

การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ โดยใช้วิธีวิธีจักรสฐาน
และวิธีที่ใช้หลักการของ โครงข่ายประสาทเทียมในกรณีที่เกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ



นางสาวหทัย ฤๅษะสารพันธ์

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาตรีศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-111-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๗ ๓.๓. 2544

๕1๑๕๐1๑๑๑

**A COMPARISON ON FORECASTING METHODS BETWEEN RIDGE REGRESSION AND
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHODS IN MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS
WITH MULTICOLLINEARITY**



Miss Phatcharee Kumaraphan

**สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Statistics

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-331-111-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความอดคงของพหุคูณโดยใช้วิธี
วิธีกรงรอน และวิธีที่ใช้หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม ในกรณีที่เกิด
พหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

โดย : นางสาวพัชรี ฤกษ์สารพันธ์


ภาควิชา : สถิติ

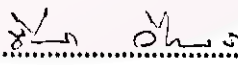
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระพร วีระถาวร


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภาวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มัดธิกา นุนาก)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระพร วีระถาวร)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มณฑา หัวใจ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สรชัย พิศาณบุตร)

พัชรี คุณะสารพันธ์ : การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ โดยใช้วิธีรีดจ์รีเกรสชัน และวิธีที่ใช้หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม ในกรณีที่เกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

(A COMPARISON ON FORECASTING METHODS BETWEEN RIDGE REGRESSION AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHODS IN MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS WITH MULTICOLLINEARITY) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ชีระพร วีระถาวร, 217 หน้า. ISBN 974-331-111-4

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เมื่อเกิดพหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ โดยเปรียบเทียบวิธีรีดจ์รีเกรสชัน (RR) และวิธีที่ใช้หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบ คือ เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนผลต่างค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ที่ศึกษา คือ การแจกแจงของความคลาดเคลื่อนที่ศึกษามี 3 การแจกแจง คือ การแจกแจงปกติ การแจกแจงปกติปลอมปน และการแจกแจงลอกนอร์มอล สำหรับการแจกแจงปกติ จะใช้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1, 0.3 และ 0.5 ส่วนการแจกแจงปกติปลอมปน จะใช้สเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 3 และ 10 เปอร์เซ็นต์การปลอมปนเท่ากับ 5 และ 10 และการแจกแจงลอกนอร์มอล จะใช้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.2264, 0.5915 และ 1.0069 ตามลำดับ ขนาดตัวอย่างที่ใช้เท่ากับ 30, 50 และ 100 เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 โดยมีระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละคู่เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 และ 0.99 ตามลำดับ และเมื่อจำนวนตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5 จะใช้ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่เพิ่มขึ้น (x_1, x_2) เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 และ 0.99 ตามลำดับ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้จากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลซึ่งกระทำซ้ำ 400 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งผลสรุปมีดังนี้

กรณีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ และการแจกแจงลอกนอร์มอล พบว่าความถูกต้องของการพยากรณ์ด้วยวิธี ANN จะดีขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่าง จำนวนตัวแปรอิสระ และระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระสูงขึ้น แต่จะลดลงเมื่อระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันของความคลาดเคลื่อนสูงขึ้น ส่วนความถูกต้องของการพยากรณ์ด้วยวิธี RR จะดีขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างสูงขึ้น แต่จะลดลงเมื่อระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันของความคลาดเคลื่อน และจำนวนตัวแปรอิสระสูงขึ้น โดยเรียงลำดับของอิทธิพลจากมากไปน้อย

กรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปลอมปน พบว่าความถูกต้องของการพยากรณ์ด้วยวิธี ANN จะดีขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่าง จำนวนตัวแปรอิสระ และระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระสูงขึ้น แต่จะลดลงเมื่อระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันของความคลาดเคลื่อน สเกลแฟคเตอร์ และเปอร์เซ็นต์การปลอมปนสูงขึ้น ส่วนความถูกต้องของการพยากรณ์ด้วยวิธี RR จะดีขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างสูงขึ้น แต่จะลดลงเมื่อระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันของความคลาดเคลื่อน จำนวนตัวแปรอิสระ สเกลแฟคเตอร์ และเปอร์เซ็นต์การปลอมปนสูงขึ้น โดยเรียงลำดับของอิทธิพลจากมากไปน้อย

