# การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทยโดยการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุและตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

# COMPARATIVE FORECASTING OF EXPORT QUANTITY FOR THAI'S CANNED PINEAPPLE USING MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS AND BACKPROPAGATION NEURAL NETWORKS

นิธิดา เหมือนคุณรัฐ
NITHIDA KHUAKOONRATT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2551

KMITL-2008-SC-M-050-339

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง ของประเทศไทยโดยการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุและตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

# COMPARATIVE FORECASTING OF EXPORT QUANTITY FOR THAI'S CANNED PINEAPPLE USING MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS AND BACKPROPAGATION NEURAL NETWORKS




นิธิดา เกื้อกูลรัฐ

NITHIDA KHUAKOONRATT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 81400
วัน,เดือน,ปี 11 มิ.ย. 2551

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติประยุกต์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-SC-M-050-339

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# COMPARATIVE FORECASTING OF EXPORT QUANTITY FOR THAI'S CANNED PINEAPPLE USING MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS AND BACKPROPAGATION NEURAL NETWORKS

NITHIDA KHUAKOONRATT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN APPLIED STATISTICS

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2008

KMITL-2008-SC-M-050-339

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของผู้เขียน สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**COPYRIGHT 2008**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**บัณฑิตวิทยาลัย**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**

---

**หัวข้อวิทยานิพนธ์** การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย โดยการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุและตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

Comparative Forecasting of Export Quantity for Thai's Canned Pineapple using Multiple Linear Regression Analysis and Backpropagation Neural Networks

**ชื่อนักศึกษา** นางสาวนิธิดา เกื้อกูลรัฐ

**รหัสประจำตัว** 46064205

**ปริญญา** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

**สาขาวิชา** สถิติประยุกต์

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** ผศ.ดร.สมศรี บัณฑิตวิไล

| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ | | ลายมือชื่อ |
|---|---|---|
| ผศ.ดร.รุจิเรข | บุศราวงศ์ | |
| ดร.ชานินทร์ | ศรีสุวรรณนภา | |
| รศ.สุมิตรา | เรืองพีระกุล | |
| ผศ.ดร.สมศรี | บัณฑิตวิไล | |

**วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ** 26 พฤษภาคม 2551 เวลา 15.00-17.00 น.

**สถานที่สอบ** ณ อาคารจุฬาภรณวลัยลักษณ์ 1 ห้อง 424

**บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว**

**(รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล)**

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

**วันที่** 30 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทยโดยการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุและตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ |
| **นักศึกษา** | นางสาวนิธิดา เกื้อกูลรัฐ |
| **รหัสประจำตัว** | 46064205 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | สถิติประยุกต์ |
| **พ.ศ.** | 2551 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** | ผศ.ดร.สมศรี บัณฑิตวิไล |


## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ หาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ ซึ่งจะใช้เทคนิคการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยใช้วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน และนำสมการถดถอยที่ได้มาเปรียบเทียบกับวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ ในการศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และธนาคารแห่งประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2550 โดยตัวแปรอิสระที่ศึกษามีทั้งสิ้น 16 ตัว ได้แก่ ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง ราคาสับปะรดสดที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา ราคาสับปะรดโรงงานที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา ปริมาณการส่งออกน้ำสับปะรด ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง ปริมาณผลผลิตสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง ปริมาณผลผลิตสับปะรดโรงงานจากการเก็บเกี่ยว ราคาส่งออกน้ำสับปะรด อัตราแลกเปลี่ยนเงินดอลลาร์เทียบกับเงินบาทไทย ดัชนีราคาผู้บริโภค อัตราเงินเฟ้อ ดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง อัตราการใช้กำลังการผลิตสับปะรดกระป๋อง ราคาขายปลีกน้ำตาล ดัชนีราคาสินค้าเกษตรที่เกษตรกรขายได้ และตัวแปรตามได้แก่ ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีโดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE)

ผลการวิจัยพบว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ ได้ตัวแปรที่มีผลต่อการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย คือ ดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกน้ำสับปะรด ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง อัตราเงินเฟ้อ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุเท่ากับ 0.98 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 1,812,344 สำหรับวิธีโครงข่ายประสาทเทียมพบว่าโครงข่ายที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทยคือ 16-45-12 เมื่อค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.4 และค่าโมนตัมเท่ากับ 0.8 ค่าประมาณความถูกต้องเท่ากับ 88.80 % ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 10,579,058

ผลการเปรียบเทียบพบว่าวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทยคือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis** | Comparative Forecasting of Export Quantity for Thai's Canned Pineapple Using Multiple Linear Regression Analysis and Backpropagation Neural Networks |
| **Student** | Miss Nithida Khuakoonratt |
| **Student ID** | 46064205 |
| **Degree** | Master of Science |
| **Program** | Applied Statistics |
| **Year** | 2008 |
| **Thesis Advisor** | Asst.Prof.Dr. Somsri Banditvilai |


## ABSTRACT

The objective of this thesis is to find the appropriate forecasting model for export quantity for Thai's canned pineapple by using Multiple Linear Regression with Stepwise Regression Procedure for selecting the independent variables into the regression equation and Artificial Neural Networks with backpropagation learning algorithm. The dataset in this study is collected from Office of Agricultural Economics and Bank of Thailand during January 1998 to December 2007. There are 16 independent variables such as canned pineapple export price , price of pineapple that agriculturists sell at the plantation , price of pineapple for canning that agriculturists sell at the plantation , pineapple juice export quantity , frozen pineapple export quantity , canned pineapple productivity , frozen pineapple export price , pineapple for canning productivity , pineapple juice export price , dollar currencies exchange rate , consumer price index , inflation rate , canned pineapple production index , industrial capacity utilization of canned pineapple , retail sugar price , and farm price index , and dependent factor is export quantity for Thai's canned pineapple. Mean Square Error (MSE) is used to compare the efficiency of these two methods .

The variables that effected Thai's canned pineapple export are canned pineapple production index , canned pineapple export price , pineapple juice export price , frozen pineapple export quantity , and inflation rate. The multiple coefficient of determination is 0.98 and MSE is 1,812,344. The appropriate model for forecasting Thai's canned pineapple export quantity by using Artificial Neural Networks is 16-45-12, with the learning rate of 0.4, and the momentum of 0.8 with estimated accuracy of 88.80 % and MSE is 10,579,058.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comparing the results of two methods , it was found that Multiple Linear Regression is the appropriate forecasting model for export quantity for Thai's canned pineapple.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีเนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์จากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สมศรี บัณฑิตวิไล ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดียิ่ง ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.รุจิเรข บุศราวงศ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ.สุมิตรา เรืองพีระกุล และ ดร.ชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณา ให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและคำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ นายธนกิจ บวรรัตนปราณ เพื่อนที่คอยให้คำปรึกษาตลอดจนกำลังใจจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาสถิติประยุกต์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้ตลอดมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่น้อง ของข้าพเจ้าที่คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุก ๆ เรื่องด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นิธิดา เกื้อกูลรัฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ……..I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…..…….....…….....III

กิตติกรรมประกาศ…...……...……..……..V

สารบัญ……...…….....……..……...VI

สารบัญตาราง……..……..VIII

สารบัญรูป……...……..XI

บทที่ 1 บทนำ……..1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……...……..…….....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา……..……..2

1.3 ขอบเขตการวิจัย.....……..……...…….....3

1.4 ขั้นตอนการศึกษา..... ……..……..3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....……..3

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....……..……..4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....……..5

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....……..5

2.1.1 วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ ……..5

2.1.2 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม……...……..21

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....……..33

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....36

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....……..36

3.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา.....……..36

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....37

3.4 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์.....39

3.5 สรุปผลการวิจัย.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....37

4.1 ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์.....37

4.1.1 วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ.....37

4.1.2 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม.....52

4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบ.....57

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....59

เอกสารอ้างอิง.....61

ภาคผนวก.....64

ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์พยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย.....65

ภาคผนวก ข การแปลงข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ.....73

ภาคผนวก ค ข้อมูลการแบ่งกลุ่ม 2 กลุ่มวิธีของโกลด์เฟล็ด – ควอนด์ที่ใช้ในการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีค่าคงที่.....89

ภาคผนวก ง การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2549.....93

ประวัติผู้เขียน.....101



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ..... .....14

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม .....23

4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_1$ .....41

4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{11}$ .....43

4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 16 ตัวแปร.....44

4.4 การคัดเลือกตัวแบบโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน.....45

4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปร.....46

4.6 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลกลุ่มที่ 1 ของการทดสอบโดยวิธีโกลด์เฟล็ด – ควอนด์.....48

4.7 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลกลุ่มที่ 2 ของการทดสอบโดยวิธีโกลด์เฟล็ด – ควอนด์.....48

4.8 ค่า Durbin – Watson และ ค่า $R^2$ .....48

4.9 การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ.....49

4.10 ค่าปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ.....51

4.11 ค่า RMS ของการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับที่อัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9.....53

4.12 ค่าปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ.....56

4.13 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์.....58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)


ตารางที่ หน้า

ก 1 ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย.....66

ข1 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_2$ .....74

ข2 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_3$ .....75

ข3 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_4$ .....76

ข4 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_5$ .....77

ข5 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_6$ .....78

ข6 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_7$ .....79

ข7 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_8$ .....80

ข8 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_9$ .....81

ข9 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{10}$ .....82

ข10 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{12}$ .....83

ข11 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{13}$ .....84

ข12 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{14}$ .....85

ข13 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{15}$ .....86



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)


ตารางที่ หน้า

ข14 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{16}$ .....87

ค1 แสดงการแบ่งข้อมูลกลุ่มที่ 1 ที่แบ่งโดยการเรียงตัวแปรอิสระ $X_8$ .....90

ค2 แสดงการแบ่งข้อมูลกลุ่มที่ 2 ที่แบ่งโดยการเรียงตัวแปรอิสระ $X_8$ .....91

ง1 คำนวณ MSE ที่ได้จากการพยากรณ์ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2549 โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ.....94

ง2 คำนวณ MSE ที่ได้จากการพยากรณ์ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2549 โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม.....98



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


รูปที่ หน้า

2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า e กับ $\hat{Y}_i$ .....18

2.2 เซลล์ประสาททางชีววิทยาอย่างง่าย.....21

2.3 ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายแบบชั้นเดียว.....24

2.4 แสดงลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายแบบหลายชั้น.....24

2.5 แสดงโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้า.....25

2.6 แสดงโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ.....26

4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_1$ .....41

4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{11}$ .....42

4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{11}$ .....43

4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานกับค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย.....47

4.5 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ.....50

4.6 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องเดือนมกราคม พ.ศ.2550 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ.....52

4.7 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ.....55

4.8 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องเดือนมกราคมพ.ศ.2550 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2550โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ.....57

ข1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_2$ .....74

ข2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_3$ .....75

ข3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_4$ .....76

ข4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_5$ .....77

ข5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_6$ .....78



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)


รูปที่ หน้า

ข6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_7$ .....79

ข7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_8$ .....80

ข8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_9$ .....81

ข9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{10}$ .....82

ข10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{12}$ .....83

ข11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{13}$ .....84

ข12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{14}$ .....85

ข13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{15}$ .....86

ข14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{16}$ .....87



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สินค้าอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้กระป๋องเป็นสินค้าหมวดหนึ่งที่ทำรายได้จากการส่งออกให้ประเทศไทยได้เป็นอย่างมาก เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลผลิตด้านการเกษตรเป็นวัตถุดิบนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นสินค้าสำเร็จรูปเพื่อการบริโภคเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่ผลผลิตทางการเกษตร [3]

ในการส่งออกอุตสาหกรรมผลไม้แปรรูปของไทย การส่งออกสับปะรดกระป๋องเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการส่งออกมากที่สุด เมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่นๆ คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 60 ของมูลค่าการส่งออกผลไม้แปรรูปทั้งหมด [9]

สำหรับตลาดสับปะรดไทย ประกอบด้วยตลาดสับปะรดโรงงานและตลาดสับปะรดสด สำหรับตลาดสับปะรดโรงงาน เริ่มตั้งแต่เกษตรกรนำสับปะรดที่ผลิตได้ส่งมอบให้กับโรงงานด้วยตนเองหรือผ่านผู้รวบรวมในท้องถิ่น เพื่อแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋องแล้วนำไปจำหน่ายแก่ผู้บริโภคต่อไป ส่วนตลาดสับปะรดสดเริ่มจากการที่เกษตรกรทำการตัดสับปะรดที่มีขนาดใหญ่ส่งให้กับผู้รวบรวมในท้องถิ่นเพื่อนำมาจำหน่ายที่ตลาดขายส่งในท้องที่และตลาดขายส่ง ณ. ตลาดกรุงเทพฯ ซึ่งต่อจากนั้นจะส่งต่อไปยังตลาดขายปลีกจนกระทั่งถึงผู้บริโภค โดยผู้บริโภคในประเทศส่วนใหญ่จะนิยมบริโภคสับปะรดสดมากกว่า เพราะหาซื้อง่ายและราคาถูกกว่า ดังนั้นสับปะรดกระป๋องส่วนใหญ่ที่ผลิตได้จึงเน้นเพื่อการส่งออกเป็นหลัก [6] โดยปริมาณการส่งออกสับปะรดที่ผลิตได้คิดเป็นประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 20 ถูกนำมาใช้ภายในประเทศ [17] ประเทศผู้นำเข้าสับปะรดกระป๋องที่สำคัญของประเทศไทย คือ สหรัฐอเมริกา เยอรมัน เนเธอร์แลนด์ แคนนาดา และญี่ปุ่น โดยพบว่าสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศผู้นำเข้าสับปะรดกระป๋องรายใหญ่ที่สุดของประเทศไทย [12]

ปัจจุบันประเทศไทย เป็นผู้ส่งออกสับปะรดกระป๋องรายใหญ่ที่สุดของโลก เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมแก่การปลูกสับปะรดประกอบกับการมีค่าจ้างแรงงานที่ต่ำและมีพื้นที่เพาะปลูกมาก ในขณะที่ตลาดโลกก็ยังมีความต้องการสับปะรดกระป๋องในปริมาณที่เพิ่มขึ้นโดยตลอด การรักษาศักยภาพการเป็นผู้นำการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทยต่อไปในอนาคตต้องได้รับการสนับสนุนงานศึกษาและการวิจัยอย่างจริงจัง ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตสับปะรดกระป๋องจะมีการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า และการพยากรณ์ปริมาณสับปะรดโรงงานที่ผลิตได้ มีการนำเอาการพยากรณ์ทั้งสองเข้ามารวบรวมและวิเคราะห์เพื่อทำการวาง

เอกสารนี้เ ไม่ว่ากรณี

แผนการส่งออก ที่เปรียบเสมือนการวางแผนการผลิตรวมที่ทำให้บริษัทฯ สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้สอดคล้องกับความสามารถในการผลิตสินค้าของบริษัท[11] แต่การพยากรณ์การส่งออกสับปะรดกระป๋องนั้นยังคงขาดความแม่นยำ ผู้วิจัยจึงสนใจทำการพยากรณ์ในเรื่องนี้

เทคนิคการพยากรณ์แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

1 เทคนิคการพยากรณ์แบบดั้งเดิม ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ ( Multiple Linear Regression Analysis ) เป็นวิธีการพยากรณ์แบบดั้งเดิมที่น่าสนใจ เนื่องจากมีการนำตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามเข้าร่วมพิจารณาด้วย [14]

2. เทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่ ได้แก่ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม แนวคิดหลักของโครงข่ายประสาทเทียมคือ การพยายามทำให้ระบบคอมพิวเตอร์มีความสามารถเรียนรู้ได้จากประสบการณ์เช่นเดียวกับมนุษย์และสามารถเปลี่ยนประสบการณ์ที่ได้รับให้กลายเป็นองค์ความรู้สะสมไว้ในโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้สามารถนำมาหาคำตอบของปัญหาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้[27] การพยากรณ์โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมจะแตกต่างจากเทคนิคพยากรณ์แบบดั้งเดิม คือ โครงข่ายประสาทเทียมจะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้โดยไม่ขึ้นกับรูปแบบการแจกแจงข้อมูล และสามารถนำไปใช้กับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ หรือไม่ครบถ้วนในการหาค่าพยากรณ์ได้ และให้ค่าความถูกต้องในการพยากรณ์ที่สูงกว่าวิธีการพยากรณ์แบบอื่นเมื่อลักษณะของข้อมูลมีรูปแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น [26]

งานวิจัยนี้จึงสนใจนำวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับมาใช้ในการเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางเศรษฐกิจและอื่นๆ ที่เชื่อว่ามีนัยสำคัญกับการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธีข้างต้นโดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE)

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม ในการพยากรณ์การส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทยโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks)

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบและเลือกตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์การส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือนจำนวน 120 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2550 ประกอบด้วย (1) ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง (2) ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง (3) ราคาสับปะรดสดที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา (4) ราคาสับปะรดโรงงานที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา (5) ปริมาณการส่งออกน้ำสับปะรด (6) ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง (7) ปริมาณผลผลิตสับปะรดกระป๋อง (8) ราคาส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง (9) ปริมาณผลผลิตสับปะรดโรงงานจากการเก็บเกี่ยว (10) ราคาส่งออกน้ำสับปะรด จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และข้อมูล (11) อัตราแลกเปลี่ยนเงินดอลลาร์เทียบกับเงินบาทไทย (12) ดัชนีราคาผู้บริโภค (13) อัตราเงินเฟ้อ (14) ดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง (15) อัตราการใช้กำลังการผลิตสับปะรดกระป๋อง (16) ราคาขายปลีกน้ำตาล และ(17) ดัชนีราคาสินค้าเกษตรที่เกษตรกรขายได้ จากธนาคารแห่งประเทศไทย

1.3.2 เทคนิคที่ใช้ในการพยากรณ์มี 2 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks)

1.3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ( Mean Square Error: MSE)

## 1.4 ขั้นตอนการวิจัย

1.4.1 ศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย และศึกษาการพยากรณ์ 2 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks)

1.4.2 ทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

1.4.3 นำข้อมูลข้างต้น มาสร้างตัวแบบพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี

1.4.4 ทำการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธีโดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE)

1.4.5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.1 เพื่อให้ได้ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย

1.5.2 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้า วิจัย ในกรณีอื่นๆ

## 1.6 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

อัตราการใช้กำลังการผลิตสับปะรดกระป๋อง คือ เครื่องชี้ระดับการผลิตของอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง[10] โดยใช้สูตร

$$U_i^t = \frac{Q_i^t}{C_i^t}$$

โดยที่ $U_i^t$ คือ อัตราการใช้กำลังการผลิตสับปะรดกระป๋อง

$Q_i^t$ คือ ปริมาณการผลิตของอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง ในเวลา t

$C_i^t$ คือ ปริมาณกำลังการผลิตสูงสุดของอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องในเวลา t

ดัชนีราคาผู้บริโภค คือ ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงราคาสินค้าและบริการตามคุณภาพที่กำหนดไว้ในปริมาณคงที่ ซึ่งผู้บริโภคซื้อเป็นประจำในระยะเวลาหนึ่งเปรียบเทียบกับอีกระยะเวลาหนึ่งที่กำหนดไว้เป็นปีฐาน[22]

ดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง คือ ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงผลผลิตสับปะรดกระป๋องที่ผลิตได้ในระยะเวลาหนึ่งเปรียบเทียบกับอีกระยะเวลาหนึ่งที่กำหนดไว้เป็นปีฐาน

ดัชนีราคาสินค้าเกษตรที่เกษตรกรขายได้ คือ ดัชนีที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของระดับราคาสินค้าเกษตรที่เกษตรกรขายได้ ณ ระยะเวลาหนึ่ง เปรียบเทียบกับอีกระยะเวลาหนึ่งที่กำหนดไว้เป็นปีฐาน[19]

สับปะรดโรงงาน หมายถึง สับปะรดที่เกษตรกรปลูกไว้เพื่อขายผลผลิตเข้าโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก ซึ่งบางกรณีอาจขายเป็นผลสดด้วยก็ได้ แต่จะไม่รวมพันธ์พื้นเมืองที่ปลูกกันในท้องถิ่น เช่น สับปะรดนางแล สับปะรดภูเก็ต สับปะรดตราดสีทอง และสับปะรดสวี เป็นต้น[21]

พันธุ์สับปะรดโรงงาน หมายถึง สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เกษตรกรปลูกส่งโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น[21]

ราคาที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา หมายถึง ราคาที่เกษตรกรขายได้ที่บ้าน ไร่นา สวน [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะกล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ และส่วนที่สองจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

## 2.1 ทฤษฎีทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เทคนิคที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks)

### 2.1.1 วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ เป็นวิธีทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองกลุ่ม ตัวแปรกลุ่มหนึ่งเรียกว่า ตัวแปรตาม (dependent variable) เป็นตัวแปรที่นักพยากรณ์สนใจที่จะศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยศึกษาวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์กับตัวแปรอีกกลุ่มหนึ่ง เรียกว่าตัวแปรอิสระ (independent variable) ตัวแปรกลุ่มนี้ อาจมีมากกว่าหนึ่งตัวแปร โดยลักษณะของความสัมพันธ์ที่ได้เรียกว่า ตัวแบบสมการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ หรือสมการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ [4]

#### 2.1.1.1 ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ

ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัวแปร มีตัวแบบดังนี้[5]

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \ldots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \qquad (2.1)$$

เมื่อ $Y_i$ คือ ค่าสังเกตที่ $i$ ของตัวแปรตาม

$\beta_j$ คือ พารามิเตอร์ของตัวแบบ หรือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของ $Y$ ที่มีต่อ X ตัวที่ $j$ เมื่อกำหนดให้ $X$ ตัว อื่นๆ คงที่ จึงเรียกค่า $\beta_j$ ว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยบางส่วน (partial regression coefficient)

$\varepsilon_i$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ $i$

k คือ จำนวนตัวแปรอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$X_{ji}$ คือ ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรอิสระที่ j

$i = 1, 2, 3, \ldots, N$

$j = 0,1, 2, 3, \ldots, k$ โดยที่ $X_{0i} = 1$

N คือ จำนวนประชากร

**2.1.1.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอย**

จะประมาณค่า $Y_i$ ด้วย $\hat{Y}_i$ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \ldots + b_k X_{ki} \qquad (2.2)$$

โดยที่ $\hat{Y}_i$ คือ ค่าประมาณของตัวอย่าง

$b_j$ คือ ค่าประมาณของ $\beta_j$

$i = 1, 2, 3, \ldots, n$

$j = 0,1, 2, 3, \ldots, k$

$n$ คือ จำนวนตัวอย่าง

และเรียกสมการนี้ว่า สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ โดยที่ $\hat{Y}_i$ เป็นค่าประมาณของ $Y_i$ และ $b_0, b_1, b_2, \ldots, b_k$ เป็นค่าประมาณของ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ ตามลำดับ

การหาตัวประมาณ $b_0, b_1, b_2, \ldots, b_k$ ของพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ จะหาได้โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ผลบวกของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าต่ำสุด $\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2$ มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งตัวประมาณค่า $b_0, b_1, b_2, \ldots, b_k$ ที่หาได้ด้วยวิธีนี้จะเป็นตัวประมาณค่าที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ นั่นคือ เป็นตัวประมาณค่าเชิงเส้นตรงที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุด (Best Linear Estimator : BLUE) โดยค่าความคลาดเคลื่อนเขียนได้ในรูป

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left[ Y_i - (b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \ldots + b_k X_{ki}) \right]^2$$

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left[ Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - b_2 X_{2i} \ldots - b_k X_{ki} \right]^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นค่าผลบวกกำลังสองของค่าที่เบี่ยงเบนไปจากสมการถดถอยที่แท้จริง โดยตัวประมาณค่า $b_0, b_1, b_2, ..., b_k$ นี้จะทำให้ $\sum_{i=1}^{n} e_i^2$ มีค่าต่ำสุด ซึ่งจะหาได้โดย หาอนุพันธ์ย่อย $\sum_{i=1}^{n} e_i^2$ เทียบกับ $b_i$ และจัดให้เท่ากับ 0 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ [8]

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_i^2}{\partial b_0} = -2\sum (Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - \ldots - b_k X_{ki}) = 0$$

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_i^2}{\partial b_1} = -2\sum X_{1i}(Y_i - b_0 - b_{1i} X_{1i} - \ldots - b_k X_{ki}) = 0$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_i^2}{\partial b_k} = -2\sum X_{ki}(Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - \ldots - b_k X_{ki}) = 0$$

ถ้ามีตัวแปรอิสระ k ตัวในสมการ จะได้สมการปกติ (Normal Equation) $k+1$ สมการดังนี้

$$\sum_{i=1}^{n} Y_i = nb_0 + b_1 \sum_{i=1}^{n} X_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^{n} X_{2i} + \ldots + b_k \sum_{i=1}^{n} X_{ki}$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_{1i} Y_i = b_0 \sum_{i=1}^{n} X_{1i} + b_1 \sum_{i=1}^{n} X_{1i}^2 + b_2 \sum_{i=1}^{n} X_{1i} X_{2i} + \ldots + b_k \sum_{i=1}^{n} X_{1i} X_{ki}$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_{2i} Y_i = b_0 \sum_{i=1}^{n} X_{2i} + b_1 \sum_{i=1}^{n} X_{1i} \sum_{i=1}^{n} X_{2i} + b_2 \sum_{i=1}^{n} X_{2i}^2 + \ldots + b_k \sum_{i=1}^{n} X_{2i} X_{ki}$$

$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ki} Y_i = b_0 \sum_{i=1}^{n} X_{ki} + b_1 \sum_{i=1}^{n} X_{ki} X_{1i} + b_2 \sum_{i=1}^{n} X_{ki} X_{2i} + \ldots + b_k \sum_{i=1}^{n} X_{ki}^2$$

เมื่อแก้สมการปกติ จะสามารถหาค่า $b_0, b_1, b_2, ..., b_k$ ได้ โดยทั่วไป ในการวิเคราะห์การถดถอยที่มีตัวแปรอิสระหลายๆตัว จะใช้เมตริกซ์เข้ามาช่วย ในการวิเคราะห์ทำให้สะดวกมากขึ้นจะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\underline{Y}=\begin{bmatrix}Y_1\\Y_2\\Y_3\\\vdots\\Y_n\end{bmatrix}_{n\times 1} \qquad \underline{X}=\begin{bmatrix}1 & X_{11} & X_{21} & X_{31} & \cdots & X_{k1}\\1 & X_{12} & X_{22} & X_{32} & \cdots & X_{k2}\\1 & X_{13} & X_{23} & X_{33} & \cdots & X_{k3}\\\vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots\\1 & X_{1n} & X_{2n} & X_{3n} & \cdots & X_{kn}\end{bmatrix}_{n\times(k+1)}$$

$$\underline{\beta}=\begin{bmatrix}\beta_0\\\beta_1\\\beta_2\\\vdots\\\beta_k\end{bmatrix}_{(k+1)\times 1} \qquad \underline{\varepsilon}=\begin{bmatrix}\varepsilon_1\\\varepsilon_2\\\varepsilon_3\\\vdots\\\varepsilon_n\end{bmatrix}_{n\times 1} \qquad \underline{b}=\begin{bmatrix}b_1\\b_2\\b_3\\\vdots\\b_n\end{bmatrix}_{n\times 1} \qquad \underline{e}=\begin{bmatrix}e_1\\e_2\\e_3\\\vdots\\e_n\end{bmatrix}_{n\times 1}$$

โดยที่ $\underline{Y}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด $n\times 1$ ของตัวแปรสุ่ม

$\underline{\beta}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด $(k+1)\times 1$ ของพารามิเตอร์

$\underline{b}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด $(k+1)\times 1$ ของค่าประมาณของเวกเตอร์ $\underline{\beta}$

$\underline{\varepsilon}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด $n\times 1$ ของตัวแปรสุ่มค่าคลาดเคลื่อน

$\underline{X}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด $n\times(k+1)$ ของตัวแปรอิสระ

และสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix}Y_1\\Y_2\\Y_3\\\vdots\\Y_n\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1 & X_{11} & X_{21} & X_{31} & \cdots & X_{k1}\\1 & X_{12} & X_{22} & X_{32} & \cdots & X_{k2}\\1 & X_{13} & X_{23} & X_{33} & \cdots & X_{k3}\\\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\1 & X_{1n} & X_{2n} & X_{3n} & \cdots & X_{kn}\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}\beta_0\\\beta_1\\\beta_2\\\vdots\\\beta_k\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\varepsilon_1\\\varepsilon_2\\\varepsilon_3\\\vdots\\\varepsilon_n\end{bmatrix}$$

ดังนั้นจะได้ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ คือ

$$\underline{Y}=\underline{X}\underline{\beta}+\underline{\varepsilon} \tag{2.3}$$

และข้อกำหนดของ $\underline{\varepsilon}$ สามารถเขียนได้ดังนี้[5]

$$\underline{\varepsilon}\sim \mathrm{N}(\underline{0},\sigma^2\mathrm{I})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหมายความว่า $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \ldots, \varepsilon_n$ เป็นอิสระต่อกัน และต่างมีการแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0 และความแปรปรวน $\sigma^2$ จากสมการที่ (2.3) ถ้าประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย $\underline{\beta}$ ด้วยเวกเตอร์ $\underline{b}$ จะได้

$$\underline{Y} = \underline{X}\underline{b} \tag{2.4}$$

และเมื่อนำ $X'$ คูณทั้งสองข้างของสมการ (2.4) จะได้

$$\underline{X}'\underline{X}\underline{b} = \underline{X}'\underline{Y} \tag{2.5}$$

การแก้สมการหาค่า $\underline{b}$ จะทำได้โดยสมมติว่าสามารถหาเมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์ $\underline{X}'\underline{X}$ ได้ และนำเมตริกซ์ผกผัน $(\underline{X}'\underline{X})^{-1}$ มาคูณ สมการ (2.5) ทั้งสองด้านจะได้

$$\underline{b} = (\underline{X}'\underline{X})^{-1}\ \underline{X}'\underline{Y} \tag{2.6}$$

ตัวประมาณ $\underline{b}$ ที่ได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะเป็นตัวประมาณที่ดี นั่นคือเป็นตัวประมาณค่าที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุด ของ $\underline{\beta}$

**2.1.1.3 ข้อสมมติเกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อน**

ข้อสมมติเกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อน ($\varepsilon_i$) มี 4 ข้อดังนี้

1 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นศูนย์ $(E(e_i) = 0)$

2 ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่เป็น $\sigma^2$ $(V(\varepsilon_i) = \sigma^2)$

3 ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน $(Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ เมื่อ $i \neq j)$

4 ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

**2.1.1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด(Multiple Coefficient of Determination: $R^2$)**

เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดว่าตัวแปรอิสระที่อยู่ในตัวแบบการถดถอยมีส่วนในการอธิบายความผันแปรทั้งหมดของตัวแปรตาม $Y$ ได้มากน้อยเพียงใด[4]

ให้ SST (Sum Square of Total) คือ ค่าความผันแปรทั้งหมดของตัวแปรตาม $Y$ ซึ่งเป็น ผลรวมกำลังสองของผลต่างของค่าสังเกตและค่าเฉลี่ย ซึ่งใช้วัดความผันแปรของแต่ละค่าสังเกตจากค่าเฉลี่ย เรียก SST ว่า ผลรวมกำลังสองของความผันแปร โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{SST} = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

SSR (Sum Square of Regression) คือ ค่าความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ เนื่องจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระ $X_1, X_2, ..., X_k$ ซึ่งเป็นผลรวมกำลังสองของผลต่างของค่าประมาณและค่าเฉลี่ยซึ่งใช้วัดความผันแปรของแต่ละค่าประมาณจากค่าเฉลี่ย เรียก SSR ว่า ผลรวมกำลังสองของความผันแปรเนื่องจากการถดถอย โดยที่

$$SSR = \sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

SSE (Sum Square of Error) คือ ค่าความผันแปรของตัวแปรตามY เนื่องจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระอื่น ๆ ซึ่งเป็นผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน หรือของผลต่างของค่าสังเกตและค่าประมาณ เรียก SSE ว่า ผลรวมกำลังสองของความผันแปรที่ไม่ได้มาจากการถดถอย โดยที่

$$SSE = \sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

จะได้

$$\begin{aligned} SST &= SSR + SSE \\ \sum(Y_i - \bar{Y})^2 &= \sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 + \sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2 \end{aligned} \tag{2.7}$$

$$SSR = \sum(Y_i - \bar{Y})^2 - \sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2 \tag{2.8}$$

$$R^2 = \frac{\text{ความผันแปรของ } Y \text{ เนื่องจากอิทธิพลของ } X_1, X_2, X_3, ..., X_k}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}}$$

