การเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหาย ในตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุที่ตัวแปรอิสระมีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลที่สัมพันธ์กัน

นายศุภสันติ์ ดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Comparison of the Imputation Methods in the Multiple Linear Regression Model with Correlated-Nonignorable-Missing Independent Variables

Mr. Suppasan Deemark

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Statistics
Department of Statistics
FACULTY OF COMMERCE AND ACCOUNTANCY
Chulalongkorn University
Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหาย ในตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุที่ตัวแปรอิสระมีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลที่สัมพันธ์กัน
โดย	นายศุภสันติ์ ดีมาก
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

---------- คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(ศาสตราจารย์ ดร.วิเลิศ ภูริวัชร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิฐรา พึ่งพาพงศ์)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี)

---------- กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูริพันธุ์ รุจิขจร)

---------- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดาพร ศุภภากร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศุภสันติ์ ดีมาก : การเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหาย ในตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุที่ตัวแปรอิสระมีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลที่สัมพันธ์กัน. (Comparison of the Imputation Methods in the Multiple Linear Regression Model with Correlated-Nonignorable-Missing Independent Variables) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการประมาณสูญหายในตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ที่ตัวแปรอิสระมีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลที่มีความสัมพันธ์กัน ในการศึกษานี้มีวิธีการที่ถูกพัฒนาขึ้นคือ Expected Regression Imputation (ERI) และ Conditional Expected Regression Imputation (CERI) โดยจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการที่พัฒนาขึ้นมากับอีก 3 วิธีการ ได้แก่ วิธี K-Nearest Neighbor Imputation (KNN), วิธี Expectation Maximization Algorithm (EM) และ วิธี Predictive Mean Matching Imputation (PMM)) การศึกษานี้ได้ควบคุมปัจจัยความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ, ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความคลาดเคลื่อน, ร้อยละการสูญหายและระดับ Nonignorability โดยวิธีการที่ให้ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Average mean square error) น้อยที่สุดจะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ผลการวิจัยพบว่า เมื่อข้อมูลมีการกระจายตัวสูงและกลางวิธี KNN มีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกกรณีที่ศึกษา แต่ถ้าข้อมูลกระจายตัวต่ำ วิธี KNN จะดีเมื่อกรณีตัวแปรมีความสัมพันธ์กันสูงและร้อยละการสูญหายต่ำ วิธี EM จะประสิทธิภาพสูงเมื่อร้อยละการสูญหายสูงในทุกระดับความสัมพันธ์ วิธี ERI จะประสิทธิภาพสูงเมื่อตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับกลางลงไปในเกือบทุกกรณีที่ศึกษา วิธี CERI จะประสิทธิภาพสูงเมื่อตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับกลางลงไปและร้อยละการสูญหายต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6480496726 : MAJOR STATISTICS

KEYWORD: Multiple Linear Regression Nonignorable Missing Independent Variables Correlation Coefficient

Suppasan Deemark : Comparison of the Imputation Methods in the Multiple Linear Regression Model with Correlated-Nonignorable-Missing Independent Variables . Advisor: Asst. Prof. ANUPAP SOMBOONSAVATDEE, Ph.D.

The objective of this research was study and compare imputation methods for independent variables for multiple linear regression model with correlated-nonignorable-missing independent variables. In this study, methods were developed, namely the Expected Regression (ERI) and Conditional Expected Regression Imputation. Comparison of the efficiency of develop methods with 3 methods, namely K-Nearest Neighbor (KNN), Expectation Maximization (EM) and Predictive Mean Matching (PMM). This research has controlled the variance factor of independent variables, the correlation of independent variables, standard deviations of error, missing proportion of data and Nonignorability Level. By the method that makes the average mean square error as little as possible, it is considered the most effective method. The study found that when High and Middle dispersion The KNN method was most effective in all cases studied. But if Low dispersion, KNN was good when variable cases have a high relationship and low missing proportion. The EM method will be high efficiency when the missing proportion is high at all correlation levels. The ERI method was highly effective when variables have a positive correlation in the intermediate or low level in almost all cases studied. The CERI method was high efficiency when variables have a negative correlation in the middle or low to each other and the percentage of loss is low.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Statistics	Student's Signature .....
Academic Year:	2022	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพราะความกรุณาและการอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจากคณาจารย์และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาชี้แนะ ส่งเสริมให้กำลังแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีเสมอมา และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร. วิฐรา พึ่งพาพงศ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูริพันธุ์ รุจิขจร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธิดาพร ศุภภากร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรทุกท่านในภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทำให้ผู้วิจัยสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และได้อำนวยความสะดวกในด้านเอกสารการประสานงานต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนด้านการเรียนด้วยดีมาโดยตลอด รวมทั้งเพื่อนๆ และทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ที่ได้ให้คำปรึกษาและกำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยได้เป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศุภสันติ์ ดีมาก

สารบัญ

หน้า

.....ค

บทคัดย่อภาษาไทย.....ค

.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง

กิตติกรรมประกาศ.....จ

สารบัญ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ฎ

สารบัญภาพ.....ต

บทที่ 1.....1

บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....4

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น.....4

1.3.1 ชุดข้อมูลที่ทำการจำลอง.....4

1.3.2 การแจกแจงของตัวแปรอิสระ.....4

1.3.3 ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตาม.....4

1.3.4 ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ.....5

1.3.5 ผลรวมความแปรปรวนในตัวแปรอิสระ.....5

1.3.6 การสูญหาย.....5

1.4 จำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....5

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5.1 ตัวแปรอิสระ 6
1.5.1.1 ระดับความแปรปรวนของตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว 6
1.5.1.2 รูปแบบและระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 7
1.5.1.3 รูปแบบของตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 7
1.5.1.4 ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ X_3 10
1.5.1.5 ผลรวมความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 11
1.5.2 ตัวแปรตาม 13
1.5.2.1 รูปแบบและการแจกแจงของตัวแปรตาม 13
1.5.2.2 ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อน 13
1.5.3 ขนาดตัวอย่าง 14
1.5.4 การสูญหายของข้อมูล 14
1.5.4.1 การแบ่งส่วนข้อมูลตัวแปรอิสระ 14
1.5.4.2 ระดับ Nonignorability (Nonignorability Level) 14
1.5.4.3 การสูญหายอย่างมีความสัมพันธ์ 14
1.5.5 การจำลองข้อมูล 19
1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ 19
1.7 วิธีดำเนินการวิจัย 20
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 22
บทที่ 2 23
ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง 23
2.1 ลักษณะของการเกิดข้อมูลสูญหาย (Types of Missing data) 23
2.1.1 ข้อมูลสูญหายแบบสุ่มสมบูรณ์ (Missing Completely at Random: MCAR) 23
2.1.2 ข้อมูลสูญหายแบบสุ่ม (Missing at Random: MAR) 23
2.1.3 ข้อมูลสูญหายแบบไม่สุ่ม (Not missing at random: NMAR) 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 ความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข (Conditional Probability) 24
2.3 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) 24
2.3.1 การตรวจสอบฟังก์ชันการถดถอยเชิงเส้น (Linearity Assumption) 25
2.3.2 การตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ (Constant Variance Assumption) 27
2.3.3 การตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) 29
2.3.4 การตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน (Independence Assumption) 29
2.4 วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (Ordinary Least Squares Method: OLS) 30
2.5 สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation: CV) 31
2.6 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: Corr) 31
2.7 วิธีการประมาณค่าสูญหายแบบ K-Nearest Neighbor Imputation (KNN) 32
2.8 วิธีการประมาณค่าสูญหายโดยวิธี Expectation Maximization Algorithm (EM) 34
2.9 วิธีการประมาณค่าสูญหายโดยวิธี Predictive Mean Matching Imputation (PMM) 36
2.10 วิธีการประมาณค่าสูญหายโดยวิธี Expected Regression Imputation (ERI) 38
2.10 วิธีการประมาณค่าสูญหายโดยวิธี Conditional Expected Regression Imputation (CERI) 40
บทที่ 3 43
วิธีดำเนินการวิจัย 43
3.1 จำลองชุดข้อมูล 43
3.2 การประมาณค่าตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหาย 45
3.3 การสร้างสมการพยากรณ์ 45
3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณข้อมูลที่สูญหาย 46
3.4.1 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Average mean square error: AMSE) 46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.2 ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency: RE) 46
3.5 รายละเอียดการเขียนโปรแกรม 47
บทที่ 4 49
ผลการวิจัย 49
4.1 กรณีการศึกษา 50
4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 90 56
4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 30 72
4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 89
บทที่ 5 106
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 106
5.1 ความแตกต่างของแต่ละวิธีการประมาณค่า 108
5.1.1 วิธี K-Nearest Neighbor Imputation (KNN) 108
5.1.2 วิธี Expectation Maximization Algorithm (EM) 108
5.1.3 วิธี Conditional Expected Regression Imputation (CERI) 108
5.1.4 วิธี Expected Regression Imputation (ERI) 109
5.1.5 วิธี Predictive Mean Matching Imputation (PMM) 109
5.2 การเปรียบเทียบผลกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 109
5.3 ข้อเสนอแนะแนว 110
5.3.1 ด้านแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ 110
5.3.2 ด้านแนวทางการศึกษาวิจัย 112
บรรณานุกรม 113
ภาคผนวก1 114

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายละเอียดของโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย 115
Packages 115
Read file Data from Excel sheets 115
Simulation Complete Data 115
Simulation Missing Data 118
Estimatemiss 120
Calculate AMSE 137
ภาคผนวก2 140
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 1 141
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 2 150
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 3 159
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 4 168
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 5 177
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 6 186
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 7 195
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 8 204
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 9 213
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 10 222
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 11 231
ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 12 240
ประวัติผู้เขียน 249

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าคงที่ a, b, c และ d ในที่กรณีศึกษา.....10

ตารางที่ 1.2 แสดงผลรวมความแปรปรวนในที่กรณีศึกษา.....12

ตารางที่ 1.3 แสดงความน่าจะเป็นในการสูญหายแต่ละช่วง.....17

ตารางที่ 1.4 แสดงความน่าจะเป็นของการสูญหายของตัวแปรตัวแรกเมื่อตัวแปรตัวที่สองไม่สูญหาย
.....18

ตารางที่ 1.5 แสดงความน่าจะเป็นของการสูญหายของตัวแปรตัวแรกเมื่อตัวแปรตัวที่สองสูญหาย...19

ตารางที่ 4.1 แสดงภาพรวมผลของการจำลองเมื่อเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 90.....56

ตารางที่ 4.2 แสดงภาพรวมผลของการจำลองเมื่อเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 30.....72

ตารางที่ 4.3 แสดงภาพรวมผลของการจำลองเมื่อเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.....89

ตารางที่ 5.1 แสดงจำนวนวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแยกตามส่วนการจำลองข้อมูล 106

ตารางที่ 5.2 แสดงวิธีการที่แนะนำในกรณีศึกษาต่างๆ เมื่อตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนใกล้เคียงกัน
..... 111

ตารางที่ 5.3 แสดงวิธีการที่แนะนำในกรณีศึกษาต่างๆ เมื่อตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนต่างกันมาก
..... 111

ตารางที่ 6.1 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 .. 141

ตารางที่ 6.2 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10..... 142

ตารางที่ 6.3 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 143

ตารางที่ 6.4 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 .. 144

ตารางที่ 6.5 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30..... 145

ตารางที่ 6.6 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 146

ตารางที่ 6.7 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 .. 147

ตารางที่ 6.8 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90..... 148

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.9 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 149
ตารางที่ 6.10 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 150
ตารางที่ 6.11 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10..... 151
ตารางที่ 6.12 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 152
ตารางที่ 6.13 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 153
ตารางที่ 6.14 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30..... 154
ตารางที่ 6.15 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 155
ตารางที่ 6.16 *แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90* 156
ตารางที่ 6.17 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90..... 157
ตารางที่ 6.18 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 158
ตารางที่ 6.19 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 159
ตารางที่ 6.20 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10..... 160
ตารางที่ 6.21 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 161
ตารางที่ 6.22 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 162
ตารางที่ 6.23 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30..... 163
ตารางที่ 6.24 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 164
ตารางที่ 6.25 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 165
ตารางที่ 6.26 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90..... 166
ตารางที่ 6.27 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 167

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.28 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10168
ตารางที่ 6.29 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10..... 169
ตารางที่ 6.30 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10
..... 170
ตารางที่ 6.31 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 171
ตารางที่ 6.32 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 172
ตารางที่ 6.33 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30
..... 173
ตารางที่ 6.34 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 174
ตารางที่ 6.35 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90..... 175
ตารางที่ 6.36 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90
..... 176
ตารางที่ 6.37 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 177
ตารางที่ 6.38 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10..... 178
ตารางที่ 6.39 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10
..... 179
ตารางที่ 6.40 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 180
ตารางที่ 6.41 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30..... 181
ตารางที่ 6.42 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30
..... 182
ตารางที่ 6.43 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 183
ตารางที่ 6.44 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90..... 184
ตารางที่ 6.45 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90
..... 185
ตารางที่ 6.46 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 186

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.47 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10..... 187
ตารางที่ 6.48 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 188
ตารางที่ 6.49 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 189
ตารางที่ 6.50 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30..... 190
ตารางที่ 6.51 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 191
ตารางที่ 6.52 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 192
ตารางที่ 6.53 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90..... 193
ตารางที่ 6.54 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 194
ตารางที่ 6.55 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 195
ตารางที่ 6.56 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10..... 196
ตารางที่ 6.57 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 197
ตารางที่ 6.58 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 198
ตารางที่ 6.59 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30..... 199
ตารางที่ 6.60 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 200
ตารางที่ 6.61 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 201
ตารางที่ 6.62 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90..... 202
ตารางที่ 6.63 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 203
ตารางที่ 6.64 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 204
ตารางที่ 6.65 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10..... 205

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.66 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 206
ตารางที่ 6.67 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 207
ตารางที่ 6.68 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30..... 208
ตารางที่ 6.69 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 209
ตารางที่ 6.70 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 210
ตารางที่ 6.71 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90..... 211
ตารางที่ 6.72 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 212
ตารางที่ 6.73 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 213
ตารางที่ 6.74 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10..... 214
ตารางที่ 6.75 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 215
ตารางที่ 6.76 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 216
ตารางที่ 6.77 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30..... 217
ตารางที่ 6.78 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 218
ตารางที่ 6.79 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 219
ตารางที่ 6.80 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90..... 220
ตารางที่ 6.81 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 221
ตารางที่ 6.82 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 222
ตารางที่ 6.83 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 ... 223

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.84 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 224
ตารางที่ 6.85 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 225
ตารางที่ 6.86 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 ... 226
ตารางที่ 6.87 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 227
ตารางที่ 6.88 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 228
ตารางที่ 6.89 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 ... 229
ตารางที่ 6.90 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 230
ตารางที่ 6.91 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 231
ตารางที่ 6.92 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 ... 232
ตารางที่ 6.93 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 233
ตารางที่ 6.94 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 234
ตารางที่ 6.95 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 ... 235
ตารางที่ 6.96 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 236
ตารางที่ 6.97 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 237
ตารางที่ 6.98 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 ... 238

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.99 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 239
ตารางที่ 6.100 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 240
ตารางที่ 6.101 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 . 241
ตารางที่ 6.102 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10 242
ตารางที่ 6.103 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 243
ตารางที่ 6.104 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 . 244
ตารางที่ 6.105 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30 245
ตารางที่ 6.106 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 246
ตารางที่ 6.107 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 . 247
ตารางที่ 6.108 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90 248

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม 26

รูปที่ 2.2 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือกับค่าพยากรณ์ 26

รูปที่ 2.3 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือกับค่าพยากรณ์ 27

รูปที่ 2.4 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือกับค่าพยากรณ์ 28

รูปที่ 2.5 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือกับค่าพยากรณ์ 28

รูปที่ 2.6 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือและค่าคาดหวังของค่าเศษเหลือ 29

รูปที่ 2.7 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือและเวลา 30

รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพขั้นตอนการเขียนโปรแกรม 48

รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพกรณีศึกษาทั้งหมดในการจำลองข้อมูล 52

รูปที่ 4.2 แสดงแผนภาพการแบ่งส่วนในการนำเสนอผลการวิจัย 55

รูปที่ 4.3 แสดงแผนภาพกราฟค่า RE ของแต่ละกรณีที่ศึกษา 57

รูปที่ 4.4 แสดงแผนภาพกราฟค่า RE ของแต่ละกรณีที่ศึกษา 58

รูปที่ 4.5 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 1 59

รูปที่ 4.6 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 2 60

รูปที่ 4.7 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 3 61

รูปที่ 4.8 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 4 62

รูปที่ 4.9 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 5 63

รูปที่ 4.10 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 6 64

รูปที่ 4.11 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 7 65

รูปที่ 4.12 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 8 66

รูปที่ 4.13 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 9 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.14 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 10.....68
รูปที่ 4.15 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 11.....69
รูปที่ 4.16 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 12.....70
รูปที่ 4.17 แสดงแผนภาพกราฟค่า RE ของแต่ละกรณีที่ศึกษา 74
รูปที่ 4.18 แสดงแผนภาพกราฟค่า RE ของแต่ละกรณีที่ศึกษา 75
รูปที่ 4.19 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 1.....76
รูปที่ 4.20 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 2.....77
รูปที่ 4.21 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 3.....78
รูปที่ 4.22 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 4.....79
รูปที่ 4.23 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 5.....80
รูปที่ 4.24 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 6.....81
รูปที่ 4.25 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 7.....82
รูปที่ 4.26 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 8.....83
รูปที่ 4.27 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 9.....84
รูปที่ 4.28 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 10.....85
รูปที่ 4.29 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 11.....86
รูปที่ 4.30 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 12.....87
รูปที่ 4.31 แสดงแผนภาพกราฟค่า RE ของแต่ละกรณีที่ศึกษาเมื่อส่วนเบี่ยงมาตรฐาน.....91
รูปที่ 4.32 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 1.....92
รูปที่ 4.33 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 2.....93
รูปที่ 4.34 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 3.....94
รูปที่ 4.35 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 4.....95
รูปที่ 4.36 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 5.....96
รูปที่ 4.37 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 6.....97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.38 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 7.....98
รูปที่ 4.39 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 8.....99
รูปที่ 4.40 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 9..... 100
รูปที่ 4.41 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 10..... 101
รูปที่ 4.42 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 11..... 102
รูปที่ 4.43 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 12..... 103
รูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพกราฟจำนวนวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแยกตามส่วนการจำลองข้อมูล
..... 107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคนิคการพยากรณ์เป็นเทคนิคหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในงานวิจัยในหลายๆ สาขาไม่ว่าจะเป็นทางด้านธุรกิจการเงิน การแพทย์ ชีววิทยา วิศวกรรม จิตวิทยา เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น เนื่องจากในปัจจุบันข้อมูลมีความยุ่งยากและซับซ้อนขึ้นมาก โดยปัญหาหลักที่พบในชุดข้อมูลคือข้อมูลสูญหาย (Missing Data) ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายกรณี เช่น การดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเกิดข้อผิดพลาดหรือในการทำแบบสอบถามผู้ตอบเลือกจะหลีกเลี่ยงการให้คำตอบบางคำตอบ

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมนำมาใช้พยากรณ์ ซึ่งจะเป็นการสร้างสมการตัวแบบที่ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปและตัวแปรตาม (Dependent Variable) เพียงตัวเดียว โดยตัวแปรอิสระและตัวแปรตามจะมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเชิงเส้น ดังนั้นถ้าเกิดการสูญหายของข้อมูล ย่อมส่งผลให้เกิดปัญหาในการวิเคราะห์ โดยวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวทำได้หลายวิธี ซึ่งวิธีการที่ง่ายและคนทั่วไปมักนิยมใช้กันคือการตัดแถวที่มีการสูญหายของมีข้อมูลทิ้งไป แต่วิธีการนี้จะทำให้สูญเสียข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อและเป็นไปได้ว่าข้อมูลที่เหลืออาจจะไม่สามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดได้ โดยจะนำไปสู่การที่ทำให้ได้ข้อสรุปที่ผิดพลาด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการประมาณค่าสูญหายในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ แต่ส่วนใหญ่จะศึกษาในกรณีที่ข้อมูลเกิดการสูญหายอย่างสุ่ม เช่น งานวิจัยของ จริยา แสงสุวรรณ [1] ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสูญหายในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ โดยทำการศึกษาและเปรียบเทียบ 4 วิธีการได้แก่ วิธี Loss Imputation (Loss), วิธี Mean Imputation (Mean), วิธี Regression Imputation (RI) และวิธี Multiple Imputation (MI) โดยมีการกำหนด

1. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50, 70, 100 และ 200
2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1, 5 และ 15
3. ร้อยละการสูญหายเท่ากับ 5, 10, 20 และ 30

จากการเปรียบเทียบรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) ผลสรุปการวิจัยพบว่า

1. กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และร้อยละการสูญหายเท่ากับ 5 วิธี MI มีประสิทธิภาพดีที่สุด ส่วนร้อยละการสูญหายเท่ากับ 10, 20 และ 30 พบว่าวิธี RI ประสิทธิภาพดีที่สุด
2. กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 70 และ 200 ที่ทุกร้อยละการสูญหาย พบว่าวิธี RI ประสิทธิภาพดีที่สุด
3. กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ร้อยละการสูญหายเท่ากับ 5, 10 และ 20 พบว่าวิธี RI ประสิทธิภาพดีที่สุดส่วนร้อยละการสูญหายเท่ากับ 30 พบว่าวิธี MI ประสิทธิภาพดีที่สุด

การสูญหายที่เกิดขึ้นอย่างสุ่มมักไม่พบบ่อยในชีวิตจริง โดยปกติการสูญหายของข้อมูลจะเกิดแบบขึ้นอยู่กับปัจจัยบางอย่างที่อาจจะอยู่ในชุดข้อมูลหรือไม่อยู่ในชุดข้อมูลก็ได้ การสูญหายแบบนี้จัดอยู่ในประเภทการสูญหายที่ไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสุ่ม (Not missing at random : NMAR) โดยการสูญหายแบบ Nonignorable ก็จัดอยู่ในประเภทนี้ ซึ่งก็คือการสูญหายที่ไม่สามารถละเลยมองข้ามได้ เพราะส่งผลกระทบอย่างมากต่อการวิเคราะห์ โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสูญหายเมื่อตัวแปรมีการสูญหายแบบ Nonignorable คืองานวิจัยของ อุษณีย์ วงศ์อามาตย์[2] ที่ศึกษากรณีเกิดการสูญหายขึ้นเฉพาะในตัวแปรตามเท่านั้น และ งานวิจัยของ วริษฐา กณิกนันต์[3] ที่ศึกษากรณีการสูญหายเกิดในตัวแปรอิสระ 1 ตัวกับตัวแปรตาม โดยทั้ง 2 งานทำการศึกษา 3 วิธีการ ได้แก่ วิธี Expectation Maximization Algorithm (EM), วิธี K-Nearest Neighbor Imputation (KNN) และวิธี Predictive Mean Matching Imputation (PMM) โดยมีการกำหนด

1. ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50, 100 และ 200
2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10, 30 และ 90
3. ร้อยละการสูญหายเท่ากับ 10 20 และ 30
4. ระดับความสัมพันธ์การสูญหาย 3 ระดับคือ ไม่มี ปานกลาง และ สูง

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Average mean square error : AMSE) ผลสรุปการวิจัยของงานทั้ง 2 มีความคล้ายคลึงกันคือ

1. กรณีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนมีขนาด 10 ที่ทุกขนาดตัวอย่างและร้อยละการสูญหาย ถ้าระดับความสัมพันธ์การสูญหายคือไม่มีและปานกลาง พบว่าวิธี KNN

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประสิทธิภาพดีที่สุด แต่ถ้าระดับความสัมพันธ์การสูญหายเป็นสูง วิธี EM ประสิทธิภาพดีที่สุดแทน

2. กรณีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนมีขนาด 30 ถ้าระดับความสัมพันธ์การสูญหาย สูงและร้อยละการสูญหาย 30 ที่ทุกขนาดตัวอย่างวิธี EM ประสิทธิภาพดีที่สุด แต่กรณีศึกษาที่เหลือ วิธี KNN ประสิทธิภาพดีที่สุด
3. กรณีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนมีขนาด 90 วิธี KNN ประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกกรณีที่ศึกษา

การศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบงานวิจัยที่ทำการศึกษากรณีที่ข้อมูลที่การสูญหายแบบ Nonignorable ที่มีการสูญหายที่ตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาต่อยอดโดยจะทำการศึกษาในกรณีที่ตัวแปรอิสระ 2 ตัวเกิดการสูญหายอย่างมีความสัมพันธ์ นอกจากนี้ยังศึกษาเพิ่มเติมในรูปแบบตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกและลบที่ระดับ สูง, กลาง และต่ำ โดยจะใช้ขอบเขตการศึกษาอื่นๆ ให้คล้ายคลึงกับงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อจะสามารถเปรียบเทียบผลได้ โดยในงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าสูญหายจำนวน 5 วิธี โดยแบ่งเป็น 3 วิธีที่รู้จักกันทั่วไปคือ วิธี KNN, วิธี EM และ วิธี PMM และ 2 วิธีที่เพิ่มเติมบางปัจจัยเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลที่ได้ทำการศึกษา คือ วิธี Expected Regression Imputation (ERI) ที่ได้แนวคิดบางส่วนมาจากงานของสุปรียา สระโสม[4] และ วิธี Conditional Expected Regression Imputation (CERI) โดยในการศึกษานี้จะทำการจำลองข้อมูลเพื่อเลียนแบบลักษณะข้อมูลจำนวนเงินเดือน (หน่วย : บาท) ที่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ทำงาน (หน่วย : ปี) ตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันคือ ถ้าประสบการณ์ทำงานสูงจำนวนเงินเดือนที่ได้รับก็จะสูงตาม โดยจากการตรวจข้อมูลพบว่าการสูญหายของตัวแปรเงินเดือนจะขึ้นกับประสบการณ์ทำงาน ยิ่งประสบการณ์ทำงานน้อยเงินเดือนจะมีโอกาสสูญหายมากกว่าประสบการณ์ทำงานมาก หรือจะพูดได้ว่าขนาดของตัวแปรตัวแรกมีผลต่อการสูญหายต่อตัวแปรตัวที่สอง จะพิจารณาประสิทธิภาพแต่ละวิธีการด้วย AMSE โดยวิธีการที่ให้ค่า AMSE น้อยที่สุดจะเป็นวิธีการที่ดีที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการประมาณค่าสูญหายของตัวแปรอิสระมีการสูญหายของแบบนอนอิกนอร์เรเบิลที่สัมพันธ์กัน ในลักษณะการสูญหายแบบขนาดของตัวแปรอิสระตัวแรกมีผลต่อการสูญหายต่อตัวแปรอิสระตัวที่สองเมื่อตัวแปรอิสระทั้ง 2 มีร้อยละการสูญหายเท่ากัน

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 5 วิธีการ ที่แบ่งออกเป็น 3 วิธีการที่รู้จักกัน คือ วิธี Expectation Maximization Algorithm (EM), วิธี K-Nearest Neighbor Imputation (KNN) และวิธี Predictive Mean Matching Imputation (PMM) กับวิธีการที่ถูกพัฒนาขึ้นมา 2 วิธีการ คือ วิธี Expected Regression Imputation (ERI) และ วิธี Conditional Expected Regression Imputation (CERI)

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.3.1 ชุดข้อมูลที่ทำการจำลอง

งานวิจัยนี้จะทำการจำลองชุดข้อมูลที่มีจำนวนตัวแปรอิสระ 3 ตัว (X_1, X_2, X_3) โดยที่ตัวแปรอิสระทั้ง 3 จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม (Y) ภายใต้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple linear regression)

1.3.2 การแจกแจงของตัวแปรอิสระ

งานวิจัยนี้จะกำหนดให้ตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งมีฟังก์ชันการแจกแจง คือ

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left(\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad ; \ -\infty < x < \infty$$

ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2

1.3.3 ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตาม

งานวิจัยนี้จะกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตามเป็นตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_ϵ^2

$$\epsilon_i \sim \mathrm{N}\left(0, \sigma_\epsilon^2\right)$$

และให้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแต่ละตัวอิสระต่อกัน

$$\mathrm{Corr}\left(\epsilon_j, \epsilon_k\right) = 0 \quad ; \ j \neq k$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3.4 ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ

งานวิจัยนี้จะกำหนดให้ตัวแปรอิสระ X_1 กับตัวแปรอิสระ X_2 มีความสัมพันธ์กันแต่ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ X_3

$$\text{Corr}\left(X_1, X_2\right) \neq 0,\ \text{Corr}\left(X_1, X_3\right) = 0,\ \text{Corr}\left(X_2, X_3\right) = 0$$

1.3.5 ผลรวมความแปรปรวนในตัวแปรอิสระ

งานวิจัยนี้จะกำหนดให้ ผลรวมความแปรปรวนตัวแปรอิสระในทุกกรณีศึกษามีค่าเท่ากับ 900 โดยจากสมมติฐานของสมการถดถอยเชิงเส้นพหุที่มองตัวแปรอิสระเป็นค่าคงที่ดังนั้นก็จะไม่ส่งผลต่อการกระจายของตัวแปรตาม

$$\text{Var}\left(X_1 + X_2 + X_3\right) = 900$$

1.3.6 การสูญหาย

การสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้นที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับตัวแปรอิสระ X_2 อย่างมีความสัมพันธ์กันด้วยความน่าจะเป็นในระดับต่างๆ ตามรูปแบบที่กำหนด โดยจะแบ่งช่วงของตัวแปรอิสระทั้ง 2 ตัวออกเป็น 5 ช่วงและกำหนดให้ร้อยละของการสูญหายในแต่ละช่วงแตกต่างกันไป

1.4 จำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

<u>ช่วงที่หนึ่ง</u> คือ ช่วงของพื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐานที่อยู่ใน $\left(-\infty, z_1\right)$ เมื่อ $z_1 \sim \text{N}(0,1)$ ดังนั้น ในช่วงที่หนึ่งจะมีพื้นที่เป็น $\text{P}\left(-\infty < Z < z_1\right) \times 100\,\%$ ของพื้นที่ทั้งหมด

<u>ช่วงที่สอง</u> คือ ช่วงของพื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐานที่อยู่ใน $\left(z_1, z_2\right)$ เมื่อ $z_1, z_2 \sim \text{N}(0,1)$ และ $z_1 < z_2$ ดังนั้น ในช่วงที่สองจะมีพื้นที่เป็น $\text{P}\left(z_1 < Z < z_2\right) \times 100\,\%$ ของพื้นที่ทั้งหมด

<u>ช่วงที่สาม</u> คือ ช่วงของพื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐานที่อยู่ใน $\left(z_2, z_3\right)$ เมื่อ $z_2, z_3 \sim \text{N}(0,1)$ และ $z_2 < z_3$ ดังนั้น ในช่วงที่สามจะมีพื้นที่เป็น $\text{P}\left(z_2 < Z < z_3\right) \times 100\,\%$ ของพื้นที่ทั้งหมด

<u>ช่วงที่สี่</u> คือ ช่วงของพื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐานที่อยู่ใน $\left(z_3, z_4\right)$ เมื่อ $z_3, z_4 \sim \text{N}(0,1)$ และ $z_3 < z_4$ ดังนั้น ในช่วงที่สี่จะมีพื้นที่เป็น $\text{P}\left(z_3 < Z < z_4\right) \times 100\,\%$ ของพื้นที่ทั้งหมด

<u>ช่วงที่ห้า</u> คือ ช่วงของพื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐานที่อยู่ใน $\left(z_4, \infty\right)$ เมื่อ $z_4 \sim \text{N}(0,1)$ ดังนั้น ในช่วงที่ห้าจะมีพื้นที่เป็น $\text{P}\left(z_4 < Z < \infty\right) \times 100\,\%$ ของพื้นที่ทั้งหมด

วิธีการแบ่งช่วงของตัวแปรอิสระเป็น 5 ช่วงคือ

ถ้า $x_{ip} \leq \left(\mu_{x_p} - 0.84\sigma_{x_p}\right)$ x_{ip} จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงที่หนึ่ง

$\left(\mu_{x_p} - 0.84\sigma_{x_p}\right) < x_{ip} \leq \left(\mu_{x_p} - 0.25\sigma_{x_p}\right)$ x_{ip} จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงที่สอง

$\left(\mu_{x_p} - 0.25\sigma_{x_p}\right) < x_{ip} \leq \left(\mu_{x_p} + 0.25\sigma_{x_p}\right)$ x_{ip} จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงที่สาม

$\left(\mu_{x_p} + 0.25\sigma_{x_p}\right) < x_{ip} \leq \left(\mu_{x_p} + 0.84\sigma_{x_p}\right)$ x_{ip} จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงที่สี่

และ $x_{ip} > \left(\mu_{x_p} + 0.84\sigma_{x_p}\right)$ x_{ip} จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงที่ห้า

โดยที่ $p = 1,2$ และ $i = 1,2,...,n$

ความน่าจะเป็นของการสูญหายในแต่ละช่วง คือ สัดส่วนของจำนวนตัวอย่างที่สูญหายในช่วงนั้นต่อจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ตกอยู่ในช่วงนั้น

ร้อยละของการสูญหายในแต่ละช่วง คือ ความน่าจะเป็นการสูญหายในแต่ละช่วง $\times 100$

ร้อยละการสูญหายโดยเฉลี่ย คือ ค่าเฉลี่ยของความน่าจะเป็นจากทั้งหมด 5 ช่วง

ระดับ Nonignorability คือ ระดับความสัมพันธ์การสูญหายระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 2 ตัว

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ตัวแปรอิสระ

1.5.1.1 ระดับความแปรปรวนของตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว

งานวิจัยนี้จะศึกษาการสูญหายของข้อมูลตัวแปรอิสระโดยคำนึงถึงระดับของความแปรปรวนที่แตกต่างกัน กล่าวคือจะศึกษาการสูญหายของข้อมูลในกรณีที่ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระและความแปรปรวนในตัวแปรอิสระมีขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งจากการกำหนดผลรวมความแปรปรวนในตัวแปรอิสระให้เป็น 900 เลยสามารถจะแบ่งอัตราส่วนความแปรปรวนของตัวแปรอิสระเป็นดังต่อไปนี้

	$\mathrm{Var}(X_1)$	:	$\mathrm{Var}(X_2)$	:	$\mathrm{Var}(X_3)$
ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระ	1	:	1	:	1
ความแปรปรวนในตัวแปรอิสระมีขนาดเล็ก กลาง และใหญ่	1	:	3	:	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5.1.2 รูปแบบและระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2

งานวิจัยนี้จะศึกษากรณีที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 มีความสัมพันธ์กันเท่านั้น โดยจะกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ 2 รูปแบบคือความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกันและเชิงลบต่อกัน แต่ละรูปแบบความสัมพันธ์จะศึกษา 3 ระดับคือ สูง, กลาง และต่ำ ได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : Corr) ของทั้ง 2 รูปแบบในแต่ละระดับ เป็นดังต่อไปนี้

<u>รูปแบบที่ 1</u> ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกัน

- มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ คือ $\text{Corr}\left(X_1, X_2\right) = 0.2$
- มีความสัมพันธ์กันในระดับกลาง คือ $\text{Corr}\left(X_1, X_2\right) = 0.5$
- มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง คือ $\text{Corr}\left(X_1, X_2\right) = 0.8$

<u>รูปแบบที่ 2</u> ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อกัน

- มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ คือ $\text{Corr}\left(X_1, X_2\right) = -0.2$
- มีความสัมพันธ์กันในระดับกลาง คือ $\text{Corr}\left(X_1, X_2\right) = -0.5$
- มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง คือ $\text{Corr}\left(X_1, X_2\right) = -0.8$

1.5.1.3 รูปแบบของตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2

งานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบของตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 เพื่อให้ตัวแปรทั้ง 2 ตัวมีความสัมพันธ์กัน โดยมีรูปแบบเป็นดังต่อไปนี้

$$X_1 = a z_1 + b z_2$$
$$X_2 = c z_2 + d z_3$$

เมื่อ a, b, c และ d เป็นค่าคงที่ใด ๆ

z_1, z_2 และ z_3 มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการกำหนดรูปแบบข้างต้น จะทำให้ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 มีความสัมพันธ์กันผ่านตัวแปรสุ่ม z_2 จะได้ว่าตัวแปรอิสระทั้ง 2 มีการแจกแจงปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเท่ากับต่อไปนี้

$$\mu_{X_1} = \mu_{X_2} = 0$$
$$\sigma^2_{X_1} = a^2 + b^2$$
$$\sigma^2_{X_2} = c^2 + d^2$$

ในกรณีศึกษาต่างๆ จะกำหนดให้ค่าคงที่แตกต่างกันไป การเปลี่ยนแปลงไปตามที่กำหนดข้างล่างจะช่วยให้การคำนวณค่าคงที่ทั้ง 4 ง่ายขึ้นและถูกต้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์ โดยจะไม่ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยกับความแปรปรวนของตัวแปรเปลี่ยนแปลงไป เพราะเนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ทำการควบคุมปัจจัยความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ จะกำหนดค่าคงที่เป็นดังต่อไปนี้

ค่าคงที่ a $\begin{cases} a = e & ; \left|\text{Corr}\left(X_1, X_2\right)\right| \leq 0.5 \\ a = -e & ; \left|\text{Corr}\left(X_1, X_2\right)\right| > 0.5 \end{cases}$ เมื่อ e เป็นค่าคงที่ใด ๆ

ค่าคงที่ b และ c $\begin{cases} b = c & ; \text{Corr}\left(X_1, X_2\right) \geqslant 0 \\ b = -c & ; \text{Corr}\left(X_1, X_2\right) < 0 \end{cases}$

การคำนวณค่าคงที่ทั้ง 4 ตัวจะอิงตามปัจจัยดังนี้

- อัตราส่วนของความแปรปรวนของตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว
- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2

ขอยกตัวอย่างการคำนวณ 1 กรณี ดังต่อไปนี้

กรณีที่ ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระ และ $\text{Corr}\left(X_1, X_2\right) = -0.5$

เนื่องจาก $\text{Corr}\left(x_1, x_2\right) = -0.5$ จะได้ว่า X_1 และ X_2 จะอยู่ในรูปดังนี้

$$X_1 = -ez_1 + bz_2$$
$$X_2 = -bz_2 + dz_3$$

พิจารณา
$$\begin{aligned} \text{Cov}\left(X_1, X_2\right) &= \text{E}\left(X_1X_2\right) - \text{E}\left(X_1\right)\text{E}\left(X_2\right) \\ &= \text{E}\left(\left(-ez_1 + bz_2\right)\left(-bz_2 + dz_3\right)\right) \\ &= eb\text{E}\left(z_1z_2\right) - ed\,\text{E}\left(z_1z_3\right) - b^2\text{E}\left(z_1^2\right) + bd\,\text{E}\left(z_2z_3\right) \\ &= eb\left[\text{Cov}\left(z_1, z_2\right) + \text{E}\left(z_1\right)\text{E}\left(z_2\right)\right] \\ &\quad -ed\left[\text{Cov}\left(z_1, z_3\right) + \text{E}\left(z_1\right)\text{E}\left(z_3\right)\right] \\ &\quad -b^2\text{Var}\left(z_2\right) + \text{E}^2\left(z_2\right) \\ &\quad +bd\left[\text{Cov}\left(z_2, z_3\right) + \text{E}\left(z_2\right)\text{E}\left(z_3\right)\right] \\ &= -b^2 \end{aligned}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากสูตร
$$\text{Corr}\left(X_1, X_2\right) = \frac{\text{Cov}\left(X_1, X_2\right)}{\sqrt{\text{Var}\left(X_1\right)}\sqrt{\text{Var}\left(X_2\right)}}$$
$$-0.5 = \frac{-b^2}{\sqrt{e^2 + b^2}\sqrt{b^2 + d^2}}$$
$$b^2 = 0.5\sqrt{\left(e^2 + b^2\right)\left(b^2 + d^2\right)} \qquad (1)$$

เนื่องจาก ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระ สามารถเขียนอัตราส่วนได้ดังนี้

$$e^2 + b^2 : b^2 + d^2 : 300 = 1 : 1 : 1$$

จะได้ว่า
$$\frac{e^2 + b^2}{300} = \frac{1}{1}$$

$$e^2 + b^2 = 300 \quad (2)$$

และ
$$\frac{b^2 + d^2}{300} = \frac{1}{1}$$
$$b^2 + d^2 = 300 \quad (3)$$

แทนสมการที่ (3) และ (2) ใน (1)

$$b^2 = 0.5 \times \sqrt{300 \times 300}$$
$$= 150$$
$$b = 5\sqrt{6}$$

แทน $b^2 = 150$ ในสมการที่ (2) และ (3)

$$e^2 + 150 = 300$$
$$e^2 = 150$$
$$e = 5\sqrt{6}$$
$$150 + d^2 = 300$$
$$d^2 = 150$$
$$d = 5\sqrt{6}$$

เนื่องจาก $\text{Corr}\left(X_1, X_2\right) = -0.5$

ก็คือ $a = e$ และ $b = -c$ จะได้ว่า $a = 5\sqrt{6}$ และ $c = -5\sqrt{6}$

ค่าคงที่ a, b, c และ d ในกรณีที่เหลือสามารถคำนวณหาได้ในทำนองเดียวกันผลที่ได้จะเป็นดังตารางต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าคงที่ a, b, c และ d ในที่กรณีศึกษา

อัตราส่วนความแปรปรวน	ค่าสหสัมพันธ์	a	b	c	d
ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระ	0.8	-7.7459	15.4919	15.4919	7.7459
	0.5	12.2474	12.2474	12.2474	12.2474
	0.2	15.4919	7.7459	7.7459	15.4919
	-0.8	-7.7459	15.4919	-15.4919	7.7459
	-0.5	12.2474	12.2474	-12.2474	12.2474
	-0.2	15.4919	7.7459	-7.7459	15.4919
ความแปรปรวนในตัวแปรอิสระมีขนาดเล็ก กลาง และใหญ่	0.8	-6.2099	11.7713	11.7713	12.7057
	0.5	3.6602	9.3060	9.3060	14.6051
	0.2	8.0845	5.8856	5.8856	16.2898
	-0.8	-6.2099	11.7713	-11.7713	12.7057
	-0.5	3.6602	9.3060	-9.3060	14.6051
	-0.2	8.0845	5.8856	-5.8856	16.2898

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.5.1.4 ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ X_3

งานวิจัยนี้ได้ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ X_3 ให้สอดคล้องกับอัตราส่วนความแปรปรวนของตัวแปรอิสระที่กำหนดไว้ในหัวข้อขอบเขตการวิจัย 1.5.1.1 ดังต่อไปนี้

	μ_{X_3}	$\sigma^2_{X_3}$
ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระ	0	300
ความแปรปรวนในตัวแปรอิสระมีขนาดเล็ก กลาง และใหญ่	0	500

1.5.1.5 ผลรวมความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ

งานวิจัยนี้จะศึกษากรณีที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 มีความสัมพันธ์กันดังนั้นผลรวมความแปรปรวนของตัวแปรอิสระจะสามารถคำนวณได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\mathrm{Var}\left(X_1+X_2+X_3\right) &= \mathrm{Var}\left(X_1+X_2\right)+\mathrm{Var}\left(X_3\right)\\ &= \mathrm{Var}\left(X_1\right)+\mathrm{Var}\left(X_2\right)+2\mathrm{Cov}\left(X_1,X_2\right)+\mathrm{Var}\left(X_3\right)\\ &= \mathrm{Var}\left(X_1\right)+\mathrm{Var}\left(X_2\right)+2\sqrt{\mathrm{Var}\left(X_1\right)\mathrm{Var}\left(X_2\right)}\,\mathrm{Cov}\left(X_1,X_2\right)+\mathrm{Var}\left(X_3\right)\end{aligned}$$

จะได้ว่า
$$\begin{aligned}\mathrm{Var}\left(X_1+X_2+X_3\right) &= a^2+b^2+c^2+d^2+\mathrm{Var}\left(X_3\right)\\ &\quad +2\sqrt{\left(a^2+b^2\right)\left(c^2+d^2\right)}\,\mathrm{Corr}\left(X_1,X_2\right)\end{aligned} \qquad (4)$$

ขอยกตัวอย่างการคำนวณ 1 กรณี ดังต่อไปนี้

กรณีที่ ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระ และ $\mathrm{Corr}\left(X_1,X_2\right)=-0.5$

เนื่องจาก ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระ จะได้ว่า $\mathrm{Var}\left(X_3\right)=300$

แทนค่า $a,b,d=12.2474$, $c=-12.2474$, $\mathrm{Corr}\left(X_1,X_2\right)=-0.5$ และ $\mathrm{Var}\left(X_3\right)=300$

ในสมการที่ (4) จะได้ว่า

$$\mathrm{Var}\left(X_1+X_2+X_3\right)=600$$

ส่วนผลรวมความแปรปรวนในกรณีอื่นสามารถคำนวณหาได้ในทำนองเดียวกัน ผลที่ได้จะเป็นดังตารางต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1.2 แสดงผลรวมความแปรปรวนในที่กรณีศึกษา

อัตราส่วนความแปรปรวน	ค่าสหสัมพันธ์	$\mathrm{Var}\left(X_1+X_2+X_3\right)$
ความแปรปรวนเท่ากัน ในตัวแปรอิสระ	0.8	1380
	0.5	1200
	0.2	1020
	-0.8	420
	-0.5	600
	-0.2	780
ความแปรปรวน ในตัวแปรอิสระ มีขนาดเล็ก กลาง และใหญ่	0.8	1177.1281
	0.5	1073.2050
	0.2	969.2820
	-0.8	622.8719
	-0.5	726.7949
	-0.2	830.7179

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แต่ในการศึกษาครั้งต้องการควบคุมทั้งให้ผลรวมความแปรปรวนของตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว เท่ากับ 900 และใช้ค่าคงที่ทั้ง 4 ที่คำนวณมาจาก 2 ปัจจัย คืออัตราส่วนของความแปรปรวนของตัวแปรอิสระทั้ง 3 กับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 เลยต้องมีการปรับสมการผลรวมของตัวแปรอิสระทั้ง 3 เป็นดังต่อไปนี้

$$\sqrt{\frac{900}{\mathrm{Var}_{cal}}}\left(X_1+X_2+X_3\right)$$

เมื่อ Var_{cal} คือ ผลรวมความแปรปรวนของตัวแปรอิสระที่คำนวณได้ในแต่กรณีศึกษา

1.5.2 ตัวแปรตาม

1.5.2.1 รูปแบบและการแจกแจงของตัวแปรตาม

งานวิจัยนี้จะกำหนดให้ตัวแปรตาม (Y) เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ X_1, X_2 และ X_3 ภายใต้การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณมีรูปแบบดังต่อไปนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \epsilon_i \quad ; \; i = 1,2,...,n \qquad (5)$$

ในการศึกษาครั้งนี้จะกำหนดให้ $\beta_0 = 42$ และเนื่องจากเราต้องการเปรียบเทียบชุดข้อมูลของตัวแปรอิสระที่มีความแปรปรวนแตกต่างกัน ดังนั้นถ้าหากเปลี่ยน β_1, β_2 และ β_3 จะส่งผลให้ตัวแปรตามที่ได้จากชุดข้อมูลของตัวแปรอิสระในสถานการณ์ที่แตกต่างมีความแปรปรวนที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นเพื่อควบคุมความแปรปรวนของตัวแปรตามให้มีขนาดเท่ากัน จึงกำหนดให้ $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 1$ จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$Y_i = 42 + \sqrt{\frac{900}{\mathrm{Var}\left(X_1 + X_2 + X_3\right)}}(X_{i1} + X_{i2} + X_{i3}) + \epsilon_i \quad ; i = 1,2,...,n \qquad (6)$$

เมื่อ Y_i แทน ค่าสังเกตของตัวแปรตามของข้อมูลตัวที่ i

X_{i1} แทน ค่าสังเกตของตัวแปรอิสระตัวที่ 1 ของข้อมูลตัวที่ i

X_{i2} แทน ค่าสังเกตของตัวแปรอิสระตัวที่ 2 ของข้อมูลตัวที่ i

X_{i3} แทน ค่าสังเกตของตัวแปรอิสระตัวที่ 3 ของข้อมูลตัวที่ i

$\mathrm{Var}\left(X_1 + X_2 + X_3\right)$ แทน ผลรวมความแปรปรวนของตัวแปรอิสระในแต่กรณี

ϵ_i แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลตัวที่ i

n แทน จำนวนค่าสังเกตทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5.2.2 ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อน

งานวิจัยนี้จะคำนึงถึงระดับการกระจายของตัวแปรตามว่าจะส่งผลกระทบยังไง จะศึกษาที่ 3 ระดับการกระจายคือ สูง, กลางและต่ำ โดยจะกำหนดส่วนเบี่ยงมาตรฐานให้สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน ถ้าอ้างอิงจากสมการที่ (6) ทำให้ทราบว่าค่าเฉลี่ยคือ 42 และผลรวมความแปรปรวนตัวแปรอิสระคือ 900 เลยสามารถกำหนดเป็น ดังนี้

การกระจายตัวแปรตาม	ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน	ส่วนเบี่ยงมาตรฐานค่าความคลาดเคลื่อน
ต่ำ	75%	10
กลาง	100%	30

สูง	225%	90

1.5.3 ขนาดตัวอย่าง

ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาขนาดตัวอย่างทั้งหมด 3 ขนาด คือ 50,100 และ 200

1.5.4 การสูญหายของข้อมูล

1.5.4.1 การแบ่งส่วนข้อมูลตัวแปรอิสระ

การศึกษาครั้งนี้จะแบ่งส่วนข้อมูลตัวแปรอิสระทั้งที่ต้องการสูญหาย โดยอาศัยพื้นที่ใต้เส้นโค้งที่มีการแจกแจงปกติของข้อมูลทำแบ่งออกเป็น 5 ช่วงด้วยอัตราส่วนเท่าๆ กัน ดังต่อไปนี้

	ช่วงที่ 1	:	ช่วงที่ 2	:	ช่วงที่ 3	:	ช่วงที่ 4	:	ช่วงที่ 5
การแบ่งพื้นที่ใต้เส้นโค้ง	1	:	1	:	1	:	1	:	1

1.5.4.2 ระดับ Nonignorability (Nonignorability Level)

การศึกษาครั้งนี้จะศึกษากรณีที่ขนาดของตัวแปรอิสระตัวแรกมีผลต่อการสูญหายต่อตัวแปรอิสระตัวที่สอง คือให้ช่วงของตัวแปรอิสระที่มีค่ามากจะมีสัดส่วนการสูญหายมากกว่าช่วงของตัวแปรอิสระที่มีค่าน้อย ซึ่งจะส่งผลให้แต่ละช่วงมีความน่าจะเป็นในการสูญหายที่แตกต่างกันออกไป โดยจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ไม่มี ปานกลาง และสูง ซึ่งในแต่ละช่วงของแต่ละระดับ จะมีอัตราส่วนของการสูญหายดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	ช่วงที่ 1	:	ช่วงที่ 2	:	ช่วงที่ 3	:	ช่วงที่ 4	:	ช่วงที่ 5
ไม่มี	1	:	1	:	1	:	1	:	1
ปานกลาง	6	:	8	:	10	:	12	:	14
สูง	2	:	6	:	10	:	14	:	18

1.5.4.3 การสูญหายอย่างมีความสัมพันธ์

การศึกษาครั้งนี้การสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้นในตัวแปรอิสระ X_1 กับตัวแปรอิสระ X_2 อย่างมีความสัมพันธ์กันภายใต้เงื่อนไขของ ทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

- ความน่าจะเป็นของการสูญหายของ X_1 ที่มีความสัมพันธ์กับ X_2 เมื่อ X_2 เกิดการสูญหาย

$$\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=1\right)=\frac{\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1,\delta_{X_2}=1\right)}{\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)}$$

- ความน่าจะเป็นของการสูญหายของ X_1 ที่มีความสัมพันธ์กับ X_2 เมื่อ X_2 ไม่เกิดการสูญหาย

$$\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)=\frac{\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1,\delta_{X_2}=0\right)}{\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=0\right)}$$

- ความน่าจะเป็นของการสูญหายของ X_2 ที่มีความสัมพันธ์กับ X_1 เมื่อ X_1 เกิดการสูญหาย

$$\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=1\right)=\frac{\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1,\delta_{X_2}=1\right)}{\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\right)}$$

- ความน่าจะเป็นของการสูญหายของ X_2 ที่มีความสัมพันธ์กับ X_1 เมื่อ X_1 ไม่เกิดการสูญหาย

$$\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=0\right)=\frac{\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=0,\delta_{X_2}=1\right)}{\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=0\right)}$$

เมื่อ $\delta_{X_1}=1$ แทน เหตุการณ์ที่ตัวแปรอิสระ X_1 เกิดการสูญหาย

$\delta_{X_1}=0$ แทน เหตุการณ์ที่ตัวแปรอิสระ X_1 ไม่เกิดการสูญหาย

$\delta_{X_2}=1$ แทน เหตุการณ์ที่ตัวแปรอิสระ X_2 เกิดการสูญหาย

$\delta_{X_2}=0$ แทน เหตุการณ์ที่ตัวแปรอิสระ X_2 ไม่เกิดการสูญหาย

โดยในการศึกษาครั้งนี้จะกำหนดให้ความน่าจะเป็นของการสูญหาญที่ระดับต่าง ๆ ของตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 มีค่าเท่ากัน ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ตัวแปรตัวที่ 1 เกิดการสูญหายเมื่อตัวแปรตัวแปรตัวที่ 2 ก็เกิดการสูญหาย ต่อ ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ตัวแปรตัวที่ 1 เกิดการสูญหายเมื่อตัวแปรตัวแปรตัวที่ 2 ไม่เกิดการสูญหาย โดยในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาแต่ความสัมพันธ์เชิงบวก ดังนั้น ระดับ Nonignorability ระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 2 ตัว จะใช้สัญลักษณ์ R มีสูตรดังต่อไปนี้

$$\mathrm{R}=\frac{\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=1\right)}{\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)}=\frac{\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=1\right)}{\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=0\right)}=1,2,4$$

โดยที่ $\mathrm{R}=1$ หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์ของการสูญหายระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ตัว

$\mathrm{R}=2$ หมายถึง ความสัมพันธ์ของการสูญหายระหว่างตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง

$\mathrm{R}=4$ หมายถึง ความสัมพันธ์ของการสูญหายระหว่างตัวแปรอยู่ในระดับสูง

ดังนั้น ความน่าจะเป็นของการสูญหายแต่ละช่วงสามารถคำนวณได้จากสูตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- การสูญหายตัวแปรอิสระ X_1 ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ X_2

$$\begin{aligned}
\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\right) &= \left[\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1,\delta_{X_2}=1\right)\right]+\left[\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1,\delta_{X_2}=0\right)\right] \\
&= \left[\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=1\right)\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)\right] \\
&\quad +\left[\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=0\right)\right] \\
&= \left[\mathrm{R}\times\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)\right] \\
&\quad +\left[\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)\left(1-\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)\right)\right] \\
&= \mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)\left[\left(\mathrm{R}\times\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)\right)+\left(1-\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)\right)\right]
\end{aligned}$$

จะได้ว่า $$\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)=\frac{\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\right)}{\mathrm{R}\times\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)+\left(1-\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)\right)} \quad (7)$$

และ $$\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=1\right)=\mathrm{R}\times\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right) \quad (8)$$

- การสูญหายตัวแปรอิสระ X_2 ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ X_1

$$\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=0\right)=\frac{\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)}{\mathrm{R}\times\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\right)+\left(1-\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\right)\right)} \quad (9)$$

$$\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=1\right)=\mathrm{R}\times\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=0\right) \quad (10)$$

โดยกำหนดความน่าจะเป็นของการสูญหายโดยเฉลี่ยของทั้ง 5 ช่วง เท่ากับ 0.1 , 0.2 และ 0.3 และกำหนดให้แต่ละช่วงมีความน่าจะเป็นในการสูญหาย เป็นดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1.3 แสดงความน่าจะเป็นในการสูญหายแต่ละช่วง

ความน่าจะเป็นของการสูญหายโดยเฉลี่ย	ระดับการสูญหาย	ความน่าจะเป็นของการสูญหายในแต่ละช่วง				
		ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3	ช่วงที่ 4	ช่วงที่ 5
0.1	ไม่มี	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	ปานกลาง	0.06	0.08	0.1	0.12	0.14
	สูง	0.02	0.06	0.1	0.14	0.18
0.2	ไม่มี	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	ปานกลาง	0.12	0.16	0.2	0.24	0.28
	สูง	0.04	0.12	0.2	0.28	0.36
0.3	ไม่มี	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	ปานกลาง	0.18	0.24	0.3	0.36	0.42
	สูง	0.06	0.18	0.3	0.42	0.54

เนื่องจาก ข้อมูลตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 มีการสูญหายอย่างมีความสัมพันธ์กันเราจึงต้องคำนวณความน่าจะเป็นของการสูญหายในแต่ละช่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ยกตัวอย่างการคำนวณ 1 กรณีดังต่อไปนี้

กรณีที่ ความน่าจะเป็นของการสูญหายโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 และ สัดส่วนของการสูญหายระหว่างตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 อยู่ในระดับปานกลาง

พิจารณา การสูญหายตัวแปรอิสระ X_1 ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ X_2

แทน $\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\right)=\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)=0.06$ และ $\mathrm{R}=2$ ลงในสมการที่ (7)

$$\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)=\frac{0.06}{2\times 0.06+\left(1-0.06\right)}$$

$$=\frac{0.06}{1.06}$$

$$=0.0566$$

แทน $\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)=0.0566$ ลงในสมการที่ (8)

$$\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=1\right)=2\times 0.0566$$
$$=0.1132$$

พิจารณา การสูญหายตัวแปรอิสระ X_2 ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ X_1

เนื่องจาก $\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\right)=\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\right)$ จะส่งผลให้

จะได้ $\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=0\right)=0.0566$

และ $\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=1\right)=0.1132$

โดยกรณีอื่นที่เหลือ สามารถคำนวณได้ด้วยวิธีการทำนองเดียวกับที่ได้แสดงไปข้างต้นจะได้ผลเป็นตาราง 2 ตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1.4 แสดงความน่าจะเป็นของการสูญหายของตัวแปรตัวแรกเมื่อตัวแปรตัวที่สองไม่สูญหาย

ความน่าจะเป็นของการสูญหายโดยเฉลี่ย	ระดับการสูญหาย	ความน่าจะเป็นการสูญหายในตัวแปรตัวแรก เมื่อตัวแปรตัวสอง “ไม่สูญหาย”				
		ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3	ช่วงที่ 4	ช่วงที่ 5
0.1	ไม่มี	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	ปานกลาง	0.0566	0.0741	0.0909	0.1071	0.1228
	สูง	0.0189	0.0508	0.0769	0.0986	0.1169
0.2	ไม่มี	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	ปานกลาง	0.1071	0.1379	0.1667	0.1935	0.2188
	สูง	0.0357	0.0882	0.1250	0.1522	0.1731
0.3	ไม่มี	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	ปานกลาง	0.1525	0.1935	0.2308	0.2647	0.2958
	สูง	0.0508	0.1169	0.1579	0.1858	0.2061

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 1.5 แสดงความน่าจะเป็นของการสูญหายของตัวแปรตัวแรกเมื่อตัวแปรตัวที่สองสูญหาย

ความน่าจะเป็นของการสูญหายโดยเฉลี่ย	ระดับการสูญหาย	ความน่าจะเป็นการสูญหายในตัวแปรตัวแรก เมื่อตัวแปรตัวสอง “สูญหาย”				
		ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3	ช่วงที่ 4	ช่วงที่ 5
0.1	ไม่มี	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	ปานกลาง	0.0566	0.0741	0.0909	0.1071	0.1228
	สูง	0.0189	0.0508	0.0769	0.0986	0.1169
0.2	ไม่มี	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	ปานกลาง	0.1071	0.1379	0.1667	0.1935	0.2188
	สูง	0.0357	0.0882	0.1250	0.1522	0.1731
0.3	ไม่มี	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	ปานกลาง	0.1525	0.1935	0.2308	0.2647	0.2958
	สูง	0.0508	0.1169	0.1579	0.1858	0.2061

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5.5 การจำลองข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้จะทำการจำลองข้อมูลภายใต้สถานการณ์ปัจจัยต่างๆ ที่เป็นไปตามเงื่อนไขข้างต้นที่แตกต่างกันโดยใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) ทำการจำลองในแต่ละสถานการณ์เป็นจำนวน 5,000 รอบ

1.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

การศึกษาในครั้งนี้ เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจว่าวิธีประมาณค่าสูญหายวิธีใดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือการสังเกตจากค่าประมาณวิธีการใดใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด จะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณ (Average mean square

error : AMSE) วิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุดจะเป็นวิธีการประมาณค่าสูญหายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$MSE_r = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Y'_{ri} - \hat{Y}_{ri}\right)^2$$

$$AMSE = \frac{1}{5000}\sum_{r=1}^{5000} MSE_r$$

และอาศัยค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่าง AMSE ของวิธีการที่เลือกเป็นตัวเทียบกลางกับวิธีการประมาณค่าสูญหายวิธีการอื่นมาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น วิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุดจะเป็นวิธีการประมาณค่าสูญหายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยในการศึกษานี้เลือกวิธีการแทนที่ EM เป็นตัวเทียบ สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$RE = \frac{AMSE_{EM}}{AMSE_{\star}} \quad ; \star \text{ คือวิธีการอีก 4 วิธีที่ทำการศึกษา}$$

เมื่อ Y'_{ri} แทน ค่าจริงของข้อมูลตัวแปรตามตัวที่ i จากการทำซ้ำรอบที่ r

$\hat{Y}_{ri}$ แทน ค่าพยากรณ์ของข้อมูลตัวแปรตามตัวที่ i จากการทำซ้ำรอบที่ r

MSE_r แทน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากการทำซ้ำรอบที่ r

$AMSE$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองทำซ้ำ 5000 รอบ

RE แทน ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

1. จำลองข้อมูลโดยกำหนดขนาดตัวอย่างที่ศึกษา 3 ระดับ คือ 50,100 และ 200 ทำการจำลองข้อมูลของตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวให้มีรูปแบบและการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละกรณีเป็นไปตามที่กำหนด
2. จำลองข้อมูลความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตามที่มีการแจกแจงปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10, 30 และ 90
3. กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_0 = 42$ กับ $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 1$ และสร้างข้อมูลตัวแปรตาม Y_i กับตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวภายใต้ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

4. นำตัวแปรอิสระที่ต้องการให้เกิดการสูญหายมาแบ่งเป็น 5 ช่วง ให้แต่ละช่วงมีสัดส่วนในการแบ่งเท่ากัน โดยให้แต่ละช่วงมีความน่าจะเป็นในการเกิดเท่ากันโดยอาศัยเปอร์เซ็นต์ไทล์การแจกแจงที่แท้จริง
5. สร้างตัวแปรที่มีการแจกแจงเบอร์นูลลี่เป็นจำนวน 5 ช่วง ด้วยความน่าจะเป็นเฉลี่ยเท่ากับ 0.1, 0.2 และ 0.3 ซึ่งให้มีขนาดแต่ละช่วงเท่ากับจำนวนตัวแปรที่อยู่ในแต่ละช่วง โดยจะมีความน่าจะเป็นในการสูญหายแตกต่างกันที่ได้กำหนด นำมาจับคู่กับตัวแปรอิสระถ้าตัวแปรเบอร์นูลลี่ที่สร้างเป็น 0 ข้อมูลในตำแหน่งที่ตรงกันจะไม่เกิดการสูญหาย แต่ถ้าเป็น 1 ข้อมูลเกิดการสูญหาย
6. ถ้าตัวแปรอิสระ X_1 เกิดการสูญหายส่งผลทำให้ความน่าจะเป็นในการสูญหายของตัวแปรอิสระ X_2 มีค่า $\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=1\right)$ และถ้าตัวแปรอิสระ X_1 ไม่เกิดการสูญหายก็จะส่งผลทำให้ความน่าจะเป็นในการสูญหายของตัวแปรอิสระ X_2 มีค่า $\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=0\right)$ ซึ่งในทำนองเดียวกัน ถ้าตัวแปรอิสระ X_2 เกิดการสูญหายจะส่งผลทำให้ความน่าจะเป็นในการสูญหายของตัวแปรอิสระ X_1 มีค่าเท่ากับ $\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=1\right)$และถ้าตัวแปรอิสระ X_2ไม่เกิดการสูญหายก็จะส่งผลทำให้ความน่าจะเป็นในการสูญหายของตัวแปรอิสระ X_1 มีค่า $\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)$ โดยที่ความน่าจะเป็นในการสูญหายแต่ละช่วงจะแตกต่างกันตามที่กำหนด
7. ประมาณค่าข้อมูลของตัวแปรอิสระทั้ง 2 ตัวที่เกิดการสูญหายเพื่อแทนที่ข้อมูลที่สูญหายด้วยวิธีทั้ง 5 วิธี
8. ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดแบบสามัญ (Ordinary Least Squares Method : OLS) เพื่อนำมาสร้างสมการพยากรณ์
9. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (AMSE) และค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (RE) เพื่อประมาณค่าสูญหายทั้ง 5 วิธี
10. สรุปผลการวิจัยที่ได้ในแต่ละสถานการณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกวิธีการประมาณค่าสูญหาย เมื่อตัวแปรอิสระมีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลที่มีความสัมพันธ์กัน โดยสามารถนำวิธีการประมาณค่าที่ได้ปรับปรุงไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับปัจจัยที่ควบคุมที่ได้เสนอในงานวิจัยนี้ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง

เมื่อเกิดปัญหาข้อมูลสูญหาย วิธีการแก้ปัญหาทำได้หลายวิธีซึ่งวิธีการที่ง่ายและคนทั่วไปมักนิยมใช้กันคือ เลือกเฉพาะข้อมูลส่วนสมบูรณ์ไปใช้งาน แต่จะทำให้สูญเสียจำนวนข้อมูลที่จะนำไปการวิเคราะห์ต่อและเป็นไปได้ว่าข้อมูลที่เหลืออาจจะไม่สามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดได้นำไปสู่การที่ทำให้ได้ข้อสรุปที่ผิดพลาด ในงานวิจัยนี้จะศึกษากรณีที่เป็นการสูญหายแบบ Nonignorable ซึ่งขนาดของตัวแปรอิสระตัวแรกมีผลต่อการสูญหายต่อตัวแปรอิสระตัวที่สอง โดยความน่าจะเป็นของการสูญหายจะยิ่งมากถ้าขนาดของตัวแปรอิสระมาก จึงต้องมีวิธีการประมาณค่าสูญหายก่อนที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์ ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับงานวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ลักษณะของการเกิดข้อมูลสูญหาย (Types of Missing data)

ลักษณะของการเกิดข้อมูลสูญหายจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังต่อไปนี้ [5, 6]

2.1.1 ข้อมูลสูญหายแบบสุ่มสมบูรณ์ (Missing Completely at Random: MCAR)

ความน่าจะเป็นที่หน่วยตัวอย่างของตัวแปรจะเกิดการสูญหายมีค่าเท่ากัน หรือลักษณะของข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นอย่างสุ่มจากค่าสังเกตทั้งหมด สามารถทำการตรวจสอบลักษณะของข้อมูลสูญหายกลุ่มนี้โดยการแบ่งกลุ่มของค่าสังเกตเป็นกลุ่มข้อมูลปกติและข้อมูลสูญหาย เมื่อทำการทดสอบจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทั้งสองกลุ่ม สำหรับข้อมูลสูญหายประเภทนี้จัดเป็นข้อมูลที่ก่อให้เกิดปัญหาน้อยที่สุด เพราะว่าข้อมูลสูญหายไม่มีความเกี่ยวข้องต่อผลลัพธ์ของข้อมูล ดังนั้นสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเฉพาะส่วนที่สมบูรณ์ได้

2.1.2 ข้อมูลสูญหายแบบสุ่ม (Missing at Random: MAR)

ความน่าจะเป็นที่หน่วยตัวอย่างของตัวแปรจะเกิดการสูญหายโดยขึ้นกับอีกตัวแปรตัวอื่นในชุดข้อมูลแต่ไม่ขึ้นอยู่กับตัวเอง หรือกล่าวได้ว่าเป็นลักษณะของข้อมูลสูญหายซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสุ่มจากค่าสังเกตทั้งหมดแต่เกิดขึ้นอย่างสุ่มภายในบางส่วนของค่าสังเกต นั่นคือค่าของข้อมูลสูญหายขึ้นอยู่กับตัวแปรตัวอื่นในฐานข้อมูลแต่ไม่ได้เป็นตัวแปรที่เกิดข้อมูลสูญหาย สำหรับข้อมูลสูญหาย

ประเภทนี้ส่งผลกระทบมากในการวิเคราะห์แต่ก็ยังไม่ส่งผลกระทบรุนแรงเท่ากับข้อมูลสูญหายในประเภทต่อไป

2.1.3 ข้อมูลสูญหายแบบไม่สุ่ม (Not missing at random: NMAR)

ความน่าจะเป็นที่หน่วยตัวอย่างของตัวแปรจะเกิดการสูญหายขึ้นอยู่กับตัวแปรที่เกิดการสูญหายเอง หรือกล่าวได้ว่าเป็นการสูญหายซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสุ่ม โดยข้อมูลสูญหายจะขึ้นอยู่กับข้อมูลสมบูรณ์ในตัวแปรเดียวกันรวมถึงตัวแปรตัวอื่นที่อยู่ในชุดข้อมูลหรือในบางกรณีอาจไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรในฐานข้อมูลแต่ขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นที่ไม่ได้อยู่ในชุดข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้ ลักษณะข้อมูลสูญหายประเภทนี้จัดเป็นข้อมูลสูญหายที่สามารถส่งผลกระทบอย่างรุนแรงในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งการสูญหายแบบ Nonignorable ที่เลือกมาศึกษาในงานวิจัยชิ้น นี้ถูกจัดอยู่ในประเภทนี้

2.2 ความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข (Conditional Probability)

เหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์หนึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าเหตุการณ์อีกเหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้นหรือไม่ โดยกำหนดสัญลักษณ์ $\mathrm{P}\left(A \mid B\right)$ หมายความ ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ A เมื่อเหตุการณ์ B เกิดขึ้นสามารถคำนวณได้จาก

$$\mathrm{P}\left(A \mid B\right) = \frac{\mathrm{P}\left(A \cap B\right)}{\mathrm{P}\left(B\right)} \text{โดยที่ } \mathrm{P}\left(B\right) \neq 0$$

แต่ถ้าเหตุการณ์ A และ B เกิดขึ้นพร้อมกันจะอาศัยใช้ทฤษฎีการคูณ เพื่อหาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ดังกล่าว จะได้ว่า

$$\mathrm{P}\left(A \cap B\right) = \mathrm{P}\left(B\right) \times \mathrm{P}\left(A \mid B\right)$$

ดังนั้น ถ้าหากเราต้องการหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์หนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับอีก 2 เหตุการณ์จะใช้ความน่าจะเป็นแบบมาร์จินัล (Marginal Probability) สามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned}\mathrm{P}\left(A\right) &= \mathrm{P}\left(A \cap B_1\right) + \mathrm{P}\left(A \cap B_2\right) \\ &= \mathrm{P}\left(A \mid B_1\right)\mathrm{P}\left(B_1\right) + \mathrm{P}\left(A \mid B_2\right)\mathrm{P}\left(B_2\right)\end{aligned}$$

2.3 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยการวิเคราะห์จะพิจารณาการพยากรณ์ตัวแปรหนึ่งจากตัวแปรอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งตัวแปรที่สนใจเรียกว่า ตัวแปรตาม (Dependent Variable) และตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ในการวิเคราะห์การถดถอยหากประกอบไปด้วยตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวจะเรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression

Analysis) หากมีตัวแปร อิสระมากกว่า 1 ตัวขึ้นไปจะเรียกว่าการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) โดยมีตัวแบบการถดถอยอยู่ในรูปดังนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \epsilon_i \quad ; \ i = 1,2,...,n$$

เมื่อ Y_i แทน ค่าสังเกตของตัวแปรตามของข้อมูลตัวที่ i

X_{i1} แทน ค่าสังเกตของตัวแปรอิสระตัวที่ 1 ของข้อมูลตัวที่ i

X_{i2} แทน ค่าสังเกตของตัวแปรอิสระตัวที่ 2 ของข้อมูลตัวที่ i

X_{i3} แทน ค่าสังเกตของตัวแปรอิสระตัวที่ 3 ของข้อมูลตัวที่ i

β_0 แทน ค่าคงที่ของสมการถดถอย

β_p แทน สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระตัวที่ p ; $p = 1,2,3$

ϵ_i แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลตัวที่ i

n แทน ขนาดตัวอย่างที่ศึกษา

$\hat{Y}_i$ แทน ค่าพยากรณ์ของข้อมูลตัวที่ i

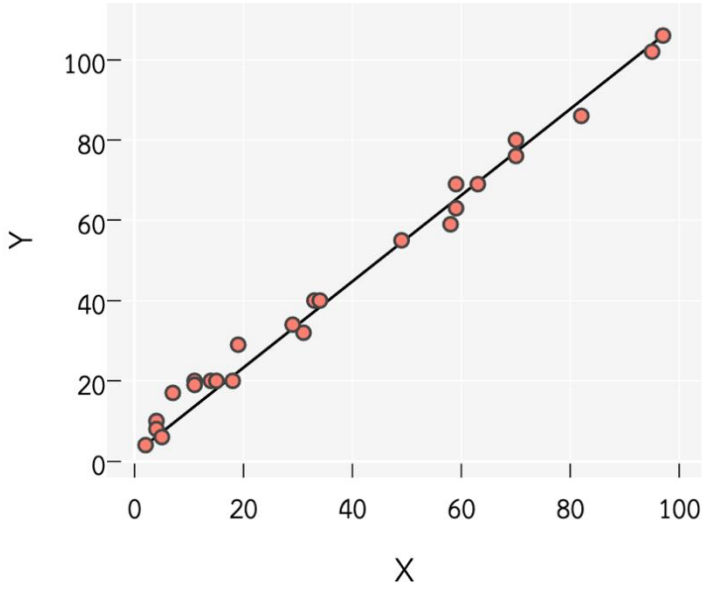
$e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ แทน ค่าเศษเหลือของข้อมูลตัวที่ i

ซึ่งจากสมการข้างต้นจะสามารถอธิบายการอัตราการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตามได้ว่า เมื่อตัวแปร X_p มีการเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยจะส่งผลกระทบให้ตัวแปรตามมีการเปลี่ยนแปลงไป β_p หน่วยเมื่อตัวแปรตัวอื่นคงที่ จากตัวแบบการถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ ไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่นอนว่าตัวแบบดังกล่าวมีความเหมาะสมเลยต้องมีการตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Diagnosis) ที่มีข้อสำคัญ 4 ข้อดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

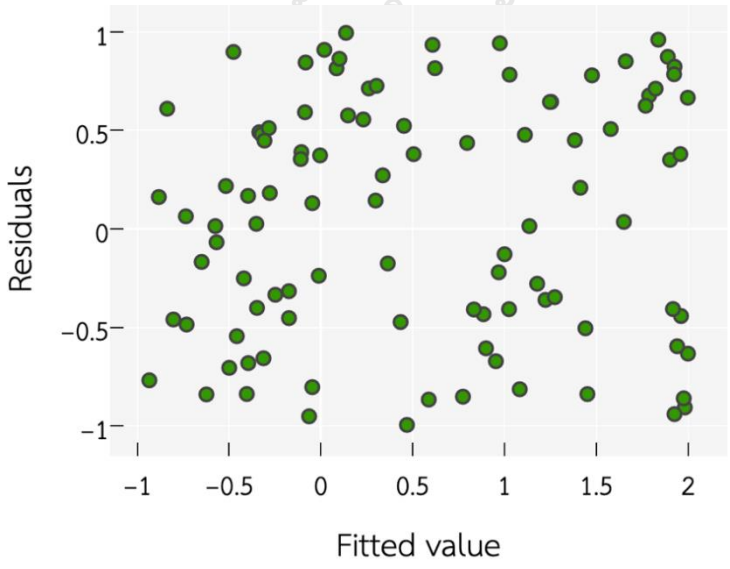
2.3.1 การตรวจสอบฟังก์ชันการถดถอยเชิงเส้น (Linearity Assumption)

พิจารณาจากแผนภาพการกระจายระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลเป็นเส้นตรงหรือไม่



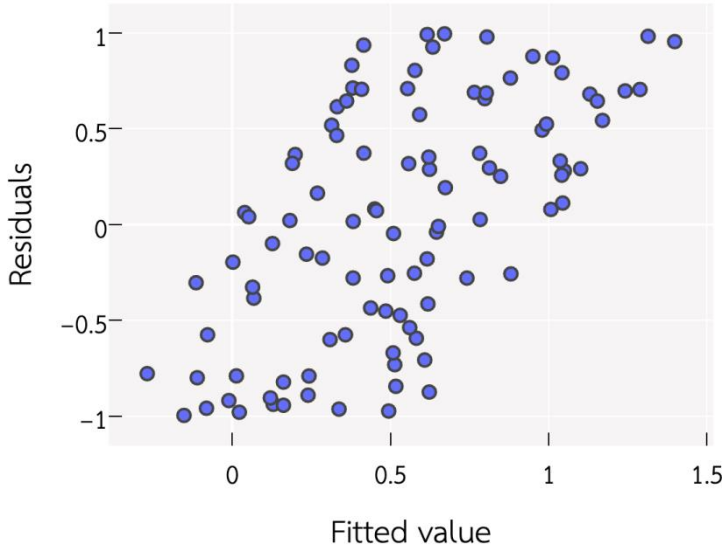
รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าแผนภาพการกระจายแสดงให้เห็นว่าตัวแปรตามมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้นตรง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าฟังก์ชันการถดถอยมีลักษณะเป็นเชิงเส้น อย่างไรก็ตามการพิจารณาแผนภาพการกระจายระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเพียงอย่างเดียวไม่อาจตัดสินใจได้ว่าตัวแบบมีลักษณะเป็นเชิงเส้นหรือไม่ ซึ่งอาจพิจารณาจากแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือและค่าพยากรณ์ว่าเป็นไปอย่างสุ่มหรือไม่ หากมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีรูปแบบแสดงว่าฟังก์ชันการถดถอยไม่เป็นเชิงเส้น



