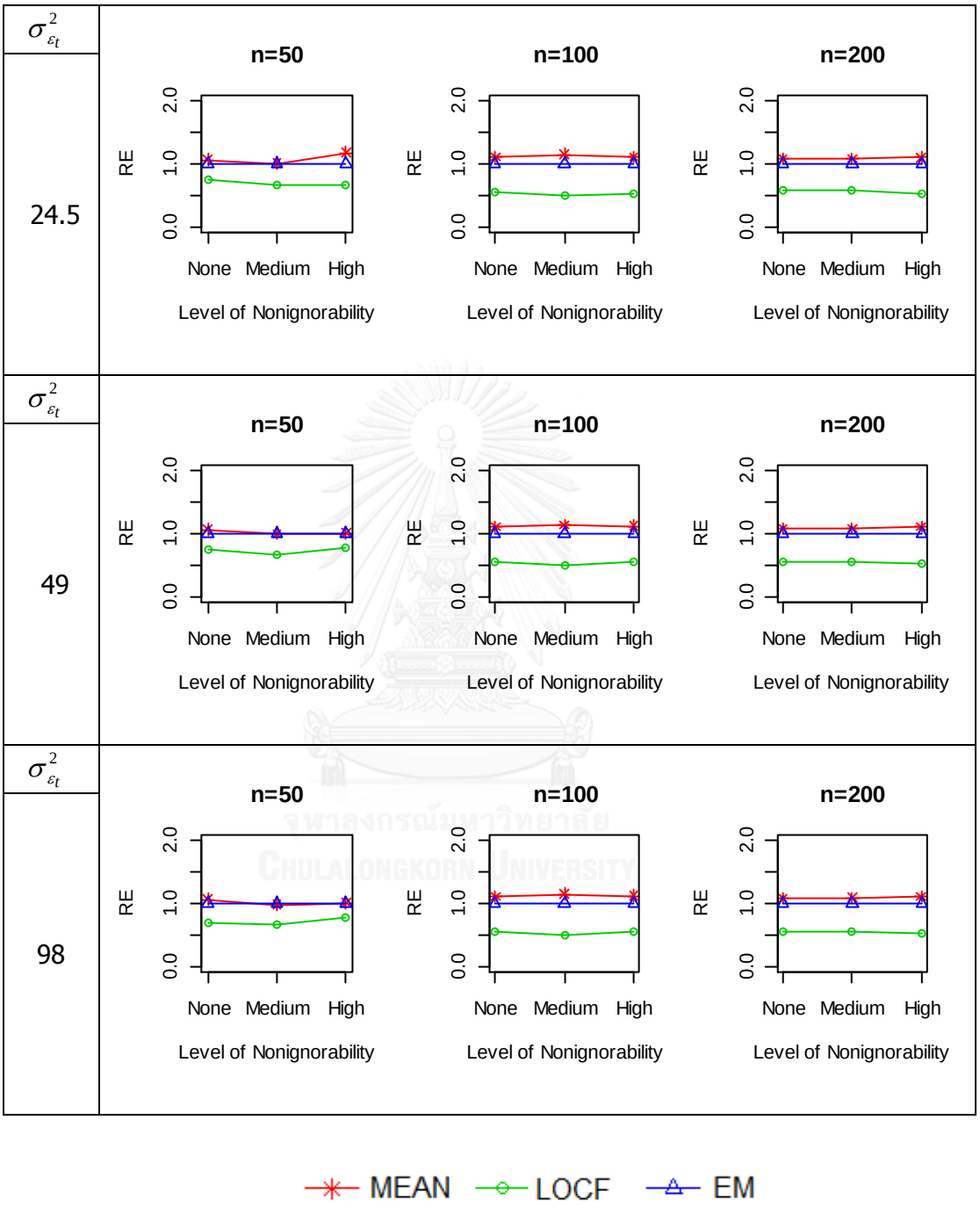
n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.1	0.1	10	None	4	1.1138	0.5506	1.0000
					16	1.1145	0.5502	1.0000
					64	1.1145	0.5502	1.0000
				Medium	4	1.1475	0.4924	1.0000
					16	1.1452	0.4924	1.0000
					64	1.1446	0.4928	1.0000
				High	4	1.1202	0.5445	1.0000
					16	1.1109	0.5444	1.0000
					64	1.1079	0.5452	1.0000
100	0.1	0.1	20	None	4	1.2549	0.4144	1.0000
					16	1.2579	0.4144	1.0000
					64	1.2596	0.4147	1.0000
				Medium	4	1.2399	0.4117	1.0000
					16	1.2380	0.4127	1.0000
					64	1.2366	0.4130	1.0000
				High	4	1.2925	0.4728	1.0000
					16	1.2790	0.4716	1.0000
					64	1.2723	0.4728	1.0000
100	0.1	0.1	30	None	4	1.4233	0.4369	1.0000
					16	1.4299	0.4373	1.0000
					64	1.4318	0.4378	1.0000
				Medium	4	1.4159	0.4542	1.0000
					16	1.4269	0.4613	1.0000
					64	1.4263	0.4626	1.0000
				High	4	1.3572	0.3915	1.0000
					16	1.3515	0.3901	1.0000
					64	1.3581	0.3975	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.4</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 49

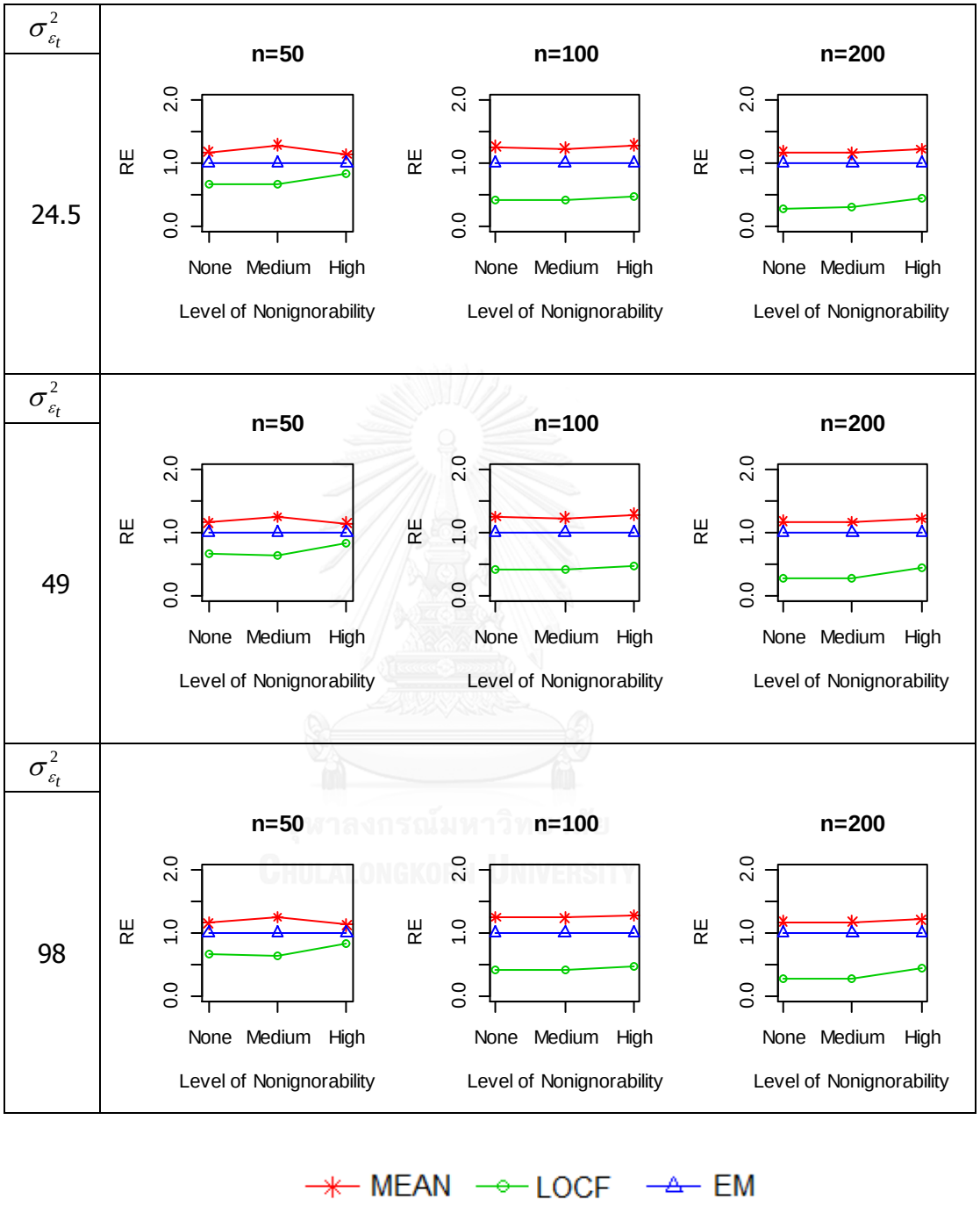
n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.1	0.1	10	None	4	1.0898	0.5600	1.0000
					16	1.0900	0.5595	1.0000
					64	1.0901	0.5595	1.0000
				Medium	4	1.0906	0.5699	1.0000
					16	1.0868	0.5699	1.0000
					64	1.0858	0.5702	1.0000
				High	4	1.1129	0.5173	1.0000
					16	1.1000	0.5154	1.0000
					64	1.0956	0.5160	1.0000
200	0.1	0.1	20	None	4	1.1838	0.2659	1.0000
					16	1.1850	0.2653	1.0000
					64	1.1856	0.2654	1.0000
				Medium	4	1.1725	0.2763	1.0000
					16	1.1596	0.2759	1.0000
					64	1.1559	0.2761	1.0000
				High	4	1.2281	0.4387	1.0000
					16	1.2085	0.4327	1.0000
					64	1.2008	0.4334	1.0000
200	0.1	0.1	30	None	4	1.3711	0.2949	1.0000
					16	1.3767	0.2954	1.0000
					64	1.3776	0.2956	1.0000
				Medium	4	1.5116	0.3016	1.0000
					16	1.4918	0.3016	1.0000
					64	1.4924	0.3033	1.0000
				High	4	1.3361	0.3377	1.0000
					16	1.3236	0.3270	1.0000
					64	1.3000	0.3286	1.0000

สัดส่วนการสูญหาย 10%



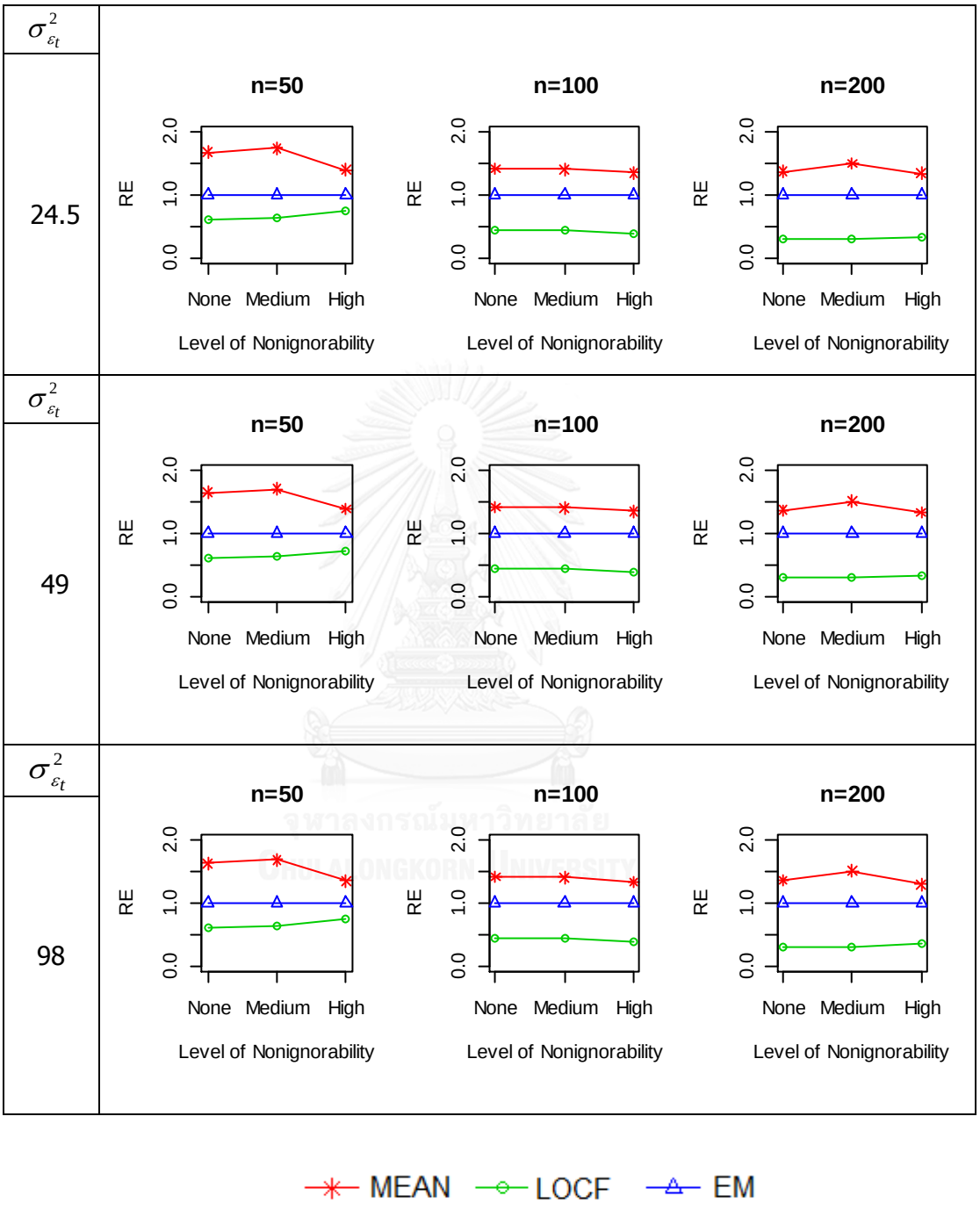
<u>ภาพที่ 4.2.7</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



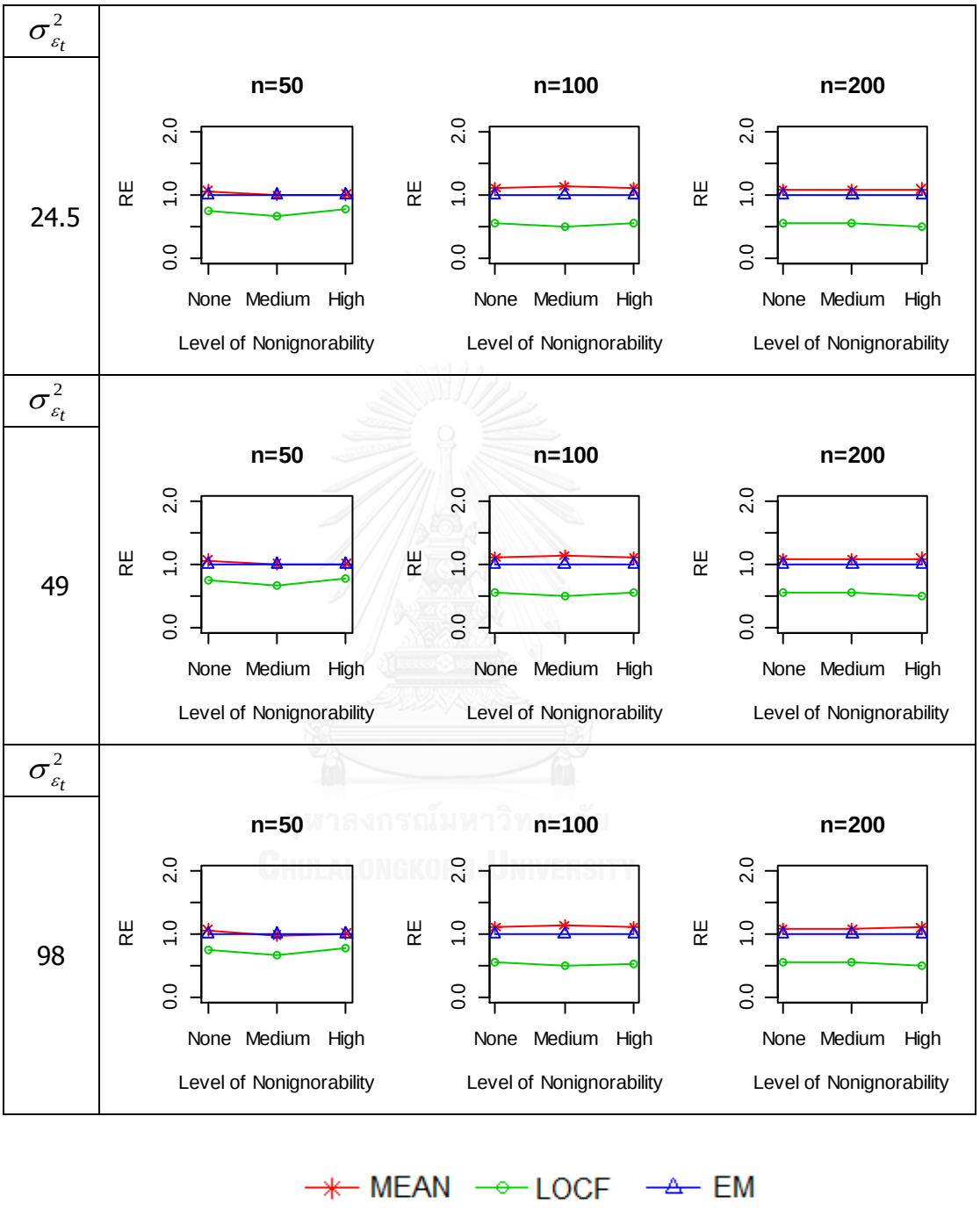
<u>ภาพที่ 4.2.7</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



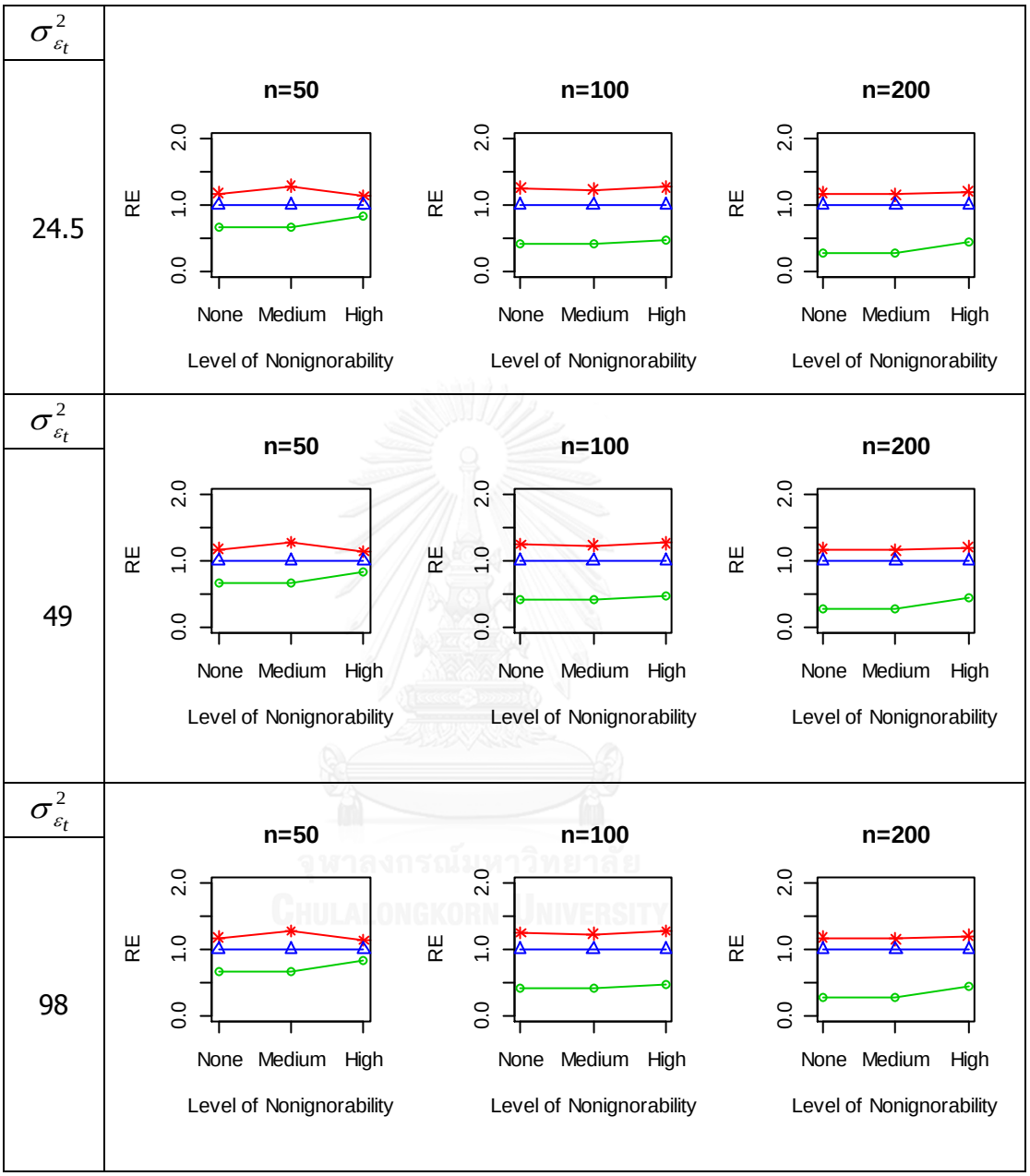
<u>ภาพที่ 4.2.7</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%



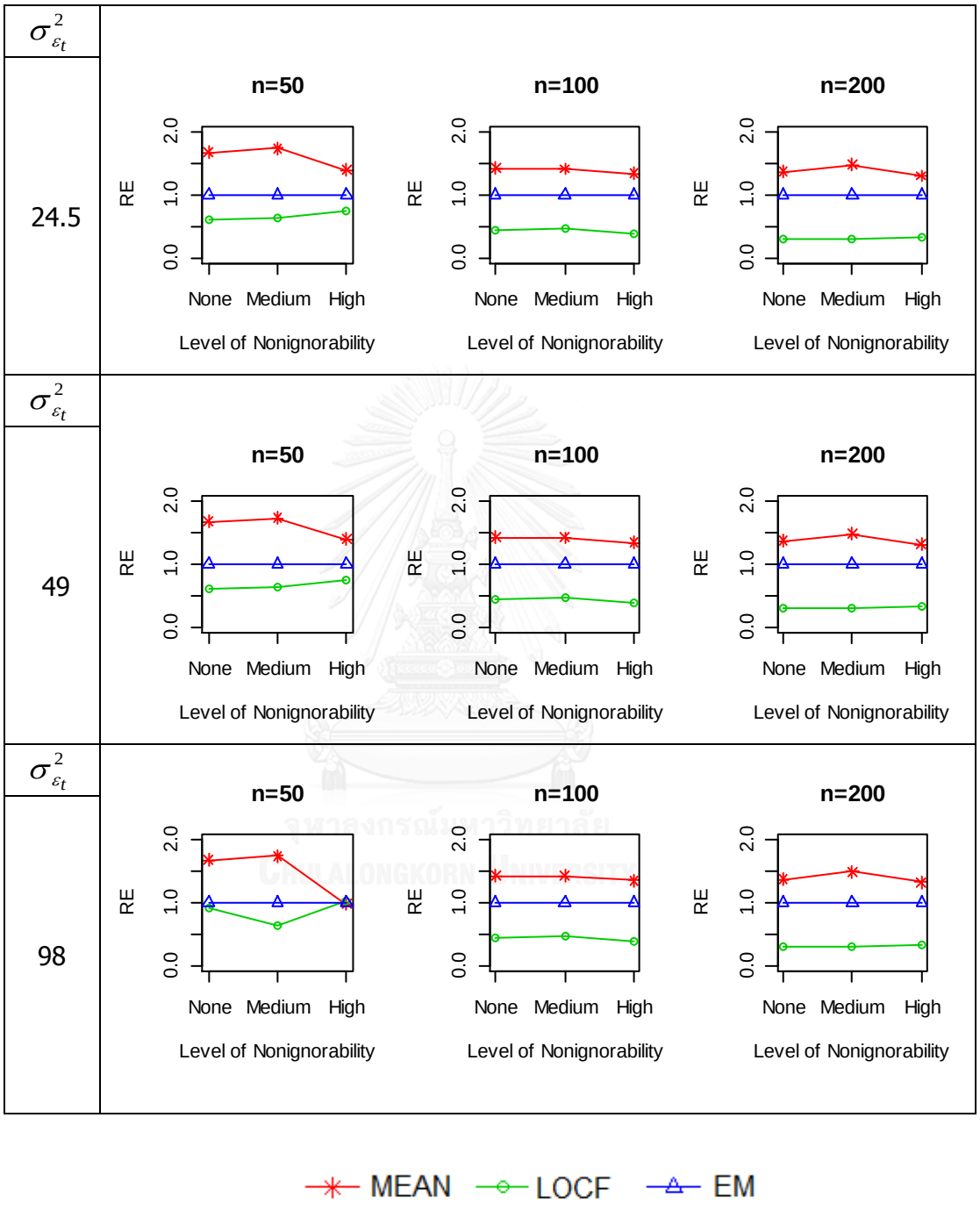
<u>ภาพที่ 4.2.8</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



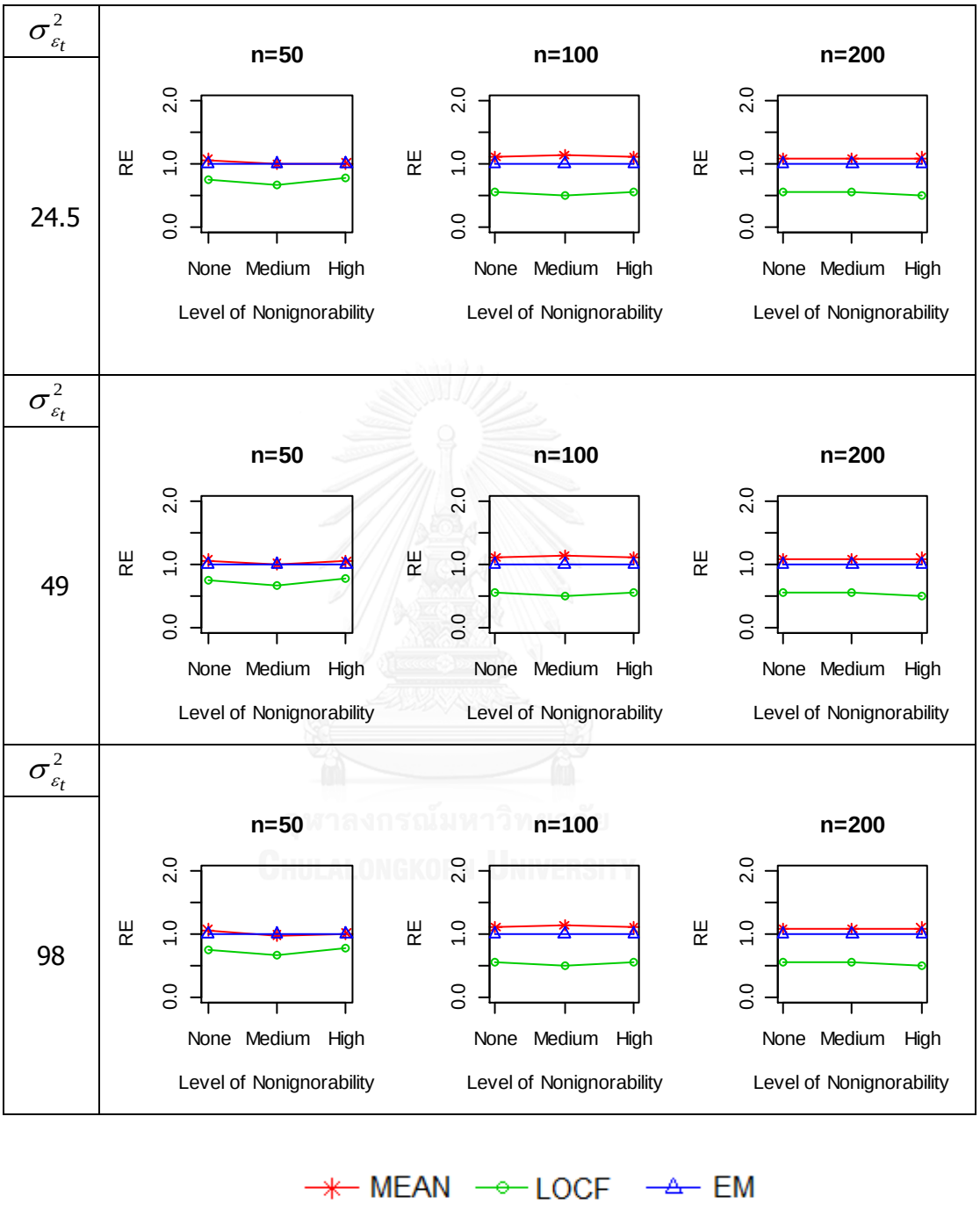
<u>ภาพที่ 4.2.8</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



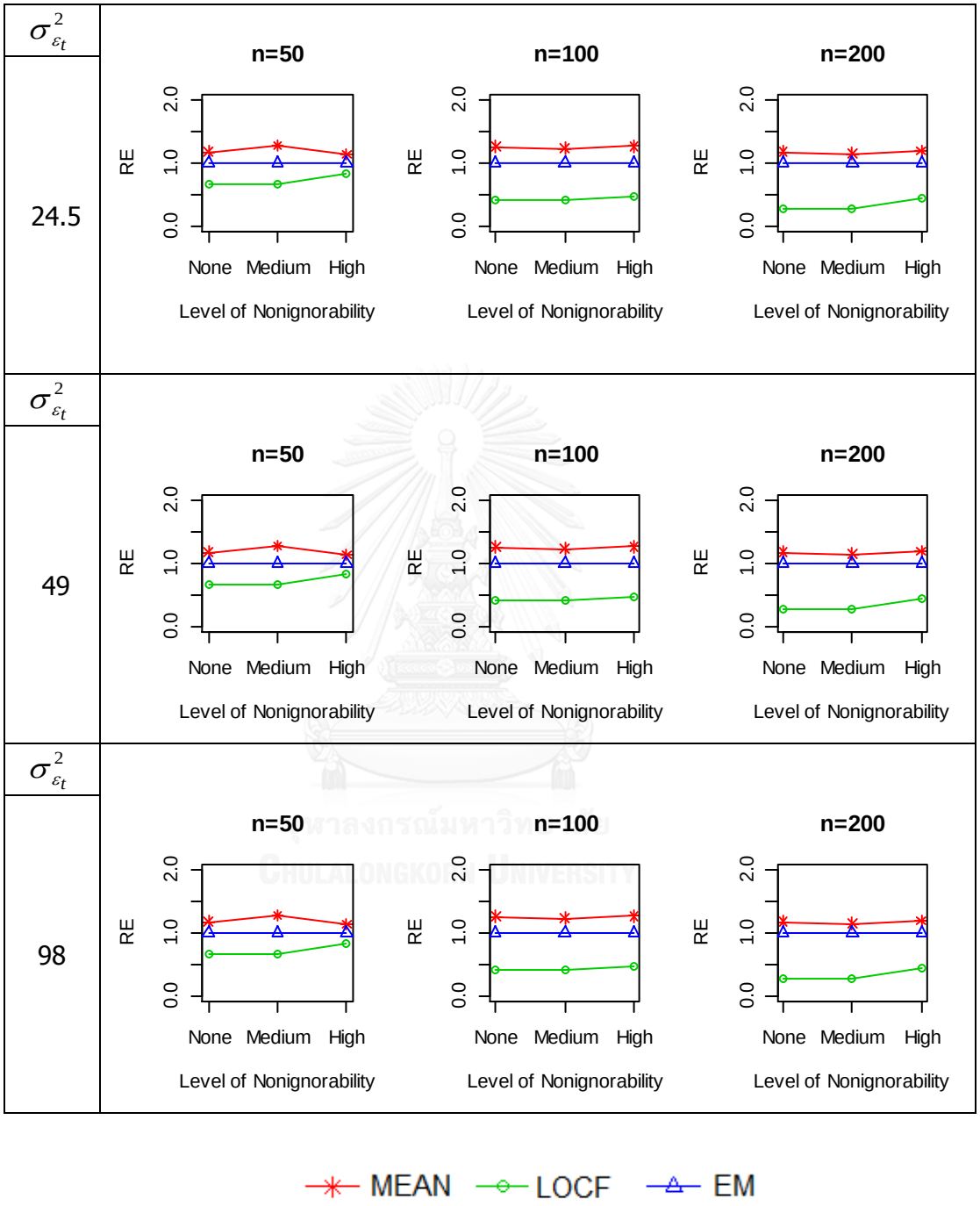
<u>ภาพที่ 4.2.8</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%



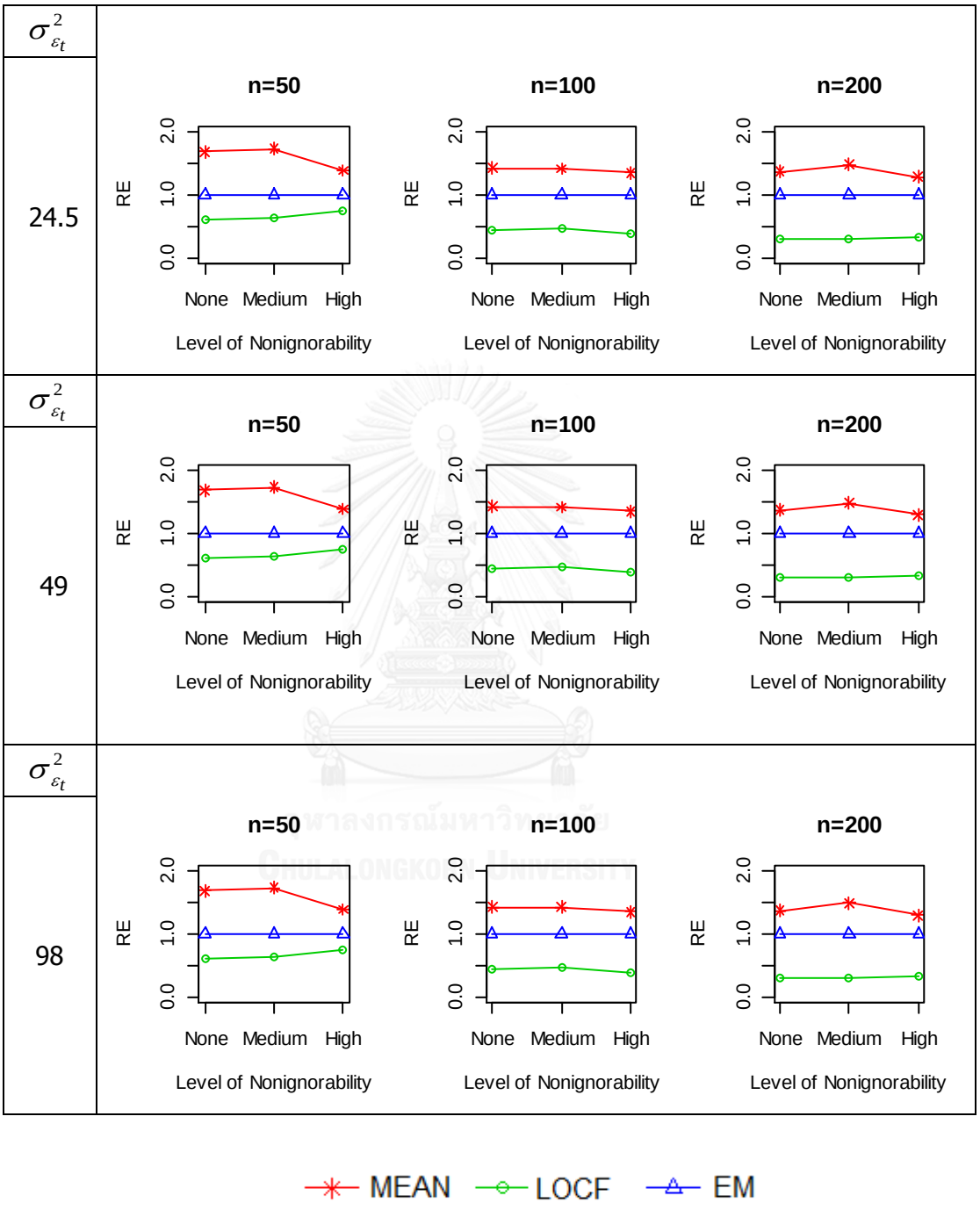
<u>ภาพที่ 4.2.9</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



<u>ภาพที่ 4.2.9</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



<u>ภาพที่ 4.2.9</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.2.3-4.2.4, ตารางที่ 8 (ภาคผนวก ข) และภาพที่ 4.2.7-4.2.9 สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ พบว่าในกรณีที่สัดส่วนการสูญหาย 10%, 20% และ 30% ทุกขนาดตัวอย่าง ทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธี Mean Imputation จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ เมื่อทำการพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) ที่มีค่า 24.5, 49 และ 98 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันวิธีการใส่ค่าสูญหายดังกล่าวยังคงมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ใกล้เคียงกัน สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ และ ตัวแบบ AR(2): $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ มีผลในทำนองเดียวกันกับ $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.5</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.25	0.25	10	None	2.5	42.5942	76.6580	39.3550
					10	42.3634	76.4215	39.1565
					40	42.3523	76.4100	39.1440
				Medium	2.5	43.8336	69.2682	42.1369
					10	43.9937	69.0165	41.9894
					40	44.0727	69.0034	41.9897
				High	2.5	43.5673	62.8405	43.2681
					10	44.7147	62.5355	43.2098
					40	45.0607	62.5267	43.2634
50	0.25	0.25	20	None	2.5	73.0811	122.7489	76.4516
					10	72.6240	122.3087	76.1180
					40	72.5967	122.2807	76.1033
				Medium	2.5	67.5617	118.3928	68.6981
					10	68.2811	117.8756	68.5340
					40	68.5328	117.8248	68.5564
				High	2.5	62.2410	114.0423	65.4493
					10	65.9735	113.0087	65.3291
					40	67.0618	112.9174	65.5298
50	0.25	0.25	30	None	2.5	93.3557	201.7580	106.5672
					10	92.9638	201.3248	106.8823
					40	92.9823	201.2931	106.9563
				Medium	2.5	86.0138	194.3517	97.0621
					10	88.0464	193.6048	96.8722
					40	88.6445	193.5124	97.0115
				High	2.5	83.1148	171.5599	121.5146
					10	91.6188	169.4693	121.9618
					40	94.1604	169.2521	121.4146

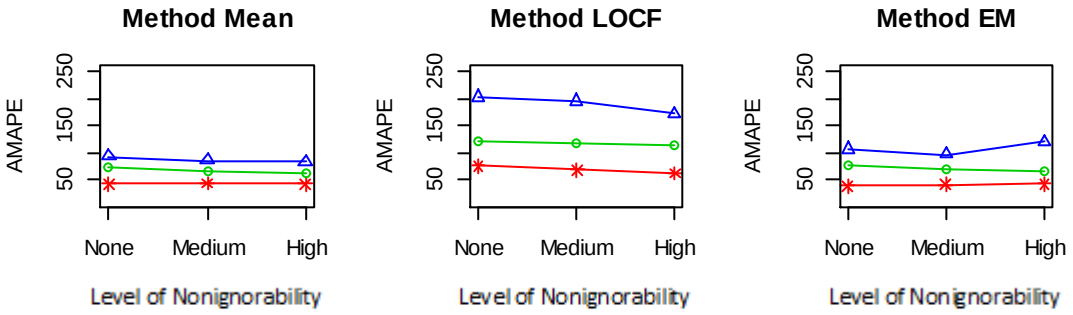
<u>ตารางที่ 4.2.5</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.25	0.25	10	None	2.5	21.4174	31.7952	17.8729
					10	21.3174	31.6757	17.7789
					40	21.3073	31.6663	17.7722
				Medium	2.5	20.6699	31.0124	17.6462
					10	20.9413	30.8511	17.5731
					40	21.0210	30.8341	17.5723
				High	2.5	18.6872	29.4321	16.6678
					10	19.9012	29.0568	16.4699
					40	20.2548	29.0076	16.4774
100	0.25	0.25	20	None	2.5	38.7419	65.1096	32.3100
					10	38.6226	64.9886	32.2227
					40	38.6121	64.9840	32.2307
				Medium	2.5	35.7964	66.5722	31.8283
					10	36.8263	66.2128	31.7063
					40	37.1024	66.1532	31.7121
				High	2.5	28.9595	55.9493	26.2008
					10	33.1236	54.6604	25.7509
					40	34.2901	54.4535	25.8315
100	0.25	0.25	30	None	2.5	55.1163	108.8082	49.7754
					10	55.0465	108.6423	49.6470
					40	55.0508	108.6239	49.7405
				Medium	2.5	50.8597	102.6598	46.9935
					10	53.2130	101.9698	47.0153
					40	53.8215	101.8315	47.0912
				High	2.5	50.1000	104.6031	49.4316
					10	54.9099	101.9762	48.8139
					40	57.4239	101.5064	49.1101

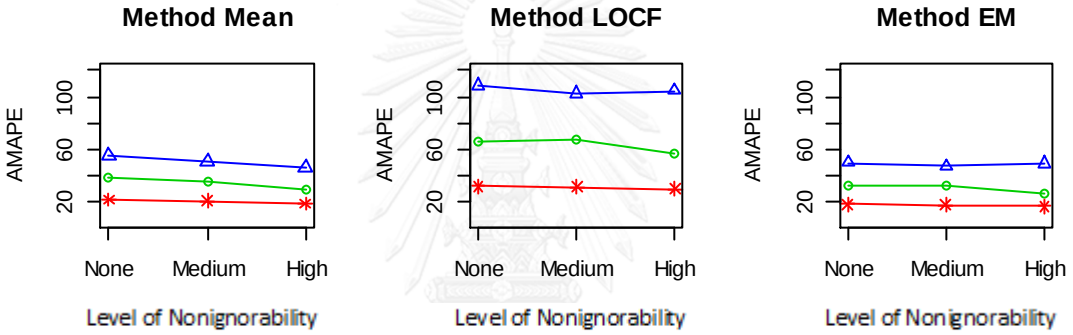
<u>ตารางที่ 4.2.5</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.25	0.25	10	None	2.5	15.5324	21.8506	10.2276
					10	14.5094	21.7825	10.1705
					40	14.5104	21.7793	10.1668
				Medium	2.5	14.0181	22.0181	10.2075
					10	14.3980	21.8403	10.1264
					40	14.5021	21.8114	10.1230
				High	2.5	12.9231	22.3714	10.7246
					10	14.3037	21.7778	10.3734
					40	14.7037	21.6690	10.3606
200	0.25	0.25	20	None	2.5	25.5851	40.3812	15.6271
					10	25.5564	40.2948	15.5587
					40	25.5550	40.2872	15.5608
				Medium	2.5	24.1285	40.6872	15.8327
					10	25.3066	40.2544	15.6851
					40	25.6082	40.1658	15.6793
				High	2.5	21.1387	41.5998	16.5822
					10	25.5879	39.8679	15.9467
					40	26.8111	39.5263	15.9691
200	0.25	0.25	30	None	2.5	38.1404	58.6235	21.2672
					10	38.1254	58.5491	21.1852
					40	38.1282	58.5406	21.2119
				Medium	2.5	34.8443	59.0453	21.4483
					10	37.3352	58.3066	21.2640
					40	37.9583	58.1400	21.2841
				High	2.5	29.2914	60.5345	23.5388
					10	38.9318	57.4457	21.9902
					40	41.5656	56.7827	22.2010