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST} \tag{2.9}$$

เมื่อเพิ่มตัวแปรอิสระเข้าในตัวแบบการถดถอยจะทำให้ค่า $R^2$ สูงขึ้นทั้งที่ตัวแปรอิสระ $X$ ที่เพิ่มอาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับ $Y$ เลยก็ได้ จึงมีการปรับค่า $R^2$ ให้ถูกต้องมากขึ้น เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดปรับแล้ว (Adjusted $R^2$) โดยค่า Adjusted $R^2$ จะแตกต่างจากค่า $R^2$ ที่ค่า Adjusted $R^2$ คำนึงถึงองศาความเป็นอิสระของ SSE หรือคำนึงถึงจำนวนตัวแปรอิสระในตัวแบบ เมื่อ $n$ มีขนาดใหญ่ค่า Adjusted $R^2$ ไม่ต่างจากค่า $R^2$ มาก ในการเปรียบเทียบตัวแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

การถดถอยสองตัวแบบที่มีค่า SSE เท่ากันแต่มีตัวแปรอิสระต่างกันตัวแบบที่มีจำนวนตัวแปรอิสระมากจะมีค่า Adjusted $R^2$ น้อยกว่าค่า $R^2$ ของตัวแบบที่มีจำนวนตัวแปรอิสระน้อย[13]

$$\text{Adjusted } R^2 = 1 + \frac{(n-1)}{(n-k-1)} (R^2-1) \tag{2.10}$$

โดย $R^2$ มีค่าอยู่ในช่วง [0,1]

ถ้า $R^2$ เข้าใกล้ 1 นั่นคือ ค่า SSR มีค่าใกล้ค่า SST หมายความว่าตัวแปรอิสระ $X$ มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ สูง

ถ้า $R^2$ เข้าใกล้ 0 นั่นคือ ค่า SSR มีค่าห่างจากค่า SST มาก หมายความว่าตัวแปรอิสระ $X$ มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ น้อย

**2.1.1.5 การประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน ($\sigma^2$)**

เนื่องจาก $\sigma^2$ เป็นพารามิเตอร์ที่มักไม่ทราบค่า จึงจำเป็นต้องประมาณค่าของ $\sigma^2$ ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระ $k$ ตัวจะได้ค่าความแปรปรวนของการประมาณคือ

$$S^2 = \frac{\text{SSE}}{n-k-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-k-1} \tag{2.11}$$

ดังนั้น ค่าคลาดเคลื่อนหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าประมาณ คือ

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\text{SSE}/(n-k-1)} = \sqrt{\text{MSE}} \tag{2.12}$$

**2.1.1.6 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน(Pearson's Correlation Coefficient )**

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ $X_j$ สำหรับ $j = 1, 2, 3, \ldots, k$ และตัวแปรตาม $Y$ ว่ามีความสัมพันธ์กันในตัวแบบเชิงเส้นตรงหรือไม่

$$r_{Yj} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})(X_{ji} - \bar{X}_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2 \sum_{i=1}^{n}(X_{ji} - \bar{X}_j)^2}.} \qquad \text{โดยที่ } |r| \le 1 \tag{2.13}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า $r_{Yj}$ มีค่าเป็นบวก หมายความว่า ตัวแปรอิสระ $X_j$ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม $Y$ ในทิศทางเดียวกัน

ถ้า $r_{Yj}$ มีค่าเป็นลบ หมายความว่า ตัวแปรอิสระ $X_j$ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม $Y$ ในทิศทางตรงข้าม

ถ้า $r_{Yj}$ มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_j$ และตัวแปรตาม $Y$ ไม่มีความสัมพันธ์กัน

**2.1.1.7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วน (Coefficients of Partial Correlation)**

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวแปร เมื่อตัวแปรอื่นคงที่ วัดได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วน ตัวอย่างกรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร ได้แก่ $X_1, X_2$ และ $X_3$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนระหว่าง $X_1$ และ $X_2$ เมื่อ $X_3$ คงที่ $(r_{12.3})$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนระหว่าง $X_1$ และ $X_3$ เมื่อ $X_2$ คงที่ $(r_{13.2})$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนระหว่าง $X_2$ และ $X_3$ เมื่อ $X_1$ คงที่ $(r_{23.1})$ ความหมาย ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนอธิบายในทำนองเดียวกับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน นั่นคือ เป็นค่าที่ใช้ในการวัดขนาด และบอกทิศทางของความสัมพันธ์ของสองตัวแปร เมื่อค่าของตัวแปรอื่นคงที่ มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 ค่า $r_{12.3}$ ค่า $r_{13.2}$ ค่า $r_{23.1}$ เป็นค่าประมาณของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนในประชากร ได้แก่ ค่า $\rho_{12.3}$ ค่า $\rho_{13.2}$ และค่า $\rho_{23.1}$ ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วน [13] คำนวณได้จาก

$$r_{12.3} = \frac{r_{12} - r_{13}r_{23}}{\sqrt{(1-r_{13}^2)(1-r_{23}^2)}} \tag{2.14}$$

โดยที่

$$r_{12} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{1i}-\bar{X}_1)(X_{2i}-\bar{X}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_{1i}-\bar{X}_1)^2\sum_{i=1}^{n}(X_{2i}-\bar{X}_2)^2}}$$

$$r_{13} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{1i}-\bar{X}_1)(X_{3i}-\bar{X}_3)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_{1i}-\bar{X}_1)^2\sum_{i=1}^{n}(X_{3i}-\bar{X}_3)^2}}$$

$$r_{23} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{2i}-\bar{X}_2)(X_{3i}-\bar{X}_3)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_{2i}-\bar{X}_2)^2\sum_{i=1}^{n}(X_{3i}-\bar{X}_3)^2}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ $r_{13}^2=(r_{13})^2$ , $r_{23}^2=(r_{23})^2$

สำหรับค่าสหสัมพันธ์บางส่วน $r_{13.2}$ และ $r_{23.1}$ หาได้โดยใช้หลักการทำนองเดียวกัน

**2.1.1.8 การทดสอบสมมติฐาน**

1. การทดสอบสมมติฐานค่าพารามิเตอร์แต่ละค่า ($\beta_j$ ทีละตัว) คือ การทดสอบว่า $X_j$ มีอิทธิพลต่อ $Y$ หรือไม่ มีสมมติฐานการทดสอบ [1] คือ

$$H_0 : \beta_j = 0$$
$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

เมื่อ j = 0, 1, ..., k

ตัวสถิติทดสอบคือ F บางส่วน คือ

$$F = \frac{SSR(X_j \mid X_1, \ldots, X_{j-1}, X_{j+1}, \ldots, X_k)}{SSE(X_1, \ldots, X_k) \ / \ (n-k-1)} \qquad (2.15)$$

เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ ($\alpha$) จะปฏิเสธ $H_0$ ถ้า $F \geq F_{\alpha,(1,n-k-1)}$

2. การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์การถดถอย $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ เป็นการทดสอบว่า มีอย่างน้อยหนึ่งตัวแปรอิสระที่มีส่วนในการอธิบายตัวแปรตาม $Y$ หรือไม่ การทดสอบจะใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีสมมติฐานการทดสอบคือ

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \ldots = \beta_k = 0$$
$$H_1 : \text{มี } \beta_j \neq 0 \text{ สำหรับ } j = 1, 2, 3, \ldots, k$$

ตัวสถิติทดสอบคือ
$$F = \frac{SSR/k}{SSE/(n-k-1)}$$
$$= \frac{MSR}{MSE} \qquad (2.16)$$

เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ ($\alpha$) จะปฏิเสธ $H_0$ ถ้า $F \geq F_{\alpha,(k,n-k-1)}$

การทดสอบแบบ F นั้นจำเป็นต้องสร้างตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance:ANOVA) ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** การวิเคราะห์ความแปรปรวน

| Source of Variation (SV) | Degree of Freedom (DF) | Sum of Squres (SS) | Mean Square (MS) | F Statistic (F) |
|---|---|---|---|---|
| ความถดถอย | $k$ | SSR | $\text{MSR} = \frac{\text{SSR}}{k}$ | $\text{F} = \frac{\text{MSR}}{\text{MSE}}$ |
| ความคลาดเคลื่อน | $n-k-1$ | SSE | $\text{MSE} = \frac{\text{SSE}}{n-k-1}$ | |
| ผลรวม | $n-1$ | SST | | |

3. การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นการทดสอบว่าตัวแปรเชิงปริมาณสองตัวมีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นจริงหรือไม่ [1] โดยมีสมมติฐานในการทดสอบคือ

$$H_0 : \rho = 0$$
$$H_1 : \rho \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบคือ $$\text{t} = \frac{r_{is}\sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r_{is}^2)}} \qquad (2.17)$$

โดย $r_{is}$ = ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างระหว่างตัวแปร $X_i$ และ $X_s$ ที่ $i \neq s$

n = จำนวนคู่ของค่าตัวแปร $X_i$ และ $X_s$

$i, s$ = 1, 2, … , k

เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ $(\alpha)$ จะปฏิเสธ $\text{H}_0$ ถ้า $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$

**ขั้นตอนการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ**

<u>ขั้นที่1</u> เป็นขั้นตอนการตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X$ โดยเริ่มต้นจากพิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X$ ทีละตัว เพื่อพิจารณากำหนดรูปแบบความสัมพันธ์เป็นคู่ ๆ ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ พิจารณาว่าอยู่ในรูปเชิงเส้นตรงหรือไม่ ถ้าไม่เป็นเชิงเส้นตรงให้ทำการแปลงตัวแปรอิสระ $X$ ของรูปแบบการถดถอยเป็น $\sqrt{X}$, $X^2$, $\log_{10} X$, $\frac{1}{X}$, $\text{e}^{-X}$, $\text{e}^{X}$ และเลือกรูปแบบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 2 การคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยมีหลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise regression procedure) ในการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยมีรายละเอียดดังนี้

**วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)**

ในการคัดเลือกตัวแปรตัวแปรเข้าสมการถดถอยด้วยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน เป็นวิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าในสมการถดถอยครั้งละ 1 ตัว ตัวแปรใดที่เข้าอยู่ในสมการถดถอยแล้ว อาจถูกตัดทิ้งออกไปได้ภายหลัง นั่นคือ ต้องทดสอบว่าตัวแปรอิสระนี้มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ หรือไม่ ขณะที่ตัวแปรอิสระตัวอื่นอยู่ในสมการถดถอย วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนเป็นวิธีที่รวมขั้นตอนของวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ และวิธีการลดตัวแปรอิสระ

ขั้นตอนของวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน ตัวอย่างกรณีมีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ได้แก่ $X_1, X_2$ และ $X_3$ มีดังนี้

1) เลือกตัวแปรอิสระตัวแรก เข้าสมการถดถอย โดยเลือกตัวแปรอิสระที่ให้ค่า $r_{Yi}$ สำหรับ $i$ = 1,2,3 สูงที่สุด นั่นคือ เลือกตัวแปรอิสระ $X$ ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม $Y$ สูงที่สุด สมมติว่าเลือก $X_3$ นั่นคือ $r_{Y3}$ มีค่าสูงที่สุด

2) จากตัวแบบ $Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ ทดสอบ $H_0 : \beta_3 = 0$ กับ $H_1 : \beta_3 \neq 0$ ด้วยการทดสอบแบบ F บางส่วนโดยคำนวณค่า F บางส่วนจากสมการ 2.14

2.1 ถ้ายอมรับสมมติฐาน $H_0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_3$ ไม่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ และกระบวนการเลือกตัวแปรด้วยวิธีนี้จะสิ้นสุดลง นั่นคือ สรุปว่าไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดที่สามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$

2.2 ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน $H_0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_3$ มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ ดังนั้น $X_3$ จึงอยู่ในตัวแบบการถดถอยได้ และได้ตัวแบบการถดถอย คือ $Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ ดำเนินการขั้นที่ 3 ต่อไป

3) เลือกตัวแปรอิสระตัวที่ 2 เข้าไปในสมการถดถอย โดยเลือกตัวแปรอิสระที่ให้ค่า $r_{Yi.3}$ สำหรับ $i$ = 1,2 สูงที่สุด เมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_3$ อยู่ในสมการแล้ว สมมติว่าเลือก $X_2$ นั่นคือ $r_{Y2.3}$ มีค่าสูงที่สุด

4) ดังนั้นตัวแบบการถดถอย คือ $Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ จะต้องทำการทดสอบ 2 การทดสอบ เริ่มจาก $H_0 : \beta_2 = 0$ กับ $H_1 : \beta_2 \neq 0$ เป็นการพิจารณาตัวแปรอิสระ $X_2$ ที่เข้ามาใหม่ด้วยการทดสอบแบบ F บางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ถ้ายอมรับสมมติฐาน $H_0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_2$ ไม่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ เมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_3$ อยู่แล้ว ดังนั้น ตัวแบบการ

ถดถอย คือ $Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ ทำให้กระบวนการเลือกตัวแปรด้วยวิธีนี้จะสิ้นสุดลง และตัวแบบการถดถอยนี้มีเพียง $X_3$ เท่านั้นที่มีอิทธิพลเพียงพอที่จะอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ ได้ เพราะ $r_{Y2.3}$ มีค่าสูงที่สุด แต่ยังไม่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ เพราะฉะนั้น ตัวแปรอิสระที่เหลือก็จะไม่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ ด้วย

4.2 ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน $H_0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_2$ มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ เมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_3$ อยู่แล้ว ทำให้ได้ตัวแบบการถดถอยคือ $Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ จึงต้องทำการทดสอบ $H_0 : \beta_3 = 0$ กับ $H_1 : \beta_3 \neq 0$ เพื่อพิจารณาว่าเมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_2$ เข้ามาอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว ตัวแปรอิสระ $X_3$ จะยังมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ หรือไม่

- ถ้ายอมรับสมมติฐาน $H_0$ สรุปว่า จะต้องตัดตัวแปรอิสระ $X_3$ ออกจากตัวแบบการถดถอย แสดงว่า ตัวแบบการถดถอยคือ $Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$ กระบวนการเลือกตัวแปรด้วยวิธีนี้จะสิ้นสุดลง

- ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน $H_0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_3$ ยังคงอยู่ในตัวแบบการถดถอยต่อไปได้ จะได้ตัวแบบการถดถอยคือ $Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ แล้วดำเนินการตามขั้นตอนที่ 5

5) ตัวแปรอิสระตัวสุดท้าย ที่เข้ามาในสมการถดถอย คือ ตัวแปรอิสระ $X_1$ จากตัวแบบเต็ม $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ จะต้องทำการทดสอบ 3 การทดสอบเริ่มจาก $H_0 : \beta_1 = 0$ กับ $H_1 : \beta_1 \neq 0$ เป็นการพิจารณาตัวแปรอิสระ $X_1$ ที่เข้ามาใหม่ด้วยการทดสอบแบบ F บางส่วน

5.1 ถ้ายอมรับสมมติฐาน $H_0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_1$ ไม่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ เมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_2, X_3$ อยู่แล้ว ดังนั้น ตัวแบบการถดถอย คือ $Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ ทำให้กระบวนการเลือกตัวแปรด้วยวิธีนี้จะสิ้นสุดลง

5.2 ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน $H_0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_1$ มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ เมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_2, X_3$ อยู่แล้ว ทำให้ได้ตัวแบบการถดถอย คือ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ ต่อไปทำการทดสอบ $H_0 : \beta_2 = 0$ กับ $H_1 : \beta_2 \neq 0$ เพื่อพิจารณาว่าเมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_1, X_3$ เข้ามาอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว ตัวแปรอิสระ $X_2$ จะยังมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ หรือไม่

5.2.1 ถ้ายอมรับสมมติฐาน $H_0$ สรุปว่า จะต้องตัดตัวแปรอิสระ $X_2$ ออกจากตัวแบบการถดถอย เมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_1, X_3$ เข้ามาอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว แสดงว่า ตัวแบบการถดถอยคือ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ กระบวนการเลือกตัวแปรด้วยวิธีนี้จะสิ้นสุดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง


5.2.2 ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน $H_0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_2$ ยังคงอยู่ในตัวแบบการถดถอยต่อไปได้ เมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_1, X_3$ เข้ามาอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว จะได้ตัวแบบการถดถอยคือ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ ต่อไปทำการทดสอบ $H_0 : \beta_3 = 0$ กับ $H_1 : \beta_3 \neq 0$ เพื่อพิจารณาว่าเมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_1, X_2$ เข้ามาอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว ตัวแปรอิสระ $X_3$ จะยังมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม $Y$ หรือไม่

- ถ้ายอมรับสมมติฐาน $H_0$ สรุปว่า จะต้องตัดตัวแปรอิสระ $X_3$ ออกจากตัวแบบการถดถอย เมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_1, X_2$ เข้ามาอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว แสดงว่า ตัวแบบการถดถอยคือ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$ กระบวนการเลือกตัวแปรด้วยวิธีนี้จะสิ้นสุดลง

- ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน $H_0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_3$ ยังคงอยู่ในตัวแบบการถดถอยต่อไปได้ เมื่อมีตัวแปรอิสระ $X_1, X_2$ เข้ามาอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว จะได้ตัวแบบการถดถอยคือ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$

วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน จะเสร็จสิ้นเมื่อหาตัวแปรอิสระเข้ามาในตัวแบบการถดถอยไม่ได้อีกแล้ว กรณีที่มีตัวแปรอิสระมากกว่า 3 ตัวแปร การคัดเลือกตัวแปรอิสระจะทำได้ในทำนองเดียวกัน โดยเลือกตัวแปรอิสระครั้งละหนึ่งตัวแปร ตัวแปรอิสระที่เข้ามาอยู่ในตัวแบบการถดถอยนี้ อาจจะถูกตัดออกจากตัวแบบได้

ขั้นที่ 3 นำสมการที่ได้จากขั้นที่ 2 ตรวจสอบความเหมาะสมของสมการ คือ ตรวจสอบข้อสมมติเกี่ยวกับ $\varepsilon_i$ จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่เนื่องจากไม่ทราบค่าจริง $\varepsilon_i$ ฉะนั้นจะตรวจสอบคุณสมบัติของความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งเป็นค่าประมาณของ $\varepsilon_i$ ว่ามีคุณสมบัติสอดคล้องหรือไม่ โดยมีการตรวจสอบข้อสมมติเกี่ยวกับ $\varepsilon_i$ ดังนี้

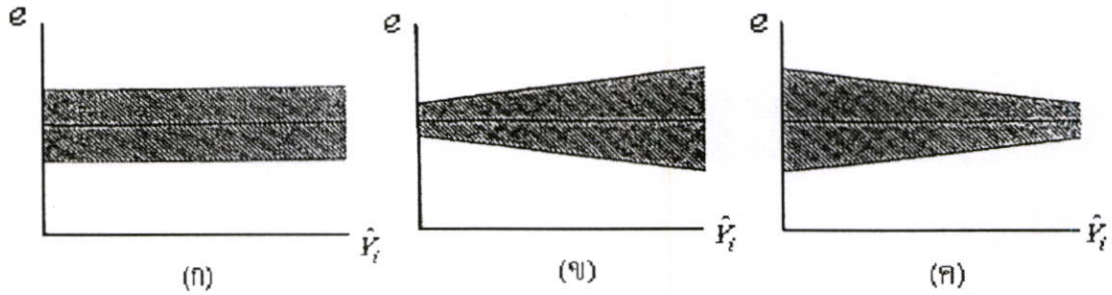
1 ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนคงที่หรือไม่

ในการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนคงที่หรือไม่ โดยทั่วไปวิธีกราฟเป็นวิธีการที่นิยมใช้ แต่ในที่นี้นอกจากใช้วิธีกราฟแล้วจะนำเสนอการตรวจสอบด้วยวิธีของโกลด์เฟล็ด – ควอนด์ท อีกวิธีหนึ่งเพื่อเป็นการสนับสนุนผลจากการพิจารณากราฟว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนคงที่หรือไม่ [1] ดังนี้

- ตรวจสอบโดยพิจารณาจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $e$ กับ $\hat{Y}_i$ ถ้าจุดเหล่านี้กระจายอยู่ในแนวนอนรอบ ๆ ค่าศูนย์อย่างไม่มีแบบแผน (Pattern) หรือมีค่าในช่วงหนึ่งแคบๆ แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่ดังรูปที่ 2.1 (ก) แต่ถ้าจุดกระจายในลักษณะเป็นรูปปลายเปิด แสดงว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนไม่คงที่เรียกว่าเกิดปัญหา Heteroscedastic ดังรูปที่ 2.1 (ข) และ (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

81400




**รูปที่ 2.1** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า e กับ $\hat{Y}_i$

- วิธีของโกลด์เฟล็ด – ควอนด์ท (Goldfeld-Quandt Test) [2] เป็นวิธีการหนึ่งในตรวจสอบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนคงที่หรือไม่ มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้ ถ้าในตัวแบบมีตัวแปรอิสระหลายตัว ให้ยึดหลักตัวแปรอิสระที่มีความแปรปรวนมากเป็นหลักในการเรียงลำดับจากน้อยไปมากแล้วดำเนินขั้นตอนดังนี้

1. แบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ถ้าจำนวนข้อมูลมีเลขคี่ให้ตัดข้อมูลชุดกลางออก

2. สมมติฐานการทดสอบ คือ

$H_0$: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (มีความแปรปรวนคงที่)

$H_1$: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (มีความแปรปรวนไม่คงที่)

3. คำนวณตัวสถิติทดสอบ F

$$F = \frac{\hat{\sigma}_2^2}{\hat{\sigma}_1^2} = \frac{SSE_2/(L-P)}{SSE_1/(L-P)} = \frac{SSE_2}{SSE_1}$$

เมื่อ L = จำนวนข้อมูลที่อยู่ในและกลุ่ม

P = จำนวนพารามิเตอร์

จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก $H_0$ ถ้าค่า F มีค่ามากกว่าค่า $F_{\alpha,(L-P,L-P)}$ ที่เปิดตาราง

2 ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความเป็นอิสระต่อกันหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ Durbin – Watson และทดสอบสมมติฐานดังนี้[1]

$H_0$: ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน

$H_1$: ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติทดสอบ คือ

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^{n}(e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^{n} e_i^2} \qquad (2.18)$$

โดยที่ $0 \le d \le 4$ และมีคุณสมบัติดังนี้ [1]

- ถ้าค่า d มีค่าอยู่ระหว่าง 1.5 – 2.5 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อน $e_i$ เป็นอิสระกัน

- ถ้าค่า d <1.5 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่ามีความสัมพันธ์กันในทางบวก และ ถ้ายิ่งเข้าใกล้ 0 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมาก

- ถ้าค่า d >2.5 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่ามีความสัมพันธ์กันในทางลบ และ ถ้ายิ่งเข้าใกล้ 4 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมาก

3 ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนสุ่มว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบของ Kolmogorov-Sminov โดยมีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

$H_0$ : $\varepsilon_i$ มีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : $\varepsilon_i$ ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ คือ

$$D = \underset{x}{MAX}\left|F(x)-S(x)\right| \qquad (2.19)$$

เมื่อ F(x) เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของ X ตาม $H_0$ และ S(x) เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของ X จากข้อมูลที่นำมาทดสอบ

ถ้าค่า P-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด จะปฏิเสธ $H_0$ แสดงว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มไม่มีการแจกแจงปกติ

ถ้าค่า P-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด จะยอมรับ $H_0$ แสดงว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ

4 ตรวจสอบ และแก้ปัญหา Multicollinearity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหา Multicollinearity เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในอัตราที่ค่อนข้างสูง ซึ่งผลกระทบจากปัญหา Multicollinearity มีดังนี้

1 ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์การถดถอยเปลี่ยนแปลงไป (ไม่คงที่) เมื่อมีตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สมการถดถอยที่ได้ไม่ถูกต้อง [5]

2 จะมีความยุ่งยากในการตีความหมายของสมการถดถอย หรือการจำแนกอิทธิพลของตัวแปรอิสระออกมาให้เห็นอย่างชัดเจน ว่าตัวแปรอิสระหนึ่ง ๆ มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากน้อยเพียงใด

3 จะก่อให้เกิดปัญหาในการทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอย

4 ค่า $|X'X|$ จะมีค่าใกล้ศูนย์ ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Method)

การตรวจสอบปัญหา Multicollinearity ทำได้ดังนี้

การตรวจสอบปัญหา Multicollinearity มีหลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้จะตรวจสอบปัญหา Multicollinearity โดยการพิจารณาค่า Variance Inflation Factor (VIF) ดังนี้

$$\text{VIF} = \frac{1}{(1 - R_j^2)} \quad \text{เมื่อ } j = 1,2,...,k \qquad (2.20)$$

$R_j^2$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดของสมการถดถอยที่มี $X_j$ เป็นตัวแปรตาม และมีตัวแปร $X_1, X_2, ..., X_{j-1}, X_{j+1}, ..., X_k$ เป็นตัวแปรอิสระ

ค่า VIF มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง $\infty$ ถ้า VIF มีค่ามาก แสดงว่าตัวแปรอิสระ $X_j$ เป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรอิสระอื่น ๆ มาก โดยปกติจะใช้เกณฑ์ว่าเมื่อ $(VIF)_j$ มีค่าไม่เกิน 10 แสดงว่าตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กัน [1]

แนวทางการแก้ปัญหา Multicollinearity อาจทำได้ดังนี้

1 เก็บข้อมูลเพิ่มในกรณีที่สามารถเก็บข้อมูลเพิ่มเติมได้ ซึ่งอาจจะช่วยให้ข้อมูลกระจายได้ดีขึ้น

2 พิจารณาตัดตัวแปรอิสระบางตัวออกจากสมการถดถอย โดยเริ่มจากคำนวนหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่าง ๆ ถ้าพบว่าตัวแปรอิสระบางคู่มีความสัมพันธ์กันจะต้องตัดตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งออกจากสมการ โดยเลือกตัดตัวแปรที่ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าประมาณของสัมประสิทธิ์การถดถอย $s(b_i)$ ของตัวแปรอิสระที่ยังคงอยู่ในสมการลดลง

3 ใช้ Principal Component Regression โดยการสร้างตัวแปรอิสระใหม่คือ $Z_1, Z_2, ..., Z_s$ เมื่อ s < k โดยที่ $Z_s$ คือตัวแปรที่เกิดจากการรวมเอาลักษณะต่าง ๆ ของ $X_j$ ที่มีความสัมพันธ์กันเอาไว้ด้วยกัน จากนั้นจึงใช้ $Z_s$ เป็นตัวแปรอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

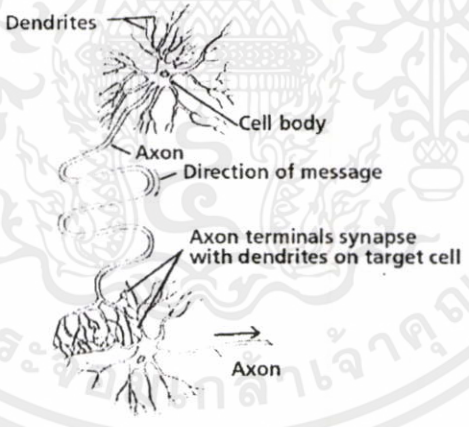
ขั้นที่ 4 การวัดประสิทธิภาพของสมการถดถอย

ในงานวิจัยนี้จะใช้ ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Multiple Coefficient of Determination: $R^2$ ) วัดประสิทธิภาพของสมการถดถอย

### 2.1.2 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)

#### 2.1.2.1 เซลล์ประสาททางชีววิทยา

สมองมนุษย์ประกอบไปด้วยเซลล์ประสาท (Neuron) จำนวนมากประมาณ $10^{11}$ ยูนิต ที่มีการเชื่อมต่อกันอย่างหนาแน่น (การเชื่อมโยงของแต่ละเซลล์ประสาทประมาณ $10^4$ ยูนิต) โดยแต่ละเซลล์ประสาทจะประกอบไปด้วยเดนไดรต์ (Dendrites) ซึ่งทำหน้าที่รับความรู้สึกจากเส้นใยประสาทโดยส่งข้อมูลเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Electrical Signal) มาที่เดนไดรต์ และที่เดนไดรต์แต่ละกิ่งก็จะรับรู้ด้วยค่าน้ำหนัก (Threshold) ที่แตกต่างกัน และแทนค่าน้ำหนักด้วยความแข็งแรง (Strength) ของแต่ละไซแนปส์ (Synapse) หลังจากนั้นก็จะส่งข้อมูลไปให้ตัวเซลล์ (Cell Body หรือ Soma) ซึ่งทำหน้าที่รวบรวมสิ่งที่ได้รับรู้แล้วให้แก่แอกซอน (Axon) และแอกซอนก็จะส่งสัญญาณออกไปโดยสัญญาณที่ออกมาก็จะเป็นฟังก์ชันของผลรวมของสิ่งที่ได้รับรู้แล้วจากตัวเซลล์ ซึ่งสามารถแสดงเซลล์ประสาททางชีววิทยาอย่างง่ายได้ดังรูปที่ 2.2




**รูปที่ 2.2** เซลล์ประสาททางชีววิทยาอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.2.2 เซลล์ประสาทเทียม**

เมื่อทราบหลักการทำงานของเซลล์ประสาททางชีววิทยาแล้วก็สามารถสร้างแบบจำลองของเซลล์ประสาทที่เรียกว่า เซลล์ประสาทเทียม (Artificial Neuron), ยูนิต (Unit) หรือ โหนด (Node) ได้ ซึ่งเซลล์ประสาทเทียมที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นจะประมวลผลข้อมูลโดยอาศัยหลักการทำงานพื้นฐานของเซลล์ประสาททางชีววิทยาที่สามารถรวบรวมความรู้ได้ด้วยการผ่านกระบวนการเรียนรู้ และจะเก็บความรู้เหล่านั้นไว้ในโครงข่ายในรูปของค่าน้ำหนัก และค่าไบอัสซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้เมื่อมีการเรียนรู้สิ่งใหม่ โดยโครงข่ายประสาทเทียมจะมีความเร็วในการประมวลผลที่สูงกว่าโครงข่ายประสาททางชีววิทยามาก ( $10^{-9}$ s เมื่อเทียบกับ $10^{-3}$ s ) แต่อย่างไรก็ตามสมองมนุษย์ก็สามารถทำงานหลาย ๆ งานที่ซับซ้อนพร้อม ๆ กันได้เร็วกว่าคอมพิวเตอร์ เป็นเพราะโครงข่ายประสาททางชีววิทยานั้นมีโครงสร้างที่ขนานกันมาก

สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาททางชีววิทยาและเซลล์ประสาทเทียมได้ดังนี้

1. การประมวลผลต่าง ๆ จะเกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อยที่เรียกว่า ยูนิต หรือ โหนด ซึ่งจำลองมาจากลักษณะการทำงานของตัวเซลล์

2. การส่งสัญญาณต่าง ๆ ระหว่างยูนิตด้วยส่วนที่เชื่อมต่อกัน ซึ่งจำลองมาจากการเชื่อมต่อของเดนไดร์และเอกซอนในระบบประสาทของมนุษย์

3. แต่ละการเชื่อมต่อจะมีค่าน้ำหนักที่แตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับอิทธิพลที่ยูนิตจะได้รับจากยูนิตอื่น ๆ ซึ่งจำลองมาจากไซแนปส์ โดยค่าน้ำหนักที่ได้รับจะทำหน้าที่เสมือนความรู้ที่ถูกรวบรวมไว้ใช้แก้ปัญหาเฉพาะอย่างของมนุษย์

