การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม

นาย พจนา แววสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0032-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศ 7 ก.ค. 2545

I 19962861

A COMPARISON OF THE MODEL SELECTION CRITERIA FOR NESTED POLYNOMIAL REGRESSION MODELS

Mr. Potjana Walsawat

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 2000

ISBN 974-13-0032-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม
โดย	นาย พจนา แววสวัสดิ์
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิรัช อภิเมธีดำรง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ศิริพร สาเกทอง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นพรัตน์ รุ่งอุทัยศิริ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อรุณี กำลัง)

พจนา แววสวัสดิ์ : การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม (A COMPARISON OF THE MODEL SELECTION CRITERIA FOR NESTED POLYNOMIAL REGRESSION MODELS)อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา, 159. หน้า ISBN 974-13-0032-8

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ซึ่งตัวแบบทั่วไปของตัวแบบความถดถอยพหุนามมีรูปแบบดังนี้

$$\underset{\sim}{Y} = \underset{\sim}{X}\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$$

เมื่อ $\underset{\sim}{Y}$ แทน เวกเตอร์สุ่มของตัวแปรตามขนาด n x 1, $\underset{\sim}{X}$ แทน เมทริกซ์ของตัวแปรอิสระที่ควบคุมให้คงที่ขนาด n x $(p'+1)$, $\underset{\sim}{\beta}$ แทน พารามิเตอร์เวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์ความถดถอยขนาด$(p'+1)$x1, $\underset{\sim}{\varepsilon}$ แทนเวกเตอร์ความคลาดเคลื่อนสุ่มที่เกิดขึ้นขนาด n x 1โดย $\underset{\sim}{\varepsilon} \sim N(\underset{\sim}{0}, \sigma^2 I)$, I แทน เมทริกซ์เอกลักษณ์ขนาด n x n, n แทน จำนวนข้อมูลที่สังเกต และ p' แทน จำนวนตัวแปรอิสระ เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกตัวแบบมี 3 เกณฑ์ คือ เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยสถิติทดสอบเอฟบางส่วน(The partial F-test statistic) ด้วยวิธีการกำจัดตัวแปรแบบถอยหลัง(Backward Elimination (BW)) วิธีนี้จะเริ่มจากการพิจารณาตัวแปรอิสระทุกตัว แล้วกำจัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีระดับนัยสำคัญออกทีละตัว ซึ่งมีตัวสถิติอยู่ในรูปของ

$$F = \frac{(SSE_j - SSE_k)/(p_k - p_j)}{SSE_k/(n - p_k)}$$

เมื่อ SSE_j แทน ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนสำหรับตัวแบบ j, SSE_k แทน ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนสำหรับตัวแบบ k, p_k,p_j แทน จำนวนพารามิเตอร์ของตัวแบบที่ j และ k เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของอาไคเคะ(Akaike's Information Criterion(AIC)) เกณฑ์นี้มีข้อตกลงเบื้องต้น คือ ตัวประมาณได้มาจากวิธีการภาวะน่าจะเป็นสูงสุดโดยตัวแบบที่ให้ค่า AIC ต่ำสุดจะเป็นตัวแบบที่ดีที่สุด ซึ่งมีตัวสถิติอยู่ในรูปของ

$$AIC = -2\log(ML_j - ML_k) + 2(p_j - p_k)$$

เมื่อ ML_j, ML_k แทน ตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของตัวแบบที่ j และ k , p_j,p_k แทน จำนวนพารามิเตอร์ของตัวแบบที่ j และ k และ เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของเบส์(Bayesian Information Criterion (BIC)) เป็นเกณฑ์ที่พิจารณาจากความน่าจะเป็นภายหลัง มีตัวสถิติอยู่ในรูปของ

$$BIC = -2\log\left[\frac{p(X|\underset{\sim}{\hat{\beta}}_k, M_k)}{p(X|\underset{\sim}{\hat{\beta}}_j, M_j)}\right]$$