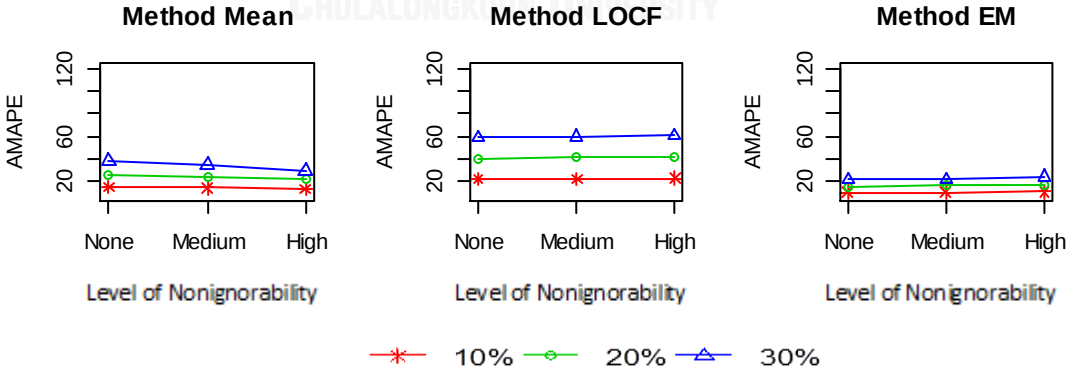
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

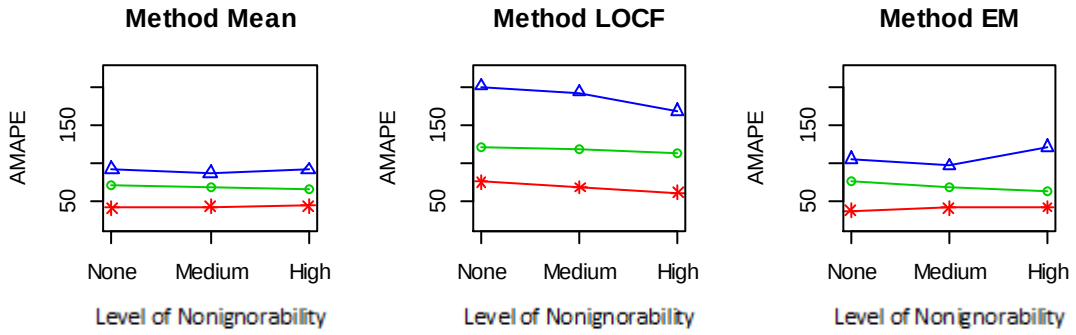


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

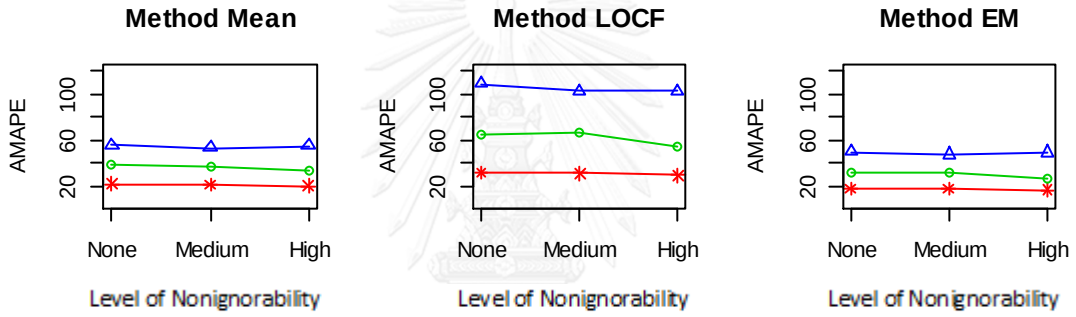


<u>ภาพที่ 4.2.10</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875

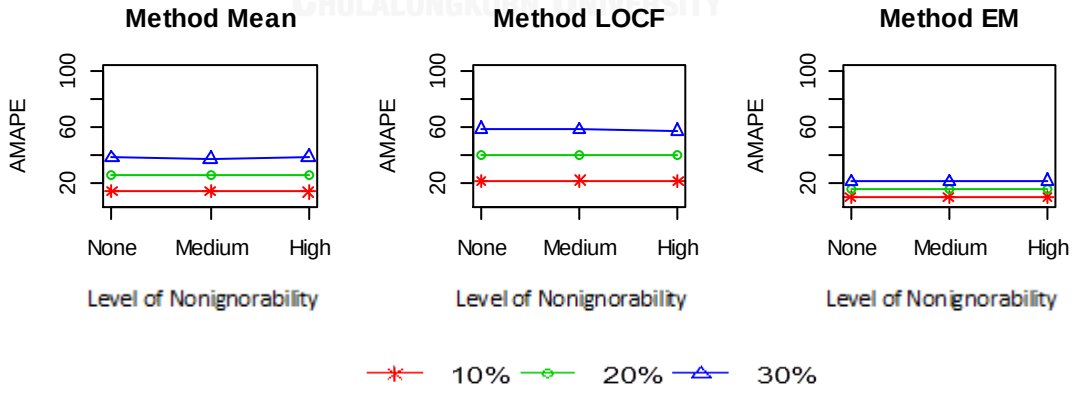
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

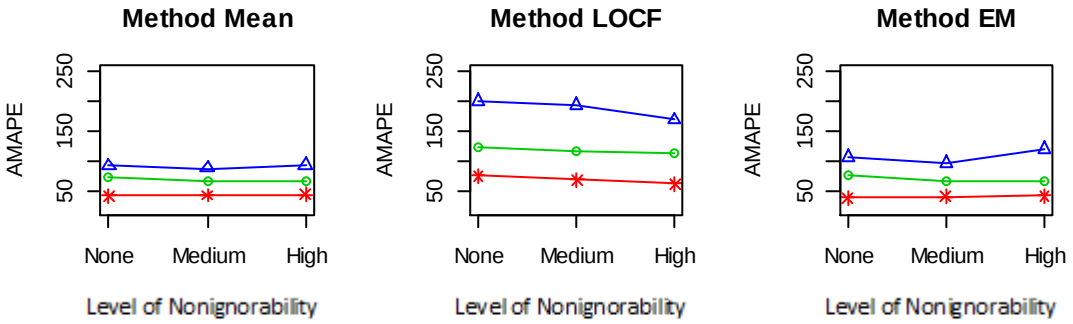


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

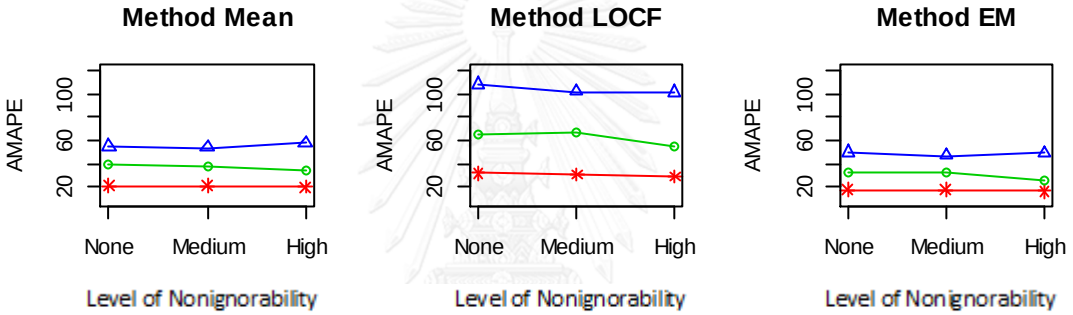


<u>ภาพที่ 4.2.11</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875

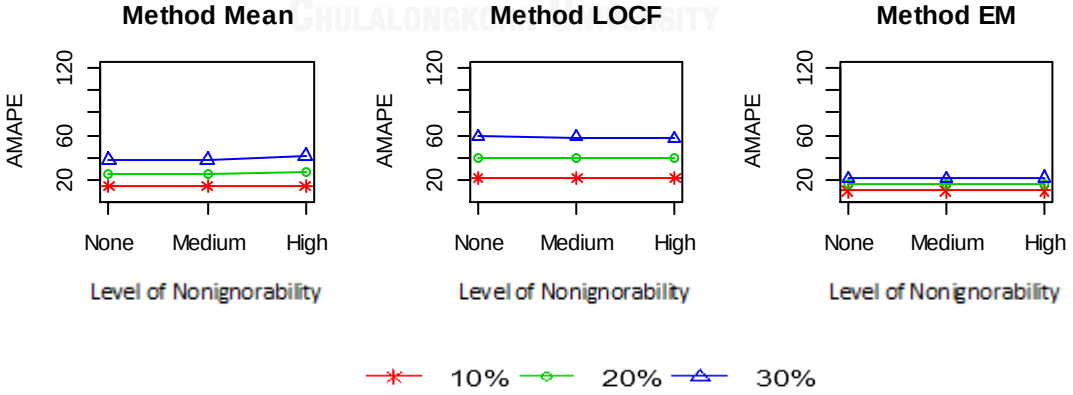
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.2.12</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875

จากตารางที่ 4.2.5 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 2.4 พบว่าสำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดยส่วนใหญ่ วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation วิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้น วิธี Mean Imputation เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ยกเว้นในกรณีที่สัดส่วนการสูญหาย 20% ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับสูง (c=10,40) วิธี EM ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 200 ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation วิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.2.10-4.2.12 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่า เมื่อระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) สูงขึ้น ไม่สามารถตอบได้ว่า AMAPE จะเพิ่มสูงขึ้นเสมอซึ่งอาจจะเพิ่มหรือลดก็ได้แล้วแต่กรณี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.6</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.25	0.25	10	None	2.5	44.1842	79.1861	40.6336
					10	42.3753	76.4332	39.1697
					40	42.3531	76.4109	39.1448
				Medium	2.5	44.8065	70.8773	43.5061
					10	43.9551	69.0296	41.9952
					40	44.0609	69.0044	41.9903
				High	2.5	44.4793	64.1528	44.4991
					10	44.5315	62.5480	43.1879
					40	45.0118	62.5267	43.2548
50	0.25	0.25	20	None	2.5	81.8451	125.0677	82.3412
					10	72.6490	122.3346	76.1451
					40	72.5991	122.2832	76.1063
				Medium	2.5	70.1687	123.1117	71.4828
					10	68.1509	117.9143	68.5305
					40	68.4968	117.8304	68.5529
				High	2.5	67.4662	120.6369	71.4619
					10	65.3893	113.0787	65.2687
					40	66.9091	112.9275	65.5036
50	0.25	0.25	30	None	2.5	100.4949	207.8296	122.0658
					10	92.9672	201.3507	106.9207
					40	92.9780	201.2960	106.9509
				Medium	2.5	90.4877	199.1312	100.757
					10	87.7304	193.6694	96.7954
					40	88.5597	193.5235	96.9865
				High	2.5	96.0550	178.7363	131.2424
					10	90.2487	169.6240	121.6452
					40	93.8043	169.2771	121.3340

<u>ตารางที่ 4.2.6</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75

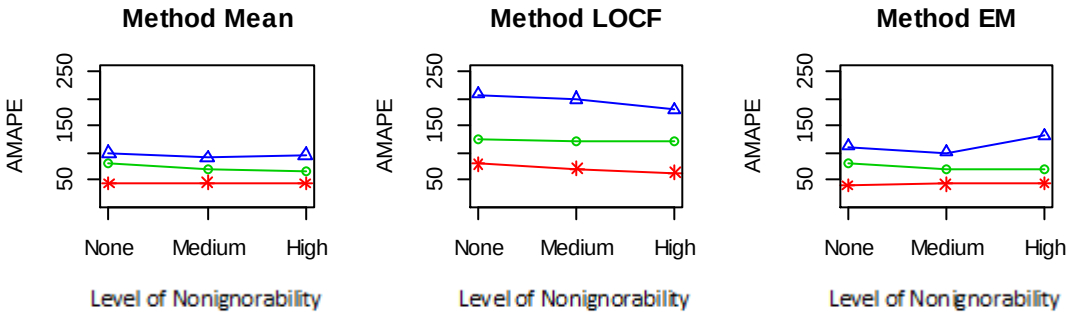
n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.25	0.25	10	None	2.5	21.5491	31.9635	18.0044
					10	21.3256	31.6842	17.7863
					40	21.3084	31.6671	17.7734
				Medium	2.5	20.5962	31.2081	17.7793
					10	20.8994	30.8637	17.5748
					40	21.0096	30.8360	17.5723
				High	2.5	18.3124	29.8502	17.0648
					10	19.7137	29.0901	16.4744
					40	20.2051	29.0136	16.4753
100	0.25	0.25	10	None	2.5	38.9241	65.2929	32.5002
					10	38.6315	64.9943	32.2171
					40	36.6131	64.9842	32.2312
				Medium	2.5	35.3405	66.9071	32.0715
					10	36.6767	66.2501	31.7027
					40	37.0639	66.1609	31.7101
				High	2.5	27.8645	57.1278	27.3343
					10	32.4930	54.7921	25.7298
					40	34.1272	54.4780	25.8171
100	0.25	0.25	10	None	2.5	55.3130	109.0100	50.0096
					10	55.0477	108.6561	49.6576
					40	55.0497	108.6259	49.7379
				Medium	2.5	49.7726	103.2099	47.3785
					10	52.8806	102.0510	47.0054
					40	53.7368	101.8496	47.0904
				High	2.5	57.1010	106.8344	51.9359
					10	53.5475	102.2583	48.7346
					40	57.0733	101.5680	49.0650

<u>ตารางที่ 4.2.6</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75

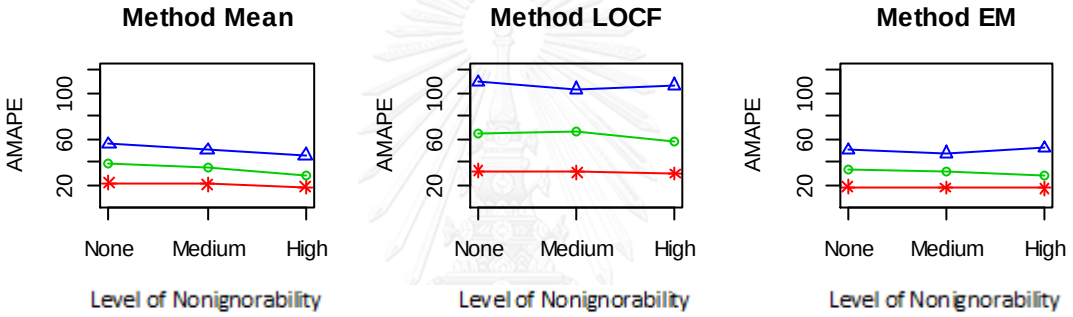
n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.25	0.25	10	None	2.5	14.5684	21.9359	10.2980
					10	14.5100	21.7865	10.1743
					40	14.5101	21.7794	10.1669
				Medium	2.5	13.8409	22.1625	10.3041
					10	14.3417	21.8592	10.1319
					40	14.4875	21.8150	10.1232
				High	2.5	12.4093	22.8238	11.1543
					10	14.0913	21.8441	10.3917
					40	14.6474	21.6829	10.3606
200	0.25	0.25	20	None	2.5	25.6250	40.4717	15.7213
					10	25.5582	40.3011	15.5649
					40	25.5550	40.2878	15.5617
				Medium	2.5	23.5058	40.9803	16.0249
					10	25.1414	40.3069	15.6968
					40	25.5664	40.1774	15.9800
				High	2.5	19.6074	42.7924	18.1370
					10	24.9255	40.0748	15.9779
					40	26.6406	39.5709	15.9516
200	0.25	0.25	30	None	2.5	38.1744	58.6979	21.4153
					10	38.1248	58.5553	21.2068
					40	38.1278	58.5416	21.2121
				Medium	2.5	33.4700	59.5104	21.7920
					10	36.9923	58.4013	21.2785
					40	37.8720	58.1628	21.2842
				High	2.5	27.1440	62.5173	26.2730
					10	37.4898	57.8310	21.9691
					40	41.2009	56.8714	22.1620

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

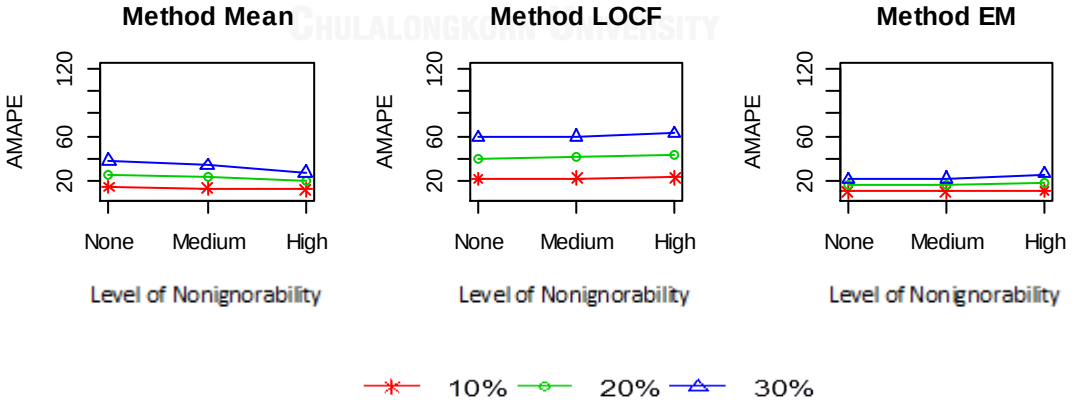
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

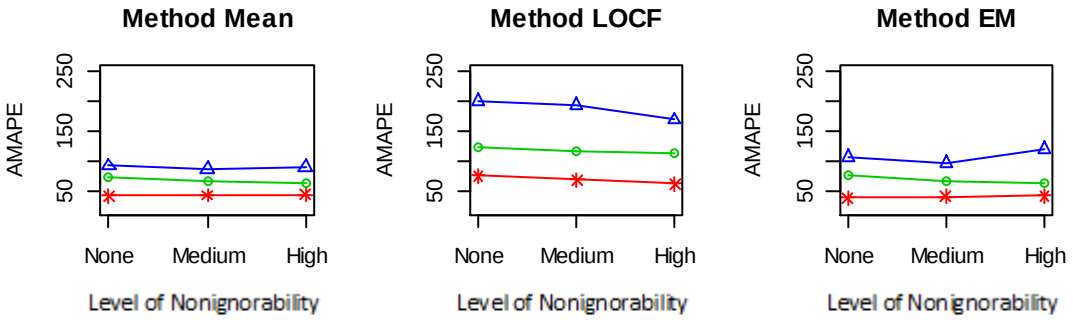


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

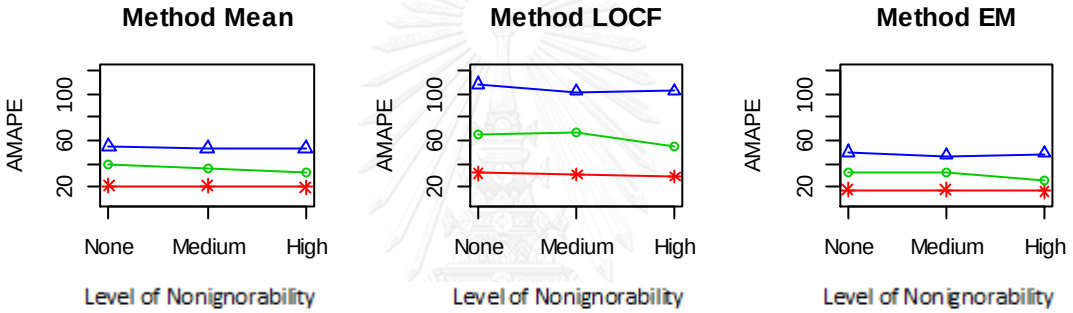


<u>ภาพที่ 4.2.13</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75

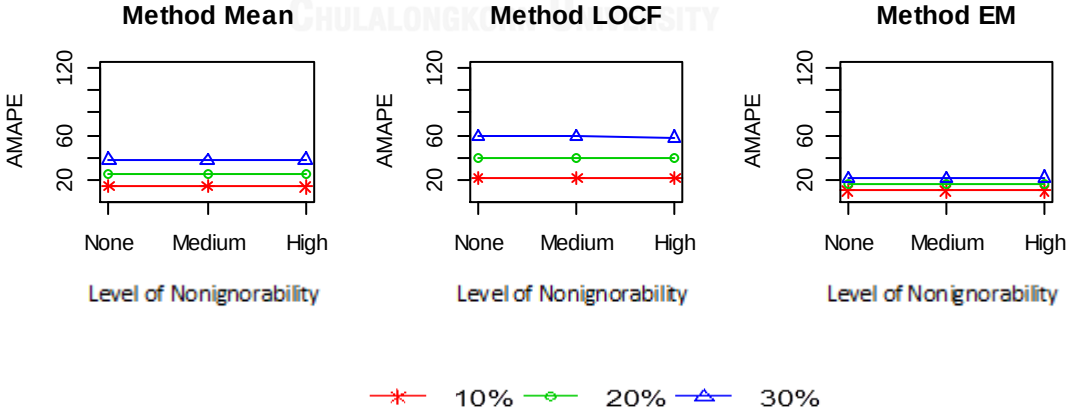
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

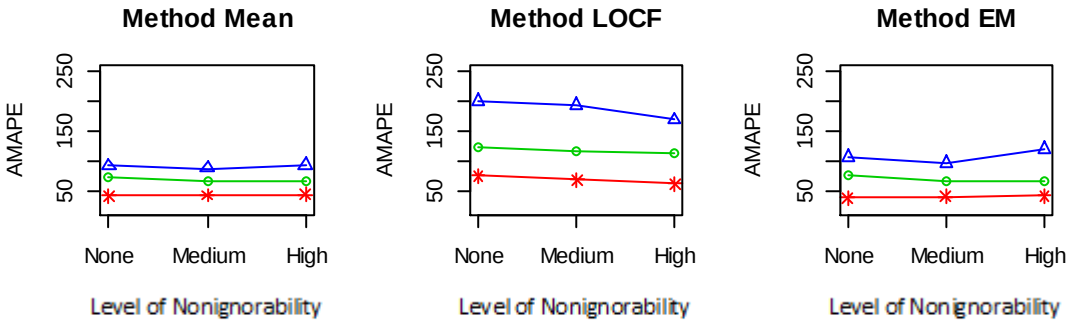


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

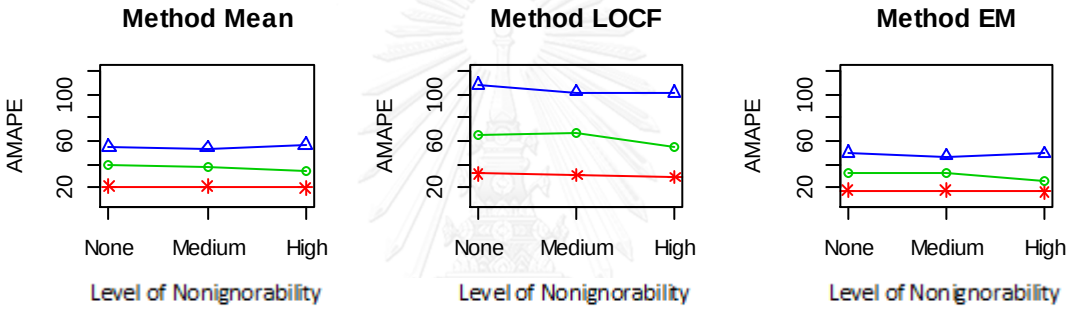


<u>ภาพที่ 4.2.14</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75

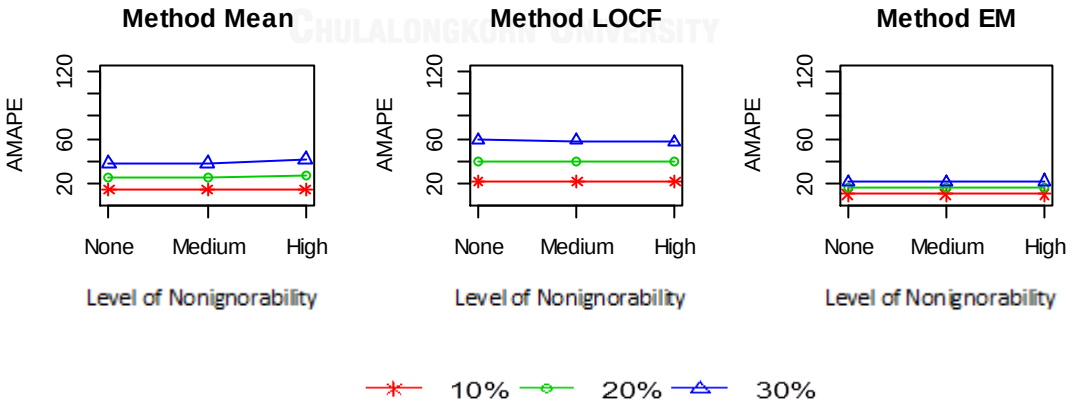
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.2.15</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75

จากตารางที่ 4.2.6 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 2.5 พบว่าสำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 เมื่อสัดส่วนการสูญหาย 10% วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ยกเว้นในกรณีที่ ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับสูง (c=2.5) วิธี Mean Imputation ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด เมื่อสัดส่วนการสูญหาย 20% วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ ยกเว้นในกรณีที่ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับสูง (c=2.5,10,40) วิธี EM ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดเมื่อสัดส่วนการสูญหาย 30% ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธี EM ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 200 ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.2.13-4.2.15 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้น ค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่า เมื่อระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) สูงขึ้น ไม่สามารถตอบได้ว่า AMAPE จะเพิ่มสูงขึ้นเสมอซึ่งอาจจะเพิ่มหรือลดก็ได้แล้วแต่กรณี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข) เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 2.6 พบว่าสำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 เมื่อสัดส่วนการสูญหาย 10% วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี Mean Imputation และ วิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และ วิธี LOCF ยกเว้นในกรณีที่ ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับไม่มี (c= 2.5) และระดับปานกลาง (c=2,5) วิธี LOCF ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด เมื่อสัดส่วนการสูญหาย 20% วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี Mean Imputation วิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ ยกเว้นในกรณีที่ ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ระดับปานกลาง (c=2.5) และระดับสูง (c=2.5,40) วิธี EM ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดเมื่อสัดส่วนการสูญหาย 30% ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธี Mean Imputation ให้ค่า AMAPE ต่ำสุด

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 200 ทุกสัดส่วนการสูญหาย และทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 13-15 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่า เมื่อระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) สูงขึ้น ไม่สามารถตอบได้ว่า AMAPE จะเพิ่มสูงขึ้นเสมอ ซึ่งอาจจะเพิ่มหรือลดก็ได้แล้วแต่กรณี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.7</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.25	0.25	10	None	2.5	0.9240	0.5134	1.0000
					10	0.9243	0.5124	1.0000
					40	0.9242	0.5123	1.0000
				Medium	2.5	0.9613	0.6083	1.0000
					10	0.9544	0.6084	1.0000
					40	0.9527	0.6085	1.0000
				High	2.5	0.9931	0.6885	1.0000
					10	0.9663	0.6910	1.0000
					40	0.9601	0.6919	1.0000
50	0.25	0.25	20	None	2.5	1.0461	0.6228	1.0000
					10	1.0481	0.6223	1.0000
					40	1.0483	0.6224	1.0000
				Medium	2.5	1.0168	0.5803	1.0000
					10	1.0037	0.5814	1.0000
					40	1.0003	0.5819	1.0000
				High	2.5	1.0515	0.5739	1.0000
					10	0.9902	0.5781	1.0000
					40	0.9772	0.5803	1.0000
50	0.25	0.25	30	None	2.5	1.1415	0.5282	1.0000
					10	1.1497	0.5309	1.0000
					40	1.1503	0.5313	1.0000
				Medium	2.5	1.1284	0.4994	1.0000
					10	1.1002	0.5004	1.0000
					40	1.0944	0.5013	1.0000
				High	2.5	1.4500	0.7025	1.0000
					10	1.3312	0.7197	1.0000
					40	1.2894	0.7174	1.0000

<u>ตารางที่ 4.2.7</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.25	0.25	10	None	2.5	0.8345	0.5621	1.0000
					10	0.8340	0.5613	1.0000
					40	0.8341	0.5612	1.0000
				Medium	2.5	0.8537	0.5690	1.0000
					10	0.8392	0.5696	1.0000
					40	0.8359	0.5699	1.0000
				High	2.5	0.8919	0.5663	1.0000
					10	0.8276	0.5668	1.0000
					40	0.8135	0.5680	1.0000
100	0.25	0.25	20	None	2.5	0.8340	0.4962	1.0000
					10	0.8343	0.4958	1.0000
					40	0.8347	0.4960	1.0000
				Medium	2.5	0.8891	0.4781	1.0000
					10	0.8610	0.4789	1.0000
					40	0.8547	0.4794	1.0000
				High	2.5	0.9047	0.4683	1.0000
					10	0.7774	0.4711	1.0000
					40	0.7533	0.4744	1.0000
100	0.25	0.25	30	None	2.5	0.9031	0.4575	1.0000
					10	0.9019	0.4570	1.0000
					40	0.9035	0.4579	1.0000
				Medium	2.5	0.9240	0.4578	1.0000
					10	0.8835	0.4611	1.0000
					40	0.8750	0.4624	1.0000
				High	2.5	0.9867	0.4726	1.0000
					10	0.8890	0.4787	1.0000
					40	0.8552	0.4838	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.7</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 21.875

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.25	0.25	10	None	2.5	0.7038	0.4681	1.0000
					10	0.7010	0.4669	1.0000
					40	0.7007	0.4668	1.0000
				Medium	2.5	0.7282	0.4636	1.0000
					10	0.7033	0.4637	1.0000
					40	0.6980	0.4641	1.0000
				High	2.5	0.8299	0.4794	1.0000
					10	0.7252	0.4763	1.0000
					40	0.7046	0.4781	1.0000
200	0.25	0.25	20	None	2.5	0.6108	0.3870	1.0000
					10	0.6088	0.3861	1.0000
					40	0.6089	0.3862	1.0000
				Medium	2.5	0.6562	0.3891	1.0000
					10	0.6198	0.3896	1.0000
					40	0.6123	0.3904	1.0000
				High	2.5	0.7972	0.4051	1.0000
					10	0.6232	0.4000	1.0000
					40	0.5952	0.4038	1.0000
200	0.25	0.25	30	None	2.5	0.5576	0.3628	1.0000
					10	0.5557	0.3618	1.0000
					40	0.5563	0.3623	1.0000
				Medium	2.5	0.6155	0.3633	1.0000
					10	0.5695	0.3647	1.0000
					40	0.5607	0.3661	1.0000
				High	2.5	0.8036	0.3888	1.0000
					10	0.5648	0.3828	1.0000
					40	0.5341	0.3910	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.8</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.25	0.25	10	None	2.5	0.9196	0.5131	1.0000
					10	0.9243	0.5125	1.0000
					40	0.9242	0.5123	1.0000
				Medium	2.5	0.9710	0.6138	1.0000
					10	0.9554	0.6084	1.0000
					40	0.9530	0.6085	1.0000
				High	2.5	1.0040	0.6936	1.0000
					10	0.9698	0.6905	1.0000
					40	0.9610	0.6918	1.0000
50	0.25	0.25	20	None	2.5	1.0061	0.6584	1.0000
					10	1.0481	0.6224	1.0000
					40	1.0483	0.6224	1.0000
				Medium	2.5	1.0187	0.5806	1.0000
					10	1.0056	0.5812	1.0000
					40	1.0008	0.5818	1.0000
				High	2.5	0.0592	0.5924	1.0000
					10	0.9982	0.5772	1.0000
					40	0.9790	0.5801	1.0000
50	0.25	0.25	30	None	2.5	1.1151	0.5392	1.0000
					10	1.1501	0.5310	1.0000
					40	1.1503	0.5313	1.0000
				Medium	2.5	1.1135	0.5060	1.0000
					10	1.1033	0.4998	1.0000
					40	1.0952	0.5012	1.0000
				High	2.5	1.3663	0.7343	1.0000
					10	1.3479	0.7171	1.0000
					40	1.2935	0.7168	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.8</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75

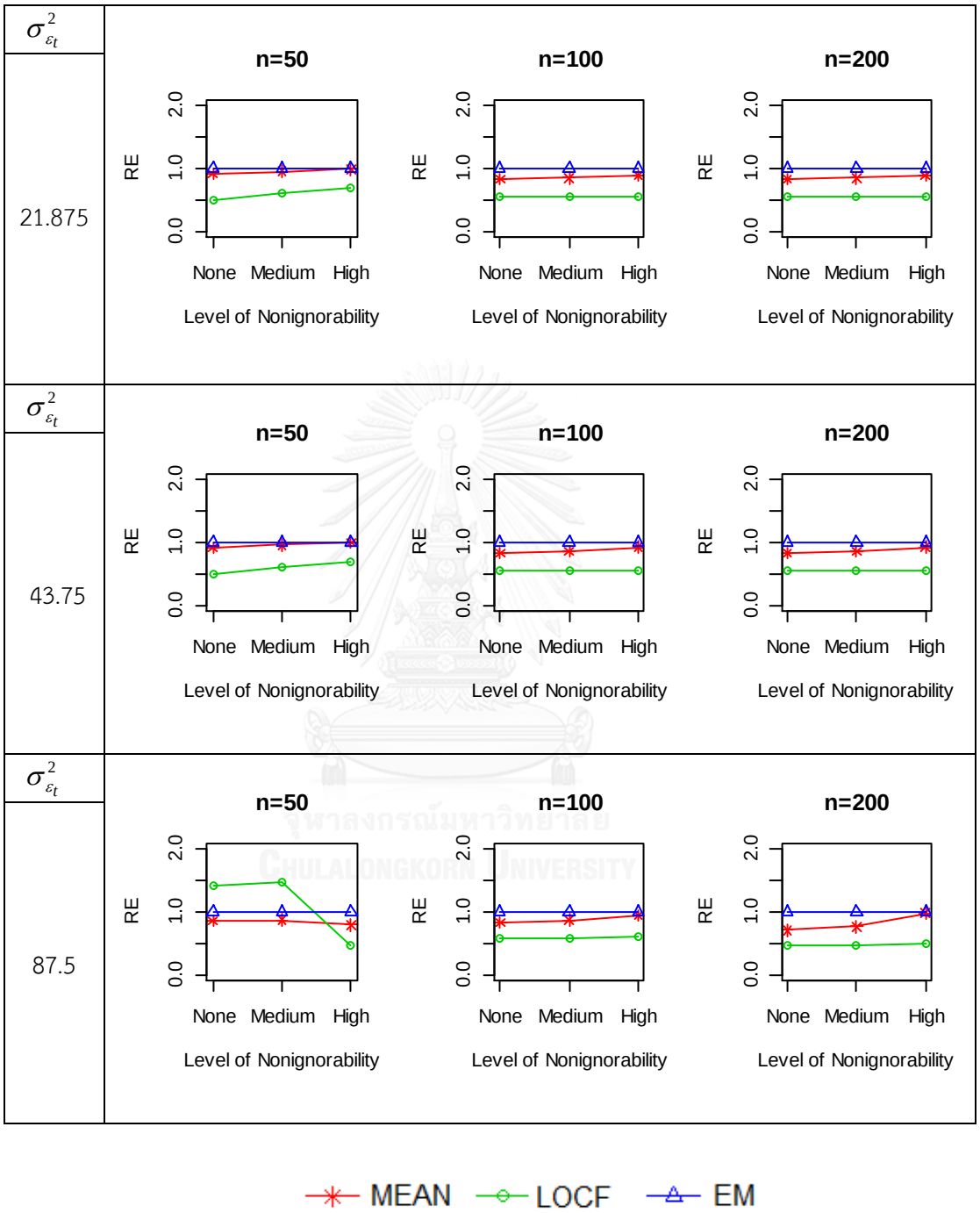
n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.25	0.25	10	None	2.5	0.8355	0.5633	1.0000
					10	0.8340	0.5614	1.0000
					40	0.8341	0.5613	1.0000
				Medium	2.5	0.8632	0.5697	1.0000
					10	0.8409	0.5694	1.0000
					40	0.8364	0.5699	1.0000
				High	2.5	0.9319	0.5717	1.0000
					10	0.8357	0.5663	1.0000
					40	0.8154	0.5678	1.0000
100	0.25	0.25	10	None	2.5	0.8350	0.4978	1.0000
					10	0.8340	0.4957	1.0000
					40	0.8347	0.4960	1.0000
				Medium	2.5	0.9075	0.4793	1.0000
					10	0.8644	0.4785	1.0000
					40	0.8556	0.4793	1.0000
				High	2.5	0.9810	0.4785	1.0000
					10	0.7919	0.4696	1.0000
					40	0.7565	0.4739	1.0000
100	0.25	0.25	10	None	2.5	0.9041	0.4588	1.0000
					10	0.9021	0.4570	1.0000
					40	0.9035	0.4579	1.0000
				Medium	2.5	0.9520	0.4591	1.0000
					10	0.9000	0.4606	1.0000
					40	0.8763	0.4624	1.0000
				High	2.5	0.9095	0.4861	1.0000
					10	0.9101	0.4766	1.0000
					40	0.8597	0.4831	1.0000

<u>ตารางที่ 4.2.8</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 43.75

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.25	0.25	10	None	2.5	0.7069	0.4695	1.0000
					10	0.7012	0.4670	1.0000
					40	0.7007	0.4668	1.0000
				Medium	2.5	0.7445	0.4649	1.0000
					10	0.7065	0.4635	1.0000
					40	0.6988	0.4640	1.0000
				High	2.5	0.8989	0.4887	1.0000
					10	0.7375	0.4757	1.0000
					40	0.7073	0.4778	1.0000
200	0.25	0.25	20	None	2.5	0.6135	0.3885	1.0000
					10	0.6090	0.3862	1.0000
					40	0.6089	0.3863	1.0000
				Medium	2.5	0.6817	0.3910	1.0000
					10	0.6243	0.3894	1.0000
					40	0.6133	0.3903	1.0000
				High	2.5	0.9250	0.4238	1.0000
					10	0.6410	0.3987	1.0000
					40	0.5988	0.4031	1.0000
200	0.25	0.25	30	None	2.5	0.5610	0.3648	1.0000
					10	0.5562	0.3622	1.0000
					40	0.5563	0.3624	1.0000
				Medium	2.5	0.6511	0.3662	1.0000
					10	0.5752	0.3643	1.0000
					40	0.5620	0.3659	1.0000
				High	2.5	0.9679	0.4203	1.0000
					10	0.5860	0.7988	1.0000
					40	0.5379	0.3897	1.0000

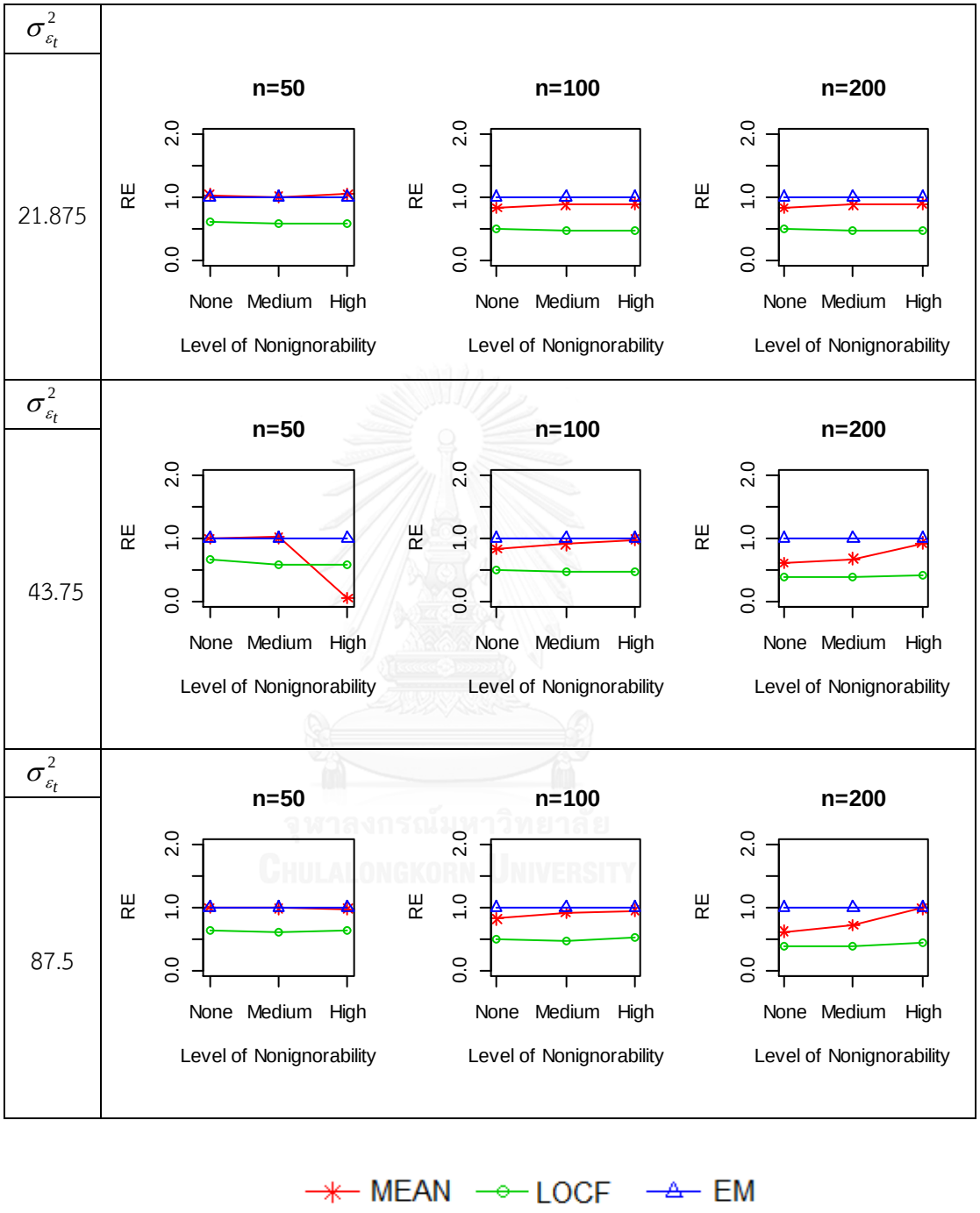
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัดส่วนการสูญหาย 10%