วิธี ANN จะใช้ในการพยากรณ์ได้ดีกว่าวิธี RR เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงลอกนอร์มอล และการแจกแจงปกติปลอมปน เรียงตามลำดับจากมากไปน้อย และเมื่อขนาดตัวอย่าง ระดับสัมประสิทธิ์การแปรผันของความคลาดเคลื่อน จำนวนตัวแปรอิสระ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ สเกลแฟคเตอร์ และเปอร์เซ็นต์การปลอมปนมีค่ามากขึ้น โดยเรียงลำดับอิทธิพลจากมากไปน้อย และวิธี RR จะใช้ในการพยากรณ์ได้ดีกว่าวิธี ANN เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

ภาควิชา
สาขาวิชา
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C824254 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD: Ridge Regression / Artificial Neural Network / Multicollinearity / Backpropagation

PHATCHAREE KUNASARAPHAN : A COMPARISON ON FORECASTING METHODS BETWEEN RIDGE REGRESSION AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHODS IN MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS WITH MULTICOLLINEARITY.

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THEERAPORN VERATHAWORN , Ph.D. 217 p. ISBN 974-331-111-4

The objective of this thesis research is to compare the accuracy of forecasting value between multiple regression analysis of Ridge Regression (RR) method and Artificial Neural Network (ANN) method when multicollinearity existing among independent variables. The criterion of comparison is the difference percentage ratio of average value of mean square error. This study used three residual distributions which are normal distribution, contaminated-normal distribution and lognormal distribution. For normal distribution, the mean of 1 and the standard deviations of 0.1, 0.3 and 0.5 are considered. For contaminated-normal distribution, the scale factors of 3 and 10, the percent of contaminations of 5 and 10 are studied. For lognormal distribution, the mean of 1, the standard deviations of 0.2264, 0.5915 and 1.0069 are tested. The sample sizes are 30, 50 and 100. When the number of independent variables is 3, the level of correlations among each pair independent variables are 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 and 0.99, respectively and the number of independent variables increases equal to 5, the level of correlations among independent variables (x_j, x_k) are 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 and 0.99, respectively. For each case, 400 randomly generated sets of data are used in the simulation using Monte Carlo technique. The result of this research can be summarized as follow :

In case that residuals have normal distribution and lognormal distribution, ranging the effect on accuracy from most to least, the accuracy of forecasting by ANN method improves as the sample size, the number of independent variables and the level of correlations among independent variables increases but decreases as the level of coefficient of variation increases. The accuracy of forecasting by RR method improves as the sample size increases but decreases as the level of correlations among independent variables, the level of coefficient of variation and the number of independent variables increases.

In case that residuals have contaminated-normal distribution, ranging the effect on accuracy from most to least, the accuracy of forecasting by ANN method improves as the sample size, the number of independent variables and the level of correlations among independent variables increases but decreases as the level of coefficient of variation, the scale factors and the percent of contaminations increases. The accuracy of forecasting by RR method improves as the sample size increases but decreases as the level of correlations among independent variables, the level of coefficient of variation and the number of independent variables, the scale factors and the percent of contaminations increases.

The performance of ANN method is better than that of RR method when the residuals have lognormal distribution and contaminated-normal distribution, ranging from most to least, and when the sample size, the level of coefficient of variation, the number of independent variables, the level of correlations among independent variables, the scale factors and the percent of contaminations, ranging from strongest effect to weakest effect, is larger. The performance RR method is better than that of ANN method when the residuals have normal distribution.

ภาควิชา..... สถิติ

สาขาวิชา..... สถิติ

ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิสิต..... พิชัย คุณะพานิชย์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือของรองศาสตราจารย์ ดร. ชีระพร วีระถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ และขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ ๆ (ดร.อุฬารัตน์ และดร.ชิตินงค์ คັນประเสริฐ) ที่ให้ความสนับสนุนและส่งเสริมในด้านการศึกษแก่ผู้วิจัย และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

พัชรี คุณะสารพันธ์



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
สมมติฐานการวิจัย	4
ขอบเขตการวิจัย	5
เกณฑ์การตัดสินใจ	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและสถิติที่เกี่ยวข้อง	8
วิธีวิจัยวีเครสชัน	8
คุณสมบัติของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีวิจัยวีเครสชัน	13
การประมาณค่าพารามิเตอร์ k	16
การประมาณค่าพารามิเตอร์ k โดยวิธีค้นหาค่าดับ	17
วิธีโครงข่ายประสาทเทียม	20
แบบการส่ง	22
แบบการเรียนรู้	23
ขั้นตอนการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ	25
การแปลงข้อมูลโดยการแปลงที่ใช้การยกกำลัง	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	29
แผนการทดลอง	29
ขั้นตอนการวิจัย	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	38
การเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงธอกรมอด	39
การเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปดอมปน	61
การเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ	143
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	165
สรุปผลการวิจัย	166
อภิปรายผล	176
ข้อเสนอแนะ	178
รายการอ้างอิง	186
ภาคผนวก	188
ประวัติผู้วิจัย	217