4. ภายในยูนิตมีฟังก์ชันที่ใช้ในการกำหนดสัญญาณด้านออก เรียกว่า ฟังก์ชันถ่ายโอน หรือ ฟังก์ชันกระตุ้น โดยทำหน้าที่เสมือนกระบวนการทำงานภายในตัวเซลล์ประสาท ฟังก์ชันการถ่ายโอนนั้นมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ Hard limit functions , Linear function และ Sigmoid function ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชันซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) เนื่องจากเป็นฟังก์ชันที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะง่ายในการคำนวณเชิงคณิตศาสตร์ โดยจะให้ค่าเอาท์พุทที่เป็นค่าต่อเนื่องมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และเป็นฟังก์ชันที่หาค่าอนุพันธ์ได้ [24] แสดงดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2** ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม [21]

| ลำดับ | เซลล์ประสาท | เซลล์ประสาทเทียม |
|---|---|---|
| *1* | ตัวเซลล์ (Cell Body) | ยูนิต (Unit) |
| *2* | เดนไดรต์ (Dendrites) | ตัวแปรอินพุต (Input) |
| *3* | แอกซอน (Axon) | ตัวแปรเอาท์พุต (Output) |
| *4* | ไซแนปส์ (Synapse) | ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) |

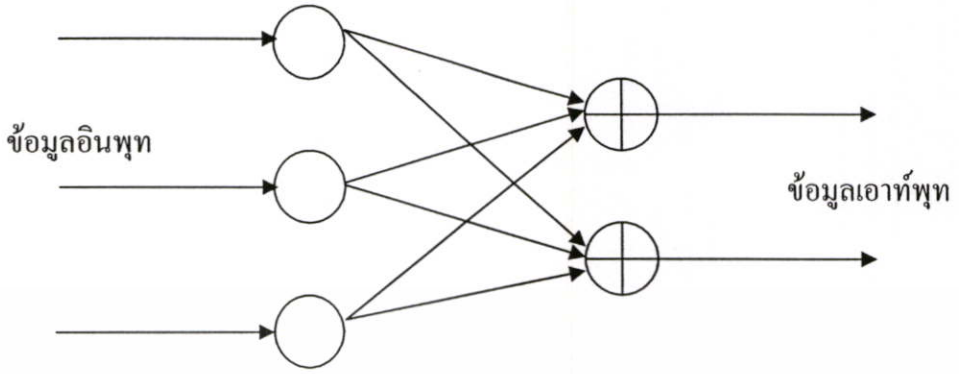
**2.1.2.3 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks Architecture)**

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเซลล์ประสาทเทียมหรือโหนดจำนวนมากที่เชื่อมต่อกัน ซึ่งการเชื่อมต่อจะแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยเรียกว่า ชั้น (Layer) ในชั้นแรกจะเป็นชั้นนำข้อมูลเข้าเรียกว่าชั้นอินพุท (Input Layer) ส่วนชั้นสุดท้ายเรียกว่าชั้นเอาท์พุท (Output Layer) และชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นอินพุทและชั้นเอาท์พุท เรียกว่า ชั้นฮิดเดน (Hidden Layer) ซึ่งชั้นฮิดเดนจะมีมากกว่า 1 ชั้นก็ได้ จึงสามารถแบ่งประเภทโครงข่ายประสาทเทียมตามจำนวนชั้นของโครงข่ายแบบกว้าง ๆ ได้ 2 แบบคือ โครงข่ายแบบชั้นเดียว (Single Layer) และโครงข่ายแบบหลายชั้น (Multi Layer) การนับชั้นของโครงข่ายจะนับเฉพาะชั้นที่มีการประมวลผลเท่านั้น หรืออาจกล่าวได้ว่าจำนวนชั้นของโครงข่ายประสาทเทียมคือ จำนวนชั้นฮิดเดนรวมกับจำนวนชั้นเอาท์พุท[18]

<u>โครงข่ายแบบชั้นเดียว</u>

เป็นโครงข่ายประสาทเทียมอย่างง่ายที่มีเพียงชั้นอินพุทและชั้นเอาท์พุทเท่านั้น โหนดในชั้นอินพุทจะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลอินพุท (Input Value) แล้วส่งข้อมูลอินพุทผ่านเส้นเชื่อมโยงต่าง ๆ ไปให้โหนดในชั้นเอาท์พุท ความเข้มของสัญญาณหรือปริมาณข้อมูลที่นำเข้าสู่โหนดในชั้นเอาท์พุทจะขึ้นอยู่กับค่าน้ำหนักที่อยู่บนเส้นเชื่อมโยง โหนดในชั้นเอาท์พุทจะนำข้อมูลที่ได้รับมาทำการคำนวณโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า ทรานเฟอร์ฟังก์ชัน ที่เหมาะสมกับปัญหาแล้วส่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นข้อมูลเอาท์พุท ตัวอย่างโครงข่ายแบบชั้นเดียวเช่น เพอเซบตรอนอย่างง่าย (Simple Perceptron) โครงข่ายโฮบฟิลด์ (Hopfield Network) เป็นต้น ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายแบบชั้นเดียวแสดงดังรูปที่ 2.3

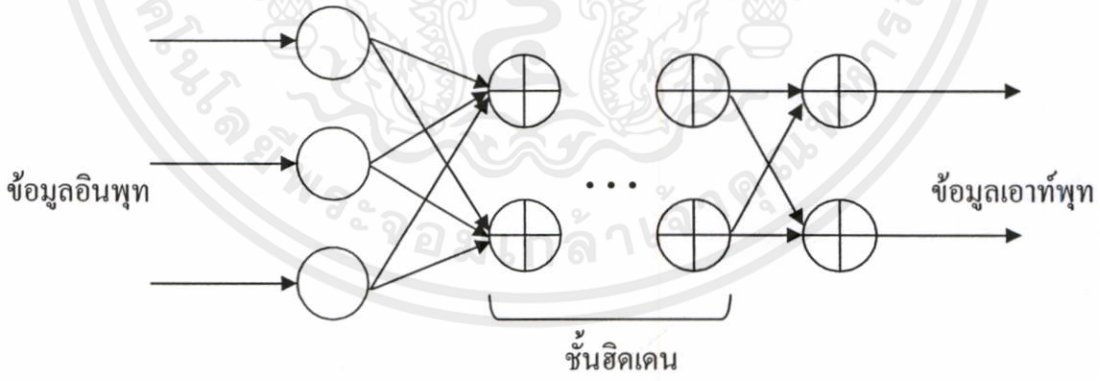
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.3** แสดงลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายแบบชั้นเดียว

**โครงข่ายแบบหลายชั้น**

เป็นโครงข่ายที่มีชั้นฮิดเดนตั้งแต่ 1 ชั้นขึ้นไป โครงข่ายแบบหลายชั้นจะใช้ในกรณีที่มีปัญหาที่ซับซ้อนสูงซึ่งโครงข่ายแบบชั้นเดียวไม่เพียงพอในการแก้ปัญหา จึงเพิ่มจำนวนของโหนดที่มีการคำนวณหรือชั้นฮิดเดนให้กับโครงข่าย ตัวอย่างโครงข่ายแบบหลายชั้น เช่น การแพร่แบบย้อนกลับ (Backpropagation) เซลลฟ์ออร์แกไนซิ่งแมปซ์ (Self Organizing Maps) เคาน์เตอร์พรอพะเกชัน (Counterpropagation) เป็นต้น ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายแบบหลายชั้นแสดงดังรูปที่ 2.4




**รูปที่ 2.4** แสดงลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายแบบหลายชั้น

**2.1.2.4 ประเภทของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม**

1. การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ข้อมูลจะต้องประกอบด้วยตัวอย่างข้อมูลที่ต้องการสอนและผลลัพธ์ที่ต้องการให้โครงข่ายสร้าง เมื่อมีการนำข้อมูลในลักษณะเดียวกันมาเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสาร ... ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ...

ข้อมูลอินพุทขณะสอนโครงข่ายชนิดนี้จะกำหนดค่าผลลัพธ์เป้าหมายให้กับข้อมูลอินพุทแต่ละตัว โครงข่ายจะนำค่าผิดพลาดระหว่างค่าเป้าหมายกับค่าผลลัพธ์ที่ได้มาใช้ในการปรับค่าน้ำหนัก เพื่อให้ค่าผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับเป้าหมายมากที่สุด ตัวอย่างแบบจำลองนี้ได้แก่ การแพร่แบบย้อนกลับ (Backpropagation) อะดาไลน์ (Adaline) และเพอเซบตรอน (Perceptron) เป็นต้น

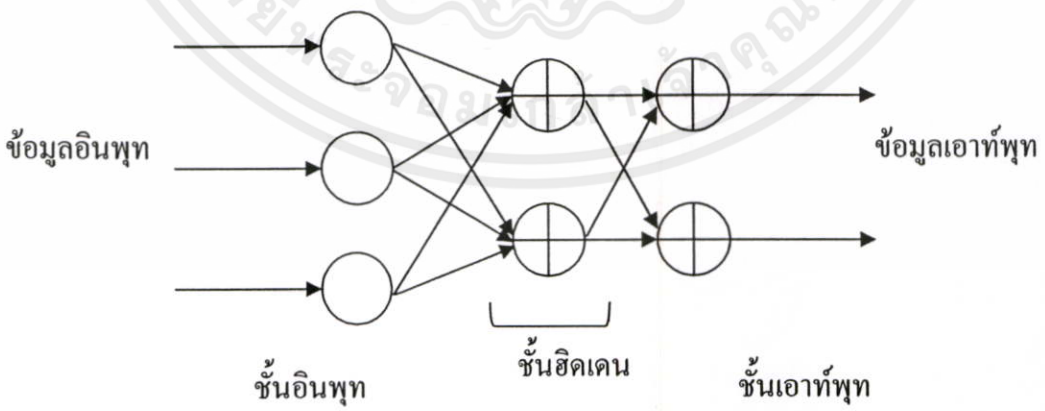
2. การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) จะสอนโครงข่ายโดยการป้อนข้อมูลอินพุทอย่างต่อเนื่องเพียงอย่างเดียว ไม่มีการส่งค่าผลลัพธ์เป้าหมายให้กับข้อมูลอินพุทแต่ละตัว การปรับน้ำหนักใช้ข้อมูลที่นำมาสอนเป็นตัวปรับค่า โดยค่าน้ำหนักจะปรับตามกลุ่มที่ข้อมูลเข้ามีตัวแบบคล้าย ๆ กัน ตัวอย่างแบบจำลองนี้ ได้แก่ เคาน์เตอร์พรอพะเกชัน (Counterpropagation : CPN) แบบจำลองอะแดปทีฟรีโซแนนซ์เทียรี่ (Adaptive Resonance Theory Neural Networks : ART) เป็นต้น [15]

**<u>โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks)</u>**

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ เป็นตัวแบบโครงข่ายที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสามารถแก้ปัญหาในลักษณะเชิงเส้น (Linear) และไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) ได้

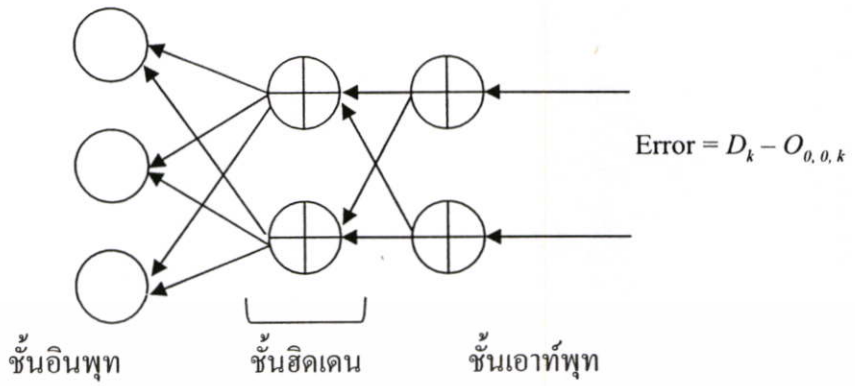
โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับมีลักษณะสำคัญดังนี้

1. เป็นโครงข่ายแบบหลายชั้น (Multi Layer)
2. การเชื่อมโยงในแต่ละชั้นเป็นแบบต่อถึงกันหมด (Fully Connected)
3. เป็นโครงข่ายที่ส่งสัญญาณไปข้างหน้า (Feedforward Networks) แสดงดังรูปที่ 2.5
4. มีการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ เพื่อปรับน้ำหนักบนเส้นเชื่อมโยงระหว่างโหนด แสดงดังรูปที่ 2.6




**รูปที่ 2.5** แสดงโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.6** แสดงโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของโครงข่าย

| | | |
|---|---|---|
| $I_{i,0,0}$ | = | ข้อมูลอินพุทของโหนดที่ i ในชั้นอินพุท |
| $I_{0,j,0}$ | = | ข้อมูลอินพุทของโหนดที่ j ในชั้นฮิดเดน |
| $I_{0,0,k}$ | = | ข้อมูลอินพุทของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุท |
| $O_{i,0,0}$ | = | ข้อมูลเอาท์พุทของโหนดที่ i ในชั้นอินพุท |
| $O_{0,j,0}$ | = | ข้อมูลเอาท์พุทของโหนดที่ j ในชั้นฮิดเดน |
| $O_{0,0,k}$ | = | ข้อมูลเอาท์พุทของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุท |
| $D_k$ | = | ข้อมูลจริงหรือค่าเป้าหมายของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุท |
| $\alpha$ | = | ค่าโมเมนตัม |
| $\eta$ | = | อัตราการเรียนรู้ |
| $w_{i,j}$ | = | ค่าน้ำหนักบนเส้นเชื่อมโยงจากโหนดที่ i ไปยังโหนดที่ j |
| $w_{j,k}$ | = | ค่าน้ำหนักบนเส้นเชื่อมโยงจากโหนดที่ j ไปยังโหนดที่ k |
| $\Delta w_{i,j}$ | = | ค่าปรับน้ำหนักบนเส้นเชื่อมโยงจากโหนดที่ i ไปยังโหนดที่ j |
| $\Delta w_{j,k}$ | = | ค่าปรับน้ำหนักบนเส้นเชื่อมโยงจากโหนดที่ j ไปยังโหนดที่ k |
| $e_j$ | = | ค่าความคลาดเคลื่อนของโหนดที่ j ในชั้นฮิดเดน |
| $e_k$ | = | ค่าความคลาดเคลื่อนของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุท |
| $i,j,k$ | = | ตัวโหนดในชั้นอินพุท ชั้นฮิดเดน ชั้นเอาท์พุท ตามลำดับ |
| $n,m,q$ | = | จำนวนโหนดในชั้นอินพุท ชั้นฮิดเดน ชั้นเอาท์พุท ตามลำดับ |
| Epoch | = | จำนวนรอบในการทำซ้ำ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการพยากรณ์โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม แบ่งออกเป็น 16 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้[13]

1. กำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม ได้แก่ จำนวนโหนดในชั้นอินพุท ชั้นฮิดเดน ชั้นเอาท์พุท จำนวนชั้นฮิดเดน และประเภทของทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน

2. แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม ข้อมูลกลุ่มที่ 1 ใช้สำหรับฝึกสอนโครงข่ายและข้อมูลกลุ่มที่ 2 ใช้เพื่อยืนยันความถูกต้อง (Validation) ของโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้รับการฝึกสอนว่าสามารถแสดงถึงลักษณะการเคลื่อนไหวของสมการถดถอยได้ตามสภาพจริง ซึ่งช่วยเพิ่มความมั่นใจในการนำโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ไปใช้ในการพยากรณ์

3. แปลงค่าของตัวแปรให้อยู่ในสเกลเดียวกัน ทั้งในส่วนของตัวแปรอินพุทและตัวแปรเอาท์พุทให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยใช้สมการ

$$x_i' = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}} \tag{2.21}$$

เมื่อ $x_{\max}$ คือ ค่าที่คาดว่าน่าจะเป็นค่าสูงสุดของข้อมูล

$x_{\min}$ คือ ค่าที่คาดว่าน่าจะเป็นค่าต่ำสุดของข้อมูล

4. กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับเส้นเชื่อมโยงระหว่างโหนด โดยการสุ่มหรือการกำหนดขึ้นเองให้มีค่าอยู่ระหว่าง –1 ถึง 1

5. ป้อนข้อมูลที่แปลงค่าแล้วเข้าสู่อินพุทโหนด

6. ส่งข้อมูลจากโหนดอินพุทไปยังโหนดในชั้นฮิดเดน โดยไม่ผ่านขั้นตอนการคำนวณใด ๆ

7. คำนวณผลรวมของสัญญาณอินพุทของแต่ละโหนดในชั้นฮิดเดน ได้จากการคำนวณ

$$I_{0,j,0} = \sum_{i=1}^{n} O_{i,0,0} w_{i,j} \tag{2.22}$$

เมื่อ $I_{0,j,0}$ คือ ข้อมูลอินพุทของโหนดที่ j ในชั้นฮิดเดน

$O_{i,0,0}$ คือ ข้อมูลเอาท์พุทของโหนดที่ i ในชั้นอินพุท

$w_{i,j}$ คือ ค่าน้ำหนักบนเส้นเชื่อมโยงจากโหนดที่ i ไปยังโหนดที่ j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. คำนวณค่าเอาท์พุทของโหนดที่ j ในชั้นฮิดเดนโดยใช้ ทรานสเฟอร์ฟังก์ชันโดยทั่วไปนิยมใช้ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) คำนวณจากสมการ

$$O_{0,j,0} = \frac{1}{1+e^{-I_{0,j,0}}} \tag{2.23}$$

เมื่อ $O_{0,j,0}$ คือ ข้อมูลเอาท์พุทของโหนดที่ j ในชั้นฮิดเดน

9. คำนวณผลรวมสัญญาณอินพุทของแต่ละโหนดในชั้นเอาท์พุท จากสมการ

$$I_{0,0,k} = \sum_{j=1}^{m} O_{0,j,0} w_{j,k} \tag{2.24}$$

เมื่อ $I_{0,0,k}$ คือ ข้อมูลอินพุทของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุท

$O_{0,j,0}$ คือ ข้อมูลเอาท์พุทของโหนดที่ j ในชั้นฮิดเดน

$w_{j,k}$ คือ ค่าน้ำหนักบนเส้นเชื่อมโยงจากโหนดที่ j ไปยังโหนดที่ k

10. คำนวณค่าเอาท์พุทของโหนด k ในชั้นเอาท์พุทโดยใช้ซิกมอยด์ฟังก์ชัน คำนวณได้จากสมการ

$$O_{0,0,k} = \frac{1}{1+e^{-I_{0,0,k}}} \tag{2.25}$$

เมื่อ $O_{0,0,k}$ คือ ข้อมูลเอาท์พุทของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุท

11. คำนวณความคลาดเคลื่อนโดยการนำค่าเอาท์พุทของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุทมาเปรียบเทียบค่าเป้าหมาย ซึ่งหาได้จากสมการ

$$e_k = D_k - O_{0,0,k} \tag{2.26}$$

เมื่อ $D_k$ คือ ข้อมูลจริงหรือค่าเป้าหมายของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุท

12. ปรับค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อมโยงโดยการแพร่แบบย้อนกลับของค่าความคลาดเคลื่อน (Backpropagation Error to Adjust Weights) สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอน ซึ่งการปรับค่าน้ำหนักบนเส้นเชื่อมโยง มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ค่าผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน (SSE) ของชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนมีค่าต่ำสุด มีรายละเอียดดังนี้

$$I_{0,0,k} = \sum w_{j,k} O_{0,j,0} \tag{2.27}$$

$$O_{0,0,k} = \frac{1}{1+e^{-I_{0,0,k}}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $I_{0,0,k}$ คือ ข้อมูลอินพุทของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุท

$O_{0,j,0}$ คือ ข้อมูลเอาท์พุทของโหนดที่ j ในชั้นฮิดเดน

$O_{0,0,k}$ คือ ข้อมูลเอาท์พุทของโหนดที่ k ในชั้นฮิดเดน

$w_{j,k}$ คือ ค่าน้ำหนักบนเส้นเชื่อมโยงจากโหนดที่ j ไปยังโหนดที่ k

การหาอนุพันธ์ของการแพร่แบบย้อนกลับใช้กฎลูกโซ่ (Chain Rule) มีตัวแบบดังนี้

$$\delta_{jk} = \frac{\partial SSE}{\partial w_{jk}} \left( \frac{\partial SSE}{\partial O_{0,0,k}} \right) \left( \frac{\partial O_{0,0,k}}{\partial I_{0,0,k}} \right) \left( \frac{\partial I_{0,0,k}}{\partial w_{jk}} \right)$$

จาก $e_k = D_k - O_{0,0,k}$

เมื่อ $D_k$ คือ ข้อมูลจริงหรือค่าเป้าหมายของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุท

$O_{0,0,k}$ คือ ข้อมูลเอาท์พุทของโหนดที่ k ในชั้นเอาท์พุท

และ $SSE = \sum (D_k - O_{0,0,k})^2$

ดังนั้น $\left( \frac{\partial SSE}{\partial O_{0,0,k}} \right) = -2 \sum \left( D_k - O_{0,0,k} \right)$

จาก $O_{0,0,k} = \frac{1}{1+e^{-I_{0,0,k}}}$

ดังนั้น $\left( \frac{\partial O_{0,0,k}}{\partial I_{0,0,k}} \right) = O_{0,0,k} \left( 1 - O_{0,0,k} \right)$

จาก $I_{0,0,k} = \sum w_{j,k} O_{0,j,0}$

ดังนั้น $\left( \frac{\partial I_{0,0,k}}{\partial w_{j,k}} \right) = O_{0,j,0}$

จากสมการ $\delta_{jk} = \frac{\partial SSE}{\partial w_{jk}} \left( \frac{\partial SSE}{\partial O_{0,0,k}} \right) \left( \frac{\partial O_{0,0,k}}{\partial I_{0,0,k}} \right) \left( \frac{\partial I_{0,0,k}}{\partial w_{jk}} \right)$

สามารถเขียนรูปสมการใหม่

$$\delta_{jk} = 2 e_k O_{0,0,k} \left( 1 - O_{0,0,k} \right) O_{0,j,0} \tag{2.28}$$

จากสมการข้างต้น จะได้สมการที่ใช้ปรับค่าน้ำหนักคือ

$$\Delta w_{jk}^{(new)} = \eta \delta_{jk} O_{0,0,k} + \alpha \Delta w_{jk}^{(old)} \tag{2.29}$$

และ $$w_{jk}^{(new)} = w_{jk}^{(old)} + \Delta w_{jk}^{(new)} \tag{2.30}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\alpha$ คือ ค่าโมเมนตัม เป็นค่าคงที่ที่ใช้ในการปรับค่าน้ำหนัก มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โมเมนตัมจะแสดงถึงสัดส่วนของน้ำหนักครั้งก่อนที่นำมาใช้ในการปรับน้ำหนักครั้งปัจจุบัน

$\eta$ คือ อัตราการเรียนรู้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

สำหรับการปรับน้ำหนักบนเส้นเชื่อมโยงระหว่างชั้นอินพุทกับชั้นฮิดเดน ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเอาท์พุทในชั้นฮิดเดน จะหาได้จากความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนในชั้นเอาท์พุท แสดงดังสมการ

$$e_j = \sum w_{jk} e_k \tag{2.31}$$

เมื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของเอาท์พุทในชั้นฮิดเดนได้แล้ว จะสามารถหาค่าปรับน้ำหนักและคำนวณค่าน้ำหนักใหม่ได้จากสมการ

$$\delta_{ij} = 2e_j O_{0,j,0}(1-O_{0,j,0})O_{0,j,0} \tag{2.32}$$

สมการที่ใช้ในการปรับค่าน้ำหนักคือ

$$\Delta w_{ij}^{(new)} = \eta \delta_{ij} O_{0,j,0} + \alpha \Delta w_{ij}^{(old)} \tag{2.33}$$

และ

$$w_{ij}^{(new)} = w_{ij}^{(old)} + \Delta w_{ij}^{(new)} \tag{2.34}$$

13. ทำซ้ำในขั้นที่ 5 ถึง 12 จนกว่าข้อมูลจะถูกป้อนเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมจนหมด ซึ่งจะเรียกการคำนวณที่ใช้ข้อมูลทั้งหมดจนครบว่า Epoch

14. คำนวณค่า RMS ของแต่ละรอบจากสมการ

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{nt} e_i^2}{nt}} \tag{2.35}$$

RMS คือ ค่าประมาณของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Root Mean Square Error)

$e_i$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์กับค่าจริงในแต่ละรอบการสอน

$nt$ คือ จำนวนความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการสอน

หากค่า RMS มีค่าต่ำที่สุดหรืออยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จะดำเนินการต่อในขั้นที่ 15 แต่ถ้า RMS มากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (Terminate Criteria) ให้ย้อนกลับไปทำขั้นตอนที่ 5 ถึง 14 ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. ตรวจสอบความถูกต้องของโครงข่ายประสาทเทียม โดยการนำค่าน้ำหนักที่ได้จากการฝึกโครงข่ายมาใช้ในการสร้างค่าพยากรณ์ข้อมูลกลุ่มที่ 2 แล้วทำการเปรียบเทียบค่า RMS ที่ได้จากข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนกับค่า RMS ที่ได้จากข้อมูลกลุ่มที่ 2 หากมีค่าแตกต่างกันมาก ทำการแก้ไขโดย

- ทดลองตั้งค่าน้ำหนักเริ่มต้นใหม่
- ออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมใหม่
- ทดลองเปลี่ยนวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์

16. นำโครงข่ายที่ได้ไปหาค่าพยากรณ์ต่อไป

**2.1.2.5 ค่าประมาณความถูกต้อง (estimated accuracy)** เป็นเปอร์เซ็นต์วัดความถูกต้องของการพยากรณ์ โดยคำนวณจากความแตกต่างระหว่างค่าพยากรณ์และค่าจริง ของข้อมูลกลุ่มที่ใช้สำหรับฝึกสอนโครงข่าย

$$\text{estimated accuracy} = \left[ 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^{nt} \left| \frac{\hat{Y}_i - Y_i}{MAX\hat{Y}_i - MIN\hat{Y}_i} \right|}{nt} \right] \times 100$$

$Y_i$ คือ ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง

$\hat{Y}_i$ คือ ค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง

$nt$ คือ จำนวนความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการสอน

**2.1.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์**

ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i^2}{n} \tag{2.36}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทศพร รอดทอง (2546) [6]ได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางเศรษฐมิติ อุปสงค์การนำเข้าและอุปทานการส่งออกสับปะรดกระป๋องของไทย และพยากรณ์ปริมาณการนำเข้าสับปะรดกระป๋องจากประเทศไทยในประเทศผู้นำเข้าสำคัญ คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศเยอรมันนีในตัวแบบระบบสมการเกี่ยวเนื่อง พยากรณ์โดยใช้วิธีซิมูเลชั่น พบว่าปัจจัยที่มีผลต่ออุปทานการส่งออกสับปะรดกระป๋องจากประเทศไทยไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา คือ ราคาส่งออกของไทยไปประเทศสหรัฐอเมริกา ปริมาณการผลิตสับปะรดสับปะรดสดของประเทศไทย ราคาสับปะรดสดภายในประเทศไทย และปริมาณการบริโภคสับปะรดสดภายในประเทศไทย ส่วนในประเทศเยอรมันนี คือ ปริมาณการผลิตสับปะรดสดของประเทศไทยและปริมาณการบริโภคสับปะรดสดภายในประเทศไทย และผลการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้าสับปะรดจากประเทศไทยของประเทศสหรัฐอเมริกา เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 7.29 ต่อปี และการพยากรณ์ปริมาณการนำเข้าสับปะรดกระป๋องจากประเทศไทยของประเทศเยอรมันนีเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 5.98

มณีรัตน์ พรสวัสดิ์(2546) [16] ได้ทำการศึกษาตลาดการส่งออกสับปะรดกระป๋องที่สำคัญของไทยประกอบด้วยประเทศสหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ เยอรมนีและญี่ปุ่น และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่ออุปสงค์การส่งออกสับปะรดกระป๋องของไทยไปยังประเทศผู้นำเข้าสำคัญ พบว่าราคาส่งออกสับปะรดกระป๋องของไทย เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออุปสงค์การส่งออกของไทยไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ เยอรมนีและญี่ปุ่น ราคานำเข้าสับปะรดกระป๋องจากประเทศฟิลิปปินส์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออุปสงค์การส่งออกของไทยไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา รายได้ต่อหัวของกระเทศผู้นำเข้าเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออุปสงค์การส่งออกของไทยไปยังประเทศเนเธอร์แลนด์ ญี่ปุ่นและเยอรมนี และพบว่าตลาดประเทศญี่ปุ่นมีความยืดหยุ่นต่อราคาส่งออกสับปะรดกระป๋องของไทยสูงกว่าตลาดอื่นๆ

พัชรี สำราญพิศ (2548) [14] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกและการผลิตสับปะรดกระป๋อง โดยใช้วิธีการพยากรณ์เชิงสถิติ 5 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย การแยกส่วนประกอบ การปรับให้เรียบ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุ ใช้วิธีการเลือกตัวแปรอิสระ 5 วิธี คือ วิธี Enter Remove Forward Backward และ Stepwise โดยข้อมูลที่นำมาศึกษาจะเป็นรายเดือน ตั้งแต่ พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2544 ประกอบด้วย ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง ปริมาณการผลิตสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง ราคาขายส่งสับปะรดส่งโรงงานที่เกษตรกรรับได้ อัตราเงินเฟ้อ และอัตราดอกเบี้ย และข้อมูลรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 ถึง พ.ศ. 2544 ประด้วยปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง ปริมาณการผลิตสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง ราคาสับประรดส่งโรงงานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงงานเกษตรกรได้รับ เนื้อที่เพาะปลูก และต้นทุนการผลิตสับปะรดเฉลี่ย ใช้ค่าต่ำสุดของ MSE ในการดูความเหมาะสมของตัวแบบ ผลการศึกษาพบว่า วิธีบอกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ทั้งสองปริมาณ เมื่อช่วงเวลาการพยากรณ์เป็น 1 เดือน 6 เดือน และ 24 เดือน วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณการส่งออก วิธีบ๊อกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณการผลิตสับปะรด เมื่อช่วงเวลาการพยากรณ์ 1 ปี การวิเคราะห์การถดถอยพหุ วิธี Enter Remove และ Backward เป็นวิธีการเลือกตัวอิสระที่เหมาะสม ในช่วงการพยากรณ์ 1 เดือนและ 24 เดือน ส่วนวิธี Stepwise และ Forward เป็นวิธีเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในช่วงเวลา 6 เดือนของปริมาณการส่งออก ส่วนการพยากรณ์รายปีสามารถใช้วิธีการเลือกตัวแปรอิสระได้ทั้ง 5 วิธี

พรทิพย์ ฉัตรชัยพันธ์ (2548) [13] ได้ทำการศึกษาหาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ราคายางแผ่นดิบและราคายางแผ่นสด โดยใช้วิธีการพยากรณ์ 3 วิธี คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ค่าสถิติวัดความถูกต้องที่ใช้คือ รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง(RMSE) และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MAPE) รวมทั้งใช้การตรวจสอบความเอนเอียงเป็นเกณฑ์ร่วมด้วย ผลการศึกษาพบว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น3 ส่วนราคายางแผ่นดิบและราคาน้ำยางสดวิธีที่เหมาะสมคือโครงข่ายประสาทเทียม และเมื่อนำอนุกรมเวลาอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนเทียบกับเงินบาทไทยร่วมพิจารณาพบว่าวิธีที่เหมาะสมคือ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม

โอพาร ธรรมานนท์(2548) [24] ได้ทำการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดระยะยาวของระบบ กฟผ. โดยใช้วิธีการพยากรณ์ 3 วิธี คือ วิธี Holt's linear วิธีการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ผลการศึกษาพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมให้ค่าพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูงที่สุด