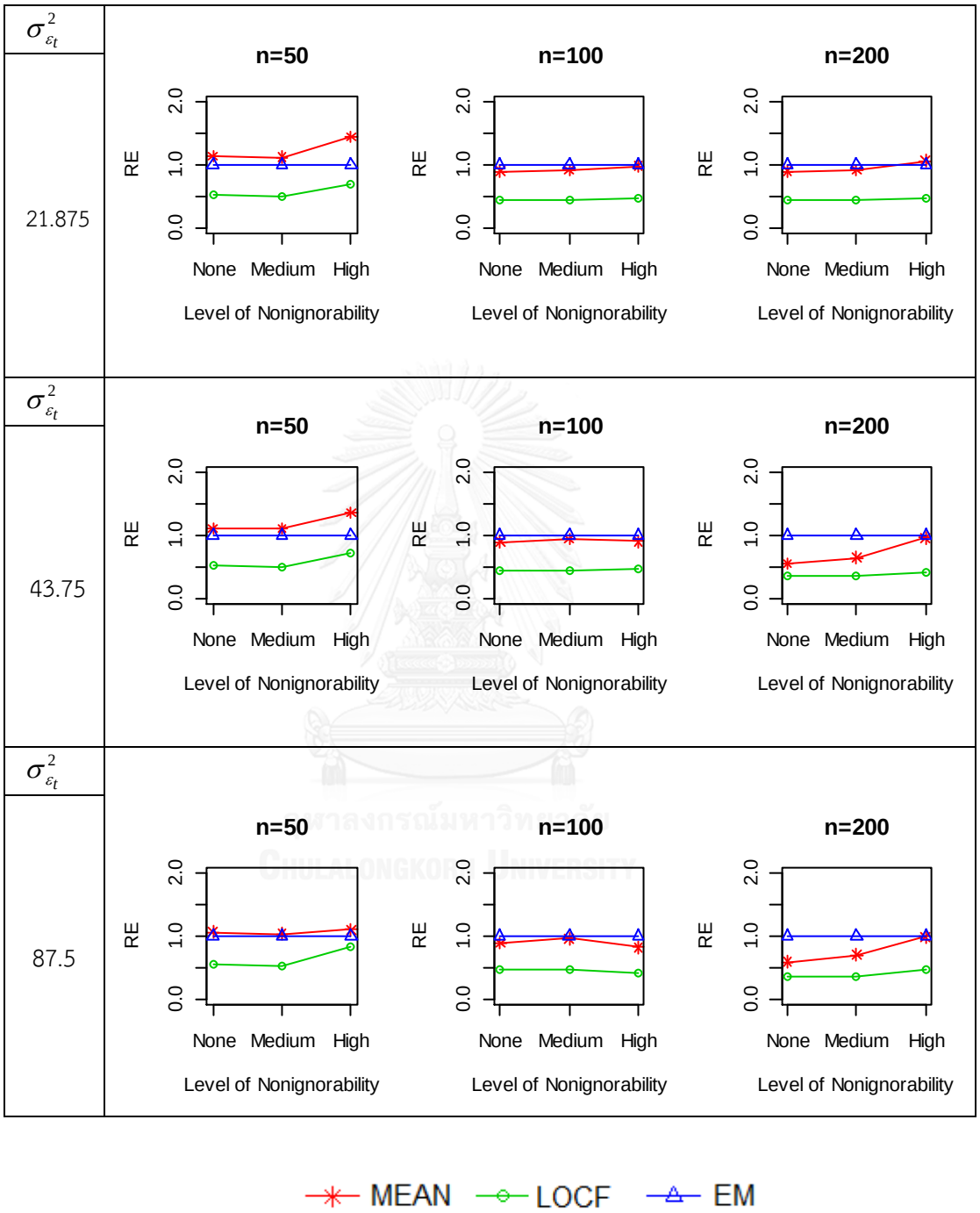
<u>ภาพที่ 4.2.16</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



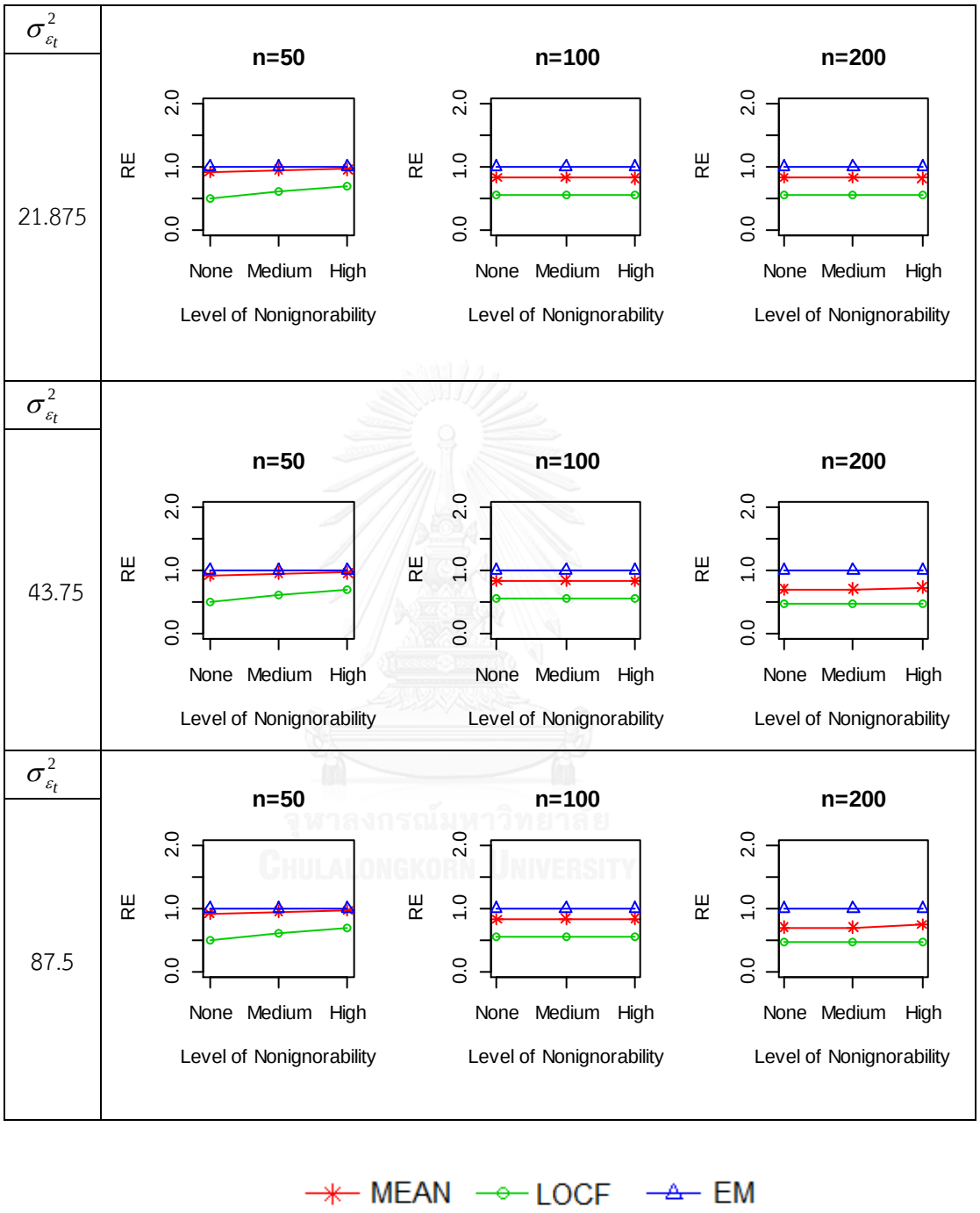
<u>ภาพที่ 4.2.16</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



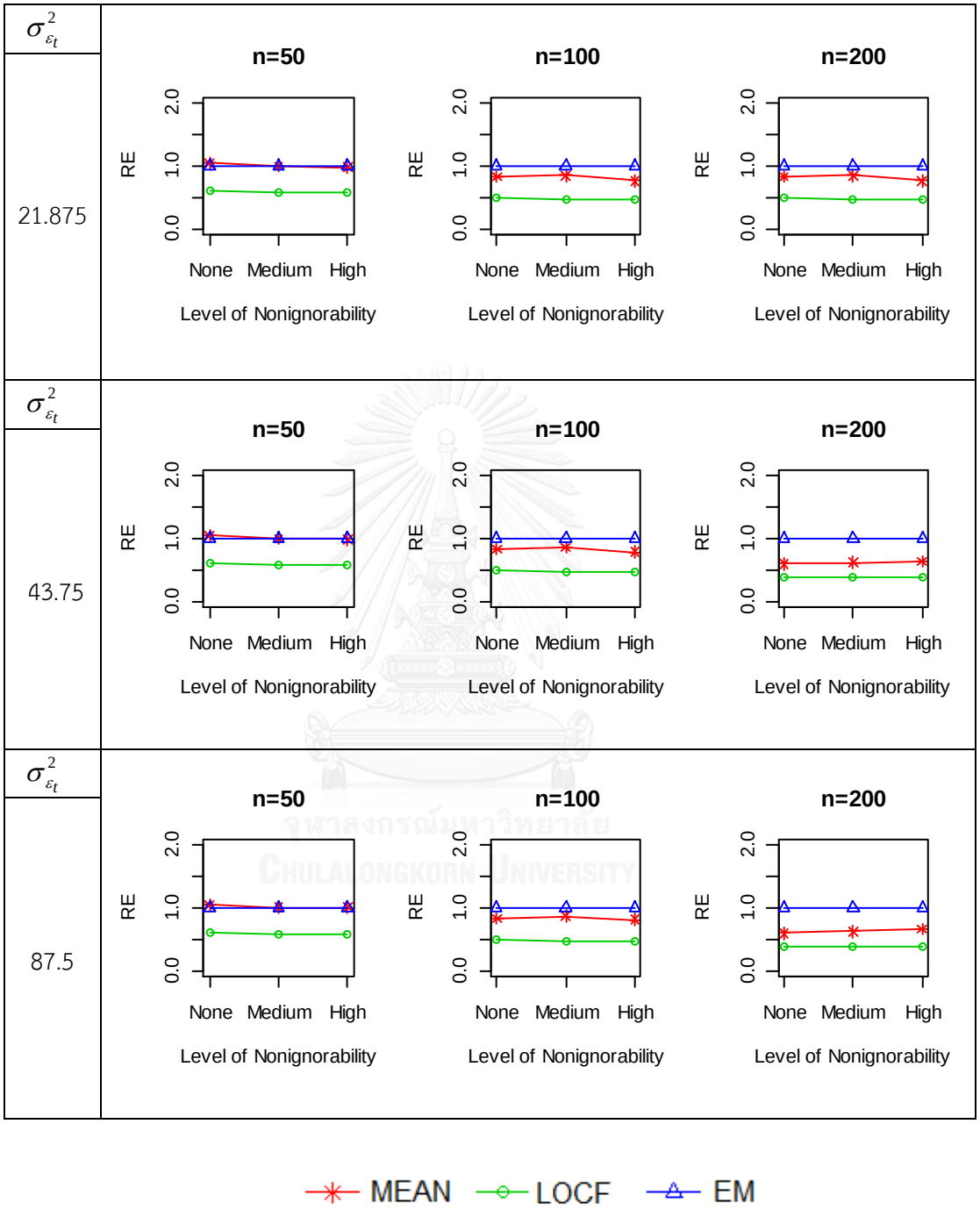
<u>ภาพที่ 4.2.16</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%



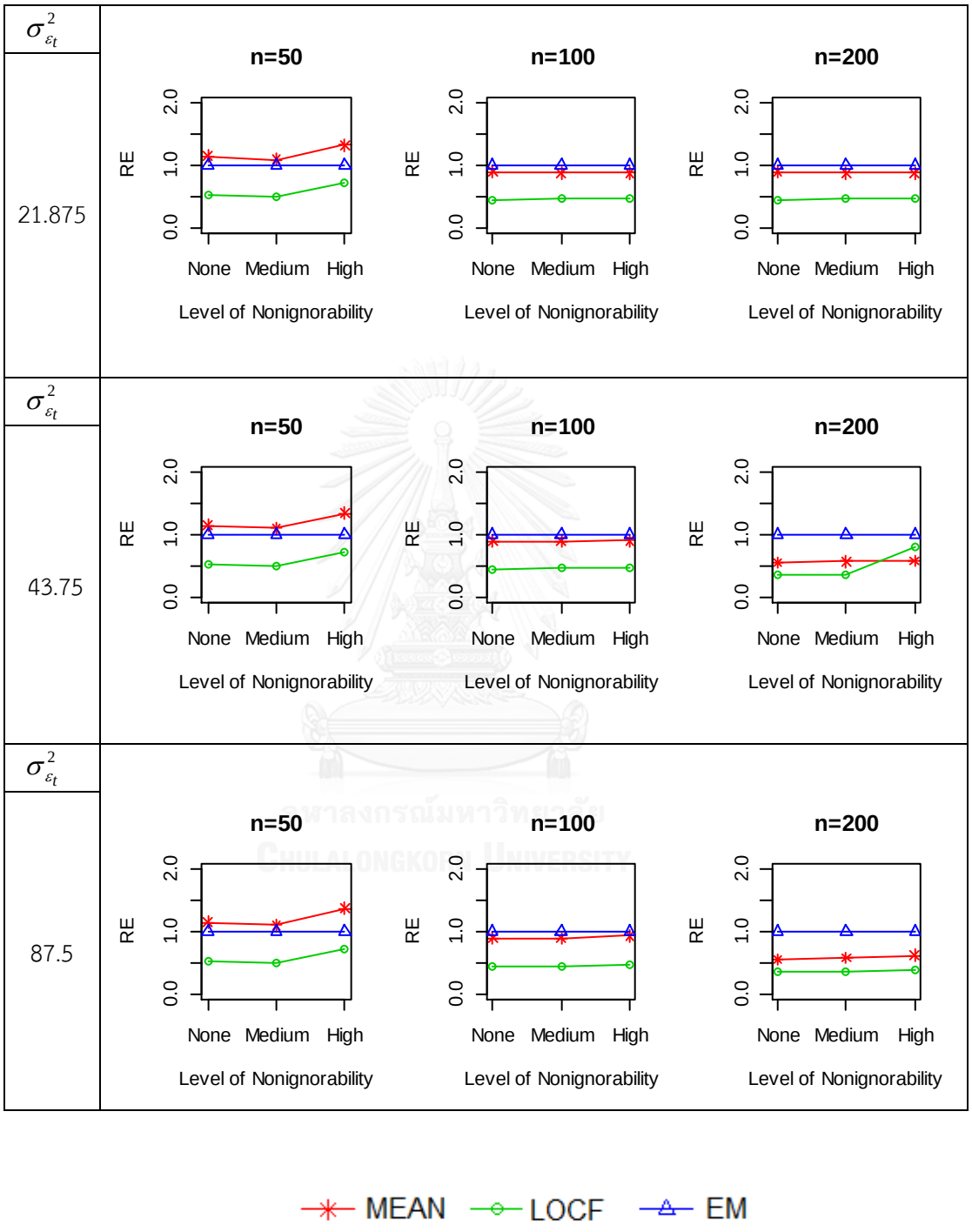
<u>ภาพที่ 4.2.17</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



<u>ภาพที่ 4.2.17</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 10,\ \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

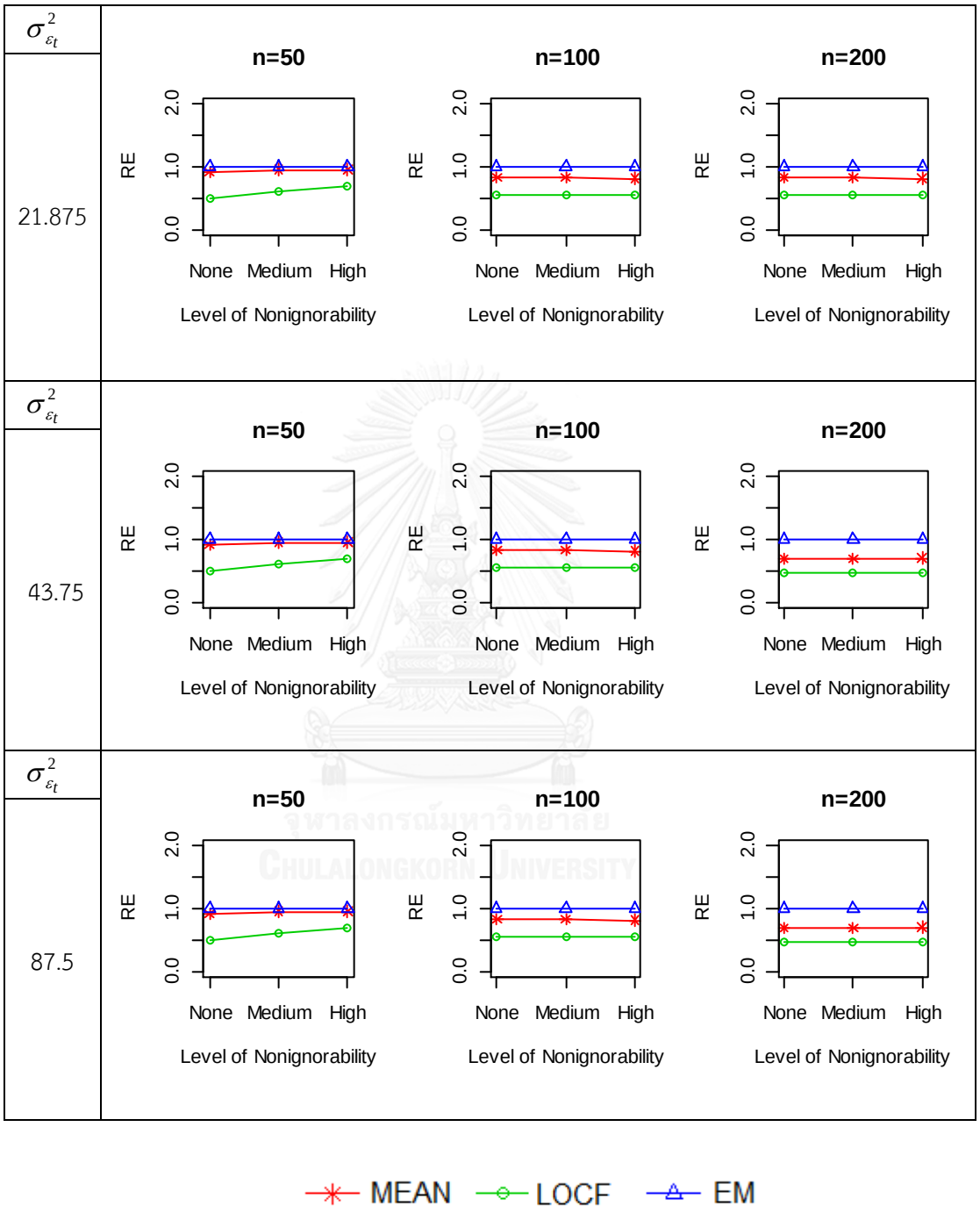
สัดส่วนการสูญหาย 30%



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

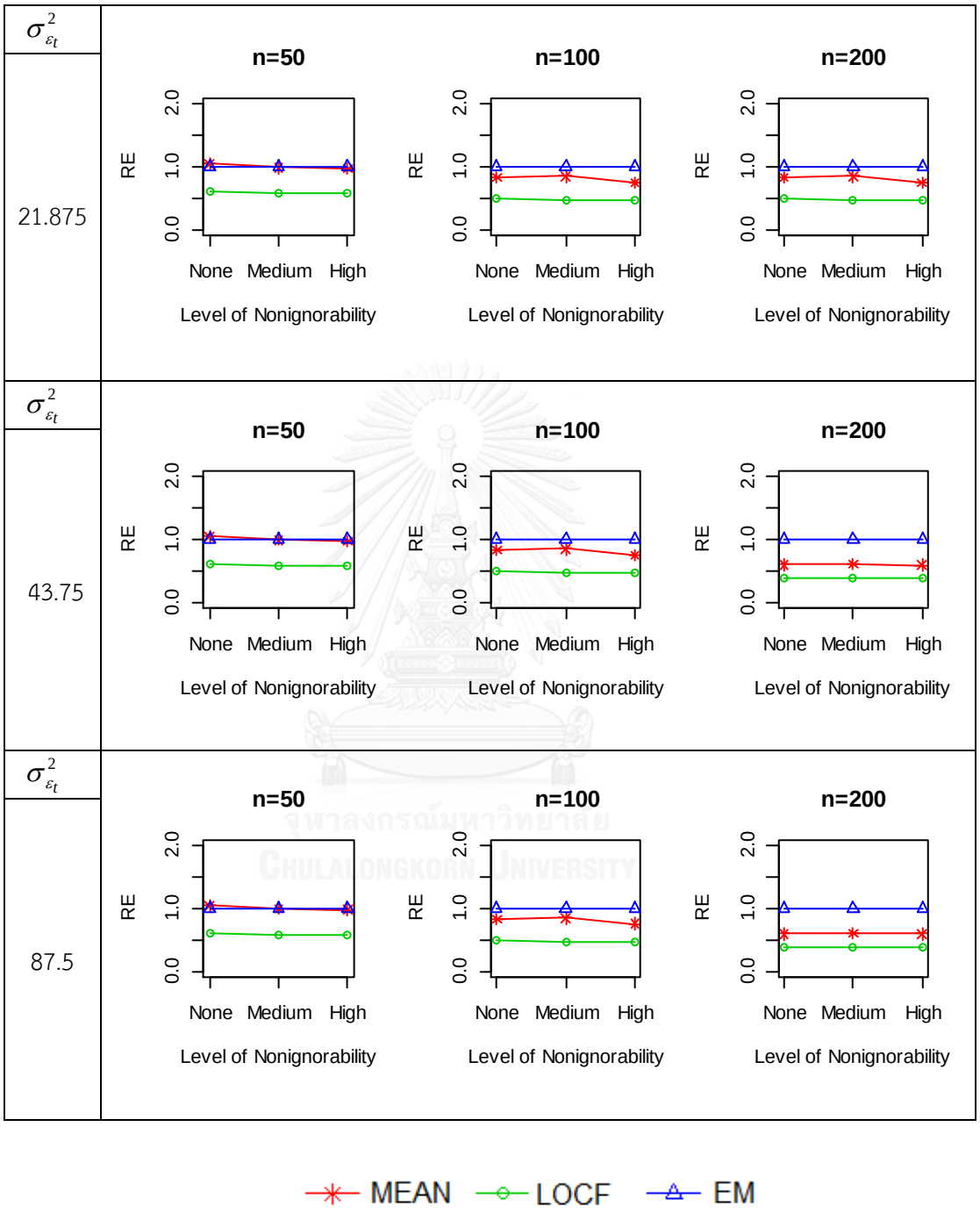
<u>ภาพที่ 4.2.17</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%



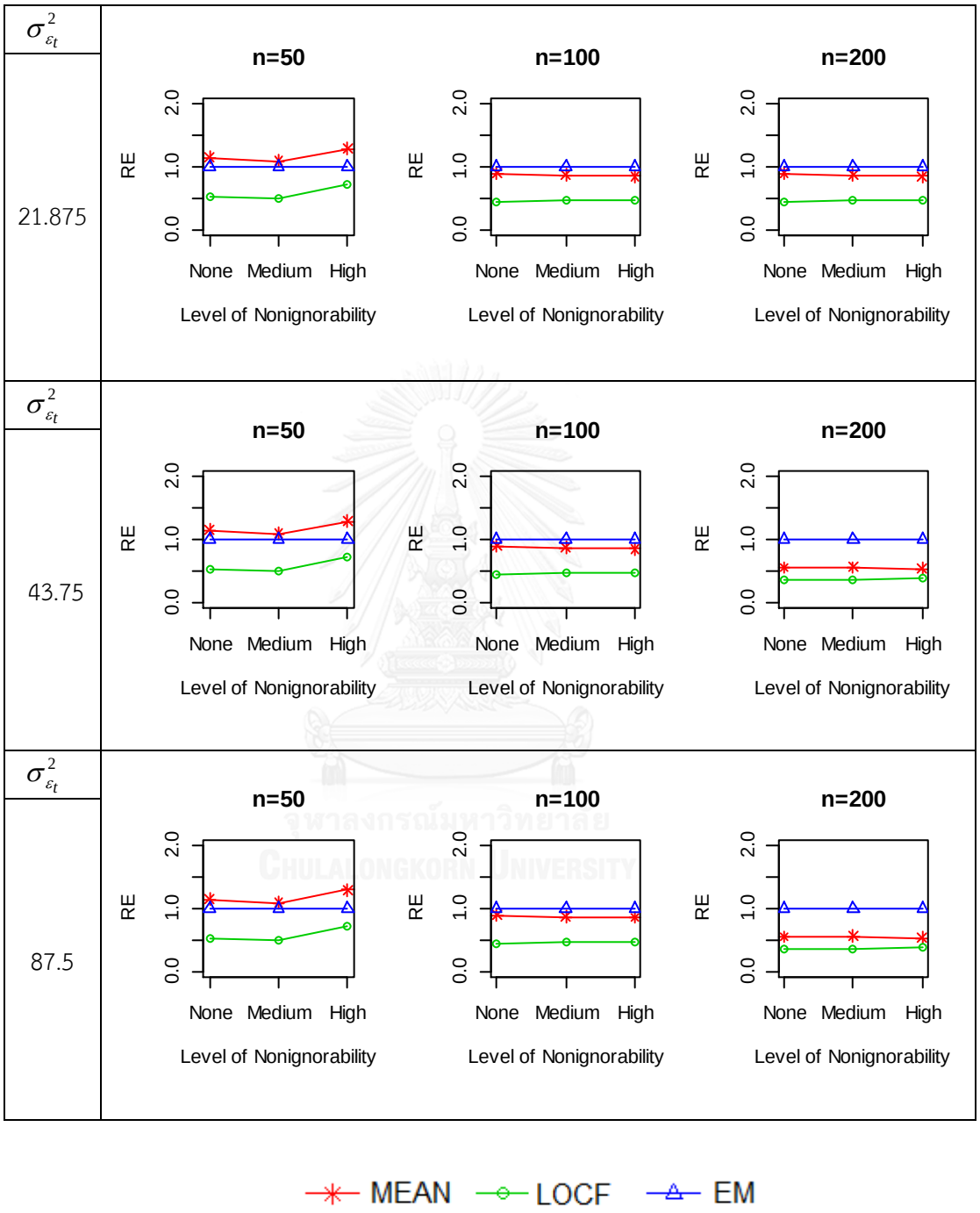
<u>ภาพที่ 4.2.18</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



<u>ภาพที่ 4.2.18</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



<u>ภาพที่ 4.2.18</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.2.7-4.2.8, ตารางที่ 9 (ภาคผนวก ข) และภาพที่ 4.2.16-4.2.18 สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ พบว่าในกรณีที่สัดส่วนการสูญหาย 10% ขนาดตัวอย่างเป็น 50 วิธีการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธี EM จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ แต่ในกรณีที่สัดส่วนการสูญหาย 20% และ 30% ขนาดตัวอย่างเป็น 50 วิธีการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธี Mean Imputation จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี EM และวิธี LOCF ตามลำดับ และในกรณีที่สัดส่วนการสูญหาย 10%, 20% และ 30% ขนาดตัวอย่างเป็น 100 และ200 ทุกระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธี EM จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ เมื่อทำการพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) ที่มีค่า 21.875, 43.75 และ 87.5 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันวิธีการใส่ค่าสูญหายดังกล่าวยังคงมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ใกล้เคียงกัน สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ และตัวแบบ AR(2): $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ มีผลในทำนองเดียวกันกับ $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.9</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.4	0.4	10	None	1	92.0867	39.1609	32.2419
					4	38.4056	26.3466	16.7917
					16	50.0387	27.2073	16.7456
				Medium	1	90.3032	38.7608	31.6706
					4	34.6245	26.0166	16.4370
					16	36.0942	26.7778	16.4445
				High	1	37.2046	29.4613	20.3442
					4	35.9032	27.7011	18.1877
					16	40.6948	28.5702	18.2893
50	0.4	0.4	20	None	1	201.9106	72.2852	48.9940
					4	80.0059	60.1509	32.5658
					16	86.5673	61.3353	33.0615
				Medium	1	195.0584	69.3459	49.2794
					4	74.3752	59.4169	31.9367
					16	85.4203	63.4669	32.4649
				High	1	247.2550	61.3719	51.6709
					4	77.1724	48.0689	31.4328
					16	83.0119	48.0853	31.8615
50	0.4	0.4	30	None	1	418.9189	102.3821	65.1196
					4	120.4949	83.2828	42.7706
					16	132.8477	83.7413	43.6847
				Medium	1	403.5806	103.0718	65.8706
					4	120.2947	83.6766	43.4772
					16	127.0152	83.9034	44.2586
				High	1	146.2729	96.2729	78.1874
					4	180.4027	86.4639	69.6650
					16	313.6744	97.8602	92.1234

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

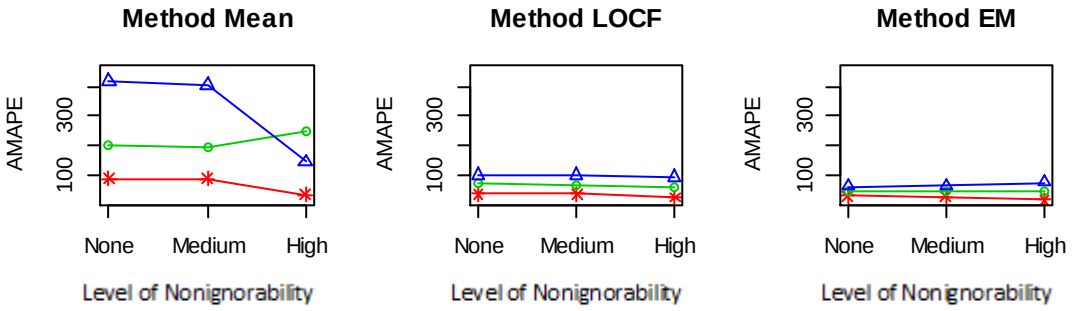
<u>ตารางที่ 4.2.9</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.4	0.4	10	None	1	34.7950	17.9062	11.5624
					4	27.9486	16.9703	10.1419
					16	27.2949	16.9674	10.1368
				Medium	1	29.6922	17.7406	11.0376
					4	27.7608	17.0500	10.1550
					16	27.9508	17.0599	10.1549
				High	1	25.8392	17.2842	11.0284
					4	27.5342	16.8245	10.3464
					16	28.3401	16.8762	10.3685
100	0.4	0.4	20	None	1	71.0615	30.3392	16.9967
					4	58.3220	29.2053	15.5402
					16	58.2271	29.1840	15.5307
				Medium	1	65.4999	30.3070	16.9494
					4	57.3557	29.2648	15.6131
					16	57.9912	29.2689	15.6098
				High	1	49.4775	29.6557	18.1840
					4	57.8700	28.3723	15.9457
					16	60.7642	28.4384	16.0238
100	0.4	0.4	30	None	1	115.9847	42.4710	22.1242
					4	98.8548	40.3678	20.8583
					16	98.6764	40.3492	20.8380
				Medium	1	105.4037	41.8433	22.1605
					4	96.7213	40.2041	20.8042
					16	98.3346	40.1808	20.7974
				High	1	90.7915	41.2495	27.6066
					4	100.6997	38.0495	21.6735
					16	108.2701	38.1062	21.9835

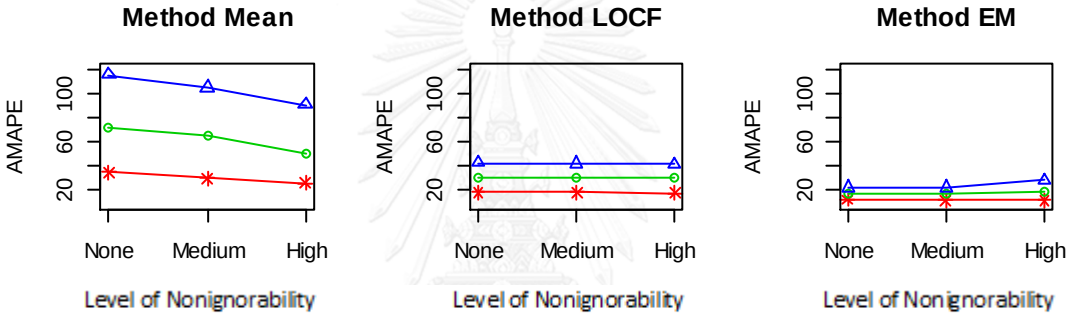
<u>ตารางที่ 4.2.9</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.4	0.4	10	None	1	25.5486	15.4608	7.7079
					4	25.3888	15.3349	7.5884
					16	25.3865	15.3311	7.5824
				Medium	1	24.5533	15.3479	7.7306
					4	35.2397	15.2784	7.5704
					16	25.4350	15.2887	7.5598
				High	1	21.6610	15.1042	8.0357
					4	25.0270	15.0857	7.6212
					16	25.8291	15.1285	7.5916
200	0.4	0.4	20	None	1	55.1742	28.0694	12.1943
					4	54.9442	27.8454	12.0344
					16	54.9378	27.8403	12.0343
				Medium	1	51.6518	28.0394	12.5127
					4	54.5527	27.8194	12.1856
					16	55.0435	27.8286	12.1689
				High	1	43.6683	27.4204	13.1600
					4	55.4687	27.0109	12.1714
					16	58.2794	27.0434	12.1336
200	0.4	0.4	30	None	1	94.2214	39.1619	15.9930
					4	93.7934	38.9168	15.8329
					16	93.7948	38.9199	15.8359
				Medium	1	85.5931	39.3678	16.4642
					4	92.8453	38.9198	15.9652
					16	94.5161	38.9051	15.9283
				High	1	65.7383	38.5603	17.7542
					4	95.8759	37.1807	16.1756
					16	103.0644	37.0933	16.2692

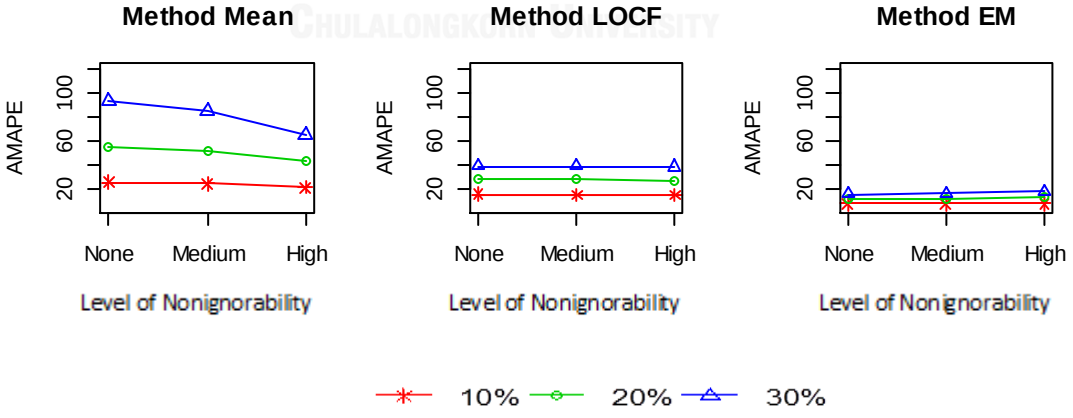
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

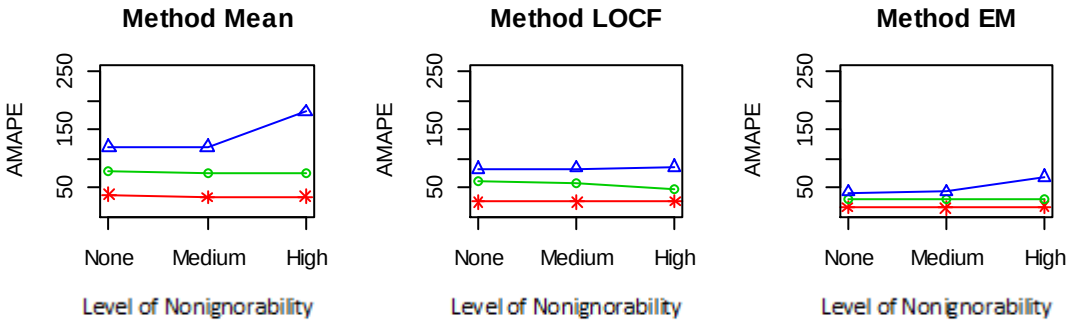


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

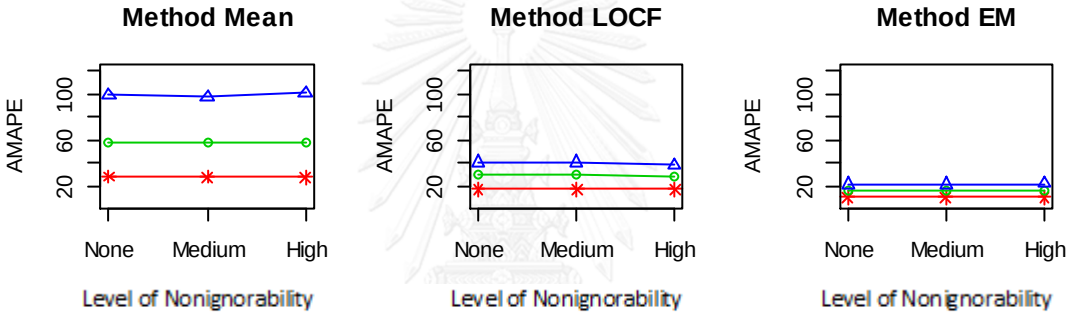


<u>ภาพที่ 4.2.19</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17

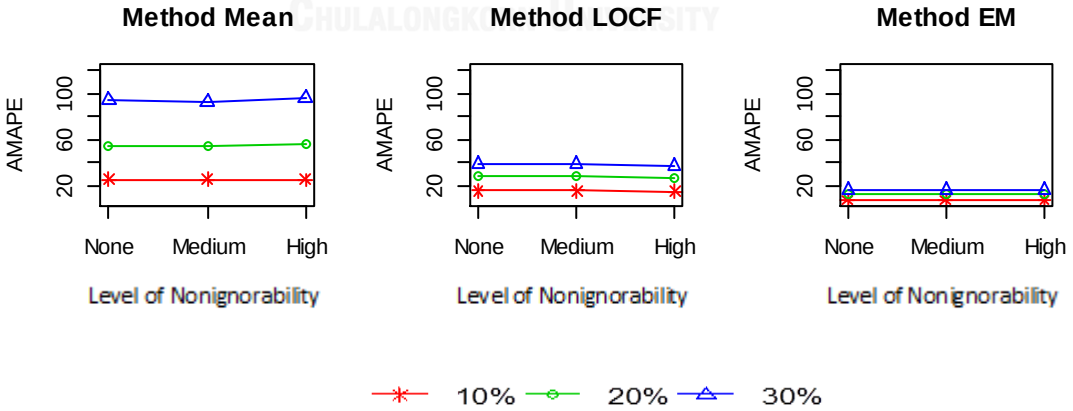
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

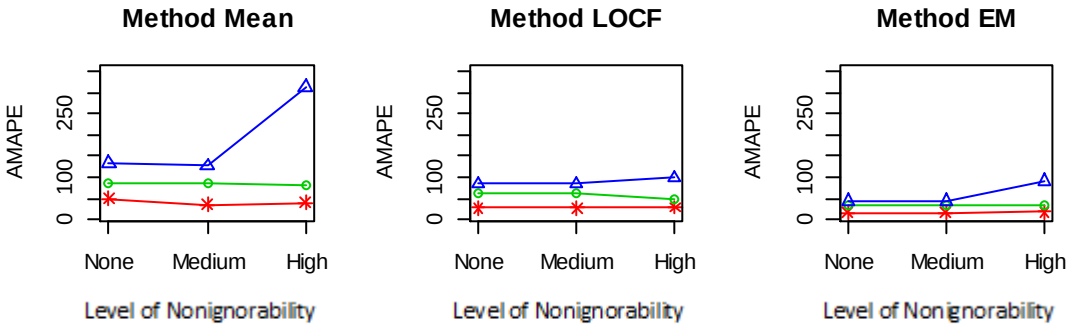


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

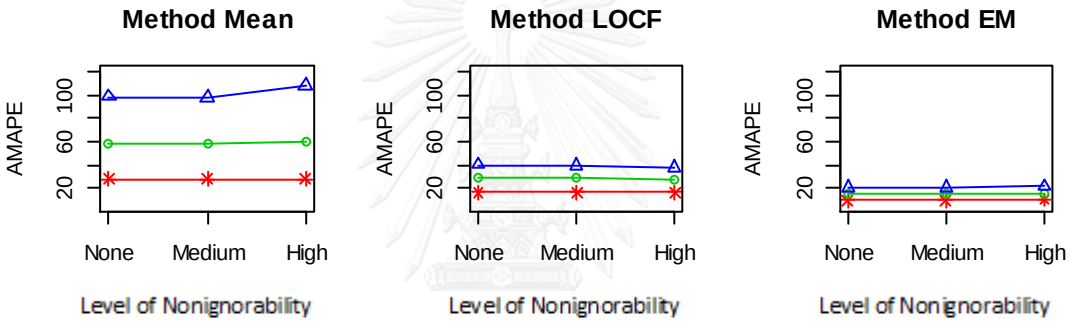


<u>ภาพที่ 4.2.20</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17

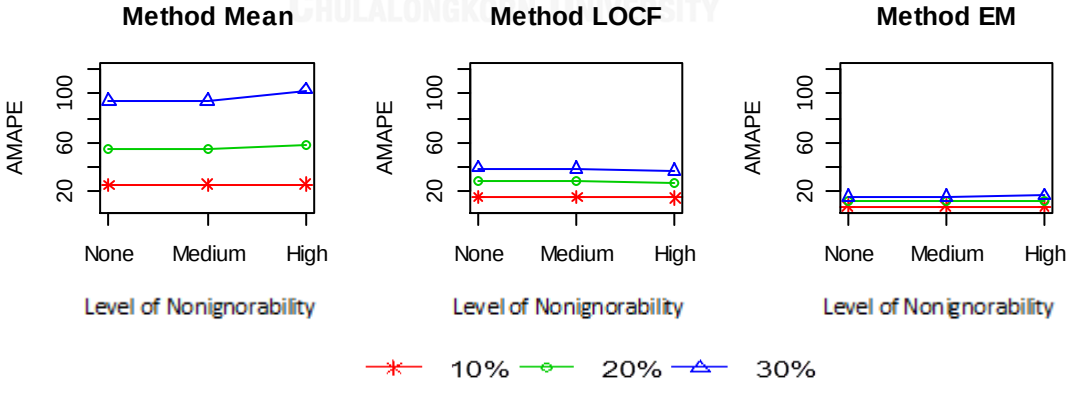
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.2.21</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17

จากตารางที่ 4.2.9 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 2.7 พบว่าสำหรับทุกปัจจัยขนาดตัวอย่าง สัดส่วนการสูญหาย และระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean และวิธี LOCF