รูปที่ 2.2 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือกับค่าพยากรณ์

ของฟังก์ชันการถดถอยเป็นเชิงเส้น



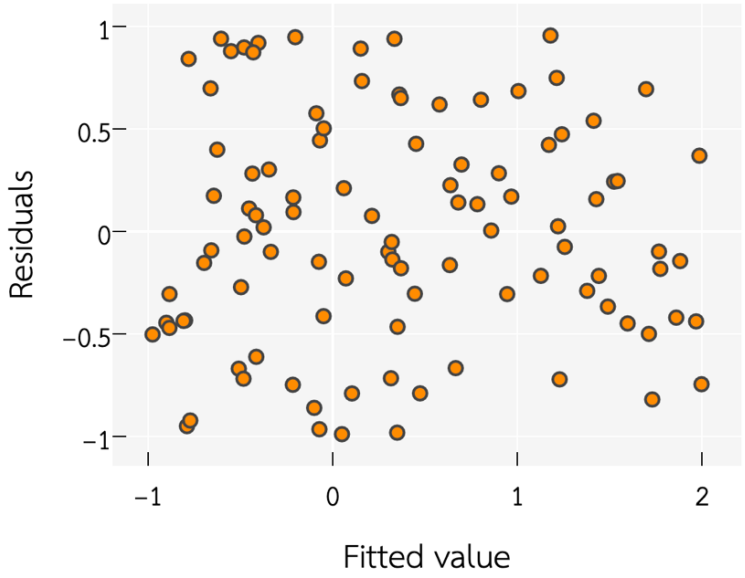
รูปที่ 2.3 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือกับค่าพยากรณ์
ของฟังก์ชันการถดถอยไม่เป็นเชิงเส้น

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าแผนภาพการกระจายเป็นไปอย่างสุ่ม กล่าวคือ ค่าเศษเหลือกับค่าพยากรณ์ไม่ได้ขึ้นตรงต่อกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าฟังก์ชันการถดถอยเป็นเชิงเส้น ในทางกลับกันจากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าแผนภาพการกระจายไม่ได้เป็นไปอย่างสุ่ม กล่าวคือ ค่าเศษเหลือมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพยากรณ์มีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นฟังก์ชันการถดถอยไม่เป็นเชิงเส้น [7]

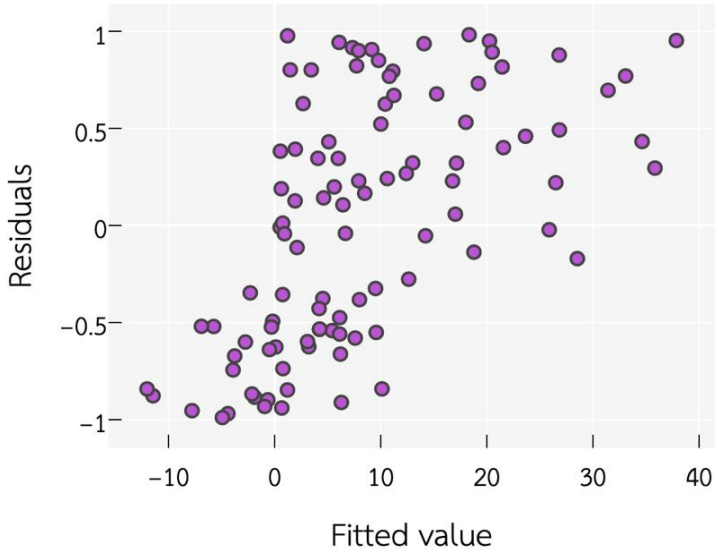
2.3.2 การตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ (Constant Variance Assumption)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พิจารณาจากแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือและค่าพยากรณ์ว่าเป็นไปอย่างสุ่มหรือไม่ หากค่าเศษเหลือมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงแปรผันตามการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าพยากรณ์ อยู่ในลักษณะการกระจายเป็นรูปคล้ายลำโพง แสดงว่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าไม่คงที่ ซึ่งจะเรียกว่า Heteroscedasticity



รูปที่ 2.4 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือกับค่าพยากรณ์ในกรณีไม่มีปัญหา Heteroscedasticity



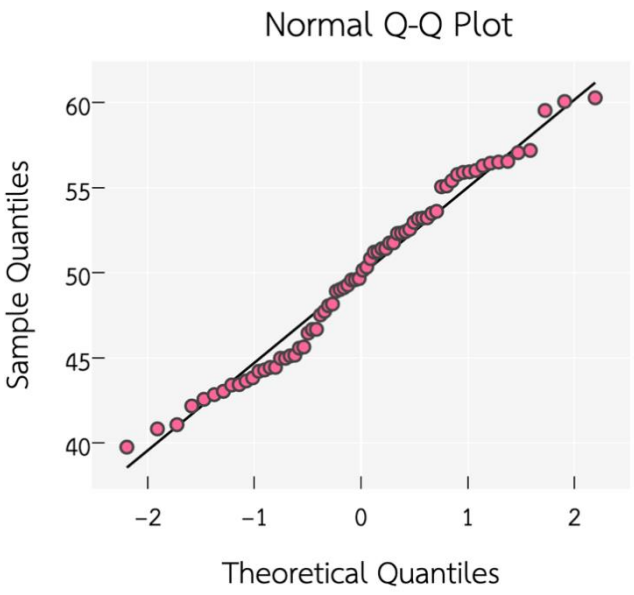
รูปที่ 2.5 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือกับค่าพยากรณ์ในกรณีมีปัญหา Heteroscedasticity

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือและค่าพยากรณ์เป็นไปอย่างสุ่ม ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าไม่เกิดปัญหา Heteroscedasticity หรือมีชื่อเรียกว่า Homoscedasticity ในทางกลับกันจากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าแผนภาพมีรูปแบบเป็นรูปลำโพง ดังนั้น จึงเกิดปัญหา Heteroscedasticity ทั้งนี้การเกิดปัญหาค่าความแปรปรวนมีค่าไม่คงที่มักจะเกิดในกรณีที่ใช้ข้อมูล

แบบตัดขวาง (Cross-Sectional Data) มากกว่าข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลา (Time-Series Data) ซึ่งสามารถตรวจสอบหานัยสำคัญทางสถิติได้หลากหลายวิธี คือ Glejser's Test, Bartlett Test, Goldfeld-Quandt Test, Breusch-Pagan Test และ White's Test เป็นต้น [8]

2.3.3 การตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Normality Assumption)

พิจารณาจากแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือและค่าคาดหวังของเศษเหลือโดยมีข้อกำหนดว่า ถ้าการแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติแล้ว กราฟจะเป็นลักษณะเส้นตรง



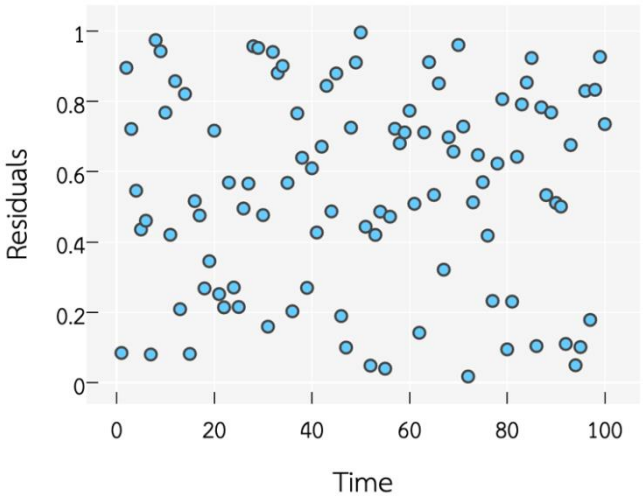
รูปที่ 2.6 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือและค่าคาดหวังของค่าเศษเหลือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือและค่าคาดหวังของค่าเศษเหลือมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ สามารถทำการตรวจสอบหานัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีวิธีตรวจสอบได้หลากหลายวิธี เช่น Shapiro-Wilk Test, Anderson-darling Test, Kolmogorov-Smirnov Test และGoodness-of-fit Test เป็นต้น [6]

2.3.4 การตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน (Independence Assumption)

ในกรณีที่เก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับเวลาจะพิจารณาจากแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือ และเวลาว่าเป็นไปอย่างสุ่มหรือมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในลักษณะวัฏจักร



รูปที่ 2.7 แสดงแผนภาพการกระจายระหว่างค่าเศษเหลือและเวลา

จากรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือกับเวลามีลักษณะเป็นแบบสุ่มหารูปแบบวัฏจักรไม่ได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าความคาดเคลื่อนมีความอิสระต่อกัน ซึ่งสามารถตรวจสอบหานัยสำคัญทางสถิติได้หลากหลายวิธี เช่น Frequency Test, Serial Test, Gap Test, Permutation Test, Runs Test และ Serial Correlation Test เป็นต้น [6]

2.4 วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (Ordinary Least Squares Method: OLS)

ในการหาสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบความถดถอยเชิงเส้นวิธีที่ได้รับความนิยมที่สุด คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) โดยจะหาค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของความเคลื่อน (Sum Square of Error : SSE) มีค่าน้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม(Y) และตัวแปรอิสระ(X) สมการถดถอยเชิงเส้นพหุที่แสดงความสัมพันธ์จะเขียนในรูปเมทริกซ์ได้คือ

$$\tilde{Y} = \tilde{X}\tilde{\beta} + \tilde{\epsilon}$$

เมื่อ $\tilde{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}$, $\tilde{X} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{np} \end{bmatrix}$, $\tilde{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}$ และ $\tilde{\epsilon} = \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{bmatrix}$

การหาค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยมี วิธีการดังต่อไปนี้

กำหนดให้ตัวประมาณของ $\tilde{\beta}$ คือ $\tilde{b}$

จาก $$SSE = \tilde{\epsilon}'\tilde{\epsilon}$$

$$= \left(\tilde{y} - X\tilde{b}\right)' \left(\tilde{y} - X\tilde{b}\right)$$

$$= \tilde{y}'\tilde{y} - \tilde{y}'X\tilde{b} - \tilde{b}'X'\tilde{y} + \tilde{b}'X'X\tilde{b}$$

$$= \tilde{y}'\tilde{y} - 2\tilde{b}'X'\tilde{y} + \tilde{b}'X'X\tilde{b}$$

จะหาอนุพันธ์ (Differentiate) เทียบกับ $\tilde{b}$ แล้วกำหนดให้เท่ากับ $\tilde{0}$

$$\frac{\partial}{\partial \tilde{b}} \left(\tilde{y}'\tilde{y} - 2\tilde{b}'X'\tilde{y} + \tilde{b}'X'X\tilde{b}\right) = \tilde{0}$$

$$-2X'\tilde{y} + 2X'X\tilde{b} = \tilde{0}$$

$$(X'X)\,\tilde{b} = X\tilde{y}$$

นั่นคือ $$\tilde{b} = (X'X)^{-1} X'\tilde{y} \quad \text{โดยที่ } (X'X) \neq 0$$

2.5 สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation: CV)

เป็นการแสดงออกถึงความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกี่ยวกับค่าเฉลี่ย นั่นคือพยายามที่จะอธิบายว่าค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าออกห่างค่าเฉลี่ยมากเพียงใด สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\mathrm{CV} = \frac{\sigma}{\mu} \times 100$$

$$\mu = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \quad \text{และ} \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} X_i - \mu\right)^2}$$

เมื่อ σ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

μ แทน ค่าเฉลี่ยของประชากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ยิ่งค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันน้อยลงข้อมูลก็จะกระจายออกจากค่าเฉลี่ยน้อยลง ตัวอย่างเช่นในตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ย 10 และอีกค่าหนึ่งมีค่าเฉลี่ย 25 ทั้งที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5 ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันคือ 50% และ 20% ตามลำดับ แน่นอนว่าตัวแปรแรกมีความแปรปรวน (การกระจายตัว) มากกว่าตัวแปรที่สอง

2.6 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: Corr)

คือความสัมพันธ์ทางสถิติไม่ว่าจะเป็นสาเหตุหรือไม่ระหว่างตัวแปรสุ่มสองตัวแปรต่อเนื่องพูดง่ายๆโดยใช้สหสัมพันธ์เราสามารถรู้ได้ว่าตัวแปรสองตัวกำลังเคลื่อนที่อย่างไร โดยที่ค่าของการวัดนี้อยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 สามารถแบ่งความสัมพันธ์ออกเป็น 3 รูปแบบ

1 ความสัมพันธ์เชิงบวก : ในความสัมพันธ์ประเภทนี้ตัวแปรทั้งสองจะเคลื่อนที่เข้าด้วยกัน โดยถ้าหากตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นตัวแปรอื่นก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกันและในทางกลับกันถ้าตัวแปรลดลงตัวแปรอื่นก็จะลดลงตาม

2 ความสัมพันธ์เชิงลบ : ในประเภทนี้ตัวแปรทั้งสองจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม หากตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นทำให้ตัวแปรอื่นลดลง

3 ไม่มีความสัมพันธ์ : ในความสัมพันธ์ประเภทนี้ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความสัมพันธ์ประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อตัวแปรทั้งสองไม่มีความเกี่ยวข้องกันโดยสิ้นเชิง

โดยมีหลายการวิธีในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้อาศัยความสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) เนื่องจากเป็นการวัดความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสุ่มสองตัว (P กับ Q) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \overline{P})(Q_i - \overline{Q})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \overline{P})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Q_i - \overline{Q})^2}}$$

2.7 วิธีการประมาณค่าสูญหายแบบ K-Nearest Neighbor Imputation (KNN)

เป็นวิธีประมาณค่าสูญหายที่ไม่ได้อาศัยพารามิเตอร์ วิธีการนี้จัดอยู่ในประเภท Hot Deck Method ซึ่งวิธีการนี้ค่อนข้างที่จะมีประสิทธิภาพมากกว่า Hot Deck Method วิธีการอื่นๆ โดยจะพิจารณาเลือกหน่วยตัวอย่าง K ชุด จากข้อมูลที่ทราบค่าที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับหน่วยตัวอย่างที่เกิดการสูญหายมากที่สุด ในงานวิจัยจะกำหนดให้ K จะเป็นจำนวนคี่ที่มีค่าใกล้เคียงกับรากที่สองของจำนวนข้อมูลที่สมบูรณ์ (อ้างอิงจาก Josson และ Wohlin, [9]) และการคำนวณความคล้ายคลึงของหน่วยตัวอย่างที่เกิดการสูญหายกับชุดข้อมูลสมบูรณ์ได้อาศัยวิธีการระยะห่างยุคลิด (Euclidean distance) จากนั้นแทนค่าข้อมูลสูญหายด้วยค่าเฉลี่ยของหน่วยตัวอย่างที่คล้ายกัน K ตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสูญหายเกิดขึ้นได้หลายกรณี แต่ละกรณีก็จะมีการคำนวณระยะห่างยุคลิดที่แตกต่างกัน จากที่งานวิจัยนี้จะศึกษาการสูญหายที่เกิดการในตัวแปรอิสระ X_1 กับตัวแปรอิสระ X_2 เท่านั้น ดังนั้นจะสามารถจำแนกกรณีการสูญหายออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 เท่านั้น, เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_2 เท่านั้นและเกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1กับ X_2 พร้อมกัน

ตัวอย่างชุดข้อมูล

$Y_1 = X_{11} + X_{12} + X_{13}$ ชุดข้อมูลที่ 1

$Y_2 = \otimes + X_{22} + X_{23}$ ชุดข้อมูลที่ 2 *อยู่ในกรณีที่ 1*

$Y_3 = X_{31} + \otimes + X_{33}$ ชุดข้อมูลที่ 3 *อยู่ในกรณีที่ 2*

$Y_4 = \otimes + \otimes + X_{43}$ ชุดข้อมูลที่ 4 *อยู่ในกรณีที่ 3*

หมายเหตุ $\otimes$ แทนข้อมูลที่สูญหาย

โดยจะมีขั้นตอนต่อดังไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : คำนวณค่า K ที่เหมาะสม โดยกำหนดให้เป็นจำนวนคี่ที่มีค่าใกล้เคียงกับรากที่สองของจำนวนข้อมูลที่สมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 2 : คำนวณระยะห่างยุคลิด (D_{ij}) สำหรับตัวแปรทุกคู่ที่เป็นไปได้ โดยจะแบ่งเป็น 3 กรณีตามการสูญหายที่มีโอกาสเกิดขึ้นในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 เท่านั้น (ชุดข้อมูลที่ 2)

$$D_{ij} = \sqrt{\left(X_{i2} - X_{j2}\right)^2 + \left(X_{i3} - X_{j3}\right)^2 + \left(Y_i - Y_j\right)^2} \quad (11)$$

กรณีที่ 2 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_2 เท่านั้น (ชุดข้อมูลที่ 3)

$$D_{ij} = \sqrt{\left(X_{i2} - X_{j2}\right)^2 + \left(X_{i3} - X_{j3}\right)^2 + \left(Y_i - Y_j\right)^2} \quad (12)$$

กรณีที่ 3 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 พร้อมกัน (ชุดข้อมูลที่ 4)

$$D_{ij} = \sqrt{\left(X_{i3} - X_{j3}\right)^2 + \left(Y_i - Y_j\right)^2} \quad (13)$$

เมื่อ D_{ij} แทน ระยะห่างระหว่างตัวอย่างที่ i กับ ตัวอย่างที่ j

c แทน จำนวนข้อมูลที่ทราบค่า

X_{ip} แทน ข้อมูลที่ทราบค่าของตัวแปรอิสระ p ตัวที่ $i; p = 1,2,3$

X_{jp} แทน ข้อมูลที่สูญหายของตัวแปรอิสระ p ตัวที่ j

Y_i แทน ข้อมูลที่ทราบค่าของตัวแปรตาม ตัวที่ i

Y_j แทน ข้อมูลที่สูญหายของตัวแปรตาม ตัวที่ j

ขั้นตอนที่ 3 : เลือกค่า D_{ij} ในขั้นตอนที่ 2 ของแต่ชุดตัวอย่างตัวที่ j ที่ค่าต่ำที่สุดจำนวน K ตัว และพิจารณาตัวตัวแปรที่เกิดการสูญหายมาหาค่าเฉลี่ย

ขั้นตอนที่ 4 : นำค่าเฉลี่ยของแต่ชุดตัวอย่างตัวที่ j แทนค่าข้อมูลตัวแปรตามที่สูญหาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.8 วิธีการประมาณค่าสูญหายโดยวิธี Expectation Maximization Algorithm (EM)

เป็นวิธีประมาณค่าสูญหายที่เป็นการหาค่าประมาณภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดของพารามิเตอร์ที่มีอยู่โดยกระบวนการทำซ้ำ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นได้ 2 ขั้น คือ ขั้น E-Step (Expectation Step) เป็นขั้นตอนที่หาค่าคาดหวังของค่าที่สูญหายไปภายใต้เงื่อนไขชุดข้อมูลที่ไม่สูญหายและพารามิเตอร์ตัวปัจจุบัน ค่าที่ได้นี้จะนำไปประมาณค่าที่สูญหาย ขั้น M-Step (Maximization Step) เป็นขั้นตอนที่ประมาณค่าภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดของพารามิเตอร์ ด้วยการแทนค่าสูญหายที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ทำจนกระทั่งได้ตัวพารามิเตอร์ที่คงที่ นั่นคือตัวประมาณความน่าจะเป็นสูงสุด

อ้างอิงจาก Little and Rubin[10] ได้ประยุกต์วิธีการของ EM มาใช้ในการประมาณค่าสูญหายในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุ ซึ่งลักษณะที่สนใจคือประมาณค่าสูญหายของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามตาม โดยมีขั้นตอนดังนี้

สมมติว่ามีข้อมูลดังนี้

$$\begin{bmatrix} \tilde{Y}_{comp} \\ \tilde{Y}_{miss} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{comp} \\ X_{miss} \end{bmatrix} \tilde{\beta} + \tilde{\epsilon}$$

เมื่อ $\tilde{Y}_{comp}$ แทน เวกเตอร์ของตัวแปรตามที่ทราบค่า

$\tilde{Y}_{miss}$ แทน เวกเตอร์ของตัวแปรตามที่มีการสูญหาย

X_{comp} แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระของชุดข้อมูลที่ทราบค่า

X_{miss} แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระของชุดข้อมูลที่มีการสูญหาย

$\tilde{\beta}$ แทน เวกเตอร์ของพารามิเตอร์

$\tilde{\epsilon}$ แทน เวกเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 1 : ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยค่าเริ่มต้นด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) จากชุดข้อมูลที่ทราบค่า โดยจะเรียกว่า สัมประสิทธิ์การถดถอยรอบที่ 0

$$\hat{\beta}^{(0)} = \left(X'_{comp} X_{comp} \right)^{-1} X'_{comp} \tilde{Y}_{comp}$$

ขั้นตอนที่ 2 : ขั้นตอนต่อไปนี้คือ E-Step รอบที่ 1 เมื่อได้สัมประสิทธิ์การถดถอยรอบที่ 0 จะนำมาประมาณสูญหายจากการหาค่าคาดหวัง โดยจะแบ่งเป็น 3 กรณีตามการสูญหายที่มีโอกาสเกิดขึ้นในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 เท่านั้น

$$\hat{X}_{i1}^{(0)} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_1^{(0)}\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0^{(0)} - \hat{\beta}_2^{(0)}X_{i2} - \hat{\beta}_3^{(0)}X_{i3}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

กรณีที่ 2 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_2 เท่านั้น

$$\hat{X}_{i2}^{(0)} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_2^{(0)}\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0^{(0)} - \hat{\beta}_1^{(0)}X_{i1} - \hat{\beta}_3^{(0)}X_{i3}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

กรณีที่ 3 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 พร้อมกัน

เนื่องจากในกรณีที่นี้มีการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ ตัวแปรอิสระ X_2 พร้อมกัน เลยต้องมีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ในงานวิจัยนี้ได้ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี OLS ของตัวแปรอิสระทั้ง 2 ดังสมการดังนี้

$$\hat{\alpha}^{(0)} = \left(X'_{1_{comp}}X_{1_{comp}}\right)^{-1}X'_{1_{comp}}X_{2_{comp}}$$

เมื่อ $X_{1_{comp}}$ แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระ X_1 ของชุดข้อมูลที่สมบูรณ์

$X_{2_{comp}}$ แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระ X_2 ของชุดข้อมูลที่สมบูรณ์

แทนที่ตัวแปรอิสระ X_1

$$\hat{X}_{i1}^{(0)} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_1^{(0)} + \hat{\alpha}_1^{(0)}\hat{\beta}_2^{(0)}\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0^{(0)} - \hat{\beta}_3^{(0)}X_{i3} - \hat{\beta}_2^{(0)}\hat{\alpha}_0^{(0)}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

แทนที่ตัวแปรอิสระ X_2

$$\hat{X}_{i2}^{(0)} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \hat{\alpha}_0^{(0)} + \hat{\alpha}_1^{(0)}\hat{X}_{i1}^{(0)} & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนที่ 3 : เมื่อประมาณค่าข้อมูลสูญหายทุกกรณีได้แล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอน M-Step รอบที่ 1 ด้วยการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี OLS โดยจะเรียกว่า สัมประสิทธิ์การถดถอยรอบที่ 1

$$\hat{\beta}^{(1)} = \left(X^{(1)}X^{(1)}\right)^{-1}\acute{X}^{(1)}\tilde{Y}$$

ขั้นตอนที่ 4 : ทำการหาค่าสัมบูรณ์ผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยรอบที่ 0 กับค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยรอบที่ 1 ของทุกๆ ค่าสัมประสิทธิ์

$$\left|\hat{\beta}^{(0)} - \hat{\beta}^{(1)}\right|$$

ถ้าผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยน้อยกว่าเท่ากับ 0.001 จะได้ค่าประมาณของข้อมูลที่สูญหายรอบที่ 1 ที่เหมาะสมและจบกระบวนการทำซ้ำ แต่ถ้าผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

มากกว่า 0.001 แสดงว่าตัวประมาณที่ได้มายังไม่เหมาะสมเพียงพอ จึงต้องทำการประมาณรอบใหม่โดยการวนซ้ำใหม่ ในขั้นตอนถัดไป

<u>ขั้นตอนที่ 5</u> : กลับมาทำ E-Step อีกรอบ ในการหาค่าคาดหวังรอบที่ t ; $t = 2,3,...$ ทำการหาค่าคาดหวังในแต่ละกรณีในลักษณะเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 2 แต่จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยรอบที่ 1 ที่คำนวณในขั้นตอนที่ 3

<u>ขั้นตอนที่ 6</u> : เมื่อหาค่าคาดหวังได้จากขั้นตอนที่ 5 จะเข้าสู่ขั้นตอน M-Step รอบที่ t ; $t = 2,3,...$ 1 ด้วยการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี OLS เช่นเดิม

$$\hat{\beta}^{(t)} = \left(X^{(t)}X^{(t)}\right)^{-1} \acute{X}^{(t)}\tilde{Y}$$

<u>ขั้นตอนที่ 7</u> : ทำการหาค่าสัมบูรณ์ผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยรอบที่ $t-1$ กับค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยรอบที่ t ของทุกๆ ค่าสัมประสิทธิ์

$$\left|\hat{\beta}^{(t)} - \hat{\beta}^{(t-1)}\right|$$

ถ้าผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยน้อยกว่าเท่ากับ 0.001จะได้ค่าประมาณของข้อมูลที่สูญหายรอบที่ t ; $t = 2,3,...$ ที่เหมาะสมและจบกระบวนการทำซ้ำ แต่ถ้าผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมากกว่า 0.001 จะต้องทำการประมาณรอบใหม่โดยการทำตามขั้นตอนที่ 4 และ 5 ไปจนกระทั่งค่าสัมบูรณ์ผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยน้อยกว่า 0.001 จึงจะได้ค่าประมาณของข้อมูลสูญหาที่แท้จริง

<u>ขั้นตอนที่ 8</u> : แทนที่ค่าสูญหายที่หายไป และทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) จะได้สมการถอดถอยใหม่มาใช้ในการพยากรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.9 วิธีการประมาณค่าสูญหายโดยวิธี Predictive Mean Matching Imputation (PMM)

เป็นวิธีประมาณค่าสูญหายที่เกิดจากการรวมของสองแนวคิดเข้าด้วยกันระหว่างการหาค่าคาดหวังและการแทนที่ มีหลายงานวิจัยที่ศึกษาวิธีการนี้และแต่ละงานมีการขั้นตอนในการประมาณที่แตกต่างกันยกตัวอย่างเช่น จากงานวิจัยของ Van Buuren และ Groothuis-Oudshoorn (2011) ได้นำเสนอโดยใช้เทคนิคการปรับค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยจากตัวประมาณเบส์ (Bayes'Estimators) และอาศัยใช้การแจกแจงโดยหลักเกณฑ์ที่ไม่ทราบข้อมูล (Noninformativeprior Distribution) ซึ่งจะพิจารณาจากค่าความแปรปรวนและค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยก่อนหน้าที่ได้จากวิธี OLS จากชุดข้อมูลที่สมบูรณ์ แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยใหม่ไปสร้างสมการพยากรณ์ประมาณค่าสูญ

หาย โดยงานวิจัยนี้จะใช้ไอเดียของวิธี PMM จากงานวิจัยของ วราพร ลิ่มชูเชื้อ[11] ซึ่งได้ทำการปรับเปลี่ยนขั้นตอนบางประการเพื่อให้เหมาะสมกับการสูญหายที่ศึกษา แต่ยังคงไว้ซึ่งหลักการของวิธีการ PMM [12]

โดยจะมีขั้นตอนต่อดังไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : ประมาณค่าสูญหายจากค่าของตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายก่อนโดยการประมาณค่าสูญหายของนั้นจะประมาณโดยใช้วิธีการคล้ายกับวิธี KNN โดยจะกำหนด k = 1 หรือจะเลือกแทนที่ข้อมูลตัวแปรอิสระที่สูญหายด้วยค่าของตัวแปรอิสระในชุดข้อมูลที่สมบูรณ์ที่ใกล้เคียงกับชุดของตัวแปรที่เกิดการสูญหายมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 : ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยค่าเริ่มต้นด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) จากชุดข้อมูลที่ได้แทนที่ค่าประมาณในขั้นตอนที่ 1

$$\hat{\beta} = \left(X'_{Near}X_{Near}\right)^{-1}X'_{Near}\tilde{Y}$$

เมื่อ X_{Near} แทน ชุดข้อมูลที่แทนค่าสูญหายด้วยข้อมูลที่สมบูรณ์ที่ใกล้เคียง

ขั้นตอนที่ 3 : เมื่อได้สัมประสิทธิ์การถดถอย จะนำมาประมาณสูญหาย โดยจะแบ่งเป็น 3 กรณีตามการสูญหายที่มีโอกาสเกิดขึ้นในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 เท่านั้น

$$\hat{X}_{i1} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_1\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_2 X_{i2} - \hat{\beta}_3 X_{i3}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

กรณีที่ 2 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_2 เท่านั้น

$$\hat{X}_{i2} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_2\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_{i1} - \hat{\beta}_3 X_{i3}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

กรณีที่ 3 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 พร้อมกัน

เนื่องจากในกรณีที่นี้มีการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ ตัวแปรอิสระ X_2 พร้อมกัน เลยต้องมีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ในงานวิจัยนี้ได้ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี OLS ของตัวแปรอิสระทั้ง 2 ดังสมการดังนี้

$$\hat{\alpha} = \left(X'_{1_{mean}}X_{1_{mean}}\right)^{-1}X'_{1_{mean}}X_{2_{mean}}$$

เมื่อ $X_{1_{mean}}$ แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระ X_1 ที่แทนที่ด้วยค่าเฉลี่ยชุดข้อมูลสมบูรณ์

$X_{2_{mean}}$ แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระ X_2 ที่แทนที่ด้วยค่าเฉลี่ยชุดข้อมูลสมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แทนที่ตัวแปรอิสระ X_1

$$\hat{X}_{i1} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_1 + \hat{\alpha}_1\hat{\beta}_2\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_3 | X_{i3} - \hat{\beta}_2\hat{\alpha}_0\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

แทนที่ตัวแปรอิสระ X_2

$$\hat{X}_{i2} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1\hat{X}_{i1} & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

ขั้นตอนที่ 4 : ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) จะได้สมการถอดถอยใหม่มาใช้ในการพยากรณ์

2.10 วิธีการประมาณค่าสูญหายโดยวิธี Expected Regression Imputation (ERI)

วิธีการแรกที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นวิธีประมาณค่าสูญหายที่รวมแนวคิดของ 2 วิธีการเข้าด้วยกันคือ Mean Imputation กับ Regression Imputation โดยจะแทนค่าข้อมูลสูญหายด้วยค่าเฉลี่ยของตัวแปรในส่วนชุดข้อมูลที่สมบูรณ์ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่เติมด้วยค่าเฉลี่ยแล้วมาประมาณค่าหาสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี OLS เพื่อนำมาสร้างตัวแบบการถดถอยแล้วนำตัวแบบถดถอยที่ได้ไปประมาณข้อมูลที่สูญหายต่อไป โดยจะมีขั้นตอนต่อดังไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนข้อมูลสมบูรณ์และส่วนข้อมูลที่เกิดการสูญหาย ทำการแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าเฉลี่ยข้อมูลสมบูรณ์ของตัวแปรที่เกิดการสูญหาย ดังต่อไปนี้

ถ้าเกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1

$$\hat{X}_{i1} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \overline{X}_{1_{comp}} & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

เมื่อ $\overline{X}_{1_{comp}}$ แทน ค่าเฉลี่ยข้อมูลส่วนสมบูรณ์ของตัวแปรอิสระ X_1

แต่ถ้าเกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_2

$$\hat{X}_{i2} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \overline{X}_{2_{comp}} & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

เมื่อ $\overline{X}_{2_{comp}}$ แทน ค่าเฉลี่ยข้อมูลส่วนสมบูรณ์ของตัวแปรอิสระ X_2

ขั้นตอนที่ 2 : ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยค่าเริ่มต้นด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) จากชุดข้อมูลที่ได้แทนที่ค่าประมาณในขั้นตอนที่ 1

$$\hat{\beta} = \left(X'_{mean}X_{mean}\right)^{-1}X'_{mean}\tilde{Y}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อ X_{mean} แทน ข้อมูลที่แทนค่าสูญหายด้วยค่าเฉลี่ยส่วนข้อมูลสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 3 : เมื่อได้สัมประสิทธิ์การถดถอย จะนำมาประมาณสูญหาย โดยจะแบ่งเป็น 3 กรณีตามการสูญหายที่มีโอกาสเกิดขึ้นในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 เท่านั้น

$$\hat{X}_{i1} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_1\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_2 X_{i2} - \hat{\beta}_3 X_{i3}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

กรณีที่ 2 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_2 เท่านั้น

$$\hat{X}_{i2} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_2\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_{i1} - \hat{\beta}_3 X_{i3}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

กรณีที่ 3 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 พร้อมกัน

เนื่องจากในกรณีที่นี้มีการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ ตัวแปรอิสระ X_2 พร้อมกัน เลยต้องมีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ในงานวิจัยนี้ได้ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี OLS ของตัวแปรอิสระทั้ง 2 ดังสมการดังนี้

$$\hat{\alpha} = \left(X'_{1_{mean}} X_{1_{mean}}\right)^{-1} X'_{1_{mean}} X_{2_{mean}}$$

เมื่อ $X_{1_{mean}}$ แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระ X_1 ที่แทนที่ด้วยค่าเฉลี่ยชุดข้อมูลสมบูรณ์

$X_{2_{mean}}$ แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระ X_2 ที่แทนที่ด้วยค่าเฉลี่ยชุดข้อมูลสมบูรณ์

แทนที่ตัวแปรอิสระ X_1

$$\hat{X}_{i1} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_1 + \hat{\alpha}_1\hat{\beta}_2\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_3 | X_{i3} - \hat{\beta}_2\hat{\alpha}_0\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

แทนที่ตัวแปรอิสระ X_2

$$\hat{X}_{i2} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1\hat{X}_{i1} & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

ขั้นตอนที่ 4 : ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) จะได้สมการถอดถอยใหม่มาใช้ในการพยากรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.10 วิธีการประมาณค่าสูญหายโดยวิธี Conditional Expected Regression Imputation (CERI)

วิธีการสองที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นวิธีการใส่ค่าข้อมูลสูญหายที่พัฒนามาจาก ERI ขึ้นอีกขั้น ไอเดียของวิธีการนี้เกิดจากความเชื่อที่ว่าทุกตัวแปรในชุดข้อมูลต้องมีความสัมพันธ์กันไม่มากก็น้อย เลยทำให้ในเบื้องต้นก่อนจะทำการสร้างตัวแบบที่ใช้ประมาณค่าสูญหายจะเลือกเติมข้อมูลสูญหายด้วย ค่าคาดหวังแบบมีเงื่อนไข (Conditional Expectation) หลังจากนั้นนำข้อมูลที่เติมด้วยค่าคาดหวังแบบมีเงื่อนไข แล้วมาประมาณค่าหาสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี OLS เพื่อนำมาสร้างตัวแบบการถดถอยแล้วนำตัวแบบถดถอยที่ได้ไปประมาณข้อมูลที่สูญหายต่อไป

โดยจะมีขั้นตอนต่อดังไปนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> : แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนข้อมูลสมบูรณ์และส่วนข้อมูลที่เกิดการสูญหาย ทำการแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าคาดหวังแบบมีเงื่อนไขข้อมูลสมบูรณ์ของตัวแปรที่เกิดการสูญหาย โดยจะแบ่งเป็น 3 กรณีตามการสูญหายที่มีโอกาสเกิดขึ้นในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 เท่านั้น

$$\hat{X}_{i1} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \mu_{X_1} + \rho\sigma_{X_1}\left(\sigma_{X_2}\right)^{-1}\left(X_{i2} - \mu_{X_2}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

กรณีที่ 2 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_2 เท่านั้น

$$\hat{X}_{i2} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \mu_{X_2} + \rho\sigma_{X_2}\left(\sigma_{X_1}\right)^{-1}\left(X_{i1} - \mu_{X_1}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

กรณีที่ 3 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 พร้อมกัน

เนื่องจากในงานวิจัยจะศึกษากรณีที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ ตัวแปรอิสระ X_2 มีความสัมพันธ์กันเท่านั้น ในกรณีการสูญหายนี้เลยใช้การแทน ค่าเฉลี่ยข้อมูลส่วนสมบูรณ์ตัวแปรที่เกิดการสูญหายแทน

ถ้าตัวแปรอิสระ X_1 สูญหาย

$$\hat{X}_{i1} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \overline{X}_{1_{comp}} & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

เมื่อ $\overline{X}_{1_{comp}}$ แทน ค่าเฉลี่ยข้อมูลส่วนสมบูรณ์ของตัวแปรอิสระ X_1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ถ้าตัวแปรอิสระ X_2 สูญหาย

$$\hat{X}_{i2} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \overline{X}_{2_{comp}} & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

เมื่อ $\overline{X}_{2_{comp}}$ แทน ค่าเฉลี่ยข้อมูลส่วนสมบูรณ์ของตัวแปรอิสระ X_2

ขั้นตอนที่ 2 : ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยค่าเริ่มต้นด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) จากชุดข้อมูลที่ได้แทนที่ค่าประมาณในขั้นตอนที่1

$$\hat{\beta} = \left(X'_{CE}X_{CE}\right)^{-1} X'_{CE}\tilde{Y}$$

เมื่อ X_{CE} แทน ชุดข้อมูลที่แทนค่าสูญหายด้วยค่าคาดหวังแบบมีเงื่อนไข

ขั้นตอนที่ 3 : เมื่อได้สัมประสิทธิ์การถดถอย จะนำมาประมาณสูญหาย โดยจะแบ่งเป็น 3 กรณีตามการสูญหายที่มีโอกาสเกิดขึ้นในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 เท่านั้น

$$\hat{X}_{i1} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_1\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_2 X_{i2} - \hat{\beta}_3 X_{i3}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

กรณีที่ 2 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_2 เท่านั้น

$$\hat{X}_{i2} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_2\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 X_{i1} - \hat{\beta}_3 X_{i3}\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

กรณีที่ 3 เกิดการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_2 พร้อมกัน

เนื่องจากในกรณีที่นี้มีการสูญหายที่ตัวแปรอิสระ X_1 กับ ตัวแปรอิสระ X_2 พร้อมกัน เลยต้องมีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ในงานวิจัยนี้ได้ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธี OLS ของตัวแปรอิสระทั้ง 2 ดังสมการดังนี้

$$\hat{\alpha} = \left(X'_{1_{CE}}X_{1_{CE}}\right)^{-1} X'_{1_{CE}}X_{2_{CE}}$$

เมื่อ $X_{1_{CE}}$ แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระ X_1 ที่แทนที่ด้วยค่าคาดหวังแบบมีเงื่อนไข

$X_{2_{CE}}$ แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระ X_2 ที่แทนที่ด้วยค่าคาดหวังแบบมีเงื่อนไข

ถ้าตัวแปรอิสระ X_1 สูญหาย

$$\hat{X}_{i1} = \begin{cases} X_{i1} & ;i = 1,2,...,c \\ \left(\hat{\beta}_1 + \hat{\alpha}_1\hat{\beta}_2\right)^{-1}\left(Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_3 X_{i3} - \hat{\beta}_2\hat{\alpha}_0\right) & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ถ้าตัวแปรอิสระ X_2 สูญหาย

$$\hat{X}_{i2} = \begin{cases} X_{i2} & ;i = 1,2,...,c \\ \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 \hat{X}_{i1} & ;i = c+1,...,n \end{cases}$$

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> : ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) จะได้สมการถอดถอยใหม่มาใช้ในการพยากรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสูญหายในตัวแปรอิสระทั้ง 2 ตัวที่มีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลที่สัมพันธ์กันสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ ซึ่งลักษณะของข้อมูลที่ทำการศึกษาจะเป็นข้อมูลจำลองของ ข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross-Section Data) โดยจะเริ่มจากการจำลองชุดข้อมูลของตัวแปรอิสระและชุดข้อมูลของความคลาดเคลื่อน เพื่อนำไปสู่การสร้างชุดข้อมูลให้ตรงรูปแบบความสัมพันธ์ของสมการถดถอยเชิงเส้นพหุ จากนั้นจะจำลองตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเบอร์นูลลีเพื่อสร้างให้เกิดการสูญหาย โดยนำมาจับคู่กับตัวแปรอิสระ ถ้าตัวแปรเบอร์นูลลี่ที่สร้างเป็น 0 ข้อมูลในตำแหน่งที่ตรงกันจะไม่เกิดการสูญหาย แต่ถ้าเป็น 1 ข้อมูลเกิดการสูญหาย หลังการจำลองการสูญหายจะทำการประมาณค่าข้อมูลสูญหายด้วยวิธีการประมาณค่า 5 วิธี วิธี Expectation Maximization Algorithm (EM), วิธี K-Nearest Neighbor Imputation (KNN), วิธี Predictive Mean Matching Imputation (PMM), วิธี Expected Regression Imputation (ERI) และวิธี Conditional Expected Regression Imputation (CERI) หลังจากนั้นจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการด้วยค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Average mean square error : AMSE) โดยวิธีการที่ให้ค่า AMSE น้อยที่สุดจะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนั้นเพื่อเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพให้ชัดเจนมากขึ้น จะอาศัยค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) ซึ่งวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุดจะเป็นวิธีการประมาณค่าสูญหายที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเช่นกัน รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนโดยอย่างละเอียดเป็นดังต่อไปนี้

3.1 จำลองชุดข้อมูล

ในงานวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาสถานการณ์จำลองที่มีความแตกต่างกันทั้งหมด 972 สถานการณ์ ที่แตกต่างกันตามลักษณะการแจกแจงของตัวแปรอิสระ, รูปแบบและระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ ลักษณะของการสูญหาย ซึ่งในแต่ละสถานการณ์จะทำการจำลองเป็นจำนวน 5,000 รอบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 จำลองชุดข้อมูลตัวแปรอิสระ (X_1, X_2, X_3) ที่นำมาศึกษาตามรูปแบบที่กำหนดในขอบเขตการศึกษา 1.5.1 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ การสูญหายในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนเท่ากันและการสูญหายในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ โดยจะกำหนดให้ตัวแปรอิสระ X_1 กับตัวแปรอิสระ X_2 มีความสัมพันธ์กัน 2 รูปแบบคือเชิงบวกและเชิงลบ ซึ่งแต่ละรูปแบบจะศึกษา 3 ระดับคือ สูง กลาง และต่ำ แต่ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระ X_3

ขั้นตอนที่ 2 จำลองชุดข้อมูลความคลาดเคลื่อนที่ (ϵ_i) มีการแจกแจงแบบปกติสำหรับทุกค่า i และให้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแต่ละตัวอิสระต่อกันโดยจะกำหนดให้ $\sigma_\epsilon = 10,30,90$

ขั้นตอนที่ 3 สร้างข้อมูลตัวแปรตามจากรูปแบบความสัมพันธ์ของการถดถอยเชิงเส้นพหุ และกำหนดให้ $\beta_0 = 42,\ \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 1$ หลังจากนั้นปรับรูปแบบสมการเพื่อให้ผลรวมความแปรปรวนของตัวแปรอิสระเป็นไปตามขอบเขตที่กำหนด

$$Y_i = 42 + \sqrt{\frac{900}{\mathrm{Var}\left(X_1 + X_2 + X_3\right)}}(X_{i1} + X_{i2} + X_{i3}) + \epsilon_i \quad ; i = 1,2,...,n$$

ขั้นตอนที่ 4 จำลองชุดข้อมูลขนาดตัวอย่าง 3 ขนาด คือ 50, 100 และ 200

ขั้นตอนที่ 5 ในแต่ละสถานการณ์ จะแบ่งช่วงของชุดข้อมูลของตัวแปรอิสระที่ต้องการให้เกิดการสูญหาย โดยนำข้อมูลเหล่านั้นมาแบ่งเป็น 5 ช่วงด้วยอัตราส่วนเท่าๆ กันดังนี้

ถ้า $x_{ip} \le \left(\mu_{x_p} - 0.84\sigma_{x_p}\right)$ x_{ip} จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงที่หนึ่ง

$\left(\mu_{x_p} - 0.84\sigma_{x_p}\right) < x_{ip} \le \left(\mu_{x_p} - 0.25\sigma_{x_p}\right)$ x_{ip} จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงที่สอง

$\left(\mu_{x_p} - 0.25\sigma_{x_p}\right) < x_{ip} \le \left(\mu_{x_p} + 0.25\sigma_{x_p}\right)$ x_{ip} จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงที่สาม

$\left(\mu_{x_p} + 0.25\sigma_{x_p}\right) < x_{ip} \le \left(\mu_{x_p} + 0.84\sigma_{x_p}\right)$ x_{ip} จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงที่สี่

และ $x_{ip} > \left(\mu_{x_p} + 0.84\sigma_{x_p}\right)$ x_{ip} จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงที่ห้า

โดยที่ $p = 1,2$ และ $i = 1,2,...,n$

ขั้นตอนที่ 6 การสร้างการสูญหายของตัวแปร จะสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงเบอร์นูลลี่โดยจะให้มีขนาดแต่ละช่วงเท่ากับจำนวนตัวแปรที่อยู่ในแต่ละช่วงที่ถูกแบ่ง ด้วยความน่าจะเป็นการสูญหายในแต่ละช่วงเป็นไปตามที่กำหนดในขอบเขตการศึกษา 1.5.4.3 ซึ่งถ้าตัวแปรเบอร์นูลลี่ที่สร้างเป็น 0 ข้อมูลในตำแหน่งที่ตรงกันจะไม่เกิดการสูญหาย แต่ถ้าเป็น 1 ข้อมูลเกิดการสูญหาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ขั้นตอนที่ 7</u> ถ้าตัวแปรอิสระ X_1 สูญหายส่งผลให้ความน่าจะเป็นในการสูญหายของตัวแปรอิสระ X_2 มีค่าเท่ากับ $\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=1\right)$ และถ้าตัวแปรอิสระ X_1 ไม่สูญหายก็จะส่งผลทำให้ความน่าจะเป็นในการสูญหายของตัวแปรอิสระ X_2 มีค่าเท่ากับ $\mathrm{P}\left(\delta_{X_2}=1\,|\,\delta_{X_1}=0\right)$ ซึ่งในทำนองเดียวกัน ถ้าตัวแปรอิสระ X_2 สูญหายจะส่งผลทำให้ความน่าจะเป็นในการสูญหายของตัวแปรอิสระ X_1 มีค่าเท่ากับ $\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=1\right)$ และถ้าตัวแปรอิสระ X_2ไม่สูญหายก็จะส่งผลทำให้ความน่าจะเป็นในการสูญหายของตัวแปรอิสระ X_1 มีค่าเท่ากับ $\mathrm{P}\left(\delta_{X_1}=1\,|\,\delta_{X_2}=0\right)$ โดยที่ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายในแต่ละช่วงจะแตกต่างกันไปตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา 1.5.4.3

3.2 การประมาณค่าตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหาย

หลังจากได้ข้อมูลตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายแล้ว ขั้นต่อไปคือการประมาณค่าข้อมูลที่สูญหายด้วยวิธีการทั้ง 5 วิธีการคือ วิธี Expectation Maximization Algorithm (EM), วิธี K-Nearest Neighbor Imputation (KNN), วิธี Predictive Mean Matching Imputation (PMM), วิธี Expected Regression Imputation (ERI) และ วิธี Conditional Expected Regression Imputation (CERI) โดยวิธี KNN จะเป็นวิธีการเดียวในการศึกษาครั้งนี้ที่มีรูปแบบการคำนวณที่ไม่อาศัยพารามิเตอร์มาใช้ประมาณค่าสูญหาย วิธี EM จะเป็นวิธีการที่อาศัยกระบวนการทำซ้ำทำจนกระทั่งได้ตัวประมาณพารามิเตอร์ที่คงที่ วิธี PMM ก็จะมีความคล้ายคลึงวิธี KNN ที่นำไปประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยต่อ ส่วนวิธีการ ERI กับ CERI เป็นสองวิธีที่ถูกพัฒนาขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ โดยจะแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าคาดหวังก่อนจะนำไปประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ซึ่งแต่ละวิธีมีรายละเอียดและขั้นตอนกล่าวอยู่ในบทที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3 การสร้างสมการพยากรณ์

หลังจากแทนค่าตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายด้วยวิธีการประมาณค่าทั้ง 5 วิธี จะนำชุดข้อมูลที่สมบูรณ์ไปประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (OLS) ตามที่กล่าวไว้ในทฤษฎีและตัวสถิติที่เกี่ยวข้อง 2.3 โดยเมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่แตกต่างกันสำหรับแต่ละวิธีการจะนำมาสร้างสมการพยากรณ์ตัวแปรตาม โดยมีรูปแบบสมการดังต่อไปนี้

$$Y_i = \hat{\beta}_0^* + \hat{\beta}_1^* X_{1i} + \hat{\beta}_2^* X_{2i} + \hat{\beta}_3^* X_{3i}\ ;\ i = 1,2,...,n$$

เมื่อ $\hat{\beta}^*$ แทน ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยจากข้อมูลสมบูรณ์จากวิธีการต่างๆ

3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณข้อมูลที่สูญหาย

3.4.1 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Average mean square error: AMSE)

การตัดสินใจว่าวิธีการประมาณค่าสูญหายวิธีการใดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในงานวิจัยครั้งนี้ เลือก สังเกตว่าค่าประมาณวิธีการใดให้ค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด โดยจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณจากการทำซ้ำทั้งหมด 5000 รอบ วิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุดจะเป็นวิธีการประมาณค่าสูญหายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$MSE_r = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{Y}_{ri} - Y_i'\right)^2$$

$$AMSE = \frac{1}{5000}\sum_{r=1}^{5000} MSE_r$$

เมื่อ Y_i' แทน ค่าจริงของข้อมูลตัวแปรตามตัวที่ i

$\hat{Y}_{ri}$ แทน ค่าประมาณของข้อมูลตัวแปรตามตัวที่ i จากการทำซ้ำรอบที่ r

MSE_r แทน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณของตัวแปรตามจากการทำซ้ำรอบที่ r

$AMSE$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณของตัวแปรตามจากการทำซ้ำ 5000 รอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.4.2 ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency: RE)

เป็นอัตราส่วนระหว่าง AMSE ของวิธีการที่เลือกเป็นตัวเทียบกลางกับวิธีการประมาณค่าสูญหายวิธีการอื่นมาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยในงานวิจัยนี้เลือกวิธี EM เป็นตัวเทียบสามารถคำนวณได้จากสูตร โดยวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุดจะเป็นวิธีการประมาณค่าสูญหายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$RE = \frac{AMSE_{EM}}{AMSE_{\star}}$$

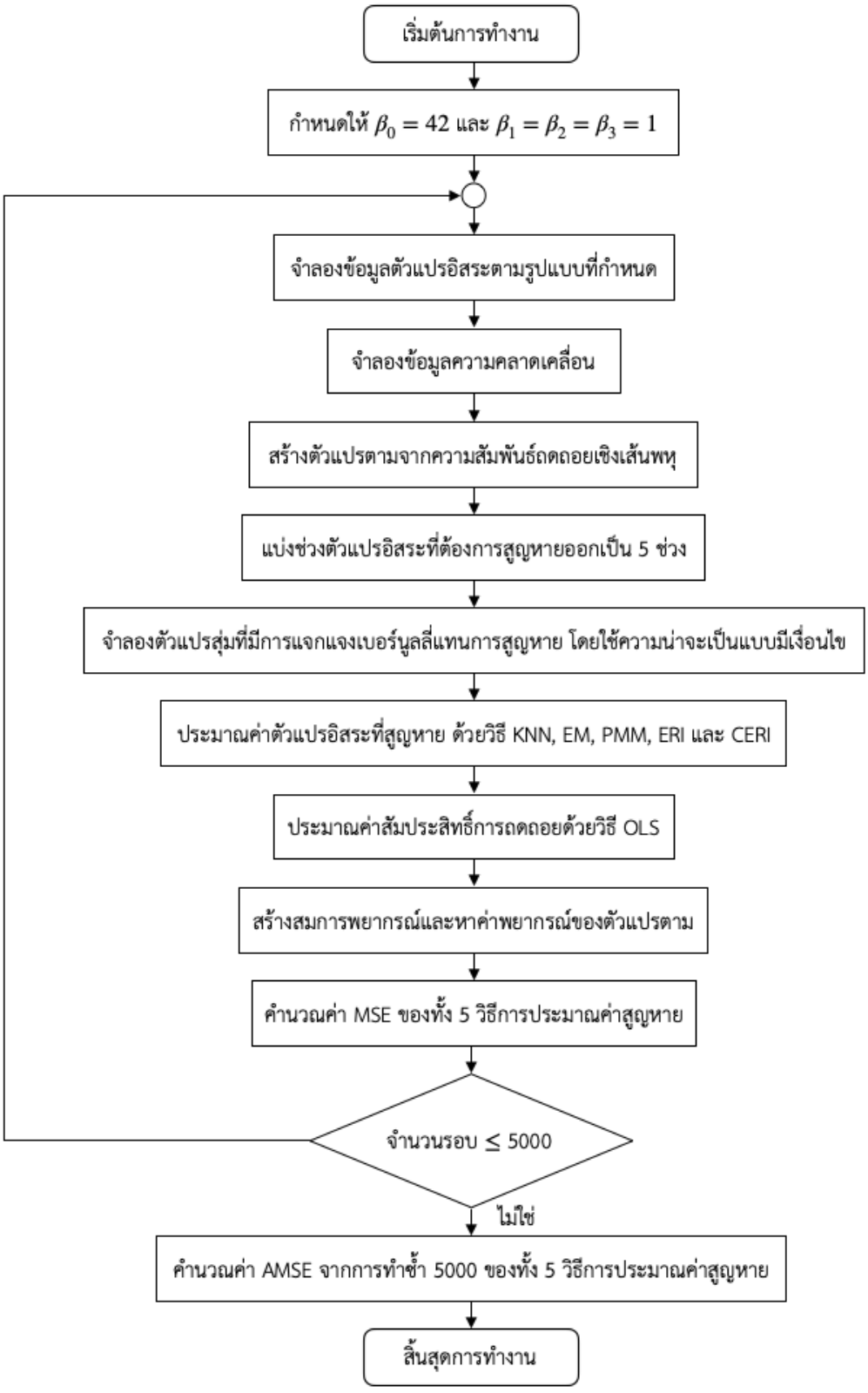
เมื่อ $AMSE_{EM}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากวิธี EM

$AMSE_{\star}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองจากวิธีการอีก 4 วิธี

3.5 รายละเอียดการเขียนโปรแกรม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการจำลองข้อมูลในแต่ละกรณีศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าสูญหายแบบต่างๆ โดยอาศัยโปรแกรม R ซึ่งรายละเอียดโค้ดจะอยู่ในส่วน ภาคผนวก 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 5 วิธี โดยจะแบ่งเป็น 3 วิธีการที่คนรู้จักกันทั่วไปคือ วิธี วิธี Expectation Maximization Algorithm (EM), วิธี K-Nearest Neighbor Imputation (KNN), วิธี Predictive Mean Matching Imputation (PMM) และ 2 วิธีการที่ถูกพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่การศึกษาคือ วิธี Expected Regression Imputation (ERI) และวิธี Conditional Expected Regression Imputation (CERI) จะอาศัยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการด้วยค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Average mean square error : AMSE) โดยวิธีการที่ให้ค่า AMSE น้อยกว่าจะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า นอกจากนั้นเพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้ชัดเจนมากขึ้น จะอาศัยค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency : RE) ซึ่งวิธีการที่ให้ค่า RE สูงกว่าจะเป็นวิธีการประมาณค่าสูญหายที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเช่นกัน โดยจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้แทนความหมายต่างๆ ดังต่อไปนี้

N	แทน ขนาดตัวอย่างที่ศึกษา
%	แทน ร้อยละการสูญหายโดยเฉลี่ยของข้อมูลตัวแปรอิสระ
None	แทน ระดับ Nonignorability ไม่มี
Med	แทน ระดับ Nonignorability ปานกลาง
High	แทน ระดับ Nonignorability สูง
EM	แทน การประมาณค่าสูญหายวิธี Expectation Maximization
KNN	แทน การประมาณค่าสูญหายวิธี K-Nearest Neighbor
PMM	แทน การประมาณค่าสูญหายวิธี Predictive Mean Matching
ERI	แทน การประมาณค่าสูญหายวิธี Expected Regression
CERI	แทน การประมาณค่าสูญหายวิธี Conditional Expected Regression
AMSE	แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ตัวแปรตามจากการทำซ้ำ 5000 รอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SDMSE แทน ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ตัวแปรตามจากการทำซ้ำ 5000 รอบ

RE แทน ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกาลังสองระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ของวิธี EM กับวิธีการที่เหลือ

4.1 กรณีการศึกษา

เพื่อความครอบคลุมในการใช้งานจริง ได้มีการกำหนดขอบเขตการศึกษาที่ใช้ในการจำลองข้อมูลที่แตกต่างกัน 7 ขอบเขตเพื่อที่จะสามารถทราบได้ว่าเมื่อขอบเขตมีการเปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลกระทบอย่างไรกับวิธีการประมาณค่าสูญหาย ทำให้มีจำนวนกรณีศึกษาย่อยเป็น 972 กรณี โดยทั้ง 7 ขอบเขตเป็นดังนี้

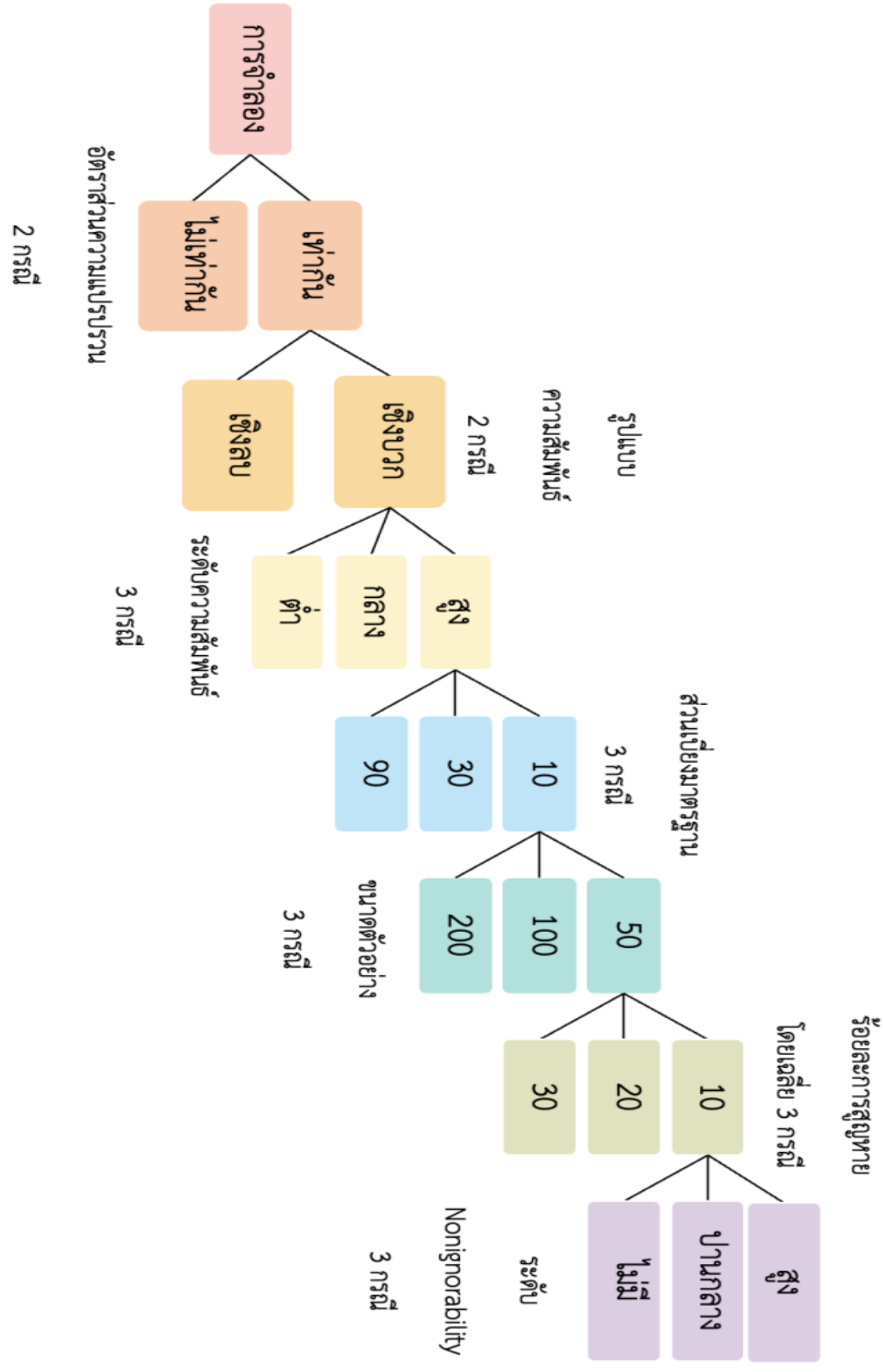
1. ลักษณะของชุดข้อมูลตัวแปรอิสระ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ
    - ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนเท่ากัน
    - ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนขนาดเล็ก ปานกลางและใหญ่
2. รูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหาย แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ
    - ความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกัน
    - ความสัมพันธ์เชิงลบต่อกัน
3. ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหาย แบ่งออกเป็น 3 ระดับ
    - ความสัมพันธ์ในระดับสูงต่อกัน
    - ความสัมพันธ์ในระดับกลางต่อกัน
    - ความสัมพันธ์ในระดับสูงต่อกัน
4. ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อน แบ่งออกเป็น 3 ค่า
    - ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10
    - ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 30
    - ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 90
5. ขนาดตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 3 ขนาด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ขนาดตัวอย่างเป็น 50
- ขนาดตัวอย่างเป็น 100
- ขนาดตัวอย่างเป็น 200

6. ร้อยละการสูญหายของข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ค่า
    - ร้อยละการสูญหายเท่ากับ 10
    - ร้อยละการสูญหายเท่ากับ 20
    - ร้อยละการสูญหายเท่ากับ 30
7. ระดับ Nonignorability แบ่งออกเป็น 3 ระดับ
    - ระดับ Nonignorability ไม่มี
    - ระดับ Nonignorability ปานกลาง
    - ระดับ Nonignorability สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพกรณีศึกษาทั้งหมดในการจำลองข้อมูล

เนื่องจากกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้มีจำนวนกรณีศึกษาย่อยมากถึง 972 กรณี ซึ่งเป็นจำนวนที่ค่อนข้างสูงเพื่อง่ายต่อการแสดงผลการวิจัย จะแบ่งการเรียกออกเป็น 12 ส่วนตามขอบเขตการศึกษาที่ได้กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระทั้งหมดมีความแปรปรวนเท่ากัน เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงต่อกันแต่ตัวแปรทั้ง 2 ตัวจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

ส่วนที่ 2 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระทั้งหมดมีความแปรปรวนเท่ากัน เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับกลางต่อกันแต่ตัวแปรทั้ง 2 ตัวจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

ส่วนที่ 3 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระทั้งหมดมีความแปรปรวนเท่ากัน เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำต่อกันแต่ตัวแปรทั้ง 2 ตัวจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

ส่วนที่ 4 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระทั้งหมดมีความแปรปรวนเท่ากัน เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงต่อกันแต่ตัวแปรทั้ง 2 ตัวจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

ส่วนที่ 5 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระทั้งหมดมีความแปรปรวนเท่ากัน เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับกลางต่อกันแต่ตัวแปรทั้ง 2 ตัวจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 6 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระทั้งหมดมีความแปรปรวนเท่ากัน เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำต่อกันแต่ตัวแปรทั้ง 2 ตัวจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

ส่วนที่ 7 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนขนาดเล็ก กลางและใหญ่ เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีแปรปรวนขนาดเล็กกับกลางและมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงต่อกันแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

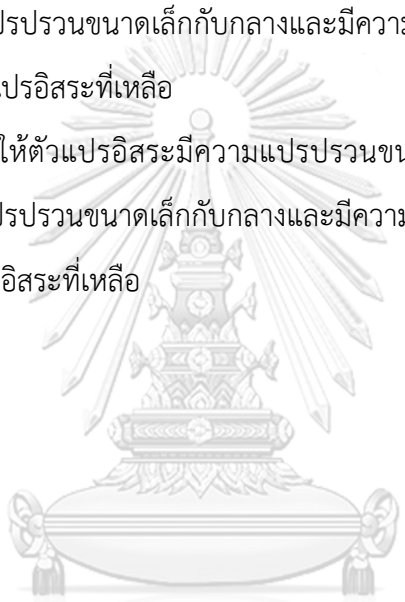
ส่วนที่ 8 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนขนาดเล็ก กลางและใหญ่ เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีแปรปรวนขนาดเล็กกับกลางและมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับกลางต่อกันแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

ส่วนที่ 9 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนขนาดเล็ก กลางและใหญ่ เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีแปรปรวนขนาดเล็กกับกลางและมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำต่อกันแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

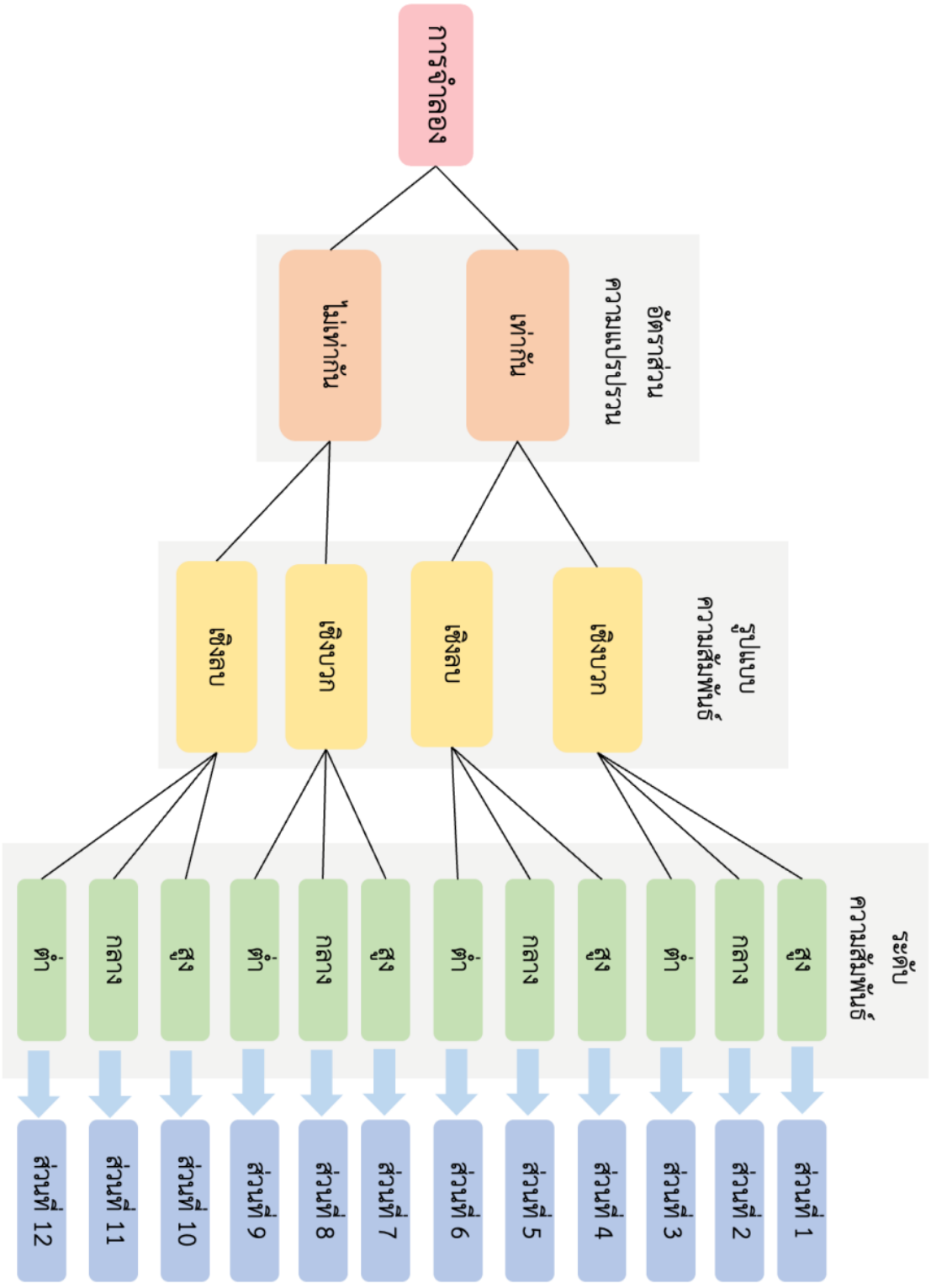
ส่วนที่ 10 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนขนาดเล็ก กลางและใหญ่ เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีแปรปรวนขนาดเล็กกับกลางและมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงต่อกันแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

ส่วนที่ 11 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนขนาดเล็ก กลางและใหญ่ เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีแปรปรวนขนาดเล็กกับกลางและมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับกลางต่อกันแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ

ส่วนที่ 12 ควบคุมให้ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนขนาดเล็ก กลางและใหญ่ เมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีแปรปรวนขนาดเล็กกับกลางและมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำต่อกันแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระที่เหลือ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.2 แสดงแผนภาพการแบ่งส่วนในการนำเสนอผลการวิจัย

4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 90

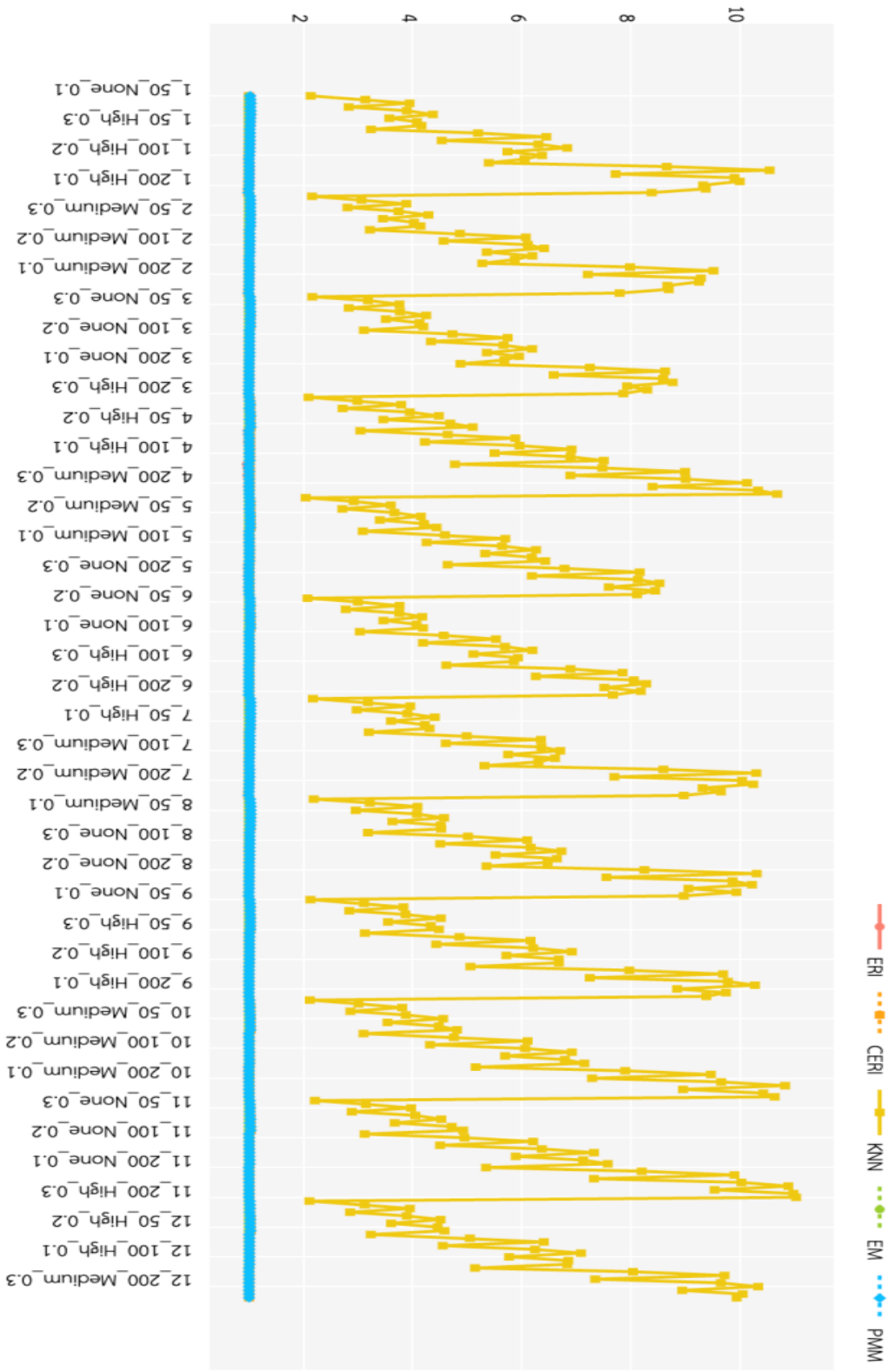
แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าสูญหายของข้อมูลทั้ง 5 วิธีการ เมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 90 โดยจะแสดงผลเป็นแผนภาพกราฟแสดงค่า RE ของแต่ละวิธีการที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงภาพรวมผลของการจำลองเมื่อเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 90

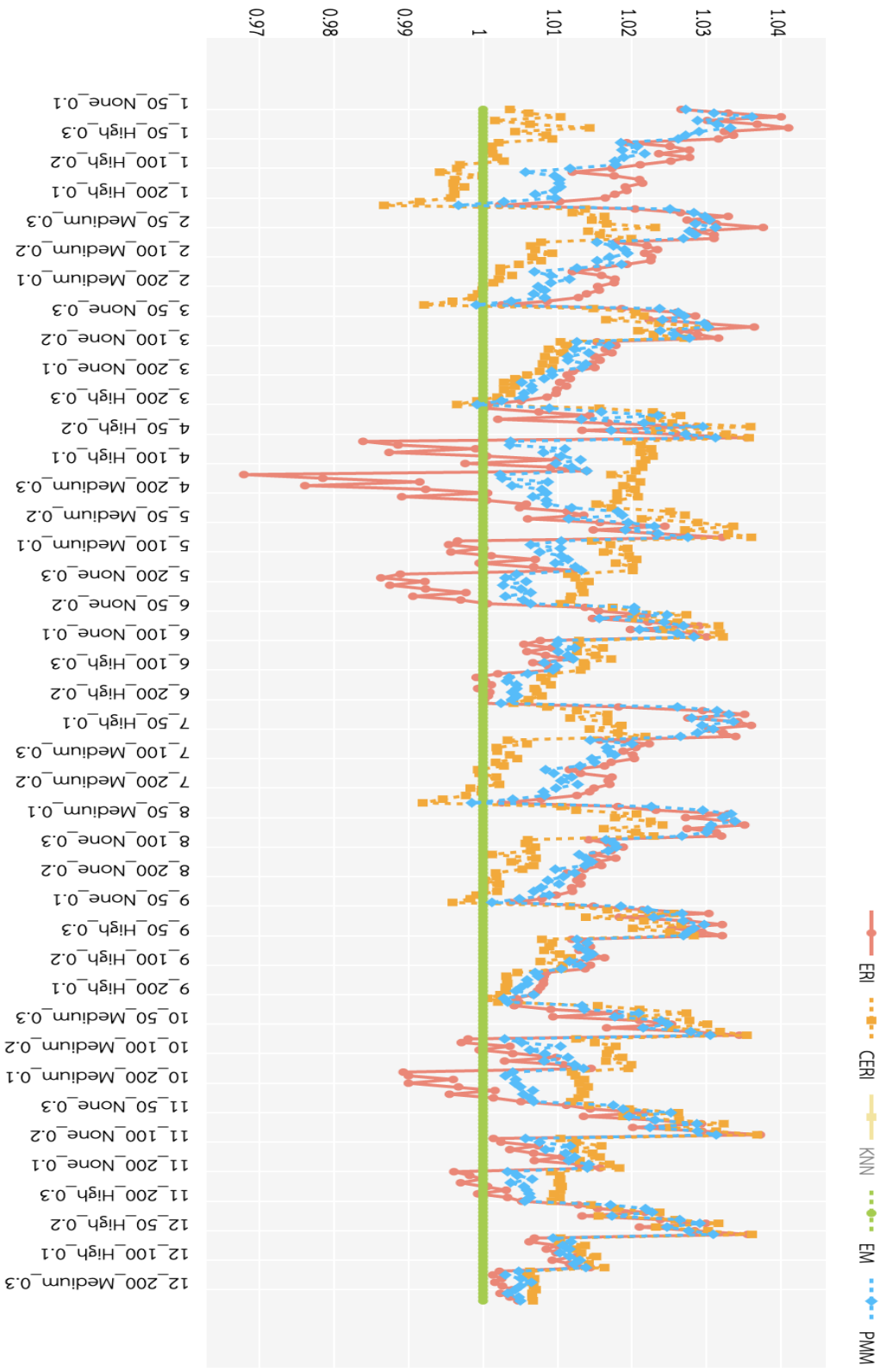
รูปที่	รายละเอียด
4.3	แสดงค่า RE ทั้ง 5 วิธีการของแต่ละกรณีที่ศึกษาเป็นจำนวน 324 กรณี
4.4	แสดงค่า RE ทั้ง 4 วิธี (ไม่แสดง KNN) ของแต่ละกรณีที่ศึกษา 324 กรณี
4.5	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 1 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.6	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 2 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.7	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 3 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.8	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 4 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.9	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 5 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.10	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 6 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.11	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 7 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.12	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 8 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.13	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 9 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.12	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 10 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.15	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 11 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.16	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 12 เป็นจำนวน 27 กรณี

โดยจุดประสงค์การแสดงผลของรูปที่ 4.3 และ 4.4 คือเพื่อต้องการให้เห็นภาพรวมในแต่ละส่วนที่แบ่งตามลักษณะการจำลองข้อมูลของขอบเขต อัตราส่วนความแปรปรวนและรูปแบบระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระว่าจะส่งผลต่อประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าสูญหายในรูปแบบไหน ส่วนจุดประสงค์การแสดงผลของรูปที่ 4.5 ถึง 4.6 คือการดูว่าขอบเขตขนาดตัวอย่าง, ร้อยละการสูญหายและระดับ Nonignorability ส่งผลต่อประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าสูญหายในรูปแบบไหน