เอกชัย เชื้อนุ่น (2549) [23] ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยทางเศรษฐกิจที่กำหนดเวลาและปริมาณการส่งออกยางพาราของประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบสมการเกี่ยวเนื่องแบบดุลยภาพและไม่ดุลยภาพ ข้อมูลที่นำมาศึกษาประกอบด้วย ปริมาณการส่งออกยางธรรมชาติของไทย ราคาซื้อขายยางแผ่นรมควันชั้น 3 ที่ส่งออกที่กรุงเทพฯ โตเกียว และสิงคโปร์ ปริมาณการผลิตยางธรรมชาติของไทย ปริมาณการใช้ยางธรรมชาติของไทย อัตราการแลกเปลี่ยนเงินดอลล่าร์สหรัฐ และอัตราการใช้กำลังการผลิตอุตสาหกรรมยางของไทย เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 ถึงพ.ศ.2548 ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบไม่ดุลยภาพมีความเหมาะสม ในการกำหนดราคาและปริมาณการส่งออกยางพาราของไทย และปัจจัยที่กำหนดราคาการส่งออกยางพาราของไทย คือ ราคาซื้อขายยางแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รมควันชั้น 3 ที่ตลาดกรุงเทพ ณ ช่วงเวลาก่อนหน้า ปัจจัยที่กำหนดการส่งออกยางพาราของไทย คือ อัตราการใช้กำลังการผลิตอุตสาหกรรมยางของไทย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

## 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิรายเดือนจำนวน 120 เดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2550 ซึ่งเก็บรวบรวมจาก 2 แหล่ง คือ

3.1.1 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้แก่ ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง ราคาสับปะรดสดที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา ราคาสับปะรดโรงงานที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา ปริมาณการส่งออกน้ำสับปะรด ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง ปริมาณผลผลิตสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง ปริมาณผลผลิตสับปะรดโรงงานจากการเก็บเกี่ยว ราคาส่งออกน้ำสับปะรด ทั้งหมด 10 ตัวแปร

3.1.2 ธนาคารแห่งประเทศไทย ได้แก่ อัตราแลกเปลี่ยนเงินดอลลาร์เทียบกับเงินบาทไทย ดัชนีราคาผู้บริโภค อัตราเงินเฟ้อ ดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง อัตราการใช้กำลังการผลิตสับปะรดกระป๋อง ราคาขายปลีกน้ำตาล ดัชนีราคาสินค้าเกษตรที่เกษตรกรขายได้ ทั้งหมด 7 ตัวแปร

## 3.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 17 ตัว โดยผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมและคัดเลือกจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการส่งออกสับปะรดกระป๋อง [3,21,6] และผู้วิจัยยังเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับน้ำสับปะรดและสับปะรดแช่แข็ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดใช้สับปะรดเป็นวัตถุดิบในการผลิตเช่นกัน โดยกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปรต่างๆดังนี้

$Y$ คือ ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง (ตัน)

$X_1$ คือ ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง (บาท/ตัน)

$X_2$ คือ ราคาสับปะรดสดที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา (บาท/กิโลกรัม)

$X_3$ คือ อัตราแลกเปลี่ยนดอลลาร์เทียบกับเงินบาทไทย (บาท/ดอลลาร์)

$X_4$ คือ ปริมาณผลผลิตสับปะรดโรงงานจากการเก็บเกี่ยว (ตัน)

$X_5$ คือ ดัชนีราคาผู้บริโภค (%)

$X_6$ คือ ราคาสับปะรดโรงงานที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา (บาท/กิโลกรัม)

$X_7$ คือ ปริมาณการส่งออกน้ำสับปะรด (ตัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$X_8$ คือ ราคาส่งออกน้ำสับปะรด (บาท/ตัน)

$X_9$ คือ ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง (ตัน)

$X_{10}$ คือ ราคาส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง (บาท/ตัน)

$X_{11}$ คือ ดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง (%)

$X_{12}$ คือ อัตราการใช้กำลังการผลิตสับปะรดกระป๋อง (%)

$X_{13}$ คือ ราคาขายปลีกน้ำตาล (บาท/กิโลกรัม)

$X_{14}$ คือ ปริมาณผลผลิตสับปะรดกระป๋อง (ตัน)

$X_{15}$ คือ ดัชนีราคาสินค้าเกษตรที่เกษตรกรขายได้(%)

$X_{16}$ คือ อัตราเงินเฟ้อ (%)

## 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.3.1 วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ

ใช้โปรแกรม Statistical Package for Social Science (SPSS) เวอร์ชัน 11.5 ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงตรงแบบพหุ โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงธันวาคม พ.ศ.2549 จำนวน 108 เดือน แต่มีข้อมูลผิดปกติ 2 ตัวจึงตัดทิ้งเหลือเพียง 106 เดือนเพื่อใช้ในการสร้างสมการถดถอยและชุดที่ 2 ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ.2550 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2550 จำนวน 12 เดือน เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของสมการการถดถอย

2. ตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X$ ทั้ง 16 ตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงหรือไม่ โดยเริ่มต้นจากพิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X$ ทีละตัว ถ้าไม่เป็นเชิงเส้นตรงให้ทำการแปลงตัวแปรอิสระ $X$ ของตัวแบบการถดถอยเป็น $\sqrt{X}, \ln X, \log_{10} X, \frac{1}{X}, e^{-X}, \frac{1}{\sqrt{X}}$ และเลือกรูปแบบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) น้อยที่สุด

3. การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยใช้วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise regression procedure)

4. การตรวจสอบข้อสมมติของความคลาดเคลื่อน

5. การวัดประสิทธิภาพของสมการถดถอยโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Multiple Coefficient of Determination: $R^2$)

6. นำตัวแบบที่ได้มาทำการพยากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.2 วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ**

ใช้โปรแกรม CLEMENTINE เวอร์ชัน 12.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโครงข่ายประสาทเทียมโดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. แบ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 เพื่อใช้ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2549 ตัดข้อมูลผิดปกติ 2 ค่า คงเหลือจำนวน 106 เดือน และชุดที่ 2 เพื่อใช้ยืนยันความถูกต้องของโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้จากการฝึกสอนเป็นข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ.2550 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2550 จำนวน 12 เดือน

2. กำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม โดยจำนวนโหนดในชั้นอินพุทจะเท่ากับจำนวนตัวแปรอิสระทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ 16 โหนด จำนวนโหนดในชั้นเอาท์พุทเท่ากับ 12 โหนด แต่เนื่องจากการกำหนดจำนวนโหนด ในชั้นฮิดเดนยังไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน โดยทั่วไปจำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนจะได้จากการทดลอง สำหรับการกำหนดจำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนในที่นี้จะใช้กฎของ Baum and Haussle [25] ในการกำหนดจำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนโดยสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$N_{hidden} \le N_{h\max} = \frac{N_{set} \times N_{input}}{N_{input} + N_{output}} \qquad (3.1)$$

โดย

$N_{hidden}$ = จำนวนโหนดในชั้นฮิดเดน

$N_{h\max}$ = จำนวนโหนดมากที่สุดในชั้นฮิดเดน

$N_{output}$ = 12 (จำนวนโหนดในชั้นเอาท์พุท)

$N_{input}$ = 16 (จำนวนโหนดในชั้นอินพุท)

$N_{set}$ = 106 (จำนวนข้อมูลในการฝึกสอน)

ดังนั้น

$$N_{hidden} \le N_{h\max} = \frac{106 \times 16}{16 + 12}$$

$$N_{h\max} = 60.57 \approx 61$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจำนวนโหนดมากที่สุดในชั้นฮิดเดนจะมีจำนวนโหนดประมาณ 61 โหนด ในงานวิจัยนี้จะกำหนดจำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนโดยแบ่งเป็นช่วงละ 5 จะกำหนดจำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนเป็นดังนี้ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60

3. ทำการแปลงค่าข้อมูลอินพุทให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 จากสมการ (2.20) และกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้กับเส้นเชื่อมโยงระหว่างโหนดให้มีค่าอยู่ในช่วง (-1,1) ค่าอัตราการเรียนรู้จะมีผลต่อความเร็วในการปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าถ่วงน้ำหนักแต่ละค่าในแต่ละรอบของการคำนวณ ถ้ากำหนดค่าอัตราการเรียนรู้สูงจะทำให้เวลาในการเรียนรู้เร็วขึ้นแต่ก็อาจข้ามค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมไป โดยทั่วไปจะกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ต่ำ ๆ ส่วนค่าโมเมนตัมมีผลต่อการลดการสั่นในการปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าถ่วงน้ำหนักในการเข้าสู่ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม โดยทั่วไปจะกำหนดค่าโมเมนตัมที่สูง ๆ[28] ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าอัตรการเรียนรู้ เป็น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และกำหนดค่าโมเมนตัมเป็น 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 สำหรับจำนวนรอบการสอนถ้ากำหนดให้สูงเกินไป ไม่ได้ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ได้มากขึ้น [18] ควรประมาณจำนวนรอบการสอนที่น้อยที่สุดที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาหนึ่งๆที่ทำให้โครงข่ายเกิดการเรียนรู้จำนวนรอบการสอนอาจใช้ตั้งแต่ 20000 ถึง 100000 รอบขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงข่าย [7] ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้กำหนดจำนวนรอบการสอนเท่ากับ 40000 รอบ และทรานสเฟอร์ฟังก์ชันที่ใช้คือ ซิกมอยด์ฟังก์ชันเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ให้ค่าเอาท์พุทที่เป็นค่าต่อเนื่องมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และเป็นฟังก์ชันที่หาค่าอนุพันธ์ได้ [7]

5. นำโครงข่ายที่ดีที่สุดที่มีค่า RMS ต่ำที่สุดจากการฝึกสอนด้วยข้อมูลชุดที่ 1 มาทำการพยากรณ์และยืนยันความถูกต้องของโครงข่ายประสาทเทียมด้วยข้อมูลชุดที่ 2

## 3.4 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) วิธีที่ให้ค่าวัดความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการพยากรณ์มากที่สุด

## 3.5 สรุปผลการวิจัย

ทำการคัดเลือกตัวแบบที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์การส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย โดยเลือกตัวแบบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุดและสรุปผลการวิจัยว่าวิธีการใดเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์การส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัยในบทนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ในส่วนแรกเป็นตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks) และในส่วนที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย

## 4.1 ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์

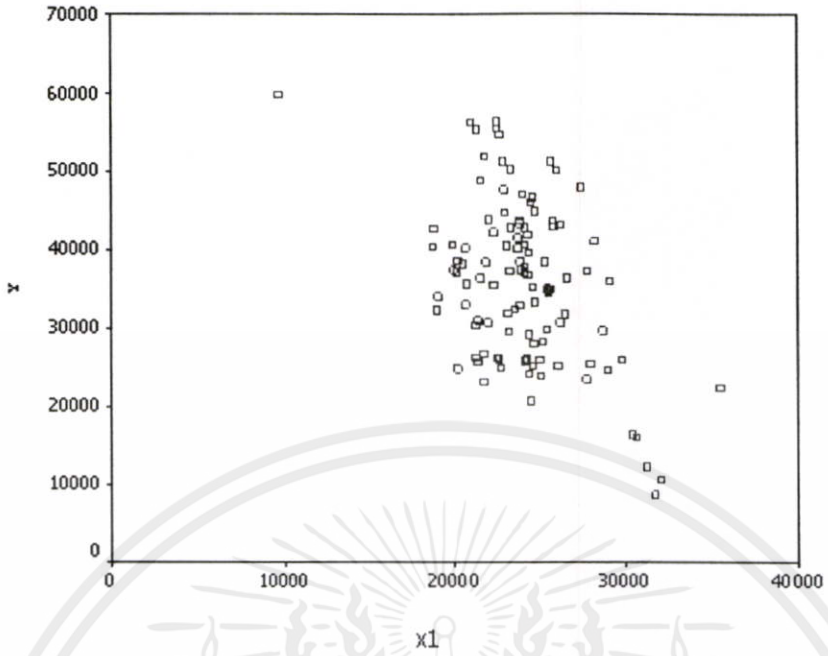
### 4.1.1 วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis)

#### 4.1.1.1 การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X$

การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X$ ทั้ง 16 ตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงหรือไม่ โดยเริ่มต้นจากพิจารณาตัวแบบความสัมพันธ์ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X$ ทีละตัว ในที่นี้จะนำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์สองตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่แปลงและไม่แปลงค่าตัวแปรอิสระ ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

ตัวอย่างการตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_1$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_1$ ดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.1** กราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_1$

จากรูปที่ 4.1 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_1$ ไม่มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง ดังนั้นทำการแปลงตัวแปรอิสระ $X_1$ ของตัวแบบการถดถอย ด้วยฟังก์ชัน Log , inverse , Square root , Power 2 เปรียบเทียบกับเมื่อไม่แปลงตัวแปรอิสระ $X_1$ (Linear) และเลือกใช้ฟังก์ชันการแปลงที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยที่สุด

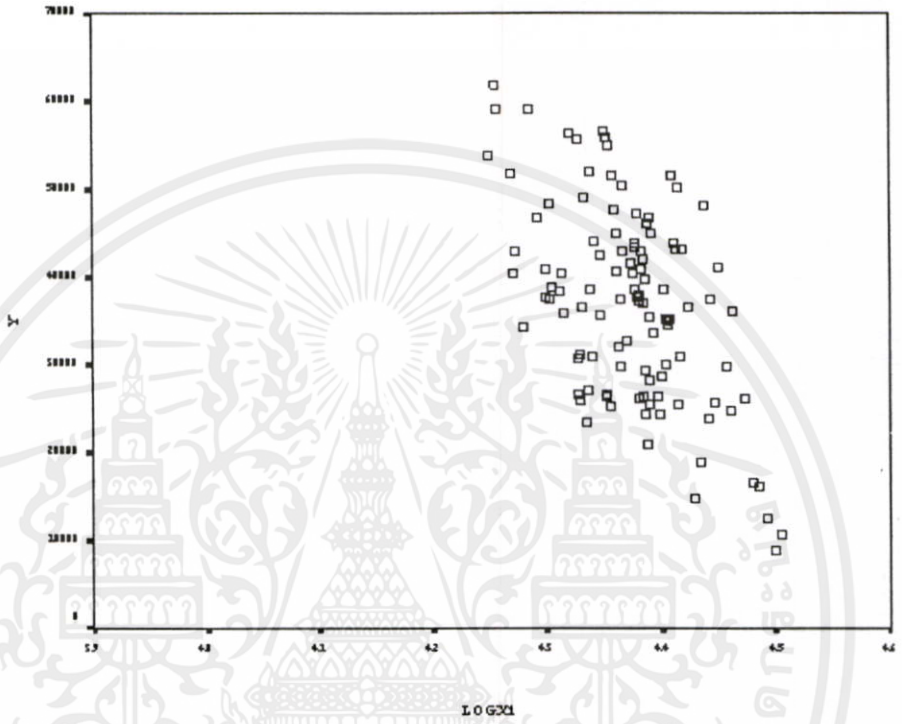
**ตารางที่ 4.1** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_1$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | 0.222 | 9154.114 |
| Log | 0.226 | 9093.001 |
| Inverse | 0.166 | 9478.658 |
| Square root | 0.213 | 9203.650 |
| Power 2 | 0.225 | 9093.613 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 แสดงว่าราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง (บาท/ตัน) $X_1$ จะกำหนดฟังก์ชันเป็น $\text{Log}_{10} X_1$ แทนด้วยสัญลักษณ์ LOG $X_1$ เนื่องจากฟังก์ชัน Log ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 9093 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

เขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ LOG $X_1$ ดังรูปที่ 4.2

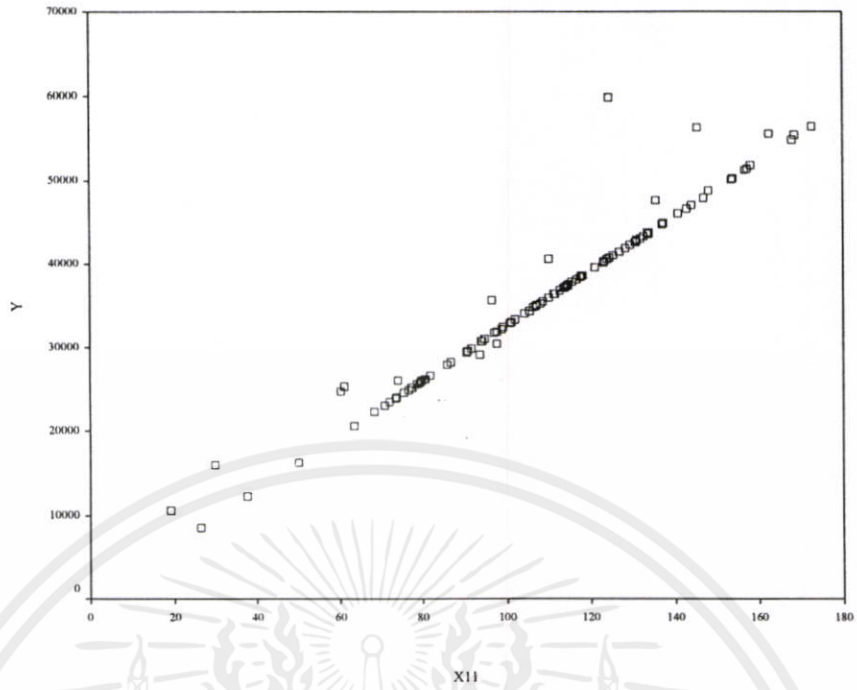



**รูปที่ 4.2** กราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{11}$

จากรูปที่ 4.2 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ LOG $X_1$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่นๆ

ตัวอย่างการตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{11}$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{11}$ ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.3** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{11}$

จากรูปที่ 4.3 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{11}$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

**ตารางที่ 4.2** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{11}$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | 0.948 | 2377.684 |
| Log | 0.837 | 4186.239 |
| Inverse | 0.551 | 6950.339 |

ผลจากตารางที่ 4.2 เป็นการสนับสนุนว่าดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง (%) $X_{11}$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linearให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 2378 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X$ ที่เหลือ 14 ตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงหรือไม่ สามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข เรื่องการแปลงข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X$ ทั้ง 16 ตัวแปรในงานวิจัยนี้พบว่าตัวแปรที่ไม่ได้มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับตัวแปรตามคือ ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง (บาท/ตัน) ($X_1$) ปริมาณผลผลิตสับปะรดโรงงานจากการเก็บเกี่ยว (ตัน) ($X_4$) ปริมาณการส่งออกน้ำสับปะรด (ตัน) ($X_7$) ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง (ตัน) ($X_9$) และได้ทำการแปลงข้อมูลดังนี้

ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง (บาท/ตัน) ($X_1$) จะกำหนดฟังก์ชันเป็น $\text{Log}_{10} X_1$ แทนด้วยสัญลักษณ์ LOG $X_1$

ปริมาณผลผลิตสับปะรดโรงงานจากการเก็บเกี่ยว (ตัน) ($X_4$) จะกำหนดฟังก์ชันเป็น $\text{Log}_{10} X_4$ แทนด้วยสัญลักษณ์ LOG $X_4$

ปริมาณการส่งออกน้ำสับปะรด (ตัน) ($X_7$) จะกำหนดฟังก์ชันเป็น $\text{Log}_{10} X_7$ แทนด้วยสัญลักษณ์ LOG $X_7$

ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง (ตัน) ($X_9$) จะกำหนดฟังก์ชันเป็น $X_9^{-1}$ แทนด้วยสัญลักษณ์ INV $X_9$

**4.1.1.2 การทดสอบว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวแปรอิสระที่สามารถอธิบายตัวแปรตามได้**

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 16 ตัวเพื่อทดสอบว่า มีอย่างน้อยหนึ่งตัวแปรอิสระที่มีส่วนในการอธิบายปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องหรือไม่ดังตารางที่ 4.3 โดยมีสมมติฐานการทดสอบคือ

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \ldots = \beta_{16} = 0$$
$$H_1 : \text{มี } \beta_j \neq 0 \text{ สำหรับ } j = 1, 2, 3, \ldots, 16$$

**ตารางที่ 4.3** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 16 ตัวแปร

| Model | df | Sum of Squares | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Regression | 16 | 11028867597 | 689304225 | 362.29 | 0.000 |
| Residual | 89 | 169332731 | 1902615 | | |
| Total | 105 | 11198200329 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่า p-value (Sig.) = 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีส่วนในการอธิบายปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย

**4.1.1.3 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน**

ผลการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนแสดงดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** การคัดเลือกตัวแบบโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

| Model | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | Collinearity Statistics | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B | Std. Error | Beta | | | Tolerance | VIF |
| (Constant) | 193420.471 | 14243.792 | | 13.579 | .000 | | |
| $X_{11}$ | 320.173 | 5.123 | .970 | 62.501 | .000 | .712 | 1.404 |
| $LOGX_1$ | -45924.133 | 3388.610 | -.289 | -13.552 | .000 | .377 | 2.656 |
| $X_8$ | .161 | .026 | .126 | 6.102 | .000 | .401 | 2.495 |
| $INVX_9$ | 1066061.979 | 179225.593 | .099 | 5.948 | .000 | .619 | 1.616 |
| $X_{16}$ | 305.002 | 60.253 | .076 | 5.062 | .000 | .768 | 1.301 |

จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนจะได้ตัวแบบพยากรณ์คือ

$$\hat{Y} = 193420.47 - 45924.133 \text{LOG}\, X_1 + 0.161 X_8 + 106606.979 \text{INV}\, X_9 + 320.173 X_{11} + 305.002 X_{16}$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.98$ ดังตารางที่ 4.8 นั่นแสดงว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัว ได้แก่ ดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกน้ำสับปะรด ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง อัตราเงินเฟ้อ จะสามารถอธิบายปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย ได้ 98 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.1.1.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปรที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน**

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวจากสมการข้างต้น เพื่อทดสอบว่า มีอย่างน้อยหนึ่งตัวแปรอิสระที่มีส่วนในการอธิบายปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องหรือไม่ดังตารางที่ 4.5 โดยมีสมมติฐานการทดสอบคือ

$$H_0 : \beta_1 = \beta_8 = \beta_9 = \beta_{11} = \beta_{16}$$
$$H_1 : \text{มี } \beta_j \neq 0 \text{ สำหรับ } j = 1, 8, 9, 11, 16$$

**ตารางที่ 4.5** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปร

| Model | df | Sum of Squares | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Regression | 5 | 11006091820.800 | 2201218364.160 | 1145.820 | .000 |
| Residual | 100 | 192108507.766 | 1921085.078 | | |
| Total | 105 | 11198200328.566 | | | |

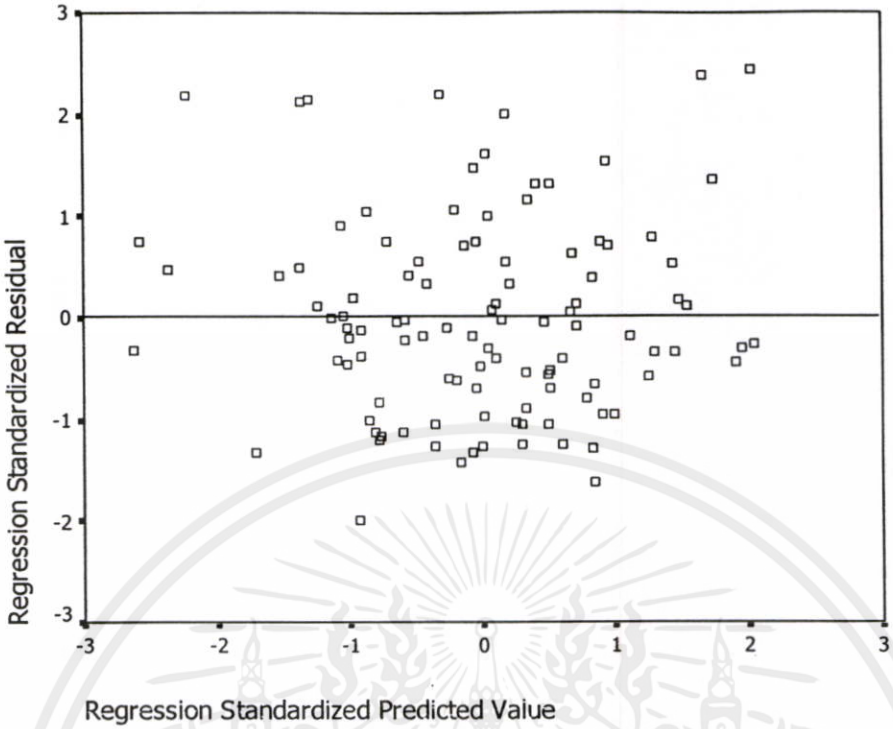
จากตารางที่ 4.5 พบว่าค่า p-value (Sig.) = 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีส่วนในการอธิบายปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย

**การตรวจสอบข้อสมมติของความคลาดเคลื่อน**

1 ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่หรือไม่

- พิจารณาจากกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.4** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานกับค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย

จากรูปที่ 4.4 จะได้ว่าค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีการกระจายอย่างสุ่มรอบเส้น 0 เป็นแถบขนานกับแกนนอนจึงสรุปได้ว่าความแปรปรวนของคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

- พิจารณาโดยวิธีของโกลด์เฟล็ด – ควอนด์

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

โดยเริ่มจากคำนวณหาค่าความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปรในสมการถดถอยที่ได้ พบว่าตัวแปรอิสระ $X_8$ มีค่าความแปรปรวนมากที่สุด แล้วทำการเรียงตัวแปร $X_8$ จากน้อยไปมากและแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ได้กลุ่มละ 53 เดือน (รายละเอียดในภาคผนวก ค) เมื่อได้ข้อมูล 2 กลุ่มแล้วนำข้อมูลแต่ละกลุ่มไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลกลุ่มที่ 1 ของการทดสอบโดยวิธีโกลด์เฟล็ด – ควอนด์

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Regression | 5069175997.231 | 5 | 1013835199.446 | 445.723 | .000 |
| | Residual | 106905486.014 | 47 | 2274584.809 | | |
| | Total | 5176081483.245 | 52 | | | |

**ตารางที่ 4.7** ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลกลุ่มที่ 2 ของการทดสอบโดยวิธีโกลด์เฟล็ด – ควอนด์

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Regression | 5367280778.531 | 5 | 1073456155.706 | 674.677 | .000 |
| | Residual | 74780092.299 | 47 | 1591065.794 | | |
| | Total | 5442060870.830 | 52 | | | |

จากตารางที่ 4.6 ให้ค่าMSE ของข้อมูลกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 2274584.809 และจากตารางที่ 4.7 ของข้อมูลกลุ่มที่ 2 ให้ค่า MSE เท่ากับ 1591065.794 ทำการคำนวณ $F = \frac{2274584.809}{1591065.794} = 1.43$ จากตารางค่า $F_{0.05,(47,47)} \approx 1.6$ เนื่องจาก $F < F_{0.05,(47,47)}$ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่

ผลที่ได้จากการทดสอบความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนโดยวิธีของโกลด์เฟล็ด – ควอนด์ สนับสนุนผลที่ได้จากการพิจารณากราฟที่ผ่านมา

2 ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกันหรือไม่

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$H_0$: ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

$H_1$: ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

**ตารางที่ 4.8** ค่า Durbin – Watson และ ค่า $R^2$

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | Durbin-Watson |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .991 | .983 | .982 | 1386.032 | 1.888 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 ค่าสถิติทดสอบ Durbin – Watson = 1.888 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5 – 2.5 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือ ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$H_0$ : ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : ความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

**ตารางที่ 4.9** การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

| | Kolmogorov-Smirnov | | |
|---|---|---|---|
| | Statistic | df | Sig. |
| Unstandardized Residual | .082 | 106 | .077 |

จากตารางที่ 4.9 พบว่าค่า p-value (Sig.) = 0.077 ซึ่งมีค่ามากกว่า $\alpha$ =0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

4. การตรวจสอบความเป็นอิสระกันของตัวแปรอิสระ

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่า VIF ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีค่าน้อยกว่า 10 นั่นคือ ตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความเป็นอิสระกัน

ผลจากการตรวจสอบข้อสมมติของความคลาดเคลื่อนพบว่าเป็นไปตามข้อสมมุติทุกประการ ดังนั้นสมการถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุจึงสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

ดังนั้นสรุปได้ว่าตัวแบบที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุคือ

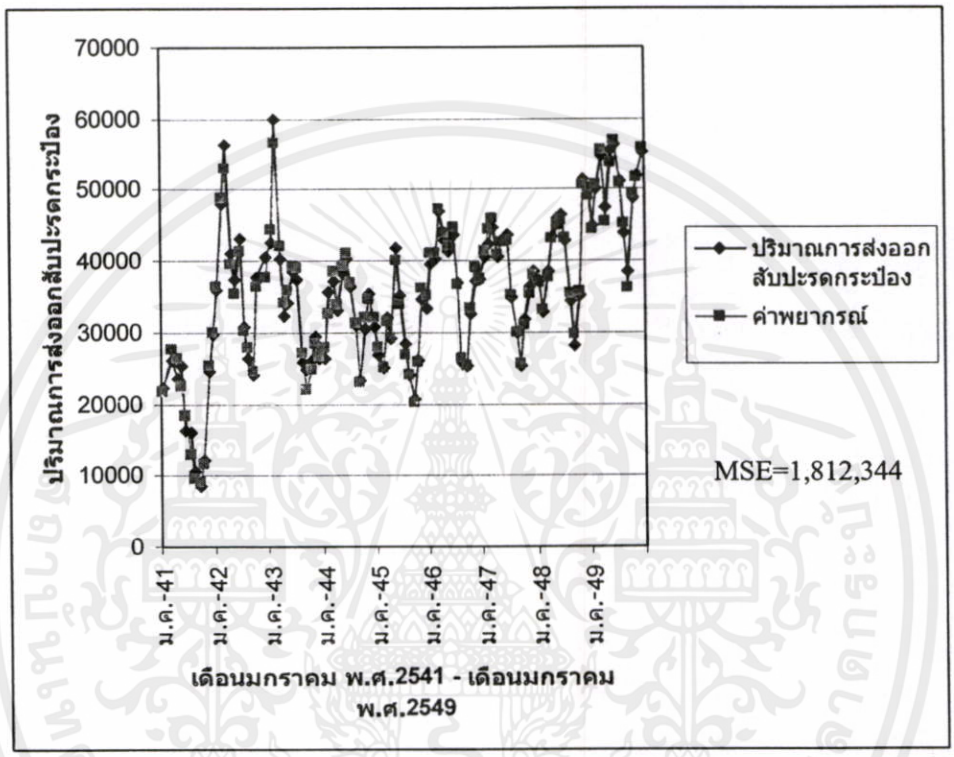
$$\hat{Y} = 193420.47 - 45924.133 \text{LOG}\, X_1 + 0.161 X_8 + 106606.979 \text{INV}\, X_9 + 320.173 X_{11} + 305.002 X_{16}$$

โดยมีค่า $R^2 = 0.98$ นั่นแสดงว่า ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง คือ ดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง ราคาส่งออกน้ำสับปะรด ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง อัตราเงินเฟ้อ จะสามารถอธิบายปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย ได้ 98 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการถดถอยถ้าดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋องเพิ่มขึ้น 1% ขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ คงที่ ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทยจะเพิ่มขึ้น 320.173 ตัน ถ้า $\text{LOG}\,X_1$ เพิ่มขึ้น 1 บาท/ตันขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ คงที่ ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทยจะลดลง 45924.133 ตัน ตัวแปรอื่น ๆ สามารถอธิบายได้ในทำนองเดียวกัน

จากตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุที่ได้ นำมาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 ดังรูปที่ 4.5




**รูปที่ 4.5** กราฟแสดงข้อมูลปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ

จากรูปที่ 4.5 ค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมาก และเมื่อทำการพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) = 1,812,344