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.2.19-4.2.21 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่า เมื่อระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) สูงขึ้น ไม่สามารถตอบได้ว่า AMAPE จะเพิ่มสูงขึ้นเสมอซึ่งอาจจะเพิ่มหรือลดก็ได้แล้วแต่กรณี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.10</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.4	0.4	10	None	1	67.6682	34.1629	23.0169
					4	37.3881	26.2911	16.8093
					16	56.8206	26.8199	16.7266
				Medium	1	52.0466	32.6853	21.7494
					4	34.6343	26.0124	16.4584
					16	42.9343	26.4825	16.4631
				High	1	46.3838	34.2791	24.2672
					4	35.1880	27.6220	18.1313
					16	38.9897	28.2931	18.2692
50	0.4	0.4	20	None	1	153.1592	94.7598	72.7841
					4	78.8710	59.8258	32.4754
					16	97.3088	60.8464	32.8133
				Medium	1	125.5314	87.0267	58.2065
					4	73.1775	58.8195	31.8799
					16	102.5546	61.9983	32.2096
				High	1	119.0040	63.6299	49.7526
					4	86.6725	50.6635	32.5045
					16	111.1162	48.6447	32.0736
50	0.4	0.4	30	None	1	201.8071	95.0127	55.3853
					4	118.9053	83.2651	42.7990
					16	185.2892	83.7538	43.3929
				Medium	1	165.1878	95.4424	56.7541
					4	118.0182	83.6337	43.5039
					16	164.4574	84.4274	44.1624
				High	1	190.2099	103.1066	87.5221
					4	160.8721	85.1148	66.7687
					16	352.4920	94.2717	84.4927

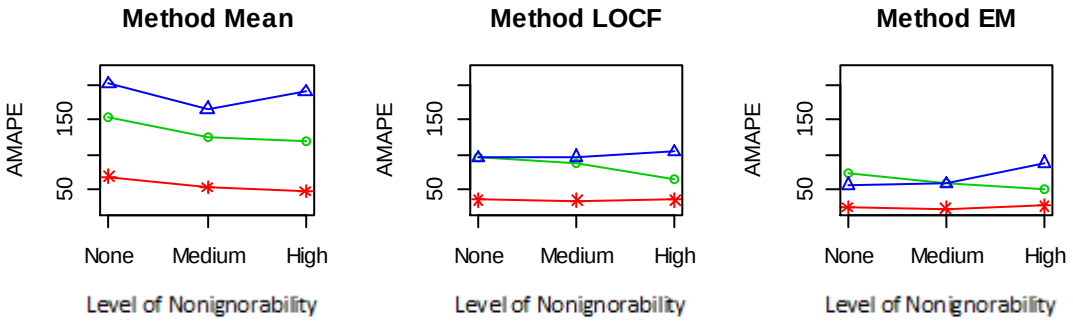
<u>ตารางที่ 4.2.10</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.4	0.4	10	None	1	33.6401	19.8936	12.2603
					4	27.9781	16.9771	10.1492
					16	27.9262	16.9672	10.1366
				Medium	1	30.7275	19.7068	12.0877
					4	27.6675	17.0497	10.1603
					16	27.9230	17.0578	10.1542
				High	1	29.4481	19.2075	13.3644
					4	27.0896	16.8016	10.3415
					16	28.2280	16.8682	10.3643
100	0.4	0.4	20	None	1	72.2756	33.5279	18.6732
					4	58.4159	29.2234	15.5495
					16	58.2353	29.1859	15.5310
				Medium	1	66.1038	33.2456	18.9240
					4	57.0288	29.2705	15.6169
					16	57.9000	29.2673	15.6088
				High	1	67.7706	33.6016	23.6023
					4	56.2559	28.3469	15.9116
					16	60.3640	28.4278	16.0086
100	0.4	0.4	30	None	1	161.7467	45.5197	24.9015
					4	99.0446	40.3920	20.8784
					16	98.6901	40.3500	20.8377
				Medium	1	137.3690	45.2256	25.4314
					4	95.8799	40.2301	20.8086
					16	98.1043	40.1823	20.7933
				High	1	173.9155	49.4511	39.8973
					4	96.4837	38.0366	21.5386
					16	107.2210	38.0967	21.9390

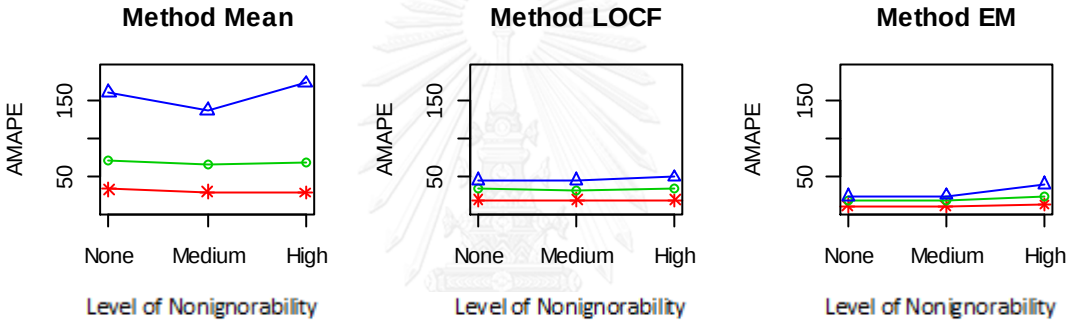
<u>ตารางที่ 4.2.10</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.4	0.4	10	None	1	26.9992	16.3591	8.3648
					4	25.3912	15.3399	7.5931
					16	25.3867	15.3312	7.5827
				Medium	1	26.7615	16.4371	8.6938
					4	25.1311	15.2757	7.5793
					16	25.4081	15.2870	7.5608
				High	1	27.6804	16.8533	10.7633
					4	24.5787	15.0660	7.6464
					16	25.7187	15.1220	7.5949
200	0.4	0.4	20	None	1	61.7377	30.1660	13.3821
					4	54.9507	27.8522	12.0409
					16	54.9382	27.8405	12.0334
				Medium	1	58.7161	30.3824	14.6877
					4	53.9995	27.8146	12.2102
					16	54.9512	27.8265	12.1708
				High	1	56.3624	31.4708	18.9408
					4	53.8956	27.0037	12.2178
					16	57.8928	27.0374	12.1382
200	0.4	0.4	30	None	1	102.3295	41.0384	17.3859
					4	93.7977	38.9201	15.8364
					16	93.7939	38.9188	15.8370
				Medium	1	94.7075	42.3330	19.3825
					4	91.9099	38.9345	16.0015
					16	94.2863	38.9065	15.9372
				High	1	100.5888	45.3879	29.3837
					4	91.8626	37.2517	16.1899
					16	102.0742	37.1021	16.2543

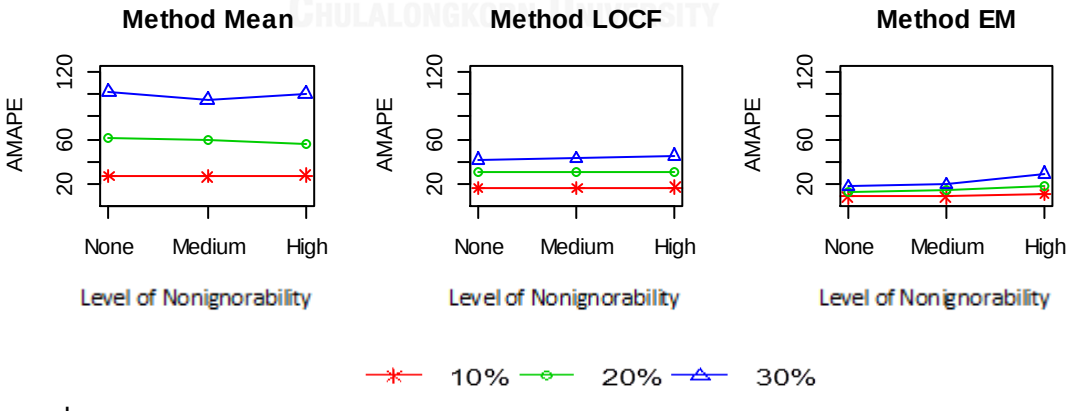
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

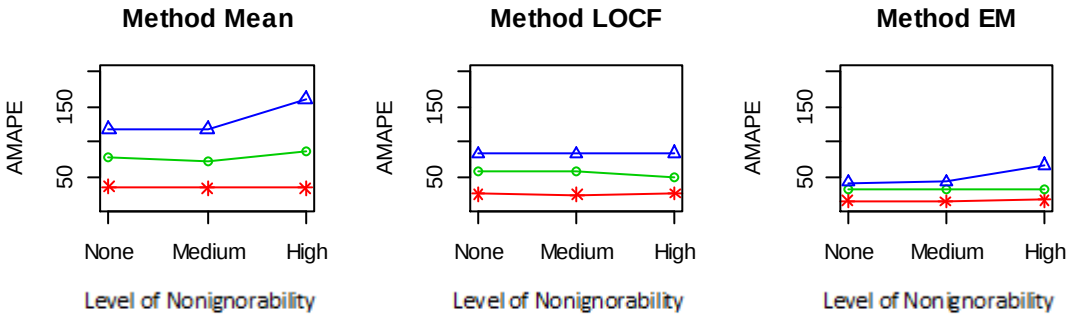


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

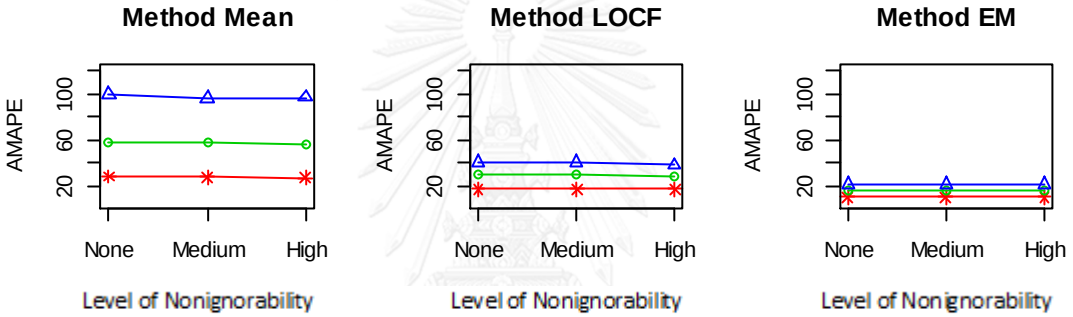


<u>ภาพที่ 4.2.22</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34

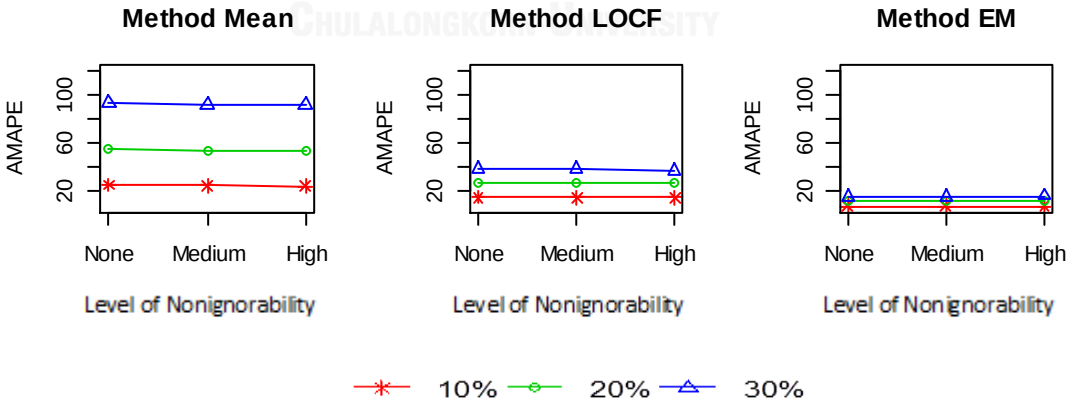
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

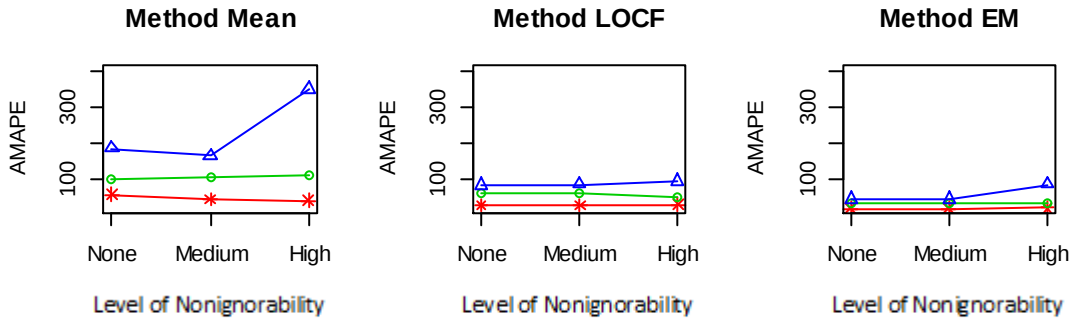


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

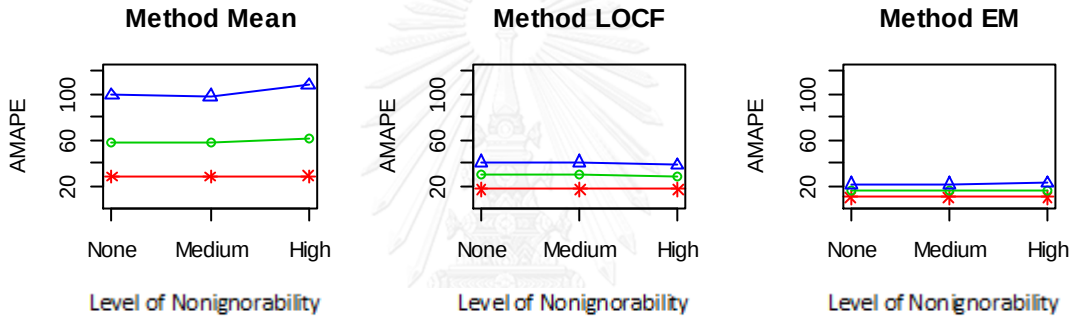


<u>ภาพที่ 4.2.23</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34

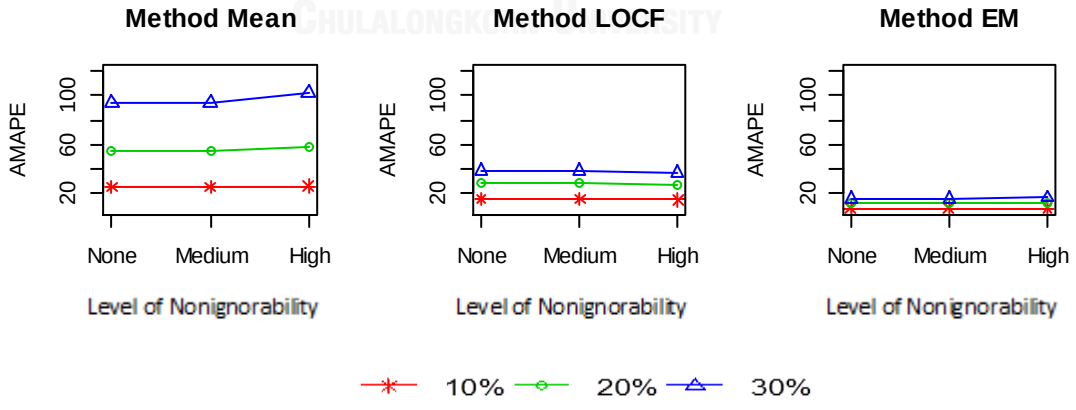
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 4.2.24</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34

จากตารางที่ 4.2.10 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็นแบบที่ 2.8 พบว่าสำหรับทุกปัจจัยขนาดตัวอย่าง สัดส่วนการสูญหาย และระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 4.2.22-4.2.24 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่า เมื่อระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) สูงขึ้น AMAPE จะเพิ่มสูงขึ้นเสมอ

จากตารางที่ 11 (ภาคผนวก ข) เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบเป็น แบบที่ 2.9 พบว่าสำหรับทุกปัจจัยขนาดตัวอย่าง สัดส่วนการสูญหาย และระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายที่ให้ค่า AMAPE ต่ำสุดคือ วิธี EM วิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ ดังนั้นวิธี EM เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF

เมื่อทำการพิจารณาค่า AMAPE ของแต่ละวิธีการใส่ค่าสูญหายจะพบว่า เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นค่า AMAPE จะลดลง จากภาพที่ 16-18 จะเห็นว่าเมื่อสัดส่วนของการสูญหายสูงขึ้นค่า AMAPE จะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่า เมื่อระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) สูงขึ้น AMAPE จะเพิ่มสูงขึ้นเสมอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.11</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.4	0.4	10	None	1	0.3501	0.8233	1.0000
					4	0.4372	0.6373	1.0000
					16	0.3347	0.6155	1.0000
				Medium	1	0.3507	0.8171	1.0000
					4	0.4747	0.6318	1.0000
					16	0.4556	0.6141	1.0000
				High	1	0.5468	0.6905	1.0000
					4	0.5066	0.6566	1.0000
					16	0.4494	0.6402	1.0000
50	0.4	0.4	20	None	1	0.2427	0.6778	1.0000
					4	0.4070	0.5414	1.0000
					16	0.3819	0.5390	1.0000
				Medium	1	0.2526	0.7106	1.0000
					4	0.4294	0.5375	1.0000
					16	0.3804	0.5120	1.0000
				High	1	0.2090	0.8419	1.0000
					4	0.4073	0.6539	1.0000
					16	0.3838	0.6626	1.0000
50	0.4	0.4	30	None	1	0.1554	0.6360	1.0000
					4	0.3550	0.5136	1.0000
					16	0.3288	0.5217	1.0000
				Medium	1	0.1632	0.6391	1.0000
					4	0.3616	0.5198	1.0000
					16	0.3485	0.5275	1.0000
				High	1	0.5345	0.8121	1.0000
					4	0.3862	0.8057	1.0000
					16	0.2937	0.9414	1.0000

<u>ตารางที่ 4.2.11</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.4	0.4	10	None	1	0.3323	0.6457	1.0000
					4	0.3629	0.5976	1.0000
					16	0.3630	0.5974	1.0000
				Medium	1	0.3717	0.6222	1.0000
					4	0.3658	0.5956	1.0000
					16	0.3633	0.5952	1.0000
				High	1	0.4268	0.6381	1.0000
					4	0.3758	0.6150	1.0000
					16	0.3659	0.6144	1.0000
100	0.4	0.4	20	None	1	0.2392	0.5602	1.0000
					4	0.2665	0.5321	1.0000
					16	0.2667	0.5322	1.0000
				Medium	1	0.2588	0.5593	1.0000
					4	0.2722	0.5335	1.0000
					16	0.2692	0.5333	1.0000
				High	1	0.3675	0.6132	1.0000
					4	0.2755	0.5620	1.0000
					16	0.2637	0.5635	1.0000
100	0.4	0.4	30	None	1	0.1908	0.5209	1.0000
					4	0.2110	0.5167	1.0000
					16	0.2112	0.5164	1.0000
				Medium	1	0.2102	0.5296	1.0000
					4	0.2151	0.5175	1.0000
					16	0.2115	0.5176	1.0000
				High	1	0.3041	0.6693	1.0000
					4	0.2152	0.5696	1.0000
					16	0.2030	0.5769	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.11</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 17

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.4	0.4	10	None	1	0.3017	0.4985	1.0000
					4	0.2989	0.4948	1.0000
					16	0.2987	0.4946	1.0000
				Medium	1	0.3149	0.5037	1.0000
					4	0.2999	0.4955	1.0000
					16	0.2972	0.4945	1.0000
				High	1	0.3710	0.5320	1.0000
					4	0.3045	0.5052	1.0000
					16	0.2939	0.5018	1.0000
200	0.4	0.4	20	None	1	0.2210	0.4344	1.0000
					4	0.2190	0.4322	1.0000
					16	0.2191	0.4323	1.0000
				Medium	1	0.2423	0.4463	1.0000
					4	0.2234	0.4380	1.0000
					16	0.2211	0.4373	1.0000
				High	1	0.3014	0.4799	1.0000
					4	0.2194	0.4506	1.0000
					16	0.2082	0.4487	1.0000
200	0.4	0.4	30	None	1	0.1697	0.4084	1.0000
					4	0.1688	0.4068	1.0000
					16	0.1688	0.4069	1.0000
				Medium	1	0.1924	0.4182	1.0000
					4	0.1720	0.4102	1.0000
					16	0.1685	0.4094	1.0000
				High	1	0.2701	0.4604	1.0000
					4	0.1687	0.4351	1.0000
					16	0.1579	0.4386	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.12</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.4	0.4	10	None	1	0.3401	0.6737	1.0000
					4	0.4496	0.6394	1.0000
					16	0.2944	0.6237	1.0000
				Medium	1	0.4179	0.6654	1.0000
					4	0.4752	0.6327	1.0000
					16	0.3834	0.6217	1.0000
				High	1	0.5340	0.7225	1.0000
					4	0.5153	0.6564	1.0000
					16	0.4686	0.6457	1.0000
50	0.4	0.4	20	None	1	0.4752	0.7681	1.0000
					4	0.4118	0.5428	1.0000
					16	0.3372	0.5393	1.0000
				Medium	1	0.4637	0.6688	1.0000
					4	0.4357	0.5420	1.0000
					16	0.3141	0.5195	1.0000
				High	1	0.4181	0.7819	1.0000
					4	0.3750	0.6416	1.0000
					16	0.2886	0.6593	1.0000
50	0.4	0.4	30	None	1	0.2744	0.5829	1.0000
					4	0.3599	0.5140	1.0000
					16	0.2342	0.5181	1.0000
				Medium	1	0.3436	0.5946	1.0000
					4	0.3686	0.5202	1.0000
					16	0.2685	0.5231	1.0000
				High	1	0.4601	0.8489	1.0000
					4	0.4150	0.7845	1.0000
					16	0.2397	0.8963	1.0000

<u>ตารางที่ 4.2.12</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.4	0.4	10	None	1	0.3645	0.6163	1.0000
					4	0.3628	0.5978	1.0000
					16	0.3630	0.5974	1.0000
				Medium	1	0.3934	0.6134	1.0000
					4	0.3672	0.5959	1.0000
					16	0.3636	0.5953	1.0000
				High	1	0.4538	0.6958	1.0000
					4	0.3818	0.6155	1.0000
					16	0.3672	0.6144	1.0000
100	0.4	0.4	20	None	1	0.2584	0.5569	1.0000
					4	0.2662	0.5321	1.0000
					16	0.2667	0.5321	1.0000
				Medium	1	0.2863	0.5692	1.0000
					4	0.2738	0.5335	1.0000
					16	0.2696	0.5333	1.0000
				High	1	0.3483	0.7024	1.0000
					4	0.2828	0.5613	1.0000
					16	0.2652	0.5631	1.0000
100	0.4	0.4	30	None	1	0.1540	0.5470	1.0000
					4	0.2108	0.5169	1.0000
					16	0.2111	0.5164	1.0000
				Medium	1	0.1851	0.5623	1.0000
					4	0.2170	0.5172	1.0000
					16	0.2120	0.5175	1.0000
				High	1	0.2294	0.8068	1.0000
					4	0.2232	0.5663	1.0000
					16	0.2046	0.5759	1.0000

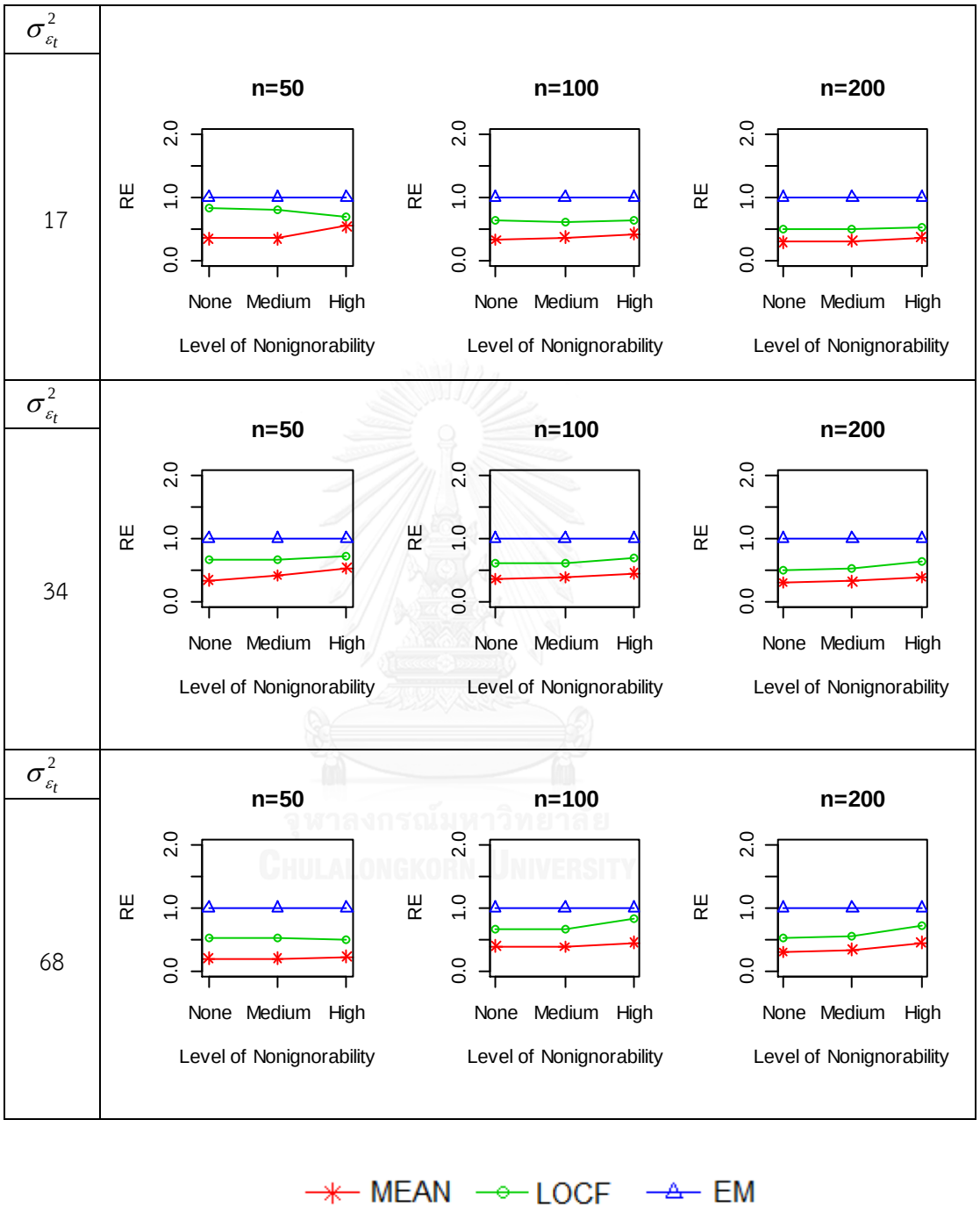
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4.2.12</u> (ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 34

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.4	0.4	10	None	1	0.3098	0.5113	1.0000
					4	0.2990	0.4950	1.0000
					16	0.2987	0.4946	1.0000
				Medium	1	0.3249	0.5289	1.0000
					4	0.3016	0.4962	1.0000
					16	0.2976	0.4946	1.0000
				High	1	0.3888	0.6386	1.0000
					4	0.3111	0.5076	1.0000
					16	0.2953	0.5022	1.0000
200	0.4	0.4	20	None	1	0.2168	0.4436	1.0000
					4	0.2191	0.4323	1.0000
					16	0.2190	0.4322	1.0000
				Medium	1	0.2501	0.4834	1.0000
					4	0.2261	0.4390	1.0000
					16	0.2215	0.4374	1.0000
				High	1	0.3361	0.6019	1.0000
					4	0.2267	0.4524	1.0000
					16	0.2097	0.4489	1.0000
200	0.4	0.4	30	None	1	0.1699	0.4237	1.0000
					4	0.1688	0.4069	1.0000
					16	0.1688	0.4069	1.0000
				Medium	1	0.2047	0.4579	1.0000
					4	0.1741	0.4110	1.0000
					16	0.1690	0.4096	1.0000
				High	1	0.2921	0.6474	1.0000
					4	0.1762	0.4346	1.0000
					16	0.1592	0.4381	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

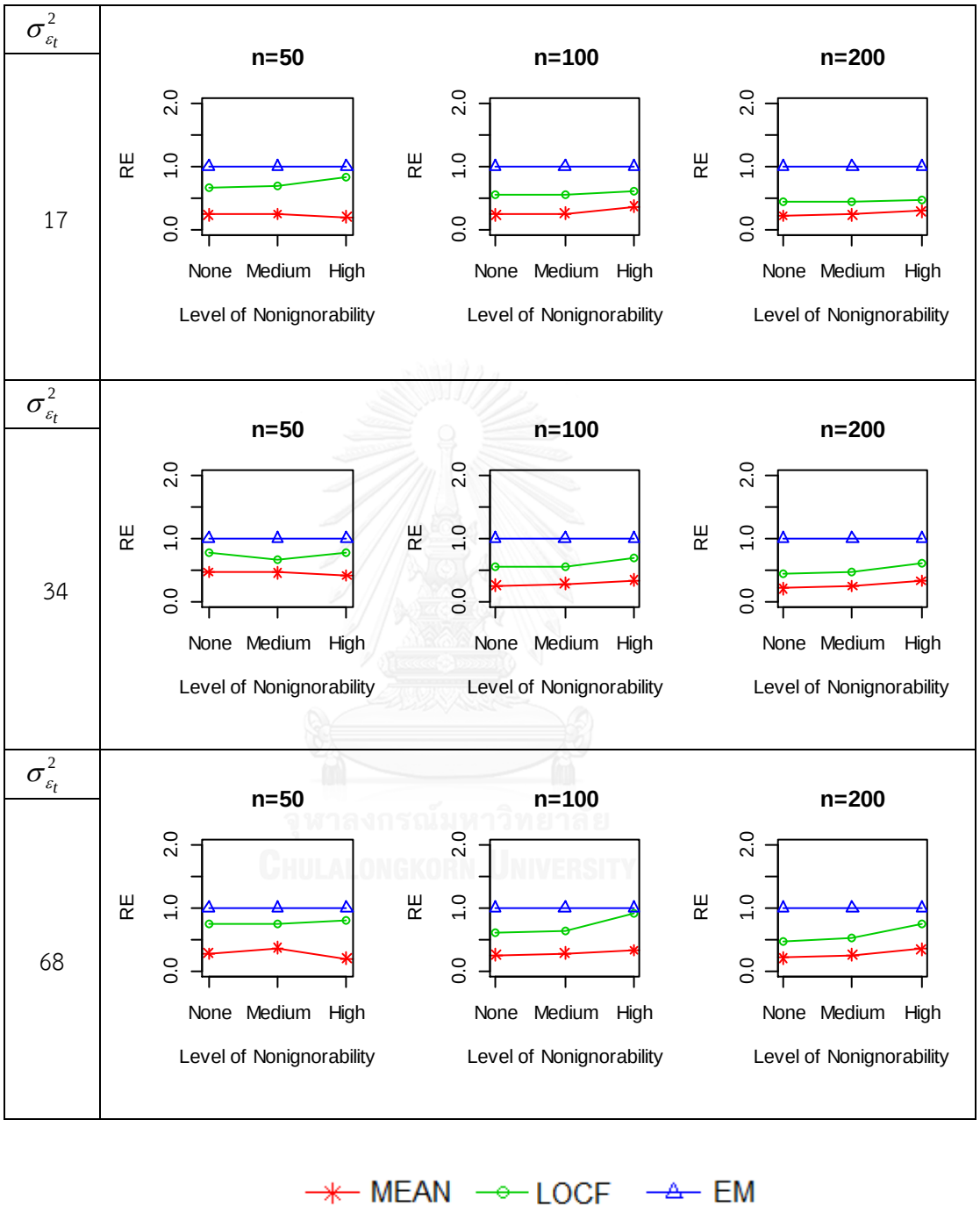
สัดส่วนการสูญหาย 10%



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

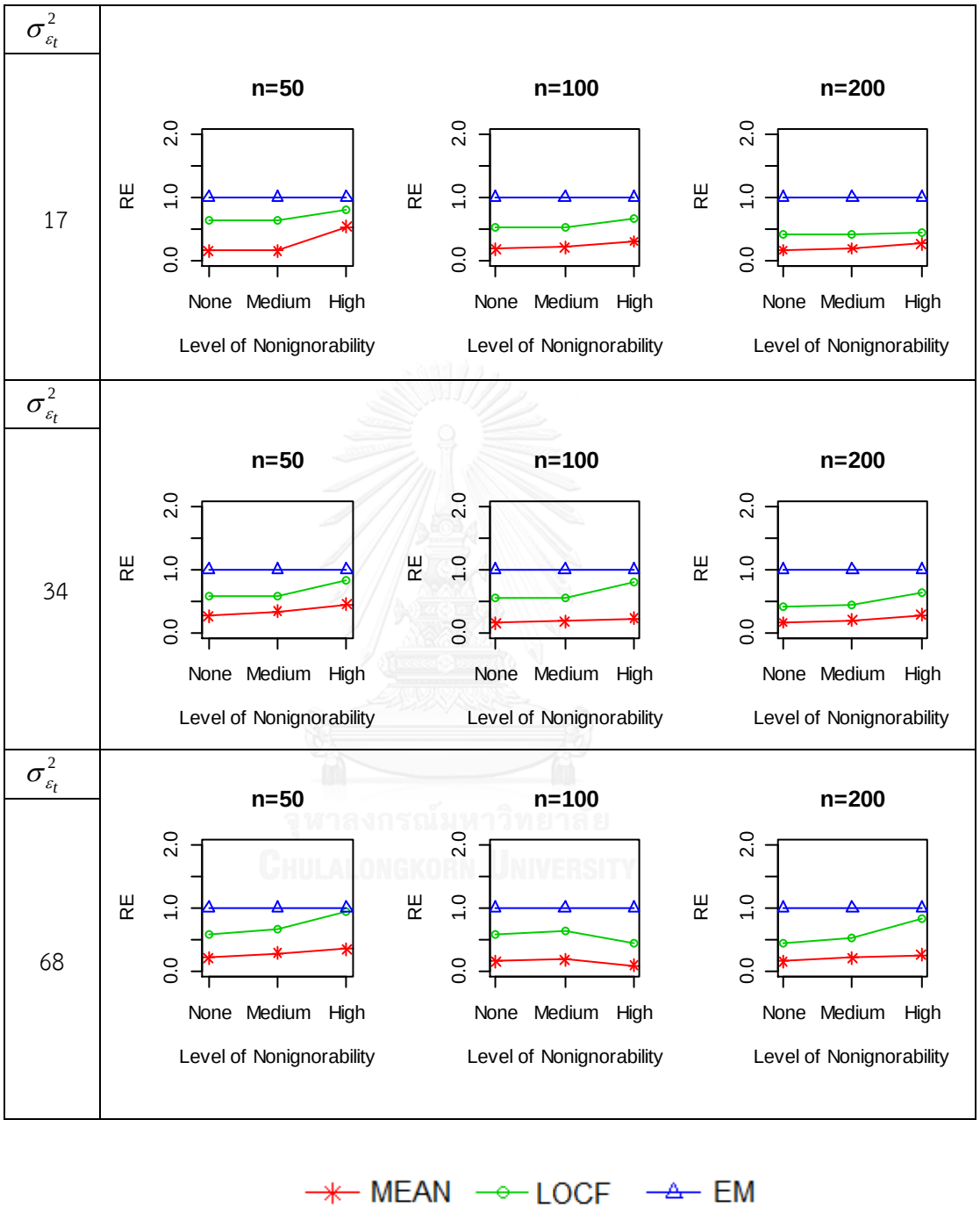
<u>ภาพที่ 4.2.25</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 20%



<u>ภาพที่ 4.2.25</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

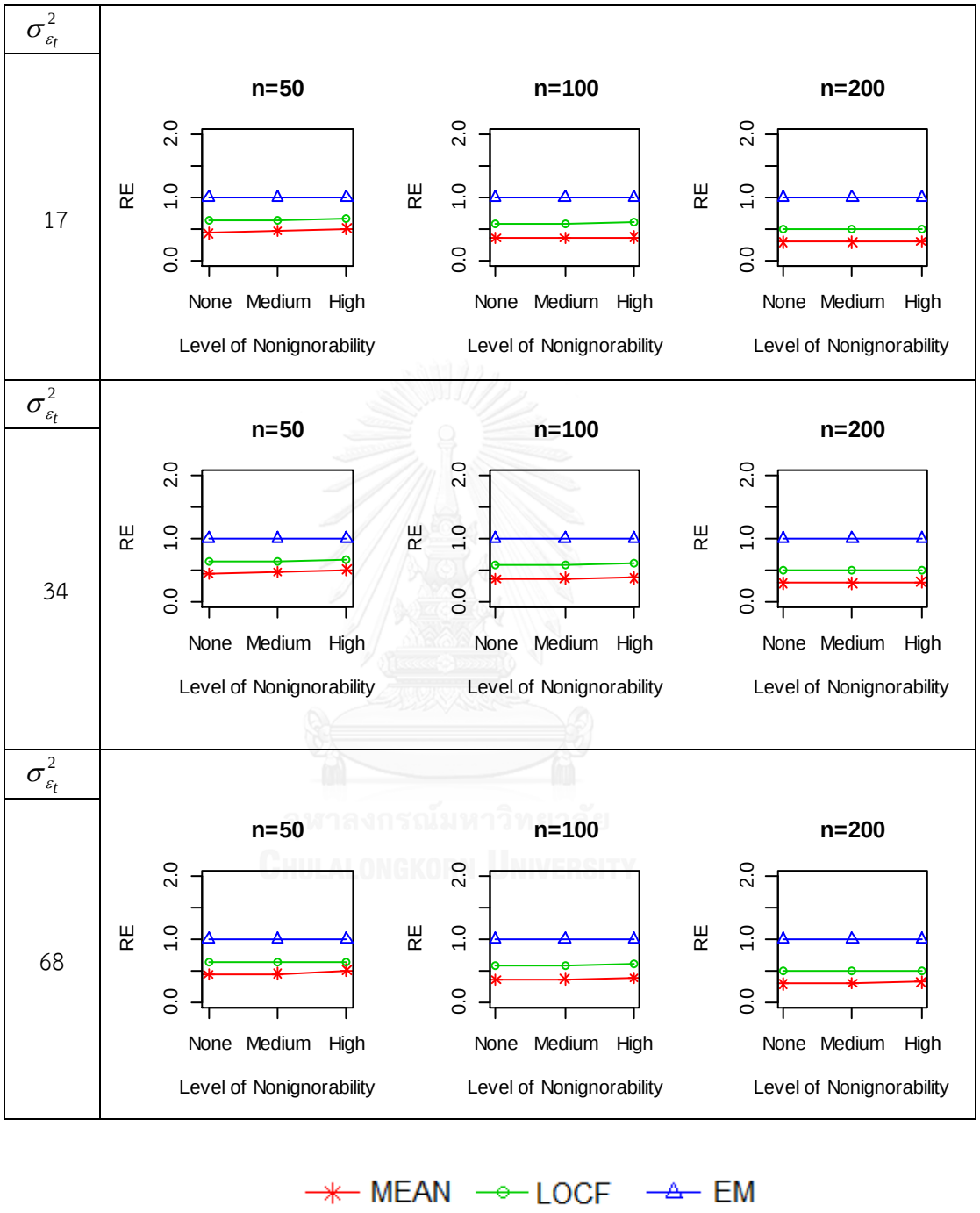
สัดส่วนการสูญหาย 30%



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ภาพที่ 4.2.25</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

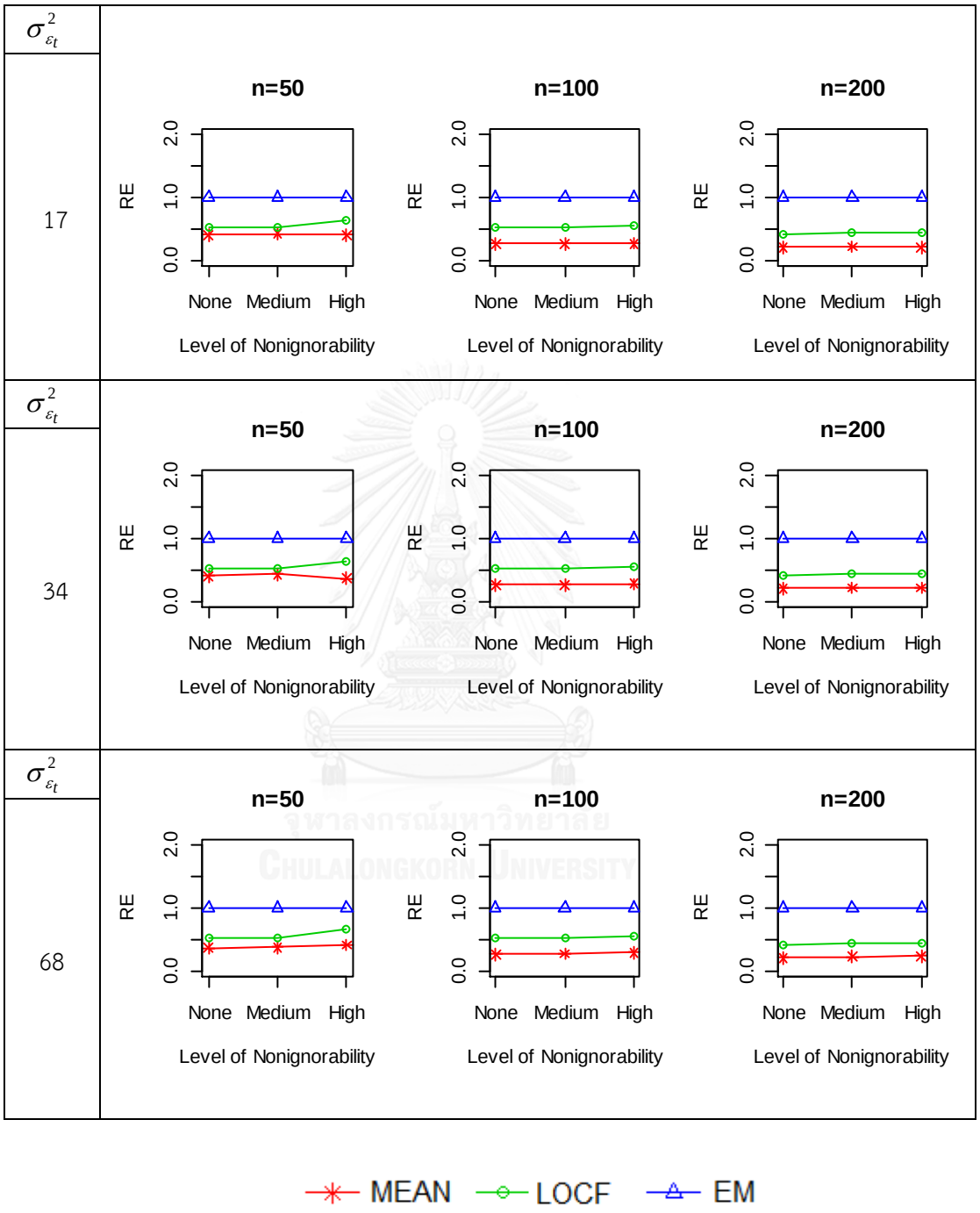
สัดส่วนการสูญหาย 10%



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ภาพที่ 4.2.26</u> แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