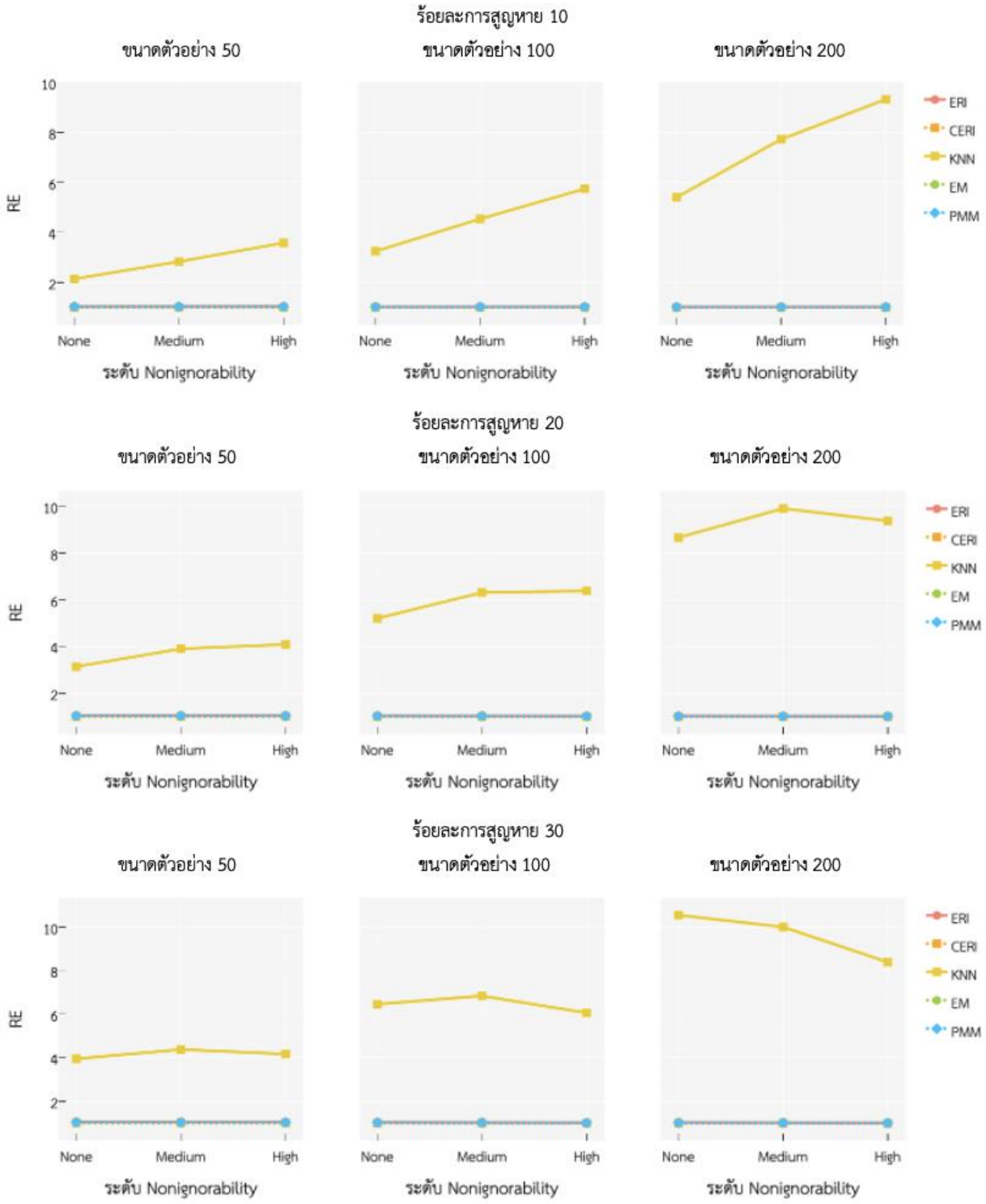
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



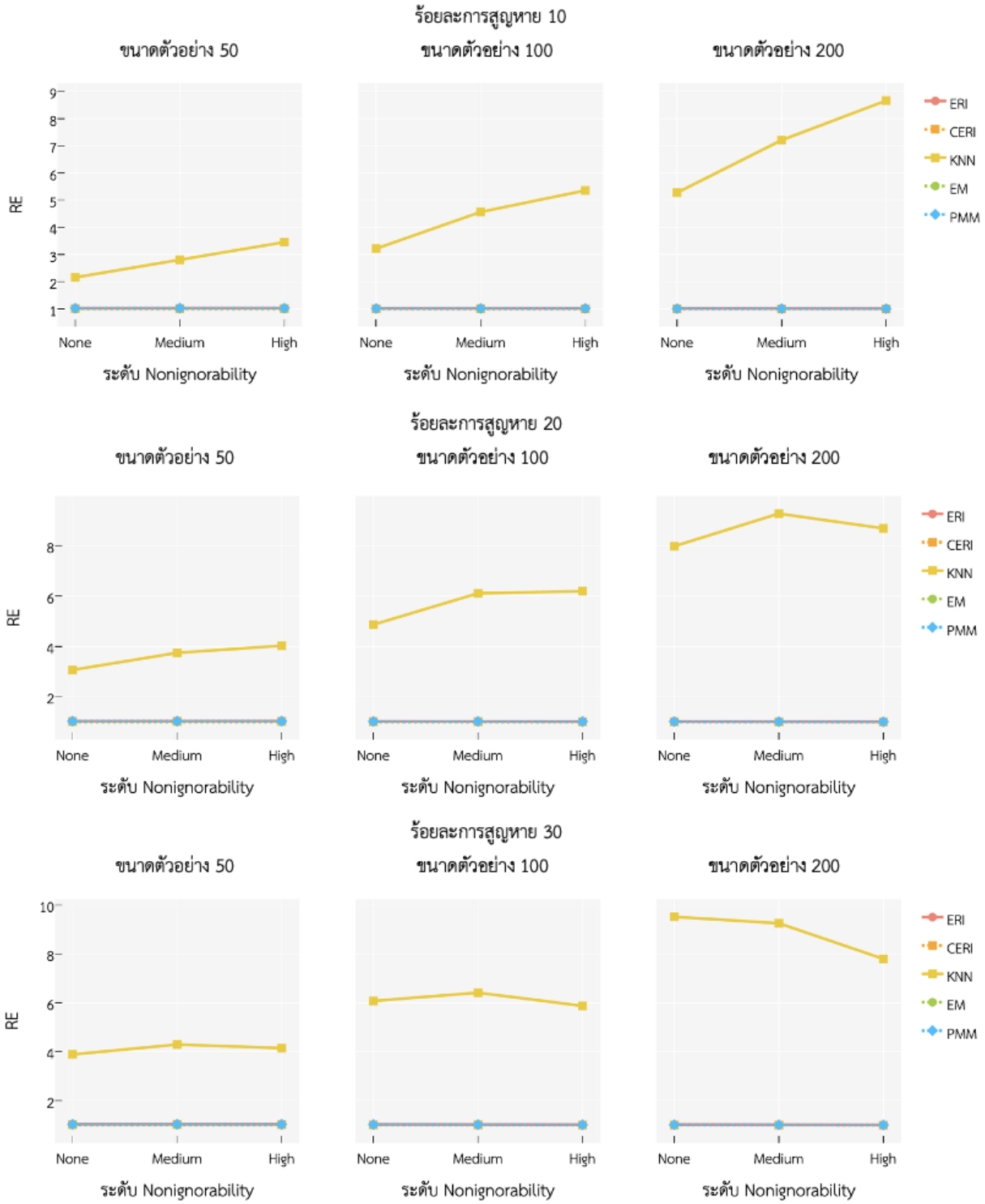
รูปที่ 4.3 แสดงแผนภาพกราฟค่า RE ของแต่ละกรณีที่ศึกษา
เมื่อส่วนเบี่ยงมาตรฐานค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 90



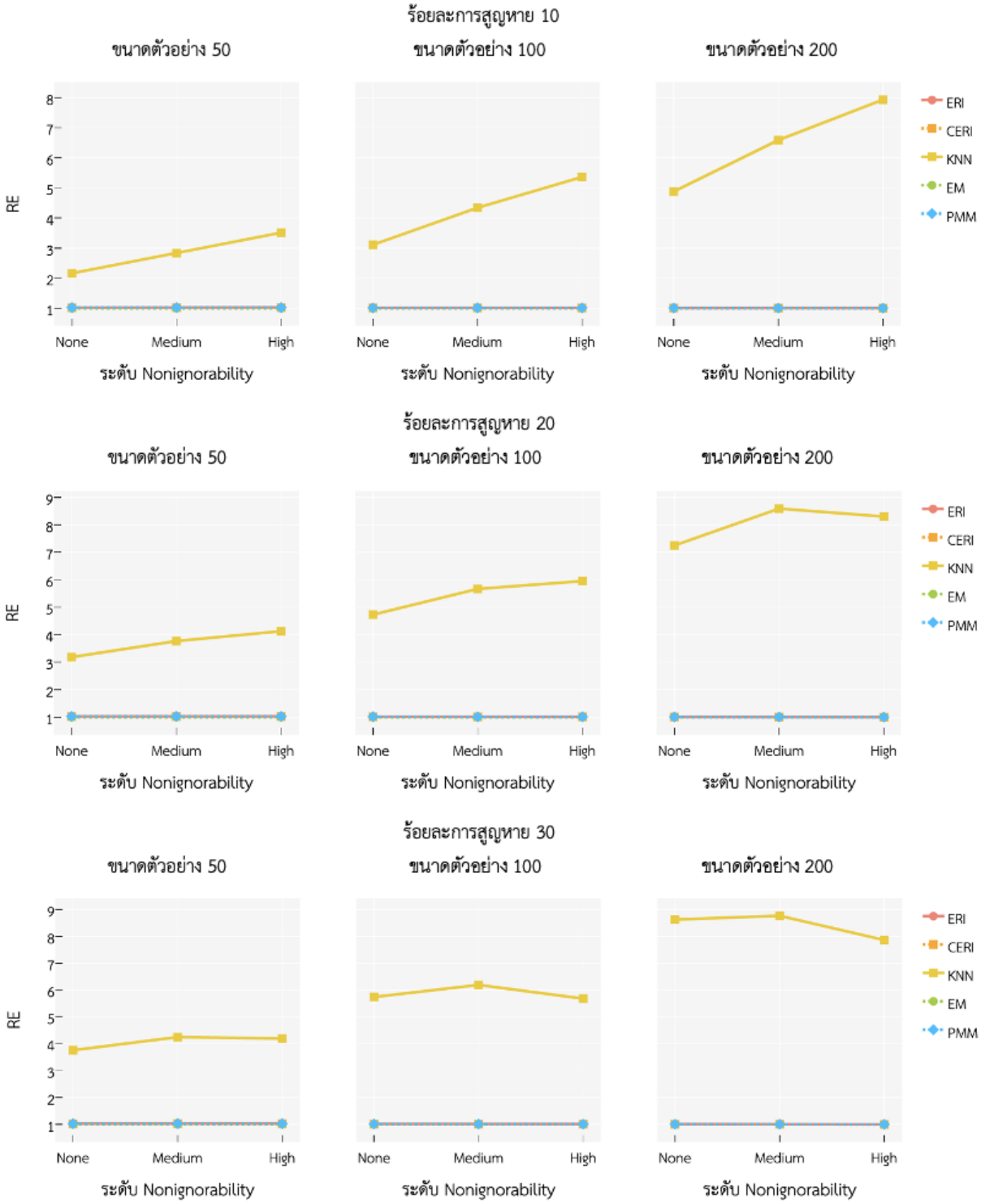
รูปที่ 4.4 แสดงแผนภาพกราฟค่า RE ของแต่ละกรณีที่ศึกษา
เมื่อส่วนเบี่ยงมาตรฐานค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 90 แต่ไม่แสดงวิธี KNN



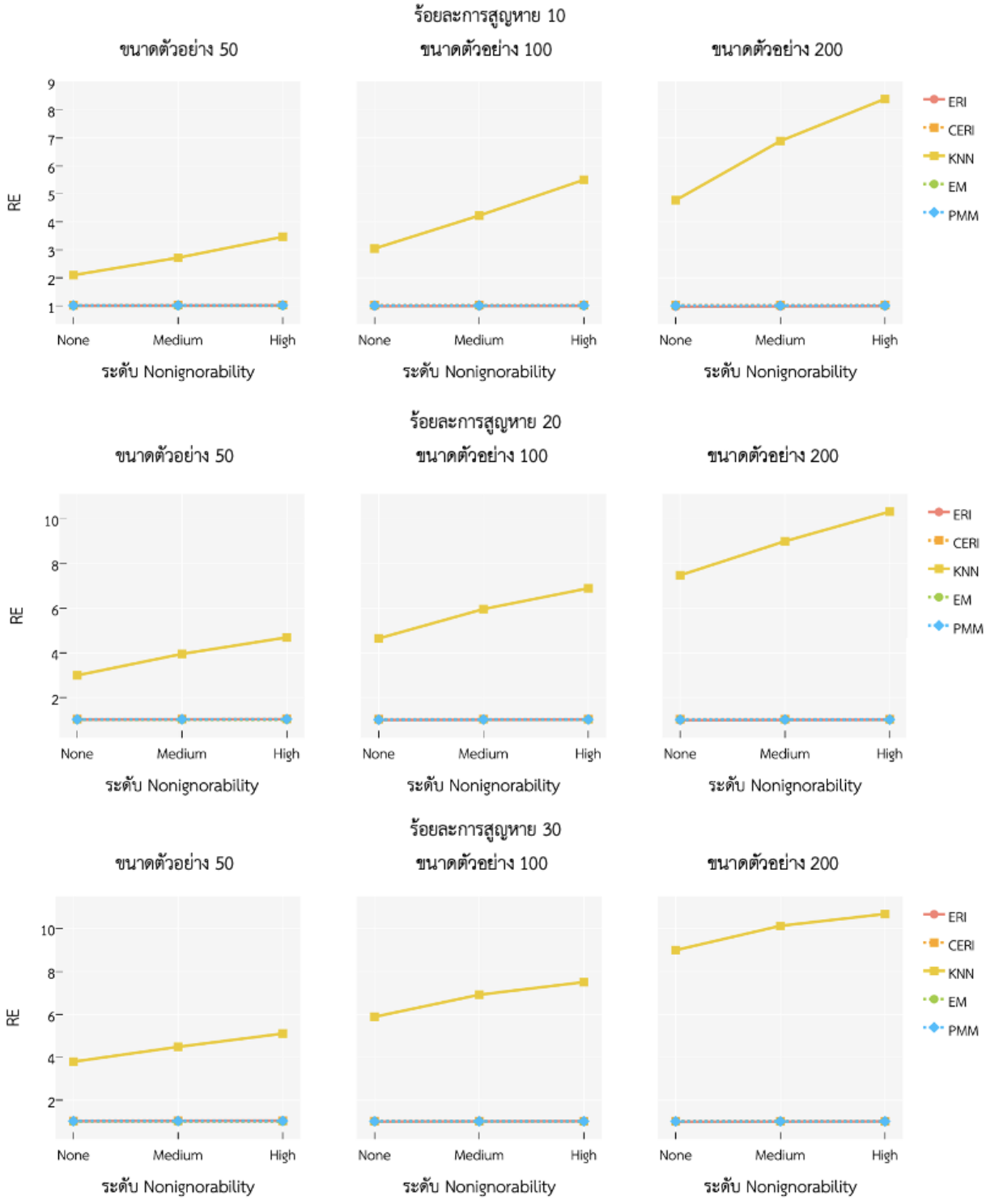
รูปที่ 4.5 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 1 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



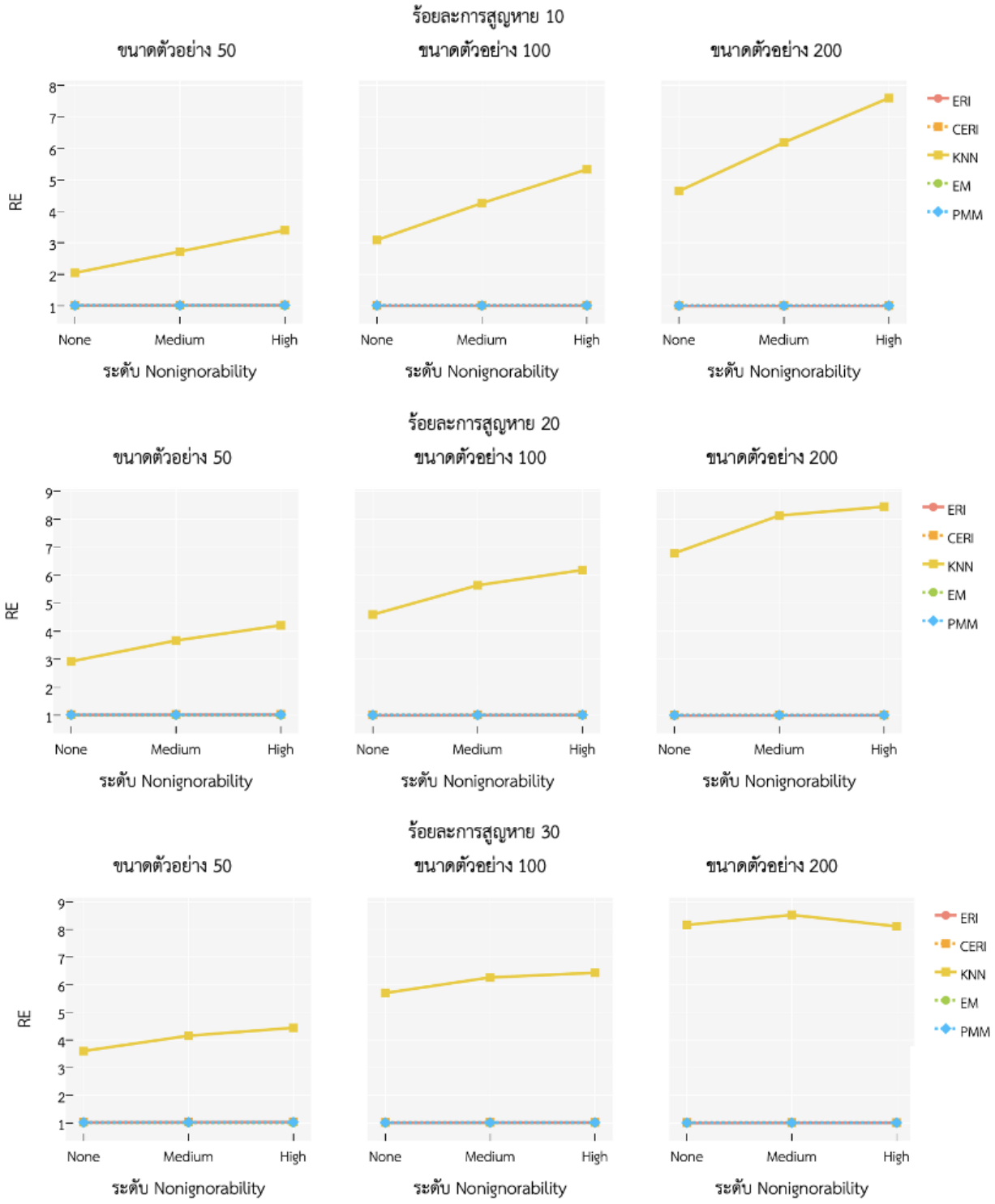
รูปที่ 4.6 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 2 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



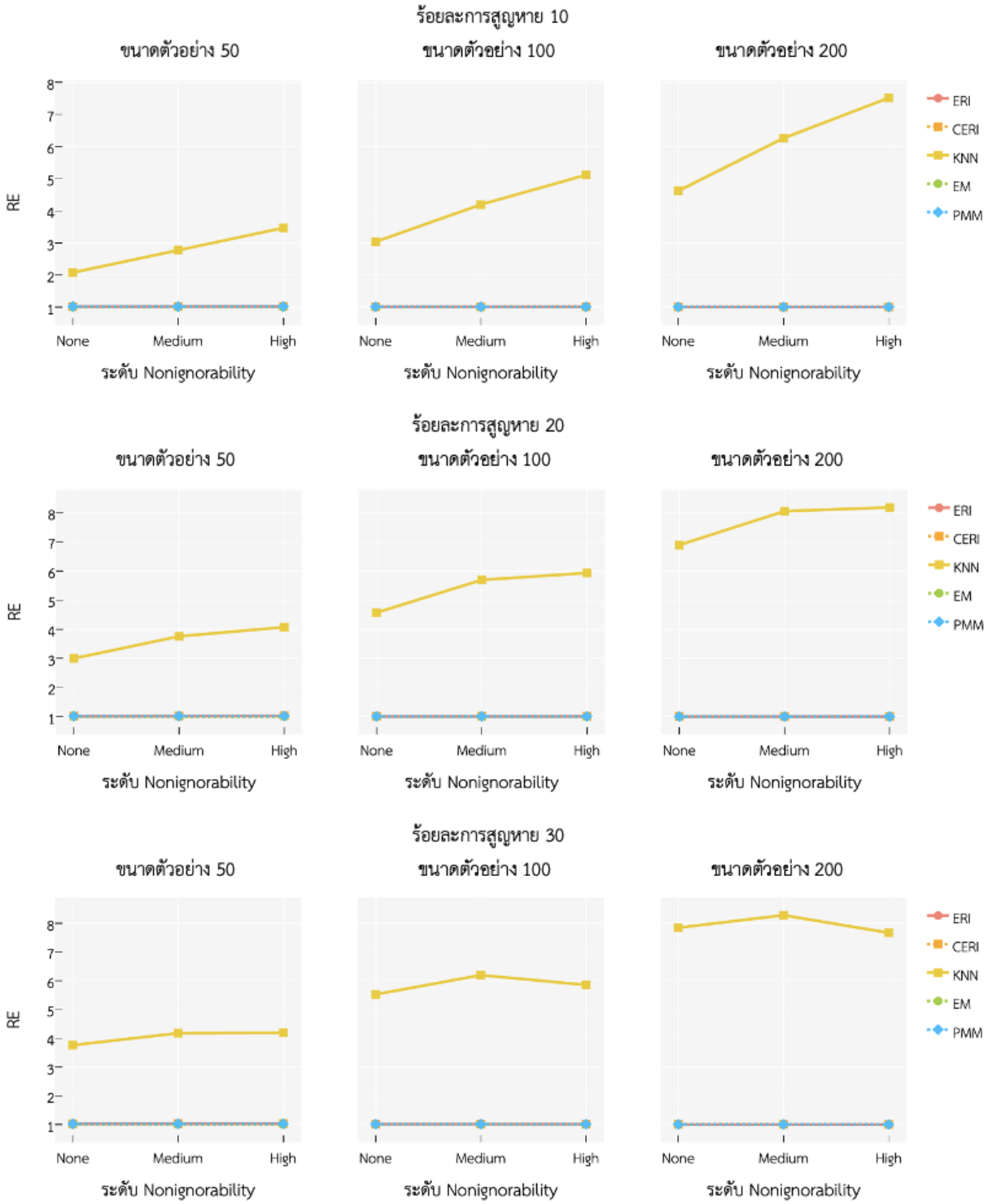
รูปที่ 4.7 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 3 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



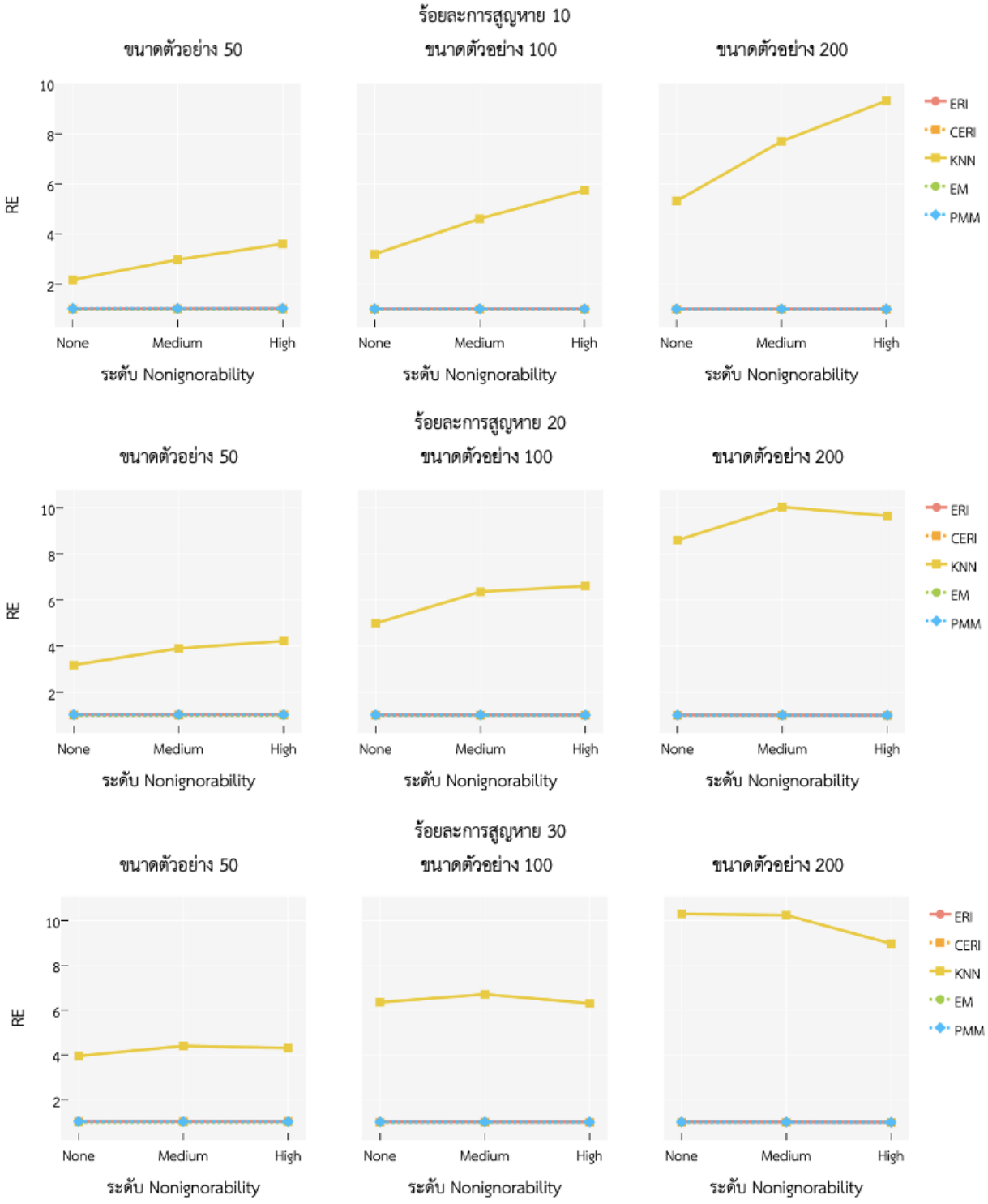
รูปที่ 4.8 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 4 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



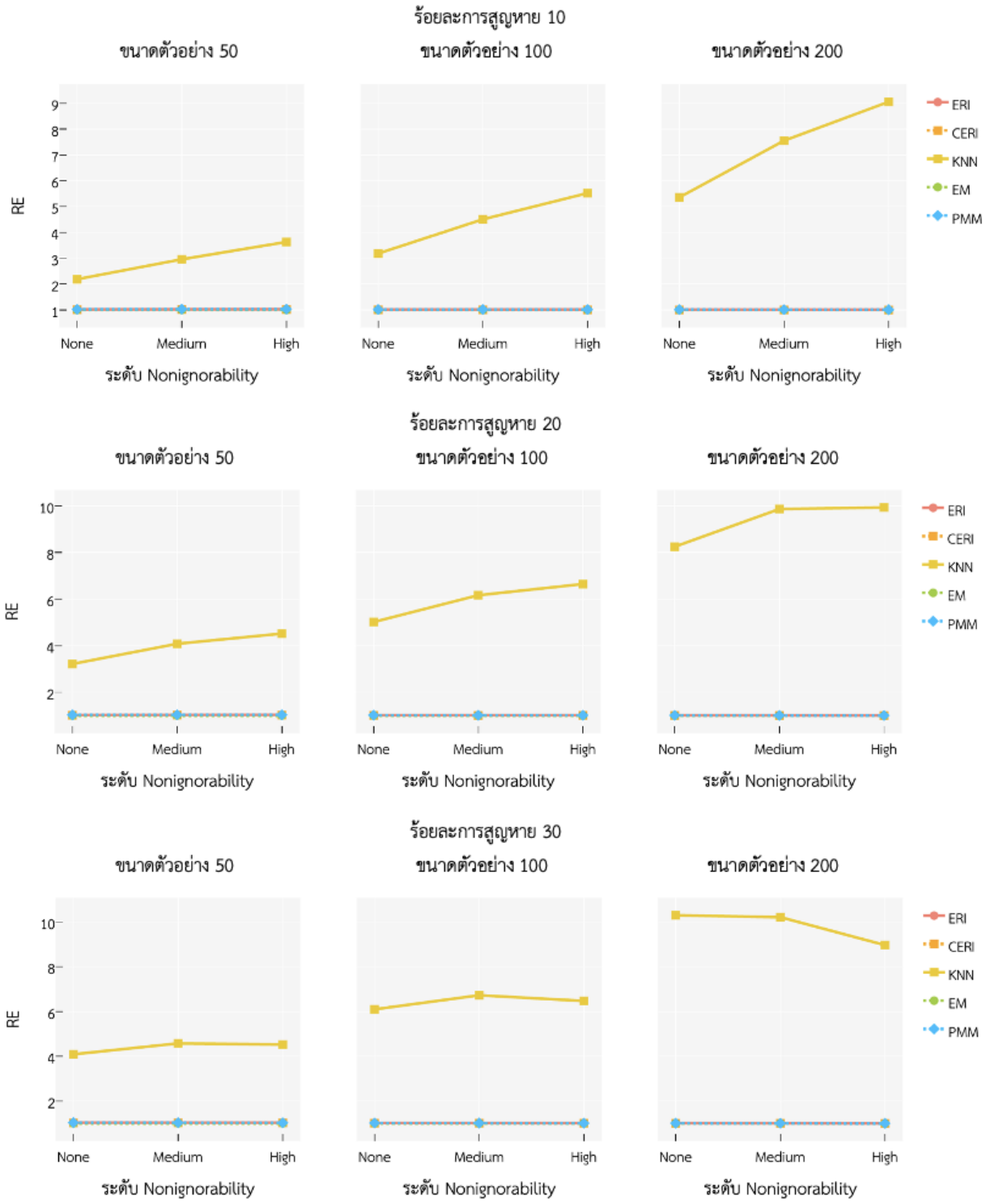
รูปที่ 4.9 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 5 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



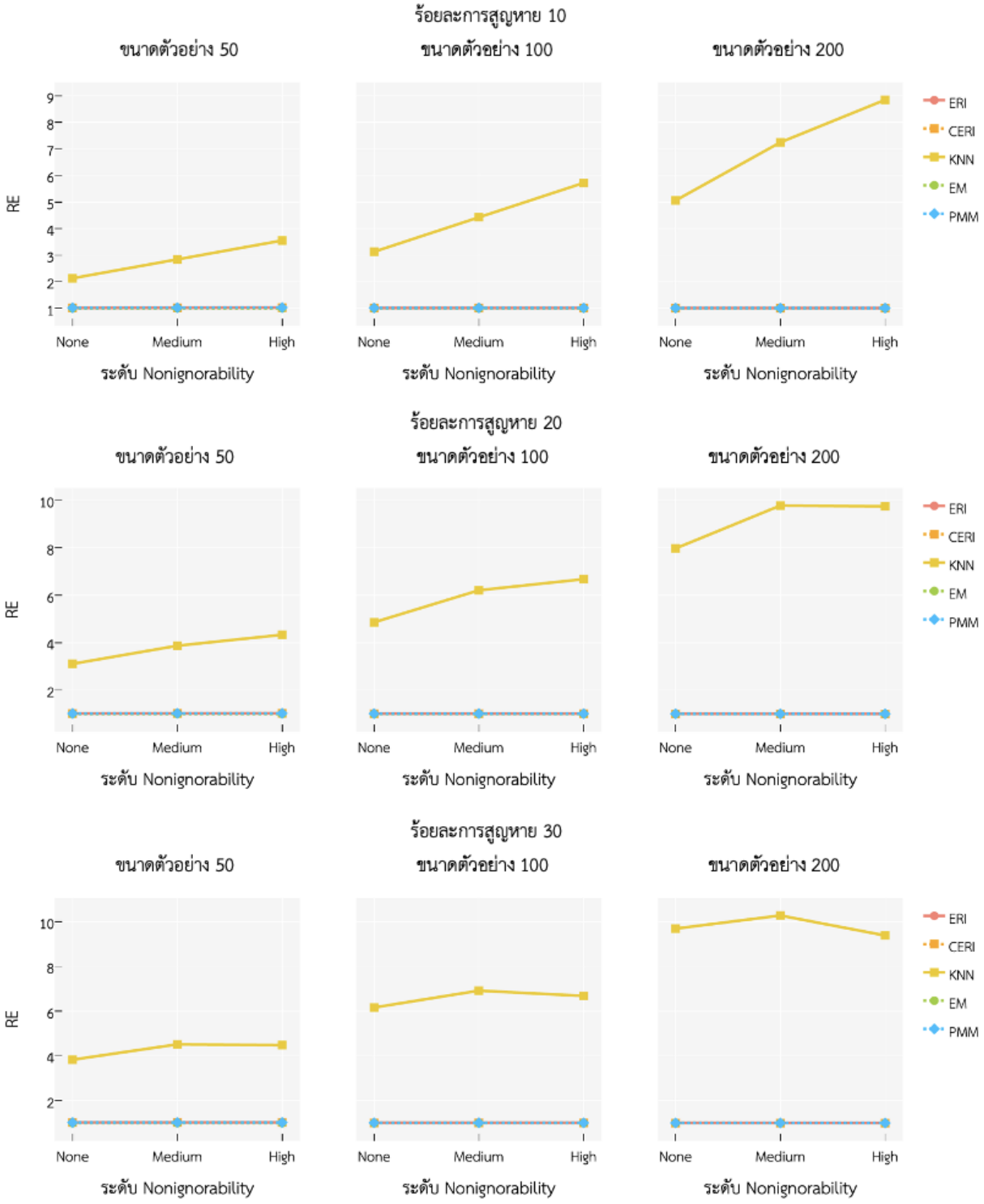
รูปที่ 4.10 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 6 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



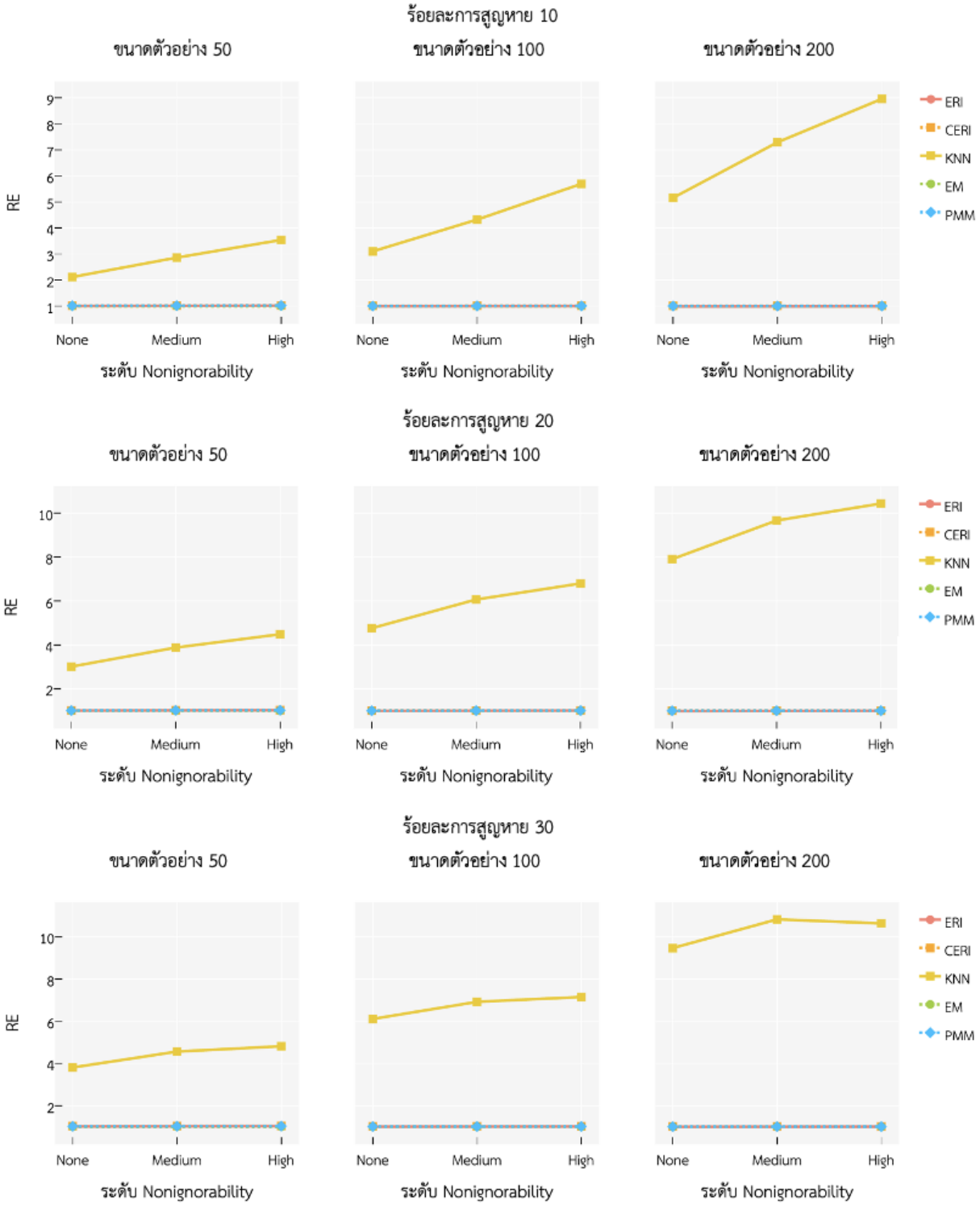
รูปที่ 4.11 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 7 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



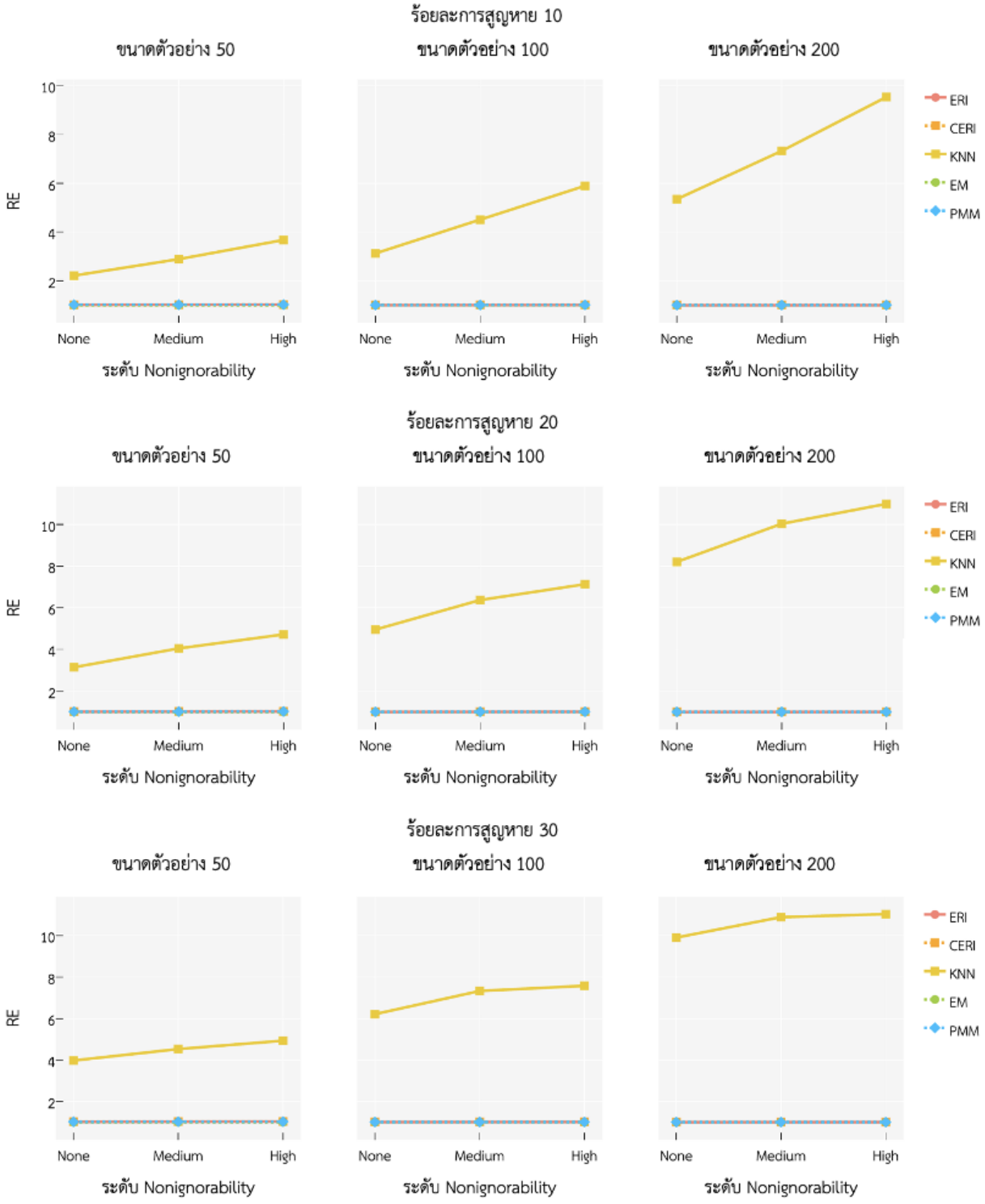
รูปที่ 4.12 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 8 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



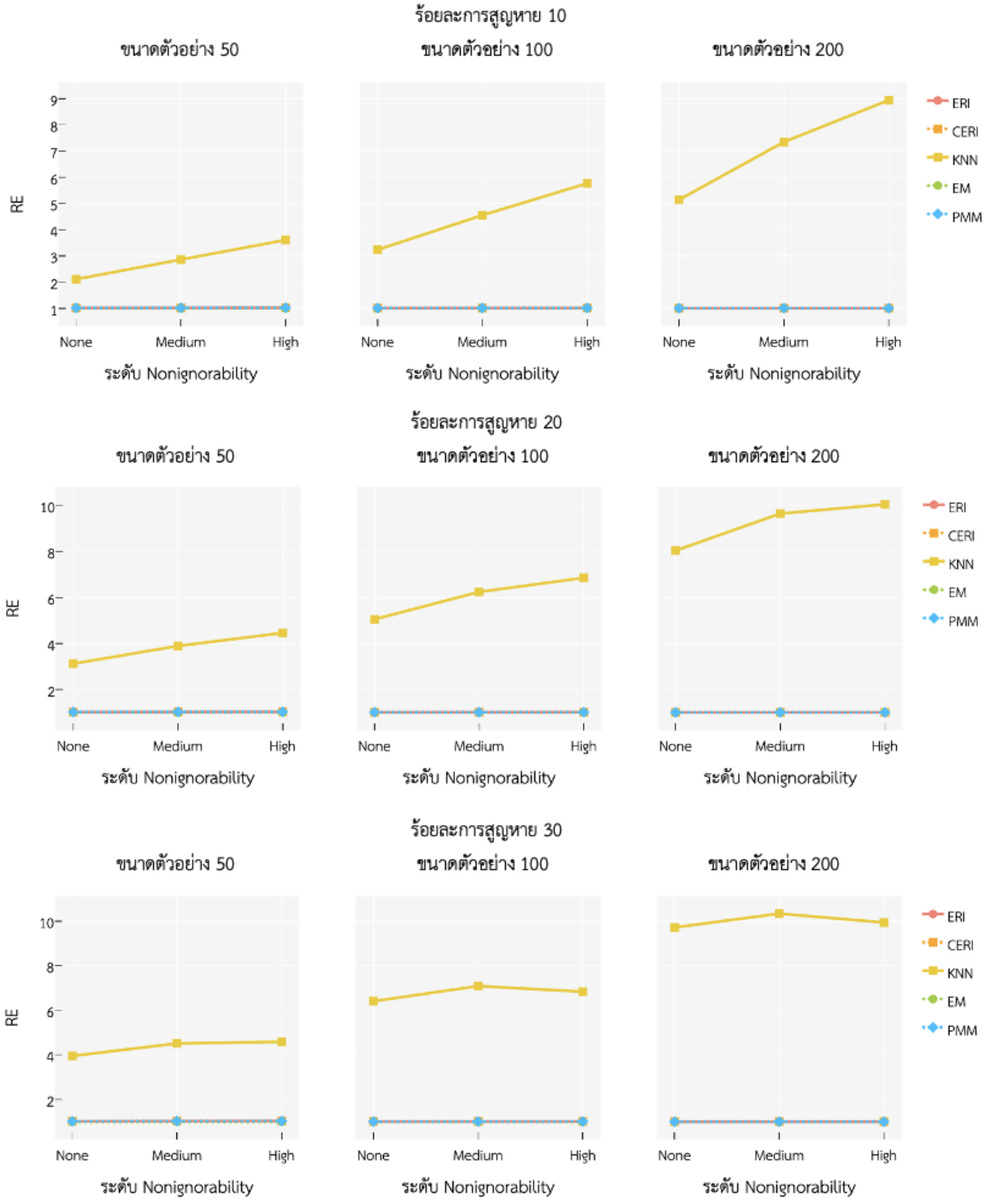
รูปที่ 4.13 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 9 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



รูปที่ 4.14 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 10 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



รูปที่ 4.15 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 11 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90



รูปที่ 4.16 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 12 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 90

จากรูปที่ 4.3 ที่แสดงค่า RE ของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 5 วิธีเมื่อส่วนเบี่ยงมาตรฐานเท่ากับ 90 โดยแกน y คือค่า RE และแกน x คือกรณีศึกษาย่อยจำนวน 324 กรณี จะเห็นว่าวิธี KNN มีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกกรณีที่ศึกษาและประสิทธิภาพ วิธี KNN ก็ยังทิ้งห่างวิธีการทั้ง 4 ที่เหลืออยู่ระหว่างถึง 2-10 เท่า ซึ่งแนวโน้มที่สังเกตได้จากแผนภาพนี้คือ

1. ในกรณีที่ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระก็คือส่วนที่ 1 จนถึงส่วนที่ 6 ถ้าระดับความสัมพันธ์ลดลงประสิทธิภาพ KNN กับวิธีการที่เหลือจะมีประสิทธิภาพใกล้กันมากขึ้น แต่ถ้าความแปรปรวนในตัวแปรอิสระเป็นเล็กกลางใหญ่ก็คือส่วนที่ 7 จนถึงส่วนที่ 12 ในแต่ละระดับความสัมพันธ์ให้ผลที่แทบไม่แตกต่างกัน
2. ยิ่งขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น วิธี KNN จะยิ่งมีประสิทธิภาพทิ้งห่างกับวิธีการที่เหลือมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ในตัวอย่างขนาด 50 จะทิ้งห่างประมาณ 2-4 เท่า แต่ถ้าขนาดตัวอย่าง 200 จะทิ้งห่างมากถึง 8-10 เท่า

โดยจะเห็นว่า วิธี KNN มีประสิทธิภาพทิ้งห่างจากวิธีการอื่นมากจนทำให้ไม่เห็นแนวโน้มของวิธีการที่เหลือว่าให้ผลรูปแบบไหนเลยเป็นที่มาของรูปที่ 4.4

จากรูปที่ 4.4 ที่แสดงค่า RE ของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 4 วิธี (ไม่แสดงวิธี KNN) จะเห็นว่าประสิทธิภาพของทั้ง 4 ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งแนวโน้มที่สังเกตได้จากแผนภาพนี้คือ

1. ในกรณีที่ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระและกรณีความแปรปรวนในตัวแปรอิสระเป็นเล็กกลางใหญ่ให้ผลที่มีความคล้ายคลึงกันมาก
2. ยิ่งขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพแต่ละวิธีการยิ่งใกล้เคียงกัน
3. ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกันก็คือส่วนที่ 1-3 และส่วนที่ 7-9 วิธี ERI จะมีประสิทธิภาพรองลงมาจากวิธี KNN แต่ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงลบกันก็คือส่วนที่ 4-6 และส่วนที่ 10-12 จะมีประสิทธิภาพรองลงแทน
4. ในเกือบทุกกรณีที่ศึกษาวิธี EM จะมีประสิทธิภาพต่ำสุดในเกือบทุกกรณีที่ศึกษา

จากรูปที่ 4.5 ถึง 4.16 ที่แสดงค่า RE ของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 5 โดยจะแต่ขอบเขตขนาดตัวอย่าง, ร้อยละการสูญหายและระดับ Nonignorability จะเห็นว่าผลของส่วนการจำลองทั้ง 12 ส่วนให้ผลไปในทิศทางเดียวกันคือ ขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของ KNN ก็จะสูงขึ้นตามก็จะสอดคล้องกับก่อนหน้า ถ้าร้อยละการสูญหายเป็น 10 ระดับ Nonignorability ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ให้ประสิทธิภาพของวิธี KNNทิ้งห่างกับวิธีการที่เหลือมากขึ้น แต่ถ้าร้อยละการสูญหายเป็น 20 ขึ้นไป แต่ละระดับ Nonignorabilityให้ผลที่ไม่ได้แตกต่างกัน

4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 30

แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าสูญหายของข้อมูลทั้ง 5 วิธีการ เมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 30 โดยจะแสดงผลเป็นแผนภาพกราฟแสดงค่า RE ของแต่ละวิธีการที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงภาพรวมผลของการจำลองเมื่อเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 30

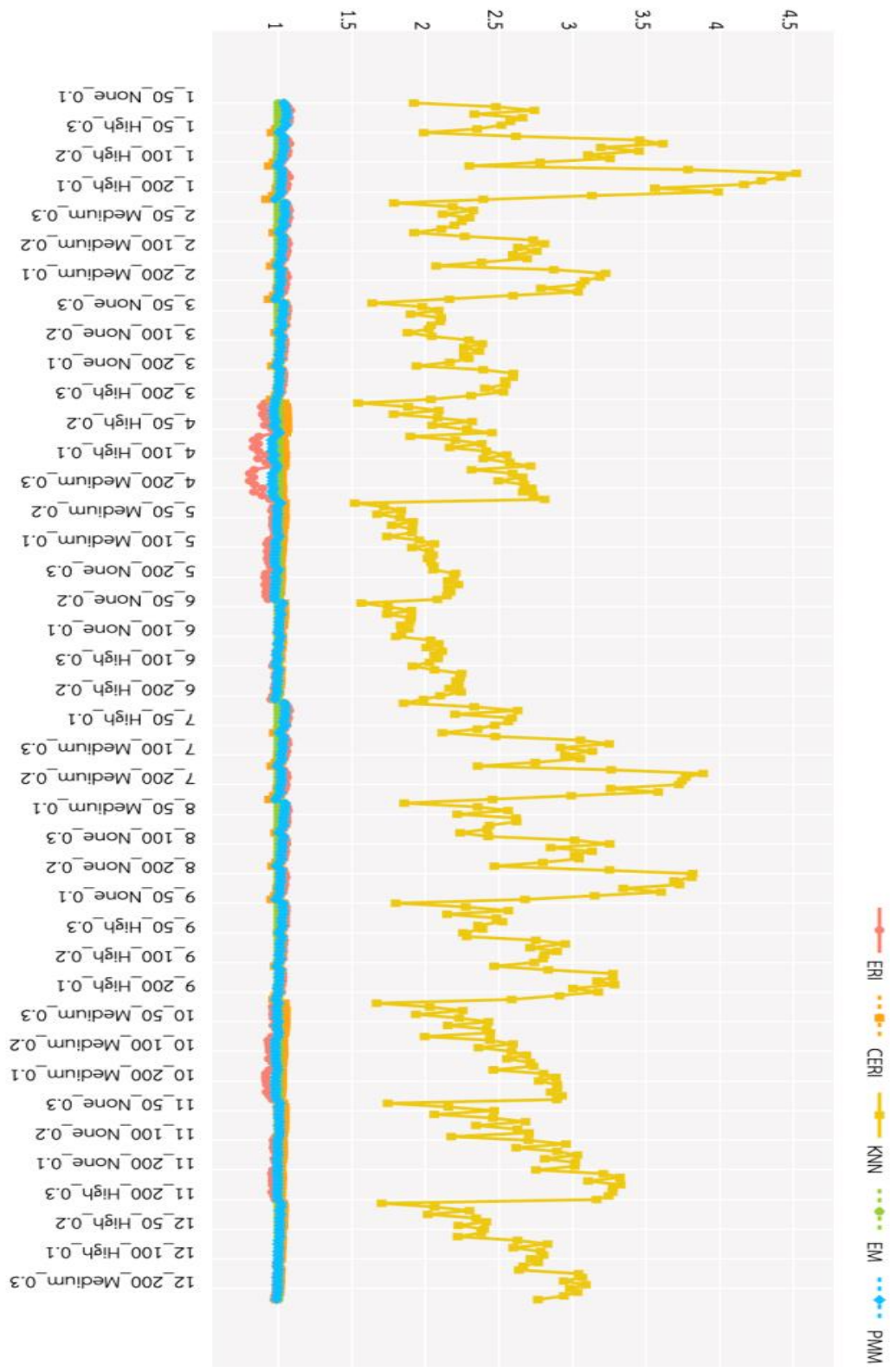
รูปที่	รายละเอียด
4.17	แสดงค่า RE ทั้ง 5 วิธีการของแต่ละกรณีที่ศึกษาเป็นจำนวน 324 กรณี
4.18	แสดงค่า RE ทั้ง 4 วิธี (ไม่แสดง KNN) ของแต่ละกรณีที่ศึกษา 324 กรณี
4.19	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 1 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.20	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 2 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.21	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 3 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.22	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 4 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.23	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 5 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.24	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 6 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.25	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 7 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.26	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 8 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.27	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 9 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.28	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 10 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.29	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 11 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.30	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 12 เป็นจำนวน 27 กรณี

โดยจุดประสงค์การแสดงผลของรูปที่ 4.17 และ 4.18 คือเพื่อต้องการให้เห็นภาพรวมในแต่ละส่วนที่แบ่งตามลักษณะการจำลองข้อมูลของขอบเขต อัตราส่วนความแปรปรวนและรูปแบบระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระว่าจะส่งผลต่อประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าสูญหายในรูปแบบไหน

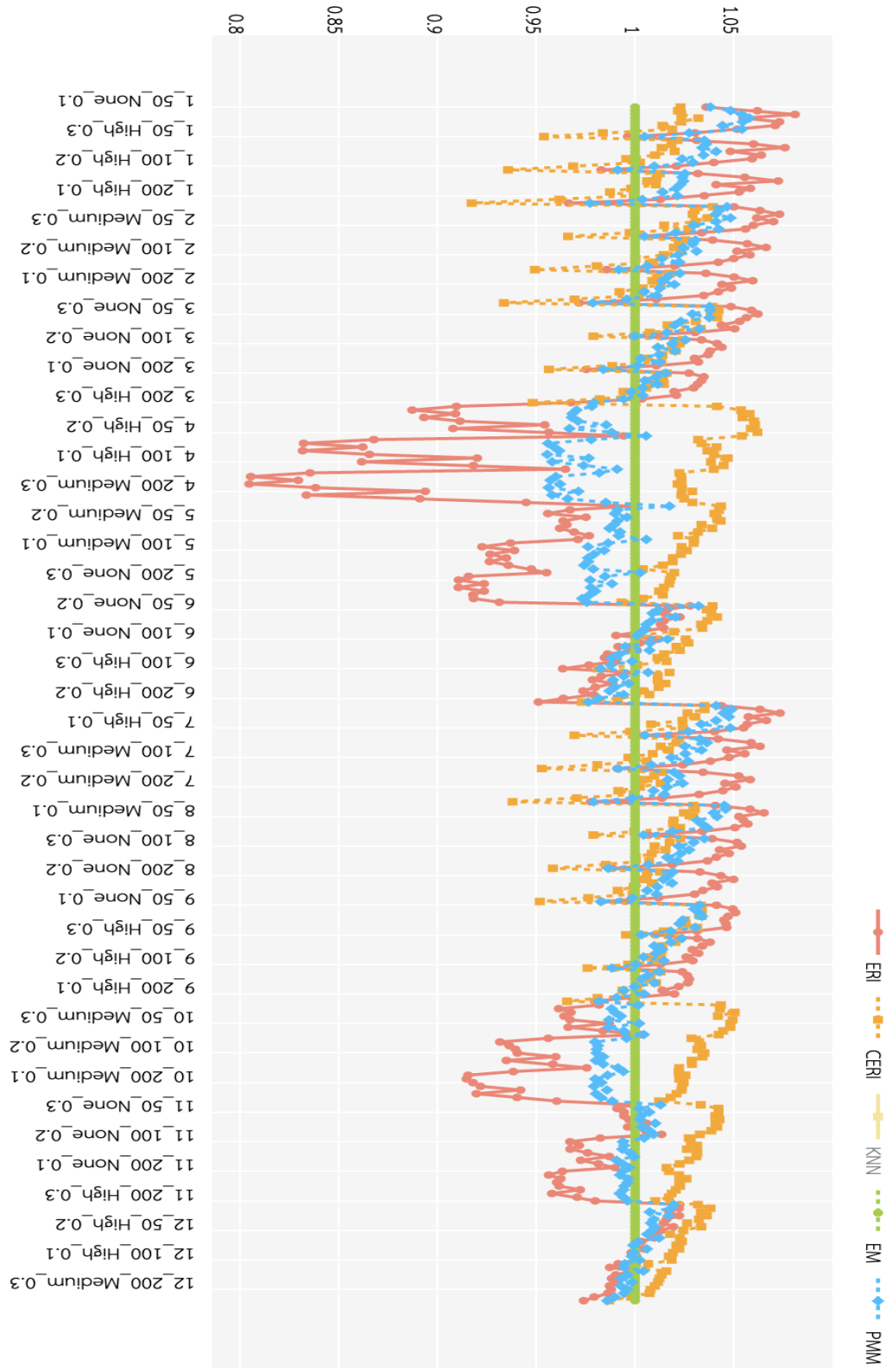
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนจุดประสงค์การแสดงผลของรูปที่ 4.19 ถึง 4.30 คือการดูว่าขอบเขตขนาดตัวอย่าง, ร้อยละการสูญหายและระดับ Nonignorability ส่งผลต่อประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าสูญหายในรูปแบบไหน

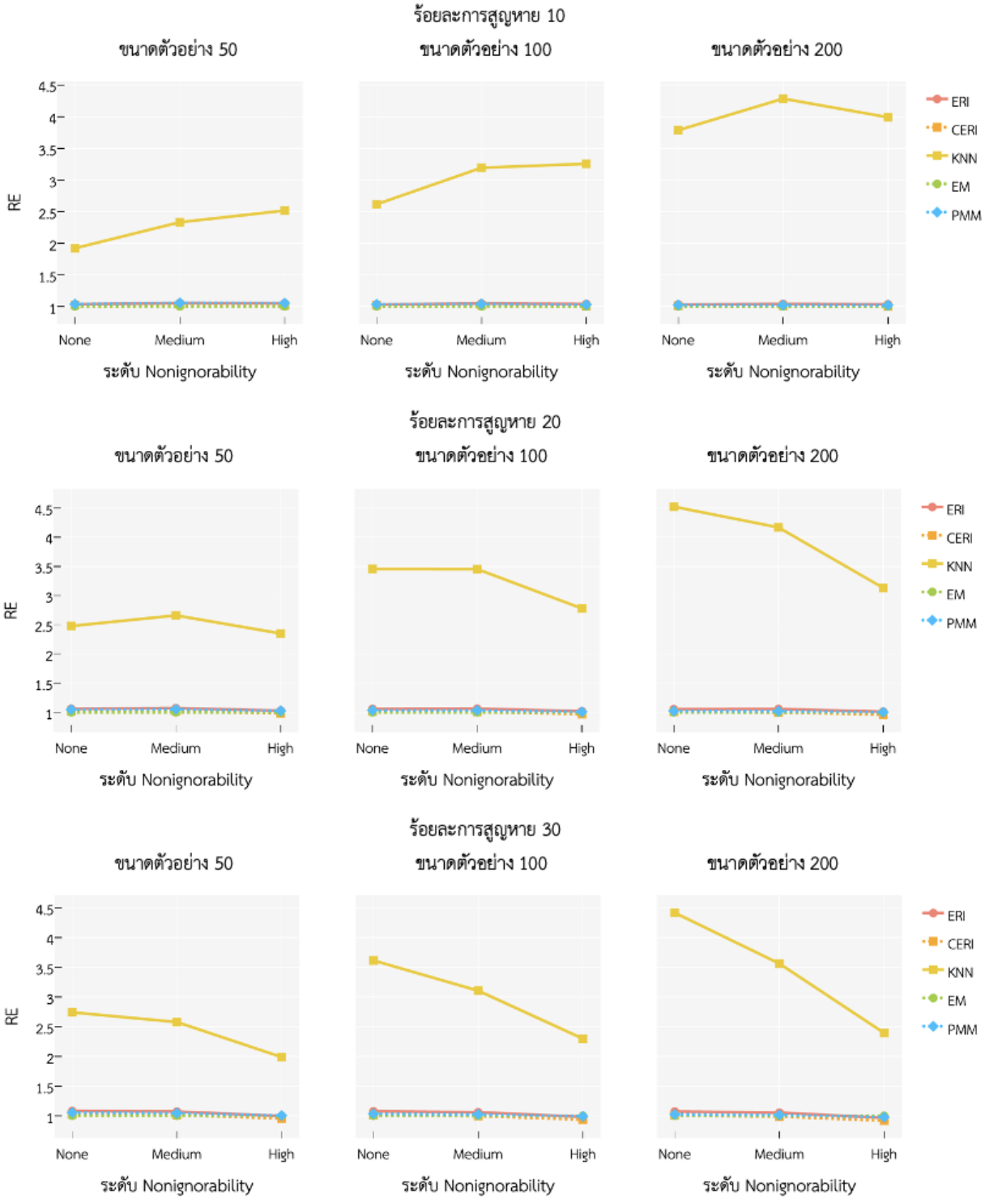
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



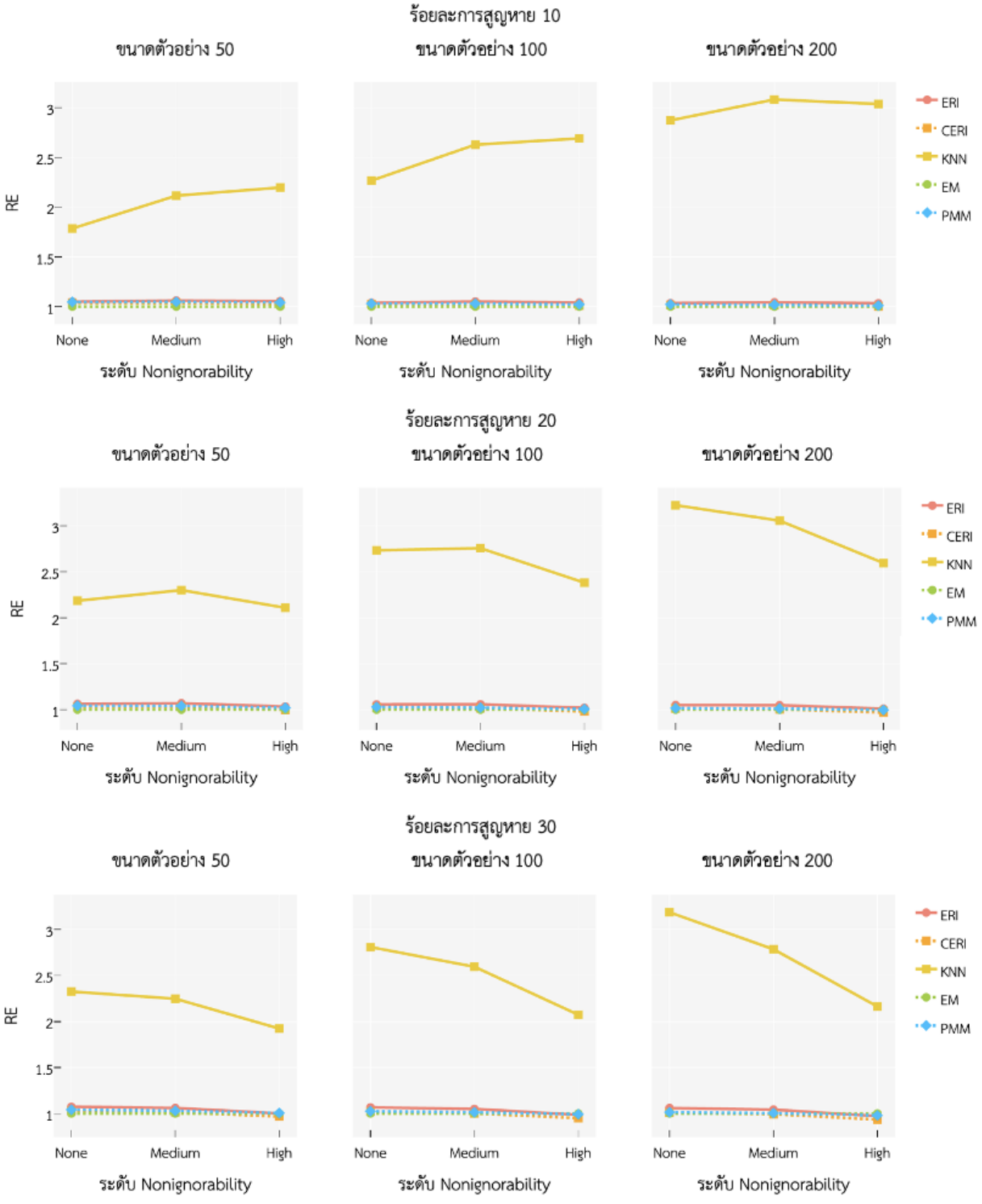
รูปที่ 4.17 แสดงแผนภาพกราฟค่า RE ของแต่ละกรณีที่ศึกษา
เมื่อส่วนเบี่ยงมาตรฐานค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 30



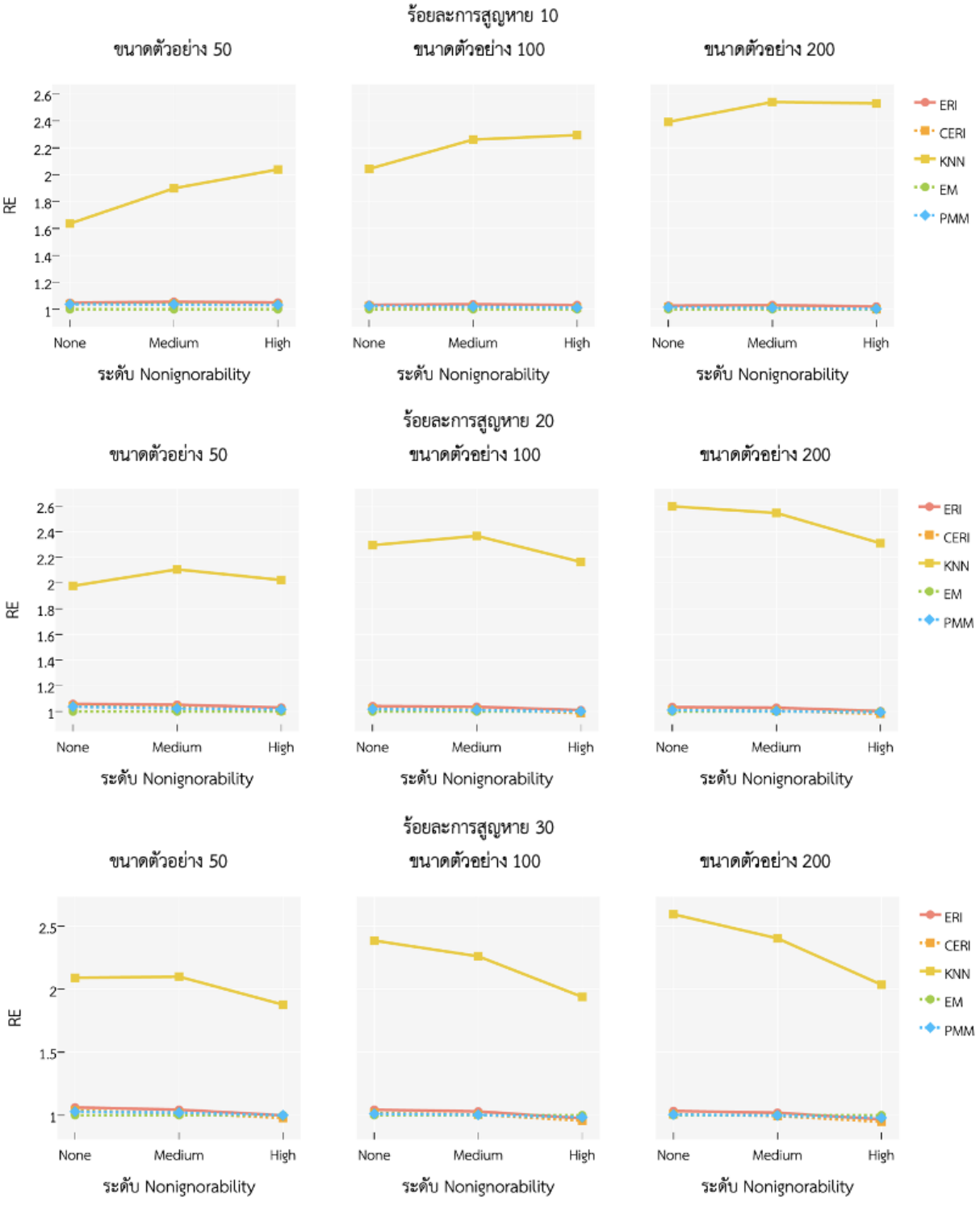
รูปที่ 4.18 แสดงแผนภาพกราฟค่า RE ของแต่ละกรณีที่ศึกษา
เมื่อส่วนเบี่ยงมาตรฐานค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 30 แต่ไม่แสดงวิธี KNN



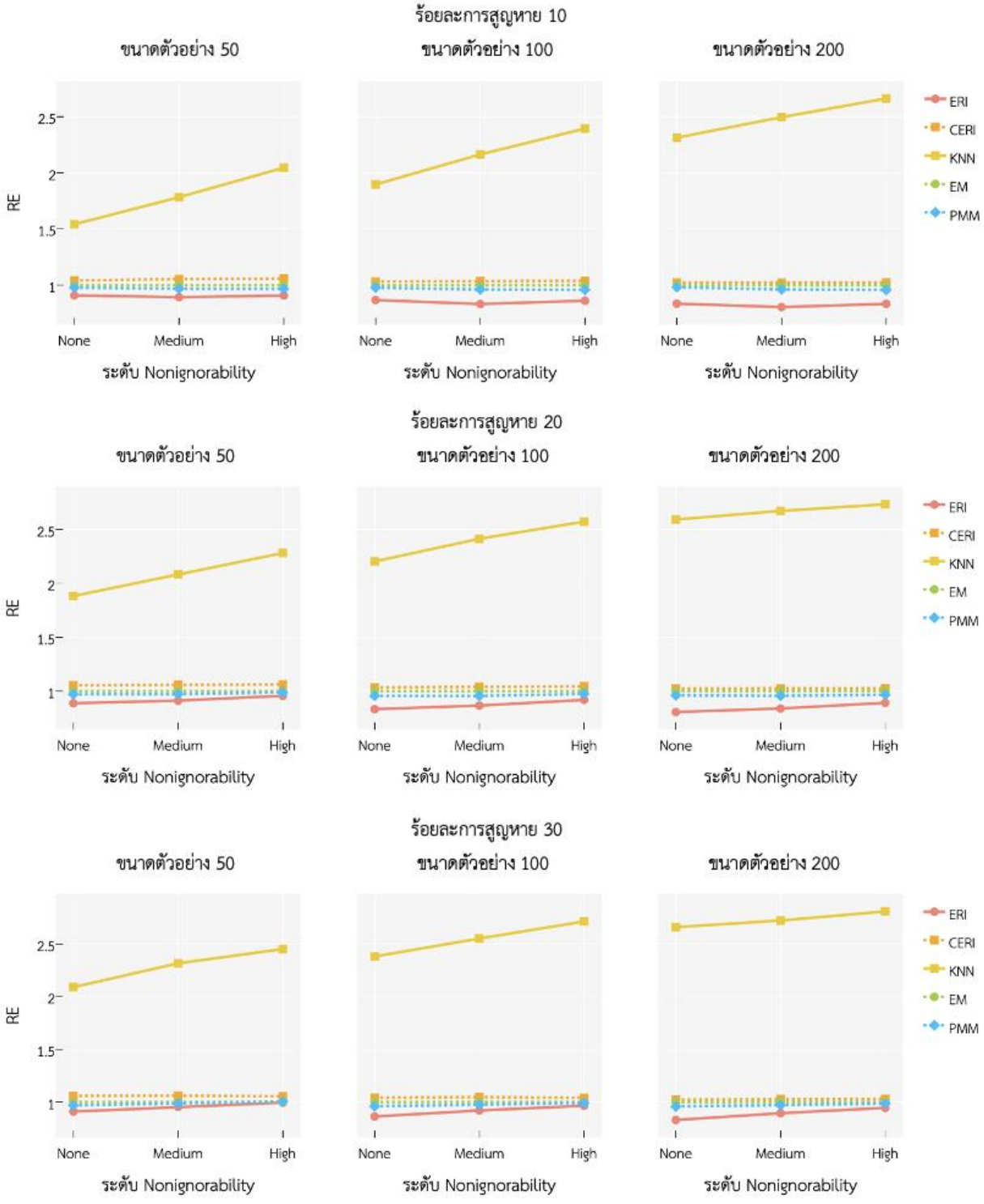
รูปที่ 4.19 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 1 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



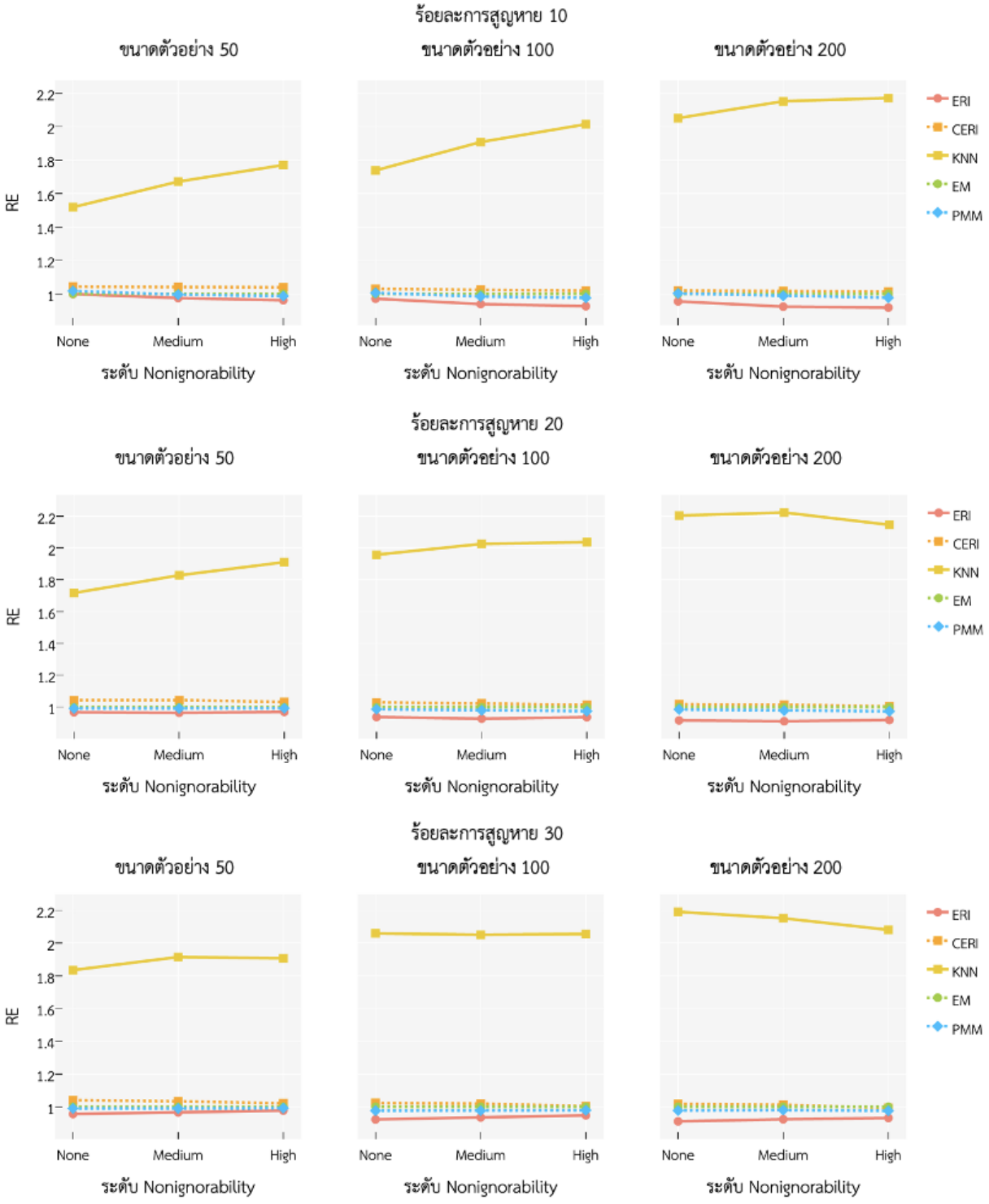
รูปที่ 4.20 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 2 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



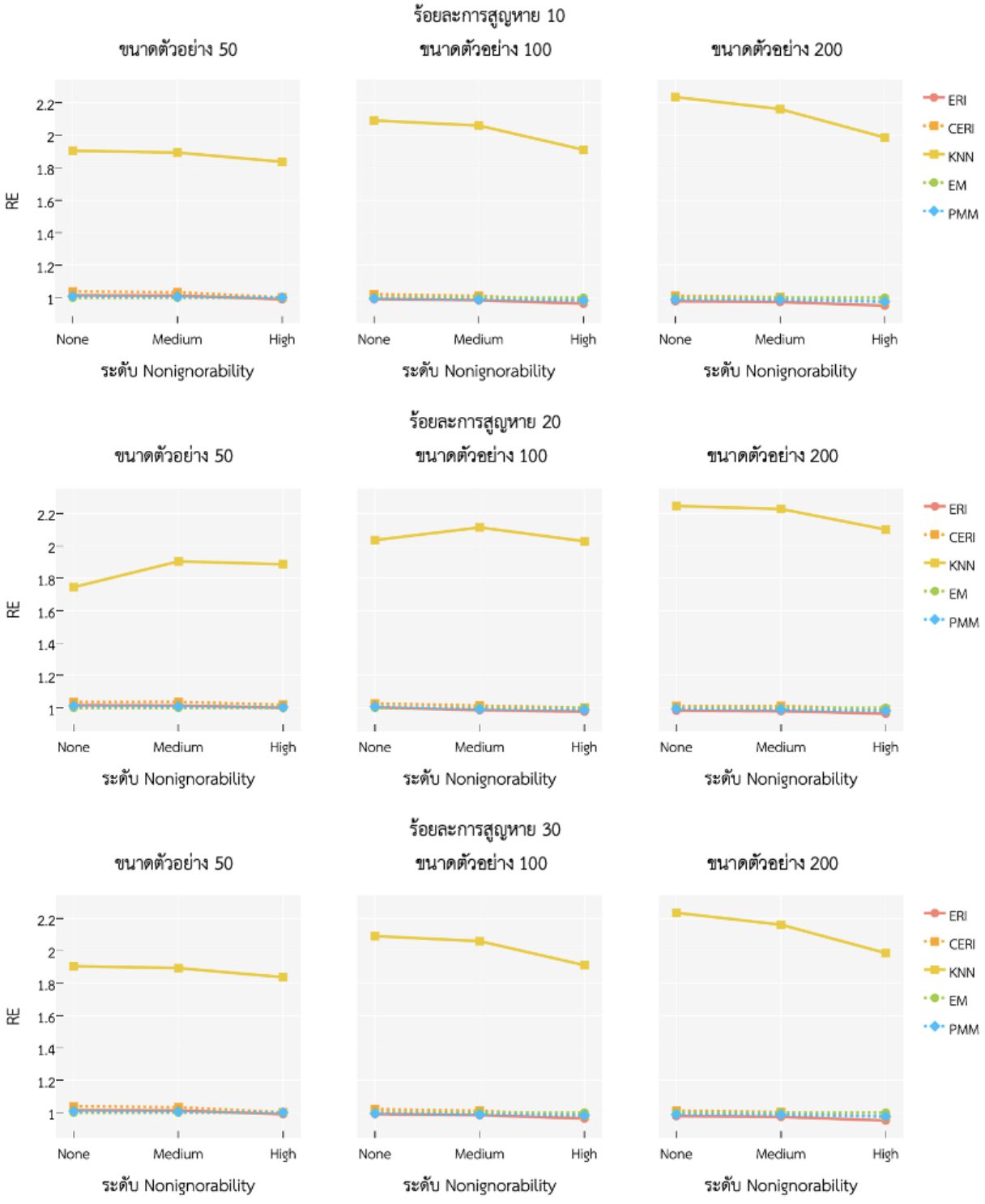
รูปที่ 4.21 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 3 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



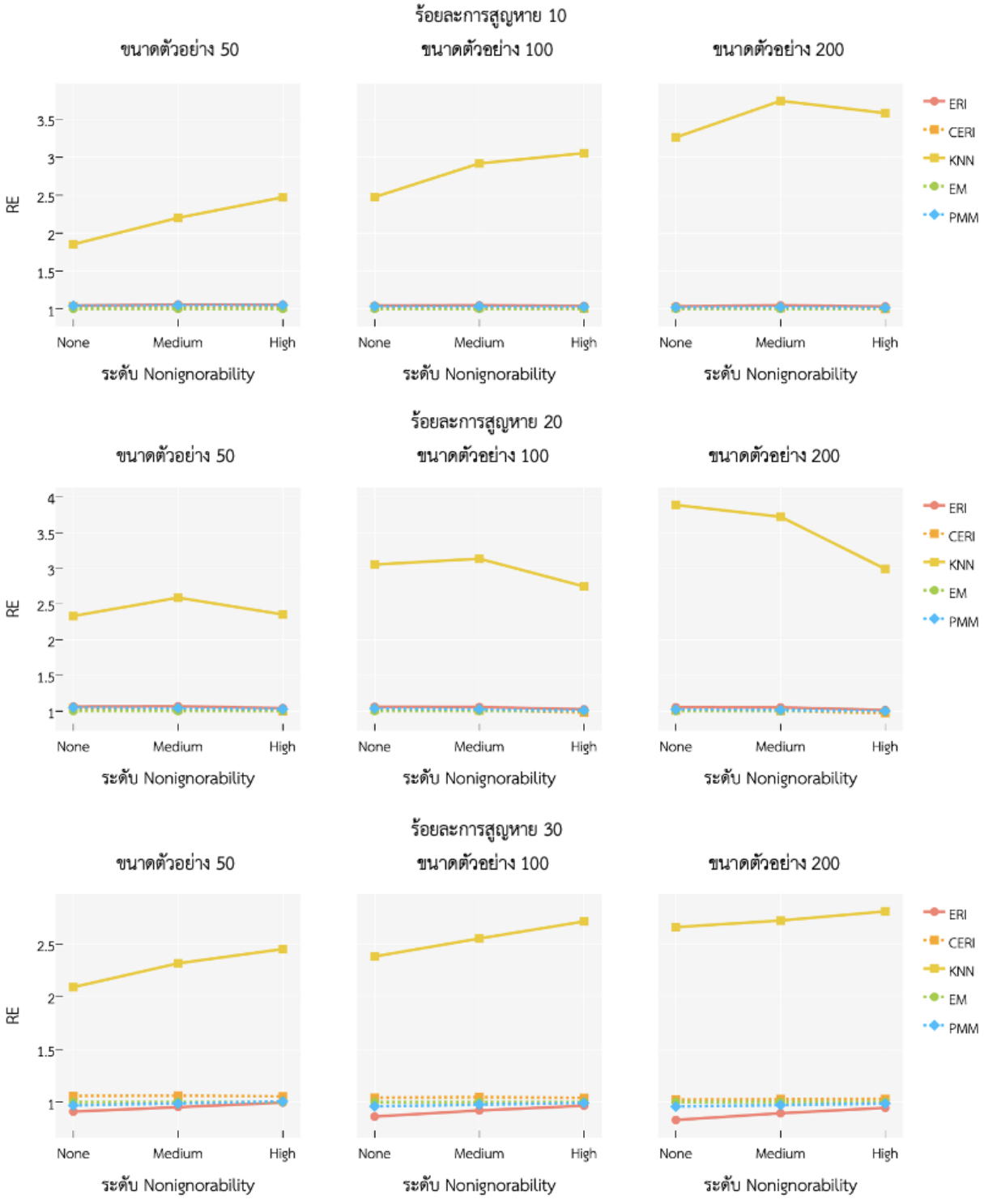
รูปที่ 4.22 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 4 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



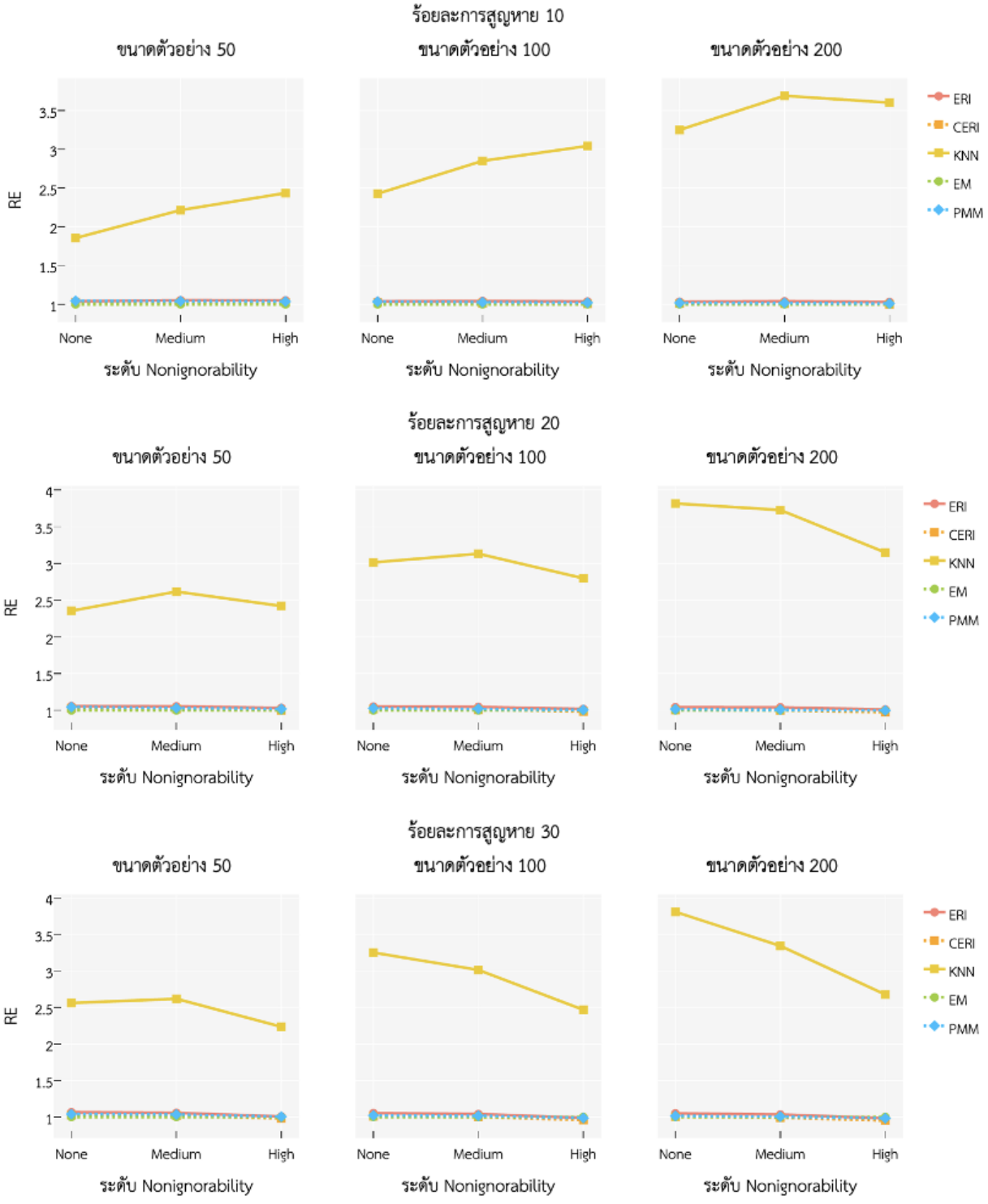
รูปที่ 4.23 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 5 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



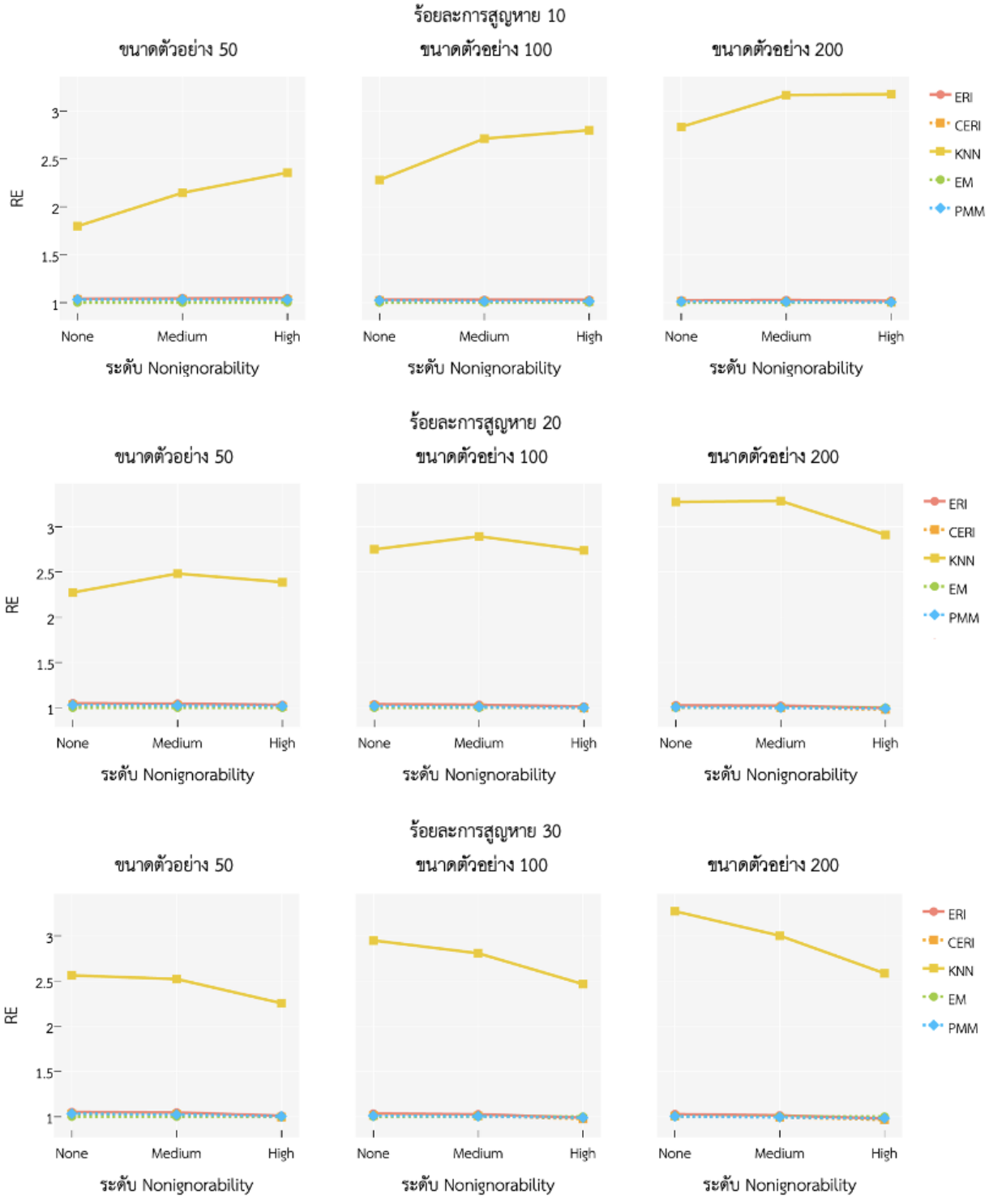
รูปที่ 4.24 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 6 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



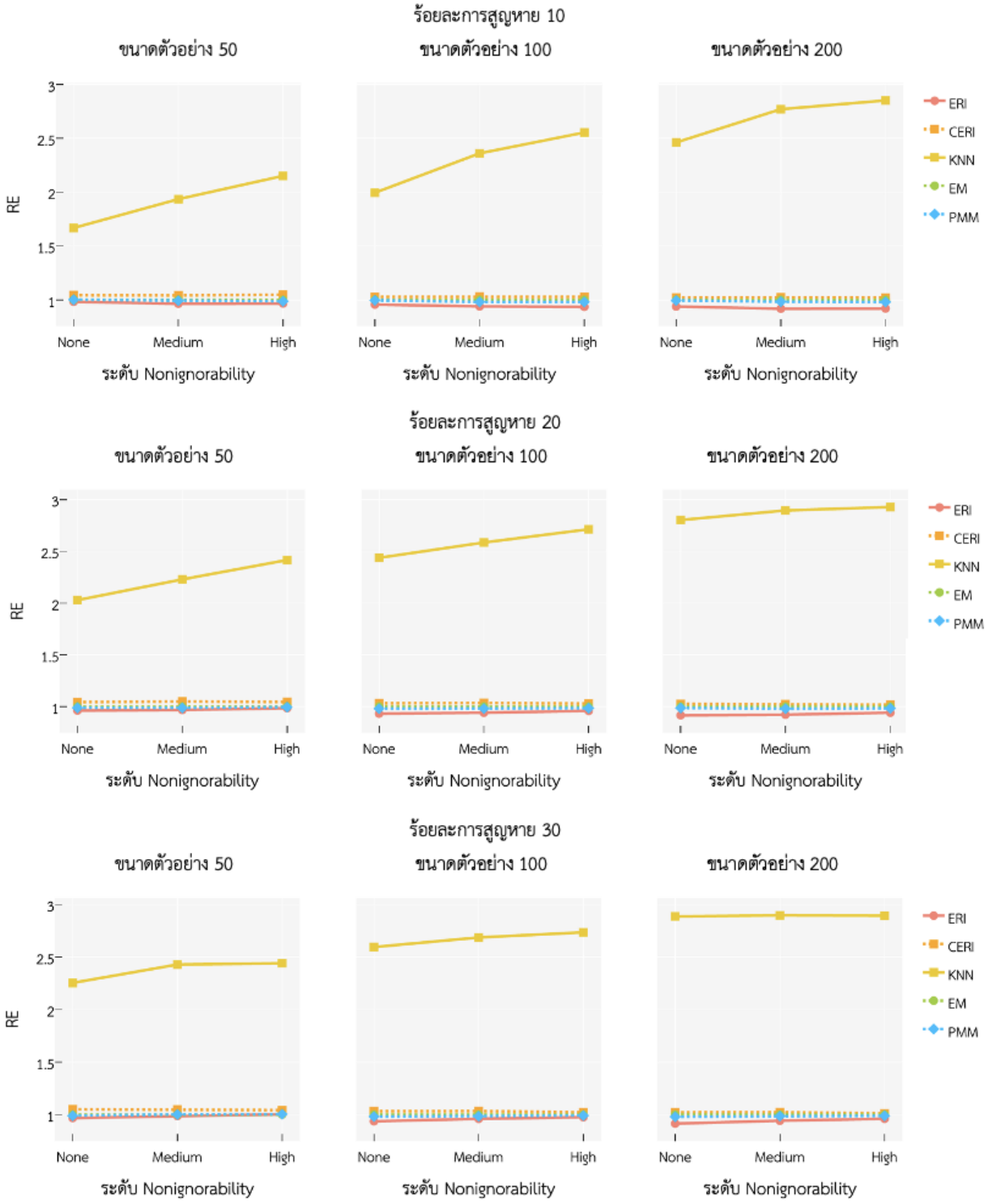
รูปที่ 4.25 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 7 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



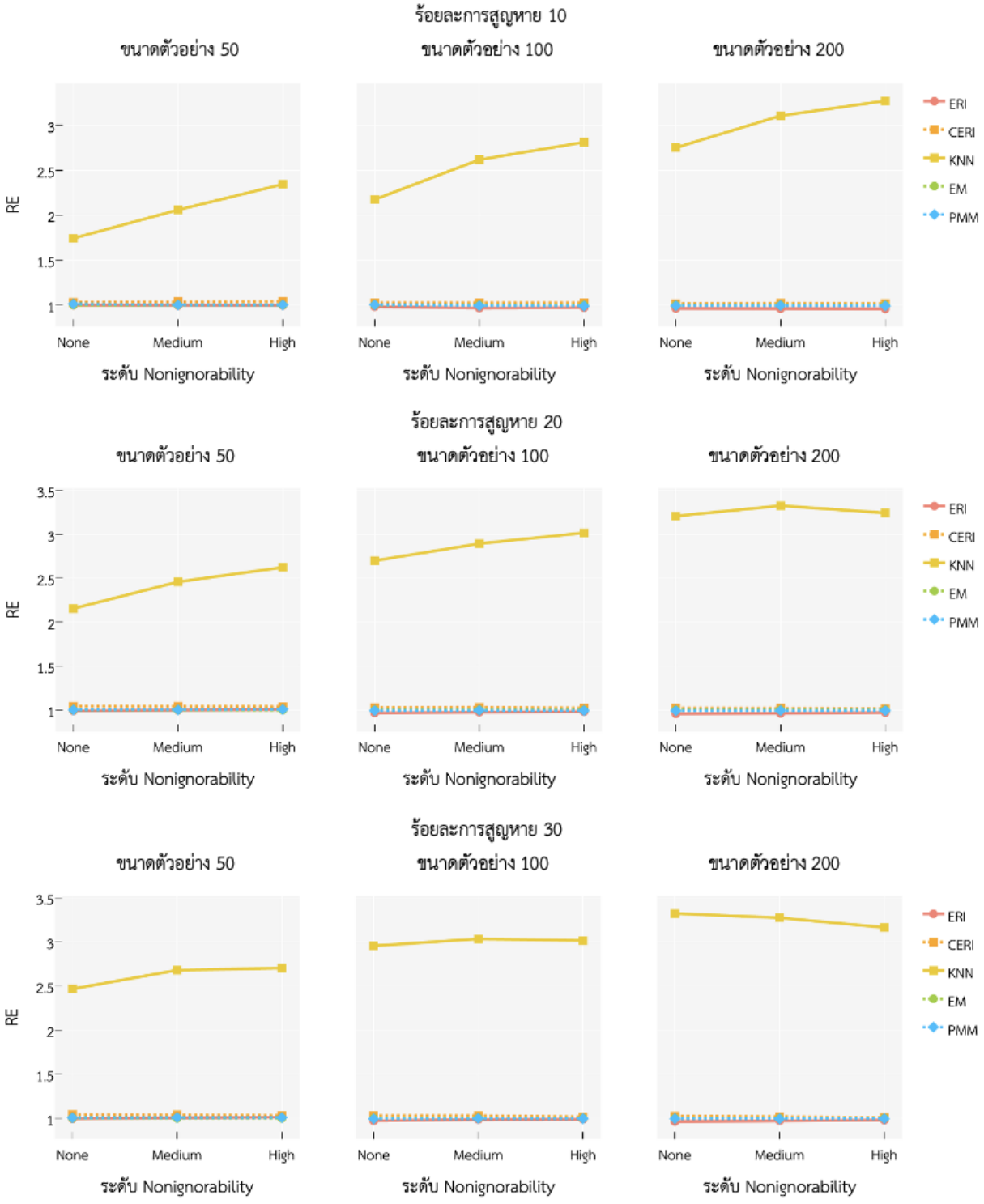
รูปที่ 4.26 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 8 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



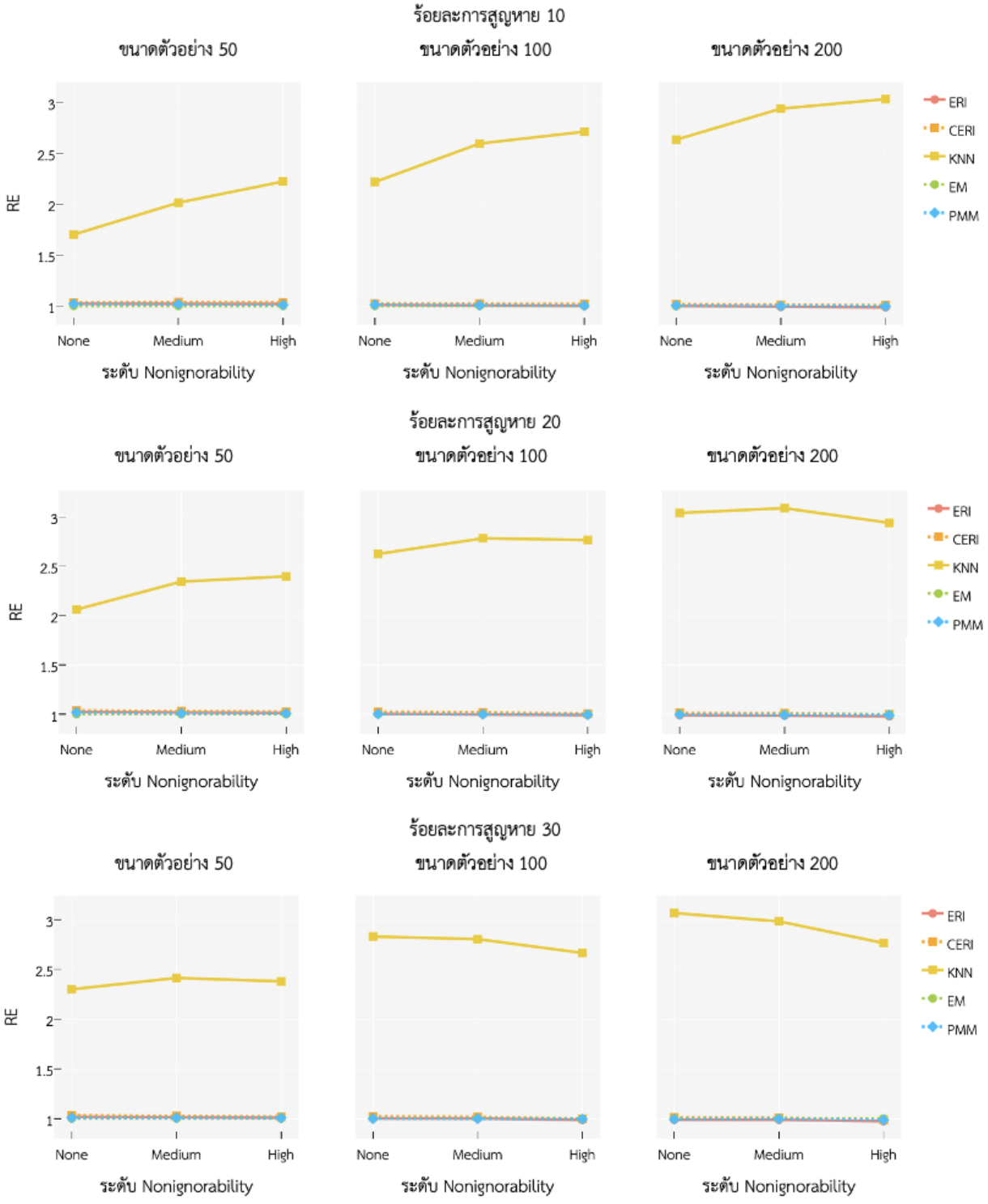
รูปที่ 4.27 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 9 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



รูปที่ 4.28 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 10 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



รูปที่ 4.29 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 11 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30



รูปที่ 4.30 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 12 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 30

จากรูปที่ 4.17 ที่แสดงค่า RE ของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 4 (ไม่แสดงวิธี KNN) วิธีเมื่อส่วนเบี่ยงมาตรฐานเท่ากับ 30 โดยแกน y คือค่า RE และแกน x คือกรณีศึกษาย่อยจำนวน 324 กรณี จะเห็นว่าวิธี KNN ก็ยังคงมีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกกรณีที่ศึกษา แต่ประสิทธิภาพวิธี KNN ทิ้งห่างกับวิธีการที่เหลือน้อยลงมาก จากเดิม (ส่วนเบี่ยงมาตรฐานเท่ากับ 90) ที่ประสิทธิภาพทิ้งห่างสูงสุดมากถึง 10 แต่ตอนนี้เหลือเพียงสูงสุดแค่ 4 เท่า ซึ่งทำให้ผู้วิจัยเริ่มตั้งสมมติว่าถ้าการกระจายตัวของข้อมูลลดลง วิธีKNN มีประสิทธิภาพทิ้งห่างกับวิธีอื่นๆ น้อยลง โดยแนวโน้มที่สังเกตได้จากแผนภาพนี้คือ

1. ในกรณีที่ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระ ถ้าระดับความสัมพันธ์ลดลงประสิทธิภาพวิธี KNN กับวิธีการที่เหลือจะมีประสิทธิภาพใกล้กันมากขึ้น แต่ถ้าความแปรปรวนในตัวแปรอิสระเป็นเล็กกลางใหญ่ ในแต่ละระดับความสัมพันธ์ให้ผลที่แทบไม่แตกต่างกัน
2. ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกันประสิทธิภาพวิธี KNN จะทิ้งห่างวิธีการที่เหลืออย่างชัดเจน แต่ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อกันประสิทธิภาพวิธี KNN จะแย่ลงมาก
3. ยิ่งขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น วิธี KNN จะยิ่งมีประสิทธิภาพทิ้งห่างกับวิธีการที่เหลือมากขึ้น

โดยจะเห็นว่าวิธี KNN มีประสิทธิภาพทิ้งห่างจากวิธีการอื่นมากจนทำให้ไม่เห็นแนวโน้มของวิธีการที่เหลือว่าให้ผลรูปแบบไหนเลยเป็นที่มาของรูปที่ 4.18

จากรูปที่ 4.18 ที่แสดงค่า RE ของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 4 วิธี (ไม่แสดงวิธี KNN) จะเห็นว่าประสิทธิภาพของทั้ง 4 ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งแนวโน้มที่สังเกตได้จากแผนภาพก็คล้ายคลึงกับกรณีส่วนเบี่ยงมาตรฐานเท่ากับ 90 เลยก็คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ในกรณีที่ความแปรปรวนเท่ากันในตัวแปรอิสระและกรณีความแปรปรวนในตัวแปรอิสระเป็นเล็กกลางใหญ่ให้ผลที่มีความคล้ายคลึงกันมาก
2. ยิ่งขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพแต่ละวิธีการยิ่งใกล้เคียงกัน
3. ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกันก็คือส่วนที่ 1-3 และส่วนที่ 7-9 วิธี ERI จะมีประสิทธิภาพรองลงมาจากวิธี KNN แต่ถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงลบกันก็คือส่วนที่ 4-6 และส่วนที่ 10-12 จะมีประสิทธิภาพรองลงแทน
4. วิธี EM ในกรณีนี้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมาก

จากรูปที่ 4.19 ถึง 4.30 ที่แสดงค่า RE ของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 5 โดยจะแต่ขอบเขตขนาดตัวอย่าง, ร้อยละการสูญหายและระดับ Nonignorability จะเห็นว่าผลของส่วนการจำลองทั้ง 12 ส่วนให้ผลไปในทิศทางเดียวกันคือ ขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของ KNN ก็จะ

สูงขึ้นตามก็จะสอดคล้องกับก่อนหน้า ถ้าร้อยละการสูญหายเป็น 10 ระดับ Nonignorability ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของวิธี KNNทิ้งห่างกับวิธีการที่เหลือมากขึ้น แต่ถ้าร้อยละการสูญหายเป็น 20 ขึ้นไประดับ Nonignorability ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของวิธี KNNทิ้งห่างกับวิธีการที่เหลือน้อยลง

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10

แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าสูญหายของข้อมูลทั้ง 5 วิธีการ เมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 10 โดยจะแสดงผลเป็นแผนภาพกราฟแสดงค่า RE ของแต่ละวิธีการที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงภาพรวมผลของการจำลองเมื่อเมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10

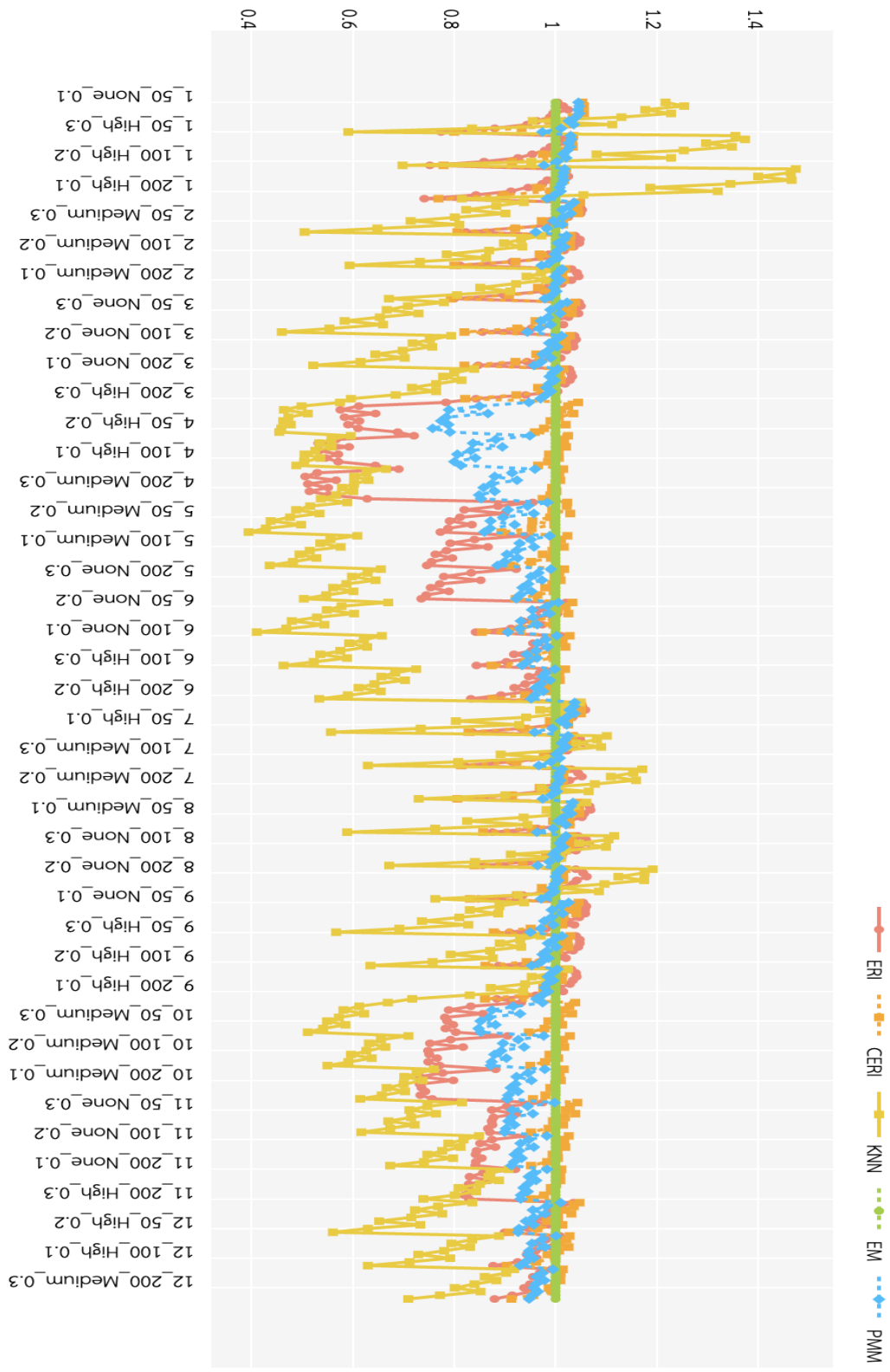
รูปที่	รายละเอียด
4.31	แสดงค่า RE ทั้ง 5 วิธีการของแต่ละกรณีที่ศึกษาเป็นจำนวน 324 กรณี
4.32	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 1 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.33	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 2 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.34	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 3 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.35	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 4 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.36	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 5 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.37	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 6 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.38	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 7 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.39	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 8 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.40	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 9 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.41	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 10 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.42	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 11 เป็นจำนวน 27 กรณี
4.43	แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 12 เป็นจำนวน 27 กรณี

โดยจุดประสงค์การแสดงผลของรูปที่ 4.31 คือเพื่อต้องการให้เห็นภาพรวมในแต่ละส่วนที่แบ่งตามลักษณะการจำลองข้อมูลของขอบเขต อัตราส่วนความแปรปรวนและรูปแบบระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระว่าจะส่งผลต่อประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าสูญหายในรูปแบบไหน ส่วนจุดประสงค์

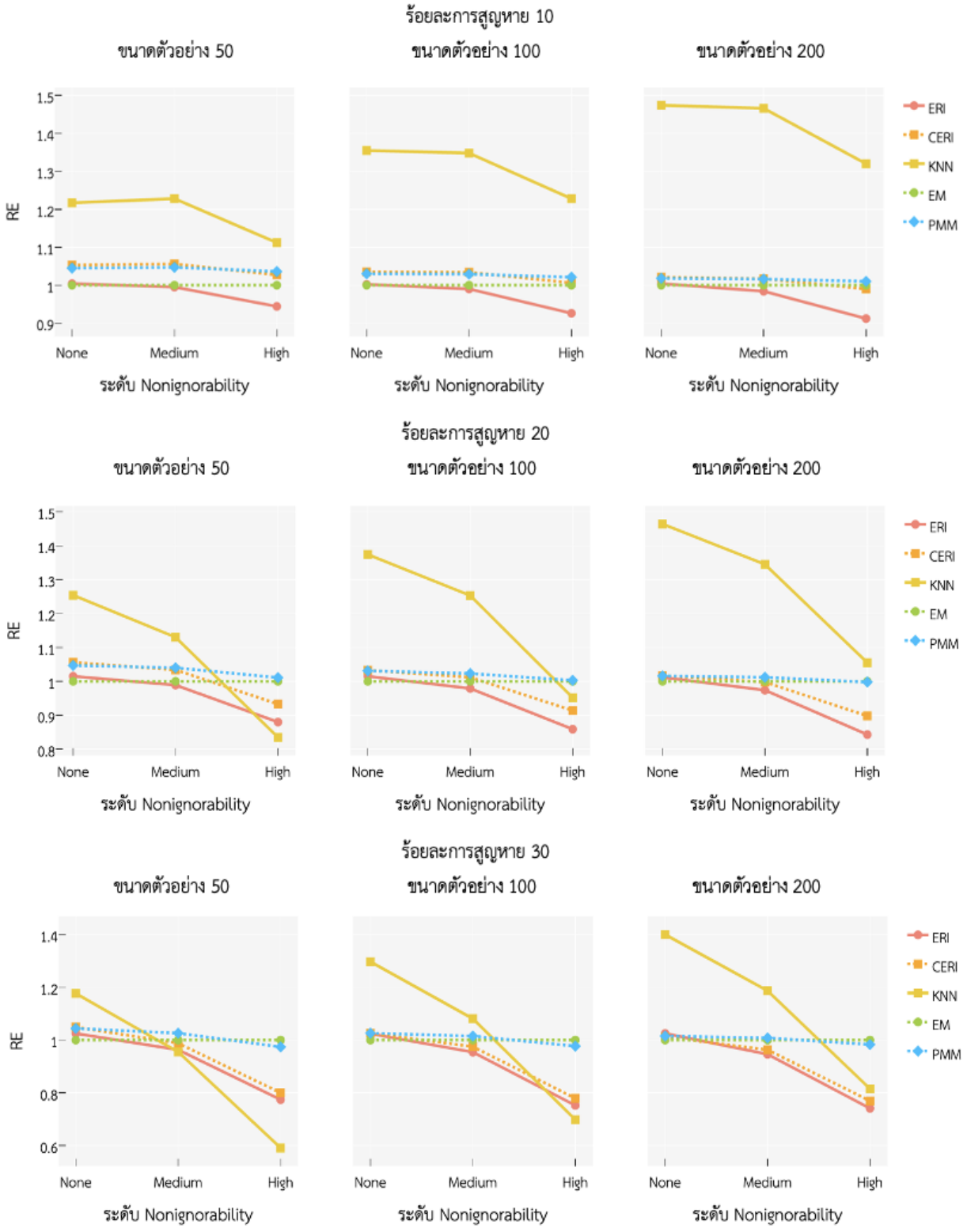
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การแสดงผลของรูปที่ 4.32 ถึง 4.43 คือการดูว่าขอบเขตขนาดตัวอย่าง, ร้อยละการสูญหายและระดับ Nonignorability ส่งผลต่อประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าสูญหายในรูปแบบไหน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

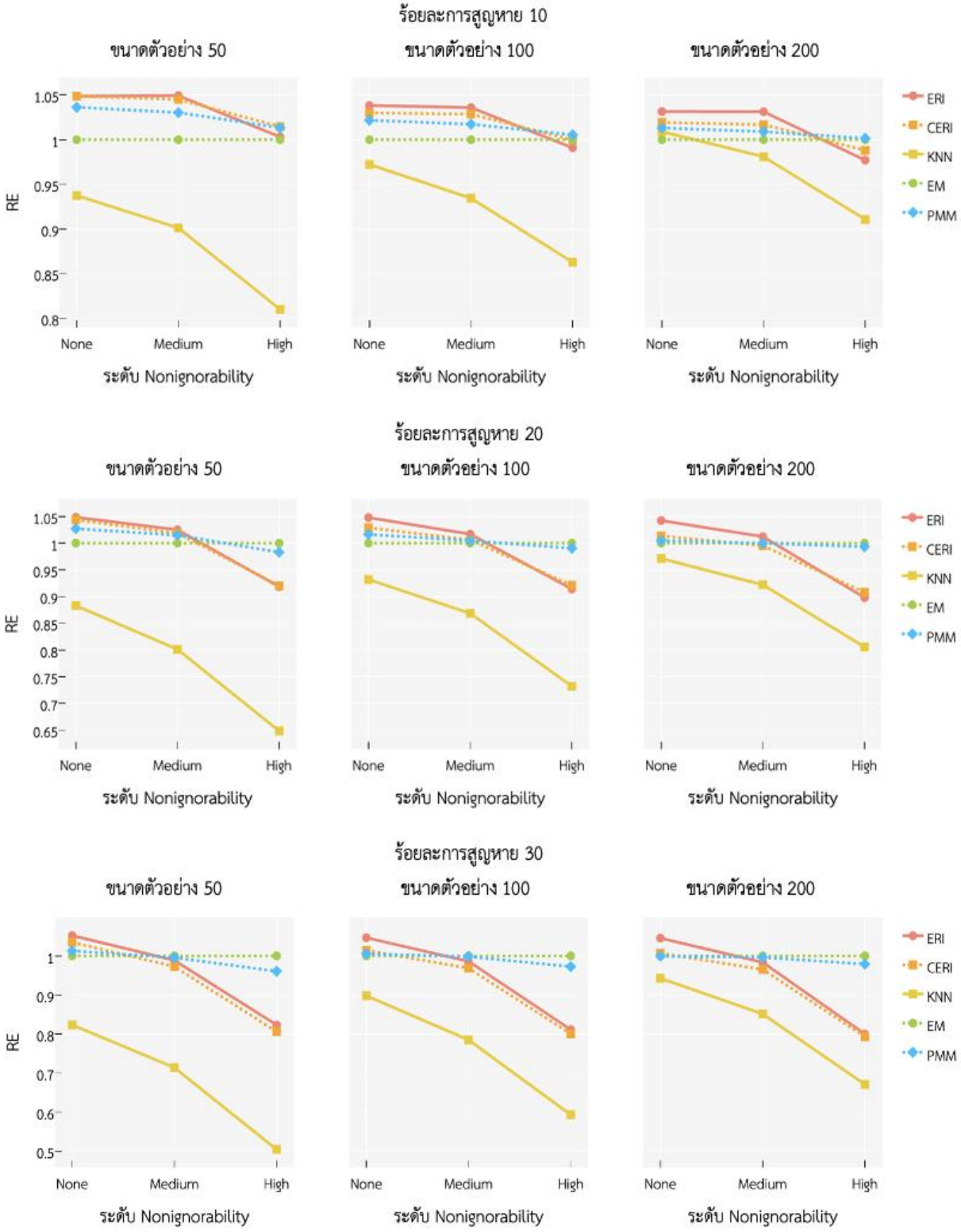


รูปที่ 4.31 แสดงแผนภาพกราฟค่า RE ของแต่ละกรณีที่ศึกษาเมื่อส่วนเบี่ยงมาตรฐานค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 30

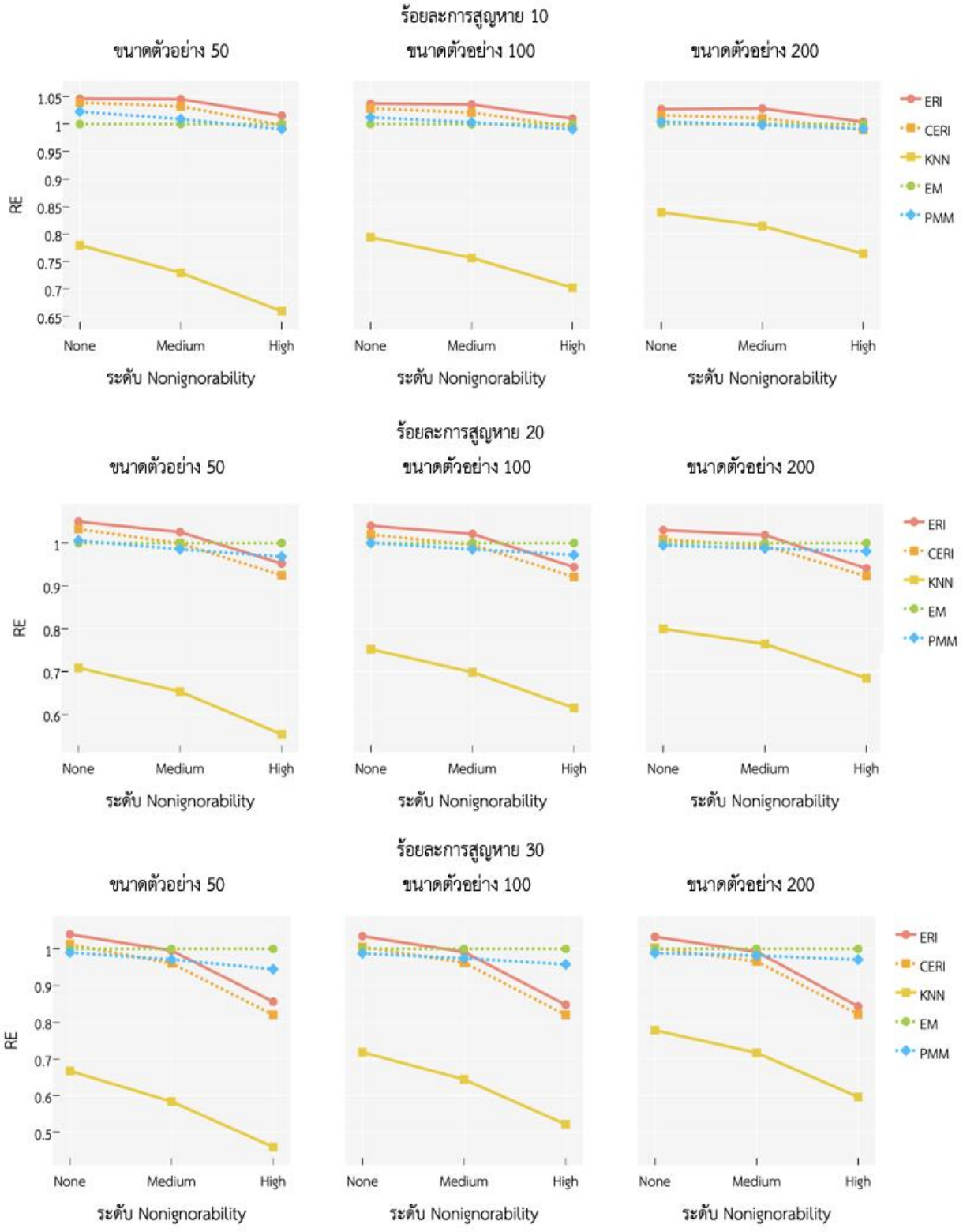


รูปที่ 4.32 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 1

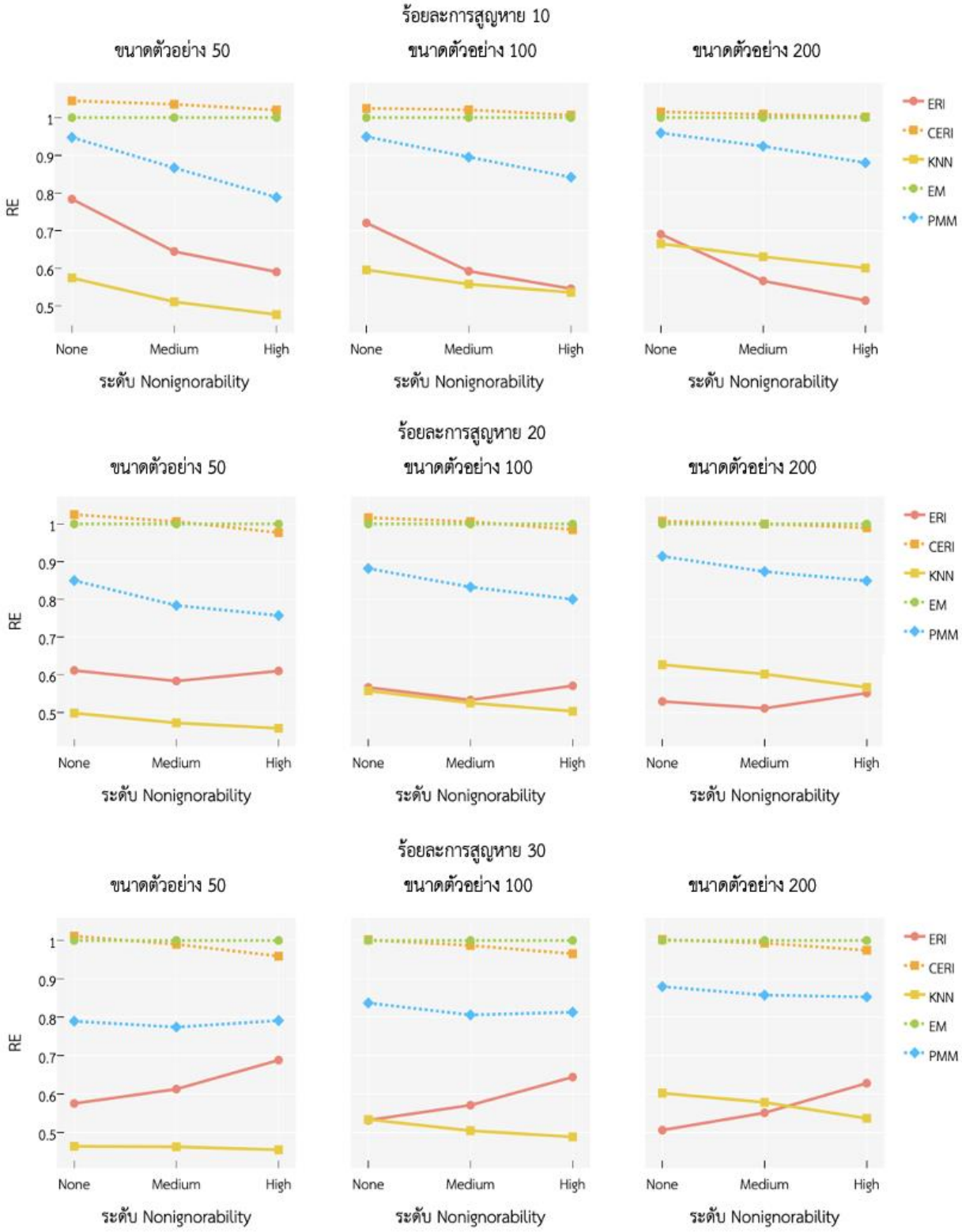
และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



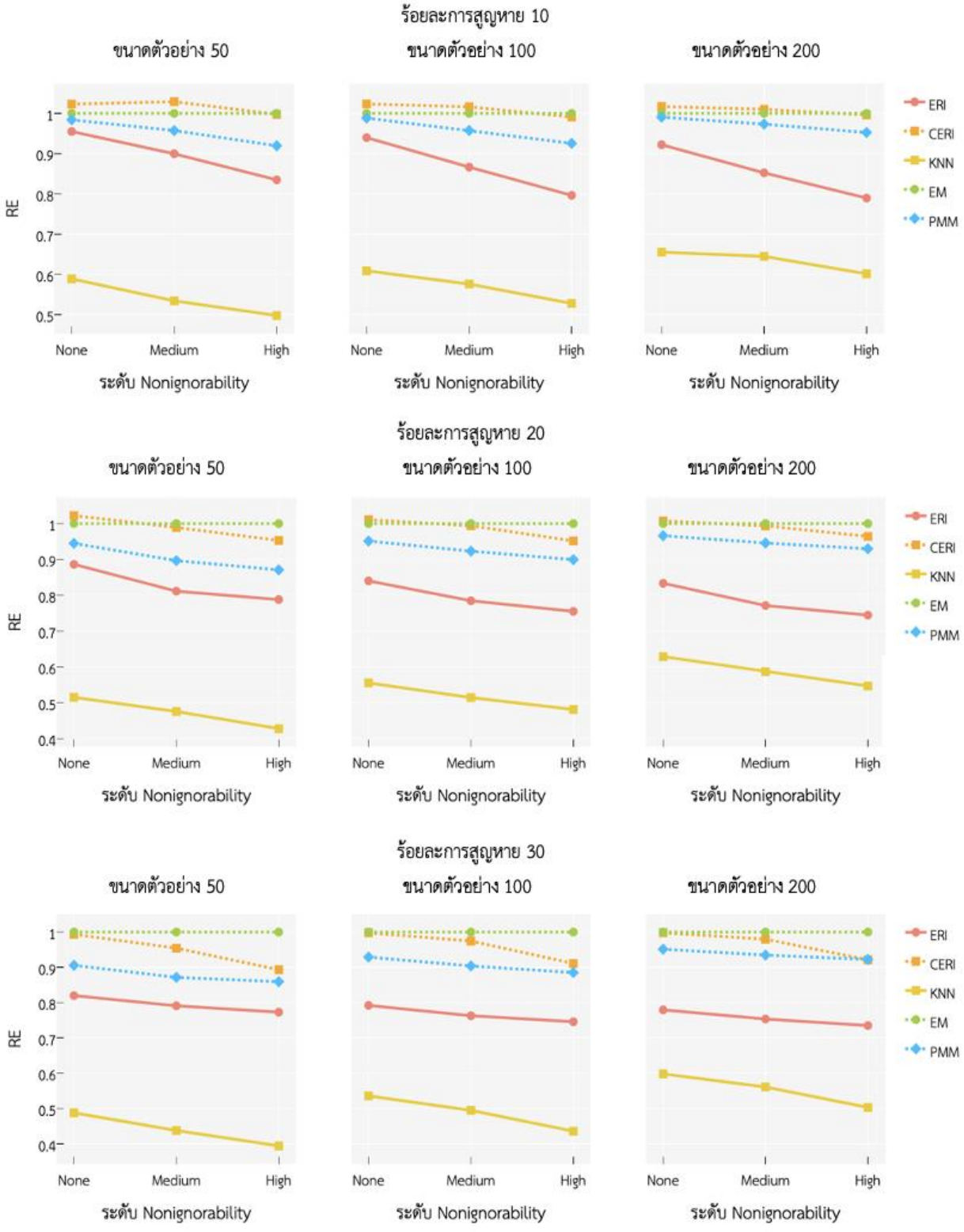
รูปที่ 4.33 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 2 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



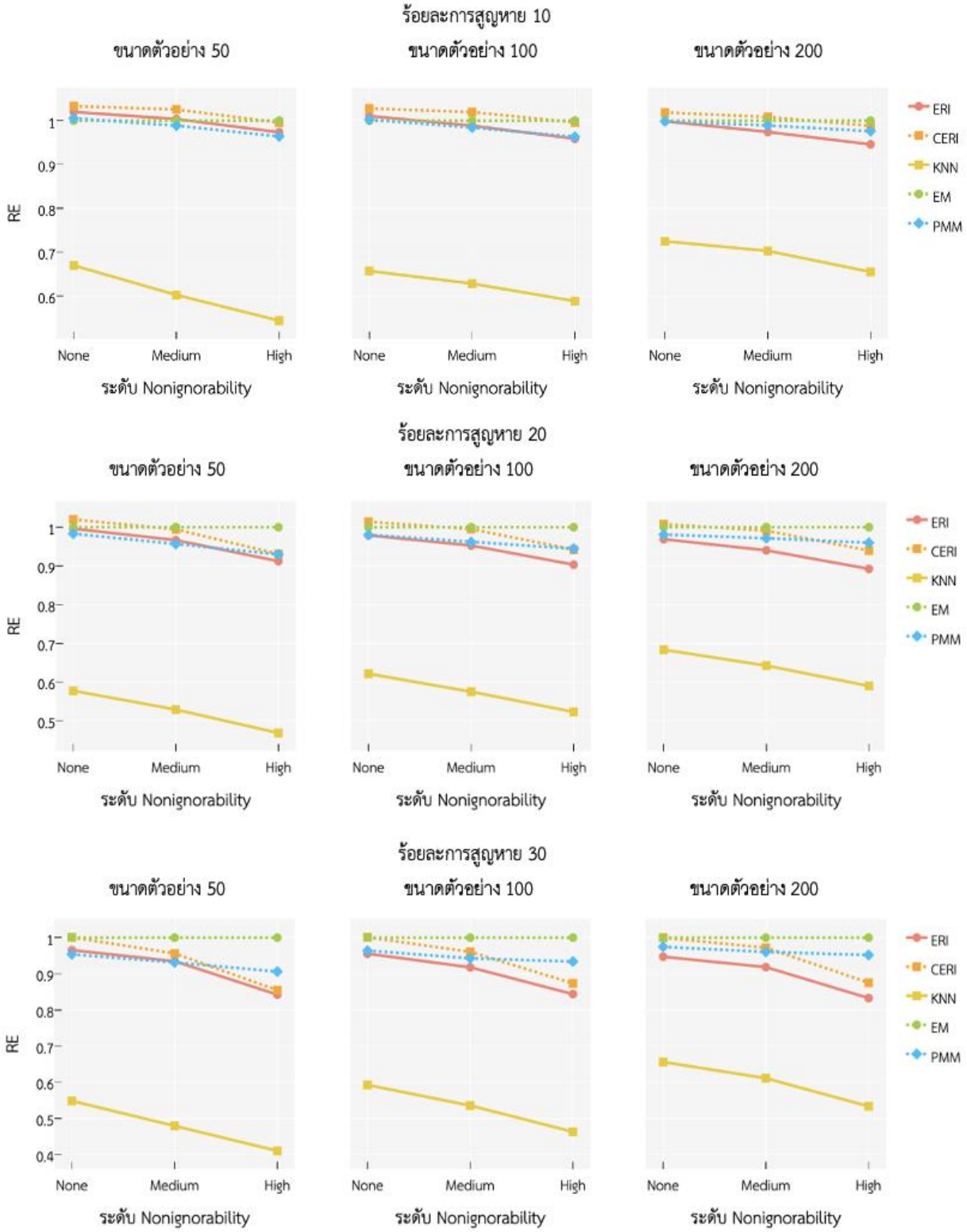
รูปที่ 4.34 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 3 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



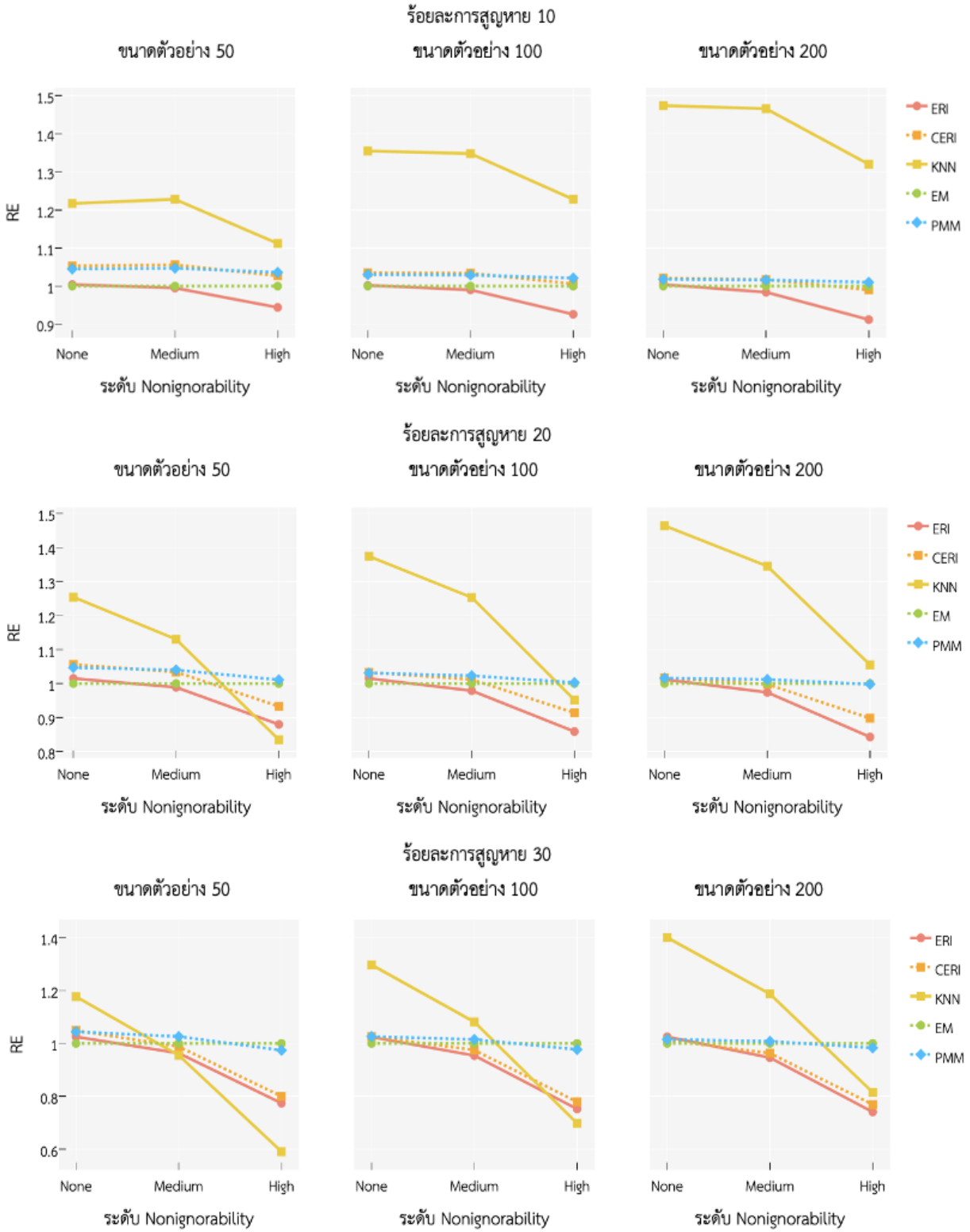
รูปที่ 4.35 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 4 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



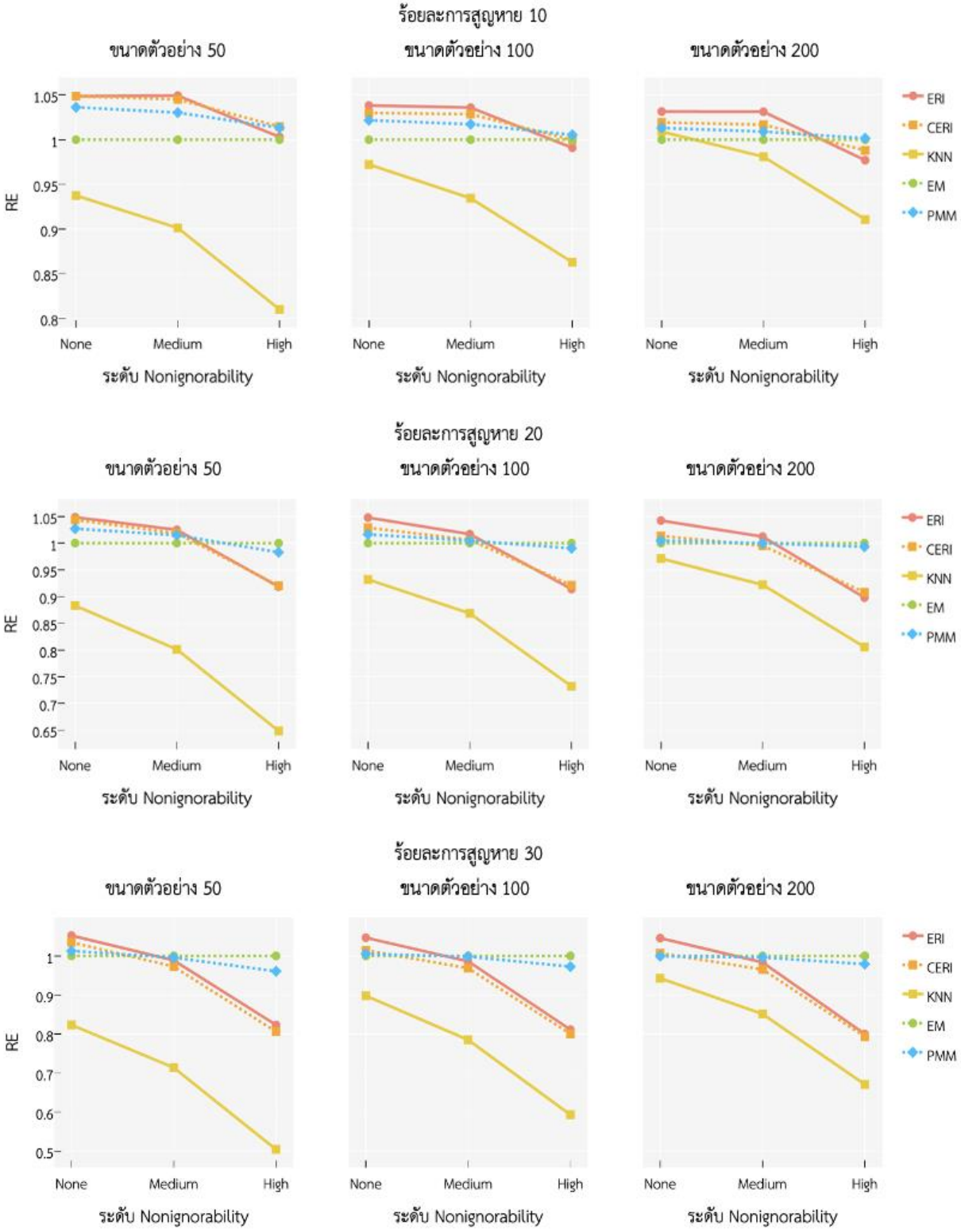
รูปที่ 4.36 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 5 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



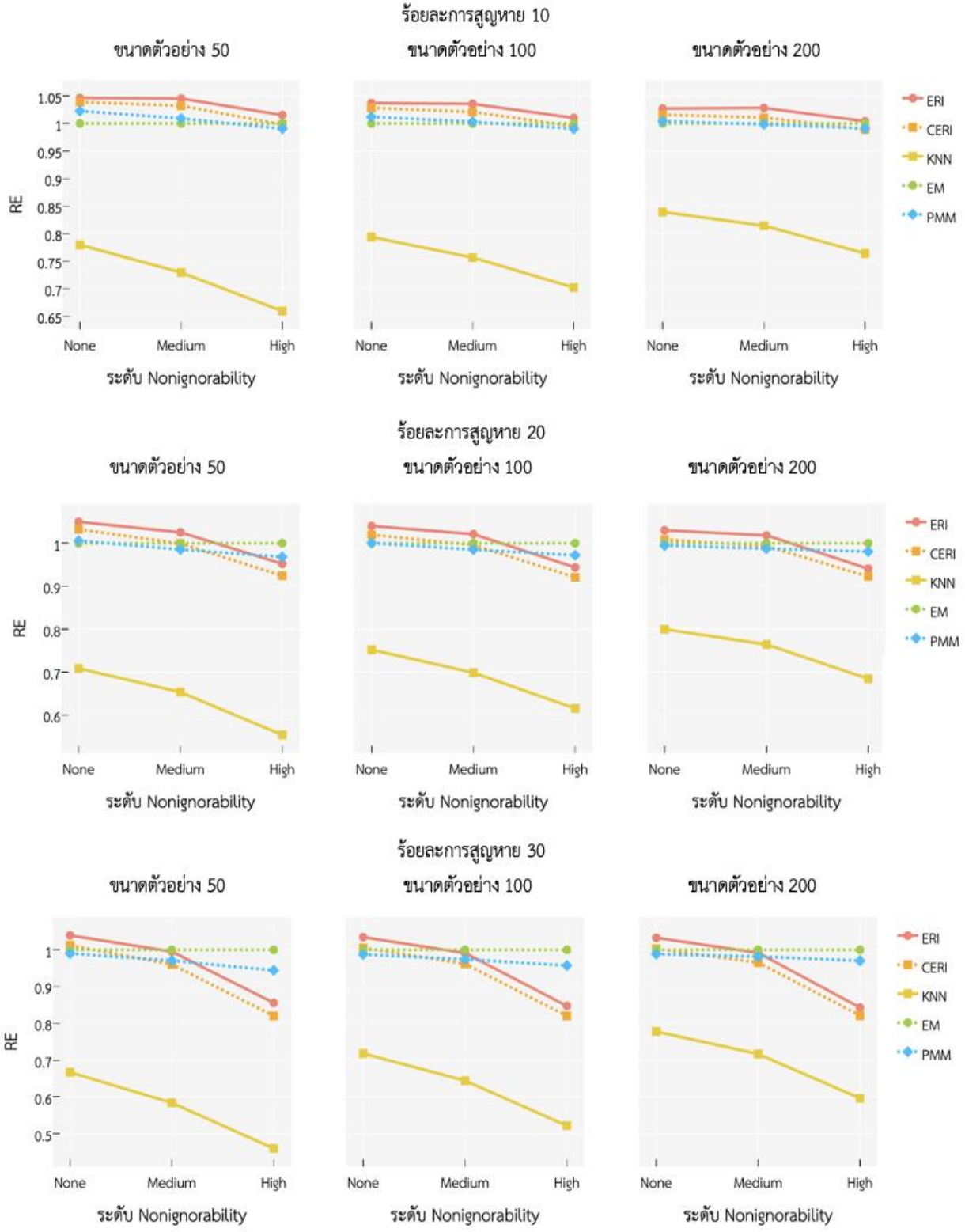
รูปที่ 4.37 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 6 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



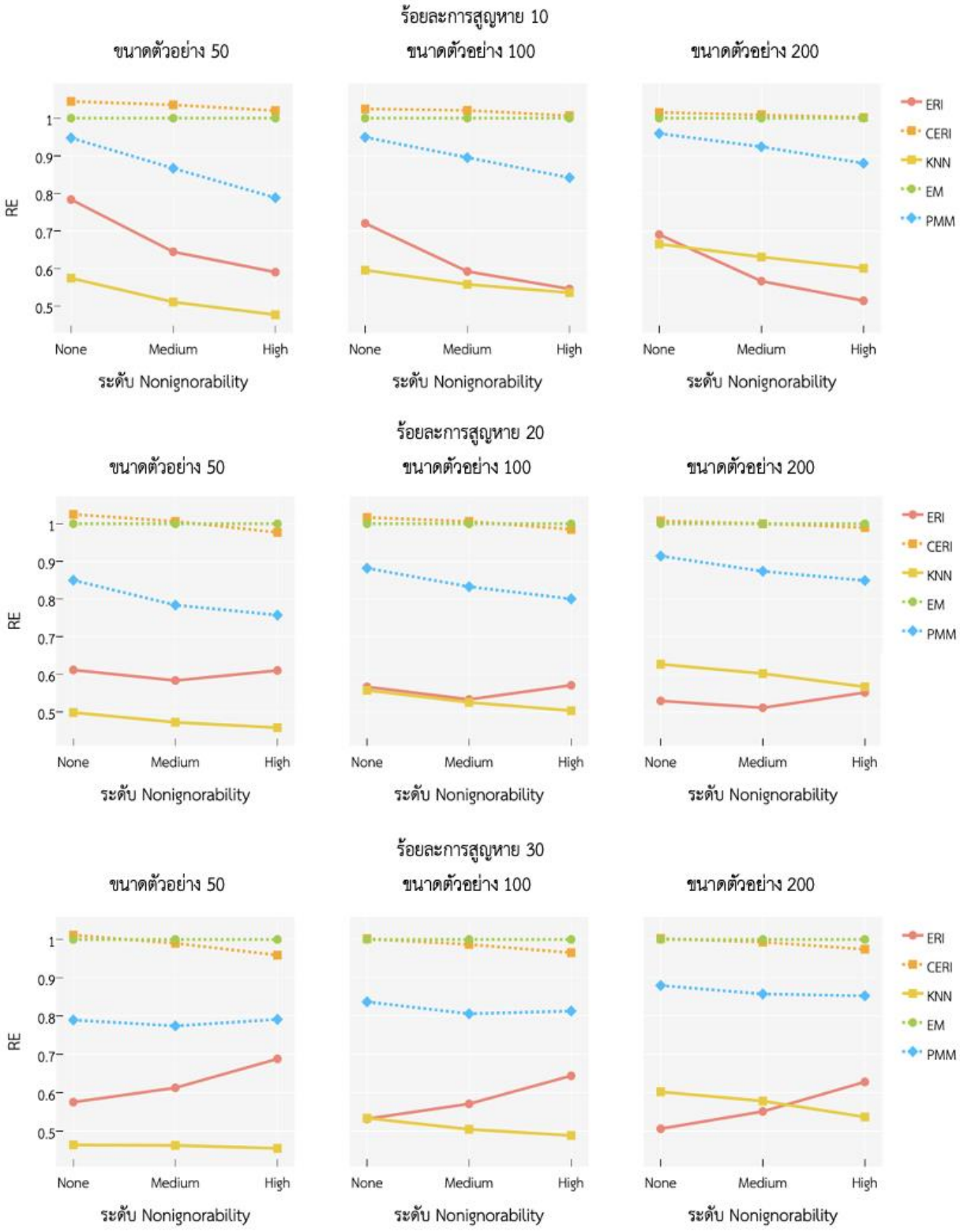
รูปที่ 4.38 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 7 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



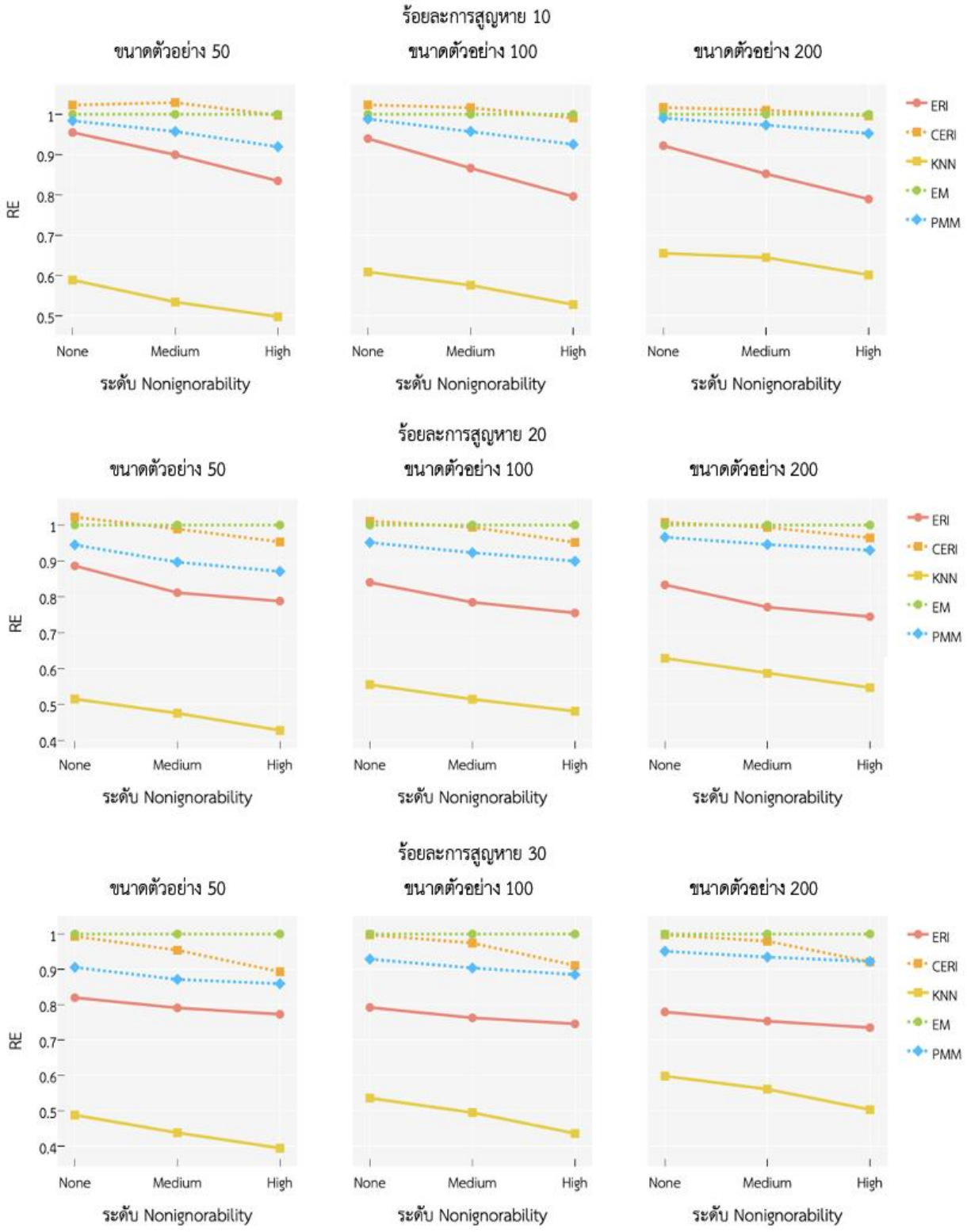
รูปที่ 4.39 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 8 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



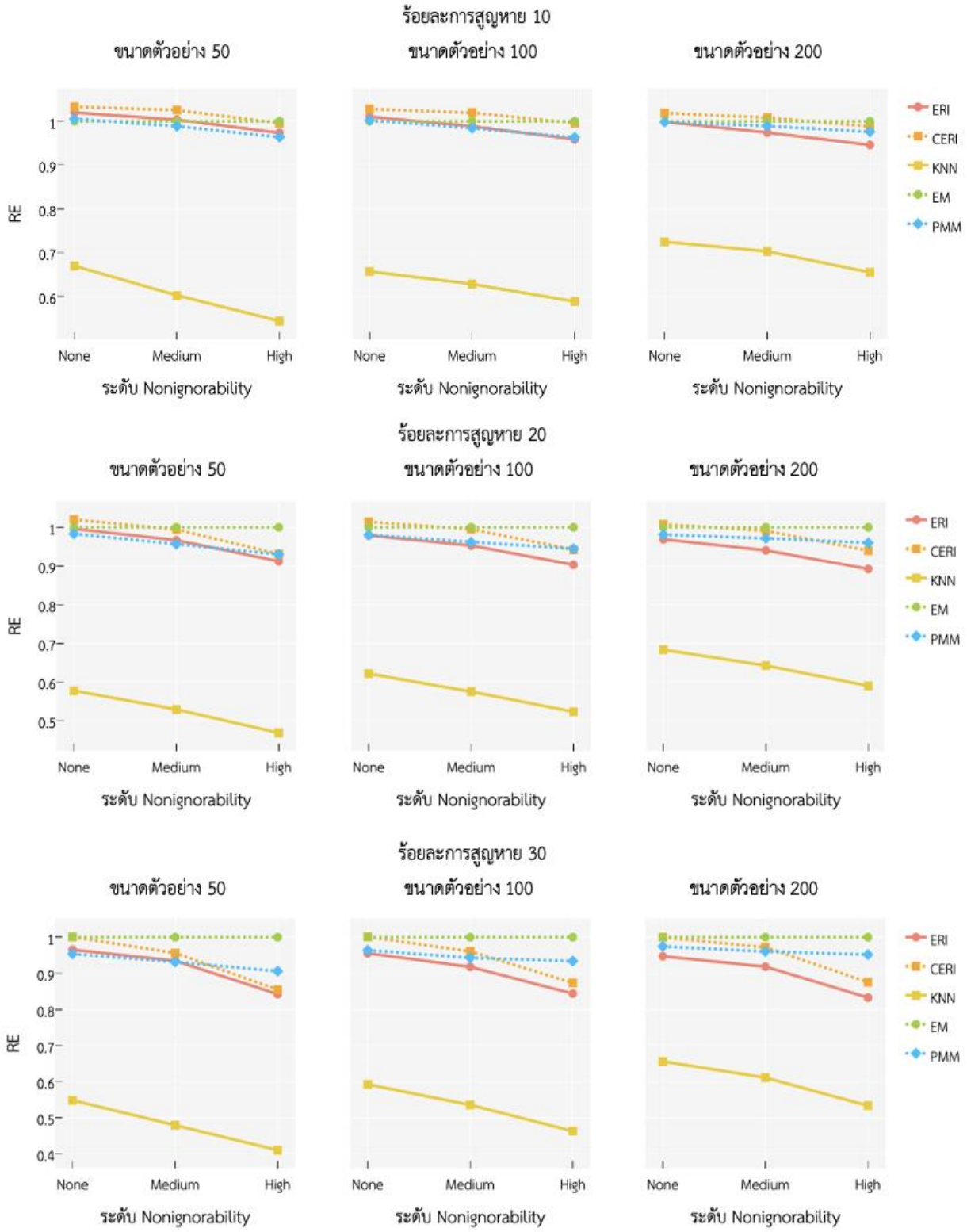
รูปที่ 4.40 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 9 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



