

การวางแผนการผลิต กรณีศึกษา:การผลิตเครื่องปรับอากาศของ

บริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง

PRODUCTION PLANNING CASE STUDY: PRODUCTION OF AIR  
CONDITIONER IN AIR CONDITIONING INDUSTRIAL FACTORY.



สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์

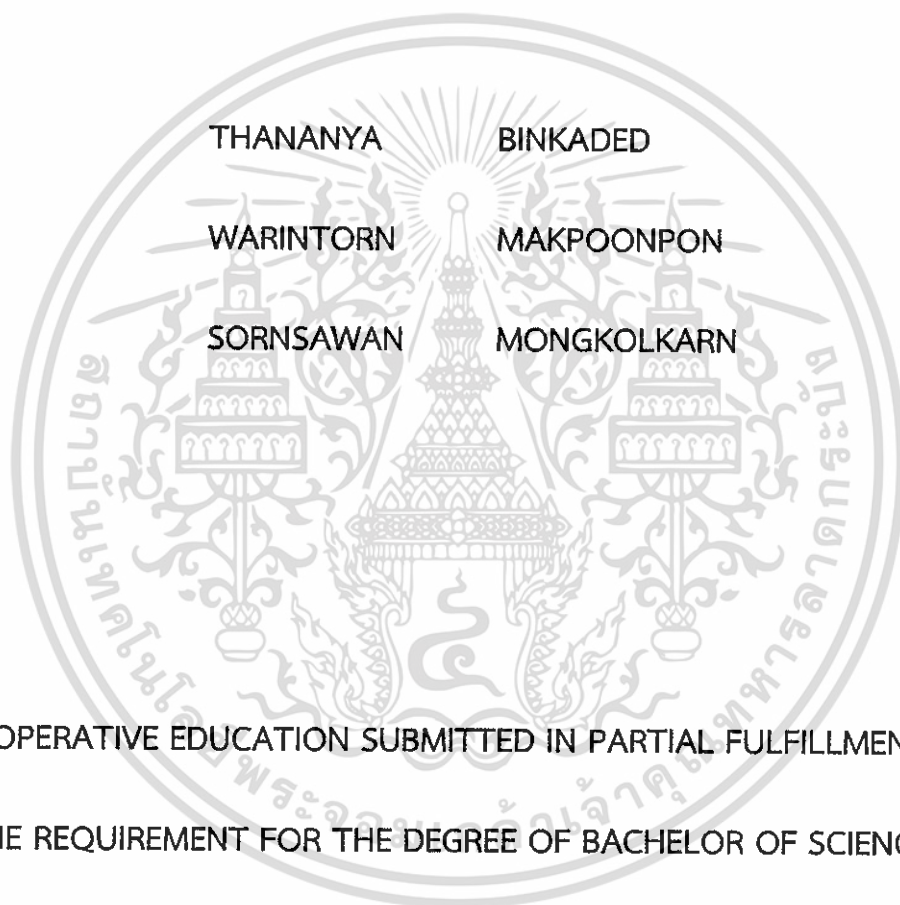
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCTION PLANNING CASE STUDY: PRODUCTION OF AIR  
CONDITIONER IN AIR CONDITIONING INDUSTRIAL FACTORY.



A COOPERATIVE EDUCATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN APPLIED STATISTICS

DEPARTMENT OF STATISTICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่สิ่งนี้หาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2017



หัวข้อสหกิจศึกษา	การวางแผนการผลิต กรณีศึกษาการผลิตเครื่องปรับอากาศของบริษัท ผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวธัญญา	บินกาเต็ด	57051117
	นางสาววรินธร	มากพูนผล	57051166
	นางสาวศรสวรรค์	มงคลการ	57051171
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2560		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ชานินทร์ ศรีสุวรรณภา		

#### บทคัดย่อ

สหกิจฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ยอดขายเครื่องปรับอากาศของ 4 โมเดล ประกอบด้วย โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL, โมเดล DDF-2000(STD), โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134, โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 ของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง โดยใช้ข้อมูลหุติยภูมิรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 รวมทั้งสิ้น 60 เดือน โดยวิธีที่นำมาใช้ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา วิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ โดยใช้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ในการคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสม

จากการเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ ทั้ง 3 วิธี พบว่าวิธีที่เหมาะสมสำหรับโมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL และโมเดล DDF-2000(STD) คือวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา วิธีที่เหมาะสมสำหรับโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 และโมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 คือวิธีวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Production planning case study: production of air conditioner in air conditioning industrial factory		
Students	MissThananya	Binkaded	57051117
	MissWarintorn	Makpoonpon	57051166
	MissSornsawan	mongkolkarn	57051171
Degree	Bachelor of Science (Applied Statistics)		
Department	Statistics		
Academic Year	2017		
Advisor	Dr.Chanin Srisuwannapa		

#### ABSTRACT

The purpose of this cooperative education is to find the appropriate statistical forecasting models for forecasting the demand amount of 4 air conditioner models of one well-know company such as ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL, DDF-2000(STD), AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134, and UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 model. In this study, monthly secondary data collected from a above mention company starting from January 2013 to December 2017 (60 months) were used to find forecasting models. The forecasting techniques employed by this cooperative education were Time series analysis, Multiple regression analysis, and Back-propagation neural networks, then mean square error (MSE) and mean absolute percentage error (MAPE) were used to choose the appropriate forecasting models. From comparing the results of three forecasting analysis, it was found that Time series analysis is the most appropriate forecasting method for ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL and DDF-2000(STD) model, and Multiple regression analysis is the most for AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 and UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 model.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

สหกิจศึกษาระดับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากความกรุณาของบุคคลหลายฝ่ายที่ให้ความช่วยเหลือ ความร่วมมือ ความเมตตากรุณา และความสนับสนุนของหลายๆฝ่าย ซึ่งทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกๆท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณอรุณพันธ์ จันทรภานต์สกุล ผู้จัดการฝ่ายโรงงาน ,คุณธันวา ธนูปกรณ์ วิศวกรวางแผนการผลิต (พี่เลี้ยง) และเจ้าหน้าที่ทุกคนในแผนกฝ่ายการผลิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการรวบรวมข้อมูลเป็นไปอย่างครบถ้วนและสะดวก รวมถึงให้ความรู้ คำแนะนำในด้านต่างๆ ข้อคิดในการดำเนินชีวิต ความเมตตาและดูแลตลอดเวลา 4 เดือนสำหรับการทำสหกิจ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ชานินทร์ ศรีสุวรรณภกา อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์วราพร เหลือสินทรัพย์ คณะกรรมการ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำและแนวทางต่างๆอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง รวมถึงตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆทำให้สหกิจศึกษาระดับนี้สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ในภาควิชาสถิติทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และความกรุณาให้คำแนะนำต่างๆมาโดยตลอด ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สาขาสถิติทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำสหกิจศึกษาครั้งนี้

กราบของพระคุณบิดามารดาผู้ให้กำเนิด ซึ่งท่านได้วางรากฐานในชีวิต พื้นฐานความรู้ให้ผู้จัดทำมีความเชื่อมั่นในสิ่งที่ถูกต้องและเป็นกำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอมา อันเป็นแนวทางไปสู่ความสำเร็จของผู้จัดทำ

ขอขอบคุณ พลิสฐู กุลปวโรภาสที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ผล ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆน้องๆสาขาสถิติประยุกต์ทุกคน ที่ช่วยให้กำลังใจและคอยให้คำแนะนำมาโดยตลอด

ขอขอบคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ความร่วมมือและอำนวยความสะดวก จนสหกิจศึกษานี้สัมฤทธิ์ผลได้ด้วยดีทุกประการ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสหกิจศึกษาระดับนี้จะพียงมีคุณค่าและประโยชน์ต่องานที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอมอบความดีนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือมาด้วยดี

ธัญญา บินกาเต็ด

วรินทร์ มากพูนผล

ศรสวรรค์ มงคลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา	3
2.1.1 การทดสอบแนวโน้ม	3
1.การทดสอบแนวโน้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์	3
2. การทดสอบแนวโน้มแบบใช้พารามิเตอร์	6
2.1.2 การทดสอบอติพลฤดูกาล	8
1.การทดสอบอติพลฤดูกาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์	8
2.การทดสอบอติพลฤดูกาลแบบใช้พารามิเตอร์	8
2.1.3 วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา	9
1.วิธีแยกส่วนประกอบ(Decomposition Method)	9
2.เทคนิคการปรับให้เรียบ	12
3.วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.4 การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์	20
2.1.4.1 วิธีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง	20
2.1.4.2 วิธีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย	21
2.2 การวิเคราะห์การถดถอย	21
2.2.1 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอย	21
2.2.2 ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ในการวิเคราะห์การถดถอย	22
2.2.3 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดียว	22
2.2.4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ	24
2.2.4.1 การเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปร	26
2.2.4.2 การเลือกตัวแปรโดยวิธีลดตัวแปร	26
2.2.4.3 การเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน	26
2.2.4.4 การเลือกตัวแปรโดยวิธีนำตัวแปรเข้าทั้งหมด	27
2.2.5 ข้อแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล	27
2.3 วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ	28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 ลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล	42
3.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	42
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	43
3.3.1 วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา	43
3.3.2 วิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ	43
3.3.3 วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ	44
3.4 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 สรุปผลการวิจัย	46
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์</b>	
4.1 วิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา	47
4.1.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL	47
4.1.1.1 ผลการทดสอบแนวโน้ม	48
4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา	48
4.1.1.3 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ	50
4.1.2 โมเดล DDF-2000(STD)	51
4.1.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	52
4.1.3.1 ผลการทดสอบแนวโน้ม	52
4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา	53
4.1.1.3 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ	55
4.1.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	56
4.2 วิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ	57
4.2.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCA	57
4.2.1.1 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ	57
4.2.1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5ตัวแปร	58
4.2.2 โมเดล DDF-2000(STD)	59
4.2.2.1 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ	59
4.2.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5ตัวแปร	60
4.2.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	62
4.2.3.1 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ	62
4.2.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 3ตัวแปร	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	65
4.2.3.1 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ	65
4.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร	65
4.3 วิธีการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม	67
4.3.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCA	67
4.3.2 โมเดล DDF-2000(STD)	71
4.3.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	74
4.3.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	77
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์	81
5.1.1 จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลา	81
5.1.1.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL	81
5.1.1.2 โมเดล DDF-2000(STD)	81
5.1.1.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	82
5.1.1.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	82
5.1.2 จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ	83
5.1.2.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL	83
5.1.2.2 โมเดล DDF-2000(STD)	84
5.1.2.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	84
5.1.2.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	85
5.1.3 จากการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ	85
5.1.3.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL	85
5.1.3.2 โมเดล DDF-2000(STD)	86
5.1.3.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.3.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	87
5.2 ข้อเสนอแนะ	87
บรรณานุกรม	88
ภาคผนวก	89



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่า MSE ที่ได้จากการคำนวณสมการแนวโน้ม 3 แบบ	48
4.2 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(0,1,1)	50
4.3 การทดสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน	50
4.4 ค่า MSE ที่ได้จากการคำนวณสมการแนวโน้ม 3 แบบ	52
4.5 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,0)	55
4.6 การทดสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน	55
4.7 การคัดเลือกตัวแบบโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน	57
4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปร	58
4.9 การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ	58
4.10 ค่า Durbin-Watson และ $R^2$	59
4.11 การคัดเลือกตัวแบบโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน	60
4.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปร	61
4.13 การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ	61
4.14 ค่า Durbin-Watson และ $R^2$	62
4.15 การคัดเลือกตัวแบบโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน	62
4.16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร	63
4.17 การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ	64
4.18 ค่า Durbin-Watson และ $R^2$	64
4.19 การคัดเลือกตัวแบบโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน	65
4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร	66
4.21 การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ	66
4.22 ค่า Durbin-Watson และ $R^2$	67
4.23 ค่า RMSE ของ ACL-60 Taining time=50000	67
4.24 ค่า RMSE ของ DDF-2000 Taining time=50000	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.25 ค่า RMSE ของ AFV Taining time=40000	74
4.26 ค่า RMSE ของ UFV Taining time=20000	77
5.1 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL	81
5.2 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล DDF-2000(STD)	82
5.3 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	82
5.4 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	83
5.5 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL	83
5.6 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล DDF-2000(STD)	84
5.7 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	85
5.8 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	85
5.9 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL	86
5.10 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล DDF-2000(STD)	86
5.11 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	86
5.12 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
2.1	โครงข่ายประสาทมนุษย์	29
2.2	รูปแบบของเซลล์ประสาท	30
2.3	โครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งหน่วยแบบหลายอินพุต	31
2.4	โครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งชั้น	31
2.5	โครงข่ายประสาทเทียมแบบหนึ่งชั้นในรูปแบบย่อ	32
2.6	เมทริกซ์น้ำหนัก (W)	33
2.7	สถาปัตยกรรมของเครือข่ายป้อนไปหน้า (Feedforward Network)	33
2.8	สถาปัตยกรรมของเครือข่ายป้อนไปกลับ (Feedback Network)	34
2.9	สถาปัตยกรรมเปอร์เซ็ปตรอน	34
2.10	เครือข่ายแพร่กระจายย้อนกลับในรูปแบบป้อนไปหน้า (Feed Forward)	36
2.11	แสดงโครงข่ายภายในของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ	37
4.1	ข้อมูลโมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL	47
4.2	อนุกรมเวลาโมเดล ACL-60 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง	48
4.3	คอเรลโรแกรม ACF ที่ได้จากการหาผลต่างของอนุกรมเวลาโมเดล ACL-60	49
4.4	คอเรลโรแกรม PACF ที่ได้จากการหาผลต่างของอนุกรมเวลาโมเดล ACL-60	49
4.5	ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์โมเดล DDF-2000(STD) โดยวิธีแยกส่วนประกอบ	51
4.6	ข้อมูลโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134	52
4.7	อนุกรมเวลาโมเดล AFV-25F ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง	53
4.8	คอเรลโรแกรม ACF ที่ได้จากการหาผลต่างของอนุกรมเวลาโมเดล AFV-25F	54
4.9	คอเรลโรแกรม PACF ที่ได้จากการหาผลต่างของอนุกรมเวลาโมเดล AFV-25F	54
4.10	ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์โมเดล UFV-25F โดยวิธีแยกส่วนประกอบ	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสภาวะปัญหาเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ทำให้กลุ่มอุตสาหกรรมที่ดำเนินการอยู่ต้องมีการแข่งขันกันสูงขึ้น ดังนั้นทางองค์กรจึงต้องหาแนวทางในการนำกลยุทธ์ต่างๆมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ซึ่งในกลุ่มเครื่องปรับอากาศนั้น สามารถแบ่งออกได้หลายประเภทซึ่งขึ้นอยู่กับการนำความเย็นไปใช้ประโยชน์ในด้านใด เช่น ในกลุ่มอุตสาหกรรมแช่เย็น หรือการใช้เครื่องปรับอากาศในการทำน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องจักรในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ รวมทั้งในการนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน โดยมีผู้ประกอบการทางด้านเครื่องปรับอากาศจำนวนมาก ซึ่งในแต่ละองค์กรก็จะมีกลยุทธ์ในการสร้างความน่าเชื่อถือ เพื่อสามารถจัดจำหน่ายได้ในจำนวนมาก

ในอดีตการแข่งขันในเรื่องประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศนั้น อาจมีส่วนสำคัญในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศ แต่ในปัจจุบันนอกจากเรื่องประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปรับอากาศแล้วยังมีปัจจัยอย่างอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง กล่าวคือ การบริการหลังการขาย ซึ่งเข้ามามีส่วนสำคัญต่อการเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน หากบริษัทใดที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีคุณภาพและรวดเร็ว ก็จะทำให้บริษัทนั้นได้เปรียบในการแข่งขัน ดังนั้นหนึ่งในกลยุทธ์ของการแข่งขันด้านบริการก็คือ การมีอะไหล่ที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งก็คือการจัดการอะไหล่ให้มีความเหมาะสม

นอกจากจะทำการจำหน่ายเครื่องปรับอากาศ แล้วยังมีการบริการหลังการขายเพื่อคอยรองรับการขายเครื่องปรับอากาศของบริษัท ซึ่งมียอดจำหน่ายเพิ่มขึ้นในแต่ละปี และมีเครื่องปรับอากาศที่พัฒนาในแต่ละปี ซึ่งมีหลายรุ่นให้เลือกซื้อ ทั้งนี้จากการที่บริษัทมียอดจำหน่ายที่เพิ่มขึ้น และมีเครื่องปรับอากาศหลายแบบ เป็นผลให้ต้องเตรียมความพร้อมในด้านอะไหล่ของเครื่องปรับอากาศ นั่นคือเราอาจพบปัญหาในเรื่องของการพยากรณ์ที่ไม่ตรงตามความต้องการลูกค้า ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนและล่าช้าซึ่งทำให้มีความเสี่ยงมากขึ้นตามไปด้วย เพื่อให้การบริการหลังการขายมีความพร้อมสำหรับการให้บริการ จึงจำเป็นต้องมีอะไหล่ให้เพียงพอไม่ว่าจะเป็นรุ่นเก่า หรือรุ่นปัจจุบันที่อยู่ในระหว่างการจำหน่ายเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

การจัดการระดับปริมาณอะไหล่ให้มีความเหมาะสมนั้น มีความสำคัญมากต่อต้นทุนของ

บริษัท ซึ่งความต้องการของลูกค้าก็คือ ความรวดเร็ว และคุณภาพในการให้บริการ ดังนั้นเพื่อเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดความเสี่ยงที่อาจเกิดจากการไม่อะไหล่ ซึ่งจะทำให้การส่งมอบงานเกิดความล่าช้า ทำให้เกิดความเสียหายกับบริษัท หรือการเก็บอะไหล่ไว้มากเกินความจำเป็นทำให้เกิดความสูญเสียโอกาสทางด้านการเงินที่จะต้องมาใช้ในการเก็บอะไหล่ที่เกินความต้องการ รวมถึงเกิดความเสียหายที่จะเกิดความสูญเสียจากการเสื่อมสภาพของอะไหล่ที่ตกรุ่นไปแล้ว เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการเก็บอะไหล่ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการบริหารจัดการอะไหล่ให้เหมาะสม และสามารถวางแผนในการเก็บอะไหล่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หากบริษัทมีการจัดการดำเนินงานทางด้านอะไหล่ที่ดี มีประสิทธิภาพ นอกจากจะสามารถลดต้นทุนการจัดเก็บอะไหล่แล้ว ก็จะทำให้สามารถตอบสนองในการเข้าซ่อมบำรุง หรือแก้ไขเครื่องปรับอากาศได้อย่างทันที ซึ่งเป็นการสนับสนุนฝ่ายขายได้เป็นอย่างดี และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการได้อย่างรวดเร็ว ตลอดจนสามารถสร้างความประทับใจในการให้บริการของบริษัทได้ จึงเกิดเป็นแนวคิดในการทำวิจัยนี้เพื่อการวางแผนการผลิต ซึ่งการพยากรณ์ที่ได้มาจะเป็นส่วนช่วยในการตัดสินใจในการวางแผนที่เหมาะสม

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมในการวางแผนการผลิต กรณีศึกษา: การผลิตเครื่องปรับอากาศ

2. เพื่อเปรียบเทียบและเลือกตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์การวางแผนการผลิต กรณีศึกษา: การผลิตเครื่องปรับอากาศ

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากการเก็บข้อมูลของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง โดยใช้ข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 รวมทั้งสิ้น 60 เดือน สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจะเป็นข้อมูลปริมาณยอดขายของเครื่องปรับอากาศ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การวางแผนการผลิต กรณีศึกษา: การผลิตเครื่องปรับอากาศ

2. สามารถลดปริมาณการจัดเก็บและต้นทุนที่เกิดจากการจัดเก็บอะไหล่

3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าวิจัยในกรณีอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยเรื่องการวางแผนการผลิต กรณีศึกษาการผลิตเครื่องปรับอากาศ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาบทความทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆโดยประกอบไปด้วยรายละเอียดในหัวข้อดังต่อไปนี้

#### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series)

###### 2.1.1 การทดสอบแนวโน้ม

###### 1.การทดสอบแนวโน้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

การทดสอบแนวโน้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ที่จะกล่าวถึง ได้แก่ การทดสอบแบบวิ่ง(Run Test) การทดสอบแบบจุดกลับ(Turning Point Test) การทดสอบแบบเครื่องหมาย(Sign Test) การทดสอบของ Daniel (Daniel's Test) และการทดสอบของ Kendell (Kendell's Tau Test) ตัวทดสอบสำหรับแต่ละการทดสอบจะแตกต่างกันเมื่อขนาดของอนุกรมเวลาแตกต่างกัน

###### 1.1 การทดสอบแบบวิ่ง

การทดสอบแบบวิ่ง เป็นการทดสอบแนวโน้ม โดยพิจารณาค่าสังเกตในอนุกรมเวลาเปรียบเทียบกับค่ามัธยฐาน(ค่าเฉลี่ย)ของอนุกรมเวลา แล้วพิจารณาว่าจำนวนค่าสังเกตที่สูงกว่าค่ามัธยฐาน(ค่าเฉลี่ย) และจำนวนค่าสังเกตที่ต่ำกว่าค่ามัธยฐาน(ค่าเฉลี่ย) การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

###### 1. กำหนด $H_0$ และ $H_1$

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลามีแนวโน้ม

###### 2. ตัวสถิติ

$R$  = จำนวนตอนของเครื่องหมายบวกและลบ จะเป็นบวกถ้าค่าสังเกตสูงกว่าค่ามัธยฐาน(ค่าเฉลี่ย) และจะเป็นลบถ้าค่าสังเกตต่ำกว่าค่ามัธยฐาน(ค่าเฉลี่ย)

###### 3. เกณฑ์การตัดสินใจ เมื่อ

$$m = \begin{cases} \frac{n}{2} & \text{เมื่อ } n \text{ เป็นเลขคู่} \\ \frac{n-1}{2} & \text{เมื่อ } n \text{ เป็นเลขคี่} \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 สำหรับอนุกรมเวลาขนาดเล็ก  $m \leq 20$  มีบริเวณวิกฤติเป็นบริเวณวิกฤติ คือ  $R \geq R_U$  หรือ  $R \leq R_L$  ค่า  $R_U$  และ  $R_L$  ที่  $m$  และ  $\alpha$  เป็นค่าวิกฤติที่ได้จากตารางสถิติที่ 1

3.2 สำหรับอนุกรมเวลาขนาดใหญ่  $m > 20$  ใช้ตัวสถิติ

$$Z = \frac{(R - \mu_R)}{\sigma_R}$$

เมื่อ  $\mu_R = m+1$ ,  $\sigma_R = \sqrt{\frac{m(m-1)}{2m-1}}$  มีบริเวณวิกฤติเป็นบริเวณวิกฤติ คือ  $Z \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}$  และ  $Z \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$  ซึ่ง  $Z_{\frac{\alpha}{2}}$  เป็นค่าวิกฤติที่ได้จากตาราง Z

## 1.2 การทดสอบแบบจุดกลับ

การทดสอบแบบจุดกลับ เป็นการทดสอบแนวโน้มโดยพิจารณาค่าสังเกตในอนุกรมเวลาว่ามี การเปลี่ยนแปลงจากการมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลดลงหรือจากการมีค่าลดลงเป็นเพิ่มขึ้นมากครั้งเท่าใด ซึ่ง การเปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดจุดกลับบนกราฟ ตัวสถิติจะขึ้นกับจำนวนจุดกลับบนกราฟ กรณีที่จุดกลับของ กราฟมีน้อยจะเป็นกรณีอนุกรมเวลามีแนวโน้มซึ่งอาจจะเป็นแบบขึ้นหรือแบบลง การทดสอบมี ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด  $H_0$  และ  $H_1$

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลามีแนวโน้ม

2. ตัวสถิติ

$U$  = จำนวนจุดกลับของเครื่องหมายในอนุกรมเวลา

3. เกณฑ์การตัดสินใจเมื่ออนุกรมเวลามีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่  $n > 10$  ใช้ตัวสถิติทดสอบ

$$Z = \frac{(U - \mu_U)}{\sigma_U}$$

เมื่อ  $\mu_U = \frac{2(n-2)}{3}$ ,  $\sigma_U = \sqrt{\frac{16n-29}{90}}$  มีบริเวณวิกฤติเป็นบริเวณวิกฤติ คือ  $Z \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}$  และ  $Z \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

## 1.3 การทดสอบแบบเครื่องหมาย

การทดสอบแบบเครื่องหมายเป็นการทดสอบแนวโน้มที่พิจารณาว่าค่าสังเกตที่อยู่ติดกัน มีค่า ต่างกันทางบวกหรือทางลบ นั่นคือพิจารณาว่าค่าสังเกต  $Y_t$  มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า  $Y_{t-1}$  ซึ่ง พิจารณาได้จากเครื่องหมายของผลต่างครั้งที่หนึ่ง  $Y_t - Y_{t-1}$  ว่าเป็นบวกหรือลบ กรณีที่ผลต่างเป็น บวกมากครั้งหรือเป็นลบมากครั้ง เป็นผลจากการที่อนุกรมเวลามีแนวโน้มขึ้นหรือแนวโน้มลง การ ทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.กำหนด  $H_0$  และ  $H_1$

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลามีแนวโน้ม

2.ตัวสถิติ

$V$  = จำนวนผลต่างครั้งที่หนึ่ง ( $Y_t - Y_{t-1}$ ) ของอนุกรมเวลาที่เป็นบวก

3.เกณฑ์การตัดสินใจเมื่ออนุกรมเวลามีขนาดใหญ่  $n > 20$  ใช้ตัวสถิติทดสอบ

$$Z = \frac{(V - \mu_V)}{\sigma_V}$$

เมื่อ  $\mu_V = \frac{n}{2}$ ,  $\sigma_V = \sqrt{\frac{n}{4}}$  มีบริเวณวิกฤติเป็นบริเวณวิกฤติ คือ  $Z \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}$  และ  $Z \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

1.4 การทดสอบของ Daniel

การทดสอบของ Daniel เป็นการทดสอบแนวโน้มที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Spearman ( $r_s$ ) ซึ่งเป็นค่าวัดสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร แต่ละตัวแปรมีค่าแทนลำดับ (rank) ของค่าสังเกตหรือแปลงค่าสังเกตเป็นลำดับแล้ว กรณีที่อนุกรมเวลามีแนวโน้มขึ้นหรือลง ค่า  $r_s$  จะมีค่าเข้าใกล้ 1 หรือ -1 การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1.กำหนด  $H_0$  และ  $H_1$

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลามีแนวโน้ม

2.ตัวสถิติ

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_t^2}{n(n^2 - 1)}$$

เมื่อ  $d_t = t -$  ลำดับที่ของ  $Y_t = t - R(Y_t)$

3.เกณฑ์การตัดสินใจ

3.1 สำหรับอนุกรมเวลาขนาดเล็ก  $n \leq 30$  มีบริเวณวิกฤติเป็น

บริเวณวิกฤติคือ  $r_s \leq -r_{\frac{\alpha}{2}}$  และ  $r_s \geq r_{\frac{\alpha}{2}}$

ซึ่ง  $r_{\frac{\alpha}{2}}$  ที่  $n$  และ  $\alpha$  เป็นค่าวิกฤติที่ได้จากตารางที่ 2

3.2 สำหรับอนุกรมเวลามีขนาดใหญ่  $n \geq 30$  ใช้ตัวสถิติทดสอบ

$$Z = \frac{(r_s - \mu_{r_s})}{\sigma_{r_s}}$$

เมื่อ  $\mu_{r_s} = 0$ ,  $\sigma_{r_s} = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$  มีบริเวณวิกฤติเป็นบริเวณวิกฤติ คือ  $Z \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}$  และ  $Z \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 การทดสอบของ Kendall

การทดสอบของ Kendall เป็นการทดสอบแนวโน้มที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์  $r$  ของ Kendall การทดสอบจะพิจารณาจำนวน  $\frac{n(n-1)}{2}$  คู่ของค่าสังเกตสำหรับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มขึ้น ค่าสังเกตจะมีค่ามากกว่าค่าก่อนหน้าและมีค่าน้อยกว่าที่ตามมา คู่เพิ่มขึ้น (Upward Pair) หมายถึงคู่ที่ค่าหลังมากกว่าค่าหน้า และคู่ลดลง (Downward Pair) หมายถึงคู่ที่ค่าหน้ามากกว่าค่าหลัง กำหนดให้  $N_u$  จำนวนคู่ที่เพิ่มขึ้น และ  $N_d$  จำนวนคู่ลดลง สำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้ม  $N_u$  และ  $N_d$  จะมีค่าไม่ต่างกัน อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มขึ้นจะมี  $N_u$  มากกว่า  $N_d$  และอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มลงจะมี  $N_u$  น้อยกว่า  $N_d$  ซึ่ง  $N_u + N_d = \frac{n(n-1)}{2}$

การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด  $H_0$  และ  $H_1$

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลามีแนวโน้ม

2. ตัวสถิติ

$$\begin{aligned} r &= \frac{N_u - N_d}{\frac{n(n-1)}{2}} \\ &= \frac{1 - 4N_d}{n(n-1)} \\ &= \frac{4N_u}{n(n-1)} - 1 \end{aligned}$$

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

3.1 สำหรับอนุกรมเวลาขนาดเล็ก  $n \leq 10$  มีบริเวณวิกฤตเป็น

$$\text{บริเวณวิกฤตคือ } \tau \leq -T_{\frac{\alpha}{2}} \text{ และ } \tau \geq T_{\frac{\alpha}{2}}$$

ซึ่ง  $T_{\frac{\alpha}{2}}$  ที่  $n$  และ  $\alpha$  เป็นค่าวิกฤตที่ได้จากตารางสถิติที่ 3

3.2 สำหรับอนุกรมเวลามีขนาดใหญ่  $n \geq 10$  ใช้ตัวสถิติทดสอบ

$$Z = \frac{(\tau - \mu_\tau)}{\sigma_\tau}$$

เมื่อ  $\mu_\tau = 0$ ,  $\sigma_\tau = \sqrt{\frac{2(2n+5)}{9n(n-1)}}$  มีบริเวณวิกฤตเป็นบริเวณวิกฤต คือ  $Z \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}$  และ  $Z \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

2. การทดสอบแนวโน้มแบบใช้พารามิเตอร์

การทดสอบแนวโน้มแบบใช้พารามิเตอร์ที่จะกล่าวถึง ได้แก่ การทดสอบของ Von Neumann (Von Neumann's Ratio Test หรือ Mean Square Successive Difference Test) และการทดสอบของ Box และ Pierce (Box and Pierce's Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1 การทดสอบของ Von Neumann

การทดสอบของ Von Neumann เป็นการทดสอบอนุกรมเวลาว่ามีแนวโน้มหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่าสังเกตในอนุกรมเวลาที่อยู่ติดกันว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด  $H_0$  และ  $H_1$

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม

$H_1$  : อนุกรมเวลามีแนวโน้ม

2. ตัวสถิติ

$$M = \frac{SS_{\Delta Y}}{SS_{YY}}$$

$$\text{เมื่อ } \frac{SS_{\Delta Y}}{SS_{YY}} = \frac{\sum(\Delta Y_t)^2}{\sum(Y_t - \bar{Y})^2} = \frac{\sum(Y_t - Y_{t-1})^2}{\sum(Y_t - \bar{Y})^2}$$

3. เกณฑ์การตัดสินใจ กำหนดบริเวณวิกฤติ

บริเวณวิกฤติ คือ  $M < M_{1-\frac{\alpha}{2}}$  หรือ  $M > M_{\frac{\alpha}{2}}$

ค่า  $M_{1-\frac{\alpha}{2}}$  ที่  $n$  และ  $\alpha$  เป็นค่าวิกฤติที่เปิดจากตารางสถิติที่ 4 มีค่า  $M_{\frac{\alpha}{2}} = 4 - M_{1-\frac{\alpha}{2}}$

## 2.2 การทดสอบของ Box และ Pierce

การทดสอบของ Box และ Pierce เป็นการทดสอบที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองช่วง  $k$  ต่างๆ (Autocorrelation Coefficient ที่ lag  $k$ ) หรือ ACF. ที่ lag  $k$  เพื่อพิจารณาลักษณะของอนุกรมเวลา ลักษณะของ ACF. หลายๆ ค่าพร้อมกัน โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. กำหนด  $H_0$  และ  $H_1$

$H_0$  :  $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_4 = \dots = \rho_k$

$H_1$  : มี  $\rho_i$  อย่างน้อยหนึ่งค่าที่ไม่เท่ากับ 0 เมื่อ  $i=1,2,3,\dots,k$

2. ตัวสถิติ

$$Q_m = n \sum_{k=1}^m r_k^2$$

$$\text{โดยที่ } r_k = \frac{\sum(Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum(Y_t - \bar{Y})^2}$$

เมื่อ  $m$  เป็นจำนวนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองที่จะทดสอบ และ  $n$  เป็นขนาดของอนุกรมเวลา

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

บริเวณวิกฤติ คือ  $Q_m \geq x_{\alpha, m}^2$  ซึ่ง  $x_{\alpha, m}^2$  ที่  $m$  และ  $\alpha$  เป็นค่าวิกฤติที่ได้จากตารางสถิติที่ 9

การทดสอบนี้ได้มีการพัฒนาขั้นต่อมาโดย Box และ Ljung (เรียก Modified Box-Pierce Test) ใช้

• ตัวสถิติ  $Q'_m$  แทน  $Q_m$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q'_m = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2}{n-k}$$

เกณฑ์การตัดสินใจจะใช้เหมือนกับการทดสอบของ Box และ Pierce

### 2.1.2 การทดสอบอิทธิพลฤดูกาล

#### 1. การทดสอบอิทธิพลฤดูกาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

การทดสอบอิทธิพลฤดูกาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์จะใช้การทดสอบของ Kruskal และ Wallis ซึ่งเป็นการทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ที่ใช้เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม จะประยุกต์การทดสอบนี้กับการทดสอบว่าอนุกรมเวลาที่จำกัดแนวโน้มแล้วมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องหรือไม่ การทดสอบใช้ลำดับของค่าสังเกตที่จำกัดแนวโน้มแทนค่าสังเกตในการพิจารณา การทดสอบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

##### 1. กำหนด $H_0$ และ $H_1$

$H_0$  : อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

$$\text{หรือ } S_1 = S_2 = \dots = S_L = 0$$

$H_1$  : อนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

หรือ  $S_i \neq 0$  สำหรับบางฤดูกาล

##### 2. ตัวสถิติ

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \left[ \sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1)$$

ซึ่ง  $n_i$  = จำนวนค่าสังเกตในฤดูกาลที่  $i$

$$n = \sum n_i$$

$Y'_t$  = ค่าสังเกตที่ปรับแนวโน้มแล้ว ณ เวลาที่  $t$

$$R_i = \sum_{\text{ฤดูกาลที่ } i} \text{ลำดับที่ของ } Y'_t$$

ตัวสถิติ  $H$  มีการแจกแจงประมาณแบบไคสแควร์ที่ขึ้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ  $L-1$

##### 4. เกณฑ์การตัดสินใจ

บริเวณวิกฤติ คือ  $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

ซึ่ง  $\chi_{\alpha, L-1}^2$  เป็นค่าวิกฤติที่ได้จากตารางไคสแควร์

#### 2. การทดสอบอิทธิพลฤดูกาลแบบใช้พารามิเตอร์

การทดสอบอิทธิพลฤดูกาลแบบใช้พารามิเตอร์จะใช้การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง ซึ่งเป็นการทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์ โดยพิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองที่ช่วง  $L$  หรือผลคูณของ  $L$  เมื่อ  $L$  เป็นจำนวนฤดูกาลต่อปี นั่นคือพิจารณาว่าสังเกตที่ห่างกัน  $L$  ช่วงเวลาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ กรณีที่มีสหสัมพันธ์กันเชิงบวกแสดงว่าอนุกรมเวลานั้นมีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1.  $H_0: \rho_L = 0$   
 $H_1: \rho_L > 0$
2. ตัวสถิติ  $r_L$
3. เกณฑ์ในการตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha$  จะมีบริเวณวิกฤติเป็น  $CR: r_L \geq \frac{Z_{\alpha}}{\sqrt{n}}$

### 2.1.3 วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

#### 1. วิธีแยกส่วนประกอบ(Decomposition Method)

วิธีนี้จะทำการแยกอนุกรมเวลาออกเป็นส่วนต่างๆ ซึ่งส่วนประกอบหลักของอนุกรมเวลา ได้แก่ แนวโน้ม(Trend) อิทธิพลของฤดูกาล (Seasonal Effect) อิทธิพลของวัฏจักร (Cyclical Effect) และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ(Irregular Effect) โดยมีการรวมกันของส่วนประกอบต่างๆของอนุกรมเวลา 2 รูปแบบคือ

รูปแบบบวก(Additive Model) รูปแบบนี้เหมาะสำหรับอนุกรมเวลาที่มีการผันแปรของฤดูกาลที่ไม่ผันแปรตามระดับค่าเฉลี่ยหรือแนวโน้ม มีรูปแบบดังนี้

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + I_t$$

รูปแบบคูณ(Multiplicative Method) รูปแบบนี้เหมาะสำหรับอนุกรมเวลาที่มีการผันแปรของฤดูกาลแปรผันตามระดับค่าเฉลี่ยหรือแนวโน้ม มีรูปแบบดังนี้

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t$$

โดยที่  $Y_t$  คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t

$T_t$  คือ ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t

$S_t$  คือ ค่าอิทธิพลของฤดูกาล ณ เวลา t

$C_t$  คือ ค่าอิทธิพลของวัฏจักร ณ เวลา t

$I_t$  คือ ค่าเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ณ เวลา t

#### ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

ข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมาตามลำดับเวลาที่เกิดขึ้น มักจะมีความผันแปรอันเกิดจากปัจจัย หรือ ส่วนประกอบต่างๆ อาจแยกส่วนประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลาได้ออกเป็น 4 ชนิด คือ 1.แนวโน้ม (Trend หรือ T) เป็นส่วนประกอบที่พบเกือบทุกอนุกรมเวลา เป็นการเคลื่อนไหวหรือการเปลี่ยนแปลงซึ่งอาจเป็นการเติบโตหรือการถดถอยของข้อมูลในระยะยาว การเคลื่อนไหวนี้อาจเป็นไปอย่างรวดเร็วหรือช้าก็ได้ แต่ค่อนข้างจะมีแบบแผนในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแนวโน้มอาจจะเป็นแนวโน้ม

ขึ้น (Upward Trend) หรือ แนวโน้มลง (Downward Trend) ซึ่งแนวโน้มมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวโน้มเส้นตรง (LinearTrend) แนวโน้มกำลังสอง (QuadraticTrend) แนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล (ExponentialTrend) และแนวโน้มตัว S (S-ShapedTrend) เป็นต้น

2.อิทธิพลของฤดูกาล (SeasonalEffect หรือ S) คือการเปลี่ยนแปลงหรือการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีผลต่อเนื่องจากฤดูกาล การเคลื่อนไหวจะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกในช่วงเวลาหนึ่งปีโดยลักษณะการเคลื่อนไหวในแต่ละช่วงเวลานั้น ปัจจัยที่มีอิทธิพลของฤดูกาลมีหลาย เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ สภาพสังคม วัฒนธรรม

3.อิทธิพลของวัฏจักร (CyclicalEffect หรือ C) อนุกรมเวลาที่เก็บรวบรวมในระยะเวลาหลายปี การเคลื่อนไหวอาจแสดงอิทธิพลของฤดูกาลโดยวัฏจักรหนึ่งจะครอบคลุมระยะเวลาหลายปี แต่ละช่วงจะมีการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกันมาก

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการแปรผันตามอิทธิพลของฤดูกาลกับการแปรผันตามอิทธิพลของวัฏจักร ก็คือ อิทธิพลของฤดูกาลเราสามารถคาดหมายหรือประมาณการเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาหนึ่งๆได้ ในขณะที่อิทธิพลของวัฏจักรจะเป็นการประมาณค่าในช่วงเวลาหนึ่งๆได้ยาก

4.เหตุการณ์ผิดปกติ (IrregularEffect หรือ I) เรียกอีกแบบว่า RandomFluctuation เป็นการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเฉพาะส่วนที่ไม่มีแบบแผนที่แน่นอนเหตุการณ์ผิดปกติส่วนใหญ่จะเป็นเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดมาก่อนหรือเกิดบ่อยครั้ง เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว พายุ เป็นต้น

### 1.1 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด

การหาแนวโน้มควอดราติกโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด มีวิธีการดังนี้

จากรูปแบบ  $Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \varepsilon_t$

กำหนดค่าของ t ให้  $\sum_{t=1}^n t = \sum_{t=1}^n t^3 = 0$  แล้วจะได้สมการปกติ

$$nb_0 + b_2 \sum_{t=1}^n t^2 = \sum_{t=1}^n Y_t$$

$$b_1 \sum_{t=1}^n t^2 = \sum_{t=1}^n tY_t$$

$$b_0 \sum_{t=1}^n t^2 + b_2 \sum_{t=1}^n t^4 = \sum_{t=1}^n t^2 Y_t$$

หาค่า  $b_0$ ,  $b_1$  และ  $b_2$  จากการแก้สมการปกติดังกล่าวหรือจากโปรแกรมสำเร็จรูป

### 1.2 วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบบวก

เมื่ออนุกรมเวลามีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาล โดยมีการรวมกันเป็นรูปแบบบวก จะมีรูปแบบเป็น

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + S_t + \varepsilon_t$$

เมื่อ  $\beta_0$  = ค่าแนวโน้ม ณ จุดเริ่มต้น

$\beta_1$  = ค่าความชัน (Slope) ของเส้นแนวโน้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$S_t$  = ค่าอิทธิพลของฤดูกาล ณ เวลา  $t$

$\varepsilon_t$  = ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา  $t$

การสร้างสมการพยากรณ์จะได้จากการสร้างสมการแนวโน้มและหาค่าวัตอิทธิพลของฤดูกาล ดังนี้

1.ปรับอนุกรมเวลาเดิม  $\{Y_t\}$ ค่าแนวโน้มที่วัดโดยการทำให้เฉลี่ยเคลื่อนที่ กรณีนี้เป็นอนุกรมเวลารายเดือน จะทำการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ centered 12 quarter จากอนุกรมเวลาใหม่ที่ได้จากการทำให้เฉลี่ยเคลื่อนที่  $\{MA_t\}$ จะนำไปปรับแนวโน้มออก ซึ่งอนุกรมเวลาที่ได้ใหม่ไม่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

2.หาค่าวัตอิทธิพลของฤดูกาล จากการหาค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 แยกตามฤดูกาล ค่าวัตอิทธิพลของฤดูกาลที่ได้ ( $S_t$ ) มักจะมีผลรวมไม่เป็น 0 การปรับค่าวัตอิทธิพลของฤดูกาลให้มีผลรวมเป็น 0 จะทำได้โดยการนำค่าเฉลี่ยของค่าวัตอิทธิพลของฤดูกาลเดิมมาลบออก นั่นคือ  $S_t^* = S_t - \bar{S}$  ที่มี  $\sum_{t=1}^L S_t^* = 0$

3.หาอนุกรมเวลาปรับฤดูกาล โดยนำค่าวัตอิทธิพลของฤดูกาลที่ได้ในข้อที่ 2 ไปหักออกจากค่าสังเกตของอนุกรมเวลาเดิม นำอนุกรมเวลาปรับฤดูกาลนี้ไปสร้างสมการแนวโน้ม โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จะได้สมการแนวโน้มเป็น  $\hat{Y}_t = b_0 + b_1 t$  จะได้สมการพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 t + S_t^*$$

### 1.3 วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่รูปแบบคูณ

เมื่ออนุกรมเวลามีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาล โดยมีการกัน เป็นรูปแบบคูณ จะมีรูปแบบเป็น

$$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t) \times S_t \times \varepsilon_t$$

เมื่อ  $\beta_0$  = ค่าแนวโน้ม ณ จุดเริ่มต้น

$\beta_1$  = ค่าความชัน (Slope) ของเส้นแนวโน้ม

$S_t$  = ค่าอิทธิพลของฤดูกาล ณ เวลา  $t$

$\varepsilon_t$  = ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา  $t$

การสร้างสมการพยากรณ์จะได้จากการสร้างสมการแนวโน้มและหาวัตอิทธิพลของฤดูกาล ซึ่งจะทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.ปรับอนุกรมเวลาเดิม  $\{Y_t\}$ ด้วยค่าแนวโน้มที่วัดโดยการทำให้เฉลี่ยเคลื่อนที่ กรณีเป็นอนุกรมเวลารายเดือนจะทำการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ centered 12 month จากอนุกรมเวลาใหม่ที่ได้จากการทำให้เฉลี่ยเคลื่อนที่  $\{MA_t\}$ จะนำไปปรับแนวโน้มออกซึ่งการปรับจะทำได้การนำ  $MA_t$ ไปหาร  $Y_t$  จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมเวลาใหม่  $\left\{ \frac{Y_t}{MA_t} \right\}$  ซึ่งอนุกรมเวลาใหม่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

2.หาดัชนีฤดูกาลโดยการหาค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา  $\{S_t \varepsilon_t\}$  ที่ได้ในข้อ 1 ดัชนีฤดูกาล ที่ได้  $S_t$  มักจะมีผลรวมไม่เท่ากับ L การปรับให้ดัชนีฤดูกาลมีผลรวมเป็น L จะทำได้โดยการนำค่าเฉลี่ยของดัชนีฤดูกาลเดินมาหาร คือ  $S_t^* = \frac{S_t}{L}$  ที่มี  $\sum_{t=1}^L S_t^* = L$

3.หาอนุกรมเวลาปรับฤดูกาลโดยนำดัชนีฤดูกาลที่ได้ในข้อ 2 ไปหารค่าสังเกตของอนุกรมเวลาเดิมในฤดูกาลที่สัมพันธ์กัน นำอนุกรมเวลาปรับฤดูกาลนี้ไปสร้างสมการแนวแบบเส้นตรง จะได้สมการแนวโน้มเป็น  $T_t = b_0 + b_1 t$  จะได้สมการพยากรณ์เป็น  $\hat{Y}_t = (b_0 + b_1 t) \times S_t^*$

## 2.เทคนิคการปรับให้เรียบ

การปรับให้เรียบ (Smoothing Method) เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้หลักการของการปรับให้เรียบ คือ การใช้ค่าสังเกตในอดีตส่วนหนึ่ง หรือทั้งหมดในการสร้างสมการพยากรณ์โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าต่างกัน วิธีการปรับให้เรียบมีหลายวิธีจะแบ่งเป็นกลุ่มตามลักษณะของอนุกรมเวลาดังนี้

1. อนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มและไม่มีฤดูกาล จะมีวิธีต่าง ๆ ได้แก่

1.1 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (Simple Moving Average Method) หรือ SMA ค่าพยากรณ์จะได้จากค่าสังเกตล่าสุดจำนวนหนึ่ง โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะเท่ากัน

1.2 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average Method) หรือ WMA ค่าพยากรณ์จะได้จากค่าสังเกตล่าสุดจำนวนหนึ่ง โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าไม่เท่ากัน

1.3 วิธีปรับให้เรียบเอกซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Single Exponential Smoothing Method) หรือ SEP ค่าพยากรณ์จะใช้ค่าสังเกตที่ผ่านมาทั้งหมด โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าไม่เท่ากัน น้ำหนักที่ให้กับค่าที่เกิดขึ้นล่าสุดจะมากและลดหลั่นไปสำหรับค่าสังเกตที่อยู่ห่างออกไป ซึ่งการลดหลั่นของน้ำหนักนี้จะเป็นการลดแบบ exponential

2. อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล แนวโน้มอาจจะมีลักษณะแบบต่าง ๆ เช่น แบบเส้นตรงแบบ quadratic แบบ exponential เป็นต้น การปรับให้เรียบสำหรับแต่ละลักษณะจะมีวิธีการแตกต่างกันดังนี้

2.1 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (Double Moving Average Method) หรือ DMA จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง ค่าจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชันของสมการแนวโน้มจะได้จากการทำเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้งของอนุกรมเวลา

2.2 วิธีปรับให้เรียบเอกซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิ้ล (Double Single Exponential Smoothing Method) หรือ DES จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง โดยมีหลักการที่ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชันของสมการแนวโน้มสุดท้ายที่ใช้การพยากรณ์จะได้มาจากค่าจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชันในอดีต โดยการให้น้ำหนักกับค่าจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชันในอดีตต่างกัน

2.3 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบตรง (Linear Exponential Smoothing Method) หรือ LES จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง แต่จะมีค่าปรับน้ำหนักสองค่าซึ่งต่างก็มีค่าอยู่ 0 ถึง 1 ซึ่งจะเป็นค่าปรับน้ำหนักของจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชัน

2.4 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริเบิล (Triple Exponential Smoothing Method) หรือ TES จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบ quadratic

2.5 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (Moving Average of Percentage Change Method) หรือ MAPC จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบ exponential

3. อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาล จะใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบฤดูกาล หรือวิธี SSES สมการพยากรณ์จะสร้างขึ้นโดยใช้หลักการปรับให้เรียบที่มีค่าปรับน้ำหนัก 2 ค่า สำหรับค่าคงที่ และค่าวัดฤดูกาล ค่าปรับน้ำหนักจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

4. อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาล จะใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt และ Winters (Holt-Winters Exponential Smoothing Method) หรือวิธี HWS

#### 1. วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย

เป็นวิธีการหาค่าพยากรณ์จากค่าสังเกตล่าสุดจำนวนหนึ่ง เช่น 3 ค่า หรือ 5 ค่า เป็นต้น แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยซึ่งการเฉลี่ยนี้เป็นการเฉลี่ยที่ให้น้ำหนักกับค่าสังเกตแต่ละค่าเท่ากัน กรณีใช้  $k$  ค่าสังเกตจะให้ค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t+1$

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

จำนวนค่าสังเกตที่จะนำมาหาค่าเฉลี่ยนั้นจะมีจำนวนไม่แน่นอน จำนวนที่เหมาะสมคือจำนวนที่ทำให้ค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด นั่นคือให้ค่า SSE หรือ MSE หรือ RMSE น้อยที่สุด

#### 2. วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก

วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักจะเหมือนกับวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย จะต่างกันเพียงน้ำหนักที่ให้กับแต่ละค่าสังเกตต่างกัน กรณีใช้  $k$  ค่าสังเกตจะให้ค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t+1$

$$\hat{Y}_{t+1} = w_1 Y_t + w_2 Y_{t-1} + \dots + w_k Y_{t-k+1}$$

ซึ่ง  $w_i$  เป็นค่าถ่วงน้ำหนักซึ่ง  $\sum w_i = 1$

#### 3. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย

วิธีนี้ค่าพยากรณ์จะได้จากค่าสังเกตที่ผ่านมาทั้งหมด น้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าไม่เท่ากัน น้ำหนักที่ให้จะให้กับค่าที่เกิดขึ้นล่าสุดสูงที่สุด และจะลดหลั่นกันไปสำหรับค่าสังเกตที่อยู่ห่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไป น้ำหนักที่จะขึ้นอยู่กับค่าปรับน้ำหนัก ( $\alpha$ ) สมการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ ณ เวลา  $t$  เมื่อใช้ค่าสังเกต  $Y_t, Y_{t-1}, \dots$

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + \alpha(1-\alpha)Y_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 Y_{t-2} + \dots$$

ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักทั้งหมดจะรวมกันเป็น 1 อาจจะเขียนสมการพยากรณ์ใหม่อีกสองแบบ ได้แก่ แบบปรับให้เรียบ (smoothing form) และแบบปรับค่าเดิมด้วยความคลาดเคลื่อน(error correction form) ดังนี้

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)\hat{Y}_t$$

และ

$$\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_t + \alpha e_t$$

แบบปรับให้เรียบจะได้จากการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของค่าจริงและค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t$  ส่วนแบบปรับค่าเดิมด้วยความคลาดเคลื่อนจะได้จากการปรับค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t$  ด้วย เท่าของความคลาดเคลื่อน ณ เวลา  $t$

การสร้างสมการพยากรณ์โดยวิธี SES มีรายละเอียด คือ

1. ค่าเริ่มต้น (Initial value) ด้วยหลักการของการปรับให้เรียบ การหาค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t+1$   $\hat{Y}_{t+1}$  จะต้องทราบค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t$   $\hat{Y}_t$  มาก่อน ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นของค่าพยากรณ์เพื่อให้หาค่าพยากรณ์ต่อ ๆ ไปได้ ค่าเริ่มต้นจะกำหนดได้หลายวิธี (เมื่อให้  $Y_{init}$  เป็นค่าเริ่มต้น)

ก.  $Y_{init} = \hat{Y}_2 = \bar{Y}_1$  โดย  $\bar{Y}$  เป็นค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา และจำทำให้ค่าพยากรณ์

ข.  $Y_{init} = \hat{Y}_2 = \hat{Y}_1$  จะทำให้หาค่าพยากรณ์  $\hat{Y}_t$  สำหรับ  $t = 3, 4, \dots$  ได้

ค.  $Y_{init} = \hat{Y}_{m+1} = \bar{Y}_m$  = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต  $m$  ค่าแรกจะทำให้ค่าพยากรณ์  $\hat{Y}_t$  สำหรับ  $t = m+2, m+3, \dots$

2. ค่าปรับน้ำหนัก ( $\alpha$ ) เป็นค่าคงที่ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1  $\alpha$  ที่จะเหมาะสมจะเป็นค่าที่ทำให้ค่า SSE หรือ MSE หรือ RMSE มีค่าต่ำสุด นั่นคือจะเป็นค่าที่ทำให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุดเมื่อใช้ค่าปรับน้ำหนักต่างกัน สมการพยากรณ์ที่ได้จะต่างกัน

#### 4. วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA)

การเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้งจะทำให้การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในการปรับครั้งที่สองเรียบกว่าการเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งแรก สมมติว่าอนุกรมเวลาเดิมเป็น  $\{Y_t\}$  อนุกรมเวลาใหม่ได้จากการเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งแรกเป็น  $\{MA_t\}$  และอนุกรมเวลาที่ได้จากการเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นครั้งที่สองเป็น  $\{MA'_t\}$  เนื่องจากอนุกรมเวลาที่จะใช้กับวิธี DMA เป็นอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง ค่า  $MA_t$  และ  $MA'_t$  ที่ได้จะนำไปใช้ในการสร้างสมการแนวโน้มเส้นตรง กำหนด

$T(t)$  = ค่าประมาณแนวโน้ม ณ เวลา  $t$

= ค่าประมาณของ  $\beta_0 + \beta_1 t$  ณ เวลา  $t$

= ค่าประมาณของ  $T_t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\beta_1(t) =$  ประมวลของ  $\beta_1$  ณ เวลา  $t$

= อัตราการเพิ่มหรือลดลงของ  $Y$  เมื่อเวลาเพิ่มหนึ่งช่วงเวลา ณ เวลา  $t$

โดยทั่วไปในการเฉลี่ยเคลื่อนที่แต่ละครั้งจะใช้ช่วงเวลาเดียวกันเช่น 4 เดือน 5 เดือน เป็นต้น

การเฉลี่ยเคลื่อนที่  $k$  ช่วงเวลา ค่า  $MA_t$  จะเป็นค่าประมาณแนวโน้ม ณ เวลา  $t - \frac{(k-1)}{2}$  หรือ

$T_{t-\frac{(k-1)}{2}}$  ส่วนค่า  $MA'_t$  จะเป็นค่าประมาณแนวโน้ม ณ เวลา  $t-(k-1)$  หรือ  $T_{t-(k-1)}$  ซึ่ง

$$T_{t-\frac{(k-1)}{2}} = T_t - \frac{(k-1)}{2} \beta_1 = \beta_0 + \beta_1 \left( t - \frac{(k-1)}{2} \right)$$

$$T_{t-(k-1)} = T_t - (k-1) \beta_1 = \beta_0 + \beta_1 (t - (k-1))$$

$$\text{จะใช้ } MA_t - MA'_t \text{ ประมาณ } T_{t-\frac{(k-1)}{2}} - T_{t-(k-1)} = \frac{(k-1)}{2} \beta_1$$

$$\text{จะได้ } \hat{\beta}_1(t) = \frac{2}{(k-1)} (MA_t - MA'_t) \text{ ประมาณ } \beta_0 + \beta_1 t$$

$$\text{จะได้ } \hat{T}_t(t) = 2MA_t - MA'_t$$

สมการพยากรณ์ ณ เวลา  $t+p$  เมื่อใช้ค่าสังเกต  $t$  ค่าเป็น  $\hat{Y}_{t+p}(t) = \hat{T}_t(t) + p\hat{\beta}_1(t)$

#### 5. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล (DES)

วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิลหรือวิธีของ Brown เป็นวิธีที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเส้นตรง โดย

$A_t =$  ค่าปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา  $t$

$A'_t =$  ค่าปรับให้เรียบครั้งที่สองแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา  $t$

ซึ่ง หาได้จากการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่าง หาได้จากการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่าง นั่นคือ

$$A_t = (1 - \alpha)A_{t-1} + \alpha Y_t$$

$$A'_t = (1 - \alpha)A'_{t-1} + \alpha A_t$$

จะได้

$$\hat{T}_t(t) = \text{ค่าแนวโน้ม ณ เวลา } t = 2A_t - A'_t$$

$$\hat{\beta}_t(t) = \text{ค่าประมวลของ } \beta_t \text{ ณ เวลา } t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (A_t - A'_t)$$

จะเขียน  $\hat{T}_t(t)$  และ  $\hat{\beta}_t(t)$  ในเทอมของ  $e_t$  ได้เป็น

$$\hat{T}_t(t) = \hat{Y}_1(t-1) + (1 - (1-\alpha)^2)e_t$$

$$\hat{\beta}_t(t) = \hat{\beta}_1(t-1) + \alpha^2 e_t$$

การสร้างสมการพยากรณ์จะเกี่ยวข้องกับค่าที่สำคัญ 2 ค่าได้แก่

1. ค่าเริ่มต้นจะกำหนดได้หลายวิธี ได้แก่

ก. กำหนด  $A'_1 = A_1 = Y_1$  หรือ  $\hat{T}_1(1) = Y_1$  และ  $\hat{\beta}_1(1) = 0$  จะหา  $\hat{Y}_2(1)$  เป็นต้นไป

ข. กำหนด  $A'_1 = A_1 = Y_1$  หรือ  $\hat{T}_1(1) = Y_1$  และ  $\hat{\beta}_1(1) = 0, \hat{\beta}_1(2) = Y_2 - Y_1 =$

$\Delta Y_2, \hat{\beta}_1(3) = \frac{Y_3 - Y_1}{2}$  และ  $\hat{\beta}_1(4) = \frac{(Y_2 - Y_1) + (Y_4 - Y_3)}{2} = \frac{\Delta Y_2 + \Delta Y_4}{2}$  จะหา  $\hat{Y}_5(4)$  เป็นต้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. นำอนุกรมเวลาในอดีตส่วนหนึ่งมาสร้างสมการเพื่อหา Y-intercept และ slope เช่น จากอนุกรมเวลาในอดีตขนาด  $m$  จะได้  $\hat{T}_m(m)$  และ  $\hat{\beta}_1(m)$  ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณเพื่อสร้างสมการพยากรณ์ต่อไป

2. ค่าปรับน้ำหนัก( $\alpha$ ) จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และทำให้ SSE หรือ MSE หรือ RMSE มีค่าต่ำสุด

สมการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล คือ

$$\hat{Y}_{17+p}(t) = \hat{T}_t(t) + \hat{\beta}_t(t)p \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

## 6. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบเส้นตรง (LES)

วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบเส้นตรงหรือวิธีของ Holt เป็นวิธีที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเส้นตรง

$$\hat{T}_t(t) = \text{ค่าแนวโน้ม ณ เวลา } t$$

$$\hat{\beta}_1(t) = \text{ค่าประมาณ } \beta_1 \text{ ณ เวลา } t$$

และสมการพยากรณ์ ณ เวลา  $t+1$  เป็น  $\hat{Y}_{t+1}(t) = \hat{T}_t(t) + \hat{\beta}_1(t)$

ในการปรับค่าแนวโน้มและค่าประมาณของ  $\beta_1$  จะใช้สมการปรับที่ขึ้นอยู่กับค่าปรับน้ำหนัก 2 ค่า ได้แก่  $\alpha$  และ  $\gamma$  ซึ่งต่างก็มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

$$\hat{T}_t(t) = (1 - \alpha)\hat{T}_t(t) + \alpha Y_t$$

$$\hat{\beta}_t(t) = (1 - \gamma)\hat{\beta}_1(t-1) + \gamma(\hat{T}_t(t) - \hat{T}_{t-1}(t-1)) \text{ จะได้สมการพยากรณ์ ณ เวลา } t \text{ พยากรณ์}$$

$$p \text{ ช่วงเวลาล่วงหน้าเป็น } \hat{Y}_{t+p}(t) = \hat{T}_t(t) + p\hat{\beta}_1(t) \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

ค่าเริ่มต้นสำหรับการหา  $\hat{T}_t(t)$  และ  $\hat{\beta}_1(t)$  นั้นจะกำหนดเหมือนค่าเริ่มต้นโดยวิธี DES นั่นคือ

$$\text{กำหนด } \hat{T}_t(t) = Y_t \text{ และ } \hat{\beta}_1(1) = 0 \text{ จะได้ } \hat{Y}_2(1) = \hat{T}_1(1) + \hat{\beta}_1(1) = 999 + 0 = 999$$

ส่วนค่าปรับน้ำหนัก  $\alpha$  และ  $\gamma$  ที่เหมาะสมจะเป็นค่าที่ทำให้ SSE หรือ MSE หรือ RMSE มีค่าต่ำสุด

## 7. วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (MAPE)

เป็นวิธีที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบ exponential ซึ่งเป็นลักษณะของแนวโน้มที่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลา นั่นคือเมื่อ

$$PC_t = \text{อัตราการเปลี่ยนแปลง ณ เวลา } t = \frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}} \times 100$$

$$MPC_t = \text{ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ } k \text{ ช่วงเวลา ณ เวลา } t$$

$$= \frac{\sum PC_{t-i+1}}{k}$$

สมการพยากรณ์ ณ เวลา  $t$  สำหรับ  $p$  ช่วงเวลาล่วงหน้าคือ

$$\hat{Y}_{t+p}(t) = Y_t \left(1 + \frac{MPC_t}{100}\right)^p \text{ สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

เมื่อ  $MPC_t$  มีค่าต่ำกว่า 0 แนวโน้มแบบ exponential จะเป็นแนวโน้มในทางลง โดย  $MPC_t$

จะเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ค่าพยากรณ์ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลา แต่เมื่อ  $MPC_t$  มีค่ามากกว่า 0 แนวโน้มแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักผู้ขาดเห็นาเบไซประโยชน์ขณดานการค้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

exponential จะเป็นแนวโน้มทางขึ้น โดย MPC<sub>t</sub> จะเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ค่าพยากรณ์เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยเวลา

### 8. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริบเปิ้ล (TES)

เป็นวิธีที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบ quadratic

$$A_t = \text{ค่าปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา } t = (1-\alpha)A_{t-1} + \alpha Y_t$$

$$A'_t = \text{ค่าปรับให้เรียบครั้งที่สองแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา } t = (1-\alpha)A'_{t-1} + \alpha A_t$$

$$A''_t = \text{ค่าปรับให้เรียบครั้งที่สามแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา } t = (1-\alpha)A''_{t-1} + \alpha A'_t$$

โดย  $\alpha$  เป็นค่าปรับน้ำหนักมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 จากรูปแบบแนวโน้มแบบ quadratic

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2' t^2 + \varepsilon_t$$

ซึ่ง  $\beta_2' = \frac{\beta_2}{2}$  จะมีสมการพยากรณ์ ณ เวลา  $t$  สำหรับ  $p$  ช่วงเวลาล่วงหน้าเป็น

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{t+p}(t) &= b_0(t) + b_1(t)(t+p) + \frac{1}{2}b_2(t)(t+p)^2 \\ &= a_0(t) + a_1(t)p + \frac{1}{2}a_2(t)p^2 \end{aligned}$$

จะหาค่าประมาณ  $a_0(t)$ ,  $a_1(t)$  และ  $a_2(t)$  ได้เป็น

$$a_0(t) = 3A_t - 3A'_t + A''_t$$

$$a_1(t) = \left(\frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2}\right) [(6-5\alpha)A_t - 2(5-4\alpha)A'_t + (4-3\alpha)A''_t]$$

$$a_2(t) = \left(\frac{\alpha}{(1-\alpha)^2}\right) (A_t - 2A'_t + A''_t)$$

จะเขียนสมการพยากรณ์ในเทอมของ  $A_t$ ,  $A'_t$  และ  $A''_t$  ได้เป็น

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{t+p}(t) &= (6(1-\alpha)^2 + (6-5\alpha)\alpha p + \alpha^2 p^2) \left(\frac{A_t}{2(1-\alpha)^2}\right) - (6(1-\alpha)^2 + \\ & 2(5-4\alpha)\alpha p + 2\alpha^2 p^2) \left(\frac{A'_t}{2(1-\alpha)^2}\right) + (2(1-\alpha)^2 + (4-3\alpha)\alpha p + \alpha^2 p^2) \left(\frac{A''_t}{2(1-\alpha)^2}\right) \end{aligned}$$

สำหรับ  $p = 1, 2, \dots$

การสร้างสมการพยากรณ์จะเกี่ยวข้องกับค่าเริ่มต้น โดยทั่วไปจะหา  $a_0(0)$ ,  $a_1(0)$  และ  $a_2(0)$  จากอนุกรมเวลาที่มีอยู่โดยใช้เพียงบางช่วงของค่าสังเกตแล้วใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากนั้นหา  $A_0$ ,  $A'_0$  และ  $A''_0$  โดย

$$A_0 = a_0(0) - \left(\frac{(1-\alpha)}{\alpha}\right) a_1(0) + \left(\frac{(1-\alpha)(2-\alpha)}{2\alpha^2}\right) a_2(0)$$

$$A'_0 = a_0(0) - \left(\frac{2(1-\alpha)}{\alpha}\right) a_1(0) + \left(\frac{2(1-\alpha)(3-2\alpha)}{2\alpha^2}\right) a_2(0)$$

$$A''_0 = a_0(0) - \left(\frac{3(1-\alpha)}{\alpha}\right) a_1(0) + \left(\frac{3(1-\alpha)(4-3\alpha)}{2\alpha^2}\right) a_2(0)$$

เมื่อได้  $A_0$ ,  $A'_0$  และ  $A''_0$  แล้วจะหา  $A_t$ ,  $A'_t$  และ  $A''_t$  สำหรับค่า  $t$  ต่อๆ ไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 9. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบฤดูกาล (SSES)

เป็นวิธีการที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่ไม่มีความโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาล ทั้งกรณีที่เป็นแบบเป็นบวกและแบบคูณ และเป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้มและค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล โดยมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

$$\hat{T}_t(t) = \text{ค่าแนวโน้ม ณ เวลา } t$$

$$\hat{S}_t(t) = \text{ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลหรือดัชนีฤดูกาล ณ เวลา } t \text{ เมื่อ } i = 1, \dots, L$$

รูปแบบของอนุกรมเวลา สมการปรับค่า  $\hat{T}_t(t)$  และ  $\hat{S}_t(t)$  และสมการพยากรณ์สำหรับรูปแบบบวกและรูปแบบคูณแสดงในตารางที่ 10

### 10. วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ Holt-Winters (HWS)

เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวทั้งจากแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล รูปแบบอาจจะเป็นทั้งแบบบวกและคูณ วิธี HWS มีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับ  $\beta$  และ  $\delta$  เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

$$\hat{T}_t(t) = \text{ค่าแนวโน้ม ณ เวลา } t$$

$$\hat{\beta}_1(t) = \text{ค่า slope ณ เวลา } t$$

$$\hat{S}_t(t) = \text{ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลหรือดัชนีฤดูกาลที่ } l \text{ ณ เวลา } t$$

รูปแบบของอนุกรมเวลา สมการปรับค่า  $\hat{T}_t(t)$ ,  $\hat{\beta}_1(t)$  และ  $\hat{S}_t(t)$  และสมการพยากรณ์กรณีรูปแบบบวกและรูปแบบคูณแสดงในตารางในหน้าถัดไป สำหรับสมการปรับค่าจะเขียนได้ 2 แบบ ได้แก่ แบบปรับให้เรียบ และแบบปรับค่าความคลาดเคลื่อน การคำนวณไม่ว่าจะใช้สมการปรับค่าแบบใดจะให้ผลไม่ต่างกัน

### 3. วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box and Jenkins Method)

วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นการพยากรณ์ค่าในอนาคตที่มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) สูงกว่าวิธีอื่นๆ เหมาะกับการพยากรณ์ระยะสั้น (Short term Forecasting) และใช้ได้กับอนุกรมเวลาทุกรูปแบบ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์จะแบ่งอนุกรมเวลาออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

#### 3.1 อนุกรมเวลาที่เสถียร (Stationary Series)

เป็นอนุกรมเวลา  $\{Y_t\}$  ที่มีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน  $Y_t$  คงที่ นั่นคือค่าเฉลี่ย  $E(Y_t)$  และค่าความแปรปรวน  $V(Y_t)$  มีค่าคงที่สำหรับแต่ละช่วงเวลา  $t$  ซึ่งอนุกรมเวลาที่แนวโน้มและ/หรืออิทธิพลฤดูกาลจะมีค่าเฉลี่ย  $E(Y_t)$  ไม่คงที่ และอนุกรมเวลาที่มีความผันแปร  $Y_t$  สูง จะเป็นลักษณะของอนุกรมเวลาที่มีค่าความแปรปรวน  $V(Y_t)$  ไม่คงที่ จะเรียกอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นเสถียร นอกจากจะเป็นอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนคงที่แล้ว อนุกรมเวลาที่เป็นเสถียรจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองที่ lag  $k$  ขึ้นอยู่กับค่า  $k$  อย่างเดียว อนุกรมเวลาที่กำหนดรูปแบบ  $ARMA(p, q)$  จะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่เสถียรเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2อนุกรมเวลาที่ไม่เสถียร (Nonstationary Series)

เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่มีความสมบัติเป็นสแตชันนารี จะหารูปแบบ  $ARMA(p,q)$  ให้กับอนุกรมเวลาดังกล่าวไม่ได้ จะต้องแปลงเป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่มีความสมบัติสแตชันนารีก่อน จึงจะหารูปแบบ  $ARMA(p,q)$  ให้กับอนุกรมเวลาใหม่ได้ การแปลงอนุกรมเวลาเดิมให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่สแตชันนารีจะทำได้โดยวิธีการต่างๆ ดังนี้

1. หาผลต่าง (Regular Differencing) ของอนุกรมเวลา นั่นคือถ้าอนุกรมเวลา  $\{Y_t\}$  มีแนวโน้ม จะแปลงให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่มีแนวโน้ม  $\{Z_t\}$  โดย  $Z_t = \nabla^d Y_t$  และ  $d$  เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างเช่น

$$d = 1, Z_t = \nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

เมื่อ  $d = 2, Z_t = \nabla^2 Y_t = \nabla(\nabla Y_t) = \nabla(Y_t - Y_{t-1}) = \nabla Y_t - \nabla Y_{t-1} = Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-1} + Y_{t-2} = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2}$  เป็นต้น จำนวนครั้งที่หาผลต่างจะขึ้นอยู่กับว่าเมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาใหม่เป็นสแตชันนารีหรือไม่ ถ้ายังไม่เป็นสแตชันนารีต้องหาผลต่างต่อไป

2. หาผลต่างฤดูกาล (Seasonal Differencing) ของอนุกรมเวลา ถ้าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง จะแปลงอนุกรมเวลาเดิม  $\{Y_t\}$  ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่ไม่มีอิทธิพลฤดูกาล  $\{Z_t\}$  โดย  $Z_t = \nabla_L^D Y_t$  โดย  $D$  เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างของฤดูกาล และ  $L$  เป็นจำนวนฤดูกาลต่อปี เช่น สำหรับอนุกรมเวลารายเดือน  $L = 12$  เมื่อ  $D = 1, Z_t = \nabla_{12} Y_t = Y_t - Y_{t-12}$  เมื่อ  $d = 2, Z_t = \nabla_{12}^2 Y_t = \nabla_{12}(Y_t - Y_{t-12}) = \nabla_{12} Y_t - \nabla_{12} Y_{t-12} = Y_t - Y_{t-12} - Y_{t-12} + Y_{t-24} = Y_t - 2Y_{t-12} + Y_{t-24}$  เป็นต้น ผลต่างนี้จะทำที่ครั้งขึ้นอยู่กับว่าเมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาใหม่สแตชันนารีแล้วหรือไม่ ถ้ายังไม่เป็นก็ต้องหาผลต่างต่อไป

3. หาผลต่างและผลต่างฤดูกาล กรณีที่อนุกรมเวลามีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล การปรับให้อนุกรมเวลาเป็นสแตชันนารีนั้นจะทำได้โดยหาผลต่างและหาผลต่างฤดูกาลควบคู่กันไป  $d$  และ  $D$  จะมีค่าเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับว่าอนุกรมเวลาใหม่เป็นสแตชันนารีแล้วหรือยัง เช่น อนุกรมเวลารายเดือนที่มีทั้งแนวโน้มและฤดูกาล เมื่อ  $d = 1$  และ  $D = 1$  จะแปลงอนุกรมเวลาเดิม  $\{Z_t\}$  ซึ่ง  $Z_t = \nabla \nabla_{12} Y_t = \nabla Y_t - \nabla Y_{t-12} = Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-12} + Y_{t-13}$  เป็นต้น

4. การหาลอการิทึมของค่าสังเกตในอนุกรมเวลานั้นคือ แปลงอนุกรมเวลาเดิม  $\{Y_t\}$  ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่  $\{Z_t\}$  ซึ่ง  $Z_t = \log(Y_t)$  การแปลงอนุกรมเวลานี้จะทำเมื่อความผันแปรของอนุกรมเวลาไม่คงที่ นั่นคือ  $V(Y_t)$  ไม่คงที่สำหรับค่า  $t$  ต่างๆ การกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา จะพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนของตัวเองอย่าง  $(r_k$  และ  $r_{kk})$  ที่สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนของประชากร  $(\rho_k$  และ  $\rho_{kk})$

$ARMA(p,q)$  คือรูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่สแตชันนารี

$ARMA(p,d,q)$  คือรูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่สแตชันนารีและมีแนวโน้มเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$SARIMA(P,D,Q)$  คือรูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่สเตรชันนารีและมีอิทธิพลของฤดูกาลเพียงอย่างเดียว

$ARMA(p,d,q) \times SARIMA(P,D,Q)$  คือรูปแบบสำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่สเตรชันนารีเนื่องจากมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตัวแบบอนุกรมเวลาทั่วไปสำหรับการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ได้แก่  $ARMA(p,d,q) \times SARIMA(P,D,Q)$  ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

$$\phi_p(B)\phi_p(B^L)Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)\theta_q(B^L)\varepsilon_t$$

โดยที่  $\phi_p(B) = 1 - \phi_1B - \phi_2B^2 - \dots - \phi_pB^p$        $\phi_p(B^L) = 1 - \phi_{1L}B^L - \phi_{2L}B^{2L} - \dots - \phi_{pL}B^{pL}$

$$\theta_q(B) = 1 - \theta_1B - \theta_2B^2 - \dots - \theta_qB^q$$

$$\theta_q(B^L) = 1 - \theta_{1L}B^L - \theta_{2L}B^{2L} - \dots - \theta_{qL}B^{qL}$$

$$Z_t = (1 - B^L)^D(1 - B)^dY_t$$

เมื่อ  $\phi_p(B)$  เป็นรูปแบบของ  $AR(p)$   
 $\phi_p(B^L)$  เป็นรูปแบบของ  $SAR(p)$   
 $\theta_q(B)$  เป็นรูปแบบของ  $MA(q)$   
 $\theta_q(B^L)$  เป็นรูปแบบของ  $SMA(Q)$

$Z_t$  เป็นการแปลงค่าสังเกต  $Y_t$  ให้เป็นสเตรชันนารี โดยการหาผลต่างจำนวน  $d$  ครั้ง เพื่อขจัดแนวโน้ม และการหาผลต่างฤดูกาลจำนวน  $D$  ครั้ง เพื่อขจัดอิทธิพลของฤดูกาล

#### 2.1.4. การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์

ความถูกต้องของการพยากรณ์เป็นสิ่งที่ผู้ใช้ค่าพยากรณ์ต้องการ ความถูกต้องจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (Forecast error,  $e_t$ ) ซึ่งเป็นผลต่างของค่าจริงและค่าพยากรณ์ ( $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ ) ความคลาดเคลื่อนจะมากถ้าค่าจริงห่างจากค่าพยากรณ์มาก และจะน้อยถ้าค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริง ในปัญหาพิเศษนี้จะใช้วิธีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองในการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์

##### 2.1.4.1 วิธีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ( Mean Square Error: MSE )

เป็นค่าที่ใช้วัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่ได้จากกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน ค่า MSE จะมีหน่วยวัดเป็นกำลังสองของหน่วยวัดของค่าสังเกต ค่า MSE จะวัดต่อความคลาดเคลื่อนที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีสูตรการคำนวณคือ

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (e_t)^2}{n}$$

โดยที่  $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$

$e_t$  คือค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ณ เวลา  $t$

$Y_t$  คือข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา  $t$

$\hat{Y}_t$  คือค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพิจารณาว่าการพยากรณ์วิธีใดให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ต่ำที่สุด  
วิธีการพยากรณ์นั้นเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด

2.1.4.2 วิธีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ( Mean Absolute Percent Error: MAPE)

เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริง โดยค่าวัดความถูกต้องนี้เป็นค่าที่ไม่มีหน่วยและแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสูตรการคำนวณ คือ

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|e_t|}{Y_t}}{n} \times 100$$

โดยที่  $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$

$e_t$  คือค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ณ เวลา  $t$

$Y_t$  คือข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา  $t$

$\hat{Y}_t$  คือค่าพยากรณ์ ณ เวลา  $t$

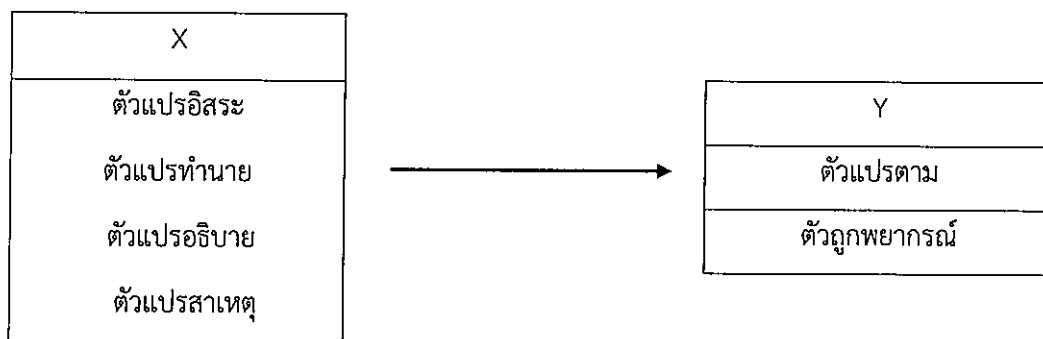
## 2.2 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression)

### 2.2.1 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอย

1.) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ของอายุกับระดับคอเลสเตอรอล

2.) เพื่อศึกษาปัจจัย (ตัวแปรอิสระ) ที่ร่วมกันทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรตาม เช่น การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์หรือสร้างสมการทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรตาม (Y) หนึ่งตัว จากกลุ่มตัวแปรอิสระ (X) หลายตัวนั้น ตัวแปรอิสระที่นำมาวิเคราะห์จะต้องมีหลักฐาน ตามทฤษฎีหรือรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องว่าเป็นตัวแปรต้นเหตุที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์ Regression

### 2.2.2 ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ในการวิเคราะห์การถดถอย

- 1.) ตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y) ต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative Variable) หรือตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variable) หรือมีระดับการวัดเป็น Interval หรือ Ratio Scale เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง ระดับความดันโลหิต ระดับคลอเลสเทอรอล รายได้ อายุ คะแนน เป็นต้น ในกรณีที่ตัวแปรอิสระ (X) บางตัวมีระดับการวัดเป็น Nominal หรือ Ordinal Scale จะต้องแปลงข้อมูลให้เป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) คือ มีค่า 0 กับ 1 ก่อนจึงจะนำไปวิเคราะห์ และตัวแปรหุ่นไม่ควรจะมีหลายตัว เพราะจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมากขึ้น
- 2.) ตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม
- 3.) ตัวแปรอิสระไม่ควรมีความสัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกัน (ค่าสหสัมพันธ์ไม่ควรเกิน 0.7) ในกรณีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณเพราะจะทำให้เกิด Multicollinearity คือ การที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันมากซึ่งจะมีผลกระทบทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) สูงเกินความเป็นจริง
- 4.) การแจกแจงของตัวแปรตามเป็นแบบโค้งปกติ (Normal Distribution) ที่ทุกค่าของ X ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ตัวถูกพยากรณ์
- X ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ตัวแปรทำนาย (Predictor variable) ตัวแปรอธิบาย (Explanatory Variable) ตัวแปรสาเหตุ
- 5.) ค่าของ Y มีความแปรปรวนเท่ากันทุกค่าของ X
- 6.) ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ (Residual) ที่ทุกจุดบน เส้นถดถอยมีค่าเท่ากัน

### 2.2.3 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยว (Simple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยวเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ 1 ตัว กับ

ตัวแปรตาม 1 ตัว คล้ายกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ แตกต่างกันที่การวิเคราะห์ สหสัมพันธ์ไม่ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น เมื่อนักผู้ใดเห็นจำเป็นต้องใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ส่วนการวิเคราะห์การถดถอย เชิงเส้นเชิงเดียว เป็นการศึกษความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เป็นต้นเหตุ (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรที่เป็นผล (ตัวแปรตาม) ซึ่งนอกจากจะทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองแล้ว ยังสามารถนำค่าของตัวแปรต้นเหตุไปทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรที่เป็นผลได้ พร้อมบอกขนาดของความสามารถในการทำนาย หรือความสามารถในการอธิบายตัวแปรผล ว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการได้ดังนี้

$$\text{สมการในรูปของประชากร } Y = \alpha + \beta x + \varepsilon$$

$$\text{สมการในรูปของตัวอย่าง } y = a + bx + e$$

$$\text{สมการทำนายผล(สมการพยากรณ์) } \hat{y} = a + bx$$

สัญลักษณ์ที่ใช้มีความหมายดังนี้

Y คือ ค่าของตัวแปรตาม (จะใช้สัญลักษณ์  $y$  สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และใช้ค่า  $\hat{y}$  สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย)

X คือ ค่าของตัวแปรอิสระ (จะใช้สัญลักษณ์  $x$  สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และ สำหรับ ค่าประมาณหรือตัวทำนาย)

$\alpha$  คือ ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย (จะใช้สัญลักษณ์  $a$  สำหรับค่าที่ได้จาก ตัวอย่าง และ สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยที่  $\alpha$  หรือ  $a$  จะเป็นจุดตัด (Intercept) แกน  $y$  ของ สมการ

$\beta$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ของตัวแปรอิสระ X (จะ ใช้สัญลักษณ์  $b$  สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และ สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยที่ค่า  $\beta$  หรือ  $b$  จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า  $x$  ต่อค่า  $y$  ดังนี้ คือ ถ้าค่า  $x$  เปลี่ยนไป 1 หน่วย จะทำให้ค่า  $y$  เปลี่ยนไป  $b$  หน่วย

$\varepsilon$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error or Residual) ระหว่างค่า Y และค่า  $\hat{y}$  (จะใช้ สัญลักษณ์  $e$  สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง)

ตัวอย่าง การศึกษาความสัมพันธ์ของอายุกับดัชนีมวลกาย ในสภาพความเป็นจริงมักจะไม่พบ ลักษณะของตัวแปรอิสระตัวเดียวจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปร ตาม ซึ่งมักพบว่า มีตัวแปรอิสระหลายๆ ตัวร่วมกันส่งผลหรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในลักษณะของ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัวกับตัวแปรตาม 1 ตัว เพื่อศึกษาว่ามีตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่ร่วมกันทำนายหรือพยากรณ์ หรืออธิบายการผันแปรของตัวแปรตามได้ โดยเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการได้ดังนี้

$$\text{สมการในรูปของประชากร } Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \varepsilon$$

$$\text{สมการในรูปของตัวอย่าง } y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + e$$

$$\text{สมการทำนายผล (สมการพยากรณ์) } \hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k$$

สัญลักษณ์ที่ใช้มีความหมายดังนี้

$X_i$  คือ ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (จะใช้สัญลักษณ์  $x_i$  สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และ สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย)

$Y$  คือ ค่าของตัวแปรตาม (จะใช้สัญลักษณ์ สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และใช้ค่า  $\hat{y}$  สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย)

$k$  คือ จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

$\beta_0$  คือ ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย (จะใช้สัญลักษณ์  $b_0$  สำหรับค่าที่ได้จาก ตัวอย่าง และ

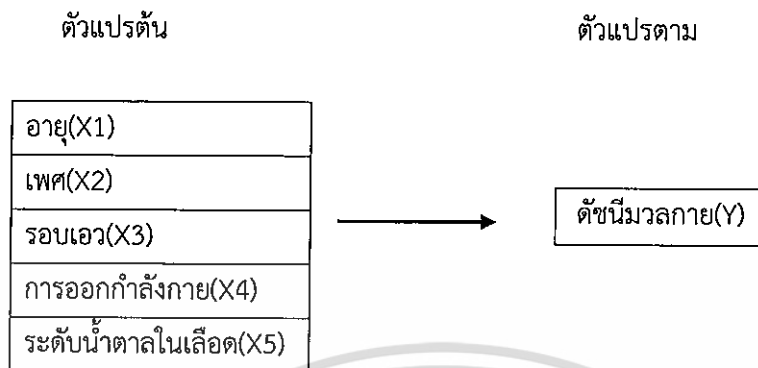
สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยที่  $\beta_0$  หรือ  $b_0$  จะเป็นจุดตัด (Intercept) แกน  $y$  ของสมการ

$\beta_i$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ของตัวแปรอิสระ  $X_i$  แต่ละตัว (จะใช้สัญลักษณ์  $b_i$  สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง และ สำหรับค่าประมาณหรือตัวทำนาย) โดยที่ค่า  $\beta_i$  หรือ  $b_i$  จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า  $x_i$  ต่อค่า  $y$  ดังนี้ คือ ถ้าค่า  $x_i$  เปลี่ยนไป 1 หน่วย จะทำให้ค่า  $y$  เปลี่ยนไป  $b_i$  หน่วย

$\varepsilon$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error or Residual) ระหว่างค่า  $Y$  และค่า  $\hat{y}$  (จะใช้ สัญลักษณ์  $e$  สำหรับค่าที่ได้จากตัวอย่าง)

ตัวอย่าง การศึกษาปัจจัย (อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง การออกกำลังกาย ปริมาณอาหารที่ บริโภค อาชีพ ฯลฯ) ที่มีความสัมพันธ์กับระดับความดันโลหิต

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ตัวอย่างงานวิจัย : ปัจจัยที่สามารถทำนายดัชนีมวลกายของกลุ่มเสี่ยงเบาหวาน กรอบแนวคิดในการวิจัย :



ตัวอย่างกรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ มีวัตถุประสงค์ในการพยากรณ์หรือทำนายตัวแปรที่ต้องการศึกษา ด้วยการสร้างสมการพยากรณ์ โดยมีตัวแปรเกณฑ์ (Y) ที่เป็นตัวแปรต่อเนื่องเพียง 1 ตัว และตัวแปร พยากรณ์ (X) หลายตัวแปร (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. 2554 : 279 ; Barbara G. Tabachnick and Linda S. Fidell. 2007 : 117 ) ซึ่งเป็นข้อมูลในสเกลการวัดระดับมาตราส่วน (Ratio Scale) หรือระดับช่วง (Interval Scale) หรือถ้าบางตัวแปรเป็นข้อมูลในระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) หรือเรียงลำดับ (Ordinal Scales) ต้องปรับให้เป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) ก่อนทำการวิเคราะห์ จากหลักการ ของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณที่กล่าวมาแล้วว่า ใช้ตัวแปรพยากรณ์หลายตัวในการทำนายตัวแปรเกณฑ์ ตัวเดียวทำให้ตัวแปรพยากรณ์บางตัวที่ไม่มีส่วนในการอธิบายการผันแปรต่อตัวแปรเกณฑ์ไม่มีความสำคัญต่อสมการพยากรณ์ ดังนั้นวิธีการคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์จึงมีความจำเป็น เพื่อให้ได้สมการพยากรณ์ที่ดีที่สุด โดยในบทความนี้ได้นำเสนอหลักการการคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ การสร้างรูปแบบสมการพยากรณ์ชี้ให้เห็น จุดเด่นและข้อบกพร่องของวิธีการคัดเลือกตัวแปรแต่ละแบบรวมทั้งข้อเปรียบเทียบเกี่ยวกับวิธีการคัดเลือก ตัวแปรในแต่ละวิธี เพื่อเป็นหลักในการนำไปใช้ได้ถูกต้องในบทความนี้ ผู้เขียนนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ 4 วิธีโดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. การเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปร (Forward Selection)
2. การเลือกตัวแปรโดยวิธีลดตัวแปร (Backward Elimination)
3. การเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression)
4. การเลือกตัวแปรโดยวิธีนำตัวแปรเข้าทั้งหมด (Enter Regression)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.2.4.1 การเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปร (Forward Selection)

เป็นวิธีการที่ต้องการได้โมเดลประหยัดนั้นคือจะเลือกเฉพาะตัวแปรพยากรณ์ที่ดีที่สุดที่สามารถพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้เท่านั้น โดยจะคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์เข้ามาในสมการทีละตัว และทำการทดสอบว่า ตัวแปรที่เข้ามานั้นสามารถพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ต่อจากนั้นทำการคัดเลือก ตัวแปรที่สำคัญรองลงมาต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่มีตัวแปรพยากรณ์เหลือ วิธีการเพิ่มตัวแปรก็จะสิ้นสุด (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. 2554 : 282-283 ; Brian S. Everitt. 2010 : 93) วิธีนี้ในแต่ละขั้นตอนที่นำตัวแปร พยากรณ์เข้าสมการเป็นการพิจารณาเฉพาะตัวแปรที่เข้าไปใหม่ว่าสามารถพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้เพิ่มมากขึ้น หรือไม่ จุดบกพร่องของวิธีนี้คือไม่ได้ตรวจสอบผลกระทบที่เกิดเนื่องจากตัวแปรพยากรณ์ตัวใหม่ที่เข้าไปใน รูปแบบต่อตัวแปรพยากรณ์ที่เข้าไปในรูปแบบก่อนหน้านี้แล้ว (พิชญ์สินี ชมพูกำ. มปป.)

#### 2.2.4.2 การเลือกตัวแปรโดยวิธีลดตัวแปร (Backward Elimination)

เป็นวิธีที่พยายามคัดเลือกตัวแปรที่ดีที่สุดและได้โมเดลประหยัด ในการพยากรณ์เช่นเดียวกัน แต่เป็นวิธีที่ตรงข้ามกับวิธี Forward นั้น คือตอนแรกจะนำตัวแปรพยากรณ์ทุกตัวเข้ามาในสมการและดำเนินการพิจารณาตัวแปรพยากรณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วน (Partial Correlation) กับตัวแปรเกณฑ์ โดยควบคุมอิทธิพลของตัวแปรพยากรณ์อื่น ๆ ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดออกจากสมการ แล้วจึงดำเนินการทดสอบว่า ค่า  $R^2$  ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ถ้าพบว่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าตัวแปร ดังกล่าวไม่ได้มีส่วนทำให้การพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์เพิ่มขึ้นเลย แสดงว่าสามารถขจัดออกจากสมการได้ จากนั้นจึงดำเนินการขจัดตัวแปรพยากรณ์ที่มีความสำคัญน้อยรองลงมาออกไปอีก โดยใช้วิธีพิจารณา เช่น เดียวกัน ซึ่งการขจัดตัวแปรพยากรณ์จะสิ้นสุด เมื่อพบว่า มีผลทำให้ค่า  $R^2$  ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่า ตัวแปรดังกล่าวมีความสำคัญต่อการพยากรณ์ตัวแปรตาม หากขจัดตัวแปรดังกล่าวออกจาก สมการจะทำให้อำนาจการพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ลดลง จึงต้องคงตัวแปรพยากรณ์ดังกล่าวไว้ในสมการพยากรณ์ ต่อไป (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. 2554 : 283 ; Brian S. Everitt. 2010 : 93)

#### 2.2.4.3 การเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression)

เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมในการพิจารณาคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่ดีที่สุดและได้โมเดลที่ ประหยัด ที่สุด ซึ่งลำดับขั้นตอนจะคล้ายกับวิธี Forward เพียงแต่การวิเคราะห์ด้วยวิธี Stepwise จะทำการทดสอบตัวแปรพยากรณ์ที่เข้าสมการไปแล้วทุกครั้งที่มีการนำตัวแปรใหม่เข้าในสมการหมายความว่า ตัวแปร พยากรณ์บางตัวที่เข้าไปในสมการแล้วก็สามารถถูกขจัดออกจากสมการได้ (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. 2554 : 283) หากพบว่าตัวแปรพยากรณ์ตัวนั้นไม่ได้ส่งผลให้ค่า  $R^2$  เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ไม่ได้มีส่วนทำให้การ พยากรณ์ต่อตัวแปรเกณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ) ซึ่งวิธี Forward ไม่ได้ทดสอบในส่วนนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ. 2553 : 60)

#### 2.2.4.4 การเลือกตัวแปรโดยวิธีนำตัวแปรเข้าทั้งหมด (Enter Regression)

วิธีนี้เป็นการคัดเลือกตัวพยากรณ์เข้าสมการด้วยการวิเคราะห์เพียงขั้นตอนเดียว เริ่มต้น การวิเคราะห์ โดยใช้ตัวแปรพยากรณ์ที่ศึกษานำเข้าไปในสมการพยากรณ์พร้อมกันทุกตัว ถึงแม้ว่าตัวแปรพยากรณ์ บางตัวจะพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้หรือไม่ก็ตาม วิธีนี้มักจะใช้ในกรณีที่ต้องการทราบว่าตัวแปรแต่ละตัวที่ทำการศึกษจะสามารถพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้หรือไม่มากนักน้อยเพียงใด ซึ่งจะมีประโยชน์ สำหรับวิธีการ ทางสถิติอื่น ๆ เช่น การวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. 2554 : 283) ข้อด้อย คือ เป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ได้คัดเลือกตัวแปรเข้าสู่สมการถดถอยที่เหมาะสมให้ ทำให้ ได้โมเดลที่ไม่ประหยัด

#### 2.2.5 ข้อแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์ที่กล่าวมานั้น จะเห็นว่าสมการพยากรณ์ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Enter จะได้สมการ ที่แตกต่างจากการวิเคราะห์ในอีก 3 วิธี คือ ภายในสมการพยากรณ์จะมีตัวแปรพยากรณ์อยู่ครบทุกตัว ทำให้มองเห็นตัวแปรทั้งที่พยากรณ์ได้และไม่ได้ ซึ่งวิธีการนี้มีประโยชน์กับการวิเคราะห์ข้อมูลใน ลักษณะที่ผู้วิจัย ต้องการให้ตัวแปรทุกตัวอยู่ในสมการครบ เช่น ในการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAQ ที่ ผู้วิจัยคำนึงถึงลำดับ การพยากรณ์ของตัวแปร หรือเส้นทางการส่งผ่านอิทธิพลระหว่างตัวแปร พยากรณ์แต่ละตัว โดยสมการพยากรณ์ ในอีก 3 วิธี ที่เหลือ คือ Forward Backward และ Stepwise จะเป็นการวิเคราะห์ที่ได้โมเดลประหยัดและ จากผลการนำเสนอในบทความนี้ จะเห็นว่า ผลที่ได้ในสมการพยากรณ์ของทั้ง 3 วิธีได้ผลที่เหมือนกัน เนื่องจาก ในวิธี Forward และ Backward เป็นการคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่ดีที่สุดที่สามารถพยากรณ์ตัวแปรตามได้เช่นเดียวกันทั้งสองวิธี ต่างกันเพียงขั้นตอนการนำเข้าและถอยตัวแปรออกแต่โดยหลักการอื่น ๆ แล้วมีวัตถุประสงค์ เหมือนกัน ส่งผลให้ 2 วิธีนี้ได้ผลลัพธ์ในสมการที่มีค่าเหมือนกัน ส่วนวิธี Stepwise เนื่องจากในการ นำเสนอ การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ โมเดลที่ได้ไม่มีการถอยตัวแปรออกหลังจากมีการนำตัวแปร พยากรณ์เข้าในแต่ละ รูปแบบทำให้โมเดลท้ายสุดที่ได้ผลออกมามีค่าเท่ากับวิธี Forward และ Backward แต่โดยหลักการวิธี Stepwise ถือเป็นวิธีการคัดเลือกตัวแปรเข้าสู่สมการถดถอยพหุคูณ แบบโมเดลประหยัดที่ดีที่สุดเนื่องจากว่า

1. วิธี Forward เป็นการนำตัวแปรเข้าวิเคราะห์ทีละตัวและมีการตรวจสอบว่าตัวแปรนั้นจะ อยู่ในรูปแบบต่อไปหรือไม่ ถ้าอยู่ก็จะทำการวิเคราะห์ขั้นต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่มีตัวแปร

พยากรณ์เหลือ วิธีการ เพิ่มตัวแปรก็จะสิ้นสุด ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะทำให้ได้โมเดลประหยัดก็จริง แต่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์อื่นโดยไม่ผ่านการคัด  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการนำตัวแปรพยากรณ์ เข้าสมการจะพิจารณาเฉพาะตัวแปรที่เข้าไปใหม่ว่าสามารถพยากรณ์ตัวแปรเกณฑ์ได้เพิ่มมากขึ้นหรือไม่ ไม่ได้ตรวจสอบผลกระทบที่เกิดเนื่องจากตัวแปรพยากรณ์ตัวใหม่ที่เข้าไปในสมการว่าส่งผลอย่างไรกับตัวแปร ที่อยู่ในรูปแบบก่อนหน้าแล้ว

2. วิธี Backward เป็นการนำตัวแปรเข้าวิเคราะห์พร้อมกันทั้งหมดทีเดียว ต่อจากนั้นจะเป็นการคัดเลือกตัวแปรออกทีละตัว แล้วทดสอบว่าค่า  $R^2$  ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ถ้าไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าตัวแปรดังกล่าวสามารถขจัดออกจากสมการได้ ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ได้โมเดลประหยัดก็จริง แต่ผู้วิเคราะห์ จะไม่ทราบว่าตัวแปรพยากรณ์ที่เหลืออยู่ในสมการแต่ละตัวนั้นสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตาม ได้เท่าไร บอกได้เพียงแต่ว่าตัวแปรพยากรณ์ชุดนั้นร่วมกันอธิบายความแปรปรวนได้เท่าใด

3. วิธี Stepwise เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมในการพิจารณาคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่ดีที่สุด ซึ่งลำดับขั้นตอนจะคล้ายกับวิธี Forward เพียงแต่ว่าการวิเคราะห์ด้วย Stepwise นั้นจะทำการทดสอบตัวแปร พยากรณ์ที่เข้าสมการไปแล้วทุกครั้งที่มีการนำตัวแปรใหม่เข้าในสมการว่าส่งผลกระทบต่อตัวแปรบางตัวที่อยู่ในสมการก่อนหน้าแล้ว โดยตัวแปรที่อยู่ก่อนสามารถถูกขจัดออกจากสมการได้ หากพบว่าไม่มีความสำคัญในการ พยากรณ์ซึ่งวิธี Forward ไม่ได้ทดสอบในส่วนนี้

สรุป ในการคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์เข้าสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ มีวิธีการคัดเลือกหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีจุดเด่นและข้อจำกัดแตกต่างกัน แต่ข้อจำกัดบางส่วนนั้นถ้าเลือกใช้ให้เหมาะสมก็จะทำให้ได้สมการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการทำนายสูงที่สุด ในการอธิบายตัวแปรที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาและยังเป็นวิธีการที่ถูกต้องตาม หลักการทางสถิติอีกทั้งทำให้ข้อมูลที่ได้มานั้นมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

### 2.3 วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Neural Networks)

ในปี ค.ศ.1949 Hebb เป็นคนแรกที่แนะนำโครงข่ายที่มีการประมวลผลจากการเรียนรู้เหมือนเซลล์สมองที่เรียกว่า Hebbian Learning และต่อมาได้นำมาใช้ในการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม ได้เริ่มขึ้นอย่างเป็นทางการ เมื่อปี ค.ศ.1956 โดย Rochester และคณะ ซึ่งเป็นการเริ่มยุคของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent -AI) อย่างแท้จริง นับจากนั้นได้มีนักวิจัยหลายท่านพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมขึ้นมาหลายแบบ เช่น ในปี ค.ศ.1958 Rosenblatt ได้พัฒนาโครงข่ายเพอร์เซพตรอน (Perceptron) ซึ่งมีพื้นฐานการทำงานเป็น 3 ชั้น กล่าวคือชั้นนำเข้า (Input Layer)

ชั้นแอสโซซิเอชัน (Association Layer) และชั้นส่งออก (Output Layer) ในปีค.ศ.1960 Widrow ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนวิชาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

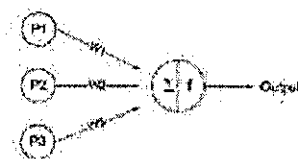
พัฒนาโครงข่าย ADALINE (ADaptive Linear Neuron) ซึ่งต่อมามีการปรับปรุงเป็นโครงข่ายที่มีชื่อภายหลังว่า MADALINE (Multiple ADALINES) หลังจากนั้นก็มีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจเกี่ยวกับ Associative Memory จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1982 จึงเกิดโครงข่ายฮอปฟิลด์ (Hopfield) ซึ่งเป็นโครงข่ายประเภทรีเคอร์เรนต์ (Recurrent) และสามารถนำมาประยุกต์แก้ปัญหาเรื่อง การเดินทางของเซลส์แมน (Traveling Salesman) ทำให้ฮอปฟิลด์ได้รางวัลโนเบลทางสาขา ฟิสิกส์ในปี นั้น



ภาพที่ 2.1 โครงข่ายประสาทมนุษย์

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นการจำลองการทำงานบางส่วนของสมองมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท (Neuron) เป็นจำนวนมาก โดยในแต่ละเซลล์จะประกอบด้วยนิวเคลียส (Nucleus) ตัว เซลล์ (Cell Body) โยประสาทนำเข้า (Dendrite) แกนประสาทนำออก (Axon) โดยโยประสาท นำเข้าจะมีหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าเคมีซึ่งส่งมาจากเซลล์ประสาทที่อยู่ใกล้เคียง เมื่อสัญญาณไฟฟ้าเคมี ที่ได้รับเข้ามาเกินค่าค่าหนึ่ง เซลล์ประสาทจะถูกกระตุ้นและส่งสัญญาณไปทางแกนประสาทนำออก ต่อไป เมื่อปรับโครงสร้างและนำรูปแบบมาใช้กับโครงข่ายประสาทเทียมจะใช้โหนด (Nodes) ทำหน้าที่คล้ายกับตัวเซลล์ประสาท โดยพิจารณาภาพที่ 2.2 เซลล์ประสาทแต่ละโหนดจะรับค่านำเข้าได้ หลายค่า เช่น  $p_1, p_2, \dots, p_n$  แต่ผลการกระตุ้นหรือค่าส่งออกที่ได้มีเพียงหนึ่งค่า ซึ่งคำนวณได้จากการ ใช้ฟังก์ชันทรานสเฟอร์ (Transfer Function :  $f$ ) กับผลรวมเชิงเส้นแบบถ่วง น้ำหนัก ( $w_1, w_2, \dots, w_n$ ) ของค่านำเข้า (Blum and Li, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 รูปแบบของเซลล์ประสาท

1.รูปแบบการเรียนรู้ของระบบโครงข่ายประสาทเทียมลักษณะการเรียนรู้ของระบบโครงข่ายประสาทเทียมสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบดังนี้ (Hagan, Demuth and Beale, 1996)

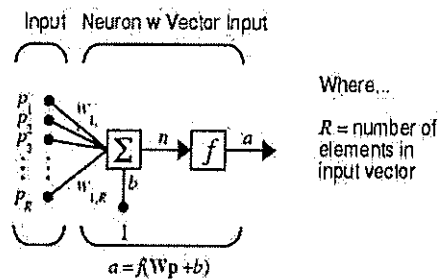
1) การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) โครงข่ายประสาทเทียมจะได้รับการฝึกด้วยกลุ่มฝึกที่ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้าและค่าส่งออกที่ต้องการ การปรับค่าน้ำหนักและค่าไบแอส (Bias) นั้นจะทำให้ค่าส่งออกที่ได้มีความใกล้เคียง หรือตรงกับค่าส่งออกที่ต้องการมากที่สุด ตัวอย่างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้วิธีการเรียนรู้แบบนี้ เช่น แบคโพรพาเกชัน (BackPropagation) และมัลติเลเยอร์เพอเซ็ปตรอน (Multilayer Perceptron) เป็นต้น

2) การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) การเรียนรู้แบบนี้จะ คล้ายคลึงกับการเรียนรู้แบบมีผู้สอน แต่ต่างกันตรงที่การเรียนรู้แบบนี้จะใช้นำเข้าและใช้ระดับ (Grade) หรือคะแนน (Score) แทนค่าส่งออก ซึ่งวิธีนี้จะมีความซับซ้อนมากกว่าและใช้เวลาในการฝึกมากกว่าทำให้เป็นที่นิยมน้อยกว่าการเรียนรู้แบบมีผู้สอน การเรียนรู้รูปแบบนี้มีความเหมาะสมสำหรับระบบขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมหลายเครือข่ายทำงานร่วมกัน

3) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) การเรียนรู้เพื่อปรับค่าน้ำหนักและค่าไบแอสจะตอบสนองต่อข้อมูลนำเข้าเท่านั้น โดยไม่ได้ใช้ค่าส่งออกร่วมด้วยในการฝึก วิธีการเรียนรู้แบบนี้จะใช้การจัดแบ่งกลุ่มโดยพิจารณาตามรูปแบบของค่านำเข้า ตัวอย่างโครงข่าย-ประสาทเทียมที่ใช้วิธีการเรียนรู้แบบนี้ เช่น เคาน์เตอร์โพรพาเกชัน (Counter Propagation) และโครงข่ายโคเฮนเนน (Kohonen Network)

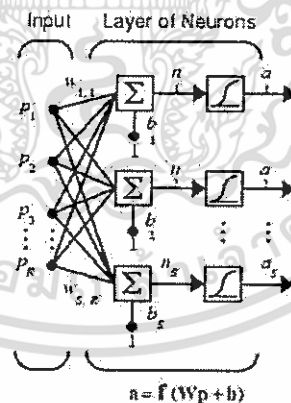
2.สถาปัตยกรรมโครงข่าย โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม สร้างขึ้นมาจากส่วนประกอบ 3 ส่วนที่เชื่อมต่อกัน แต่ละส่วนเรียกว่า เลเยอร์ (Layers) และเรียกประสาทเทียมว่า โหนด (Node)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 โครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งหน่วยแบบหลายอินพุต

จากภาพที่ 2.3 แสดง 1 โครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งหน่วยแบบหลายอินพุตในรูปเวกเตอร์  $P = [p_1 \ p_2 \ \dots \ p_R]^T$  มีอินพุต  $R$  ค่า อินพุตแต่ละตัวถูกคูณด้วยเวกเตอร์น้ำหนักเสอร์  $W = [w_{11} \ w_{12} \ \dots \ w_{1R}]$  แล้วป้อนให้กับฟังก์ชันถ่ายโอน  $f$  เป็นเอาต์พุต  $a$  ดังสมการ  $n = Wp + b = w_{11} p_1 + w_{12} p_2 + \dots + w_{1R} p_R + b$   $a = f(n) = f(Wp + b)$  แต่ในระบบงานทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัวแปร โครงข่ายประสาทเทียม แบบหลายหน่วยหลายอินพุตจะมีหลายสัญญาณเข้า และหลายสัญญาณออก ซึ่งทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบหลายตัวแปรได้ โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายอินพุตเอาต์พุตมีชื่อทั่วไปว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบเป็นชั้น (Layered Perceptron) โครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งชั้น



ภาพที่ 2.4 โครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าต่าง ๆ สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$n_1 = w_{11}p_1 + w_{12}p_2 + w_{13}p_3 + \dots + w_{1R}p_R + b_1$$

$$n_2 = w_{21}p_1 + w_{22}p_2 + w_{23}p_3 + \dots + w_{2R}p_R + b_2$$

...

$$n_S = w_{S1}p_1 + w_{S2}p_2 + w_{S3}p_3 + \dots + w_{SR}p_R + b_S$$

และเอาต์พุตหาได้จาก

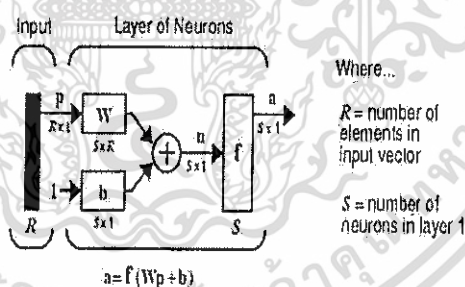
$$a_1 = f(n_1) = f(w_{11}p_1 + w_{12}p_2 + w_{13}p_3 + \dots + w_{1R}p_R + b_1)$$

$$a_2 = f(n_2) = f(w_{21}p_1 + w_{22}p_2 + w_{23}p_3 + \dots + w_{2R}p_R + b_2)$$

...

$$a_S = f(n_S) = f(w_{S1}p_1 + w_{S2}p_2 + w_{S3}p_3 + \dots + w_{SR}p_R + b_S)$$

จากภาพที่ 2.5 แสดงโครงข่ายประสาทเทียมแบบหนึ่งชั้นที่มีหลายอินพุตหลายเอาต์พุตในรูปเวกเตอร์เมทริกซ์ เมื่อ  $p$  เป็นอินพุตเวกเตอร์ขนาด  $R \times 1$ ,  $W$  เป็นเมทริกซ์น้ำหนักขนาด  $S \times R$ ,  $b$  เป็นไบแอสเวกเตอร์ขนาด  $S \times 1$ ,  $n$  เป็นเวกเตอร์ผลบวกระหว่าง  $Wp$  และ  $b$ ,  $f$  เป็นเวกเตอร์ ฟังก์ชันถ่ายโอน และ  $a$  เป็นเวกเตอร์เอาต์พุต ส่วน  $R$  เป็นค่าสเกลาร์แสดงจำนวนอินพุต และ  $S$  เป็นค่าสเกลาร์แสดงจำนวนนิวรอน



ภาพที่ 2.5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหนึ่งชั้นในรูปแบบย่อ

จากภาพที่ 2.5 กำหนดให้  $P = [p_1 \ p_2 \ \dots \ p_R]^T$  และ  $b = [b_1 \ b_2 \ \dots \ b_S]^T$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

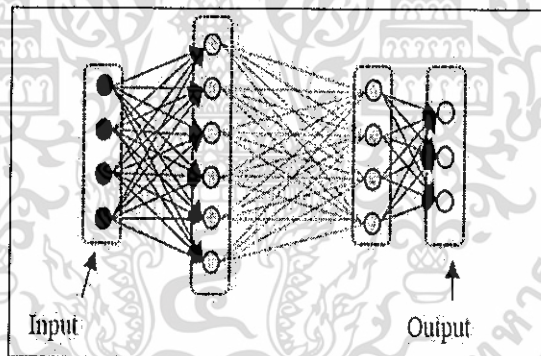
$$W = \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \dots & w_{1,R} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \dots & w_{2,R} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{S,1} & w_{S,2} & \dots & w_{S,R} \end{bmatrix}$$

ภาพที่ 2.6 เมทริกซ์น้ำหนัก (W)

จากภาพที่ 2.5 ค่าต่างๆ สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้  $n = Wp + b$   $a = f(n) = f(Wp + b)$

สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม เมื่อพิจารณาในลักษณะทิศทางการส่งข้อมูลได้มีการแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ แบบป้อนไปหน้าและแบบป้อนกลับ

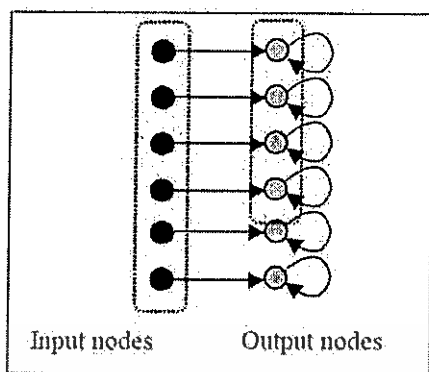
1) แบบป้อนไปหน้า (Feedforward Network) ข้อมูลที่ประมวลผลในวงจรข่ายจะถูกส่งไปในทิศทางเดียวจาก Input Nodes ส่งต่อมาเรื่อยๆจนถึง Output Nodes โดยไม่มีการย้อนกลับของข้อมูลหรือแม้แต่ Nodes ใน Layer เดียวกันก็ไม่มีการเชื่อมต่อกัน แสดงดังภาพ



ภาพที่ 2.7 สถาปัตยกรรมของเครือข่ายป้อนไปหน้า (Feedforward Network)

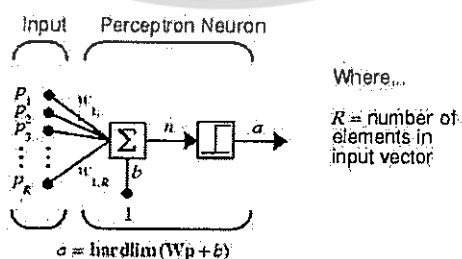
2) แบบป้อนกลับ (Feedback Network) ข้อมูลที่ประมวลผลในวงจรข่ายจะมีการป้อนกลับเข้าไปยังวงจรข่ายหลายๆ ครั้งจนกระทั่งได้คำตอบออกมา (บางที่เรียกว่า Recurrent Network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 สถาปัตยกรรมของเครือข่ายป้อนไปกลับ (Feedback Network)

3.วิธีการสอน คือรูปแบบสำหรับการฝึกฝนในโครงข่ายประสาทเทียม โครงข่าย-ประสาทเทียมประกอบด้วยตัวประมวลผลเรียกว่า นิวรอน ซึ่งเชื่อมต่อถึงกันและนิวรอนแต่ละตัวจะส่งผ่านสัญญาณจากตัวมันไปยังนิวรอนตัวอื่นๆต่างเลเยอร์ (Layer) ผ่านทางจุดเชื่อมต่อที่เรียกว่าน้ำหนัก (Weight) โดยที่ตัวนิวรอนที่อยู่ในเลเยอร์เดียวกันจะมีหน้าที่เหมือนกัน ซึ่งแต่ละนิวรอนจะรับค่าสัญญาณอินพุตที่เชื่อมต่อกับตัวมันทั้งหมดมาประมวลผลและให้สัญญาณออกมาที่เอาต์พุตเพียงหนึ่งค่าเท่านั้น โดยที่สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากแต่ละชั้นจะถูกส่งต่อไปยังนิวรอนในชั้นปลายทางต่อไป เพอร์เซ็ปตรอน (Perceptrons) เป็นเทคนิคการสอนประเภทหนึ่ง เพอร์เซ็ปตรอนเหมาะสำหรับการแก้ปัญหาเพื่อจำแนกรูปแบบหรือจัดหมวดหมู่ ซึ่งมีความรวดเร็วและเชื่อถือได้ เพอร์เซ็ปตรอนเป็นรูปแบบเลเยอร์เดี่ยวดังแสดงในภาพที่ 2.9 โดยข้อมูลเข้า  $p$  จำนวน  $R$  ตัว จะเชื่อมต่อ ด้วยกลุ่มของน้ำหนัก  $w$  และรวบรวมที่จุดรวมระหว่างข้อมูลอินพุตกับน้ำหนัก  $n = (P \times W)$  ทั้งนี้หากมีค่าไบแอส  $b$  ก็จะสามารถรวมด้วยที่จุดรวมผลนี้  $n = (P \times W) + b$  จากนั้นจะได้ค่าเอาต์พุต  $n$  ซึ่งเป็นผลรวมสุดท้ายจะส่งผ่านไปยังฟังก์ชันถ่ายโอน จากภาพที่ 2.9 เป็นฟังก์ชันถ่ายโอนแบบจำกัดแข็ง (Hardlim) เพื่อส่งผลลัพธ์  $a$  ออกจากโครงข่าย



ภาพที่ 2.9 สถาปัตยกรรมเพอร์เซ็ปตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อจำกัดของเปอร์เซ็ปตรอน คือค่าของเอาต์พุตจะมีได้เพียง 2 ค่า คือค่า 0 หรือค่า 1 เปอร์เซ็ปตรอนสามารถแยกจัดหมวดหมู่ข้อมูลเชิงเส้นเท่านั้น แต่หากเวกเตอร์ไม่มีลักษณะเชิงเส้นการเรียนรู้จะไม่พบจุดที่เวกเตอร์จะสามารถแยกแยะหมวดหมู่ได้ แต่เปอร์เซ็ปตรอนจะค้นหาเวลาที่จะสิ้นสุดการเรียนรู้ เปอร์เซ็ปตรอนรับอินพุตเป็นเวกเตอร์จำนวนจริงแล้วคำนวณหาผลรวมเชิงเส้น

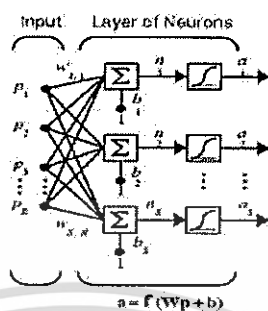
(Linear combination) แบบถ่วงน้ำหนักของอินพุต ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) โดยที่ค่าน้ำหนัก ( $w_1, w_2, \dots, w_n$ ) ปรากฏในรูปเป็นค่าน้ำหนักของอินพุตและให้เอาต์พุตเป็น 1 ถ้าผลรวมที่ได้มีค่าเกินค่าขีดแบ่ง และเป็น  $-1$  ถ้าไม่เกินค่าขีดแบ่ง การเรียนรู้เปอร์เซ็ปตรอน คือการหาค่าเวกเตอร์น้ำหนักที่เหมาะสมในการจำแนกประเภทของข้อมูลสอนเพื่อให้เปอร์เซ็ปตรอนแสดงเอาต์พุตได้ตรงกับค่าที่สอน(บุญเสริม กิจศิริกุล, 2548) อัลกอริทึมเริ่มต้นจากสุ่มค่าเวกเตอร์น้ำหนัก ซึ่งโดยมากค่าที่สุ่มมานี้จะไม่ได้รับาบบหลายมิติที่แบ่งตัวอย่างได้ถูกต้องทุกตัว ดังนั้นจึงต้องมีการแก้ไขน้ำหนักโดยเทียบเปอร์เซ็ปตรอนกับตัวอย่างที่สอน หมายถึงว่าเมื่อเราป้อนตัวอย่างสอนเข้าไปในเปอร์เซ็ปตรอน เราจะคำนวณค่าเอาต์พุตได้ นำเอาเอาต์พุตที่คำนวณได้โดยเปอร์เซ็ปตรอนเทียบกับเอาต์พุตเป้าหมาย ถ้าตรงกันแสดงว่าจำแนกตัวอย่างได้ถูกต้อง ไม่ต้องปรับน้ำหนักสำหรับตัวอย่งนั้น แต่ถ้าไม่ตรงกันที่จะทำการปรับน้ำหนักตามสมการในอัลกอริทึม ส่วนอัตราการเรียนรู้เป็นตัวเลขนบวกรจำนวนน้อยๆ เช่น 0.01, 0.005 เป็นต้น อัตราการเรียนรู้นี้จะส่งผลต่อการลู่เข้าของเปอร์เซ็ปตรอน ถ้าอัตราการเรียนรู้มีค่ามากเปอร์เซ็ปตรอนก็จะเรียนรู้ได้เร็ว แต่ก็อาจเรียนรู้ไม่สำเร็จเนื่องจากการปรับ

$$E(\vec{w}) = \frac{1}{2} \sum_{d \in D} \sum_{k \in \text{output}} (t_{kd} - o_{kd})^2$$

โดยที่เอาต์พุต (Outputs) คือ เซตของบัพเอาต์พุตในข่ายงาน  $t_{kd}$  และ  $o_{kd}$  เป็นค่าเอาต์พุตเป้าหมายและเอาต์พุตที่ได้จากข่ายงานตามลำดับของบัพเอาต์พุตที่  $k$  ของตัวอย่างตัวที่  $d$  อัลกอริทึมการแพร่กระจายย้อนกลับจะค้นหาเวกเตอร์น้ำหนักที่ให้ค่าผิดพลาดต่ำสุด แต่ในกรณีของข่ายงานป้อนไปหน้าแบบหลายชั้นนี้ค่าต่ำสุดมักมีมากกว่าหนึ่งจุด ดังนั้นคำตอบของการแพร่กระจายย้อนกลับจึงเป็นค่าต่ำสุดเฉพาะที่อัลกอริทึมการแพร่กระจายย้อนกลับเป็นวิธีการสอนเลเยอร์หลายๆเลเยอร์ และการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นเวกเตอร์อินพุตจะสอดคล้องกับเวกเตอร์เป้าหมาย(Target) ซึ่งจะถูกรู้จักจนกว่าจะสามารถสร้างฟังก์ชันถ่ายโอนที่สามารถประมาณค่าที่ดีได้ เวกเตอร์อินพุตจะมีความสัมพันธ์จากเวกเตอร์เอาต์พุต เนื่องจากแบบแพร่กระจายย้อนกลับจะมีการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการหาค่าตอบที่มีเหตุผลเมื่อพบอินพุตที่ไม่เคยพบมาก่อน โดยทั่วไปแล้วอินพุตตัวใหม่จะเกิดขึ้นจากนำเอาต์พุตมาแก้ไขและเรียนรู้ใหม่อีกครั้ง ลักษณะทั่วไปคือการเรียนรู้ในโครงข่ายด้วยกลุ่มคู่ของอินพุต/เป้าหมายและได้รับผลลัพธ์ที่ดีโดยไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องเรียนรู้ทุกค่าของคู่ อินพุต/เอาต์พุต เงื่อนไขการทำงานของโครงข่ายการแพร่กระจายย้อนกลับจะอ้างอิง จากค่าความผิดพลาด (Error) ที่ได้รับจากโครงข่าย ดังภาพที่ 2.10

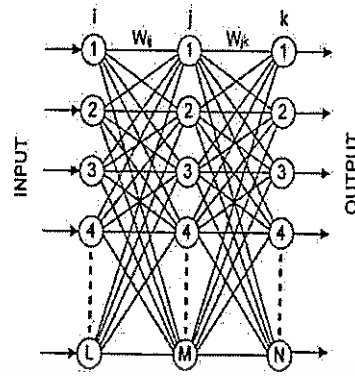


ภาพที่ 2.10 เครือข่ายแพร่กระจายย้อนกลับในรูปแบบป้อนไปหน้า (Feed Forward)

4.โครงข่ายใยประสาทเทียมแบบแพร่กลับ (Back-Propagation Algorithm) ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย Rumelhart et al. สามารถเข้าใจง่ายและมีการประยุกต์ใช้โดยทั่วไป การปรับสอนโครงข่าย ใยประสาทเทียมแบบแพร่กลับประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน คือ

- 1) ขั้นตอนการคำนวณไปข้างหน้า (Feed Forward) จากชั้นข้อมูลเข้า (Input Layer) ไปยังชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) และไปสู่ชั้นข้อมูลออก (Output Layer)
- 2) ขั้นตอนการคำนวณ และการแทนค่ากลับของผลรวมของความ ผิดพลาดของสัญญาณออกกับค่า เป้าหมาย
- 3) ขั้นตอนการปรับค่าน้ำหนัก (Weight) และไบแอส (Bias) ซึ่งค่าน้ำหนักนี้หลังจากที่ได้ จากสถานะการเรียนรู้จะเก็บไว้ใช้อีกครั้งสถานะของการทดสอบ ซึ่งในสถานะการทดสอบจะไม่มี การปรับแต่งค่าน้ำหนัก ส่วนค่าไบแอสนี้คือในกรณีที่โครงข่ายมีจำนวนโหนดที่ไม่เหมาะสมคือจำนวน โหนดที่น้อยเกินไป การเพิ่มโหนดไบแอสเข้าไปจะทำให้โครงข่ายสามารถมีประสิทธิภาพของการ เรียนรู้ดีขึ้น หลังจากที่โครงข่ายได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้ว จะเป็นการนำโครงข่ายไปประยุกต์ใช้ งาน ขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับขั้นตอนการคำนวณไปข้างหน้าเพียงขั้นตอนเดียวโดยจะนำค่าน้ำหนักที่ได้ จากการเรียนรู้ไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไป (ชัยยุทธ ชินณะราศรี, ทรงพล โนนสว่าง และเสรี ศุภรา ทิตย, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 แสดงโครงข่ายภายในของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ

ขั้นตอนของ Back-propagation Algorithm มีดังนี้

- 1) กำหนดค่าอัตราเร็วในการเรียนรู้ (Rate Parameter :  $r$ )
- 2) สำหรับแต่ละตัวอย่างอินพุตให้ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้จนกว่าได้ระดับ performance ที่ต้องการ
  - (1) คำนวณค่าเอาต์พุตโดยใช้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นซึ่งอาจได้จากการสุ่ม
  - (2) คำนวณค่า  $\beta$  : แทนประโยชน์ที่จะได้รับสำหรับการเปลี่ยนค่าเอาต์พุตของแต่ละโหนด

ชั้นเอาต์พุต (Output Layer)

$$\beta_z = d_z - o_z$$

เมื่อ  $d_z$  = ค่าเอาต์พุตที่ต้องการ

$o_z$  = ค่าเอาต์พุตที่คำนวณได้

ชั้นซ่อน (Hidden Layer)

$$\beta_j = \sum W_{jk} o_k (1 - o_k)$$

เมื่อ  $W_{jk}$  = น้ำหนักของเส้นเชื่อมระหว่างชั้นที่  $j$  กับ  $k$

- (3) คำนวณค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปสำหรับในค่าน้ำหนัก ด้วยสมการต่อไปนี้

$$\Delta W_{ij} = r o_i o_j (1 - o_j) \beta_j$$

- 3) เพิ่มค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงสำหรับตัวอย่างอินพุตทั้งหมด และเปลี่ยนค่าน้ำหนัก

5. การสืบค้นโดยการนิยามบริการเชิงความคิด (Concept-Based Retrieval)

ในวิธีการนี้เป็นการนำมาเพิ่มเติมรายละเอียดของการบรรยายลักษณะของการบริการให้มีความหลากหลายและครอบคลุมมากขึ้น โดยนำเทคโนโลยีเว็บเชิงความหมายเข้ามาประยุกต์ใช้ในการบรรยายรายละเอียดลักษณะและความสามารถของการบริการแทนที่การบรรยายด้วยข้อความ หรือนอกเหนือจากที่บรรยายไว้ใน WSDL ซึ่งในบทความ Adding Semantics to Attribute-Based

Discovery of Web Service ได้นำเสนอคุณลักษณะที่สามารถแสดงความหมายและพฤติกรรมของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบริการ โดยคุณลักษณะดังกล่าวจะถูกอธิบายในข้อกำหนด (Specification) โดยอาศัยแนวคิดของออนโทโลยี (Ontology) ซึ่งใช้อธิบายความหมายหรือเรื่องราวเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ที่สนใจได้ทำให้คำอธิบายบริการมีรายละเอียดชัดเจนยิ่งขึ้น

#### 6. Concept-based Information Retrieval Model

ในมุมมองของโลกเรานั้นเชื่อว่าความหมายของคำๆหนึ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับแนวคิดที่สัมพันธ์กับสิ่งนั้นในโลกมากกว่าทฤษฎีทางภาษา หรือความสัมพันธ์ทางด้านบริบทที่พบเจอในหนังสือ หรือในพจนานุกรม ซึ่ง Information Retrieval Model ในปัจจุบันนั้นก็ได้อิงมุมมองนี้ ซึ่ง เรียกว่า “Concept-Based Information Retrieval Model” ซึ่งไม่ว่าจะเป็นชุดของคำ, ชื่อเฉพาะ, นามวลี หรือส่วนต่างๆของประโยค จะถูกจับไปที่ตัวแนวคิดที่ได้ทำการถอดรหัสออกมา โดยทั่วไปแล้วรูปแบบเนื้อหาของข้อมูลที่ต้องการนั้น จะถูกอธิบายด้วยจำนวนของแนวคิดที่อยู่ในแบบจำลองนั้น แนวคิดนั้นจะเอาออกมาจากข้อความด้วยการจัดหมวดหมู่ สิ่งที่สำคัญมากในแบบจำลองนี้คือ การคงไว้ของโครงสร้างแนวคิด (Conceptual Structure) เพื่อนำไปเชื่อมกับแนวคิด (Concept) ที่เคยใช้ในการสืบค้นข้อมูลที่เราต้องการถ้าคีย์เวิร์ดหรือนามวลีได้ถูกใช้มาแล้วก็จะมีการนำไปเชื่อมโยงไว้ในโครงสร้างแนวคิดโครงสร้างแนวคิดสามารถจะเป็นแบบทั่วไป หรือเป็นแบบเฉพาะสามารถสร้างด้วย ตัวเอง หรือสร้างขึ้นแบบอัตโนมัติ สามารถสร้างความแตกต่างในรูปแบบของตัวเลือก และเส้นทาง ของโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด (Haav and Lubi, 2001) Types of Conceptual Structure สำหรับการสร้างนิยามของแนวคิดมันเป็นความจำเป็นอันดับแรกที่จะใช้กล่าวถึงแนวคิดในเนื้อหานั้นๆ และดังนั้นการแบ่งหมวดหมู่แนวคิดที่พบตามที่ได้รับมาจากโครงสร้างแนวคิดมีหลายรูปแบบในระบุดังแนวคิดที่แสดงขึ้นมาในเนื้อหากระบวนการนี้เรียกว่าการจัดหมวดหมู่ (Categorization) ในหนังสือหรือในเนื้อหาของหนังสือต่างนั้นจะแสดงถึงความแน่นชัดที่ประกอบไปด้วยคำต่างๆมากกว่าแนวคิด ซึ่งแนวคิดนั้นจะมาจากภาษาธรรมชาติ (Natural Language) ดังนั้นมันเป็นไปได้ที่จะระบุสิ่งเหล่านั้นในเนื้อหาด้วยการวิเคราะห์วลีที่มีการพูดออกมาบ่อย ๆ ในระบบ Concept-Based Information Retrieval ที่มีอยู่มากมายนั้น Natural Language Processing (NLP) เป็นสิ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของภาษาและความหมายทางภาษาที่ถูกต้องการจัดหมวดหมู่ เนื้อหาของหนังสือ (T. Adi, O. K. Ewell and P. Adi, 1999) แนวคิดสามารถถูกระบุเข้าไปด้วยการใช้วิธีการนำเหตุผลหลายๆอันที่เกี่ยวข้องกับคำๆนั้นที่พบในหนังสือเพื่อนำไปคำนวณหาความเป็นไปได้ของแนวคิดที่แสดงใน

หนังสือ นั้น (Loh, Wives and Oliveira, 2000) หลังจากที่มีความคิดนั้นได้จัดหมวดหมู่ ก็สามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวันไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษานี้ เมื่อคุณผู้ใดเห็นแจ้งข้อบกพร่องด้านการคำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปนิยามด้วยกระบวนการการจัดหมวดหมู่ คือการกำหนดแนวความคิดใหม่เข้าไปในโครงสร้างแนวความคิด ที่ทำเช่นนี้เพื่อรักษาโครงสร้างของแนวความคิด หรือจะมีการสร้างขึ้นมาอัตโนมัติหากเคยใช้มาแล้ว โครงสร้างของแนวความคิดสามารถสร้างขึ้นมาเองได้ด้วยกระบวนการการเรียนรู้ ซึ่งการจัดการข้อมูลที่เราต้องการเข้าไปเป็นกลุ่มๆ หรือจัดหมวดหมู่ ซึ่งแต่ละหมวดหมู่ก็จะมีแนวความคิดหลักที่จะเป็นสิ่งที่แปลตัวปัญหานั้นว่าเป็นหมวดหมู่ใด

### 7. ปัญหาและเทคนิคของการเรียกข้อมูล (Information Retrieval)

ในช่วงที่ผ่านมาเราจะเห็นได้ว่าการเก็บข้อมูลไม่ว่าจะเป็นการเก็บในอุปกรณ์ หรือเป็นระบบเก็บข้อมูลนั้นมีการพัฒนาการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้หลายรูปแบบ เช่น หนังสือ ฐานข้อมูลเอกสาร ภาพกราฟฟิค การเก็บข้อมูลจึงเป็นเรื่องง่าย แต่สิ่งที่ส่งผลต่อมาก็คือการเรียกข้อมูล โดยเฉพาะในฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งสถานการณ์นี้จะพบได้จากฐานข้อมูลหนังสือในห้องสมุดแบบเดิม, ในโปรแกรมประยุกต์ทางธุรกิจ เช่น Electronic Data Interchange เป็นต้น คลังข้อมูลในฐานข้อมูลเหล่านี้มักจะมีจำนวนมาก, ไม่เป็นระเบียบและไม่มีโครงสร้าง หลังจากที่มีการใช้ไปได้ระยะเวลาหนึ่ง ผู้ใช้คนหนึ่งกับความรู้อันกว้างขวางมีระบบความคิดและมีการแบ่งแยกระดับความรู้จนถึงจะเป็นไปได้ที่จะเข้าไปจัดการหรือสำรวจในฐานข้อมูลเหล่านี้ได้ โดยธรรมชาติการเรียกดูข้อมูลนั้น คีย์เวิร์ดจะเป็นสิ่งที่ถูกส่งเข้าไปไม่ว่าจะเป็นแบบอัตโนมัติหรือไม่อัตโนมัติแล้วก็จะทำการสืบค้นด้วยการใช้ส่วนของข้อมูลมาเชื่อมโยงกันด้วยการควบคุมแบบ Boolean ถึงแม้ว่าจะมีการใช้วิธีการนี้อย่างแพร่หลาย ซึ่งในวิธีการ Boolean นี้ผู้ใช้จะ พบว่ามันยากมากในการค้นหาข้อมูลด้วยรูปแบบภาษา (Syntax) ของ Boolean เอกสารที่ได้มาไม่จัดลำดับของความสำคัญ และที่สำคัญที่สุดผลที่ได้มามักจะไม่เพียงพอหรือไม่ใช่ที่ต้องการ ปัญหาของการสื่อสารระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งที่สร้างความสับสนให้กับเครื่องมือเรียกดูข้อมูลที่เป็น Keywords-Based Boolean นักวิจัยที่ชื่อ Furnas พบว่าการที่มีตัวเลือก 5 ตัวเลือกมาทดลองให้เลือก เพื่อเป็นหัวข้อของบางสิ่งคนสองคนจะเลือกข้อเดียวกันน้อยกว่า 20% นี้อาจเป็นสิ่งหนึ่งที่เป็นข้อจำกัดทางภาษาที่ทำให้วิธีการนี้ไม่ประสบผลสำเร็จกับข้อมูลจำนวนมาก The Vector Space Model ถูกคิดขึ้นมาโดย Salton ได้นำเสนอวิธีการควบคุมข้อมูลใน โปรแกรมสำหรับเรียกดูข้อมูล ใน The Vector Space Model ทั้งเอกสารที่ถูกจัดเก็บ และคำสั่งในการเรียกข้อมูลจากผู้ใช้งานจะถูกจัดเป็นกลุ่มข้อมูลของส่วนค้นหาและจะมีการเทียบค่าน้ำหนัก แตกต่างออกไปจากวิธีการ Boolean เอกสารและคำสั่งนั้นจะถูกเปรียบเทียบกับบนฟังก์ชันที่เหมือนกันระหว่างการจับคู่กับส่วนของข้อมูล (Term) การเหมือนกันของคะแนนของส่วนสำคัญ เอกสารที่แสดงออกมากับการจับคู่ระหว่างคำสั่งของผู้ใช้และเอกสารที่เกี่ยวข้องกัน และก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถจัดลำดับออกมา และแสดงออกได้ตรงกับความหมายของผู้ใช้มากที่สุด (Lin and Chen, 1996)

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Belew (1989) ได้ออกแบบระบบที่ชื่อว่า AIR System ซึ่ง Belew ได้มีการพัฒนา 3 เลเยอร์ของ Neural Network คือ ชื่อผู้เขียน, ดัชนี และเอกสารโดยส่วนสำคัญของระบบคือการรับการตอบรับจากผู้ใช้ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลของชื่อผู้แต่ง, ดัชนี และเอกสารกันภายในกลุ่มของผู้กันเอง กระบวนการการเรียนรู้นั้นได้มีการสร้างขึ้นมาจากหลายช่องทางการเชื่อมโยงกันระหว่างเอกสารกับดัชนี และเพิ่มความสัมพันธ์กับการเรียนรู้กฎ Rose and Belew (1991) ได้ขยายปรับปรุงระบบ AIR โดยให้การผสมผสานกันระหว่าง Connectionist and Symbolic ซึ่งเรียกระบบใหม่ว่า SCALIR ซึ่งได้มีการใช้เหตุผลที่คล้ายคลึงกันในการหาส่วนสำคัญในเอกสารสำหรับการค้นหาอย่างถูกต้อง Wong, Cai and Yao (1993) ซึ่งได้ใช้ Three Layer Feed-Forward Neural Network เพื่อคำนวณส่วนของการรวมกันที่ทำงานบน Adaptive Bilinear Retrieval Model ในส่วนของงานวิจัยนี้ เอกสารแต่ละอันและคำค้นนั้นจะแสดงโดยโหนดโดยที่ตัวเอกสารนั้นเป็นส่วนข้อมูลเข้าใน โครงข่ายโหนดต่างๆ ในส่วนข้อมูลขาเข้านั้นจะเป็นส่วนของเอกสารซึ่งเป็นการติดต่อไปที่โหนดเอกสาร โหนดใน ส่วน Hidden นั้นเป็นส่วนของคำค้น โหนดเหล่านี้จะเชื่อมโยงกับโหนดของเอกสาร ส่วนของข้อมูลขาออก จะมีเพียงโหนดเดียว Lin, Soergei and Marchionini (1991) ใช้ Kohonen Network สำหรับเรียกหาข้อมูล Kohonen นั้นมีลักษณะคือมีการสร้างมิติเป็นสองมิติ คือ การที่ประยุกต์โครงสร้างมุมมองการนำเข้าเอกสารด้วยตัวเอง ข้อมูลนำเข้าในโครงข่ายนี้คือส่วนของเอกสาร และส่วนข้อมูลขาออกเป็นชุดของ 140 เซลล์ ซึ่งแบ่งเป็น 14x10 grid หลังจากมีการทบทวน 2500 ครั้ง ระบบจะแบ่ง 140 เอกสาร ซึ่งสร้างออกมาเป็น Bi-Dimensional Map ซึ่งกริดเหล่านี้จะใช้เพื่อเรียกค้นข้อมูลขึ้นมา

$$\beta_j = \sum w_{jk} o_k(1-o_k)$$

$$\Delta w_{ij} = \tau o_i o_j (1-o_j) \beta_j$$

MacLeod and Robertson (1991) ได้มีการใช้อัลกอริทึมของ Neural Network เพื่อแบ่งแยกเอกสารซึ่งได้มีการเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมของการแบ่งแยกเอกสารด้วย Convention Hierarchical Clustering Chen and Lynch (1992) และ Chen, Lynch, Basu and Ng (1993) ได้ใช้สถาปัตยกรรมของ Blackboard เพื่อมาสนับสนุนการเลือกและการค้นหา Concept แบบ

อัตโนมัติโดยใช้ Neural Network ของ Hopfield ควบคุมเกี่ยวกับวิธีการสบายๆ เพื่อความง่ายในการใช้สิ่ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีอยู่จากการรวบรวมมา Chen and Ng (1995) ประสิทธิภาพของอัลกอริทึม A Branch and Bound Serial Search ได้ถูกมาเปรียบเทียบกับ Hopfield Network ซึ่งมีการนำไปใช้ใน A Hybrid Neural Semantic Network วิธีการทั้งสองมีประสิทธิภาพที่คล้ายคลึงกัน แต่วิธีการHopfield ได้มีการรับ Concept จาก Network ที่แตกต่างกัน Lin and Chen (1996) ได้ใช้สิ่งที่เหมือนกับ Hopfield Neural Network เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจำแนกเอกสารสองภาษาคือ ภาษาจีน-ภาษาอังกฤษ ซึ่งConcept เหล่านั้นสามารถนำมาใช้เพื่อเรียกค้นและจัดประเภทหมวดหมู่ได้ จากที่เราได้แสดงให้เห็นทั้งหมดนี้งานต่างๆที่เกิดขึ้น จะมีการประยุกต์ใช้อัลกอริทึม FeedForward และมีการพูดถึงสิ่งสำคัญพื้นฐานสามสิ่งในระบบสืบค้นข้อมูลคือ เอกสาร, คำค้น และดัชนี ซึ่งเปรียบเสมือน Layer ปกติ ใน Neural Network สำหรับหมวดหมู่ใหญ่ๆที่ได้ใช้ Neural Network มาพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในโปรแกรมก็เช่น การแบ่งแยก Concept, การแบ่งแยกเอกสาร และการจัดกลุ่มเอกสาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 ลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ โดยเป็นข้อมูลการวางแผนการผลิตกรณีศึกษา:การผลิตเครื่องปรับอากาศ ที่รวบรวมจากบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง เป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 รวมทั้งสิ้น 60 เดือน โดย

-ข้อมูลที่ใช้ในการหาตัวแบบพยากรณ์ จะใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 รวมทั้งสิ้น 60 เดือน

-โดยจะทำการพยากรณ์ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561

#### 3.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยมีทั้งหมด 12 ตัว โดยผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมและคัดเลือกจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยที่มีผลต่อการขายเครื่องปรับอากาศ โดยกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปรต่างๆดังนี้

Y คือ ยอดขายเครื่องปรับอากาศ

X1 คือ ฤดูกาล

X2 คือ อุณหภูมิ

X3 คือ ความชื้น

X4 คือ อัตราดอกเบี้ยนโยบาย

X5 คือ อัตราการว่างงาน (ร้อยละ)

X6 คือ ค่าแรงขั้นต่ำ

X7 คือ อัตราแลกเปลี่ยนเงินดอลลาร์เทียบกับเงินบาทไทย

X8 คือ โปรโมชัน

X9 คือ ดัชนีราคาผู้บริโภค

X10 คือ ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม

X11 คือ ราคา

X12 คือ ลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.3.1 วิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา

ศึกษาลักษณะของข้อมูลโดยการพล็อตกราฟหอนุกรมเวลา โดยข้อมูลที่ใช้ในการหาตัวแบบ คือ การวางแผนการผลิต กรณีศึกษา:การผลิตเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง จำนวนทั้งสิ้น 60 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560

จากกราฟหอนุกรมเวลา ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL, DDF-2000(STD), AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134, UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 พบว่ามีแนวโน้มแบบควอดราติกและมีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

จึงทำการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา 3 เทคนิค คือ

- 1.วิธีแยกส่วนประกอบ
- 2.วิธีปรับให้เรียบ
- 3.วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

1.นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ MINITAB ช่วยในการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีแยกส่วนประกอบ และวิธีบ็อกซ์เจนกินส์ และโปรแกรม Microsoft Excel ช่วยในการการวิเคราะห์วิธีสัดส่วนและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยวิธีการปรับให้เรียบ

2.เลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม จากการวิเคราะห์ทั้ง3วิธี หากวิธีการพยากรณ์ใดให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง(MSE)ต่ำสุด แสดงว่าวิธีการนั้นเหมาะสม โดยพิจารณาคัดเลือกตัวแบบจากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเป็นเกณฑ์ เนื่องจากเป็นตัววัดที่ไวต่อค่าที่มีความผิดพลาดมากๆ

3.ทำการพยากรณ์จากตัวแบบ หากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง(MSE)ต่ำสุด ของตัวแบบนั้น เพื่อบอกถึงค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าสังเกต

4.สรุปผล

#### 3.3.2 วิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ

ใช้โปรแกรม Statistical Package for Social Science (SPSS) ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงตรงแบบพหุ โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ใช้ข้อมูลใช้ในการหาตัวแบบพยากรณ์ จะใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 รวมทั้งสิ้น 60 เดือน โดยจะทำการพยากรณ์ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561

2. ตรวจสอบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ X ทั้ง 12 ตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงหรือไม่ โดยเริ่มต้นจากพิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ ด้วยการเขียนกราฟระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ X ทีละตัว ถ้าไม่เป็นเชิงเส้นตรงให้ทำการแปลงตัวแปรอิสระ X ของตัวแบบการถดถอยเป็น  $\sqrt{X}$  และเลือกรูปแบบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) น้อยที่สุด

3. การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยใช้วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise regression procedure)

4. การตรวจสอบข้อสมมติของความคลาดเคลื่อน

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

6. นำตัวแบบที่ได้มาทำการพยากรณ์

### 3.3.3 วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

ใช้โปรแกรม Weka เวอร์ชัน 3.8.1 ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโครงข่ายประสาทเทียมโดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. แบ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 เพื่อใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมเป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2551 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2559 จำนวน 108 เดือน และชุดที่ 2 เพื่อใช้ยืนยันความถูกต้องของโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้จากการฝึกสอนเป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 จำนวน 12 เดือน

2. กำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม โดยจำนวนโหนดชั้นอินพุทจะเท่ากับจำนวนตัวแปรอิสระทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ 22 โหนด จำนวนโหนดในชั้นเอ้าท์พุทเท่ากับ 12 โหนด แต่เนื่องจากการกำหนดจำนวนโหนด ในชั้นฮิดเดนจะได้รับการทดลอง สำหรับการกำหนดจำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนในที่นี้จะใช้กฎของ Baum and Hausstle ในการกำหนดจำนวนโหนดในชั้นฮิดเดน โดยสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$N_{hidden} \leq N_h \max = \frac{N_{set} \times N_{input}}{N_{input} + N_{output}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

$N_{hidden}$  =จำนวนโหนดในชั้นฮิดเดน

$N_{h\ max}$  =จำนวนโหนดมากที่สุดในชั้นฮิดเดน

$N_{output}$  =12(จำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุท)

$N_{input}$  =21(จำนวนโหนดในชั้นอินพุท)

$N_{set}$  =108(จำนวนข้อมูลในการฝึกสอน)

ดังนั้น

$$N_{hidden} \leq N_{h\ max} = \frac{108 \times 21}{21 + 12}$$

$$N_{h\ max} = 68.7273$$

ดังนั้นจำนวนโหนดที่มากที่สุดในชั้นฮิดเดนจะมีจำนวนโหนดประมาณ 68.7273 โหนด ในงานวิจัยนี้จะกำหนดจำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนโดยแบ่งเป็นช่วงละ 5 จะกำหนดจำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนเป็นดังนี้ 5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70

3.ทำการแปลงค่าข้อมูลอินพุทให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้กับเส้นเชื่อมโยงระหว่างโหนดให้มีค่าอยู่ในช่วง (-1,1) ค่าอัตราการเรียนรู้จะมีผลต่อความเร็วในการปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าถ่วงน้ำหนักแต่ละค่าในแต่ละรอบของการคำนวณ ถ้ากำหนดค่าอัตราการเรียนรู้สูงจะทำให้เวลาในการเรียนรู้ขึ้นแต่ก็อาจข้ามค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมไป โดยทั่วไปจะกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ต่ำๆ ส่วนค่าโมเมนตัมมีผลต่อการลดการสั่นในการปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าถ่วงน้ำหนักในการเข้าสู่ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมโดยทั่วไปจะกำหนดค่าโมเมนตัมสูงๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าอัตราการเรียนรู้เป็น 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 และกำหนดค่าโมเมนตัมเป็น 0.5,0.6,0.7,0.8,0.9 สำหรับจำนวนรอบการสอนถ้ากำหนดให้สูงเกินไป ไม่ได้ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ได้มากขึ้น ควรประมาณจำนวนรอบในการสอนที่น้อยที่สุดที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาหนึ่งๆที่ทำให้โครงข่ายเกิดการเรียนรู้จำนวนรอบการสอนอาจใช้ตั้งแต่ 20000 ถึง 100000 รอบขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงข่าย ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้กำหนดจำนวนรอบการสอนเท่ากับ ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL =50000 รอบ, DDF-2000(STD)=50000 รอบ, AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 =40000 รอบ, UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134=20000 รอบ และทรานสเฟอร์ฟังก์ชันที่ใช้คือ ซิกมอยด์ฟังก์ชันเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ให้ค่าเอาต์พุทที่เป็นค่าต่อเนื่องมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และเป็นฟังก์ชันที่หาอนุพันธ์ได้

4.นำโครงข่ายที่ดีที่สุดที่มีค่า RMS ต่ำที่สุดจากการฝึกสอนด้วยข้อมูลชุดที่1 มาทำการ

พยากรณ์และยืนยันความถูกต้องของโครงข่ายประสาทเทียมด้วยข้อมูลชุดที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เฉพาะผู้ดูแลเท่านั้น มิใช่ผู้ดูแลให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ และวิธีโคจรข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(MSE) วิธีที่ให้ค่าวัดความคลาดเคลื่อนต่ำสุดจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการพยากรณ์มากที่สุด

### 3.5 สรุปผลการวิจัย

ทำการคัดเลือกตัวแบบที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์การวางแผนการผลิต กรณีศึกษา:การผลิตเครื่องปรับอากาศ ที่รวบรวมจากบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง โดยเลือกตัวแบบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุดและสรุปผลการวิจัยว่าวิธีการใดเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์

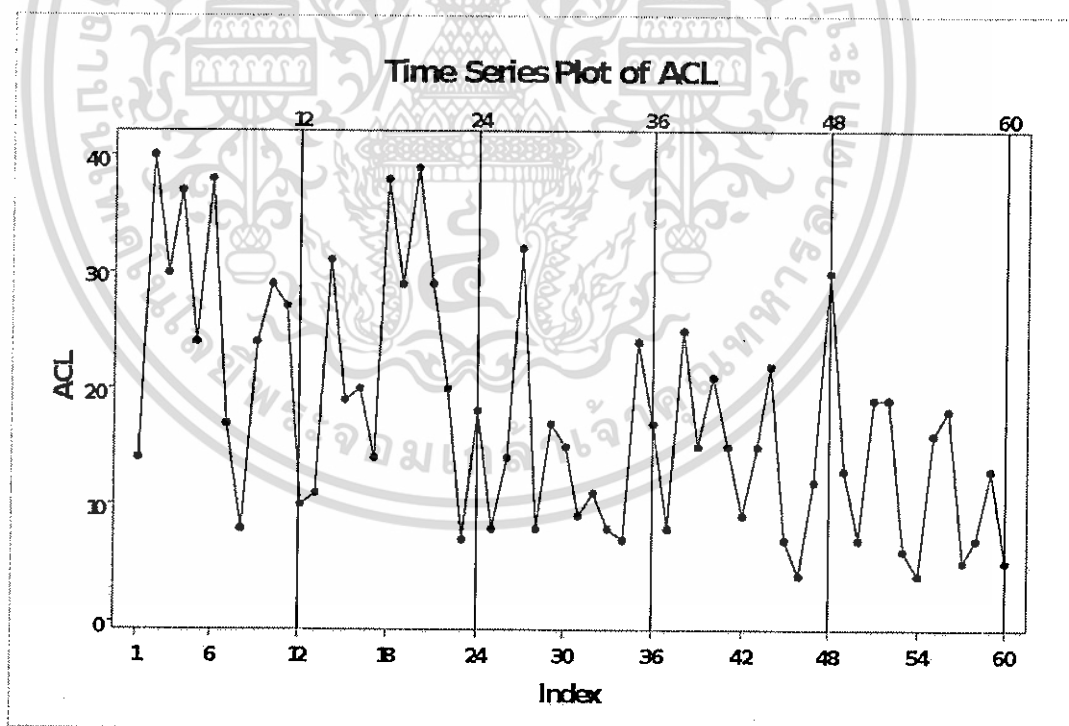
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวางแผนการผลิตเครื่องปรับอากาศของ 4 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL, DDF-2000(STD), AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134, UVF-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 โดยใช้วิธีการพยากรณ์ดังนี้

#### 4.1 วิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา

โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ดังนี้

1. วิธีแยกส่วนประกอบ
2. วิธีปรับให้เรียบ
3. วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

##### 4.1.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL



รูปที่ 4.1 ข้อมูลโมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.1 ผลการทดสอบแนวโน้ม

จากรูปที่ 4.1 จะพบว่า การเคลื่อนไหวในแต่ละช่วงเวลา 1 ปี มีทั้งแนวโน้มและฤดูกาล ตารางที่ 4.1 ค่า MSE ที่ได้จากการคำนวณสมการแนวโน้ม 3 แบบ

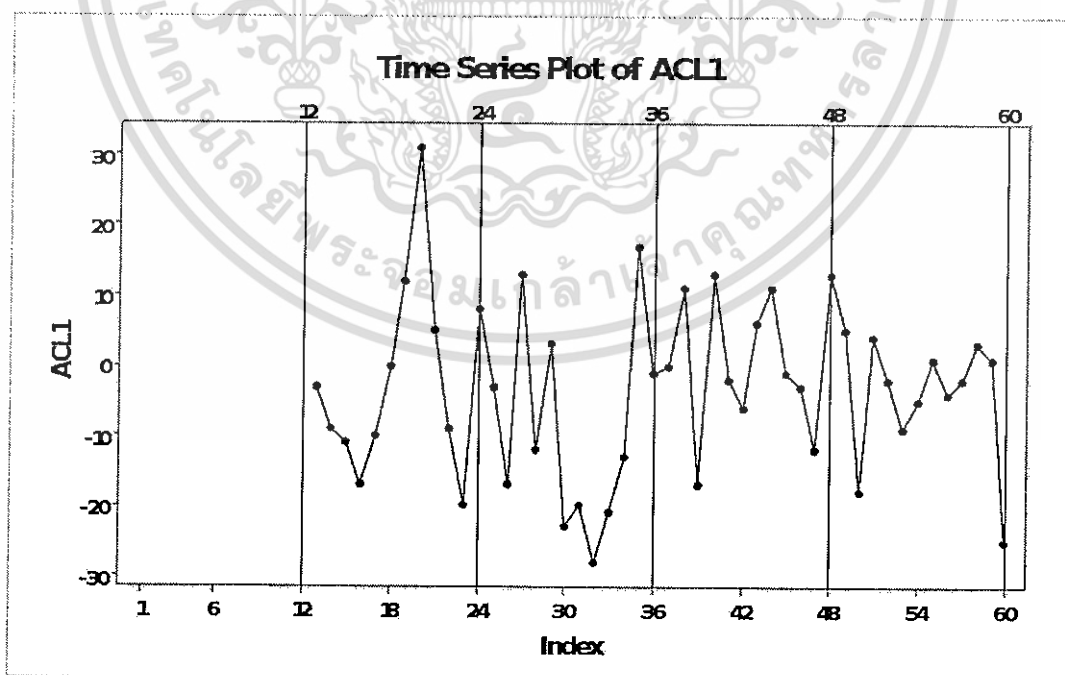
รูปแบบแนวโน้ม	MSE
เส้นตรง	71.2326
ควอดราติก	70.6382
เอ็กซ์โปเนนเชียล	74.8594

จากรายการที่ 4.1 แนวโน้มแบบควอดราติกมีค่า MSE ต่ำที่สุด ซึ่งเท่ากับ 70.6382 ดังนั้นข้อมูลโมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL มีแนวโน้มแบบควอดราติก

4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

จากที่ได้วิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยใช้ 3 วิธี คือ แยกส่วนประกอบ ปรับให้เรียบ และบ็อกซ์เจนกินส์ ผลปรากฏว่าวิธีบ็อกซ์เจนกินส์มีค่า MSE ต่ำสุด

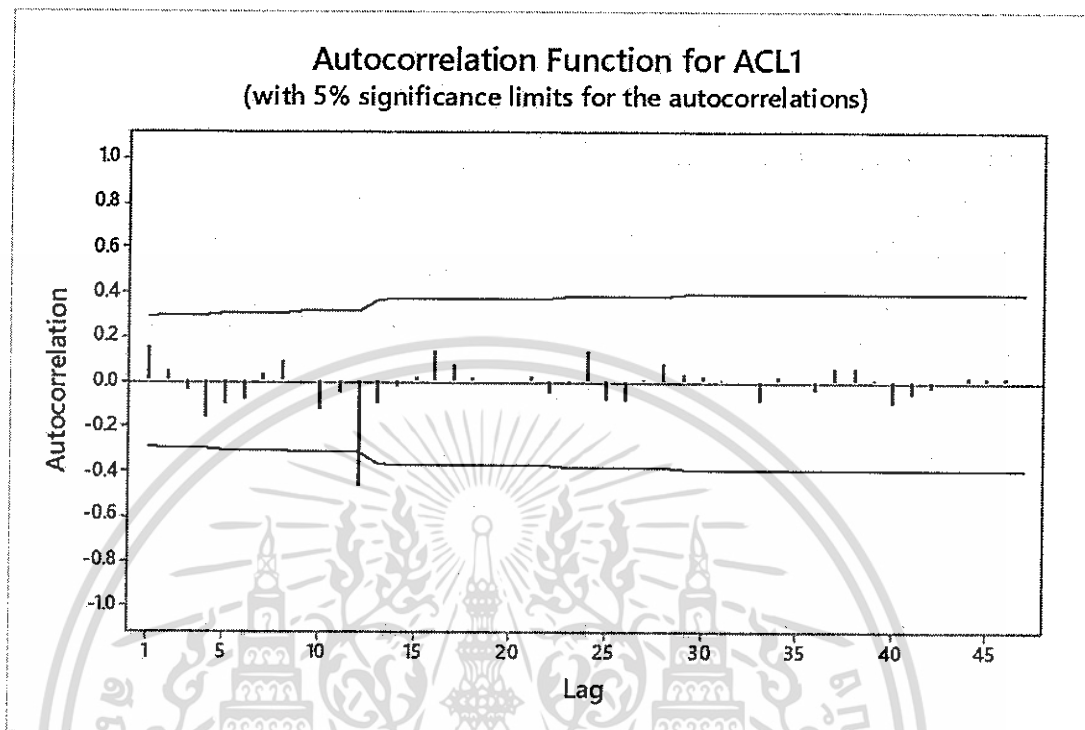
จากรูปที่พบว่าอนุกรมเวลาโมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากข้อมูลมีอิทธิพลฤดูกาล ดังนั้นจึงต้องแปลงให้เป็นอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่าง ได้ผลดังรูป จะพบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาผลต่าง ของข้อมูลโมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL เป็นอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีแล้ว



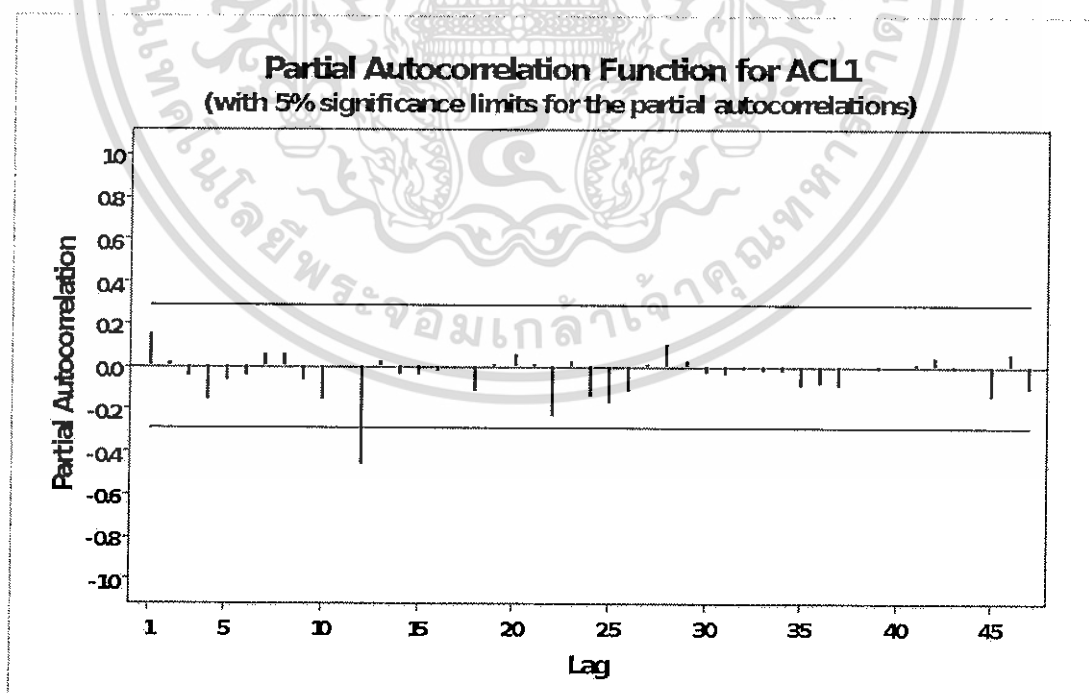
รูปที่ 4.2 อนุกรมเวลาโมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำอนุกรมเวลาที่สแตชันนารีไปพล็อตคอเรโลแกรมของ Autocorrelation Function (ACF) และ Partial Autocorrelation Function (PACF) เพื่อหาตัวแบบ ดังรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 คอเรโลแกรม ACF ที่ได้จากการหาผลต่างของอนุกรมเวลาโมเดล ACL-60 SCROLL  
COPELAND.B/B.LOCAL



รูปที่ 4.4 คอเรโลแกรม PACF ที่ได้จากการหาผลต่างของอนุกรมเวลาโมเดล ACL-60 SCROLL

COPELAND.B/B.LOCAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 พบว่าตัวแบบที่เหมาะสมของอนุกรมเวลาโมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL ARIMA(0,1,1)

ตารางที่ 4.2 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(0,1,1)

Statistic	Coef	SE Coef	Z	P-value
$\phi_1$	0.9777	0.0757	12.92	0.000
$\theta_1$	-0.28509	0.09311	-3.06	0.003

จากตารางที่ 4.2 เป็นการตรวจสอบการมีอยู่ของพารามิเตอร์ต่างๆในตัวแบบ ARIMA(0,1,1)

โดยมีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

$$H_0: \phi_1 = 0$$

$$H_1: \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.2 จะได้ p-value=0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ  $H_0$

ดังนั้น  $\phi_1$  มีผลต่อตัวแบบพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

$$H_0: \theta_1 = 0$$

$$H_1: \theta_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.2 จะได้ p-value=0.003 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ  $H_0$

ดังนั้น  $\theta_1$  มีผลต่อตัวแบบพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า  $\phi_1, \theta_1$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ค่าประมาณ

พารามิเตอร์ของตัวแบบเป็นดังนี้

$$\phi_1 = 0.9777 \quad \theta_1 = -0.28509$$

#### 4.1.1.3 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

ตารางที่ 4.3 การทดสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	12.8	22.7	32.5	52.6
df	10	22	34	46
p-value	0.237	0.417	0.539	0.235

การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ โดยตรวจสอบจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL ว่าเป็นอิสระกันหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยสถิติ Box-Ljung ตามสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1: \rho_k(e_t) \text{ บางค่าไม่เท่ากับ } 0 \text{ สำหรับ } k=1,2,\dots,12$$

จากการทดสอบพบว่า Lag ที่ 12 ค่า p-value = 0.237 มากกว่า 0.05 จึงยอมรับ  $H_0$  ดังนั้น แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในทำนองเดียวกับ Lag ที่ 24 36 และ 48 แสดงให้เห็นว่าตัวแบบ ARIMA(0,1,1) นั้นเป็นตัวแบบที่เหมาะสมซึ่งได้ค่า MSE = 73.93

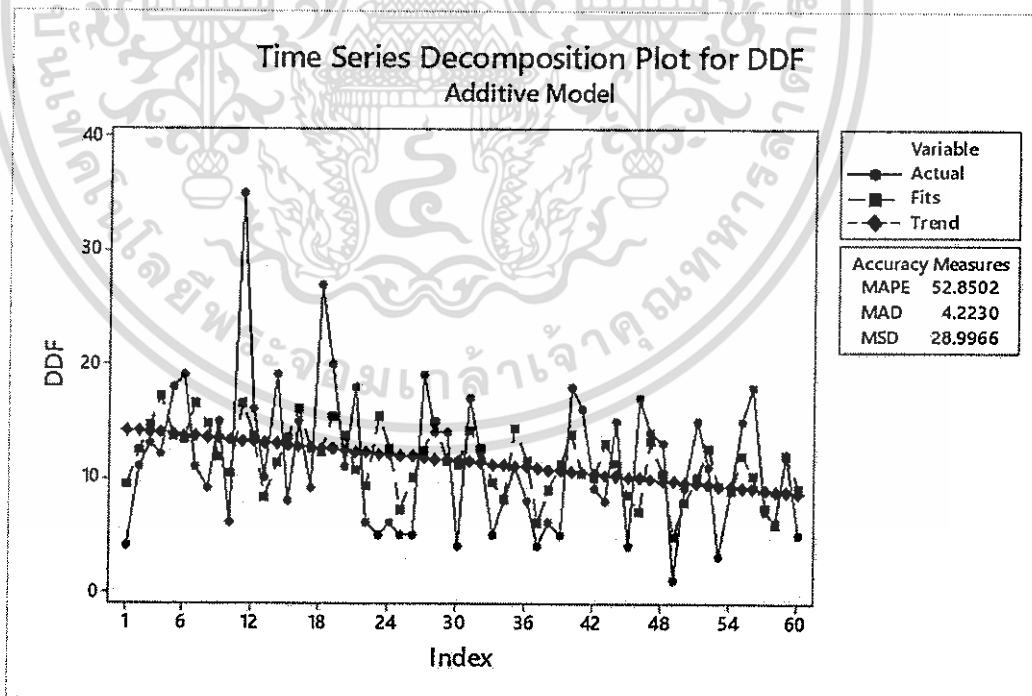
#### 4.1.2 โมเดล DDF-2000(STD)

จากที่ได้วิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยใช้ 3 วิธี คือ แยกส่วนประกอบ ปรับให้เรียบ และบ็อกซ์เจน กินส์ ผลปรากฏว่าวิธีแยกส่วนประกอบมีค่า MSE ต่ำสุด

วิธีแยกส่วนประกอบมีหลายวิธี แต่อนุกรมเวลาโมเดล DDF-2000(STD) มีแนวโน้มแบบควอดราติก จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีแยกส่วนประกอบได้สมการพยากรณ์คือ

$$Y_t = 14.29 - 0.0943t \quad (t \text{ มีหน่วยเป็นเดือน})$$

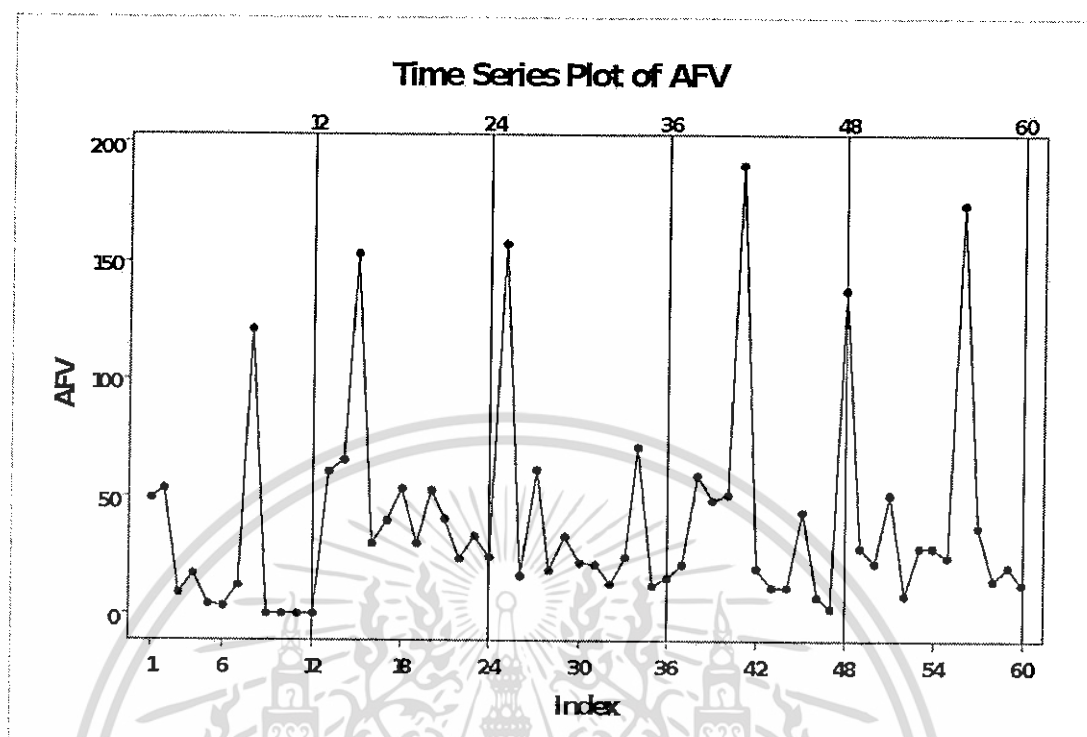
ซึ่งได้ค่า MSE = 28.9966



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์โมเดล DDF-2000(STD) โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.1.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134



รูปที่ 4.6 ข้อมูลโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

## 4.1.3.1 ผลการทดสอบแนวโน้ม

จากรูปที่ 4.6 จะพบว่า การเคลื่อนไหวในแต่ละช่วงเวลา 1 ปี มีทั้งแนวโน้มและฤดูกาล ตารางที่ 4.4 ค่า MSE ที่ได้จากการคำนวณสมการแนวโน้ม 3 แบบ

รูปแบบแนวโน้ม	MSE
เส้นตรง	1865.34
ควอดราติก	1851.55
เอ็กซ์โปเนนเชียล	ไม่สามารถหาค่าได้

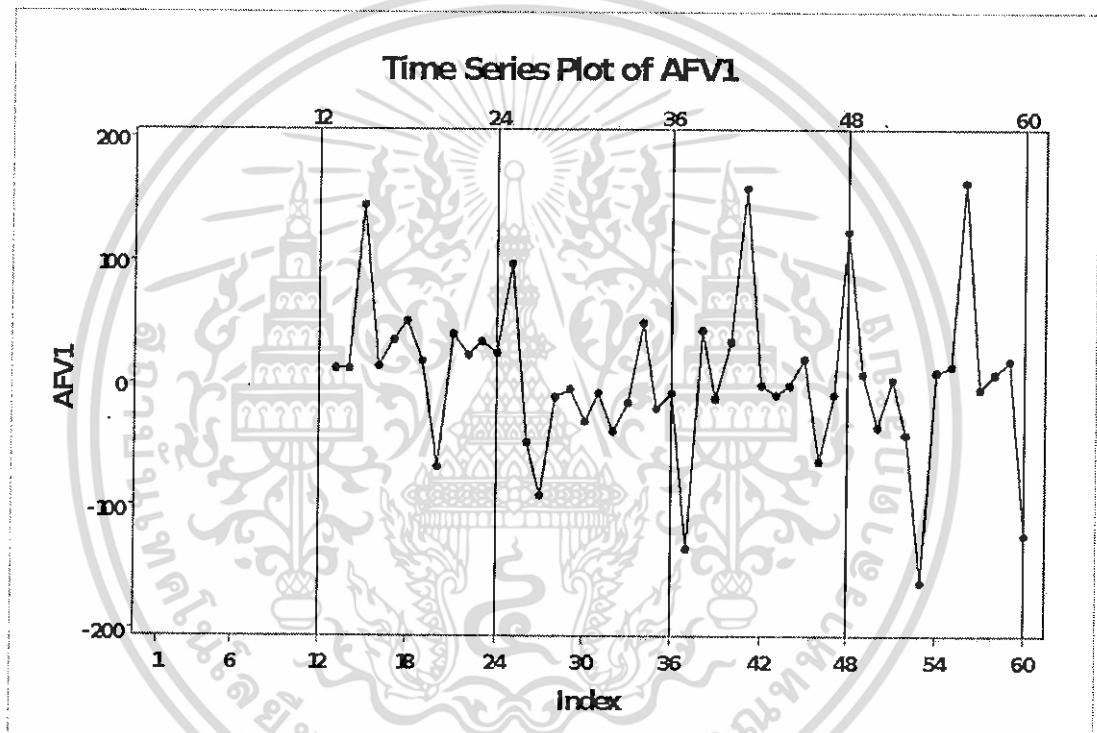
จากตารางที่ 4.6 แนวโน้มแบบควอดราติกมีค่า MSE ต่ำที่สุด ซึ่งเท่ากับ 1851.55 ดังนั้นข้อมูลโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 มีแนวโน้มแบบควอดราติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

จากที่ได้วิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยใช้ วิธีวิธี คือ แยกส่วนประกอบ ปรับให้เรียบ และบ็อกซ์เจนกินส์ ผลปรากฏว่าวิธีบ็อกซ์เจนกินส์มีค่า MSE ต่ำสุด

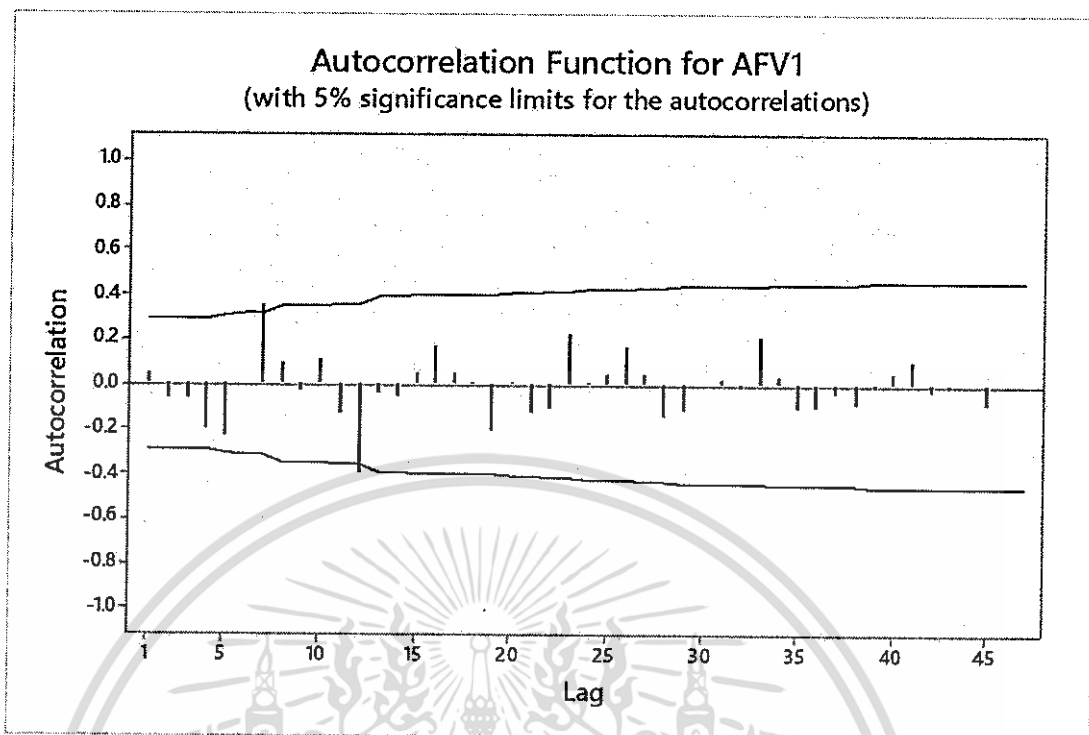
จากรูปที่พบว่าอนุกรมเวลาโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากข้อมูลมีอิทธิพลฤดูกาล ดังนั้นจึงต้องแปลงให้เป็นอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่าง ได้ผลดังรูป จะพบว่าอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ได้จากการหาผลต่าง ของข้อมูลโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 เป็นอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีแล้ว



รูปที่ 4.7 อนุกรมเวลาโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง

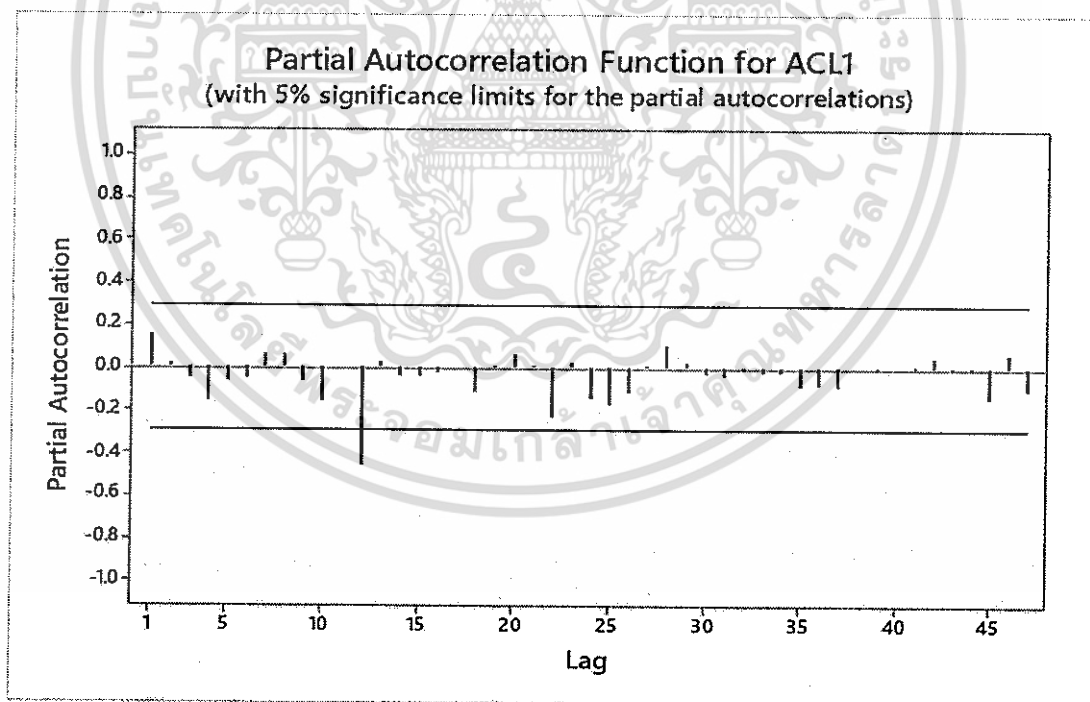
นำอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อตคอเรลโรแกรมของ Autocorrelation Function (ACF) และ Partial Autocorrelation Function (PACF) เพื่อหาตัวแบบ ดังรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 คอเรลโรแกรม ACF ที่ได้จากการหาผลต่างของอนุกรมเวลาโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5

TIS.2134



รูปที่ 4.9 คอเรลโรแกรม PACF ที่ได้จากการหาผลต่างของอนุกรมเวลาโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5

TIS.2134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 พบว่าตัวแบบที่เหมาะสมของอนุกรมเวลาโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 ARIMA(1,1,0)

ตารางที่ 4.5 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,0)

Statistic	Coef	SE Coef	Z	P-value
$\phi_1$	-0.4943	0.1142	-4.33	0.000

จากตารางที่ 4.2 เป็นการตรวจสอบการมีอยู่ของพารามิเตอร์ต่างๆในตัวแบบ ARIMA(0,1,1)

โดยมีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

$$H_0: \phi_1 = 0$$

$$H_1: \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.2 จะได้ p-value=0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ  $H_0$

ดังนั้น  $\phi_1$  มีผลต่อตัวแบบพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า  $\phi_1$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบเป็นดังนี้

$$\phi_1 = -0.4943$$

#### 4.1.1.3 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

ตารางที่ 4.6 การทดสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	18.1	25.9	41.9	56.9
df	11	23	35	47
p-value	0.079	0.306	0.196	0.154

การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ โดยตรวจสอบจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 ว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ ด้วยสถิติ Box-Ljung ตามสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1: \rho_k(e_t) \text{ บางค่าไม่เท่ากับ } 0 \text{ สำหรับ } k=1,2,\dots,12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบพบว่า Lag ที่ 12 ค่า p-value = 0.079 มากกว่า 0.05 จึงยอมรับ  $H_0$  ดังนั้นแสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในทำนองเดียวกับ Lag ที่ 24 36 และ 48 แสดงให้เห็นว่าตัวแบบ ARIMA(1,1,0) นั้นเป็นตัวแบบที่เหมาะสมซึ่งได้ค่า MSE = 3045

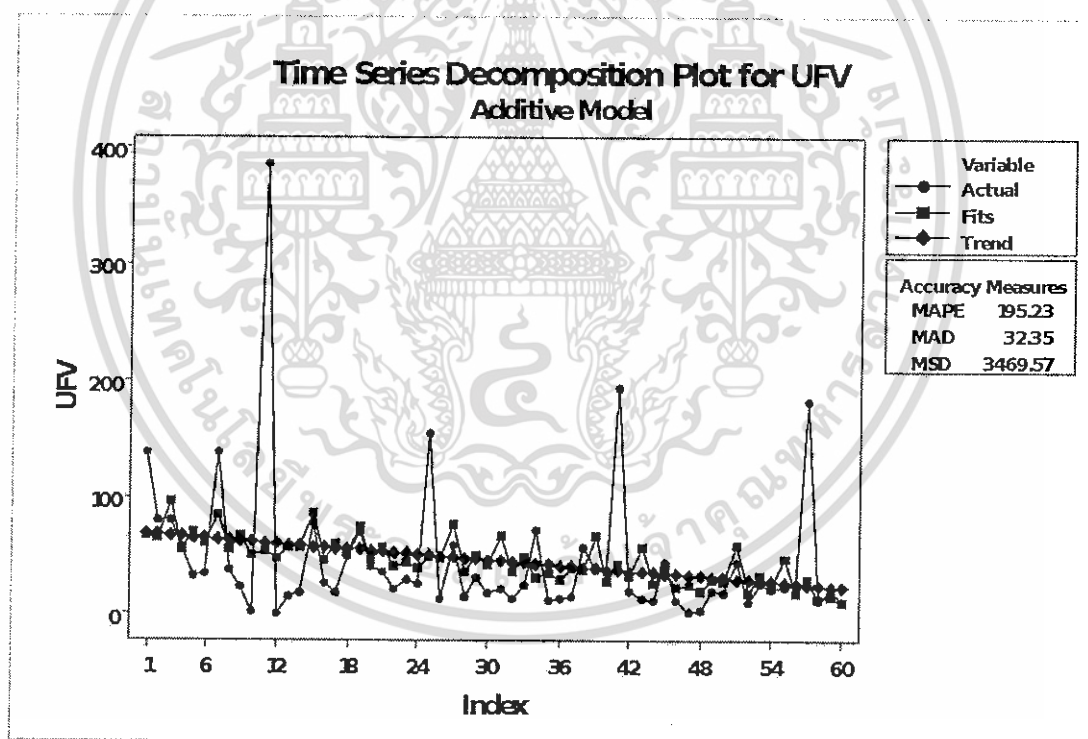
#### 4.1.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

จากที่ได้วิเคราะห์หอนุกรมเวลาโดยใช้ 3 วิธี คือ แยกส่วนประกอบ ปรับให้เรียบ และบ็อกซ์เจนกินส์ ผลปรากฏว่าวิธีแยกส่วนประกอบมีค่า MSE ต่ำสุด

วิธีแยกส่วนประกอบมีหลายวิธี แต่หอนุกรมเวลาโมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 มีแนวโน้มแบบควอดราติก จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีแยกส่วนประกอบได้สมการพยากรณ์คือ

$$Y_t = 69.3 - 0.785t \quad (t \text{ มีหน่วยเป็นเดือน})$$

ซึ่งได้ค่า MSE = 3469.57



รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134 โดยวิธีแยกส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 วิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ

### 4.2.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCA

#### 4.2.1.1 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

ผลการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การคัดเลือกตัวแปรโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	4.522	.030		152.707	.000		
ลม	.690	.045	.709	15.502	.000	.161	6.215
ราคา	.321	.049	.298	6.617	.000	.166	6.034
rx12	-.222	.052	-.082	-4.309	.000	.939	1.065
rcx112	.236	.103	.044	2.292	.026	.925	1.081
ดัชนีราคา ผู้บริโภค	.151	.070	.041	2.154	.036	.940	1.064

จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนจะได้ตัวแบบพยากรณ์คือ

$$\hat{Y} = 0.041X_9 + 0.298X_{11} + 0.709X_{12} - 0.082X_{14} + 0.044X_{16}$$

โดยที่  $X_9$  = ดัชนีราคาผู้บริโภค

$X_{11}$  = ราคา

$X_{12}$  = ลม

$X_{14}$  = ฤดูร้อน

$X_{16}$  = โปรโมชัน Collect

โดยมีค่า  $R^2 = 0.982$  ดังตารางที่ 4.10 นั้นแสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัว ได้แก่ ดัชนีราคาผู้บริโภค ราคา ลม ฤดูร้อนและโปรโมชัน Collect จะสามารถอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งได้ 98%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปรที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวจากสมการข้างต้นเพื่อทดสอบว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีส่วนในการอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งหรือไม่ ดังตาราง 4.8 โดยมีสมมติฐานการทดสอบคือ

$$H_0: \beta_9 = \beta_{11} = \beta_{12} = \beta_{14} = \beta_{16}$$

$$H_1: \text{มี } \beta_j \neq 0 \text{ สำหรับ } j = 9, 11, 12, 14, 16$$

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปร

Model	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Regression	5	81.729	16.346	582.879	0.000
Residual	54	1.514	.028		
Total	59	83.244			

จากตาราง 4.8 พบว่าค่า p-value (Sig) = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีส่วนในการอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอย

#### 1. ตรวจสอบความเป็นอิสระกันของตัวแปรอิสระ

จากตารางที่ 4.7 พบว่าค่า VIF ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีค่าน้อยกว่า 10 นั่นคือตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความเป็นอิสระกัน

#### 2. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$$H_0: \text{ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ}$$

$$H_1: \text{ความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ}$$

ตารางที่ 4.9 การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

	Kolmogorov-Smirnov		
	Statistic	df	Sig
Unstandardized Residual	.070	120	.200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.9 พบว่าค่า p-value (Sig) = 0.2 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

3. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกันหรือไม่

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$H_0$ : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

$H_1$ : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

ตารางที่ 4.10 ค่า Durbin-Watson และ  $R^2$

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
5	.991	.982	.980	.1674613	1.907

จากตารางที่ 4.10 ค่าสถิติทดสอบ Durbin-Watson = 1.907 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5 – 2.5 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

ผลจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นพบว่า เป็นไปตามข้อตกลงทุกประการ ดังนั้นสมการถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุคือ

$$\hat{Y} = 0.041X_9 + 0.298X_{11} + 0.709X_{12} - 0.082X_{14} + 0.044X_{16}$$

โดยมีค่า  $R^2 = 0.982$  นั้นแสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัว ได้แก่ ดัชนีราคาผู้บริโภค ราคา ลม

ฤดูร้อนและโปรโมชั่น Collect จะสามารถอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งได้ 98%

#### 4.2.2 โมเดล DDF-2000(STD)

4.2.2.1 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

ผลการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การคัดเลือกตัวแบบโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	3.648	.024		154.166	.000		
ราคา	.375	.056	.361	6.692	.000	.093	9.784
ลม	.372	.052	.364	7.131	.000	.103	9.669
ค่าแรงขั้นต่ำ	.257	.049	.254	5.217	.000	.114	8.782
อุณหภูมิ	.067	.026	.052	2.534	.014	.633	1.579
rcx116	-.067	.031	-.037	-2.172	.034	.950	1.053

จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนจะได้ตัวแบบพยากรณ์คือ

$$\hat{Y} = 0.052X_2 + 0.254X_6 + 0.361X_{11} - 0.364X_{12} - 0.037X_{20}$$

โดยที่  $X_2$  = อุณหภูมิ

$X_6$  = ค่าแรงขั้นต่ำ

$X_{11}$  = ราคา

$X_{12}$  = ลม

$X_{20}$  = โปรโมชัน Split Buy total&collect

โดยมีค่า  $R^2 = 0.985$  ดังตารางที่ 4.14 นั้นแสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ

ค่าแรงขั้นต่ำ ราคา ลม และโปรโมชัน Split Buy total&collect จะสามารถอธิบายยอดขาย

เครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง ได้ 98.5%

4.2.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปรที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวจากสมการข้างต้นเพื่อทดสอบว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีส่วนในการอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งหรือไม่ ดังตาราง 4.12 โดยมีสมมติฐานการทดสอบคือ

$$H_0: \beta_2 = \beta_6 = \beta_{11} = \beta_{12} = \beta_{20}$$

$$H_1: \text{มี } \beta_j \neq 0 \text{ สำหรับ } j = 2, 6, 11, 12, 20$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปร

Model	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Regression	5	49.402	9.880	730.519	.000 <sup>f</sup>
Residual	54	.730	.014		
Total	59	50.132			

จากตาราง 4.12 พบว่าค่า p-value (Sig) = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีส่วนในการอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอย

1. ตรวจสอบความเป็นอิสระกันของตัวแปรอิสระ

จากตารางที่ 4.11 พบว่าค่า VIF ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีค่าน้อยกว่า 10 นั่นคือตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความเป็นอิสระกัน

2. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$H_0$ : ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : ความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 4.13 การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

	Kolmogorov-Smirnov		
	Statistic	df	Sig
Unstandardized Residual	.074	120	.163

จากตารางที่ 4.13 พบว่าค่า p-value (Sig) = 0.163 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

3. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกันหรือไม่

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$H_0$ : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

$H_1$ : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ค่า Durbin-Watson และ  $R^2$ 

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
5	.993 <sup>c</sup>	.985	.984	.1162975	2.143

จากตารางที่ 4.14 ค่าสถิติทดสอบ Durbin-Watson = 2.143 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5 – 2.5 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

ผลจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นพบว่าเป็นไปตามข้อตกลงทุกประการ ดังนั้นสมการถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุคือ

$$\hat{Y} = 0.052X_2 + 0.254X_6 + 0.361X_{11} - 0.364X_{12} - 0.037X_{20}$$

โดยมีค่า  $R^2 = 0.985$  นั้นแสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัว ได้แก่ ดัชนีราคาผู้บริโภค ราคา ลม ฤดูร้อนและโปรโมชั่น Collect จะสามารถอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งได้ 98.5%

#### 4.2.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

##### 4.2.3.1 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

ผลการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การคัดเลือกตัวแปรโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	5.597	.004		1497.129	.000		
ค่าแรงขั้นต่ำ	1.003	.001	1.003	770.426	.000	.467	2.142
อุณหภูมิ	-.006	.002	-.004	-2.910	.005	.471	2.122
rcx116	-.015	.006	-.002	-2.741	.008	.985	1.015

จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนจะได้ตัวแบบพยากรณ์คือ

$$\hat{Y} = -0.004X_2 + 1.003X_6 - 0.002X_{20}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $X_2 =$  อุณหภูมิ

$X_6 =$  ค่าแรงขั้นต่ำ

$X_{20} =$  โปรโมชัน Split Buy total&collect

โดยมีค่า  $R^2 = 1$  ดังตารางที่ 4.18 นั้นแสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าแรงขั้นต่ำ และโปรโมชัน Split Buy total&collect จะสามารถอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งได้ 100%

#### 4.2.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปรที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 3 ตัวจากสมการข้างต้นเพื่อทดสอบว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีส่วนในการอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งหรือไม่ ดังตาราง 4.16 โดยมีสมมติฐานการทดสอบคือ

$$H_0: \beta_2 = \beta_6 = \beta_{20}$$

$$H_1: \text{มี } \beta_j \neq 0 \text{ สำหรับ } j = 2, 6, 20$$

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร

Model	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Regression	3	575.455	191.818	421377.556	.000 <sup>d</sup>
Residual	56	.025	.000		
Total	59	575.481			

จากตาราง 4.16 พบว่าค่า p-value (Sig) = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีส่วนในการอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอย

##### 1. ตรวจสอบความเป็นอิสระกันของตัวแปรอิสระ

จากตารางที่ 4.15 พบว่าค่า VIF ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีค่าน้อยกว่า 10 นั่นคือตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความเป็นอิสระกัน

## 2. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$H_0$ : ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : ความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 4.17 การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

	Kolmogorov-Smirnov		
	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.054	120	.200

จากตารางที่ 4.17 พบว่าค่า p-value (Sig) = 0.2 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

## 3. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกันหรือไม่

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$H_0$ : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

$H_1$ : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

ตารางที่ 4.18 ค่า Durbin-Watson และ  $R^2$

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
3	1.000	1.000	1.000	.0213358	1.51

จากตารางที่ 4.18 ค่าสถิติทดสอบ Durbin-Watson = 1.51 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5 – 2.5 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

ผลจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นพบว่า เป็นไปตามข้อตกลงทุกประการ ดังนั้นสมการถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุคือ

$$\hat{Y} = -0.004X_2 + 1.003X_6 - 0.002X_{20}$$

โดยมีค่า  $R^2 = 1$  นั้นแสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าแรงขั้นต่ำและ

โปรโมชัน Split Buy total&collect จะสามารถอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งได้ 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

##### 4.2.3.1 การเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

ผลการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอย โดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน แสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 การคัดเลือกตัวแปรโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	5.940	.053		111.616	.000		
ค่าแรงขั้นต่ำ	.846	.044	.842	19.321	.000	.072	8.889
ราคา	.160	.045	.155	3.555	.001	.072	9.919
rcx116	-.213	.080	-.032	-2.671	.010	.981	2.012

จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนจะได้ตัวแบบพยากรณ์คือ

$$\hat{Y} = 0.842X_6 + 0.155X_{11} - 0.032X_{20}$$

โดยที่  $X_6$  = ค่าแรงขั้นต่ำ

$X_{11}$  = ราคา

$X_{20}$  = โปรโมชัน Split Buy total&collect

โดยมีค่า  $R^2 = 0.992$  ดังตารางที่ 4.22 นั้นแสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว ได้แก่ ค่าแรงขั้นต่ำ ราคา และโปรโมชัน Split Buy total&collect จะสามารถอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งได้ 99.2%

##### 4.2.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปรที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 3 ตัวจากสมการข้างต้นเพื่อทดสอบว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีส่วนในการอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งหรือไม่ ดังตาราง 4.20

โดยมีสมมติฐานการทดสอบคือ

$$H_0: \beta_6 = \beta_{11} = \beta_{20}$$

$$H_1: \text{มี } \beta_j \neq 0 \text{ สำหรับ } j = 6, 11, 20$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร

Model	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Regression	3	671.282	223.761	2414.048	.000 <sup>d</sup>
Residual	56	5.191	.093		
Total	59	676.473			

จากตาราง 4.20 พบว่าค่า p-value (Sig) = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ มีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีส่วนในการอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอย

1. ตรวจสอบความเป็นอิสระกันของตัวแปรอิสระ

จากตารางที่ 4.19 พบว่าค่า VIF ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีค่าน้อยกว่า 10 นั่นคือตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความเป็นอิสระกัน

2. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนว่าการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$H_0$ : ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : ความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

ตารางที่ 4.21 การทดสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

	Kolmogorov-Smirnov		
	Statistic	df	Sig
Unstandardized Residual	.093	120	.087

จากตารางที่ 4.21 พบว่าค่า p-value (Sig) = 0.087 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

3. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกันหรือไม่

สมมติฐานของการทดสอบคือ

$H_0$ : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

$H_1$ : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ค่า Durbin-Watson และ R<sup>2</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
3	.996	.992	.992	.3044522	1.534

จากตารางที่ 4.22 ค่าสถิติทดสอบ Durbin-Watson = 1.534 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5 – 2.5 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

ผลจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นพบว่าเป็นไปตามข้อตกลงทุกประการ ดังนั้นสมการถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุคือ

$$\hat{Y} = 0.842X_6 + 0.155X_{11} - 0.032X_{20}$$

โดยมีค่า R<sup>2</sup> = 0.992 นั้นแสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว ได้แก่ ค่าแรงขั้นต่ำ ราคา และโปรโมชั่น Split Buy total&collect จะสามารถอธิบายยอดขายเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งได้ 99.2%

#### 4.3 วิธีการวิเคราะห์ที่โครงข่ายประสาทเทียม

ในงานวิจัยครั้งนี้มีการกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองดังนี้

- จำนวนโหนดในชั้นอินพุตเท่ากับจำนวนตัวแปรอิสระ 21 โหนด
- จำนวนโหนดในชั้นฮิดเดนเท่ากับ 5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70 จากกฎของ Baum Haussle(1988)
- จำนวนในชั้นเอาต์พุตกับ 12
- ค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5
- ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5,0.6,0.7,0.8,0.9

ผลการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ โครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่า RMS ต่ำสุดจะเป็นโครงข่ายที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การผลิตเครื่องปรับอากาศ

##### 4.3.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCA

ผลการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ค่า RMS ของการพยากรณ์การผลิตเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิต

เครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับที่อัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 และค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5,0.6,0.7,0.8,0.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า RMSE ของ ACL-60 Taining time=50000

อัตราการเรียนรู้	โครงข่าย	โมเมนตัม				
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	21-5-12	48.987	45.4993	39.2196	40.8911	32.5961
	21-10-12	39.3689	34.9114	39.907	38.9427	34.6877
	21-15-12	33.6366	31.3473	29.3741	31.9595	33.0765
	21-20-12	33.0203	30.8254	31.4465	29.803	34.125
	21-25-12	29.6291	33.1117	29.0614	34.1765	31.694
	21-30-12	34.7751	30.8697	34.7429	29.2908	23.0727
	21-35-12	31.6849	35.4359	31.808	27.6082	29.5999
	21-40-12	33.0105	37.4344	34.9884	29.7007	28.2031
	21-45-12	34.7819	32.0627	31.0978	26.6168	37.8094
	21-50-12	39.2621	33.6026	32.0683	32.624	37.8094
	21-55-12	35.4222	32.5524	34.3361	26.6529	30.8343
	21-60-12	38.3408	32.9402	29.4015	27.3689	31.3173
	21-65-12	26.1745	32.9609	38.7305	26.532	26.904
	21-70-12	32.1789	35.8317	28.4566	25.6652	29.0165
0.2	21-5-12	41.1217	45.8503	36.2785	34.0777	20.2331
	21-10-12	36.9637	39.6621	32.3518	38.52	25.801
	21-15-12	30.6783	30.3857	29.1256	29.4884	25.7677
	21-20-12	29.0251	25.5419	28.5618	30.8085	23.037
	21-25-12	35.0879	27.3903	29.5658	27.5514	22.2605
	21-30-12	29.7615	31.0909	31.023	28.7864	22.9928
	21-35-12	28.4122	35.1171	27.2793	27.0857	23.8566
	21-40-12	29.3578	25.9774	25.5227	27.5088	23.5259
	21-45-12	32.7001	28.0042	27.2364	28.2002	23.0911

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	21-50-12	30.6972	27.015	29.6479	23.1488	24.3251
	21-55-12	28.1215	28.836	28.6857	36.931	21.0424
	21-60-12	28.4008	28.8702	27.9857	28.995	24.108
	21-65-12	33.9763	31.227	25.8808	27.8288	25.1925
	21-70-12	34.2889	30.3073	26.566	32.4278	29.5753
0.3	21-5-12	43.8573	35.3343	40.052	31.4432	22.7766
	21-10-12	32.0842	37.8578	38.0928	30.2156	22.7754
	21-15-12	28.7302	32.5823	33.476	31.5554	23.9963
	21-20-12	25.5043	31.7437	24.7757	33.6696	27.017
	21-25-12	28.3759	24.8996	30.185	36.7495	28.322
	21-30-12	24.627	27.2696	30.6349	35.6462	36.9559
	21-35-12	26.7304	28.3195	26.5164	27.2049	24.2366
	21-40-12	27.758	24.068	26.4113	30.0813	22.8833
	21-45-12	28.1093	22.8553	24.5395	33.1887	27.656
	21-50-12	29.6139	30.9701	28.2826	26.6777	22.9395
	21-55-12	35.394	30.3946	33.0194	29.5887	23.1189
	21-60-12	31.2891	36.6266	37.2485	29.5887	26.2374
	21-65-12	38.4608	37.3335	27.3533	28.0282	22.7767
21-70-12	31.9486	36.9536	37.2307	23.7752	22.7767	
0.4	21-5-12	35.6748	37.9032	34.9072	23.4452	29.6208
	21-10-12	35.8984	43.6243	31.765	23.804	30.8822
	21-15-12	34.3242	31.6412	33.6617	24.6142	23.2676
	21-20-12	23.401	27.6847	28.8849	25.4686	23.2338
	21-25-12	24.4559	30.0807	28.4885	22.5328	31.0793
	21-30-12	24.615	27.533	28.3581	28.3512	25.1062
	21-35-12	30.0789	30.6882	33.6643	28.0034	23.2341
	21-40-12	31.0218	31.9204	26.749	21.2238	27.0226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	21-45-12	32.1759	30.0395	27.522	24.9487	23.2524
	21-50-12	38.204	30.2323	25.1723	22.7355	23.4546
	21-55-12	29.6312	28.8898	24.2217	21.399	23.2338
	21-60-12	33.5424	26.5843	23.2928	20.444	23.2338
	21-65-12	27.2149	36.8404	22.8352	20.4181	23.2337
	21-70-12	31.9461	44.9873	21.8304	20.54	23.2338
0.5	21-5-12	35.4935	41.9026	24.395	22.067	22.4425
	21-10-12	37.4948	29.0653	26.5499	22.9104	24.0407
	21-15-12	27.0268	32.186	30.695	24.4663	24.4663
	21-20-12	29.6658	30.8926	25.813	23.1309	25.2251
	21-25-12	29.5828	25.471	28.7169	23.777	32.1048
	21-30-12	35.5937	33.3604	30.6261	22.9534	23.5419
	21-35-12	35.7141	27.7209	25.4659	22.7216	23.2456
	21-40-12	28.4743	30.2858	25.0289	23.1395	23.1465
	21-45-12	25.0872	28.7315	26.4475	25.2279	23.1465
	21-50-12	46.4964	26.8161	22.2213	22.9749	23.1466
	21-55-12	49.7571	24.9091	22.1877	26.437	1251.1217
	21-60-12	59.7542	22.1891	22.0144	24.679	22.6336
	21-65-12	27.5857	27.5857	23.2986	31.5444	22.6525
	21-70-12	23.3606	25.9334	23.0504	3708.1107	22.6214

จากตารางที่ 4.23 จะเห็นได้ว่า โครงข่าย 21-5-12 เป็นโครงข่ายที่มีค่า RMS ต่ำที่สุด ซึ่งมีจำนวนโหนดในชั้นอินพุตเท่ากับ 21 โหนด จำนวนในชั้นฮิดเดนเท่ากับ 5 โหนด มีจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตเท่ากับ 12 โหนด มีอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.2 และมีค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.9 เป็นโครงข่ายที่ดีที่สุดในการพยากรณ์การผลิตเครื่องปรับอากาศของโมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCA

เมื่อทำการพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

$$(MSE) = 3684.403$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3.2 โมเดล DDF-2000(STD)

ผลการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ค่า RMS ของการพยากรณ์การผลิตเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิต

เครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับที่อัตรา

การเรียนรู้เท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9

ค่า RMSE ของ DDF-2000 Training time=50000

อัตราการเรียนรู้	โครงข่าย	โมเมนตัม				
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	21-5-12	39.3168	43.9832	38.4856	37.8194	28.9134
	21-10-12	37.6332	40.0366	33.4517	35.5303	31.4799
	21-15-12	36.107	41.8488	32.7939	35.6264	31.2859
	21-20-12	34.4343	30.5396	34.612	31.7683	27.6952
	21-25-12	31.9477	33.8074	32.0796	27.2346	24.7787
	21-30-12	30.4763	32.4773	28.2168	26.9474	23.6077
	21-35-12	30.3105	28.4655	31.865	31.0201	32.3029
	21-40-12	31.4699	33.1051	30.0118	26.9715	22.5792
	21-45-12	32.7183	28.0143	27.459	25.1192	25.3973
	21-50-12	31.3077	28.0454	28.7075	24.0549	19.7776
	21-55-12	34.8392	25.447	29.4334	25.4869	26.1401
	21-60-12	30.1782	31.4937	28.0002	27.3301	26.2804
	21-65-12	29.6362	29.3619	28.6723	26.4563	26.201
	21-70-12	28.7784	30.3318	27.8093	27.6389	28.4302
0.2	21-5-12	37.4594	26.3523	35.1286	31.7189	22.5613
	21-10-12	30.3352	35.6113	35.4014	33.8475	19.3366
	21-15-12	38.7067	40.6105	37.0645	32.7134	20.6826
	21-20-12	114.2944	32.818	28.6936	33.4182	17.9058
	21-25-12	115.493	26.0799	29.5732	24.5505	21.0926
	21-30-12	103.7552	29.0437	31.1564	31.0165	26.4422

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	21-35-12	24.4263	24.1858	28.14	24.1757	24.3286
	21-40-12	31.0622	31.7826	31.0165	25.0466	19.7594
	21-45-12	25.5884	25.4413	28.1033	23.3953	23.6403
	21-50-12	115.2697	24.9257	26.3093	27.6657	22.1222
	21-55-12	25.0417	27.1208	25.871	26.4816	18.5186
	21-60-12	24.5424	24.3748	22.2827	23.3297	19.2271
	21-65-12	29.1965	25.301	27.0423	27.9363	19.3876
	21-70-12	28.9441	24.9336	24.7718	22.8103	18.846
0.3	21-5-12	35.8465	28.1585	30.7331	26.0836	21.5303
	21-10-12	32.9104	34.096	24.8598	18.0343	20.7687
	21-15-12	33.7158	34.5522	37.5567	22.5543	23.6197
	21-20-12	114.2944	26.4601	25.9381	22.9891	26.1057
	21-25-12	117.7487	23.8742	23.6156	27.1866	21.027
	21-30-12	99.4393	30.4567	23.6156	22.9984	33.8553
	21-35-12	31.6126	34.0052	26.0145	23.0805	23.2754
	21-40-12	25.2687	26.0958	30.1232	24.6583	24.6583
	21-45-12	27.149	23.6619	25.6323	26.613	21.4668
	21-50-12	95.3506	27.112	29.8966	24.4125	20.5447
	21-55-12	28.4001	28.5698	26.9056	23.5452	20.941
	21-60-12	29.3015	26.3188	24.0638	23.9636	21.4597
	21-65-12	37.5968	25.9801	25.1767	20.7084	21.6371
	21-70-12	33.4315	23.5836	26.4158	19.6472	20.7213
0.4	21-5-12	36.4191	34.9021	27.6104	19.4466	21.0745
	21-10-12	32.0848	30.5801	33.0864	18.8294	21.2508
	21-15-12	33.0864	30.7158	22.2379	23.7583	25.1214
	21-20-12	39.8064	24.7949	27.6989	25.4032	29.2862
	21-25-12	28.2649	30.7025	27.3262	18.9466	6698.1013
	21-30-12	23.1695	32.8264	26.0919	23.8488	20.8433

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	21-35-12	23.5847	27.4061	24.9842	23.4782	29.6685
	21-40-12	27.107	21.8224	23.828	20.1924	24.2275
	21-45-12	30.5471	27.5756	22.0042	16.6259	21.7989
	21-50-12	31.9882	25.3036	26.9637	18.7601	21.0656
	21-55-12	28.9829	25.9059	19.4467	20.6518	21.0814
	21-60-12	35.7307	17.0356	15.5961	16.7884	21.0745
	21-65-12	21.559	17.958	20.2299	16.5669	21.0745
	21-70-12	21.3964	20.0588	17.9804	16.5669	21.0812
0.5	21-5-12	31.8132	30.3213	28.1976	16.2392	25.1737
	21-10-12	30.4693	28.3969	25.8387	15.8449	17.5806
	21-15-12	35.2585	27.1835	26.0185	16.1659	20.5076
	21-20-12	25.6381	25.7104	23.7472	16.3203	24.5334
	21-25-12	23.9918	21.5134	22.2771	16.8814	23.0177
	21-30-12	23.3416	25.0936	31.1564	15.4499	31.309
	21-35-12	28.5993	21.1735	17.531	16.8365	20.9469
	21-40-12	21.6678	21.4366	20.7583	15.9208	17.5806
	21-45-12	22.4143	16.605	17.1351	15.8596	17.5806
	21-50-12	19.4163	19.941	19.4591	15.9523	17.5806
	21-55-12	26.2421	22.7822	15.6172	15.8639	18.3591
	21-60-12	25.4174	19.7176	15.878	15.9537	17.854
	21-65-12	25.0884	15.4708	15.7365	18.054	19.2389
21-70-12	15.9848	15.4708	16.9701	17.0743	18.5238	

จากตารางที่ 4.24 จะเห็นได้ว่า โครงข่าย 21-30-12 เป็นโครงข่ายที่มีค่า RMS ต่ำที่สุด ซึ่งมีจำนวนโหนดในชั้นอินพุตเท่ากับ 21 โหนด จำนวนในชั้นฮิดเดนเท่ากับ 30 โหนด มีจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตเท่ากับ 12 โหนด มีอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.5 และมีค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.8 เป็นโครงข่ายที่ดีที่สุดในการพยากรณ์การผลิตเครื่องปรับอากาศของโมเดล DDF-2000(STD)

เมื่อทำการพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) = 2148.298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

ผลการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ค่า RMS ของการพยากรณ์การผลิตเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิต

เครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับที่อัตรา

การเรียนรู้เท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9

ค่า RMSE ของ AFV Taining time=40000

อัตราการเรียนรู้	โครงข่าย	โมเมนตัม				
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	21-5-12	96.5795	87.8208	79.4937	90.2468	76.5677
	21-10-12	67.4667	72.4637	75.1818	74.9986	95.2146
	21-15-12	76.7527	90.1998	69.0009	67.2123	75.6062
	21-20-12	68.7242	74.5416	75.5351	61.7297	76.4028
	21-25-12	70.7196	73.9446	71.6673	67.3173	59.5118
	21-30-12	67.6686	66.2505	69.4097	56.4271	64.5092
	21-35-12	83.8898	73.3363	61.4828	71.0884	75.1433
	21-40-12	78.4665	75.3547	65.574	64.6463	65.8656
	21-45-12	64.8875	68.4452	69.872	55.124	68.5715
	21-50-12	69.0092	75.5553	62.8662	63.6591	71.9787
	21-55-12	67.0057	72.9252	64.6825	59.1243	58.6387
	21-60-12	63.7911	64.0134	62.7474	56.5719	63.3137
	21-65-12	70.3284	72.7122	64.8285	62.5072	60.9854
	21-70-12	72.7627	47.085	63.454	59.0307	69.5724
0.2	21-5-12	73.5202	86.4078	84.0083	81.0124	59.0874
	21-10-12	66.6585	69.967	80.7796	99.418	52.1467
	21-15-12	56.5239	79.0178	73.9582	78.3491	68.8251
	21-20-12	61.4615	68.654	60.629	74.0855	62.5985
	21-25-12	66.8526	56.4467	61.171	66.5447	61.8559
	21-30-12	54.7714	65.2583	68.5973	78.646	50.8855
	21-35-12	66.5331	62.9859	62.7717	78.663	63.704

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	21-40-12	61.7603	66.5685	59.067	69.9195	53.2355
	21-45-12	61.4306	64.3133	53.3287	59.56	58.0399
	21-50-12	68.9846	65.1504	52.608	68.6044	67.0283
	21-55-12	60.8289	55.6603	60.4776	54.6781	63.2697
	21-60-12	66.7151	59.9385	59.2051	59.5899	52.4364
	21-65-12	68.3265	57.1714	54.3483	59.0435	56.9342
	21-70-12	61.7199	53.9387	56.9253	51.423	59.0781
0.3	21-5-12	84.9522	77.8879	85.3481	69.3894	55.3004
	21-10-12	68.4088	74.6004	82.9724	66.6238	58.3852
	21-15-12	66.7653	75.2514	67.6754	52.8642	58.65
	21-20-12	67.042	67.042	71.1804	69.223	66.7501
	21-25-12	64.3792	62.5829	64.8985	66.8722	62.3921
	21-30-12	59.5046	60.5037	60.9344	85.545	83.6565
	21-35-12	62.3205	60.0905	58.1394	72.5348	90.7807
	21-40-12	60.9207	53.4571	59.0452	70.2347	71.5506
	21-45-12	54.1793	59.6826	57.3146	75.6009	68.6728
	21-50-12	57.8109	64.3737	58.6027	65.0991	179.2557
	21-55-12	65.1162	61.5834	69.0063	72.064	58.8666
	21-60-12	60.4404	65.8911	74.4183	56.9947	55.3
	21-65-12	84.611	68.7366	61.1595	107.4359	54.9855
21-70-12	62.0483	69.5862	60.0722	68.3089	55.1476	
0.4	21-5-12	74.4944	85.5931	64.2423	59.941	70.2593
	21-10-12	85.6605	68.7775	65.6581	55.929	64.4264
	21-15-12	60.5889	75.343	70.8761	59.8304	76.8284
	21-20-12	60.4051	67.0836	81.8081	62.9459	69.952
	21-25-12	65.6236	69.6294	67.8496	63.0976	95.5669
	21-30-12	59.5555	67.5049	63.8119	66.2229	68.4917
	21-35-12	60.8461	56.4462	73.0179	61.981	109.1383
	21-40-12	67.1611	85.5631	65.1034	72.2881	78.4677
	21-45-12	87.4357	77.6761	56.9379	64.1252	69.6277
	21-50-12	75.9645	52.1802	55.4612	61.2134	67.3658

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	21-55-12	65.4856	72.1931	54.4216	60.3817	70.2594
	21-60-12	78.3495	73.4276	46.107	59.839	70.2594
	21-65-12	64.5362	57.0561	43.6796	60.0784	70.2593
	21-70-12	53.6277	40.9292	46.0251	60.0885	70.2594
0.5	21-5-12	98.5599	72.4993	52.2042	64.9959	92.0199
	21-10-12	76.5769	65.3058	57.304	64.9958	79.5467
	21-15-12	71.1521	87.2472	70.3696	69.0153	82.8768
	21-20-12	70.1549	74.6604	74.6564	64.7486	97.8452
	21-25-12	63.5766	67.8772	58.6787	67.7099	150.8596
	21-30-12	63.8959	74.3782	70.2469	65.8945	78.1706
	21-35-12	81.8801	59.3577	56.6471	78.6915	79.0813
	21-40-12	62.3529	56.5527	59.3584	67.9979	79.0813
	21-45-12	61.5023	48.9886	59.3584	64.9951	79.0811
	21-50-12	72.6441	59.7121	68.5107	64.9962	79.7827
	21-55-12	64.6326	59.7458	67.9557	64.9958	79.0811
	21-60-12	56.3107	56.5502	59.7467	82.6226	79.0813
	21-65-12	55.4522	56.3157	60.2525	64.9956	79.0813
21-70-12	58.4266	58.6027	60.5436	64.9958	79.0813	

จากตารางที่ 4.25 จะเห็นได้ว่า โครงข่าย 21-70-12 เป็นโครงข่ายที่มีค่า RMS ต่ำที่สุด ซึ่งมีจำนวนโหนดในชั้นอินพุตเท่ากับ 21 โหนด จำนวนในชั้นฮิดเดนเท่ากับ 70 โหนด มีจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตเท่ากับ 12 โหนด มีอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.4 และมีค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.6 เป็นโครงข่ายที่ดีที่สุดในการพยากรณ์การผลิตเครื่องปรับอากาศของโมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

เมื่อทำการพิจารณาว่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(MSE) = 15076.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

ผลการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียมดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 ค่า RMS ของการพยากรณ์การผลิตเครื่องปรับอากาศของบริษัทผลิต  
เครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับที่อัตรา  
การเรียนรู้เท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า RMSE ของ UFV Taining time=20000

อัตราการเรียนรู้	โครงข่าย	โมเมนตัม				
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	21-5-12	143.8752	107.8707	117.9744	134.1957	169.1499
	21-10-12	135.8828	137.6527	123.1549	113.668	169.1499
	21-15-12	106.1506	108.579	99.8489	109.7995	83.6827
	21-20-12	109.7794	109.6275	113.2274	76.2814	112.244
	21-25-12	106.3016	110.0249	118.6267	99.9361	90.8012
	21-30-12	121.9419	122.0718	119.9064	102.8599	97.6211
	21-35-12	144.6717	107.932	130.6065	111.927	100.1343
	21-40-12	107.5432	110.5914	123.7597	92.9794	125.102
	21-45-12	102.4718	108.828	103.6725	107.1533	106.8491
	21-50-12	118.9556	110.1606	124.0907	101.7132	100.508
	21-55-12	132.3637	115.8638	121.5127	102.7237	92.835
	21-60-12	117.8851	111.0391	103.5114	112.5627	100.2619
	21-65-12	129.1313	113.4109	100.443	102.1677	97.8243
	21-70-12	126.4786	118.4921	108.1352	106.166	102.2265
0.2	21-5-12	133.7875	140.7405	139.5789	134.845	87.5993
	21-10-12	107.8067	128.7661	108.7937	91.007	99.8174
	21-15-12	98.4042	102.8465	102.4085	103.3313	94.5452
	21-20-12	115.0054	110.4877	105.0527	120.3545	85.5425
	21-25-12	115.8489	127.8649	104.8442	100.746	111.0168
	21-30-12	104.3248	104.2527	106.0941	103.3906	93.4295
	21-35-12	107.9979	103.0079	97.9979	87.4423	86.4568
	21-40-12	97.6413	105.371	108.1123	100.3104	114.8056
	21-45-12	118.4657	116.4166	104.5355	100.289	94.4129
	21-50-12	115.6539	120.1328	99.8759	97.5143	96.9796
	21-55-12	115.0977	108.6145	124.6587	122.6308	88.5258

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	21-60-12	105.6459	89.2055	103.3175	103.5118	90.2485
	21-65-12	120.4639	112.7411	112.4825	96.7302	90.9726
	21-70-12	125.5763	102.3195	104.4552	93.474	93.474
0.3	21-5-12	132.3355	153.3368	149.6134	119.4776	74.0393
	21-10-12	101.7842	122.6237	111.7708	124.5469	77.0046
	21-15-12	104.4109	113.0633	110.4099	119.8022	76.1542
	21-20-12	98.2697	104.7873	124.2133	104.0018	78.133
	21-25-12	118.5608	106.8786	104.7667	104.0018	79.3223
	21-30-12	100.1041	98.443	107.4027	92.2023	82.8654
	21-35-12	106.7285	106.0782	106.7171	108.9619	81.9338
	21-40-12	93.7396	114.5701	110.36	115	80.4795
	21-45-12	113.1	113.3188	110.6186	103.5808	80.0995
	21-50-12	95.0074	107.422	120.6042	119.3632	76.42
	21-55-12	192.3629	117.5529	125.4272	126.8199	74.443
	21-60-12	95.5571	123.959	108.1816	102.7479	72.5436
	21-65-12	110.0193	125.663	121.1995	102.7479	74.4057
	21-70-12	121.1245	118.3552	113.6055	102.7479	73.827
0.4	21-5-12	139.6104	112.2832	115.779	115.8313	144.8844
	21-10-12	142.8374	101.5488	114.1797	97.0276	120.0063
	21-15-12	99.6454	120.9689	137.5837	103.7971	103.8131
	21-20-12	135.635	100.9976	110.1029	104.7397	80.5798
	21-25-12	108.1642	115.8825	116.5447	118.6396	140.4637
	21-30-12	124.7377	110.1323	98.6258	98.6258	107.3043
	21-35-12	107.1533	119.789	122.1789	96.1917	193.1355
	21-40-12	108.4384	119.0676	94.8117	110.0581	105.7972
	21-45-12	130.8337	127.2721	113.4739	87.5234	110.8413
	21-50-12	98.098	82.5224	84.0149	97.5739	113.2002
	21-55-12	105.4744	112.0489	63.9604	85.1603	113.7869
	21-60-12	114.7869	79.688	72.6793	83.3306	113.2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	21-65-12	84.0474	99.9637	69.3414	87.2729	113.2003
	21-70-12	73.0123	78.622	78.622	83.5897	113.2003
0.5	21-5-12	97.2263	128.0804	99.2294	86.8245	107.063
	21-10-12	103.9962	137.649	110.6379	79.0867	102.1285
	21-15-12	114.3294	85.5092	127.0526	81.6144	100.1467
	21-20-12	108.8874	123.7632	93.3702	89.3424	96.7959
	21-25-12	100.0546	94.0076	127.7098	79.3451	201.2594
	21-30-12	138.6123	117.4302	111.2101	94.2581	109.3028
	21-35-12	124.6846	89.1648	108.7911	93.1766	102.1287
	21-40-12	134.5857	82.1757	128.3032	79.1598	107.063
	21-45-12	76.8804	76.8702	79.5866	81.0275	106.3935
	21-50-12	98.8885	84.8166	73.1039	78.581	107.063
	21-55-12	64.6223	73.4887	93.2663	78.4705	2943.985
	21-60-12	72.243	86.7249	83.8216	79.1817	19899.3
	21-65-12	74.9487	72.1965	112.4825	78.3561	16221.19
	21-70-12	74.9487	70.5757	69.2565	78.2762	15729.19

จากตารางที่ 4.26 จะเห็นได้ว่า โครงข่าย 21-55-12 เป็นโครงข่ายที่มีค่า RMS ต่ำที่สุด ซึ่งมีจำนวนโหนดในชั้นอินพุตเท่ากับ 21 โหนด จำนวนในชั้นฮิดเดนเท่ากับ 55 โหนด มีจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุตเท่ากับ 12 โหนด มีอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.5 และมีค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.5 เป็นโครงข่ายที่ดีที่สุดในการพยากรณ์การผลิตเครื่องปรับอากาศของโมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

เมื่อทำการพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) = 37584.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

##### 5.1.1 จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

##### 5.1.1.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL

จากที่ได้วิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยใช้ 3 วิธี คือ แยกส่วนประกอบ ปรับให้เรียบ และบ็อกซ์เจนกินส์ ผลปรากฏว่าวิธีบ็อกซ์เจนกินส์มีค่า MSE ต่ำสุด

ทำการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 12 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า MSE = 9 ดังตาราง

5.1

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	7	10
2	6	9
3	6	9
	MSE	9

##### 5.1.1.2 โมเดล DDF-2000(STD)

จากที่ได้วิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยใช้ 3 วิธี คือ แยกส่วนประกอบ ปรับให้เรียบ และบ็อกซ์เจนกินส์ ผลปรากฏว่าวิธีแยกส่วนประกอบมีค่า MSE ต่ำสุด โดยมีตัวแบบพยากรณ์ คือ

$$Y_t = 14.29 - 0.0943t$$

จากสมการข้างต้นทำการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 12 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า MSE = 13.67 ดังตาราง 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล DDF-2000(STD)

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	6	4
2	8	7
3	3	9
	MSE	13.67

#### 5.1.1.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

จากที่ได้วิเคราะห์หอนุกรมเวลาโดยใช้ 3 วิธี คือ แยกส่วนประกอบ ปรับให้เรียบ และบ็อกซ์เจนกินส์ ผลปรากฏว่าวิธีบ็อกซ์เจนกินส์มีค่า MSE ต่ำสุด

ทำการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 12 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า MSE = 37.67 ดัง

ตาราง 5.3

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	19	17
2	18	15
3	26	16
	MSE	37.67

#### 5.1.1.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

จากที่ได้วิเคราะห์หอนุกรมเวลาโดยใช้ 3 วิธี คือ แยกส่วนประกอบ ปรับให้เรียบ และบ็อกซ์เจนกินส์ ผลปรากฏว่าวิธีแยกส่วนประกอบมีค่า MSE ต่ำสุด โดยมีตัวแบบพยากรณ์คือ

$$Y_t = 69.3 - 0.785t$$

จากสมการข้างต้นทำการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 12 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า MSE = 244.67 ดังตาราง 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5

TIS.2134

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	19	20
2	17	19
3	22	49
MSE		244.67

5.1.2 จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ

5.1.2.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL

ได้สมการที่เหมาะสมคือ

$$\hat{Y} = 0.041X_9 + 0.298X_{11} + 0.709X_{12} - 0.082X_{14} + 0.044X_{16}$$

โดยที่  $X_9$  = ดัชนีราคาผู้บริโภค

$X_{11}$  = ราคา

$X_{12}$  = คม

$X_{14}$  = ฤดูร้อน

$X_{16}$  = โปรโมชัน Collect

จากสมการข้างต้นทำการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง

3 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า

MSE = 2916.67 ดังตาราง 5.5

ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	7	60
2	6	60
3	6	61
MSE		2916.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1.2.2 โมเดล DDF-2000(STD)

ได้สมการที่เหมาะสมคือ

$$\hat{Y} = 0.052X_2 + 0.254X_6 + 0.361X_{11} - 0.364X_{12} - 0.037X_{20}$$

โดยที่  $X_2$  = อุณหภูมิ

$X_6$  = ค่าแรงขั้นต่ำ

$X_{11}$  = ราคา

$X_{12}$  = สม

$X_{20}$  = โปรโมชัน Split Buy total&collect

จากสมการข้างต้นทำการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 3 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า

MSE = 2061.33 ดังตาราง 5.6

ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล DDF-2000(STD)

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	6	52
2	8	50
3	3	51
	MSE	2061.33

### 5.1.2.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

ได้สมการที่เหมาะสมคือ

$$\hat{Y} = -0.004X_2 + 1.003X_6 - 0.002X_{20}$$

โดยที่  $X_2$  = อุณหภูมิ

$X_6$  = ค่าแรงขั้นต่ำ

$X_{20}$  = โปรโมชัน Split Buy total&collect

จากสมการข้างต้นทำการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 3 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า MSE =34.67

ดังตาราง 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5

TIS.2134

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	19	17
2	18	18
3	26	16
MSE		34.67

5.1.2.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

ได้สมการที่เหมาะสมคือ

$$\hat{Y} = 0.842X_6 + 0.155X_{11} - 0.032X_{20}$$

โดยที่  $X_6$  = ค่าแรงขั้นต่ำ

$X_{11}$  = ราคา

$X_{20}$  = โปรโมชัน Split Buy total&collect

จากสมการข้างต้นทำการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 3 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า MSE = 148.67 ดังตาราง 5.8

ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	19	32
2	17	31
3	22	31
MSE		148.67

5.1.3 จากการวิเคราะห์โครงสร้างประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

5.1.3.1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL

ทำการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 3 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า MSE =1367.2ดังตาราง 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล ACL-60 SCROLL  
COPELAND.B/B.LOCAL

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	7	5.816
2	6	40.162
3	6	5.816
MSE		1367.2

5.1.3.2 โมเดล DDF-2000(STD)

ทำการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 3 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า MSE = 2585.3 ดังตาราง 5.10 ตารางที่ 5.10 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล DDF-2000(STD)

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	6	0.073
2	8	120.163
3	3	4.525
MSE		2585.3

5.1.3.3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

ทำการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 3 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า MSE = 39471 ดังตาราง 5.11 ตารางที่ 5.11 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	19	34.904
2	18	690.625
3	26	34.919
MSE		39471

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.1.3.4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

ทำการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าจริง 3 ค่าที่เก็บไว้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2561 และคำนวณได้ค่า MSE =2660273.0345 ดังตาราง 5.12

ตารางที่ 5.12 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

เดือน	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
1	19	451.693
2	17	528.901
3	22	450.891
	MSE	2660273.0345

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีโครงข่ายประสาทเทียมยังมีค่าความถูกต้องน้อย ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปอาจปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยการเพิ่มจำนวนชั้นฮิดเดนให้มากกว่า 1 ชั้น และอาจปรับปรุงอัตราการเรียนรู้ โมเมนตัม และโครงข่ายเป็นค่าอื่นๆ เพื่อให้โครงข่ายถูกต้องมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

สมศรี บัณฑิตวิไล. เอกสารประกอบการเรียนวิชาอนุกรมเวลาและเลขดัชนี. สาขาสถิติประยุกต์.

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วราพร เหลือสินทรัพย์. เอกสารประกอบการเรียนวิชาการวิเคราะห์การถดถอย. สาขาสถิติประยุกต์.

คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุจิตรา สุขคนธมัต. เอกสารประกอบการเรียนวิชาโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS. สาขาสถิติประยุกต์.

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สายชล สิ้นสมบุรณ์ทอง. การทำเหมืองข้อมูล Data Mining. พิมพ์ครั้งที่ 1. สาขาสถิติประยุกต์.

คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธมลวรรณ สุขพระกิจ. (2559). การพยากรณ์ปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้ในการนำเข้าและ

ส่งออกของบริษัทสยามซอไซด์ เซอร์วิส จำกัด. สหกิจศึกษา. สาขาสถิติประยุกต์. คณะวิทยาศาสตร์.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นิธิตา เกื้อกุลรัฐ. (2551). การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกสับปะรดกระป๋องของ

ประเทศไทยโดยการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุและตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบ

แพร่ย้อนกลับ. วิทยานิพนธ์. สาขาสถิติประยุกต์. คณะวิทยาศาสตร์.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 โมเดล ACL-60 SCROLL COPELAND.B/B.LOCAL

จำนวน:เครื่อง

เดือน	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	14	11	8	8	13
กุมภาพันธ์	40	31	14	25	7
มีนาคม	30	19	32	15	19
เมษายน	37	20	8	21	19
พฤษภาคม	24	14	17	15	6
มิถุนายน	38	38	15	9	4
กรกฎาคม	17	29	9	15	16
สิงหาคม	8	39	11	22	18
กันยายน	24	29	8	7	5
ตุลาคม	29	20	7	4	7
พฤศจิกายน	27	7	24	12	13
ธันวาคม	10	18	17	30	5

ตารางภาคผนวกที่ 2 โมเดล DDF-2000(STD)

จำนวนเครื่อง

เดือน	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	4	10	5	4	1
กุมภาพันธ์	11	19	5	6	9
มีนาคม	13	8	19	5	15
เมษายน	12	15	14	18	11
พฤษภาคม	18	9	14	16	3
มิถุนายน	19	27	4	9	9
กรกฎาคม	11	20	17	8	15
สิงหาคม	9	11	12	15	18
กันยายน	15	18	5	4	7
ตุลาคม	6	6	8	17	6
พฤศจิกายน	35	5	11	14	12
ธันวาคม	16	6	8	13	5

ตารางภาคผนวกที่ 3 โมเดล AFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

จำนวนเครื่อง

เดือน	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	49	60	157	21	28
กุมภาพันธ์	53	65	16	59	22
มีนาคม	9	153	61	48	51
เมษายน	17	30	18	51	8
พฤษภาคม	4	39	33	191	28
มิถุนายน	3	53	22	19	28
กรกฎาคม	12	30	21	11	24
สิงหาคม	121	52	13	11	174
กันยายน	0	40	24	43	37
ตุลาคม	0	23	71	7	14
พฤศจิกายน	0	33	12	2	20
ธันวาคม	0	24	15	138	13

ตารางภาคผนวกที่ 4 โมเดล UFV-25F (R32) HI-EER #5 TIS.2134

จำนวนเครื่อง

เดือน	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	138	14	155	15	19
กุมภาพันธ์	79	17	13	57	17
มีนาคม	80	78	59	38	43
เมษายน	57	26	15	35	9
พฤษภาคม	33	18	31	193	26
มิถุนายน	34	49	18	19	21
กรกฎาคม	139	70	21	13	23
สิงหาคม	38	40	12	11	24
กันยายน	23	36	24	43	183
ตุลาคม	1	21	71	11	11
พฤศจิกายน	386	29	11	2	19
ธันวาคม	0	26	13	3	11