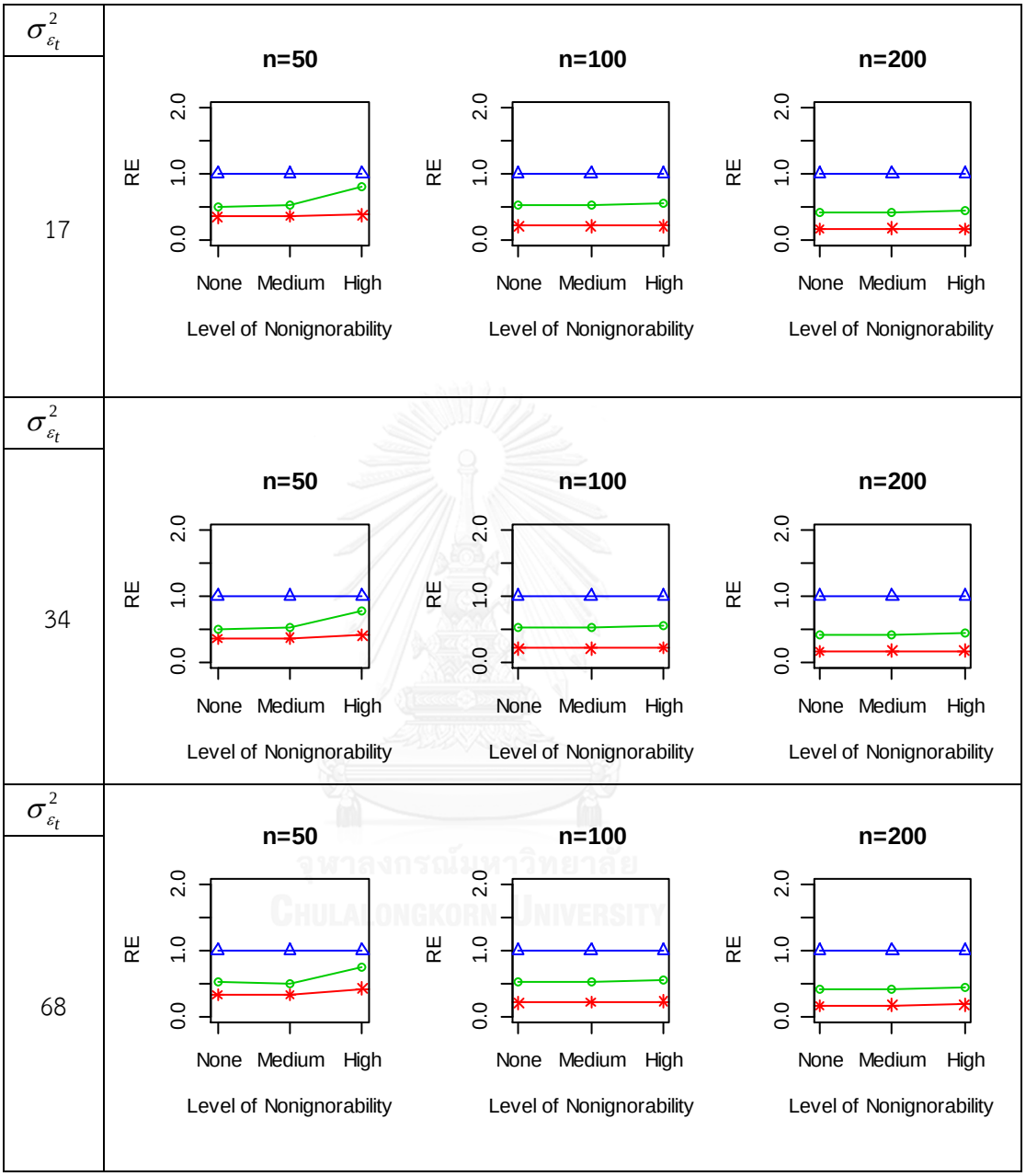
สัดส่วนการสูญหาย 20%



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

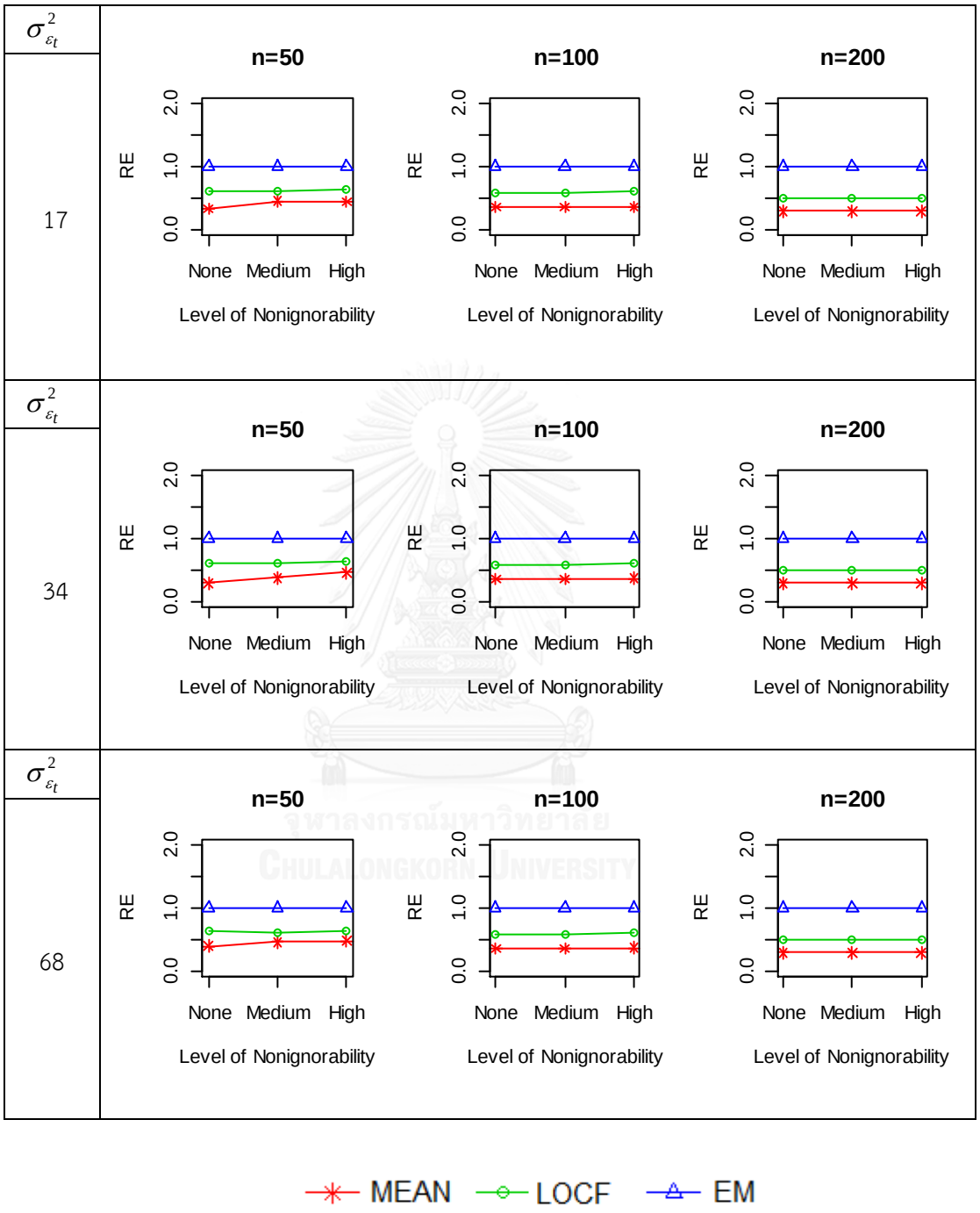
<u>ภาพที่ 4.2.26</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



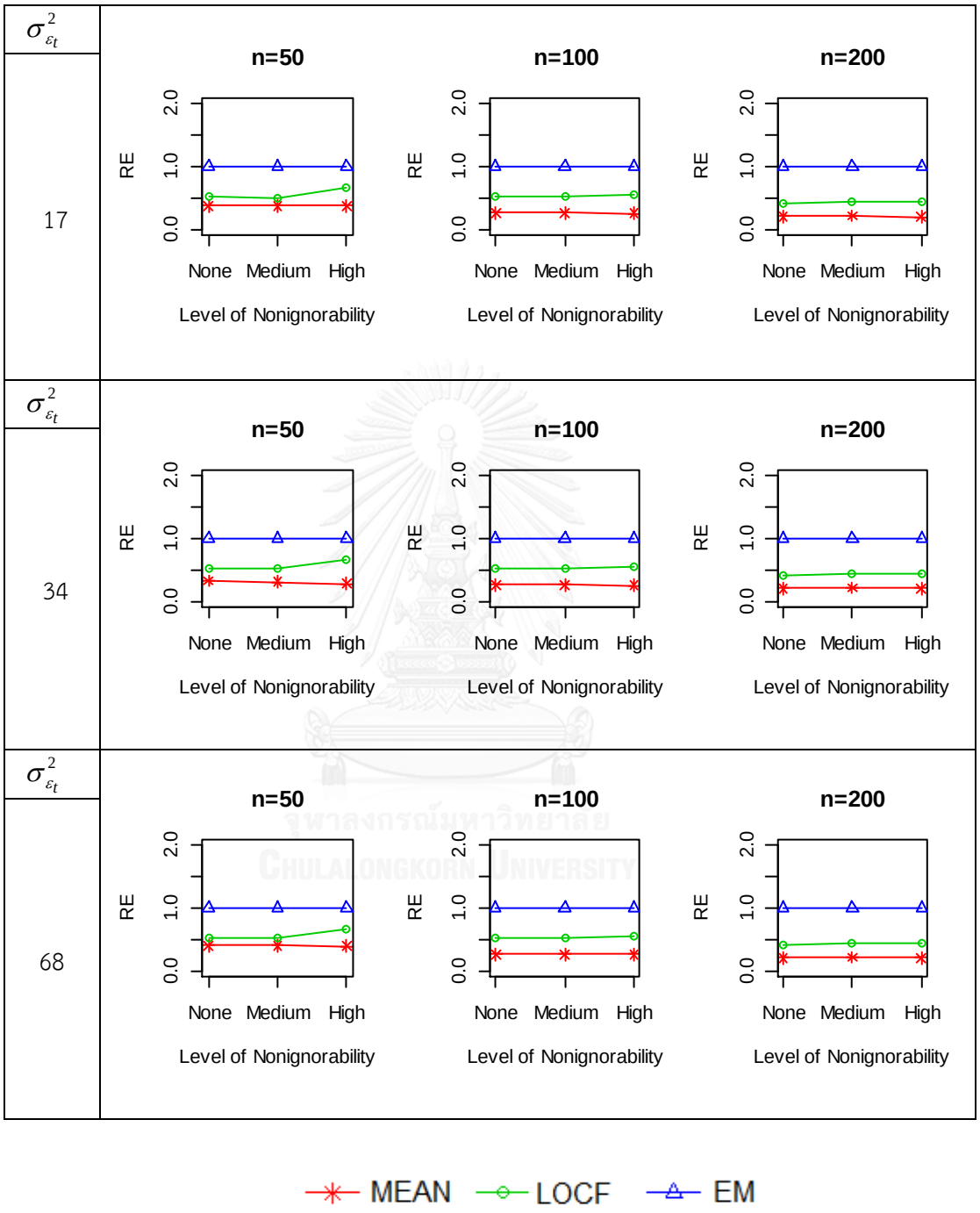
<u>ภาพที่ 4.2.26</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 10%



ภาพที่ 4.2.27 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

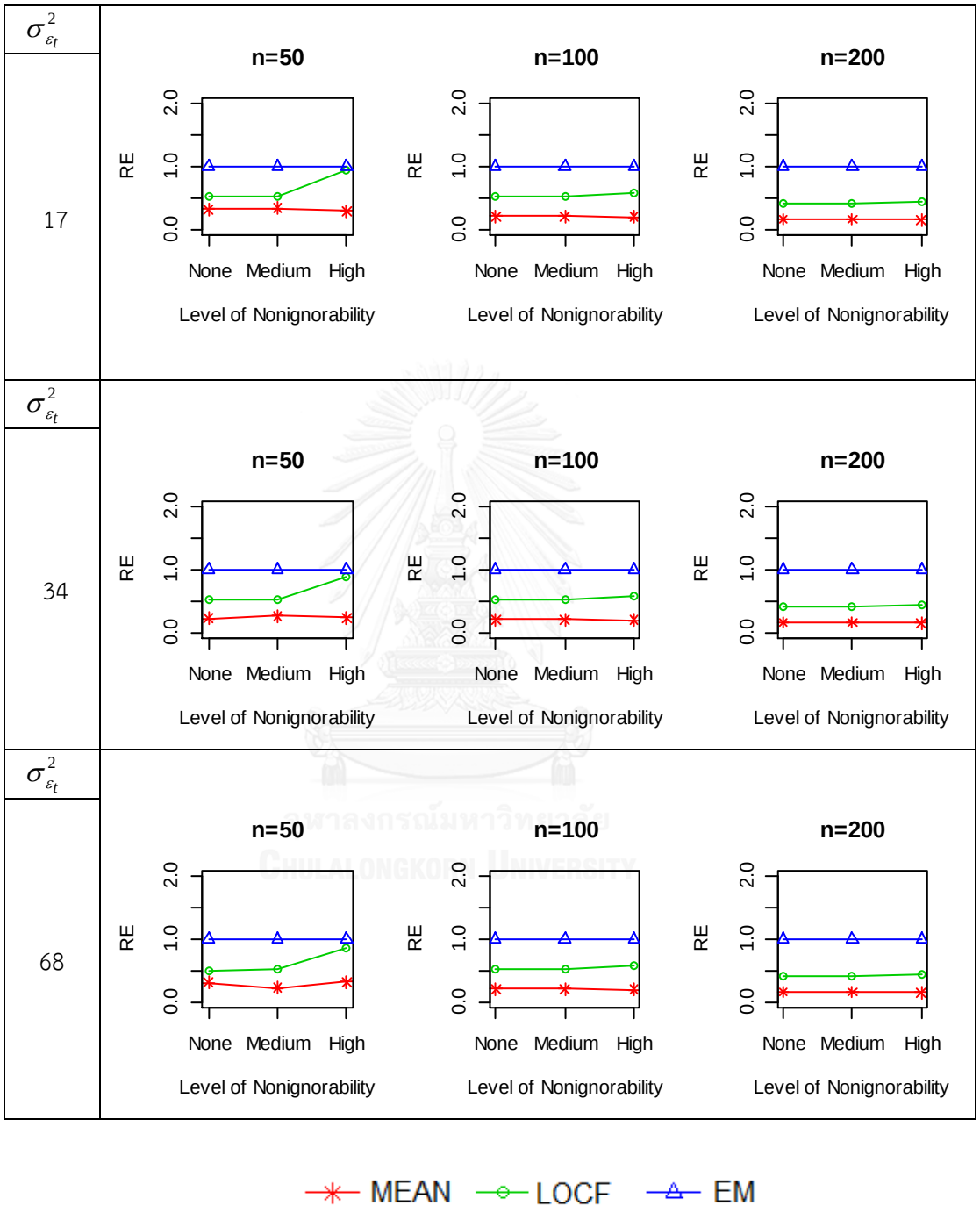
สัดส่วนการสูญหาย 20%



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ภาพที่ 4.2.27</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

สัดส่วนการสูญหาย 30%



<u>ภาพที่ 4.2.27</u> (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทั้ง 3 วิธี ด้วยค่า RE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลสำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.2.11-4.2.12, ตารางที่ 12 (ภาคผนวก ข) และภาพที่ 4.2.25-4.2.27 สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ พบว่าในกรณีที่สัดส่วนการสูญหาย 10%, 20% และ 30% ทุกระดับปัจจัยขนาดตัวอย่าง ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) วิธีการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธี EM จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ดีกว่าวิธี Mean Imputation และวิธี LOCF ตามลำดับ เมื่อทำการพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) ที่มีค่า 17, 34 และ68 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random error) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันวิธีการใส่ค่าสูญหายดังกล่าวยังคงมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าสูญหายที่ใกล้เคียงกัน สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \ \ (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ และตัวแบบ AR(2): $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ มีผลในทำนองเดียวกันกับ $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้เพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี ซึ่งได้แก่ วิธี Mean Imputation, วิธี LOCF, และวิธี EM Algorithm เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหาย พิจารณาจาก ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Average Mean Absolute Percentage Error: AMAPE) ซึ่งวิธีใดที่มีค่า AMAPE ต่ำกว่าจะเป็นวิธีที่ดีกว่า โดยได้มีการ จำลองสถานการณ์ทั้งหมด 162 สถานการณ์ ตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. การสร้างความคลาดเคลื่อนสุ่ม

1.1 สร้างข้อมูลความคลาดเคลื่อนสุ่ม (ε_t) ที่มีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และความแปรปรวนดังต่อไปนี้ $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$

$$f(\varepsilon_t;\sigma^2)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}e^{-\frac{\varepsilon_t^2}{2\sigma^2}} \quad ;-\infty<\varepsilon_t<\infty$$

$\sigma^2_{\varepsilon_t}$ เป็น 24, 48 และ 96

$\sigma^2_{\varepsilon_t}$ เป็น 18.75, 37.5 และ 75

$\sigma^2_{\varepsilon_t}$ เป็น 9, 18 และ 36

1.2 สร้างข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบและพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

ตัวแบบ AR(1) $Y_t = c+\phi_1 Y_{t-1}+\varepsilon_t$ เมื่อ $c=(1-\phi_1)\mu$ และ $|\phi_1|<1$

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 4, 16 และ 64 สำหรับ ϕ_1 เป็น 0.2

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 2.5, 10 และ 40 สำหรับ ϕ_1 เป็น 0.5

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 1, 4 และ 16 สำหรับ ϕ_1 เป็น 0.8

ตัวแบบ AR(2) $Y_t = c+\phi_1 Y_{t-1}+\phi_2 Y_{t-2}+\varepsilon_t$ เมื่อ $c=(1-\phi_1-\phi_2)\mu$ และ $\phi_1+\phi_2<1,\ \phi_2-\phi_1<1\ ,|\phi_2|<1$

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 4, 16 และ 64 สำหรับ $\phi_1=\phi_2$ เป็น 0.10

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 2.5, 10 และ 40 สำหรับ $\phi_1=\phi_2$ เป็น 0.25

กำหนดให้ c มีค่าเป็น 1, 4 และ 16 สำหรับ $\phi_1=\phi_2$ เป็น 0.40

2. การสร้างข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t

สร้างข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t จากรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแบบอนุกรมเวลา โดยใช้ข้อมูลในการสร้างตัวแปรดังกล่าวจากข้อ 1 ตามสมการของตัวแบบอนุกรมเวลาต่อไปนี้

สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad ,t = 1,2,...,n$

สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad ,t = 1,2,...,n$

โดยมีค่าพารามิเตอร์ตามข้อ 1

ตัวแบบ AR(1)

$$Y_t \sim N\left(\frac{c}{1-\phi_1}, \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\phi_1^2}\right)$$

ตัวแบบ AR(2)

$$Y_t \sim N\left(\frac{c}{1-\phi_1-\phi_2}, \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\phi_1^2-\phi_2^2}\right)$$

3. ขนาดตัวอย่าง (n) มี 3 ขนาด คือ 50,100 และ 200

4. ลักษณะการสูญหายของข้อมูล ประกอบด้วย

4.1 สัดส่วนการสูญหายของข้อมูล 3 ระดับ คือ 10%, 15% และ 20%

4.2 ระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ไม่มี, ปานกลาง และ สูง

ในการจำลองสถานการณ์จะใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) โดยใช้โปรแกรม R และในแต่ละสถานการณ์จะทำการจำลองซ้ำอีกจานวนทั้งหมด 5,000 รอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1 ผลการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Average Mean Absolute Percentage Error: AMAPE)

จากการเปรียบเทียบค่า AMAPE ที่ ได้จากวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี พบว่า โดยส่วนใหญ่สำหรับตัวแบบอนุกรมเวลา AR(1) วิธีการที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีในกรณีที่ระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตกับอนาคตในระดับต่ำ $(\phi_1 = 0.2)$มักจะเป็นวิธี Mean Imputation ยกเว้นในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเป็น200, ในกรณีที่ระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตกับอนาคตในระดับกลาง $(\phi_1 = 0.5)$ มักจะเป็นวิธี EM, ในกรณีที่ระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตกับอนาคตในระดับสูง $(\phi_1 = 0.8)$ มักจะเป็นวิธี LOCF ยกเว้นในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเป็น 200 และสำหรับตัวแบบอนุกรมเวลา AR(2) วิธีการที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีในกรณีที่ระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตกับอนาคตในระดับต่ำ $(\phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ และ $(\phi_1 = \phi_2 = 0.25)$มักจะเป็นวิธี Mean Imputation ยกเว้นในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเป็น100 และ200, ในกรณีที่ระดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตกับอนาคตในระดับกลาง $(\phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ มักจะเป็นวิธี EM ที่ให้ผลได้ดี

5.2 สรุปความแตกต่างของแต่ละวิธีการประมาณค่า

วิธี Mean Imputation

วิธี Mean Imputation เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่มีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยกว่าวิธี EM เนื่องจากใน กระบวนการคำนวณไม่จำเป็นต้องมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า สำหรับตัวแบบ AR(1) ที่มี ϕ_1 เป็น 0.2 และขนาดตัวอย่างเป็น 50 และ100 และสำหรับตัวแบบ AR(2) ที่มี $\phi_1 = \phi_2$ เป็น 0.1 ทุกขนาดตัวอย่าง และ $\phi_1 = \phi_2$ เป็น 0.25 ขนาดตัวอย่างเป็น 50 วิธี Mean จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าข้อมูลสูญหายได้ดี

วิธี Last Observation Carried Forward (LOCF)

วิธี LOCF เป็นวิธีการใส่ค่าสูญหายที่มีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยกว่าวิธี EM เนื่องจากในกระบวนการคำนวณไม่จำเป็นต้องมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ซึ่งจากผลการวิจัย พบว่า สำหรับตัวแบบ AR(1) ที่มี ϕ_1 เป็น 0.8 และขนาดตัวอย่างเป็น 50 และ100 วิธี LOCF จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าข้อมูลสูญหายได้ดี

วิธี EM Algorithm

วิธี EM เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุดในทุกกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลา มีระดับความสัมพันธ์ระดับกลาง และในกรณีที่ขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่(n=200) และยังมีประสิทธิภาพดีในบางกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลามีระดับของการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ผลการวิจัยพบว่า พบว่า สำหรับตัวแบบ AR(1) ที่มี ϕ_1 เป็น 0.5 ทุกขนาดตัวอย่าง และสำหรับตัวแบบ AR(2) ที่มี $\phi_1 = \phi_2$ เป็น 0.4 ทุกขนาดตัวอย่างวิธี EM จะมีประสิทธิภาพในการใส่ค่าข้อมูลสูญหายได้ดี

<u>ตารางที่ 5.1</u> สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(1) ที่มี $\phi_1 = 0.2$

σ_ε^2	%	ระดับการสูญหาย	C		
			4	16	64
24	10	None	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		Medium	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		High	MEAN	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50) EM(100,200)
	20	None	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		Medium	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		High	MEAN	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
	30	None	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		Medium	MEAN	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		High	MEAN	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
48	10	None	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		Medium	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		High	MEAN	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50) EM(100,200)
	20	None	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		Medium	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		High	MEAN	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
	30	None	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		Medium	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		High	MEAN	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
96	10	None	EM	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		Medium	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		High	EM(50) MEAN(100,200)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50) EM(100,200)
	20	None	EM(50,200) MEAN(100)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		Medium	EM(50,200) MEAN(100)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		High	MEAN	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
	30	None	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		Medium	MEAN	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)
		High	LOCF(50) MEAN(100,200)	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50,100) EM(200)

<u>ตารางที่ 5.2</u> สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(1) ที่มี $\phi_1 = 0.5$

σ_ε^2	%	ระดับการสูญหาย	C		
			2.5	10	40
18.75	10	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	20	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	30	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
37.5	10	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	20	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	30	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
75	10	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	20	None	EM	EM	EM
		Medium	MEAN(50) EM(100,200)	EM	EM
		High	MEAN(50) EM(100,200)	EM	EM
	30	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	LOCF(50) EM(100,200)	EM	EM

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 5.3</u> สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(1) ที่มี $\phi_1 = 0.8$

σ_ε^2	%	ระดับการสูญหาย	C		
			1	4	16
9	10	None	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		Medium	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		High	LOCF(50) EM(100,200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
	20	None	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		Medium	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		High	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
	30	None	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		Medium	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		High	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
18	10	None	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		Medium	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		High	LOCF(50) EM(100,200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
	20	None	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		Medium	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		High	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
	30	None	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		Medium	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		High	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
36	10	None	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		Medium	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		High	LOCF(50) EM(100,200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
	20	None	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		Medium	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		High	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
	30	None	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		Medium	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)
		High	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)	LOCF(50,100) EM(200)

<u>ตารางที่ 5.4</u> สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(2) ที่มี $\phi_1 = \phi_2 = 0.1$

σ_ε^2	%	ระดับการสูญหาย	C		
			4	16	64
24.5	10	None	MEAN	MEAN	MEAN
		Medium	MEAN	MEAN	MEAN
		High	MEAN	MEAN	MEAN
	20	None	MEAN	MEAN	MEAN
		Medium	MEAN	MEAN	MEAN
		High	MEAN	MEAN	MEAN
	30	None	MEAN	MEAN	MEAN
		Medium	MEAN	MEAN	MEAN
		High	MEAN	MEAN	MEAN
49	10	None	MEAN	MEAN	MEAN
		Medium	MEAN	MEAN	MEAN
		High	MEAN	MEAN	MEAN
	20	None	MEAN	MEAN	MEAN
		Medium	MEAN	MEAN	MEAN
		High	MEAN	MEAN	MEAN
	30	None	MEAN	MEAN	MEAN
		Medium	MEAN	MEAN	MEAN
		High	MEAN	MEAN	MEAN
98	10	None	MEAN	MEAN	MEAN
		Medium	MEAN	EM(50) MEAN(100,200)	EM(50) MEAN(100,200)
		High	MEAN	MEAN	MEAN
	20	None	MEAN	MEAN	MEAN
		Medium	MEAN	MEAN	MEAN
		High	MEAN	MEAN	MEAN
	30	None	MEAN	MEAN	MEAN
		Medium	MEAN	MEAN	MEAN
		High	MEAN	LOCF(50) MEAN(100,200)	MEAN

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 5.5</u> สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(2) ที่มี $\phi_1 = \phi_2 = 0.25$

σ_ε^2	%	ระดับการสูญหาย	C		
			2.5	10	40
21.875	10	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	20	None	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		Medium	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		High	MEAN(50) EM(100,200)	EM	EM
	30	None	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		Medium	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		High	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
43.75	10	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	MEAN(50) EM(100,200)	EM	EM
	20	None	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		Medium	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		High	MEAN(50) EM(100,200)	EM	EM
	30	None	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		Medium	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		High	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
87.5	10	None	LOCF (50) EM(100,200)	EM	EM
		Medium	LOCF (50) EM(100,200)	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	20	None	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		Medium	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		High	EM(50,100) MEAN(200)	MEAN(50) EM(100,200)	EM
	30	None	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		Medium	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)
		High	MEAN(50,100) EM(200)	MEAN(50) EM(100,200)	MEAN(50) EM(100,200)

<u>ตารางที่ 5.6</u> สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าสูญหายทั้ง 3 วิธี สำหรับตัวแบบ AR(2) ที่มี $\phi_1 = \phi_2 = 0.4$

σ_ε^2	%	ระดับการสูญหาย	C		
			1	4	16
17	10	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	20	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	30	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
34	10	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	20	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	30	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
68	10	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	20	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM
	30	None	EM	EM	EM
		Medium	EM	EM	EM
		High	EM	EM	EM

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Average Mean Absolute Percentage Error: AMAPE) ของแต่ละวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหาย

1. ขนาดตัวอย่าง

เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น จะมีผลทำให้ค่า AMAPE ของวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนขนาดตัวอย่างจะช่วยให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์มีแนวโน้มลดลงลดลง

2. สัดส่วนของการสูญหาย

เมื่อข้อมูลอนุกรมเวลามีสัดส่วนของการสูญหายเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่า AMAPE ของวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายสูงขึ้นในกรณีที่มีตัวแบบ AR(1) เพราะเมื่อข้อมูลอนุกรมเวลาเกิดการสูญหายมากจะมีผลทำให้มีความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าสูญหายเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้ผิดพลาดจากค่าจริงมากขึ้น แต่ในกรณีที่มีตัวแบบ AR(2) จะพบว่าบางครั้งในกรณีที่สัดส่วนการสูญหายต่ำ ๆ ค่า AMAPE กลับมีค่าสูงกว่าในกรณีที่ สัดส่วนการสูญหายสูง ๆ ซึ่งมักพบกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ระดับความสัมพันธ์ของข้อมูลในอดีตและอนาคตที่อยู่ระดับต่ำเช่น $\phi_1 = 0.1$

3. ระดับของการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable)

เมื่อข้อมูลอนุกรมเวลามีระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลที่สูงขึ้น โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีผลทำให้ค่า AMAPE มีค่าสูงขึ้นด้วย แต่ก็มีบางกรณีที่ค่า AMAPE ไม่ได้มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นแต่กลับมีแนวโน้มที่ลดลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเลือกใช้วิธีการใส่ค่าสูญหายดังกล่าว เพราะ วิธี Mean Imputation วิธี LOCF และวิธี EM ถูกพัฒนามาจากรูปแบบการสูญหายแบบสุ่ม ดังนั้นการนำวิธีการเหล่านี้มาใช้กับกลไกการสูญหายที่ไม่ได้เกิดการสูญหายแบบสุ่มย่อมมีผลลัพธ์ที่แตกต่างไปบ้างในบางกรณี

Chulalongkorn University

4. ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม

เมื่อเพิ่มค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มให้สูงขึ้น จะเห็นว่าประสิทธิภาพในการใส่ค่าข้อมูลสูญหายยังคงไม่เปลี่ยนแปลงไป นั้นหมายความว่าการเพิ่มค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีผลกระทบน้อยมากกับอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบ AR(1) และAR(2)

5. พารามิเตอร์ในตัวแบบอนุกรมเวลา

จากผลการวิจัยพบว่าพารามิเตอร์ในตัวแบบที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายคือ พารามิเตอร์ ϕ_1, ϕ_2 เพราะเป็นพารามิเตอร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในอดีตและอนาคต แต่พารามิเตอร์ c เป็นเพียงค่าคงที่ในตัวแบบเท่านั้นไม่ได้เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ของข้อมูล

5.4 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้ จะมีข้อเสนอแนะเป็น 2 ด้าน คือ

5.4.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์

เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการใส่ค่าสูญหาย เมื่อข้อมูลอนุกรมเวลามีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) ได้อย่างเหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์

ในทางปฏิบัติแล้วเมื่อเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายก็มักจะตัดข้อมูลที่สูญหายทิ้ง และ พิจารณาเฉพาะข้อมูลที่สมบูรณ์ แต่ในกรณีที่ข้อมูลมีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) นั้น การตัด ชุดข้อมูลที่สูญหายทิ้งจะส่งผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์ข้อมูลและมีความเสี่ยงในการที่จะได้ผลสรุปที่ผิดพลาดมากกว่าการสูญหายแบบสุ่ม ดังนั้นจึงต้องทำการใส่ค่าสูญหายด้วยวิธี Mean Imputation วิธี LOCF หรือวิธี EM ตามแต่ความเหมาะสมของสถานการณ์

5.4.2 ด้านการศึกษาวิจัย

เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจได้ศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งในการศึกษาครั้งต่อ ๆไปอาจทำการศึกษาในกรณีต่าง ๆดังต่อไปนี้

1. ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเฉพาะกรณีที่ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติและมีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) สำหรับงานวิจัยครั้งต่อไปอาจทำการศึกษากรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลามีความคลาดเคลื่อนสุ่ม รูปแบบการแจกแจงแบบอื่น ๆ ซึ่งการที่ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจกเปลี่ยนไป อาจจะทำให้ได้ผลการวิจัยที่ไม่เหมือนเดิม

2. งานวิจัยนี้ทำการศึกษาตัวแบบอนุกรมเวลา AR(1) และ AR(2) ที่มีคุณสมบัติคงที่ เพียงอย่างเดียวเท่านั้น สำหรับผู้ที่สนใจ สามารถศึกษาเพิ่มเติมในกรณีต่อไปนี้

1. ตัวแบบอนุกรมเวลาที่อันดับสูงขึ้นเช่น AR(p), MA(1), MA(2)
2. ตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติไม่คงที่เช่น ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,2,1)
3. ตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

3. ทำการศึกษาและพัฒนาวิธี EM เพื่อใช้สำหรับประมาณค่าสูญหายในกรณีที่มีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล (Nonignorable) โดยในขั้น E-Step ซึ่งเป็นการหาค่าคาดหวัง อาจเพิ่มข้อมูลในส่วนที่มีการสูญหายเข้าไปในเงื่อนไขด้วย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

นุชจิรัตน์ ธีระกนก. (2535). การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสูญหายในข้อมูลอนุกรมเวลา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประชุม สุวัตถี. (2552). การสำรวจด้วยตัวอย่าง การชักตัวอย่างและการวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์.

ปารเมนทร คูรัตน์. (2539). การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ *ARIMA* เมื่อมีข้อมูลสูญหายแบบสุ่ม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มุกดา แม้นมินทร์. (2549). อนุกรมเวลาและการพยากรณ์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประกายพรึก.

ภาษาอังกฤษ

Farnum, N. R., & Stanton, L. V. W. (1989). *Quantitative forecasting methods*. PWS-Kent Pub. Co.

Ferreiro, O. (1987). Methodologies for the Estimation of Missing Observations in Time Series. *Statistics & Probability Letters.,* 5, 65-69.

Harvey, A. C., & Pierse, R. G. (1984). Estimating Missing Observations in Economic Time Series. *Journal of the American Statistical Association,* 79(385), 125-131.

Jones, R. H. (1980). Maximum likelihood fitting of ARMA models to time series with missing observations. *Technometrics,* 22, 389-395.

Kohn, R., & Ansley, C. F. (1986). Estimation, Prediction, and Interpolation for ARIMA Models with Missing Data. *Journal of the American Statistical Association,* 81(395), 751-761.

Little, R. J. A., & Rubin, D. B. (2002). *Statistical analysis with missing data*. New York: John Wiley & Sons.

Mahir, A., & Al-khazaleh. (2008). Estimation of missing data by using the filtering process in a time series modeling. *Journal of Statistics*, 1-12.

Nakai, M., Chen, D., Nishimura, K., & Miyamoto, Y. (2014). Comparative Study of Four Methods in Missing Value Imputations under Missing Completely at Random Mechanism. *Open Journal of Statistics,* 4 (1), 27-37.

Olinsky, A., Chen, S., & Harlow, L. (2003). The comparative efficacy of imputation methods for missing data in structural equation modeling. *European Journal of Operational Research,* 151, 53-79.

Pankratz, A. (2009). *Forecasting with Univariate Box - Jenkins Models*. Concepts and Cases: Wiley.

Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายละเอียดของโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 3.1.1 ในการจำลองข้อมูลและการประมาณค่าอนุกรมเวลาของแต่ละวิธี ในตัวแบบAR(1) และ AR(2)

ตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่ 1

```
#AR(1)
datamape_mean_C<-datamape_LOCF_C<-datamape_EM_C<-datamape_mean_PHI<-
datamape_LOCF_PHI<-datamape_EM_PHI<-matrix(,3,3,dimname=list(c("None","Medium"
,"High"),paste0(c(10,20,30),"%")))
#EM Algorithm
impute.em<-function(ar1,phi,diff=0.001,max_loop=10000){
                posi_miscom<-posi_mis<-which(is.na(ar1))
                keep_cphi<-c()
        while(length(posi_miscom)>0){
                para<-arima(na.omit(ar1),order=c(1,0,0),method="ML")
                c_phi<-c(para$coef[1],para$coef[2]*(1-para$coef[1]))
                ar1[posi_miscom]<-c_phi[2]+ar1[posi_miscom-1]*c_phi[1]
                keep_cphi<-rbind(keep_cphi,c_phi)
                posi_miscom<-which(is.na(ar1))}
                paranew<-arima(na.omit(ar1),order=c(1,0,0),method="ML")
                c_phinew<-c(paranew$coef[1],paranew$coef[2]*(1-paranew$coef[1]))
                ar1[posi_mis]<-c_phinew[2]+ar1[posi_mis-1]*c_phinew[1]
                keep_cphi<-rbind(keep_cphi,c_phinew)
        N<-0
        while(max(abs(c_phi-c_phinew))>diff&N<max_loop){
                c_phi<-c_phinew
                paranew<-arima(na.omit(ar1),order=c(1,0,0),method="ML")
                c_phinew<-c(paranew$coef[1],paranew$coef[2]*(1-paranew$coef[1]))
                ar1[posi_mis]<-c_phinew[2]+ar1[posi_mis-1]*c_phinew[1]
                keep_cphi<-rbind(keep_cphi,c_phinew)
                N<-N+1}
                return(list(y=ar1,param=keep_cphi))}
```

```
#OLS AR(1)#
estim_phinew<-function(ar1){
        estm<-ar.ols(ar1,order=1,demean=F,intercept=T)
        c(estm$ar,estm$x.intercept*(1-estm$ar))}

cons<-16
phi<-0.8
var_err<-9
n<-50
m<-5000
mu<-cons/(1-phi)
sd<-sqrt(var_err/(1-phi^2))
j<-0
set.seed(12345)
ar.1<-ar.1_miss<-all_mean<-LOCF<-EM<-matrix(,m,n)
keeppara_true<-keepparaMean<-keepparaLOCF<-keepparaEM<-c()
region<-qnorm(c(1/3,2/3),mu,sd)
        while(j<m){
                error<-rnorm(n,0,sqrt(var_err))
y0<-rnorm(1,mu,sd)
y<-cons+phi*y0+error[1]
        for(i in 2:n){
        y[i]<-cons+phi*y[i-1]+error[i]
        }
para_true<-estim_phinew(y)
if(length(para_true)==2){

#Find cut point AR(1)#
arpart1<-ifelse(y<region[1],1,ifelse(y<region[2],2,3))
miss<-numeric(49)
while(sum(miss)==0)miss<-rbinom(49,1,0.10)
#while(sum(miss)==0)miss<-rbinom(49,1,ifelse(y[-1]<region[1],0.06,ifelse(y[-
1]<region[2],0.30,0.54)))
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
miss<-c(0,miss)
y_miss<-ifelse(miss==1,NA,y)
data<-impute.em(y_miss,phi)
        EM_initial<-data$y
paraEM<-estim_phinew(EM_initial)
if(length(paraEM)==2){
all_mean_initial<-ifelse(miss==1,mean(y_miss,na.rm=T),y_miss)
para_mean<-estim_phinew(all_mean_initial)
if(length(para_mean)==2){
posit_miss<-which(is.na(y_miss))
rowar.1_miss<-y_miss
for(i in posit_miss)rowar.1_miss[i]<-rowar.1_miss[i-1]
LOCF_initial<-rowar.1_miss
para_LOCF<-estim_phinew(LOCF_initial)
if(length(para_LOCF)==2){
        j<-j+1
        ar.1[j,]<-y
        ar.1_miss[j,]<-y_miss
        EM[j,]<-EM_initial
all_mean[j,]<-all_mean_initial
                LOCF[j,]<-LOCF_initial
keepparaMean<-rbind(keepparaMean,para_mean)
keepparaLOCF<-rbind(keepparaLOCF,para_LOCF)
keepparaEM<-rbind(keepparaEM,paraEM)
keeppara_true<-rbind(keeppara_true,para_true)
pie(c(j,m-j),c(j,m-j),radius=1,clockwise=T)
}       }}}}

mape_paramean<-colMeans(abs((keepparaMean-keeppara_true)/keeppara_true))*100
mape_paralocf<-colMeans(abs((keepparaLOCF-keeppara_true)/keeppara_true))*100
mape_paraEM<-colMeans(abs((keepparaEM-keeppara_true)/keeppara_true))*100
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
#For Parameter PHI#
#MAPE#
datamape_mean_PHI[1,1]<-mape_paramean[1]
datamape_LOCF_PHI[1,1]<-mape_paralocf[1]
datamape_EM_PHI[1,1]<-mape_paraEM[1]

#For Constant#
#MAPE#
datamape_mean_C[1,1]<-mape_paramean[2]
datamape_LOCF_C[1,1]<-mape_paralocf[2]
datamape_EM_C[1,1]<-mape_paraEM[2]

#AMAPE#
AMAPE_MEAN<-(datamape_mean_C+datamape_mean_PHI)/2
AMAPE_LOCF<-(datamape_LOCF_C+datamape_LOCF_PHI)/2
AMAPE_EM<-(datamape_EM_C+datamape_EM_PHI)/2

#RE#
RE1<-AMAPE_EM/AMAPE_MEAN
RE2<-AMAPE_EM/AMAPE_LOCF
RE3<-AMAPE_EM/AMAPE_EM

#Plot Graph AMAPE
#Graph Mean Method
par(mfrow=c(1,3))
plot(AMAPE_MEAN[,1],ylim=c(0,250),main="Method Mean",xlab="Level of Nonignorability",
ylab="AMAPE",xaxt="n",pch=8,col="red")
lines(1:3,AMAPE_MEAN[,1],col="red")
axis(1,1:3,rownames(AMAPE_MEAN))
for(i in 2:3){
        points(1:3,AMAPE_MEAN[,i],pch=ifelse(i==2,1,2),col=i+1)
        lines(1:3,AMAPE_MEAN[,i],col=i+1)}
#legend("top",colnames(AMAPE_MEAN),ncol=3,lty=c(1,1,1),pch=c(8,1,2),col=2:4,bty="n")
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
#Graph LOCF Method
plot(AMAPE_LOCF[,1],ylim=c(0,250),main="Method LOCF",xlab="Level of Nonignorability ",
ylab="AMAPE",xaxt="n",pch=8,col="red")
lines(1:3,AMAPE_LOCF[,1],col="red")
axis(1,1:3,rownames(AMAPE_LOCF))
for(i in 2:3){
        points(1:3,AMAPE_LOCF[,i],pch=ifelse(i==2,1,2),col=i+1)
        lines(1:3,AMAPE_LOCF[,i],col=i+1)}
#legend("top",colnames(AMAPE_LOCF),ncol=3,lty=c(1,1,1),pch=c(8,1,2),col=2:4,bty="n")
#windows()
#Graph EM Method
plot(AMAPE_EM[,1],ylim=c(0,250),main="Method EM",xlab="Level of Nonignorability ",
ylab="AMAPE",xaxt="n",pch=8,col="red")
lines(1:3,AMAPE_EM[,1],col="red")
axis(1,1:3,rownames(AMAPE_EM))
for(i in 2:3){
        points(1:3,AMAPE_EM[,i],pch=ifelse(i==2,1,2),col=i+1)
        lines(1:3,AMAPE_EM[,i],col=i+1)}
#legend("top",colnames(AMAPE_EM),ncol=3,lty=c(1,1,1),pch=c(8,1,2),col=2:4,bty="n")
```

ตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่ 2

```
#AR(2)
datamape_mean_C<-datamape_LOCF_C<-datamape_EM_C<-datamape_mean_PHI1<-
datamape_LOCF_PHI1<-datamape_EM_PHI1<- datamape_mean_PHI2<-datamape_LOCF_PHI2<-
datamape_EM_PHI2<-matrix(,3,3,dimname=list(c("None","Medium"
,"High"),paste0(c(10,20,30),"%")))
#EM
impute.em<-function(ar2,phi1,phi2,diff=0.001,max_loop=10000){
                posi_miscom<-posi_mis<-which(is.na(ar2))
                keep_cphi<-c()
        while(length(posi_miscom)>0){
                para<-arima(na.omit(ar2),order=c(2,0,0),method="ML")
                c_phi<-c(para$coef[1:2],para$coef[3]*(1-sum(para$coef[1:2])))
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
                ar2[posi_miscom]<-c_phi[3]+ar2[posi_miscom-1]*c_phi[1]+ar2[posi_miscom-
2]*c_phi[2]
                keep_cphi<-rbind(keep_cphi,c_phi)
                posi_miscom<-which(is.na(ar2))}
                paranew<-arima(na.omit(ar2),order=c(2,0,0),method="ML")
                c_phinew<-c(paranew$coef[1:2],paranew$coef[3]*(1-sum(paranew$coef[1:2])))
                ar2[posi_mis]<-c_phinew[3]+ar2[posi_mis-1]*c_phinew[1]+ar2[posi_mis-
2]*c_phinew[2]
                keep_cphi<-rbind(keep_cphi,c_phinew)
        N<-0
        while(max(abs(c_phi-c_phinew))>diff&N<max_loop){
                c_phi<-c_phinew
                paranew<-arima(na.omit(ar2),order=c(2,0,0),method="ML")
                c_phinew<-c(paranew$coef[1:2],paranew$coef[3]*(1-sum(paranew$coef[1:2])))
                ar2[posi_mis]<-c_phinew[3]+ar2[posi_mis-1]*c_phinew[1]+ar2[posi_mis-
2]*c_phinew[2]
                keep_cphi<-rbind(keep_cphi,c_phinew)
                N<-N+1}
                return(list(y=ar2,param=keep_cphi))}

#OLS AR(2)#
estim_phinew<-function(ar2){
        estm<-ar.ols(ar2,order=2,demean=F,intercept=T)
        c(estm$ar,estm$x.intercept*(1-sum(estm$ar)))}

cons<-10
phi1<-0.25
phi2<-0.25
var_err<-21.875
n<-50
m<-5000
mu<-cons/(1-phi1-phi2)
sd<-sqrt(var_err/(1-phi1^2-phi2^2))
j<-0
set.seed(2345)
```

```
ar.2<-ar.2_miss<-all_mean<-LOCF<-EM<-matrix(,m,n)
keeppara_true<-keepparaMean<-keepparaLOCF<-keepparaEM<-c()
region<-qnorm(c(1/3,2/3),mu,sd)
        while(j<m){
                error<-rnorm(n,0,sqrt(var_err))
y0<-rnorm(2,mu,sd)
y<-cons+phi1*y0[2]+phi2*y0[1]+error[1]
y[2]<-cons+phi1*y+phi2*y0[2]+error[2]
        for(i in 3:n){
        y[i]<-cons+phi1*y[i-1]+phi2*y[i-2]+error[i]
        }
para_true<-estim_phinew(y)
if(length(para_true)==3){
#Find cut point AR(2)#
arpart2<-ifelse(y<region[1],1,ifelse(y<region[2],2,3))
miss<-numeric(48)
while(sum(miss)==0)miss<-rbinom(48,1,0.1)
#while(sum(miss)==0)miss<-rbinom(48,1,ifelse(y[-(1:2)]<region[1],0.06,ifelse(y[-
(1:2)]<region[2],0.30,0.54)))
miss<-c(0,0,miss)
y_miss<-ifelse(miss==1,NA,y)
data<-impute.em(y_miss,phi1,phi2)
        EM_initial<-data$y
paraEM<-estim_phinew(EM_initial)
if(length(paraEM)==3){
all_mean_initial<-ifelse(miss==1,mean(y_miss,na.rm=T),y_miss)
para_mean<-estim_phinew(all_mean_initial)
if(length(para_mean)==3){
posit_miss<-which(is.na(y_miss))
rowar.2_miss<-y_miss
for(i in posit_miss)rowar.2_miss[i]<-rowar.2_miss[i-1]
LOCF_initial<-rowar.2_miss
para_LOCF<-estim_phinew(LOCF_initial)
if(length(para_LOCF)==3){
        j<-j+1
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
            ar.2[j,]<-y
            ar.2_miss[j,]<-y_miss
            EM[j,]<-EM_initial
all_mean[j,]<-all_mean_initial
                        LOCF[j,]<-LOCF_initial
keepparaMean<-rbind(keepparaMean,para_mean)
keepparaLOCF<-rbind(keepparaLOCF,para_LOCF)
keepparaEM<-rbind(keepparaEM,paraEM)
keeppara_true<-rbind(keeppara_true,para_true)
pie(c(j,m-j),c(j,m-j),radius=1,clockwise=T)
}           }}}}

mape_paramean<-colMeans(abs((keepparaMean-keeppara_true)/keeppara_true))*100
mape_paralocf<-colMeans(abs((keepparaLOCF-keeppara_true)/keeppara_true))*100
mape_paraEM<-colMeans(abs((keepparaEM-keeppara_true)/keeppara_true))*100

#For Parameter PHI1#
#MAPE#
datamape_mean_PHI1[1,1]<-mape_paramean[1]
datamape_LOCF_PHI1[1,1]<-mape_paralocf[1]
datamape_EM_PHI1[1,1]<-mape_paraEM[1]

#For Parameter PHI2#
#MAPE#
datamape_mean_PHI2[1,1]<-mape_paramean[2]
datamape_LOCF_PHI2[1,1]<-mape_paralocf[2]
datamape_EM_PHI2[1,1]<-mape_paraEM[2]

#For Constant#
#MAPE#
datamape_mean_C[1,1]<-mape_paramean[3]
datamape_LOCF_C[1,1]<-mape_paralocf[3]
datamape_EM_C[1,1]<-mape_paraEM[3]
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
mape_paramean<-colMeans(abs((keepparaMean-keeppara_true)/keeppara_true))*100
mape_paralocf<-colMeans(abs((keepparaLOCF-keeppara_true)/keeppara_true))*100
mape_paraEM<-colMeans(abs((keepparaEM-keeppara_true)/keeppara_true))*100

#For Parameter PHI1#
#MAPE#
datamape_mean_PHI1[3,3]<-mape_paramean[1]
datamape_LOCF_PHI1[3,3]<-mape_paralocf[1]
datamape_EM_PHI1[3,3]<-mape_paraEM[1]
#For Parameter PHI2#
#MAPE#
datamape_mean_PHI2[3,3]<-mape_paramean[2]
datamape_LOCF_PHI2[3,3]<-mape_paralocf[2]
datamape_EM_PHI2[3,3]<-mape_paraEM[2]

#For Constant#
#MAPE#
datamape_mean_C[3,3]<-mape_paramean[3]
datamape_LOCF_C[3,3]<-mape_paralocf[3]
datamape_EM_C[3,3]<-mape_paraEM[3]

#AMAPE#
AMAPE_MEAN<-(datamape_mean_C+datamape_mean_PHI1+ datamape_mean_PHI2)/3
AMAPE_LOCF<-(datamape_LOCF_C+datamape_LOCF_PHI1+ datamape_LOCF_PHI2)/3
AMAPE_EM<-(datamape_EM_C+datamape_EM_PHI1+ datamape_EM_PHI2)/3

#RE#
RE1<-AMAPE_EM/AMAPE_MEAN
RE2<-AMAPE_EM/AMAPE_LOCF
RE3<-AMAPE_EM/AMAPE_EM
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
#Plot Graph AMAPE
#Graph Mean Method
par(mfrow=c(1,3))
plot(AMAPE_MEAN[,1],ylim=c(20,220),main="Method Mean",xlab="Level of Nonignorability",
ylab="AMAPE",xaxt="n",pch=8,col="red")
lines(1:3,AMAPE_MEAN[,1],col="red")
axis(1,1:3,rownames(AMAPE_MEAN))
for(i in 2:3){
        points(1:3,AMAPE_MEAN[,i],pch=ifelse(i==2,1,2),col=i+1)
        lines(1:3,AMAPE_MEAN[,i],col=i+1)}
#legend("top",colnames(AMAPE_MEAN),ncol=3,lty=c(1,1,1),pch=c(8,1,2),col=2:4,bty="n")

#Graph LOCF Method
plot(AMAPE_LOCF[,1],ylim=c(20,220),main="Method LOCF",xlab="Level of Nonignorability ",
ylab="AMAPE",xaxt="n",pch=8,col="red")
lines(1:3,AMAPE_LOCF[,1],col="red")
axis(1,1:3,rownames(AMAPE_LOCF))
for(i in 2:3){
        points(1:3,AMAPE_LOCF[,i],pch=ifelse(i==2,1,2),col=i+1)
        lines(1:3,AMAPE_LOCF[,i],col=i+1)}
#legend("top",colnames(AMAPE_LOCF),ncol=3,lty=c(1,1,1),pch=c(8,1,2),col=2:4,bty="n")
#Graph EM Method
plot(AMAPE_EM[,1],ylim=c(20,220),main="Method EM",xlab="Level of Nonignorability ",
ylab="AMAPE",xaxt="n",pch=8,col="red")
lines(1:3,AMAPE_EM[,1],col="red")
axis(1,1:3,rownames(AMAPE_EM))
for(i in 2:3){
        points(1:3,AMAPE_EM[,i],pch=ifelse(i==2,1,2),col=i+1)
        lines(1:3,AMAPE_EM[,i],col=i+1)}
#legend("top",colnames(AMAPE_EM),ncol=3,lty=c(1,1,1),pch=c(8,1,2),col=2:4,bty="n")
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
#Plot Graph RE
RE1<-read.csv(file="C:/RE AR(1)_phi=0.8_c=16_10per.csv",header=TRUE,sep=",")
data1<-RE1[1:3,5:8]
data2<-RE1[4:6,5:8]
data3<-RE1[7:9,5:8]
par(mfrow=c(1,3))
plot(data1[,2],ylim=c(0.0,2.0),main="n=50",xlab="Level of Nonignorability ",
ylab="RE",xaxt="n",pch=8,col="red")
lines(1:3,data1[,2],col="red")
axis(1,1:3,data1[,1])
for(i in 3:4){
        points(1:3,data1[,i],pch=ifelse(i==3,1,2),col=i)
        lines(1:3,data1[,i],col=i)}

plot(data2[,2],ylim=c(0.0,2.0),main="n=100",xlab="Level of Nonignorability ",
ylab="RE",xaxt="n",pch=8,col="red")
lines(1:3,data2[,2],col="red")
axis(1,1:3,data2[,1])
for(i in 3:4){
        points(1:3,data2[,i],pch=ifelse(i==3,1,2),col=i)
        lines(1:3,data2[,i],col=i)}
plot(data3[,2],ylim=c(0.0,2.0),main="n=200",xlab="Level of Nonignorability ",
ylab="RE",xaxt="n",pch=8,col="red")
lines(1:3,data3[,2],col="red")
axis(1,1:3,data3[,1])
for(i in 3:4){
        points(1:3,data3[,i],pch=ifelse(i==3,1,2),col=i)
        lines(1:3,data3[,i],col=i)}
```

ภาคผนวก ข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 1</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 96

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.2	10	None	4	62.3968	57.2382	56.7064
				16	28.2232	53.7268	30.1312
				64	28.1613	53.6710	30.0580
			Medium	4	32.1439	62.4143	34.7408
				16	27.9773	54.1048	29.9741
				64	28.0293	53.9430	29.9000
			High	4	41.5284	68.0474	39.8691
				16	25.1027	51.6854	28.3863
				64	25.4196	51.1819	28.2566
50	0.2	20	None	4	86.4175	81.4751	79.1233
				16	37.9178	77.1805	43.6645
				64	37.8107	77.1371	43.5730
			Medium	4	83.3854	81.6826	77.6393
				16	35.6572	76.2831	41.8355
				64	35.9111	75.9560	41.7598
			High	4	95.4773	145.1005	103.5556
				16	36.0292	81.7325	43.0216
				64	37.1120	80.5109	42.7903
50	0.2	30	None	4	94.6657	142.6844	103.2756
				16	47.5776	122.1390	60.2536
				64	47.4284	122.1029	60.1944
			Medium	4	84.1935	163.8319	96.9106
				16	48.7915	125.6580	63.1440
				64	49.4303	125.1378	63.1895
			High	4	246.6958	228.1351	230.2703
				16	49.5508	147.8078	69.9910
				64	52.0573	145.7974	69.8375

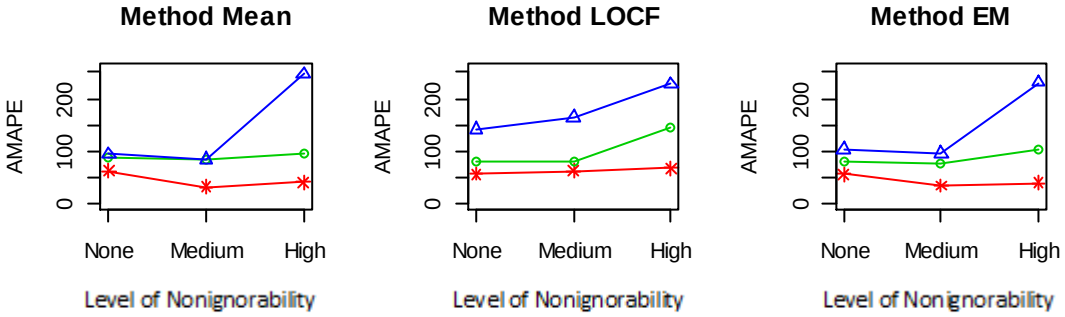
<u>ตารางที่ 1(ต่อ)</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 96

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.2	10	None	4	17.2444	33.9951	17.0674
				16	16.4099	33.3871	16.2268
				64	16.3594	33.3350	16.1744
			Medium	4	15.6221	34.3955	15.9036
				16	15.1092	33.2152	14.9265
				64	15.1971	33.0104	14.8710
			High	4	16.4001	37.2825	18.0918
				16	14.6000	33.8849	14.9781
				64	14.9605	33.2114	14.7806
100	0.2	20	None	4	23.5914	68.3977	24.4293
				16	22.3118	68.0352	23.3040
				64	22.2489	68.0107	23.2140
			Medium	4	22.5328	70.6552	25.5570
				16	21.8837	68.8150	23.7838
				64	22.1875	68.4300	23.6516
			High	4	29.1127	78.7562	33.8198
				16	22.6538	71.8827	25.2911
				64	23.7419	70.3913	24.7067
100	0.2	30	None	4	31.3624	105.4963	34.3556
				16	29.5428	105.3016	33.1086
				64	29.4502	105.2932	33.1038
			Medium	4	30.1882	108.3603	37.2270
				16	29.4266	105.8219	34.4991
				64	30.1432	105.2651	33.4279
			High	4	46.0894	120.8062	55.4243
				16	30.9044	110.7243	39.6492
				64	32.9954	108.4897	38.7162

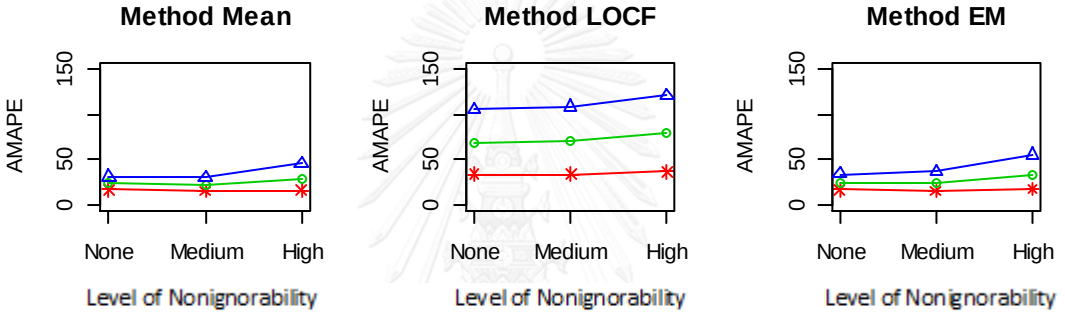
<u>ตารางที่ 1(ต่อ)</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 96

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.2	10	None	4	11.3633	25.8161	9.9481
				16	10.8927	25.6863	9.4213
				64	10.8702	25.6897	9.3902
			Medium	4	10.7504	26.9612	10.0770
				16	10.6327	26.0835	9.3624
				64	10.7695	25.8935	9.3238
			High	4	12.3271	30.2122	13.2081
				16	10.5494	26.7993	9.8916
				64	11.0145	22.0130	9.7169
200	0.2	20	None	4	17.6623	51.4546	15.1644
				16	17.0288	51.3911	14.4216
				64	17.0000	51.3857	14.3802
			Medium	4	16.2356	53.5610	15.5729
				16	16.4865	51.8864	14.4611
				64	16.9207	51.4900	14.3545
			High	4	22.6697	59.5367	24.4186
				16	15.8231	52.8996	15.2741
				64	17.0916	51.3210	14.5683
200	0.2	30	None	4	23.4181	77.0068	20.1015
				16	22.4959	76.9522	19.3160
				64	22.4318	76.9420	19.2876
			Medium	4	20.9638	80.1905	21.8670
				16	21.3954	77.8101	19.4200
				64	22.2556	77.2412	19.2070
			High	4	38.1844	90.2739	37.5056
				16	21.0412	80.8057	20.6909
				64	23.4185	78.5462	20.2441

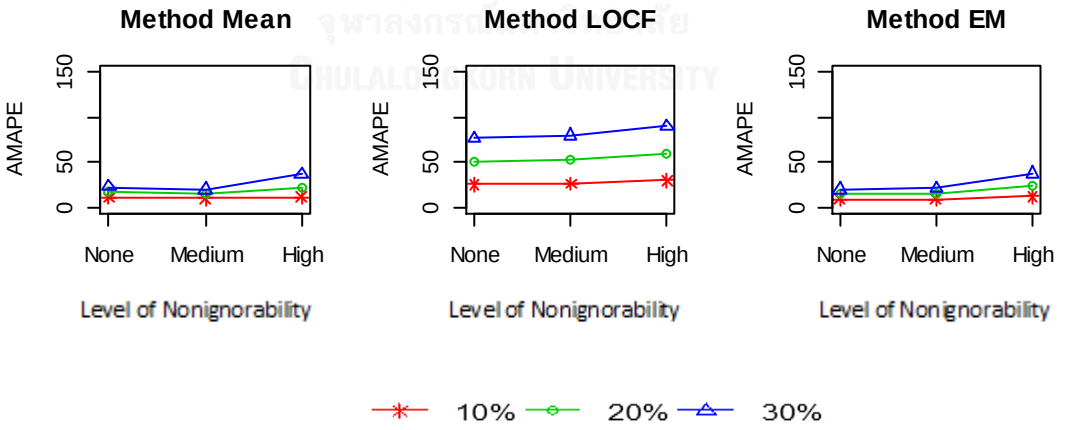
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

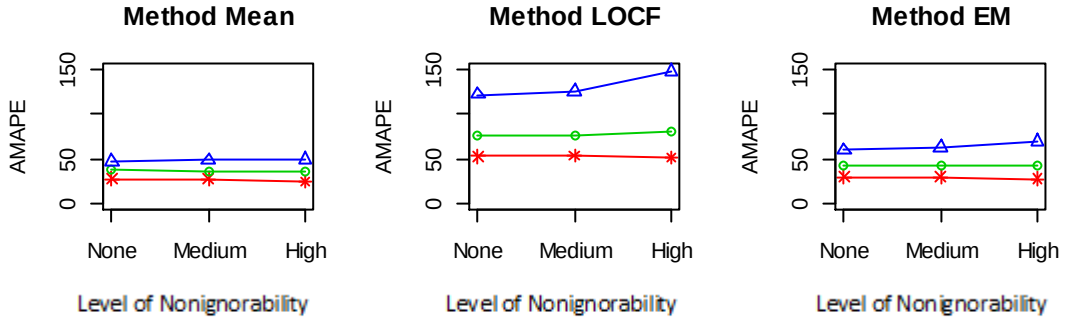


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

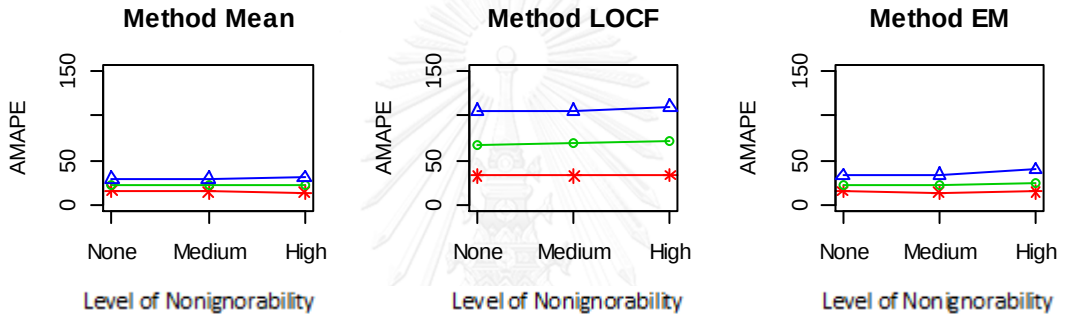


<u>ภาพที่ 1</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 96

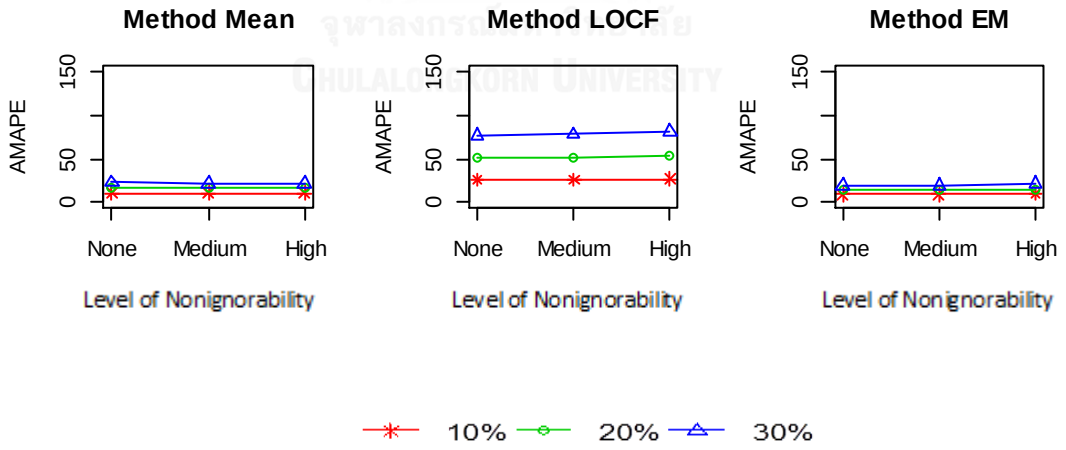
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

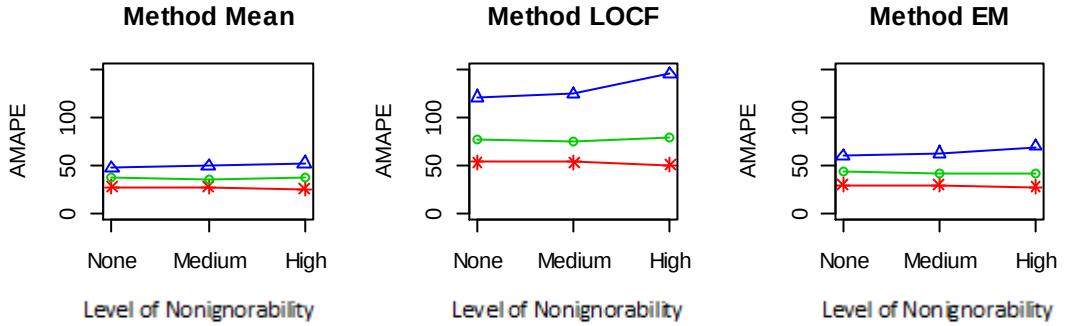


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

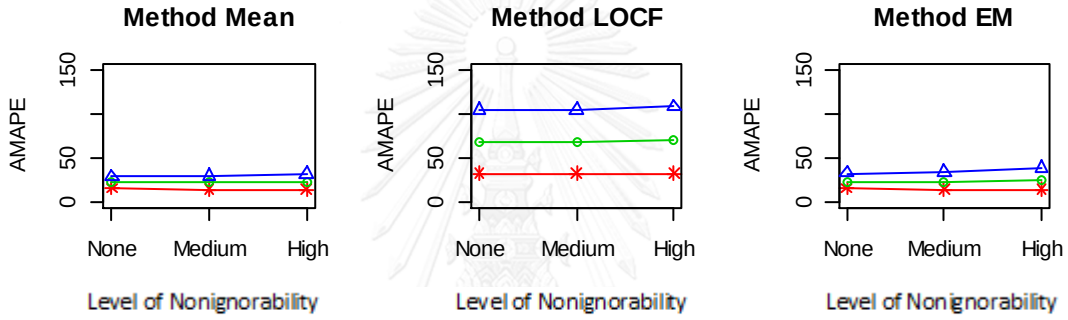


<u>ภาพที่ 2</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 96

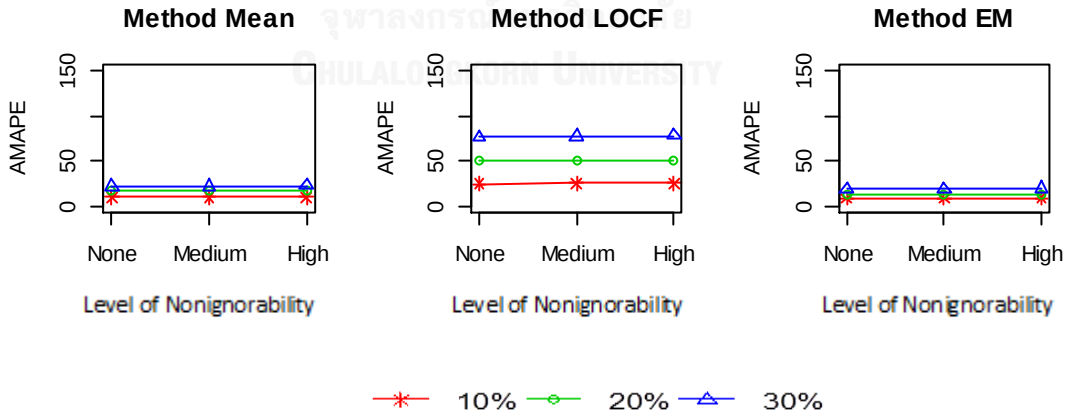
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 3</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 64, \phi_1 = 0.2)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 96

<u>ตารางที่ 2</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 96

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.2	10	None	4	0.9088	0.9907	1.0000
				16	1.0676	0.5608	1.0000
				64	1.0674	0.5600	1.0000
			Medium	4	1.0808	0.5566	1.0000
				16	1.0714	0.5540	1.0000
				64	1.0667	0.5543	1.0000
			High	4	0.9600	0.5859	1.0000
				16	1.1308	0.5492	1.0000
				64	1.1116	0.5521	1.0000
50	0.2	20	None	4	0.9156	0.9713	1.0000
				16	1.1516	0.5657	1.0000
				64	1.1524	0.5649	1.0000
			Medium	4	0.9311	0.9505	1.0000
				16	1.1733	0.5482	1.0000
				64	1.1629	0.5498	1.0000
			High	4	1.0846	0.7137	1.0000
				16	1.1941	0.5264	1.0000
				64	1.1530	0.5315	1.0000
50	0.2	30	None	4	1.0910	0.7238	1.0000
				16	1.2664	0.4933	1.0000
				64	1.2692	0.4930	1.0000
			Medium	4	1.1510	0.5915	1.0000
				16	1.2942	0.5025	1.0000
				64	1.2784	0.5050	1.0000
			High	4	0.9334	1.0094	1.0000
				16	1.4125	0.4735	1.0000
				64	1.3416	0.4790	1.0000

<u>ตารางที่ 2</u>(ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 96

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.2	10	None	4	0.9897	0.5021	1.0000
				16	0.9888	0.4860	1.0000
				64	0.9987	0.4852	1.0000
			Medium	4	1.0180	0.4624	1.0000
				16	0.9879	0.4494	1.0000
				64	0.9785	0.4505	1.0000
			High	4	1.1031	0.4853	1.0000
				16	1.0216	0.4420	1.0000
				64	0.9780	0.4450	1.0000
100	0.2	20	None	4	1.0355	0.3572	1.0000
				16	1.0445	0.3425	1.0000
				64	1.0434	0.3413	1.0000
			Medium	4	1.1342	0.3617	1.0000
				16	1.0868	0.3456	1.0000
				64	1.0660	0.3456	1.0000
			High	4	1.1617	0.4294	1.0000
				16	1.1164	0.3518	1.0000
				64	1.0406	0.3510	1.0000
100	0.2	30	None	4	1.0954	0.3257	1.0000
				16	1.1207	0.3144	1.0000
				64	1.1241	0.3144	1.0000
			Medium	4	1.2332	0.3435	1.0000
				16	1.1724	0.3260	1.0000
				64	1.1421	0.3271	1.0000
			High	4	1.2025	0.4588	1.0000
				16	1.2830	0.3581	1.0000
				64	1.1734	0.3569	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2(ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 96

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.2	10	None	4	0.8755	0.3853	1.0000
				16	0.8649	0.3668	1.0000
				64	0.8639	0.3655	1.0000
			Medium	4	0.9374	0.3738	1.0000
				16	0.8805	0.3589	1.0000
				64	0.8658	0.3601	1.0000
			High	4	1.0715	0.4372	1.0000
				16	0.9376	0.3691	1.0000
				64	0.8822	0.3735	1.0000
200	0.2	20	None	4	0.8586	0.2947	1.0000
				16	0.8469	0.2806	1.0000
				64	0.8459	0.2798	1.0000
			Medium	4	0.9838	0.2982	1.0000
				16	0.8771	0.2787	1.0000
				64	0.8483	0.2788	1.0000
			High	4	1.0771	0.4101	1.0000
				16	0.9653	0.2887	1.0000
				64	0.8524	0.2839	1.0000
200	0.2	30	None	4	0.8584	0.2610	1.0000
				16	0.8586	0.2510	1.0000
				64	0.8598	0.2507	1.0000
			Medium	4	1.0431	0.2727	1.0000
				16	0.9077	0.2496	1.0000
				64	0.8630	0.2487	1.0000
			High	4	1.0355	0.4265	1.0000
				16	1.0309	0.2684	1.0000
				64	0.8645	0.2577	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 3</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.5	10	None	2.5	27.5986	18.9863	17.7412
				10	20.6601	12.4610	11.4660
				40	20.6072	12.4089	11.3975
			Medium	2.5	25.7093	17.4619	16.4223
				10	20.0553	12.2242	11.2190
				40	20.3057	12.1350	11.2312
			High	2.5	26.5501	18.7264	19.3171
				10	18.9412	12.4698	11.1133
				40	20.0987	12.2936	11.2964
50	0.5	20	None	2.5	1120.9305	1598.3280	84.7259
				10	36.6425	20.2388	17.3772
				40	36.5585	20.1567	17.3053
			Medium	2.5	423.1781	2728.8470	1230.3458
				10	35.9121	20.4812	17.3773
				40	36.7718	20.2960	17.4603
			High	2.5	2776.7961	4203.6190	2997.0528
				10	33.5745	21.1450	17.4333
				40	37.2664	20.6072	18.0192
50	0.5	30	None	2.5	2244.9990	2180.4865	1968.5990
				10	52.9379	28.4824	23.3731
				40	52.8758	28.4142	23.2566
			Medium	2.5	2231.3430	2182.2850	1966.5128
				10	51.1261	28.7181	23.0110
				40	52.9879	28.4101	23.2279
			High	2.5	1785.9340	218.1731	497.9466
				10	47.0956	30.2370	23.5363
				40	54.9865	29.1226	24.7184

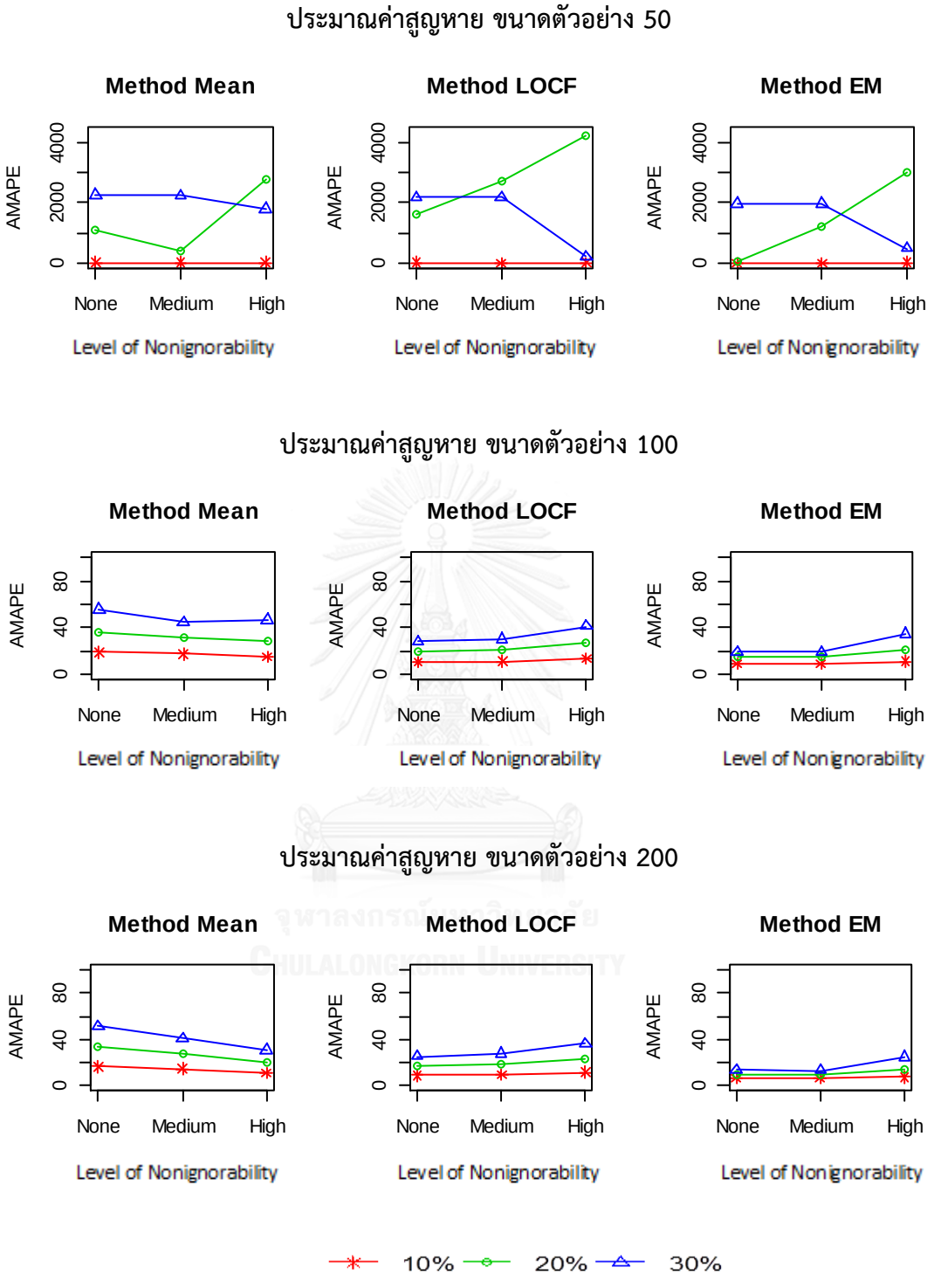
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 3(ต่อ)</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.5	10	None	2.5	19.0717	10.8188	9.3801
				10	17.9676	9.8494	8.2559
				40	17.9529	9.8257	8.2256
			Medium	2.5	17.4392	11.2944	9.2244
				10	17.6395	10.0138	8.1928
				40	17.9613	9.9205	8.2220
			High	2.5	15.1892	13.6018	11.1583
				10	16.4115	10.2421	8.2112
				40	17.6931	9.9384	8.3608
100	0.5	20	None	2.5	36.0835	19.1804	14.6218
				10	34.6736	17.5057	12.9258
				40	34.6630	17.4648	12.8852
			Medium	2.5	31.1658	20.9191	14.8308
				10	33.3185	17.7931	12.7163
				40	34.2825	17.5450	12.8475
			High	2.5	28.5778	27.3081	21.5488
				10	31.0484	18.6164	12.8437
				40	34.9357	17.7104	13.3177
100	0.5	30	None	2.5	55.3105	28.0903	19.0619
				10	51.9604	25.7497	16.8756
				40	51.9588	25.7079	16.8325
			Medium	2.5	44.6571	30.3078	19.3688
				10	50.0708	26.0753	16.8047
				40	52.0807	25.6440	17.0375
			High	2.5	46.5210	41.2025	34.3914
				10	46.3732	27.7038	17.7463
				40	54.5144	26.0625	19.0470

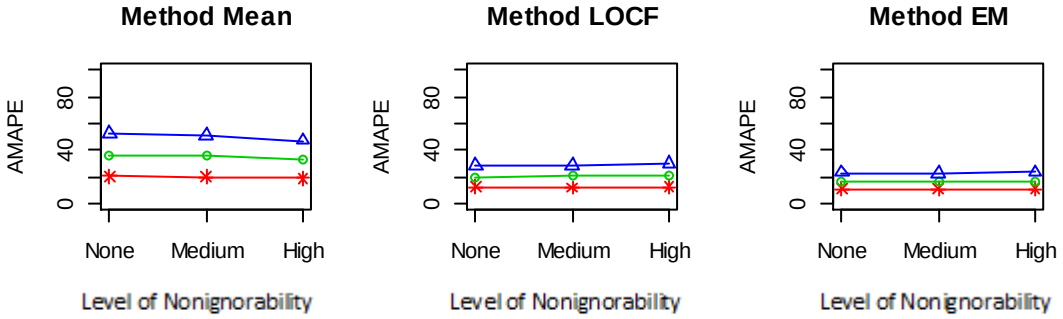
<u>ตารางที่ 3(ต่อ)</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.5	10	None	2.5	16.4713	8.7853	6.2533
				10	16.3463	8.4852	5.8575
				40	16.3432	8.4705	5.8358
			Medium	2.5	14.6075	9.3581	6.2829
				10	15.8646	8.6598	5.8438
				40	16.2091	8.5512	5.8492
			High	2.5	10.8961	11.3230	7.6193
				10	14.8241	9.0645	5.7998
				40	16.1995	8.6383	5.8383
200	0.5	20	None	2.5	33.1660	16.5343	9.6760
				10	33.0233	16.3406	9.0458
				40	33.0074	16.3399	9.0086
			Medium	2.5	28.0254	18.0660	9.7204
				10	31.9837	16.7342	9.0394
				40	32.9681	16.4555	9.0921
			High	2.5	19.3894	23.0346	14.6749
				10	29.6166	17.7419	8.9791
				40	33.6236	16.6244	9.2392
200	0.5	30	None	2.5	51.3001	25.1624	13.2045
				10	51.1982	25.0158	12.3175
				40	51.1970	25.0064	12.2392
			Medium	2.5	40.5714	27.6621	13.0434
				10	48.7775	25.5526	12.3063
				40	50.7927	25.0854	12.2030
			High	2.5	30.6980	35.9698	24.9687
				10	44.7997	27.2452	12.6846
				40	53.1612	25.3432	13.5087

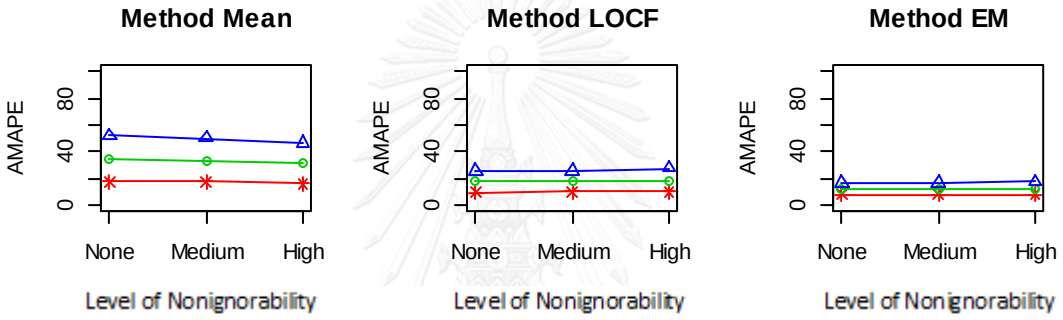


<u>ภาพที่ 4</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 2.5, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 75

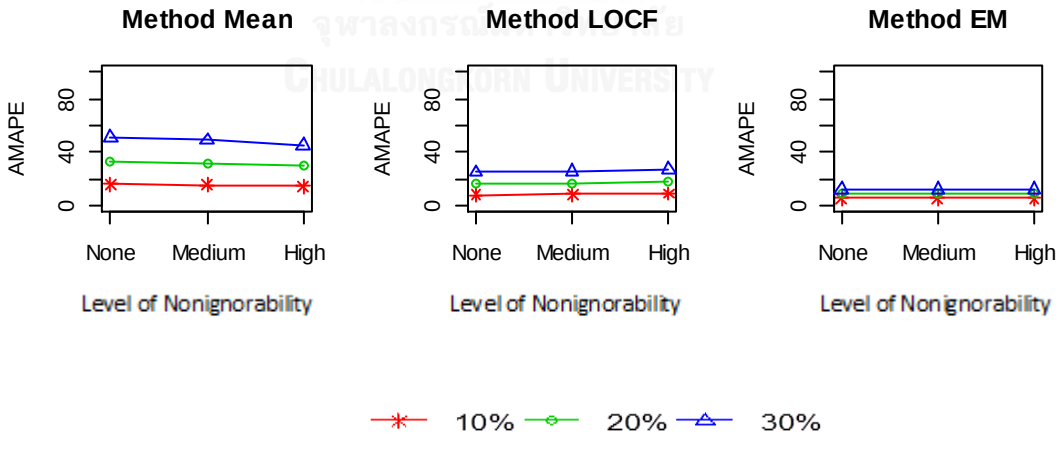
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