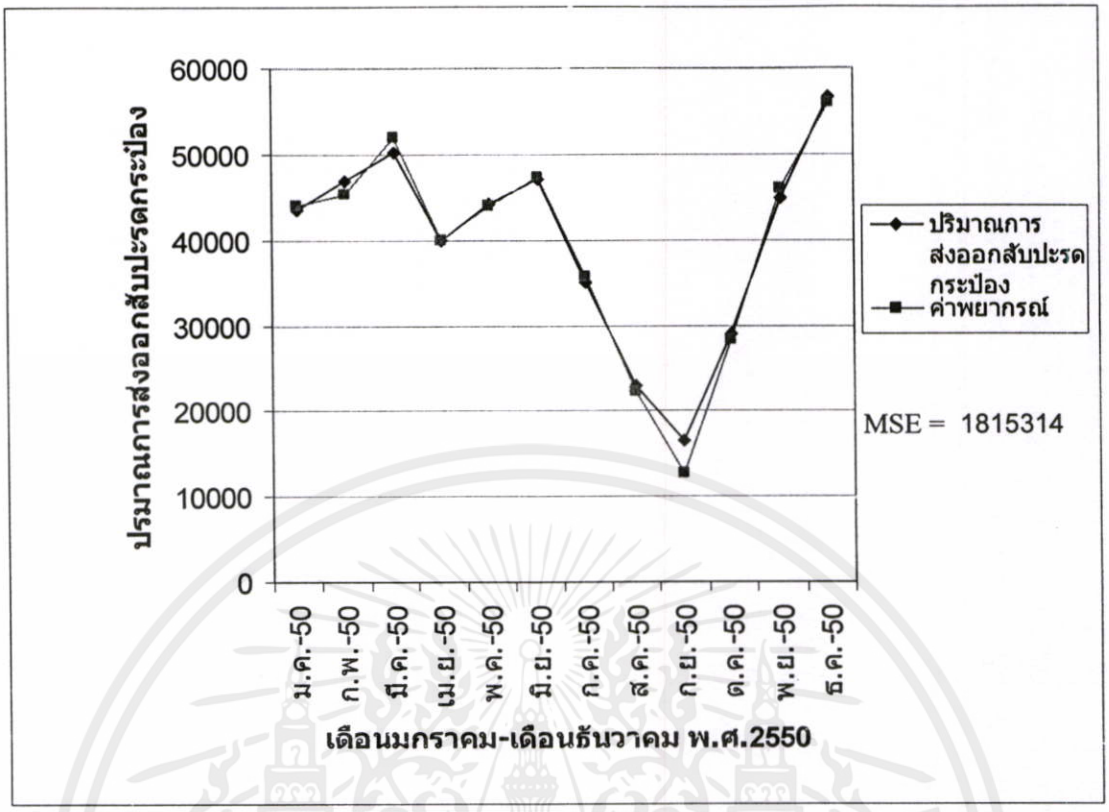
จากตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุที่ได้ นำมาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ.2550 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 ดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.10** ค่าปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ

| เดือน | ค่าพยากรณ์วิธีการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Y_i$ | $\hat{Y}_i$ | $e_i$ | $e_i^2$ |
| ม.ค.-50 | 43495 | 43988 | -493 | 243049 |
| ก.พ.-50 | 46912 | 45261 | 1651 | 2725801 |
| มี.ค.-50 | 50292 | 52041 | -1749 | 3059001 |
| เม.ย.-50 | 39902 | 39993 | -91 | 8281 |
| พ.ค.-50 | 44098 | 43988 | 110 | 12100 |
| มิ.ย.-50 | 47150 | 47274 | -124 | 15376 |
| ก.ค.-50 | 34996 | 35703 | -707 | 499849 |
| ส.ค.-50 | 23084 | 22252 | 832 | 692224 |
| ก.ย.-50 | 16413 | 12821 | 3592 | 12902464 |
| ต.ค.-50 | 29058 | 28412 | 646 | 417316 |
| พ.ย.-50 | 44938 | 45888 | -950 | 902500 |
| ธ.ค.-50 | 56624 | 56071 | 553 | 305809 |
| ค่า MSE | | | | $MSE = \frac{\sum_{t=1}^{12} e_i^2}{12}$ =1815314 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.6** กราฟแสดงข้อมูลปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องเดือนมกราคม พ.ศ.2550 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ

จากรูปที่ 4.6 ค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมาก และเมื่อทำการพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) = 1815314

จากค่า MSE ของข้อมูลในการสร้างตัวแบบมีค่าใกล้เคียงกับ MSE ของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของสมการถดถอย แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถนำไปใช้ได้

### 4.1.2 วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Artificial Neural Networks)

ในงานวิจัยครั้งนี้มีการกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองดังนี้

- จำนวนโหนดในชั้นอินพุทเท่ากับจำนวนตัวแปรอิสระ 16 โหนด
- จำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนเท่ากับ 5, 10, 15, 20, 25, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 จากกฎของ Baum and Haussle (1988) [26]
- จำนวนโหนดในชั้นเอาท์พุทเท่ากับ 12
- ค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5
- ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ โครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่า RMS ต่ำที่สุด จะเป็นโครงข่ายที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง

ผลการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแสดงดังตารางที่ 4.11

**ตารางที่ 4.11** ค่า RMS ของการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับที่อัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9

| อัตราการเรียนรู้ | โครงข่าย | โมเมนตัม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| 0.1 | 16-5-12 | 6572.1605 | 6476.973 | 6771.505 | 6644.778 | 6618.7 |
| | 16-10-12 | 6272.2979 | 6356.869 | 6247.01 | 6138.079 | 6726.675 |
| | 16-15-12 | 6391.7065 | 6248.645 | 6092.146 | **6018.098** | 6523.115 |
| | 16-20-12 | 6354.7176 | 6249.51 | 6178.041 | 6148.351 | 6361.138 |
| | 16-25-12 | 6277.2249 | 6350.632 | 6161.578 | 6204.878 | 6363.145 |
| | 16-30-12 | 6374.8156 | 6407.148 | 6223.26 | 6292.039 | 6386.181 |
| | 16-35-12 | 6329.18 | 6303.244 | 6392.801 | 6191.756 | 6343.405 |
| | 16-40-12 | 6206.7265 | 6163.458 | 6091.404 | 6261.538 | 6590.639 |
| | 16-45-12 | 6202.147 | 6103.831 | 6199.844 | 6226.192 | 6219.589 |
| | 16-50-12 | 6301.2938 | 6121.249 | 6111.092 | 6234.888 | 6178.143 |
| | 16-55-12 | 6417.7905 | 6431.745 | 6228.579 | 5988.139 | 6056.139 |
| | 16-60-12 | 6535.3136 | 6459.635 | 6233.408 | 6084.043 | 6458.141 |
| 0.2 | 16-5-12 | 6490.208 | 6515.579 | 6361.705 | 6407.94 | 6691.523 |
| | 16-10-12 | 6440.838 | 6336.03 | 6356.903 | 6235.805 | 6688.751 |
| | 16-15-12 | 6452.883 | 6159.638 | 6105.189 | 6241.997 | 6370.28 |
| | 16-20-12 | 6247.27 | 6356.673 | 6186.899 | 6302.977 | 6252.761 |
| | 16-25-12 | 6243.878 | 6417.562 | 6210.694 | 6208.388 | 6324.274 |
| | 16-30-12 | 6287.449 | 6208.365 | 6284.733 | 6232.372 | 6290.574 |
| | 16-35-12 | 6213.257 | 6237.661 | 6470.551 | 6313.395 | 6223.264 |
| | 16-40-12 | 6181.56 | 6219.615 | 6252.863 | 6354.84 | 6223.797 |
| | 16-45-12 | 6188.937 | **6032.013** | 6257.278 | 6236.16 | 6569.489 |
| | 16-50-12 | 6474.819 | 6411.069 | 6135.815 | 5995.821 | 6193.821 |
| | 16-55-12 | 6453.375 | 6394.484 | 6081.391 | 6047.278 | 6225.417 |
| | 16-60-12 | 6671.591 | 6467.391 | 6204.047 | 6214.991 | 6287.957 |
| 0.3 | 16 -5-12 | 6410.8712 | 6377.208 | 6377.208 | 6422.754 | 6655.82 |
| | 16-10-12 | 6451.3092 | 6482.961 | 6380.212 | 6246.355 | 6562.245 |
| | 16-15-12 | 6545.6082 | 6251.889 | 6096.128 | 6237.003 | 6237.003 |
| | 16-20-12 | 6283.7664 | 6342.032 | 6353.254 | 6330.359 | 6152.742 |
| | 16-25-12 | 6103.6223 | 6534.272 | 6363.432 | 6244.168 | 6323.754 |
| | 16-30-12 | 6348.43 | 6153.023 | 6309.429 | 6210.383 | 6291.121 |
| | 16-35-12 | 6228.3265 | 6103.067 | 6321.432 | 6308.76 | 6187.897 |
| | 16-40-12 | 6026.0808 | 6252.706 | 6093.523 | 6342.246 | 6317.067 |
| | 16-45-12 | 6488.8964 | 6121.87 | 6181.884 | 6019.59 | 6689.654 |
| | 16-50-12 | 6428.1465 | 6163.684 | 6097.703 | **6011.305** | 6211.462 |
| | 16-55-12 | 6316.0338 | 6213.993 | 6192.455 | 6145.98 | 6143.991 |
| | 16-60-12 | 6371.8248 | 6230.511 | 6236.546 | 6214.405 | 6250.59 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้ง

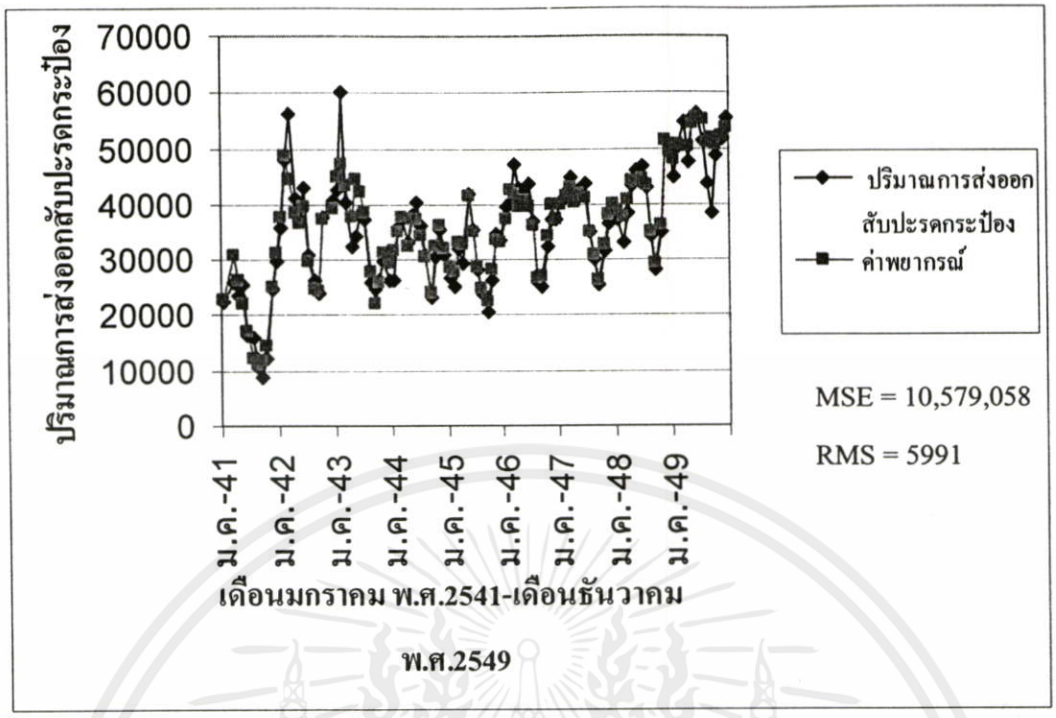
**ตารางที่ 4.11(ต่อ)**

| อัตราการเรียนรู้ | โครงข่าย | โมเมนตัม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| 0.4 | 16-5-12 | 6647.8401 | 6563.85 | 6773.799 | 6563.85 | 6535.643 |
| | 16-10-12 | 6481.8779 | 6338.132 | 6455.057 | 6393.394 | 6302.285 |
| | 16-15-12 | 6548.6418 | 6215.859 | 6106.065 | 6317.009 | 6428.085 |
| | 16-20-12 | 6613.401 | 6334.199 | 6350.352 | 6229.969 | 6178.638 |
| | 16-25-12 | 6210.1678 | 6317.32 | 6262.958 | 6182.03 | 6383.271 |
| | 16-30-12 | 6287.7059 | 6122.365 | 6334.981 | 6170.08 | 6300.939 |
| | 16-35-12 | 6276.73 | 6128.687 | 6367.224 | 6931.547 | 6312.119 |
| | 16-40-12 | 6063.0257 | 6291.25 | 6147.288 | 6185.912 | 6469.35 |
| | 16-45-12 | 6398.3153 | 6110.533 | 6177.208 | **5991.497** | 6113.078 |
| | 16-50-12 | 6497.6048 | 6206.063 | 6188.494 | 6128.272 | 6601.402 |
| | 16-55-12 | 6229.2717 | 6433.821 | 6310.62 | 6134.889 | 6171.371 |
| | 16-60-12 | 6666.2222 | 6206.008 | 6279.648 | 6206.057 | 6161.604 |
| 0.5 | 16-5-12 | 6652.9056 | 6544.393 | 6634.028 | 6545.432 | 6678.384 |
| | 16-10-12 | 6663.6874 | 6538.188 | 6465.993 | 6403.159 | 6245.282 |
| | 16-15-12 | 6643.1233 | 6226.303 | 6260.054 | 6328.453 | 6183.594 |
| | 16-20-12 | 6594.563 | 6314.997 | 6133.96 | 6244.171 | 6290.562 |
| | 16-25-12 | 6198.5619 | 6295.607 | 6258.391 | 6182.262 | 6355.373 |
| | 16-30-12 | 6467.4117 | 6097.841 | 6223.192 | 6163.116 | 6355.608 |
| | 16-35-12 | 6317.70 | 6219.699 | 6341.566 | 6160.666 | 6640.449 |
| | 16-40-12 | **6028.927** | 6343.637 | 6149.933 | 6368.811 | 6428.714 |
| | 16-45-12 | 6393.7349 | 6109.622 | 6122.689 | 6066.95 | 6090.077 |
| | 16-50-12 | 6475.3427 | 6491.391 | 6169.357 | 6089.974 | 6129.862 |
| | 16-55-12 | 6290.8669 | 6437.316 | 6185.757 | 6112.05 | 6108.963 |
| | 16-60-12 | 6471.0441 | 6214.049 | 6292.85 | 6186.987 | 6183.562 |

จากตารางที่ 4.11 จะเห็นได้ว่า โครงข่าย 16-45-12 เป็นโครงข่ายที่มีค่า RMS ต่ำที่สุด ซึ่งมีจำนวนโหนดในชั้นอินพุทเท่ากับ 16 โหนด จำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนเท่ากับ 45 โหนด มีจำนวนโหนดในชั้นเอาพุทเท่ากับ 12 โหนด มีค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.4 และมีค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.8 เป็นโครงข่ายที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย และมีค่าประมาณความถูกต้องเท่ากับ 88.80 %

จากตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมนำมาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.7** กราฟแสดงข้อมูลปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

จากรูปที่ 4.7 เมื่อทำการพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) = 10,579,058

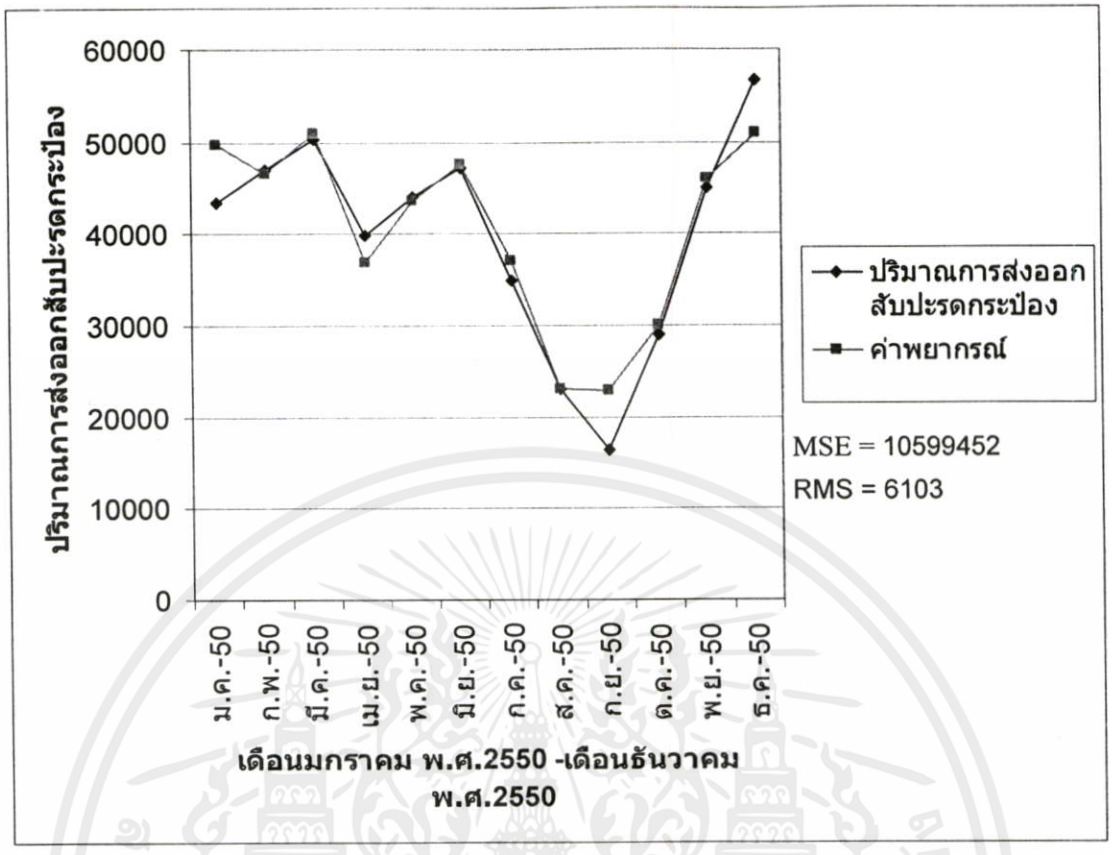
ทำการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์เดือนมกราคม พ.ศ.2550 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับดังตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.12** ค่าปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

| เดือน | ค่าพยากรณ์วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ โดยโครงข่าย 16-45-12 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Y_i$ | $\hat{Y}_i$ | $e_i$ | $e_i^2$ |
| ม.ค.-50 | 43495 | 49714 | -6219.18 | 38678160 |
| ก.พ.-50 | 46912 | 46565 | 347.2477 | 120580.98 |
| มี.ค.-50 | 50292 | 50865 | -572.692 | 327976.28 |
| เม.ย.-50 | 39902 | 36981 | 2921.224 | 8533548.7 |
| พ.ค.-50 | 44098 | 43686 | 412.1451 | 169863.59 |
| มิ.ย.-50 | 47150 | 47588 | -438.005 | 191848.37 |
| ก.ค.-50 | 34996 | 37054 | -2057.52 | 4233408.5 |
| ส.ค.-50 | 23084 | 23148 | -63.8472 | 4076.4711 |
| ก.ย.-50 | 16413 | 22851 | -6438.71 | 41456936 |
| ต.ค.-50 | 29058 | 29995 | -936.964 | 877901.63 |
| พ.ย.-50 | 44938 | 45890 | -952.318 | 906910.22 |
| ธ.ค.-50 | 56624 | 50994 | 5629.584 | 31692211 |
| ค่า MSE | | | | $MSE = \frac{\sum_{i=1}^{12} e_i^2}{12} = 10599452$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.8** กราฟแสดงข้อมูลปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องและค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องเดือนมกราคมพ.ศ.2550 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2550โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

จากรูปที่ 4.8 เมื่อทำการพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) = 10599452 และได้ค่า RMS = 6103

จากรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 ค่า RMS ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าสมการพยากรณ์สามารถนำไปใช้ได้

### 4.1.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์

เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธี (Mean Square Error : MSE) ได้ผลดังตารางที่ 4.13 (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.13** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์

| ตัวแบบ | ค่า MSE ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2541ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2549 |
|---|---|
| สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ | 1,812,344 |
| โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ | 10,579,058 |

จากตารางที่ 4.10 พบว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุให้ค่า MSE ต่ำกว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุเป็นวิธีการที่ เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทยโดยการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุและตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์การส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (2) เพื่อเปรียบเทียบและเลือกตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์การส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 จากการวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ ได้ผลดังนี้

5.1.1.1 วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ ได้สมการที่เหมาะสมคือ

$$\hat{Y} = 193420.47 - 45924.133\,\mathrm{LOG}\,X_1 + 0.161X_8 + 106606.979\,\mathrm{INV}\,X_9 + 320.173X_{11} + 305.002X_{16}$$

5.1.1.2 วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

โครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมคือ 16-45-12 ซึ่งมีจำนวนโหนดในชั้นอินพุทเท่ากับ 16 โหนด จำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนเท่ากับ 45 โหนด มีจำนวนโหนดในชั้นเอาพุทเท่ากับ 12 โหนด มีค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.4 และมีค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.8 และมีค่าประมาณความถูกต้องเท่ากับ 88.80 %

5.1.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย พบว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุให้ค่า MSE ที่ได้จากข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 เท่ากับ 1,812,344 ส่วนวิธีโครงข่ายประสาทเทียมให้ค่า MSE ที่ได้จากข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 เท่ากับ 10,579,058 ซึ่งวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุให้ค่า MSE ต่ำกว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียม แสดงว่าตัวแบบที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุให้ค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศไทยที่มีความถูกต้องมากกว่าตัวแบบที่ได้จากวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ดังนั้นสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ควรใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุในการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทยโดยมีสมการดังนี้

$$\hat{Y} = 193420.47 - 45924.133\,\mathrm{LOG}\,X_1 + 0.161X_8 + 106606.979\,\mathrm{INV}\,X_9 + 320.173X_{11} + 305.002X_{16}$$

โดยที่ $Y$ คือ ค่าพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง

$X_{11}$ คือ ดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง

$\mathrm{LOG}\,X_1$ คือ ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง ที่แปลงโดยใช้ฟังก์ชัน $\mathrm{Log}_{10}\,X_1$

$X_8$ คือ ราคาส่งออกน้ำสับปะรด

$\mathrm{INV}\,X_9$ คือ ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง ที่แปลงโดยใช้ฟังก์ชัน $X_9^{-1}$

$X_{16}$ คือ อัตราเงินเฟ้อ

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีโครงข่ายประสาทเทียมมีความถูกต้อง 88.80% ซึ่งยังมีค่าน้อย ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปอาจปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยการเพิ่มจำนวนชั้นฮิดเดนให้มากกว่า 1 ชั้น และอาจปรับค่าอัตราการเรียนรู้ โมเมนตัม และโครงข่ายเป็นค่าอื่น ๆ เพื่อให้โครงข่ายถูกต้องมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


[1] กัลยา วานิชย์บัญชา. **การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : ธรรมสาร. 2546

[2] คณะสถิติประยุกต์. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์การถดถอย. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2550.

[3] ชัยวัฒน์ คนจริง และคณะ. **ผลการวิจัยเรื่องโครงการพัฒนาและยกระดับมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรมเกษตรส่งออก** วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2539.

[4] ทรงศิริ แต้สมบัติ. **เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. 2539

[5] ทรงศิริ แต้สมบัติ. **การวิเคราะห์การถดถอย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548

[6] ทศพร รอดทอง . **"แบบจำลองทางเศรษฐมิติอุปสงค์การนำเข้าและอุปทานการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย."** วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546.

[7] ทัดดาว แนบเนียน. **"การเปรียบเทียบการพยากรณ์โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมและวิธีบ๊อกซ์และเจนกินส์: กรณีศึกษา อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2545.

[8] ทัศนีย์ ชังเทศ และ สมภพ ถาวรยิ่ง. **การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนชม

[9] ธนาคารแห่งประเทศไทย. **"ตารางที่ 68 :ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมจำแนกตามฐานการส่งออก"** [Online]. Avaiable : http://www.bot.or.th/bothomepage/databank/Econdata/EconFinance/index04.htm. สืบค้นวันที่1 มกราคม พ.ศ.2551

[10] ธนาคารแห่งประเทศไทย. รายงานการเงินและการธนาคาร ประจำปี2544 ธนาคารแห่งประเทศไทย

[11] ธนัญญา วสุศรี. **"การจัดการโซ่อุปทานสับปะรดไทย"** หนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ วันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2550 ปีที่ 31 ฉบับที่ 3922 (3122)

[12] ประเจิด สินทรัพย์. **"ผลการวิจัยเรื่องการผลิตและการตลาดสับปะรดกระป๋องของไทย."**


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันวิจัยสังคม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2525.

[13] พรทิพย์ ฉัตรชัยพันธ์. **"การเปรียบเทียบการพบากรณ์ราคายางพาราโดยวิธีบ๊อกซ์และเจนกินส์ วิธีทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม"** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2548

[14] พัชรี สำราญพิศ. **"การศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ ปริมาณการส่งออกและการผลิตสับปะรดกระป๋อง"** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548.

[15] เพ็ญพรรณ ใช้ฮวดเจริญ. **"การจดจำอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบจำลองอะแดปทีฟรีโซแนนซ์เทียร์."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2541

[16] มณีรัตน์ พรสวัสดิ์. **"การวิเคราะห์อุปสงค์การส่งออกสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดของไทยในประเทศที่สำคัญบางประเทศ."** วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร คณะเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546.

[17] มุกดาวรรณ แสนนามวงศ์. **"การวิเคราะห์พฤติกรรมราคาสับปะรดไทย."** ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546.

[18] ศุภัทรา สุนทรภัย. **"การพัฒนาเครื่องมือซอฟแวร์ในการจำลองการทำงานของนิวรอลเน็ตเวิร์ค."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539

[19] ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. **"คำนิยามข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร."** [Online]. Avaiable : http://www.oae.go.th/E-Book/Diffination.pdf. สืบค้นวันที่ 10 มกราคม พ.ศ.2551

[20] สมยศ ตั้งเจริญจิตกุล. **การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายระดับน้ำแม่น้ำปิง ณ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2547

[21] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. **"คำนิยามข้อมูลสถิติการเกษตร."** เอกสารวิชาการเลขที่ 304. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[22] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. **"สถิตินำรู้."** [Online]. Avaiable : http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/knowledge/know_p5.html. สืบค้นวันที่10 มกราคม พ.ศ.2551

[23] เอกชัย เชื้อนุ่ม. **"ตัวแบบสมการเกี่ยวเนื่องสำหรับราคาและปริมาณการส่งออกอุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทยปี พ.ศ.2545-2548."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546.

[24] โอฬาร ธรรมนนท์. **การพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดระยะยาวของระบบ กฟผ. โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2548

[25] Baum, E.B. and Haussler, D. 1988. "What size net give valid generalization." **Neural Computation.**pp.151-160

[26] B. Kermanshahi. "Recurrent Neural Network for Forecasting Next 10 Years Loads of Nine Japanese Utilities" **Neurocomputing**. Vol. 23, No. 1-3, December.1998.pp.125-133

[27] D.C. Park, M.A. El-Sharkawi, R.J. Mark II,L.E. Atlas and M.J. Damborg. "Electric Load Forecasting Using An Artificial Neural Network" **IEEE Transactions on Power Systems**. Vol. 6, No. 2, May 1991.pp.442-449

[28] Yusoff, M.M. 2003. "Modified Recursive Prediction Error Algorithm For Training Layered Neural Network." **International Journal of The Computer, The Internet and Management.** Vol. 11, No. 2, May 1991.pp.24-36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก.

**ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์พยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวก ก** ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย

| เดือน | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 | X14 | X15 | X16 | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ม.ค.-41 | 35510.02 | 4.9 | 53.8147 | 209606 | 93.3 | 4.86 | 5126 | 57409.91 | 312 | 33587.98 | 68.4 | 31.7 | 13.47 | 22,304 | 143.34 | 8.6 | 22304 |
| ก.พ.-41 | 34283.59 | 5.31 | 46.2979 | 178162 | 94 | 5.06 | 25867 | 14499.48 | 300 | 20259.5 | 83.9 | 38.8 | 13.95 | 27,342 | 149.15 | 8.9 | 27342 |
| มี.ค.-41 | 29793.96 | 5.92 | 41.3318 | 526865 | 95 | 5.53 | 6643 | 48964.57 | 321 | 20025.74 | 79.6 | 36.9 | 13.45 | 25,962 | 144.92 | 9.5 | 25962 |
| เม.ย.-41 | 27757.6 | 5.58 | 39.476 | 252235 | 95.7 | 4.71 | 4900 | 43962.89 | 290 | 26315.76 | 72.2 | 33.4 | 13.52 | 23,542 | 148.31 | 10.1 | 23542 |
| พ.ค.-41 | 28011.2 | 5.6 | 39.1353 | 205593 | 96.2 | 4.61 | 4142 | 41969.64 | 275 | 26543.12 | 61 | 28.3 | 13.52 | 19,901 | 154.71 | 10.2 | 25421 |
| มิ.ย.-41 | 30354.07 | 7.7 | 42.364 | 150316 | 96.7 | 5.39 | 2764 | 44101.48 | 253 | 37491.1 | 50.2 | 23.3 | 13.53 | 16,375 | 155.8 | 10.7 | 16375 |
| ก.ค.-41 | 30666.54 | 9.6 | 41.19 | 110571 | 96.8 | 5.39 | 1556 | 50202.97 | 216 | 31160.39 | 29.7 | 13.7 | 13.53 | 9,670 | 156.19 | 10 | 15985 |
| ส.ค.-41 | 32079.33 | 10 | 41.5755 | 77971 | 97.2 | 5.97 | 1094 | 53443.71 | 179 | 24314.79 | 19.1 | 8.8 | 13.53 | 6,222 | 152.07 | 7.6 | 10500 |
| ก.ย.-41 | 31700.98 | 8.53 | 40.4094 | 33055 | 97 | 6.22 | 1549 | 52033.6 | 316 | 32780.81 | 26.3 | 12.2 | 13.57 | 8,565 | 149.5 | 7 | 8565 |
| ต.ค.-41 | 31245.77 | 7.25 | 38.1409 | 103084 | 96.8 | 6.36 | 2522 | 50441.09 | 402 | 31660.44 | 37.5 | 17.4 | 13.57 | 12,228 | 144.35 | 5.9 | 12228 |
| พ.ย.-41 | 29001.63 | 8.18 | 36.464 | 132923 | 96.5 | 5.25 | 5279 | 49435.81 | 332 | 30443.31 | 75.6 | 35 | 13.48 | 24,641 | 128.77 | 4.7 | 24641 |
| ธ.ค.-41 | 28705.65 | 6.16 | 36.2512 | 103009 | 96.2 | 4.58 | 7235 | 46177.04 | 314 | 24740.23 | 90.8 | 42 | 13.48 | 29,601 | 124.15 | 4.3 | 29601 |
| ม.ค.-42 | 29094.69 | 4.52 | 36.5875 | 354958 | 96.5 | 3.37 | 5126 | 51538.82 | 323 | 24039.39 | 110.2 | 51 | 13.5 | 35,935 | 127.07 | 3.5 | 35935 |
| ก.พ.-42 | 27474.28 | 6.43 | 37.0589 | 388154 | 96.6 | 3.47 | 25867 | 46588.98 | 285 | 25257.29 | 147.1 | 68.1 | 13.5 | 47,969 | 123.35 | 2.9 | 47969 |
| มี.ค.-42 | 21029.35 | 4.5 | 37.5066 | 352555 | 96.4 | 3 | 6643 | 48367.62 | 342 | 26899.39 | 145.7 | 67.5 | 13.51 | 47,501 | 122.75 | 1.6 | 56239 |
| เม.ย.-42 | 28244.41 | 3.86 | 37.6003 | 282917 | 96.1 | 2.75 | 4900 | 45379.29 | 392 | 20362.13 | 125.7 | 58.2 | 13.4 | 41,000 | 116.53 | 0.4 | 41000 |
| พ.ค.-42 | 27843.56 | 3.67 | 37.024 | 235557 | 95.7 | 1.94 | 4142 | 40082.42 | 352 | 24398.24 | 114.5 | 53 | 13.4 | 37,325 | 116.7 | -0.5 | 37325 |
| มิ.ย.-42 | 26265.19 | 3.49 | 36.9143 | 134877 | 95.6 | 1.78 | 2764 | 35505.58 | 339 | 26424.12 | 132 | 61.1 | 13.37 | 43,039 | 115.09 | -1.2 | 43039 |
| ก.ค.-42 | 26227.74 | 2.65 | 37.1092 | 105094 | 95.8 | 2.3 | 1556 | 32424.74 | 230 | 29286.07 | 94.3 | 43.7 | 13.38 | 30,758 | 112.41 | -1.1 | 30758 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

**ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)**

| เดือน | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 | X14 | X15 | X16 | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ส.ค.-42 | 24279.66 | 3.86 | 37.9827 | 31370 | 96.2 | 2.46 | 1094 | 30687.48 | 193 | 23550.84 | 80.4 | 37.3 | 13.45 | 26,231 | 113.07 | -1.1 | 26231 |
| ก.ย.-42 | 25132.2 | 3.4 | 39.8838 | 118111 | 96.3 | 1.77 | 1549 | 31533.4 | 220 | 24494.49 | 73.6 | 34.1 | 13.45 | 23,996 | 116.4 | -0.8 | 23996 |
| ต.ค.-42 | 24147.99 | 3.07 | 39.4747 | 129963 | 96.4 | 1.59 | 2522 | 26803.7 | 358 | 26346.28 | 115.9 | 53.7 | 13.45 | 37,789 | 112.93 | -0.5 | 37789 |
| พ.ย.-42 | 13791.13 | 1.87 | 38.7675 | 162772 | 96.5 | 1.28 | 5279 | 26218.31 | 368 | 30439.31 | 97.7 | 45.2 | 13.45 | 31,844 | 113.78 | 0 | 50194 |
| ธ.ค.-42 | 19992.46 | 1.76 | 38.1761 | 75463 | 96.8 | 1.6 | 7235 | 23838.52 | 428 | 24013.85 | 110.4 | 51.1 | 13.45 | 35,995 | 106.97 | 0.7 | 40570 |
| ม.ค.-43 | 18842.95 | 1.77 | 37.3486 | 58790 | 97.1 | 1.41 | 10854 | 22875.38 | 654 | 23477.35 | 130.8 | 60.6 | 13.4 | 42,648 | 106.53 | 0.5 | 42648 |
| ก.พ.-43 | 9665.89 | 2.02 | 37.7108 | 101890 | 97.5 | 1.69 | 10858 | 23680.24 | 486 | 26441.6 | 124.6 | 57.7 | 13.46 | 40,615 | 105.84 | 0.9 | 59969 |
| มี.ค.-43 | 18764.63 | 2.21 | 37.9035 | 69482 | 97.5 | 1.82 | 13126 | 21990.51 | 758 | 24279.03 | 123.6 | 57.2 | 13.46 | 40,286 | 108.6 | 1.1 | 40286 |
| เม.ย.-43 | 19053.95 | 2.76 | 37.9713 | 277926 | 97.2 | 2.05 | 9013 | 24317.86 | 755 | 21730.14 | 98.9 | 45.8 | 13.46 | 32,246 | 110.01 | 1.2 | 32246 |
| พ.ค.-43 | 19097.94 | 2.7 | 38.9489 | 988784 | 97.3 | 1.84 | 10049 | 23393.44 | 838 | 19387.81 | 104.6 | 48.4 | 13.52 | 34,101 | 110.81 | 1.7 | 34101 |
| มิ.ย.-43 | 20266.59 | 1.8 | 39.0645 | 256875 | 97.5 | 1.31 | 12343 | 24682.03 | 859 | 24264.41 | 118.3 | 54.8 | 13.8 | 38,588 | 104.39 | 2 | 38588 |
| ก.ค.-43 | 20032.04 | 1.89 | 40.2212 | 27429 | 97.6 | 1.48 | 10140 | 25739.93 | 710 | 22009.27 | 114.9 | 53.2 | 14.04 | 37,464 | 106.25 | 2 | 37464 |
| ส.ค.-43 | 21430.59 | 4.45 | 40.8694 | 40224 | 98.2 | 2.83 | 6658 | 27750.83 | 479 | 19218.7 | 78.8 | 36.5 | 14.1 | 25,706 | 111.01 | 2.2 | 25706 |
| ก.ย.-43 | 20265.68 | 4.51 | 41.8809 | 73504 | 98.6 | 3.47 | 5993 | 26840.17 | 566 | 21592.94 | 60.3 | 27.9 | 14.11 | 19,666 | 112.24 | 2.3 | 24795 |
| ต.ค.-43 | 22608.75 | 3.8 | 43.2074 | 102028 | 98.1 | 3.02 | 6594 | 27540.04 | 385 | 17999.02 | 74 | 34.3 | 14.06 | 24,126 | 113.49 | 1.7 | 26126 |
| พ.ย.-43 | 23224.92 | 3.37 | 43.7259 | 164304 | 98.2 | 2.04 | 8718 | 27962.84 | 686 | 24084.45 | 90.5 | 41.9 | 14.09 | 29,507 | 112.26 | 1.7 | 29507 |
| ธ.ค.-43 | 22583.02 | 2.55 | 43.0935 | 87139 | 98.2 | 1.58 | 10668 | 28691.43 | 494 | 22320.22 | 80.7 | 37.4 | 14.11 | 26,329 | 106.12 | 1.3 | 26329 |
| ม.ค.-44 | 21324.16 | 2.51 | 43.1187 | 200364 | 98.4 | 1.47 | 9779 | 29531.34 | 458 | 28238.07 | 80.8 | 37.4 | 14.11 | 26,337 | 108.29 | 1.3 | 26337 |
| ก.พ.-44 | 20783.69 | 2.23 | 42.6386 | 304954 | 98.9 | 1.32 | 7396 | 26598.28 | 606 | 23736.24 | 96.6 | 44.8 | 14.1 | 31,509 | 108 | 1.5 | 35606 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

**ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)**

| เดือน | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 | X14 | X15 | X16 | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| มี.ค.-44 | 20150.91 | 2.53 | 43.9021 | 322808 | 98.9 | 1.28 | 10402 | 27923.86 | 751 | 19091.25 | 114 | 52.8 | 14.1 | 37,163 | 109.63 | 1.4 | 37163 |
| เม.ย.-44 | 20674.44 | 3.3 | 45.4572 | 237670 | 99.6 | 1.44 | 7524 | 25809.69 | 843 | 18516.1 | 101.2 | 46.9 | 14.08 | 33,001 | 110.5 | 2.6 | 33001 |
| พ.ค.-44 | 20567.81 | 3.34 | 45.4765 | 145029 | 100 | 1.53 | 11636 | 28168.97 | 883 | 22526.66 | 116.9 | 54.2 | 14.08 | 38,130 | 113.17 | 2.8 | 38130 |
| มิ.ย.-44 | 20710.29 | 3.62 | 45.2422 | 86993 | 99.7 | 1.96 | 9035 | 27487.98 | 770 | 23902.9 | 123.3 | 57.1 | 14.09 | 40,220 | 113.76 | 2.3 | 40220 |
| ก.ค.-44 | 21561.62 | 5.4 | 45.6178 | 135105 | 99.7 | 2.75 | 7752 | 28349.58 | 669 | 14982.58 | 111.4 | 51.6 | 14.06 | 36,331 | 117.02 | 2.2 | 36331 |
| ส.ค.-44 | 21411.8 | 5.35 | 44.9003 | 93012 | 99.6 | 3 | 5667 | 28799.95 | 870 | 17036.32 | 95 | 44 | 14.02 | 30,977 | 116.69 | 1.4 | 30977 |
| ก.ย.-44 | 21741.45 | 4.28 | 44.3347 | 96788 | 99.9 | 3.04 | 5580 | 26875.56 | 836 | 13608.29 | 71 | 32.9 | 14.08 | 23,158 | 114.59 | 1.4 | 23158 |
| ต.ค.-44 | 21333.52 | 3.96 | 44.721 | 111634 | 99.4 | 2.95 | 9309 | 27870.54 | 829 | 20562.77 | 97.9 | 45.3 | 14.08 | 31,913 | 117.6 | 1.4 | 30404 |
| พ.ย.-44 | 22374.38 | 4.2 | 44.4083 | 263308 | 99.2 | 2.97 | 11253 | 29000.68 | 1031 | 20373.46 | 108.8 | 50.4 | 14.03 | 35,473 | 117.38 | 1 | 35473 |
| ธ.ค.-44 | 22017.38 | 3.76 | 43.9062 | 80621 | 98.9 | 3.09 | 9977 | 30133.5 | 363 | 21341.35 | 94.1 | 43.6 | 14.01 | 30,674 | 117.96 | 0.8 | 30674 |
| ม.ค.-45 | 21780.59 | 4.48 | 44.0215 | 166611 | 99.1 | 3.61 | 6754 | 31332.78 | 494 | 20248.06 | 82 | 38 | 14.06 | 26,735 | 115.9 | 0.8 | 26753 |
| ก.พ.-45 | 22784.92 | 4.68 | 43.8204 | 176492 | 99.2 | 3.98 | 7624 | 31716.83 | 551 | 19904.32 | 76.7 | 35.5 | 14.11 | 25,010 | 117.56 | 0.3 | 25013 |
| มี.ค.-45 | 23163.89 | 4.95 | 43.3876 | 152615 | 99.5 | 4.36 | 8527 | 32283.12 | 597 | 16425.17 | 97.9 | 45.3 | 14.1 | 31,926 | 119.29 | 0.6 | 31926 |
| เม.ย.-45 | 24421.81 | 4.34 | 43.4182 | 198020 | 100 | 4.61 | 8911 | 34006.12 | 649 | 17742.66 | 93.9 | 43.5 | 14.08 | 30,610 | 122.91 | 0.4 | 29158 |
| พ.ค.-45 | 24366.51 | 4.5 | 42.7939 | 429959 | 100.1 | 4.25 | 13188 | 35024.73 | 809 | 19754.88 | 128.5 | 59.5 | 14.11 | 41,912 | 121.35 | 0.1 | 41912 |
| มิ.ย.-45 | 24616.06 | 4.35 | 42.1511 | 151662 | 99.9 | 3.94 | 9655 | 35679.49 | 662 | 22714.97 | 108.1 | 50.1 | 13.97 | 35,242 | 122.95 | 0.2 | 35257 |
| ก.ค.-45 | 25242.26 | 5.12 | 41.2049 | 53945 | 99.8 | 4.16 | 6254 | 36460.35 | 552 | 23155.18 | 86.9 | 40.3 | 14.06 | 28,340 | 120.24 | 0.1 | 28340 |
| ส.ค.-45 | 24443.57 | 5.12 | 42.1784 | 30752 | 99.9 | 4.36 | 5842 | 39200.13 | 501 | 17888.18 | 73.9 | 34.2 | 14.14 | 24,090 | 121.32 | 0.3 | 24090 |
| ก.ย.-45 | 24496.63 | 5.51 | 42.8223 | 74588 | 100.3 | 4.53 | 4562 | 37533.75 | 591 | 18369.55 | 63.5 | 29.4 | 14.14 | 20,707 | 126.48 | 0.4 | 20707 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

**ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)**

| เดือน | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 | X14 | X15 | X16 | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ต.ค.-45 | 25073 | 5.5 | 43.6571 | 93099 | 100.9 | 4.79 | 7682 | 41615.31 | 623 | 19825.27 | 79.9 | 37 | 14.14 | 26,051 | 134.33 | 1.4 | 26069 |
| พ.ย.-45 | 25591.36 | 5.72 | 43.3176 | 136914 | 100.4 | 4.34 | 8051 | 42345.86 | 278 | 29265.22 | 106.5 | 49.3 | 14.08 | 34,739 | 126.66 | 1.2 | 34739 |
| ธ.ค.-45 | 24804.5 | 5.43 | 43.2767 | 74176 | 100.5 | 4.28 | 9959 | 41901.76 | 295 | 30053.82 | 102.1 | 47.3 | 14.08 | 33,303 | 122.38 | 1.6 | 33303 |
| ม.ค.-46 | 24434 | 4.88 | 42.7711 | 134479 | 101.3 | 3.9 | 9997 | 42750.63 | 393 | 18795.4 | 121.3 | 56.2 | 14.08 | 39,559 | 127.35 | 2.2 | 39559 |
| ก.พ.-46 | 23805.3 | 4.74 | 42.8767 | 189942 | 101.2 | 4.08 | 30935 | 41096.78 | 563 | 29536.41 | 123.2 | 57.1 | 14.17 | 40,177 | 126.98 | 1.9 | 40177 |
| มี.ค.-46 | 24044.05 | 4.83 | 42.7501 | 185004 | 101.2 | 3.86 | 13094 | 40589.13 | 553 | 19696.77 | 144 | 66.7 | 14.17 | 46,961 | 129.5 | 1.7 | 47059 |
| เม.ย.-46 | 23356.61 | 4.9 | 42.8793 | 227171 | 101.6 | 4.18 | 9496 | 40772.84 | 515 | 27621.8 | 131.2 | 60.8 | 14.17 | 42,776 | 134.84 | 1.6 | 42830 |
| พ.ค.-46 | 23740.54 | 5.61 | 42.1477 | 457001 | 102 | 4.47 | 7994 | 40876.26 | 633 | 18860.15 | 127.1 | 58.9 | 14.17 | 41,452 | 141.32 | 1.9 | 41452 |
| มิ.ย.-46 | 23890.86 | 5.38 | 41.6548 | 147395 | 101.6 | 4.82 | 8970 | 41868.86 | 501 | 23808.37 | 133.8 | 61.9 | 14.06 | 43,615 | 144.52 | 1.7 | 43661 |
| ก.ค.-46 | 24370.92 | 4.83 | 41.7772 | 71988 | 101.6 | 4.42 | 10265 | 41080.59 | 742 | 26421.87 | 113 | 52.3 | 14.17 | 36,843 | 141.5 | 1.8 | 36843 |
| ส.ค.-46 | 24160.09 | 4.75 | 41.6651 | 56793 | 102.1 | 4.56 | 3987 | 40359.3 | 626 | 18919.45 | 79.4 | 36.8 | 14.17 | 25,905 | 146.55 | 2.2 | 25905 |
| ก.ย.-46 | 24645.47 | 4.56 | 40.497 | 78066 | 102 | 3.96 | 6206 | 43157.31 | 750 | 20043.08 | 77.2 | 35.8 | 14 | 25,175 | 146.76 | 1.7 | 25193 |
| ต.ค.-46 | 23541.63 | 4.48 | 39.7279 | 95162 | 102.1 | 3.28 | 9563 | 39730.68 | 517 | 20451.59 | 99.3 | 46 | 14.17 | 32,388 | 142.69 | 1.2 | 32444 |
| พ.ย.-46 | 23296.06 | 5.13 | 39.9048 | 182345 | 102.2 | 2.77 | 12367 | 38587.44 | 383 | 17487.43 | 114.4 | 53 | 14.11 | 37,287 | 140.2 | 1.8 | 37287 |
| ธ.ค.-46 | 23992.69 | 5.25 | 39.7113 | 74078 | 102.3 | 3.65 | 10903 | 39343.32 | 674 | 20743.71 | 114.8 | 53.2 | 14.14 | 37,441 | 141.04 | 1.8 | 37441 |
| ม.ค.-47 | 23098.87 | 5.05 | 39.0928 | 172280 | 102.6 | 4.22 | 10355 | 38501.38 | 571 | 19286.95 | 124.2 | 57.5 | 14.11 | 40,497 | 145.16 | 1.2 | 40497 |
| ก.พ.-47 | 22347.35 | 5.49 | 39.0964 | 218502 | 103.4 | 4.21 | 9407 | 39857.59 | 477 | 18107.66 | 129.6 | 60 | 14.06 | 42,257 | 149.26 | 2.2 | 42257 |
| มี.ค.-47 | 23055.99 | 5.28 | 39.4517 | 208627 | 103.6 | 4.76 | 11330 | 38104.95 | 480 | 17792.36 | 137.2 | 63.5 | 14.06 | 44,730 | 152.56 | 2.3 | 44730 |
| เม.ย.-47 | 24187.9 | 5.01 | 39.4415 | 198543 | 104.1 | 4.67 | 10683 | 39982.45 | 716 | 20199.33 | 124.7 | 57.8 | 14.06 | 40,663 | 165.65 | 2.5 | 40663 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

**ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)**

| เดือน | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 | X14 | X15 | X16 | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| พ.ค.-47 | 24185.7 | 5.09 | 40.5678 | 284683 | 104.5 | 4.63 | 11453 | 39855.51 | 736 | 23946.38 | 131.2 | 60.8 | 13.67 | 42,776 | 170.09 | 2.4 | 42776 |
| มิ.ย.-47 | 25870.73 | 5.3 | 40.8035 | 199174 | 104.7 | 5 | 11592 | 41495.8 | 678 | 27451.04 | 133.9 | 62 | 13.67 | 43,656 | 169.65 | 3 | 43656 |
| ก.ค.-47 | 25673.34 | 5.46 | 40.9353 | 172280 | 104.8 | 5.16 | 8031 | 40924.77 | 440 | 29678.86 | 107.1 | 49.6 | 13.74 | 34,918 | 158.32 | 3.1 | 34918 |
| ส.ค.-47 | 25459.4 | 5.51 | 41.5032 | 66811 | 105.3 | 4.47 | 6403 | 38940.68 | 464 | 27230.88 | 91.6 | 42.4 | 13.74 | 29,883 | 153.63 | 3.1 | 29883 |
| ก.ย.-47 | 26112.36 | 5.94 | 41.471 | 95384 | 105.7 | 4.76 | 5103 | 40456.99 | 422 | 19584.24 | 77.7 | 36 | 13.74 | 25,322 | 154.75 | 3.6 | 25322 |
| ต.ค.-47 | 26531.77 | 5.71 | 41.3138 | 136143 | 105.7 | 4.82 | 7979 | 41052.88 | 565 | 17058.31 | 97.3 | 45.1 | 13.74 | 31,728 | 169.04 | 3.5 | 31728 |
| พ.ย.-47 | 26628.67 | 4.95 | 40.3416 | 216611 | 105.3 | 4.1 | 10061 | 41686.65 | 583 | 25626.34 | 111.7 | 51.7 | 13.73 | 36,425 | 166.95 | 3 | 36425 |
| ธ.ค.-47 | 25366.21 | 6.46 | 39.2197 | 131941 | 105.3 | 3.59 | 12134 | 39661.93 | 587 | 24738.11 | 118 | 54.7 | 13.74 | 38,485 | 173.26 | 2.9 | 38485 |
| ม.ค.-48 | 24163.66 | 6.28 | 38.7502 | 174894 | 105.4 | 3.56 | 8598 | 37704.66 | 729 | 24304.19 | 113.8 | 52.7 | 13.74 | 37,111 | 178.48 | 2.7 | 37111 |
| ก.พ.-48 | 23926.36 | 5.58 | 38.4796 | 216958 | 106 | 3.86 | 8951 | 37023.94 | 634 | 29934.44 | 101 | 46.8 | 13.77 | 32,931 | 186.47 | 2.5 | 32931 |
| มี.ค.-48 | 23938.98 | 5.35 | 38.6061 | 278251 | 106.9 | 3.93 | 11496 | 36988.24 | 1564 | 18993 | 118.1 | 54.7 | 13.79 | 38,495 | 205.15 | 3.2 | 38495 |
| เม.ย.-48 | 23926.22 | 5.03 | 39.5287 | 276320 | 107.8 | 3.64 | 11978 | 38497.2 | 1102 | 21747.22 | 132.8 | 61.5 | 13.79 | 43,291 | 214.89 | 3.6 | 43291 |
| พ.ค.-48 | 24524.19 | 4.7 | 39.8378 | 231201 | 108.4 | 3.61 | 11778 | 38227.41 | 1559 | 18115.45 | 141 | 65.3 | 13.7 | 45,978 | 211.24 | 3.7 | 45978 |
| มิ.ย.-48 | 24612.56 | 4.95 | 40.9221 | 130497 | 108.7 | 3.69 | 10853 | 36408.7 | 975 | 25549.58 | 143 | 66.2 | 13.73 | 46,620 | 203.22 | 3.8 | 46620 |
| ก.ค.-48 | 25930.7 | 5.15 | 41.7628 | 93791 | 110.4 | 3.73 | 12334 | 39671.81 | 489 | 25429.39 | 131.9 | 61.1 | 13.82 | 43,005 | 192.68 | 5.3 | 43005 |
| ส.ค.-48 | 25543.23 | 5.05 | 41.1914 | 75847 | 111.2 | 4.33 | 6647 | 39132.32 | 420 | 19031.58 | 105.6 | 48.9 | 13.83 | 34,419 | 195.16 | 5.6 | 34419 |
| ก.ย.-48 | 24677.1 | 5.25 | 41.0518 | 105216 | 112 | 4.49 | 6475 | 38724.52 | 458 | 13785.78 | 86 | 39.8 | 13.84 | 28,054 | 201.26 | 6 | 28054 |
| ต.ค.-48 | 25480.41 | 6.17 | 40.9075 | 166594 | 112.3 | 4.3 | 6777 | 39197.1 | 530 | 16687.44 | 107.4 | 49.7 | 13.85 | 35,004 | 228.35 | 6.2 | 35003 |
| พ.ย.-48 | 25727.56 | 4.24 | 41.124 | 293950 | 111.5 | 3.11 | 9876 | 36242.4 | 636 | 41741.45 | 157.5 | 72.9 | 13.89 | 51,349 | 227.63 | 5.9 | 51349 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

**ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)**

| เดือน | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 | X14 | X15 | X16 | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ธ.ค.-48 | 26054.97 | 3.57 | 41.0747 | 139761 | 111.4 | 2.61 | 13727 | 36839.88 | 713 | 24628.81 | 153.6 | 71.1 | 13.94 | 50,086 | 221.86 | 5.8 | 50086 |
| ม.ค.-49 | 24764.01 | 3.47 | 39.6158 | 190174 | 111.6 | 2.42 | 13946 | 36225.83 | 998 | 26354.2 | 137.4 | 63.6 | 14.19 | 44,816 | 220.66 | 5.9 | 44871 |
| ก.พ.-49 | 23375.1 | 3.45 | 39.4094 | 219390 | 111.9 | 2.54 | 12855 | 35718.8 | 926 | 28263.51 | 154 | 71.3 | 14.37 | 50,203 | 225.15 | 5.6 | 50221 |
| มี.ค.-49 | 22737.32 | 3.72 | 38.9776 | 222366 | 113 | 2.66 | 13423 | 35286.37 | 1273 | 21747.43 | 168.1 | 77.8 | 16.79 | 54,799 | 237.52 | 5.7 | 54799 |
| เม.ย.-49 | 22948.41 | 4.53 | 37.9933 | 270518 | 114.3 | 2.46 | 12618 | 33279.41 | 635 | 23695.32 | 135.6 | 62.8 | 17.66 | 44,211 | 272.81 | 6 | 47571 |
| พ.ค.-49 | 22566.88 | 3.74 | 38.0132 | 503975 | 115.1 | 2.08 | 16063 | 31006.44 | 835 | 24209.21 | 162.6 | 75.3 | 17.91 | 53,030 | 269.79 | 6.2 | 55592 |
| มิ.ย.-49 | 22561.04 | 2.66 | 38.3499 | 311907 | 115.1 | 1.37 | 19948 | 28924.6 | 746 | 23449.21 | 172.9 | 80.1 | 18.09 | 56,374 | 247.58 | 5.9 | 56374 |
| ก.ค.-49 | 22881.27 | 2.58 | 38.0043 | 220743 | 115.3 | 1.64 | 18742 | 28594.39 | 658 | 32489.85 | 156.9 | 72.7 | 18.28 | 51,159 | 233.71 | 4.4 | 51264 |
| ส.ค.-49 | 22100.94 | 3.61 | 37.6357 | 68982 | 115.4 | 2.52 | 12153 | 31057.79 | 507 | 32238.58 | 134.1 | 62.1 | 18.56 | 43,726 | 234.11 | 3.8 | 43787 |
| ก.ย.-49 | 21924.47 | 3.95 | 37.4289 | 111724 | 115 | 2.76 | 27324 | 9233.81 | 512 | 15821.49 | 117.8 | 54.6 | 18.61 | 38,409 | 239.81 | 2.7 | 38428 |
| ต.ค.-49 | 21654.79 | 4.83 | 37.338 | 171508 | 115.5 | 3.11 | 10316 | 29774.17 | 584 | 14893.25 | 148.3 | 68.7 | 18.6 | 48,358 | 305.05 | 2.8 | 48797 |
| พ.ย.-49 | 21854.85 | 4.71 | 36.5437 | 235080 | 115.4 | 3.31 | 13106 | 28163.16 | 825 | 21481.91 | 158.2 | 73.3 | 18.61 | 51,592 | 300 | 3.5 | 51832 |
| ธ.ค.-49 | 21336.14 | 4.59 | 35.8337 | 178812 | 115.3 | 3.34 | 16737 | 27923.09 | 669 | 25716.12 | 168.8 | 78.2 | 18.62 | 55,035 | 276.85 | 3.5 | 55380 |
| ม.ค.-50 | 21986.4 | 4.12 | 35.971 | 139700 | 115 | 3.1 | 11240 | 27835.41 | 590 | 26423.73 | 155 | 71.8 | 18.72 | 50,545 | 288 | 3 | 43495 |
| ก.พ.-50 | 21982.58 | 4.74 | 35.7351 | 168977 | 114.5 | 3.64 | 11239 | 29412.76 | 427 | 32552.69 | 142 | 65.7 | 18.74 | 46,293 | 287 | 2.3 | 46912 |
| มี.ค.-50 | 22469.71 | 5.66 | 35.0578 | 153532 | 115.3 | 4.23 | 12082 | 31839.1 | 598 | 36839.46 | 163.9 | 75.9 | 18.74 | 53,427 | 300 | 2 | 50292 |
| เม.ย.-50 | 22693.84 | 5.43 | 34.8747 | 227992 | 116.4 | 4.84 | 10413 | 29507.35 | 636 | 37830.19 | 129.1 | 59.8 | 18.68 | 42,101 | 330 | 1.8 | 39902 |
| พ.ค.-50 | 24197.4 | 5.74 | 34.6158 | 361237 | 117.3 | 4.42 | 12345 | 30925.88 | 722 | 29584.49 | 143.7 | 66.6 | 18.72 | 46,867 | 323 | 1.9 | 44098 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

**ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)**

| เดือน | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 | X14 | X15 | X16 | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| มิ.ย.-50 | 25198.29 | 6.2 | 34.5825 | 301992 | 117.3 | 4.23 | 14607 | 31038.54 | 743 | 24091.52 | 157.1 | 72.7 | 18.74 | 51,220 | 316 | 1.9 | 47150 |
| ก.ค.-50 | 26172.61 | 6.45 | 33.7113 | 184422 | 117.3 | 4.68 | 10833 | 31648.67 | 451 | 35986.7 | 122.8 | 56.9 | 18.74 | 40,056 | 293 | 1.7 | 34996 |
| ส.ค.-50 | 27407.31 | 5.95 | 34.1975 | 66392 | 116.7 | 5.25 | 9367 | 31474.32 | 312 | 32980.77 | 84.3 | 39 | 18.93 | 27,484 | 283 | 1.1 | 23084 |
| ก.ย.-50 | 28091.25 | 6.72 | 34.2606 | 102585 | 117.4 | 5.02 | 7656 | 32868.34 | 336 | 20476.19 | 54.7 | 25.3 | 18.93 | 17,823 | 282 | 2.1 | 16413 |
| ต.ค.-50 | 28960.58 | 7.14 | 34.1689 | 186728 | 118.4 | 5.35 | 9662 | 34090.25 | 272 | 21139.71 | 103.6 | 48 | 18.94 | 33,788 | 322 | 2.5 | 29058 |
| พ.ย.-50 | 29307.7 | 7.01 | 33.8843 | 233986 | 118.9 | 5.26 | 13334 | 34643.02 | 451 | 35099.78 | 158.1 | 78 | 18.99 | 51,539 | 309 | 3 | 44938 |
| ธ.ค.-50 | 28802.23 | 6.73 | 33.7044 | 177737 | 119 | 4.69 | 11975 | 33384.55 | 458 | 38122.27 | 190.8 | 88.4 | 19.16 | 62,224 | 296 | 3.2 | 56624 |

โดยที่

X1 คือ ราคาส่งออกสับปะรดกระป๋อง

X2 คือ ราคาสับปะรดสดที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา

X3 คือ ราคาสับปะรดโรงงานที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา

X4 คือ ปริมาณการส่งออกน้ำสับปะรด

X5 คือ ปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง

X6 คือ ปริมาณผลผลิตสับปะรดกระป๋อง

X7 คือ ราคาส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง

X8 คือ ปริมาณผลผลิตสับปะรดโรงงานจากการเก็บเกี่ยว

Y คือ ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋อง

X9 คือ ราคาส่งออกน้ำสับปะรด จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

X10 คือ อัตราแลกเปลี่ยนเงินดอลลาร์เทียบกับเงินบาทไทย

X11 คือ ดัชนีราคาผู้บริโภค

X12 คือ อัตราเงินเฟ้อ

X13 คือ ดัชนีผลผลิตสับปะรดกระป๋อง

X14 คือ อัตราการใช้กำลังการผลิตสับปะรดกระป๋อง

X15 คือ ราคาขายปลีกน้ำตาล

X16 คือ ดัชนีราคาสินค้าเกษตรที่เกษตรกรขายได้ จากธนาคารแห่งประเทศไทย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

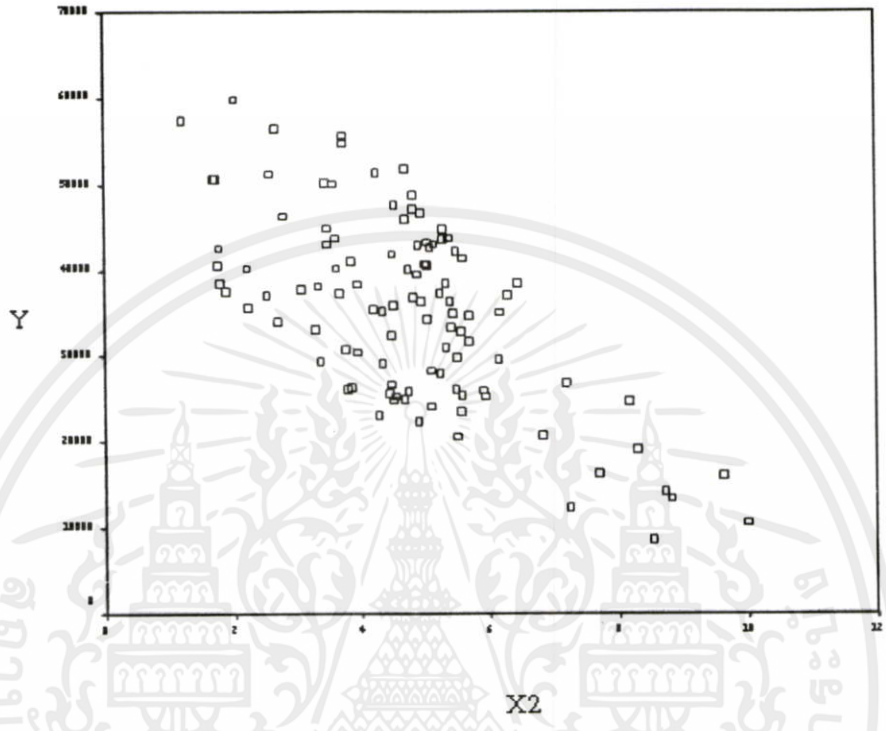
# ภาคผนวก ข.