รูปที่ 4.41 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 10 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



รูปที่ 4.42 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 11 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10



รูปที่ 4.43 แสดงกลุ่มแผนภาพกราฟค่า RE เมื่อข้อมูลถูกจำลองแบบส่วนที่ 12 และส่วนเบี่ยงมาตรฐานคือ 10

จากรูปที่ 4.31 ที่แสดงค่า RE ของวิธีการประมาณค่าสูญหายทั้ง 5 วิธีเมื่อส่วนเบี่ยงมาตรฐานเท่ากับ 10 โดยแกน y คือค่า RE และแกน x คือกรณีศึกษาย่อยจำนวน 324 กรณี จะเห็นว่า KNN ไม่ได้มีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกกรณีแล้ว แถมยังมีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีการอื่นในหลายกรณีเลย แต่ยังยกเว้นกรณีที่ตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงต่อกัน วิธี KNN ยังคงมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ดี โดยสิ่งสำคัญที่สังเกตได้เลยคือประสิทธิภาพแต่ละวิธีที่ศึกษาทั้ง 5 วิธี มีความใกล้เคียงกันมาก ทำให้เรามั่นใจว่าถ้าข้อมูลกระจายตัวต่ำประสิทธิภาพ KNN จะมีประสิทธิภาพลดลง

จากรูปที่ 4.32 ที่แสดงค่า RE ของการจำลองข้อมูลแบบส่วนที่ 1 ส่วนใหญ่ วิธี KNN จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในเกือบทุกกรณี ก็คือเมื่อร้อยละการสูญหายเป็น 10 ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับ Nonignorability แต่ถ้าร้อยละการสูญหายเป็น 20 ขึ้นไปและระดับ Nonignorability เป็นสูง วิธี EM จะมีประสิทธิภาพสูงสุด

จากรูปที่ 4.33 ที่แสดงค่า RE ของการจำลองข้อมูลแบบส่วนที่ 2 ส่วนใหญ่วิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจะเป็นวิธี ERI แทนและวิธี KNN จะมีประสิทธิภาพแย่ลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นแต่ยังไงก็ตามจะเห็นว่า 4 วิธีการที่ไม่นับรวม KNN มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันมากแบบแทบจะไม่ได้แตกต่างกันเลย

จากรูปที่ 4.34 ที่แสดงค่า RE ของการจำลองข้อมูลแบบส่วนที่ 3 ซึ่งผลที่ได้มีความใกล้เคียงกับรูปที่ 4.33 (การจำลองข้อมูลแบบส่วนที่ 2) ในเกือบทุกกรณี แต่สิ่งสำคัญที่แตกต่างเลยคือในส่วนที่ 3 นี้วิธี KNN จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีการอื่นประมาณอยู่ในช่วง 1.25 เท่าถึงประมาณ 2 กว่าๆ ทั้งที่ในส่วนที่ 2 ในบางกรณี วิธี KNN ก็ให้ผลที่ใกล้เคียงกับวิธีการอื่นหรืออย่างแย่ที่สุดเลยก็มีประสิทธิภาพต่ำกว่าประมาณเท่ากว่าๆ เท่านั้น โดยจากผลนี้ก็จะสามารถบอกได้ว่า ถ้าระดับความสัมพันธ์ลดลงประสิทธิภาพ KNN ก็จะลดลงตาม

จากรูปที่ 4.35 ที่แสดงค่า RE ของการจำลองข้อมูลแบบส่วนที่ 4 ส่วนใหญ่วิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในส่วนนี้จะเป็นวิธีCERI กับวิธี EM แต่ถ้าสังเกตดูทั้ง 2 วิธีการนี้ก็มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันมาก และอีก 3 วิธีการ (วิธี KNN, วิธี ERI และวิธี PMM) ประสิทธิค่อยข้างทิ้งห่างกับ 2 วิธีข้างต้นอย่างเห็นได้ชัด โดยสิ่งสำคัญที่สังเกตได้คือทั้งที่ในส่วนนี้มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงต่อกันแต่ประสิทธิภาพวิธี KNN กับแย่มาก ซึ่งทำให้เริ่มตั้งสมมติว่า วิธี KNN จะไม่เหมาะสมมาใช้ประมาณค่าสูญหายกับตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 4.36 และรูปที่ 4.37 ที่แสดงค่า RE ของการจำลองข้อมูลแบบส่วนที่ 5 และส่วนที่ 6 ตามลำดับ ทั้งสองส่วนนี้ให้ผลแทบไม่แตกต่างกับส่วนที่ 4 ที่มีความสัมพันธ์ในระดับสูงต่อกันเลย ก็คือส่วนใหญ่วิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจะเป็นวิธีCERI กับวิธี EM แต่ประสิทธิภาพของวิธี CERI จะแย่ลงมากเมื่อร้อยละการสูญหายสูงกว่า 20 และระดับ Nonignorability สูง โดยสิ่งที่สังเกตได้คือ ถ้าระดับความสัมพันธ์ลดลงเท่าไหร่ประสิทธิภาพแต่ละวิธีการที่ไม่นับวิธี KNN จะยิ่งใกล้เคียงกันมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งผลจากทั้งสองส่วนนี้จะสามารถยืนยันได้ว่าวิธี KNN จะไม่เหมาะสมมาใช้ประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่ตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงลบในทุกระดับความสัมพันธ์

จากรูปที่ 4.38 ที่แสดงค่า RE ของการจำลองข้อมูลแบบส่วนที่ 7 โดยส่วนนี้เป็นเพียงส่วนเดียวในการศึกษาครั้งนี้ ที่ผลการวิจัยค่อยข้างกระจายไม่มีรูปแบบที่ตายตัวในขนาดตัวอย่างขนาดเล็ก อย่างไงก็ตามประสิทธิภาพทั้ง 5 วิธีการค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก แต่ถ้าขนาดตัวอย่างใหญ่ทั้งสองส่วนจะพอบอกได้ว่า KNN จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในหลายกรณีที่ศึกษา

จากรูปที่ 4.39 และรูปที่ 4.40 ที่แสดงค่า RE ของการจำลองข้อมูลแบบส่วนที่ 8 และส่วนที่ 9 ตามลำดับ โดยทั้งสองส่วนนี้ให้ผลที่มีความคล้ายคลึงกันมาก ก็คือวิธี ERI จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในเกือบทุกกรณีที่ศึกษา ยกเว้นกรณีที่ร้อยละการสูญหายเป็น 20 ขึ้นไปและระดับ Nonignorability เป็นกลางขึ้นไปวิธี EM จะมีประสิทธิภาพสูงสุดแทน โดยสิ่งที่สังเกตได้จะเห็นได้ว่าวิธีKNN จะมีประสิทธิภาพลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งก็เหมือนจะยิ่งช่วยยืนยันว่าถ้าระดับความสัมพันธ์ลดลงประสิทธิภาพวิธี KNN ก็จะลดลงตาม

จากรูปที่ 4.41 จนถึง 4.43 ที่แสดงค่า RE ของการจำลองข้อมูลแบบส่วนที่ 10 จนถึง 12 ตามลำดับ โดยผลจากทั้ง 3 ส่วนนี้ทำให้ยืนยันได้ว่าถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อกันไม่ว่าจะระดับไหนและชุดข้อมูลไม่ว่าอัตราส่วนความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่เท่ากัน ผลที่ได้แทบไม่มีความแตกต่างกันเลย ก็คือวิธี CERI กับ วิธีEM ก็ยังคงมีประสิทธิภาพสูงสุด ระดับความสัมพันธ์ลดลงเท่าไหร่ประสิทธิภาพแต่ละวิธีการที่ไม่นับรวม วิธี KNN จะยิ่งไม่แตกต่างกันมากขึ้นเท่านั้น และวิธีKNN ไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5

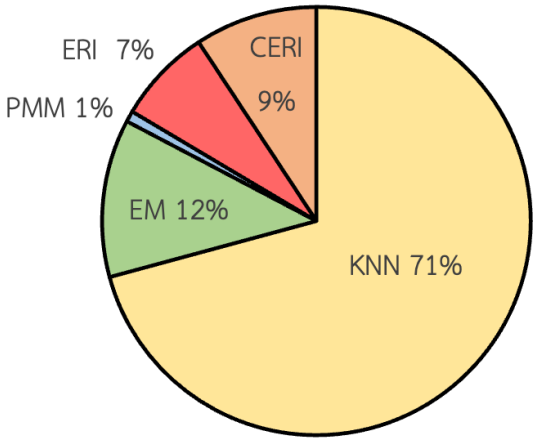
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 5.1 แสดงจำนวนวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแยกตามส่วนการจำลองข้อมูล

	KNN	EM	PMM	ERI	CERI
ส่วนที่ 1	75	3	3	0	0
ส่วนที่ 2	54	9	2	15	1
ส่วนที่ 3	54	9	0	18	0
ส่วนที่ 4	54	9	0	0	18
ส่วนที่ 5	54	18	0	0	9
ส่วนที่ 6	54	16	0	0	11
ส่วนที่ 7	63	7	3	5	3
ส่วนที่ 8	64	6	0	11	0
ส่วนที่ 9	54	6	0	21	0
ส่วนที่ 10	54	11	0	0	16
ส่วนที่ 11	54	10	0	0	17
ส่วนที่ 12	54	12	0	0	15
รวม	688	116	8	70	90

หมายเหตุ ส่วนข้อมูลที่กล่าวถึงอ้างอิงเหมือนในบทที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพกราฟจำนวนวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแยกตามส่วนการจำลองข้อมูล

จากกรณีศึกษาทั้งหมด 972 กรณี วิธี KNN มีประสิทธิภาพสูงสุดมากถึง 687 กรณี (คิดเป็น 71%) ซึ่งเป็นกรณีที่ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่า 30 หรือ 90 ในทุกกรณีที่ศึกษา แต่ถ้าส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่า 10 ส่วนใหญ่วิธี KNN มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกันในระดับสูง วิธี EM มีจำนวนกรณีศึกษาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดรองลงมาเป็นจำนวน 116 กรณี (คิดเป็น 12%) ซึ่งเป็นกรณีที่ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่า 10 ร้อยละการสูญหายเป็น 30 และความสัมพันธ์ของการสูญหายระหว่างตัวแปรสูง แต่ถ้าร้อยละการสูญหายเป็น 20 ตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายต้องมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อกัน ต่อมาคือวิธี CERI เป็นหนึ่งในวิธีการที่ถูกพัฒนาขึ้นมาในงานวิจัยครั้งนี้ โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นจำนวน 90 กรณี (คิดเป็น 9%) ซึ่งเป็นกรณีที่ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่า 10 ร้อยละการสูญหายมีค่าต่ำกว่า 20 ลงไปและความสัมพันธ์ของการสูญหายระหว่างตัวแปรต่ำและปานกลางเมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายต้องมีความสัมพันธ์เชิงลบในทุกระดับต่อกัน กรณีศึกษาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของวิธี ERI มีจำนวน 70 กรณี (คิดเป็น 7%) ซึ่งเป็นกรณีที่ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่า 10 ร้อยละการสูญหายมีค่าต่ำกว่า 20 ลงไปและความสัมพันธ์ของการสูญหายระหว่างตัวแปรต่ำและปานกลางเมื่อตัวแปรอิสระที่เกิดการสูญหายต้องมีความสัมพันธ์เชิงบวกในทุกระดับต่อกัน สุดท้ายคือวิธี PMM มีจำนวนกรณีศึกษาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดน้อยเพียง 8 กรณี ซึ่งเป็นกรณีที่ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่า 10 ร้อยละการสูญหายมีค่า 20 และความสัมพันธ์ของการสูญหายระหว่างตัวแปรสูงในบางขนาดตัวอย่างเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1 ความแตกต่างของแต่ละวิธีการประมาณค่า

5.1.1 วิธี K-Nearest Neighbor Imputation (KNN)

กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวกลางและสูง วิธี KNN จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกกรณีที่ศึกษา ซึ่งสาเหตุก็มาจาก เป็นวิธีการเดียวในงานวิจัยครั้งนี้ที่ไม่ได้อาศัยพารามิเตอร์มาประมาณค่าสูญหาย ซึ่งในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวมากเวลาที่เราไปประมาณค่าพารามิเตอร์เหมือนเป็นการเพิ่มเทอมความคาดเคลื่อนเข้าไปในแบบจำลองให้มากขึ้น แต่ถ้าในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวต่ำ วิธี KNN จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อตัวแปรที่เกิดการสูญหายมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกันในระดับสูง สาเหตุก็มาจาก การหาความคล้ายในการศึกษาครั้งนี้ที่อาศัยวิธีการระยะห่างยุคลิด (Euclidean distance) ซึ่งการที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงก็คือหมายความว่าทิศทางของตัวแปรจะวิ่งไปในทางเดียวกัน ถ้าตัวแปรตัวแรกมากตัวแปรตัวที่สองก็จะมากตาม แต่ถ้าตัวแปรตัวแรกน้อยตัวแปรตัวที่สองก็จะน้อยด้วย จะทำให้ระยะห่างยุคลิดที่คำนวณได้จะน้อย ในทำนองเดียวกันสาเหตุที่ตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อกัน คือหมายความว่าทิศทางของตัวแปรจะวิ่งไปในทางตรงข้ามกันทำให้ระยะห่างยุคลิดที่คำนวณได้สูงมากตาม

5.1.2 วิธี Expectation Maximization Algorithm (EM)

กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวต่ำ วิธี EM จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อร้อยละการสูญหายสูงและความสัมพันธ์ของการสูญหายระหว่างตัวแปรสูง สาเหตุมาจากเป็นวิธีการที่หาค่าประมาณภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดของพารามิเตอร์โดยกระบวนการทำซ้ำ ซึ่งถ้าข้อมูลมีการกระจายตัวต่ำการประมาณค่าพารามิเตอร์ซ้ำไปจะทำให้ลู่เข้าสู่คำตอบได้ดี ในทางตรงกันข้างกันจะตอบโจทย์ที่ว่าทำไมวิธี EM จะมีประสิทธิภาพแย่ที่สุดเมื่อข้อมูลมีการกระจายตัวสูง เพราะว่าการทำซ้ำที่มาขึ้นก็เป็นการเพิ่มเทอมความคาดเคลื่อนเข้าไปในแบบจำลองมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.3 วิธี Conditional Expected Regression Imputation (CERI)

กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวต่ำ วิธี CERI จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อร้อยละการสูญหายเป็น 20 ลงไปในทุกในทุกระดับความสัมพันธ์เชิงลบของตัวแปรที่เกิดการสูญหาย สาเหตุหลักมาจากการออกแบบกลไกการสูญหายของงานวิจัยนี้ที่ค่อนข้างส่งเสริมให้วิธีการนี้มีประสิทธิภาพสูง ก็คือการตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อกัน หมายความว่าทิศทางของตัวแปรจะวิ่งไปในทางตรงข้ามกัน ตัวแปรตัวแรกมากตัวแปรตัวที่สองก็จะน้อยทำให้โอกาสที่ตัวแปรจะหาย 2 ตัวพร้อมกันจะค่อนข้างต่ำ

ทำให้การเติมข้อมูลสูญหายด้วยค่าคาดหวังแบบมีเงื่อนไขก่อนจะส่งผลดี วิธี CERI ก็ยังคงเป็นวิธีการที่น่าสนใจจะศึกษาต่อเพราะยังมีหลายประเด็นที่ยังหาคำตอบที่แน่นอนได้ชัดเจน

5.1.4 วิธี Expected Regression Imputation (ERI)

กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวต่ำ วิธี ERI จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อร้อยละการสูญหายเป็น 20 ลงไปในทุกในระดับความสัมพันธ์กลางลงไปเชิงบวกของตัวแปรที่เกิดการสูญหาย สาเหตุหลักก็มาจากการออกแบบกลไกการสูญหายเช่นกัน ก็คือการตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกัน หมายความว่าทิศทางของตัวแปรจะวิ่งไปในทางเดียวกัน ถ้าตัวแปรตัวแรกมากตัวแปรตัวที่สองก็จะมากตาม ทำให้โอกาสที่ตัวแปรจะหาย 2 ตัวพร้อมกันจะสูง มันจะสอดคล้องกับผลที่ได้คือ วิธี ERI กับ วิธี CERI ให้ผลที่คล้ายกันมาก เนื่องจากถ้าตัวแปรมีการสูญหายพร้อมกันทั้ง 2 วิธีการมีการประมาณค่าที่เหมือนกันทุกประการ

5.1.5 วิธี Predictive Mean Matching Imputation (PMM)

ในงานวิจัยที่ผ่านมาก็ยังไม่พบกรณีไหนเลยที่วิธี PMM จะมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งผลของงานวิจัยนี้ก็ไม่ได้แตกต่างกันมากก็คือ วิธี PMM จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในกรณีที่คล้ายกับวิธี KNN ก็คือกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวต่ำและตัวแปรที่เกิดการสูญหายมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงต่อกัน ซึ่งจากหลักการวิธี PMMที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการย้ำว่าการประมาณค่าสูญหายโดยอาศัยหลักการหาความคล้ายคลึงก็เพียงพอแล้ว ที่นำไปประมาณค่าพารามิเตอร์เหมือนเป็นการเพิ่มเทอมความคาดเคลื่อนเข้าไปในแบบจำลองให้มากขึ้นโดยไม่จำเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 การเปรียบเทียบผลกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องคืองานวิจัยของ อุษณีย์ วงศ์อามาตย์[2] ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสูญหายในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุในกรณีที่ข้อมูลของตัวแปรตามเกิดการสูญหายแบบ Nonignorable และงานวิจัยของ วริษฐา กณิกนันต์[3] ในกรณีที่ข้อมูลของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระเกิดการสูญหาย ผลการวิจัยที่มีความสอดคล้องกันคือ วิธี EM จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อข้อมูลมีการกระจายตัวต่ำ(ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 10) ร้อยละการสูญหาย 30 และความสัมพันธ์ของการสูญหายระหว่างตัวแปรสูง(ระดับ Nonignorability สูง ในทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่ทำการศึกษา โดยความแตกต่างของทั้ง 2 งานวิจัยข้างต้นกับงานวิจัยนี้คือ งานวิจัยนี้ถ้าข้อมูลมีการกระจายตัวสูง (ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่า

เท่ากับ 30 และ 90) วิธี KNN จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกกรณีที่ศึกษา แต่งานวิจัยทั้ง 2 งานวิจัยข้างต้นวิธี KNN จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อร้อยละการสูญหาย 20 ลงไปในทุกความสัมพันธ์ของการสูญหายระหว่างตัวแปร แถมงานวิจัยทั้ง 2 ข้างต้นไม่มีกรณีศึกษาที่วิธี PMMมีประสิทธิภาพสูงสุดและไม่มีวิธีการประมาณค่าสูญหายวิธี ERI กับ วิธี CERI

5.3 ข้อเสนอแนะแนว

ผู้วิจัยได้แบ่งข้อเสนอแนะของงานวิจัยครั้งนี้ออกเป็น 2 ด้านดังต่อไปนี้

5.3.1 ด้านแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์

แนวทางในการนำวิธีการประมาณค่าสูญหายจากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้หากเกิดปัญหาข้อมูลสูญหาย จำเป็นต้องทำการตัดสินใจดำเนินการระหว่างการพิจารณาเลือกใช้เฉพาะข้อมูลส่วนสมบูรณ์หรือเลือกแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยวิธีการต่างๆ มีขั้นตอนดังนี้ ลำดับแรกพิจารณาจากลักษณะการสูญหายว่าเกิดขึ้นอย่างสุ่มหรือไม่ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการแบ่งข้อมูล โดยให้แต่ละช่วงมีความน่าจะเป็นในการเกิดเท่ากันด้วยการอาศัยเปอร์เซ็นต์ไทล์การแจกแจงที่แท้จริง และทำการทดสอบดูว่าการสูญหายในแต่ละกลุ่มมีความน่าจะเป็นเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไหม ถ้าเกิดนัยสำคัญทางสถิติสามารถอ้างอิงผลจากงานวิจัยนี้ได้ แต่ถ้าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติผลการวิจัยนี้ไม่สามารถอ้างอิงได้ถูกต้องทั้งหมดแต่ก็สามารถใช้ประกอบการตัดสินใจได้ ลำดับต่อมา ควรทำการตรวจสอบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความคลาดเคลื่อนมากน้อยขนาดไหน รูปแบบและระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับร้อยละของการสูญหายของข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกวิธีการประมาณค่าสูญหายที่เหมาะสม โดยงานวิจัยนี้ขอแนะนำวิธีการประมาณค่าสูญหายที่คิดว่าเหมาะสมในกรณีต่างๆ ที่อ้างอิงจากผลการวิจัย อย่างไรก็ตามวิธีที่แนะนำก็อาจจะไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมอไปแต่ก็สามารถใช้อ้างอิงเพื่อประกอบการตัดสินใจต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.2 แสดงวิธีการที่แนะนำในกรณีศึกษาต่างๆ เมื่อตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนใกล้เคียงกัน

การกระจายตัวแปร	รูปแบบความสัมพันธ์ตัวแปรอิสระ	ระดับความสัมพันธ์ตัวแปรอิสระ	ร้อยละการสูญหายของตัวแปร		
			10	20	30
ต่ำ	เชิงบวก	สูง	KNN	KNN	EM
		ปานกลาง	ERI	ERI	EM
		ต่ำ	ERI	ERI	EM
	เชิงลบ	สูง	CERI	CERI	EM
		ปานกลาง	CERI	EM	EM
		ต่ำ	CERI	EM	EM
กลางหรือสูง	เชิงบวก	สูง	KNN	KNN	KNN
		ปานกลาง	KNN	KNN	KNN
		ต่ำ	KNN	KNN	KNN
	เชิงลบ	สูง	KNN	KNN	KNN
		ปานกลาง	KNN	KNN	KNN
		ต่ำ	KNN	KNN	KNN

ตารางที่ 5.3 แสดงวิธีการที่แนะนำในกรณีศึกษาต่างๆ เมื่อตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนต่างกันมาก

การกระจายตัวแปร	รูปแบบความสัมพันธ์ตัวแปรอิสระ	ระดับความสัมพันธ์ตัวแปรอิสระ	ร้อยละการสูญหายของตัวแปร		
			10	20	30
ต่ำ	เชิงบวก	สูง	KNN	KNN	EM
		ปานกลาง	ERI	ERI	EM
		ต่ำ	ERI	ERI	EM
	เชิงลบ	สูง	CERI	CERI	EM
		ปานกลาง	CERI	EM	EM
		ต่ำ	CERI	EM	EM
กลางหรือสูง	เชิงบวก	สูง	KNN	KNN	KNN
		ปานกลาง	KNN	KNN	KNN
		ต่ำ	KNN	KNN	KNN
	เชิงลบ	สูง	KNN	KNN	KNN
		ปานกลาง	KNN	KNN	KNN
		ต่ำ	KNN	KNN	KNN

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.3.2 ด้านแนวทางการศึกษาวิจัย

จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากรณีเฉพาะบางกรณีเท่านั้นซึ่งในความเป็นจริงแล้วปัญหาที่พบอาจจะอยู่นอกเหนือจากขอบเขตและข้อสรุปของงานวิจัยนี้ เช่น ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross Section Data) ซึ่งตัวแปรทุกตัวเป็นข้อมูลเชิงปริมาณเท่านั้น ในแต่ล่ะกรณีที่ศึกษาความน่าจะเป็นในการสูญหายของตัวแปรทั้ง 2 ยังมีขนาดเท่ากันและการสูญหายของข้อมูลยังเกิดขึ้นที่ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันเท่านั้น ควรศึกษาเพิ่มเติมในกรณีที่ข้อมูลเป็นอนุกรมเวลา (Time Series Data) และการสูญหายของชุดข้อมูลที่มีทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณที่มีความสัมพันธ์กันด้วย เพื่อศึกษาว่าการเปลี่ยนแปลงของเวลาจะส่งผลกระทบต่อค่าสูญหายและวิธีการประมาณค่าสูญหายหรือไม่ ส่วนวิธีการที่ใช้ในการประมาณค่าสูญหายอาจมีการปรับเปลี่ยน ตามความเหมาะสมของชุดข้อมูลที่ได้ทำการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. แสงสุวรรณ, จ., การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสูญหายในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ, in วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. 2551, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.: กรุงเทพฯ. p. 98 หน้า.
2. วงศ์อามาตย์, อ., การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิลในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุ, in วิทยานิพนธ์ปริญญา สถิติศาสตร์มหาบัณฑิต. 2555, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพ. p. 104 หน้า.
3. กณิกนันต์, ว., การเปรียบเทียบวิธีการประมาณสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุเมื่อตัวแปร ตามและตัวแปรอิสระมีการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล. การประชุมหาดใหญ่วิชาการครั้งที่ 4, 2556. ภ: p. หน้า 43-49.
4. สระโสม, ส. and ธ. มยุรีสวรรค์., การเปรียบเทียบวิธีการเติมข้อมูลสูญหายในตัวแปรตามที่เกิดการสูญหายแบบสุ่ม สำหรับการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ. **KKU Science Journal**, 2562. 47(4): p. 737-748.
5. **Parsitwattanasaree, P.** and **S. Parsitwattanasaree.**, ***Missing data and Management.*** . **Biostatistics Journal**, 2006. **Vol.**4: p. 52-61.
6. Vriens, M. and E. Melton, *Managing missing data.* Marketing Research, 2002. 14(3): p. 12.
7. เจียวคุณ, พ., การวิเคราะห์การถดถอย. 2550, เชียงใหม่.
8. ดรุงค์วัฒนา, ส., ***Regression Models: Analytics-based Approach,***. 2558, กรุงเทพมหานคร.
9. Jönsson, P. and C. Wohlin, *Benchmarking k-nearest neighbour imputation with homogeneous Likert data.* Empirical Software Engineering, 2006. 11: p. 463-489.
10. Little, R.J. and D.B. Rubin, *Statistical analysis with missing data (Vol.* 793). 2019, John Wiley & Sons Hoboken, New Jersey.
11. ลิ่มชูเชื้อ, ว., การเปรียบเทียบวิธีการใส่ค่าสูญหาย ในตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุ เมื่อร้อยละการสูญหายของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระต่างกัน สำหรับการสูญหายแบบนอนอิกนอร์เรเบิล, in วิทยานิพนธ์ปริญญา. 2557, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ. p. 104 หน้า.
12. Kleinke, K., *Multiple imputation by predictive mean matching when sample size is small.* Methodology, 2018.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายละเอียดของโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการจำลองข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าสูญหายแบบต่างๆโดยใช้โปรแกรมR ซึ่งมีคำสั่งดังต่อไปนี้

Packages

```
library(readxl)
library(dplyr)
library(data.table)
library(tidyverse)
library(lsa)
library(tictoc)
```

Read file Data from Excel sheets

```
# Name file or path file
name_file <- "Data_Thesis.xlsx"
list_df <- list()
sheets <- readxl::excel_sheets(name_file)
for(name in sheets){
  tibble <- read_excel(name_file, sheet = name)
  data_frame <- as.data.frame(tibble)
  list_df[[name]] <- data_frame}
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Simulation Complete Data

```
DATA.Comp <- list()
for(type in types){
    filter_type <- list_df$Sum_variance['type'] == type
    if(type == "Equal"){
        varx3 <- 300
        type_index = 1}
    if(type == "Unequal"){
        varx3 <- 500
        type_index = 2}
```

```
    DATA.Comp_corr <- list()
    for(corr in correlations){
        if(corr == 0.8){corr_index = 1}
        if(corr == 0.5){corr_index = 2}
        if(corr == 0.2){corr_index = 3}
        if(corr == -0.8){corr_index = 4}
        if(corr == -0.5){corr_index = 5}
        if(corr == -0.2){corr_index = 6}
        filter_corr <- list_df$Sum_variance['Corr'] == corr
        DATA.Comp_error <- list()
        for(var in var_e){
            if(var == 100){var_index = 1}
            if(var == 900){var_index = 2}
            if(var == 8100){var_index = 3}
            DATA.Comp_size <- list()
            for(size in sizes){
                if(size == 30){size_index = 1}
                if(size == 50){size_index = 2}
                if(size == 100){size_index = 3}
                if(size == 200){size_index = 4}
                DATA.Comp_round <- list()
                tic("time: round")
                for(round in 1:N){
                    # Create Variable z1,z2,z3
                    # z1,z2,z3~N(0,1)
                    z1 <- rnorm(size,0,1)
                    z2 <- rnorm(size,0,1)
                    z3 <- rnorm(size,0,1)
                    # Set a,b,c,d
                    a <- as.numeric(list_df$Constant[filter_type
& filter_corr][3])
```

```
                    b <- as.numeric(list_df$Constant[filter_type
& filter_corr][4])

                    c <- as.numeric(list_df$Constant[filter_type
& filter_corr][5])

                    d <- as.numeric(list_df$Constant[filter_type
& filter_corr][6])

                    # Create Variable X

                    # x1~N(0,a^2+b^2)

                    x1 <- a*z1 + b*z2

                    # x1~N(0,a^2+b^2)

                    x2 <- c*z2 + d*z3

                    # x3~N(0,var(x3))

                    x3 <- rnorm(size,0,sqrt(varx3))

                    # Create error dependent variable

                    e <- rnorm(size,0,sqrt(var_e))

                    # Sum variance

                    sumvar <-
as.numeric(list_df$Sum_variance[filter_type & filter_corr][3])

                    # Adjust Sum variance

                    adjust_sumvar <- sqrt(900/sumvar)

                    # Create Variable y

                    # y~N(42,900)

                    y <- 42 + adjust_sumvar*(x1+x2+x3) + e

                    data.complete <- data.frame(x1,x2,x3,e,y)

                    DATA.Comp_round[[round]] <- data.complete

                    toc(log = TRUE)}

                DATA.Comp_size[[size_index]] <- DATA.Comp_round}

            names(DATA.Comp_size) <-
c('Size30','Size50','Size100','Size200')

            DATA.Comp_error[[var_index]] <- DATA.Comp_size}

        names(DATA.Comp_error) <-
c('Var_e100','Var_e900','Var_e8100')

        DATA.Comp_corr[[corr_index]] <- DATA.Comp_error}
```

```
    names(DATA.Comp_corr) <-
c('Corr_Pos_high','Corr_Pos_mid','Corr_Pos_low',

'Corr_Neg_high','Corr_Neg_mid','Corr_Neg_low')

    DATA.Comp[[type_index]] <- DATA.Comp_corr}

toc(log = TRUE)

names(DATA.Comp) <- c('Equal','Unequal')
```

Simulation Missing Data

```
sizes <- length(DATA.Comp)

rounds <- length(DATA.Comp[[1]])


DATA.Miss <- list()

for(n_size in 1:sizes){

    DATA.Miss_round <- list()

    for(n_round in 1:rounds){

        DATA.Miss_Avgmiss <- list()

        for(avg_miss in 1:9){

            data <- DATA.Comp[[n_size]][[n_round]]

            x1 <- data$x1

            x2 <- data$x2

            cutof_x1 <- list()

            cutof_x2 <- list()

            for(cut in 1:4){

                cutof_x1[[cut]] <- mean(x1)+(qnorm(cut/5)*sd(x1))

                cutof_x2[[cut]] <- mean(x2)+(qnorm(cut/5)*sd(x2))

            }

            data$interval_x1 <- cut(x1, breaks = c(min(x1)-0.1,

cutof_x1[[1]],cutof_x1[[2]],

cutof_x1[[3]],cutof_x1[[4]],
```

```
                                        max(x1)+0.1),labels =
c("1", "2", "3","4","5"))
          data$interval_x2 <- cut(x2, breaks = c(min(x2)-0.1,
cutof_x2[[1]],cutof_x2[[2]],
cutof_x2[[3]],cutof_x2[[4]],
                                        max(x2)+0.1),labels =
c("1", "2", "3","4","5"))
           missing_x1 <- c()
           missing_x2 <- c()
           index_miss_x1 <- c()
           index_miss_x2 <- c()
           for(interval in 1:5){
               interval_x1 <- data[data$interval_x1 ==
interval,]
               interval_x2 <- data[data$interval_x2 ==
interval,]
               sizex1_interval <- length(interval_x1$x1)
               sizex2_interval <- length(interval_x2$x2)
               prob_miss <-
list_df$Prob_Missing[[2+interval]][[avg_miss]]
               prob_given_miss <-
list_df$Prob_Given_Missing[[2+interval]][[avg_miss]]
               binom_x1 <- rbinom(sizex1_interval,1,prob_miss)
               binom_x2 <- rbinom(sizex2_interval,1,prob_miss)
               binom_given_x1 <-
rbinom(sizex1_interval,1,prob_given_miss)
               binom_given_x2 <-
rbinom(sizex2_interval,1,prob_given_miss)
               final_binom_x2 <-
ifelse(binom_given_x1==0,0,ifelse(binom_x1==0,rbinom(1,1,0.5),1))
               missing_x2 <- c(missing_x2,final_binom_x2)
               final_binom_x1 <-
ifelse(binom_given_x2==0,0,ifelse(binom_x2==0,rbinom(1,1,0.5),1))
               missing_x1 <- c(missing_x1,final_binom_x1)
```

```
                index_miss_x1 <-
c(index_miss_x1,as.numeric(rownames(interval_x1)))

                index_miss_x2 <-
c(index_miss_x2,as.numeric(rownames(interval_x2)))}

            df_missx1 <- data.frame(index_miss_x2,missing_x1)

            df_missx2 <- data.frame(index_miss_x1,missing_x2)

            df_missx1 <-
df_missx1[order(df_missx1$index_miss_x2),]

            df_missx2 <-
df_missx2[order(df_missx2$index_miss_x1),]

            data$x1[which(df_missx1$missing_x1 == 1)] <- NA

            data$x2[which(df_missx2$missing_x2 == 1)] <- NA

            DATA.Miss_Avgmiss[[avg_miss]] <- data}

       DATA.Miss_round[[n_round]] <- DATA.Miss_Avgmiss}

    DATA.Miss[[n_size]] <- DATA.Miss_round}
```

Estimatemiss

```
Allresult_ERI <- function(Dataset){

    df_ERI <- Dataset

    Data_use_ERI <- df_ERI[,1:5]

    Data_use_ERI <- Data_use_ERI[,-4]


    #  แบ่งข้อมูลออกเป็น ชุดที่สมบูรณ์กับชุดข้อมูลสูญหาย

    splitmiss <- split(Data_use_ERI,complete.cases(Data_use_ERI))

    compltdata <- splitmiss[[2]]

    missdata <- splitmiss[[1]]


    index.x1miss <- which(is.na(Data_use_ERI$x1))

    index.x2miss <- which(is.na(Data_use_ERI$x2))

    miss_union <- union(index.x1miss,index.x2miss)
```

```
# กรณีที่ 1 เกิดการสูญหายที่ x1 เท่านั้น
miss_x1only <- setdiff(miss_union,index.x2miss)
# กรณีที่ 2 เกิดการสูญหายที่ x2 เท่านั้น
miss_x2only <- setdiff(miss_union,index.x1miss)
# กรณีที่ 3 เกิดการสูญหายที่ x1 x2 พร้อมกัน
miss_x1andx2 = dplyr::intersect(index.x1miss,index.x2miss)

per_miss <- length(miss_union)/length(Data_use_ERI$y)

Data_Mean_imput <- Data_use_ERI
# เติมข้อมูลสูญหายด้วย mean ของชุดสมบูรณ์(Mean Imputation)
Data_Mean_imput$x1[index.x1miss] <- mean(compltdata$x1)
Data_Mean_imput$x2[index.x2miss] <- mean(compltdata$x2)

# นำข้อมูลส่วนสมบูรณ์มาหาสัมประสิทธิ์การถดถอย
lm_begin <- lm(y~.,Data_Mean_imput)
beta0 = lm_begin$coefficients[[1]]
beta1 = lm_begin$coefficients[[2]]
beta2 = lm_begin$coefficients[[3]]
beta3 = lm_begin$coefficients[[4]]

result_ERI <- Data_use_ERI

for(index in miss_union){
    y <- result_ERI$y[index]
    x3 <- result_ERI$x3[index]
    if(index %in% miss_x1only){
        x2 <- result_ERI$x2[index]
        x1_hat <- (y-beta0-(x2*beta2)-(x3*beta3))/beta1
        result_ERI$x1[index] <- x1_hat
```

```
        }
    if(index %in% miss_x2only){
        x1 <- result_ERI$x1[index]
        x2_hat <- (y-beta0-(x1*beta1)-(x3*beta3))/beta2
        result_ERI$x2[index] <- x2_hat
        }
    if(index %in% miss_x1andx2){
        lm_miss_case3 <- lm(x2~x1,Data_Mean_imput)
        alpha0 <- lm_miss_case3$coefficients[[1]]
        alpha1 <- lm_miss_case3$coefficients[[2]]
        top <- y-beta0-(x3*beta3)-(beta2*alpha0)
        under = beta1 + (alpha1*beta2)
        x1_hat <- top/under
        x2_hat <- alpha0+(alpha1*x1_hat)
        result_ERI$x1[index] <- x1_hat
        result_ERI$x2[index] <- x2_hat
    }
}
y_true <- df_ERI[,5] - df_ERI[,4]
lm_OLS <- lm(y~.,result_ERI)
y_hat <- lm_OLS$fitted.values
SE <- (y_hat-y_true)^2
MSE <- mean(SE)

beta_true <- c(42,1,1,1)
all_beta <- lm_OLS$coefficients
SE_beta <- (all_beta-beta_true)^2
MSE_beta <- mean(SE_beta)
return_result <- list(miss_union,
                      per_miss,
```

```
                            all_beta,
                            MSE_beta,
                            y_true,
                            y_hat,
                            SE,
                            MSE,
                            result_ERI)
    return(return_result)
}
Allresult_CERI <- function(Dataset){
    df_CERI <- Dataset
    Data_use_CERI <- df_CERI[,1:5]
    Data_use_CERI <- Data_use_CERI[,-4]

    # แบ่งข้อมูลออกเป็น ชุดที่สมบูรณ์กับชุดข้อมูลสูญหาย
    splitmiss <-
split(Data_use_CERI,complete.cases(Data_use_CERI))
    compltdata <- splitmiss[[2]]

    index.x1miss <- which(is.na(Data_use_CERI$x1))
    index.x2miss <- which(is.na(Data_use_CERI$x2))
    miss_union <- union(index.x1miss,index.x2miss)
    # กรณีที่ 1 เกิดการสูญหายที่ x1 เท่านั้น
    miss_x1only <- setdiff(miss_union,index.x2miss)
    # กรณีที่ 2 เกิดการสูญหายที่ x2 เท่านั้น
    miss_x2only <- setdiff(miss_union,index.x1miss)
    # กรณีที่ 3 เกิดการสูญหายที่ x1 x2 พร้อมกัน
    miss_x1andx2 = dplyr::intersect(index.x1miss,index.x2miss)

    Data_Conexp_imput <- Data_use_CERI
```

```
    per_miss <- length(miss_union)/length(Data_use_CERI$y)


    Data_Conexp_imput <- Data_use_CERI


    # คำนวณ Condition Expection จากข้อมูลชุดสมบูรณ์

    ro <-  cor.test(compltdata$x1,compltdata$x2,method =
"pearson")$estimate[[1]]

    sd_x1 <- sd(compltdata$x1)

    sd_x2 <- sd(compltdata$x2)

    mean_x1 <- mean(compltdata$x1)

    mean_x2 <- mean(compltdata$x2)

    for(index in miss_union){

        if(index %in% miss_x1only){

            x2 <- Data_Conexp_imput$x2[index]

            part_x2 <- (x2-mean_x2)/sd_x2

            # x1 given x2

            cond_exp_x1 <- mean_x1 + (sd_x1*ro*part_x2)

            Data_Conexp_imput$x1[index] <- cond_exp_x1

        }

        if(index %in% miss_x2only){

            x1 <- Data_Conexp_imput$x1[index]

            part_x1 <- (x1-mean_x1)/sd_x1

            # x2 given x1

            cond_exp_x2 <- mean_x2 + (sd_x2*ro*part_x1)

            Data_Conexp_imput$x2[index] <- cond_exp_x2

        }

        # ทดลองใช้mean ไปก่อน

        if(index %in% miss_x1andx2){

            # x3 <- Data_Conexp_imput$x3[index]
```

```
            # part_x3 <- (x3-
mean(Data_use_CERI$x3))/sd(Data_use_CERI$x3)
            # cond_exp_x1 <- mean_x1 + (sd_x1*ro*part_x3)
            # cond_exp_x2 <- mean_x2 + (sd_x2*ro*part_x3)
            Data_Conexp_imput$x1[index] <- mean_x1
            Data_Conexp_imput$x2[index] <- mean_x2
        }
    }

    lm_begin <- lm(y~.,Data_Conexp_imput)
    beta0 = lm_begin$coefficients[[1]]
    beta1 = lm_begin$coefficients[[2]]
    beta2 = lm_begin$coefficients[[3]]
    beta3 = lm_begin$coefficients[[4]]

    result_CERI <- Data_use_CERI

    for(index in miss_union){
        y <- result_CERI$y[index]
        x3 <- result_CERI$x3[index]
        if(index %in% miss_x1only){
            x2 <- result_CERI$x2[index]
            x1_hat <- (y-beta0-(x2*beta2)-(x3*beta3))/beta1
            result_CERI$x1[index] <- x1_hat
            }
        if(index %in% miss_x2only){
            x1 <- result_CERI$x1[index]
            x2_hat <- (y-beta0-(x1*beta1)-(x3*beta3))/beta2
            result_CERI$x2[index] <- x2_hat
            }
        if(index %in% miss_x1andx2){
```

```
        lm_miss_case3 <- lm(x2~x1,Data_Conexp_imput)
        alpha0 <- lm_miss_case3$coefficients[[1]]
        alpha1 <- lm_miss_case3$coefficients[[2]]
        top <- y-beta0-(x3*beta3)-(beta2*alpha0)
        under = beta1 + (alpha1*beta2)
        x1_hat <- top/under
        x2_hat <- alpha0+(alpha1*x1_hat)
        result_CERI$x1[index] <- x1_hat
        result_CERI$x2[index] <- x2_hat
    }
}
y_true <- df_CERI[,5] - df_CERI[,4]
lm_OLS <- lm(y~.,result_CERI)
y_hat <- lm_OLS$fitted.values
SE <- (y_hat-y_true)^2
MSE <- mean(SE)

beta_true <- c(42,1,1,1)
all_beta <- lm_OLS$coefficients
SE_beta <- (all_beta-beta_true)^2
MSE_beta <- mean(SE_beta)
return_result <- list(miss_union,
                      per_miss,
                      all_beta,
                      MSE_beta,
                      y_true,
                      y_hat,
                      SE,
                      MSE,
                      result_CERI)
```

```
    return(return_result)
}
Allresult_KNN <- function(Dataset){
    df_KNN <- Dataset
    Data_use_KNN <- df_KNN[,1:5]
    Data_use_KNN <- Data_use_KNN[,-4]

    # แบ่งข้อมูลออกเป็น ชุดที่สมบูรณ์กับชุดข้อมูลสูญหาย
    splitmiss <- split(Data_use_KNN,complete.cases(Data_use_KNN))
    compltdata <- splitmiss[[2]]
    missdata <- splitmiss[[1]]

    index.x1miss <- which(is.na(Data_use_KNN$x1))
    index.x2miss <- which(is.na(Data_use_KNN$x2))
    miss_union <- union(index.x1miss,index.x2miss)

    per_miss <- length(miss_union)/length(Data_use_KNN$y)

    # การคำนวณค่า k ที่เหมาะสม
    int.m <- round(sqrt(length(compltdata)))
    if((int.m %% 2) == 1){
        k <- int.m
        }
        else{
            k <- int.m+1
            }

    result_KNN <- Data_use_KNN

    for(index in miss_union){
```

```
        target <- as.numeric(Data_use_KNN[index,])
        col_miss <- which(is.na(target))
        d <- t(t(compltdata[,-col_miss]) - target[-col_miss])
        d2 <- rowSums(d^2)
        d2_rank <- rank(d2,ties.method = 'max')
        select <- d2_rank <= min(d2_rank[d2_rank>=k])

        if(length(col_miss)>1){
            result_KNN[index,col_miss] <-
colMeans(compltdata[select,col_miss])
            }
            else{
                result_KNN[index,col_miss] <-
mean(compltdata[select,col_miss])
                }
    }
    y_true <- df_KNN[,5] - df_KNN[,4]
    lm_OLS <- lm(y~.,result_KNN)
    y_hat <- lm_OLS$fitted.values
    SE <- (y_hat-y_true)^2
    MSE <- mean(SE)

    beta_true <- c(42,1,1,1)
    all_beta <- lm_OLS$coefficients
    SE_beta <- (all_beta-beta_true)^2
    MSE_beta <- mean(SE_beta)
    return_result <- list(miss_union,
                          per_miss,
                          all_beta,
                          MSE_beta,
                          y_true,
```

```
                              y_hat,
                              SE,
                              MSE,
                              result_KNN)
    return(return_result)
}
Allresult_EM <- function(Dataset){
    df_EM <- Dataset
    Data_use_EM <- df_EM[,1:5]
    Data_use_EM <- Data_use_EM[,-4]

    # แบ่งข้อมูลออกเป็น ชุดที่สมบูรณ์กับชุดข้อมูลสูญหาย
    splitmiss <- split(Data_use_EM,complete.cases(Data_use_EM))
    compltdata <- splitmiss[[2]]
    missdata <- splitmiss[[1]]

    index.x1miss <- which(is.na(Data_use_EM$x1))
    index.x2miss <- which(is.na(Data_use_EM$x2))
    miss_union <- union(index.x1miss,index.x2miss)

    # กรณีที่ 1 เกิดการสูญหายที่ x1 เท่านั้น
    miss_x1only <- setdiff(miss_union,index.x2miss)
    # กรณีที่ 2 เกิดการสูญหายที่ x2 เท่านั้น
    miss_x2only <- setdiff(miss_union,index.x1miss)
    # กรณีที่ 3 เกิดการสูญหายที่ x1 x2 พร้อมกัน
    miss_x1andx2 = dplyr::intersect(index.x1miss,index.x2miss)

    per_miss <- length(miss_union)/length(Data_use_EM$y)

    # # E-step รอบที่ 0 เติมข้อมูลสูญหายด้วย mean ของชุดสมบูรณ์(Mean Imputation)
```

```
    Data_Mean_imput <- Data_use_EM
    Data_Mean_imput$x1[index.x1miss] <- mean(compltdata$x1)
    Data_Mean_imput$x2[index.x2miss] <- mean(compltdata$x2)

    # M-step รอบที่ 0 หาสัมประสิทธ์การถดถอยไปใช้ประมาณใน E-step รอบที่ 1
    lm_round_0 <- lm(y~.,Data_Mean_imput)
    allbeta_round_0 <- lm_round_0$coef
    # การเตรียมตรวจการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธ์การถดถอย
    beta_check <- c(allbeta_round_0,max_diff=NA)
    # การกำหนดค่า beta แต่ละตัว
    beta0_round_0 <- allbeta_round_0[[1]]
    beta1_round_0 <- allbeta_round_0[[2]]
    beta2_round_0 <- allbeta_round_0[[3]]
    beta3_round_0 <- allbeta_round_0[[4]]

    # E-step รอบที่ 1
    result <- Data_use_EM
    for(index in miss_union){
        y <- result$y[index]
        x3 <- result$x3[index]
        if(index %in% miss_x1only){
            x2 <- result$x2[index]
            top <- y-beta0_round_0-(x2*beta2_round_0)-
(x3*beta3_round_0)
            x1_hat <- top/beta1_round_0
            result$x1[index] <- x1_hat
            }
        if(index %in% miss_x2only){
            x1 <- result$x1[index]
            top <- (y-beta0_round_0-(x1*beta1_round_0)-
(x3*beta3_round_0))
```

```
            x2_hat <- top/beta2_round_0
            result$x2[index] <- x2_hat
            }
        if(index %in% miss_x1andx2){
            lm_miss_case3 <- lm(x2~x1,Data_Mean_imput)
            alpha0 <- lm_miss_case3$coefficients[[1]]
            alpha1 <- lm_miss_case3$coefficients[[2]]
            top <- y-beta0_round_0-(x3*beta3_round_0)-
(beta2_round_0*alpha0)
            under = beta1_round_0 + (alpha1*beta2_round_0)
            x1_hat <- top/under
            x2_hat <- alpha0+(alpha1*x1_hat)
            result$x1[index] <- x1_hat
            result$x2[index] <- x2_hat
            }
    }

    # M-step รอบที่ 1
    lm_round_1 <- lm(y~.,result)
    allbeta_round_1 <- lm_round_1$coef
    beta0_round_1 <- allbeta_round_1[[1]]
    beta1_round_1 <- allbeta_round_1[[2]]
    beta2_round_1 <- allbeta_round_1[[3]]
    beta3_round_1 <- allbeta_round_1[[4]]
    # การเตรียมตัวคำนวณตัวหยุด
    dif <- max(abs(allbeta_round_1-allbeta_round_0))
    beta_check <-
rbind(beta_check,c(allbeta_round_1,max_diff=dif))

    tol = 0.01
    round_inter = 1000
```

```
    while(dif>tol & nrow(beta_check)<=round_inter){
        allbeta_round_2 <- allbeta_round_1
        beta0_round_2 <- allbeta_round_2[[1]]
        beta1_round_2 <- allbeta_round_2[[2]]
        beta2_round_2 <- allbeta_round_2[[3]]
        beta3_round_2 <- allbeta_round_2[[4]]

        for(index in miss_union){
            y <- result$y[index]
            x3 <- result$x3[index]
            if(index %in% miss_x1only){
                x2 <- result$x2[index]
                top <- y-beta0_round_2-(x2*beta2_round_2)-
(x3*beta3_round_2)
                x1_hat <- top/beta1_round_2
                result$x1[index] <- x1_hat
                }
            if(index %in% miss_x2only){
                x1 <- result$x1[index]
                top <- (y-beta0_round_2-(x1*beta1_round_2)-
(x3*beta3_round_2))
                x2_hat <- top/beta2_round_2
                result$x2[index] <- x2_hat
                }
            if(index %in% miss_x1andx2){
                lm_miss_case3 <- lm(x2~x1,result)
                alpha0 <- lm_miss_case3$coefficients[[1]]
                alpha1 <- lm_miss_case3$coefficients[[2]]
                top <- y-beta0_round_2-(x3*beta3_round_2)-
(beta2_round_2*alpha0)
                under = beta1_round_2 + (alpha1*beta2_round_2)
                x1_hat <- top/under
```

```
                x2_hat <- alpha0+(alpha1*x1_hat)
                result$x1[index] <- x1_hat
                result$x2[index] <- x2_hat
                }
        }
        lm_round_2 <- lm(y~.,result)
        allbeta_round_1 <- lm_round_2$coef
        dif <- max(abs(allbeta_round_1-allbeta_round_2))
        beta_check <-
rbind(beta_check,c(allbeta_round_1,max_diff=dif))
    }
    y_true <- df_EM[,5] - df_EM[,4]
    lm_OLS <- lm(y~.,result)
    y_hat <- lm_OLS$fitted.values
    SE <- (y_hat-y_true)^2
    MSE <- mean(SE)

    beta_true <- c(42,1,1,1)
    all_beta <- lm_OLS$coefficients
    SE_beta <- (all_beta-beta_true)^2
    MSE_beta <- mean(SE_beta)
    return_result <- list(miss_union,
                          per_miss,
                          all_beta,
                          MSE_beta,
                          y_true,
                          y_hat,
                          SE,
                          MSE,
                          result,
                          beta_check)
```

```
    return(return_result)
}
Allresult_PMM <- function(Dataset){
    df_PMM <- Dataset
    Data_use_PMM <- df_PMM[,1:5]
    Data_use_PMM <- Data_use_PMM[,-4]

    # แบ่งข้อมูลออกเป็น ชุดที่สมบูรณ์กับชุดข้อมูลสูญหาย
    splitmiss <- split(Data_use_PMM,complete.cases(Data_use_PMM))
    compltdata <- splitmiss[[2]]
    missdata <- splitmiss[[1]]

    # compltdata
    index.x1miss <- which(is.na(Data_use_PMM$x1))
    index.x2miss <- which(is.na(Data_use_PMM$x2))
    miss_union <- union(index.x1miss,index.x2miss)
    # กรณีที่ 1 เกิดการสูญหายที่ x1 เท่านั้น
    miss_x1only <- setdiff(miss_union,index.x2miss)
    # กรณีที่ 2 เกิดการสูญหายที่ x2 เท่านั้น
    miss_x2only <- setdiff(miss_union,index.x1miss)
    # กรณีที่ 3 เกิดการสูญหายที่ x1 x2 พร้อมกัน
    miss_x1andx2 = dplyr::intersect(index.x1miss,index.x2miss)

    per_miss <- length(miss_union)/length(Data_use_PMM$y)

    Data_NN_imput <- Data_use_PMM

    k <- round(sqrt(nrow(compltdata)))
    for(index in miss_union){
        target <- as.numeric(Data_use_PMM[index,])
```

```
        col_miss <- which(is.na(target))
        d <- t(t(compltdata[,-col_miss]) - target[-col_miss])
        d2 <- rowSums(d^2)
        d2_rank <- rank(d2,ties.method = 'max')
        select <- d2_rank <= min(d2_rank[d2_rank>=1])

        if(length(col_miss)>1){
            Data_NN_imput[index,col_miss] <-
colMeans(compltdata[select,col_miss])
            }
            else{
                Data_NN_imput[index,col_miss] <-
mean(compltdata[select,col_miss])
                }
    }

    lm_begin <- lm(y~.,Data_NN_imput)
    beta0 = lm_begin$coefficients[[1]]
    beta1 = lm_begin$coefficients[[2]]
    beta2 = lm_begin$coefficients[[3]]
    beta3 = lm_begin$coefficients[[4]]

    result_PMM <- Data_use_PMM

    for(index in miss_union){
        y <- result_PMM$y[index]
        x3 <- result_PMM$x3[index]
        if(index %in% miss_x1only){
            x2 <- result_PMM$x2[index]
            x1_hat <- (y-beta0-(x2*beta2)-(x3*beta3))/beta1
            result_PMM$x1[index] <- x1_hat
```

```
        }
    if(index %in% miss_x2only){
        x1 <- result_PMM$x1[index]
        x2_hat <- (y-beta0-(x1*beta1)-(x3*beta3))/beta2
        result_PMM$x2[index] <- x2_hat
        }
    if(index %in% miss_x1andx2){
        lm_miss_case3 <- lm(x2~x1,Data_NN_imput)
        alpha0 <- lm_miss_case3$coefficients[[1]]
        alpha1 <- lm_miss_case3$coefficients[[2]]
        under = beta1 + (alpha1*beta2)
        top <- y-beta0-(x3*beta3)-(beta2*alpha0)
        x1_hat <- top/under
        x2_hat <- alpha0+(alpha1*x1_hat)
        result_PMM$x1[index] <- x1_hat
        result_PMM$x2[index] <- x2_hat
        }
}
y_true <- df_PMM[,5] - df_PMM[,4]
lm_OLS <- lm(y~.,result_PMM)
y_hat <- lm_OLS$fitted.values
SE <- (y_hat-y_true)^2
MSE <- mean(SE)

beta_true <- c(42,1,1,1)
all_beta <- lm_OLS$coefficients
SE_beta <- (all_beta-beta_true)^2
MSE_beta <- mean(SE_beta)
return_result <- list(miss_union,
                      per_miss,
```

```
                            all_beta,
                            MSE_beta,
                            y_true,
                            y_hat,
                            SE,
                            MSE,
                            result_PMM)
    return(return_result)
}
```

Calculate AMSE

```
rounds <- length(DATA.Miss[[1]])
AMSE_RI <- c()
SDMSE_RI <- c()
AMSE_ERI <- c()
SDMSE_ERI <- c()
AMSE_CERI <- c()
SDMSE_CERI <- c()
AMSE_KNN <- c()
SDMSE_KNN <- c()
AMSE_EM <- c()
SDMSE_EM <- c()
AMSE_PMM <- c()
SDMSE_PMM <- c()
"time: round")
for(size in 1:3){
    for(miss in c(1,4,7,2,5,8,3,6,9)){
        MSE_RI <- c()
        MSE_ERI <- c()
        MSE_CERI <- c()
```

```
        MSE_KNN <- c()

        MSE_EM <- c()

        MSE_PMM <- c()

       for(round in 1:rounds){

            data_miss <- DATA.Miss[[size]][[round]][[miss]]

            split_data <-
split(data_miss,complete.cases(data_miss))

            if(length(split_data) == 2){

                MSE_RI <- c(MSE_RI,Allresult_RI(data_miss)[[8]])

                MSE_ERI <-
c(MSE_ERI,Allresult_ERI(data_miss)[[8]])

                MSE_CERI <-
c(MSE_CERI,Allresult_CERI(data_miss)[[8]])

                MSE_KNN <-
c(MSE_KNN,Allresult_KNN(data_miss)[[8]])

                MSE_EM <- c(MSE_EM,Allresult_EM(data_miss)[[8]])

                MSE_PMM <-
c(MSE_PMM,Allresult_PMM(data_miss)[[8]])}}

        AMSE_RI <- c(AMSE_RI,mean(MSE_RI))

        SDMSE_RI <- c(SDMSE_RI,sd(MSE_RI))

        AMSE_ERI <- c(AMSE_ERI,mean(MSE_ERI))

        SDMSE_ERI <- c(SDMSE_ERI,sd(MSE_ERI))

        AMSE_CERI <- c(AMSE_CERI,mean(MSE_CERI))

        SDMSE_CERI <- c(SDMSE_CERI,sd(MSE_CERI))

        AMSE_KNN <- c(AMSE_KNN,mean(MSE_KNN))

        SDMSE_KNN <- c(SDMSE_KNN,sd(MSE_KNN))

        AMSE_EM <- c(AMSE_EM,mean(MSE_EM))

        SDMSE_EM <- c(SDMSE_EM,sd(MSE_EM))

        AMSE_PMM <- c(AMSE_PMM,mean(MSE_PMM))

        SDMSE_PMM <- c(SDMSE_PMM,sd(MSE_PMM))

        toc(log = TRUE)}}

size <- c(rep(50,9),rep(100,9),rep(200,9))
```

```
miss_avg <- rep(c(0.1,0.2,0.3),9)

nonign_level <-
rep(c(rep(c('None'),3),rep(c('Mid'),3),rep(c('High'),3)),3)