เมื่อ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}_j, \underset{\sim}{\hat{\beta}}_k$ แทน ตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของตัวแบบ j และ k, M_j, M_k แทน ตัวแบบที่ j และ k , $p(X|\underset{\sim}{\hat{\beta}}, M)$ แทน ความน่าจะเป็นภายหลังสำหรับตัวแบบที่พิจารณา การเปรียบเทียบจะกระทำโดยการจำลองแบบด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลจากโปรแกรม S-plus 2000 โดยตัวแปรอิสระในแต่ละตัวแบบเป็น 3 5 9 14 20 และ 27 ตามลำดับ และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 5 10 15 และ 25 จำนวนข้อมูลค่าสังเกตเป็น 35 50 75 และ 100 ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ คือ 1, 0.5 และ 0 ระดับนัยสำคัญที่ใช้ คือ 0.05 และ 0.01 เกณฑ์ที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบทั้ง 3 เกณฑ์คือ ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Average of Mean square Errors(AMSE))

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระมีคุณสมบัติเชิงตั้งฉาก ค่าพยากรณ์ของ BIC ให้ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) ต่ำสุดในทุกสถานการณ์ เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน จากการแปลงค่าด้วยการแปลงค่าเข้าสู่ศูนย์กลาง ค่าพยากรณ์ของ BIC ให้ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) ต่ำสุดในทุกสถานการณ์ อย่างไรก็ตามกรณีที่ตัวแบบมีกำลังสูงสุดเป็น 1-3 การแปลงข้อมูลด้วยวิธีแปลงค่าเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)ช่วยลดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุได้ เมื่อตัวแบบมีกำลังสูงสุดเป็น 4-6 การแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉากจะแก้ไขปัญหาความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุได้ดีกว่าการแปลงข้อมูลด้วยวิธีแปลงค่าเข้าสู่ศูนย์กลาง เพราะค่า AMSE ของการแปลงข้อมูลด้วยวิธีแปลงค่าเข้าสู่ศูนย์กลางสูงกว่าการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก ซึ่งในทุกกรณีค่าพยากรณ์ของ BIC ให้ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ต่ำสุดในทุกสถานการณ์

ภาควิชา สถิติ

สาขาวิชา สถิติ

ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

4182279526 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD: AIC / BACKWARD ELIMINATION / BAYES FACTORS / BIC / MODEL SELECTION / NESTED MODEL / POLYNOMIAL REGRESSION

POTJANA WALSAWAT : THESIS TITLE. (A COMPARISON OF THE MODEL SELECTION CRITERIA FOR NESTED POLYNOMIAL REGRESSION MODELS) THESIS ADVISOR: ASSOCIATE PROFESSOR. SUPOL DURONGWATANA ,Ph.D. 159 pp. ISBN 974-13-0032-8

The objective of this study is to compare model selection criteria for nested polynomial regression model. The general model for polynomial regression is show as follows: $\underset{\sim}{Y} = \underset{\sim}{X}\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$

where $\underset{\sim}{Y}$ is an n x 1 random vector of dependent variables; $\underset{\sim}{X}$ is an n x (p'+1) fixed matrix of independent variables; $\underset{\sim}{\beta}$ is a (p'+1)x1 unknown parametric vector of regression coefficients; $\underset{\sim}{\varepsilon}$ is an n x 1 random vector of errors and $\underset{\sim}{\varepsilon}$ is normally distributed with mean vector $\underset{\sim}{0}$ and variance-covariance matrix $\sigma^2 I$; I is an n x n identity matrix; σ^2 is the variance of random errors; n is the number of observed data and p' is number of independent variables.

The 3 stopping criteria of model selection are the partial F-test statistic using backward elimination(BW), Akaike's Information Criterion(AIC), Bayesian Information Criterion(BIC) respectively. The BW method is started with putting all independent variables in the model and then eliminating each variable ,one at a time, using the partial F-test statistic as the stopping criterion. The test statistic is as follows:

$F = \dfrac{(SSE_j - SSE_k)/(p_k - p_j)}{SSE_k/(n - p_k)}$; SSE_j is the sum of square errors for the model j., SSE_k is the sum of square errors for the model k, p_k,p_j is the number of parameters in model j and k. The AIC criterion uses the maximum likelihood method for each corresponding model as the stopping criterion. The test statistic is as follows:

$AIC = -2\log(ML_k - ML_j) + 2(p_k - p_j)$; ML_j, ML_k is the maximum likelihood estimators form model j and k. p_j, p_k is the number of parameters in model j and k. The BIC criterion uses the posterior probability for each corresponding model as the stopping criterion. The test statistic is as follows:

$BIC = -2\log\left[\dfrac{p(X|\hat{\underset{\sim}{\beta}}_k, M_k)}{p(X|\hat{\underset{\sim}{\beta}}_j, M_j)}\right]$; $\hat{\underset{\sim}{\beta}}_j, \hat{\underset{\sim}{\beta}}_k$ is the maximum likelihood estimator for model j and k. M_j, M_k is the model j and k. $p(X|\hat{\underset{\sim}{\beta}}_k, M_k)$ is the posterior probability for the corresponding model. The compare is done by the model generation using a monte carlo technique through S-plus 2000 code. The numder of independent variables is 3 5 9 14 20 and 27 respectively. The random error are generated with normal distribution with mean 0 and standard deviations 5 10 20 and 25 respectively. The number of observed data varies form 35 50 75 and 100. The degree of collinearity among independent variables is changed from 0(orthogonality among independent variables),0.5 to 1. Significant levels is 0.05 and 0.01. The average of mean square error(AMSE) from each criterion ,between the predicted value calculate from each selected model and the true values is use to compare these 3 model selection criteria.

The result of the study show that when the independent variables are orthogonal, the predicted value from BIC criterion provide the minimum average of mean square error(AMSE),in all simulated cases. When independent variables are not orthogonal and they are interrelated , the nearly orthogonal situation can be done through data centering. This will result in making the AMSE for the predicted value from BIC minimum in all situations. However the nearly orthogonalized independent variables for such case will be appropriate only when the exponent of the between 1 to 3. When the model exponent of the model is from 4 to 6, the polynomial orthogonalization of the independent variables can be better achievable than the data centering and this will result in making the AMSE for the because the AMSE of centering data is highest orthogonal polynomial, the predicted value from BIC minimum in all cases as well.

Department Statistics Student's signature .....

Field of study Statistics Advisor's signature .....

Academic year 2000

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ศิริพร สาเกทอง รองศาสตราจารย์ นพรัตน์ รุ่งอุทัยศิริ และอ.ดร.อรุณี กำลัง ในฐานะประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา และประสิทธิประสาทความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งให้การสนับสนุน และเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา และเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นาย พจนา แวววัสดิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 สมมติฐานการวิจัย..... 4

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 4

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 5

1.6 ขอบเขตของการวิจัย..... 6

1.7 ประโยชน์ของการวิจัย..... 8

1.8 เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ..... 9

1.9 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย..... 9

2 แนวคิดและทฤษฎี..... 11

2.1 การวิเคราะห์ความถดถอยพหุนาม..... 11

2.2 การแก้ไขปัญหาการเกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ..... 13

2.2.1 วิธีการพหุนามเชิงตั้งฉาก..... 13

2.2.2 วิธีการแปลงเมทริกซ์ X เข้าสู่ศูนย์กลางและการปรับมาตรา..... 15

2.3 เกณฑ์ที่นำมาใช้ในการคัดเลือกตัวแบบ..... 18

2.3.1 เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยสถิติทดสอบเอฟบางส่วน..... 18

2.3.2 เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของเอไคเคะ..... 19

2.3.2.1 เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของเอไคเคะสำหรับการแจกแจงแบบปกติ..... 19

2.3.2.2 เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของเอไคเคะสำหรับการเปรียบเทียบ..... 19

บทที่ หน้า

2.3.3 เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของเบส์..... 22

2.3.3.1 เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของเบส์สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม..... 23

2.3.3.1.1 ตัวแบบและฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น..... 23

2.3.3.1.2 การแจกแจงก่อนและการแจกแจงภายหลังขอบ..... 23

2.4 การทดสอบสมมติฐานแบบติดกลุ่ม..... 25

2.5 การค้นหาปริภูมิตัวแบบของเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของเบส์... 27

2.6 ตัวประกอบของเบส์..... 30

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 32

3.1 การจำลองแบบด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล..... 32

3.2 การสร้างการแจกแจงแบบปกติ..... 34

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย..... 36

4 ผลการวิจัย..... 42

4.1 ผลการวิจัยของการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม โดยทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง..... 44

4.2 ผลการวิจัยของการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม โดยทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก..... 81