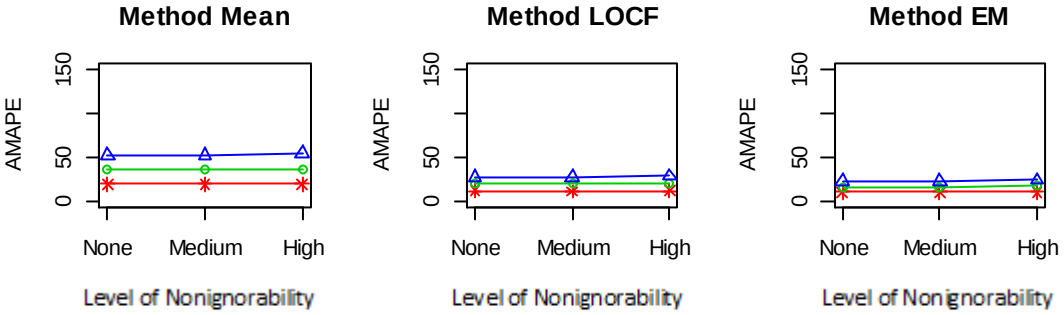


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

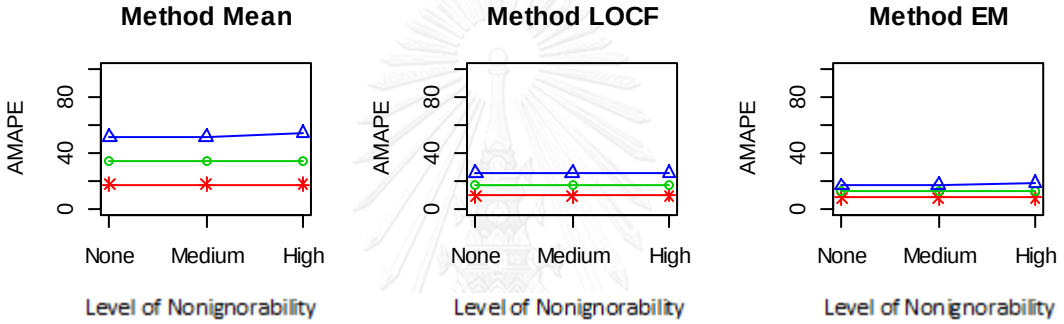


<u>ภาพที่ 5</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 75

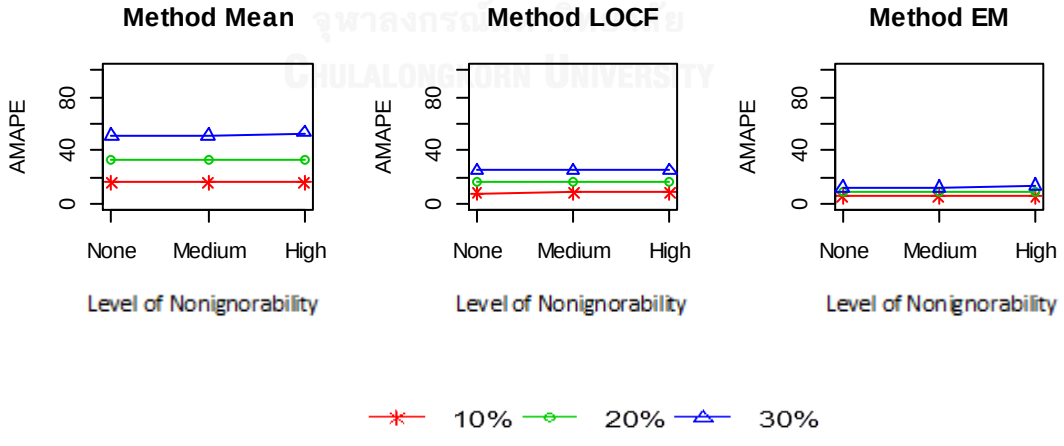
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 6</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = 0.5)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 75

<u>ตารางที่ 4</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.5	10	None	2.5	0.6428	0.9344	1.0000
				10	0.5550	0.9201	1.0000
				40	0.5531	0.9185	1.0000
			Medium	2.5	0.6388	0.9404	1.0000
				10	0.5594	0.9178	1.0000
				40	0.5531	0.9255	1.0000
			High	2.5	0.7276	1.0315	1.0000
				10	0.5867	0.8912	1.0000
				40	0.5620	0.9189	1.0000
50	0.5	20	None	2.5	0.0756	0.0530	1.0000
				10	0.4742	0.8586	1.0000
				40	0.4734	0.8585	1.0000
			Medium	2.5	2.9074	0.4509	1.0000
				10	0.4839	0.8485	1.0000
				40	0.4748	0.8603	1.0000
			High	2.5	1.0793	0.7130	1.0000
				10	0.5192	0.8245	1.0000
				40	0.4835	0.8744	1.0000
50	0.5	30	None	2.5	0.8769	0.9028	1.0000
				10	0.4415	0.8206	1.0000
				40	0.4398	0.8185	1.0000
			Medium	2.5	0.8812	0.9010	1.0000
				10	0.4501	0.8013	1.0000
				40	0.4384	0.8176	1.0000
			High	2.5	0.2788	2.2823	1.0000
				10	0.4997	0.2784	1.0000
				40	0.4495	0.8488	1.0000

<u>ตารางที่ 4(ต่อ)</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.5	10	None	2.5	0.4918	0.8670	1.0000
				10	0.4595	0.8382	1.0000
				40	0.4582	0.8372	1.0000
			Medium	2.5	0.5289	0.8167	1.0000
				10	0.4645	0.8182	1.0000
				40	0.4578	0.8288	1.0000
			High	2.5	0.7346	0.8203	1.0000
				10	0.5003	0.8017	1.0000
				40	0.4725	0.8413	1.0000
100	0.5	20	None	2.5	0.4052	0.7623	1.0000
				10	0.3728	0.7384	1.0000
				40	0.3717	0.7378	1.0000
			Medium	2.5	0.4759	0.7090	1.0000
				10	0.3817	0.7248	1.0000
				40	0.3748	0.7323	1.0000
			High	2.5	0.7540	0.7891	1.0000
				10	0.4137	0.6899	1.0000
				40	0.3812	0.7520	1.0000
100	0.5	30	None	2.5	0.3446	0.6786	1.0000
				10	0.3248	0.6554	1.0000
				40	0.3240	0.6548	1.0000
			Medium	2.5	0.4337	0.6391	1.0000
				10	0.3356	0.6445	1.0000
				40	0.3271	0.6644	1.0000
			High	2.5	0.7393	0.8447	1.0000
				10	0.3835	0.6406	1.0000
				40	0.3494	0.7308	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 4(ต่อ)</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 75

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.5	10	None	2.5	0.3796	0.7118	1.0000
				10	0.3583	0.6903	1.0000
				40	0.3571	0.6890	1.0000
			Medium	2.5	0.4301	0.6714	1.0000
				10	0.3634	0.6748	1.0000
				40	0.3609	0.6840	1.0000
			High	2.5	0.6993	0.6729	1.0000
				10	0.3912	0.6398	1.0000
				40	0.3604	0.6759	1.0000
200	0.5	20	None	2.5	0.2917	0.5852	1.0000
				10	0.2739	0.5536	1.0000
				40	0.2729	0.5513	1.0000
			Medium	2.5	0.3468	0.5380	1.0000
				10	0.2826	0.5402	1.0000
				40	0.2758	0.5525	1.0000
			High	2.5	0.7568	0.6371	1.0000
				10	0.3032	0.5061	1.0000
				40	0.2748	0.5558	1.0000
200	0.5	30	None	2.5	0.2584	0.2448	1.0000
				10	9.2406	0.4924	1.0000
				40	0.2391	0.4894	1.0000
			Medium	2.5	0.3215	0.4715	1.0000
				10	0.2468	0.4710	1.0000
				40	0.2403	0.4865	1.0000
			High	2.5	0.8046	0.6867	1.0000
				10	0.2831	0.4656	1.0000
				40	0.2541	0.5330	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 5</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 36

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.8	10	None	1	96.3702	15.8286	20.3500
				4	59.0200	8.5233	9.4734
				16	58.4986	8.4611	9.4074
			Medium	1	101.3360	16.8770	22.0944
				4	57.9021	8.3730	9.3492
				16	58.5503	8.3367	9.3774
			High	1	100.0295	16.7436	19.2809
				4	53.4926	8.5334	9.3141
				16	56.5753	8.5599	9.5321
50	0.8	20	None	1	262.6425	29.0669	37.8754
				4	130.2400	12.7035	15.0699
				16	127.4649	12.5854	14.9569
			Medium	1	223.6915	25.0624	31.4402
				4	127.0290	12.6697	14.8643
				16	127.7761	12.6010	14.9216
			High	1	205.6816	44.2186	49.3727
				4	118.7555	12.9133	15.3405
				16	127.9941	12.9697	16.0948
50	0.8	30	None	1	482.2133	56.0143	72.6237
				4	222.3667	16.7591	20.9146
				16	215.0148	16.6058	20.7872
			Medium	1	442.3563	51.2516	73.0157
				4	214.0713	16.7912	20.6497
				16	213.0126	16.6593	20.9163
			High	1	541.8333	100.4569	161.5900
				4	200.7777	17.5538	21.7921
				16	221.2522	17.7176	23.5741

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

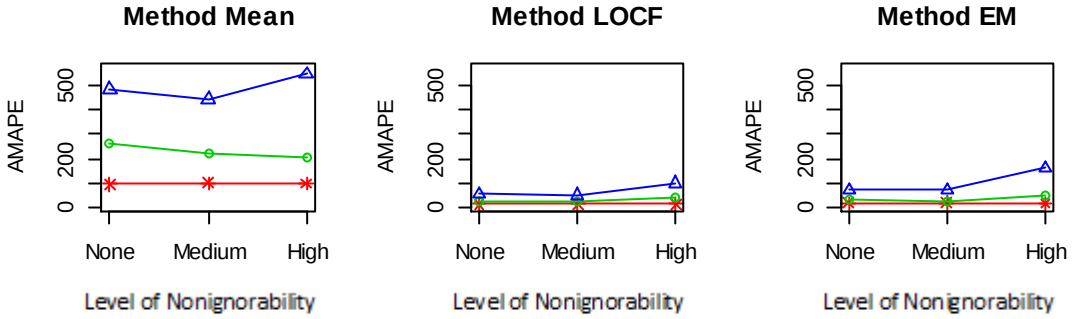
<u>ตารางที่ 5(ต่อ)</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 36

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.8	10	None	1	68.2678	11.2910	11.5767
				4	54.8533	6.0891	6.4445
				16	54.7499	6.0660	6.4197
			Medium	1	65.6606	11.8078	11.8561
				4	54.2013	6.1039	6.4524
				16	54.7734	6.0864	6.4798
			High	1	72.1110	13.0358	15.4197
				4	52.0007	6.1105	6.3302
				16	54.5714	6.1114	6.4834
100	0.8	20	None	1	155.8724	16.1496	17.0075
				4	124.3468	9.4474	10.2202
				16	124.1686	9.4256	10.1937
			Medium	1	141.6033	17.1421	17.8450
				4	121.4515	9.4276	10.0664
				16	123.7066	9.3925	10.1596
			High	1	190.7028	26.0165	35.6530
				4	115.0177	9.8537	10.2838
				16	124.4711	9.7572	10.7586
100	0.8	30	None	1	292.5436	24.8350	29.0495
				4	209.9847	12.7334	14.0856
				16	209.6078	12.6941	14.0456
			Medium	1	251.6159	26.1127	30.3401
				4	201.4142	12.9345	13.6979
				16	207.0217	12.8308	13.9187
			High	1	360.7660	33.0982	47.9117
				4	192.2299	13.4924	15.4738
				16	217.3401	13.2513	16.8510

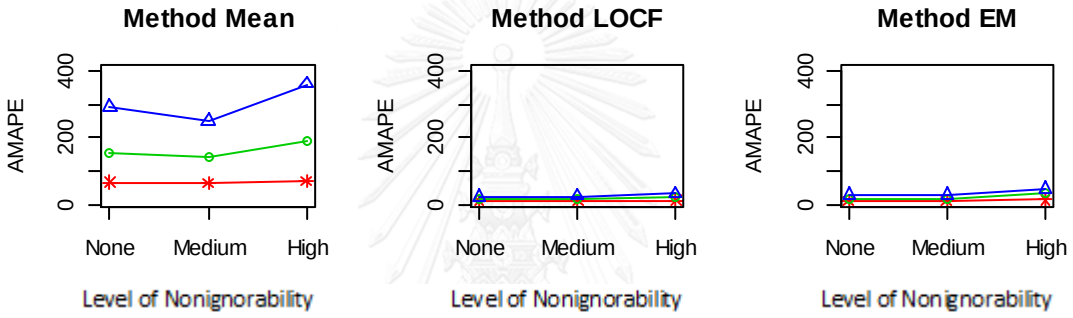
<u>ตารางที่ 5(ต่อ)</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 36

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.8	10	None	1	57.4963	6.0430	6.0427
				4	53.6166	4.5503	4.5225
				16	53.6011	4.5370	4.5230
			Medium	1	53.6211	6.3420	6.1829
				4	52.7722	4.6347	4.6200
				16	53.3884	4.6323	4.6245
			High	1	46.3342	7.3864	7.3366
				4	51.0924	4.6852	4.5690
				16	53.6283	4.6702	4.6653
200	0.8	20	None	1	130.7880	8.9524	8.9287
				4	123.8132	7.3318	7.1404
				16	123.7581	7.3208	7.1196
			Medium	1	117.7983	9.5359	9.0833
				4	121.8693	7.4212	7.0758
				16	124.1750	7.3569	7.1252
			High	1	102.2585	12.7945	7.0119
				4	115.9130	7.8326	7.1541
				16	125.3589	7.5916	7.4783
200	0.8	30	None	1	227.3989	12.9889	12.3051
				4	210.9202	10.3438	9.5320
				16	210.8721	10.3108	9.4954
			Medium	1	193.8538	13.9426	12.7728
				4	203.6322	10.5005	9.5016
				16	209.4347	10.3523	9.6508
			High	1	164.3559	11.0692	10.3341
				4	191.2792	11.3609	10.5082
				16	215.9677	11.8266	11.4764

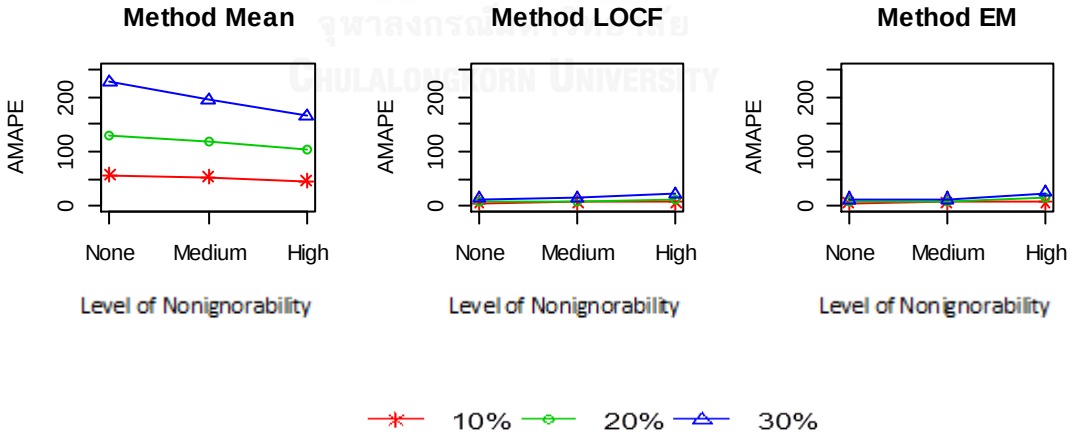
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

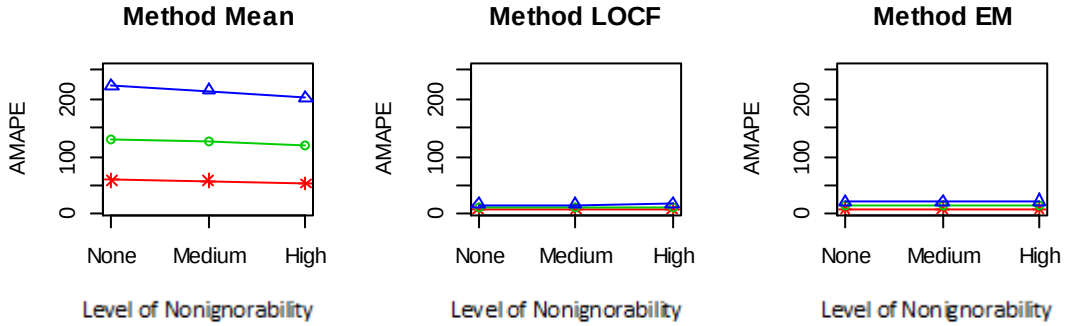


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

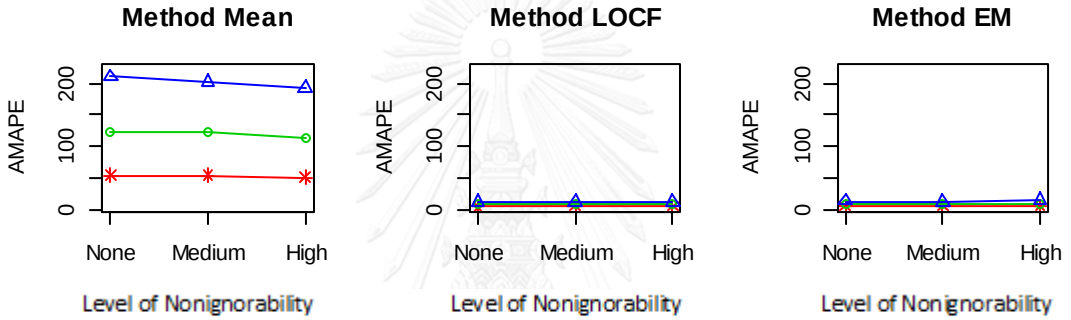


<u>ภาพที่ 7</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 1, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 36

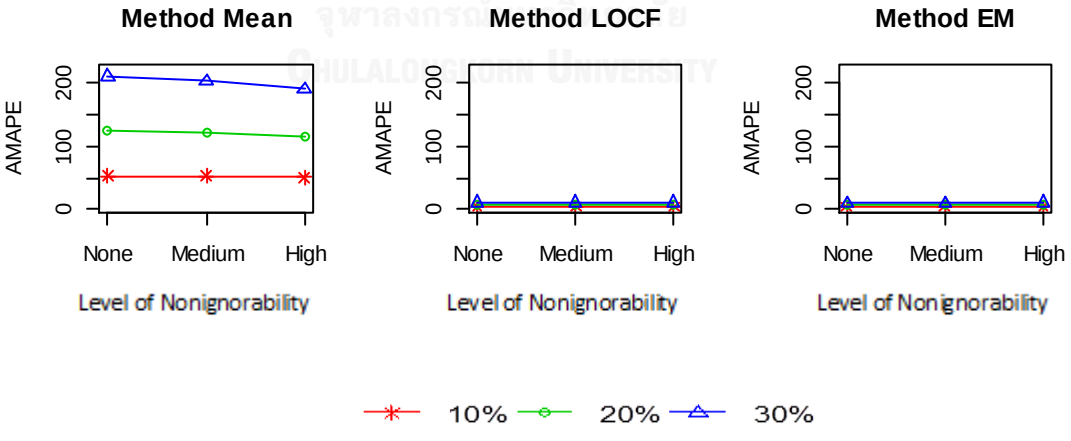
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

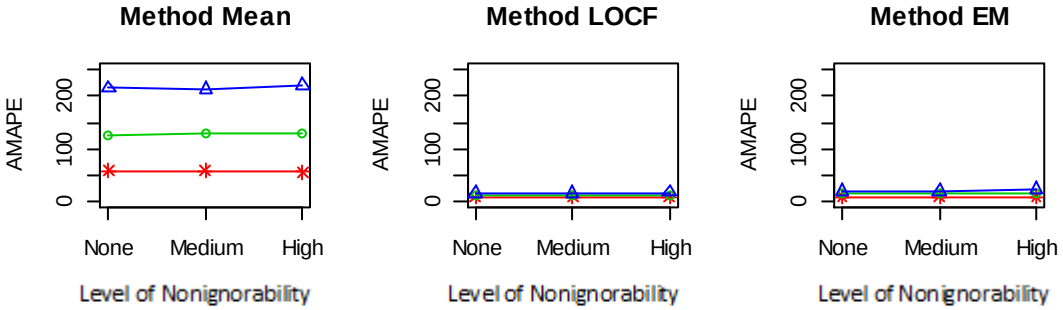


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

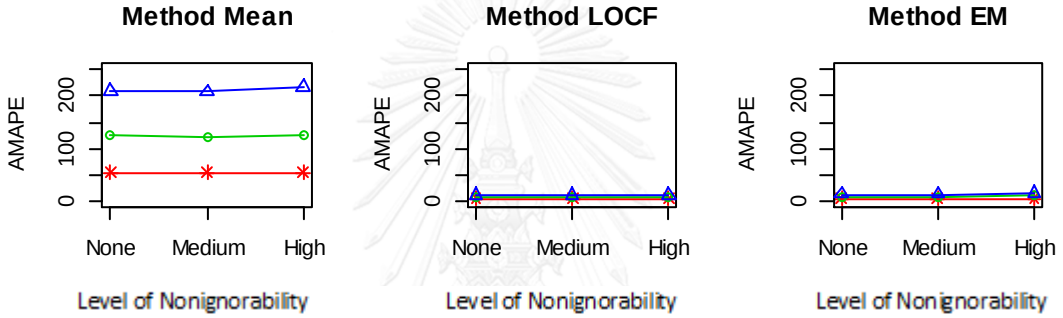


<u>ภาพที่ 8</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 36

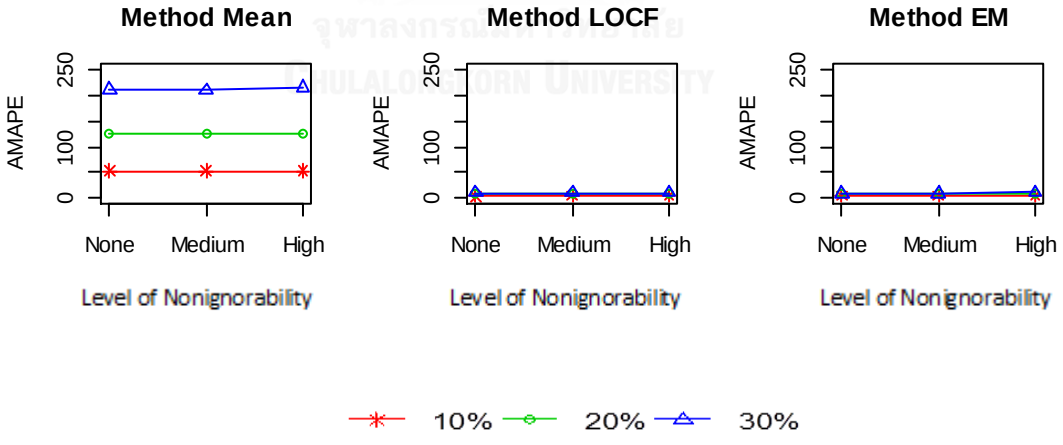
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 9</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(1) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = 0.8)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 36

<u>ตารางที่ 6</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 36

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
50	0.8	10	None	1	0.2112	1.2857	1.0000
				4	0.1605	1.1115	1.0000
				16	0.1608	1.1118	1.0000
			Medium	1	0.2180	1.3091	1.0000
				4	0.1615	1.1166	1.0000
				16	0.1602	1.1248	1.0000
			High	1	0.1928	1.1515	1.0000
				4	0.1741	1.0915	1.0000
				16	0.1685	1.1136	1.0000
50	0.8	20	None	1	0.1442	1.3030	1.0000
				4	0.1157	1.1863	1.0000
				16	0.1173	1.1898	1.0000
			Medium	1	0.1406	1.2446	1.0000
				4	0.1170	1.1732	1.0000
				16	0.1168	1.1842	1.0000
			High	1	0.2400	1.1166	1.0000
				4	0.1292	1.1880	1.0000
				16	0.1257	1.2410	1.0000
50	0.8	30	None	1	0.1506	1.2965	1.0000
				4	0.0941	1.2480	1.0000
				16	0.0968	1.2518	1.0000
			Medium	1	0.1651	1.4247	1.0000
				4	0.0965	1.2298	1.0000
				16	0.0982	1.2555	1.0000
			High	1	0.2982	1.6086	1.0000
				4	0.1085	1.2414	1.0000
				16	0.1065	1.3305	1.0000

<u>ตารางที่ 6(ต่อ)</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 36

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
100	0.8	10	None	1	0.1696	1.0253	1.0000
				4	0.1175	1.0584	1.0000
				16	0.1173	1.0583	1.0000
			Medium	1	0.1806	1.0041	1.0000
				4	0.1190	1.0571	1.0000
				16	0.1183	1.0646	1.0000
			High	1	0.2138	1.1829	1.0000
				4	0.1217	1.0359	1.0000
				16	0.1188	1.0609	1.0000
100	0.8	20	None	1	0.1091	1.0531	1.0000
				4	0.0822	1.0818	1.0000
				16	0.0821	1.0815	1.0000
			Medium	1	0.1260	1.0410	1.0000
				4	0.2829	1.0677	1.0000
				16	0.0821	1.0817	1.0000
			High	1	0.1870	1.3704	1.0000
				4	0.0894	1.0436	1.0000
				16	0.0864	1.1026	1.0000
100	0.8	30	None	1	0.0993	1.1697	1.0000
				4	0.0671	1.1062	1.0000
				16	0.0670	1.1065	1.0000
			Medium	1	0.1206	1.1619	1.0000
				4	0.0680	1.0590	1.0000
				16	0.0672	1.0848	1.0000
			High	1	0.1328	1.4476	1.0000
				4	0.0805	1.1469	1.0000
				16	0.0775	1.2717	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 6(ต่อ)</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 36

n	ϕ_1	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
					MEAN	LOCF	EM
200	0.8	10	None	1	0.1051	0.9999	1.0000
				4	0.0843	0.9939	1.0000
				16	0.0844	0.9969	1.0000
			Medium	1	0.1153	0.9749	1.0000
				4	0.0874	0.9955	1.0000
				16	0.0866	0.9983	1.0000
			High	1	0.1583	0.9933	1.0000
				4	0.0894	0.9752	1.0000
				16	0.0870	0.9990	1.0000
200	0.8	20	None	1	0.0683	0.9974	1.0000
				4	0.0577	0.9739	1.0000
				16	0.0575	0.9725	1.0000
			Medium	1	0.0771	0.9486	1.0000
				4	0.0580	0.9535	1.0000
				16	0.0574	0.9685	1.0000
			High	1	0.0686	0.5480	1.0000
				4	0.0617	0.9134	1.0000
				16	0.0597	0.9851	1.0000
200	0.8	30	None	1	0.0541	0.9474	1.0000
				4	0.0452	0.9215	1.0000
				16	0.0450	0.9209	1.0000
			Medium	1	0.0659	0.9161	1.0000
				4	0.0467	0.9049	1.0000
				16	0.0461	0.9322	1.0000
			High	1	0.0629	0.9336	1.0000
				4	0.0549	0.9249	1.0000
				16	0.0531	0.9704	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 7</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 98

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.1	0.1	10	None	4	176.7196	247.3789	188.2375
					16	175.3056	245.6403	186.7748
					64	175.2794	245.6150	186.7458
				Medium	4	167.7037	250.5653	165.4109
					16	166.2577	248.4362	163.8090
					64	166.3161	248.3655	163.7992
				High	4	206.8586	271.5630	210.6255
					16	202.5093	265.0439	205.8628
					64	202.7843	264.8325	205.9370
50	0.1	0.1	20	None	4	253.6211	446.2122	294.8521
					16	250.5767	443.6490	296.5052
					64	250.5148	443.6008	296.4907
				Medium	4	240.3759	466.0722	301.3585
					16	237.5089	462.8221	305.5215
					64	237.9642	462.6447	305.6949
				High	4	260.9806	358.0059	297.5533
					16	253.5980	350.7821	290.6987
					64	254.4017	350.1742	291.0692
50	0.1	0.1	30	None	4	154.7293	407.5621	252.7356
					16	150.3852	405.1057	253.7246
					64	150.3107	405.0839	254.1269
				Medium	4	149.3287	392.2526	253.5347
					16	146.1647	392.1446	255.0192
					64	146.6266	391.8267	255.6471
				High	4	193.6493	352.1593	263.6076
					16	510.1832	483.0619	503.9561
					64	180.8551	339.4983	252.8602

<u>ตารางที่ 7</u>(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 98

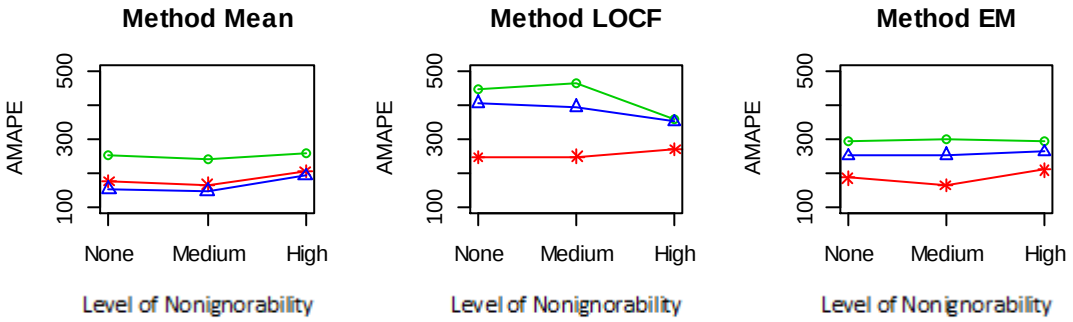
n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.1	0.1	10	None	4	78.1402	157.7614	86.9726
					16	77.6593	157.3025	86.5351
					64	77.6377	157.2793	86.5312
				Medium	4	81.0129	188.6285	93.0013
					16	80.7252	187.8480	92.4802
					64	80.7862	187.7465	92.4753
				High	4	71.9441	147.5219	80.7160
					16	71.0871	145.3438	79.0819
					64	71.3062	144.9952	79.0307
100	0.1	0.1	20	None	4	110.8701	334.5627	138.9375
					16	110.0641	334.1432	138.4306
					64	110.0162	334.1279	138.5760
				Medium	4	105.1109	316.1786	130.4311
					16	104.8717	314.8778	129.9150
					64	105.0487	314.6489	129.9310
				High	4	111.8308	301.0168	143.8983
					16	108.8027	296.1710	134.5539
					64	109.5833	295.2462	139.5358
100	0.1	0.1	30	None	4	133.1166	431.8021	189.2793
					16	132.0122	431.4622	188.7289
					64	131.9326	431.4503	188.6193
				Medium	4	133.9618	416.9400	189.7716
					16	133.9829	415.0676	191.4171
					64	134.4467	414.6999	191.8749
				High	4	133.4348	445.5572	178.2729
					16	125.6897	438.0958	170.7019
					64	127.5234	436.6061	173.2932

<u>ตารางที่ 7</u>(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 98

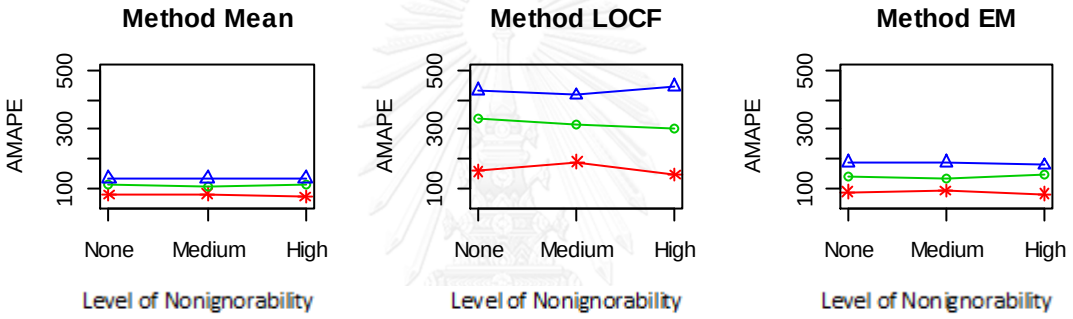
n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.1	0.1	10	None	4	74.3948	145.6389	81.6577
					16	74.6596	145.4536	81.3830
					64	74.6455	145.4451	81.3701
				Medium	4	75.7793	145.0872	82.7544
					16	75.6973	144.4477	82.3176
					64	75.7695	144.3241	82.2849
				High	4	71.5009	153.0694	79.6981
					16	70.4529	150.7160	77.6589
					64	70.6904	150.2128	77.4930
200	0.1	0.1	20	None	4	59.2435	262.8169	70.0751
					16	58.8283	326.7010	69.7075
					64	58.8023	262.6953	69.7148
				Medium	4	60.8725	258.3696	71.6994
					16	61.0722	257.1693	70.9437
					64	61.3210	256.8997	70.9175
				High	4	118.2734	325.5095	144.5967
					16	114.4667	320.7773	138.7958
					64	115.2513	319.6933	138.5362
200	0.1	0.1	30	None	4	100.0848	463.9862	137.0774
					16	99.5544	463.9267	137.0235
					64	99.5273	463.9174	137.1122
				Medium	4	83.8470	420.0780	127.1986
					16	84.3621	418.4433	126.1468
					64	84.8947	418.0479	126.7957
				High	4	87.7418	326.4448	114.3734
					16	78.2929	319.5452	104.5280
					64	80.0453	317.8084	104.3576

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

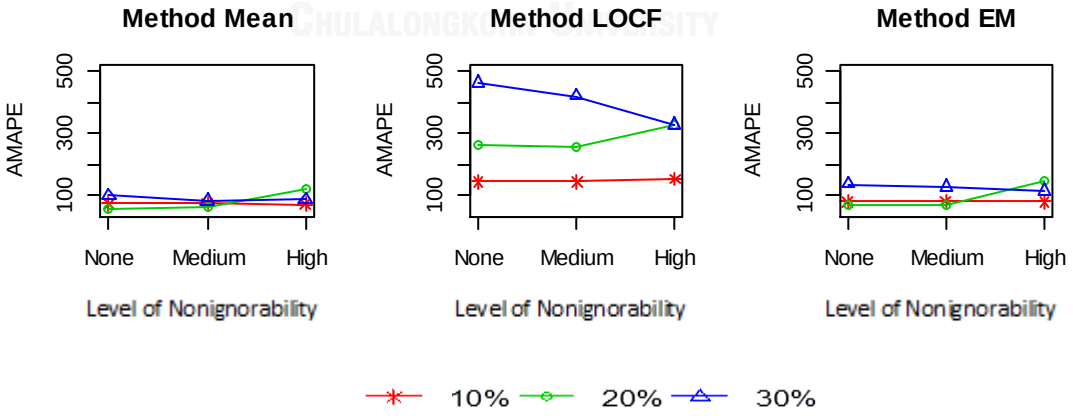
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

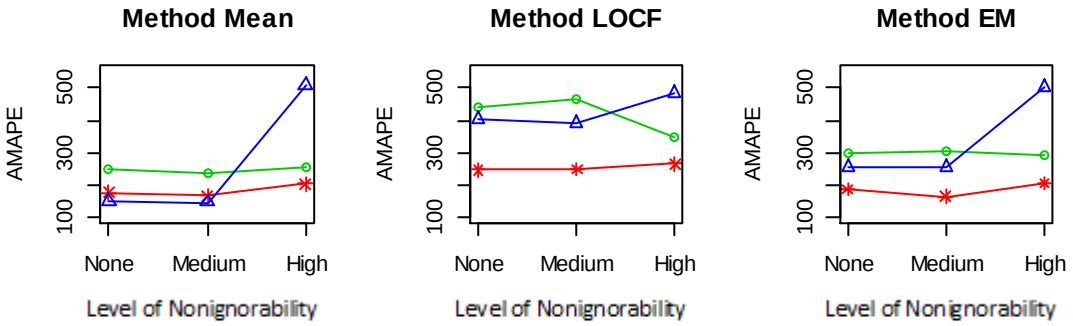


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

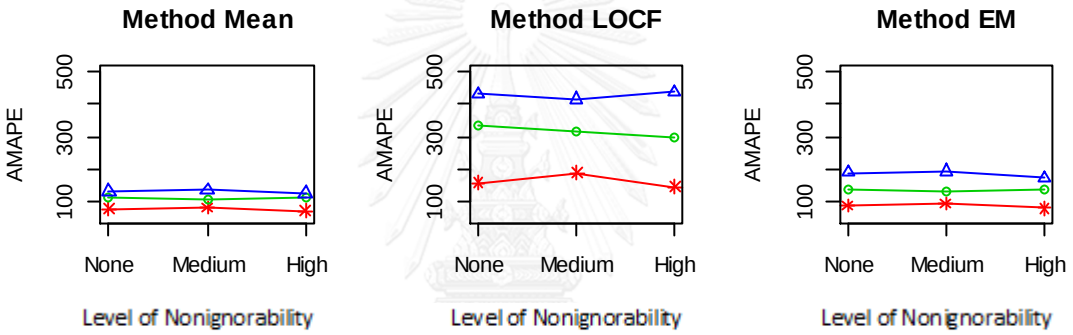


<u>ภาพที่ 10</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 98

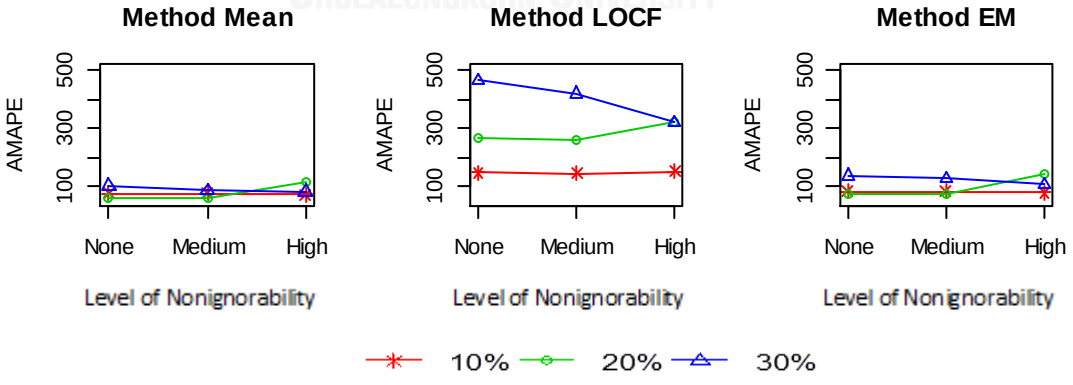
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



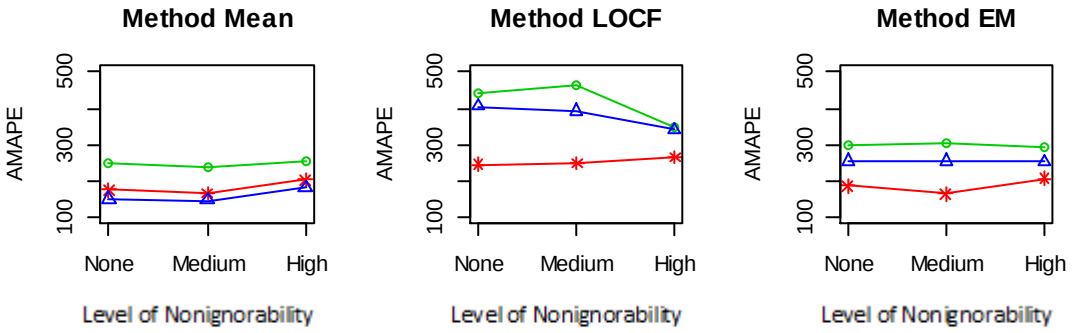
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



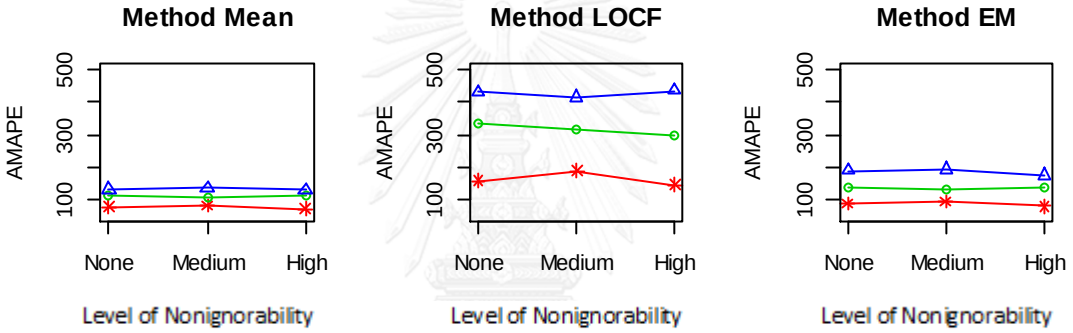
Chulalongkorn University

<u>ภาพที่ 11</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 98

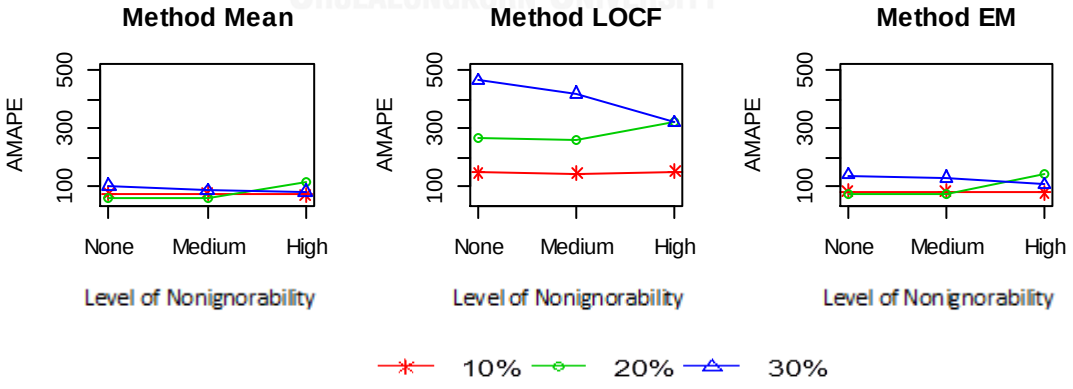
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



Chulalongkorn University

<u>ภาพที่ 12</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (c = 64, \phi_1 = \phi_2 = 0.1)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 98

<u>ตารางที่ 8</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 98

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.1	0.1	10	None	4	1.0653	0.7093	1.0000
					16	1.0654	0.7604	1.0000
					64	1.0654	0.7603	1.0000
				Medium	4	0.9863	0.6602	1.0000
					16	0.9853	0.6594	1.0000
					64	0.9849	0.6595	1.0000
				High	4	1.0182	0.7756	1.0000
					16	1.0166	0.7767	1.0000
					64	1.0155	0.7776	1.0000
50	0.1	0.1	20	None	4	1.1626	0.6611	1.0000
					16	1.1832	0.6683	1.0000
					64	1.1835	0.6684	1.0000
				Medium	4	1.2537	0.6466	1.0000
					16	1.2863	0.6601	1.0000
					64	1.2861	0.6608	1.0000
				High	4	1.1401	0.8311	1.0000
					16	1.1463	0.8287	1.0000
					64	1.1441	0.8312	1.0000
50	0.1	0.1	30	None	4	1.6334	0.6201	1.0000
					16	1.6872	0.9263	1.0000
					64	1.6907	0.6273	1.0000
				Medium	4	1.6978	0.6398	1.0000
					16	1.7447	0.6503	1.0000
					64	1.7435	0.6524	1.0000
				High	4	1.3613	0.7485	1.0000
					16	0.9878	1.0432	1.0000
					64	1.3981	0.7448	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 8 (ต่อ)</u> **แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 98**

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.1	0.1	10	None	4	1.1130	0.5513	1.0000
					16	1.1143	0.5501	1.0000
					64	1.1146	0.5502	1.0000
				Medium	4	1.1480	0.4930	1.0000
					16	1.1456	0.4923	1.0000
					64	1.1447	0.4926	1.0000
				High	4	1.1219	0.5471	1.0000
					16	1.1125	0.5441	1.0000
					64	1.1083	0.5451	1.0000
100	0.1	0.1	20	None	4	1.2532	0.4153	1.0000
					16	1.2577	0.4143	1.0000
					64	1.2596	0.4147	1.0000
				Medium	4	1.2509	0.4125	1.0000
					16	1.2388	0.4126	1.0000
					64	1.2369	0.4129	1.0000
				High	4	1.2868	0.4780	1.0000
					16	1.2826	0.4712	1.0000
					64	1.2733	0.4726	1.0000
100	0.1	0.1	30	None	4	1.4219	0.4383	1.0000
					16	1.4296	0.4374	1.0000
					64	1.4297	0.4372	1.0000
				Medium	4	1.4166	0.4551	1.0000
					16	1.4287	0.4612	1.0000
					64	1.4271	0.4627	1.0000
				High	4	1.3360	0.4001	1.0000
					16	1.3581	0.3896	1.0000
					64	1.3589	0.3969	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 8 (ต่อ)</u> **แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 98**

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.1	0.1	10	None	4	1.0897	0.5607	1.0000
					16	1.0901	0.5595	1.0000
					64	1.0901	0.5595	1.0000
				Medium	4	1.0920	0.5704	1.0000
					16	1.0875	0.5699	1.0000
					64	1.0860	0.5701	1.0000
				High	4	1.1146	0.5207	1.0000
					16	1.1023	0.5153	1.0000
					64	1.0962	0.5159	1.0000
200	0.1	0.1	20	None	4	1.1828	0.2666	1.0000
					16	1.1849	0.2653	1.0000
					64	1.1856	0.2654	1.0000
				Medium	4	1.1779	0.2775	1.0000
					16	1.1616	0.2759	1.0000
					64	1.1565	0.2761	1.0000
				High	4	1.2226	0.4442	1.0000
					16	1.2125	0.4327	1.0000
					64	1.2020	0.4333	1.0000
200	0.1	0.1	30	None	4	1.3696	0.2954	1.0000
					16	1.3764	0.2954	1.0000
					64	1.3776	0.2956	1.0000
				Medium	4	1.5170	0.3028	1.0000
					16	1.4953	0.3015	1.0000
					64	1.4936	0.3033	1.0000
				High	4	1.3035	0.3504	1.0000
					16	1.3351	0.3271	1.0000
					64	1.3037	0.3284	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 9</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 87.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.25	0.25	10	None	2.5	458.5398	278.4014	398.1102
					10	42.4002	76.4565	39.1928
					40	42.3546	76.4126	39.1467
				Medium	2.5	460.1972	270.8106	401.4121
					10	43.9074	69.0563	42.0084
					40	44.0448	69.0064	41.9873
				High	2.5	664.3968	1145.8424	529.1018
					10	44.2830	62.5769	43.1680
					40	44.4934	62.5274	43.2440
50	0.25	0.25	20	None	2.5	81.8506	129.8130	82.4538
					10	72.6982	122.3843	76.1933
					40	72.6033	122.2872	76.1102
				Medium	2.5	76.0778	125.2954	75.4884
					10	67.9771	117.9824	68.5403
					40	68.4466	117.8389	68.5486
				High	2.5	81.6041	125.7466	80.7723
					10	64.5849	113.2047	65.1974
					40	66.6946	112.9430	65.4656
50	0.25	0.25	30	None	2.5	109.2766	21.6234	116.9941
					10	92.0016	201.4000	106.9207
					40	92.9728	201.3009	106.9484
				Medium	2.5	101.7582	204.2952	106.3391
					10	87.2956	193.7752	96.7445
					40	88.4411	193.5403	96.9886
				High	2.5	160.7169	208.9224	177.6103
					10	88.3473	169.8956	121.3304
					40	93.3036	169.3148	121.3121

<u>ตารางที่ 9</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 87.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.25	0.25	10	None	2.5	22.5399	32.9352	18.9295
					10	21.3397	31.6998	17.7997
					40	21.3100	31.6686	17.7745
				Medium	2.5	21.3622	32.1784	18.7181
					10	20.8420	30.8865	17.5812
					40	20.9938	30.8389	17.5715
				High	2.5	21.1775	31.4832	19.1949
					10	19.4561	29.1469	16.4921
					40	20.1351	29.0226	16.4723
100	0.25	0.25	20	None	2.5	40.5179	66.4997	33.6757
					10	38.6475	65.0089	32.2284
					40	38.6148	64.9848	32.2305
				Medium	2.5	36.0552	68.3212	33.2949
					10	36.4686	66.3092	31.7170
					40	37.0097	66.1721	31.7082
				High	2.5	34.2921	61.8462	32.9478
					10	31.6188	55.0038	25.7408
					40	33.8977	54.5185	25.7985
100	0.25	0.25	30	None	2.5	57.3985	110.1867	51.3475
					10	55.0533	108.6800	49.6922
					40	55.0485	108.6292	49.7375
				Medium	2.5	50.9598	105.3245	49.5146
					10	52.4137	102.1725	47.0024
					40	53.6173	101.8759	47.0783
				High	2.5	58.7450	113.5108	48.6984
					10	51.6640	102.6957	48.6867
					40	56.5793	101.6571	49.0094

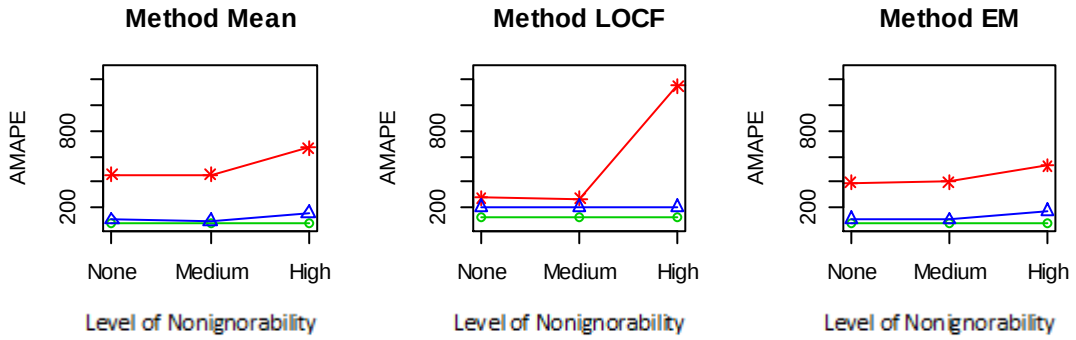
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 9</u> (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 87.5

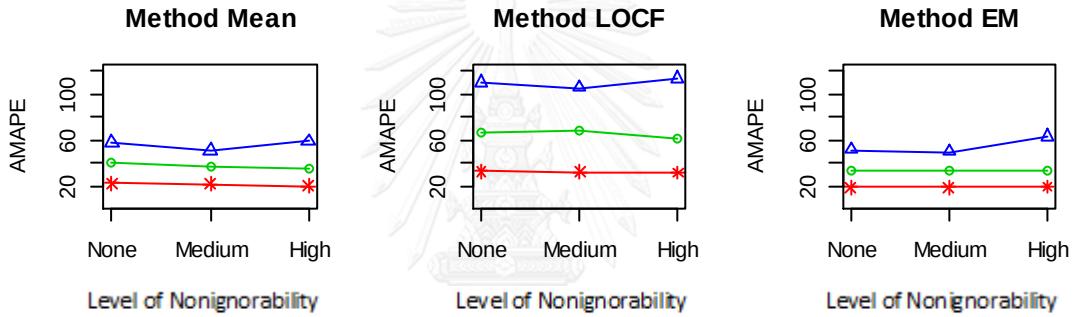
n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.25	0.25	10	None	2.5	14.6800	22.1487	10.4733
					10	14.5123	21.7947	10.1817
					40	14.5098	21.7798	10.1675
				Medium	2.5	13.6797	22.4588	10.5364
					10	14.2639	21.8892	10.1417
					40	14.4671	21.8204	10.1235
				High	2.5	12.3284	23.6649	12.1276
					10	13.8010	21.9465	10.4342
					40	14.5682	21.7034	10.3618
200	0.25	0.25	20	None	2.5	25.7545	40.6868	15.9531
					10	25.5620	40.3129	15.5745
					40	25.5551	40.2890	15.5620
				Medium	2.5	22.7646	41.4996	16.4695
					10	24.9088	40.3855	15.7152
					40	25.5072	40.1943	15.6812
				High	2.5	20.2423	44.8116	20.1738
					10	24.0066	40.3861	16.0787
					40	26.4002	39.6353	15.9433
200	0.25	0.25	30	None	2.5	38.3237	58.8680	21.7314
					10	38.1252	58.5670	21.2221
					40	38.1272	58.5431	21.2142
				Medium	2.5	31.8165	60.2759	22.5603
					10	36.5075	58.5397	21.3179
					40	37.7501	58.1951	21.2852
				High	2.5	32.1611	65.8553	31.8662
					10	35.4769	58.3967	22.0698
					40	40.6854	56.9983	22.1185

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

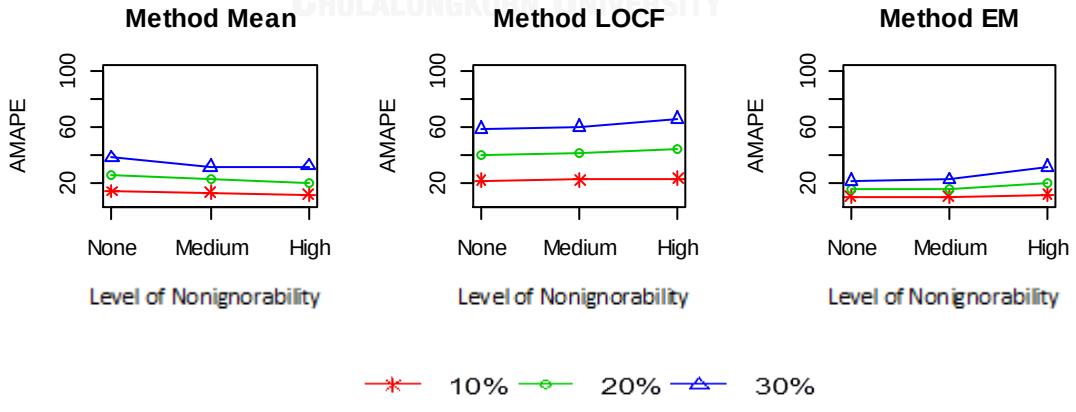
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

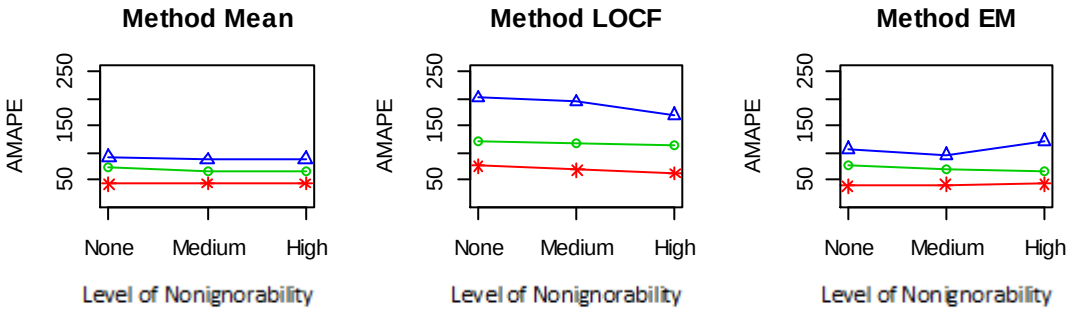


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

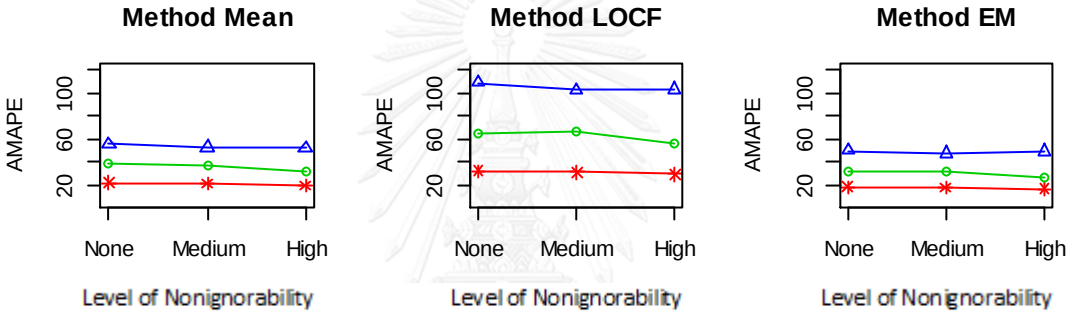


<u>ภาพที่ 13</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (c = 2.5, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 87.5

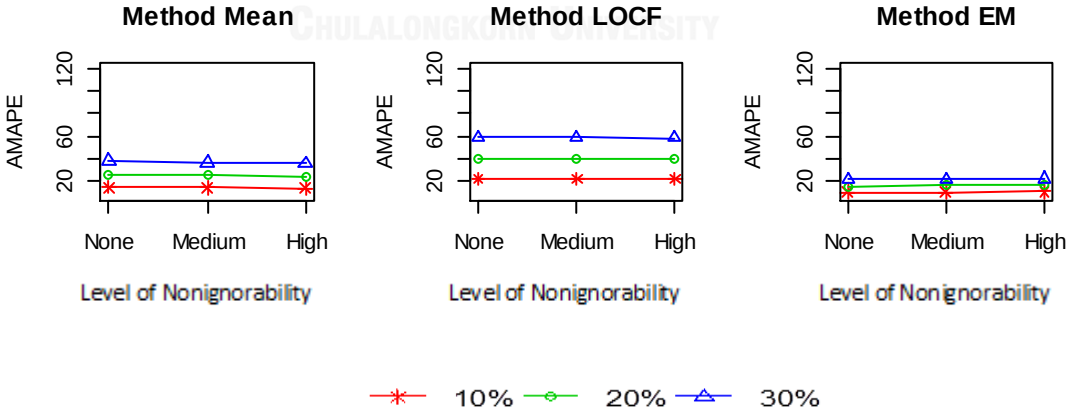
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

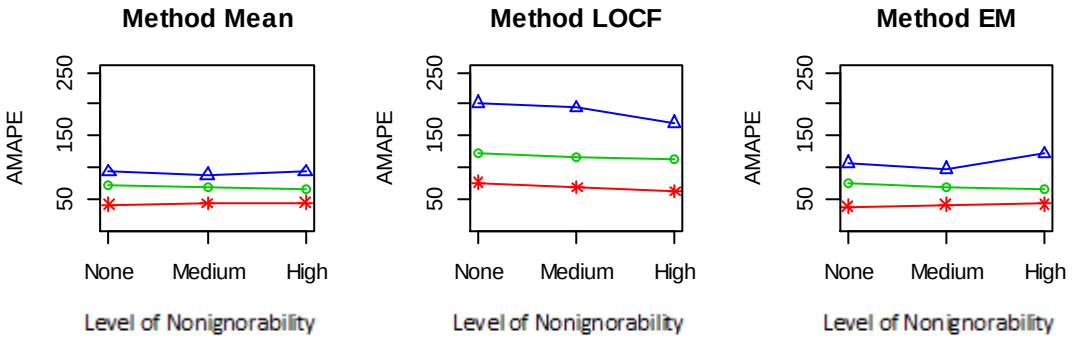


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

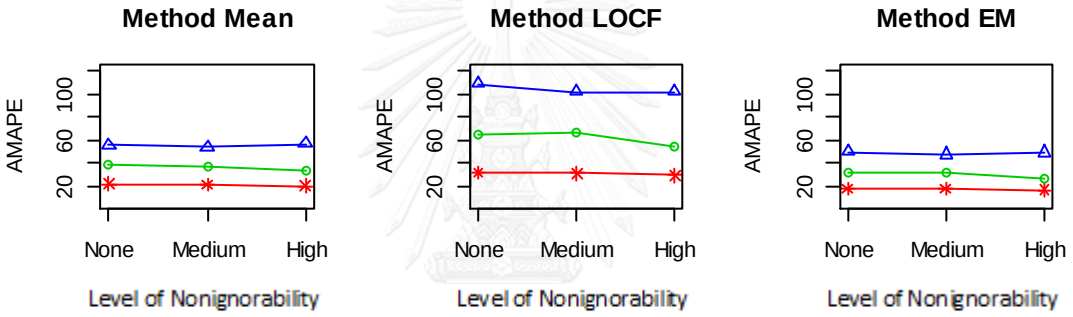


<u>ภาพที่ 14</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 10, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 87.5

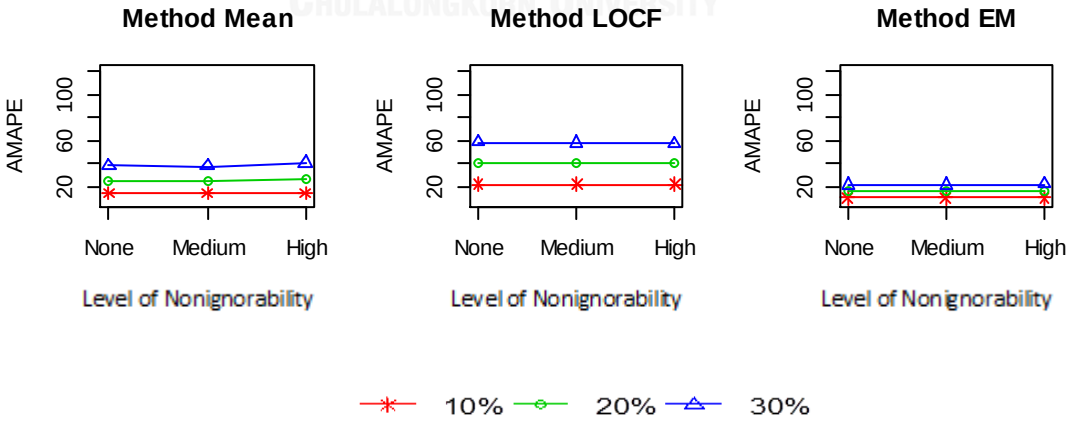
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 15</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 40, \phi_1 = \phi_2 = 0.25)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 87.5

ตารางที่ 10 แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 87.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.25	0.25	10	None	2.5	0.8682	1.4320	1.0000
					10	0.9244	0.5126	1.0000
					40	0.9243	0.5123	1.0000
				Medium	2.5	0.8723	1.4823	1.0000
					10	0.9568	0.6083	1.0000
					40	0.9533	0.6085	1.0000
				High	2.5	0.7964	0.4618	1.0000
					10	0.9748	0.6898	1.0000
					40	0.9622	0.6916	1.0000
50	0.25	0.25	20	None	2.5	1.0074	0.6352	1.0000
					10	1.0481	0.6226	1.0000
					40	1.0483	0.6224	1.0000
				Medium	2.5	0.9923	0.6025	1.0000
					10	1.0083	0.5809	1.0000
					40	1.0015	0.5817	1.0000
				High	2.5	0.9898	0.6423	1.0000
					10	1.0095	0.5759	1.0000
					40	0.9816	0.5796	1.0000
50	0.25	0.25	30	None	2.5	1.0706	0.5555	1.0000
					10	1.1498	0.5309	1.0000
					40	1.1503	0.5313	1.0000
				Medium	2.5	1.0450	0.5205	1.0000
					10	1.1082	0.4993	1.0000
					40	1.0967	0.5011	1.0000
				High	2.5	1.1051	0.8501	1.0000
					10	1.3733	0.7141	1.0000
					40	1.2991	0.7159	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10(ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 87.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.25	0.25	10	None	2.5	0.8398	0.5747	1.0000
					10	0.8341	0.5615	1.0000
					40	0.8341	0.5613	1.0000
				Medium	2.5	0.8762	0.5817	1.0000
					10	0.8435	0.5692	1.0000
					40	0.8370	0.5698	1.0000
				High	2.5	0.,9513	0.6097	1.0000
					10	0.8477	0.5658	1.0000
					40	0.8181	0.5676	1.0000
100	0.25	0.25	20	None	2.5	0.8311	0.5064	1.0000
					10	0.8339	0.4958	1.0000
					40	0.8347	0.4960	1.0000
				Medium	2.5	0.9234	0.4873	1.0000
					10	0.8697	0.4783	1.0000
					40	0.8568	0.4792	1.0000
				High	2.5	0.9616	0.5327	1.0000
					10	0.8141	0.4680	1.0000
					40	0.7611	0.4732	1.0000
100	0.25	0.25	30	None	2.5	0.8946	0.4660	1.0000
					10	0.9026	0.4572	1.0000
					40	0.9035	0.4579	1.0000
				Medium	2.5	0.9716	0.4701	1.0000
					10	0.8968	0.4600	1.0000
					40	0.8780	0.4621	1.0000
				High	2.5	0.8290	0.4290	1.0000
					10	0.9424	0.4741	1.0000
					40	0.8662	0.4821	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 10</u>(ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 87.5

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.25	0.25	10	None	2.5	0.7134	0.4729	1.0000
					10	0.7016	0.4672	1.0000
					40	0.7007	0.4668	1.0000
				Medium	2.5	0.7702	0.4691	1.0000
					10	0.7110	0.4633	1.0000
					40	0.6998	0.4639	1.0000
				High	2.5	0.9837	0.5125	1.0000
					10	0.7561	0.4754	1.0000
					40	0.7113	0.4774	1.0000
200	0.25	0.25	20	None	2.5	0.6194	0.3921	1.0000
					10	0.6093	0.3863	1.0000
					40	0.6090	0.3863	1.0000
				Medium	2.5	0.7235	0.3969	1.0000
					10	0.6309	0.3891	1.0000
					40	0.6148	0.3901	1.0000
				High	2.5	0.9966	0.4502	1.0000
					10	0.6698	0.3981	1.0000
					40	0.6039	0.4023	1.0000
200	0.25	0.25	30	None	2.5	0.5970	0.3691	1.0000
					10	0.5566	0.3623	1.0000
					40	0.5564	0.3624	1.0000
				Medium	2.5	0.7091	0.3743	1.0000
					10	0.5839	0.3642	1.0000
					40	0.5638	0.3658	1.0000
				High	2.5	0.9908	0.4839	1.0000
					10	0.6221	0.3779	1.0000
					40	0.5436	0.3881	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ตารางที่ 11</u> แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 68

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.4	0.4	10	None	1	146.1143	55.3402	29.7575
					4	37.8624	26.4277	16.9274
					16	42.5140	26.7081	16.8623
				Medium	1	142.6407	54.1540	28.8041
					4	36.3819	26.4527	16.6250
					16	35.2675	26.8116	16.4965
				High	1	121.4341	55.4858	28.4591
					4	35.7098	28.2776	18.2512
					16	37.6911	28.1285	18.2820
50	0.4	0.4	20	None	1	206.6025	78.9173	58.4019
					4	88.6736	60.9997	32.7171
					16	80.2584	60.5860	32.6427
				Medium	1	153.6593	76.5853	57.5543
					4	84.7558	59.8771	32.2079
					16	78.4472	60.9715	32.0614
				High	1	292.0597	74.4924	60.9938
					4	75.1176	47.7589	31.3565
					16	78.8485	47.6405	31.4609
50	0.4	0.4	30	None	1	328.2697	123.0503	71.8247
					4	135.1932	85.9425	45.6863
					16	135.5247	88.6046	43.4415
				Medium	1	260.1931	110.8404	74.4873
					4	130.2575	85.0023	43.7191
					16	199.2099	88.2887	46.4928
				High	1	378.3192	141.1864	133.8601
					4	152.4255	85.0162	65.1232
					16	240.5986	92.8734	79.1907

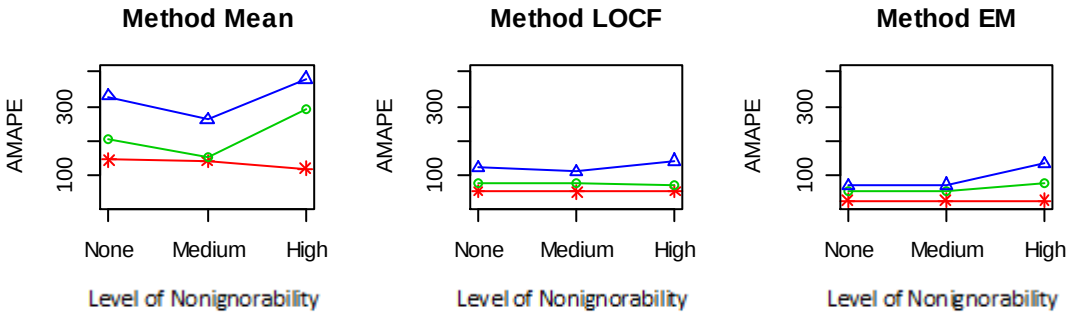
<u>ตารางที่ 11</u>(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 68

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.4	0.4	10	None	1	41.7421	24.7142	16.5960
					4	28.2516	16.9953	10.1671
					16	27.9290	16.9671	10.1373
				Medium	1	40.1870	23.6351	15.7666
					4	27.5567	17.0570	10.1739
					16	27.8846	17.0554	10.1539
				High	1	46.6816	25.5562	21.0935
					4	26.4489	16.7761	10.3453
					16	28.0700	16.8574	10.3593
100	0.4	0.4	20	None	1	99.8748	42.4099	26.0085
					4	58.6333	29.2649	15.5760
					16	58.2495	29.1894	15.5314
				Medium	1	93.2519	42.8866	27.2683
					4	56.6079	29.2630	15.6376
					16	57.7730	29.2655	15.6082
				High	1	140.6348	51.2351	46.9315
					4	53.9132	28.3312	15.9008
					16	59.7991	27.4138	15.9914
100	0.4	0.4	30	None	1	232.9003	62.4074	37.3043
					4	99.4892	40.4480	20.9211
					16	98.7152	40.3521	20.8409
				Medium	1	213.5445	62.6366	39.9774
					4	94.7655	40.2885	20.8445
					16	97.7831	40.1854	20.7931
				High	1	375.4305	79.9901	36.2487
					4	90.3426	38.0541	21.3945
					16	105.7416	38.0840	21.8743

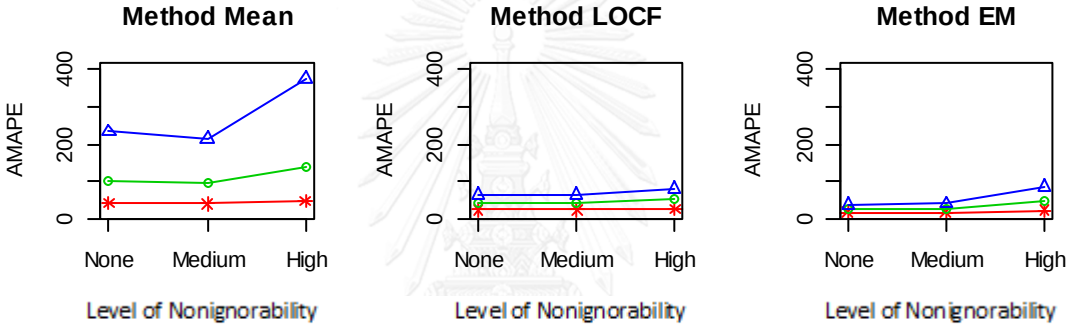
<u>ตารางที่ 11</u>(ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (AMAPE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 68

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	AMAPE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.4	0.4	10	None	1	33.2084	19.1504	10.2270
					4	25.3961	15.3503	7.6029
					16	25.3870	15.3316	7.5836
				Medium	1	31.6381	19.1781	10.7872
					4	24.9749	15.2758	7.5944
					16	25.3700	15.2847	7.5627
				High	1	32.6116	20.2999	14.8968
					4	23.9313	15.0440	7.6913
					16	25.5625	15.1132	7.5998
200	0.4	0.4	20	None	1	70.7935	32.2271	15.2465
					4	54.9639	27.8672	12.0518
					16	54.9392	27.8410	12.0335
				Medium	1	69.1572	33.8577	17.6507
					4	53.4603	27.8164	12.2419
					16	54.8206	27.8238	12.1754
				High	1	82.7197	38.6954	29.5905
					4	51.6718	27.0086	12.3058
					16	57.3456	27.0295	12.1431
200	0.4	0.4	30	None	1	124.3886	44.4363	19.8311
					4	93.8108	38.9306	15.8448
					16	93.7931	38.9177	15.8357
				Medium	1	112.0870	46.2301	24.4158
					4	90.5578	38.9630	16.0496
					16	93.9610	38.9087	15.9437
				High	1	191.4868	59.5171	49.9785
					4	86.0758	37.3901	16.2721
					16	100.6735	37.1162	16.2317

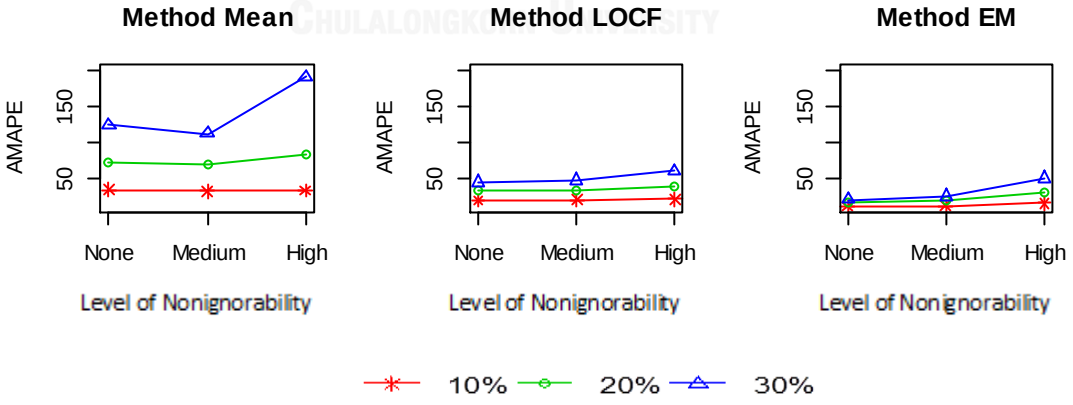
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

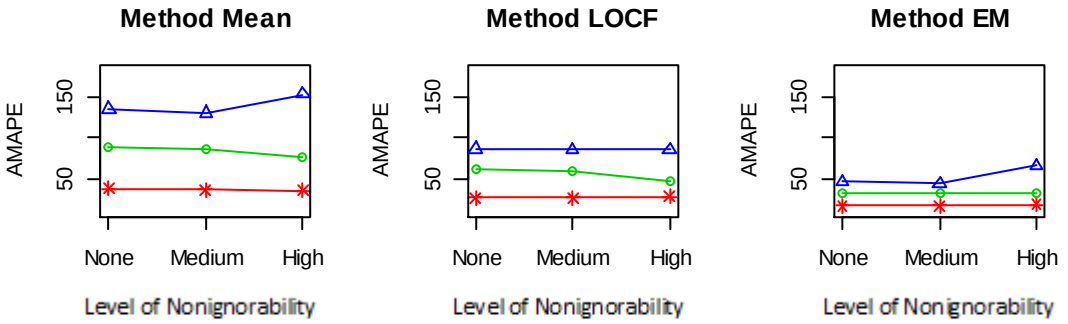


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

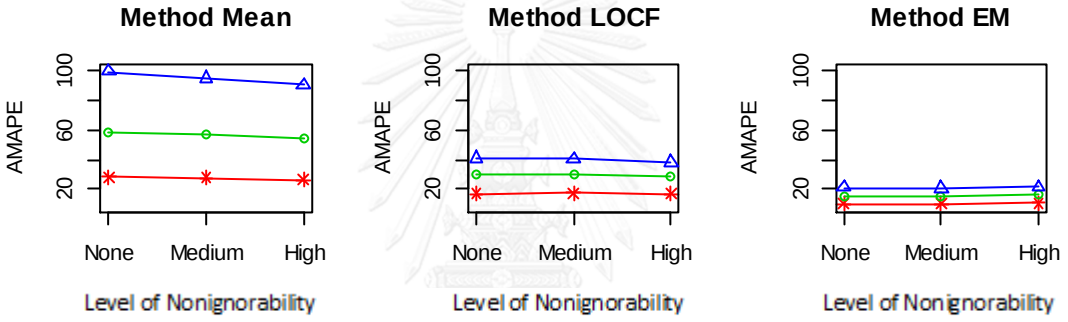


<u>ภาพที่ 16</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (c = 1, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 68

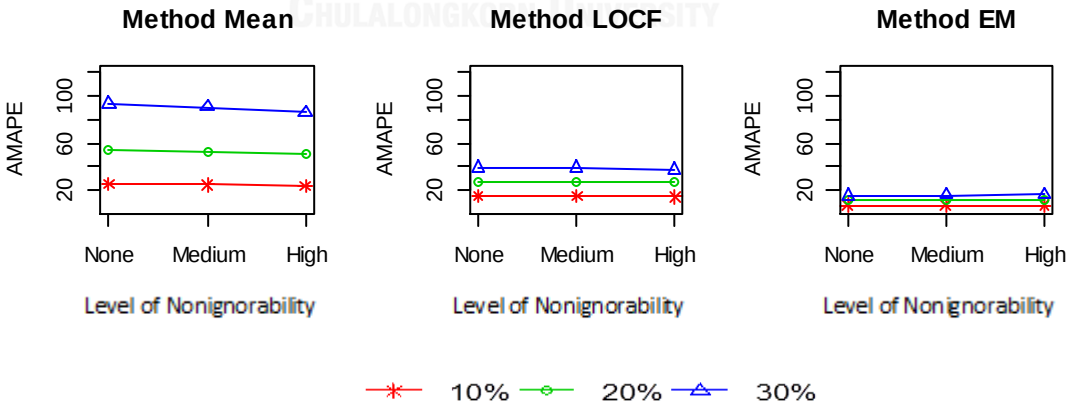
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100

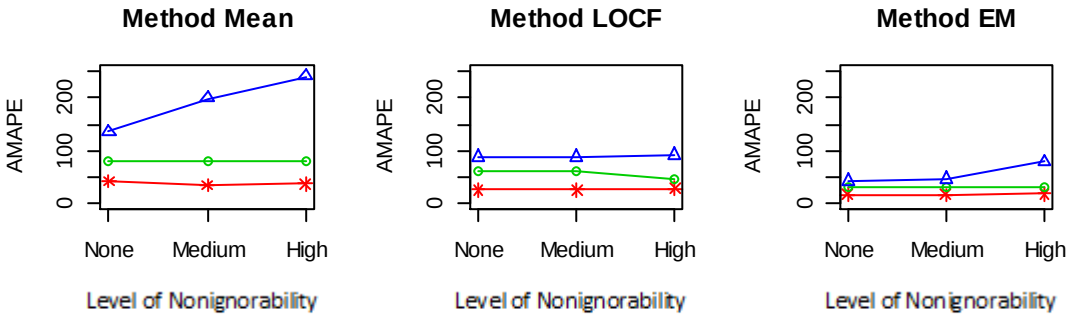


ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200

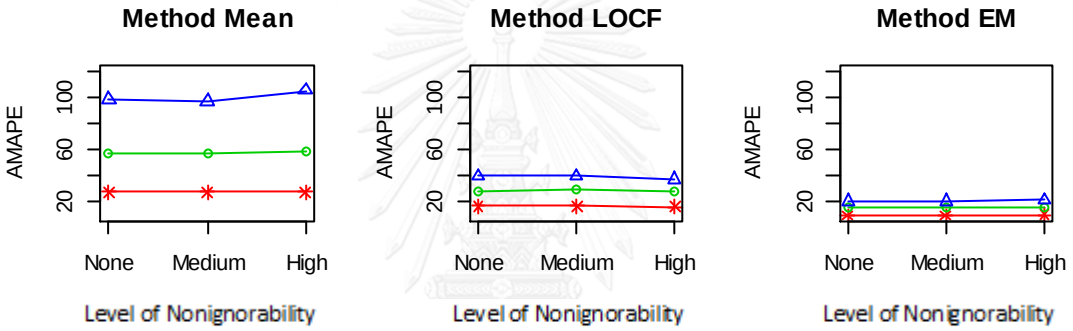


<u>ภาพที่ 17</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (c = 4, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 68

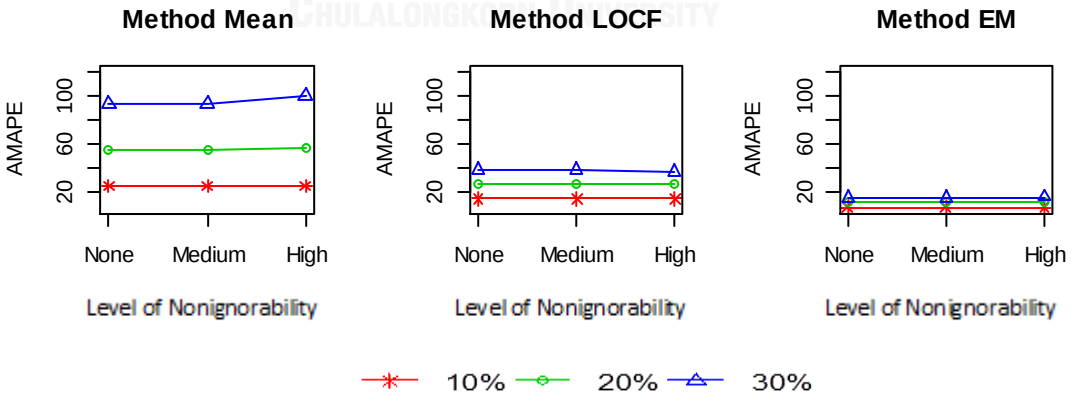
ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 50



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 100



ประมาณค่าสูญหาย ขนาดตัวอย่าง 200



<u>ภาพที่ 18</u> แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนของการสูญหายของข้อมูลอนุกรมเวลา ระหว่างค่า AMAPE กับระดับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล สำหรับตัวแบบ AR(2) : $Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$ $(c = 16, \phi_1 = \phi_2 = 0.4)$ ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 68

<u>ตารางที่ 12</u> แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 68

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
50	0.4	0.4	10	None	1	0.2037	0.5377	1.0000
					4	0.4471	0.6405	1.0000
					16	0.3966	0.6314	1.0000
				Medium	1	0.2019	0.5319	1.0000
					4	0.4570	0.6285	1.0000
					16	0.4678	0.6277	1.0000
				High	1	0.2344	0.5129	1.0000
					4	0.5111	0.6454	1.0000
					16	0.4850	0.6499	1.0000
50	0.4	0.4	20	None	1	0.2827	0.7400	1.0000
					4	0.3690	0.5363	1.0000
					16	0.4067	0.5388	1.0000
				Medium	1	0.3746	0.7515	1.0000
					4	0.3800	0.5379	1.0000
					16	0.4087	0.5258	1.0000
				High	1	0.2088	0.8188	1.0000
					4	0.4174	0.6566	1.0000
					16	0.3990	0.6604	1.0000
50	0.4	0.4	30	None	1	0.2188	0.5837	1.0000
					4	0.3379	0.5316	1.0000
					16	0.3205	0.4903	1.0000
				Medium	1	0.2863	0.6720	1.0000
					4	0.3356	0.5143	1.0000
					16	0.2334	0.5266	1.0000
				High	1	0.3538	0.9481	1.0000
					4	0.4272	0.7660	1.0000
					16	0.3291	0.8527	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 12</u>(ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 68

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
100	0.4	0.4	10	None	1	0.3976	0.6715	1.0000
					4	0.3624	0.5982	1.0000
					16	0.3630	0.5975	1.0000
				Medium	1	0.3923	0.6671	1.0000
					4	0.3692	0.5965	1.0000
					16	0.3641	0.5953	1.0000
				High	1	0.4519	0.8254	1.0000
					4	0.3911	0.6167	1.0000
					16	0.3690	0.6145	1.0000
100	0.4	0.4	20	None	1	0.2604	0.6133	1.0000
					4	0.2656	0.5322	1.0000
					16	0.2664	0.5321	1.0000
				Medium	1	0.2924	0.6358	1.0000
					4	0.2762	0.5338	1.0000
					16	0.2702	0.5333	1.0000
				High	1	0.3337	0.9160	1.0000
					4	0.2949	0.5612	1.0000
					16	0.2674	0.5628	1.0000
100	0.4	0.4	30	None	1	0.1602	0.5978	1.0000
					4	0.2103	0.5172	1.0000
					16	0.2111	0.5165	1.0000
				Medium	1	0.1872	0.6382	1.0000
					4	0.2200	0.5174	1.0000
					16	0.2126	0.5174	1.0000
				High	1	0.0966	0.4532	1.0000
					4	0.2368	0.5622	1.0000
					16	0.2069	0.5744	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตารางที่ 12</u>(ต่อ) แสดงค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวอันดับที่สอง (AR(2)) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเท่ากับ 68

n	ϕ_1	ϕ_2	%	ระดับของการสูญหาย	C	RE		
						MEAN	LOCF	EM
200	0.4	0.4	10	None	1	0.3080	0.5340	1.0000
					4	0.2994	0.4953	1.0000
					16	0.2987	0.4946	1.0000
				Medium	1	0.3410	0.5625	1.0000
					4	0.3041	0.4972	1.0000
					16	0.2981	0.4948	1.0000
				High	1	0.4568	0.7338	1.0000
					4	0.3214	0.5113	1.0000
					16	0.2973	0.5029	1.0000
200	0.4	0.4	20	None	1	0.2154	0.4731	1.0000
					4	0.2193	0.4325	1.0000
					16	0.2190	0.4322	1.0000
				Medium	1	0.2552	0.5213	1.0000
					4	0.2290	0.4401	1.0000
					16	0.2221	0.4376	1.0000
				High	1	0.3577	0.7647	1.0000
					4	0.2384	0.4556	1.0000
					16	0.2118	0.4493	1.0000
200	0.4	0.4	30	None	1	0.1594	0.4463	1.0000
					4	0.1689	0.4070	1.0000
					16	0.1684	0.4069	1.0000
				Medium	1	0.2178	0.5281	1.0000
					4	0.1772	0.4120	1.0000
					16	0.1697	0.4098	1.0000
				High	1	0.2610	0.8397	1.0000
					4	0.1890	0.4352	1.0000
					16	0.1612	0.4373	1.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธีรเดช สิงห์อินทร์ เกิดวันพฤหัสบดีที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2533 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(วท.บ.) สาขา วิชาสถิติ ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2555 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University