df_AMSE <- data.frame(size,nonign_level,miss_avg,
                      AMSE_RI,SDMSE_RI,
                      AMSE_ERI,SDMSE_ERI,
                      AMSE_CERI,SDMSE_CERI,
                      AMSE_KNN,SDMSE_KNN,
                      AMSE_EM,SDMSE_EM,
                      AMSE_PMM,SDMSE_PMM)
```


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 1

ตารางที่ 6.1 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	18.5731	17.7200	***15.3250***	18.6511	17.8470	**KNN**
		0.2	30.2180	29.0488	***24.4524***	30.6627	29.2901	**KNN**
		0.3	41.7363	40.7952	***36.3646***	42.7910	40.9845	**KNN**
	Medium	0.1	27.0261	25.4682	***21.9028***	26.8894	25.6839	**KNN**
		0.2	44.5610	42.6349	***39.0010***	44.0641	42.3874	**KNN**
		0.3	60.4984	58.9422	60.9731	58.2411	***56.7387***	**PMM**
	High	0.1	39.8167	36.5946	***33.7917***	37.5904	36.2827	**KNN**
		0.2	63.2700	59.6874	66.6685	55.6681	***55.0719***	**PMM**
		0.3	88.2772	85.4180	115.6286	***68.3438***	70.1394	**EM**
100	None	0.1	14.6409	14.1858	***10.8336***	14.6762	14.2448	**KNN**
		0.2	26.2857	25.8183	***19.4149***	26.6816	25.8901	**KNN**
		0.3	38.3300	38.2510	***30.2675***	39.2628	38.2502	**KNN**
	Medium	0.1	23.0494	22.0826	***16.9274***	22.8251	22.1900	**KNN**
		0.2	40.7617	39.4416	***31.8475***	39.9139	39.0265	**KNN**
		0.3	56.9777	55.7789	***50.3138***	54.3807	53.5825	**KNN**
	High	0.1	36.0720	33.1967	***27.2017***	33.4122	32.7206	**KNN**
		0.2	59.8859	56.2846	54.0058	51.4307	***51.2618***	**PMM**
		0.3	86.0016	82.9815	92.6767	***64.6453***	66.1515	**EM**
200	None	0.1	12.6971	12.4878	***8.6534***	12.7516	12.5204	**KNN**
		0.2	24.2349	24.0988	***16.7486***	24.5201	24.1260	**KNN**
		0.3	36.3689	36.8304	***26.6350***	37.2899	36.7464	**KNN**
	Medium	0.1	21.3071	20.6165	***14.3109***	20.9734	20.6477	**KNN**
		0.2	38.8603	37.9259	***28.1523***	37.8511	37.4030	**KNN**
		0.3	55.5073	54.5457	***44.2245***	52.5159	52.1217	**KNN**
	High	0.1	34.4562	31.7649	***23.8074***	31.4372	31.1357	**KNN**
		0.2	58.9512	55.3306	***47.1006***	49.6846	49.7610	**KNN**
		0.3	84.6332	81.5602	76.9168	***62.6956***	63.7476	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.2 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0042	1.0525	***1.2170***	1.0000	1.0451	**KNN**
		0.2	1.0147	1.0556	***1.2540***	1.0000	1.0469	**KNN**
		0.3	1.0253	1.0489	***1.1767***	1.0000	1.0441	**KNN**
	Medium	0.1	0.9949	1.0558	***1.2277***	1.0000	1.0469	**KNN**
		0.2	0.9889	1.0335	***1.1298***	1.0000	1.0396	**KNN**
		0.3	0.9627	0.9881	0.9552	1.0000	***1.0265***	**PMM**
	High	0.1	0.9441	1.0272	***1.1124***	1.0000	1.0360	**KNN**
		0.2	0.8799	0.9327	0.8350	1.0000	***1.0108***	**PMM**
		0.3	0.7742	0.8001	0.5911	***1.0000***	0.9744	**EM**
100	None	0.1	1.0024	1.0346	***1.3547***	1.0000	1.0303	**KNN**
		0.2	1.0151	1.0334	***1.3743***	1.0000	1.0306	**KNN**
		0.3	1.0243	1.0265	***1.2972***	1.0000	1.0265	**KNN**
	Medium	0.1	0.9903	1.0336	***1.3484***	1.0000	1.0286	**KNN**
		0.2	0.9792	1.0120	***1.2533***	1.0000	1.0227	**KNN**
		0.3	0.9544	0.9749	***1.0808***	1.0000	1.0149	**KNN**
	High	0.1	0.9263	1.0065	***1.2283***	1.0000	1.0211	**KNN**
		0.2	0.8588	0.9138	0.9523	1.0000	***1.0033***	**PMM**
		0.3	0.7517	0.7790	0.6975	***1.0000***	0.9772	**EM**
200	None	0.1	1.0043	1.0211	***1.4736***	1.0000	1.0185	**KNN**
		0.2	1.0118	1.0175	***1.4640***	1.0000	1.0163	**KNN**
		0.3	1.0253	1.0125	***1.4000***	1.0000	1.0148	**KNN**
	Medium	0.1	0.9843	1.0173	***1.4656***	1.0000	1.0158	**KNN**
		0.2	0.9740	0.9980	***1.3445***	1.0000	1.0120	**KNN**
		0.3	0.9461	0.9628	***1.1875***	1.0000	1.0076	**KNN**
	High	0.1	0.9124	0.9897	***1.3205***	1.0000	1.0097	**KNN**
		0.2	0.8428	0.8980	***1.0549***	1.0000	0.9985	**KNN**
		0.3	0.7408	0.7687	0.8151	***1.0000***	0.9835	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.3 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	10.1525	9.4797	8.2940	9.9610	9.4755
		0.2	13.4649	12.9532	11.3762	13.3515	12.8441
		0.3	15.4718	15.4131	15.8920	15.7761	15.2262
	Medium	0.1	12.8700	12.0234	11.0225	12.4724	11.9718
		0.2	16.9065	16.4397	18.8069	16.2553	15.8914
		0.3	20.1407	20.1278	29.5630	18.3502	18.1948
	High	0.1	16.5845	15.5252	18.8534	15.2032	14.7711
		0.2	23.2751	22.8227	38.9884	18.1537	18.5192
		0.3	30.6138	31.5847	68.2076	19.1512	21.0038
100	None	0.1	6.8438	6.5906	4.9987	6.7817	6.5552
		0.2	9.3535	9.2035	7.4179	9.3770	9.1141
		0.3	11.1078	11.2179	10.4033	11.2883	11.0149
	Medium	0.1	9.0851	8.5796	7.1589	8.7865	8.5293
		0.2	12.4612	12.0922	11.7372	11.8271	11.5975
		0.3	15.0987	14.7696	18.2118	13.2164	13.2148
	High	0.1	13.0392	11.8849	11.9719	11.3473	11.2185
		0.2	18.7166	17.9063	26.2957	13.3328	13.6148
		0.3	24.7222	25.4879	45.4080	13.8427	14.8866
200	None	0.1	5.0226	4.9030	3.4294	5.0004	4.8875
		0.2	7.1576	7.1217	5.3775	7.1810	7.0499
		0.3	8.6897	8.8752	7.1841	8.8537	8.7300
	Medium	0.1	7.1822	7.0085	5.1160	7.0784	6.9533
		0.2	10.3525	10.0768	8.6987	9.6823	9.6032
		0.3	12.4026	12.0087	12.7840	10.5954	10.5506
	High	0.1	11.0771	10.0601	8.9244	9.4127	9.3347
		0.2	16.6874	15.5543	18.7163	10.9104	11.1591
		0.3	22.0196	22.8742	31.4600	10.8643	11.5233

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.4 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	163.0457	165.1239	***87.9394***	168.9174	162.7170	KNN
		0.2	257.3988	267.5113	***110.2788***	273.3248	260.7301	KNN
		0.3	359.7851	380.0047	***141.9208***	388.9007	368.9522	KNN
	Medium	0.1	227.4515	232.4475	***102.8668***	239.8881	226.7728	KNN
		0.2	361.6270	379.1211	***145.8788***	388.0087	367.9620	KNN
		0.3	481.7277	508.8837	***200.2040***	515.8827	494.0627	KNN
	High	0.1	314.9744	325.1407	***131.6590***	331.2578	314.2703	KNN
		0.2	476.6956	499.2882	***208.9413***	491.1701	478.0789	KNN
		0.3	600.4051	627.0793	***300.9288***	598.1998	595.3364	KNN
100	None	0.1	126.3259	127.5346	***49.8073***	130.2630	125.8462	KNN
		0.2	226.2277	235.4383	***69.3758***	239.7792	231.4486	KNN
		0.3	323.7992	343.7415	***96.4091***	348.3463	336.8835	KNN
	Medium	0.1	194.8942	200.2798	***63.9878***	204.2832	196.2442	KNN
		0.2	330.5382	348.1100	***101.8516***	351.6233	339.8733	KNN
		0.3	458.7294	488.0818	***156.4902***	485.8913	474.5740	KNN
	High	0.1	288.5775	299.3231	***92.1888***	300.0671	291.5281	KNN
		0.2	444.7514	468.7037	***163.3810***	454.0480	449.7082	KNN
		0.3	582.0533	611.4409	***248.9449***	572.1260	577.1851	KNN
200	None	0.1	111.4896	113.6051	***30.3865***	115.0303	112.2044	KNN
		0.2	207.8486	217.0046	***48.5224***	219.3771	214.2635	KNN
		0.3	307.8718	328.1557	***74.7601***	330.1537	322.2624	KNN
	Medium	0.1	178.9035	184.2963	***43.4682***	186.2390	182.0662	KNN
		0.2	316.6469	335.7752	***80.4423***	335.1027	328.2850	KNN
		0.3	441.9449	471.1745	***130.6803***	465.2051	458.8313	KNN
	High	0.1	271.1810	280.8693	***70.3456***	280.6697	274.7771	KNN
		0.2	438.5925	461.8650	***141.8743***	444.1622	442.5071	KNN
		0.3	579.5985	610.6433	***234.1486***	560.1443	573.2118	KNN

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.5 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0360	1.0230	***1.9208***	1.0000	1.0381	**KNN**
		0.2	1.0619	1.0217	***2.4785***	1.0000	1.0483	**KNN**
		0.3	1.0809	1.0234	***2.7403***	1.0000	1.0541	**KNN**
	Medium	0.1	1.0547	1.0320	***2.3320***	1.0000	1.0578	**KNN**
		0.2	1.0730	1.0234	***2.6598***	1.0000	1.0545	**KNN**
		0.3	1.0709	1.0138	***2.5768***	1.0000	1.0442	**KNN**
	High	0.1	1.0517	1.0188	***2.5160***	1.0000	1.0541	**KNN**
		0.2	1.0304	0.9837	***2.3508***	1.0000	1.0274	**KNN**
		0.3	0.9963	0.9539	***1.9878***	1.0000	1.0048	**KNN**
100	None	0.1	1.0312	1.0214	***2.6153***	1.0000	1.0351	**KNN**
		0.2	1.0599	1.0184	***3.4562***	1.0000	1.0360	**KNN**
		0.3	1.0758	1.0134	***3.6132***	1.0000	1.0340	**KNN**
	Medium	0.1	1.0482	1.0200	***3.1925***	1.0000	1.0410	**KNN**
		0.2	1.0638	1.0101	***3.4523***	1.0000	1.0346	**KNN**
		0.3	1.0592	0.9955	***3.1049***	1.0000	1.0238	**KNN**
	High	0.1	1.0398	1.0025	***3.2549***	1.0000	1.0293	**KNN**
		0.2	1.0209	0.9687	***2.7791***	1.0000	1.0097	**KNN**
		0.3	0.9829	0.9357	***2.2982***	1.0000	0.9912	**KNN**
200	None	0.1	1.0318	1.0125	***3.7856***	1.0000	1.0252	**KNN**
		0.2	1.0555	1.0109	***4.5212***	1.0000	1.0239	**KNN**
		0.3	1.0724	1.0061	***4.4162***	1.0000	1.0245	**KNN**
	Medium	0.1	1.0410	1.0105	***4.2845***	1.0000	1.0229	**KNN**
		0.2	1.0583	0.9980	***4.1658***	1.0000	1.0208	**KNN**
		0.3	1.0526	0.9873	***3.5599***	1.0000	1.0139	**KNN**
	High	0.1	1.0350	0.9993	***3.9899***	1.0000	1.0214	**KNN**
		0.2	1.0127	0.9617	***3.1307***	1.0000	1.0037	**KNN**
		0.3	0.9664	0.9173	***2.3923***	1.0000	0.9772	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.6 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	10.1525	9.4797	8.2940	9.9610	9.4755
		0.2	13.4649	12.9532	11.3762	13.3515	12.8441
		0.3	15.4718	15.4131	15.8920	15.7761	15.2262
	Medium	0.1	12.8700	12.0234	11.0225	12.4724	11.9718
		0.2	16.9065	16.4397	18.8069	16.2553	15.8914
		0.3	20.1407	20.1278	29.5630	18.3502	18.1948
	High	0.1	16.5845	15.5252	18.8534	15.2032	14.7711
		0.2	23.2751	22.8227	38.9884	18.1537	18.5192
		0.3	30.6138	31.5847	68.2076	19.1512	21.0038
100	None	0.1	6.8438	6.5906	4.9987	6.7817	6.5552
		0.2	9.3535	9.2035	7.4179	9.3770	9.1141
		0.3	11.1078	11.2179	10.4033	11.2883	11.0149
	Medium	0.1	9.0851	8.5796	7.1589	8.7865	8.5293
		0.2	12.4612	12.0922	11.7372	11.8271	11.5975
		0.3	15.0987	14.7696	18.2118	13.2164	13.2148
	High	0.1	13.0392	11.8849	11.9719	11.3473	11.2185
		0.2	18.7166	17.9063	26.2957	13.3328	13.6148
		0.3	24.7222	25.4879	45.4080	13.8427	14.8866
200	None	0.1	5.0226	4.9030	3.4294	5.0004	4.8875
		0.2	7.1576	7.1217	5.3775	7.1810	7.0499
		0.3	8.6897	8.8752	7.1841	8.8537	8.7300
	Medium	0.1	7.1822	7.0085	5.1160	7.0784	6.9533
		0.2	10.3525	10.0768	8.6987	9.6823	9.6032
		0.3	12.4026	12.0087	12.7840	10.5954	10.5506
	High	0.1	11.0771	10.0601	8.9244	9.4127	9.3347
		0.2	16.6874	15.5543	18.7163	10.9104	11.1591
		0.3	22.0196	22.8742	31.4600	10.8643	11.5233

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.7 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1497.5554	1531.9207	***720.1557***	1537.3968	1496.6830	KNN
		0.2	2340.1108	2402.3319	***770.9867***	2417.0997	2344.3292	KNN
		0.3	3365.1132	3463.7037	***886.9554***	3499.6954	3377.8018	KNN
	Medium	0.1	2112.4972	2172.5955	***768.9639***	2176.0109	2115.0958	KNN
		0.2	3339.8930	3441.3798	***888.9974***	3462.9048	3357.5364	KNN
		0.3	4428.1530	4544.8552	***1054.0840***	4609.9097	4461.8548	KNN
	High	0.1	2921.2102	3002.8684	***843.7098***	3015.7944	2930.9435	KNN
		0.2	4283.8896	4390.5121	***1084.5244***	4427.6237	4310.1716	KNN
		0.3	5165.0719	5279.0424	***1279.3530***	5328.0707	5191.9171	KNN
100	None	0.1	1176.5576	1196.8083	***370.3342***	1199.2750	1177.4716	KNN
		0.2	2103.4826	2153.6451	***414.6750***	2156.2820	2112.5732	KNN
		0.3	3079.0041	3162.2292	***490.4090***	3164.1897	3106.0577	KNN
	Medium	0.1	1812.6110	1852.8999	***409.0974***	1855.3832	1816.0542	KNN
		0.2	3035.6950	3113.9298	***494.7145***	3119.8489	3061.8355	KNN
		0.3	4292.2443	4388.3786	***643.9386***	4400.5942	4324.2022	KNN
	High	0.1	2605.9438	2669.2399	***463.5649***	2660.9179	2614.3953	KNN
		0.2	4049.5884	4133.9350	***646.3785***	4119.4964	4071.7257	KNN
		0.3	5072.2598	5162.9858	***848.1340***	5133.2379	5104.2242	KNN
200	None	0.1	1010.6625	1028.5701	***190.5340***	1028.4356	1018.6219	KNN
		0.2	1951.0650	1999.6734	***230.0883***	1992.1208	1971.7355	KNN
		0.3	2960.0736	3035.5702	***286.7756***	3023.4390	2992.9936	KNN
	Medium	0.1	1651.1186	1686.8219	***217.9188***	1682.6695	1665.4321	KNN
		0.2	2953.7712	3022.6634	***304.0482***	3010.7972	2982.1320	KNN
		0.3	4146.3201	4236.0850	***422.1462***	4219.8735	4190.4388	KNN
	High	0.1	2498.4336	2550.2907	***272.3606***	2539.4329	2515.0721	KNN
		0.2	3938.9797	4013.8655	***424.6076***	3979.6213	3968.3567	KNN
		0.3	5035.1208	5113.9322	***601.9214***	5045.9975	5062.6250	KNN

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.8 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0266	1.0036	***2.1348***	1.0000	1.0272	KNN
		0.2	1.0329	1.0061	***3.1351***	1.0000	1.0310	KNN
		0.3	1.0400	1.0104	***3.9457***	1.0000	1.0361	KNN
	Medium	0.1	1.0301	1.0016	***2.8298***	1.0000	1.0288	KNN
		0.2	1.0368	1.0063	***3.8953***	1.0000	1.0314	KNN
		0.3	1.0410	1.0143	***4.3734***	1.0000	1.0332	KNN
	High	0.1	1.0324	1.0043	***3.5744***	1.0000	1.0290	KNN
		0.2	1.0336	1.0085	***4.0825***	1.0000	1.0272	KNN
		0.3	1.0316	1.0093	***4.1647***	1.0000	1.0262	KNN
100	None	0.1	1.0193	1.0021	***3.2384***	1.0000	1.0185	KNN
		0.2	1.0251	1.0012	***5.1999***	1.0000	1.0207	KNN
		0.3	1.0277	1.0006	***6.4521***	1.0000	1.0187	KNN
	Medium	0.1	1.0236	1.0013	***4.5353***	1.0000	1.0217	KNN
		0.2	1.0277	1.0019	***6.3064***	1.0000	1.0189	KNN
		0.3	1.0252	1.0028	***6.8339***	1.0000	1.0177	KNN
	High	0.1	1.0211	0.9969	***5.7401***	1.0000	1.0178	KNN
		0.2	1.0173	0.9965	***6.3732***	1.0000	1.0117	KNN
		0.3	1.0120	0.9942	***6.0524***	1.0000	1.0057	KNN
200	None	0.1	1.0176	0.9999	***5.3977***	1.0000	1.0096	KNN
		0.2	1.0210	0.9962	***8.6581***	1.0000	1.0103	KNN
		0.3	1.0214	0.9960	***10.5429***	1.0000	1.0102	KNN
	Medium	0.1	1.0191	0.9975	***7.7215***	1.0000	1.0104	KNN
		0.2	1.0193	0.9961	***9.9024***	1.0000	1.0096	KNN
		0.3	1.0177	0.9962	***9.9962***	1.0000	1.0070	KNN
	High	0.1	1.0164	0.9957	***9.3238***	1.0000	1.0097	KNN
		0.2	1.0103	0.9915	***9.3725***	1.0000	1.0028	KNN
		0.3	1.0022	0.9867	***8.3831***	1.0000	0.9967	KNN

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.9 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 1 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	766.7203	788.9335	482.7186	788.1158	766.2523
		0.2	1054.9387	1075.8838	517.0589	1089.4259	1047.6155
		0.3	1262.7258	1297.5845	575.9131	1303.8927	1255.7037
	Medium	0.1	989.5336	1012.0613	514.5199	1015.2639	981.1924
		0.2	1289.1650	1312.5517	588.2734	1325.6025	1290.1472
		0.3	1413.7976	1429.4508	643.7231	1451.4260	1419.7568
	High	0.1	1187.3460	1217.1010	545.8132	1215.1541	1186.8728
		0.2	1418.2598	1438.5566	704.0428	1453.9715	1415.8467
		0.3	1476.1871	1488.9771	760.0118	1513.8091	1462.9861
100	None	0.1	512.6578	525.4631	247.9755	520.2766	511.0682
		0.2	772.1073	786.9469	261.2280	782.7390	772.5448
		0.3	892.5947	911.0250	301.5893	905.4215	896.0402
	Medium	0.1	721.3758	738.5918	262.8111	735.3177	718.7128
		0.2	949.9422	976.2723	307.2762	969.6980	953.6732
		0.3	1076.2603	1091.5712	376.2556	1091.0541	1074.6475
	High	0.1	899.0752	922.3096	285.9496	914.5366	896.8465
		0.2	1113.1877	1129.6457	367.4463	1115.7838	1114.1829
		0.3	1117.5175	1122.4441	445.0626	1121.7706	1113.4080
200	None	0.1	393.9408	404.3413	126.6679	400.6394	398.3492
		0.2	556.2229	570.3733	139.0067	563.9239	560.4336
		0.3	714.9484	729.6681	161.5506	723.0752	718.0876
	Medium	0.1	540.2127	552.4808	134.4486	551.1657	540.1659
		0.2	769.7885	781.6091	167.0874	778.4611	771.3820
		0.3	882.8679	892.9628	220.8205	882.7405	876.5913
	High	0.1	774.7337	789.7274	153.1997	781.9836	776.0837
		0.2	931.7212	939.6782	218.3286	923.6555	928.9233
		0.3	945.1201	947.7328	275.1490	931.2656	937.7719

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 2

ตารางที่ 6.10 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	***17.7120***	17.7128	19.8116	18.5741	17.9237	ERI
		0.2	***29.0967***	29.2360	34.5479	30.5082	29.7048	ERI
		0.3	***40.4033***	41.0854	51.6124	42.5142	41.9787	ERI
	Medium	0.1	***25.2904***	25.3930	29.4462	26.5360	25.7550	ERI
		0.2	***43.1743***	43.4403	55.2242	44.2478	43.5969	ERI
		0.3	59.6887	60.6576	82.6309	***58.9999***	59.2594	EM
	High	0.1	37.9189	***37.4884***	46.9507	38.0362	37.5340	CERI
		0.2	61.4145	61.2779	86.9770	***56.4016***	57.3841	EM
		0.3	84.5273	86.3014	137.8845	***69.5874***	72.4253	EM
100	None	0.1	***14.3994***	14.5179	15.3775	14.9515	14.6332	ERI
		0.2	***26.0164***	26.4986	29.2509	27.2622	26.8237	ERI
		0.3	***37.8739***	39.0836	44.1341	39.6370	39.4383	ERI
	Medium	0.1	***22.3387***	22.4974	24.7613	23.1405	22.7468	ERI
		0.2	***39.8723***	40.2994	46.6736	40.5437	40.3533	ERI
		0.3	56.0467	57.0702	70.3951	***55.2711***	55.3671	EM
	High	0.1	34.3914	34.0871	39.4967	34.0770	***33.8923***	PMM
		0.2	57.9255	57.4970	72.3320	***52.9564***	53.4738	EM
		0.3	80.9169	82.0191	110.6371	***65.6512***	67.5029	EM
200	None	0.1	***12.3184***	12.4653	12.5931	12.7063	12.5415	ERI
		0.2	***23.5863***	24.2550	25.3099	24.5816	24.4644	ERI
		0.3	***35.7764***	37.1447	39.6714	37.4028	37.4212	ERI
	Medium	0.1	***20.4479***	20.7395	21.4993	21.0888	20.9012	ERI
		0.2	***37.4771***	38.1158	41.1414	37.9360	37.9445	ERI
		0.3	53.2670	54.2695	61.5261	***52.3867***	52.5868	EM
	High	0.1	32.3505	31.9900	34.7080	31.6074	***31.5568***	PMM
		0.2	55.7765	55.1627	62.1820	***50.0948***	50.4365	EM
		0.3	78.6734	79.3239	93.7564	***62.9208***	64.2733	EM

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.11 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	***1.0487***	1.0486	0.9375	1.0000	1.0363	ERI
		0.2	***1.0485***	1.0435	0.8831	1.0000	1.0270	ERI
		0.3	***1.0522***	1.0348	0.8237	1.0000	1.0128	ERI
	Medium	0.1	***1.0493***	1.0450	0.9012	1.0000	1.0303	ERI
		0.2	***1.0249***	1.0186	0.8012	1.0000	1.0149	ERI
		0.3	0.9885	0.9727	0.7140	***1.0000***	0.9956	EM
	High	0.1	1.0031	***1.0146***	0.8101	1.0000	1.0134	CERI
		0.2	0.9184	0.9204	0.6485	***1.0000***	0.9829	EM
		0.3	0.8233	0.8063	0.5047	***1.0000***	0.9608	EM
100	None	0.1	***1.0383***	1.0299	0.9723	1.0000	1.0217	ERI
		0.2	***1.0479***	1.0288	0.9320	1.0000	1.0163	ERI
		0.3	***1.0466***	1.0142	0.8981	1.0000	1.0050	ERI
	Medium	0.1	***1.0359***	1.0286	0.9345	1.0000	1.0173	ERI
		0.2	***1.0168***	1.0061	0.8687	1.0000	1.0047	ERI
		0.3	0.9862	0.9685	0.7852	***1.0000***	0.9983	EM
	High	0.1	0.9909	0.9997	0.8628	1.0000	***1.0054***	PMM
		0.2	0.9142	0.9210	0.7321	***1.0000***	0.9903	EM
		0.3	0.8113	0.8004	0.5934	***1.0000***	0.9726	EM
200	None	0.1	***1.0315***	1.0193	1.0090	1.0000	1.0131	ERI
		0.2	***1.0422***	1.0135	0.9712	1.0000	1.0048	ERI
		0.3	***1.0455***	1.0069	0.9428	1.0000	0.9995	ERI
	Medium	0.1	***1.0313***	1.0168	0.9809	1.0000	1.0090	ERI
		0.2	***1.0122***	0.9953	0.9221	1.0000	0.9998	ERI
		0.3	0.9835	0.9653	0.8515	***1.0000***	0.9962	EM
	High	0.1	0.9770	0.9880	0.9107	1.0000	***1.0016***	PMM
		0.2	0.8981	0.9081	0.8056	***1.0000***	0.9932	EM
		0.3	0.7998	0.7932	0.6711	***1.0000***	0.9790	EM

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.12 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	9.5265	9.4852	11.5254	9.9256	9.6228
		0.2	12.8048	12.9129	16.3552	13.2251	13.0276
		0.3	14.3071	14.8371	21.5980	15.1351	15.0913
	Medium	0.1	12.0654	12.3281	14.7680	12.6780	12.4389
		0.2	16.6339	17.2328	24.2757	16.6978	16.7343
		0.3	19.0585	19.5764	35.1052	17.7937	18.1708
	High	0.1	16.2307	16.2724	24.2963	15.3975	15.6710
		0.2	22.4188	22.8799	41.5098	17.9413	19.0716
		0.3	28.9421	30.8874	69.4219	19.0299	21.3679
100	None	0.1	6.5009	6.6015	7.2936	6.7553	6.6200
		0.2	9.0165	9.3372	11.1215	9.3457	9.3272
		0.3	11.4607	12.0554	14.2290	11.7952	11.8657
	Medium	0.1	8.7687	8.8495	9.8406	8.9736	8.8572
		0.2	12.5754	12.9351	15.6581	12.6162	12.6773
		0.3	14.6050	15.1703	21.7181	13.7843	14.1578
	High	0.1	12.8650	12.8020	16.3501	12.2242	12.2426
		0.2	17.4083	17.6274	27.8646	13.8011	14.2327
		0.3	23.4728	25.0642	45.1809	14.2637	15.5530
200	None	0.1	4.7023	4.7851	4.8543	4.8728	4.8020
		0.2	6.8801	7.2628	8.0002	7.2850	7.2538
		0.3	8.6771	9.2371	9.9770	9.0675	9.1380
	Medium	0.1	6.7444	6.9497	7.5110	7.0410	6.9837
		0.2	9.5817	9.8097	12.0775	9.4603	9.4725
		0.3	11.4473	11.7335	14.8868	10.5907	10.6773
	High	0.1	10.4098	10.2832	12.1895	9.6225	9.6730
		0.2	15.7936	15.6415	19.9198	11.3386	11.6230
		0.3	19.8033	20.9641	30.8017	10.9134	11.5861

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.13 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	165.7353	167.4149	***97.4675***	174.0191	166.2874	**KNN**
		0.2	256.6634	264.8902	***124.8995***	272.8758	261.7418	**KNN**
		0.3	349.9463	364.8861	***161.5227***	375.4963	360.7695	**KNN**
	Medium	0.1	232.5292	238.1020	***116.6690***	246.8606	235.4855	**KNN**
		0.2	365.0015	378.9835	***169.7943***	390.5370	375.1716	**KNN**
		0.3	488.2928	509.9950	***230.3028***	517.5124	502.6404	**KNN**
	High	0.1	316.7936	325.7333	***152.2024***	334.4846	320.9022	**KNN**
		0.2	483.7411	501.4315	***237.1954***	500.0276	489.9629	**KNN**
		0.3	607.3043	629.2618	***316.1124***	607.9086	605.0845	**KNN**
100	None	0.1	124.7221	126.3876	***57.1739***	129.6164	125.7851	**KNN**
		0.2	225.2697	232.9030	***87.1000***	238.0552	231.3127	**KNN**
		0.3	329.4663	344.5482	***125.0722***	351.3097	342.9579	**KNN**
	Medium	0.1	194.2356	199.5701	***77.7096***	204.2533	198.0863	**KNN**
		0.2	336.7928	351.2614	***129.2814***	356.3497	348.7646	**KNN**
		0.3	462.8020	485.7953	***187.2614***	485.9077	479.4428	**KNN**
	High	0.1	289.3523	298.7579	***112.0492***	301.5253	294.8843	**KNN**
		0.2	456.8769	475.2949	***195.6857***	466.0734	463.2443	**KNN**
		0.3	589.1441	611.6768	***280.1146***	580.6386	585.4673	**KNN**
200	None	0.1	111.1111	113.0974	***40.0658***	115.0935	112.5419	**KNN**
		0.2	209.6128	217.6999	***68.2692***	220.1082	216.5843	**KNN**
		0.3	309.6962	325.3081	***102.9794***	328.1252	323.6559	**KNN**
	Medium	0.1	178.6257	184.0923	***60.4972***	186.4799	182.8481	**KNN**
		0.2	327.5332	342.1694	***112.3902***	343.4862	339.2396	**KNN**
		0.3	452.3553	475.1384	***169.2732***	471.4021	469.2771	**KNN**
	High	0.1	272.5847	281.5296	***92.8545***	282.0407	278.9870	**KNN**
		0.2	447.6587	466.7205	***174.3597***	452.4533	454.3409	**KNN**
		0.3	585.0265	608.8761	***262.8587***	568.4771	580.8713	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.14 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0500	1.0394	***1.7854***	1.0000	1.0465	**KNN**
		0.2	1.0632	1.0301	***2.1848***	1.0000	1.0425	**KNN**
		0.3	1.0730	1.0291	***2.3247***	1.0000	1.0408	**KNN**
	Medium	0.1	1.0616	1.0368	***2.1159***	1.0000	1.0483	**KNN**
		0.2	1.0700	1.0305	***2.3001***	1.0000	1.0410	**KNN**
		0.3	1.0598	1.0147	***2.2471***	1.0000	1.0296	**KNN**
	High	0.1	1.0558	1.0269	***2.1976***	1.0000	1.0423	**KNN**
		0.2	1.0337	0.9972	***2.1081***	1.0000	1.0205	**KNN**
		0.3	1.0010	0.9661	***1.9231***	1.0000	1.0047	**KNN**
100	None	0.1	1.0392	1.0255	***2.2671***	1.0000	1.0305	**KNN**
		0.2	1.0568	1.0221	***2.7331***	1.0000	1.0291	**KNN**
		0.3	1.0663	1.0196	***2.8089***	1.0000	1.0244	**KNN**
	Medium	0.1	1.0516	1.0235	***2.6284***	1.0000	1.0311	**KNN**
		0.2	1.0581	1.0145	***2.7564***	1.0000	1.0217	**KNN**
		0.3	1.0499	1.0002	***2.5948***	1.0000	1.0135	**KNN**
	High	0.1	1.0421	1.0093	***2.6910***	1.0000	1.0225	**KNN**
		0.2	1.0201	0.9806	***2.3817***	1.0000	1.0061	**KNN**
		0.3	0.9856	0.9493	***2.0729***	1.0000	0.9918	**KNN**
200	None	0.1	1.0358	1.0176	***2.8726***	1.0000	1.0227	**KNN**
		0.2	1.0501	1.0111	***3.2241***	1.0000	1.0163	**KNN**
		0.3	1.0595	1.0087	***3.1863***	1.0000	1.0138	**KNN**
	Medium	0.1	1.0440	1.0130	***3.0825***	1.0000	1.0199	**KNN**
		0.2	1.0487	1.0038	***3.0562***	1.0000	1.0125	**KNN**
		0.3	1.0421	0.9921	***2.7849***	1.0000	1.0045	**KNN**
	High	0.1	1.0347	1.0018	***3.0374***	1.0000	1.0109	**KNN**
		0.2	1.0107	0.9694	***2.5949***	1.0000	0.9958	**KNN**
		0.3	0.9717	0.9336	***2.1627***	1.0000	0.9787	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.15 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	87.5665	88.7672	58.0228	91.4216	87.7628
		0.2	114.3546	119.6188	63.4559	118.5953	115.2596
		0.3	131.9514	139.9537	72.2581	135.8480	133.5803
	Medium	0.1	109.6918	113.9599	62.5159	115.3860	109.8422
		0.2	137.1790	144.8286	74.6606	144.2966	138.8001
		0.3	161.7632	168.2550	96.3501	165.2486	162.3060
	High	0.1	133.5131	139.4423	72.7194	136.8782	133.5215
		0.2	167.3036	172.6093	99.3227	163.1392	163.9507
		0.3	181.1933	184.2218	118.3052	172.9284	176.3591
100	None	0.1	58.9343	60.2307	27.7682	61.0693	58.9835
		0.2	81.1204	85.6382	35.6000	85.0069	83.2700
		0.3	92.6935	98.2386	43.0555	96.5097	95.0546
	Medium	0.1	79.5154	82.8781	34.8924	82.6635	80.2531
		0.2	101.0203	106.5397	45.0565	104.6926	102.0591
		0.3	113.8593	119.6040	60.5734	113.7185	114.6063
	High	0.1	100.8151	105.9148	45.9579	102.7494	101.2982
		0.2	126.5480	131.9128	70.4115	123.1728	122.2732
		0.3	134.3309	137.6487	86.2797	122.3720	126.3515
200	None	0.1	42.0118	43.2332	16.6877	43.8520	42.3223
		0.2	63.9846	67.7994	22.8824	67.3639	66.1747
		0.3	75.6442	80.5362	31.3251	79.2095	78.4583
	Medium	0.1	61.3078	64.3210	23.2113	64.1529	62.4446
		0.2	84.2363	88.8633	34.7790	87.0377	86.3903
		0.3	98.4847	103.6533	47.3948	98.8530	99.0683
	High	0.1	84.8939	89.2635	35.1466	86.7748	86.3933
		0.2	103.3655	108.2054	54.4734	97.8951	100.4739
		0.3	116.9080	119.7448	75.2133	104.2513	109.7353

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.16 *แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90*

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1509.6627	1519.6473	***713.5123***	1540.4902	1502.7601	**KNN**
		0.2	2390.5039	2424.8516	***800.6232***	2453.8897	2386.3743	**KNN**
		0.3	3411.3465	3466.9903	***906.5116***	3523.5328	3421.6864	**KNN**
	Medium	0.1	2109.1585	2135.8310	***771.6947***	2167.0109	2103.0276	**KNN**
		0.2	3422.6006	3472.1693	***942.5362***	3529.8413	3431.9698	**KNN**
		0.3	4489.6308	4553.6591	***1085.4390***	4658.6247	4517.8921	**KNN**
	High	0.1	2963.8281	3004.8544	***881.3160***	3047.3028	2965.1615	**KNN**
		0.2	4293.6408	4358.2560	***1098.8064***	4426.6553	4303.8560	**KNN**
		0.3	5401.4517	5459.8978	***1343.0099***	5568.6536	5422.8799	**KNN**
100	None	0.1	1172.2553	1183.9632	***370.7271***	1193.1737	1175.1795	**KNN**
		0.2	2067.3037	2099.1871	***434.0043***	2112.7144	2076.3744	**KNN**
		0.3	3074.0249	3124.0956	***517.8543***	3146.0647	3087.5105	**KNN**
	Medium	0.1	1843.2017	1865.9313	***412.1433***	1883.2034	1847.2841	**KNN**
		0.2	3188.5978	3239.3621	***533.3727***	3260.7657	3206.4059	**KNN**
		0.3	4380.6526	4444.3546	***698.5963***	4479.1875	4411.6457	**KNN**
	High	0.1	2653.4545	2691.4852	***504.5662***	2704.5361	2655.1496	**KNN**
		0.2	4123.5127	4176.7463	***675.5657***	4186.4607	4134.2415	**KNN**
		0.3	5203.4685	5253.9212	***896.4813***	5265.7489	5229.8020	**KNN**
200	None	0.1	1038.6511	1051.0563	***199.9182***	1055.2022	1045.6981	**KNN**
		0.2	1957.1046	1987.5849	***249.4254***	1991.6772	1968.9261	**KNN**
		0.3	2956.4706	3004.4256	***316.2075***	3008.6371	2981.5112	**KNN**
	Medium	0.1	1663.1467	1688.6532	***234.1503***	1688.7100	1676.3269	**KNN**
		0.2	2985.1390	3031.9458	***326.5366***	3031.6972	3006.7305	**KNN**
		0.3	4181.4648	4242.4064	***458.2553***	4239.5946	4210.8972	**KNN**
	High	0.1	2525.7447	2561.5765	***295.1155***	2558.0805	2536.9248	**KNN**
		0.2	3976.9069	4027.8219	***461.3190***	4011.2284	3995.8530	**KNN**
		0.3	5072.3246	5125.3521	***652.3710***	5084.9246	5089.3331	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.17 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0204	1.0137	***2.1590***	1.0000	1.0251	**KNN**
		0.2	1.0265	1.0120	***3.0650***	1.0000	1.0283	**KNN**
		0.3	1.0329	1.0163	***3.8869***	1.0000	1.0298	**KNN**
	Medium	0.1	1.0274	1.0146	***2.8081***	1.0000	1.0304	**KNN**
		0.2	1.0313	1.0166	***3.7450***	1.0000	1.0285	**KNN**
		0.3	1.0376	1.0231	***4.2919***	1.0000	1.0312	**KNN**
	High	0.1	1.0282	1.0141	***3.4577***	1.0000	1.0277	**KNN**
		0.2	1.0310	1.0157	***4.0286***	1.0000	1.0285	**KNN**
		0.3	1.0310	1.0199	***4.1464***	1.0000	1.0269	**KNN**
100	None	0.1	1.0178	1.0078	***3.2185***	1.0000	1.0153	**KNN**
		0.2	1.0220	1.0064	***4.8680***	1.0000	1.0175	**KNN**
		0.3	1.0234	1.0070	***6.0752***	1.0000	1.0190	**KNN**
	Medium	0.1	1.0217	1.0093	***4.5693***	1.0000	1.0194	**KNN**
		0.2	1.0226	1.0066	***6.1135***	1.0000	1.0170	**KNN**
		0.3	1.0225	1.0078	***6.4117***	1.0000	1.0153	**KNN**
	High	0.1	1.0193	1.0048	***5.3601***	1.0000	1.0186	**KNN**
		0.2	1.0153	1.0023	***6.1970***	1.0000	1.0126	**KNN**
		0.3	1.0120	1.0023	***5.8738***	1.0000	1.0069	**KNN**
200	None	0.1	1.0159	1.0039	***5.2782***	1.0000	1.0091	**KNN**
		0.2	1.0177	1.0021	***7.9851***	1.0000	1.0116	**KNN**
		0.3	1.0176	1.0014	***9.5148***	1.0000	1.0091	**KNN**
	Medium	0.1	1.0154	1.0000	***7.2121***	1.0000	1.0074	**KNN**
		0.2	1.0156	0.9999	***9.2844***	1.0000	1.0083	**KNN**
		0.3	1.0139	0.9993	***9.2516***	1.0000	1.0068	**KNN**
	High	0.1	1.0128	0.9986	***8.6681***	1.0000	1.0083	**KNN**
		0.2	1.0086	0.9959	***8.6951***	1.0000	1.0038	**KNN**
		0.3	1.0025	0.9921	***7.7945***	1.0000	0.9991	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.18 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 2 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	828.5659	838.0816	496.1738	842.2085	825.6751
		0.2	1087.7978	1101.2807	530.7717	1111.2029	1083.1272
		0.3	1294.8302	1312.4169	588.1452	1315.6471	1281.7286
	Medium	0.1	1036.4166	1050.7395	527.7913	1063.1471	1024.1901
		0.2	1270.7315	1284.2548	597.9887	1304.1403	1273.3882
		0.3	1419.3445	1428.5588	677.4322	1466.7273	1432.7797
	High	0.1	1246.9423	1261.6242	577.3672	1270.4507	1239.4682
		0.2	1444.6655	1459.4099	678.9340	1481.6810	1437.4793
		0.3	1517.5909	1519.1888	817.7890	1560.4799	1514.7211
100	None	0.1	536.1577	544.2911	243.5349	541.6451	535.9373
		0.2	723.1818	735.5581	259.0505	735.2643	720.4571
		0.3	880.4920	893.9000	312.3171	892.4169	880.7208
	Medium	0.1	749.9424	759.8909	255.3652	760.6009	748.9800
		0.2	976.3141	988.7240	311.7609	987.0970	971.6049
		0.3	1069.9306	1078.0166	396.8950	1084.8082	1066.7881
	High	0.1	941.7088	954.1460	320.8716	951.5151	936.3075
		0.2	1097.1422	1105.3385	359.7104	1106.5636	1086.9925
		0.3	1125.9854	1131.1675	499.5402	1129.0188	1122.3986
200	None	0.1	401.0922	408.9560	126.1556	403.6889	402.7907
		0.2	585.7215	596.0018	139.6756	591.3893	586.9462
		0.3	722.0950	732.5141	161.2028	725.7375	721.2762
	Medium	0.1	564.2812	576.2330	132.2496	570.3506	565.0355
		0.2	789.7229	800.9225	169.1459	794.9220	787.2464
		0.3	852.6389	859.0808	223.4154	856.2251	849.9180
	High	0.1	789.4928	801.9635	160.2116	792.9115	789.6068
		0.2	904.5130	910.5883	230.0543	899.6369	893.7662
		0.3	908.6343	912.2862	309.4060	894.9580	896.5180

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 3

ตารางที่ 6.19 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	***17.8290***	17.9519	23.9198	18.6501	18.2375	**ERI**
		0.2	***28.9627***	29.4525	42.9177	30.4074	30.2252	**ERI**
		0.3	***41.5680***	42.6849	64.8020	43.2042	43.6397	**ERI**
	Medium	0.1	***25.6964***	26.0217	36.8153	26.8574	26.6181	**ERI**
		0.2	***42.6711***	43.7885	66.9731	43.7560	44.4038	**ERI**
		0.3	59.0916	61.2340	100.7452	***58.8095***	60.5782	**EM**
	High	0.1	***37.0653***	37.7080	57.0485	37.6249	37.9845	**ERI**
		0.2	59.1503	60.9275	101.7298	***56.3250***	58.1677	**EM**
		0.3	82.1598	85.7325	152.9511	***70.3063***	74.4570	**EM**
100	None	0.1	***14.2632***	14.3829	18.6283	14.7911	14.6170	**ERI**
		0.2	***25.5829***	26.0980	35.3898	26.6127	26.5999	**ERI**
		0.3	***37.5922***	38.6738	54.1650	38.8839	39.3754	**ERI**
	Medium	0.1	***21.9927***	22.3079	30.0976	22.7737	22.7029	**ERI**
		0.2	***38.9748***	39.9642	56.9884	39.8012	40.3974	**ERI**
		0.3	55.0820	56.7651	84.7665	***54.6103***	56.0499	**EM**
	High	0.1	***33.2999***	33.8042	47.8906	33.6315	33.9586	**ERI**
		0.2	55.3771	56.7550	84.9529	***52.2616***	53.7562	**EM**
		0.3	78.1756	80.7548	126.9549	***66.2347***	69.1720	**EM**
200	None	0.1	***12.3959***	12.5308	15.1661	12.7305	12.6778	**ERI**
		0.2	***23.6461***	24.1496	30.4550	24.3580	24.4900	**ERI**
		0.3	***35.9919***	37.0648	47.7725	37.1674	37.6128	**ERI**
	Medium	0.1	***20.5427***	20.9002	25.9322	21.1216	21.1579	**ERI**
		0.2	***37.0075***	37.9451	49.3080	37.6918	38.1815	**ERI**
		0.3	52.8877	54.3417	73.2222	***52.4719***	53.4490	**EM**
	High	0.1	***31.5773***	32.0468	41.4823	31.6992	31.9885	**ERI**
		0.2	53.6819	54.7328	73.7930	***50.5013***	51.4934	**EM**
		0.3	76.3248	78.3284	107.9394	***64.3381***	66.2986	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.20 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	***1.0461***	1.0389	0.7797	1.0000	1.0226	**ERI**
		0.2	***1.0499***	1.0324	0.7085	1.0000	1.0060	**ERI**
		0.3	***1.0394***	1.0122	0.6667	1.0000	0.9900	**ERI**
	Medium	0.1	***1.0452***	1.0321	0.7295	1.0000	1.0090	**ERI**
		0.2	***1.0254***	0.9993	0.6533	1.0000	0.9854	**ERI**
		0.3	0.9952	0.9604	0.5837	***1.0000***	0.9708	**EM**
	High	0.1	***1.0151***	0.9978	0.6595	1.0000	0.9905	**ERI**
		0.2	0.9522	0.9245	0.5537	***1.0000***	0.9683	**EM**
		0.3	0.8557	0.8201	0.4597	***1.0000***	0.9443	**EM**
100	None	0.1	***1.0370***	1.0284	0.7940	1.0000	1.0119	**ERI**
		0.2	***1.0403***	1.0197	0.7520	1.0000	1.0005	**ERI**
		0.3	***1.0344***	1.0054	0.7179	1.0000	0.9875	**ERI**
	Medium	0.1	***1.0355***	1.0209	0.7567	1.0000	1.0031	**ERI**
		0.2	***1.0212***	0.9959	0.6984	1.0000	0.9852	**ERI**
		0.3	0.9914	0.9620	0.6442	***1.0000***	0.9743	**EM**
	High	0.1	***1.0100***	0.9949	0.7023	1.0000	0.9904	**ERI**
		0.2	0.9437	0.9208	0.6152	***1.0000***	0.9722	**EM**
		0.3	0.8473	0.8202	0.5217	***1.0000***	0.9575	**EM**
200	None	0.1	***1.0270***	1.0159	0.8394	1.0000	1.0042	**ERI**
		0.2	***1.0301***	1.0086	0.7998	1.0000	0.9946	**ERI**
		0.3	***1.0327***	1.0028	0.7780	1.0000	0.9882	**ERI**
	Medium	0.1	***1.0282***	1.0106	0.8145	1.0000	0.9983	**ERI**
		0.2	***1.0185***	0.9933	0.7644	1.0000	0.9872	**ERI**
		0.3	0.9921	0.9656	0.7166	***1.0000***	0.9817	**EM**
	High	0.1	***1.0039***	0.9892	0.7642	1.0000	0.9910	**ERI**
		0.2	0.9408	0.9227	0.6844	***1.0000***	0.9807	**EM**
		0.3	0.8430	0.8214	0.5961	***1.0000***	0.9704	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.21 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	9.4617	9.5750	13.9378	9.8852	9.6439
		0.2	12.7203	13.0880	20.5274	13.2031	13.3144
		0.3	15.3347	16.1237	26.4167	15.4814	16.1215
	Medium	0.1	11.8632	12.0896	18.4828	12.2564	12.2804
		0.2	16.2856	16.9389	27.8371	16.1805	16.7913
		0.3	19.2289	20.3325	39.3589	18.0823	19.2355
	High	0.1	16.1749	16.6524	27.7735	15.5525	16.1637
		0.2	21.5324	22.5930	45.1867	18.3476	19.5704
		0.3	27.8012	29.5590	67.8963	19.1382	21.5834
100	None	0.1	6.6341	6.7288	9.0419	6.8885	6.8344
		0.2	9.1280	9.4269	13.4742	9.4362	9.5081
		0.3	11.1192	11.6454	17.2344	11.2701	11.6181
	Medium	0.1	8.8537	9.0786	12.9057	9.1047	9.2023
		0.2	12.2038	12.7121	19.3285	12.0891	12.4816
		0.3	13.8400	14.5852	25.8373	13.0915	13.7335
	High	0.1	12.2425	12.4731	19.2621	11.8743	12.1872
		0.2	16.8722	17.5569	29.9276	13.8598	14.6768
		0.3	22.3940	23.5670	45.1385	14.2848	15.6701
200	None	0.1	4.8747	4.9624	6.2140	5.0265	5.0159
		0.2	6.9641	7.1928	9.5093	7.1462	7.2371
		0.3	8.5003	8.8963	11.9454	8.7274	8.9153
	Medium	0.1	7.1557	7.3610	9.3784	7.3709	7.4267
		0.2	9.7160	10.0955	13.8994	9.6914	9.8810
		0.3	11.5207	11.9466	17.6230	10.6532	10.9853
	High	0.1	9.9844	10.1932	13.9013	9.6192	9.7701
		0.2	14.4873	14.9268	21.5608	11.3022	11.7482
		0.3	19.1433	19.9478	30.6690	11.1199	11.8690

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.22 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	156.5628	157.9616	***100.2729***	164.1560	158.1849	**KNN**
		0.2	259.8357	263.9749	***139.1241***	275.1398	265.0748	**KNN**
		0.3	360.8113	369.1079	***183.3172***	383.2047	372.3898	**KNN**
	Medium	0.1	223.2899	226.4329	***124.2221***	235.8575	227.3104	**KNN**
		0.2	372.5417	380.5831	***186.2450***	392.2642	383.3778	**KNN**
		0.3	506.1313	519.7448	***251.5790***	528.2583	517.8806	**KNN**
	High	0.1	312.1624	317.3764	***160.8486***	327.8978	317.5480	**KNN**
		0.2	488.2497	499.3109	***248.6162***	503.0430	495.0969	**KNN**
		0.3	625.3123	638.2139	***332.7441***	624.7211	624.8584	**KNN**
100	None	0.1	131.6599	132.8751	***66.6084***	136.0810	132.6942	**KNN**
		0.2	227.7714	231.9869	***103.3786***	237.2313	232.8503	**KNN**
		0.3	338.7834	347.1712	***148.2342***	353.6715	349.7022	**KNN**
	Medium	0.1	200.7147	204.1238	***92.1582***	208.3296	204.1763	**KNN**
		0.2	351.5686	359.5391	***154.0165***	364.5523	360.1441	**KNN**
		0.3	477.9120	489.8146	***217.6934***	492.2752	490.8863	**KNN**
	High	0.1	295.5603	301.0338	***132.9542***	305.0293	301.2770	**KNN**
		0.2	472.2746	482.9412	***220.5900***	477.3983	476.8564	**KNN**
		0.3	615.9159	628.0877	***309.7893***	600.6961	610.4757	**KNN**
200	None	0.1	110.7603	111.9881	***47.5632***	113.7802	112.0431	**KNN**
		0.2	215.8972	220.2916	***86.0278***	223.4132	221.0547	**KNN**
		0.3	322.6496	330.8275	***128.5177***	333.4782	331.8542	**KNN**
	Medium	0.1	182.6330	185.6820	***74.1773***	188.3971	186.2731	**KNN**
		0.2	326.0464	333.8006	***131.8797***	335.7018	334.4372	**KNN**
		0.3	463.4316	475.4481	***196.6063***	472.6222	473.5066	**KNN**
	High	0.1	278.5629	284.1543	***112.4262***	284.3933	283.3079	**KNN**
		0.2	446.9843	456.6729	***194.1665***	448.5044	451.0978	**KNN**
		0.3	599.0177	611.2545	***284.6004***	579.5913	591.9623	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.23 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0485	1.0392	***1.6371***	1.0000	1.0377	**KNN**
		0.2	1.0589	1.0423	***1.9777***	1.0000	1.0380	**KNN**
		0.3	1.0621	1.0382	***2.0904***	1.0000	1.0290	**KNN**
	Medium	0.1	1.0563	1.0416	***1.8987***	1.0000	1.0376	**KNN**
		0.2	1.0529	1.0307	***2.1062***	1.0000	1.0232	**KNN**
		0.3	1.0437	1.0164	***2.0998***	1.0000	1.0200	**KNN**
	High	0.1	1.0504	1.0332	***2.0385***	1.0000	1.0326	**KNN**
		0.2	1.0303	1.0075	***2.0234***	1.0000	1.0160	**KNN**
		0.3	0.9991	0.9789	***1.8775***	1.0000	0.9998	**KNN**
100	None	0.1	1.0336	1.0241	***2.0430***	1.0000	1.0255	**KNN**
		0.2	1.0415	1.0226	***2.2948***	1.0000	1.0188	**KNN**
		0.3	1.0439	1.0187	***2.3859***	1.0000	1.0114	**KNN**
	Medium	0.1	1.0379	1.0206	***2.2606***	1.0000	1.0203	**KNN**
		0.2	1.0369	1.0139	***2.3670***	1.0000	1.0122	**KNN**
		0.3	1.0301	1.0050	***2.2613***	1.0000	1.0028	**KNN**
	High	0.1	1.0320	1.0133	***2.2942***	1.0000	1.0125	**KNN**
		0.2	1.0108	0.9885	***2.1642***	1.0000	1.0011	**KNN**
		0.3	0.9753	0.9564	***1.9390***	1.0000	0.9840	**KNN**
200	None	0.1	1.0273	1.0160	***2.3922***	1.0000	1.0155	**KNN**
		0.2	1.0348	1.0142	***2.5970***	1.0000	1.0107	**KNN**
		0.3	1.0336	1.0080	***2.5948***	1.0000	1.0049	**KNN**
	Medium	0.1	1.0316	1.0146	***2.5398***	1.0000	1.0114	**KNN**
		0.2	1.0296	1.0057	***2.5455***	1.0000	1.0038	**KNN**
		0.3	1.0198	0.9941	***2.4039***	1.0000	0.9981	**KNN**
	High	0.1	1.0209	1.0008	***2.5296***	1.0000	1.0038	**KNN**
		0.2	1.0034	0.9821	***2.3099***	1.0000	0.9943	**KNN**
		0.3	0.9676	0.9482	***2.0365***	1.0000	0.9791	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

ตารางที่ 6.24 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	85.2347	86.2999	53.4243	88.5266	85.2571
		0.2	117.1792	119.5108	63.5838	121.0484	117.4855
		0.3	134.6965	138.7952	73.0134	138.5817	135.3154
	Medium	0.1	106.9483	109.2267	60.4020	109.8743	108.4179
		0.2	143.2079	146.4188	78.2145	145.2746	144.1906
		0.3	164.6466	168.6108	90.1032	164.7413	161.0755
	High	0.1	129.0195	131.3066	71.5308	131.2517	128.6439
		0.2	168.1463	171.5783	91.2932	165.0480	164.5108
		0.3	181.7981	183.7365	114.9848	169.5706	172.5160
100	None	0.1	58.9525	59.7857	31.4587	60.8348	59.0989
		0.2	82.8114	84.9436	41.5799	84.6972	83.4964
		0.3	100.0534	102.5881	47.4954	101.6780	100.2484
	Medium	0.1	78.5948	80.5057	37.4513	79.8350	78.4410
		0.2	113.2503	116.0184	52.5188	112.5705	111.9798
		0.3	119.2955	121.9822	64.1450	116.2819	117.8874
	High	0.1	102.4464	104.7651	52.0132	102.8514	101.7113
		0.2	125.8505	128.6973	73.2950	120.3045	123.1015
		0.3	142.1973	142.9627	92.3142	129.3313	132.2085
200	None	0.1	44.3243	45.0104	19.0320	45.3653	44.1891
		0.2	64.6495	66.5761	27.2234	66.6172	65.3068
		0.3	77.7895	80.3376	35.3957	78.8848	77.6003
	Medium	0.1	62.3142	63.9934	26.8755	63.9284	62.8281
		0.2	87.0621	89.6188	38.0547	87.7349	86.7166
		0.3	95.9802	98.1806	50.4136	95.3505	94.6148
	High	0.1	86.2430	88.7172	37.6267	85.9824	85.4719
		0.2	105.3490	107.3939	55.4465	100.7702	101.3663
		0.3	112.2096	113.4117	72.2513	99.6993	103.9554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.25 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1453.5810	1459.0773	***684.7371***	1480.6286	1446.3666	**KNN**
		0.2	2417.7485	2430.7071	***778.7979***	2480.5319	2417.2732	**KNN**
		0.3	3272.9076	3294.7832	***895.1085***	3366.0633	3277.6108	**KNN**
	Medium	0.1	2067.1612	2078.9015	***746.4749***	2113.2635	2063.4390	**KNN**
		0.2	3381.8499	3402.4917	***923.8617***	3482.8521	3382.5074	**KNN**
		0.3	4502.5694	4529.9583	***1097.9768***	4666.3533	4529.4371	**KNN**
	High	0.1	2924.7666	2940.6350	***854.8786***	3001.9150	2932.1495	**KNN**
		0.2	4394.5656	4419.8119	***1095.1164***	4521.1287	4407.7951	**KNN**
		0.3	5473.3860	5497.8019	***1345.1615***	5646.2931	5494.2034	**KNN**
100	None	0.1	1160.3254	1165.9058	***378.9742***	1178.0879	1163.4610	**KNN**
		0.2	2081.1693	2094.6573	***447.7272***	2118.2502	2083.1385	**KNN**
		0.3	3083.5929	3107.0273	***545.7260***	3134.2766	3096.0828	**KNN**
	Medium	0.1	1819.5305	1831.1760	***426.6076***	1850.9528	1824.9650	**KNN**
		0.2	3122.5844	3143.4902	***559.1031***	3169.4497	3133.5948	**KNN**
		0.3	4314.2728	4340.7321	***707.6973***	4382.0926	4332.6085	**KNN**
	High	0.1	2747.1979	2764.9661	***519.8164***	2787.1837	2749.1469	**KNN**
		0.2	4194.5298	4218.4666	***715.1536***	4257.5389	4201.5397	**KNN**
		0.3	5252.8460	5276.1983	***935.7296***	5316.5285	5268.1546	**KNN**
200	None	0.1	1024.7789	1030.2653	***212.4117***	1036.3756	1026.8524	**KNN**
		0.2	1972.0709	1986.6907	***275.2282***	1995.1664	1978.8928	**KNN**
		0.3	3000.4954	3022.9568	***351.3677***	3031.5148	3015.7462	**KNN**
	Medium	0.1	1663.0215	1674.4279	***255.3134***	1681.6455	1670.7294	**KNN**
		0.2	3064.7606	3086.4277	***360.2412***	3095.0181	3074.7038	**KNN**
		0.3	4251.4840	4277.2638	***489.7548***	4293.0299	4269.4990	**KNN**
	High	0.1	2556.6108	2573.7813	***325.1689***	2578.6937	2564.7394	**KNN**
		0.2	4091.1932	4115.2336	***495.3515***	4112.1246	4101.9606	**KNN**
		0.3	5177.0141	5198.7779	***658.8068***	5180.6324	5184.5620	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.26 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0186	1.0148	***2.1623***	1.0000	1.0237	**KNN**
		0.2	1.0260	1.0205	***3.1851***	1.0000	1.0262	**KNN**
		0.3	1.0285	1.0216	***3.7605***	1.0000	1.0270	**KNN**
	Medium	0.1	1.0223	1.0165	***2.8310***	1.0000	1.0241	**KNN**
		0.2	1.0299	1.0236	***3.7699***	1.0000	1.0297	**KNN**
		0.3	1.0364	1.0301	***4.2500***	1.0000	1.0302	**KNN**
	High	0.1	1.0264	1.0208	***3.5115***	1.0000	1.0238	**KNN**
		0.2	1.0288	1.0229	***4.1284***	1.0000	1.0257	**KNN**
		0.3	1.0316	1.0270	***4.1975***	1.0000	1.0277	**KNN**
100	None	0.1	1.0153	1.0104	***3.1086***	1.0000	1.0126	**KNN**
		0.2	1.0178	1.0113	***4.7311***	1.0000	1.0169	**KNN**
		0.3	1.0164	1.0088	***5.7433***	1.0000	1.0123	**KNN**
	Medium	0.1	1.0173	1.0108	***4.3388***	1.0000	1.0142	**KNN**
		0.2	1.0150	1.0083	***5.6688***	1.0000	1.0114	**KNN**
		0.3	1.0157	1.0095	***6.1920***	1.0000	1.0114	**KNN**
	High	0.1	1.0146	1.0080	***5.3619***	1.0000	1.0138	**KNN**
		0.2	1.0150	1.0093	***5.9533***	1.0000	1.0133	**KNN**
		0.3	1.0121	1.0076	***5.6817***	1.0000	1.0092	**KNN**
200	None	0.1	1.0113	1.0059	***4.8791***	1.0000	1.0093	**KNN**
		0.2	1.0117	1.0043	***7.2491***	1.0000	1.0082	**KNN**
		0.3	1.0103	1.0028	***8.6278***	1.0000	1.0052	**KNN**
	Medium	0.1	1.0112	1.0043	***6.5866***	1.0000	1.0065	**KNN**
		0.2	1.0099	1.0028	***8.5915***	1.0000	1.0066	**KNN**
		0.3	1.0098	1.0037	***8.7657***	1.0000	1.0055	**KNN**
	High	0.1	1.0086	1.0019	***7.9303***	1.0000	1.0054	**KNN**
		0.2	1.0051	0.9992	***8.3014***	1.0000	1.0025	**KNN**
		0.3	1.0007	0.9965	***7.8637***	1.0000	0.9992	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.27 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	778.3997	781.0645	454.2305	787.2356	767.9089
		0.2	1039.5891	1046.1049	488.4948	1060.7656	1028.2442
		0.3	1238.5714	1243.7991	559.6846	1257.1575	1220.1988
	Medium	0.1	957.6189	962.5307	470.8537	971.8610	950.0586
		0.2	1205.4310	1206.8813	560.5923	1237.7114	1206.7921
		0.3	1333.7069	1337.5361	659.3737	1381.5031	1344.4547
	High	0.1	1195.5502	1199.8129	516.8484	1215.6318	1197.1202
		0.2	1376.4010	1381.6218	643.4706	1406.0026	1367.8350
		0.3	1445.8505	1448.1162	751.4208	1475.5436	1445.1551
100	None	0.1	558.3515	561.8926	246.6956	565.0576	558.7970
		0.2	745.2905	749.5779	275.5185	753.4082	736.5607
		0.3	879.3863	884.4698	303.8172	887.7237	872.6756
	Medium	0.1	687.8004	691.3531	263.3153	698.5878	686.3270
		0.2	938.9832	943.4424	319.1338	946.0966	930.4677
		0.3	1056.5659	1058.4203	374.2880	1067.3196	1054.5352
	High	0.1	904.8358	910.6596	298.2166	908.1801	896.5056
		0.2	1082.7207	1085.5482	378.5895	1083.3458	1076.0806
		0.3	1138.8582	1139.5923	494.8099	1146.6334	1138.0469
200	None	0.1	398.9042	401.3230	127.5919	401.7022	397.2774
		0.2	583.9403	588.5135	145.2013	587.2507	581.3088
		0.3	732.7034	736.7022	160.2329	734.1230	728.7009
	Medium	0.1	581.7659	586.6621	137.4384	585.0538	579.5850
		0.2	778.3692	782.3430	177.7958	778.9815	770.4080
		0.3	890.6041	892.6750	222.4806	890.2837	885.7296
	High	0.1	756.4788	761.6834	163.9147	757.2542	753.0457
		0.2	919.5659	921.2823	229.0996	918.9242	916.6112
		0.3	959.4952	959.5757	294.8969	952.6572	944.3651

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 4

ตารางที่ 6.28 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	23.2596	***17.4501***	31.7290	18.2274	19.2396	**CERI**
		0.2	48.7572	***29.1021***	59.7969	29.8258	35.0904	**CERI**
		0.3	72.9175	***41.4807***	90.4500	41.9568	53.1223	**CERI**
	Medium	0.1	41.3941	***25.7754***	52.2158	26.6848	30.7874	**CERI**
		0.2	75.9074	***44.0300***	93.7343	44.3095	56.5091	**CERI**
		0.3	96.5857	59.7826	127.9945	***59.1915***	76.4385	**CERI**
	High	0.1	63.5126	***36.7681***	78.5676	37.5046	47.5776	**CERI**
		0.2	94.9649	59.3318	126.4221	***57.9703***	76.5312	**EM**
		0.3	106.8380	76.6766	161.7214	***73.5476***	92.9257	**EM**
100	None	0.1	20.4383	***14.3734***	24.7149	14.7269	15.5155	**CERI**
		0.2	47.5764	***26.5233***	48.3500	26.9690	30.5784	**CERI**
		0.3	73.9566	***39.2690***	73.6902	39.3367	46.9858	**CERI**
	Medium	0.1	40.2491	***23.3642***	42.7279	23.8486	26.6457	**CERI**
		0.2	75.5239	***40.0472***	76.6383	40.2939	48.3804	**CERI**
		0.3	97.3764	56.3381	110.2068	***55.6065***	68.9862	**EM**
	High	0.1	63.3424	34.3622	64.5319	34.5865	41.0930	**CERI**
		0.2	95.9795	55.6430	108.8361	***54.8166***	68.4824	**EM**
		0.3	108.1420	72.1729	142.6658	***69.6809***	85.6829	**EM**
200	None	0.1	18.7503	***12.7537***	19.4568	12.9467	13.4980	**CERI**
		0.2	47.1268	***24.7755***	39.8113	24.9625	27.3031	**CERI**
		0.3	73.5118	***37.1048***	61.7509	37.1977	42.2752	**CERI**
	Medium	0.1	37.2527	***20.9161***	33.4615	21.1104	22.8486	**CERI**
		0.2	74.8124	***38.2427***	63.5175	38.2483	43.7703	**CERI**
		0.3	97.9422	54.3427	93.3376	***53.9743***	62.9253	**EM**
	High	0.1	64.0630	32.9050	54.8608	32.9629	37.4547	**CERI**
		0.2	95.0574	53.0114	92.5261	***52.4655***	61.7832	**EM**
		0.3	106.9316	68.9310	125.1655	***67.1714***	78.7526	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.29 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	0.7837	***1.0445***	0.5745	1.0000	0.9474	**CERI**
		0.2	0.6117	***1.0249***	0.4988	1.0000	0.8500	**CERI**
		0.3	0.5754	***1.0115***	0.4639	1.0000	0.7898	**CERI**
	Medium	0.1	0.6447	***1.0353***	0.5110	1.0000	0.8667	**CERI**
		0.2	0.5837	***1.0063***	0.4727	1.0000	0.7841	**CERI**
		0.3	0.6128	0.9901	0.4625	***1.0000***	0.7744	**CERI**
	High	0.1	0.5905	***1.0200***	0.4774	1.0000	0.7883	**CERI**
		0.2	0.6104	0.9771	0.4585	***1.0000***	0.7575	**EM**
		0.3	0.6884	0.9592	0.4548	***1.0000***	0.7915	**EM**
100	None	0.1	0.7206	***1.0246***	0.5959	1.0000	0.9492	**CERI**
		0.2	0.5669	***1.0168***	0.5578	1.0000	0.8820	**CERI**
		0.3	0.5319	***1.0017***	0.5338	1.0000	0.8372	**CERI**
	Medium	0.1	0.5925	***1.0207***	0.5581	1.0000	0.8950	**CERI**
		0.2	0.5335	***1.0062***	0.5258	1.0000	0.8329	**CERI**
		0.3	0.5710	0.9870	0.5046	***1.0000***	0.8061	**EM**
	High	0.1	0.5460	1.0065	0.5360	1.0000	0.8417	**CERI**
		0.2	0.5711	0.9851	0.5037	***1.0000***	0.8004	**EM**
		0.3	0.6443	0.9655	0.4884	***1.0000***	0.8132	**EM**
200	None	0.1	0.6905	***1.0151***	0.6654	1.0000	0.9592	**CERI**
		0.2	0.5297	***1.0075***	0.6270	1.0000	0.9143	**CERI**
		0.3	0.5060	***1.0025***	0.6024	1.0000	0.8799	**CERI**
	Medium	0.1	0.5667	***1.0093***	0.6309	1.0000	0.9239	**CERI**
		0.2	0.5113	***1.0001***	0.6022	1.0000	0.8738	**CERI**
		0.3	0.5511	0.9932	0.5783	***1.0000***	0.8578	**EM**
	High	0.1	0.5145	1.0018	0.6008	1.0000	0.8801	**CERI**
		0.2	0.5519	0.9897	0.5670	***1.0000***	0.8492	**EM**
		0.3	0.6282	0.9745	0.5367	***1.0000***	0.8529	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.30 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	14.7844	9.2633	19.2693	9.7007	10.7797
		0.2	26.0753	12.9639	29.9060	13.0518	17.0507
		0.3	27.4148	15.6874	34.8026	15.6351	21.0494
	Medium	0.1	23.5745	12.2156	28.6388	12.4128	15.9646
		0.2	28.8118	16.5648	37.5891	16.2305	22.3291
		0.3	25.3001	18.6767	41.5057	17.6051	22.9748
	High	0.1	30.0014	16.3780	36.6229	16.2814	23.0353
		0.2	27.0919	20.8087	44.1756	19.3509	26.0027
		0.3	23.0515	21.0145	46.0472	19.0471	22.6111
100	None	0.1	12.1522	6.9154	13.0097	6.9996	7.7087
		0.2	20.4634	9.4333	18.5207	9.3856	11.4496
		0.3	22.1290	11.4909	22.8297	11.1128	13.9982
	Medium	0.1	20.0151	9.4199	18.9927	9.4934	11.2861
		0.2	21.8906	12.0709	24.6026	11.9430	15.1551
		0.3	20.1558	14.3679	29.7134	13.8472	17.5393
	High	0.1	25.6106	12.6940	24.7788	12.4349	16.0582
		0.2	21.2884	15.2646	31.5329	14.5520	18.2325
		0.3	17.7776	16.3322	32.8121	15.0639	17.4656
200	None	0.1	9.5956	5.0224	8.2383	5.0631	5.4638
		0.2	16.8398	7.3466	13.1274	7.3622	8.3711
		0.3	17.2953	8.9484	16.0691	8.8061	10.4731
	Medium	0.1	15.9026	7.1785	12.1433	7.1504	8.1175
		0.2	19.4957	9.9483	17.5194	9.7515	11.7455
		0.3	15.6909	11.5163	21.8204	11.2508	13.1420
	High	0.1	22.8963	10.6151	19.1630	10.4196	12.7153
		0.2	17.5961	12.5422	23.9677	12.0116	14.4868
		0.3	13.2701	13.1372	27.4089	12.2111	13.9410

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.31 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	188.5846	164.7070	***111.2541***	171.5277	175.3724	**KNN**
		0.2	315.5227	265.6970	***148.7190***	279.9275	288.4615	**KNN**
		0.3	441.6616	379.5056	***192.0591***	401.5144	414.7129	**KNN**
	Medium	0.1	277.4186	235.0117	***138.9715***	247.7767	255.9598	**KNN**
		0.2	442.9759	380.8205	***193.8894***	403.7294	415.7492	**KNN**
		0.3	572.0377	514.6404	***235.6511***	545.9021	553.9701	**KNN**
	High	0.1	397.9133	341.2551	***176.5860***	361.2615	373.6717	**KNN**
		0.2	559.2787	503.7135	***234.4223***	534.8852	541.3216	**KNN**
		0.3	680.1686	641.5501	***275.7771***	676.2005	672.4581	**KNN**
100	None	0.1	154.1418	129.6365	***70.5407***	133.7679	136.7996	**KNN**
		0.2	285.6185	230.0082	***107.9109***	237.7344	248.6699	**KNN**
		0.3	415.8948	344.4109	***150.5442***	358.5954	373.9395	**KNN**
	Medium	0.1	249.4392	200.1537	***95.8817***	207.4779	215.7558	**KNN**
		0.2	427.8704	356.1347	***153.4393***	370.3587	387.5883	**KNN**
		0.3	556.8380	489.3639	***200.7427***	512.3224	524.6042	**KNN**
	High	0.1	372.5176	309.1000	***134.0872***	320.9824	335.0291	**KNN**
		0.2	548.0233	481.6167	***195.5839***	503.1865	516.6122	**KNN**
		0.3	665.7247	617.6113	***236.5929***	642.1925	648.0641	**KNN**
200	None	0.1	137.5402	112.3952	***49.6846***	114.9135	117.0274	**KNN**
		0.2	279.8883	220.3371	***86.9847***	225.4791	234.8901	**KNN**
		0.3	406.1624	329.2161	***126.6611***	336.9515	352.0153	**KNN**
	Medium	0.1	237.4422	187.0785	***76.5841***	191.0996	198.6539	**KNN**
		0.2	420.0833	343.9899	***131.7737***	352.1351	368.2310	**KNN**
		0.3	548.6301	476.6033	***180.0922***	490.3836	504.8730	**KNN**
	High	0.1	364.7117	297.1087	***114.2401***	304.0650	317.4011	**KNN**
		0.2	536.2087	466.2470	***174.7816***	477.8151	494.6999	**KNN**
		0.3	662.1245	607.9765	***222.6591***	625.6104	635.0034	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.32 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	0.9096	1.0414	***1.5418***	1.0000	0.9781	**KNN**
		0.2	0.8872	1.0536	***1.8823***	1.0000	0.9704	**KNN**
		0.3	0.9091	1.0580	***2.0906***	1.0000	0.9682	**KNN**
	Medium	0.1	0.8932	1.0543	***1.7829***	1.0000	0.9680	**KNN**
		0.2	0.9114	1.0602	***2.0823***	1.0000	0.9711	**KNN**
		0.3	0.9543	1.0607	***2.3166***	1.0000	0.9854	**KNN**
	High	0.1	0.9079	1.0586	***2.0458***	1.0000	0.9668	**KNN**
		0.2	0.9564	1.0619	***2.2817***	1.0000	0.9881	**KNN**
		0.3	0.9942	1.0540	***2.4520***	1.0000	1.0056	**KNN**
100	None	0.1	0.8678	1.0319	***1.8963***	1.0000	0.9778	**KNN**
		0.2	0.8323	1.0336	***2.2031***	1.0000	0.9560	**KNN**
		0.3	0.8622	1.0412	***2.3820***	1.0000	0.9590	**KNN**
	Medium	0.1	0.8318	1.0366	***2.1639***	1.0000	0.9616	**KNN**
		0.2	0.8656	1.0399	***2.4137***	1.0000	0.9555	**KNN**
		0.3	0.9201	1.0469	***2.5521***	1.0000	0.9766	**KNN**
	High	0.1	0.8617	1.0384	***2.3938***	1.0000	0.9581	**KNN**
		0.2	0.9182	1.0448	***2.5727***	1.0000	0.9740	**KNN**
		0.3	0.9647	1.0398	***2.7143***	1.0000	0.9909	**KNN**
200	None	0.1	0.8355	1.0224	***2.3129***	1.0000	0.9819	**KNN**
		0.2	0.8056	1.0233	***2.5922***	1.0000	0.9599	**KNN**
		0.3	0.8296	1.0235	***2.6603***	1.0000	0.9572	**KNN**
	Medium	0.1	0.8048	1.0215	***2.4953***	1.0000	0.9620	**KNN**
		0.2	0.8383	1.0237	***2.6723***	1.0000	0.9563	**KNN**
		0.3	0.8938	1.0289	***2.7230***	1.0000	0.9713	**KNN**
	High	0.1	0.8337	1.0234	***2.6616***	1.0000	0.9580	**KNN**
		0.2	0.8911	1.0248	***2.7338***	1.0000	0.9659	**KNN**
		0.3	0.9449	1.0290	***2.8097***	1.0000	0.9852	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.33 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	103.7559	89.3752	58.9579	92.8167	94.6843
		0.2	135.6245	118.6246	68.2510	125.2944	125.9090
		0.3	148.8218	138.5682	74.8706	147.2939	144.9752
	Medium	0.1	125.8761	110.0007	67.9373	116.9604	118.8490
		0.2	156.3867	147.1449	77.2001	155.9775	153.2433
		0.3	159.6675	159.7838	80.0734	165.8571	161.5645
	High	0.1	149.6776	138.9034	76.5784	147.2654	147.8048
		0.2	160.3146	159.8780	80.9039	167.0633	162.1520
		0.3	164.2304	169.2290	86.3737	174.7593	166.5354
100	None	0.1	74.3677	60.7485	32.6738	62.2771	63.9316
		0.2	102.9182	86.1117	41.9580	89.1794	92.0925
		0.3	110.8086	101.8996	46.0389	108.0299	105.0320
	Medium	0.1	94.0309	75.6315	35.7954	78.6370	81.4985
		0.2	118.0574	110.4656	49.3307	116.2310	115.3418
		0.3	117.6556	117.8808	53.1969	124.6505	118.7018
	High	0.1	124.7458	111.7791	48.6193	117.0999	119.3951
		0.2	125.5936	126.5797	53.6097	133.8950	127.9655
		0.3	127.9095	133.8203	59.1757	136.0251	129.9445
200	None	0.1	56.2949	43.9090	20.4032	44.9608	46.1440
		0.2	81.5505	65.3536	27.9108	66.7875	69.3778
		0.3	85.5393	77.9647	33.8950	79.9887	80.6974
	Medium	0.1	80.9693	63.6382	26.1208	64.6536	67.8763
		0.2	96.1286	90.3120	36.0335	93.2172	94.0656
		0.3	92.7120	93.7531	41.1636	98.0403	94.7556
	High	0.1	105.5297	92.6996	37.9774	94.4570	98.5438
		0.2	106.6330	108.4964	43.0877	112.4686	109.5559
		0.3	98.4762	105.1503	47.8328	108.9724	103.2011

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.34 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1550.3598	1526.8724	***740.0870***	1550.7054	1537.0015	**KNN**
		0.2	2442.1097	2405.4446	***822.9592***	2460.3259	2421.7297	**KNN**
		0.3	3432.6368	3392.1150	***918.0550***	3481.8433	3401.8637	**KNN**
	Medium	0.1	2168.5087	2124.9469	***799.4215***	2172.8144	2144.5945	**KNN**
		0.2	3494.6519	3465.3142	***899.4301***	3553.4831	3478.2956	**KNN**
		0.3	4717.5396	4684.6503	***1082.3214***	4852.8078	4713.7801	**KNN**
	High	0.1	3008.7256	2979.6854	***879.7957***	3048.8467	2997.1804	**KNN**
		0.2	4560.1676	4530.4641	***997.0882***	4678.0609	4554.0503	**KNN**
		0.3	5694.1612	5692.7672	***1155.4708***	5895.7657	5717.4917	**KNN**
100	None	0.1	1232.9801	1190.0365	***398.4706***	1213.0891	1208.6680	**KNN**
		0.2	2195.7720	2125.5593	***467.2545***	2170.6440	2162.7873	**KNN**
		0.3	3182.9151	3109.7110	***540.3466***	3179.8833	3145.3598	**KNN**
	Medium	0.1	1906.4834	1843.6070	***445.5099***	1882.4629	1867.3370	**KNN**
		0.2	3248.3010	3177.3233	***545.0762***	3249.7960	3216.1155	**KNN**
		0.3	4479.8993	4427.0572	***654.2324***	4523.6272	4465.0901	**KNN**
	High	0.1	2848.7990	2783.2249	***516.4489***	2842.0921	2814.5880	**KNN**
		0.2	4410.1803	4357.0146	***645.5220***	4450.4026	4398.0278	**KNN**
		0.3	5521.7961	5486.1314	***746.1099***	5598.7557	5521.8323	**KNN**
200	None	0.1	1057.8352	1006.5463	***214.3955***	1023.8630	1021.5243	**KNN**
		0.2	2055.7990	1972.3628	***268.9770***	2011.5962	2006.3471	**KNN**
		0.3	3029.9373	2942.1779	***334.0640***	3004.3330	2978.3542	**KNN**
	Medium	0.1	1749.3707	1676.0503	***247.7622***	1707.5936	1700.9516	**KNN**
		0.2	3157.6293	3070.8461	***348.0252***	3133.4612	3108.9736	**KNN**
		0.3	4354.6949	4280.1573	***430.1960***	4357.2543	4320.4543	**KNN**
	High	0.1	2668.5214	2585.4849	***314.3340***	2639.3436	2621.9065	**KNN**
		0.2	4276.0793	4202.7796	***414.1378***	4278.4208	4242.4958	**KNN**
		0.3	5436.1214	5385.6926	***511.8515***	5467.4255	5420.5905	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.35 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0002	1.0156	***2.0953***	1.0000	1.0089	**KNN**
		0.2	1.0075	1.0228	***2.9896***	1.0000	1.0159	**KNN**
		0.3	1.0143	1.0265	***3.7926***	1.0000	1.0235	**KNN**
	Medium	0.1	1.0020	1.0225	***2.7180***	1.0000	1.0132	**KNN**
		0.2	1.0168	1.0254	***3.9508***	1.0000	1.0216	**KNN**
		0.3	1.0287	1.0359	***4.4837***	1.0000	1.0295	**KNN**
	High	0.1	1.0133	1.0232	***3.4654***	1.0000	1.0172	**KNN**
		0.2	1.0259	1.0326	***4.6917***	1.0000	1.0272	**KNN**
		0.3	1.0354	1.0357	***5.1025***	1.0000	1.0312	**KNN**
100	None	0.1	0.9839	1.0194	***3.0444***	1.0000	1.0037	**KNN**
		0.2	0.9886	1.0212	***4.6455***	1.0000	1.0036	**KNN**
		0.3	0.9990	1.0226	***5.8849***	1.0000	1.0110	**KNN**
	Medium	0.1	0.9874	1.0211	***4.2254***	1.0000	1.0081	**KNN**
		0.2	1.0005	1.0228	***5.9621***	1.0000	1.0105	**KNN**
		0.3	1.0098	1.0218	***6.9144***	1.0000	1.0131	**KNN**
	High	0.1	0.9976	1.0212	***5.5031***	1.0000	1.0098	**KNN**
		0.2	1.0091	1.0214	***6.8943***	1.0000	1.0119	**KNN**
		0.3	1.0139	1.0205	***7.5039***	1.0000	1.0139	**KNN**
200	None	0.1	0.9679	1.0172	***4.7756***	1.0000	1.0023	**KNN**
		0.2	0.9785	1.0199	***7.4787***	1.0000	1.0026	**KNN**
		0.3	0.9915	1.0211	***8.9933***	1.0000	1.0087	**KNN**
	Medium	0.1	0.9761	1.0188	***6.8921***	1.0000	1.0039	**KNN**
		0.2	0.9923	1.0204	***9.0035***	1.0000	1.0079	**KNN**
		0.3	1.0006	1.0180	***10.1285***	1.0000	1.0085	**KNN**
	High	0.1	0.9891	1.0208	***8.3966***	1.0000	1.0067	**KNN**
		0.2	1.0005	1.0180	***10.3309***	1.0000	1.0085	**KNN**
		0.3	1.0058	1.0152	***10.6817***	1.0000	1.0086	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.36 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	809.8411	805.5066	499.8480	814.4217	807.8302
		0.2	1037.8633	1039.8018	522.8510	1059.4171	1031.0874
		0.3	1236.3355	1247.4732	575.7580	1265.3244	1233.1633
	Medium	0.1	1007.6852	1002.4152	513.8394	1020.7762	1001.5604
		0.2	1293.1182	1296.0940	565.9224	1330.4327	1300.7311
		0.3	1378.6648	1381.1360	683.0908	1437.2520	1387.7923
	High	0.1	1255.2165	1262.5229	561.6585	1285.9539	1261.2227
		0.2	1457.8926	1467.8534	619.7380	1516.0355	1472.6162
		0.3	1531.8999	1552.3058	690.4341	1599.0539	1547.0015
100	None	0.1	539.3195	525.9269	243.3906	535.4596	535.9852
		0.2	749.8110	743.4096	273.1530	758.2624	745.8198
		0.3	869.2562	867.3323	309.0741	885.7363	870.3262
	Medium	0.1	717.4096	710.7341	263.8815	721.4976	711.2547
		0.2	957.3478	955.5497	290.6613	975.7397	959.6498
		0.3	1053.4817	1063.3812	366.0869	1077.7364	1065.1167
	High	0.1	957.7680	956.0011	301.1623	974.1010	954.1289
		0.2	1120.8457	1127.8306	355.0773	1144.8594	1127.2021
		0.3	1131.0098	1145.9483	413.2503	1154.5916	1141.2075
200	None	0.1	397.9679	384.3998	121.7409	391.8023	388.6408
		0.2	563.4788	554.8607	127.8748	564.1867	561.3899
		0.3	689.7668	688.0227	155.1804	698.1523	691.1982
	Medium	0.1	589.5655	576.0930	125.2932	587.5557	578.5811
		0.2	765.9774	764.3544	163.1109	777.5360	767.2262
		0.3	841.6225	850.6312	208.7304	858.5448	850.0310
	High	0.1	813.9901	808.9248	152.3770	824.1605	814.6595
		0.2	918.3395	926.0000	195.0143	934.6356	923.8362