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 118

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 119

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 120

รายการอ้างอิง..... 121

ภาคผนวก..... 123

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 159

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

4.1 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 45

4.2 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 45

4.3 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 47

4.4 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 47

4.5 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 49

4.6 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 49

4.7 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 51

4.8 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 51

4.9 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 53

ตาราง หน้า

4.10 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 53

4.11 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 55

4.12 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 55

4.13 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 57

4.14 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 57

4.15 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 59

4.16 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 59

4.17 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering).... 61

4.18 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering).... 61

ตาราง หน้า

4.19 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 63

4.20 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 63

4.21 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 65

4.22 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 65

4.23 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering).... 67

4.24 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering).... 67

4.25 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 69

4.26 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 69

4.27 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 71

ตาราง หน้า

4.28 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 71

4.29 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 73

4.30 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 73

4.31 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 75

4.32 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 75

4.33 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 77

4.34 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 77

4.35 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 79

4.36 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 79

ตาราง หน้า

4.37 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 82

4.38 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 82

4.39 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 84

4.40 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 84

4.41 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 86

4.42 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 86

4.43 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 88

ตาราง หน้า

4.44 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 88

4.45 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 90

4.46 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 90

4.47 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 92

4.48 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 92

4.49 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 94

4.50 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 94

ตาราง หน้า

4.51 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 96

4.52 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 96

4.53 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 98

4.54 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 98

4.55 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 100

4.56 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 100

4.57 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 102

ตาราง หน้า

4.58 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 102

4.59 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 104

4.60 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 104

4.61 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 106

4.62 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 106

4.63 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 108

4.64 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 108

ตาราง หน้า

4.65 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 110

4.66 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 110

4.67 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 112

4.68 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 112

4.69 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 114

4.70 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 114

4.71 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 116

ตาราง หน้า

4.72 การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 116

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการแปลผลของวิธีการออกส์แคม วินโดว์(Occam's window) 27

3.1 แผนผังเทคนิคมอนติคาร์โล 33

3.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 36

3.3 แผนผังเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยสถิติทดสอบเอฟบางส่วน(The partial F-test statistic) ด้วยวิธีการกำจัดตัวแปรแบบถอยหลัง(Backward Elimination) 38

3.4 แผนผังเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของอาไคเคะ (Akaike's Information Criterion) 39

3.5 แผนผังเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของเบส์ (Bayesian Information Criterion) 40

4.1 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 46

4.2 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 46

4.3 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 48

4.4 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 48

4.5 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 50

4.6 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 50

รูปที่ หน้า

4.7 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 52

4.8 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 52

4.9 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 54

4.10 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 54

4.11 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 56

4.12 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 56

4.13 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 58

4.14 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 58

4.15 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 60

รูปที่ หน้า

4.16 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 60

4.17 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering).... 62

4.18 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering).... 62

4.19 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)... 64

4.20 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)... 64

4.21 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)... 66

4.22 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)... 66

4.23 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)... 68

4.24 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)... 68

รูปที่ หน้า

4.25 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 70

4.26 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 70

4.27 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 72

4.28 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 72

4.29 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 74

4.30 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 74

4.31 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 76

4.32 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 76

4.33 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 78

รูปที่ หน้า

4.34 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 78

4.35 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 80

4.36 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลาง(Centering)..... 80

4.37 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 83

4.38 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 83

4.39 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 85

4.40 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 85

4.41 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 87

รูปที่ หน้า

4.42 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 87

4.43 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 89

4.44 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 89

4.45 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 91

4.46 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 91

4.47 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 93

4.48 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 93

รูปที่ หน้า

4.49 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 95

4.50 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 95

4.51 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 97

4.52 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 97

4.53 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 99

4.54 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 99

4.55 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 101

รูปที่ หน้า

4.56 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 101

4.57 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 103

4.58 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 103

4.59 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 105

4.60 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 0.5$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 105

4.61 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 107

4.62 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 107

รูปที่ หน้า

4.63 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 109

4.64 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 109

4.65 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 111

4.66 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.05$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 111

4.67 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_1 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 113

4.68 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_2 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 113

4.69 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_3 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Ortho gonal polynomial)..... 115

รูปที่ หน้า

4.70 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_4 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 115

4.71 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_5 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 117

4.72 แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบความถดถอยพหุนามแบบติดกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) สำหรับตัวแบบ M_6 เมื่อ $\alpha = 0.01$ $\rho(x_1, x_2) = 1$ และ ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธีพหุนามเชิงตั้งฉาก(Orthogonal polynomial)..... 117