การแปลงข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การแปลงข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอย**

1. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_2$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_2$ ดังรูปที่ ข1




**รูปที่ ข1** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_2$

จากรูปที่ ข1 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_2$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

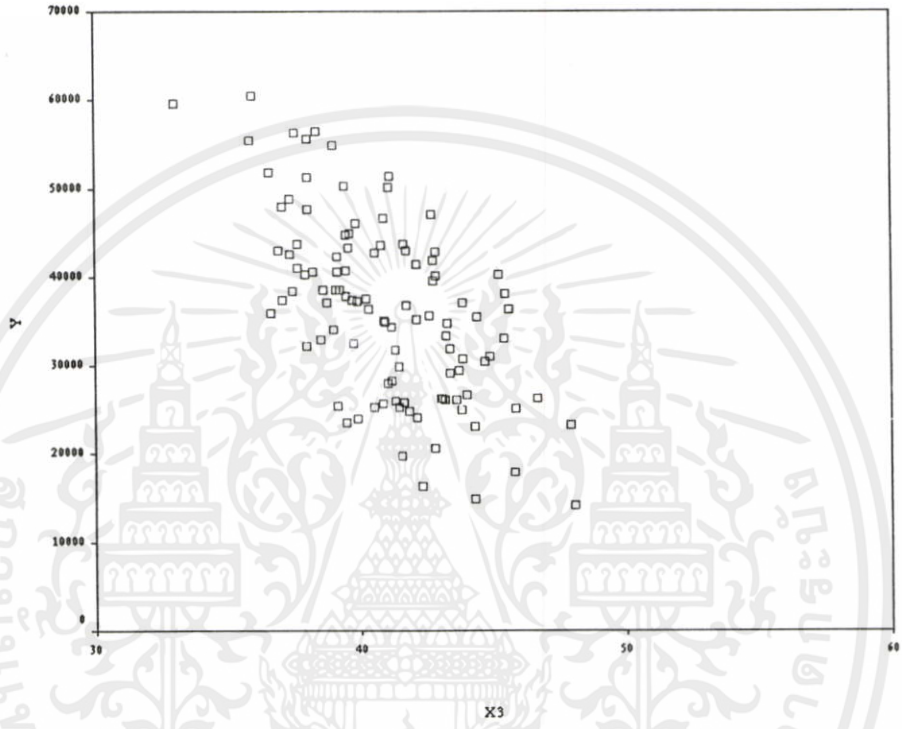
**ตารางที่ ข1** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_2$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | 0.20028 | 9609.11360 |
| Log | 0.14247 | 9609.11360 |
| Inverse | 0.09205 | 9887.54643 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข1 เป็นการสนับสนุนว่าราคาสับปะรดสดที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา (บาท/กิโลกรัม) $X_2$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linear ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 9609 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

2. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_3$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_3$ ดังรูปที่ ข2




**รูปที่ ข2** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_3$

จากรูปที่ ข2 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_3$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

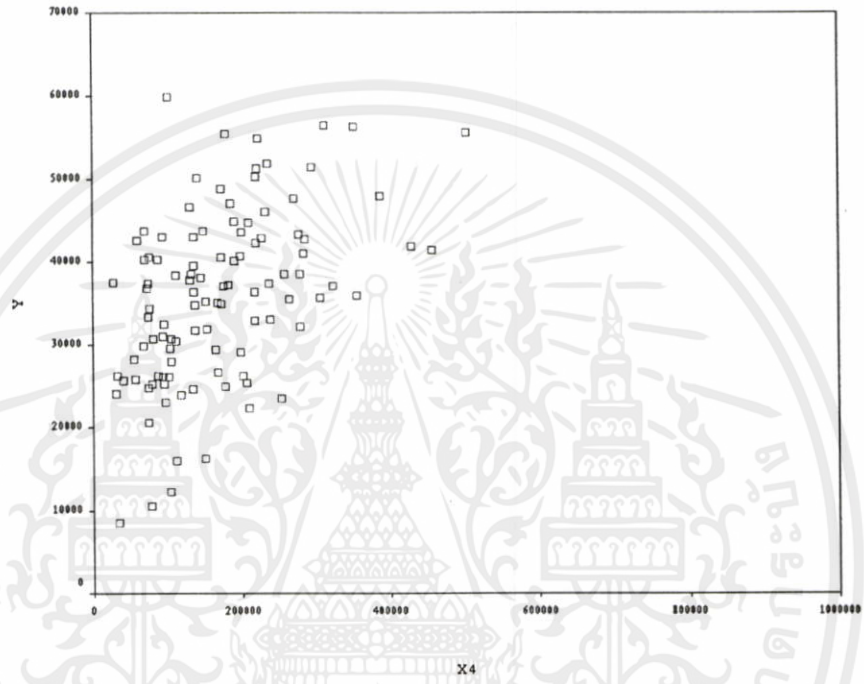
**ตารางที่ ข2** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_3$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | 0.14420 | 9599.40325 |
| Log | 0.13734 | 9637.78298 |
| Inverse | 0.14132 | 9615.53294 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข1 เป็นการสนับสนุนว่าอัตราแลกเปลี่ยนดอลลาร์เทียบกับเงินบาทไทย (บาท/ดอลลาร์) $X_3$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linear ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 9599 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

3. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_4$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_4$ ดังรูปที่ ข3




**รูปที่ ข3** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_4$

จากรูปที่ ข3 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_4$ ไม่มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง ดังนั้นทำการแปลงตัวแปรอิสระ $X_4$ ของตัวแบบการถดถอย ด้วยฟังก์ชัน Log , inverse เปรียบเทียบกับเมื่อไม่แปลงตัวแปรอิสระ $X_4$ (Linear) และเลือกใช้ฟังก์ชันการแปลงที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยที่สุด

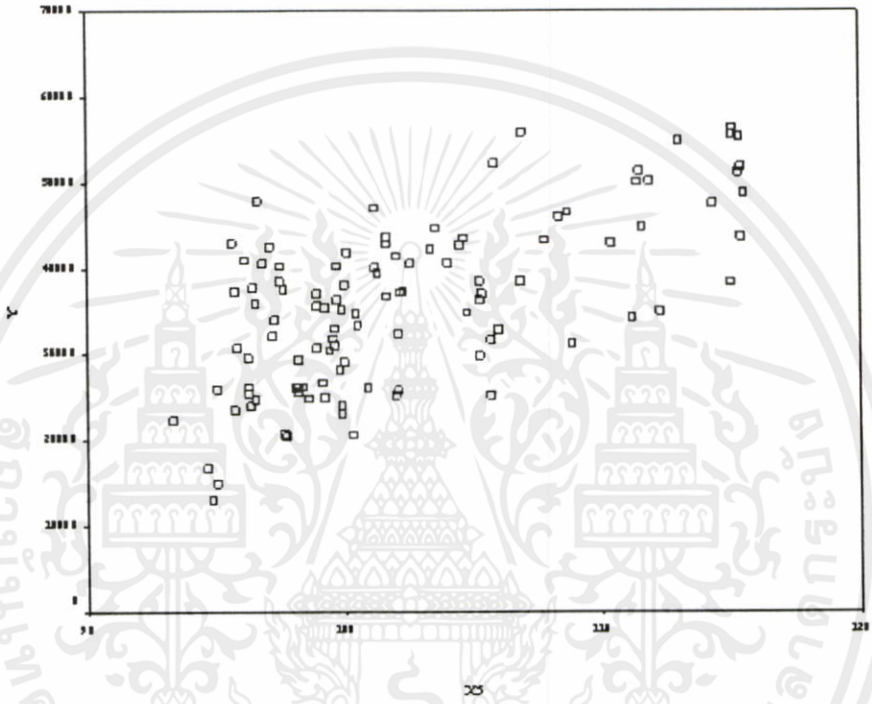
**ตารางที่ ข3** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_4$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .09909 | 9849.15120 |
| Log | .17872 | 9403.79318 |
| Inverse | .15111 | 9560.56703 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ ข3 แสดงว่าปริมาณผลผลิตสับปะรดโรงงานจากการเก็บเกี่ยว (ตัน) $X_4$ จะกำหนดฟังก์ชันเป็น $\text{Log}_{10} X_4$ แทนด้วยสัญลักษณ์ LOG $X_4$ เนื่องจากฟังก์ชัน Log ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 9404 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่นๆ

4. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_5$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_5$ ดังรูปที่ ข4



**รูปที่ ข4** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_5$

จากรูปที่ ข4 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_5$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

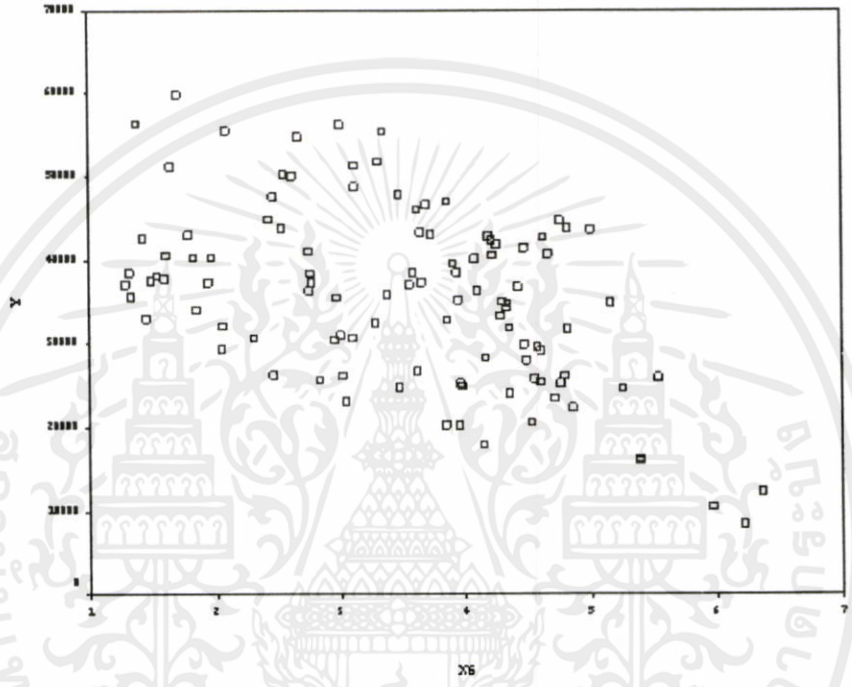
**ตารางที่ ข4** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_5$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .31341 | 8598.19083 |
| Log | .31153 | 8609.95982 |
| Inverse | .30924 | 8624.26740 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข4 เป็นการสนับสนุนว่าดัชนีราคาผู้บริโภค (%) $X_5$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linear ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 8598 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

5. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_6$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_6$ ดังรูปที่ ข5




**รูปที่ ข5** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_6$

จากรูปที่ ข5 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_6$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

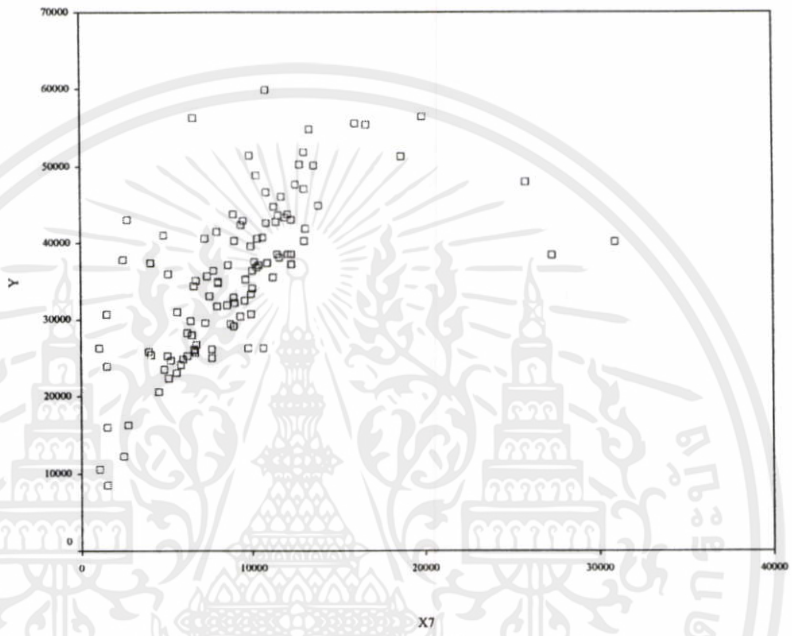
**ตารางที่ ข5** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_6$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .19311 | 8498.19083 |
| Log | .13490 | 9651.40922 |
| Inverse | .0872 | 9913.93052 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข5 เป็นการสนับสนุนว่าราคาสับปะรดโรงงานที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา (บาท/กิโลกรัม) $X_6$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linear ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 8498 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

6. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_7$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_7$ ดังรูปที่ ข6




**รูปที่ ข6** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_7$

จากรูปที่ ข6 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_7$ ไม่มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง ดังนั้นทำการแปลงตัวแปรอิสระ $X_7$ ของตัวแบบการถดถอย ด้วยฟังก์ชัน Log , inverse เปรียบเทียบกับเมื่อไม่แปลงตัวแปรอิสระ $X_7$ (Linear) และเลือกใช้ฟังก์ชันการแปลงที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยที่สุด

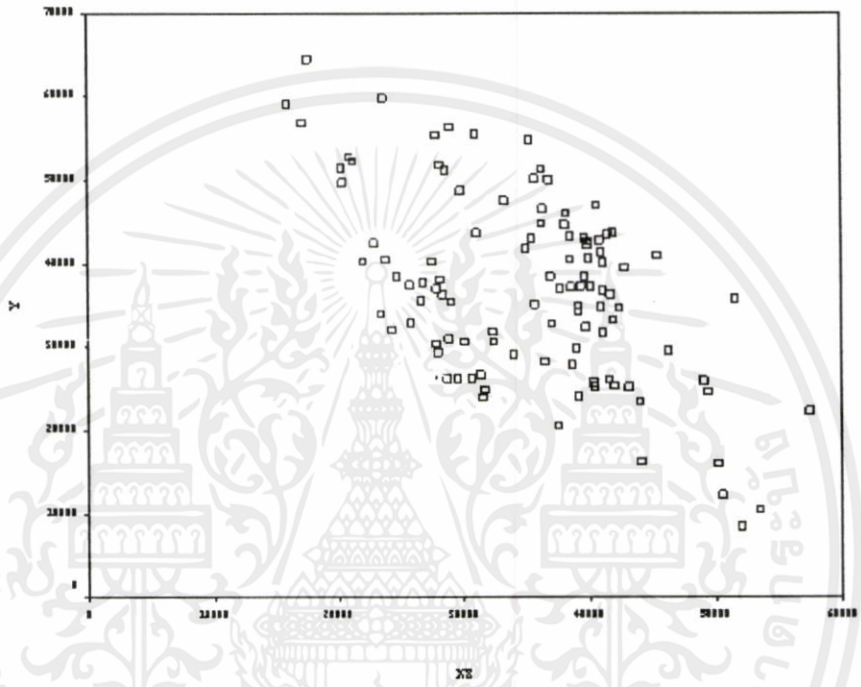
**ตารางที่ ข6** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_7$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .39474 | 8072.85331 |
| Log | .46556 | 7585.88325 |
| Inverse | .31482 | 8589.36938 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ ข6 แสดงว่าปริมาณการส่งออกน้ำสับปะรด (ตัน) $X_7$ จะกำหนดฟังก์ชันเป็น $\text{Log}_{10} X_7$ แทนด้วยสัญลักษณ์ LOG $X_7$ เนื่องจากฟังก์ชัน Log ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 7585.88 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

7. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_8$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_8$ ดังรูปที่ ข7



**รูปที่ ข7** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_8$

จากรูปที่ ข7 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_8$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

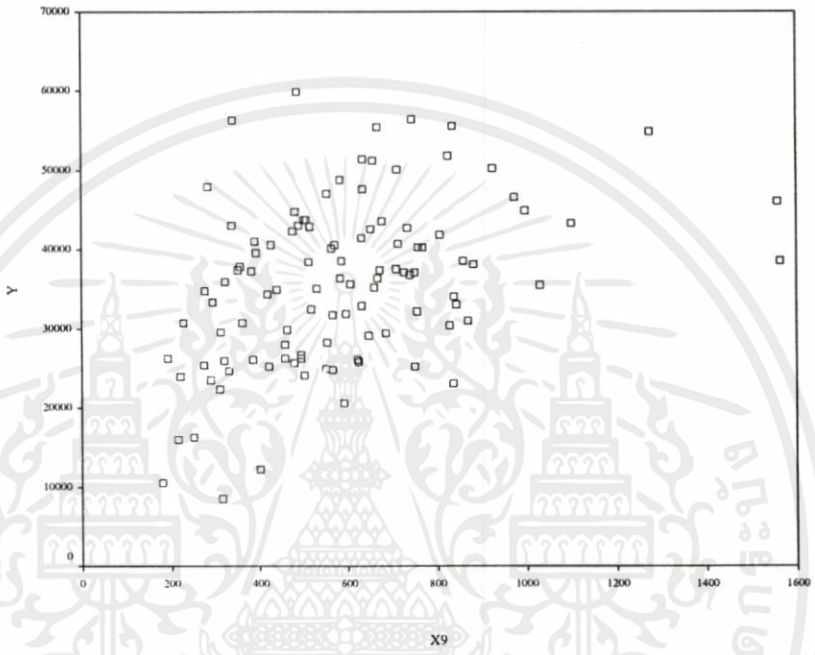
**ตารางที่ ข7** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_8$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .07816 | 9962.90887 |
| Log | .05382 | 10093.57770 |
| Inverse | .02689 | 10236.21360 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข7 เป็นการสนับสนุนว่าราคาส่งออกน้ำสับปะรด (บาท/ตัน) $X_8$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linear ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 9962.91 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

8. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_9$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_9$ ดังรูปที่ ข8




**รูปที่ ข8** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_9$

จากรูปที่ ข8 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_9$ ไม่มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง ดังนั้นทำการแปลงตัวแปรอิสระ $X_9$ ของตัวแบบการถดถอย ด้วยฟังก์ชัน Log , inverse เปรียบเทียบกับเมื่อไม่แปลงตัวแปรอิสระ $X_9$ (Linear) และเลือกใช้ฟังก์ชันการแปลงที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยที่สุด

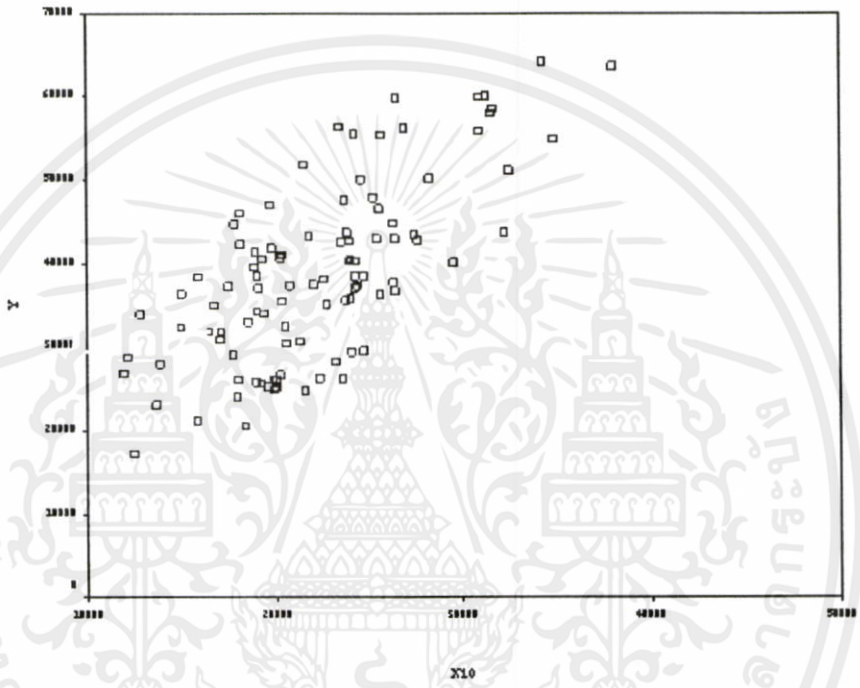
**ตารางที่ ข8** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_9$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .17002 | 9453.44812 |
| Log | .21059 | 9219.52605 |
| Inverse | .22276 | 9148.17971 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ ข8 แสดงว่าปริมาณการส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง (ตัน) $X_9$ จะกำหนดฟังก์ชันเป็น $X_9^{-1}$ แทนด้วยสัญลักษณ์ INV $X_9$ เนื่องจากตัวแบบ Inverse ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 9148.18 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

9. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{10}$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{10}$ ดังรูปที่ ข9




**รูปที่ ข9** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{10}$

จากรูปที่ ข9 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{10}$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

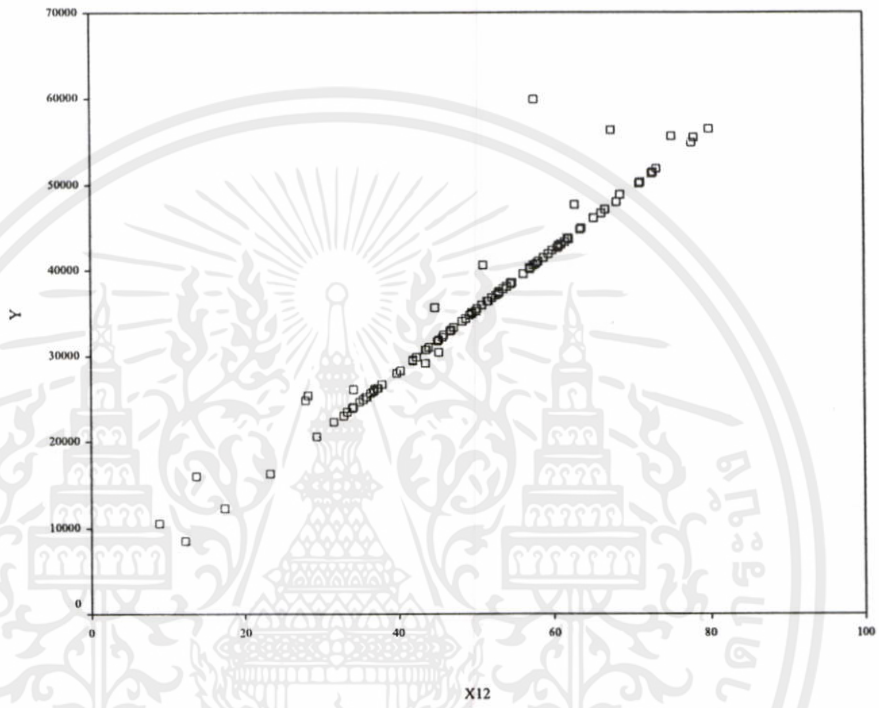
**ตารางที่ ข9** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{10}$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .00302 | 10360.95289 |
| Log | .00103 | 10371.32914 |
| Inverse | .00007 | 10376.29573 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข9 เป็นการสนับสนุนว่าราคาส่งออกสับปะรดแช่เย็นจนแข็ง (บาท/ตัน) $X_{10}$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linear ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 10360.95 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

10. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{12}$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{12}$ ดังรูปที่ ข10




**รูปที่ ข10** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{12}$

จากรูปที่ ข10 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{12}$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

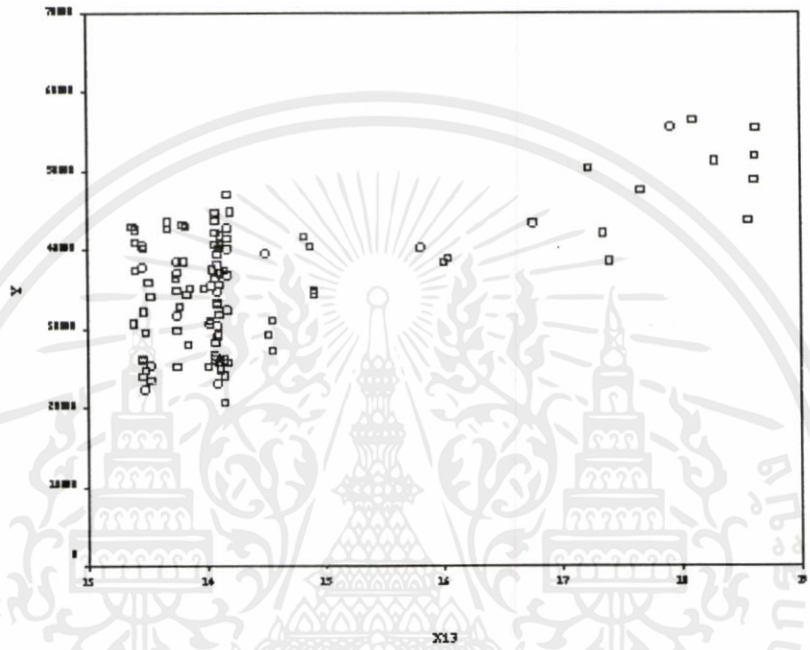
**ตารางที่ ข10** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{12}$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .94746 | 2378.50713 |
| Log | .83660 | 4194.58127 |
| Inverse | .54942 | 6965.39021 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข10 เป็นการสนับสนุนว่าอัตราการใช้กำลังการผลิตสับปะรดกระป๋อง (%) $X_{12}$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linear ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานประมาณ 2378.50 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

11. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{13}$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{13}$ ดังรูปที่ ข11




**รูปที่ ข11** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{13}$

จากรูปที่ ข11 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{13}$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

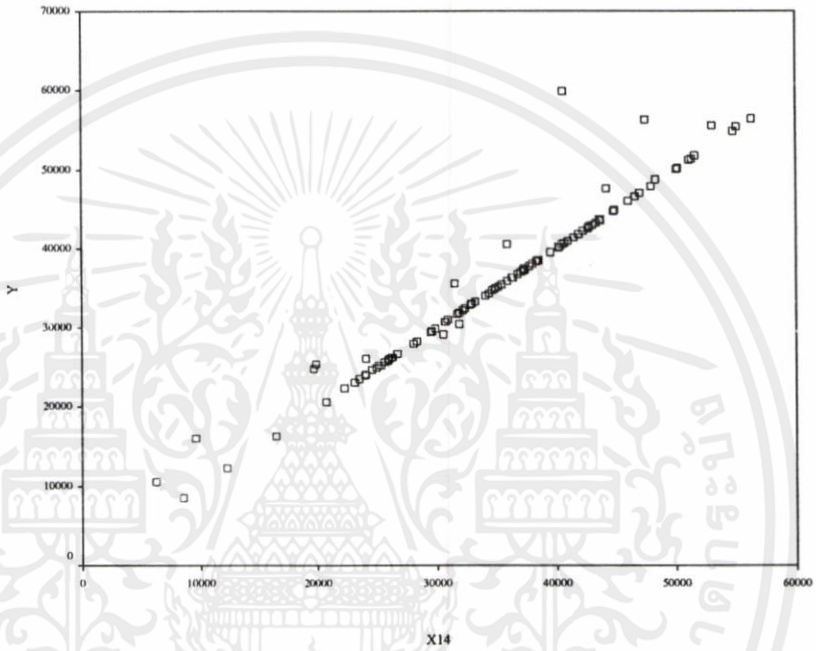
**ตารางที่ ข11** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{13}$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .20346 | 9261.09120 |
| Log | .20341 | 9261.34050 |
| Inverse | .20267 | 9265.65691 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข11 เป็นการสนับสนุนว่าราคาขายปลีกน้ำตาล (บาท/กิโลกรัม) $X_{13}$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linearให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานประมาณ 9261.09 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

12. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{14}$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{14}$ ดังรูปที่ ข12




**รูปที่ ข12** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{14}$

จากรูปที่ ข12 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{14}$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

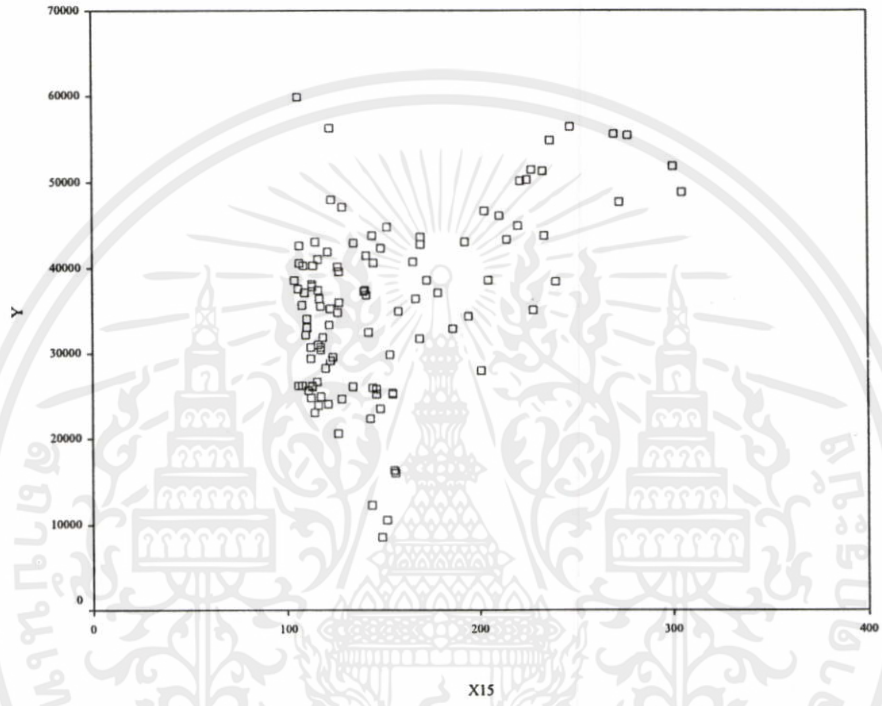
**ตารางที่ ข12** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{14}$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .94745 | 2378.83223 |
| Log | .83699 | 4189.51458 |
| Inverse | .55085 | 6954.29021 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข12 เป็นการสนับสนุนว่าปริมาณผลผลิตสับปะรดกระป๋อง (ตัน) $X_{14}$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linearให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานประมาณ 2378.83 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

13. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{15}$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{15}$ ดังรูปที่ ข13




**รูปที่ ข13** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{15}$

จากรูปที่ ข13 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{14}$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

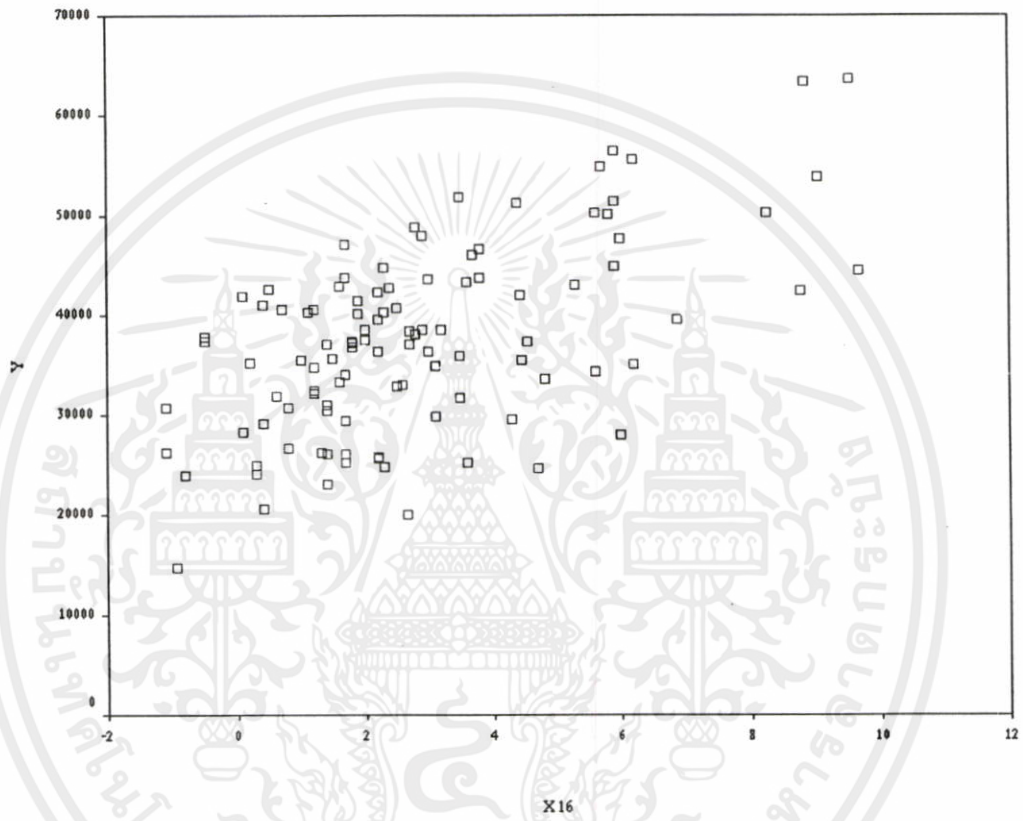
**ตารางที่ ข13** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{15}$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .22541 | 9132.60202 |
| Log | .18858 | 9347.15743 |
| Inverse | .14770 | 9579.71156 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข13 เป็นการสนับสนุนว่าดัชนีราคาสินค้าเกษตรที่เกษตรกรขายได้(%) $X_{15}$ ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linearให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานประมาณ 9132.60 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ

14. การตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{16}$ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{16}$ ดังรูปที่ ข15




**รูปที่ ข14** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_{16}$

จากรูปที่ ข14 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ $X_{14}$ มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง

**ตารางที่ ข14** ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม $Y$ กับตัวแปรอิสระ $X_{16}$

| Model | R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|
| Linear | .01509 | 10298.07567 |
| Log | .00227 | 10364.86599 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตารางที่ ข14 เป็นการสนับสนุนว่าอัตราเงินเฟ้อ (%) $X_{16}$ ไม่ควรแปลงฟังก์ชัน เนื่องจากตัวแบบ Linearให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานประมาณ 10298.08 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแปลงรูปแบบอื่น ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค.

**ข้อมูลการแบ่งกลุ่ม 2 กลุ่มวิธีของโกลด์เฟล็ด – ควอนด์ที่ใช้ในการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีค่าคงที่**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค1** แสดงการแบ่งข้อมูลกลุ่มที่ 1 ที่แบ่งโดยการเรียงตัวแปรอิสระ $X_8$

| Y | $X_8$ | $X_{11}$ | $X_{16}$ | $INVX_9$ | $LOGX_1$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 38428 | **9233.81** | 117.8 | 2.7 | 0.00195 | 4.34093 |
| 40286 | **21990.51** | 123.6 | 1.1 | 0.00132 | 4.27334 |
| 42648 | **22875.38** | 130.8 | 0.5 | 0.00153 | 4.27515 |
| 34101 | **23393.44** | 104.6 | 1.7 | 0.00119 | 4.28099 |
| 59969 | **23680.24** | 124.6 | 0.9 | 0.00206 | 3.98524 |
| 40570 | **23838.52** | 110.4 | 0.7 | 0.00234 | 4.30087 |
| 32246 | **24317.86** | 98.9 | 1.2 | 0.00132 | 4.27999 |
| 38588 | **24682.03** | 118.3 | 2 | 0.00116 | 4.30678 |
| 37464 | **25739.93** | 114.9 | 2 | 0.00141 | 4.30173 |
| 33001 | **25809.69** | 101.2 | 2.6 | 0.00119 | 4.31543 |
| 35606 | **26598.28** | 96.6 | 1.5 | 0.00165 | 4.31772 |
| 37789 | **26803.7** | 115.9 | -0.5 | 0.00279 | 4.38288 |
| 24795 | **26840.17** | 60.3 | 2.3 | 0.00177 | 4.30676 |
| 23158 | **26875.56** | 71 | 1.4 | 0.0012 | 4.33729 |
| 40220 | **27487.98** | 123.3 | 2.3 | 0.0013 | 4.31619 |
| 26126 | **27540.04** | 74 | 1.7 | 0.0026 | 4.35428 |
| 25706 | **27750.83** | 78.8 | 2.2 | 0.00209 | 4.33103 |
| 30404 | **27870.54** | 97.9 | 1.4 | 0.00121 | 4.32906 |
| 55380 | **27923.09** | 168.8 | 3.5 | 0.00149 | 4.32912 |
| 37163 | **27923.86** | 114 | 1.4 | 0.00133 | 4.30429 |
| 29507 | **27962.84** | 90.5 | 1.7 | 0.00146 | 4.36595 |
| 51832 | **28163.16** | 158.2 | 3.5 | 0.00121 | 4.33955 |
| 38130 | **28168.97** | 116.9 | 2.8 | 0.00113 | 4.31319 |
| 36331 | **28349.58** | 111.4 | 2.2 | 0.00149 | 4.33368 |
| 51264 | **28594.39** | 156.9 | 4.4 | 0.00152 | 4.35948 |
| 26329 | **28691.43** | 80.7 | 1.3 | 0.00202 | 4.35378 |
| 30977 | **28799.95** | 95 | 1.4 | 0.00115 | 4.33065 |
| 56374 | **28924.6** | 172.9 | 5.9 | 0.00134 | 4.35336 |
| 35473 | **29000.68** | 108.8 | 1 | 0.00097 | 4.34975 |
| 26337 | **29531.34** | 80.8 | 1.3 | 0.00218 | 4.32887 |
| 48797 | **29774.17** | 148.3 | 2.8 | 0.00171 | 4.33555 |
| 30674 | **30133.5** | 94.1 | 0.8 | 0.00275 | 4.34277 |
| 26231 | **30687.48** | 80.4 | -1.1 | 0.00518 | 4.38524 |
| 55592 | **31006.44** | 162.6 | 6.2 | 0.0012 | 4.35347 |
| 43787 | **31057.79** | 134.1 | 3.8 | 0.00197 | 4.34441 |
| 26753 | **31332.78** | 82 | 0.8 | 0.00202 | 4.33807 |
| 23996 | **31533.4** | 73.6 | -0.8 | 0.00455 | 4.40023 |
| 25013 | **31716.83** | 76.7 | 0.3 | 0.00181 | 4.35765 |
| 31926 | **32283.12** | 97.9 | 0.6 | 0.00168 | 4.36481 |
| 30758 | **32424.74** | 94.3 | -1.1 | 0.00435 | 4.41876 |
| 47571 | **33279.41** | 135.6 | 6 | 0.00157 | 4.36075 |
| 29158 | **34006.12** | 93.9 | 0.4 | 0.00154 | 4.38778 |
| 41912 | **35024.73** | 128.5 | 0.1 | 0.00124 | 4.38679 |
| 54799 | **35286.37** | 168.1 | 5.7 | 0.00079 | 4.35674 |
| 43039 | **35505.58** | 132 | -1.2 | 0.00295 | 4.41938 |
| 35257 | **35679.49** | 108.1 | 0.2 | 0.00151 | 4.39122 |
| 50221 | **35718.8** | 154 | 5.6 | 0.00108 | 4.36875 |
| 44871 | **36225.83** | 137.4 | 5.9 | 0.001 | 4.39382 |
| 51349 | **36242.4** | 157.5 | 5.9 | 0.00157 | 4.4104 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค1 (ต่อ)**

| Y | $X_8$ | $X_{11}$ | $X_{16}$ | $INVX_9$ | $LOGX_1$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 46620 | **36408.7** | 143 | 3.8 | 0.00103 | 4.39116 |
| 28340 | **36460.35** | 86.9 | 0.1 | 0.00181 | 4.40213 |
| 50086 | **36839.88** | 153.6 | 5.8 | 0.0014 | 4.41589 |

**ตารางที่ ค2** แสดงการแบ่งข้อมูลกลุ่มที่ 2 ที่แบ่งโดยการเรียงตัวแปรอิสระ $X_8$

| Y | X8 | X11 | X16 | INVX9 | LOGX1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 38495 | **36988.24** | 118.1 | 3.2 | 0.00064 | 4.37911 |
| 32931 | **37023.94** | 101 | 2.5 | 0.00158 | 4.37888 |
| 20707 | **37533.75** | 63.5 | 0.4 | 0.00169 | 4.38911 |
| 37111 | **37704.66** | 113.8 | 2.7 | 0.00137 | 4.38316 |
| 44730 | **38104.95** | 137.2 | 2.3 | 0.00208 | 4.36278 |
| 45978 | **38227.41** | 141 | 3.7 | 0.00064 | 4.38959 |
| 43291 | **38497.2** | 132.8 | 3.6 | 0.00091 | 4.37887 |
| 40497 | **38501.38** | 124.2 | 1.2 | 0.00175 | 4.36359 |
| 37287 | **38587.44** | 114.4 | 1.8 | 0.00261 | 4.36728 |
| 28054 | **38724.52** | 86 | 6 | 0.00218 | 4.39229 |
| 29883 | **38940.68** | 91.6 | 3.1 | 0.00216 | 4.40585 |
| 34419 | **39132.32** | 105.6 | 5.6 | 0.00238 | 4.40728 |
| 35003 | **39197.1** | 107.4 | 6.2 | 0.00189 | 4.40621 |
| 24090 | **39200.13** | 73.9 | 0.3 | 0.002 | 4.38816 |
| 37441 | **39343.32** | 114.8 | 1.8 | 0.00148 | 4.38008 |
| 38485 | **39661.93** | 118 | 2.9 | 0.0017 | 4.40426 |
| 43005 | **39671.81** | 131.9 | 5.3 | 0.00204 | 4.41381 |
| 32444 | **39730.68** | 99.3 | 1.2 | 0.00193 | 4.37184 |
| 42776 | **39855.51** | 131.2 | 2.4 | 0.00136 | 4.38356 |
| 42257 | **39857.59** | 129.6 | 2.2 | 0.0021 | 4.34923 |
| 40663 | **39982.45** | 124.7 | 2.5 | 0.0014 | 4.3836 |
| 37325 | **40082.42** | 114.5 | -0.5 | 0.00284 | 4.44472 |
| 25905 | **40359.3** | 79.4 | 2.2 | 0.0016 | 4.3831 |
| 25322 | **40456.99** | 77.7 | 3.6 | 0.00237 | 4.41685 |
| 47059 | **40589.13** | 144 | 1.7 | 0.00181 | 4.38101 |
| 42830 | **40772.84** | 131.2 | 1.6 | 0.00194 | 4.36841 |
| 41452 | **40876.26** | 127.1 | 1.9 | 0.00158 | 4.37549 |
| 34918 | **40924.77** | 107.1 | 3.1 | 0.00227 | 4.40948 |
| 31728 | **41052.88** | 97.3 | 3.5 | 0.00177 | 4.42377 |
| 36843 | **41080.59** | 113 | 1.8 | 0.00135 | 4.38687 |
| 40177 | **41096.78** | 123.2 | 1.9 | 0.00178 | 4.37667 |
| 43656 | **41495.8** | 133.9 | 3 | 0.00147 | 4.41281 |
| 26069 | **41615.31** | 79.9 | 1.4 | 0.00161 | 4.39921 |
| 36425 | **41686.65** | 111.7 | 3 | 0.00172 | 4.42535 |
| 43661 | **41868.86** | 133.8 | 1.7 | 0.002 | 4.37823 |
| 33303 | **41901.76** | 102.1 | 1.6 | 0.00339 | 4.39453 |
| 25421 | **41969.64** | 61 | 10.2 | 0.00364 | 4.44733 |
| 34739 | **42345.86** | 106.5 | 1.2 | 0.0036 | 4.40809 |
| 39559 | **42750.63** | 121.3 | 2.2 | 0.00254 | 4.38799 |
| 25193 | **43157.31** | 77.2 | 1.7 | 0.00133 | 4.39174 |
| 23542 | **43962.89** | 72.2 | 10.1 | 0.00345 | 4.44338 |
| 16375 | **44101.48** | 50.2 | 10.7 | 0.00395 | 4.48222 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค2 (ต่อ)**

| Y | $X_8$ | $X_{11}$ | $X_{16}$ | $INVX_9$ | $LOGX_1$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 41000 | **45379.29** | 125.7 | 0.4 | 0.00255 | 4.45093 |
| 29601 | **46177.04** | 90.8 | 4.3 | 0.00318 | 4.45797 |
| 47969 | **46588.98** | 147.1 | 2.9 | 0.00351 | 4.43893 |
| 56239 | **48367.62** | 145.7 | 1.6 | 0.00292 | 4.32283 |
| 25962 | **48964.57** | 79.6 | 9.5 | 0.00312 | 4.47413 |
| 24641 | **49435.81** | 75.6 | 4.7 | 0.00301 | 4.46242 |
| 15985 | **50202.97** | 29.7 | 10 | 0.00463 | 4.48666 |
| 12228 | **50441.09** | 37.5 | 5.9 | 0.00249 | 4.49479 |
| 35935 | **51538.82** | 110.2 | 3.5 | 0.0031 | 4.46381 |
| 8565 | **52033.6** | 26.3 | 7 | 0.00316 | 4.50107 |
| 10500 | **53443.71** | 19.1 | 7.6 | 0.00559 | 4.50623 |
| 22304 | **57409.91** | 68.4 | 8.6 | 0.00321 | 4.55035 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง.

การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเดือนมกราคม พ.ศ.2541

ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ง1** คำนวณ MSE ที่ได้จากการพยากรณ์ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2549 โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ

| เดือน | วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Y_i$ | $\hat{Y}_i$ | $e_i$ | $e_i^2$ |
| ม.ค.-41 | 22304 | 21614.98 | 689.0208 | 474749.68 |
| มี.ค.-41 | 25962 | 27522.92 | -1560.92 | 2436457.1 |
| เม.ย.-41 | 23542 | 26299.88 | -2757.88 | 7605901.4 |
| พ.ค.-41 | 25421 | 22443.25 | 2977.747 | 8866974.5 |
| มิ.ย.-41 | 16375 | 18215.5 | -1840.5 | 3387423 |
| ก.ค.-41 | 15985 | 12936.48 | 3048.517 | 9293453.3 |
| ส.ค.-41 | 10500 | 9453.315 | 1046.685 | 1095548.7 |
| ก.ย.-41 | 8565 | 9003.544 | -438.544 | 192320.4 |
| ต.ค.-41 | 12228 | 11564.81 | 663.1868 | 439816.73 |
| พ.ย.-41 | 24641 | 25281.49 | -640.49 | 410226.84 |
| ธ.ค.-41 | 29601 | 29891.1 | -290.097 | 84156.345 |
| ม.ค.-42 | 35935 | 36356.99 | -421.993 | 178077.78 |
| ก.พ.-42 | 47969 | 48775.93 | -806.929 | 651135.11 |
| มี.ค.-42 | 56239 | 52925.4 | 3313.603 | 10979963 |
| เม.ย.-42 | 41000 | 39394.94 | 1605.064 | 2576229.2 |
| พ.ค.-42 | 37325 | 35277.42 | 2047.579 | 4192577.9 |
| มิ.ย.-42 | 43039 | 41211.5 | 1827.5 | 3339757.6 |
| ก.ค.-42 | 30758 | 30195.18 | 562.8167 | 316762.65 |
| ส.ค.-42 | 26231 | 27893.49 | -1662.49 | 2763867.2 |
| ก.ย.-42 | 23996 | 24577.55 | -581.545 | 338195.03 |
| ต.ค.-42 | 37789 | 36381.15 | 1407.855 | 1982055.5 |
| ธ.ค.-42 | 40570 | 37789.12 | 2780.877 | 7733276.8 |
| ม.ค.-43 | 42648 | 44425.18 | -1777.18 | 3158376.9 |
| ก.พ.-43 | 59969 | 56568.66 | 3400.339 | 11562304 |
| มี.ค.-43 | 40286 | 42020.16 | -1734.16 | 3007322.1 |
| เม.ย.-43 | 32246 | 34216.82 | -1970.82 | 3884140.2 |
| พ.ค.-43 | 34101 | 35859.91 | -1758.91 | 3093758.9 |
| มิ.ย.-43 | 38588 | 39329.18 | -741.176 | 549342.4 |
| ก.ค.-43 | 37464 | 38903.21 | -1439.21 | 2071320.2 |
| ส.ค.-43 | 25706 | 27107.24 | -1401.24 | 1963468.8 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ง1 (ต่อ)**

| เดือน | วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Y_i$ | $\hat{Y}_i$ | $e_i$ | $e_i^2$ |
| ก.ย.-43 | 24795 | 21840.82 | 2954.183 | 8727197 |
| ต.ค.-43 | 26126 | 24860.04 | 1265.961 | 1602656.1 |
| พ.ย.-43 | 29507 | 28459.58 | 1047.42 | 1097088.1 |
| ธ.ค.-43 | 26329 | 26479.96 | -150.963 | 22789.773 |
| ม.ค.-44 | 26337 | 27960.55 | -1623.55 | 2635925.2 |
| ก.พ.-44 | 35606 | 32552.49 | 3053.505 | 9323894.1 |
| มี.ค.-44 | 37163 | 38583.03 | -1420.03 | 2016496.8 |
| เม.ย.-44 | 33001 | 33844.61 | -843.608 | 711674.04 |
| พ.ค.-44 | 38130 | 39357.3 | -1227.3 | 1506265.2 |
| มิ.ย.-44 | 40220 | 41183.96 | -963.961 | 929221.77 |
| ก.ค.-44 | 36331 | 36887.43 | -556.432 | 309616.21 |
| ส.ค.-44 | 30977 | 31235.88 | -258.883 | 67020.18 |
| ก.ย.-44 | 23158 | 22987.6 | 170.3978 | 29035.41 |
| ต.ค.-44 | 30404 | 32148.68 | -1744.68 | 3043909.5 |
| พ.ย.-44 | 35473 | 34496.12 | 976.8793 | 954293.23 |
| ธ.ค.-44 | 30674 | 32134.22 | -1460.22 | 2132253.6 |
| ม.ค.-45 | 26753 | 27889.73 | -1136.73 | 1292148.7 |
| ก.พ.-45 | 25013 | 24979.69 | 33.31259 | 1109.7287 |
| มี.ค.-45 | 31926 | 31471.77 | 454.2258 | 206321.07 |
| เม.ย.-45 | 29158 | 29209.18 | -51.182 | 2619.5992 |
| พ.ค.-45 | 41912 | 40079.69 | 1832.308 | 3357354 |
| มิ.ย.-45 | 35257 | 33773.28 | 1483.724 | 2201436.3 |
| ก.ค.-45 | 28340 | 26900.49 | 1439.514 | 2072201.5 |
| ส.ค.-45 | 24090 | 24077.38 | 12.61599 | 159.1632 |
| ก.ย.-45 | 20707 | 20143.01 | 563.9864 | 318080.66 |
| ต.ค.-45 | 26069 | 25798.27 | 270.7322 | 73295.946 |
| พ.ย.-45 | 34739 | 36086.71 | -1347.71 | 1816324.3 |
| ธ.ค.-45 | 33303 | 35130.46 | -1827.46 | 3339620.2 |
| ม.ค.-46 | 39559 | 40996.21 | -1437.21 | 2065559.5 |
| ก.พ.-46 | 40177 | 40948.08 | -771.076 | 594557.97 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ง1 (ต่อ)**

| เดือน | วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Y_i$ | $\hat{Y}_i$ | $e_i$ | $e_i^2$ |
| มี.ค.-46 | 47059 | 47300.3 | -241.297 | 58224.3 |
| เม.ย.-46 | 42830 | 43921.9 | -1091.9 | 1192236 |
| พ.ค.-46 | 41452 | 42006.25 | -554.247 | 307190.15 |
| มิ.ย.-46 | 43661 | 44567.75 | -906.754 | 822202.54 |
| ก.ค.-46 | 36843 | 36724.07 | 118.9314 | 14144.668 |
| ส.ค.-46 | 25905 | 26411.88 | -506.877 | 256924 |
| ก.ย.-46 | 25193 | 25326.36 | -133.358 | 17784.252 |
| ต.ค.-46 | 32444 | 33253.53 | -809.533 | 655344.07 |
| พ.ย.-46 | 37287 | 39018 | -1731 | 2996367.1 |
| ธ.ค.-46 | 37441 | 37478.12 | -37.1163 | 1377.6212 |
| ม.ค.-47 | 40497 | 41211.96 | -714.961 | 511169.17 |
| ก.พ.-47 | 42257 | 44491.45 | -2234.45 | 4992748.7 |
| มี.ค.-47 | 44730 | 46037.01 | -1307.01 | 1708287.8 |
| เม.ย.-47 | 40663 | 40709.64 | -46.6371 | 2175.0191 |
| พ.ค.-47 | 42776 | 42701.22 | 74.78491 | 5592.7828 |
| มิ.ย.-47 | 43656 | 42792.9 | 863.0969 | 744936.31 |
| ก.ค.-47 | 34918 | 35154.27 | -236.273 | 55824.945 |
| ส.ค.-47 | 29883 | 29914.33 | -31.3307 | 981.61527 |
| ก.ย.-47 | 25322 | 25583.69 | -261.695 | 68484.043 |
| ต.ค.-47 | 31728 | 30967.16 | 760.8382 | 578874.83 |
| พ.ย.-47 | 36425 | 35396.03 | 1028.97 | 1058779.9 |
| ธ.ค.-47 | 38485 | 38013.5 | 471.4952 | 222307.71 |
| ม.ค.-48 | 37111 | 36908.16 | 202.8385 | 41143.437 |
| ก.พ.-48 | 32931 | 33055.52 | -124.517 | 15504.553 |
| มี.ค.-48 | 38495 | 37727.86 | 767.1423 | 588507.32 |
| เม.ย.-48 | 43291 | 43095.28 | 195.7168 | 38305.062 |
| พ.ค.-48 | 45978 | 44931.93 | 1046.066 | 1094253.2 |
| มิ.ย.-48 | 46620 | 45648.36 | 971.6388 | 944081.9 |
| ก.ค.-48 | 43005 | 43122.49 | -117.491 | 13804.105 |
| ส.ค.-48 | 34419 | 35365.18 | -946.181 | 895258.88 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ง1 (ต่อ)**

| เดือน | วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Y_i$ | $\hat{Y}_i$ | $e_i$ | $e_i^2$ |
| ก.ย.-48 | 28054 | 29623.69 | -1569.69 | 2463919.5 |
| ต.ค.-48 | 35003 | 35657.21 | -654.209 | 427989.97 |
| พ.ย.-48 | 51349 | 50603.78 | 745.2175 | 555349.11 |
| ธ.ค.-48 | 50086 | 48987.39 | 1098.611 | 1206946.1 |
| ม.ค.-49 | 44871 | 44318.96 | 552.0388 | 304746.78 |
| ก.พ.-49 | 50221 | 50695.11 | -474.108 | 224778.57 |
| มี.ค.-49 | 54799 | 55408.48 | -609.48 | 371466.37 |
| เม.ย.-49 | 47571 | 45428.94 | 2142.062 | 4588428.1 |
| พ.ค.-49 | 55592 | 53701.6 | 1890.402 | 3573618.7 |
| มิ.ย.-49 | 56374 | 56730.81 | -356.805 | 127310.02 |
| ก.ค.-49 | 51264 | 51007.49 | 256.51 | 65797.354 |
| ส.ค.-49 | 43787 | 45095 | -1308 | 1710856.3 |
| ก.ย.-49 | 38428 | 36172.94 | 2255.062 | 5085305 |
| ต.ค.-49 | 48797 | 49259.67 | -462.673 | 214066.47 |
| พ.ย.-49 | 51832 | 51667.33 | 164.6704 | 27116.344 |
| ธ.ค.-49 | 55380 | 55802.98 | -422.98 | 178912.38 |
| ก.ย.-48 | 28054 | 29623.69 | -1569.69 | 2463919.5 |
| ต.ค.-48 | 35003 | 35657.21 | -654.209 | 427989.97 |
| พ.ย.-48 | 51349 | 50603.78 | 745.2175 | 555349.11 |
| ธ.ค.-48 | 50086 | 48987.39 | 1098.611 | 1206946.1 |
| ม.ค.-49 | 44871 | 44318.96 | 552.0388 | 304746.78 |
| ก.พ.-49 | 50221 | 50695.11 | -474.108 | 224778.57 |
| มี.ค.-49 | 54799 | 55408.48 | -609.48 | 371466.37 |
| *MSE* | | | | $MSE = \frac{\sum_{t=1}^{12} e_i^2}{12} = 1812344$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ง2** คำนวณ MSE ที่ได้จากการพยากรณ์ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2549 โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

| เดือน | วิธีโครงข่ายประสาทเทียม | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Y_i$ | $\hat{Y}_i$ | $e_i$ | $e_i^2$ |
| ม.ค.-41 | 22304 | 22763 | -459 | 210681 |
| มี.ค.-41 | 25962 | 30954 | -4992 | 24920064 |
| เม.ย.-41 | 23542 | 26152 | -2610 | 6812100 |
| พ.ค.-41 | 25421 | 22207 | 3214 | 10329796 |
| มิ.ย.-41 | 16375 | 16956 | -581 | 337561 |
| ก.ค.-41 | 15985 | 12337 | 3648 | 13307904 |
| ส.ค.-41 | 10500 | 11059 | -559 | 312481 |
| ก.ย.-41 | 8565 | 11770 | -3205 | 10272025 |
| ต.ค.-41 | 12228 | 14420 | -2192 | 4804864 |
| พ.ย.-41 | 24641 | 24995 | -354 | 125316 |
| ธ.ค.-41 | 29601 | 31113 | -1512 | 2286144 |
| ม.ค.-42 | 35935 | 37581 | -1646 | 2709316 |
| ก.พ.-42 | 47969 | 48788 | -819 | 670761 |
| มี.ค.-42 | 56239 | 44378 | 11861 | 140683321 |
| เม.ย.-42 | 41000 | 38329 | 2671 | 7134241 |
| พ.ค.-42 | 37325 | 36504 | 821 | 674041 |
| มิ.ย.-42 | 43039 | 39478 | 3561 | 12680721 |
| ก.ค.-42 | 30758 | 29770 | 988 | 976144 |
| ส.ค.-42 | 26231 | 24610 | 1621 | 2627641 |
| ก.ย.-42 | 23996 | 24360 | -364 | 132496 |
| ต.ค.-42 | 37789 | 37126 | 663 | 439569 |
| ธ.ค.-42 | 40570 | 39340 | 1230 | 1512900 |
| ม.ค.-43 | 42648 | 44805 | -2157 | 4652649 |
| ก.พ.-43 | 59969 | 47159 | 12810 | 164096100 |
| มี.ค.-43 | 40286 | 43434 | -3148 | 9909904 |
| เม.ย.-43 | 32246 | 37655 | -5409 | 29257281 |
| พ.ค.-43 | 34101 | 44587 | -10486 | 109956196 |
| มิ.ย.-43 | 38588 | 42365 | -3777 | 14265729 |
| ก.ค.-43 | 37464 | 38456 | -992 | 984064 |
| ส.ค.-43 | 25706 | 27738 | -2032 | 4129024 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ง2 (ต่อ)**

| เดือน | วิธีโครงข่ายประสาทเทียม | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Y_i$ | $\hat{Y}_i$ | $e_i$ | $e_i^2$ |
| ก.ย.-43 | 24795 | 22143 | 2652 | 7033104 |
| ต.ค.-43 | 26126 | 26058 | 68 | 4624 |
| พ.ย.-43 | 29507 | 31212 | -1705 | 2907025 |
| ธ.ค.-43 | 26329 | 29301 | -2972 | 8832784 |
| ม.ค.-44 | 26337 | 31538 | -5201 | 27050401 |
| ก.พ.-44 | 35606 | 35058 | 548 | 300304 |
| มี.ค.-44 | 37163 | 37731 | -568 | 322624 |
| เม.ย.-44 | 33001 | 32509 | 492 | 242064 |
| พ.ค.-44 | 38130 | 37095 | 1035 | 1071225 |
| มิ.ย.-44 | 40220 | 37410 | 2810 | 7896100 |
| ก.ค.-44 | 36331 | 34287 | 2044 | 4177936 |
| ส.ค.-44 | 30977 | 30316 | 661 | 436921 |
| ก.ย.-44 | 23158 | 24140 | -982 | 964324 |
| ต.ค.-44 | 30404 | 32163 | -1759 | 3094081 |
| พ.ย.-44 | 35473 | 35977 | -504 | 254016 |
| ธ.ค.-44 | 30674 | 31919 | -1245 | 1550025 |
| ม.ค.-45 | 26753 | 28676 | -1923 | 3697929 |
| ก.พ.-45 | 25013 | 27807 | -2794 | 7806436 |
| มี.ค.-45 | 31926 | 33192 | -1266 | 1602756 |
| เม.ย.-45 | 29158 | 32615 | -3457 | 11950849 |
| พ.ค.-45 | 41912 | 41368 | 544 | 295936 |
| มิ.ย.-45 | 35257 | 35161 | 96 | 9216 |
| ก.ค.-45 | 28340 | 28353 | -13 | 169 |
| ส.ค.-45 | 24090 | 24890 | -800 | 640000 |
| ก.ย.-45 | 20707 | 22436 | -1729 | 2989441 |
| ต.ค.-45 | 26069 | 28118 | -2049 | 4198401 |
| พ.ย.-45 | 34739 | 33604 | 1135 | 1288225 |
| ธ.ค.-45 | 33303 | 32931 | 372 | 138384 |
| ม.ค.-46 | 39559 | 37441 | 2118 | 4485924 |
| ก.พ.-46 | 40177 | 42740 | -2563 | 6568969 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง2 (ต่อ)

| เดือน | วิธีโครงข่ายประสาทเทียม | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Y_i$ | $\hat{Y}_i$ | $e_i$ | $e_i^2$ |
| มี.ค.-46 | 47059 | 41682 | 5377 | 28912129 |
| เม.ย.-46 | 42830 | 39573 | 3257 | 10608049 |
| พ.ค.-46 | 41452 | 40808 | 644 | 414736 |
| มิ.ย.-46 | 43661 | 39580 | 4081 | 16654561 |
| ก.ค.-46 | 36843 | 36025 | 818 | 669124 |
| ส.ค.-46 | 25905 | 26752 | -847 | 717409 |
| ก.ย.-46 | 25193 | 26968 | -1775 | 3150625 |
| ต.ค.-46 | 32444 | 34421 | -1977 | 3908529 |
| พ.ย.-46 | 37287 | 39843 | -2556 | 6533136 |
| ธ.ค.-46 | 37441 | 37444 | -3 | 9 |
| ม.ค.-47 | 40497 | 40120 | 377 | 142129 |
| ก.พ.-47 | 42257 | 41485 | 772 | 595984 |
| มี.ค.-47 | 44730 | 42836 | 1894 | 3587236 |
| เม.ย.-47 | 40663 | 40426 | 237 | 56169 |
| พ.ค.-47 | 42776 | 42012 | 764 | 583696 |
| มิ.ย.-47 | 43656 | 41222 | 2434 | 5924356 |
| ก.ค.-47 | 34918 | 35127 | -209 | 43681 |
| ส.ค.-47 | 29883 | 30629 | -746 | 556516 |
| ก.ย.-47 | 25322 | 26358 | -1036 | 1073296 |
| ต.ค.-47 | 31728 | 32845 | -1117 | 1247689 |
| พ.ย.-47 | 36425 | 38048 | -1623 | 2634129 |
| ธ.ค.-47 | 38485 | 39980 | -1495 | 2235025 |
| ม.ค.-48 | 37111 | 38931 | -1820 | 3312400 |
| ก.พ.-48 | 32931 | 37491 | -4560 | 20793600 |
| มี.ค.-48 | 38495 | 40850 | -2355 | 5546025 |
| เม.ย.-48 | 43291 | 44256 | -965 | 931225 |
| พ.ค.-48 | 45978 | 43841 | 2137 | 4566769 |
| มิ.ย.-48 | 46620 | 44502 | 2118 | 4485924 |
| ก.ค.-48 | 43005 | 43279 | -274 | 75076 |
| ส.ค.-48 | 34419 | 34975 | -556 | 309136 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ง2 (ต่อ)**

| เดือน | วิธีโครงข่ายประสาทเทียม | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $Y_i$ | $\hat{Y}_i$ | $e_i$ | $e_i^2$ |
| ก.ย.-48 | 28054 | 29350 | -1296 | 1679616 |
| ต.ค.-48 | 35003 | 35986 | -983 | 966289 |
| พ.ย.-48 | 51349 | 51450 | -101 | 10201 |
| ธ.ค.-48 | 50086 | 49310 | 776 | 602176 |
| ม.ค.-49 | 44871 | 47925 | -3054 | 9326916 |
| ก.พ.-49 | 50221 | 50500 | -279 | 77841 |
| มี.ค.-49 | 54799 | 50056 | 4743 | 22496049 |
| เม.ย.-49 | 47571 | 50301 | -2730 | 7452900 |
| พ.ค.-49 | 55592 | 54388 | 1204 | 1449616 |
| มิ.ย.-49 | 56374 | 55712 | 662 | 438244 |
| ก.ค.-49 | 51264 | 54989 | -3725 | 13875625 |
| ส.ค.-49 | 43787 | 51096 | -7309 | 53421481 |
| ก.ย.-49 | 38428 | 51801 | -13373 | 178837129 |
| ต.ค.-49 | 48797 | 50786 | -1989 | 3956121 |
| พ.ย.-49 | 51832 | 52111 | -279 | 77841 |
| ธ.ค.-49 | 55380 | 53530 | 1850 | 3422500 |
| ก.ย.-48 | 28054 | 29350 | -1296 | 1679616 |
| ต.ค.-48 | 35003 | 35986 | -983 | 966289 |
| พ.ย.-48 | 51349 | 51450 | -101 | 10201 |
| ธ.ค.-48 | 50086 | 49310 | 776 | 602176 |
| ม.ค.-49 | 44871 | 47925 | -3054 | 9326916 |
| ก.พ.-49 | 50221 | 50500 | -279 | 77841 |
| มี.ค.-49 | 54799 | 50056 | 4743 | 22496049 |
| *MSE* | | | | $MSE = \frac{\sum_{t=1}^{12} e_i^2}{12} = 10579057$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาวนิธิดา เกื้อกูลรัฐ |
| วัน เดือน ปีเกิด | 1 มกราคม 2523 ที่จังหวัดเพชรบุรี |
| ที่อยู่ | 2/8 ม.4 ต.บ้านหม้อ อ.เมือง จ.เพชรบุรี |
| ประวัติการศึกษา | |
| พ.ศ.2541 | สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| พ.ศ.2546 | ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้