		0.3	939.2370	948.3828	258.2456	951.2285	948.7184

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 5

ตารางที่ 6.37 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	19.8447	***18.5242***	32.1860	18.9502	19.2612	**CERI**
		0.2	34.5936	***29.9997***	59.4862	30.6634	32.4535	**CERI**
		0.3	53.5467	44.1822	89.9804	***43.9008***	48.4639	**EM**
	Medium	0.1	30.0845	***26.2993***	50.6625	27.0628	28.2718	**CERI**
		0.2	55.2081	45.2872	94.1172	***44.7989***	49.9592	**EM**
		0.3	76.0674	63.0609	137.4761	***60.1774***	69.0416	**EM**
	High	0.1	46.1710	38.6385	77.4338	***38.5449***	41.9210	**EM**
		0.2	73.3787	60.6824	135.0136	***57.8296***	66.4056	**EM**
		0.3	93.9290	81.2833	184.2121	***72.6091***	84.4886	**EM**
100	None	0.1	15.7078	***14.4244***	24.2468	14.7614	14.9361	**CERI**
		0.2	31.5699	***26.2463***	47.7371	26.5259	27.8843	**CERI**
		0.3	48.7723	38.7194	72.1248	38.6363	41.5840	**EM**
	Medium	0.1	26.5397	***22.6314***	39.9348	22.9975	24.0172	**CERI**
		0.2	50.6319	39.9744	77.1850	***39.7345***	43.0460	**EM**
		0.3	72.4753	56.7371	111.7383	***55.2915***	61.1672	**EM**
	High	0.1	43.5260	34.9779	65.6506	***34.6583***	37.4475	**EM**
		0.2	71.7455	56.9369	112.4864	***54.1880***	60.2470	**EM**
		0.3	91.1842	74.6618	156.0799	***68.0224***	76.8465	**EM**
200	None	0.1	13.8093	***12.5228***	19.4339	12.7340	12.8560	**CERI**
		0.2	29.6270	***24.5152***	39.2662	24.6974	25.5622	**CERI**
		0.3	47.6524	37.2224	62.1025	***37.1473***	39.0489	**EM**
	Medium	0.1	24.9897	***21.0840***	33.0328	21.2968	21.8837	**CERI**
		0.2	49.4331	38.3784	64.9373	***38.1368***	40.3231	**EM**
		0.3	71.4686	54.9710	96.0314	***53.8613***	57.6157	**EM**
	High	0.1	41.1291	32.5933	54.0072	***32.4706***	34.0936	**EM**
		0.2	69.4334	53.6373	94.5128	***51.7172***	55.6291	**EM**
		0.3	90.4429	72.1710	132.1487	***66.4909***	72.0753	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.38 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	0.9549	1.0230	0.5888	1.0000	0.9839	CERI
		0.2	0.8864	1.0221	0.5155	1.0000	0.9448	CERI
		0.3	0.8199	0.9936	0.4879	1.0000	0.9058	EM
	Medium	0.1	0.8996	1.0290	0.5342	1.0000	0.9572	CERI
		0.2	0.8115	0.9892	0.4760	1.0000	0.8967	EM
		0.3	0.7911	0.9543	0.4377	1.0000	0.8716	EM
	High	0.1	0.8348	0.9976	0.4978	1.0000	0.9195	EM
		0.2	0.7881	0.9530	0.4283	1.0000	0.8709	EM
		0.3	0.7730	0.8933	0.3942	1.0000	0.8594	EM
100	None	0.1	0.9398	1.0234	0.6088	1.0000	0.9883	CERI
		0.2	0.8402	1.0107	0.5557	1.0000	0.9513	CERI
		0.3	0.7922	0.9979	0.5357	1.0000	0.9291	EM
	Medium	0.1	0.8665	1.0162	0.5759	1.0000	0.9575	CERI
		0.2	0.7848	0.9940	0.5148	1.0000	0.9231	EM
		0.3	0.7629	0.9745	0.4948	1.0000	0.9039	EM
	High	0.1	0.7963	0.9909	0.5279	1.0000	0.9255	EM
		0.2	0.7553	0.9517	0.4817	1.0000	0.8994	EM
		0.3	0.7460	0.9111	0.4358	1.0000	0.8852	EM
200	None	0.1	0.9221	1.0169	0.6552	1.0000	0.9905	CERI
		0.2	0.8336	1.0074	0.6290	1.0000	0.9662	CERI
		0.3	0.7795	0.9980	0.5982	1.0000	0.9513	EM
	Medium	0.1	0.8522	1.0101	0.6447	1.0000	0.9732	CERI
		0.2	0.7715	0.9937	0.5873	1.0000	0.9458	EM
		0.3	0.7536	0.9798	0.5609	1.0000	0.9348	EM
	High	0.1	0.7895	0.9962	0.6012	1.0000	0.9524	EM
		0.2	0.7448	0.9642	0.5472	1.0000	0.9297	EM
		0.3	0.7352	0.9213	0.5032	1.0000	0.9225	EM

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.39 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	17.6783	13.9627	30.6910	13.7824	15.4008
		0.2	21.4185	16.5209	37.2550	15.3127	18.0336
		0.3	15.5751	12.3917	27.5849	12.4571	13.6988
	Medium	0.1	23.1308	17.9439	41.0802	16.8971	20.0997
		0.2	23.7543	20.0210	49.7926	18.1329	21.4338
		0.3	20.9071	16.4482	38.0241	15.6529	17.7006
	High	0.1	25.8103	21.5385	53.2450	19.2666	22.8345
		0.2	26.6483	25.0608	64.0193	19.6373	23.5245
		0.3	7.8689	6.7527	12.9366	6.8225	7.0509
100	None	0.1	12.6308	9.5345	18.9044	9.3344	10.2870
		0.2	16.0221	11.6052	24.2285	11.2913	12.4944
		0.3	12.0596	9.2537	18.0513	9.2487	9.9837
	Medium	0.1	16.9970	12.2435	27.7390	11.7294	13.2820
		0.2	18.6076	14.4067	32.7684	13.0591	15.1504
		0.3	17.7142	13.0400	27.4104	12.3358	14.1297
	High	0.1	20.1441	16.2464	36.1144	14.1994	16.2344
		0.2	20.1038	18.1197	42.9556	14.6402	16.6596
		0.3	5.9171	5.0151	8.4309	5.0723	5.1726
200	None	0.1	9.5282	7.0745	12.9510	7.0919	7.5127
		0.2	12.1009	8.7770	16.3916	8.6487	9.1571
		0.3	9.2184	7.0771	12.0448	7.0877	7.4877
	Medium	0.1	13.7902	9.8143	18.3011	9.4682	10.3360
		0.2	14.8572	11.5097	21.9007	10.7002	11.6786
		0.3	14.5413	10.4115	19.0685	10.2066	10.9331
	High	0.1	16.7433	13.0886	25.9887	11.6855	12.9483
		0.2	16.5478	15.0892	32.1238	11.6967	12.8191
		0.3	17.6783	13.9627	30.6910	13.7824	15.4008

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.40 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	175.7326	168.1703	115.5735	175.4834	172.4879	KNN
		0.2	285.8088	265.1254	160.9365	276.3921	278.8486	KNN
		0.3	405.9620	373.0845	211.4154	388.0553	392.0490	KNN
	Medium	0.1	249.7054	233.8203	145.6903	243.4956	244.5042	KNN
		0.2	414.3253	382.7048	218.3746	399.2637	402.8552	KNN
		0.3	554.8986	518.2888	279.7031	535.6921	541.4226	KNN
	High	0.1	359.6813	332.9775	195.4149	345.9718	350.5224	KNN
		0.2	542.8837	509.9035	275.3134	526.1065	530.1480	KNN
		0.3	668.4260	639.0474	342.2762	652.9103	658.3641	KNN
100	None	0.1	136.9421	129.1181	76.5062	132.9832	132.2263	KNN
		0.2	259.3419	236.0043	124.1261	243.0017	246.3478	KNN
		0.3	385.0081	347.0223	172.4207	355.1928	363.8421	KNN
	Medium	0.1	218.5887	199.9815	107.5653	205.2289	208.4913	KNN
		0.2	393.8133	356.6612	180.1354	364.9311	372.6952	KNN
		0.3	536.1968	491.8577	244.3586	501.2292	513.4365	KNN
	High	0.1	336.3184	305.7287	154.6788	311.5517	319.1064	KNN
		0.2	525.3959	484.8634	241.3828	491.6992	504.7360	KNN
		0.3	657.7055	620.7332	303.0567	623.1717	636.6957	KNN
200	None	0.1	121.1633	113.4819	56.4258	115.7339	115.4390	KNN
		0.2	246.2199	221.4695	102.3066	225.4910	228.9736	KNN
		0.3	371.9811	332.8973	154.5757	338.7717	346.6490	KNN
	Medium	0.1	205.8463	186.9053	88.3537	190.1115	192.3642	KNN
		0.2	380.6460	341.6313	155.8997	346.6045	354.5499	KNN
		0.3	526.1353	480.1605	225.7804	485.9465	495.9060	KNN
	High	0.1	316.8874	286.8886	133.9826	290.8985	297.7343	KNN
		0.2	506.7311	463.5289	216.8730	465.3421	478.1662	KNN
		0.3	649.4782	609.0843	290.5939	604.8657	619.9655	KNN

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.41 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	0.9986	1.0435	1.5184	1.0000	1.0174	KNN
		0.2	0.9671	1.0425	1.7174	1.0000	0.9912	KNN
		0.3	0.9559	1.0401	1.8355	1.0000	0.9898	KNN
	Medium	0.1	0.9751	1.0414	1.6713	1.0000	0.9959	KNN
		0.2	0.9636	1.0433	1.8283	1.0000	0.9911	KNN
		0.3	0.9654	1.0336	1.9152	1.0000	0.9894	KNN
	High	0.1	0.9619	1.0390	1.7704	1.0000	0.9870	KNN
		0.2	0.9691	1.0318	1.9109	1.0000	0.9924	KNN
		0.3	0.9768	1.0217	1.9076	1.0000	0.9917	KNN
100	None	0.1	0.9711	1.0299	1.7382	1.0000	1.0057	KNN
		0.2	0.9370	1.0296	1.9577	1.0000	0.9864	KNN
		0.3	0.9226	1.0235	2.0600	1.0000	0.9762	KNN
	Medium	0.1	0.9389	1.0262	1.9079	1.0000	0.9844	KNN
		0.2	0.9267	1.0232	2.0259	1.0000	0.9792	KNN
		0.3	0.9348	1.0191	2.0512	1.0000	0.9762	KNN
	High	0.1	0.9264	1.0190	2.0142	1.0000	0.9763	KNN
		0.2	0.9359	1.0141	2.0370	1.0000	0.9742	KNN
		0.3	0.9475	1.0039	2.0563	1.0000	0.9788	KNN
200	None	0.1	0.9552	1.0198	2.0511	1.0000	1.0026	KNN
		0.2	0.9158	1.0182	2.2041	1.0000	0.9848	KNN
		0.3	0.9107	1.0176	2.1916	1.0000	0.9773	KNN
	Medium	0.1	0.9236	1.0172	2.1517	1.0000	0.9883	KNN
		0.2	0.9106	1.0146	2.2233	1.0000	0.9776	KNN
		0.3	0.9236	1.0121	2.1523	1.0000	0.9799	KNN
	High	0.1	0.9180	1.0140	2.1712	1.0000	0.9770	KNN
		0.2	0.9183	1.0039	2.1457	1.0000	0.9732	KNN
		0.3	0.9313	0.9931	2.0815	1.0000	0.9756	KNN

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.42 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	17.6783	13.9627	30.6910	13.7824	15.4008
		0.2	21.4185	16.5209	37.2550	15.3127	18.0336
		0.3	15.5751	12.3917	27.5849	12.4571	13.6988
	Medium	0.1	23.1308	17.9439	41.0802	16.8971	20.0997
		0.2	23.7543	20.0210	49.7926	18.1329	21.4338
		0.3	20.9071	16.4482	38.0241	15.6529	17.7006
	High	0.1	25.8103	21.5385	53.2450	19.2666	22.8345
		0.2	26.6483	25.0608	64.0193	19.6373	23.5245
		0.3	7.8689	6.7527	12.9366	6.8225	7.0509
100	None	0.1	12.6308	9.5345	18.9044	9.3344	10.2870
		0.2	16.0221	11.6052	24.2285	11.2913	12.4944
		0.3	12.0596	9.2537	18.0513	9.2487	9.9837
	Medium	0.1	16.9970	12.2435	27.7390	11.7294	13.2820
		0.2	18.6076	14.4067	32.7684	13.0591	15.1504
		0.3	17.7142	13.0400	27.4104	12.3358	14.1297
	High	0.1	20.1441	16.2464	36.1144	14.1994	16.2344
		0.2	20.1038	18.1197	42.9556	14.6402	16.6596
		0.3	5.9171	5.0151	8.4309	5.0723	5.1726
200	None	0.1	9.5282	7.0745	12.9510	7.0919	7.5127
		0.2	12.1009	8.7770	16.3916	8.6487	9.1571
		0.3	9.2184	7.0771	12.0448	7.0877	7.4877
	Medium	0.1	13.7902	9.8143	18.3011	9.4682	10.3360
		0.2	14.8572	11.5097	21.9007	10.7002	11.6786
		0.3	14.5413	10.4115	19.0685	10.2066	10.9331
	High	0.1	16.7433	13.0886	25.9887	11.6855	12.9483
		0.2	16.5478	15.0892	32.1238	11.6967	12.8191
		0.3	17.6783	13.9627	30.6910	13.7824	15.4008

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.43 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1536.8300	1518.1643	755.6597	1544.3351	1526.2220	KNN
		0.2	2444.2243	2411.3879	845.6866	2471.8961	2428.0081	KNN
		0.3	3544.4834	3497.4678	997.1483	3592.3098	3526.3381	KNN
	Medium	0.1	2211.6939	2178.6758	819.6555	2225.0009	2199.6226	KNN
		0.2	3604.2012	3558.4335	997.7254	3660.7951	3590.9172	KNN
		0.3	4670.3055	4628.6836	1151.8893	4784.3223	4676.8512	KNN
	High	0.1	3109.3143	3072.0815	927.8065	3155.2539	3096.2086	KNN
		0.2	4682.9921	4639.2131	1137.8703	4791.7959	4681.5572	KNN
		0.3	5692.4381	5670.7220	1323.1257	5875.0271	5717.6985	KNN
100	None	0.1	1198.2084	1177.0425	386.6713	1194.1720	1181.7400	KNN
		0.2	2180.8376	2134.4237	472.5265	2170.8480	2157.0979	KNN
		0.3	3164.9033	3105.0005	555.2810	3165.1449	3132.4386	KNN
	Medium	0.1	1879.1295	1841.2636	439.4571	1871.1071	1856.9332	KNN
		0.2	3209.5503	3151.2542	569.6815	3212.9528	3179.6983	KNN
		0.3	4432.2595	4373.3752	712.5689	4463.2905	4412.7669	KNN
	High	0.1	2820.1075	2769.4536	528.7530	2818.7673	2791.8060	KNN
		0.2	4314.6307	4258.2840	702.3352	4343.9913	4290.8326	KNN
		0.3	5431.8293	5389.8134	854.7781	5497.9009	5426.2760	KNN
200	None	0.1	1053.9878	1030.5801	224.4568	1042.3216	1037.6534	KNN
		0.2	2018.3510	1966.1495	293.3530	1990.6203	1984.7407	KNN
		0.3	3039.5502	2973.5649	369.3999	3015.8327	2998.3998	KNN
	Medium	0.1	1732.2157	1688.4003	276.4904	1710.5575	1705.8748	KNN
		0.2	3156.6268	3091.1410	385.2600	3132.2189	3116.4547	KNN
		0.3	4291.8412	4225.0285	502.3085	4282.0452	4254.9370	KNN
	High	0.1	2640.2799	2584.8650	344.2351	2615.3548	2607.4994	KNN
		0.2	4200.7642	4139.4757	495.8351	4187.9601	4165.6678	KNN
		0.3	5351.2797	5299.3980	660.0590	5354.5313	5320.5960	KNN

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.44 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0049	1.0172	2.0437	1.0000	1.0119	KNN
		0.2	1.0113	1.0251	2.9229	1.0000	1.0181	KNN
		0.3	1.0135	1.0271	3.6026	1.0000	1.0187	KNN
	Medium	0.1	1.0060	1.0213	2.7146	1.0000	1.0115	KNN
		0.2	1.0157	1.0288	3.6691	1.0000	1.0195	KNN
		0.3	1.0244	1.0336	4.1535	1.0000	1.0230	KNN
	High	0.1	1.0148	1.0271	3.4008	1.0000	1.0191	KNN
		0.2	1.0232	1.0329	4.2112	1.0000	1.0235	KNN
		0.3	1.0321	1.0360	4.4403	1.0000	1.0275	KNN
100	None	0.1	0.9966	1.0146	3.0883	1.0000	1.0105	KNN
		0.2	0.9954	1.0171	4.5941	1.0000	1.0064	KNN
		0.3	1.0001	1.0194	5.7001	1.0000	1.0104	KNN
	Medium	0.1	0.9957	1.0162	4.2578	1.0000	1.0076	KNN
		0.2	1.0011	1.0196	5.6399	1.0000	1.0105	KNN
		0.3	1.0070	1.0206	6.2637	1.0000	1.0114	KNN
	High	0.1	0.9995	1.0178	5.3310	1.0000	1.0097	KNN
		0.2	1.0068	1.0201	6.1851	1.0000	1.0124	KNN
		0.3	1.0122	1.0201	6.4320	1.0000	1.0132	KNN
200	None	0.1	0.9889	1.0114	4.6438	1.0000	1.0045	KNN
		0.2	0.9863	1.0124	6.7858	1.0000	1.0030	KNN
		0.3	0.9922	1.0142	8.1641	1.0000	1.0058	KNN
	Medium	0.1	0.9875	1.0131	6.1867	1.0000	1.0027	KNN
		0.2	0.9923	1.0133	8.1301	1.0000	1.0051	KNN
		0.3	0.9977	1.0135	8.5247	1.0000	1.0064	KNN
	High	0.1	0.9906	1.0118	7.5976	1.0000	1.0030	KNN
		0.2	0.9970	1.0117	8.4463	1.0000	1.0054	KNN
		0.3	1.0006	1.0104	8.1122	1.0000	1.0064	KNN

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.45 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 5 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	110.0138	112.1173	62.9662	108.5626	107.1632
		0.2	812.7203	806.8803	479.2011	818.1887	808.5049
		0.3	1064.1278	1055.0958	523.8293	1079.0999	1054.9821
	Medium	0.1	1313.9314	1309.8560	594.7423	1333.6800	1304.1374
		0.2	1023.7204	1013.6111	504.9294	1032.4423	1017.1672
		0.3	1294.1756	1294.3509	582.3012	1328.1313	1291.6662
	High	0.1	1410.6389	1413.6023	665.5443	1452.4263	1418.4666
		0.2	1217.5591	1214.3796	561.6067	1249.3204	1219.9056
		0.3	1490.9564	1490.1098	654.9752	1542.7218	1500.5842
100	None	0.1	1482.9905	1490.1903	759.7448	1551.0920	1499.9697
		0.2	537.1869	528.6475	239.7555	532.7525	527.1451
		0.3	820.6493	809.9959	273.6254	821.6348	812.6627
	Medium	0.1	878.8602	870.4380	291.6523	883.7619	865.0975
		0.2	764.8800	754.6803	254.4961	765.3279	745.2489
		0.3	949.8106	943.2413	311.3193	956.9262	946.2502
	High	0.1	1101.8010	1099.4292	377.1617	1116.4752	1094.7937
		0.2	957.8237	949.9187	292.4205	966.4729	948.8233
		0.3	1111.8327	1111.6480	381.4791	1132.6429	1112.6011
200	None	0.1	1192.6360	1199.2712	445.2571	1211.5956	1196.3610
		0.2	404.7892	395.3250	130.2560	399.2248	397.5185
		0.3	605.3118	591.1756	144.1826	595.5711	591.4670
	Medium	0.1	721.1304	715.4624	166.6446	726.1767	713.0907
		0.2	611.7802	598.7029	153.1691	606.9340	601.9457
		0.3	777.5478	772.3252	188.5633	777.8916	773.2485
	High	0.1	889.4258	890.7357	225.6628	898.9915	883.2866
		0.2	777.2555	767.6606	162.2638	774.3975	772.9086
		0.3	928.7094	930.2872	233.1142	934.2709	926.1042

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 6

ตารางที่ 6.46 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	18.9757	***18.7299***	28.8986	19.3538	19.2481	**CERI**
		0.2	31.1046	***30.3802***	53.6464	30.9847	31.5130	**CERI**
		0.3	44.7299	***43.1491***	78.7290	43.1817	45.2712	**CERI**
	Medium	0.1	27.2648	***26.6858***	45.4276	27.3659	27.6802	**CERI**
		0.2	46.6576	45.3533	85.2311	***45.0979***	47.1637	**EM**
		0.3	63.6211	62.1750	124.0312	***59.4665***	63.8367	**EM**
	High	0.1	39.5594	38.6802	70.8305	***38.5170***	39.9557	**EM**
		0.2	63.3875	62.1150	123.3825	***57.8182***	62.1814	**EM**
		0.3	85.6759	84.4600	175.9220	***72.1769***	79.6590	**EM**
100	None	0.1	14.3408	***14.1007***	22.0567	14.4934	14.4589	**CERI**
		0.2	26.8503	***25.9233***	42.2853	26.2858	26.8134	**CERI**
		0.3	40.6739	***38.8313***	65.5902	38.8674	40.3182	**CERI**
	Medium	0.1	23.1315	***22.4242***	36.3998	22.8647	23.2299	**CERI**
		0.2	41.0172	39.2630	67.9403	***39.0763***	40.6463	**EM**
		0.3	59.1241	56.4813	101.3307	***54.2683***	57.5551	**EM**
	High	0.1	34.7402	33.4445	56.6123	***33.3091***	34.5805	**EM**
		0.2	58.1513	55.7560	100.4578	***52.5248***	55.6202	**EM**
		0.3	79.4819	76.7718	144.8441	***67.0702***	71.8174	**EM**
200	None	0.1	12.8329	***12.5784***	17.6795	12.8155	12.8338	**CERI**
		0.2	25.5473	***24.5664***	36.2108	24.7521	25.2303	**CERI**
		0.3	39.2166	37.1569	56.6116	***37.1476***	38.1195	**EM**
	Medium	0.1	21.9146	***21.1737***	30.3838	21.3523	21.5887	**CERI**
		0.2	40.7508	38.6588	59.6380	***38.3167***	39.4418	**EM**
		0.3	57.8600	54.6689	86.9448	***53.1432***	55.3234	**EM**
	High	0.1	33.9883	32.5356	49.0900	***32.1483***	32.9374	**EM**
		0.2	57.4747	54.5770	86.9060	***51.2834***	53.4299	**EM**
		0.3	78.8458	75.0124	123.0972	***65.6722***	68.9906	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.47 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0199	***1.0333***	0.6697	1.0000	1.0055	**CERI**
		0.2	0.9961	***1.0199***	0.5776	1.0000	0.9832	**CERI**
		0.3	0.9654	***1.0008***	0.5485	1.0000	0.9538	**CERI**
	Medium	0.1	1.0037	***1.0255***	0.6024	1.0000	0.9886	**CERI**
		0.2	0.9666	0.9944	0.5291	***1.0000***	0.9562	**EM**
		0.3	0.9347	0.9564	0.4794	***1.0000***	0.9315	**EM**
	High	0.1	0.9736	0.9958	0.5438	***1.0000***	0.9640	**EM**
		0.2	0.9121	0.9308	0.4686	***1.0000***	0.9298	**EM**
		0.3	0.8424	0.8546	0.4103	***1.0000***	0.9061	**EM**
100	None	0.1	1.0106	***1.0278***	0.6571	1.0000	1.0024	**CERI**
		0.2	0.9790	***1.0140***	0.6216	1.0000	0.9803	**CERI**
		0.3	0.9556	***1.0009***	0.5926	1.0000	0.9640	**CERI**
	Medium	0.1	0.9885	***1.0196***	0.6282	1.0000	0.9843	**CERI**
		0.2	0.9527	0.9952	0.5752	***1.0000***	0.9614	**EM**
		0.3	0.9179	0.9608	0.5356	***1.0000***	0.9429	**EM**
	High	0.1	0.9588	0.9960	0.5884	***1.0000***	0.9632	**EM**
		0.2	0.9032	0.9420	0.5229	***1.0000***	0.9443	**EM**
		0.3	0.8438	0.8736	0.4631	***1.0000***	0.9339	**EM**
200	None	0.1	0.9986	***1.0188***	0.7249	1.0000	0.9986	**CERI**
		0.2	0.9689	***1.0076***	0.6836	1.0000	0.9810	**CERI**
		0.3	0.9472	0.9998	0.6562	***1.0000***	0.9745	**EM**
	Medium	0.1	0.9743	***1.0084***	0.7028	1.0000	0.9890	**CERI**
		0.2	0.9403	0.9911	0.6425	***1.0000***	0.9715	**EM**
		0.3	0.9185	0.9721	0.6112	***1.0000***	0.9606	**EM**
	High	0.1	0.9459	0.9881	0.6549	***1.0000***	0.9760	**EM**
		0.2	0.8923	0.9397	0.5901	***1.0000***	0.9598	**EM**
		0.3	0.8329	0.8755	0.5335	***1.0000***	0.9519	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.48 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	10.0488	9.9211	17.2956	10.3080	10.3714
		0.2	13.6786	13.1820	26.0884	13.1422	13.7160
		0.3	17.2745	16.4006	33.0058	15.8172	16.9940
	Medium	0.1	12.8433	12.3913	24.3220	12.4997	13.1031
		0.2	18.0239	17.5338	35.5913	16.5479	17.7092
		0.3	19.7768	19.8804	45.9070	17.4280	19.5468
	High	0.1	16.9680	16.4993	33.7512	15.5963	16.8324
		0.2	23.0327	23.1385	49.4338	18.7303	21.1316
		0.3	27.0622	27.2849	67.8582	19.1547	22.3486
100	None	0.1	6.6614	6.5059	11.5587	6.6229	6.6330
		0.2	9.5743	9.0721	16.8504	9.1378	9.4713
		0.3	12.7586	12.1563	21.2204	11.6886	12.4745
	Medium	0.1	9.4107	8.9734	15.3790	9.0312	9.2781
		0.2	13.1015	12.4628	23.1890	11.9063	12.8492
		0.3	15.8810	15.2782	31.1431	13.5436	14.7667
	High	0.1	13.1432	12.5166	23.2677	11.8423	12.5373
		0.2	17.0886	16.4455	34.6776	13.8237	15.1044
		0.3	20.1219	20.1011	43.9095	14.3139	15.6107
200	None	0.1	5.2041	5.0381	7.4548	5.1124	5.1704
		0.2	7.8492	7.4106	11.2627	7.3715	7.6376
		0.3	9.9424	9.2427	14.8894	8.9358	9.3653
	Medium	0.1	7.5391	7.1654	10.8786	7.0945	7.2869
		0.2	10.7966	10.0298	16.8541	9.4207	9.8986
		0.3	12.1061	11.4963	19.4499	10.3207	11.0555
	High	0.1	11.3335	10.6605	16.6245	10.0739	10.4829
		0.2	14.9324	14.2364	24.5482	11.5499	12.3150
		0.3	17.9045	17.4980	31.7422	11.2913	12.2802

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.49 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	165.2094	163.4028	***108.5393***	169.8035	164.5156	**KNN**
		0.2	268.5438	263.3632	***156.3922***	272.9063	269.7331	**KNN**
		0.3	381.2284	372.5104	***203.1281***	386.8865	383.5174	**KNN**
	Medium	0.1	241.4932	237.1024	***142.1020***	246.9525	241.9993	**KNN**
		0.2	388.6911	380.4651	***207.1491***	394.3514	391.0332	**KNN**
		0.3	525.1657	514.7778	***280.9672***	531.9646	528.9715	**KNN**
	High	0.1	334.6152	328.2671	***185.4145***	339.4356	337.6801	**KNN**
		0.2	513.1161	503.4011	***272.1025***	513.2464	511.3614	**KNN**
		0.3	648.5062	641.0988	***349.7051***	642.2530	641.6297	**KNN**
100	None	0.1	130.2940	128.4887	***73.2864***	131.7888	129.6668	**KNN**
		0.2	239.1900	233.4705	***117.8078***	239.7795	237.9541	**KNN**
		0.3	354.9590	344.7367	***168.3205***	351.9463	353.7134	**KNN**
	Medium	0.1	205.3754	201.0062	***102.4729***	205.5617	204.0738	**KNN**
		0.2	370.4967	360.0706	***172.8977***	365.3483	368.2378	**KNN**
		0.3	498.0158	484.8784	***238.0697***	490.3378	496.2268	**KNN**
	High	0.1	315.2190	307.3062	***149.6785***	312.2015	312.6704	**KNN**
		0.2	489.3325	477.4002	***235.6538***	477.9099	483.8779	**KNN**
		0.3	631.5018	619.9956	***318.3897***	608.4091	619.2761	**KNN**
200	None	0.1	112.7957	110.8600	***54.7284***	112.7836	112.0472	**KNN**
		0.2	225.7212	219.3210	***98.7843***	221.8537	223.1253	**KNN**
		0.3	347.6269	336.3268	***152.1995***	340.1589	344.0207	**KNN**
	Medium	0.1	189.5870	184.6055	***84.8969***	187.4408	188.0562	**KNN**
		0.2	352.1731	341.0375	***154.9594***	345.0928	348.6784	**KNN**
		0.3	490.3882	475.7234	***220.9389***	477.4845	483.7295	**KNN**
	High	0.1	296.5233	288.2060	***129.4875***	290.2887	291.9717	**KNN**
		0.2	474.9374	461.7604	***217.9431***	457.7177	466.3541	**KNN**
		0.3	619.5622	605.6595	***296.7117***	589.2940	603.5450	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.50 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0049	1.0172	***2.0437***	1.0000	1.0119	**KNN**
		0.2	1.0113	1.0251	***2.9229***	1.0000	1.0181	**KNN**
		0.3	1.0135	1.0271	***3.6026***	1.0000	1.0187	**KNN**
	Medium	0.1	1.0060	1.0213	***2.7146***	1.0000	1.0115	**KNN**
		0.2	1.0157	1.0288	***3.6691***	1.0000	1.0195	**KNN**
		0.3	1.0244	1.0336	***4.1535***	1.0000	1.0230	**KNN**
	High	0.1	1.0148	1.0271	***3.4008***	1.0000	1.0191	**KNN**
		0.2	1.0232	1.0329	***4.2112***	1.0000	1.0235	**KNN**
		0.3	1.0321	1.0360	***4.4403***	1.0000	1.0275	**KNN**
100	None	0.1	0.9966	1.0146	***3.0883***	1.0000	1.0105	**KNN**
		0.2	0.9954	1.0171	***4.5941***	1.0000	1.0064	**KNN**
		0.3	1.0001	1.0194	***5.7001***	1.0000	1.0104	**KNN**
	Medium	0.1	0.9957	1.0162	***4.2578***	1.0000	1.0076	**KNN**
		0.2	1.0011	1.0196	***5.6399***	1.0000	1.0105	**KNN**
		0.3	1.0070	1.0206	***6.2637***	1.0000	1.0114	**KNN**
	High	0.1	0.9995	1.0178	***5.3310***	1.0000	1.0097	**KNN**
		0.2	1.0068	1.0201	***6.1851***	1.0000	1.0124	**KNN**
		0.3	1.0122	1.0201	***6.4320***	1.0000	1.0132	**KNN**
200	None	0.1	0.9889	1.0114	***4.6438***	1.0000	1.0045	**KNN**
		0.2	0.9863	1.0124	***6.7858***	1.0000	1.0030	**KNN**
		0.3	0.9922	1.0142	***8.1641***	1.0000	1.0058	**KNN**
	Medium	0.1	0.9875	1.0131	***6.1867***	1.0000	1.0027	**KNN**
		0.2	0.9923	1.0133	***8.1301***	1.0000	1.0051	**KNN**
		0.3	0.9977	1.0135	***8.5247***	1.0000	1.0064	**KNN**
	High	0.1	0.9906	1.0118	***7.5976***	1.0000	1.0030	**KNN**
		0.2	0.9970	1.0117	***8.4463***	1.0000	1.0054	**KNN**
		0.3	1.0006	1.0104	***8.1122***	1.0000	1.0064	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.51 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	90.6622	89.0808	58.7416	91.9525	88.9145
		0.2	118.5209	115.5809	72.0697	116.1094	116.5217
		0.3	140.2751	137.2173	78.9382	138.5299	136.5958
	Medium	0.1	111.2112	108.6749	65.3511	110.3144	109.3842
		0.2	150.7413	147.2707	80.5873	147.8053	147.6375
		0.3	165.4468	163.7722	94.4478	163.5698	162.4842
	High	0.1	143.3217	140.2313	79.1271	139.5539	140.6127
		0.2	165.2729	163.7884	97.4312	161.3714	160.5405
		0.3	173.9788	174.5804	107.4150	169.8983	168.7787
100	None	0.1	62.9411	61.6697	34.8282	62.6728	61.4053
		0.2	85.7891	83.6115	43.6288	84.3797	83.1675
		0.3	106.2858	103.1628	51.2617	102.7806	100.8911
	Medium	0.1	83.8600	81.5707	41.2637	81.2357	81.9441
		0.2	117.3405	114.1611	57.2909	111.2744	113.2935
		0.3	125.4831	123.3827	68.5347	121.9504	121.3748
	High	0.1	114.0508	110.6373	53.9801	109.6080	109.2538
		0.2	133.1974	131.5250	70.3726	127.0610	126.8197
		0.3	137.0904	137.0375	82.8367	129.6992	132.0200
200	None	0.1	44.3686	43.1625	20.6971	43.5149	43.1437
		0.2	68.7537	66.2568	30.8957	65.4336	65.9529
		0.3	81.5782	79.2205	39.4597	78.4606	78.1011
	Medium	0.1	66.9874	64.6528	28.4915	64.8294	65.0218
		0.2	92.3724	89.4609	43.4526	88.3197	89.3909
		0.3	102.5338	100.9035	54.8316	99.6327	98.8250
	High	0.1	97.3769	94.2950	42.9523	92.4297	92.3465
		0.2	113.7686	111.8144	58.3658	106.2100	106.8466
		0.3	111.6362	111.8214	69.0487	104.4597	106.2730

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.52 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1422.6031	1417.5156	***694.3082***	1442.1183	1413.4637	**KNN**
		0.2	2386.4705	2375.0767	***807.8714***	2423.5659	2375.4426	**KNN**
		0.3	3394.5378	3376.7745	***922.1251***	3468.9696	3385.4723	**KNN**
	Medium	0.1	2131.0466	2120.0932	***778.7067***	2162.4005	2129.1953	**KNN**
		0.2	3427.4814	3414.2883	***932.4709***	3503.5636	3420.5601	**KNN**
		0.3	4493.9903	4482.7617	***1106.9815***	4624.3815	4503.1992	**KNN**
	High	0.1	2964.2440	2951.9813	***872.2004***	3022.9857	2960.7752	**KNN**
		0.2	4377.1523	4361.8731	***1104.8403***	4500.6744	4386.0178	**KNN**
		0.3	5490.5967	5478.7199	***1348.7258***	5655.1719	5499.6082	**KNN**
100	None	0.1	1182.6628	1176.5493	***392.6685***	1191.7254	1179.7906	**KNN**
		0.2	2136.2326	2121.0618	***469.8593***	2148.0523	2127.0516	**KNN**
		0.3	3113.2595	3092.0854	***568.3432***	3141.9659	3103.7294	**KNN**
	Medium	0.1	1865.2212	1852.9069	***447.5244***	1876.1920	1857.3735	**KNN**
		0.2	3246.6176	3225.2501	***574.8403***	3273.8752	3237.1242	**KNN**
		0.3	4390.2368	4367.2465	***716.8130***	4442.3615	4389.0399	**KNN**
	High	0.1	2757.6275	2739.2715	***542.7517***	2776.1493	2753.6758	**KNN**
		0.2	4220.3838	4199.7900	***717.6555***	4257.4513	4215.6117	**KNN**
		0.3	5454.4136	5436.0605	***940.0425***	5507.2529	5455.8306	**KNN**
200	None	0.1	1019.5703	1012.2095	***221.1122***	1021.5750	1015.4534	**KNN**
		0.2	2000.5426	1983.2582	***289.9451***	1998.7171	1991.7190	**KNN**
		0.3	3030.9937	3006.4305	***386.3074***	3031.7831	3022.0312	**KNN**
	Medium	0.1	1684.3164	1670.9316	***269.3506***	1686.1433	1678.6380	**KNN**
		0.2	3102.4443	3078.9405	***384.8954***	3100.2503	3086.4703	**KNN**
		0.3	4374.6283	4347.2537	***528.6752***	4378.4812	4361.3561	**KNN**
	High	0.1	2601.3557	2582.8006	***346.4197***	2603.0975	2591.0863	**KNN**
		0.2	4166.9141	4142.7488	***509.2757***	4167.8452	4151.7165	**KNN**
		0.3	5329.0670	5307.3331	***694.6038***	5329.2853	5316.5154	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.53 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0137	1.0174	***2.0771***	1.0000	1.0203	**KNN**
		0.2	1.0155	1.0204	***2.9999***	1.0000	1.0203	**KNN**
		0.3	1.0219	1.0273	***3.7619***	1.0000	1.0247	**KNN**
	Medium	0.1	1.0147	1.0200	***2.7769***	1.0000	1.0156	**KNN**
		0.2	1.0222	1.0261	***3.7573***	1.0000	1.0243	**KNN**
		0.3	1.0290	1.0316	***4.1775***	1.0000	1.0269	**KNN**
	High	0.1	1.0198	1.0241	***3.4659***	1.0000	1.0210	**KNN**
		0.2	1.0282	1.0318	***4.0736***	1.0000	1.0261	**KNN**
		0.3	1.0300	1.0322	***4.1930***	1.0000	1.0283	**KNN**
100	None	0.1	1.0077	1.0129	***3.0349***	1.0000	1.0101	**KNN**
		0.2	1.0055	1.0127	***4.5717***	1.0000	1.0099	**KNN**
		0.3	1.0092	1.0161	***5.5283***	1.0000	1.0123	**KNN**
	Medium	0.1	1.0059	1.0126	***4.1924***	1.0000	1.0101	**KNN**
		0.2	1.0084	1.0151	***5.6953***	1.0000	1.0114	**KNN**
		0.3	1.0119	1.0172	***6.1974***	1.0000	1.0121	**KNN**
	High	0.1	1.0067	1.0135	***5.1150***	1.0000	1.0082	**KNN**
		0.2	1.0088	1.0137	***5.9324***	1.0000	1.0099	**KNN**
		0.3	1.0097	1.0131	***5.8585***	1.0000	1.0094	**KNN**
200	None	0.1	1.0020	1.0093	***4.6202***	1.0000	1.0060	**KNN**
		0.2	0.9991	1.0078	***6.8934***	1.0000	1.0035	**KNN**
		0.3	1.0003	1.0084	***7.8481***	1.0000	1.0032	**KNN**
	Medium	0.1	1.0011	1.0091	***6.2600***	1.0000	1.0045	**KNN**
		0.2	0.9993	1.0069	***8.0548***	1.0000	1.0045	**KNN**
		0.3	1.0009	1.0072	***8.2820***	1.0000	1.0039	**KNN**
	High	0.1	1.0007	1.0079	***7.5143***	1.0000	1.0046	**KNN**
		0.2	1.0002	1.0061	***8.1839***	1.0000	1.0039	**KNN**
		0.3	1.0000	1.0041	***7.6724***	1.0000	1.0024	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.54 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 6 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	793.0382	791.1450	459.9649	802.7804	782.8847
		0.2	1056.0088	1051.6973	510.4749	1068.5392	1038.3112
		0.3	1233.9998	1232.2548	533.9603	1264.2732	1222.9805
	Medium	0.1	1008.7575	1002.5722	497.3862	1014.5910	998.2595
		0.2	1314.6450	1312.8518	573.0224	1338.4145	1310.9912
		0.3	1415.4953	1420.1822	651.9304	1459.2125	1401.8392
	High	0.1	1265.7205	1264.2016	536.5132	1286.7238	1263.3283
		0.2	1449.9889	1453.3839	657.3173	1494.1402	1458.3118
		0.3	1514.9711	1519.3852	758.2612	1560.1294	1516.8530
100	None	0.1	585.9579	582.4588	265.8917	585.6605	583.5469
		0.2	785.8769	781.6962	276.6289	784.2036	772.5189
		0.3	914.8307	912.3564	317.5725	927.2337	902.8637
	Medium	0.1	709.4897	704.8010	274.4989	710.1324	699.2617
		0.2	962.3433	958.6911	321.1549	967.3194	950.1419
		0.3	1041.9067	1040.7857	369.5928	1062.8631	1035.6557
	High	0.1	951.0500	946.9348	323.1077	955.5702	941.5214
		0.2	1077.0640	1076.5834	385.9798	1094.6427	1073.6241
		0.3	1147.6802	1149.9000	501.6288	1159.8723	1145.8717
200	None	0.1	413.6564	409.7858	125.8336	411.6150	406.0775
		0.2	591.9935	585.6953	141.0225	586.2172	580.3815
		0.3	735.3352	730.5111	176.5302	734.7380	725.8221
	Medium	0.1	583.8747	578.4413	136.0570	581.6211	577.5536
		0.2	799.9172	795.6102	170.6559	795.7148	790.5862
		0.3	851.8741	850.1925	229.2343	855.9169	848.2341
	High	0.1	815.2481	810.4383	164.5308	812.2478	804.6146
		0.2	892.8422	892.7570	225.5463	894.0467	883.7528
		0.3	929.9239	930.8286	321.3676	931.5758	929.2456

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 7

ตารางที่ 6.55 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	17.8977	***17.7992***	17.8139	18.6790	18.0003	**CERI**
		0.2	***29.0708***	29.1212	30.2150	30.6002	29.5147	**ERI**
		0.3	***41.0919***	41.7444	44.8744	43.5055	42.3364	**ERI**
	Medium	0.1	26.0701	***25.8857***	26.8527	27.1802	26.1893	**CERI**
		0.2	***42.5279***	42.7100	46.6632	43.9557	42.9956	**ERI**
		0.3	58.6944	59.5041	73.2457	58.8249	***58.2547***	**PMM**
	High	0.1	37.8179	***36.9043***	40.7474	37.8256	37.0047	**CERI**
		0.2	60.4726	59.9788	76.7528	***56.3216***	56.6777	**EM**
		0.3	83.3409	84.1109	125.1343	***69.6666***	72.6684	**EM**
100	None	0.1	14.1625	***14.2099***	13.3408	14.6905	14.3386	**CERI**
		0.2	25.2754	***25.7316***	24.5034	26.5056	26.0201	**CERI**
		0.3	***37.5045***	38.6636	37.9719	39.5204	39.0432	**ERI**
	Medium	0.1	22.3004	22.3888	***21.1751***	23.0781	22.5993	**KNN**
		0.2	***39.1068***	39.6474	39.9349	40.0101	39.6115	**ERI**
		0.3	55.1284	56.0422	61.3747	54.7298	***54.6704***	**PMM**
	High	0.1	33.9236	33.3223	33.8148	33.3626	***33.0801***	**PMM**
		0.2	57.1984	56.6246	64.6773	***52.2518***	52.7136	**EM**
		0.3	79.5496	80.1127	103.4855	***65.1483***	67.3654	**EM**
200	None	0.1	12.2489	12.3926	***10.7852***	12.6319	12.4751	**KNN**
		0.2	23.4548	24.1238	***21.2441***	24.4980	24.3093	**KNN**
		0.3	35.3286	36.7728	***33.4989***	37.1576	36.9995	**KNN**
	Medium	0.1	20.2450	20.4965	***17.9517***	20.8017	20.6031	**KNN**
		0.2	37.1182	37.7337	***35.0072***	37.7121	37.5940	**KNN**
		0.3	53.1549	54.1313	53.9508	***52.4420***	52.5753	**EM**
	High	0.1	32.2972	31.7457	***29.5499***	31.4819	31.3975	**KNN**
		0.2	55.4720	54.7996	55.5904	***50.0869***	50.5221	**EM**
		0.3	77.6120	77.8520	85.9986	***62.7706***	64.3861	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.56 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0436	***1.0494***	1.0486	1.0000	1.0377	**CERI**
		0.2	***1.0526***	1.0508	1.0127	1.0000	1.0368	**ERI**
		0.3	***1.0587***	1.0422	0.9695	1.0000	1.0276	**ERI**
	Medium	0.1	1.0426	***1.0500***	1.0122	1.0000	1.0378	**CERI**
		0.2	***1.0336***	1.0292	0.9420	1.0000	1.0223	**ERI**
		0.3	1.0022	0.9886	0.8031	1.0000	***1.0098***	**PMM**
	High	0.1	1.0002	***1.0250***	0.9283	1.0000	1.0222	**CERI**
		0.2	0.9314	0.9390	0.7338	***1.0000***	0.9937	**EM**
		0.3	0.8359	0.8283	0.5567	***1.0000***	0.9587	**EM**
100	None	0.1	1.0373	***1.0338***	1.1012	1.0000	1.0245	**CERI**
		0.2	1.0487	***1.0301***	1.0817	1.0000	1.0187	**CERI**
		0.3	***1.0538***	1.0222	1.0408	1.0000	1.0122	**ERI**
	Medium	0.1	1.0349	1.0308	***1.0899***	1.0000	1.0212	**KNN**
		0.2	***1.0231***	1.0091	1.0019	1.0000	1.0101	**ERI**
		0.3	0.9928	0.9766	0.8917	1.0000	***1.0011***	**PMM**
	High	0.1	0.9835	1.0012	0.9866	1.0000	***1.0085***	**PMM**
		0.2	0.9135	0.9228	0.8079	***1.0000***	0.9912	**EM**
		0.3	0.8190	0.8132	0.6295	***1.0000***	0.9671	**EM**
200	None	0.1	1.0313	1.0193	***1.1712***	1.0000	1.0126	**KNN**
		0.2	1.0445	1.0155	***1.1532***	1.0000	1.0078	**KNN**
		0.3	1.0518	1.0105	***1.1092***	1.0000	1.0043	**KNN**
	Medium	0.1	1.0275	1.0149	***1.1588***	1.0000	1.0096	**KNN**
		0.2	1.0160	0.9994	***1.0773***	1.0000	1.0031	**KNN**
		0.3	0.9866	0.9688	0.9720	***1.0000***	0.9975	**EM**
	High	0.1	0.9748	0.9917	***1.0654***	1.0000	1.0027	**KNN**
		0.2	0.9029	0.9140	0.9010	***1.0000***	0.9914	**EM**
		0.3	0.8088	0.8063	0.7299	***1.0000***	0.9749	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.57 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	9.4121	9.5282	9.7637	9.8840	9.5838
		0.2	12.7300	13.1391	14.3692	13.4137	13.1183
		0.3	15.0601	15.8189	18.5131	15.7945	15.6202
	Medium	0.1	12.1119	12.3908	13.4591	12.6991	12.4477
		0.2	15.6851	16.3832	21.2308	16.0877	16.1404
		0.3	18.5999	19.4492	30.5255	18.3094	18.4728
	High	0.1	15.3303	15.5092	20.3331	15.3690	15.2930
		0.2	20.6466	21.2754	36.3708	18.1221	18.7792
		0.3	25.5582	26.6906	56.1280	19.1532	21.1728
100	None	0.1	6.5441	6.6911	6.4888	6.8675	6.7148
		0.2	8.9327	9.3093	9.3005	9.3962	9.3379
		0.3	10.7157	11.3160	12.3320	11.2499	11.2623
	Medium	0.1	8.6198	8.8948	9.0897	8.9720	8.8884
		0.2	11.9981	12.5376	14.1799	12.1358	12.2085
		0.3	14.1519	14.6365	19.7776	13.4095	13.6785
	High	0.1	11.9355	12.0394	13.9258	11.5864	11.6945
		0.2	16.7503	17.0471	24.6797	13.8623	14.3420
		0.3	20.4299	21.2533	38.4890	13.9933	15.3191
200	None	0.1	4.6886	4.8476	4.2967	4.9033	4.8450
		0.2	6.7530	7.1613	6.6627	7.1660	7.1884
		0.3	8.1483	8.7183	8.8112	8.5918	8.6436
	Medium	0.1	6.9146	7.2390	6.7911	7.2559	7.2315
		0.2	9.5369	9.9722	10.4227	9.6164	9.6714
		0.3	11.4527	11.7423	14.3671	10.5795	10.7103
	High	0.1	10.0689	10.1299	10.8083	9.5257	9.6039
		0.2	14.2060	14.3966	18.2772	11.0553	11.4503
		0.3	17.7050	18.4075	27.4797	11.2063	12.1289

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.58 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	159.8167	161.1386	***90.0923***	166.7947	160.2182	**KNN**
		0.2	254.7627	261.6478	***116.1635***	270.8671	258.2405	**KNN**
		0.3	350.7637	366.7652	***143.3422***	376.4784	360.3481	**KNN**
	Medium	0.1	226.7266	232.6348	***108.9402***	239.7386	228.8749	**KNN**
		0.2	364.8630	379.9617	***150.3154***	389.0982	373.7658	**KNN**
		0.3	484.7585	508.1671	***199.8582***	512.2922	495.6658	**KNN**
	High	0.1	313.6790	323.0599	***133.8760***	330.8904	315.6674	**KNN**
		0.2	470.7491	490.8662	***208.0225***	489.6518	476.8272	**KNN**
		0.3	611.5250	633.6755	***290.4535***	614.2510	611.1722	**KNN**
100	None	0.1	125.1109	127.5329	***52.6877***	130.3709	126.2319	**KNN**
		0.2	220.4440	228.5930	***76.4395***	233.3785	225.1895	**KNN**
		0.3	332.2615	348.7494	***108.7616***	353.2716	344.5997	**KNN**
	Medium	0.1	196.5997	202.2813	***70.4896***	205.7324	199.0431	**KNN**
		0.2	336.1173	351.6483	***113.1789***	354.7675	345.9742	**KNN**
		0.3	464.3606	488.0710	***164.9661***	486.4002	477.6472	**KNN**
	High	0.1	285.8021	294.9402	***97.1643***	296.6942	288.9531	**KNN**
		0.2	451.7841	471.7348	***168.4928***	462.7197	458.9438	**KNN**
		0.3	586.8825	610.4113	***246.9370***	581.6066	586.6460	**KNN**
200	None	0.1	109.1339	111.3492	***34.6068***	112.8835	110.7027	**KNN**
		0.2	210.8167	219.7172	***57.0710***	221.8547	216.9752	**KNN**
		0.3	314.9942	331.9730	***88.4490***	333.3353	327.8868	**KNN**
	Medium	0.1	180.9386	186.7530	***50.5328***	189.1691	184.7093	**KNN**
		0.2	321.5321	337.0818	***90.7678***	337.9294	332.5328	**KNN**
		0.3	453.7072	477.9280	***145.3983***	473.8467	469.4690	**KNN**
	High	0.1	277.6889	286.9214	***80.0319***	286.6942	282.5213	**KNN**
		0.2	439.3149	458.8288	***148.8769***	445.3045	445.9207	**KNN**
		0.3	573.6817	597.8655	***228.3668***	560.8222	572.7672	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.59 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0437	1.0351	***1.8514***	1.0000	1.0410	**KNN**
		0.2	1.0632	1.0352	***2.3318***	1.0000	1.0489	**KNN**
		0.3	1.0733	1.0265	***2.6264***	1.0000	1.0448	**KNN**
	Medium	0.1	1.0574	1.0305	***2.2006***	1.0000	1.0475	**KNN**
		0.2	1.0664	1.0240	***2.5885***	1.0000	1.0410	**KNN**
		0.3	1.0568	1.0081	***2.5633***	1.0000	1.0335	**KNN**
	High	0.1	1.0549	1.0242	***2.4716***	1.0000	1.0482	**KNN**
		0.2	1.0402	0.9975	***2.3538***	1.0000	1.0269	**KNN**
		0.3	1.0045	0.9693	***2.1148***	1.0000	1.0050	**KNN**
100	None	0.1	1.0420	1.0223	***2.4744***	1.0000	1.0328	**KNN**
		0.2	1.0587	1.0209	***3.0531***	1.0000	1.0364	**KNN**
		0.3	1.0632	1.0130	***3.2481***	1.0000	1.0252	**KNN**
	Medium	0.1	1.0465	1.0171	***2.9186***	1.0000	1.0336	**KNN**
		0.2	1.0555	1.0089	***3.1346***	1.0000	1.0254	**KNN**
		0.3	1.0475	0.9966	***2.9485***	1.0000	1.0183	**KNN**
	High	0.1	1.0381	1.0059	***3.0535***	1.0000	1.0268	**KNN**
		0.2	1.0242	0.9809	***2.7462***	1.0000	1.0082	**KNN**
		0.3	0.9910	0.9528	***2.3553***	1.0000	0.9914	**KNN**
200	None	0.1	1.0344	1.0138	***3.2619***	1.0000	1.0197	**KNN**
		0.2	1.0524	1.0097	***3.8873***	1.0000	1.0225	**KNN**
		0.3	1.0582	1.0041	***3.7687***	1.0000	1.0166	**KNN**
	Medium	0.1	1.0455	1.0129	***3.7435***	1.0000	1.0241	**KNN**
		0.2	1.0510	1.0025	***3.7230***	1.0000	1.0162	**KNN**
		0.3	1.0444	0.9915	***3.2590***	1.0000	1.0093	**KNN**
	High	0.1	1.0324	0.9992	***3.5823***	1.0000	1.0148	**KNN**
		0.2	1.0136	0.9705	***2.9911***	1.0000	0.9986	**KNN**
		0.3	0.9776	0.9380	***2.4558***	1.0000	0.9791	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.60 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	83.9313	85.2676	54.0908	86.9762	83.5728
		0.2	111.5052	116.0156	60.3575	116.1058	112.6792
		0.3	131.5180	137.7265	66.0862	136.5752	131.7751
	Medium	0.1	109.5271	113.1755	60.2524	113.9257	109.1291
		0.2	138.6900	144.4071	73.8241	144.8326	140.1725
		0.3	158.9094	165.9440	81.4195	159.9365	158.0841
	High	0.1	131.8977	138.2351	64.7772	136.4774	130.6463
		0.2	155.4611	161.0359	91.0990	154.9349	153.6575
		0.3	178.9884	181.9777	112.2368	171.4652	174.3198
100	None	0.1	59.7453	61.9041	28.6389	62.0214	60.2053
		0.2	79.2780	83.4805	34.3449	82.6491	80.3445
		0.3	97.4523	102.9586	41.0267	100.8292	99.2318
	Medium	0.1	79.9879	83.6326	34.0988	81.9938	80.0845
		0.2	103.2313	109.2574	44.7430	107.0532	105.2398
		0.3	122.4972	128.1291	57.2087	122.9377	123.5049
	High	0.1	103.5886	108.0530	43.5479	105.3966	103.6209
		0.2	125.8455	131.2610	66.6557	122.2634	123.4784
		0.3	133.6509	135.7749	81.1935	124.5060	128.6814
200	None	0.1	43.9325	45.6765	15.4408	45.7269	44.6090
		0.2	62.8803	66.7244	19.9631	66.2549	64.5979
		0.3	74.2688	79.1926	28.1468	77.2240	76.4820
	Medium	0.1	62.6632	66.3466	19.8006	65.8867	64.1915
		0.2	82.3019	87.2442	31.0177	85.5793	84.6929
		0.3	91.4772	96.0552	44.0469	91.9544	92.6748
	High	0.1	87.0375	91.8681	31.5973	87.9541	87.7496
		0.2	103.2628	108.4056	51.1544	98.0419	101.7724
		0.3	112.7724	114.8697	71.4381	100.4910	105.7171

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.61 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1485.3886	1499.6360	***695.2701***	1512.4908	1474.0525	**KNN**
		0.2	2396.5746	2436.5054	***774.6973***	2467.1771	2392.0655	**KNN**
		0.3	3283.6893	3342.9325	***858.5608***	3398.8552	3290.3554	**KNN**
	Medium	0.1	2146.8035	2180.3897	***740.8592***	2205.8702	2145.7312	**KNN**
		0.2	3316.6108	3373.7571	***878.1350***	3430.1507	3318.6848	**KNN**
		0.3	4477.8059	4554.3331	***1052.2224***	4639.0689	4506.6593	**KNN**
	High	0.1	2897.1293	2942.7980	***827.6946***	2984.8546	2895.4793	**KNN**
		0.2	4314.2183	4373.8908	***1053.6513***	4453.1486	4328.5990	**KNN**
		0.3	5239.0166	5301.0512	***1255.9324***	5416.4027	5276.7073	**KNN**
100	None	0.1	1129.0706	1143.0512	***358.4711***	1146.8383	1130.5823	**KNN**
		0.2	2022.2118	2055.2781	***414.1359***	2067.3963	2026.8950	**KNN**
		0.3	3046.5785	3103.5395	***489.4277***	3109.1843	3058.3850	**KNN**
	Medium	0.1	1790.4738	1820.6112	***395.7106***	1824.0534	1793.9469	**KNN**
		0.2	3104.8316	3155.7624	***497.8946***	3167.1273	3112.0717	**KNN**
		0.3	4213.2797	4279.3165	***640.9139***	4298.7924	4236.8018	**KNN**
	High	0.1	2605.7231	2645.8812	***460.7799***	2650.4920	2611.4357	**KNN**
		0.2	4045.3089	4099.5761	***621.7078***	4111.1203	4058.2465	**KNN**
		0.3	5083.6685	5146.5814	***815.3460***	5142.8152	5099.9476	**KNN**
200	None	0.1	995.1202	1008.6693	***189.5958***	1008.2024	998.7225	**KNN**
		0.2	1949.8317	1980.0574	***230.7561***	1983.6059	1960.2203	**KNN**
		0.3	2934.1320	2983.4621	***289.6789***	2983.4285	2952.4870	**KNN**
	Medium	0.1	1660.7683	1685.3222	***219.4268***	1688.9558	1667.7383	**KNN**
		0.2	2991.3766	3040.9970	***302.4545***	3035.9615	3006.5899	**KNN**
		0.3	4163.1166	4223.2709	***412.2351***	4222.5185	4188.5121	**KNN**
	High	0.1	2520.0857	2557.7493	***273.9503***	2551.8319	2530.7434	**KNN**
		0.2	3958.8716	4011.4573	***413.3904***	3989.6164	3973.7853	**KNN**
		0.3	5077.4553	5131.7599	***567.4296***	5090.1443	5097.6325	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.62 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0182	1.0086	***2.1754***	1.0000	1.0261	**KNN**
		0.2	1.0295	1.0126	***3.1847***	1.0000	1.0314	**KNN**
		0.3	1.0351	1.0167	***3.9588***	1.0000	1.0330	**KNN**
	Medium	0.1	1.0275	1.0117	***2.9774***	1.0000	1.0280	**KNN**
		0.2	1.0342	1.0167	***3.9062***	1.0000	1.0336	**KNN**
		0.3	1.0360	1.0186	***4.4088***	1.0000	1.0294	**KNN**
	High	0.1	1.0303	1.0143	***3.6062***	1.0000	1.0309	**KNN**
		0.2	1.0322	1.0181	***4.2264***	1.0000	1.0288	**KNN**
		0.3	1.0339	1.0218	***4.3127***	1.0000	1.0265	**KNN**
100	None	0.1	1.0157	1.0033	***3.1992***	1.0000	1.0144	**KNN**
		0.2	1.0223	1.0059	***4.9921***	1.0000	1.0200	**KNN**
		0.3	1.0205	1.0018	***6.3527***	1.0000	1.0166	**KNN**
	Medium	0.1	1.0188	1.0019	***4.6096***	1.0000	1.0168	**KNN**
		0.2	1.0201	1.0036	***6.3610***	1.0000	1.0177	**KNN**
		0.3	1.0203	1.0046	***6.7073***	1.0000	1.0146	**KNN**
	High	0.1	1.0172	1.0017	***5.7522***	1.0000	1.0150	**KNN**
		0.2	1.0163	1.0028	***6.6126***	1.0000	1.0130	**KNN**
		0.3	1.0116	0.9993	***6.3075***	1.0000	1.0084	**KNN**
200	None	0.1	1.0131	0.9995	***5.3176***	1.0000	1.0095	**KNN**
		0.2	1.0173	1.0018	***8.5961***	1.0000	1.0119	**KNN**
		0.3	1.0168	1.0000	***10.2991***	1.0000	1.0105	**KNN**
	Medium	0.1	1.0170	1.0022	***7.6971***	1.0000	1.0127	**KNN**
		0.2	1.0149	0.9983	***10.0377***	1.0000	1.0098	**KNN**
		0.3	1.0143	0.9998	***10.2430***	1.0000	1.0081	**KNN**
	High	0.1	1.0126	0.9977	***9.3149***	1.0000	1.0083	**KNN**
		0.2	1.0078	0.9946	***9.6510***	1.0000	1.0040	**KNN**
		0.3	1.0025	0.9919	***8.9705***	1.0000	0.9985	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

ตารางที่ 6.63 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 7 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	779.8289	789.9597	478.9065	790.1262	769.8500
		0.2	1089.7326	1109.6442	520.0381	1112.8841	1079.8421
		0.3	1216.8356	1229.9644	552.0850	1245.6020	1217.4483
	Medium	0.1	1023.7133	1045.4272	505.4878	1049.4824	1026.2818
		0.2	1227.6698	1247.2883	583.5269	1262.2682	1234.1949
		0.3	1393.4262	1404.2533	686.7534	1426.1758	1397.8032
	High	0.1	1217.3891	1231.4805	528.0468	1241.2752	1207.0402
		0.2	1424.9103	1437.4194	671.0498	1465.7531	1439.2350
		0.3	1516.8702	1515.6448	785.8217	1568.7416	1526.5021
100	None	0.1	502.0589	511.5542	237.7328	506.0627	502.4207
		0.2	719.9606	733.3645	256.9295	729.0979	718.3309
		0.3	899.1134	912.3330	297.6493	913.1722	890.0557
	Medium	0.1	704.0085	718.2719	247.4254	711.3823	702.9099
		0.2	905.9372	918.0775	291.6587	917.6047	901.3376
		0.3	1084.3666	1097.7323	365.8856	1100.0477	1082.1430
	High	0.1	916.7775	930.8302	274.9596	927.9558	918.2574
		0.2	1065.3975	1067.9539	336.5274	1079.0981	1060.0728
		0.3	1105.5079	1108.0827	434.4466	1112.7563	1098.4147
200	None	0.1	397.6038	404.3206	119.7882	401.3411	398.2217
		0.2	561.5609	571.6165	138.8922	567.9958	561.3849
		0.3	723.8504	735.8369	157.9738	726.6907	723.2376
	Medium	0.1	571.3106	581.3041	127.6965	576.7035	570.5522
		0.2	784.0513	796.7089	166.1632	787.9270	783.4439
		0.3	832.7433	841.9811	202.2156	837.0836	828.5981
	High	0.1	784.9833	796.3429	146.0227	787.1407	784.4614
		0.2	875.4712	881.8168	216.4954	874.8734	871.3675
		0.3	893.0744	895.3611	267.0754	886.4175	886.4658

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 8

ตารางที่ 6.64 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	17.8080	***17.8623***	17.6444	18.7177	18.0941	**CERI**
		0.2	***28.8407***	29.4065	29.6399	30.7727	29.8724	**ERI**
		0.3	***40.7012***	41.9891	44.2940	43.5053	42.5361	**ERI**
	Medium	0.1	***25.6574***	25.8958	26.3437	27.1029	26.2878	**ERI**
		0.2	***41.5318***	42.4971	46.6178	43.6804	43.0064	**ERI**
		0.3	***57.4619***	59.1376	71.2755	58.8399	58.5012	**ERI**
	High	0.1	***36.4667***	36.4828	39.6895	37.4871	36.7311	**ERI**
		0.2	58.1772	58.8874	73.5919	***56.1066***	56.3580	**EM**
		0.3	79.1459	80.8345	117.7251	***69.2915***	71.9267	**EM**
100	None	0.1	14.1047	14.2713	***13.1990***	14.7262	14.4282	**KNN**
		0.2	24.9081	25.6731	***23.9039***	26.4008	26.0502	**KNN**
		0.3	***36.6423***	38.2177	37.3089	39.0477	38.7427	**ERI**
	Medium	0.1	21.8830	22.3045	***20.8427***	22.9180	22.5800	**KNN**
		0.2	***38.4086***	39.6020	39.1544	39.9521	39.8237	**ERI**
		0.3	***54.0723***	55.8542	60.0987	54.7960	55.0694	**ERI**
	High	0.1	***33.2700***	33.4672	33.2868	33.6580	33.5038	**ERI**
		0.2	54.8508	55.5612	61.8027	***51.9668***	52.6066	**EM**
		0.3	76.2630	77.7181	97.1916	***65.2846***	67.6779	**EM**
200	None	0.1	12.1806	12.4245	***10.6307***	12.6687	12.5193	**KNN**
		0.2	23.2870	24.1901	***20.8854***	24.5564	24.4644	**KNN**
		0.3	34.9870	36.7972	***33.0453***	37.1438	37.1350	**KNN**
	Medium	0.1	20.1520	20.6771	***17.8691***	20.9952	20.8800	**KNN**
		0.2	36.5991	37.8734	***34.5173***	37.8531	37.9253	**KNN**
		0.3	***52.0529***	53.9364	52.2977	52.4695	52.7934	**ERI**
	High	0.1	31.7233	32.0020	***29.2352***	31.7373	31.8014	**KNN**
		0.2	53.7170	54.3971	54.2688	***50.2505***	50.9295	**EM**
		0.3	74.9484	76.4256	83.2773	***63.5181***	65.3652	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.65 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0511	***1.0479***	1.0608	1.0000	1.0345	**CERI**
		0.2	***1.0670***	1.0465	1.0382	1.0000	1.0301	**ERI**
		0.3	***1.0689***	1.0361	0.9822	1.0000	1.0228	**ERI**
	Medium	0.1	***1.0563***	1.0466	1.0288	1.0000	1.0310	**ERI**
		0.2	***1.0517***	1.0278	0.9370	1.0000	1.0157	**ERI**
		0.3	***1.0240***	0.9950	0.8255	1.0000	1.0058	**ERI**
	High	0.1	***1.0280***	1.0275	0.9445	1.0000	1.0206	**ERI**
		0.2	0.9644	0.9528	0.7624	***1.0000***	0.9955	**EM**
		0.3	0.8755	0.8572	0.5886	***1.0000***	0.9634	**EM**
100	None	0.1	1.0441	1.0319	***1.1157***	1.0000	1.0207	**KNN**
		0.2	1.0599	1.0283	***1.1045***	1.0000	1.0135	**KNN**
		0.3	***1.0656***	1.0217	1.0466	1.0000	1.0079	**ERI**
	Medium	0.1	1.0473	1.0275	***1.0996***	1.0000	1.0150	**KNN**
		0.2	***1.0402***	1.0088	1.0204	1.0000	1.0032	**ERI**
		0.3	***1.0134***	0.9811	0.9118	1.0000	0.9950	**ERI**
	High	0.1	***1.0117***	1.0057	1.0112	1.0000	1.0046	**ERI**
		0.2	0.9474	0.9353	0.8409	***1.0000***	0.9878	**EM**
		0.3	0.8560	0.8400	0.6717	***1.0000***	0.9646	**EM**
200	None	0.1	1.0401	1.0196	***1.1917***	1.0000	1.0119	**KNN**
		0.2	1.0545	1.0151	***1.1758***	1.0000	1.0038	**KNN**
		0.3	1.0616	1.0094	***1.1240***	1.0000	1.0002	**KNN**
	Medium	0.1	1.0418	1.0154	***1.1749***	1.0000	1.0055	**KNN**
		0.2	1.0343	0.9995	***1.0966***	1.0000	0.9981	**KNN**
		0.3	***1.0080***	0.9728	1.0033	1.0000	0.9939	**ERI**
	High	0.1	1.0004	0.9917	***1.0856***	1.0000	0.9980	**KNN**
		0.2	0.9355	0.9238	0.9260	***1.0000***	0.9867	**EM**
		0.3	0.8475	0.8311	0.7627	***1.0000***	0.9717	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.66 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	9.4121	9.5282	9.7637	9.8840	9.5838
		0.2	12.7300	13.1391	14.3692	13.4137	13.1183
		0.3	15.0601	15.8189	18.5131	15.7945	15.6202
	Medium	0.1	12.1119	12.3908	13.4591	12.6991	12.4477
		0.2	15.6851	16.3832	21.2308	16.0877	16.1404
		0.3	18.5999	19.4492	30.5255	18.3094	18.4728
	High	0.1	15.3303	15.5092	20.3331	15.3690	15.2930
		0.2	20.6466	21.2754	36.3708	18.1221	18.7792
		0.3	25.5582	26.6906	56.1280	19.1532	21.1728
100	None	0.1	6.5441	6.6911	6.4888	6.8675	6.7148
		0.2	8.9327	9.3093	9.3005	9.3962	9.3379
		0.3	10.7157	11.3160	12.3320	11.2499	11.2623
	Medium	0.1	8.6198	8.8948	9.0897	8.9720	8.8884
		0.2	11.9981	12.5376	14.1799	12.1358	12.2085
		0.3	14.1519	14.6365	19.7776	13.4095	13.6785
	High	0.1	11.9355	12.0394	13.9258	11.5864	11.6945
		0.2	16.7503	17.0471	24.6797	13.8623	14.3420
		0.3	20.4299	21.2533	38.4890	13.9933	15.3191
200	None	0.1	4.6886	4.8476	4.2967	4.9033	4.8450
		0.2	6.7530	7.1613	6.6627	7.1660	7.1884
		0.3	8.1483	8.7183	8.8112	8.5918	8.6436
	Medium	0.1	6.9146	7.2390	6.7911	7.2559	7.2315
		0.2	9.5369	9.9722	10.4227	9.6164	9.6714
		0.3	11.4527	11.7423	14.3671	10.5795	10.7103
	High	0.1	10.0689	10.1299	10.8083	9.5257	9.6039
		0.2	14.2060	14.3966	18.2772	11.0553	11.4503
		0.3	17.7050	18.4075	27.4797	11.2063	12.1289

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.67 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	163.2004	164.9663	***91.5303***	169.8334	162.4819	**KNN**
		0.2	259.6170	266.6149	***116.6256***	274.6937	262.6597	**KNN**
		0.3	356.8044	370.9052	***148.4014***	380.0834	365.5465	**KNN**
	Medium	0.1	228.0835	233.2298	***108.3533***	240.0865	230.5252	**KNN**
		0.2	370.8503	383.7445	***149.5011***	391.1907	379.2947	**KNN**
		0.3	493.4293	511.7530	***199.1242***	521.5614	504.4949	**KNN**
	High	0.1	318.7945	327.4201	***137.4984***	334.8804	323.1017	**KNN**
		0.2	478.3345	494.8078	***204.3132***	494.5946	485.4066	**KNN**
		0.3	613.9716	631.5636	***276.4831***	618.2219	615.5576	**KNN**
100	None	0.1	129.7435	131.7817	***55.5335***	134.7976	130.2248	**KNN**
		0.2	225.0900	232.6533	***78.5329***	236.7137	229.9108	**KNN**
		0.3	332.2796	346.7141	***107.6598***	350.1181	342.5579	**KNN**
	Medium	0.1	194.5968	199.8488	***71.1755***	202.9191	197.5112	**KNN**
		0.2	344.5710	357.9640	***115.2357***	360.9663	352.8626	**KNN**
		0.3	469.7955	488.9720	***162.2501***	489.1024	481.3053	**KNN**
	High	0.1	293.0045	301.5803	***99.8106***	303.7287	297.3560	**KNN**
		0.2	455.4069	471.0183	***165.8222***	464.0304	460.8868	**KNN**
		0.3	592.4421	611.0470	***237.2541***	585.6491	593.7361	**KNN**
200	None	0.1	109.7968	111.9871	***34.8861***	113.3957	111.2631	**KNN**
		0.2	211.1777	219.0442	***57.7352***	220.3466	216.6991	**KNN**
		0.3	317.9077	332.3380	***87.5937***	333.7487	329.0395	**KNN**
	Medium	0.1	177.7658	183.0430	***50.0467***	184.7064	181.3137	**KNN**
		0.2	327.1038	340.9525	***91.4157***	340.7242	336.9587	**KNN**
		0.3	456.2693	476.1009	***141.1201***	471.9180	469.0569	**KNN**
	High	0.1	274.7948	283.4485	***78.5797***	283.0669	280.0050	**KNN**
		0.2	437.2618	453.1702	***140.4660***	442.4617	443.0183	**KNN**
		0.3	575.0883	593.9782	***211.1649***	565.3395	575.3501	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.68 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0406	1.0295	***1.8555***	1.0000	1.0452	**KNN**
		0.2	1.0581	1.0303	***2.3553***	1.0000	1.0458	**KNN**
		0.3	1.0652	1.0247	***2.5612***	1.0000	1.0398	**KNN**
	Medium	0.1	1.0526	1.0294	***2.2158***	1.0000	1.0415	**KNN**
		0.2	1.0548	1.0194	***2.6166***	1.0000	1.0314	**KNN**
		0.3	1.0570	1.0192	***2.6193***	1.0000	1.0338	**KNN**
	High	0.1	1.0505	1.0228	***2.4355***	1.0000	1.0365	**KNN**
		0.2	1.0340	0.9996	***2.4208***	1.0000	1.0189	**KNN**
		0.3	1.0069	0.9789	***2.2360***	1.0000	1.0043	**KNN**
100	None	0.1	1.0390	1.0229	***2.4273***	1.0000	1.0351	**KNN**
		0.2	1.0516	1.0175	***3.0142***	1.0000	1.0296	**KNN**
		0.3	1.0537	1.0098	***3.2521***	1.0000	1.0221	**KNN**
	Medium	0.1	1.0428	1.0154	***2.8510***	1.0000	1.0274	**KNN**
		0.2	1.0476	1.0084	***3.1324***	1.0000	1.0230	**KNN**
		0.3	1.0411	1.0003	***3.0145***	1.0000	1.0162	**KNN**
	High	0.1	1.0366	1.0071	***3.0431***	1.0000	1.0214	**KNN**
		0.2	1.0189	0.9852	***2.7984***	1.0000	1.0068	**KNN**
		0.3	0.9885	0.9584	***2.4684***	1.0000	0.9864	**KNN**
200	None	0.1	1.0328	1.0126	***3.2505***	1.0000	1.0192	**KNN**
		0.2	1.0434	1.0059	***3.8165***	1.0000	1.0168	**KNN**
		0.3	1.0498	1.0042	***3.8102***	1.0000	1.0143	**KNN**
	Medium	0.1	1.0390	1.0091	***3.6907***	1.0000	1.0187	**KNN**
		0.2	1.0416	0.9993	***3.7272***	1.0000	1.0112	**KNN**
		0.3	1.0343	0.9912	***3.3441***	1.0000	1.0061	**KNN**
	High	0.1	1.0301	0.9987	***3.6023***	1.0000	1.0109	**KNN**
		0.2	1.0119	0.9764	***3.1500***	1.0000	0.9987	**KNN**
		0.3	0.9830	0.9518	***2.6772***	1.0000	0.9826	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.69 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	88.8236	90.4294	56.3010	91.3832	86.7952
		0.2	117.0762	120.9700	66.2530	121.4214	117.1689
		0.3	136.8490	142.9726	70.7262	140.7214	136.1091
	Medium	0.1	108.9393	112.3290	61.3252	112.8250	108.8195
		0.2	144.7980	150.3157	71.3682	148.2735	144.1845
		0.3	153.9158	157.9152	85.5963	156.2920	152.8681
	High	0.1	132.8335	136.0406	69.3887	135.5272	132.5420
		0.2	160.5551	164.9949	88.9739	160.4769	158.0868
		0.3	173.8151	177.2125	103.1297	171.6890	171.3797
100	None	0.1	57.9539	59.1309	29.4575	59.8916	57.4712
		0.2	77.6387	80.7798	33.2301	80.7050	77.5188
		0.3	97.0111	101.4968	42.7495	100.3472	98.7096
	Medium	0.1	76.6475	80.1313	34.2950	79.6049	77.9125
		0.2	101.8668	106.6800	46.6281	104.4892	103.0343
		0.3	117.1908	121.3439	56.7952	117.4581	116.5271
	High	0.1	97.2019	101.1784	42.5774	98.2646	98.4795
		0.2	125.2759	128.8771	61.1776	121.7850	121.6211
		0.3	138.3989	140.5231	79.1098	128.8896	133.1489
200	None	0.1	43.4943	44.8168	15.9790	45.1570	44.3377
		0.2	63.0925	66.1595	21.0073	65.4918	64.7526
		0.3	79.3367	82.9382	28.0403	82.0039	80.1628
	Medium	0.1	58.4111	60.9968	20.3877	60.3925	59.3503
		0.2	83.5815	87.8522	31.3198	85.4574	85.5965
		0.3	94.2115	97.8859	41.0500	94.3664	95.0706
	High	0.1	84.4633	88.2266	31.5786	85.3428	85.6233
		0.2	100.4476	103.9187	47.5359	96.2371	98.4459
		0.3	109.4161	110.4748	60.0040	99.5812	104.4635

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.70 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1465.8376	1476.9793	***681.7365***	1492.4406	1459.4453	**KNN**
		0.2	2359.0020	2383.8027	***750.3410***	2413.6245	2344.3596	**KNN**
		0.3	3308.0546	3347.7948	***835.4073***	3416.8705	3306.7980	**KNN**
	Medium	0.1	2054.0855	2073.2853	***712.7912***	2109.9479	2044.1489	**KNN**
		0.2	3320.5642	3357.1261	***840.9763***	3432.5213	3320.1629	**KNN**
		0.3	4458.1730	4506.1581	***1008.1400***	4614.5647	4477.6829	**KNN**
	High	0.1	2822.3587	2853.5228	***798.4025***	2899.6759	2814.2929	**KNN**
		0.2	4301.8741	4347.3274	***981.8458***	4436.3323	4307.2981	**KNN**
		0.3	5340.8690	5388.4846	***1217.7506***	5511.7181	5368.3682	**KNN**
100	None	0.1	1199.0245	1208.7758	***381.8652***	1216.0076	1196.2357	**KNN**
		0.2	2143.3023	2166.9900	***434.4857***	2179.2467	2141.4878	**KNN**
		0.3	3085.7476	3122.0448	***515.3335***	3143.7558	3088.5159	**KNN**
	Medium	0.1	1832.1939	1851.8657	***413.4216***	1863.6544	1832.8386	**KNN**
		0.2	3138.8104	3181.5169	***516.6965***	3185.2378	3144.7368	**KNN**
		0.3	4306.5274	4352.3327	***651.3980***	4383.2623	4323.6423	**KNN**
	High	0.1	2624.0917	2654.1103	***482.5560***	2664.1983	2625.9179	**KNN**
		0.2	4156.6903	4194.0042	***635.3949***	4222.6409	4165.7687	**KNN**
		0.3	5195.7446	5238.6911	***813.3173***	5266.5364	5215.8918	**KNN**
200	None	0.1	1035.9550	1045.8368	***195.5822***	1047.6269	1034.8666	**KNN**
		0.2	1958.9418	1981.3176	***240.6268***	1984.8569	1963.5663	**KNN**
		0.3	2998.1606	3035.4091	***294.5941***	3036.0707	3009.9446	**KNN**
	Medium	0.1	1669.2716	1687.4651	***223.9018***	1691.1770	1674.1644	**KNN**
		0.2	2990.4247	3025.7219	***306.7386***	3026.0131	3002.5481	**KNN**
		0.3	4219.8554	4262.4821	***417.8746***	4270.4190	4241.4361	**KNN**
	High	0.1	2512.3255	2539.0857	***280.1363***	2536.8384	2514.3786	**KNN**
		0.2	3999.1891	4037.7847	***405.8001***	4030.8313	4011.0178	**KNN**
		0.3	5043.0502	5082.5217	***564.2400***	5061.6752	5055.4252	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.71 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0181	1.0105	***2.1892***	1.0000	1.0226	**KNN**
		0.2	1.0232	1.0125	***3.2167***	1.0000	1.0295	**KNN**
		0.3	1.0329	1.0206	***4.0901***	1.0000	1.0333	**KNN**
	Medium	0.1	1.0272	1.0177	***2.9601***	1.0000	1.0322	**KNN**
		0.2	1.0337	1.0225	***4.0816***	1.0000	1.0338	**KNN**
		0.3	1.0351	1.0241	***4.5773***	1.0000	1.0306	**KNN**
	High	0.1	1.0274	1.0162	***3.6318***	1.0000	1.0303	**KNN**
		0.2	1.0313	1.0205	***4.5184***	1.0000	1.0300	**KNN**
		0.3	1.0320	1.0229	***4.5261***	1.0000	1.0267	**KNN**
100	None	0.1	1.0142	1.0060	***3.1844***	1.0000	1.0165	**KNN**
		0.2	1.0168	1.0057	***5.0157***	1.0000	1.0176	**KNN**
		0.3	1.0188	1.0070	***6.1004***	1.0000	1.0179	**KNN**
	Medium	0.1	1.0172	1.0064	***4.5079***	1.0000	1.0168	**KNN**
		0.2	1.0148	1.0012	***6.1646***	1.0000	1.0129	**KNN**
		0.3	1.0178	1.0071	***6.7290***	1.0000	1.0138	**KNN**
	High	0.1	1.0153	1.0038	***5.5210***	1.0000	1.0146	**KNN**
		0.2	1.0159	1.0068	***6.6457***	1.0000	1.0137	**KNN**
		0.3	1.0136	1.0053	***6.4754***	1.0000	1.0097	**KNN**
200	None	0.1	1.0113	1.0017	***5.3565***	1.0000	1.0123	**KNN**
		0.2	1.0132	1.0018	***8.2487***	1.0000	1.0108	**KNN**
		0.3	1.0126	1.0002	***10.3059***	1.0000	1.0087	**KNN**
	Medium	0.1	1.0131	1.0022	***7.5532***	1.0000	1.0102	**KNN**
		0.2	1.0119	1.0001	***9.8651***	1.0000	1.0078	**KNN**
		0.3	1.0120	1.0019	***10.2194***	1.0000	1.0068	**KNN**
	High	0.1	1.0098	0.9991	***9.0557***	1.0000	1.0089	**KNN**
		0.2	1.0079	0.9983	***9.9330***	1.0000	1.0049	**KNN**
		0.3	1.0037	0.9959	***8.9708***	1.0000	1.0012	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.72 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 8 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	797.4267	803.7112	485.8881	806.3746	787.7903
		0.2	982.6026	992.8955	499.3506	1001.7965	978.0604
		0.3	1158.2433	1169.0449	551.4627	1195.5194	1158.2254
	Medium	0.1	964.9172	971.7316	490.4362	990.0710	962.8587
		0.2	1266.8543	1270.9593	574.8948	1305.0711	1259.8589
		0.3	1389.3101	1391.7154	644.8027	1417.6495	1383.2320
	High	0.1	1197.3487	1206.2548	543.0101	1228.1557	1186.6338
		0.2	1426.9492	1428.4112	623.8663	1461.4905	1425.2706
		0.3	1474.6607	1481.7511	770.1393	1523.8938	1475.9213
100	None	0.1	531.0691	537.3489	246.3995	537.9075	528.8478
		0.2	765.2785	774.9003	271.3290	773.9595	753.6563
		0.3	904.3153	914.1027	308.6246	912.2719	897.4659
	Medium	0.1	710.7153	718.2298	257.8463	721.0436	706.7600
		0.2	944.4470	953.5201	311.9804	950.5736	943.2438
		0.3	1108.5024	1113.2304	390.9898	1119.2046	1103.4546
	High	0.1	926.0249	936.1817	295.8337	935.6595	923.6900
		0.2	1126.9192	1130.4864	367.5034	1139.7590	1121.7729
		0.3	1124.3641	1125.4530	453.3726	1131.1587	1122.4923
200	None	0.1	392.2569	398.2159	127.1983	393.6778	392.8906
		0.2	581.8988	589.4384	142.1187	585.0732	582.0588
		0.3	688.1686	696.8281	164.9356	688.6218	682.6538
	Medium	0.1	569.5343	577.5600	139.0742	575.3861	571.2234
		0.2	763.5088	771.1813	173.3346	767.9767	762.7770
		0.3	823.2029	827.4876	230.2921	833.6460	823.1973
	High	0.1	737.0243	742.9019	160.1130	739.9425	730.8351
		0.2	927.6902	932.6240	213.8221	925.0242	922.4220
		0.3	909.4153	910.6304	290.8173	903.7795	903.1603

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 9

ตารางที่ 6.73 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	***18.0530***	18.2054	20.2940	19.0334	18.5543	**ERI**
		0.2	***29.2962***	29.8543	34.9330	31.0706	30.7271	**ERI**
		0.3	***41.0547***	42.3585	52.2926	43.4393	43.7622	**ERI**
	Medium	0.1	***25.5162***	25.9355	30.4549	27.0059	26.6227	**ERI**
		0.2	***42.3058***	43.5826	54.6699	44.2846	44.6664	**ERI**
		0.3	***58.4254***	60.6362	81.1953	59.7770	61.1387	**ERI**
	High	0.1	***37.0396***	37.9162	46.4045	38.4155	38.5809	**ERI**
		0.2	58.6051	60.5109	83.1785	***57.5350***	59.2498	**EM**
		0.3	77.8559	80.6315	124.8532	***70.7850***	74.4681	**EM**
100	None	0.1	***14.2704***	14.4231	15.2880	14.8451	14.6556	**ERI**
		0.2	***25.6053***	26.2075	28.8429	26.8278	26.9096	**ERI**
		0.3	***37.4721***	38.7327	44.1196	39.2629	39.8560	**ERI**
	Medium	0.1	***22.0190***	22.4312	24.6752	23.0049	22.9760	**ERI**
		0.2	***38.7188***	39.8662	45.9959	40.0564	40.7277	**ERI**
		0.3	***54.2269***	56.0525	69.1197	54.8053	56.2525	**ERI**
	High	0.1	***33.2328***	33.9649	38.7057	33.9081	34.3791	**ERI**
		0.2	54.6210	56.1220	69.8764	***52.9156***	54.4515	**EM**
		0.3	74.7295	77.0182	104.5513	***66.3524***	69.6335	**EM**
200	None	0.1	***12.3384***	12.5058	12.4118	12.7194	12.6769	**ERI**
		0.2	***23.6316***	24.2481	24.6768	24.5810	24.7527	**ERI**
		0.3	***35.6313***	36.8651	38.9497	37.1135	37.7069	**ERI**
	Medium	0.1	***20.3833***	20.8225	21.1419	21.0825	21.1811	**ERI**
		0.2	***36.8029***	37.9416	40.2732	37.8475	38.5098	**ERI**
		0.3	***52.5877***	54.2846	60.7366	52.9584	54.1196	**ERI**
	High	0.1	***31.1784***	31.8429	33.8228	31.6484	32.1221	**ERI**
		0.2	52.5048	53.8574	60.7647	***50.4685***	51.8340	**EM**
		0.3	73.0346	75.0298	90.0400	***64.5679***	67.1086	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.74 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	***1.0543***	1.0455	0.9379	1.0000	1.0258	**ERI**
		0.2	***1.0606***	1.0407	0.8894	1.0000	1.0112	**ERI**
		0.3	***1.0581***	1.0255	0.8307	1.0000	0.9926	**ERI**
	Medium	0.1	***1.0584***	1.0413	0.8868	1.0000	1.0144	**ERI**
		0.2	***1.0468***	1.0161	0.8100	1.0000	0.9915	**ERI**
		0.3	***1.0231***	0.9858	0.7362	1.0000	0.9777	**ERI**
	High	0.1	***1.0371***	1.0132	0.8278	1.0000	0.9957	**ERI**
		0.2	0.9817	0.9508	0.6917	***1.0000***	0.9711	**EM**
		0.3	0.9092	0.8779	0.5669	***1.0000***	0.9505	**EM**
100	None	0.1	***1.0403***	1.0293	0.9710	1.0000	1.0129	**ERI**
		0.2	***1.0477***	1.0237	0.9301	1.0000	0.9970	**ERI**
		0.3	***1.0478***	1.0137	0.8899	1.0000	0.9851	**ERI**
	Medium	0.1	***1.0448***	1.0256	0.9323	1.0000	1.0013	**ERI**
		0.2	***1.0345***	1.0048	0.8709	1.0000	0.9835	**ERI**
		0.3	***1.0107***	0.9777	0.7929	1.0000	0.9743	**ERI**
	High	0.1	***1.0203***	0.9983	0.8761	1.0000	0.9863	**ERI**
		0.2	0.9688	0.9429	0.7573	***1.0000***	0.9718	**EM**
		0.3	0.8879	0.8615	0.6346	***1.0000***	0.9529	**EM**
200	None	0.1	***1.0309***	1.0171	1.0248	1.0000	1.0034	**ERI**
		0.2	***1.0402***	1.0137	0.9961	1.0000	0.9931	**ERI**
		0.3	***1.0416***	1.0067	0.9529	1.0000	0.9843	**ERI**
	Medium	0.1	***1.0343***	1.0125	0.9972	1.0000	0.9953	**ERI**
		0.2	***1.0284***	0.9975	0.9398	1.0000	0.9828	**ERI**
		0.3	***1.0070***	0.9756	0.8719	1.0000	0.9785	**ERI**
	High	0.1	***1.0151***	0.9939	0.9357	1.0000	0.9853	**ERI**
		0.2	0.9612	0.9371	0.8306	***1.0000***	0.9737	**EM**
		0.3	0.8841	0.8606	0.7171	***1.0000***	0.9621	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.75 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	9.5394	9.6731	11.7884	10.0854	9.8314
		0.2	13.0017	13.3945	16.7786	13.5535	13.6118
		0.3	15.1544	15.8696	22.2139	15.5696	15.9231
	Medium	0.1	12.1949	12.5344	15.9501	12.7680	12.7464
		0.2	16.0116	16.7843	24.1497	16.3214	16.7663
		0.3	18.9395	19.9246	32.4470	18.3957	19.1500
	High	0.1	15.9016	16.5480	22.5954	15.9297	16.2536
		0.2	20.6459	21.5990	37.4317	18.5447	19.5987
		0.3	25.3562	26.2636	54.3172	19.4679	21.6493
100	None	0.1	6.4782	6.5868	7.5589	6.7373	6.6626
		0.2	9.1535	9.4900	10.9422	9.5244	9.6155
		0.3	10.9960	11.5169	14.5623	11.3327	11.6353
	Medium	0.1	8.8088	9.0551	10.6300	9.1170	9.1926
		0.2	11.7824	12.3133	15.9735	11.8606	12.2316
		0.3	13.7795	14.4087	21.6279	13.2214	13.6987
	High	0.1	11.9259	12.3523	15.6507	11.6435	12.0267
		0.2	15.9724	16.5825	24.7158	13.9035	14.5577
		0.3	19.6207	20.2988	37.4202	14.0768	15.4753
200	None	0.1	4.7702	4.8777	5.0389	4.9061	4.9150
		0.2	6.9584	7.2444	7.7883	7.2332	7.3404
		0.3	8.4771	8.9059	10.3166	8.7143	8.9241
	Medium	0.1	6.9138	7.1613	7.6007	7.1349	7.1934
		0.2	9.5928	10.0234	11.7989	9.6564	9.9044
		0.3	11.2292	11.6461	15.4786	10.7045	11.0535
	High	0.1	9.7313	10.0380	11.9792	9.5502	9.8215
		0.2	13.7848	14.1671	18.8887	11.4069	11.9249
		0.3	16.6788	17.1415	26.5031	11.1272	12.0521

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.76 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	161.6419	162.9155	***93.6230***	168.3026	162.9600	**KNN**
		0.2	259.0898	262.9921	***119.5895***	271.8850	263.9934	**KNN**
		0.3	371.2992	377.9483	***152.2053***	390.1510	377.8638	**KNN**
	Medium	0.1	232.1434	235.1566	***113.2478***	243.0724	235.0949	**KNN**
		0.2	373.2503	380.4230	***157.1136***	390.0288	380.8178	**KNN**
		0.3	496.0163	505.8593	***205.6368***	518.7995	507.4318	**KNN**
	High	0.1	319.1597	323.7784	***141.6679***	333.9324	324.0430	**KNN**
		0.2	486.3564	494.4140	***210.0780***	501.5900	492.7204	**KNN**
		0.3	617.1250	626.2125	***276.3446***	623.3314	621.3523	**KNN**
100	None	0.1	126.4999	127.6379	***57.2281***	130.5035	127.4928	**KNN**
		0.2	226.1670	230.0453	***85.3575***	234.7425	230.5530	**KNN**
		0.3	338.2321	345.0209	***118.5739***	349.7740	346.3986	**KNN**
	Medium	0.1	202.1899	205.2522	***76.7104***	208.0426	205.2275	**KNN**
		0.2	348.1367	354.6429	***124.1639***	359.2997	355.5681	**KNN**
		0.3	476.7960	485.4158	***174.1913***	489.1407	487.0600	**KNN**
	High	0.1	291.9438	296.7859	***107.3079***	300.4576	296.1611	**KNN**
		0.2	466.1687	473.7836	***172.3249***	472.1360	472.0001	**KNN**
		0.3	604.0201	612.4288	***242.3099***	597.6929	604.8397	**KNN**
200	None	0.1	110.4615	111.6544	***39.9020***	113.1063	111.7374	**KNN**
		0.2	215.5376	219.5236	***67.5774***	221.2374	219.8229	**KNN**
		0.3	322.5790	329.5350	***101.2565***	331.4293	330.3266	**KNN**
	Medium	0.1	181.6522	184.5462	***58.9091***	186.5092	184.6958	**KNN**
		0.2	332.0205	338.9669	***103.2955***	339.3475	339.4051	**KNN**
		0.3	462.6195	472.0459	***156.1913***	469.0074	471.7149	**KNN**
	High	0.1	279.0855	283.8372	***89.6397***	284.6323	283.3614	**KNN**
		0.2	452.2814	460.1886	***155.0827***	451.4464	455.7263	**KNN**
		0.3	585.7434	594.1961	***221.8656***	573.7764	584.4450	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.77 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0412	1.0331	***1.7977***	1.0000	1.0328	**KNN**
		0.2	1.0494	1.0338	***2.2735***	1.0000	1.0299	**KNN**
		0.3	1.0508	1.0323	***2.5633***	1.0000	1.0325	**KNN**
	Medium	0.1	1.0471	1.0337	***2.1464***	1.0000	1.0339	**KNN**
		0.2	1.0450	1.0253	***2.4825***	1.0000	1.0242	**KNN**
		0.3	1.0459	1.0256	***2.5229***	1.0000	1.0224	**KNN**
	High	0.1	1.0463	1.0314	***2.3571***	1.0000	1.0305	**KNN**
		0.2	1.0313	1.0145	***2.3876***	1.0000	1.0180	**KNN**
		0.3	1.0101	0.9954	***2.2556***	1.0000	1.0032	**KNN**
100	None	0.1	1.0316	1.0225	***2.2804***	1.0000	1.0236	**KNN**
		0.2	1.0379	1.0204	***2.7501***	1.0000	1.0182	**KNN**
		0.3	1.0341	1.0138	***2.9498***	1.0000	1.0097	**KNN**
	Medium	0.1	1.0289	1.0136	***2.7121***	1.0000	1.0137	**KNN**
		0.2	1.0321	1.0131	***2.8938***	1.0000	1.0105	**KNN**
		0.3	1.0259	1.0077	***2.8081***	1.0000	1.0043	**KNN**
	High	0.1	1.0292	1.0124	***2.8000***	1.0000	1.0145	**KNN**
		0.2	1.0128	0.9965	***2.7398***	1.0000	1.0003	**KNN**
		0.3	0.9895	0.9759	***2.4666***	1.0000	0.9882	**KNN**
200	None	0.1	1.0239	1.0130	***2.8346***	1.0000	1.0123	**KNN**
		0.2	1.0264	1.0078	***3.2738***	1.0000	1.0064	**KNN**
		0.3	1.0274	1.0057	***3.2732***	1.0000	1.0033	**KNN**
	Medium	0.1	1.0267	1.0106	***3.1660***	1.0000	1.0098	**KNN**
		0.2	1.0221	1.0011	***3.2852***	1.0000	0.9998	**KNN**
		0.3	1.0138	0.9936	***3.0028***	1.0000	0.9943	**KNN**
	High	0.1	1.0199	1.0028	***3.1753***	1.0000	1.0045	**KNN**
		0.2	0.9982	0.9810	***2.9110***	1.0000	0.9906	**KNN**
		0.3	0.9796	0.9656	***2.5861***	1.0000	0.9817	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.78 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	88.3137	89.5403	53.8012	90.7507	88.3755
		0.2	113.8249	116.2688	62.7318	117.8445	115.7086
		0.3	133.6197	135.9428	68.1878	135.9051	133.5225
	Medium	0.1	110.7515	112.1738	59.3344	112.7321	110.2906
		0.2	142.4838	145.4240	68.2439	143.2663	141.2235
		0.3	165.9901	167.7379	83.3056	165.2751	163.8250
	High	0.1	136.0329	138.2661	67.6898	138.3452	136.2239
		0.2	165.4283	167.1887	88.7595	164.7448	164.7999
		0.3	174.9396	176.1902	100.4433	169.9658	171.5467
100	None	0.1	57.0256	57.8097	29.4291	58.5064	57.2493
		0.2	81.9125	83.5762	36.1769	83.5878	82.6882
		0.3	97.4653	99.8145	41.9687	98.6199	98.5616
	Medium	0.1	78.9247	80.6173	34.6040	79.7500	78.6957
		0.2	107.9805	110.1367	45.2512	109.1904	106.9891
		0.3	122.5280	123.9668	59.4829	122.6339	121.4935
	High	0.1	101.9625	104.1622	43.3956	103.3854	100.9452
		0.2	126.8962	128.3882	60.3989	123.5639	123.4593
		0.3	137.2325	138.6587	74.2716	131.8538	134.3575
200	None	0.1	44.3723	45.0788	16.7753	45.2349	44.3753
		0.2	63.9377	65.5356	23.5031	64.2766	64.2192
		0.3	79.3164	81.0185	30.5462	79.9460	79.5578
	Medium	0.1	63.4198	64.8240	23.1482	64.6092	63.7473
		0.2	88.7034	90.8097	31.4791	87.8365	87.7371
		0.3	96.9096	98.4832	44.4443	95.5706	95.3923
	High	0.1	86.6802	88.5840	33.8157	86.9174	86.5543
		0.2	104.3460	105.8407	48.2415	98.8515	101.2757
		0.3	108.6138	108.9662	60.2263	101.2988	103.9857

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.79 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1510.3512	1515.0433	***719.8345***	1532.7214	1504.8100	**KNN**
		0.2	2380.7486	2391.7078	***781.6266***	2431.6430	2379.0048	**KNN**
		0.3	3350.6557	3366.0629	***900.5682***	3452.2747	3362.4740	**KNN**
	Medium	0.1	2116.8425	2126.1664	***758.5565***	2155.6101	2107.2780	**KNN**
		0.2	3408.6007	3428.5505	***904.0831***	3502.4881	3410.7382	**KNN**
		0.3	4554.3172	4578.6100	***1040.0943***	4700.4711	4565.0784	**KNN**
	High	0.1	2959.8926	2975.0162	***854.5427***	3034.7849	2951.1498	**KNN**
		0.2	4508.4850	4527.5116	***1070.5833***	4640.9838	4516.8218	**KNN**
		0.3	5425.6890	5445.8276	***1248.5564***	5599.9965	5453.2207	**KNN**
100	None	0.1	1175.3601	1179.9785	***380.2824***	1189.3309	1174.5350	**KNN**
		0.2	2101.5219	2111.1095	***438.3874***	2130.7864	2101.2818	**KNN**
		0.3	3146.4945	3163.6057	***517.8276***	3191.8502	3151.3994	**KNN**
	Medium	0.1	1836.3723	1844.8562	***419.5120***	1860.0017	1834.7491	**KNN**
		0.2	3180.5095	3194.3571	***519.7947***	3227.4098	3180.7240	**KNN**
		0.3	4334.5634	4353.9245	***636.7281***	4405.2987	4344.7046	**KNN**
	High	0.1	2716.5376	2727.9537	***480.5858***	2749.0919	2717.6305	**KNN**
		0.2	4176.4320	4191.7429	***634.3816***	4236.5055	4181.7595	**KNN**
		0.3	5212.1518	5228.6417	***790.6959***	5283.6970	5228.5636	**KNN**
200	None	0.1	995.7979	999.7052	***198.4600***	1004.2983	997.2710	**KNN**
		0.2	1946.5694	1956.4189	***246.1943***	1962.5814	1948.2107	**KNN**
		0.3	2935.0879	2949.3538	***305.3406***	2958.7362	2941.4907	**KNN**
	Medium	0.1	1667.2750	1675.3095	***231.8829***	1680.7794	1670.8083	**KNN**
		0.2	3028.2181	3042.3030	***312.0814***	3051.4837	3035.8783	**KNN**
		0.3	4206.2255	4223.5911	***412.3424***	4236.7211	4218.1861	**KNN**
	High	0.1	2525.3803	2536.6477	***287.3577***	2542.3978	2525.2422	**KNN**
		0.2	4085.0507	4100.6315	***421.1152***	4103.0173	4091.3994	**KNN**
		0.3	5146.2520	5160.6420	***551.1195***	5170.9990	5153.8598	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.80 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0148	1.0117	***2.1293***	1.0000	1.0185	**KNN**
		0.2	1.0214	1.0167	***3.1110***	1.0000	1.0221	**KNN**
		0.3	1.0303	1.0256	***3.8334***	1.0000	1.0267	**KNN**
	Medium	0.1	1.0183	1.0138	***2.8417***	1.0000	1.0229	**KNN**
		0.2	1.0275	1.0216	***3.8741***	1.0000	1.0269	**KNN**
		0.3	1.0321	1.0266	***4.5193***	1.0000	1.0297	**KNN**
	High	0.1	1.0253	1.0201	***3.5514***	1.0000	1.0283	**KNN**
		0.2	1.0294	1.0251	***4.3350***	1.0000	1.0275	**KNN**
		0.3	1.0321	1.0283	***4.4852***	1.0000	1.0269	**KNN**
100	None	0.1	1.0119	1.0079	***3.1275***	1.0000	1.0126	**KNN**
		0.2	1.0139	1.0093	***4.8605***	1.0000	1.0140	**KNN**
		0.3	1.0144	1.0089	***6.1639***	1.0000	1.0128	**KNN**
	Medium	0.1	1.0129	1.0082	***4.4337***	1.0000	1.0138	**KNN**
		0.2	1.0147	1.0103	***6.2090***	1.0000	1.0147	**KNN**
		0.3	1.0163	1.0118	***6.9186***	1.0000	1.0139	**KNN**
	High	0.1	1.0120	1.0077	***5.7203***	1.0000	1.0116	**KNN**
		0.2	1.0144	1.0107	***6.6782***	1.0000	1.0131	**KNN**
		0.3	1.0137	1.0105	***6.6823***	1.0000	1.0105	**KNN**
200	None	0.1	1.0085	1.0046	***5.0605***	1.0000	1.0070	**KNN**
		0.2	1.0082	1.0031	***7.9717***	1.0000	1.0074	**KNN**
		0.3	1.0081	1.0032	***9.6900***	1.0000	1.0059	**KNN**
	Medium	0.1	1.0081	1.0033	***7.2484***	1.0000	1.0060	**KNN**
		0.2	1.0077	1.0030	***9.7778***	1.0000	1.0051	**KNN**
		0.3	1.0073	1.0031	***10.2748***	1.0000	1.0044	**KNN**
	High	0.1	1.0067	1.0023	***8.8475***	1.0000	1.0068	**KNN**
		0.2	1.0044	1.0006	***9.7432***	1.0000	1.0028	**KNN**
		0.3	1.0048	1.0020	***9.3827***	1.0000	1.0033	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.81 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 9 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	819.7490	823.1291	480.6222	826.2284	812.1859
		0.2	1012.1661	1015.2851	514.3392	1021.4200	1008.9575
		0.3	1225.3975	1231.7837	557.7845	1261.0453	1234.5110
	Medium	0.1	1008.2585	1012.6683	503.3030	1027.0484	997.8707
		0.2	1283.7942	1288.2733	596.5850	1321.4809	1284.6767
		0.3	1477.8745	1481.9172	648.9628	1523.6341	1480.7256
	High	0.1	1213.7779	1220.8016	561.4091	1244.5761	1202.7472
		0.2	1501.5075	1506.7332	671.5169	1543.9407	1508.4496
		0.3	1532.4293	1529.1297	779.5868	1576.7390	1533.7182
100	None	0.1	531.0643	534.1224	261.6780	533.8310	526.1264
		0.2	757.9638	761.5756	281.4175	762.9841	753.4393
		0.3	916.4008	919.2064	325.2059	928.9565	912.8985
	Medium	0.1	718.2614	721.6564	271.5938	725.6677	713.1033
		0.2	1005.4132	1009.9794	330.4597	1014.0072	998.4798
		0.3	1100.0390	1101.1262	360.0485	1112.4581	1096.3556
	High	0.1	919.2502	922.2078	296.5199	928.8805	916.6051
		0.2	1090.2443	1090.7164	369.6024	1105.3646	1084.3341
		0.3	1150.0239	1150.8650	451.2417	1166.1267	1154.6338
200	None	0.1	379.5529	381.1924	120.4906	381.7693	378.9342
		0.2	598.9995	602.3347	134.2113	599.4673	595.1810
		0.3	705.7527	708.1035	155.5549	708.5330	699.8762
	Medium	0.1	555.4078	558.2014	130.6007	558.6915	553.7755
		0.2	781.9625	784.5317	156.5655	784.3696	780.7054
		0.3	854.2481	855.7009	202.6226	857.5816	849.3168
	High	0.1	766.1383	768.7674	154.3539	771.2648	760.3603
		0.2	925.7939	927.3128	207.9655	924.0312	917.1312
		0.3	894.7003	895.2348	274.3706	898.8015	894.0160

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 10

ตารางที่ 6.82 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	20.2388	***18.1613***	28.1970	18.8651	19.3596	**CERI**
		0.2	36.9092	***29.9232***	50.1885	30.7373	33.5404	**CERI**
		0.3	54.8257	***42.6627***	74.4231	43.2664	49.4858	**CERI**
	Medium	0.1	31.6946	***26.2951***	43.6380	27.1558	29.2022	**CERI**
		0.2	56.8805	***44.1606***	77.6897	44.4648	51.1814	**CERI**
		0.3	76.0726	60.6621	108.9442	***59.8007***	70.1913	**EM**
	High	0.1	48.2613	***38.0199***	65.7786	38.5074	43.6856	**CERI**
		0.2	74.4577	59.5730	107.6898	***58.2785***	68.7134	**EM**
		0.3	90.8945	77.0510	142.8176	***72.9853***	85.5938	**EM**
100	None	0.1	16.2616	***14.3180***	20.7449	14.7226	15.0763	**CERI**
		0.2	33.7670	***26.3943***	40.8590	26.7784	28.9064	**CERI**
		0.3	52.2045	***39.0269***	62.1758	39.2679	43.8092	**CERI**
	Medium	0.1	28.1731	***22.6435***	34.6750	23.0324	24.5535	**CERI**
		0.2	53.9680	***40.3453***	64.4853	40.3943	45.2519	**CERI**
		0.3	73.8171	56.0978	92.9480	***55.4215***	63.0247	**EM**
	High	0.1	44.7165	***34.0722***	53.7509	34.2509	37.9321	**CERI**
		0.2	72.1901	55.2093	91.4369	***54.0591***	61.8576	**EM**
		0.3	89.5599	72.6838	125.6046	***69.0580***	79.1714	**EM**
200	None	0.1	14.3624	***12.4623***	16.6665	12.6641	12.9370	**CERI**
		0.2	31.6123	***24.3641***	33.8360	24.5624	25.9726	**CERI**
		0.3	50.8708	***37.2036***	53.1044	37.2545	40.3653	**CERI**
	Medium	0.1	26.4372	***20.8837***	28.6061	21.1035	22.1570	**CERI**
		0.2	52.5769	38.4992	54.9525	***38.4778***	41.7792	**EM**
		0.3	72.3028	53.7317	79.7882	***53.1759***	58.3336	**EM**
	High	0.1	43.0889	32.0152	45.5301	***32.0100***	34.5576	**EM**
		0.2	71.0028	53.1287	79.2467	***52.0671***	57.4237	**EM**
		0.3	88.4117	70.0129	108.8579	***66.8877***	73.9450	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.83 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	0.9321	***1.0388***	0.6690	1.0000	0.9745	**CERI**
		0.2	0.8328	***1.0272***	0.6124	1.0000	0.9164	**CERI**
		0.3	0.7892	***1.0142***	0.5814	1.0000	0.8743	**CERI**
	Medium	0.1	0.8568	***1.0327***	0.6223	1.0000	0.9299	**CERI**
		0.2	0.7817	***1.0069***	0.5723	1.0000	0.8688	**CERI**
		0.3	0.7861	0.9858	0.5489	***1.0000***	0.8520	**EM**
	High	0.1	0.7979	***1.0128***	0.5854	1.0000	0.8815	**CERI**
		0.2	0.7827	0.9783	0.5412	***1.0000***	0.8481	**EM**
		0.3	0.8030	0.9472	0.5110	***1.0000***	0.8527	**EM**
100	None	0.1	0.9054	***1.0283***	0.7097	1.0000	0.9765	**CERI**
		0.2	0.7930	***1.0146***	0.6554	1.0000	0.9264	**CERI**
		0.3	0.7522	***1.0062***	0.6316	1.0000	0.8963	**CERI**
	Medium	0.1	0.8175	***1.0172***	0.6642	1.0000	0.9380	**CERI**
		0.2	0.7485	***1.0012***	0.6264	1.0000	0.8927	**CERI**
		0.3	0.7508	0.9879	0.5963	***1.0000***	0.8794	**EM**
	High	0.1	0.7660	***1.0052***	0.6372	1.0000	0.9030	**CERI**
		0.2	0.7488	0.9792	0.5912	***1.0000***	0.8739	**EM**
		0.3	0.7711	0.9501	0.5498	***1.0000***	0.8723	**EM**
200	None	0.1	0.8818	***1.0162***	0.7599	1.0000	0.9789	**CERI**
		0.2	0.7770	***1.0081***	0.7259	1.0000	0.9457	**CERI**
		0.3	0.7323	***1.0014***	0.7015	1.0000	0.9229	**CERI**
	Medium	0.1	0.7983	***1.0105***	0.7377	1.0000	0.9525	**CERI**
		0.2	0.7318	0.9994	0.7002	***1.0000***	0.9210	**EM**
		0.3	0.7355	0.9897	0.6665	***1.0000***	0.9116	**EM**
	High	0.1	0.7429	0.9998	0.7031	***1.0000***	0.9263	**EM**
		0.2	0.7333	0.9800	0.6570	***1.0000***	0.9067	**EM**
		0.3	0.7565	0.9554	0.6144	***1.0000***	0.9046	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.84 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	11.1385	9.3211	16.2551	9.6398	10.2171
		0.2	17.0190	12.7176	24.4930	12.8734	14.8250
		0.3	21.7055	16.0612	29.5506	15.8551	18.4982
	Medium	0.1	15.9231	12.2158	21.8802	12.4738	13.9448
		0.2	23.1543	17.3887	32.2167	16.7473	20.2904
		0.3	22.7883	19.4559	37.0875	18.1177	21.6647
	High	0.1	23.0315	16.9764	30.8733	16.3775	19.8537
		0.2	25.3739	20.6495	39.6280	18.9311	23.2921
		0.3	22.8357	22.0427	45.3828	19.4955	21.8767
100	None	0.1	7.8270	6.4551	10.1444	6.5793	6.8366
		0.2	13.1253	9.4258	15.6069	9.4591	10.6182
		0.3	16.1312	11.4407	19.9028	11.1806	12.9766
	Medium	0.1	12.5980	9.1304	15.3589	9.1060	10.1457
		0.2	17.0629	12.4041	21.7595	12.1055	13.9483
		0.3	17.2504	13.6406	26.7883	12.9980	14.8997
	High	0.1	17.1850	12.2243	20.9640	11.9212	13.8858
		0.2	18.4763	14.6989	28.1663	13.7113	16.0082
		0.3	17.4838	16.6601	32.4764	14.3613	16.2874
200	None	0.1	6.5418	5.1054	7.2010	5.1272	5.3061
		0.2	10.6316	7.2468	10.6611	7.2299	7.7533
		0.3	12.7121	8.6957	13.7184	8.6734	9.4625
	Medium	0.1	10.5502	7.3344	10.7434	7.2867	7.9636
		0.2	14.4760	10.0430	15.6039	9.7980	10.9534
		0.3	14.3759	11.0923	18.2132	10.5171	11.6841
	High	0.1	15.1485	10.3503	15.8598	10.0810	11.2304
		0.2	16.1570	13.1017	21.2704	12.0635	13.4955
		0.3	13.7800	13.1155	24.9886	11.4347	12.6851

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.85 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	174.0553	163.7640	***102.4625***	170.8776	170.5949	**KNN**
		0.2	286.5117	264.1283	***135.7849***	275.4499	278.7775	**KNN**
		0.3	405.1956	373.2276	***173.9572***	392.0284	396.0197	**KNN**
	Medium	0.1	251.4776	232.6971	***125.2927***	242.4542	244.2144	**KNN**
		0.2	406.0096	374.2086	***176.1522***	392.6666	397.9247	**KNN**
		0.3	546.4510	514.5377	***222.0920***	539.2658	538.1158	**KNN**
	High	0.1	355.2937	327.4884	***159.5848***	343.2818	347.9284	**KNN**
		0.2	535.0956	504.0247	***217.9105***	526.4429	529.5350	**KNN**
		0.3	646.8382	622.2207	***265.7463***	648.5294	645.7001	**KNN**
100	None	0.1	136.2530	126.6624	***65.3090***	130.2752	130.8319	**KNN**
		0.2	261.7941	236.2291	***100.0478***	243.8876	248.9445	**KNN**
		0.3	380.5721	344.8576	***137.3569***	356.3702	363.1718	**KNN**
	Medium	0.1	223.5777	203.6408	***88.9915***	210.0479	214.2011	**KNN**
		0.2	385.8668	350.5946	***140.3635***	362.9151	370.1429	**KNN**
		0.3	525.8435	488.0782	***187.9244***	504.7097	512.9816	**KNN**
	High	0.1	333.7611	303.3597	***122.1875***	312.0391	318.3663	**KNN**
		0.2	519.4047	483.8393	***183.4644***	497.7793	505.9027	**KNN**
		0.3	648.5088	618.8071	***231.3188***	632.5938	638.1729	**KNN**
200	None	0.1	121.5562	111.6190	***46.3428***	114.0711	114.7530	**KNN**
		0.2	244.5804	218.3642	***79.8953***	223.9239	227.0906	**KNN**
		0.3	368.3084	329.5530	***116.7312***	336.8912	343.8474	**KNN**
	Medium	0.1	207.7914	186.1823	***68.8557***	190.7535	194.0603	**KNN**
		0.2	382.8709	344.7459	***121.8986***	352.9400	360.4523	**KNN**
		0.3	519.7258	478.3978	***169.0382***	489.5931	496.6464	**KNN**
	High	0.1	322.3076	290.3297	***103.9611***	296.4271	302.4126	**KNN**
		0.2	513.6463	474.4077	***164.9407***	482.9622	491.4893	**KNN**
		0.3	643.4928	610.6191	***213.6292***	617.9989	625.2450	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.86 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	0.9817	1.0434	***1.6677***	1.0000	1.0017	**KNN**
		0.2	0.9614	1.0429	***2.0286***	1.0000	0.9881	**KNN**
		0.3	0.9675	1.0504	***2.2536***	1.0000	0.9899	**KNN**
	Medium	0.1	0.9641	1.0419	***1.9351***	1.0000	0.9928	**KNN**
		0.2	0.9671	1.0493	***2.2291***	1.0000	0.9868	**KNN**
		0.3	0.9869	1.0481	***2.4281***	1.0000	1.0021	**KNN**
	High	0.1	0.9662	1.0482	***2.1511***	1.0000	0.9866	**KNN**
		0.2	0.9838	1.0445	***2.4159***	1.0000	0.9942	**KNN**
		0.3	1.0026	1.0423	***2.4404***	1.0000	1.0044	**KNN**
100	None	0.1	0.9561	1.0285	***1.9947***	1.0000	0.9957	**KNN**
		0.2	0.9316	1.0324	***2.4377***	1.0000	0.9797	**KNN**
		0.3	0.9364	1.0334	***2.5945***	1.0000	0.9813	**KNN**
	Medium	0.1	0.9395	1.0315	***2.3603***	1.0000	0.9806	**KNN**
		0.2	0.9405	1.0351	***2.5855***	1.0000	0.9805	**KNN**
		0.3	0.9598	1.0341	***2.6857***	1.0000	0.9839	**KNN**
	High	0.1	0.9349	1.0286	***2.5538***	1.0000	0.9801	**KNN**
		0.2	0.9584	1.0288	***2.7132***	1.0000	0.9839	**KNN**
		0.3	0.9755	1.0223	***2.7347***	1.0000	0.9913	**KNN**
200	None	0.1	0.9384	1.0220	***2.4615***	1.0000	0.9941	**KNN**
		0.2	0.9155	1.0255	***2.8027***	1.0000	0.9861	**KNN**
		0.3	0.9147	1.0223	***2.8860***	1.0000	0.9798	**KNN**
	Medium	0.1	0.9180	1.0246	***2.7703***	1.0000	0.9830	**KNN**
		0.2	0.9218	1.0238	***2.8954***	1.0000	0.9792	**KNN**
		0.3	0.9420	1.0234	***2.8963***	1.0000	0.9858	**KNN**
	High	0.1	0.9197	1.0210	***2.8513***	1.0000	0.9802	**KNN**
		0.2	0.9403	1.0180	***2.9281***	1.0000	0.9827	**KNN**
		0.3	0.9604	1.0121	***2.8929***	1.0000	0.9884	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.87 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	94.0461	87.0675	59.9069	90.2264	90.5127
		0.2	127.4387	117.5602	63.3872	120.5376	122.9621
		0.3	141.6927	135.4971	73.2103	141.0017	137.6809
	Medium	0.1	120.1063	111.5783	63.9828	114.6388	115.3690
		0.2	146.1781	138.7912	71.3837	142.6238	143.6035
		0.3	162.7032	160.2653	82.2913	162.4943	160.7468
	High	0.1	139.5240	131.1916	71.3618	136.7410	135.8587
		0.2	170.1847	168.3055	80.3355	171.4136	169.4721
		0.3	165.3621	166.2348	90.5998	168.5658	164.9420
100	None	0.1	66.2342	60.1956	33.3095	61.5684	62.3542
		0.2	93.8243	84.8608	39.5020	86.3558	87.2417
		0.3	110.4513	103.6228	47.3476	106.4647	105.2056
	Medium	0.1	92.8902	83.9492	38.5592	86.3374	87.1384
		0.2	113.8329	107.8940	48.9204	110.9486	109.7911
		0.3	120.2652	118.3906	55.9877	120.9337	118.4829
	High	0.1	117.3345	109.3595	47.4173	111.4812	112.7864
		0.2	128.6958	127.5946	58.4995	130.2516	129.2118
		0.3	131.0585	133.1482	66.4335	132.7817	129.8730
200	None	0.1	47.8488	42.8852	18.3504	43.8579	43.7989
		0.2	74.4493	66.1565	25.4887	67.6834	67.6883
		0.3	84.4328	77.6615	31.3922	78.6005	79.0472
	Medium	0.1	72.0524	64.1702	24.3881	65.8574	66.4006
		0.2	96.5885	90.5516	34.7917	92.6986	92.1313
		0.3	97.6544	96.0863	41.9297	97.7814	94.8461
	High	0.1	98.2239	90.5696	33.9883	92.1755	93.6651
		0.2	107.4066	106.5566	43.1076	108.0170	106.8342
		0.3	104.2020	107.5855	50.3641	106.7736	104.1345

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.88 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1512.0998	1495.4160	***717.0154***	1518.3955	1498.4326	**KNN**
		0.2	2381.9761	2354.2822	***798.4846***	2403.7409	2371.4547	**KNN**
		0.3	3420.0354	3389.3495	***914.0221***	3481.7545	3410.4924	**KNN**
	Medium	0.1	2164.7776	2142.2069	***763.5730***	2185.0974	2147.1925	**KNN**
		0.2	3462.5116	3439.7193	***911.5271***	3535.0939	3452.7355	**KNN**
		0.3	4616.6813	4595.2759	***1037.7801***	4733.6762	4619.2760	**KNN**
	High	0.1	3016.9449	2992.2167	***866.0800***	3066.8982	3002.2557	**KNN**
		0.2	4540.0011	4522.3940	***1040.8426***	4666.2316	4539.5166	**KNN**
		0.3	5538.4809	5532.9449	***1189.7976***	5728.9817	5559.5800	**KNN**
100	None	0.1	1213.9996	1196.6409	***390.6071***	1211.6035	1208.0720	**KNN**
		0.2	2165.8461	2127.6330	***453.8917***	2159.5409	2148.2626	**KNN**
		0.3	3203.1759	3158.4305	***526.3017***	3214.7570	3181.6965	**KNN**
	Medium	0.1	1851.8803	1820.1940	***428.3656***	1850.9405	1839.3510	**KNN**
		0.2	3258.8806	3218.3417	***539.5338***	3271.7849	3244.7105	**KNN**
		0.3	4455.2782	4416.0268	***650.1444***	4498.7334	4448.0450	**KNN**
	High	0.1	2813.9957	2776.3447	***495.5203***	2822.1997	2799.3491	**KNN**
		0.2	4340.2548	4301.5621	***645.8796***	4387.1041	4333.6358	**KNN**
		0.3	5467.1941	5440.3954	***775.8494***	5546.4477	5472.5080	**KNN**
200	None	0.1	1031.1544	1008.1263	***197.8268***	1020.1369	1016.0498	**KNN**
		0.2	2004.7368	1960.4790	***251.2860***	1984.7017	1978.6866	**KNN**
		0.3	3046.7683	2993.8534	***320.5532***	3034.5425	3021.2733	**KNN**
	Medium	0.1	1748.3765	1708.9146	***237.4492***	1730.9303	1723.5845	**KNN**
		0.2	3132.2700	3078.6706	***323.2916***	3121.9873	3106.3136	**KNN**
		0.3	4338.9593	4289.1136	***401.3700***	4345.8356	4317.0059	**KNN**
	High	0.1	2594.1017	2547.6397	***288.3313***	2582.3984	2568.5387	**KNN**
		0.2	4208.1818	4160.6132	***404.1321***	4213.9297	4187.4789	**KNN**
		0.3	5436.7730	5400.6876	***513.7849***	5464.4593	5427.3490	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.89 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0042	1.0154	***2.1177***	1.0000	1.0133	**KNN**
		0.2	1.0091	1.0210	***3.0104***	1.0000	1.0136	**KNN**
		0.3	1.0180	1.0273	***3.8093***	1.0000	1.0209	**KNN**
	Medium	0.1	1.0094	1.0200	***2.8617***	1.0000	1.0177	**KNN**
		0.2	1.0210	1.0277	***3.8782***	1.0000	1.0239	**KNN**
		0.3	1.0253	1.0301	***4.5613***	1.0000	1.0248	**KNN**
	High	0.1	1.0166	1.0250	***3.5411***	1.0000	1.0215	**KNN**
		0.2	1.0278	1.0318	***4.4831***	1.0000	1.0279	**KNN**
		0.3	1.0344	1.0354	***4.8151***	1.0000	1.0305	**KNN**
100	None	0.1	0.9980	1.0125	***3.1018***	1.0000	1.0029	**KNN**
		0.2	0.9971	1.0150	***4.7578***	1.0000	1.0052	**KNN**
		0.3	1.0036	1.0178	***6.1082***	1.0000	1.0104	**KNN**
	Medium	0.1	0.9995	1.0169	***4.3209***	1.0000	1.0063	**KNN**
		0.2	1.0040	1.0166	***6.0641***	1.0000	1.0083	**KNN**
		0.3	1.0098	1.0187	***6.9196***	1.0000	1.0114	**KNN**
	High	0.1	1.0029	1.0165	***5.6954***	1.0000	1.0082	**KNN**
		0.2	1.0108	1.0199	***6.7924***	1.0000	1.0123	**KNN**
		0.3	1.0145	1.0195	***7.1489***	1.0000	1.0135	**KNN**
200	None	0.1	0.9893	1.0119	***5.1567***	1.0000	1.0040	**KNN**
		0.2	0.9900	1.0124	***7.8982***	1.0000	1.0030	**KNN**
		0.3	0.9960	1.0136	***9.4666***	1.0000	1.0044	**KNN**
	Medium	0.1	0.9900	1.0129	***7.2897***	1.0000	1.0043	**KNN**
		0.2	0.9967	1.0141	***9.6569***	1.0000	1.0050	**KNN**
		0.3	1.0016	1.0132	***10.8275***	1.0000	1.0067	**KNN**
	High	0.1	0.9955	1.0136	***8.9564***	1.0000	1.0054	**KNN**
		0.2	1.0014	1.0128	***10.4271***	1.0000	1.0063	**KNN**
		0.3	1.0051	1.0118	***10.6357***	1.0000	1.0068	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.90 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	824.8380	821.4044	477.3603	830.6641	815.1399
		0.2	1045.8186	1037.5734	517.6675	1058.1197	1042.9458
		0.3	1222.0125	1223.5559	572.5370	1251.7960	1223.4218
	Medium	0.1	1008.0225	998.8476	495.7264	1021.4919	1006.1514
		0.2	1232.7942	1235.7982	584.0101	1266.8179	1234.5378
		0.3	1405.5143	1416.9909	636.7038	1444.4287	1411.9914
	High	0.1	1237.6948	1238.6855	560.4512	1269.9124	1238.1584
		0.2	1367.7439	1372.3391	630.1986	1413.6623	1379.4095
		0.3	1433.3970	1447.8957	750.7151	1488.0292	1452.5331
100	None	0.1	553.7865	547.0546	249.5255	553.2909	552.4773
		0.2	812.4506	803.4109	271.0503	813.0443	806.1203
		0.3	926.7329	922.7697	303.2186	936.8185	923.2252
	Medium	0.1	717.5131	709.1690	268.7185	719.6760	710.5238
		0.2	983.1707	983.4220	313.8554	994.0857	988.7127
		0.3	1065.4606	1073.1002	371.6328	1088.3955	1076.8704
	High	0.1	954.2094	948.5896	283.5799	961.2603	946.8528
		0.2	1122.4389	1121.6294	399.2905	1144.9210	1124.6353
		0.3	1104.5282	1105.4857	462.4964	1126.0470	1112.7730
200	None	0.1	421.0952	412.7092	118.2242	417.0620	413.1479
		0.2	581.0541	572.6828	135.7877	578.4070	573.0996
		0.3	698.5924	693.7901	162.9009	702.5793	693.8746
	Medium	0.1	590.0761	580.8902	132.1499	588.3667	581.3702
		0.2	790.2586	785.6540	164.3091	795.3343	787.8661
		0.3	860.6556	863.5331	186.5106	870.9859	861.0176
	High	0.1	835.1147	825.2816	154.7656	835.7057	824.0472
		0.2	979.1676	980.0535	199.3246	987.8291	981.4104
		0.3	954.6914	961.3377	273.4349	964.3806	956.2767

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 11

ตารางที่ 6.91 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	19.1133	***17.8574***	22.8404	18.6260	18.6660	CERI
		0.2	33.1967	***29.1717***	40.1503	30.0011	31.7466	CERI
		0.3	48.3160	***41.4297***	59.3590	42.2411	46.1922	CERI
	Medium	0.1	28.8479	***25.6060***	34.8190	26.6023	27.8434	CERI
		0.2	50.2369	***43.2757***	61.6790	44.0857	48.2659	CERI
		0.3	67.5455	59.3518	88.1131	***59.0370***	65.0957	EM
	High	0.1	43.6045	***37.6045***	52.8689	38.1667	41.5339	CERI
		0.2	66.6328	58.5547	85.7201	***57.7495***	64.0106	EM
		0.3	83.4783	76.3712	117.8316	***72.6619***	80.7873	EM
100	None	0.1	15.3908	***14.1470***	17.0982	14.5151	14.7701	CERI
		0.2	30.7617	***26.4496***	32.8751	26.9028	28.3956	CERI
		0.3	45.5567	***38.2176***	49.1740	38.7756	41.6610	CERI
	Medium	0.1	26.6411	***23.0298***	28.8834	23.4732	24.5178	CERI
		0.2	47.6636	***40.0804***	51.8525	40.2420	43.3492	CERI
		0.3	65.7104	55.6682	74.0870	***55.3475***	60.1959	EM
	High	0.1	40.6013	***34.5249***	43.4900	34.6892	37.1718	CERI
		0.2	64.3631	55.1579	73.2729	***54.2423***	59.0626	EM
		0.3	81.4775	72.0808	101.8227	***68.5755***	75.1117	EM
200	None	0.1	13.7042	***12.4719***	13.9103	12.6163	12.8329	CERI
		0.2	28.9634	***24.5874***	28.4761	24.8152	25.9136	CERI
		0.3	44.9979	***37.2402***	43.0930	37.3652	39.4498	CERI
	Medium	0.1	23.9266	***20.5748***	23.3842	20.7728	21.6013	CERI
		0.2	46.5766	***38.5396***	45.3781	38.5992	40.8403	CERI
		0.3	64.6093	54.0621	66.2448	***53.5574***	57.1852	EM
	High	0.1	39.4639	32.7849	38.8409	***32.7565***	34.6635	EM
		0.2	63.1703	52.9933	64.6442	***51.7869***	55.5727	EM
		0.3	80.6250	70.2709	90.4611	***66.8507***	71.7996	EM

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.92 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	0.9745	***1.0430***	0.8155	1.0000	0.9979	**CERI**
		0.2	0.9037	***1.0284***	0.7472	1.0000	0.9450	**CERI**
		0.3	0.8743	***1.0196***	0.7116	1.0000	0.9145	**CERI**
	Medium	0.1	0.9222	***1.0389***	0.7640	1.0000	0.9554	**CERI**
		0.2	0.8776	***1.0187***	0.7148	1.0000	0.9134	**CERI**
		0.3	0.8740	0.9947	0.6700	***1.0000***	0.9069	**EM**
	High	0.1	0.8753	***1.0150***	0.7219	1.0000	0.9189	**CERI**
		0.2	0.8667	0.9862	0.6737	***1.0000***	0.9022	**EM**
		0.3	0.8704	0.9514	0.6167	***1.0000***	0.8994	**EM**
100	None	0.1	0.9431	***1.0260***	0.8489	1.0000	0.9827	**CERI**
		0.2	0.8746	***1.0171***	0.8183	1.0000	0.9474	**CERI**
		0.3	0.8512	***1.0146***	0.7885	1.0000	0.9307	**CERI**
	Medium	0.1	0.8811	***1.0193***	0.8127	1.0000	0.9574	**CERI**
		0.2	0.8443	***1.0040***	0.7761	1.0000	0.9283	**CERI**
		0.3	0.8423	0.9942	0.7471	***1.0000***	0.9195	**EM**
	High	0.1	0.8544	***1.0048***	0.7976	1.0000	0.9332	**CERI**
		0.2	0.8428	0.9834	0.7403	***1.0000***	0.9184	**EM**
		0.3	0.8416	0.9514	0.6735	***1.0000***	0.9130	**EM**
200	None	0.1	0.9206	***1.0116***	0.9070	1.0000	0.9831	**CERI**
		0.2	0.8568	***1.0093***	0.8714	1.0000	0.9576	**CERI**
		0.3	0.8304	***1.0034***	0.8671	1.0000	0.9472	**CERI**
	Medium	0.1	0.8682	***1.0096***	0.8883	1.0000	0.9616	**CERI**
		0.2	0.8287	***1.0015***	0.8506	1.0000	0.9451	**CERI**
		0.3	0.8289	0.9907	0.8085	***1.0000***	0.9366	**EM**
	High	0.1	0.8300	0.9991	0.8434	***1.0000***	0.9450	**EM**
		0.2	0.8198	0.9772	0.8011	***1.0000***	0.9319	**EM**
		0.3	0.8292	0.9513	0.7390	***1.0000***	0.9311	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.93 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	10.7043	9.5939	13.2906	10.0260	10.2050
		0.2	16.2187	13.5473	19.3177	13.3491	14.6366
		0.3	17.5598	14.7579	24.1155	14.7810	16.4211
	Medium	0.1	14.7734	12.2451	18.7116	12.3882	13.6946
		0.2	19.2752	16.5062	26.4951	16.1563	18.2116
		0.3	20.3555	18.9143	32.7199	17.9294	19.5561
	High	0.1	19.4840	16.3466	25.2803	15.9235	18.0206
		0.2	21.7973	20.4197	32.2916	18.7494	20.8489
		0.3	22.1807	21.8736	41.2472	19.5593	21.6639
100	None	0.1	7.6337	6.6249	8.7830	6.7053	6.9895
		0.2	11.6891	9.5835	12.6144	9.5069	10.3834
		0.3	13.7100	11.2876	16.7842	11.2384	12.2308
	Medium	0.1	11.4710	9.2341	12.8088	9.2064	9.8820
		0.2	15.3387	12.6841	17.7670	12.3581	13.4383
		0.3	15.8464	14.0769	21.4226	13.5590	14.6795
	High	0.1	15.3502	12.7179	17.7854	12.3428	13.6605
		0.2	18.1704	16.4910	24.5999	15.0454	16.7583
		0.3	17.4132	17.3598	27.7517	15.0447	16.6721
200	None	0.1	5.7378	4.8947	5.7064	4.9203	5.0499
		0.2	9.2607	7.3247	9.0497	7.2568	7.6990
		0.3	11.4338	9.1692	11.0533	9.0622	9.5374
	Medium	0.1	8.6726	6.9546	8.6017	6.9165	7.3342
		0.2	12.7716	10.1608	13.0932	9.8318	10.6549
		0.3	12.8161	11.1044	15.8077	10.6849	11.3351
	High	0.1	12.8521	10.2617	13.1870	10.0630	10.7239
		0.2	14.8432	13.1366	17.8124	11.9210	12.9123
		0.3	13.7128	13.4366	21.4283	11.5428	12.3754

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.94 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	166.3034	160.7752	***95.2894***	166.1122	164.0026	**KNN**
		0.2	270.0470	256.7528	***124.1485***	267.5790	266.9998	**KNN**
		0.3	397.5179	379.2850	***160.2491***	395.2823	392.4409	**KNN**
	Medium	0.1	240.9075	230.2299	***116.3164***	239.5666	238.8354	**KNN**
		0.2	403.8342	386.1028	***163.6814***	402.5909	401.5513	**KNN**
		0.3	527.6393	509.8910	***198.0403***	530.6599	525.3101	**KNN**
	High	0.1	337.0035	322.3655	***143.2587***	335.7648	334.6151	**KNN**
		0.2	513.9179	497.4574	***196.8507***	516.6533	512.9631	**KNN**
		0.3	640.4282	628.3797	***240.0556***	649.0121	642.9760	**KNN**
100	None	0.1	136.5813	130.6288	***61.7013***	134.1839	133.5740	**KNN**
		0.2	254.8068	239.6875	***91.2740***	246.4364	247.9705	**KNN**
		0.3	371.6120	350.0888	***122.1795***	361.0974	363.1293	**KNN**
	Medium	0.1	217.3028	204.8031	***80.3015***	210.1644	211.5365	**KNN**
		0.2	377.0909	356.7991	***127.1394***	368.0384	368.9464	**KNN**
		0.3	513.3141	491.4039	***167.0121***	506.6228	506.8681	**KNN**
	High	0.1	318.2627	301.2485	***110.0880***	309.5136	312.4581	**KNN**
		0.2	505.3463	485.0018	***164.3349***	495.9851	499.0878	**KNN**
		0.3	630.4458	614.2809	***206.9786***	624.0572	625.9725	**KNN**
200	None	0.1	120.1083	113.7345	***42.0520***	115.6940	116.4303	**KNN**
		0.2	237.8904	222.5293	***70.8834***	227.4834	229.2163	**KNN**
		0.3	350.8191	329.0676	***101.6320***	337.6137	338.8767	**KNN**
	Medium	0.1	197.6228	185.6620	***61.1143***	189.7974	190.5126	**KNN**
		0.2	364.1247	342.3631	***105.2627***	350.1561	352.0610	**KNN**
		0.3	502.6377	478.8234	***149.2841***	488.6886	491.5811	**KNN**
	High	0.1	310.1130	291.6456	***90.8057***	297.0484	299.3965	**KNN**
		0.2	488.9505	466.6432	***146.2709***	474.6064	477.4386	**KNN**
		0.3	619.1216	600.5311	***191.7783***	606.6439	609.0160	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.95 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	0.9817	1.0434	***1.6677***	1.0000	1.0017	**KNN**
		0.2	0.9614	1.0429	***2.0286***	1.0000	0.9881	**KNN**
		0.3	0.9675	1.0504	***2.2536***	1.0000	0.9899	**KNN**
	Medium	0.1	0.9641	1.0419	***1.9351***	1.0000	0.9928	**KNN**
		0.2	0.9671	1.0493	***2.2291***	1.0000	0.9868	**KNN**
		0.3	0.9869	1.0481	***2.4281***	1.0000	1.0021	**KNN**
	High	0.1	0.9662	1.0482	***2.1511***	1.0000	0.9866	**KNN**
		0.2	0.9838	1.0445	***2.4159***	1.0000	0.9942	**KNN**
		0.3	1.0026	1.0423	***2.4404***	1.0000	1.0044	**KNN**
100	None	0.1	0.9561	1.0285	***1.9947***	1.0000	0.9957	**KNN**
		0.2	0.9316	1.0324	***2.4377***	1.0000	0.9797	**KNN**
		0.3	0.9364	1.0334	***2.5945***	1.0000	0.9813	**KNN**
	Medium	0.1	0.9395	1.0315	***2.3603***	1.0000	0.9806	**KNN**
		0.2	0.9405	1.0351	***2.5855***	1.0000	0.9805	**KNN**
		0.3	0.9598	1.0341	***2.6857***	1.0000	0.9839	**KNN**
	High	0.1	0.9349	1.0286	***2.5538***	1.0000	0.9801	**KNN**
		0.2	0.9584	1.0288	***2.7132***	1.0000	0.9839	**KNN**
		0.3	0.9755	1.0223	***2.7347***	1.0000	0.9913	**KNN**
200	None	0.1	0.9384	1.0220	***2.4615***	1.0000	0.9941	**KNN**
		0.2	0.9155	1.0255	***2.8027***	1.0000	0.9861	**KNN**
		0.3	0.9147	1.0223	***2.8860***	1.0000	0.9798	**KNN**
	Medium	0.1	0.9180	1.0246	***2.7703***	1.0000	0.9830	**KNN**
		0.2	0.9218	1.0238	***2.8954***	1.0000	0.9792	**KNN**
		0.3	0.9420	1.0234	***2.8963***	1.0000	0.9858	**KNN**
	High	0.1	0.9197	1.0210	***2.8513***	1.0000	0.9802	**KNN**
		0.2	0.9403	1.0180	***2.9281***	1.0000	0.9827	**KNN**
		0.3	0.9604	1.0121	***2.8929***	1.0000	0.9884	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.96 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	93.1264	89.2898	56.6259	91.9426	90.7563
		0.2	118.8473	114.0242	63.6320	117.5985	116.7635
		0.3	148.0595	144.5710	74.0248	147.8837	144.8341
	Medium	0.1	113.6739	108.5879	61.2290	112.2580	111.2732
		0.2	146.6429	144.0147	73.7126	147.9180	143.5347
		0.3	162.1331	161.6537	78.2754	164.6670	160.9350
	High	0.1	139.0618	136.0708	70.8615	139.5357	137.6007
		0.2	169.5553	168.8295	77.7711	172.8466	166.6083
		0.3	173.8034	175.0251	89.0734	175.5619	173.8160
100	None	0.1	63.1981	60.1713	30.3771	61.8816	60.6200
		0.2	90.1952	85.0600	37.2429	86.4000	85.8358
		0.3	106.7656	102.6246	45.1607	104.2049	103.3858
	Medium	0.1	87.4746	81.8434	34.3089	82.9121	84.0360
		0.2	113.5558	109.8619	47.1889	112.2074	110.0336
		0.3	122.8127	121.8470	52.9640	122.6240	120.8618
	High	0.1	111.1532	106.5464	44.1027	108.1513	108.6404
		0.2	131.6312	131.2967	56.6340	130.9451	130.5321
		0.3	131.7178	133.2504	61.2686	131.9273	131.2049
200	None	0.1	49.3610	45.9514	18.1228	46.5190	46.7224
		0.2	70.8376	66.8287	24.3201	68.2325	68.0724
		0.3	82.0997	78.5419	29.7041	79.6857	79.0840
	Medium	0.1	67.1663	63.1065	23.7461	64.5800	63.7392
		0.2	91.5352	87.9371	31.9861	89.5714	88.0486
		0.3	100.3542	99.4927	41.4842	100.3364	98.9209
	High	0.1	92.7448	88.5526	31.7051	89.7843	90.1553
		0.2	108.1455	107.5534	43.0161	107.9121	106.6149
		0.3	104.7107	106.6111	48.7706	104.6670	103.7108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.97 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1544.9698	1540.3567	***706.2839***	1562.2451	1535.4356	**KNN**
		0.2	2424.4836	2412.0707	***782.1017***	2459.4192	2413.9936	**KNN**
		0.3	3391.0448	3376.1667	***871.6478***	3464.4670	3379.3016	**KNN**
	Medium	0.1	2151.4617	2140.2975	***755.0118***	2180.5872	2138.5971	**KNN**
		0.2	3479.0533	3467.9159	***878.6736***	3559.1245	3478.6109	**KNN**
		0.3	4546.2216	4533.1096	***1033.4886***	4679.4363	4549.0902	**KNN**
	High	0.1	3041.5458	3026.5212	***844.6692***	3102.5572	3034.6317	**KNN**
		0.2	4591.3511	4583.0619	***1001.4430***	4726.4035	4594.0715	**KNN**
		0.3	5637.0397	5639.4446	***1186.1801***	5846.8130	5669.2961	**KNN**
100	None	0.1	1188.5215	1177.9457	***381.0765***	1190.2401	1183.5527	**KNN**
		0.2	2159.6230	2138.0711	***437.1016***	2164.7442	2148.3136	**KNN**
		0.3	3119.5970	3093.5058	***506.1520***	3142.7998	3106.3400	**KNN**
	Medium	0.1	1898.7870	1882.5343	***422.9617***	1905.5671	1889.6704	**KNN**
		0.2	3224.7949	3199.4911	***509.7117***	3246.6387	3211.1008	**KNN**
		0.3	4377.6247	4355.8177	***603.9556***	4424.0318	4370.1968	**KNN**
	High	0.1	2763.7310	2747.1234	***472.2234***	2782.7997	2751.2119	**KNN**
		0.2	4274.9061	4257.7084	***607.5893***	4330.1526	4269.4171	**KNN**
		0.3	5413.0030	5399.3657	***725.6278***	5498.2459	5422.1883	**KNN**
200	None	0.1	1058.1148	1044.5470	***197.0766***	1054.0386	1050.5588	**KNN**
		0.2	1992.2640	1968.2636	***242.5092***	1988.5964	1979.5719	**KNN**
		0.3	2984.2594	2953.2338	***301.4274***	2983.8273	2964.3278	**KNN**
	Medium	0.1	1700.7476	1678.7133	***231.5156***	1695.6415	1689.4268	**KNN**
		0.2	3061.6454	3031.1695	***305.5375***	3063.3887	3046.7818	**KNN**
		0.3	4268.2189	4237.3433	***393.3280***	4281.4433	4256.3977	**KNN**
	High	0.1	2644.4752	2617.7434	***277.1593***	2642.6941	2626.3795	**KNN**
		0.2	4167.3121	4138.2578	***380.7820***	4180.9189	4154.9294	**KNN**
		0.3	5336.0977	5314.9904	***486.3315***	5363.7272	5333.9677	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.98 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0112	1.0142	***2.2119***	1.0000	1.0175	**KNN**
		0.2	1.0144	1.0196	***3.1446***	1.0000	1.0188	**KNN**
		0.3	1.0217	1.0262	***3.9746***	1.0000	1.0252	**KNN**
	Medium	0.1	1.0135	1.0188	***2.8881***	1.0000	1.0196	**KNN**
		0.2	1.0230	1.0263	***4.0506***	1.0000	1.0231	**KNN**
		0.3	1.0293	1.0323	***4.5278***	1.0000	1.0287	**KNN**
	High	0.1	1.0201	1.0251	***3.6731***	1.0000	1.0224	**KNN**
		0.2	1.0294	1.0313	***4.7196***	1.0000	1.0288	**KNN**
		0.3	1.0372	1.0368	***4.9291***	1.0000	1.0313	**KNN**
100	None	0.1	1.0014	1.0104	***3.1234***	1.0000	1.0057	**KNN**
		0.2	1.0024	1.0125	***4.9525***	1.0000	1.0076	**KNN**
		0.3	1.0074	1.0159	***6.2092***	1.0000	1.0117	**KNN**
	Medium	0.1	1.0036	1.0122	***4.5053***	1.0000	1.0084	**KNN**
		0.2	1.0068	1.0147	***6.3696***	1.0000	1.0111	**KNN**
		0.3	1.0106	1.0157	***7.3251***	1.0000	1.0123	**KNN**
	High	0.1	1.0069	1.0130	***5.8930***	1.0000	1.0115	**KNN**
		0.2	1.0129	1.0170	***7.1268***	1.0000	1.0142	**KNN**
		0.3	1.0157	1.0183	***7.5772***	1.0000	1.0140	**KNN**
200	None	0.1	0.9961	1.0091	***5.3484***	1.0000	1.0033	**KNN**
		0.2	0.9982	1.0103	***8.2001***	1.0000	1.0046	**KNN**
		0.3	0.9999	1.0104	***9.8990***	1.0000	1.0066	**KNN**
	Medium	0.1	0.9970	1.0101	***7.3241***	1.0000	1.0037	**KNN**
		0.2	1.0006	1.0106	***10.0262***	1.0000	1.0055	**KNN**
		0.3	1.0031	1.0104	***10.8852***	1.0000	1.0059	**KNN**
	High	0.1	0.9993	1.0095	***9.5349***	1.0000	1.0062	**KNN**
		0.2	1.0033	1.0103	***10.9798***	1.0000	1.0063	**KNN**
		0.3	1.0052	1.0092	***11.0290***	1.0000	1.0056	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

ตารางที่ 6.99 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 11 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	820.3906	817.7268	493.5592	829.0408	813.5924
		0.2	1042.9802	1041.5814	517.8812	1061.8729	1041.9777
		0.3	1210.2403	1208.0740	550.7379	1239.6633	1205.2397
	Medium	0.1	1027.3436	1024.8581	497.8678	1045.0978	1019.7370
		0.2	1245.2745	1246.3764	560.4930	1278.6785	1246.3800
		0.3	1372.3926	1374.6816	681.2254	1416.8753	1382.2055
	High	0.1	1225.8975	1223.4591	561.1207	1263.2854	1225.9659
		0.2	1484.5180	1491.8885	656.6402	1539.6412	1490.5362
		0.3	1580.1392	1580.7399	763.6232	1635.6844	1595.2716
100	None	0.1	539.9464	536.6441	242.4183	538.9562	534.1885
		0.2	762.5663	759.4182	263.0572	768.1100	756.9094
		0.3	907.3058	904.3905	293.5397	912.6198	902.5430
	Medium	0.1	733.6774	730.0298	263.9373	737.0520	731.9288
		0.2	963.9495	959.8542	292.9350	972.9147	955.9658
		0.3	1095.5496	1099.1794	339.1210	1113.1144	1099.2669
	High	0.1	946.4226	945.6919	284.4019	957.1522	942.8922
		0.2	1133.9396	1137.7377	349.7783	1154.7125	1136.4618
		0.3	1181.4294	1185.6048	417.1948	1206.6659	1186.6001
200	None	0.1	408.4128	404.0127	123.9258	407.4307	405.6738
		0.2	605.3683	600.9350	138.3553	607.4852	597.7373
		0.3	693.3236	689.2041	164.4536	694.8197	685.9771
	Medium	0.1	583.1810	578.1108	137.8687	582.2555	579.1193
		0.2	761.0483	758.0779	166.2787	765.4191	760.1384
		0.3	896.8739	898.2320	200.4986	903.3827	899.6548
	High	0.1	801.4687	796.8739	151.5029	805.4308	798.6358
		0.2	954.2053	954.8585	220.3880	964.8244	954.0172
		0.3	899.5717	904.4887	272.7665	907.4228	904.0208

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยของการจำลองข้อมูลส่วนที่ 12

ตารางที่ 6.100 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	18.1246	***17.9119***	22.4407	18.7589	18.5697	**CERI**
		0.2	30.2057	***29.4309***	39.6930	30.4917	31.0491	**CERI**
		0.3	43.1555	***41.8020***	58.9127	42.5630	44.5637	**CERI**
	Medium	0.1	27.4649	***26.7009***	35.4734	27.5368	28.1218	**CERI**
		0.2	45.9079	***44.4788***	62.5060	44.7025	46.7170	**CERI**
		0.3	61.2142	59.6497	89.9208	***58.6209***	62.2591	**EM**
	High	0.1	38.4175	***37.3433***	51.6274	37.8469	39.5426	**CERI**
		0.2	59.6855	58.5929	89.7854	***56.5127***	60.8942	**EM**
		0.3	78.8055	78.0266	126.4513	***70.8861***	76.5333	**EM**
100	None	0.1	14.5468	***14.2793***	16.5199	14.6753	14.6619	**CERI**
		0.2	27.4524	***26.3671***	32.2481	26.9369	27.6925	**CERI**
		0.3	40.7234	***38.7831***	49.1948	39.0800	40.9941	**CERI**
	Medium	0.1	23.0672	***22.3224***	27.5429	22.8966	23.3731	**CERI**
		0.2	41.8132	***39.9019***	51.5045	40.1762	42.3708	**CERI**
		0.3	58.6956	56.2558	75.9362	***55.3607***	58.5273	**EM**
	High	0.1	35.2156	33.9110	42.8121	***33.9086***	35.4304	**EM**
		0.2	58.1494	55.9570	75.6070	***53.8079***	57.2125	**EM**
		0.3	77.1286	74.8390	107.4157	***67.6340***	72.7110	**EM**
200	None	0.1	12.6433	***12.3669***	13.6618	12.5432	12.6073	**CERI**
		0.2	25.9120	***24.8558***	27.8117	25.1068	25.7676	**CERI**
		0.3	39.1113	***37.1209***	43.4437	37.3707	38.8293	**CERI**
	Medium	0.1	21.3430	***20.5830***	23.5275	20.7790	21.2411	**CERI**
		0.2	40.0846	38.0956	45.3056	***38.0620***	39.6078	**EM**
		0.3	56.2145	53.4613	65.8283	***52.7290***	55.0859	**EM**
	High	0.1	34.2412	32.7841	38.2466	***32.5858***	33.7636	**EM**
		0.2	56.6937	54.2234	67.1782	***51.8505***	54.3388	**EM**
		0.3	74.5191	71.8211	92.4252	***65.5572***	69.1586	**EM**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.101 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0350	***1.0473***	0.8359	1.0000	1.0102	CERI
		0.2	1.0095	***1.0360***	0.7682	1.0000	0.9820	CERI
		0.3	0.9863	***1.0182***	0.7225	1.0000	0.9551	CERI
	Medium	0.1	1.0026	***1.0313***	0.7763	1.0000	0.9792	CERI
		0.2	0.9737	***1.0050***	0.7152	1.0000	0.9569	CERI
		0.3	0.9576	0.9828	0.6519	***1.0000***	0.9416	EM
	High	0.1	0.9851	***1.0135***	0.7331	1.0000	0.9571	CERI
		0.2	0.9468	0.9645	0.6294	***1.0000***	0.9280	EM
		0.3	0.8995	0.9085	0.5606	***1.0000***	0.9262	EM
100	None	0.1	1.0088	***1.0277***	0.8883	1.0000	1.0009	CERI
		0.2	0.9812	***1.0216***	0.8353	1.0000	0.9727	CERI
		0.3	0.9596	***1.0077***	0.7944	1.0000	0.9533	CERI
	Medium	0.1	0.9926	***1.0257***	0.8313	1.0000	0.9796	CERI
		0.2	0.9608	***1.0069***	0.7801	1.0000	0.9482	CERI
		0.3	0.9432	0.9841	0.7290	***1.0000***	0.9459	EM
	High	0.1	0.9629	0.9999	0.7920	***1.0000***	0.9570	EM
		0.2	0.9253	0.9616	0.7117	***1.0000***	0.9405	EM
		0.3	0.8769	0.9037	0.6296	***1.0000***	0.9302	EM
200	None	0.1	0.9921	***1.0143***	0.9181	1.0000	0.9949	CERI
		0.2	0.9689	***1.0101***	0.9027	1.0000	0.9744	CERI
		0.3	0.9555	***1.0067***	0.8602	1.0000	0.9624	CERI
	Medium	0.1	0.9736	***1.0095***	0.8832	1.0000	0.9782	CERI
		0.2	0.9495	0.9991	0.8401	***1.0000***	0.9610	EM
		0.3	0.9380	0.9863	0.8010	***1.0000***	0.9572	EM
	High	0.1	0.9517	0.9940	0.8520	***1.0000***	0.9651	EM
		0.2	0.9146	0.9562	0.7718	***1.0000***	0.9542	EM
		0.3	0.8797	0.9128	0.7093	***1.0000***	0.9479	EM

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

ตารางที่ 6.102 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	9.8470	9.6071	13.1992	10.1164	10.0595
		0.2	13.5820	13.0968	18.9548	13.0415	13.6451
		0.3	16.3159	15.7619	25.1757	15.5522	16.5100
	Medium	0.1	13.6442	13.0015	19.1433	13.0911	13.6996
		0.2	18.0922	17.6536	27.0867	16.8117	18.0976
		0.3	19.6475	19.1520	34.2513	17.7665	19.2503
	High	0.1	16.5209	15.9549	24.8331	15.5039	16.5897
		0.2	21.2273	21.3946	39.3669	18.7499	21.2893
		0.3	23.9842	24.1450	48.8292	19.5975	21.9461
100	None	0.1	6.7557	6.5344	8.3540	6.6698	6.7205
		0.2	10.3088	9.7099	13.1124	9.7527	10.2200
		0.3	12.9473	12.1980	16.4387	11.8558	12.7464
	Medium	0.1	9.2796	8.8619	11.8931	9.0383	9.3553
		0.2	13.6920	13.0380	18.0184	12.7143	13.5902
		0.3	15.9641	15.3180	23.5303	14.4180	15.3603
	High	0.1	12.9008	12.3286	16.3083	11.6696	12.5860
		0.2	16.8593	16.4474	25.4939	14.5673	15.6067
		0.3	19.5516	19.5579	36.3126	15.4553	17.0599
200	None	0.1	4.8523	4.6759	5.4777	4.6968	4.7483
		0.2	7.7912	7.3312	8.5624	7.2795	7.5834
		0.3	9.2823	8.7328	11.2081	8.5977	9.0370
	Medium	0.1	7.3772	7.0078	8.9016	6.9242	7.1699
		0.2	10.5320	9.9435	12.9190	9.6478	10.0906
		0.3	11.8821	11.3773	15.5620	10.7058	11.2942
	High	0.1	11.1754	10.5310	13.0620	10.1130	10.5901
		0.2	13.5847	13.1154	18.7216	11.3150	12.0159
		0.3	15.3957	15.2456	23.7986	11.6623	12.5123

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.103 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	164.8580	163.3797	***99.0535***	168.5730	165.3386	**KNN**
		0.2	263.1085	259.0713	***130.4702***	268.9739	264.1537	**KNN**
		0.3	381.0780	375.1519	***168.5859***	387.6335	384.7775	**KNN**
	Medium	0.1	239.5782	236.3584	***121.5274***	244.9492	240.8566	**KNN**
		0.2	392.2654	386.0381	***169.9561***	398.5048	394.7878	**KNN**
		0.3	518.0567	512.0350	***217.7351***	525.5240	521.3368	**KNN**
	High	0.1	332.3756	327.8229	***152.3822***	338.8075	335.4553	**KNN**
		0.2	511.0994	505.6025	***215.9689***	517.9207	513.5664	**KNN**
		0.3	625.9076	620.8883	***265.5854***	631.8685	628.0035	**KNN**
100	None	0.1	132.3023	130.6224	***60.2019***	133.5901	131.9777	**KNN**
		0.2	236.1144	231.4171	***90.2423***	236.8913	236.5074	**KNN**
		0.3	354.5464	347.3183	***125.3134***	354.5740	354.9058	**KNN**
	Medium	0.1	210.4142	206.7406	***81.3784***	211.3638	210.1026	**KNN**
		0.2	359.3184	351.9295	***128.8163***	358.6500	358.8676	**KNN**
		0.3	494.2952	486.3182	***176.4240***	494.6374	495.4921	**KNN**
	High	0.1	305.5789	300.0373	***112.5993***	305.5953	304.9032	**KNN**
		0.2	481.0036	473.7875	***172.3752***	476.8988	479.4005	**KNN**
		0.3	611.9252	605.3567	***226.6981***	604.0850	607.3385	**KNN**
200	None	0.1	114.9399	113.0768	***43.5858***	114.8583	114.3728	**KNN**
		0.2	223.1678	218.0761	***72.6760***	221.0027	221.8270	**KNN**
		0.3	339.5790	331.4859	***109.4463***	335.5618	337.9620	**KNN**
	Medium	0.1	189.8485	185.8165	***63.9306***	187.9760	188.2619	**KNN**
		0.2	351.5180	343.5551	***112.3049***	346.9995	349.5176	**KNN**
		0.3	486.9832	477.3731	***161.3203***	481.1119	482.9867	**KNN**
	High	0.1	291.8076	285.7376	***94.8654***	287.8143	289.4428	**KNN**
		0.2	471.6044	462.7974	***157.0761***	461.8605	466.6868	**KNN**
		0.3	606.0701	598.0955	***213.5482***	590.2834	598.7374	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.104 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0225	1.0318	***1.7018***	1.0000	1.0196	**KNN**
		0.2	1.0223	1.0382	***2.0616***	1.0000	1.0182	**KNN**
		0.3	1.0172	1.0333	***2.2993***	1.0000	1.0074	**KNN**
	Medium	0.1	1.0224	1.0363	***2.0156***	1.0000	1.0170	**KNN**
		0.2	1.0159	1.0323	***2.3448***	1.0000	1.0094	**KNN**
		0.3	1.0144	1.0263	***2.4136***	1.0000	1.0080	**KNN**
	High	0.1	1.0194	1.0335	***2.2234***	1.0000	1.0100	**KNN**
		0.2	1.0133	1.0244	***2.3981***	1.0000	1.0085	**KNN**
		0.3	1.0095	1.0177	***2.3792***	1.0000	1.0062	**KNN**
100	None	0.1	1.0097	1.0227	***2.2190***	1.0000	1.0122	**KNN**
		0.2	1.0033	1.0237	***2.6251***	1.0000	1.0016	**KNN**
		0.3	1.0001	1.0209	***2.8295***	1.0000	0.9991	**KNN**
	Medium	0.1	1.0045	1.0224	***2.5973***	1.0000	1.0060	**KNN**
		0.2	0.9981	1.0191	***2.7842***	1.0000	0.9994	**KNN**
		0.3	1.0007	1.0171	***2.8037***	1.0000	0.9983	**KNN**
	High	0.1	1.0001	1.0185	***2.7140***	1.0000	1.0023	**KNN**
		0.2	0.9915	1.0066	***2.7666***	1.0000	0.9948	**KNN**
		0.3	0.9872	0.9979	***2.6647***	1.0000	0.9946	**KNN**
200	None	0.1	0.9993	1.0158	***2.6352***	1.0000	1.0042	**KNN**
		0.2	0.9903	1.0134	***3.0409***	1.0000	0.9963	**KNN**
		0.3	0.9882	1.0123	***3.0660***	1.0000	0.9929	**KNN**
	Medium	0.1	0.9901	1.0116	***2.9403***	1.0000	0.9985	**KNN**
		0.2	0.9871	1.0100	***3.0898***	1.0000	0.9928	**KNN**
		0.3	0.9879	1.0078	***2.9823***	1.0000	0.9961	**KNN**
	High	0.1	0.9863	1.0073	***3.0339***	1.0000	0.9944	**KNN**
		0.2	0.9793	0.9980	***2.9404***	1.0000	0.9897	**KNN**
		0.3	0.9740	0.9869	***2.7642***	1.0000	0.9859	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

ตารางที่ 6.105 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 30

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	9.8470	9.6071	13.1992	10.1164	10.0595
		0.2	13.5820	13.0968	18.9548	13.0415	13.6451
		0.3	16.3159	15.7619	25.1757	15.5522	16.5100
	Medium	0.1	13.6442	13.0015	19.1433	13.0911	13.6996
		0.2	18.0922	17.6536	27.0867	16.8117	18.0976
		0.3	19.6475	19.1520	34.2513	17.7665	19.2503
	High	0.1	16.5209	15.9549	24.8331	15.5039	16.5897
		0.2	21.2273	21.3946	39.3669	18.7499	21.2893
		0.3	23.9842	24.1450	48.8292	19.5975	21.9461
100	None	0.1	6.7557	6.5344	8.3540	6.6698	6.7205
		0.2	10.3088	9.7099	13.1124	9.7527	10.2200
		0.3	12.9473	12.1980	16.4387	11.8558	12.7464
	Medium	0.1	9.2796	8.8619	11.8931	9.0383	9.3553
		0.2	13.6920	13.0380	18.0184	12.7143	13.5902
		0.3	15.9641	15.3180	23.5303	14.4180	15.3603
	High	0.1	12.9008	12.3286	16.3083	11.6696	12.5860
		0.2	16.8593	16.4474	25.4939	14.5673	15.6067
		0.3	19.5516	19.5579	36.3126	15.4553	17.0599
200	None	0.1	4.8523	4.6759	5.4777	4.6968	4.7483
		0.2	7.7912	7.3312	8.5624	7.2795	7.5834
		0.3	9.2823	8.7328	11.2081	8.5977	9.0370
	Medium	0.1	7.3772	7.0078	8.9016	6.9242	7.1699
		0.2	10.5320	9.9435	12.9190	9.6478	10.0906
		0.3	11.8821	11.3773	15.5620	10.7058	11.2942
	High	0.1	11.1754	10.5310	13.0620	10.1130	10.5901
		0.2	13.5847	13.1154	18.7216	11.3150	12.0159
		0.3	15.3957	15.2456	23.7986	11.6623	12.5123

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.106 แสดงค่า AMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	AMSE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1500.9577	1498.5502	***720.0923***	1520.2312	1494.6189	**KNN**
		0.2	2447.8823	2441.7967	***796.4900***	2485.5468	2432.6001	**KNN**
		0.3	3443.1087	3436.3993	***889.9256***	3517.8070	3439.6045	**KNN**
	Medium	0.1	2191.9241	2187.2096	***777.6560***	2221.0559	2183.2013	**KNN**
		0.2	3477.9062	3471.0708	***914.1834***	3560.7324	3468.9921	**KNN**
		0.3	4598.7347	4591.0132	***1049.2067***	4736.1688	4602.0342	**KNN**
	High	0.1	3046.6470	3039.9425	***862.1596***	3110.5668	3035.5797	**KNN**
		0.2	4510.0161	4502.1911	***1040.1627***	4637.9618	4513.4576	**KNN**
		0.3	5540.4009	5537.2992	***1250.8852***	5737.2372	5565.4710	**KNN**
100	None	0.1	1168.7237	1164.7226	***363.7153***	1176.7938	1165.8720	**KNN**
		0.2	2148.0623	2139.5658	***427.8865***	2161.3156	2136.0063	**KNN**
		0.3	3133.7371	3122.1141	***494.0605***	3164.9894	3131.5619	**KNN**
	Medium	0.1	1826.1721	1819.1517	***404.4534***	1841.7738	1820.5956	**KNN**
		0.2	3143.5205	3132.8963	***508.4111***	3174.2104	3141.7374	**KNN**
		0.3	4412.6753	4400.9780	***630.4211***	4467.8520	4416.4488	**KNN**
	High	0.1	2700.2701	2690.9431	***472.3533***	2725.3405	2690.3197	**KNN**
		0.2	4181.0314	4170.2068	***616.9395***	4229.4262	4178.5909	**KNN**
		0.3	5325.5848	5315.9620	***790.3622***	5402.3977	5328.8001	**KNN**
200	None	0.1	1027.6064	1023.4379	***200.1352***	1029.8886	1024.9227	**KNN**
		0.2	1972.3941	1963.3281	***245.6495***	1974.9999	1969.0529	**KNN**
		0.3	3005.0341	2992.0000	***310.0402***	3012.4987	2997.2812	**KNN**
	Medium	0.1	1697.5659	1689.1223	***231.4087***	1700.2733	1689.3522	**KNN**
		0.2	3070.7317	3057.7612	***319.0402***	3078.5694	3063.2529	**KNN**
		0.3	4268.7527	4255.2737	***414.6930***	4285.5882	4267.2528	**KNN**
	High	0.1	2571.4751	2560.4686	***288.2491***	2577.4257	2568.8596	**KNN**
		0.2	4127.0397	4114.6061	***412.1012***	4141.8795	4122.0447	**KNN**
		0.3	5270.1764	5259.6175	***532.7473***	5294.8792	5268.7666	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า AMSE ต่ำที่สุด

ตารางที่ 6.107 แสดงค่า RE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	RE					
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM	
50	None	0.1	1.0128	1.0145	***2.1112***	1.0000	1.0171	**KNN**
		0.2	1.0154	1.0179	***3.1206***	1.0000	1.0218	**KNN**
		0.3	1.0217	1.0237	***3.9529***	1.0000	1.0227	**KNN**
	Medium	0.1	1.0133	1.0155	***2.8561***	1.0000	1.0173	**KNN**
		0.2	1.0238	1.0258	***3.8950***	1.0000	1.0264	**KNN**
		0.3	1.0299	1.0316	***4.5140***	1.0000	1.0291	**KNN**
	High	0.1	1.0210	1.0232	***3.6079***	1.0000	1.0247	**KNN**
		0.2	1.0284	1.0302	***4.4589***	1.0000	1.0276	**KNN**
		0.3	1.0355	1.0361	***4.5865***	1.0000	1.0309	**KNN**
100	None	0.1	1.0069	1.0104	***3.2355***	1.0000	1.0094	**KNN**
		0.2	1.0062	1.0102	***5.0511***	1.0000	1.0118	**KNN**
		0.3	1.0100	1.0137	***6.4061***	1.0000	1.0107	**KNN**
	Medium	0.1	1.0085	1.0124	***4.5537***	1.0000	1.0116	**KNN**
		0.2	1.0098	1.0132	***6.2434***	1.0000	1.0103	**KNN**
		0.3	1.0125	1.0152	***7.0871***	1.0000	1.0116	**KNN**
	High	0.1	1.0093	1.0128	***5.7697***	1.0000	1.0130	**KNN**
		0.2	1.0116	1.0142	***6.8555***	1.0000	1.0122	**KNN**
		0.3	1.0144	1.0163	***6.8353***	1.0000	1.0138	**KNN**
200	None	0.1	1.0022	1.0063	***5.1460***	1.0000	1.0048	**KNN**
		0.2	1.0013	1.0059	***8.0399***	1.0000	1.0030	**KNN**
		0.3	1.0025	1.0069	***9.7165***	1.0000	1.0051	**KNN**
	Medium	0.1	1.0016	1.0066	***7.3475***	1.0000	1.0065	**KNN**
		0.2	1.0026	1.0068	***9.6495***	1.0000	1.0050	**KNN**
		0.3	1.0039	1.0071	***10.3344***	1.0000	1.0043	**KNN**
	High	0.1	1.0023	1.0066	***8.9417***	1.0000	1.0033	**KNN**
		0.2	1.0036	1.0066	***10.0506***	1.0000	1.0048	**KNN**
		0.3	1.0047	1.0067	***9.9388***	1.0000	1.0050	**KNN**

หมายเหตุ : ตัวหนาเอียง คือวิธีการที่ให้ค่า RE สูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.108 แสดงค่า SDMSE เมื่อข้อมูลจำลองแบบส่วนที่ 12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 90

N	ระดับ Nonignorability	%	SDMSE				
			ERI	CERI	KNN	EM	PMM
50	None	0.1	800.8336	799.1314	485.7001	808.9289	791.1010
		0.2	1041.0473	1038.7141	522.3817	1051.7953	1034.4492
		0.3	1256.8697	1257.2462	558.6620	1284.5191	1255.8078
	Medium	0.1	1008.3714	1006.4080	508.8377	1016.8512	1005.7697
		0.2	1251.9600	1253.0072	578.9525	1286.4410	1245.7169
		0.3	1373.6968	1374.1105	628.2528	1408.4758	1362.5079
	High	0.1	1227.1499	1228.0252	546.6196	1256.7536	1226.6662
		0.2	1425.8825	1427.9717	648.2577	1475.4106	1438.8829
		0.3	1509.0213	1512.9617	786.6178	1560.9384	1522.2753
100	None	0.1	573.8558	572.3689	233.1104	576.2895	567.3641
		0.2	780.8636	778.7907	248.9147	785.1181	772.4833
		0.3	891.4364	890.1155	280.6880	900.1699	884.3215
	Medium	0.1	720.4990	717.5546	247.2996	726.5801	715.0245
		0.2	922.0774	921.2721	286.4192	931.0013	917.7589
		0.3	1037.0300	1037.3321	359.2909	1048.3003	1033.9549
	High	0.1	947.5706	945.8742	287.5517	956.3223	945.5729
		0.2	1077.6157	1077.0493	356.5043	1090.0113	1075.9912
		0.3	1129.0000	1130.9579	465.4758	1148.6911	1129.0120
200	None	0.1	403.3521	401.1874	121.5590	400.1148	397.5913
		0.2	595.3131	592.7368	139.8531	594.2441	590.7092
		0.3	712.3848	710.7598	165.1164	715.5861	706.6478
	Medium	0.1	598.9029	595.8974	135.1495	598.3688	589.7919
		0.2	762.2798	759.8648	164.3036	762.7136	758.8480
		0.3	862.3059	860.8801	212.0731	868.0725	860.6448
	High	0.1	779.6900	776.8318	155.6051	777.2397	774.3889
		0.2	926.4428	925.9152	203.9418	930.3485	925.6133
		0.3	916.8826	917.8916	278.1874	918.4074	917.0638

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ศุภสันติ์ ดีมาก
วัน เดือน ปี เกิด	14 พฤษภาคม 2542
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ) สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	13/92 หมู่ 3 ซอยเปี่ยมสุข ตำบลบางรักพัฒนา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University