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงลักษณะการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย	35
1.1	การเปรียบเทียบค่าพหุคูณในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงถอกรนอร์มอล จำนวนตัวแปรอิสระ = 3, พารามิเตอร์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.2264$	41
1.2	การเปรียบเทียบค่าพหุคูณในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงถอกรนอร์มอล จำนวนตัวแปรอิสระ = 3, พารามิเตอร์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.5915$	44
1.3	การเปรียบเทียบค่าพหุคูณในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงถอกรนอร์มอล จำนวนตัวแปรอิสระ = 3, พารามิเตอร์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 1.0069$	46
1.4	การเปรียบเทียบค่าพหุคูณในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงถอกรนอร์มอล จำนวนตัวแปรอิสระ = 5, พารามิเตอร์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.2264$	48
1.5	การเปรียบเทียบค่าพหุคูณในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงถอกรนอร์มอล จำนวนตัวแปรอิสระ = 5, พารามิเตอร์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.5915$	51
1.6	การเปรียบเทียบค่าพหุคูณในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงถอกรนอร์มอล จำนวนตัวแปรอิสระ = 5, พารามิเตอร์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 1.0069$	53
2.1	เปรียบเทียบค่าพหุคูณในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปลอมปน จำนวนตัวแปรอิสระ = 3, สเตกแฟคเตอร์ = 3, เปอร์เซ็นต์การปลอมปน = 5, พารามิเตอร์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.1$	63
2.2	เปรียบเทียบค่าพหุคูณในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปลอมปน จำนวนตัวแปรอิสระ = 3, สเตกแฟคเตอร์ = 3, เปอร์เซ็นต์การปลอมปน = 10, พารามิเตอร์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.1$	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
2.21	เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปดอมปน จำนวนตัวแปรอิสระ = 5, ศึกณพคเคอ์ = 3, เปอร์เซนต์การปดอมปน = 5, พารามิเคอ์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.5$ 121
2.22	เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปดอมปน จำนวนตัวแปรอิสระ = 5, ศึกณพคเคอ์ = 3, เปอร์เซนต์การปดอมปน = 10, พารามิเคอ์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.5$ 124
2.23	เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปดอมปน จำนวนตัวแปรอิสระ = 5, ศึกณพคเคอ์ = 10, เปอร์เซนต์การปดอมปน = 5, พารามิเคอ์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.5$ 127
2.24	เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงปกติปดอมปน จำนวนตัวแปรอิสระ = 5, ศึกณพคเคอ์ = 10, เปอร์เซนต์การปดอมปน = 10, พารามิเคอ์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.5$ 130
3.1	การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ = 3, พารามิเคอ์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.1$ 144
3.2	การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ = 3, พารามิเคอ์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.3$ 147
3.3	การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ = 3, พารามิเคอ์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.5$ 150
3.4	การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ = 5, พารามิเคอ์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.1$ 152
3.5	การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ = 5, พารามิเคอ์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.3$ 155

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.6	การเปรียบเทียบค่าพหุคูณในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ จำนวนตัวแปรอิสระ = 5, พารามิเตอร์ $\mu = 1$ และ $\sigma = 0.5$	158
5.1	สรุปผลการเปรียบเทียบค่าพหุคูณของวิธีวัดจักรถันและวิธี โครงข่ายประสาทเทียม เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงดอกลนอร์มอล	168
5.2	สรุปผลการเปรียบเทียบค่าพหุคูณของวิธีวัดจักรถันและวิธี โครงข่ายประสาทเทียม เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติปดอมปน	170
5.3	สรุปผลการเปรียบเทียบค่าพหุคูณของวิธีวัดจักรถันและวิธี โครงข่ายประสาทเทียม เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ	175

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวน ความเอนเอียงกำลังสอง และพารามิเตอร์ k	15
2.2	แสดงตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งชั้นซ่อนในรูปทั่วไป	20
2.3	แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นของฟังก์ชัน โอจิสติก	22
3.1	แผนผังการทำงานของโปรแกรม	37
5.1	แผนผังการเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ในการวิเคราะห์ความอดดอยทฤษฎีในกรณีที่เกิด ทหุสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ	179



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย