

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อพัฒนารูปแบบการพยากรณ์
ความต้องการพลังงานของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย



นางสาวนพรัตน์ ศรีชาติ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF NEURAL NETWORK FOR DEVELOPING THE ENERGY
CONSUMPTION FORECASTING MODEL OF MANUFACTURING SECTOR



Miss Nopparat Sirichote

สถาบันวิทยบริการ

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อพัฒนารูปแบบการพยากรณ์
ความต้องการพลังงานของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

โดย

นางสาวนพรัตน์ ศิริโชติ

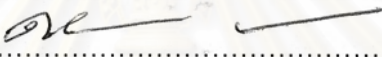
สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษา


ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

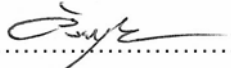

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวณิชย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิวิณา เชาวลิทวงศ์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ อังศุมาลิน เสนจันทร์ดีไชย)

นพรัตน์ ศิริโชติ : การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อพัฒนารูปแบบการพยากรณ์ความต้องการพลังงานของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย (APPLICATION OF NEURAL NETWORK FOR DEVELOPING THE ENERGY CONSUMPTION FORECASTING MODEL OF MANUFACTURING SECTOR): อ. ที่ปรึกษา: ศ.ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 252 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญอยู่ที่การศึกษา และหารูปแบบของการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยพิจารณาในส่วนของอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน และอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยใช้ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจทั้ง 8 ปัจจัย อันได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Exchange rate) ราคาทองคำ (Gold Price) อัตราการว่างงาน (Rate of unemployment) จำนวนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม (Employment) และดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing production Index) ดัชนีราคาผู้ผลิต (producer price index หรือ PPI) และอัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 - พ.ศ. 2543 ในการสร้างรูปแบบของการพยากรณ์ และใช้ข้อมูลสำหรับการทดสอบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2548

ในการวิจัยนี้ได้นำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในการหารูปแบบของการพยากรณ์ โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้มีลักษณะโครงสร้างแบบมัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน (Multilayer Perceptron) ที่มีการเรียนรู้แบบแบ็คพรอพาคชันอัลกอริทึม (Back propagation Algorithm) ในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมได้ใช้โปรแกรม Pythia Version 1.02 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาและออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม ผลการพยากรณ์ที่ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับพยากรณ์โดยใช้การพยากรณ์แบบ ARIMA (Box - Jenkins) และข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานจริงในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ผลจากการเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ว่า โครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ได้แม่นยำกว่าการพยากรณ์แบบ ARIMA โดยมีร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ต่ำกว่า 10

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม..... ลายมือชื่อนิสิต..... นพรัตน์
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ปีการศึกษา..... 2549.....


4770317221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

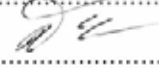
KEY WORD : NEURAL NETWORK/ ENERGY CONSUMPTION FORECASTING MODEL

NOPPARAT SIRICHOTE : APPLICATION OF NEURAL NETWORK FOR
DEVELOPING THE ENERGY CONSUMPTION FORECASTING MODEL OF
MANUFACTURING SECTOR. THESIS ADVISOR: PROF. SIRICHAN
THONGPRASERT, Ph.D, 252 pp.

The main purpose of this thesis is to study and formulate the energy consumption forecasting model of basic metal industry and textile industry. This research study utilizes neural networks theory in forecasting the energy consumption of Thai basic industry and textile industry. Data used in training and testing neural networks are economic factors. They are gross domestic product (GDP), Exchange Rate, gold price, rate of unemployment, number of employment persons in manufacturing, manufacturing production index, producer price index, inflation rate. Data in 1981 to 2000 were used for training where as data in 2001 to 2005 were used for testing.

Neural networks implemented are Multilayer Perceptron type which improves Back Propagation Algorithm. Mean absolute percentage error (MAPE) values of less than 10 % were obtained. A software package known as Pythia Version 1.02 was selected as the tool for implementing the neural networks. Pythia is a program for the development and design of Neural Networks. Results from the neural networks were compared with results obtained from ARIMA on the same set of data. The comparison revealed that forecasting by the neural networks yielded a better accuracy than forecasting by ARIMA.

Department..... INDUSTRIAL ENGINEERING Student's signature..... 

Concentration..... INDUSTRIAL ENGINEERING... Advisor's signature..... 

Academic year..... 2006

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างยิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้ความรู้ และ คำแนะนำ ตลอดจนข้อคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานในการ สอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิวิตา เชาวลิตวงศ์ และ อาจารย์ อังศุมาลิน เสนจันทร์ ฌิไชย กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะที่ดีสำหรับ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย กรมส่งเสริม อุตสาหกรรม สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สถาบันพัฒนา อุตสาหกรรมสิ่งทอ และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(พพ.) กระทรวงพลังงาน ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ประสาทความรู้จนผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัย และทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพิสิฐ ศิริโชติ คุณแม่เนาวรัตน์ ศิริโชติ น้องนฤมล ศิริโชติ น้องนฤดี ศิริโชติ และคุณเสริมศักดิ์ สีนวล ที่ได้สนับสนุน และให้กำลังใจที่ดี เสมอมาตลอดระยะเวลาที่ทำวิทยานิพนธ์

สิริโชควิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	8
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	8
1.4 ขั้นตอนในการวิจัย.....	9
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	10
2.1 แนวคิดทฤษฎีการพยากรณ์	10
2.2 การพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม	12
2.3 การพยากรณ์โดยใช้อนุกรมเวลา.....	22
2.4 การวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์	32
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
บทที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมสิ่งทอ	42
3.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอ.....	42
3.2 ประเภทของอุตสาหกรรมสิ่งทอ	44
3.3 ข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า	45
3.4 ข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ	58
3.5 ข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้า	71
3.6 การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม	78

บทที่ 4	ข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน	91
4.1	ประเภทอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน	91
4.2	กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน	92
4.3	การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน.....	97
4.4	อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า	97
4.5	ขั้นตอนการผลิตเหล็กในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า	99
4.6	โครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทย.....	100
บทที่ 5	การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม.....	107
5.1	ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์	107
5.2	การเตรียมข้อมูลในการพยากรณ์.....	114
5.3	โครงข่ายประสาทเทียมที่นำมาใช้ในการพยากรณ์	124
5.4	โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม.....	126
5.5	ลำดับขั้นตอนในการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม	126
5.6	การทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานโดย โครงข่ายประสาทเทียม.....	128
5.7	การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูล ฐานโดยโครงข่ายประสาทเทียม.....	129
5.8	การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอโดย โครงข่ายประสาทเทียม.....	146
บทที่ 6	การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ ด้วย ARIMA.....	165
6.1	ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์	165
6.2	ลำดับขั้นตอนในการพยากรณ์ด้วย ARIMA	167
6.3	ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะ ขั้นมูลฐาน	168

6.4	การทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานโดย ARIMA	182
6.5	ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ.....	184
6.6	การทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอโดย ARIMA	198
บทที่ 7	เปรียบเทียบผลพยากรณ์.....	200
7.1	การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน	200
7.2	การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ	204
บทที่ 8	สรุปงานวิจัย.....	209
8.1	แนวทางการนำไปประยุกต์ใช้.....	209
8.2	สิ่งที่ได้รับจากโครงการวิจัย	214
8.3	ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัย.....	215
8.4	สรุปผลโครงการวิจัย.....	216
	รายการอ้างอิง.....	217
	ภาคผนวก.....	219
	ภาคผนวก ก.....	220
	ภาคผนวก ข.....	246
	ภาคผนวก ค.....	249
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	252

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมโลหะ ขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2548 ตามประเภทของพลังงาน.....	6
ตารางที่ 2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทและเซลล์ประสาทเทียม	13
ตารางที่ 2.2	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่า ACF และ PACF ทางทฤษฎีของ ตัวแบบ AR, MA และ ARMA ในภาวะคงที่	30
ตารางที่ 3.1	ปริมาณการผลิตและการบริโภคของผ้าทอ	47
ตารางที่ 3.2	ปริมาณการผลิตและการบริโภคของผ้าดัก	47
ตารางที่ 3.3	อัตราภาชี้นำเข้าเส้นด้ายที่ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมทอผ้า และดักผ้าปี 2547	48
ตารางที่ 3.4	การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องทอผ้าแบบมีกระสวยและแบบไร้กระสวย	52
ตารางที่ 3.5	จำนวนเครื่องทอผ้า	52
ตารางที่ 3.6	จำนวนเครื่องดักผ้า.....	53
ตารางที่ 3.7	มูลค่าการนำเข้าเครื่องทอผ้าและดักผ้า	53
ตารางที่ 3.8	จำนวนโรงงานและการจ้างงานของอุตสาหกรรมทอผ้า.....	54
ตารางที่ 3.9	จำนวนโรงงานและการจ้างงานของอุตสาหกรรมดักผ้า.....	55
ตารางที่ 3.10	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าผ้าผืน.....	56
ตารางที่ 3.11	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผ้าผืน.....	58
ตารางที่ 3.12	ปริมาณการผลิตและการบริโภคของเครื่องนุ่งห่ม	72
ตารางที่ 3.13	อัตราภาชี้นำเข้าผ้าผืนที่เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มและ เสื้อผ้าสำเร็จภาพ ปี 2547.....	73
ตารางที่ 3.14	จำนวนเครื่องจักรเย็บผ้า	74
ตารางที่ 3.15	จำนวนโรงงานและการจ้างงานของอุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้า	75
ตารางที่ 3.16	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าเครื่องนุ่งห่ม.....	77
ตารางที่ 3.17	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเครื่องนุ่งห่ม.....	78
ตารางที่ 3.18	แสดงมูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรมสิ่งทอต่อ GDP	87
ตารางที่ 3.19	แสดงมูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรมสิ่งทอแต่ละประเภท	88
ตารางที่ 5.1	ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจสำหรับตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณ การใช้พลังงานสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน	115

ตารางที่ 5.2	ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจสำหรับตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ	117
ตารางที่ 5.3	ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจสำหรับตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานที่ได้ทำการนอร์มอลไลซ์	119
ตารางที่ 5.4	ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจสำหรับตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอที่ได้ทำการนอร์มอลไลซ์	120
ตารางที่ 5.5	ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน.....	122
ตารางที่ 5.6	ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ.....	123
ตารางที่ 5.7	ผลการคำนวณหาจำนวนขั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสม	130
ตารางที่ 5.8	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 1 (8,8,1 : 9)	131
ตารางที่ 5.9	ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 1 (8,8,1 : 9)	132
ตารางที่ 5.10	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน	135
ตารางที่ 5.11	ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 2 (8,9,1 : 10)	136
ตารางที่ 5.12	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 3 (8,10,1 : 11).....	139
ตารางที่ 5.13	ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 3 (8,10,1 : 11)	140
ตารางที่ 5.14	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน	142

ตารางที่ 5.15	ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้แบบที่ 4 (8,8,9,1 : 18)	143
ตารางที่ 5.16	สรุปผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงาน ในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้.....	146
ตารางที่ 5.17	ผลการคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอน ที่เหมาะสม	147
ตารางที่ 5.18	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้แบบที่ 1 (8,7,1 : 8)	148
ตารางที่ 5.19	ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้แบบที่ 1 (8,7,1 : 8)	149
ตารางที่ 5.20	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้แบบที่ 2 (8,7,5,1 : 13)	152
ตารางที่ 5.21	ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้แบบที่ 2 (8,7,5,1 : 13)	153
ตารางที่ 5.22	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้แบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21)	156
ตารางที่ 5.23	ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้แบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21)	157
ตารางที่ 5.24	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้แบบที่ 4 (8,8,7,8,6,1 : 30)	160
ตารางที่ 5.25	ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้แบบที่ 4 (8,8,7,8,6,1 : 30)	161
ตารางที่ 5.26	สรุปผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงาน ในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้.....	164
ตารางที่ 6.1	ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ	165
ตารางที่ 6.2	ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน	166

ตารางที่ 6.3	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรม โลหะขั้นมูลฐานจากรูปแบบ ARIMA (1,0,1) และข้อมูลจริง 180	180
ตารางที่ 6.4	สรุปผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงาน ในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วย ARIMA 183	183
ตารางที่ 6.5	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอจาก รูปแบบ ARIMA (1,0,0) และข้อมูลจริง 196	196
ตารางที่ 6.6	สรุปผลการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงาน ในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วย ARIMA 199	199
ตารางที่ 7.1	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะ ขั้นมูลฐานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548..... 200	200
ตารางที่ 7.2	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะ ขั้นมูลฐานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548..... 201	201
ตารางที่ 7.3	ค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 203	203
ตารางที่ 7.4	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 204	204
ตารางที่ 7.5	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548 205	205
ตารางที่ 7.6	ค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 207	207

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1	การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ.....	5
รูปที่ 1.2	การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมจำแนกตามประเภท	5
รูปที่ 1.3	สัดส่วนการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตจำแนกตามสาขาย่อย	6
รูปที่ 1.4	สัดส่วนการใช้พลังงานตามประเภทพลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ	7
รูปที่ 1.5	สัดส่วนการใช้พลังงานตามประเภทพลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน... ..	7
รูปที่ 2.1	เซลล์ประสาทของสิ่งมีชีวิต	13
รูปที่ 2.2	แสดงโครงสร้างวงจร Neural Network.....	17
รูปที่ 2.3	แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	18
รูปที่ 2.4	กระบวนการเรียนรู้.....	21
รูปที่ 3.1	โครงสร้างการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย	43
รูปที่ 3.2	ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมย้อมเส้นด้าย	61
รูปที่ 3.3	ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมย้อมผ้าทอ.....	62
รูปที่ 3.4	ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมย้อมผ้าปัก	63
รูปที่ 3.5	ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมพิมพ์ผ้า.....	64
รูปที่ 3.6	แสดงกระบวนการผลิตและประเภทของพลังงานที่ใช้ในการผลิตเส้นใย	80
รูปที่ 3.7	กระบวนการผลิตและโรงงานของพลังงานที่ใช้ในการปั่นด้าย	81
รูปที่ 3.8	กระบวนการผลิตและประเภทของพลังงานในการทอผ้าและปักผ้า	83
รูปที่ 3.9	แสดงกระบวนการผลิตและประเภทของพลังงานที่ใช้	85
รูปที่ 3.10	แสดงกระบวนการผลิตและประเภทของพลังงานที่ใช้	89
รูปที่ 4.1	กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะมูลฐานขั้นต้น	94
รูปที่ 4.2	กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะมูลฐานขั้นปลาย	95
รูปที่ 4.3	กระบวนการผลิตโลหะภาพพรรณแบบรีดเย็น	95
รูปที่ 4.4	กระบวนการผลิตชิ้นส่วนโลหะ	96
รูปที่ 4.5	การหลอมและหล่อขึ้นงานโลหะ.....	96
รูปที่ 4.6	กระบวนการผลิตเส้นลวดโลหะ.....	96
รูปที่ 5.1	ผลการคำนวณหาจำนวนขั้นของฮิตเดนเลย์เออร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสม	130
รูปที่ 5.2	ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,8,1 : 9)	132

รูปที่ 5.3	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะ ขั้นมูลฐานด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 1 (8,8,1 : 9)	134
รูปที่ 5.4	ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,9,1 : 10)	136
รูปที่ 5.5	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะ ขั้นมูลฐานด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 2 (8,9,1 : 10)	138
รูปที่ 5.6	ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,10,1 : 11)	139
รูปที่ 5.7	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะ ขั้นมูลฐานด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 3 (8,10,1 : 11)	141
รูปที่ 5.8	ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,9,1 : 18)	143
รูปที่ 5.9	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะ ขั้นมูลฐานด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 4 (8,7,8,9,1 : 25)	145
รูปที่ 5.10	ผลการคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสม	147
รูปที่ 5.11	ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,7,1 : 8)	149
รูปที่ 5.12	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 1 (8,7,1 : 8)	151
รูปที่ 5.13	ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,7,5,1 : 13)	153
รูปที่ 5.14	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 2 (8,7,5,1 : 13)	155
รูปที่ 5.15	ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21)	157
รูปที่ 5.16	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21)	159
รูปที่ 5.17	ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,7,8,6,1 : 30)	161

รูปที่ 5.18	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมภาพแบบที่ 4 (8,8,7,8,6,1 : 30).....	163
รูปที่ 6.1	แสดงอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะ ขั้นมูลฐานตั้งแต่ปี 2524 – ปี 2548	169
รูปที่ 6.2	แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน.....	170
รูปที่ 6.3	แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์เชิงส่วนของปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน.....	171
รูปที่ 6.4	แสดงค่าอนุกรมเวลา จากการหาค่าผลต่างครั้งที่ 1	172
รูปที่ 6.5	แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าตกค้างที่ได้จากแบบจำลอง.....	172
รูปที่ 6.6	แสดงอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรม โลหะขั้นมูลฐาน (GJ) ตั้งแต่ปี 2524 – ปี 2548 เมื่อแปลงค่าภาพของ ลอกการที่มีฐานธรรมชาติ	173
รูปที่ 6.7	แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของการแปลงข้อมูลเพื่อทำให้ข้อมูลมี ความแปรปรวนคงที่.....	174
รูปที่ 6.8	แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์เชิงส่วนของข้อมูลเพื่อทำให้ ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่	174
รูปที่ 6.9	ค่าประมาณพารามิเตอร์ ภาพแบบ ARIMA(1,0,1)	175
รูปที่ 6.10	แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของค่าตกค้างจากภาพแบบ ARIMA(1,0,1)	176
รูปที่ 6.11	แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์เชิงส่วนของค่าตกค้างจากภาพแบบ ARIMA(1,0,1)	177
รูปที่ 6.12	แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าตกค้างจากภาพแบบ ARIMA(1,0,1)	177
รูปที่ 6.13	การตรวจสอบด้วยค่า Q-Statistics Test	178
รูปที่ 6.14	การตรวจสอบการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม โดยวิธี Anderson – Darling	179
รูปที่ 6.15	ขอบเขตการพยากรณ์ตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน.....	181
รูปที่ 6.16	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน	182
รูปที่ 6.17	แสดงอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตั้งแต่ปี 2524 – ปี 2547.....	184

รูปที่ 6.18	แสดงฟังก์ชันอัตราสหสัมพันธ์ของปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ.....	185
รูปที่ 6.19	แสดงฟังก์ชันอัตราสหสัมพันธ์เชิงส่วนของปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะสิ่งทอ.....	186
รูปที่ 6.20	แสดงค่าอนุกรมเวลา จากการหาค่าผลต่างครั้งที่ 1	187
รูปที่ 6.21	แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าตกค้างที่ได้จากแบบจำลอง.....	187
รูปที่ 6.22	แสดงอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (GJ) ตั้งแต่ปี 2524 – 2548 เมื่อแปลงค่าภาพของลอกการที่มีฐานธรรมชาติ.....	188
รูปที่ 6.23	แสดงฟังก์ชันอัตราสหสัมพันธ์ของการแปลงข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลมี ความแปรปรวนคงที่.....	189
รูปที่ 6.24	แสดงฟังก์ชันอัตราสหสัมพันธ์เชิงส่วนของแปลงข้อมูลเพื่อให้ ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่	189
รูปที่ 6.25	ค่าประมาณพารามิเตอร์ ภาพแบบ ARIMA(1,0,0)	191
รูปที่ 6.26	แสดงฟังก์ชันอัตราสหสัมพันธ์ของค่าตกค้างจากภาพแบบ ARIMA(1,0,0).....	192
รูปที่ 6.27	แสดงฟังก์ชันอัตราสหสัมพันธ์เชิงส่วนของค่าตกค้างจากภาพแบบ ARIMA(1,0,0)	193
รูปที่ 6.28	แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าตกค้างจากภาพแบบ ARIMA(1,0,0)	193
รูปที่ 6.29	การตรวจสอบการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม โดยวิธี Anderson – Darling	195
รูปที่ 6.31	ขอบเขตการพยากรณ์ตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ.....	197
รูปที่ 6.30	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ	197
รูปที่ 7.1	ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548	201
รูปที่ 7.2	ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548	203
รูปที่ 7.3	ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548	205

รูปที่ 7.4	ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548	207
รูปที่ 8.1	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรม โลหะขั้นมูลฐาน ปี พ.ศ.2549	213
รูปที่ 8.2	ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ปี พ.ศ.2549	213



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวัน และเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจ แต่เนื่องจากพลังงานในบางส่วนไม่สามารถทำการกักเก็บได้ อาทิเช่น พลังงานไฟฟ้า และการลงทุนสร้างแหล่งผลิตพลังงานต่าง ๆ ต้องใช้ระยะเวลานานอีกทั้งเป็นการลงทุนที่สูง ดังนั้นการวางแผนนโยบายด้านพลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญและมีผลต่อเศรษฐกิจของประเทศในอนาคต

ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานที่น่าเชื่อถือ มีความสำคัญอย่างมากต่อความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ เพราะหากผลการพยากรณ์ต่ำกว่าความเป็นจริงจะส่งผลให้พลังงานไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาในการผลิตของภาคอุตสาหกรรมและส่งผลเสียหายต่อเศรษฐกิจโดยรวม แต่ถ้าพยากรณ์สูงกว่าความเป็นจริงจะทำให้มีการเก็บพลังงานไว้เกินความจำเป็น และทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตามมาและเป็นภาระของประเทศในที่สุด อย่างไรก็ตามการพยากรณ์ความต้องการพลังงานให้ถูกต้องแม่นยำนั้น มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงาน เช่น สภาพเศรษฐกิจ จำนวนประชากร จำนวนโรงงาน อุตสาหกรรม และพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงาน เป็นต้น ดังนั้นการจัดทำค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานให้มีความน่าเชื่อถือต้องอาศัยวิธีการพยากรณ์ สมมุติฐาน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก

ปัจจุบันสถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 มีความผันผวนของราคาพลังงานในตลาดโลก โดยเฉพาะราคาน้ำมันดิบ ปัญหาเงินเฟ้อ ปัญหาความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ การระบาดของโรคไข้หวัดนก ภาวะภัยแล้ง การขาดดุลการค้าและดุลบัญชีเดินสะพัดที่เกิดขึ้น ล้วนส่งผลให้การขยายตัวเศรษฐกิจของไทยในปีนี้มีอัตราที่ชะลอลงจากปีก่อน โดยคาดการณ์ว่าการขยายตัวของเศรษฐกิจไทยในปี 2548 จะอยู่ที่ระดับร้อยละ 4.7 ซึ่งการชะลอลงของเศรษฐกิจไทยประกอบกับการลอยตัวราคาน้ำมันดีเซลที่เกิดขึ้นในปีนี้ได้ส่งผลให้ภาพรวมการใช้พลังงานของประเทศขยายตัวในอัตราที่ชะลอลงเช่นเดียวกัน ทำให้การวางแผนนโยบายด้านพลังงานของประเทศทำได้ยากยิ่ง

ปี 2548 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นปีที่ 7 และเพิ่มขึ้นจากปี 2547 ร้อยละ 1.8 โดยใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ อันประกอบด้วยน้ำมันสำเร็จรูป ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และไฟฟ้า เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.6 และใช้พลังงานใหม่และหมุนเวียน อันประกอบด้วย พืน ถ่านแกลบ และกากอ้อย เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.9 การใช้พลังงานในปี 2548 มีปริมาณรวมทั้งสิ้น 62,395 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปี 2547 ร้อยละ 1.8 ประกอบด้วย การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ เป็นสัดส่วนร้อยละ 82.7 และที่เหลืออีกร้อยละ 17.3 เป็นการใช้พลังงานหมุนเวียน ดังมีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 จำแนกตามประเภทพลังงาน

● น้ำมันสำเร็จรูป

การใช้น้ำมันสำเร็จรูปยังคงเป็นสัดส่วนที่สูงของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ในปี 2548 มีการใช้รวมทั้งสิ้น 32,460 พันตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนร้อยละ 0.7 เป็นสัดส่วนร้อยละ 63.0 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาการขนส่งมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 72.2 รองลงมาเป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมการผลิต สาขาการเกษตร สาขาบ้านอยู่อาศัย สาขารัฐกิจการค้า และสาขาเหมืองแร่และการก่อสร้าง เป็นสัดส่วนร้อยละ 11.6 9.8 4.0 1.8 และ 0.6 ตามลำดับ สำหรับสัดส่วนน้ำมันสำเร็จรูปที่ใช้ประกอบด้วยน้ำมันดีเซล (รวมปาล์มดีเซล) ร้อยละ 51.8 น้ำมันเบนซิน (รวมแก๊สโซฮอล์) ร้อยละ 16.6 น้ำมันเตาร้อยละ 12.2 น้ำมันเครื่องบิน ร้อยละ 10.8 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ร้อยละ 8.5 น้ำมันก๊าด ร้อยละ 0.1

● ก๊าซธรรมชาติ

ปี 2548 มีการใช้ก๊าซธรรมชาติรวมทั้งสิ้น 2,026 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ หรือ 230 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน ลดลงจากปีก่อน ร้อยละ 13.5 โดยเป็นสัดส่วนร้อยละ 3.9 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตเกือบทั้งหมดเป็นสัดส่วนร้อยละ 97.6 ที่เหลืออีกร้อยละ 2.4 เป็นการใช้ในสาขาการขนส่ง

● ถ่านหิน

ปี 2548 มีการใช้ถ่านหินรวมทั้งสิ้น 6,755 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 14.1 เป็นสัดส่วนร้อยละ 13.1 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตทั้งหมด

● ไฟฟ้า

ปี 2548 มีการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 10,330 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 5.4 โดยเป็นสัดส่วนร้อยละ 20.0 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 46.0 รองลงมาเป็นการใช้

ในสาขาธุรกิจการค้า สาขาบ้านอยู่อาศัย และสาขาอื่น ๆ อีกเป็นสัดส่วนร้อยละ 31.7 21.1 และ 1.2 ตามลำดับ

- พลังงานใหม่และหมุนเวียน

ปี 2548 มีการใช้รวมทั้งสิ้น 10,824 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 2.9 เป็นสัดส่วนร้อยละ 17.3 ของการใช้พลังงานทั้งหมด ทั้งนี้เป็นการใช้ในสาขาบ้านอยู่อาศัยมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 50.3 และที่เหลืออีกร้อยละ 49.7 เป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรมการผลิต

1.1.2 จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ

- สาขาเกษตรกรรม

ปี 2548 มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 3,207 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนร้อยละ 8.9 เป็นสัดส่วนร้อยละ 5.1 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ประกอบด้วย น้ำมันสำเร็จรูปร้อยละ 99.3 ของพลังงานที่ใช้ในสาขานี้และที่เหลือเป็นการใช้ไฟฟ้า

- สาขาเหมืองแร่

ปี 2548 มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 125 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนร้อยละ 4.6 เป็นสัดส่วนร้อยละ 0.2 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ประกอบด้วยไฟฟ้าร้อยละ 79.2 ที่เหลือเป็นการใช้น้ำมันสำเร็จรูปร้อยละ 20.8 ของการใช้พลังงานรวมในสาขานี้

- สาขาอุตสาหกรรมการผลิต

ปี 2548 มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 22,641 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 3.1 เป็นสัดส่วนร้อยละ 36.3 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ประกอบด้วยถ่านหินเป็นสัดส่วนร้อยละ 29.8 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ รองลงมา เป็นพลังงานใหม่และหมุนเวียน พลังงานไฟฟ้า น้ำมันสำเร็จรูป และก๊าซธรรมชาติ เป็นสัดส่วนร้อยละ 23.8 21.0 16.7 และ 8.7 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ตามลำดับ

- สาขาก่อสร้าง

ปี 2548 มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 152 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนร้อยละ 11.1 โดยเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.2 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ในสาขานี้ คือ น้ำมันสำเร็จรูป

- สาขาบ้านอยู่อาศัย

ปี 2548 มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 8,933 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 1.5 เป็นสัดส่วนร้อยละ 14.3 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ประกอบด้วย พลังงานหมุนเวียนเป็นสัดส่วนร้อยละ 60.9 ของการใช้พลังงานในสาขาที่ที่เหลือเป็นไฟฟ้าและน้ำมันสำเร็จรูปร้อยละ 24.4 และ 14.7 ของการใช้พลังงานในสาขานี้ตามลำดับ

- สาขาธุรกิจการค้า (รวมถึงการบริการภาครัฐ และองค์กรไม่แสวงหากำไร)

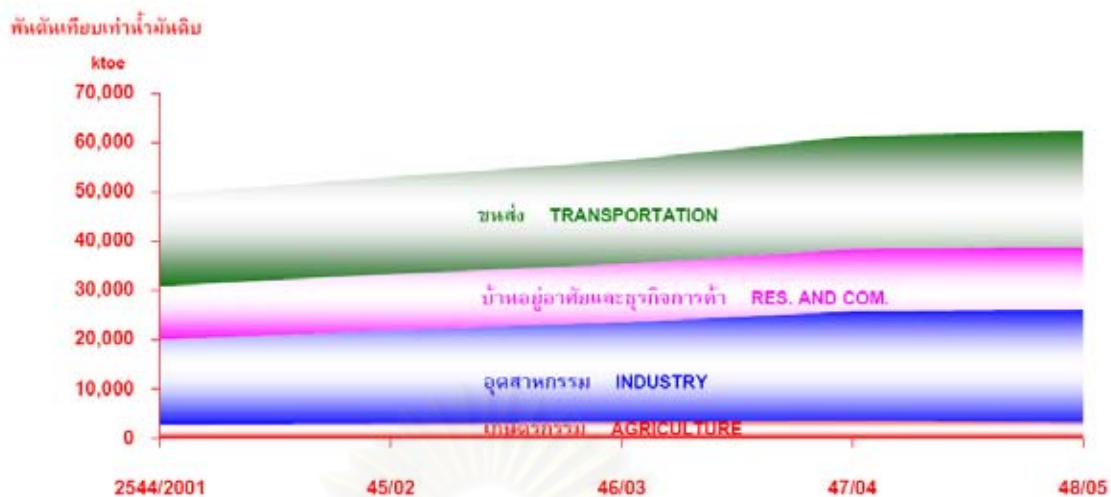
ปี 2548 มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 3,846 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนร้อยละ 0.5 เป็นสัดส่วนร้อยละ 6.2 ของการใช้พลังงานรวม พลังงานที่ใช้ประกอบด้วย ไฟฟ้าและน้ำมันสำเร็จรูปคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85.1 และ 14.9 ตามลำดับ

- สาขาคมนาคมและขนส่ง

ปี 2548 มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 23,491 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 3.0 เป็นสัดส่วนร้อยละ 37.7 ของการใช้พลังงานรวมพลังงานที่ใช้ในสาขาคมนาคมขนส่งเกือบทั้งหมดเป็นน้ำมันสำเร็จรูป ประกอบด้วยน้ำมันดีเซล (รวมปาล์มดีเซล) ร้อยละ 54.2 น้ำมันเบนซิน (รวมแก๊สโซฮอล์) ร้อยละ 22.6 น้ำมันเครื่องบิน ร้อยละ 14.9 น้ำมันเตาร้อยละ 6.6 และก๊าซปิโตรเลียมเหลวร้อยละ 1.5 ของการใช้พลังงานรวมในสาขานี้ นอกจากนี้ยังมีการใช้ก๊าซธรรมชาติในรถโดยสารประจำทางปรับอากาศในเขตกรุงเทพฯ และการใช้ไฟฟ้าในการเดินรถไฟฟ้าอีกร้อยละ 0.2

ปริมาณการใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจดังแสดงในรูปที่ 1.1 และการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมจำแนกตามประเภทดังแสดงในรูปที่ 1.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ : อุตสาหกรรมประกอบด้วย อุตสาหกรรมการผลิต เหมืองแร่ และก่อสร้าง

Note : Industry includes manufacturing, mining, and construction

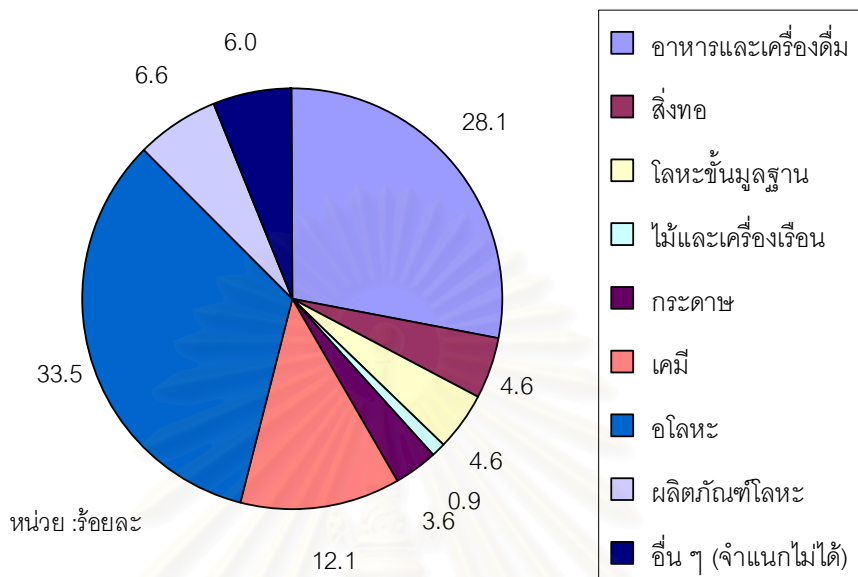
รูปที่ 1.1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ
(TRENDS OF FINAL ENERGY CONSUMPTION BY ECONOMIC SECTOR)



รูปที่ 1.2 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมจำแนกตามประเภท
(TRENDS OF MANUFACTURING ENERGY CONSUMPTION BY TYPE)

สัดส่วนการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตจำแนกตามสาขาย่อยดังแสดงในรูปที่ 1.3 ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานรวมในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ในปี พ.ศ.2548 คิดเป็น 9.2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตทั้งหมด และการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ. 2548 ตามประเภทของพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 1.1 รูปที่ 1.4 และ รูปที่ 1.5

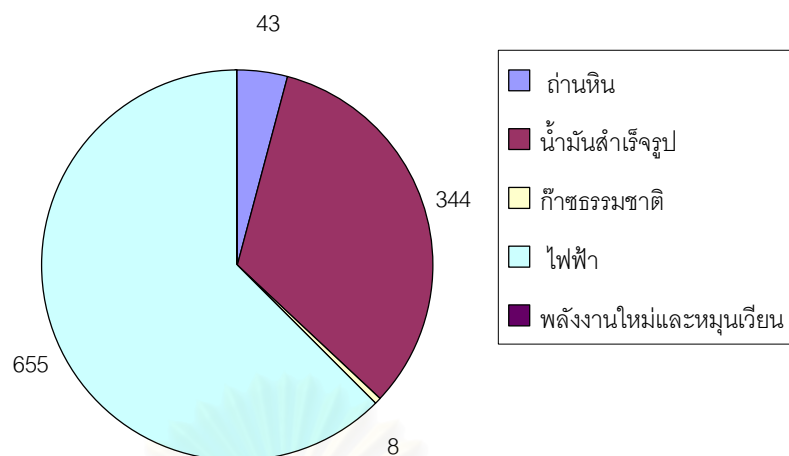


รูปที่ 1.3 สัดส่วนการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตจำแนกตามสาขาย่อย

ตารางที่ 1.1 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
ในปี พ.ศ.2548 ตามประเภทของพลังงาน

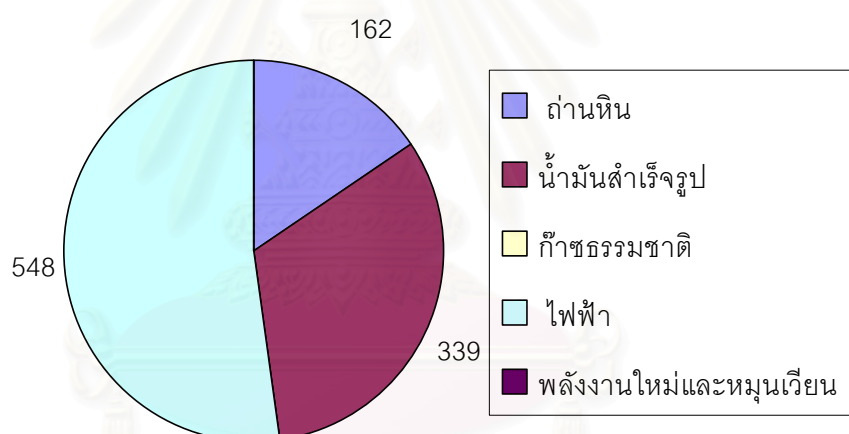
หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

สาขาย่อย	ถ่านหิน	น้ำมันสำเร็จรูป	ก๊าซธรรมชาติ	ไฟฟ้า	รวม	พลังงานใหม่ และหมุนเวียน	รวมทั้งสิ้น
สิ่งทอ	43	344	8	655	1,050	-	1,050
โลหะขั้นมูลฐาน	162	339	-	548	1,049	-	1,049



หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

รูปที่ 1.4 สัดส่วนการใช้พลังงานตามประเภทพลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ



หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

รูปที่ 1.5 สัดส่วนการใช้พลังงานตามประเภทพลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

ซึ่งจะเห็นได้ว่าหากพิจารณาในสาขาเศรษฐกิจนั้นพบว่า สาขาอุตสาหกรรมการผลิตเป็นสาขาที่มีปริมาณการใช้พลังงานมากอยู่ในอันดับต้นๆ และเป็นสาขาที่ผลักดันเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้นหากสามารถพยากรณ์ความต้องการพลังงานของสาขานี้ได้จะเป็นข้อมูลในการวางแผนด้านนโยบายของประเทศที่มีประโยชน์เป็นอย่างมาก

ในปัจจุบันการพยากรณ์มีการวิจัยกันหลากหลายซึ่งเทคนิคหนึ่งที่ได้รับการยอมรับคือ การพยากรณ์โดยโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีตัวแปรหลายตัวแปร (Multivariate

forecasting method) หรือเรียกว่า วิธีเหตุผล (Casual method) ซึ่งปัจจุบันมีการพยากรณ์ในหลายๆ ด้าน เช่น พยากรณ์อุณหภูมิที่วัดจากไฮดรอมิเตอร์ พยากรณ์น้ำท่ารายวัน พยากรณ์ดัชนีราคาจังก่อสร้าง พยากรณ์ปริมาณเลขหมายของชุมสายโทรศัพท์ การนำเข้าเหล็กโครงสร้างรูปพรรณของไทย พยากรณ์ความต้องการของรถจักรยานยนต์ภายในประเทศ และพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น เป็นต้น ผลการวิจัยพบว่าผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำและเมื่อเทียบกับการพยากรณ์แบบอื่นๆ ให้ค่าการพยากรณ์ที่ดีกว่า ดังนั้นในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานภายในประเทศของภาคอุตสาหกรรมจึงเลือกใช้การพยากรณ์โดยโครงข่ายประสาทเทียม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างรูปแบบการพยากรณ์ความต้องการพลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อต้องการหารูปแบบของการพยากรณ์ความต้องการพลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ โดยพิจารณาในส่วนของอุตสาหกรรมสิ่งทอซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตโดยใช้แรงงานเป็นหลัก (Labor Intensive) และอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานที่มีลักษณะเน้นการใช้ทุนและเทคโนโลยี (Capital Intensive)

โดยใช้ข้อมูลสำหรับการสร้างรูปแบบของการพยากรณ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ถึงปี พ.ศ. 2543 รวมระยะเวลา 20 ปี และข้อมูลสำหรับการทดสอบตั้งแต่ปี พ.ศ.2544 ถึงปี พ.ศ.2548 รวมระยะเวลา 5 ปี โดยใช้วิธีการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ปัจจัยทางเศรษฐกิจที่จะพิจารณาเป็นตัวแปรสำหรับการพยากรณ์ ได้แก่ ปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อความต้องการใช้พลังงานภายในประเทศของภาคอุตสาหกรรม ดังนี้ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Exchange rate) ราคาทองคำ (Gold Price) อัตราการว่างงาน (Rate of unemployment) จำนวนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม (Employment) ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing production Index) ดัชนีราคาผู้ผลิต (producer price index หรือ PPI) และอัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate)

1.4 ขั้นตอนในการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาและรวบรวมทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม
- 1.4.2 ศึกษาขั้นตอน และรายละเอียดประกอบงานวิจัย
- 1.4.3 เก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ ซึ่งประกอบไปด้วย
 - ข้อมูลด้านพลังงาน
 - ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์
- 1.4.4 ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ
- 1.4.5 นำข้อมูลที่ได้มาทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ ด้วยโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียม และ ARIMA
- 1.4.6 เปรียบเทียบความถูกต้องและแม่นยำของการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมด้วยโครงข่ายประสาทเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริง และผลการพยากรณ์ด้วย ARIMA
- 1.4.7 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและกำหนดรูปแบบมาตรฐานในการใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ
- 1.4.8 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนให้แก่หน่วยงานบริหารจัดการนโยบาย และแผนพลังงานของประเทศ ใช้ในการพัฒนานโยบาย แผน และมาตรการด้านพลังงานเพื่อให้ประเทศไทยมีพลังงานใช้อย่างพอเพียง มั่นคงทั่วถึงในระดับราคาที่เหมาะสม อีกทั้งเพื่อให้ประเทศไทยมีความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน และเพื่อป้องกันปัญหาการขาดแคลนพลังงานภายในประเทศ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดทฤษฎีการพยากรณ์

การพยากรณ์หมายถึง การประมาณหรือการคาดการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การพยากรณ์ทางธุรกิจ การพยากรณ์นับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับธุรกิจและอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งธุรกิจที่อยู่ภายใต้การแข่งขัน ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับปรุงการบริหารให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ โดยจำเป็นต้องวางแผนการดำเนินงานให้เหมาะสมและทันต่อสถานการณ์ทั้งภายในและภายนอกองค์กร ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมามีข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการบริหารงานในด้านต่างๆ

ตามปกติการพยากรณ์มักจะมีค่าผิดพลาดเกิดขึ้น ทั้งนี้ก็เพราะว่าการพยากรณ์เป็นการคาดการณ์เหตุการณ์ซึ่งในอนาคต เหตุการณ์เหล่านี้มักจะได้รับอิทธิพลจากตัวแปรต่างๆ เป็นจำนวนมาก ทั้งตัวแปรภายในและภายนอก หรือได้รับอิทธิพลจากตัวแปรที่ควบคุมได้และตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ แม้ในปัจจุบันนี้จะยังไม่มีวิธีการพยากรณ์ใด ที่สามารถให้ค่าพยากรณ์ถูกต้องแม่นยำที่สุด แต่เทคนิคการพยากรณ์ต่างๆ ก็ได้รับการปรับปรุงขึ้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความก้าวหน้าด้านการประมวลผลข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์ซึ่งได้รับการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จต่างๆ ขึ้นมาใช้งานทำให้การพยากรณ์กระทำได้แม่นยำ สะดวก และรวดเร็วยิ่งขึ้น (สมรักษ์ ,2546) ได้อธิบายว่าวิธีการพยากรณ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ การพยากรณ์ค่าในอนาคตโดยอาศัยข้อมูลในอดีต การหาความสัมพันธ์ขอค่าในอดีต การพยากรณ์สามารถแบ่งออกเป็นสามแนวทางหลักคือ การพยากรณ์โดยใช้ตัวแปรหนึ่ง (Univariate forecasting) การพยากรณ์ที่มีตัวแปรหลายตัวแปร (Multivariate forecasting method) หรือเรียกว่า วิธีเหตุผล (Casual method) และการพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative forecasting) วิธีการพยากรณ์ที่ใช้ตัวแปรหนึ่งตัวเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด การพยากรณ์จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงในรูปขนาดและทิศทางของอนุกรมที่เราให้ความสนใจ

วิธีการพยากรณ์มีหลายประเภท สามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

1. วิธีการพยากรณ์ของหนึ่งตัวแปร (Univariate forecasting method) หรือที่เรียกว่า วิธีของอนุกรมเวลา (Time series method) ประกอบด้วย

- Smoothing method

- Exponential smoothing method
- Decomposition method
- Fourier series analysis
- ARIMA (Box-Jenkin)
- Liner trend
- Nonlinear growth model

วัตถุประสงค์ของวิธีเหล่านี้ คือ ต้องการที่จะสร้างแบบจำลองที่ใช้ค่าในอดีต เพื่อทำการพยากรณ์ค่าในอนาคต เป็นการพยากรณ์ที่เน้นผลในระยะสั้น และระยะปานกลางเป็นสำคัญ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ต้นทุนต่ำสุด ความคิดที่อยู่เบื้องหลังการพยากรณ์ที่ใช้ตัวแปรหนึ่งตัวคือ ค่าในอนาคตของอนุกรมขึ้นอยู่กับค่าในอดีต สามารถเขียนในรูปสมการได้ว่า

$$\text{Future} = f(\text{Past Value})$$

2. วิธีการพยากรณ์ที่มีตัวแปรหลายตัวแปร (Multivariate forecasting method) หรือวิธีที่เรียกว่า วิธีเหตุผล (Casual method) เป็นการพยากรณ์ค่าในอนาคต โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างอนุกรมหนึ่งกับอนุกรมอื่นๆ เช่น การพยากรณ์ยอดขายเฟอร์นิเจอร์ อาจขึ้นอยู่กับตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจ เช่น รายได้ส่วนบุคคล จำนวนคู่สมรส วิธีการพยากรณ์ที่สำคัญ ได้แก่

- Simple regression
- Multiple regression
- Econometric
- Multi equation econometric
- Multivariation time series

การพยากรณ์ที่ใช้หลายตัวแปร จะมีต้นทุนสูงกว่าการพยากรณ์ที่ใช้หนึ่งตัวแปร ต้นทุนที่สูงขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการรวบรวมข้อมูล และต้นทุนเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ หลักการที่อยู่เบื้องหลังการพยากรณ์วิธีนี้คือ

$$\text{ตัวแปรตาม} = f(\text{ตัวแปรอิสระ})$$

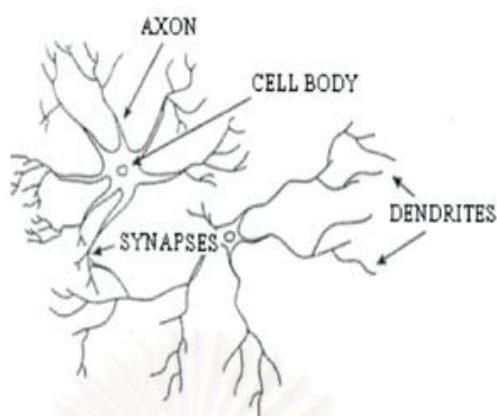
3. วิธีการพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative forecasting method) เป็นการพยากรณ์ที่อาศัยการพิจารณา (judgment) และการแสดงความคิดเห็น (opinion) ของบุคคลอื่น เกี่ยวกับแนวโน้ม (trend) รสนิยม (tastes) และการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยี (technology change) วิธีที่ใช้สำหรับการพยากรณ์โดยวิธีนี้ ได้แก่

- Delphi
- Market research
- Panel consensus
- Historical analogy method of predicting the future

พยากรณ์โดยวิธีนี้ จะมีต้นทุนสูงสุด ทำให้การพยากรณ์โดยวิธีนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก การพยากรณ์เชิงคุณภาพจะมีประโยชน์สำหรับในกรณีที่มีข้อมูลน้อย นักธุรกิจมักจะใช้วิธีนี้เพื่อการพยากรณ์อุปสงค์ต่อสินค้าใหม่ๆ เทคโนโลยีใหม่ๆ ส่วนแบ่งการตลาดใหม่ๆ กลยุทธ์การแข่งขันใหม่ๆ สำหรับภาครัฐบาลจะใช้การพยากรณ์วิธีนี้เพื่อพยากรณ์ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของนโยบายสาธารณะ ความต้องการใช้บริการสาธารณะ โดยทั่วไปพบว่าวิธีนี้มีการใช้น้อยกว่าสองวิธีแรก เพราะการพยากรณ์โดยวิธีนี้มีต้นทุนสูงกว่าสองวิธีแรกแต่มีความแม่นยำน้อยกว่าวิธีแรก

2.2 การพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

แนวคิดของโครงข่ายประสาทเทียมเป็นการจำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองของมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) และการอุปमानความรู้ (Knowledge deduction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ ซึ่งแนวคิดของเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมนี้ได้มาจากการศึกษาข่ายงานไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric network) ในสมองซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท หรือ นิวรอน (Neurons) และจุดประสานประสาท (Synapses) โดยที่แต่ละเซลล์ประสาทจะประกอบด้วย เดนไดรท์ (Dendrite) ซึ่งเป็นปลายในการรับกระแสประสาท หรือข้อมูลนำเข้า (Input) ของเซลล์อื่น และปลายในการส่งกระแสประสาท เรียกว่า แอ็คซอน (Axon) หรือข้อมูลขาออก (Output) ของเซลล์ เซลล์ประสาทเหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรท์ เข้าสู่ตัวเซลล์ (Cell body) ไปยังนิวเคลียส (Nucleus) เพื่อผ่านกระบวนการประมวลผลภายใน และส่งสัญญาณข้อมูลขาออกจากแอ็คซอนไปยังเซลล์อื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 2.1 เซลล์ประสาทของสิ่งมีชีวิต

โดยทั่วไปสมองของมนุษย์จะมีเซลล์ประมาณ 10^{10} ถึง 10^{12} เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะสามารถเก็บหน่วยความจำได้อย่างมากมาย และโดยเฉลี่ยสมองของมนุษย์มีน้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม ภายในประกอบไปด้วยเซลล์เล็ก ๆ ที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 1.5×10^{-9} กรัม ส่วนวิธีในการประมวลผลภายในเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์จะมีจุดเชื่อมโยงระหว่างการทำงานเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะการกระตุ้น (Excitatory) เป็นการทำให้สัญญาณที่ส่งผ่านเข้ามา มีความถี่สูง และลักษณะยับยั้ง (Inhibitory) เป็นการทำให้สัญญาณที่ส่งผ่านเข้ามา มีความถี่ลดลง ซึ่งในส่วนของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมจะมีการประมวลผลในหน่วยประมวลผลขึ้นอยู่กับค่าคงที่ถ่วงน้ำหนัก โดยสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียมได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทและเซลล์ประสาทเทียม

เซลล์ประสาท	เซลล์ประสาทเทียม
ตัวเซลล์ (Cell body)	ยูนิต (Unit)
เดนไดรต์ (Dendrite)	ตัวแปรข้อมูลขาเข้า (Input)
จุดประสานประสาท (Synapse)	ค่าคงที่ถ่วงน้ำหนัก (Weight)
แอกซอน (Axon)	ตัวแปรข้อมูลขาออก (Output)
ความเร็วในการทำงานช้า	ความเร็วในการทำงานสูง
มีเซลล์จำนวนมาก (ประมาณ 10^9 ยูนิต)	มีเซลล์จำนวนน้อยกว่า (เป็นหลักร้อย)

ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียมเริ่มโดยนักฟิสิกส์ วิศวกร และนักชีววิทยา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 โดยเริ่มประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจำแนกแยกแยะตัวอักษร ต่อมาในปี ค.ศ. 1950

Frank Rosenblatt จากมหาวิทยาลัยคอร์เนล ได้พัฒนา Perceptron นั่นคือระบบประสาทเทียมเลียนแบบการทำงานของระบบประสาทมนุษย์ ซึ่งสามารถแยกแยะตัวอักษร ทำให้เกิดการพัฒนางานวิจัยด้านโครงข่ายประสาทเทียมเติบโตขึ้น

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นการจำลองการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางที่มีโครงสร้างเป็นลักษณะของโครงข่ายเชื่อมโยงกันระหว่างหน่วย ซึ่งสามารถที่จะรับรู้ข้อมูลและปรับตัวเข้ากับสถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมที่เป็นอยู่ได้ เนื่องจากความสามารถในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของชุดข้อมูลขาเข้าและข้อมูลขาออก ซึ่งทำให้สามารถแก้ปัญหาที่ยากและซับซ้อนได้ ปัจจุบันการใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเป็นที่ยอมรับในความสามารถและมีการนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการจำลองพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา นอกจากนี้ยังใช้ได้กับพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทางกายภาพของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม

1) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการระบุฟังก์ชันความสัมพันธ์

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมประเภทนี้ที่นิยมใช้ คือ Multi-layer perceptron โดยมีการเรียนรู้แบบ Back-propagation (BP) ซึ่งมีโครงสร้างการทำงานมากกว่า 1 ชั้น แบบจำลองจะประกอบไปด้วยโครงสร้าง 3 ชั้น คือ ชั้นข้อมูลขาเข้า ชั้นแอบแฝง และชั้นข้อมูลขาออก ซึ่งข้อมูลขาเข้าจะป้อนเข้าไปในแต่ละหน่วยของชั้นแรก จากนั้นจะทำการคูณด้วยค่าคงที่ถ่วงน้ำหนักซึ่งค่าเริ่มต้นจะถูกกำหนดโดยการสุ่ม แล้วนำผลคูณที่ได้มารวมกันเพื่อแปลงเป็นข้อมูลขาออกโดยผ่านฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) จากนั้นจะได้ค่าข้อมูลขาออกจากชั้นสุดท้าย และนำค่าที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงหรือค่าเป้าหมายแล้วกลับไปปรับแก้ค่าคงที่ถ่วงน้ำหนัก เพื่อลดค่าความแตกต่างในแต่ละรอบของการคำนวณ การปรับค่าถ่วงน้ำหนักจะดำเนินการจนกว่าค่าความแตกต่างมีค่าน้อยและสามารถยอมรับได้ จึงจะสิ้นสุดการคำนวณ

2) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจัดรูปแบบข้อมูล

เริ่มจากแนวคิดพื้นฐานที่ว่าโครงข่ายประสาทเทียมสามารถจดจำข้อมูลในแต่ละรูปแบบความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้อง ตามลักษณะของข้อมูลจริงได้ ดังนั้นเมื่อมีการป้อนเข้าข้อมูลขาเข้ารูปแบบหนึ่งให้โครงข่ายประสาทเทียม จะได้ผลเป็นรูปแบบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบที่ป้อนเข้า

ลักษณะความเกี่ยวข้องของรูปแบบข้อมูลจัดเป็น 2 ลักษณะ คือ

- Autoassociation เมื่อรูปแบบข้อมูลเกี่ยวข้องกันหรือมีรูปแบบเดียวกัน
- Heteroassociation เมื่อรูปแบบที่เกี่ยวข้องกันไม่ใช่รูปแบบเดียวกัน

3) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการหาค่าที่เหมาะสม

โครงข่ายประสาทเทียมประเภทนี้มักจะอาศัยเทคนิคทางคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีความน่าจะเป็นหรือสถิติเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา เช่น โครงข่าย Boltzman machine เป็นต้น ตัวอย่างปัญหาที่นำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในการหาค่าที่เหมาะสม เช่น การแก้ปัญหา Traveling salesman ซึ่งเป็นการหาเส้นทางหรือระยะทางสั้นที่สุดในการเดินทางของพนักงานขายเพื่อไปยังจุดต่าง ๆ แล้วกลับมาสิ้นสุดที่จุดเริ่มต้น

4) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมประเภทจัดตัวเอง

การจัดตัวเอง หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้และจัดข้อมูล โดยไม่ได้มีเป้าหมายเป็นตัวชี้แนะ แบบจำลองประเภทนี้เหมาะสำหรับการประมาณลักษณะเชิงเรขาคณิตของรูปทรงต่าง ๆ ซึ่งยากแก่การกำหนดค่าจำกัดความในทางคณิตศาสตร์ หรือการพยายามจัดกลุ่มรูปแบบโดยไม่มีแนวทางมาให้ เช่น การจัดแบบคนออกเป็นชายกับหญิง หรือการจัดแบบเด็กหรือผู้ใหญ่ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นความสามารถที่มีโดยธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต แนวคิดของการจัดตัวเองโดยใช้หลักการเรียนรู้เชิงแข่งขัน โดยมีกลไกที่เรียกว่า ผู้ชนะได้ไปทั้งหมด (Winner takes all)

2.2.2 โครงสร้างแบบจำลองใยประสาทเทียม

ในการที่จะบอกคุณลักษณะของแบบจำลอง ANN มีความจำเป็นที่จะต้องรู้จำนวนเซลล์หรือ หน่วยที่เชื่อมโยงซึ่งกันและกันในแต่ละชั้นของโครงข่าย จึงทำให้มีโครงสร้างของโครงข่ายได้มากมาย ทุก ๆ โครงข่ายจะประกอบไปด้วยหน่วยของนิวรอน หรือเซลล์ซึ่งโดยปกติจะมี 3 ประเภทคือ หน่วยในชั้นอินพุต หน่วยในชั้นเอาต์พุต และหน่วยในชั้นแอบแฝง หน่วยต่าง ๆ ในชั้นอินพุตจะถูกเชื่อมโยงกับตัวกระตุ้นภายนอก สัญญาณอินพุตอาจแสดงได้โดย เวกเตอร์ x ขนาด n ซึ่งจะต้องระบุวิธีการที่สัญญาณจะถูกรวมเข้ามาที่หน่วยในชั้นอินพุต ตัวอย่างเช่น การรวมสัญญาณอินพุตโดยวิธีเชิงเส้น นอกจากนี้จะต้องระบุฟังก์ชันของการแปลงค่าสัญญาณรวมของหน่วยในชั้นอินพุต ซึ่งเรียกว่า ฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation function) ฟังก์ชันดังกล่าวมีรูปแบบหลากหลายอาจจะเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันแบบขั้นบันได ฟังก์ชัน Exponential หรือ ฟังก์ชันที่มีลักษณะเป็น Monotonic nondecreasing function เช่น ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoidal function)

ลูกศรเชื่อมโยงระหว่างหน่วย มีความสำคัญต่อระบบโครงข่าย สัญญาณอินพุตที่โยงมายังหน่วยในชั้นอินพุตจะมีค่าถ่วงน้ำหนัก w ซึ่งเป็นตัววัดอิทธิพลของสัญญาณอินพุตที่มีต่อเอาต์พุต ค่าถ่วงน้ำหนักดังกล่าวอาจจะมีค่าเป็น $+$ (Excitatory influence) หรือ $-$ (Inhibitory influence) หรือ 0 (No connection) ก็ได้ และจะระบุให้เป็น Weight matrices, W ซึ่งสามารถจะปรับค่าได้ในกระบวนการเรียนรู้ ดังนั้น Weight matrices จะเป็นตัวแสดงการเชื่อมโยงของหน่วยทุกหน่วยในโครงข่าย รวมถึงการเคลื่อนตัวของสัญญาณด้วย ตัวอย่างเช่น สมาชิกของ Weight matrices ที่ระบุโดย w หมายถึง น้ำหนักที่เชื่อมโยงระหว่างหน่วยในชั้นเอาต์พุต j กับหน่วยในชั้นอินพุต i (นักวิจัยบางท่านใช้ความหมายในทางตรงกันข้าม) การแทนสัญลักษณ์ของค่าถ่วงน้ำหนักดังกล่าวทำให้สัญญาณสามารถเคลื่อนตัวไปในทิศทางต่าง ๆ ในโครงข่ายได้

กระบวนการเรียนรู้เป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของระบบซึ่งจะต้องเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์และสิ่งแวดล้อมของระบบที่ได้รับการกระตุ้นจากภายนอก วิธีการเรียนรู้แบบซ้ำ ๆ กันถูกพัฒนาขึ้นมาหลายแบบตามโครงสร้างของ ANN บางวิธีการต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นวิธีการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพที่สุดจึงเป็นที่ต้องการของโครงข่าย ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาจึงมีนักวิจัยหลายท่านหันมาให้ความสนใจในเรื่องนี้เป็นพิเศษ เช่น Jacobs (1988), Werbos (1988), Hinton (1989) เป็นต้น

2.2.3 คุณลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียม

ก่อนที่จะค้นหาความสามารถของ ANN เรามีความจำเป็นที่จะต้องรู้ถึงคุณลักษณะทั่วไปและข้อจำกัดบางประการ ตัวอย่างเช่น ความสามารถในการ Mapping สิ่งใดที่ ANN สามารถและไม่สามารถที่จะเรียนรู้ เป็นต้น

ANN อาจพิจารณาเหมือนกล่องดำ (Black box) ซึ่งเป็นตัวแปลงค่าอินพุตเวกเตอร์ x ขนาด n เป็นค่าเอาต์พุตเวกเตอร์ y ขนาด m , $F : x \rightarrow y$ การ Mapping ฟังก์ชัน F อาจจะเป็นในลักษณะของการ Mapping เป็นเอาต์พุตรูปแบบเดิมจากอินพุตที่มีสัญญาณ Noise ครอบคลุม (Autoassociative mapping) หรือเป็นการ Mapping จากรูปแบบอินพุตเดิมเป็นรูปแบบเอาต์พุตต่าง ๆ กัน (Heteroassociative mapping) ผลการ Mapping จะมีประสิทธิภาพหรือไม่ ยืนยันอยู่กับโครงสร้างของโครงข่ายด้วย กระบวนการสำคัญอันหนึ่งในการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม คือ กระบวนการเรียนรู้จากตัวอย่างส่วนหนึ่งของข้อมูลทั้งหมดซึ่งบางครั้งเราเรียกกระบวนการนี้ว่า Generalization ดังนั้นถ้าปราศจากกระบวนการนี้โครงข่ายจะไม่สามารถเรียนรู้หรือจดจำข้อมูลที่มีอยู่อย่างไม่จำกัดได้ ความสามารถในการจำแนกชนิดของวัตถุต่างๆ ที่ยังไม่มี

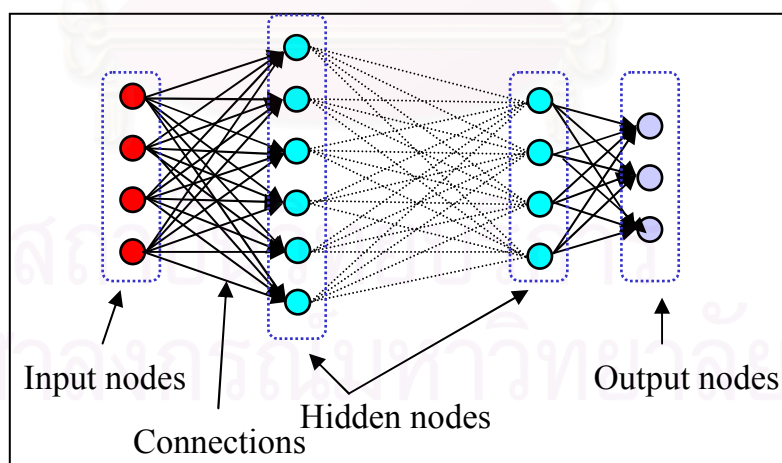
การเรียน (Interpolation) หรือความสามารถในการทำนายจากพฤติกรรมในอดีต (Extrapolation) เป็นรูปแบบการ Mapping ให้ขั้นตอนของ Generalization

ข้อสำคัญประการหนึ่งในกระบวนการเรียนรู้ คือ การเรียนรู้เกินความจำเป็น (Overtraining) ซึ่งทำให้โครงข่ายมีคุณสมบัติพิเศษที่เรียนรู้ข้อมูลในช่วงกระบวนการเรียนรู้ดีเกินไป จนทำให้ไม่สามารถที่จะจำแนกรูปแบบของข้อมูลเป้าหมายในช่วงของการทดสอบข้อมูลได้ เช่น เดียวกับการ fit curve ของฟังก์ชัน ประเภทโพลิโนเมียล (Polynomial function) ที่เกิดจากการเลือกจำนวนข้อมูล และจำนวนดีกรีของโพลิโนเมียลไม่ดีพอ

คุณสมบัติหรือคุณลักษณะอีกประเภทหนึ่งของ ANN คือ Robust performance กล่าวคือ โครงข่ายจะยังคงมีความสามารถในการทำงานต่อไป แม้ว่าจะมีหน่วยบางหน่วยที่ใช้งานไม่ได้ในโครงข่าย หรือ มีข้อมูลอินพุตที่ถูกรบกวนโดย Noise เปรียบเสมือนกับสมองมนุษย์ที่เซลล์สมองบางเซลล์อาจเสียหรือถูกตัดออก โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการทำงานโดยรวม การทำงานของโครงข่าย ANN มีคุณลักษณะเป็นการประมวลผลแบบคู่ขนาน (Parallel processing) ซึ่งทำให้สามารถประมวลผลได้รวดเร็วกว่าการประมวลผลโดยทั่วไป (Conventional processing)

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยส่วนประกอบทั้งหมด 3 ส่วน ดังนี้

- 1) หน่วยประมวลผล (Processing unit)
- 2) โครงสร้างของโครงข่าย (Structure of network)
- 3) กระบวนการเรียนรู้ของโครงข่าย (Learning rule)



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างวงจรวจร Neural Network

2.2.4 หน่วยประมวลผล

โครงข่ายประสาทเทียมจะประกอบด้วยนิวรอน หรือ หน่วยประมวลผลจำนวนมาก ซึ่งข้อมูลขาเข้าจะกระตุ้นให้เกิดข้อมูลขาออก โดยจะแตกต่างกันขึ้นกับค่าคงที่ถ่วงน้ำหนักของการเชื่อมต่อภายในของโครงข่าย หลักการทำงานเบื้องต้นของโครงข่ายดังแสดงในสมการที่ 2.1 และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 2.2

$$y_i(t+1) = a\left(\sum_{j=1}^m w_{ij}x_j(t) - \theta_i\right) \quad (2.1)$$

เมื่อ

$y_i(t+1)$ คือ ค่าของข้อมูลขาออก ณ เวลา $t+1$

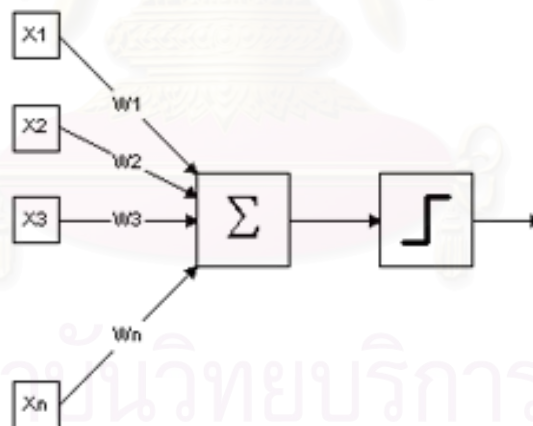
$x_i(t)$ คือ ค่าของข้อมูลขาเข้า ณ เวลา t

w_{ij} คือ ค่าคงที่ถ่วงน้ำหนัก

θ_i คือ ค่าคงที่ไบแอส

$a(f)$ คือ ฟังก์ชันการกระตุ้น

m คือ จำนวนตัวแปรข้อมูลขาเข้าทั้งหมด



รูปที่ 2.3 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมจะมีฟังก์ชันที่เป็นส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ ฟังก์ชันส่วนขาเข้าและฟังก์ชันส่วนขาออก ซึ่งฟังก์ชันส่วนขาเข้าจะเป็นการกำหนดวิธีการรวมค่าของข้อมูลขาเข้าซึ่งได้มาจากนิวรอนตัวอื่นให้เป็นค่าข้อมูลขาเข้าสุทธิ (Net input) โดยส่งผ่านมาทางค่าคงที่ถ่วงน้ำหนักของแต่ละการเชื่อมโยง ฟังก์ชันส่วนขาเข้าที่นิยมใช้มีดังนี้

- ฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear function)

$$f_i = \text{Net input} = \sum_{j=1}^m w_{ij} x_j - \theta_i \quad (2.2)$$

- ฟังก์ชันกำลังสอง (Quadratic function)

$$f_i = \text{Net input} = \sum_{j=1}^m w_{ij} (x_j)^2 - \theta_i \quad (2.3)$$

ฟังก์ชันส่วนขาออก หรือฟังก์ชันถ่ายโอน(Transfer function) เป็นการกำหนดวิธีการหาค่าข้อมูลขาออกจากค่าข้อมูลขาเข้าสุทธิ ฟังก์ชันส่วนขาออกที่นิยมใช้มีดังนี้

- ฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear function)

$$a(f_i) = \begin{cases} 1 & ; f_i > 1 \\ f_i & ; 0 \leq f_i \leq 1 \\ 0 & ; f_i < 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

- ฟังก์ชันขั้นบันได (Step function)

$$a(f_i) = \begin{cases} 1 & ; f_i \geq 0 \\ 0 & ; f_i < 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

- ฟังก์ชันลอการิทึม (Logarithm)

$$a(f_i) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}} \quad (2.6)$$

- ฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก-แทนเจนต์ (Hyperbolic function)

$$a(f_i) = \frac{1 - e^{-\lambda x}}{1 + e^{-\lambda x}} \quad (2.7)$$

2.2.5 โครงสร้างของเครือข่าย

ในการที่จะบอกคุณลักษณะของเครือข่ายประสาทเทียมเราจำเป็นที่จะต้องรู้จำนวนนิวรอนหรือ หน่วยประมวลผล และลักษณะการเชื่อมโยงกันในแต่ละชั้นของเครือข่าย ดังนั้น

โครงสร้างของเครือข่ายจึงสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้อย่างหลากหลาย ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

2.2.6 กระบวนการเรียนรู้สำหรับ ANN

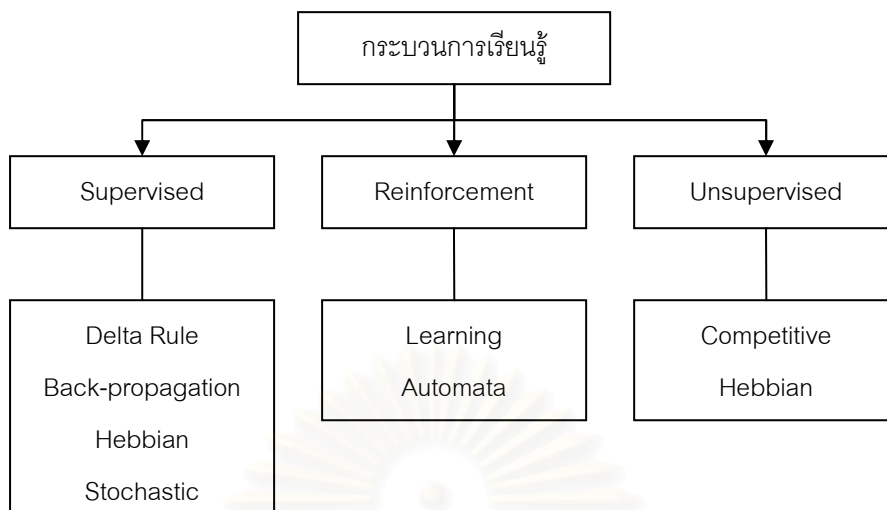
กระบวนการเรียนรู้สำหรับ ANN สามารถแบ่งได้บนพื้นฐานของการเรียนรู้เป็น 3 ประเภท กล่าวคือ

1. การเรียนรู้แบบมีครูสอน (Supervised learning)
2. การเรียนรู้แบบเสริม (Reinforcement)
3. การเรียนรู้แบบไม่มีครูสอน (Unsupervised learning)

ในประเภทแรกเป็นการเรียนรู้โดยสมมติว่ามีครูคอยกำกับดูแลการทำงานของโครงข่าย ระหว่างการเรียนรู้มีการเปรียบเทียบผลการคำนวณของโครงข่ายกับเป้าหมาย ความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะนำไปสู่การปรับปรุงพารามิเตอร์บางตัวในโครงข่ายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโครงข่าย รูปแบบอินพุตอาจอยู่ในรูปของเวกเตอร์ x^p ; $p = 1, 2, \dots$ ซึ่งถูกส่งผ่านไปยังโครงข่ายและนำมาซึ่งรูปแบบเอาต์พุต y^p จากนั้นเอาต์พุตแต่ละรูปแบบจะถูกนำไปปรับค่าถ่วงน้ำหนักของอินพุตแต่ละตัว ทำให้ผลการคำนวณเข้าใกล้เป้าหมายมากขึ้น

สำหรับการเรียนรู้แบบเสริม (Reinforcement) แม้ว่าจะมีครูคอยกำกับในการทำงานก็ตาม แต่คำตอบที่ถูกต้องหรือเป้าหมายไม่ได้ถูกนำมาแสดงในโครงข่าย ดังนั้นผลการคำนวณจากโครงข่ายจึงแสดงออกมาในรูปแบบของถูกหรือผิด โครงข่ายจึงต้องใช้ประโยชน์จากข้อมูลต่างๆ เพื่อนำไปปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น ถ้าผลการคำนวณถูกต้องโครงข่ายจะได้รับรางวัล (Reward) ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าถ่วงน้ำหนักอินพุตบางหน่วย ในทางตรงกันข้ามถ้าผลการคำนวณจากโครงข่ายออกมาผิด ก็จะได้รับบทลงโทษ (Penalty) โดยการลดค่าถ่วงน้ำหนักลง

ในการเรียนรู้แบบไม่มีครูสอน โครงข่ายจะไม่สามารถรับรู้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากข้อมูลเป้าหมาย ดังนั้นโครงข่ายจะต้องเรียนรู้ให้สามารถค้นพบโครงสร้างที่เหมาะสมของรูปแบบข้อมูลอินพุตโดยการปรับตัวเข้าสู่การกระจายตัวเชิงสถิติของข้อมูลอินพุต การเรียนรู้แบบนี้จะใช้วิธีการสร้างความเข้มแข็งให้กับค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมโยงกับหน่วยอินพุตที่สนองตอบได้ดีกับเอาต์พุต ในขณะที่เดียวกันก็จะลดความสำคัญของหน่วยอินพุตที่อ่อนแอ



รูปที่ 2.4 กระบวนการเรียนรู้

กระบวนการเรียนรู้เปรียบเสมือน กระบวนการปรับเทียบ (Calibration) ในแบบการจำลอง คณิตศาสตร์ต่างๆไป อย่างไรก็ตาม ANN จะแบ่งข้อมูลที่มีอยู่เป็น 3 ส่วน ข้อมูลส่วนแรกจะใช้ในการสอนหรือการเรียนรู้โครงข่าย (Network training) ข้อมูลส่วนที่สองจะเป็นข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ข้าม (Cross training) และข้อมูลในส่วนที่สามจะใช้ในการทดสอบโครงข่าย (Network testing) วัตถุประสงค์ในการเรียนรู้จากข้อมูลส่วนแรก เพื่อที่จะหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมโยงระหว่างหน่วยในชั้นต่างๆ ของโครงข่าย ที่ซึ่งจะทำให้ผลการคำนวณจากโครงข่ายมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลเป้าหมาย ดังนั้นการเรียนรู้ในช่วงนี้จึงมีความต้องการข้อมูลที่มากพอ หรือรูปแบบของข้อมูลควรมีอย่างพอเพียงด้วย อย่างไรก็ตาม กระบวนการในขั้นตอนนี้อาจทำให้เกิดการเรียนรู้มากเกินไป (Overtraining) หรือ Overfitting ซึ่งเป็นอันตรายหรือเป็นข้อเสียของโครงข่าย ทั้งนี้เนื่องจากว่า แทนที่โครงข่ายจะพยายามเรียนรู้แนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูล Input-Output กลับไปเรียนรู้หรือจดจำลักษณะของข้อมูลบางตัวซึ่งอาจรวมไปถึงข้อมูลที่มีเสียงรบกวน (Noisy data) ด้วย ดังนั้นโครงข่ายจะให้ผลการคำนวณที่ดีสำหรับข้อมูลในส่วนแรก แต่จะให้ผลการคำนวณที่ไม่ดีสำหรับข้อมูลส่วนที่เหลือ วิธีการหนึ่งที่จะใช้ในการหยุดยั้งการเรียนรู้มากเกินไปคือการทำให้เกิดการเรียนรู้ข้ามโดยใช้ข้อมูลส่วนที่สองซึ่งจะทำให้โครงข่ายเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับข้อมูลที่เหลือซึ่งเป็นข้อมูลในส่วนที่ 3 จะใช้ในการทดสอบโครงข่ายต่อไป

2.3 การพยากรณ์โดยใช้อนุกรมเวลา

อนุกรมเวลา คือ กลุ่มของข้อมูลที่เกิดขึ้นซ้ำตามลำดับเวลาที่ได้เกิดขึ้นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยปกติระยะห่างของการเก็บมักจะเท่ากัน ข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งตามเวลา โดยที่หน่วยของเวลาอาจเป็นปี เดือน สัปดาห์ วัน หรือชั่วโมง เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยในแต่ละปี ราคาหุ้นของบริษัทแห่งหนึ่งในแต่ละวัน เป็นต้น ประโยชน์ของอนุกรมเวลา คือ ความสามารถในการพยากรณ์ข้อมูลในอนาคต ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมไว้ความสามารถนี้เป็นพื้นฐานการวางแผนการดำเนินงานในอนาคตต่ออย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาลักษณะ คุณสมบัติ หรือการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลานั้น จะต้องทำการวิเคราะห์ว่าอนุกรมเวลาชุดหนึ่งนั้นมีส่วนประกอบชนิดใดปนอยู่บ้าง และส่วนประกอบเหล่านั้นรวมกันอยู่ในลักษณะอย่างไร

การศึกษาการพยากรณ์จากอนุกรมเวลาเราจะต้องเข้าใจรูปแบบต่างๆ ของอนุกรมเวลา (A time series) คือ เซตของค่าสังเกตที่เรียงกันตามลำดับเวลา ซึ่งอาจเป็นข้อมูลรายปี รายเดือน รายสัปดาห์ หรือรายวันก็ได้ เมื่อนำข้อมูลไปพล็อตกราฟรูปแบบของอนุกรมอาจอยู่ในรูปแบบของการสุ่ม (Random pattern) รูปแบบของแนวโน้ม (Trend pattern) รูปแบบของฤดูกาล (Seasonal pattern) และรูปแบบของวัฏจักร (Cyclical pattern) ลักษณะต่างๆ ของอนุกรม

1. รูปแบบของการสุ่ม (Random pattern) คือ อนุกรมที่มีลักษณะไม่เป็นระบบและไม่มี การเกิดซ้ำ (nonsystematic and nonrepeating pattern) หรืออนุกรมแกว่งไปรอบๆ ค่าเฉลี่ย อนุกรมมีลักษณะแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (purely random series) อนุกรมจะมีค่าเฉลี่ยคงที่ (a constant mean) และมีรูปแบบของการกระจายอย่างไร้ระบบ (nosystematic pattern)

2. รูปแบบของแนวโน้ม (Trend pattern) คือ อนุกรมที่มีลักษณะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่องหลายช่วงเวลา (ประมาณ 7 ช่วงเวลา) รูปแบบของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้ม สาเหตุที่ทำให้อนุกรมมีลักษณะเป็นแนวโน้ม ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของประชากรในระยะยาว การขยาย การผลิต การค้นพบทรัพยากรธรรมชาติใหม่ๆ การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ การเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขทางเศรษฐกิจ และอื่นๆ ลักษณะของแนวโน้มอาจอยู่ในรูปเส้นตรง (linear) หรือไม่เป็นเส้นตรง (nonlinear) ก็ได้เมื่ออนุกรมมีลักษณะเป็นแนวโน้ม และเชื่อว่ามันจะเป็นแนวโน้มต่อไปในอนาคต ดังนั้นการพยากรณ์ควรใช้แบบจำลองของแนวโน้ม (Trend model)

3. แบบจำลองของฤดูกาล (Seasonal pattern) คือ อนุกรมที่มีเหตุการณ์เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่แน่นอนและเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ กัน ในช่วงเวลาที่เหมือนกันอนุกรมที่มีลักษณะเป็นฤดูกาล ซึ่งปัจจัยที่มีผลเชิงฤดูกาล ได้แก่ สภาพดินฟ้าอากาศพฤติกรรมของมนุษย์ ประเพณี และวัฒนธรรม วันหยุด การส่งเสริมแบบซ้ำๆ การประกาศสินค้าตัวใหม่ๆ เป็นต้น ความเป็น

ฤดูกาล (seasonality) สามารถเกิดได้หลายรูปแบบ เช่น เป็นรายสัปดาห์ (การลาหยุดในวันศุกร์) รายชั่วโมงของแต่ละวัน (การใช้โทรศัพท์ในแต่ละชั่วโมงในแต่ละวัน) รายไตรมาส รายเดือน เป็นต้น

4. รูปแบบของวัฏจักร (Cyclical pattern) คือ อนุกรมที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ที่มีสาเหตุจากการขยายตัว (expansion) และการหดตัว (recession) ทางธุรกิจและทางเศรษฐกิจ แต่ละวัฏจักรจะประกอบด้วย การเจริญรุ่งเรือง (prosperity) การชะลอตัว (recession) การตกต่ำ (depression) และการฟื้นตัว (recovery)

5. รูปแบบของออโตคอรีเลชัน (Autocorrelation pattern) คำว่า ออโตคอรีเลชัน (autocorrelation) หมายถึง ค่าของเลขอนุกรมในช่วงเวลาหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับค่าของอนุกรมในช่วงเดียวกัน ในช่วงเวลาก่อน หรือค่าสังเกตในอนุกรมเดียวกันมีความสัมพันธ์โดยอัตโนมัติ

6. ค่าผิดปกติ (Outliers) คือ ค่าสังเกตในอนุกรมที่ไม่มีรูปแบบเฉพาะ (the nontypical value) นั่นคือ ค่าสังเกตมีค่าใหญ่มากหรือเล็กมากผิดปกติ โดยไม่มีสัญญาณบ่งบอกว่าการเกิดปรากฏการณ์เช่นนั้นจะเกิดขึ้นซ้ำอีก อนุกรมที่มีความผิดปกติค่าสังเกตที่ผิดปกติ (outliers) อาจเกิดจากการเบี่ยงเบนที่มีเหตุมาจากเหตุการณ์ที่ไม่ปกติ เช่น การสไตรค์ แผ่นดินไหว อุทกภัย สงคราม ราคาน้ำมันสูงอย่างผิดปกติ ในการวิเคราะห์ อนุกรมเวลาเมื่อมีตัวผิดปกติ (outliers) เราต้องตัดมันออกไป มิฉะนั้นจะมีปัญหาในเรื่องการกำหนดแบบจำลอง

2.3.1 การพยากรณ์โดยใช้ ARIMA (Box-Jenkin)

วิธี ARIMA (บ็อกซ์-เจนกินส์) เป็นวิธีการพยากรณ์จากอนุกรมเวลาวิธีหนึ่ง ซึ่งพัฒนาโดยนักสถิติผู้มีชื่อเสียง 2 ท่านคือ George E.P. Box และ Gwilym M. Jenkins วิธีนี้จะให้ค่าพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูงกว่าวิธีอื่นในการพยากรณ์ระยะสั้น โดยข้อมูลที่เกิดขึ้นนั้นมีลักษณะที่เป็นไปตามกฎ ความน่าจะเป็นที่เหมาะสม

การพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยทั่วไป มีข้อสมมติฐานข้อหนึ่ง คือ อนุกรมเวลา ($\dots Y_{t-2}, Y_{t-1}, Y_t, Y_{t+1}, \dots$) ไม่มีสหสัมพันธ์ ดังเช่นวิธีการปรับให้เรียบ แต่มีหลายกรณีที่อนุกรมเวลา ($\dots Y_{t-2}, Y_{t-1}, Y_t, Y_{t+1}, \dots$) มีสหสัมพันธ์ ถ้าเป็นเช่นนี้การใช้วิธีการปรับให้เรียบ หรือวิธีอื่น ที่มีข้อสมมติว่าตัวแปรอนุกรมเวลาไม่มีสหสัมพันธ์ อาจจะไม่เหมาะสมทั้งนี้เพราะวิธีการเหล่านี้ไม่ได้นำเอาสหสัมพันธ์ที่ปรากฏไปใช้ประโยชน์ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ฉะนั้นได้มีผู้คิดค้นหาวิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์ สำหรับอนุกรมเวลาที่ได้นำเอาสหสัมพันธ์ที่ปรากฏไปวิเคราะห์ใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปวิธีเหล่านี้จะให้ผลพยากรณ์ที่ดีกว่า ซึ่งวิธีที่เป็นที่รู้จักและนำมาใช้กันมาก คือ การพยากรณ์แบบ ARIMA (Box-Jenkin) อรสา ศรีฐป (2540) ได้อธิบายถึงการพยากรณ์ของ Box-Jenkin ดังนี้ การ

พยากรณ์แบบ ARIMA (Box-Jenkin) เป็นวิธีการที่ใช้ได้กับข้อมูล ที่มีการเคลื่อนไหวทุกประเภท และเป็นวิธีการที่มีความแม่นยำของการพยากรณ์ค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ เป็นการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ในทุกช่วงระยะเวลา สำหรับวิธีการจะหาตัวแบบอนุกรมเวลา โดยพิจารณา สหสัมพันธ์ระหว่าง Y_t ที่ตำแหน่งเวลาหรือคาบแล้ว ตัวแบบนี้จะแสดงความสัมพันธ์คาบเวลา t (Y_t) และ Y ที่ตำแหน่งเวลาหรือคาบเวลาต่างๆ ที่ผ่านมา (Y_{t-21}, Y_{t-1}, \dots) เมื่อได้ตัวแบบแล้ว ตัวแบบนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y_t กับ Y_{t-1}, Y_{t-2} และจะใช้ตัวแบบนี้พยากรณ์ Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots ในอนาคต ตัวแบบ ARIMA โดยทั่วไป จะใช้พยากรณ์ค่าในช่วงเวลาข้างหน้าที่เป็นระยะสั้นหรือปานกลางสำหรับตัวแบบโดยทั่วไปจะให้ความสำคัญหรือน้ำหนักของข้อมูลอดีตที่ห่างไกลนั้นมาก แต่สำหรับตัวแบบ ARIMA ไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y_t กับ Y ที่อยู่ห่างไกลกันมากๆ ลักษณะตัว แบบ ARIMA มาจากการศึกษาวิเคราะห์กระบวนการเชิงเส้นหรือตัวกรองเชิงเส้น (linear filter) ดังสมการ

$$Y_t = \mu + e_t + \psi_1 e_{t-1} + \psi_2 e_{t-2} + \dots \quad (2.8)$$

นั่นคือ พิจารณาอนุกรมเวลา หรือสังเกต Y_t เกิดจากผลบวกเชิงเส้นของอนุกรมเวลาค่าผิดพลาดสุ่ม e_t, e_{t-1}, e_{t-2} ซึ่งสมมติว่าแต่ละตัว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ มีความแปรปรวนคงที่ หรือความแปรปรวนร่วม $\text{Cov}(a_t, a_{t-k}) = 0$ สำหรับทุกค่า $k = 0$ และมีการแจกแจงปกติ

ในตัวกรองเชิงเส้น หรือ ตัวแบบเชิงเส้น พารามิเตอร์ μ คือ ค่าระดับค่าเฉลี่ยของ Y_t เมื่ออนุกรมเวลาอยู่ในสภาพคงที่และพารามิเตอร์ ψ_1, ψ_2, \dots เป็นน้ำหนักที่ให้ตัวแปรสุ่ม e_{t-1}, e_{t-2}, \dots กระบวนการ หรือตัวแบบเชิงเส้น จะไม่ให้ประโยชน์ถ้ามีพารามิเตอร์จำนวนอนันต์ เพราะฉะนั้นจะสร้างตัวแบบที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่มีจำนวนจำกัด และเพียงพอที่จะอธิบายอนุกรมเวลาที่พิจารณาวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์อนุกรมเวลา คือ ต้องการใช้ค่าสังเกตหรือข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง เพื่อกำหนดแบบจำลอง การปฏิบัติการเพื่อสร้างแบบจำลอง เรียกว่า Box-Jenkins หรือวิธีการสร้างแบบจำลอง ARIMA การสร้างแบบจำลอง ARIMA ประกอบด้วยสี่ขั้นตอน คือ การกำหนดแบบจำลอง (identifying) การประมาณ (estimating) การตรวจสอบ (diagnosing) และการพยากรณ์อนุกรมเวลา (forecasting time series) การวิเคราะห์หาค่าพยากรณ์จากการกราฟของข้อมูลจริง การหาค่าทางสถิติ และ ทฤษฎี ต่างประกอบกัน

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ ARIMA คือการหาแบบจำลองที่อธิบายเหตุการณ์ในอดีต และในอนาคตที่ถูกต้อง ดังสมการ

$$Y_t = \text{Pattern} + e_t$$

โดยที่รูปแบบ (pattern) หรือแบบจำลองอาจมีลักษณะเป็นการสุ่ม (random) ลักษณะของแนวโน้ม (trend) หรือมีลักษณะผสมผสานกัน (combination)

ประเภทของข้อมูลอนุกรมเวลา สามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

- ข้อมูลอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะคงที่ (Stationary Series) เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนคงที่แต่ละเวลา t ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม หรือมีฤดูกาล หรือมีทั้งแนวโน้มและฤดูกาล จะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยไม่คงที่ ส่วนข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรสูง จะเป็นลักษณะของค่าความแปรปรวนไม่คงที่ จะเรียกว่าเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะไม่คงที่

- ข้อมูลอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะไม่คงที่ (Nonstationary Series) ข้อมูลอนุกรมเวลาประเภทนี้ จะต้องทำการแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาให้อยู่ในสภาวะคงที่เสียก่อน จึงจะหาตัวแบบให้กับข้อมูลอนุกรมเวลาใหม่ได้ การแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาเดิมให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่สามารถทำได้หลายวิธี คือ

- การหาผลต่าง (regular differencing) สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ในค่าเฉลี่ย ทำให้ข้อมูลอนุกรมเวลาใหม่คงที่ในค่าเฉลี่ย
- การหาผลต่างฤดูกาล (seasonal differencing) สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ข้อมูลอนุกรมเวลาใหม่ไม่มีฤดูกาล
- การหาลอการิทึมของข้อมูลอนุกรมเวลา สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าความแปรปรวนไม่คงที่ ทำให้ข้อมูลใหม่มีค่าความแปรปรวนคงที่

2.3.2 ขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ARIMA (Box-Jenkin)

ขั้นที่ 1 การกำหนดหรือการคาดเดาตัวแบบ (Identification Model) เป็นการหาตัวแบบที่คาดว่าจะเหมาะสมให้กับข้อมูลอนุกรมเวลาโดยพิจารณาจากค่าอัตตสหสัมพันธ์ (autoregressive function: ACF) และค่าอัตตสหสัมพันธ์เชิงส่วน (partial autoregressive function: PACF) ของข้อมูลอนุกรมเวลา ถ้าข้อมูลอนุกรมเวลาอยู่ในสภาวะไม่คงที่ จะต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาให้อยู่ในสภาวะคงที่เสียก่อน จึงสามารถนำข้อมูลมากำหนดตัวแบบได้

ขั้นที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter Estimation) ทำได้โดยการหาแบบง่ายค่าประมาณแบบวิเคราะห์ตัวเลข (numeric analysis) โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least-squares method) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปจะกำหนดค่าประมาณเบื้องต้น (initial estimates) เพื่อ

หาค่าสุดท้าย (final estimates) ซึ่งประมาณค่าสุดท้ายโปรแกรมจะทำการคำนวณแบบย้อนซ้ำ (iterative) จนกว่าจะได้ค่าประมาณซึ่งทำให้ผลรวมกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำสุด จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้ไปตรวจสอบความเหมาะสม

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Diagnostic Checking) เมื่อกำหนดรูปแบบ และประมาณค่าพารามิเตอร์แล้ว จะต้องตรวจสอบทุกครั้งว่า รูปแบบที่กำหนดนั้นมีความเหมาะสมจริงหรือไม่ การตรวจสอบสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การพิจารณาค่าอัตโนมัติ และอัตโนมัติเชิงส่วน ของค่าคลาดเคลื่อน การทดสอบด้วยค่าสถิติ t ทดสอบว่าค่าผิดพลาดสุ่มมีอัตโนมัติหรือไม่ และทดสอบอัตโนมัติรวมด้วยสถิติไคสแควร์ (Chi-squared test) ว่าค่าผิดพลาดไม่มีอัตโนมัติ k lag แรก การเขียนกราฟระหว่างค่าคลาดเคลื่อนกับเวลา ถ้าพบว่าค่าของค่าคลาดเคลื่อนมีการกระจายเป็นแนวขนานรอบค่าเฉลี่ย ศูนย์แสดงว่าค่าผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยศูนย์และมีความแปรปรวนคงที่ ถ้ารูปแบบที่กำหนดนั้นเหมาะสมแล้ว จะใช้รูปแบบนั้นทำการพยากรณ์ต่อไป แต่ถ้ารูปแบบที่กำหนดนั้นไม่มีความเหมาะสม จะต้องทำการกำหนดตัวแบบในขั้นที่ 1 ใหม่

ขั้นที่ 4 การพยากรณ์ (Forecasting) จะทำได้ทั้งการพยากรณ์แบบจุด และการพยากรณ์แบบช่วง โดยการพยากรณ์จะใช้สมการที่สร้างจากรูปแบบการพยากรณ์ที่กำหนดและผ่านการตรวจสอบในขั้นตอนที่ผ่านมาแล้ว

2.3.3 ประเภทของตัวแบบ Box-Jenkins

รูปแบบ ARIMA เมื่อกระบวนการอยู่ในสถานะคงที่ (stationary process) ตัวแบบทั่วไปของ Box-Jenkins หรือ ARIMA มีรูปแบบดังนี้

$$Z_t = \mu + a_t + \Psi_1 a_{t-1} + \Psi_2 a_{t-2} + \Psi_3 a_{t-3} + \dots \quad (2.9)$$

μ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด
 Ψ_t คือ สัมประสิทธิ์การถ่วงน้ำหนัก
 a_t คือ ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มของตัวแปร (random variable)

โดยที่ a_t เป็นตัวแปรซึ่งต้องไม่มีความสัมพันธ์กันเอง (Uncorrelated random variable) ตัวแบบของอนุกรมเวลาที่นำมาใช้ในการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ มีดังต่อไปนี้

1. ตัวแบบภายใต้สถานะคงที่ (Stationary Model)

ตัวแบบกระบวนการถดถอยตัวเอง (Autocorrelation Process Model: AR) เป็นกระบวนการถดถอยในตัวเองโดยแสดงความสัมพันธ์ของค่าอนุกรมเวลา โดยอาศัยข้อมูลในอดีตมาช่วยในการกำหนดตัวแบบปัจจุบันหรืออนาคตกับค่าอดีต P เทอมเท่านั้นมีตัวแบบดังนี้

$$Z_t - \mu = \phi_1 (Z_{t-1} - \mu) + \phi_2 (Z_{t-2} - \mu) + \dots + \phi_p (Z_{t-p} - \mu) + a_t \quad (2.10)$$

หรือ

$$Z_t = \delta + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \quad (2.11)$$

โดยให้ $\delta = \mu(1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p)$ และ $\phi_1, \phi_2, \dots, \mu$ เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าจะประมาณค่าจากข้อมูล

$$\text{หรือ} \quad \phi(B) Z_t = \delta + a_t \quad (2.12)$$

$$\text{หรือ} \quad (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) Z_t = \delta + a_t \quad (2.13)$$

โดยที่

Z_t = ค่าจริงของอนุกรมเวลา ณ เวลาที่ t

Z_{t-i} = ค่าจริงของอนุกรมเวลา ณ เวลาที่ t-i

μ = ค่าเฉลี่ย

ϕ_i = พารามิเตอร์ถดถอยในตัวเอง (autoregressive parameter) $i = 1, 2, \dots, P$

a_t = ค่าค่าคลาดเคลื่อน ณ เวลาที่ t ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ

ค่าความแปรปรวนเท่ากับ σ_a^2

B = ตัวเลื่อนถดถอยหลัง (backward shift หรือ backshift)

AR (p) ที่มีค่า p เท่ากับ 1 และ 2 มีตัวแบบดังต่อไปนี้

$$\text{ตัวแบบ AR (1):} \quad Z_t = \delta + \phi_1 Z_{t-1} + a_t \quad (2.14)$$

ตัวแบบอยู่ในสภาวะสมดุลถ้า $|\phi| < 1$

$$\text{ตัวแบบAR (2): } Z_t = \delta + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + a_t \quad (2.15)$$

ตัวแบบในลักษณะที่ใช้เครื่องหมาย B

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2) Z_t = \delta + a_t \quad (2.16)$$

ตัวแบบการประมาณถดถอยตัวเองลำดับที่ 2 (AR (2)) จะมีสถานะสมดุล (Stationary) เมื่อ

1. $\phi_1 + \phi_2 < 1$
2. $\phi_2 - \phi_1 < 1$
3. $|\phi_2| < 1$

ตัวแบบกระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Model: MA) เป็นกระบวนการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยพิจารณาเพียง q เทอม แสดงค่าอนุกรมเวลาอยู่ในเทอมของค่าคลาดเคลื่อน ตัวแบบกระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ลำดับที่ q (MA (q))

$$Z_t - \mu = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.17)$$

หรือ

$$Z_t - \mu = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t \quad (2.18)$$

MA (q) ที่มีค่า q เท่ากับ 1 และ 2 มีตัวแบบดังต่อไปนี้

$$\text{ตัวแบบMA (1): } Z_t = \mu + a_t - \theta_1 a_{t-1} \quad (2.19)$$

$$\text{ตัวแบบMA (2): } Z_t - \mu = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} \quad (2.20)$$

หรือ

$$Z_t - \mu = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2) a_t \quad (2.21)$$

ตัวแบบกระบวนการถดถอยตัวเองลำดับที่ 2 (MA (2)) จะมีสถานะสมดุล (stationary) เมื่อ

$$1. \theta_1 - \theta_2 < 1$$

$$2. \theta_2 - \theta_1 < 1$$

$$3. |\theta_2| < 1$$

ตัวแบบกระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถดถอยตัวเอง (Autoregressive Moving Average Model : ARMA) มีตัวแบบดังนี้

ตัวแบบ ARMA (p,q) :

$$(Z_t - \mu) = \phi_1 (Z_{t-1} - \mu) + \phi_2 (Z_{t-2} - \mu) + \dots + \phi_p (Z_{t-p} - \mu) + a_t - \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

$$\text{หรือ} \quad (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(Z_t - \mu) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t \quad (2.22)$$

$$\text{ตัวแบบ ARMA(1,1)} : (1 - \phi_1 B)(Z_t - \mu) = (1 - \theta_1 B) a_t \quad (2.23)$$

$$\text{หรือ} \quad (Z_t - \mu) = \theta_1 (Z_{t-1} - \mu) + a_t - \theta_1 a_{t-1} \quad (2.24)$$

$$\text{หรือ} \quad Z_t = \delta + \theta_1 Z_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1} \quad (2.25)$$

ค่าพารามิเตอร์ของ AR คือ ϕ และ MA คือ θ ภายใต้สภาวะสมดุลง ARMA (1, 1) คือค่า $|\phi| < 1$ และค่า $|\theta| < 1$

กระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถดถอยตัวเอง ARMA (p,q) ตัวแบบ คือ

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(Z_t - \mu) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) a_t$$

$$\text{หรือ} \quad \phi(B)(Z_t - \mu) = \theta(B) a_t \quad (2.26)$$

ในการสร้างตัวแบบ ARMA จำเป็นต้องทราบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าฟังก์ชันอัตตสัมพันธ์ (autoregressive function : ACF) และค่าฟังก์ชันอัตตสหสัมพันธ์เชิงส่วน (partial

autoregressive function : PACF) ของค่าคลาดเคลื่อนสุ่มในทางทฤษฎีเพื่อนำมาใช้ในการเลือกตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีเปรียบเทียบลักษณะของค่า ACF และ PACF ที่ได้จากข้อมูลกับค่าทางทฤษฎี ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่า ACF และ PACF ทางทฤษฎีของตัวแบบ AR, MA และ ARMA ในภาวะคงที่ สรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่า ACF และ PACF ทางทฤษฎีของตัวแบบ AR, MA และ ARMA ในภาวะคงที่

ตัวแบบ	ACF	PACF
AR(p)	ค่าจะลดลงเป็นแนวโน้มหรือเป็นคลื่นที่ค่อย ๆ หายไป	ค่าจะเป็นศูนย์หลังจาก lag p
MA(q)	ค่าจะเป็นศูนย์หลังจาก lag p	ค่าจะลดลงเป็นแนวโน้มหรือเป็นคลื่นที่ค่อย ๆ หายไป
ARMA(p,q)	ค่าจะลดลงเป็นแนวโค้ง	ค่าจะลดลงเป็นแนวโค้ง

2. ตัวแบบภายใต้สภาวะไม่คงที่ (Non stationary Models) และ ตัวแบบ ARIMA

ในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลาอยู่ในสภาวะไม่คงที่คือ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยหรือค่าความแปรปรวนไม่คงที่ เมื่อจุดเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงไปเราจึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในสภาวะคงที่ก่อนที่จะนำมากำหนดตัวแบบการแก้ปัญหาค่าความแปรปรวนไม่คงที่ทางสถิติ สามารถทำได้โดยการแปลงที่นิยมใช้เป็นการแปลงข้อมูลในรูปลอการิทึมธรรมชาติ $X_t = \ln(Z_t)$ ซึ่ง $Z_t > 0$ $t = 1, 2, \dots, n$ โดยทั่วไปแล้วไม่ควรที่จะทำหลายครั้งเพราะจะทำให้ค่าพยากรณ์มีค่าคลาดเคลื่อนสูงในกรณีที่ใช้วิธี ln ไม่ได้ผลจึงควรใช้วิธีอื่นเช่น วิธีการหารากที่สองคือ $X_t = \sqrt{Z_t}$; $Z_t > 0$ และ $t = 1, 2, \dots, n$ ในกรณีที่ผลต่างอาจจะไม่สามารถแปลงความแปรปรวนได้เช่น ถ้าผลต่างมีค่าเป็นลบเมื่อทำการปรับข้อมูลให้อยู่ในสภาวะสมดุลแล้ว การที่จะกำหนดรูปแบบของข้อมูลว่าเป็นแบบ AR(1), AR(2), ..., AR(p) หรือ MA(1), MA(2), ..., MA(q) จะใช้วิธีกำหนดเช่นเดียวกับการกำหนดรูปแบบเมื่อข้อมูลอยู่ในสภาวะสมดุล

ถ้ามีการคำนวณผลต่าง d ครั้ง จะเขียนตัวแบบสมการเป็น ARIMA ด้วยอันดับ p,d,q ตัวแบบARIMA(p,d,q)

$$\phi_p(B)(1-B^d)Z_t = \delta + \theta_q(B)a_t \quad (2.27)$$

หรือ

$$\phi_p(B)W_t = \delta + \phi_q(B)a_t \quad (2.28)$$

โดยที่ δ อาจมีค่าเท่ากับศูนย์ และ $W_t = (1 - B^d)Z_t$ เป็นพารามิเตอร์แสดงระดับเฉลี่ยคงที่ของอนุกรมเวลา W_t และ Z_t เป็นอนุกรมที่ถูกแปลงให้มีความแปรปรวนคงที่ ในกรณีที่อนุกรมแรกเริ่มไม่คงที่ในความแปรปรวน

ตัวแบบ ARIMA เมื่อมีองค์ประกอบฤดูกาล ถ้าอนุกรมเวลาที่พิจารณาอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่อาจเป็นแบบจำลองใดแบบจำลองหนึ่งดังนี้

อนุกรมเวลาที่มีแบบจำลองเป็นแบบฤดูกาลที่เป็น stationary แสดงว่าอัตตสหสัมพันธ์ในตัวเองและอัตตสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนลดลงเข้าสู่ศูนย์กลางอย่างรวดเร็ว ยกเว้นเฉพาะ seasonal lags เช่นอนุกรมเวลารายเดือน seasonal lags ก็จะเป็น 12, 24, 36, ... หรือถ้าเป็นอนุกรมเวลาไตรมาส seasonal lags ก็จะเป็น 4, 8, 12, ... เป็นต้นและถัดจาก seasonal lags แล้วอัตตสหสัมพันธ์ในตัวเองและอัตตสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนจะมีลักษณะลดลงสู่ศูนย์อย่างรวดเร็ว (die down quickly towards zero)

อนุกรมเวลาที่มีแบบจำลองฤดูกาลในสถานะไม่คงที่ จะได้ว่าลักษณะของอนุกรมเวลานี้เปลี่ยนแปลงขึ้นลงเลียนแบบกันตามช่วงเวลานั้นคือ $W_t = Z_t - Z_{t-s}$ เมื่อ S เป็นช่วงเวลาของอนุกรมเวลาเช่น ช่วงเวลา 12 เดือน หรือช่วง 4 ไตรมาส เป็นต้น และ $t > s + 1$ การหาผลต่างฤดูกาลจะทำ d ครั้งจนกว่าจะได้ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดใหม่แทนที่ คือ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่อยู่ในสถานะสมดุล (โดยที่ d ปกติมีค่าไม่เกิน 2) ส่วนการกำหนดลำดับของ p และ q ก็กำหนดได้เช่นเดียวกับแบบจำลอง ARIMA(p,d,q)

เมื่อนำองค์ประกอบที่มีฤดูกาลและไม่มีฤดูกาลมาผนวกเข้าด้วยกันก็จะได้ตัวแบบ ARIMA คือตัวแบบในรูปผลคูณ ARIMA (p,d,q)(P,D,Q) มีรูปแบบดังต่อไปนี้

ตัวแบบ ARIMA (p,d,q)(P,D,Q)

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)a_t \quad (2.29)$$

$$\phi_p(B^s) = (1 - \Phi_s B^s - \Phi_{2s} B^{2s} - \dots - \Phi_{ps} B^{ps}) \quad (2.30)$$

2.4 การวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

วัตถุประสงค์หลักในการพยากรณ์คือ การได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการและแม่นยำในทางสถิติ สามารถคำนวณหาความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากการพยากรณ์ได้หลายวิธี การหาความคลาดเคลื่อนที่นิยมใช้มีดังนี้

กำหนดให้

N = จำนวนตัวแปร

Target = ค่าจริง

Forecast = ค่าพยากรณ์

1. ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error : MAE) สถิตินี้คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Target_i - Forecast_i| \quad (2.31)$$

2. ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) สถิตินี้คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Target_i - Forecast_i)^2 \quad (2.32)$$

3. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) สถิตินี้คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Target_i - Forecast_i)^2} \quad (2.33)$$

4. ร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) สถิตินี้คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Target_i - Forecast_i}{Target_i} \right| \times 100 \quad (2.34)$$

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 2.5.1 Park (1991) ศึกษาเรื่องของการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดและเฉลี่ยประจำวัน ด้วยการใช้เครือข่าย MLP แบบ 3 ชั้น เป็นแบบจำลองการคำนวณ ตัวแปรข้อมูลขาเข้าของเครือข่ายประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยของวันที่ต้องการพยากรณ์ ซึ่งแบบจำลองนี้จะขึ้นกับค่าอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว ไม่ขึ้นกับค่าความต้องการไฟฟ้าก่อนหน้าเลย
- 2.5.2 Lemedica(1996) เป็นการศึกษาเรื่องการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นด้วยแบบจำลองเครือข่าย MLP แบบ 3 ชั้น โครงสร้างตัวแปรข้อมูลขาเข้าประกอบด้วยค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมงของวันก่อนหน้าจำนวน 2 วัน และตัวแปรเจาะจงชนิดตัวเลขฐานสองเพื่อระบุประเภทของวัน ตัวแปรข้อมูลขาออกประกอบด้วยค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมงจำนวน 24 ค่าของวันเป้าหมายที่ต้องการพยากรณ์
- 2.5.3 Piras(1996) เสนอโครงสร้างแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบไม่ชี้แนะที่เรียกว่า นิวรอนแกช เพื่อใช้ในกระบวนการแบ่งกลุ่มข้อมูล การพยากรณ์จะแบ่งแบบจำลองออกเป็นแบบจำลองย่อยตามกลุ่มข้อมูลแต่ละประเภท และแบบจำลองย่อยแต่ละชุดจะสร้างด้วยเครือข่าย MLP เพื่อใช้หาความสัมพันธ์ของข้อมูลในลักษณะไม่เชิงเส้น ผลการคำนวณจากแบบจำลองย่อยแต่ละชุดจะนำมารวมกัน โดยใช้ความรู้เรื่องฟuzzy ด้วยการใช้ค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อให้มีความสำคัญแก่ข้อมูลซึ่งจะแล้วแต่ความเหมาะสม การใช้วิธีการของฟuzzy มีข้อดี คือ การถ่ายโอนข้อมูลระหว่างแบบจำลองมีความเรียบง่ายและมีขั้นตอนการคำนวณที่มีเหตุผล
- 2.5.4 Arjaree(2003) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงของความต้องการพลังงานของประเทศไทยในช่วงระยะเวลา 20 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ถึงปี พ.ศ. 2543 โดยพิจารณาในเรื่องของรูปแบบของความต้องการ, ความต้องการเชื้อเพลิง และค่า energy intensities และระบุปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคพลังงาน เช่น GDP จำนวนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม ราคาทองคำ อัตราดอกเบี้ย
- 2.5.5 วัลลภา อุนวิจิตร(2539) เป็นการพัฒนาารูปแบบของโครงข่ายสำหรับพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบแบบอนุกรมเวลาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับมาตรฐาน โดยทำการสร้างเครือข่าย 6 เครือข่าย เมื่อทำการทดสอบรูปแบบละ 10 ครั้ง พบว่าผลการพยากรณ์มีความถูกต้องแม่นยำ

- 2.5.6 สุมิตรา อมรรพพัทตร์(2542) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในส่วนภูมิภาค และหาตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนต่ำ โดยศึกษาวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธีการบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง วิธีการแยกองค์ประกอบ และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย และนำไปเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ผลการศึกษาพบว่าวิธีการพยากรณ์โดยวิธีการบอกซ์-เจนกินส์ เหมาะสมกว่าวิธีอื่นๆ ที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบ สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าทุกประเภท
- 2.5.7 เมธี ทรกุลพันธ์(2546) การวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นด้วยการประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียมแบบ MLP เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้องการไฟฟ้าในอนาคตกับค่าความต้องการไฟฟ้าและอุณหภูมิในอดีต โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วน คือ การพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าประจำวันแบบมีค่าเป็นรายชั่วโมง และการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าใน 2-3 ชั่วโมงข้างหน้า
- 2.5.8 ศุภเชษฐ กัณนิม(2547) ได้ทำการหารูปแบบของการพยากรณ์ความต้องการของรถจักรยานยนต์ภายในประเทศ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมผ่านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่คาดว่าจะมีผลกับ ความต้องการรถจักรยานยนต์ภายในประเทศ 11 ปัจจัย ซึ่งกำหนดให้ตัวแปรเหล่านี้เป็นดัชนีชี้วัดสภาวะเศรษฐกิจของประเทศ อันประกอบด้วย อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ ราคาทองคำ มูลค่าสินค้าส่งออก มูลค่าสินค้านำเข้า ค่าใช้จ่ายภาครัฐ อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ อัตราเงินเฟ้อ อัตราการว่างงาน ราคาน้ำมันเบนซิน และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ โดยทำการเลือกเฉพาะปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลสูงกว่าค่าเฉลี่ยของทุกปัจจัยเท่านั้นในการทดสอบสร้างรูปแบบการพยากรณ์ โดยรูปแบบที่เกิดขึ้น จากงานวิจัยนี้พบว่าพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลการพยากรณ์ที่ถูกต้องแม่นยำและมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ
- 2.5.9 คณะอนุกรรมการการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า(2547) ได้ทำการพยากรณ์ค่า Energy Demand จะแบ่งตามลักษณะทางภูมิภาค คือ การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้วิธีการพยากรณ์เดียวกัน แต่จะแตกต่างกันในแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า วิธีการพยากรณ์ในแต่ละประเภทสรุปได้ดังนี้ กลุ่มที่ 1 บ้านอยู่อาศัยทำการพยากรณ์จำนวนครัวเรือน (ผู้ใช้ไฟฟ้า) ในแต่ละปี จากจำนวนประชากรและผลิตภัณฑ์มวลรวมและจำแนกผลการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าใน

แต่ละปีตามประเภทที่อยู่อาศัย ได้แก่ บ้านเดี่ยว ห้องแถว ทาวน์เฮ้าส์ อพาร์ทเมนท์/ คอนโดมิเนียม และอื่นๆ จากนั้นคำนวณหาอัตราเพิ่มเฉลี่ยของการถือครองเครื่องใช้ไฟฟ้า ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น พัดลม หลอดไฟฟ้า หม้อหุงข้าว เครื่องซักผ้า โทรทัศน์ เตารีด และอื่นๆ ในแต่ละประเภทที่อยู่อาศัย เพื่อคำนวณหาจำนวนเครื่องไฟฟ้าที่ถือครองในแต่ละประเภทของที่อยู่อาศัยแล้วคำนวณพลังงานไฟฟ้าแต่ละประเภทของบ้านอยู่อาศัยเมื่อรวมค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละประเภทของที่อยู่อาศัยจะได้ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของบ้านอยู่อาศัยในภาพรวม กลุ่มที่ 2 ธุรกิจและอุตสาหกรรมคำนวณหา Energy Intensity Ratio ในอดีตของแต่ละกลุ่มทำการพยากรณ์ค่า EIR ในอนาคต โดยใช้ค่าที่คำนวณได้จากอดีต (Time Trend) แล้วพยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละกลุ่มโดยนำค่าพยากรณ์มูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์มวลรวมมาคูณกับค่า EIR กลุ่มที่ 3 อื่นๆ ได้แก่ ผู้ใช้ไฟที่อยู่ในประเภทส่วนราชการฯ กิจการขนาดเล็ก การสูบน้ำเพื่อการเกษตร ไฟชั่วคราวและไฟฟ้าสาธารณะ ทำการพยากรณ์โดยวิธีการสมการถดถอย (Regression)

- 2.5.10 ผ่องศรี จรุงเกียรติ(2515) ได้ศึกษาอุปสงค์ต่อพลังงานไฟฟ้าในเขตจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง ในระยะสิบปีข้างหน้า (พ.ศ. 2515 – 2524) โดยทำการศึกษาถึงอุปสงค์ต่อพลังงานไฟฟ้า ของประชากร สถานประกอบการธุรกิจ ไฟถนน โรงงานอุตสาหกรรม ในเขตจำหน่ายของ การไฟฟ้านครหลวง ซึ่งประกอบไปด้วย จังหวัด กรุงเทพฯ นนทบุรี สมุทรปราการ และ บางส่วนของจังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยได้ทำการพยากรณ์ เพื่อหาค่าของอุปสงค์ (Demand) ที่มีต่อพลังงานไฟฟ้า ในระยะ 10 ปีข้างหน้า โดยใช้ข้อมูลสถิติการจำหน่ายกระแสไฟฟ้า ในเขตจำหน่ายของการ ไฟฟ้านครหลวง โดยแบ่งประเภทของ การจำหน่ายกระแสไฟฟ้า ออกเป็น 4 ประเภท คือ ประเภทบ้านที่อยู่อาศัย ธุรกิจและ อุตสาหกรรมขนาดเล็ก ธุรกิจและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และ ประเภทไฟสาธารณะ โดยในการคำนวณเพื่อหาค่าพยากรณ์ได้เลือกใช้สมการ กำลังสองของ Least Square Method เนื่องจากให้ผลที่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่เป็นจริง ซึ่งสมการที่ได้ประกอบด้วย บ้านอยู่อาศัย (หน่วยเป็น กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)

$$Y_c = 255,023,422 + 25,841,280x + 1,238,368X^2$$

ธุรกิจและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก (หน่วยเป็น กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)

$$Y_c = 281,980,096 + 27,508,985x + 695,676X^2$$

ธุรกิจและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (หน่วยเป็น กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)

$$Y_c = 281,980,096 + 27,508,985x + 695,676X^2$$

ไฟสาธารณะ (หน่วยเป็น กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)

$$Y_c = 10,014,861 + 1,070,499x + 72,988X^2$$

ยอดรวมทุกประเภท (หน่วยเป็น กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)

$$Y_c = 1,215,734,690 + 153,231,361x + 6,607,677X^2$$

จากค่าที่ได้จากการพยากรณ์พบว่า อุปสงค์ของผู้ใช้ไฟฟ้าทุกประเภทแสดงให้เห็นถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาแต่จะเพิ่มในอัตราที่ลดลง เหตุที่อุปสงค์ต่อพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ เพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงนั้น เป็นเพราะว่าประเทศไทย เป็นประเทศกำลังพัฒนา พลังงานไฟฟ้าจึงเป็นปัจจัยพื้นฐาน ในการพัฒนาเศรษฐกิจ ดังนั้นอุปสงค์ต่อพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน ประกอบธุรกิจ การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนแสงสว่างเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต ย่อมจะต้องมีเพิ่มขึ้น แต่จะเพิ่มในอัตราที่ลดลง ซึ่งกล่าวได้ว่าในระยะ 15 หรือ 20 ปีข้างหน้า อุปสงค์ต่อพลังงานไฟฟ้า ในเขตจำหน่ายของการไฟฟ้า นครหลวง ก็จะต้องถึงจุดอิ่มตัว

- 2.5.11 อธิยา เขียววัฒณี (2522) ได้ศึกษาอุปสงค์พลังงานไฟฟ้าของอุตสาหกรรมในเขตจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง โดยทำการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม 3 ประเภท ประกอบด้วย อุตสาหกรรมเหล็ก อุตสาหกรรมสิ่งทอ และ ธุรกิจโรงแรม โดยอุตสาหกรรมทั้ง 3 ประเภท อธิบายถึงผลของพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมเหล็ก จะอธิบายถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อก่อให้เกิด พลังงานความร้อน การใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมสิ่งทอ จะอธิบายพลังงานไฟฟ้าเพื่อเป็นพลังงานกล และ เลือกรการใช้พลังงานในธุรกิจโรงแรม สำหรับอธิบายการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อแสงสว่าง ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์อุปสงค์พลังงานไฟฟ้าของอุตสาหกรรม ด้วยการสร้างแบบจำลองอุปสงค์พลังงานไฟฟ้าของอุตสาหกรรม โดยใช้ทฤษฎีอุปสงค์เป็นหลักในการศึกษา โดยคำนึงถึงลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในขบวนการผลิตของอุตสาหกรรมที่เป็นจริง โดยอุปสงค์พลังงานไฟฟ้าสำหรับอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สำคัญ ซึ่งได้แก่ อัตราค่าไฟฟ้า ราคาของเชื้อเพลิง พลังงานรูปอื่นที่ใช้แทนที่หรือใช้ประกอบกับพลังงานไฟฟ้า ปริมาณผลผลิตของอุตสาหกรรม จำนวนโรงงาน ผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ (GDP) ผลจากการศึกษา โดยใช้วิธี Multiple Regression Analysis ในการหาสมการอุปสงค์พลังงานไฟฟ้า ตามลักษณะการใช้พลังงานเพื่อก่อให้เกิดพลังงานความร้อน พลังงานกล และ แสงสว่าง โดยใช้ข้อมูล Time

Series ตั้งแต่ ปี 2509 - 2520 ในการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อ ก่อให้เกิดพลังงานความร้อนในอุตสาหกรรมเหล็ก โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 2511 - 2520 ในการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเป็นพลังงานกลใน อุตสาหกรรมสิ่งทอ และ ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 2508 - 2520 ในการสร้างแบบจำลอง การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างในธุรกิจโรงแรม ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบ ลักษณะของอุปสงค์พลังงานไฟฟ้า เพื่อก่อให้เกิดพลังงานความร้อน พลังงานกล และแสงสว่าง ซึ่งสามารถสรุปผลได้ว่าอุปสงค์พลังงานไฟฟ้าของอุตสาหกรรมที่ใช้ ไฟฟ้าเป็นตัวก่อให้เกิดแสงสว่าง ซึ่งจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงราคาค่าไฟฟ้า ได้ดีกว่าอุตสาหกรรมที่ใช้ไฟฟ้าเพื่อก่อให้เกิดพลังงานกลและพลังงานความร้อน และการใช้ไฟฟ้าในอุตสาหกรรมเพื่อก่อให้เกิดพลังงานกล ซึ่งจะไวต่อการ เปลี่ยนแปลงราคาค่าไฟฟ้า ได้ดีกว่าอุตสาหกรรมที่ใช้ไฟฟ้าในการก่อให้เกิด พลังงานความร้อน

- 2.5.12 ชัชวาล นนทสิทธิ์(2524) ศึกษาอุปสงค์พลังงานไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยในเขต การไฟฟ้านครหลวง เพื่อพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมการใช้ พลังงานไฟฟ้าตามบ้านอยู่อาศัยในเขต กปน. ทั้งที่เป็นปัจจัยทางเศรษฐกิจและ ไม่ใช่ปัจจัยทางเศรษฐกิจ และทำการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความ ต้องการพลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยต่างๆ
- 2.5.13 วิโรจน์ หวังสมัคร์(2547) การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า : กรณีศึกษาการ ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง (พระนครศรีอยุธยา) พยากรณ์ความต้องการใช้ ไฟฟ้าในอนาคต โดยใช้ข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2530-กันยายน 2546 ผลการวิเคราะห์ ข้อมูลอนุกรมเวลา เพื่อพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยใช้ รูปแบบในการพยากรณ์แบบ ARIMA (Box-Jenkin) พบว่าปริมาณความต้องการใช้ ไฟฟ้าระหว่างปี 2547-ปี 2551 มีปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปี อย่างเนื่องโดยในปี 2547 มีปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า 15,876.31 ล้านหน่วย เพิ่มขึ้นจากปี 2546 จำนวน 691.71 หรือเพิ่มขึ้น 4.56% ปี 2548 มีปริมาณความ ต้องการใช้ไฟฟ้า 16,887.24 ล้านหน่วย เพิ่มขึ้นจากปี 2547 จำนวน 1,010.93 หรือ เพิ่มขึ้น 6.36% ปี 2549 มีปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า 17,961.30 ล้านหน่วย เพิ่มขึ้นจากปี 2548 จำนวน 1,047.06 ล้านหน่วย หรือเพิ่มขึ้น 6.36% ปี 2550 มี ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า 19,103.66 ล้านหน่วย เพิ่มขึ้นจากปี 2549 จำนวน 1,142.36 ล้านหน่วย หรือเพิ่มขึ้นจาก 6.36% และปี 2551 มีปริมาณความต้องการ ใช้ไฟฟ้า 20,318.70 ล้านหน่วย เพิ่มขึ้นจากปี 2550 จำนวน 2155.04 ล้านหน่วย

หรือเพิ่มขึ้น 6.36 % จากผลการวิเคราะห์ สรุปได้ ความต้องการใช้ไฟฟ้า มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉลี่ยปีละประมาณ 6.36 % จึงมีประโยชน์ต่อการเตรียมการในวางแผนในการจัดหา ผลิตไฟฟ้า รวมทั้งการวางแผนเพื่อก่อสร้างสถานีไฟฟ้า ระบบสายส่ง และระบบจำหน่ายไฟฟ้า ให้ทันกับปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดต้นทุนมากที่สุด

2.5.14 พิชิตน์ จารุเกษตรวิทย์ (2544) การพยากรณ์การนำเข้าเหล็กโครงสร้างรูปพรรณของไทย โดยได้ทำการวิเคราะห์เชิงพรรณและเชิงปริมาณ ในการศึกษาเชิงปริมาณ โดยการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series Analysis) เพื่อพยากรณ์ปริมาณการนำเข้า ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณของไทย โดยใช้ข้อมูลในช่วงปี 2531-2542 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาการพยากรณ์การนำเข้าเหล็กโครงสร้าง รูปพรรณโดยใช้วิธีการของ Winter 's Method เพื่อพยากรณ์ปริมาณนำเข้ารายเดือน พบว่าปริมาณการนำเข้าโดยเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นปีละ 50,000 ตันและในปี 2548 จะมีปริมาณนำเข้าเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเท่ากับ 917,274 ตัน จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า ปริมาณการนำเข้าเหล็กโครงสร้างรูปพรรณแต่ละปีมีปัจจัยของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยดูจากดัชนีฤดูกาล ทั้ง 12 เดือน พบว่า ยอดนำเข้าเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ หนาวร้อนคือเดือนมีนาคม -พฤษภาคม จะมียอดนำเข้าสูง เนื่องจากในฤดูร้อนอุตสาหกรรมก่อสร้างจะขยายตัวมากกว่าฤดูฝนและฤดูหนาว จะมีช่วงวันหยุดตามเทศกาลต่าง ๆ ในต่างประเทศทำให้ชะลอธุรกิจซื้อขายลงในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เราย่นำเข้าเหล็กโครงสร้างรูปพรรณจากต่างประเทศเป็นหลัก ปริมาณเข้าตั้งแต่ 2533 - 2542 มีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 21.08 มูลค่านำเข้ามีการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 3.07 เหล็กที่นำเข้าในปริมาณมากที่สุดคือ เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนขนาดใหญ่ หน้าตัดรูปตัว H ซึ่งปริมาณการนำเข้าที่สูงอย่างต่อเนื่องเป็นแรงจูงใจ ให้ผู้ผลิตในประเทศตั้งโรงงานผลิต เพื่อทดแทนการนำเข้า

2.5.15 สมิต บัตรเจริญ(2547)การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณเลขหมายของชุมสายโทรศัพท์ด้วยเทคนิคการถดถอยกับเทคนิคเครือข่ายประสาทเทียม โดยทำการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการถดถอย โดยใช้ข้อมูลจำนวน 6 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร จำนวนบ้าน จำนวนธุรกิจ สภาพเศรษฐกิจ(ใช้ตัวเลข GDP) ความหนาแน่นของการใช้โทรศัพท์ จำนวนหมายเลขโทรศัพท์ที่มีผู้เช่าภายในกรุงเทพมหานคร ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2507 ถึง 2544 มาเป็นข้อมูลในการพยากรณ์

โดยผลการวิจัยพบว่า เทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมให้ผลการพยากรณ์ที่มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยกว่าเทคนิคการถดถอยแบบพหุในทุกการทดลอง

- 2.5.16 จรรยาวัฒน์ พุฒยานันท์ (2541) การประยุกต์ใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กในการพยากรณ์อุณหภูมิที่วัดจากไฮโกรมิเตอร์ ข้อมูลอุณหภูมิที่ใช้ในการปรับสอนและทดสอบ นิวรอลเน็ตเวิร์กเป็นข้อมูลอุณหภูมิที่เก็บจากกรมอุตุนิยมวิทยา บางนา ข้อมูลในปี พ.ศ. 2534-2538 ใช้ในการปรับสอน ส่วนข้อมูลในปี พ.ศ.2539 ใช้ในการทดสอบ โดยโครงสร้างนิวรอลเน็ตเวิร์กเป็นแบบมัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน และใช้การเรียนรู้แบบแบ็คพรอพาเกชัน ผลการพยากรณ์นำมาเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาและอุณหภูมิจริง ผลการเปรียบเทียบพบว่านิวรอลเน็ตเวิร์กสามารถพยากรณ์ได้แม่นยำกว่าการวิเคราะห์อนุกรมเวลา
- 2.5.17 ณัฐชาติ คำศิริตระกูล (2546) การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง ที่เผยแพร่โดยนิตยสาร Engineering News Record (ENR) เพื่อนำดัชนีราคาที่ใช้พยากรณ์ได้ไปใช้ประโยชน์ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้น ให้มีความแม่นยำสูงขึ้น ขอบเขตการวิจัยนี้ ทำการศึกษาการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง 2 ชนิด คือ Building Cost Index (BCI) และ Construction Cost Index (CCI) โดยเป็นการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือน และ 1 ปี ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย (1) เก็บรวบรวมข้อมูลดัชนีราคางานก่อสร้าง และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำดัชนี (2) พัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (3) เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมกับการพยากรณ์โดย ENR และการพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ ได้แก่ วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล และวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดียว นอกจากนี้ ได้นำแนวทางการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทยด้วย ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 16.365 ในขณะที่แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 16.692 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 28.745 ในขณะที่

แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 29.248 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคาก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 20.744 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 68.061 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคาก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 39.288 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 58.986 ส่วนการเปรียบเทียบกับพยากรณ์โดย ENR พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคาก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 11.068 ในขณะที่ การพยากรณ์โดย ENR มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 43.252 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคาก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 26.669 ในขณะที่ การพยากรณ์โดย ENR มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 50.374 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบ ระหว่างวิธีแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม การพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ และการพยากรณ์โดย ENR สรุปได้ว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ได้แม่นยำกว่า

- 2.5.18 ธนพล พิมาณ (2545) การศึกษาความเหมาะสมของโครงข่ายในแบบจำลองใยประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์น้ำท่ารายวัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาแนวทางในการคัดเลือกชุดตัวแปรนำเข้าและลักษณะโครงข่ายภายในที่เหมาะสมในแบบจำลอง ANN เพื่อใช้ในการพยากรณ์อัตราการไหลน้ำท่ารายวันล่วงหน้า 1-7 วัน ณ สถานีวัดน้ำท่า 6 แห่ง ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี โดยได้จัดสร้างแบบจำลองแยกออกตามฤดูกาล คือ แบบจำลองที่ใช้สำหรับฤดูฝนและสำหรับฤดูแล้ง จากผลการศึกษาพบว่า ฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ เทียบกับเวลา (correlation function) สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกชุดตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมสู่แบบจำลองได้ดี และจำนวนหน่วยในชั้นแอบแฝงที่เหมาะสมในแบบจำลอง ANN นั้น พบว่าควรมีจำนวนเท่ากับจำนวนตัวแปรนำเข้า โดยถ้าหากแบบจำลองมีจำนวนตัวแปรนำเข้าตั้งแต่ 5 ตัวขึ้นไป ควรแบ่งชั้นแอบแฝงออกเป็น 2 ชั้น และในแต่ละชั้นจะมีจำนวนหน่วยเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนตัวแปรนำเข้า สำหรับการพยากรณ์อัตราการไหลน้ำท่ารายวันล่วงหน้าหลายวันนั้นควรใช้แบบจำลอง ANN ร่วมกับพยากรณ์โดยวิธี

Standard step ซึ่งจะทำการพยากรณ์ล่วงหน้าวันต่อวัน เนื่องจากให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่าการพยากรณ์โดยวิธี Direct step ที่จะพยากรณ์ล่วงหน้าภายในครั้งเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าแบบจำลอง ANN ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่าแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นตัวแปรอิสระหลายตัว (Multiple Linear Regression, MLR) โดยเฉพาะเมื่อระยะเวลาในการพยากรณ์ยาวนานขึ้น และเมื่อนำแบบจำลองอนุกรมเวลา อันได้แก่ MA(2) และ AR(2) มาใช้ในการปรับปรุงผลการพยากรณ์ของแบบจำลอง ANN พบว่าช่วยให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์เพิ่มขึ้นประมาณ 0.6-14.7%



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมสิ่งทอ

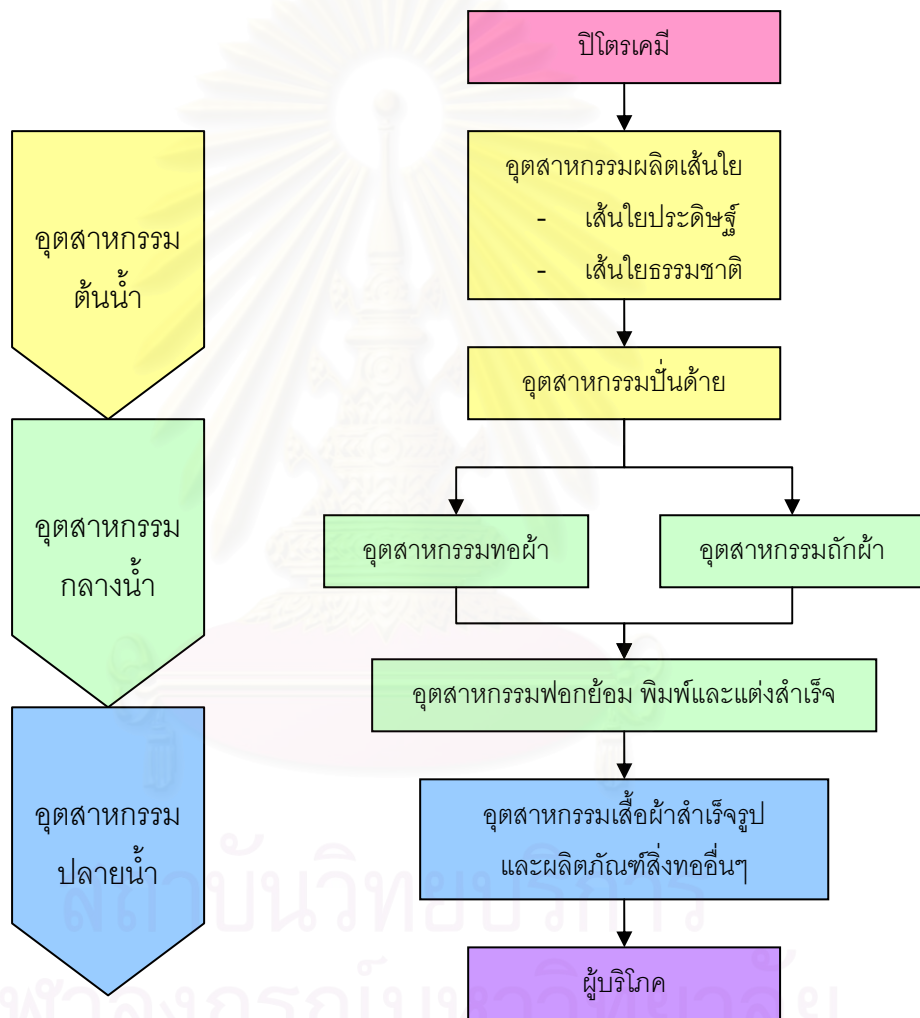
อุตสาหกรรมสิ่งทอไทยเริ่มจากการเปลี่ยนแปลงจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน มาเป็นการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า หลังจากทีสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนได้ประกาศส่งเสริมการลงทุนแก่ผู้ผลิตสินค้าสิ่งทอ โดยเฉพาะด้ายและผ้าผืนจึงได้มีการขยายตัวด้านการผลิตอย่างมาก มีสินค้าผลิตได้เกินความต้องการภายในประเทศจึงได้ปรับนโยบายเป็นการผลิตเพื่อการส่งออก จนปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของไทยนับเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 4.2 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) ร้อยละ 20 ของการจ้างงานและคิดเป็นร้อยละ 6.5 ของมูลค่าส่งออกของประเทศในปี พ.ศ. 2547 การเติบโตของอุตสาหกรรมนี้ เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ด้วยการส่งเสริมของภาครัฐ ค่าจ้างแรงงานราคาถูกและการพัฒนาคุณภาพของผู้ผลิตของไทย ในฐานะผู้รับจ้างผลิตให้กับเจ้าของตราสินค้าระดับโลกในต่างประเทศ

อุตสาหกรรมสิ่งทอจัดได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญมากในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย เนื่องจากมีจำนวนผู้ประกอบการมาก และเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้เครื่องจักรโดยรวมมากกว่า 33 ล้านแรงม้า จึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานมาก เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ

3.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอ

อุตสาหกรรมสิ่งทอไทยประกอบด้วย อุตสาหกรรมต่างๆ 5 อุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเส้นใย อุตสาหกรรมปั่นด้าย อุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า อุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ลายและตกแต่งสำเร็จ และอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มและเสื้อผ้าสำเร็จรูป ซึ่งอุตสาหกรรมทั้ง 5 อุตสาหกรรมนี้มีความเชื่อมโยงกันและกัน ในวงจรการผลิต ผลผลิตอุตสาหกรรมหนึ่งจะไปเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของอีกอุตสาหกรรมหนึ่ง โดยเริ่มตั้งแต่ผลผลิตของอุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ จะเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตของอุตสาหกรรมปั่นด้าย เพื่อนำไปผลิตเป็นเส้นด้าย ผลผลิตเส้นด้ายจะนำไปทอและถักผ้าของอุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า แล้วนำไปผ่านการฟอกย้อม พิมพ์ลาย และตกแต่งสำเร็จ แล้วจึงนำมาผลิตเป็นเครื่องนุ่งห่มและเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีโครงสร้างการผลิตที่แตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่อุตสาหกรรมที่เน้นการใช้ปัจจัยแรงงานในการผลิตมาก (Labor Intensive) ได้แก่อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มและเสื้อผ้าสำเร็จรูป ไปจนถึงอุตสาหกรรม

ที่เน้นการใช้ปัจจัยในการผลิตมาก (Capital Intensive) โดยใช้เครื่องจักรในขบวนการผลิตจำนวนมาก ได้แก่ อุตสาหกรรมเส้นใย อุตสาหกรรมปั่นด้าย ทอผ้าและถักผ้า และฟอกย้อม สำหรับอุตสาหกรรมปั่นด้าย ทอผ้าและถักผ้า ฟอก ย้อม พิมพ์ลาย และตกแต่งสำเร็จนี้มีเทคโนโลยีให้เลือกซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งอุตสาหกรรมที่ใช้ปัจจัยแรงงานในการผลิตมากหรืออุตสาหกรรมที่ใช้ปัจจัยทุนในการผลิตมาก สำหรับขั้นตอนการผลิตของอุตสาหกรรมสิ่งทอไทยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย

1. อุตสาหกรรมสิ่งทอขั้นต้น (Upstream) ได้แก่ อุตสาหกรรมเส้นใยใช้เงินทุนการผลิตมาก และใช้เทคโนโลยีในระดับสูง (Capital Intensive) ใช้แรงงานไม่มาก วัตถุดิบสำคัญในการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ ได้แก่ สารปิโตรเคมี ต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นหลัก ผลผลิตจากอุตสาหกรรมนี้จะนำไปใช้ต่อในอุตสาหกรรมขั้นกลาง

2. อุตสาหกรรมสิ่งทอชั้นกลาง (Midstream) ได้แก่ อุตสาหกรรมปั่นด้าย ทอผ้าและถักผ้า ฟอก ย้อม พิมพ์ลายและตกแต่งสำเร็จ สามารถเลือกใช้เงินทุนการผลิตและเทคโนโลยีในระดับสูงหรือเน้นการใช้แรงงานการผลิตมากได้ ผลผลิตที่ได้จากอุตสาหกรรมชั้นกลางจะนำไปผลิตในอุตสาหกรรมชั้นปลายต่อไป
3. อุตสาหกรรมสิ่งทอชั้นปลาย (Downstream) ได้แก่ อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม และเสื้อผ้าสำเร็จรูป และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานมาก (Labor Intensive) และใช้เงินทุนในการผลิตน้อยเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมขั้นต้นและชั้นกลาง

3.2 ประเภทของอุตสาหกรรมสิ่งทอ

อุตสาหกรรมสิ่งทอไทยประกอบด้วยอุตสาหกรรมย่อยหลายอุตสาหกรรมด้วยกัน คือ อุตสาหกรรมเส้นใยซึ่งเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ อุตสาหกรรมปั่นด้าย อุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า และอุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ เป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำ ส่วนอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำ โดยทุกอุตสาหกรรมย่อยเหล่านี้มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันทั้งระบบดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีรายละเอียดดังนี้

1. อุตสาหกรรมเส้นใย สามารถแบ่งประเภทของเส้นใยออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- เส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยฝ้าย เส้นใยไหม ลินิน ป่าน ปอ เป็นต้น ซึ่งนิยมใช้เส้นใยฝ้ายมากที่สุด และประเทศไทยจำเป็นต้องนำเข้าฝ้ายจากต่างประเทศเกือบทั้งหมดเนื่องจากภูมิอากาศของประเทศไทยไม่เหมาะสมกับการปลูกฝ้าย

- เส้นใยสังเคราะห์ ได้แก่ เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เส้นใยไนลอน เส้นใยอะครีลิก และเส้นใยเรยอน

อุตสาหกรรมเส้นใยเป็นอุตสาหกรรมที่มีการลงทุนสูง แต่ปัญหาสำคัญของอุตสาหกรรมนี้คือ การผลิตวัตถุดิบเพื่อป้อนให้กับอุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการ และสามารถผลิตวัตถุดิบได้เพียงไม่กี่ชนิด

2. อุตสาหกรรมปั่นด้าย เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบเส้นใยสังเคราะห์มาจากภายในประเทศเป็นหลัก แต่บางส่วนต้องนำเข้าฝ้ายจากต่างประเทศ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปั่นด้าย ได้แก่

- เส้นด้ายฝ้าย ซึ่งแบ่งเป็นเส้นด้ายสำหรับทอผ้า และเส้นด้ายสำหรับเย็บผ้า
- เส้นด้ายใยสังเคราะห์ ได้แก่ เส้นด้ายโพลีเอสเตอร์ เส้นด้ายไนลอน เส้นด้ายอะครีลิกและเส้นด้ายเรยอน

ในอดีตจะผลิตเส้นด้ายฝ้ายเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันได้นำเส้นใย 2 ประเภทมาผสมกัน เพื่อให้เส้นด้ายมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปตามความต้องการของตลาด

3. อุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมปั่นด้าย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า ได้แก่

- ผ้าทอ ประกอบด้วยผ้าทอจากใยฝ้าย ใยสังเคราะห์ และใยผสม
- ผ้าถัก ประกอบด้วยผ้าถักจากใยฝ้าย ใยสังเคราะห์ และใยผสม

4. อุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ จัดเป็นอุตสาหกรรมขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตผ้าก่อนออกสู่ผู้บริโภคหรือโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยเพิ่มคุณค่าให้ผ้าฝ้ายในด้านความสวยงาม นำใช้ สวมใส่สบาย และเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานในกิจกรรมต่างๆ

นอกจากนี้อุตสาหกรรมนี้ยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผ้าฝ้ายได้ถึง 2-3 เท่าตัว โดยผ่านกระบวนการฟอก คือ การทำให้ผ้าขาวและสะอาด ก่อนที่จะทำการย้อมสีและพิมพ์ตามที่ต้องการ แล้วจึงทำการแต่งสำเร็จคือ ทำให้ผ้ามีคุณสมบัติต่างๆ เช่น อ่อนนุ่ม มัน เงา กันน้ำ หรือยับยาก เป็นต้น

5. อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม เป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำของระบบโครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย ซึ่งการผลิตส่วนใหญ่ยังใช้เครื่องจักรที่มีอายุการใช้งานมานาน แต่อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มก็ยังเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการส่งออกสูงสุด เนื่องจากแรงงานไทยเป็นแรงงานที่มีฝีมือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีความประณีต ทำให้เป็นที่ต้องการของตลาด โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม ได้แก่

- เสื้อผ้าสำเร็จรูปจากการทอ
- เสื้อผ้าสำเร็จรูปจากการถัก

นอกจากอุตสาหกรรมสิ่งทอที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุตสาหกรรมไหม อุตสาหกรรมนอนูฟเวน(ซึ่งผลิตผ้าอ้อมเด็ก ชุดผ้าตัดของแพทย์ผลิตภัณฑ์ไว้ใช้ในโรงพยาบาล) และอุตสาหกรรมสิ่งทอเพื่อการเคหะ เป็นต้น

3.3 ข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า

อุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า ส่วนใหญ่เป็นการผลิตเพื่อใช้ภายในประเทศคิดเป็นร้อยละ 70 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 30 เป็นการผลิตเพื่อการส่งออก โดยในสัดส่วนที่ผลิตเพื่อใช้

ภายในประเทศร้อยละ 80 จะถูกส่งเข้าอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ขณะที่อีกร้อยละ 20 จะจำหน่ายในรูปผ้าผืน

ในอดีตอุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า มีการใช้แรงงานจำนวนมาก แต่ในปัจจุบันอุตสาหกรรมได้ปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เข้ามาสนับสนุนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.3.1 การผลิตและการบริโภค

ก) ผ้าทอ

การผลิตผ้าทอมีส่วนการผลิตประมาณร้อยละ 66 ของปริมาณการผลิตผ้าทั้งหมด แบ่งเป็นการผลิตผ้าทอจากฝ้ายร้อยละ 46 และผ้าทอจากใยสังเคราะห์ร้อยละ 54 โดยในปี 2547 มีปริมาณการผลิตผ้าทอทั้งหมด 487,900 ตัน (แบ่งเป็นผ้าฝ้าย 222,000 ตัน และผ้าใยสังเคราะห์ 265,900 ตัน) เพิ่มขึ้น 21,700 ตัน เมื่อเทียบกับปี 2543 โดยผลผลิตที่ได้จากอุตสาหกรรมทอผ้าครึ่งหนึ่งจะใช้ภายในประเทศ ส่วนอีกครึ่งหนึ่งจะทำการส่งออก ทั้งนี้ ปริมาณการผลิตผ้าทอเริ่มปรับตัวสูงขึ้นตั้งแต่ปี 2543 – 2545 เนื่องจากการบริโภคผ้าทอที่เพิ่มขึ้น โดยในปี 2547 ปริมาณการบริโภคผ้าทอทั้งหมดมี 432,500 ตัน (แบ่งเป็นผ้าฝ้าย 200,200 ตัน และผ้าใยสังเคราะห์ 232,200 ตัน) เพิ่มขึ้น 26,100 ตัน เมื่อเทียบกับปี 2543 และเป็นที่น่าสังเกตว่า ตั้งแต่ปี 2543 เป็นต้นมา ปริมาณการบริโภคสูงขึ้นทุกปี จนถึงปี 2546 มีการปรับลดลงเล็กน้อย เนื่องจากใช้ผ้าถักมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ข) ผ้าถัก

การผลิตผ้าถักมีส่วนการผลิตประมาณร้อยละ 34 ของปริมาณการผลิตผ้าทั้งหมด ผ้าถักที่ผลิตได้ส่วนใหญ่เป็นชนิด Circular Knit ซึ่งทำจากผ้าฝ้าย ผ้าใยสังเคราะห์ หรือผ้าผสมระหว่างฝ้ายและใยสังเคราะห์ โดยในปี 2547 มีปริมาณการผลิตผ้าถัก 254,000 ตัน เพิ่มขึ้น 15,200 ตัน เมื่อเทียบกับปี 2543 ซึ่งในแต่ละปีผลผลิตที่ได้จากอุตสาหกรรมถักผ้าประมาณร้อยละ 95 ใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศ และอีกร้อยละ 5 เป็นการผลิตเพื่อการส่งออก สำหรับการบริโภคผ้าถักพบว่า ในปี 2547 มีปริมาณการบริโภคทั้งหมด 257,000 ตัน เพิ่มขึ้น 3,900 ตัน เมื่อเทียบกับปี 2543 อย่างไรก็ตามแม้ประเทศไทยจะสามารถผลิตผ้าถักเพิ่มขึ้นก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลในช่วงระหว่างปี 2543 – 2547 พบว่า ปริมาณการบริโภคผ้าถักของไทยมีมากกว่าการผลิต จึงทำให้ต้องมีการนำเข้าผ้าถักจากต่างประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ปริมาณการผลิตและการบริโภคของผ้าทอ

	2543	2544	2545	2546	2547
ปริมาณการผลิต (1,000) ตัน					
ผ้าฝ้าย	190.7	211.4	237.3	229.6	222.0
ผ้าใยสังเคราะห์	275.5	262.7	276.9	261.1	265.9
ปริมาณการผลิตทั้งหมด	466.2	474.1	514.2	490.7	487.9
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)	18.7	7.7	8.5	-4.6	-0.6
ปริมาณการบริโภค (1,000) ตัน					
ผ้าฝ้าย	168.5	118.0	215.7	207.0	200.2
ผ้าใยสังเคราะห์	237.9	238.2	248.4	231.2	232.3
ปริมาณการบริโภคทั้งหมด	406.4	426.2	464.1	438.2	432.5
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)	24.5	4.9	8.9	-5.6	-1.3

ที่มา : ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3.2 ปริมาณการผลิตและการบริโภคของผ้าถัก

	2543	2544	2545	2546	2547
ปริมาณการผลิต (1,000) ตัน	238.8	244.7	251.5	255.6	254.0
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)	19.5	2.5	2.8	1.6	-0.6
ปริมาณการบริโภค (1,000) ตัน	253.1	253.2	256.1	259.9	257.0
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)	19.5	0.04	1.1	1.5	-1.1

ที่มา : ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

3.3.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลักที่ใช้ในการผลิตผ้าฝ้าย คือ เส้นด้าย คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 35 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด โดยมีสัดส่วนการใช้เส้นด้ายที่ผลิตในประเทศ ต่อการนำเข้าเส้นด้ายจากต่างประเทศคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 50:50 เส้นด้ายที่นำเข้าส่วนใหญ่เป็นเส้นด้ายที่มีคุณภาพดี และจากการที่ต้องนำเข้าเส้นด้ายนี้เอง ส่งผลให้ผ้าฝ้ายมีราคาสูงขึ้น ประกอบกับภาครัฐได้มีการจัดเก็บภาษีเส้นด้ายในอัตราสูงถึงร้อยละ 20-25 ซึ่งเป็นอัตราภาษีที่สูงกว่าประเทศคู่แข่ง ที่มีอัตราการจัดเก็บภาษีนำเข้าในอัตราร้อยละ 0-20

ตารางที่ 3.3 อัตราภาณีนำเข้าเส้นด้ายที่ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้าปี 2547

ประเทศ	อัตราภาณีนำเข้า
ไทย	20-25
อินโดนีเซีย	15-20
มาเลเซีย	5
ฟิลิปปินส์	15-20
สิงคโปร์	0
ไต้หวัน	0

หน่วย : ร้อยละ

ที่มา : กรมศุลกากร

3.3.3 กระบวนการผลิต

ก) การสืบด้าย (Warping)

การสืบเส้นด้ายยืนหรือการเตรียมเส้นด้ายยืน (Warping) ทำโดยนำหลอดด้ายไปแขวนเรียงกันบนแผงหลอด (Creel) และใช้เครื่องสืบเป็นตัวสาวเส้นด้ายทั้งหมดให้เรียงเส้นออกมาพร้อมกัน เส้นด้ายแต่ละเส้นที่วิ่งออกจากหลอดด้ายจะร้อยผ่านอุปกรณ์ควบคุมความตึง (Tension) ด้วยน้ำหนักที่เหมาะสม ผ่านหัวควบคุมความกว้างของแผ่นเส้นยืน แล้วจึงม้วนเข้าปี่มสืบ (Warp beam) ตามความยาวที่ต้องการ ในอุตสาหกรรมทอผ้า มีการสืบด้าย 2 วิธีคือ การสืบด้ายแบบโดยตรง และการสืบด้ายแบบเป็นแถบ

การสืบด้ายแบบโดยตรง (Direct warping) เส้นด้ายจะถูกสาวจากราวตั้งหลอด (Creel) ม้วนเข้าสู่อุปกรณ์โดยตรง เป็นการสืบด้ายสำหรับผ้าที่มีเส้นด้ายยืนเบอร์เดียวกัน และชนิดเดียวกันตลอดทั้งผืน ผ้าที่ผ่านการสืบด้ายด้วยวิธีนี้จะนำไปย้อมสีภายหลังเป็นสีเดียวกันตลอดทั้งผืน เรียกว่า piece dyed fabric ตามปกติวิธีนี้จะใช้สืบด้ายในโรงงานสำหรับทอผ้าดิบเป็นจำนวนมาก ความยาวขึ้นอยู่กับเบอร์ด้าย แต่เนื่องจากหลอดด้ายบนแผงมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนเส้นยืนในผืนผ้า ดังนั้นจึงต้องทำการสืบด้ายหลายๆ ครั้งเพื่อให้ด้ายยืนตามที่ต้องการในแต่ละปี่ม

การสืบด้ายแบบเป็นแถบ (Sectional warping) การเตรียมคล้ายกันกับการสืบด้ายแบบโดยตรง ต่างกันตรงที่การสืบด้ายวิธีนี้ใช้สำหรับผ้าทอที่มีเส้นด้ายยืนหลายสี (Yam dyed fabric) หรือมีขนาดเส้นด้ายต่างกัน ซึ่งไม่สามารถ สืบด้วยวิธีแรกได้ เนื่องจากเส้นด้ายจะไม่เรียงสีในตำแหน่งที่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องสืบเป็นแถบตามลำดับการจัดเรียงสีของผ้า เส้นด้ายจะถูกร้อยผ่านอุปกรณ์ควบคุมความตึง ร้อยผ่านหัวแยกเส้นด้าย (Leasing reed) และหัวสืบ (Sectional reed) ซึ่งเป็นตัวควบคุมให้เส้นด้ายมีระยะเท่ากันกับความถี่ เส้นด้ายแต่ละแถบที่ทำ

การสับจะถูกพับไว้บนลูกกลิ้งขนาดใหญ่เรียกว่า Warping drum เมื่อสับจนครบทุกแถบสีเส้นด้ายทั้งหมดจะถูกถ่ายใส่ปืม (Loom beam) อีกครั้งหนึ่งเพื่อนำไปลงเบี่ยงต่อไป

ข) การลงเบี่ยงด้ายยืน (Wrap sizing)

ในการทำงานของเครื่องทอผ้าจะสังเกตเห็นว่า เส้นด้ายจะได้รับแรงดึงตลอดเวลา ทั้งต้องเจอกับแรงเสียดสีหรือขัดถูจากกระดูกตะกอก และฟันหวี แม้กระทั่งจากการขัดสีเส้นด้ายด้วยตัวเอง จึงจำเป็นต้องลงเบี่ยงโดยเฉพาะเส้นด้ายด้วยฝ้าย เพื่อป้องกันมิให้เส้นด้ายยืนสึกหรือหรือขาดบ่อยในขณะทำการทอและเพื่อเพิ่มหรือปรับปรุงประสิทธิภาพของการทอ เนื่องจากปริมาณของเส้นด้ายยืนที่ขาดบ่อยครั้งในระหว่างการทอผ้า จะทำให้ประสิทธิภาพของการทอต้องลดลง เพราะเครื่องทอต้องหยุดบ่อย ดังนั้นการลงเบี่ยงเส้นด้ายยืนจะช่วยให้เส้นด้ายยืนมีความเหนียวเพิ่มขึ้น มีผิวลื่น ยืดหยุ่นได้ดี และมีความโค้งงอที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังช่วยให้ผิวสัมผัสดีขึ้น คือ ช่วยทำให้ผิวของเส้นด้ายราบเสมอกัน และในสารลงเบี่ยงจะมีไขมันหรือสารหล่อลื่นผสมอยู่ จึงช่วยให้ผิวเส้นด้ายเรียบและลดการเสียดสีขณะทำการทอ

ค) การร้อยเส้นด้าย (Drawing-in)

เป็นการนำเส้นด้ายยืนทุกเส้นมาร้อยผ่านเข้าอุปกรณ์ของเครื่องทอ คือ ครอบไวร์ (Drop wires) ลวดตะกอก (Wire healds) และฟันหวี (Reed) ตามลำดับเริ่มจาก ร้อยเส้นยืนเข้าแผ่นครอบไวร์ (Drop wire drawing-in) เป็นอุปกรณ์ของกลไกหยุดเครื่องเมื่อเส้นด้ายขาด (Warp stop motion) โดยมีจำนวนเท่ากับเส้นยืนในเครื่องทอ หลังจากนั้น ร้อยเส้นยืนเข้าตะกอก (Wire heald drawing-in) ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับเปิดช่องเส้นยืนขาด (Wrap shed) เพื่อสอดใส่ด้ายพุ่งเข้าไจนตลอดหน้าผ้า และจะปลดช่องเส้นด้ายยืนเพื่อขัดเส้นพุ่งไว้ ตะกอกจะเปิดเพื่อสอดด้ายพุ่งเส้นต่อไป โดยตะกอกจะมีหน้าที่สำคัญสำหรับควบคุมเส้นยืน ทำให้เกิดลวดลายต่างๆ ที่สวยงามตามแนวเส้นยืน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีร้อยตะกอก สุดท้ายเป็นการร้อยเส้นยืนเข้าฟันหวี (Reed drawing-in) เป็นตัวกำหนดระยะความถี่ของช่องฟันหวี จะบ่งบอกถึงลักษณะของผ้า ว่ามีความละเอียดหรือหยาบมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ฟันหวีจะควบคุมเส้นด้ายที่ถูกร้อยเข้ามาให้ถี่-ห่างเป็นระยะเท่าๆ กัน ควบคุมความกว้างของผ้าที่ทอ เป็นแนวกันด้านข้างของกระสวยขณะวิ่งไปมา (เฉพาะเครื่องทอระบบกระสวย) และเป็นตัวกระทบเส้นด้ายพุ่งให้ชิดกันเป็นผ้าผืน

ง) การทอผ้า (Weaving)

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมทอผ้าไทยได้นำเครื่องทอผ้าสมัยใหม่ระบบไร้กระสวย (Shuttle less weaving machine) มาทดแทนเครื่องทอผ้ารุ่นเก่า โดยเครื่องทอแบบไร้กระสวยนี้มีความเร็วสูง และผลิตผ้าทอที่มีคุณภาพ

จ) การถักผ้า (Knitting)

การถักผ้ามีกระบวนการเปลี่ยนแปลงคล้ายกันกับการทอผ้า โดยเริ่มจากการถักผ้าด้วยมือ จากนั้นจึงพัฒนาต่อมาเป็นการถักด้วยเครื่องจักร หลักการของการถักผ้า เกิดจากการใช้เส้นด้ายเพียงชุดเดียวทำให้เกิดการคล้องกันบนห่วงถัก โดยอาศัยเข็มถักเป็นตัวแทนหลัก ห่วงที่คล้องต่อเนื่องกันทำให้ผ้าถักมีคุณสมบัติเด่นในด้านของการยืดดึงทุกทิศทาง แม้ว่าจะใช้ด้ายที่มีคุณสมบัติการยืดตัวต่ำมาเป็นวัตถุดิบก็ตามการถักผ้าแบ่งออกเป็นสองชนิด คือ การถักตามแนวขวางหรือแนวนอน และการถักตามแนวยาวหรือดิ่ง

- การถักตามแนวขวางหรือแนวนอน

เป็นการถักผ้าที่นำด้ายมาคล้องกันเป็นห่วงต่อกันตามแนวขวางหรือแนวนอน การถักในลักษณะนี้สามารถทำได้ทั้งถักด้วยมือหรือเครื่องถักผ้า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นผืนหรือเป็นวงกลม โดยทั่วไปผ้าถักตามแนวขวางแบ่งออกตามลักษณะของห่วงได้ 3 แบบ คือ

- ผ้าถักแบบธรรมดา (Plain Knit)
- ผ้าถักแบบริบ (Rib Fabrics)
- ผ้าถักแบบเพิร์ล (Purl Fabric)

- การถักตามแนวยาวหรือแนวดิ่ง

มีลักษณะแตกต่างจากระบบการถักแบบแนวขวาง คือ ลักษณะของด้ายที่ป้อนเข้าเข็มโดยการถักผ้าแบบแนวยาว เข็มแต่ละตัวต่างได้รับเส้นด้ายป้อนเข้าและเกิดการทำงานไปพร้อมกัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการถักผ้าตามแนวยาวส่วนมากจะออกมาเป็นผืนสามารถถักได้หลายลายคล้ายผ้าทอ ชนิดของผ้าถักตามแนวยาวมีหลายแบบดังนี้

- ผ้าถักแบบทริคอต (Tricot Knit)
- ผ้าถักแบบราเชล (Racschel Knit)
- ผ้าถักแบบมิลานีส (Milanese Knit)
- ผ้าถักแบบซิมเพล็กซ์ (Simplax Knit)

3.3.4 เทคโนโลยีการผลิต

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเป็นเครื่องจักรที่นำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมด ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ เครื่องทอผ้า และเครื่องถักผ้า

ก) เครื่องทอผ้า

เครื่องทอผ้ามีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ มีกระสวย และไร้กระสวย ความแตกต่างระหว่างเครื่องทอผ้าแบบมีกระสวยและแบบไร้กระสวยสามารถสรุปเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 3.4 เครื่องทอผ้าส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 80 เป็นเครื่องทอผ้าแบบมีกระสวย มีอายุการใช้งานมานานกว่า 10 ปี ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องทอผ้าที่ล้าสมัย และมีประสิทธิภาพต่ำ ต่างจากเครื่องทอผ้าแบบไร้

กระสวยซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่า และให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ อีกทั้งยังใช้แรงงานจำนวนน้อย ทำให้สามารถลดต้นทุนด้านแรงงานได้อีกทางหนึ่ง กล่าวได้ว่า การใช้เครื่องทอผ้าแบบไร้กระสวยเป็นยกระดับคุณภาพของผ้า และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ สำหรับตัวอย่างของเครื่องทอผ้าแบบไร้กระสวย ได้แก่ เครื่องทอแบบ Rapier , Air-jet , Water-jet และ Projectile ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป สรุปได้ดังนี้

- เครื่องแรเพียร์ (Rapier)

1. เหมาะกับการทอผ้าแบบลายสลักสีด้วยด้ายพุ่งประเภท Yarn dyed fabric โดยเฉพาะผ้าที่มีการสลักสีด้วยพุ่ง 4 สี 18 ตะกอขึ้นไป

2. ไม่เหมาะกับการทอผ้าที่ต้องการจำนวนมากในแต่ละครั้ง

3. เส้นด้ายพุ่งที่ใช้ไม่จำเป็นต้องมีคุณภาพสูง เนื่องจากความเร็วรอบต่ำกว่าเครื่องทอด้วยแรงลม

- เครื่องทอด้วยลม (Air-jet)

1. เครื่องจะเน้นการทอครั้งละมาก ๆ และเป็นผ้าทอลายธรรมดา

2. สามารถทอผ้าคุณภาพสูง ผ้าเนื้อแน่น ความเร็วประมาณ 650 รอบต่อนาที

- เครื่องทอด้วยน้ำ (Water-jet)

ใช้พลังงานต่ำกว่าเครื่องทอผ้าไร้กระสวยอื่น ๆ แต่คุณภาพเส้นด้ายจากเครื่องทอด้วยน้ำของไทยไม่ค่อยได้มาตรฐาน จึงมีแนวโน้มที่จะนำเครื่องทอผ้าด้วยลมเข้ามาแทนที่

- เครื่องทอแบบโปรเจกไทล์ (Projectile)

ปัจจุบันโรงงานใช้เครื่องทอผ้าแบบโปรเจกไทล์กันมาก เพราะไม่มีปัญหายุ่งยากในการซ่อมบำรุง และช่างเครื่องสามารถพัฒนาจากระบบกระสวยมาใช้ระบบโปรเจกไทล์ได้ดี ผ้าทอที่ผลิตได้มีคุณภาพ

ตารางที่ 3.4 การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องทอผ้าแบบมีกระสวยและแบบไร้กระสวย

	เครื่องทอผ้ามีกระสวย	เครื่องทอผ้าไร้กระสวย
เงินลงทุน	50,000 บาท	7 แสน - 2 ล้านบาท
ประสิทธิภาพ	ต่ำ - ปานกลาง	สูงกว่า 2 - 3 เท่า
การพึ่งพาแรงงาน	Labor Intensive	Capital Intensive
ความเร็ว (รอบต่อนาที)	150 - 220 RPM	600 - 800 RPM

ที่มา : สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย

จากข้อมูลจำนวนเครื่องทอผ้า ระหว่างปี 2538-2547 พบว่าในปี 2547 มีจำนวนเครื่องทอผ้า 129,470 เครื่อง ลดลง 5,846 เครื่อง เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2538 ซึ่งการลดลงของเครื่องทอผ้าดังกล่าวมีสาเหตุมาจากการปิดกิจการของโรงงาน ตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 จำนวนเครื่องทอผ้า

อุตสาหกรรมทอผ้า	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
จำนวนเครื่องจักร (เครื่อง)	135,316	132,436	133,861	131,479	130,991	130,502	130,231	130,513	130,225	129,470
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)		(-2.1)	1.1	(-1.8)	(-0.4)	(-0.4)	(-0.2)	0.2	(-0.2)	(-0.6)

ที่มา : ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

ข) เครื่องถักผ้า

เครื่องถักผ้าถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ.2141 ในประเทศอังกฤษ และได้พัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นตามลำดับ สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันมีเครื่องถักผ้าหลายชนิด แตกต่างตามลักษณะการใช้งาน มีทั้งเครื่องถักแบบแนวนอนหรือแนวขวาง (Weft knitting machine) และเครื่องถักแบบแนวตั้งหรือแนวยืน (Warp knitting machine) เทคโนโลยีส่วนใหญ่นำเข้ามาจากอิตาลี ไต้หวัน และญี่ปุ่น ปัจจุบันมีเครื่องถักแบบวงกลม สามารถถักผ้าได้ถึง 6 สี รวมถึงเครื่องแจ๊คการ์ดที่สามารถทำลวดลายต่างๆ บนผ้าถักได้

ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมถักผ้าได้พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมาโดยตลอด จึงไม่ประสบปัญหาในเรื่องเทคโนโลยีและเครื่องจักร ในส่วนเครื่องถักผ้านั้น พบว่า มีจำนวนลดลงตั้งแต่ปี 2539 - 2542 และปรับตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในปี 2547 มีจำนวนเครื่องจักรทั้งสิ้น 112,354 เครื่อง ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 จำนวนเครื่องถักผ้า

อุตสาหกรรมถักผ้า	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
จำนวนเครื่องจักร (เครื่อง)	116,813	112,597	111,977	111,291	111,120	111,372	112,019	112,315	113,082	112,354
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)		(-3.6)	(-0.6)	(-0.6)	(-0.2)	0.2	0.6	0.3	0.7	(-0.6)

ที่มา : ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

ค) การนำเข้าเครื่องทอผ้าและถักผ้า

ในปี 2547 มีมูลค่าการนำเข้าเครื่องทอผ้า 2,136.6 ล้านบาท ลดลงจากมูลค่า 2,855.5 ล้านบาท ในปี 2546 หรือลดลงร้อยละ 25.2 ซึ่งมีมูลค่าการนำเข้าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากปี 2542 และลดลงเล็กน้อยในปี 2545 ส่วนมูลค่าการนำเข้าเครื่องถักผ้าในปี 2547 มีมูลค่าประมาณ 4,221.3 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจาก 2,959.4 ล้านบาท ในปี 2546 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 42.6 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา

ตารางที่ 3.7 มูลค่าการนำเข้าเครื่องทอผ้าและถักผ้า

(มูลค่า : ล้านบาท)

	2542	2543	2544	2545	2546	2547
เครื่องทอผ้า	1,289.60	2,071.80	2,481.10	2,026.90	2,855.50	2,136.60
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)		60.7	19.8	(-18.3)	40.9	(-25.2)
เครื่องถักผ้า	2,312.20	3,675.40	3,207.20	3,594.20	2,959.40	4,221.30
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)		59.0	(-12.7)	12.1	(-17.7)	42.6

ที่มา : ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

3.3.5 จำนวนโรงงาน และการจ้างงาน

อุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้ามีจำนวนโรงงานและการจ้างงานเป็นอันดับสอง รองจากอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม โดยโรงงานทอผ้าและถักผ้าขนาดกลางและเล็กมีจำนวนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80 และอีกร้อยละ 20 เป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่เน้นการใช้เครื่องจักรเป็นส่วนใหญ่ ในปี 2547 มีจำนวนโรงงานทอผ้าและถักผ้ารวม 1,319 โรงงาน หรือคิดเป็นร้อยละ 29.5 ของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งหมด

ก) อุตสาหกรรมทอผ้า

ในปี 2547 อุตสาหกรรมทอผ้ามีจำนวนโรงงานทั้งสิ้น 661 โรง ลดลง 80 โรงเมื่อเทียบกับปี 2538 ซึ่งการลดลงของจำนวนโรงงานทอผ้าดังกล่าว เป็นผลอันเนื่องมาจากภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งนี้ โรงงานจำนวนทอผ้าคิดเป็นร้อยละ 14.8 ของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 3.8

สำหรับการจ้างงานของอุตสาหกรรมทอผ้า มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 5.3 ของการจ้างงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งหมด โดยในปี 2547 มีการจ้างงาน 56,760 คน ลดลง 8,830 คน เมื่อเทียบกับปี 2538 และเป็นที่น่าสังเกตว่าในช่วงระหว่างปี 2541-2544 มีจำนวนการจ้างงานลดลงเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากการปิดกิจการของโรงงานต่างๆ ในช่วงสภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 3.8

ข) อุตสาหกรรมถักผ้า

ในปี 2547 อุตสาหกรรมถักผ้า มีจำนวนโรงงานทั้งสิ้น 658 โรง ลดลง 85 โรง เมื่อเทียบกับปี 2538 ซึ่งเป็นการลดลงเนื่องจากภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งนี้ จำนวนโรงงานถักผ้าคิดเป็นร้อยละ 14.7 ของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 3.9

ในปี 2547 มีการจ้างงาน 59,710 คน ลดลง 8,130 คน เมื่อเทียบกับปี 2538 ทั้งนี้ การจ้างงานปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่อง ในช่วงปี 2538-2542 และขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยมาตั้งแต่ปี 2543 ดังแสดงในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.8 จำนวนโรงงานและการจ้างงานของอุตสาหกรรมทอผ้า

	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
โรงงานทอผ้า (แห่ง)	741	711	726	698	685	677	675	681	673	661
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)		(-4.0)	2.1	(-3.9)	(-1.9)	(-1.2)	(-0.3)	0.9	(-1.2)	(-1.8)
การจ้างงาน (คน)	65,590	63,570	64,250	60,730	59,540	58,870	58,730	58,980	57,880	56,760
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)		(-3.1)	1.1	(-5.5)	(-2.0)	(-1.1)	(-0.2)	0.4	(-1.9)	(-1.9)

ที่มา : ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3.9 จำนวนโรงงานและการจ้างงานของอุตสาหกรรมผ้า

	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
โรงงานผ้า (แห่ง)	743	675	665	629	625	631	657	664	675	658
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)		(-9.2)	(-1.5)	(-5.4)	(-0.6)	1.0	4.1	1.1	1.7	(-2.5)
การจ้างงาน (คน)	67,840	61,850	60,670	58,870	58,480	58,740	59,790	59,930	60,280	59,710
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)		(-8.8)	(-1.9)	(-3.0)	(-0.7)	0.4	1.8	0.2	0.6	(-0.9)

ที่มา : ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

3.3.6 การตลาด

ก) ตลาดในประเทศ

อุตสาหกรรมทอผ้าและผ้าของไทยมีตลาดในประเทศเป็นตลาดหลัก โดยมีสัดส่วนการบริโภคในประเทศคิดเป็นร้อยละ 70 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ซึ่งร้อยละ 80 ของผ้าฝ้ายที่บริโภคในประเทศจะถูกส่งเข้าโรงงานเสื้อผ้าสำเร็จรูป

เมื่อพิจารณาแนวโน้มความต้องการผ้าฝ้ายแต่ละชนิดในตลาดในประเทศแล้วพบว่าผ้าทอที่มีสัดส่วนในการบริโภคที่มากกว่าผ้าถักนั้น จะมีแนวโน้มความต้องการที่ลดลง เนื่องจากผ้าทอที่ผลิตในไทยส่วนใหญ่เป็นผ้าทอคุณภาพต่ำที่มีราคาสูง เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าทอคุณภาพเดียวกันที่นำเข้าจากไต้หวันหรือเกาหลีใต้ซึ่งมีราคาต่ำกว่า และการนำเข้างดงกล่าวเป็นการนำเข้าผ้าฝ้ายแต่งสำเร็จที่ผ่านกระบวนการฟอกย้อมแล้ว ทั้งนี้ เนื่องจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมพิมพ์ และแต่งสำเร็จของไทยยังไม่สามารถผลิตผ้าฝ้ายแต่งสำเร็จที่มีคุณภาพสูงได้ ส่งผลให้ผู้บริโภค ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานเสื้อผ้าสำเร็จรูปหันไปนำเข้าผ้าฝ้ายจากต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น โรงงานทอผ้าของไทยจำเป็นต้องเร่งพัฒนาประสิทธิภาพการผลิต เพื่อรักษาส่วนแบ่งตลาดภายในประเทศ

สำหรับผ้าถักยังปริมาณความต้องการที่มากกว่าปริมาณการผลิต สาเหตุที่ผู้ประกอบการไม่ขยายกำลังการผลิตเพื่อรองรับปริมาณความต้องการส่วนเกินนี้ เนื่องจากการลงทุนสร้างโรงงานใหม่หรือการขยายกำลังการผลิต ต้องอาศัยเงินลงทุนเป็นจำนวนมาก ในขณะที่ปริมาณความต้องการส่วนเกินยังไม่มากพอที่จะจูงใจให้ผู้ประกอบการลงทุนขยายกำลังการผลิตเพื่อรองรับความต้องการส่วนเกินดังกล่าวได้

ข) ตลาดต่างประเทศ

1) การนำเข้า

จากข้อมูลปริมาณ และมูลค่าการนำเข้าผ้าฝ้าย พบว่า ในปี 2547 มีมูลค่าการนำเข้าผ้าฝ้ายทั้งหมด 49,147.2 ล้านบาท มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.64 เมื่อเทียบกับปี 2546 โดยตลาดนำเข้าผ้าฝ้ายที่สำคัญของไทย ได้แก่ จีนมีมูลค่าการนำเข้า 15,441.3 ล้านบาท หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 31.42 รองลงมา ได้แก่ ใต้หวัน และญี่ปุ่น มีมูลค่าการนำเข้า 9,884.7 และ 4,858.2 ล้านบาท ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 20.11 และ 9.88 ของมูลค่านำเข้าผ้าฝ้ายทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าผ้าฝ้าย

รายการ	มูลค่า : ล้านบาท		อัตราการขยายตัว : ร้อยละ		สัดส่วน : ร้อยละ	
	2546	2547	2546	2547	2546	2547
จีน	13,232.50	15,441.30	4.66	16.69	28.71	31.42
ใต้หวัน	9,891.80	9,884.70	-13.4	-0.07	21.46	20.11
ญี่ปุ่น	5,211.80	4,858.20	6.5	-6.78	11.31	9.88
ฮ่องกง	3,705.60	4,532.70	7.32	22.32	8.04	9.22
เกาหลีใต้	4,605.30	4,065.90	-9.76	-11.71	9.99	8.27
อิตาลี	1,885.40	2,256.80	-2.92	19.7	4.09	4.59
อินโดนีเซีย	1,695.70	1,641.60	27.58	-3.19	3.68	3.34
สหรัฐอเมริกา	1,115.80	1,156.50	-15.96	3.65	2.42	2.35
สหราชอาณาจักร	751.4	762	-9.32	1.41	1.63	1.55
ฝรั่งเศส	483.3	612.2	16.51	26.67	1.05	1.25
รวม 10 รายการ	42,578.60	45,212.10	-1.8	6.19	92.39	91.99
อื่นๆ	3,506.90	3,935.10	10.73	12.21	7.61	8.01
มูลค่ารวม	46,085.50	49,147.20	-0.95	6.64	100	100

ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร

2) การส่งออก

การส่งออกผ้าฝ้าย มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 16 ของมูลค่าการส่งออกสิ่งทอไทยทั้งหมด โดยในปี 2547 มีมูลค่า 41,486.5 ล้านบาท มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.2 เมื่อเทียบกับปี 2546 ตลาดส่งออกผ้าฝ้ายหลักของไทย คือ สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ มูลค่าส่งออก 3,317 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 8 ของมูลค่าส่งออกผ้าฝ้ายทั้งหมด รองลงมาได้แก่ จีน และสหรัฐอเมริกา มีมูลค่า 3,153.6 และ 3,074.8 ล้านบาท ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 7.6 และ 7.4 ของมูลค่าส่งออกผ้าฝ้ายทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 3.11

ประเทศไทยมีสัดส่วนการส่งออกผ้าฝ้ายคิดเป็นร้อยละ 30 ของปริมาณผ้าฝ้ายที่ผลิตได้ทั้งหมด โดยในจำนวนนี้แบ่งเป็นการส่งออกผ้าทอใยสังเคราะห์ ร้อยละ 68 ผ้าทอฝ้าย ร้อยละ 30 และผ้าถักอีกร้อยละ 2 ซึ่งการส่งออกผ้าฝ้ายของไทยส่วนใหญ่เป็นการส่งออกผ้าฝ้ายชนิดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแต่งสำเร็จ เนื่องจากข้อจำกัดในด้านประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์ และแต่งสำเร็จของไทยที่ยังไม่ได้มาตรฐานสากล

เมื่อพิจารณารายผลิตภัณฑ์แล้ว พบว่า ผ้าถักยังคงมีมูลค่าการส่งออกเติบโตอย่างต่อเนื่อง แต่เนื่องจากไทยมีมูลค่าการส่งออกผ้าถักเพียงร้อยละ 2 ของมูลค่าการส่งออกรวม การเพิ่มขึ้นในส่วนนี้จึงไม่ทำให้ตัวเลขการส่งออกผ้าฝ้ายโดยรวมเพิ่มมากขึ้น

สำหรับมูลค่าการส่งออกผ้าทอโดยรวมแม้ว่าจะมีการปรับตัวลดลง แต่เมื่อพิจารณาตลาดส่งออกหลักของไทยแล้ว พบว่า การลดลงของมูลค่าการส่งออกไม่ได้ลดลงในทุกตลาด โดยตลาดส่งออกหลักของไทยที่ยังคงมีการขยายตัว ได้แก่ ฮองกง ญี่ปุ่น เบลเยียม เยอรมนี และอิตาลี ส่วนสหรัฐอเมริกาและสหราชอาณาจักรเป็นตลาดที่มีมูลค่าการส่งออกที่ลดลง โดยประเทศเหล่านี้เป็นตลาดหลักของไทยสำหรับผ้าฝ้ายคุณภาพดีที่มีราคาสูง ส่วนการส่งออกผ้าทอคุณภาพต่ำ มูลค่าการส่งออกได้ลดลงในทุกตลาดที่เป็นตลาดหลักของไทย ยกเว้นจีน เวียดนาม และกัมพูชา ที่ยังคงมีมูลค่า การส่งออกที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมูลค่าการส่งออกในตลาดเหล่านี้มีแนวโน้มที่ลดลง ถ้าอุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้าของไทยยังไม่มีการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิต

ตารางที่ 3.11 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผ้าฝ้าย

รายการ	มูลค่า : ล้านบาท		อัตราการขยายตัว : ร้อยละ		สัดส่วน : ร้อยละ	
	2546	2547	2546	2547	2546	2547
สหราชอาณาจักร	2,700.70	3,317.00	2.12	22.82	7.43	8.0
จีน	2,000.00	3,153.60	122.3	57.68	5.51	7.6
สหรัฐอเมริกา	3,298.80	3,074.80	-30.08	-6.79	9.08	7.41
ฮ่องกง	1,953.30	2,642.40	-4.28	35.28	5.38	6.37
บังกลาเทศ	1,734.30	1,990.80	6.52	14.79	4.77	4.8
เนเธอร์แลนด์	1,575.00	1,890.10	3.11	20.01	4.34	4.56
ลาว	1,611.00	1,766.20	22.03	9.63	4.43	4.26
อิตาลี	1,314.70	1,576.20	6.7	19.89	3.62	3.8
กัมพูชา	809.3	1,358.50	38.25	67.86	2.23	3.27
เยอรมนี	1,278.60	1,306.40	8.05	2.17	3.52	3.15
รวม 10 รายการ	18,275.70	22,076.10	2.79	20.79	50.31	53.21
อื่นๆ	18,053.40	19,410.40	7.98	7.52	49.69	46.79
มูลค่ารวม	36,329.10	41,486.50	5.3	14.2	100	100

ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร

3.4 ข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ

โรงงานย้อมผ้าทอของไทยตั้งขึ้นมากกว่า 40 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2503 โดยในช่วงแรกเป็นการดำเนินธุรกิจ เพื่อทดแทนการนำเข้า ต่อมาในปี 2528 อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มและเสื้อผ้าสำเร็จรูปเติบโตขึ้น มีการส่งออกเป็นจำนวนมาก ทำให้โรงงานฟอกย้อม พิมพ์ ตั้งขึ้นมาใหม่ เพื่อที่จะผลิตผ้าฝ้ายป้อนแก่อุตสาหกรรม บางโรงงานที่มีโรงงานทอผ้าหรือโรงงานเสื้อผ้าสำเร็จรูป ก็จะขยายกิจการโรงงานฟอก ย้อม ขึ้นมาเป็นโรงงานในเครือ หรือจะเพิ่มกระบวนการฟอกย้อมเข้าไปในกระบวนการผลิตของโรงงาน ปัจจุบันโรงงานย้อมผ้าทอของประเทศไทย มีทั้งขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ส่วนใหญ่จะดำเนินกิจการแบบรับจ้างย้อม ซึ่งในปัจจุบันมีการย้อมผ้า ทั้งผ้าทอ และผ้าถัก รวมถึงการย้อมเส้นด้าย และการพิมพ์ผ้า

3.4.1 การผลิต

อุตสาหกรรมย้อมผ้าทอของไทย โดยเฉพาะโรงงานขนาดใหญ่ซึ่งมีการผลิตครบวงจร จะมีโรงงานย้อมผ้าอยู่ด้วย หรือมีการรวมกลุ่มกัน ของโรงงานต่าง ๆ โดยโรงงานส่วนใหญ่มีกำลังการผลิตมากกว่าร้อยละ 70 โดยโรงงานขนาดใหญ่ จะเป็นโรงงานที่มีการผลิต มากกว่า 10 ล้านตารางเมตรต่อปี ชั่วโมงการทำงานแบ่งออกเป็น 2 กะๆ ละ 8-10 ชั่วโมง ทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์ โดยโรงงานขนาดใหญ่จะมุ่งเน้นผลิตสินค้าที่มีคุณภาพสูง เพื่อขายในประเทศและเพื่อส่งออกต่างประเทศ ส่วนโรงงานขนาดกลางและเล็กจะเป็นลักษณะรับจ้างย้อม ผลิตภัณฑ์จึงมีราคาไม่สูงนัก

ปริมาณการผลิตผ้าที่ถูกฟอก ย้อม และพิมพ์นั้น ขึ้นอยู่กับโรงงานทอผ้าในการนำไปย้อมเพื่อการค้า หรือผู้ประกอบการเสื่อผ้าและเครื่องนุ่งห่มนำผ้าดิบไปที่โรงงานรับจ้างย้อม ซึ่งสีสันทันของผ้าขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาดเป็นสำคัญ

3.4.2 วัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมคือ สี และสารเคมี และเส้นด้าย โดยสีและสารเคมีต้องนำเข้าจากต่างประเทศร้อยละ 80 ของปริมาณสีและสารเคมีทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์สีย้อม มีหลากหลายชนิด โดยแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเหมาะสมในการใช้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทเส้นใยที่ทำการฟอก ย้อมและพิมพ์ ดังนี้

- สีดีสเพอร์ส (Disperse Dyes) : เส้นใยเทอร์โมพลาสติก (Hydrophobic Thermoplastic Fibers) เช่น ไนลอน โพลีเอสเตอร์ อะครีลิก และใยสังเคราะห์อื่นๆ
- สีแอซิดและมอร์แดนต์ (Acid Dyes and Mordant Dyes) : ผ้าขนสัตว์ ผ้าไหม ใยสังเคราะห์บางชนิด เส้นใยที่มีโปรตีน ไนลอน
- สีเบสิก (Basic Dyes) : เส้นใยเซลลูโลส เส้นใยโปรตีน เส้นใยไนลอน อะครีลิก และเส้นใยสังเคราะห์บางชนิด
- สีไดเรคหรือสีย้อมซับสแตนท์ (Substantive Dyes) : เส้นใยเซลลูโลส ฝ้าย
- สีแวต (Vat Dyes) : เส้นใยเซลลูโลส และเส้นใยสังเคราะห์เกือบทุกชนิด
- สีรีแอคทีฟ (Reactive Dyes) : เส้นใยเซลลูโลส เส้นใยโปรตีน เส้นใยไนลอนอื่นๆ

3.4.3 กระบวนการผลิต

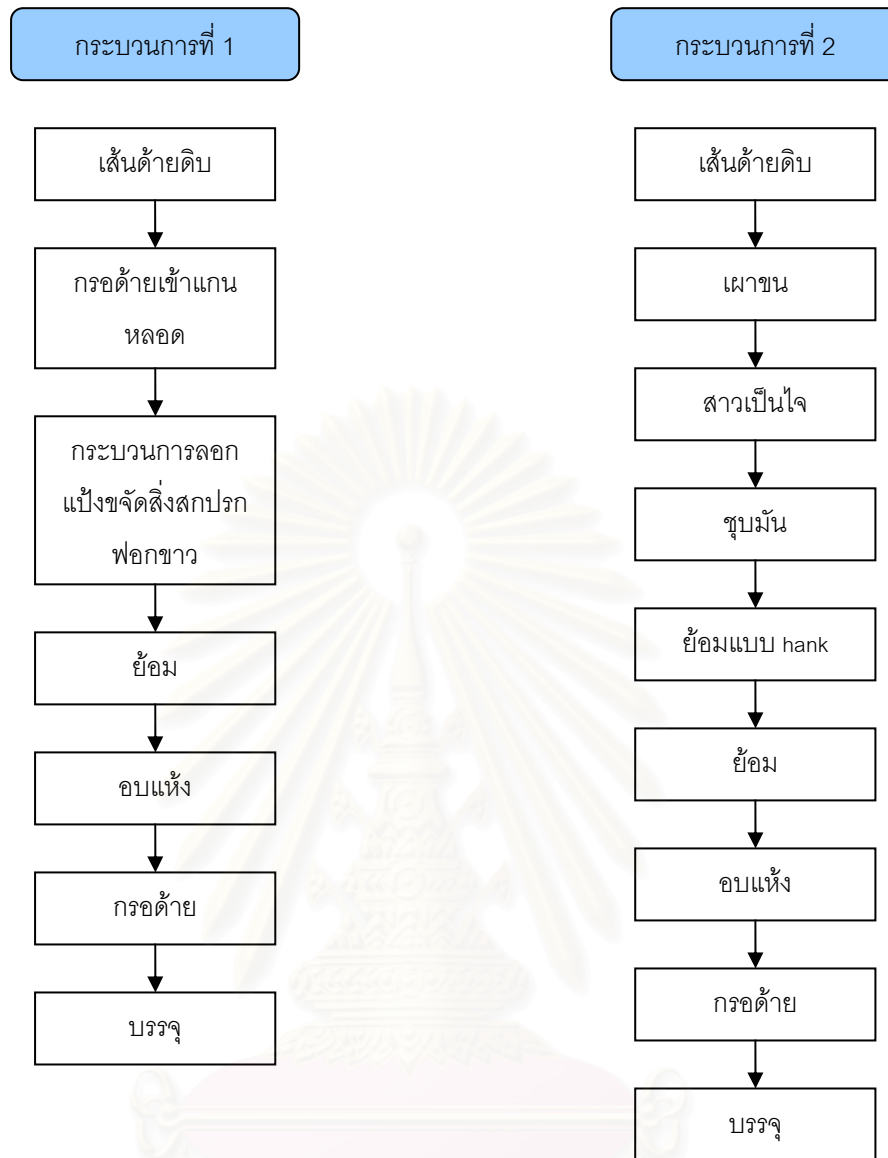
กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ ประกอบด้วยขั้นตอนหลักที่สำคัญ 4 ขั้นตอน คือ (1) กระบวนการเตรียม (Pretreatment process)

(2) กระบวนการย้อม (Dyeing process) (3) กระบวนการพิมพ์ (Printing process) และ (4) กระบวนการตกแต่งสำเร็จ (Finishing process)

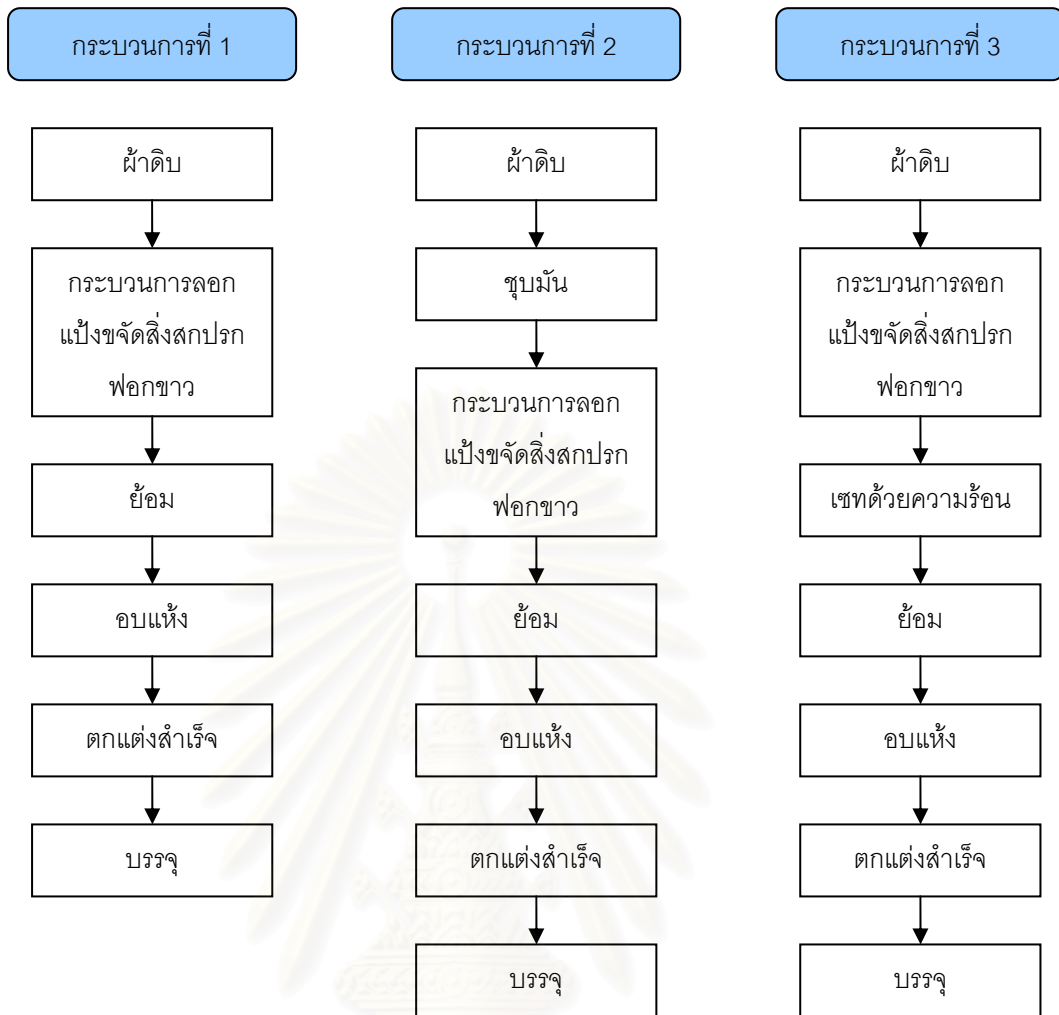
ขั้นตอนเหล่านี้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต ซึ่งอาจเป็นการย้อมเส้นด้าย ย้อมผ้าทอหรือย้อมผ้าถัก หรือแม้กระทั่งอาจต้องแยกชนิดของเส้นใยด้วย โดยวัตถุดิบที่ตั้งต้นจากเส้นใยต่างชนิดกันย่อมต้องผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน ตั้งแต่การเตรียมผ้าไปจนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการตกแต่งสำเร็จรายละเอียดของแต่ละกระบวนการจักได้อธิบายต่อไป แต่โดยหลักการทั่วไป มีความคล้ายกันในเชิงวัตถุประสงค์ คือ ผลิตภัณฑ์ไม่ว่าจะเริ่มจากผ้าฝ้ายหรือเส้นด้ายผ่านการทำให้สะอาด ขาว ปราศจากสิ่งสกปรก แล้วจึงนำไปย้อมสีให้สวยงาม หรืออาจตามด้วยการพิมพ์ลาย จากนั้นจึงทำการตกแต่งสำเร็จ เพื่อให้ได้คุณสมบัติเฉพาะที่ต้องการ เช่น การทำให้สีย้อมติดทน มีความอ่อนนุ่ม เงามัน กันยับ เป็นต้น



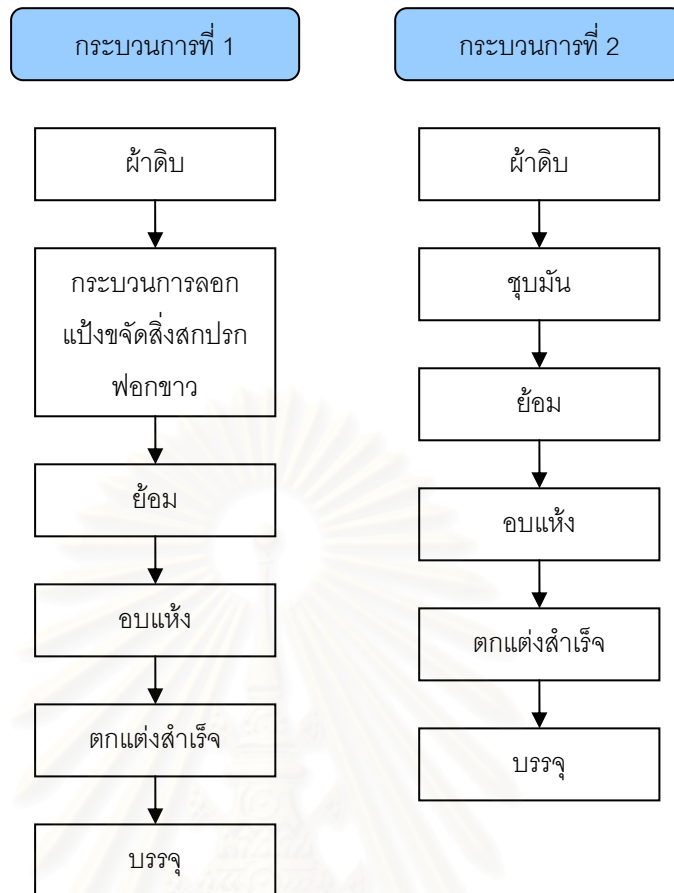
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



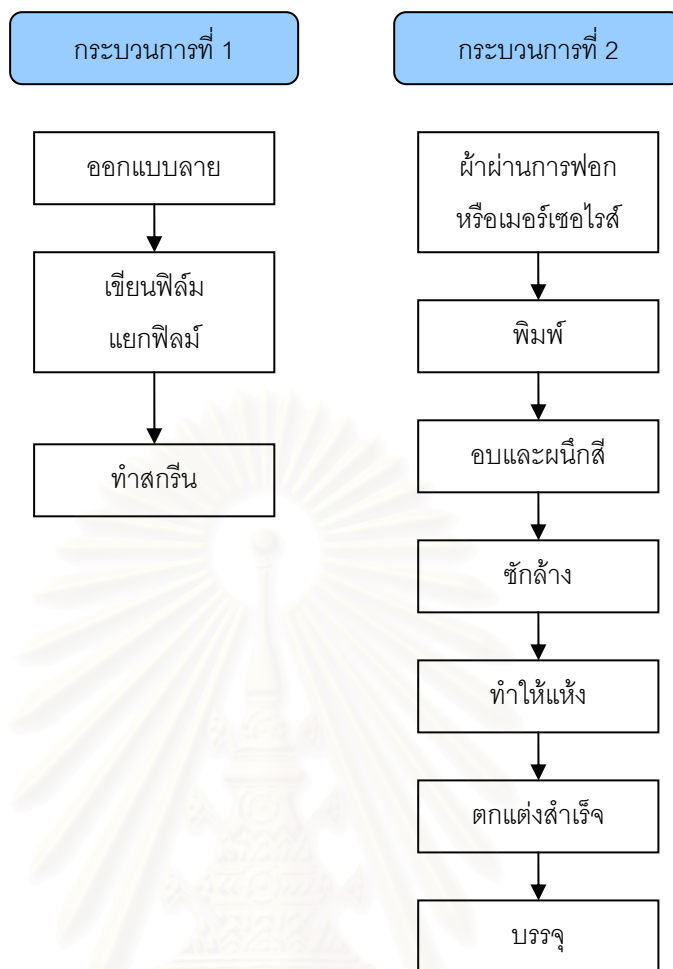
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมย้อมเส้นด้าย



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมย้อมผ้าทอ



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมย้อมผ้าฝ้าย



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการผลิตในอุตสาหกรรมพิมพ์ผ้า

ก) การเผาขน (Singeing)

การเผาขนเป็นการกำจัดขนบนผืนผ้าทอ โดยเส้นด้ายที่ปั่นจากใยสั้น ปลายเส้นใยที่โผล่ขึ้นมาที่ผิวเส้นด้ายนี้ มีผลทำให้พื้นผิวดูไม่เรียบ เป็นการทำลายความเงามันของผ้า จึงมีการกำจัดปลายเส้นใยเหล่านี้ ด้วยการเผาขน โดยส่วนมากจะทำกับผ้าฝ้ายโดยเฉพาะผ้าฝ้าย หรือผ้าใยผสมที่มีฝ้ายเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย กรรมวิธีการเผาขนโดยทั่วไปประกอบด้วย การเผาด้วยเปลวไฟจากแก๊ส หรือการเผาด้วยแผ่นโลหะร้อน ในอัตราความเร็วที่สูงพอที่ผ้าจะไม่ติดไฟ ในปัจจุบันวิธีการเผาขน แบบใช้เปลวไฟจากแก๊สเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด

ข) การลอกแป้ง (Desizing)

การลอกแป้ง เป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นสำหรับผ้าทอเนื่องจากในการทอผ้า จะต้องมีการลงแป้งบนเส้นด้ายยืนก่อน เพื่อประสิทธิภาพในการทอ แต่เมื่อนำผ้าที่ทอเสร็จแล้วไปทำการฟอกย้อมแป้งที่เคลือบไว้บนเส้นด้าย จะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำและ

สารเคมีของเส้นด้าย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการขจัดออกไป โดยสารลงแป้งนี้ประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด เช่น แป้งธรรมชาติ แป้งดัดแปร และสารสังเคราะห์ เป็นต้น โดยสารสังเคราะห์จะล้างออกง่าย ส่วนแป้งธรรมชาติมีปัญหาในการกำจัดออกมากที่สุด เนื่องจากแป้งธรรมชาติเป็นสารโมเลกุลใหญ่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งวิธีการย่อยแป้งธรรมชาติจะต้องทำให้โมเลกุลแป้งเล็กลงด้วย การย่อยสลายการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

แป้ง (Starch) \longrightarrow การเปลี่ยนแปลงทางเคมี \longrightarrow สารละลาย (น้ำตาล)

ปฏิกิริยาการย่อยแป้ง แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

- ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis reaction) แป้งถูกไฮโดรไลซิสได้ ด้วยกรดและด่าง ทำให้โมเลกุล เล็กลงจนสามารถละลายน้ำได้
- ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation-reduction reaction) แป้งถูกออกซิไดส์ด้วยสารออกซิไดซิง เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

กระบวนการลอกแป้ง สามารถทำได้ 4 วิธี ดังนี้

- การหมัก (Rot steeping) นำผ้าไปจุ่มให้เปียกและหมักไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปล่อยให้แบคทีเรียในน้ำและอากาศย่อยสลาย ต้องใช้เวลานานมาก (ประมาณ 30 ชั่วโมง)
- การใช้กรด (Acid steeping) วิธีนี้ใช้ทำปฏิกิริยากับแป้ง ความเข้มข้นของกรดและอุณหภูมิเป็นตัวแปรในการทำปฏิกิริยา
- การใช้เอนไซม์ (Enzymatic desizing) เอนไซม์เป็นสารชีวเคมีที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง ดังนั้นเวลาเกิดปฏิกิริยากับสารจะเกิดกับสารเฉพาะอย่างเท่านั้น เช่น เอนไซม์ที่ย่อยแป้งเรียกชื่อว่า amylase จะเกิดปฏิกิริยากับแป้งเพียงอย่างเดียวไม่เกิดกับเส้นใยจึงไม่ทำลายเส้นใย สำหรับเอนไซม์ที่ใช้ย่อยแป้งนี้สามารถสังเคราะห์ได้จากสิ่งมีชีวิต ทั้งสัตว์และพืช
- การกำจัดแป้งด้วยสารออกซิไดซิง สารประกอบเปอร์ซัลเฟต หรือเปอร์ออกไซด์ชนิดของสารกลุ่มนี้คือ จะได้ผ้าขาวกว่าวิธีอื่น ๆ เนื่องจากสารกลุ่มนี้เกิดการฟอกขาว (Bleaching) ด้วยนอกจากการกำจัดแป้ง ส่วนข้อเสียก็มีเช่นกัน คือการทำลายเส้นใย

ค) การขจัดสิ่งสกปรก (Scouring)

การกำจัดสิ่งสกปรก หมายถึง การกำจัดสารไขมันและสิ่งสกปรกเป็นอนต่าง ๆ เช่น สารประกอบพวกเกลือ ทั้งอินทรีย์ และอนินทรีย์ ขั้นตอนการขจัดสิ่งสกปรก เป็นขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับวัสดุสิ่งทอทุกประเภท

สารเคมีและปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ในการขจัดสิ่งสกปรก ดังนี้

- โซดาไฟ (Sodium Hydroxide : NaOH) ทำปฏิกิริยากับไขมันโดยเปลี่ยนไขมันให้เป็นสบู่ลอยที่น้ำได้ นอกจากนี้ยังทำให้เส้นใยขยายตัว สิ่งสกปรกต่าง ๆ ถูกกำจัดออกได้ง่ายขึ้น
- น้ำสบู่ (Derergents) ทำหน้าที่กำจัดไขมันในลักษณะที่ทำให้เกิดเป็นอิมัลชัน (Emulsion) และกำจัดสิ่งสกปรกอื่น ๆ ออกจากวัสดุ รวมทั้งป้องกันมิให้ย้อนกลับไปติดบนวัสดุอีก น้ำสบู่แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ พวกไม่มีประจุไฟฟ้า (Nonionic derergents) พวกที่มีประจุลบ (Anionic detergents) พวกที่มีประจุบวก (Cationic detergents) และพวกที่มีทั้งประจุบวกและลบ (Amphoteric detergents) แต่ละกลุ่มจะมีคุณสมบัติแตกต่างออกไป
- สารจับโลหะ (Complex agents) เป็นพวกลิแกนด์ (Ligands) หรือคีเลต (Chelates) สารนี้สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะ เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} เป็นสารละลายที่ละลายน้ำได้ในสภาวะต่าง

ง) การฟอกขาว (Bleaching)

การกำจัดสารมีสีในธรรมชาติที่ติดมากับวัสดุสิ่งทอ โดยใช้ปฏิกิริยาเคมีทำให้เส้นใยมีความขาวขึ้น สารที่ใช้ในการฟอกขาวมีหลายชนิด และมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อเสีย จำเป็นต้องมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม สารเคมีที่ใช้ในการฟอกขาว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

- สารออกซิไดส์ ได้แก่ สารประกอบเปอร์ออกไซด์ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) สารประกอบไฮโปคลอไรท์ เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaClO) และสารประกอบคลอไรท์ เป็นต้น
- สารรีดิวซ์ ได้แก่ โซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) โซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) การฟอกขาวด้วยสารกลุ่มนี้จะได้ความขาวที่ไม่ถาวรเรียกว่า Temporary white สารฟอกขาวที่สำคัญและใช้กันมาก

ในวงการสิ่งทอ ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สารประกอบไฮโปคลอไรท์ และสารประกอบคลอไรท์

จ) การชุบมัน (Mercerization)

เป็นกระบวนการเตรียมผ้าที่สำคัญอย่างมากโดยเฉพาะกับผ้าฝ้าย หรือผ้าลินิน ผ้าที่ทำมักผ่านการเผาขนก่อน และอาจทำก่อนหรือหลังการฟอกขาวก็ได้

การชุบมัน จะไปทำให้สภาพทางกายภาพของเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจากแบนและบิดตัวคล้ายริบบิ้นให้กลายเป็นหลอดกลมลดลงตามความยาวของผิวมัน นอกจากนั้นความแข็งแรงก็เพิ่มขึ้นด้วย และที่สำคัญคือ ความสามารถในการดูดซึมน้ำและสารเคมีดีขึ้น

กระบวนการประกอบไปด้วย การผ่านผ้าลงไปในสารละลายโซดาไฟความเข้มข้นประมาณร้อยละ 15-20 ในระหว่างทำต้องขึงผ้าให้ตึง แล้วจึงฉีดล้างด้วยน้ำร้อน ตามด้วยการทำให้เป็นกลางด้วยกรด จากนั้นจึงซักล้างให้สะอาดอีกครั้งหนึ่งแล้วทำให้แห้ง ผ้าที่ได้จะมีความเรียบนุ่มสวยงามเป็นเงามัน มีความคงตัวดี

ฉ) การย้อม (Dyeing)

กระบวนการย้อมครอบคลุมตั้งแต่การย้อมเส้นด้าย การย้อมผ้าทอ และการย้อมผ้าถัก การย้อมที่ดีต้องพยายามย้อมผ้าครั้งเดียวให้ได้คุณภาพของสีและความสม่ำเสมอตามความต้องการ ซึ่งนับว่าเป็นกระบวนการที่ยากต่อการควบคุมอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นกระบวนการที่กว่าจะทราบว่าผลิตภัณฑ์ออกมาดีหรือไม่ก็ต้องเมื่อขั้นตอนสุดท้ายหลังการย้อมออกมาแล้วเท่านั้น ซึ่งหากมีปัญหาเกิดขึ้นในระหว่างการย้อมจะก่อให้เกิดความสูญเสียในการย้อมครั้งนั้นทั้งหมด ดังนั้นความชำนาญของผู้ควบคุมจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ กระบวนการย้อมโดยทั่วไปแบ่งออกได้ 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

- การย้อมแบบต่อเนื่อง (Continuous dyeing process) เป็นกระบวนการที่เหมาะสมกับการย้อมผ้าที่ละเอียดมาก ๆ
- การย้อมแบบทีละหม้อ (Batch-wise dyeing process) เป็นกระบวนการย้อมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจำนวนไม่มาก โดยมีเครื่องย้อมหลายประเภท เช่น เครื่องจิกเกอร์ (Jigger) เครื่องวินช์ (Winch) เครื่องเจ็ต (Jet) เครื่องย้อมลูกด้าย (Package) เครื่องย้อมด้ายแบบเป็นใจ (Hank) เป็นต้น

ช) การตกแต่งสำเร็จ (Finishing)

เป็นกระบวนการที่เพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ โดยทำให้สิ่งทอมีคุณสมบัติตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้บริโภค หรือเพิ่มคุณสมบัติที่ดีบางประการให้แก่ผลิตภัณฑ์ การตกแต่งสำเร็จอาจทำได้หลายวิธีทั้งใช้เครื่องจักรในการผลิต หรือใช้สารเคมีเข้าช่วย

- การตกแต่งสำเร็จเชิงกล (Mechanical Finishing) เป็นการตกแต่งสิ่งทอโดยใช้เครื่องจักรในการผลิต ดังนั้นคุณสมบัติที่ได้รับจากการตกแต่งเกิดจากผลของเครื่องจักร เช่น การขัดมัน การตัดขน การตะกรูยขน การทำให้ผ้าหดตัว
- การตกแต่งด้วยสารเคมี (Chemical Finishing) เป็นการตกแต่งสิ่งทอด้วยสารเคมีในกลุ่มของ โพลีเอสเตอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างออกไปตามที่ต้องการ เช่น ทำให้ผ้านุ่มลื่น รักษาขนาดและรูปทรง ทนยับ ทนไฟ ทนสารเคมี กันน้ำ และการตกแต่งสารเคมีด้วยเรซิน (Resin Finish)

ซ) การพิมพ์ (Printing)

กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมพิมพ์ผ้าจะแตกต่างจากอุตสาหกรรมฟอก ย้อม โดยก่อนที่จะพิมพ์ผ้า จะต้องเขียนลายและเขียนฟิล์มก่อน จากนั้นนำฟิล์มไปอัดถ่ายหรือทำสกรีน แล้วจึงทำแม่พิมพ์สำหรับกระบวนการพิมพ์ บางโรงงานมีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ ทำให้สามารถผลิตสินค้าตัวอย่างให้ลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว การพิมพ์สามารถทำได้หลายกระบวนการโดยในทางอุตสาหกรรมสามารถจำแนกกระบวนการพิมพ์ผ้าได้ ดังนี้

- การพิมพ์แบบไดเรกต์ (Direct printing) เป็นกระบวนการพิมพ์ที่นิยมทำกันมากที่สุด ในโรงงานอุตสาหกรรมพิมพ์ผ้า โดยการทำให้แป้งซึ่งประกอบด้วยสารสีหรือฟิสิกเมนต์ เข้าไปติดบนพื้นผิวของผ้าตามลวดลาย และจำนวนสีที่ต้องการให้เกิดบนผ้า แล้วนำผ้าไปทำการฟลิกซ์ (Fixation) และกระบวนการอื่น ๆ ผ้าที่จะเตรียมพิมพ์โดยกระบวนการนี้ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นสีขาว
- การพิมพ์แบบรีซิสต์ (Resist Printing) เป็นกระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยแป้งพิมพ์ที่มีสารป้องกันการติดสีลงไปในผ้า โดนสารเคมีที่ป้องกันการติดสีจะเป็นตัวกันไม่ให้สีที่ย้อมหลังจากการพิมพ์ทำปฏิกิริยากับผ้าที่พิมพ์ลงไป หลังจากนั้น นำผ้าที่พิมพ์นั้น ไปย้อมสีหรือพิมพ์สีพื้นทับบนลวดลายที่พิมพ์ด้วยสารป้องกันการติดสี แล้วจึงนำไปทำการฟลิกซ์ บริเวณที่พิมพ์ด้วยสารป้องกันการติดสี (Resisting Agent) จะไม่ทำปฏิกิริยากับสีที่ย้อมหรือพิมพ์

- การพิมพ์แบบดีสชาร์จ (Discharge Printing) เป็นกระบวนการพิมพ์ผ้าที่ผ่านการย้อมสีพื้นแล้ว ด้วยแป้งพิมพ์ที่มีองค์ประกอบของสาร Discharge บริเวณที่พิมพ์สีพื้นจะถูกสารดีสชาร์จทำลายโครงสร้าง

3.4.4 เทคโนโลยีการผลิต

เครื่องจักรหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมย้อมเส้นด้าย คือ เครื่องย้อมลูกด้าย เครื่องย้อมเป็นใจและเครื่องย้อมหลอดด้าย นอกจากนี้ยังมีเครื่องอบแห้งที่ใช้ไฟฟ้า และใช้คลื่นวิทยุ ซึ่งได้มีการนำเข้าเครื่องจักรจากญี่ปุ่น ไต้หวัน และประเทศแถบยุโรป ปัจจุบันได้มีการนำเข้าเครื่องจักรใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และคุณภาพของผลิตภัณฑ์

สำหรับเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการย้อมผ้าทอนั้น ถ้าเป็นโรงงานขนาดใหญ่ มีกำลังการผลิตสูง จะใช้ระบบการย้อมแบบทีละหม้อ (Batch) และแบบต่อเนื่อง (Continuous) เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการย้อม อาจมีทั้งเครื่องจักรที่ทำได้เองในประเทศไทย เช่น เครื่องจิกเกอร์ เครื่องวินช์ หรือเครื่องจักรที่นำเข้ามาจากประเทศอื่น ๆ เช่น ฮองกง ไต้หวัน ญี่ปุ่น และเยอรมนี โดยในช่วงเวลา 5 ปีที่ผ่านมาได้มีการนำเข้าเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพและทันสมัยเพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้โรงงานย้อมผ้าทอ มักมีกระบวนการตกแต่งสำเร็จอยู่ด้วย เครื่องจักรที่นำมาใช้ คือ เครื่อง Stenter เครื่อง Sanforized เครื่อง Heat Set เครื่องลูกกลิ้งอัดรีด และอื่น ๆ โดยทั่วไปถ้าเป็นโรงงานขนาดกลาง จะมีเครื่องจักรที่จำเป็นเท่านั้น คือ เครื่อง Stenter และ Calender เท่านั้น

ส่วนในอุตสาหกรรมย้อมผ้าถัก จะใช้ระบบการย้อมแบบย้อมทีละหม้อ (Batch) เครื่องจักรที่ใช้ ได้แก่ เครื่องเจ็ท เครื่องวินช์ และเครื่องอบแห้ง โดยเครื่องจักรเหล่านี้นำเข้าจากประเทศไต้หวัน เยอรมนี และฮองกง อายุของเครื่องจักรมีทั้งใหม่และเก่า โดยระยะเวลา 6-7 ปี ที่ผ่านมา มีการนำเข้าเครื่องจักรที่ทันสมัย สามารถควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติเพิ่มมากขึ้น

สำหรับอุตสาหกรรมการพิมพ์ผ้า โดยทั่วไป เครื่องพิมพ์ผ้า แบ่งออกเป็นเครื่องพิมพ์ผ้าด้วยมือ ซึ่งต้องใช้แรงงานมาก และค่อนข้างล่าช้า ในขณะที่โรงงานพิมพ์ผ้าที่ผลิตสินค้าได้อย่างรวดเร็ว และเป็นจำนวนมากนั้น อาศัยเครื่องจักรที่ทันสมัยและนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น Roller Printing, Auto Flat Screen Printing และ Rotary Screen Printing เป็นต้น ในปัจจุบันโรงงานพิมพ์ผ้าทั้งโรงงานขนาดเล็กและขนาดกลางที่มีโรงพิมพ์และโรงย้อมอยู่ด้วยกัน นิยมใช้เครื่องพิมพ์แบบรายอัตโนมัติ (Auto Flat Screen Printing) หน้ากว้างระหว่าง 60 นิ้วถึง 90 นิ้ว มีกำลังการผลิตต่อวันน้อยกว่า 1 ล้านหลา และเครื่องพิมพ์แบบโรตารี (Rotary Screen Printing) ซึ่งมีกำลังการผลิตต่อวันมากกว่า 1 ล้านหลาขึ้นไป

3.4.5 จำนวนโรงงานและการจ้างงาน

ก) จำนวนโรงงาน

อุตสาหกรรมย้อมผ้าทอ ส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็ก และกลาง มีคนงานตั้งแต่ 100 คนไปจนถึง 1,200 คน โดยสามารถแบ่งประเภทตามขนาดของโรงงาน ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- โรงงานขนาดใหญ่ มีประมาณ 10 โรง ส่วนใหญ่เป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูง ทั้งในด้านคุณภาพการผลิต และเทคโนโลยี ตลอดจนมีการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous) และแบบอัตโนมัติ มาควบคุมเพื่อให้มีคุณภาพที่แน่นอน และสม่ำเสมอ
- โรงงานขนาดกลาง มีประมาณ 150 โรง มีทั้งผลิตแบบครบวงจรฟอกย้อม พิมพ์และแต่งสำเร็จ และเฉพาะอย่าง นอกจากนี้โรงงานขนาดกลางมีการนำเข้าเครื่องจักรที่ทันสมัย
- โรงงานขนาดเล็ก มีจำนวนโรงงานมากที่สุด ประมาณร้อยละ 60 ส่วนใหญ่มีเทคโนโลยีการผลิตที่ล้าสมัย และมีต้นทุนการผลิตสูง

จากข้อมูลจำนวนโรงงานในอุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ จะเห็นได้ว่าจำนวนโรงงาน มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งในช่วงวิกฤตเศรษฐกิจ ปี 2541-2544 โรงงานขนาดกลางและเล็กต้องปิดตัวลง เพราะต้องเผชิญกับต้นทุนการผลิตที่สูง และการบริโภคที่ลดลง และในช่วงปี 2545-2546 มีโรงงานเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ข) การจ้างงาน

อุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์ และแต่งสำเร็จ มีสัดส่วนการจ้างงานร้อยละ 4.3 ของการจ้างงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งหมด โดยในปี 2547 มีการจ้างงานจำนวน 46,560 คน หรือลดลงร้อยละ 1.4 เมื่อเทียบกับปีก่อน และเมื่อเทียบกับการจ้างงานเฉลี่ยในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา พบว่า ในช่วงปี 2541-2547 อัตราการจ้างงานอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ย

3.4.6 การตลาด

อุตสาหกรรมฟอกย้อมส่วนใหญ่เป็นการผลิตเพื่อใช้ภายในประเทศ การผลิตเพื่อส่งออกนั้นมีสัดส่วนที่น้อยกว่า โรงงานที่ส่งออกมักจะมีขนาดกลางและใหญ่ และมีเทคโนโลยีที่ทันสมัย สำหรับการผลิตเพื่อใช้ในภายในประเทศนั้น ตลาดที่สำคัญ คือ โรงงานทอผ้า และโรงงานเครื่องนุ่งห่ม แต่ในปัจจุบันพบว่าตลาดที่สำคัญอย่างเครื่องนุ่งห่มนิยมนำเข้าผ้าจากต่างประเทศมากกว่าที่จะใช้ผ้าที่ย้อมภายในประเทศ เช่น นำเข้าผ้าจากประเทศจีนซึ่งมีราคาถูก รวมถึงนำเข้าผ้าที่มีลวดลายและดีไซน์แปลก ๆ จากเกาหลีใต้หรือไต้หวัน เป็นต้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าผ้า

ที่ผลิตได้ในประเทศจะมีลวดลายพื้น ๆ ไม่ค่อยมีการออกแบบให้มีลวดลายแปลก ๆ มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากตลาดผ้าด้านนี้ยังไม่กว้างพอ การที่จะผลิตผ้าแบบนี้ออกมาสู่ตลาด จึงไม่เป็นการคุ้มทุนของผู้ประกอบการ

ก) การนำเข้า

มูลค่าการนำเข้าผ้าที่ถูกนำมาฟอก ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ Harmonized Code ที่ 52.08 – 52.12 เป็นผ้าฝ้ายที่ถูกฟอก ย้อมสี และพิมพ์ในปี 2547 มีมูลค่า 9,970 ล้านบาท ส่วน Harmonized Code ที่ 5407 และ 5408 ในตารางเป็นผ้าใยยาวสังเคราะห์ที่ถูกฟอก ย้อมสี และพิมพ์ มีมูลค่า 4,081 ล้านบาท และ Harmonized Code ที่ 55.13, 55.14 และ 55.16 เป็นผ้าเส้นใยสั้นสังเคราะห์ที่ถูกฟอก ย้อมสี และพิมพ์ มีมูลค่า 3,826 ล้านบาท

ข) การส่งออก

มูลค่าการส่งออกผ้าที่ถูกนำมาฟอก ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ Harmonized Code ที่ 52.08 – 52.12 เป็นผ้าฝ้ายที่ถูกฟอก ย้อมสี และพิมพ์ ในปี 2547 มีมูลค่า 12,219 ล้านบาท ส่วน Harmonized Code ที่ 5407 และ 5408 ในตารางเป็นผ้าใยยาวสังเคราะห์ที่ถูกฟอก ย้อมสี และพิมพ์ มีมูลค่า 5,915 ล้านบาท และ Harmonized Code ที่ 55.13, 55.14 และ 55.16 เป็น ผ้าเส้นใยสั้นสังเคราะห์ที่ถูกฟอก ย้อมสี และพิมพ์ มีมูลค่า 8,578 ล้านบาท

3.5 ข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้า

อุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้าเป็นอุตสาหกรรมขั้นปลายของอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งการผลิตของอุตสาหกรรมเหล่านี้ จะมีความเกี่ยวเนื่องกันทั้งระบบ ดังนั้นความต้องการจากอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มนั้นเป็นตัวกำหนดปริมาณและคุณภาพการผลิตในอุตสาหกรรมขั้นต้นและขั้นกลาง และเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ระบบเศรษฐกิจ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการตัดเย็บเสื้อผ้ามีผู้ประกอบการประมาณ 3,000 ราย ดำเนินกิจการทั้งจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ ในอุตสาหกรรมนี้มีการใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมขั้นกลาง แม้ว่าในปัจจุบันบางขั้นตอนการผลิตอาจใช้ระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำงาน เช่น ระยะเวลาเตรียมการก่อนการประกอบชิ้นผ้าเข้าด้วยกันเป็นตัวเสื้อ แต่โดยภาพรวมแล้วการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป ยังจำเป็นต้องอาศัยแรงงานคนเป็นสำคัญ สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ผ้าผืน โดยร้อยละ 80 ใช้ผ้าในประเทศ ส่วนอีก 20 เปอร์เซ็นต์ใช้ผ้านำเข้าจากต่างประเทศ นอกจากนี้โรงงานที่เปิดใหม่มีขนาดเล็กซึ่งมีเครื่องเย็บผ้าเพียงไม่กี่เครื่องก็

สามารถดำเนินธุรกิจนี้ได้ ทำให้อุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูปประกอบไปด้วยโรงงานขนาดเล็กๆ เป็นจำนวนมากในขณะที่มีโรงงานใหญ่ๆ เพียงไม่กี่แห่งเท่านั้น

3.5.1 การผลิตและการบริโภค

- การผลิต

จากข้อมูลปริมาณการผลิตของเครื่องนุ่งห่ม ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2547 พบว่าในปี พ.ศ. 2547 ปริมาณการผลิตรวม 461,300 ตัน แบ่งเป็นเครื่องนุ่งห่มที่ทำจากผ้าทอ 272,400 ตัน และเครื่องนุ่งห่มที่ทำจากผ้าถัก 188,900 ตัน ดังแสดงในตารางที่ 3.12

- การบริโภค

ในปี 2547 มีปริมาณการบริโภคเครื่องนุ่งห่ม 278,400 ตันโดยแบ่งเป็นเครื่องนุ่งห่มที่ทำจากผ้าทอ 196,700 ตัน และเครื่องนุ่งห่มที่มาจากผ้าถัก 81,700 ตันโดยในช่วงปี 2539-2541 มีปริมาณการบริโภคที่ลดลง เนื่องจากวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ และกลับมาที่มีการบริโภคเพิ่มขึ้นในปี 2542

ตารางที่ 3.12 ปริมาณการผลิตและการบริโภคของเครื่องนุ่งห่ม

	2543	2544	2545	2546	2547
ปริมาณการผลิต(1,000 ตัน)					
เครื่องนุ่งห่ม (ผ้าทอ)	264.2	264.3	278.5	273.9	272.4
เครื่องนุ่งห่ม (ผ้าถัก)	177.2	182.3	179.3	181.9	188.9
ปริมาณการผลิตทั้งหมด	441.4	446.6	457.8	455.8	461.3
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)	13.8	1.2	2.5	-0.4	1.2
ปริมาณการบริโภค(1,000 ตัน)					
เครื่องนุ่งห่ม (ผ้าทอ)	187.7	183.8	201.9	199.9	196.7
เครื่องนุ่งห่ม (ผ้าถัก)	74.3	76.9	80.3	84.7	81.7
ปริมาณการบริโภคทั้งหมด	262	260.7	282.2	284.6	278.4
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)	17.9	-0.5	8.28.2	0.9	-2.2

ที่มา : ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

3.5.2 วัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรม คือ ผ้าฝ้าย โดยมีสัดส่วนใช้วัตถุดิบร้อยละ 60 ของต้นทุนการผลิต แบ่งเป็น ผ้าฝ้ายนำเข้า ร้อยละ 20 และผ้าฝ้ายในประเทศร้อยละ 80

ภาชนะนำเข้าผ้าฝ้ายของไทยอยู่ในอัตราร้อยละ 20 ซึ่งสูงกว่าอัตรภาชนะนำเข้าของบางประเทศ ตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 อัตรภาชนะนำเข้าผ้าฝ้ายที่เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มและเสื้อผ้าสำเร็จรูป ปี 2547

ประเทศ	อัตรภาชนะนำเข้าผ้าฝ้าย(ร้อยละ)
ไทย	15-20
ฟิลิปปินส์	10
สิงคโปร์	0
เวียดนาม	30-40
มาเลเซีย	15

ที่มา : กรมศุลกากร

3.5.3 กระบวนการผลิต

การผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปมีกระบวนการผลิตที่คล้ายกัน ไม่ว่าจะผลิตเสื้อ กางเกงหรือกระโปรง เช่น ขั้นตอนการเตรียมผ้าที่จะตัด กระบวนการตัด การตรวจสอบ ส่วนที่แตกต่างกัน คือ วัสดุที่นำมาใช้ประกอบของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะอยู่ในขั้นตอนการตัดเย็บ โดยสรุปกระบวนการตัดเย็บเสื้อผ้า ดังนี้

1. วางแผน/กระบวนการเตรียมการสำหรับเย็บ

- การวางแผน
- การสร้างแบบ
- การย่อ-ขยายขนาด

- การวางแบบ

2. กระบวนการตัด

- การวาดแบบ
- การปูผ้า
- การตัดผ้า
- การเตรียมผ้า (เตรียมเพื่อตัดเย็บ)

3. การตัดเย็บ

4. การตรวจสอบและตกแต่ง

3.5.4 เทคโนโลยีการผลิต

เครื่องจักรที่สำคัญ ในอุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้าชายของไทย คือ จักรเย็บผ้า ซึ่งในปัจจุบันโรงงานขนาดใหญ่ ได้นำเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาผลิต เช่น คอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ช่วยการออกแบบ CAD (Computer Aided Design) เครื่องตัดผ้า CAS (Computer Cutter System) เครื่องปูผ้าอัตโนมัติ (Computer Spreader System) และ CAM (Computer Aided Manufacturing) เพื่อที่จะลดขั้นตอนการทำงานให้น้อยลง และดเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของสายงานอย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ดังกล่าวมาช่วยในการผลิตของบางโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทยยังอยู่ในระดับต้นเท่านั้น จากข้อมูลจำนวนเครื่องจักรเย็บผ้า ระหว่างปี 2538-2547 พบว่าในปี 2538 มีจำนวนเครื่องจักรเย็บผ้ามากที่สุด 779,396 เครื่อง ต่อมาเกิดภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ ทำให้มีจำนวนเครื่องจักรเย็บผ้าลดลง ในปี 2539-2543 และในปี 2547 มีจำนวนเครื่องจักรเย็บผ้า 754,668 เครื่อง ลดลงร้อยละ 0.5 จากปี 2546 ดังแสดงในตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 จำนวนเครื่องจักรเย็บผ้า

	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
จำนวนจักรเย็บผ้า(เครื่อง)	779,396	773,828	772,128	764,618	759,012	759,438	757,307	757,751	758,460	754,668
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)	1	-0.7	-0.2	-1	-0.7	0.1	-0.3	0.1	0.1	-0.5

ที่มา : ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

3.5.5 จำนวนโรงงาน การจ้างงาน

ก) จำนวนโรงงาน

โดยทั่วไป อุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้าเป็นอุตสาหกรรมที่ไม่ต้องใช้งเงินลงทุนสูง กล่าวคือ โรงงานขนาดเล็ก ที่มีเครื่องเย็บผ้าเพียงไม่กี่เครื่องก็สามารถเปิดดำเนินธุรกิจใอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม ได้ทำให้อุตสาหกรรมประเภทนี้ประกอบไปด้วยโรงงานขนาดเล็กจำนวนมาก ในขณะที่โรงงานขนาดใหญ่มีอยู่เพียงไม่กี่โรงงาน จึงทำให้จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มมีจำนวนโรงงานมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.8 ของจำนวนยโรงงานทั้งหมด

จากข้อมูลจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้า ระหว่างปี 2538-2547 พบว่าจำนวนโรงงานปรับตัวลดลงเรื่อยมาตั้งแต่ปี 2538-2542 เนื่องต้องเผชิญกับวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจทำให้โรงงานต้องปิดกิจการลง โดยในปี 2547 มีจำนวนโรงงานทั้งสิ้น 2,588 โรง ซึ่งลดลง 418 โรง เมื่อเทียบกับปี 2538 ดังแสดงในตารางที่ 3.15

ข) การจ้างงาน

อุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้า เป็นอุตสาหกรรมที่ต้องอาศัยแรงงานอย่างมาก โดยมีอัตราการจ้างงานมากที่สุดเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมสิ่งทอประเภทอื่น คือ มีอัตราการจ้างงานร้อยละ 77.8 ของการจ้างงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งหมด ซึ่งในระยะเวลาที่ผ่านมา มีการจ้างงานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากปี 2534-2538 จากนั้นภาวะเศรษฐกิจที่ตกต่ำ ทำให้โรงงานหลายแห่งต้องปิดกิจการลง ส่งผลให้การจ้างงานลดลงตั้งแต่ปี 2539-2542 ส่วนในปี 2547 มีการจ้างงานจำนวน 837,680 คน

ตารางที่ 3.15 จำนวนโรงงานและการจ้างงานของอุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้า

	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
โรงงานตัดเย็บเสื้อผ้า (แห่ง)	3,006	2,890	2,854	2,7442	2,666	2,672	2,641	2,648	2,658	2,588
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)	-7.9	-3.9	-1.2	-4.0	-2.8	0.2	-1.2	0.3	0.4	-2.6
การจ้างงาน (คน)	877,040	862,120	857,830	849,570	843,030	843,200	840,460	840,850	841,520	837,680
อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละต่อปี)	1.7	-1.7	-0.5	-1.0	-0.8	0.02	-0.33	0.05	0.1	-0.5

ที่มา : ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

3.5.6 การตลาด

ตลาดอุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้า แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ (1) ตลาดในประเทศ และ (2) ตลาดต่างประเทศ ทั้งนี้ ตลาดทั้งสองประเภทดังกล่าวยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ตลาดระดับบน ระดับกลาง และระดับล่าง

ก) ตลาดในประเทศ

ตลาดในประเทศระดับบนและกลางส่วนใหญ่เป็นกลุ่มผู้ผลิตที่ซื้อลิขสิทธิ์กลุ่มผู้สร้างตราสินค้าของตัวเอง และกลุ่มผู้นำเข้าโดยตรงจากต่างประเทศ ซึ่งมีศักยภาพทางการตลาดที่กำลังขยายตัวสูง เนื่องจากผลการดำเนินโครงการกรุงเทพฯ เมืองแฟชั่น และเปิดเสรีทางการค้าสิ่งทอ ในปี 2548 ทำให้พฤติกรรมผู้บริโภค และรสนิยม ในการบริโภคเสื้อผ้าของคนไทยมีความเป็นสากลมากขึ้น คำนึงถึงคุณภาพ และเน้นการออกแบบมากขึ้น

สำหรับตลาดระดับล่าง ซึ่งเป็นการเลียนแบบจากตลาดระดับบนและกลาง โดยตลาดระดับนี้มีมูลค่าตลาดสูงและมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเร็ว ผู้ผลิตส่วนใหญ่เป็นรายย่อย และมีจำนวนมากทำให้ภาวะการแข่งขันสูง โดยเฉพาะการแข่งขันทางด้านราคา อีกทั้งปัจจุบันมีเสื้อผ้าสำเร็จรูปจากประเทศจีนและอินเดียเข้ามาแย่งชิงส่วนแบ่งตลาดในไทยมากขึ้น เนื่องจากความได้เปรียบด้านราคาทำให้เสื้อผ้าสำเร็จรูปของไทยประสบปัญหา ทั้งด้านความสามารถในการแข่งขันและต้นทุนการผลิตที่สูง ทำให้ไม่สามารถแข่งขันกับเสื้อผ้าสำเร็จรูปราคาถูกจากต่างประเทศได้

ข) ตลาดต่างประเทศ

อุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้าของไทย มีการขยายตัวของมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังจากการเปิดเสรีทางการค้าสิ่งทอในปี 2548 ประกอบกับการเจรจาจัดทำเขตการค้าเสรี FTA กับประเทศต่างๆ

ความต้องการเสื้อผ้าในตลาดระดับบนและระดับกลาง มีอยู่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งตลาดส่งออกหลักของไทย คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรป ส่วนตลาดญี่ปุ่นที่อยู่ระหว่างการเจรจาข้อตกลงเขตการค้าเสรีกับไทย ซึ่งจะทำให้ส่งออกเครื่องนุ่งห่มได้มากขึ้น เนื่องจากไทยมีข้อได้เปรียบ ด้านต้นทุนการผลิตที่ต่ำ ดังนั้น ผู้ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูประดับบนและกลางควรมีการปรับตัวทั้งด้านคุณภาพ การออกแบบ และการสร้างความหลากหลายของสินค้า รวมทั้งทำการตลาดในเชิงรุกมากขึ้น นอกจากนี้ควรมีการผลิตและส่งมอบสินค้าได้ตรงความต้องการของผู้สั่งด้วย

กรณีตลาดระดับล่างนั้น ปัจจุบันประสบปัญหาการแข่งขันที่รุนแรงในตลาดโลก เนื่องจากมีประเทศคู่แข่งมากขึ้น อีกทั้งปัญหาต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปีเมื่อเทียบกับคู่แข่ง เช่น จีน อินเดียเซีย และเวียดนาม ที่มีต้นทุนการผลิต

โดยเฉพาะค่าแรงงานที่ต่ำกว่าไทยประมาณ 2-3 เท่า ซึ่งตลาดระดับนี้เน้นการแข่งขันด้านราคามากกว่าคุณภาพ ทำให้ไทยไม่สามารถแข่งขันกับประเทศเหล่านี้ได้ การส่งออกของตลาดในระดับล่างจึงมีแนวโน้มลดลง หากอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทยยังต้องการรักษาตลาดระดับล่างนี้ไว้ คงต้องพิจารณาถึงการย้ายฐานการผลิตไปยังแห่งที่มีความได้เปรียบทางด้านต้นทุนการผลิตหรือขยายตลาดประเทศเพื่อนบ้านให้มากขึ้น

1) การนำเข้า

การนำเข้าเครื่องนุ่งห่มในประทศไทย ในปี 2547 มีมูลค่า 5,945.4 ล้านบาท มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้น ร้อยละ 25.32 เมื่อเทียบกับปี 2546 โดยในระยะเวลาที่ผ่านมาปริมาณการนำเข้าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ในปี 2547 ตลาดนำเข้าเครื่องนุ่งห่มที่สำคัญของไทยคือ จีน มีมูลค่าการนำเข้า 3,417.7 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 57.48 ของมูลค่านำเข้าเครื่องนุ่งห่มทั้งหมด รองลงมาได้แก่ ฮองกงและญี่ปุ่น มีมูลค่า 908.6 และ 234.1 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 15.28 และ 3.94 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าเครื่องนุ่งห่ม

รายการ	มูลค่า : ล้านบาท		อัตราการขยายตัว : ร้อยละ		สัดส่วน: ร้อยละ	
	2546	2547	2546	2547	2546	2547
จีน	2764.80	3417.20	4.41	23.6	58.28	57.48
ฮองกง	627.7	908.6	15.58	35.07	14.18	15.28
ญี่ปุ่น	211.2	234.1	13.67	10.84	4.45	3.94
อิตาลี	206.5	227.8	46.87	10.31	4.35	3.83
สหรัฐอเมริกา	62.7	149.4	23.91	138.28	1.32	2.51
ฝรั่งเศส	108	130.9	14.77	21.2	2.28	2.2
อินโดนีเซีย	82.9	121.3	-12.37	46.2	1.75	2.04
มาเลเซีย	88.2	114.1	55.56	29.37	1.86	1.92
สหราชอาณาจักร	34	60.8	-13.92	78.82	0.72	1.02
สิงคโปร์	57.4	52.4	24.78	-8.71	1.21	0.88
รวม 10 รายการ	4288.20	5416.5	8.9	26.31	90.39	91.1
อื่น ๆ	456.1	528.9	-6.79	15.96	9.61	8.9
มูลค่ารวม	4744.30	5945.4	7.17	25.32	100	100

ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารโดยความร่วมมือของกรมศุลกากร

2) การส่งออก

การส่งออกเครื่องนุ่งห่มมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 67 ของมูลค่าการส่งออกสิ่งทอไทยทั้งหมด โดยในปี 2547 มีมูลค่าการส่งออก 136498.1 ล้านบาท มีอัตราการขยายตัวร้อยละ 8.75 เมื่อเทียบกับปี 2546

ตลาดส่งออกเครื่องนุ่งห่มที่สำคัญของไทย คือ สหรัฐอเมริกา มีมูลค่าการส่งออก 70789.6 ล้านบาท มีส่วนบาท มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 51.86 รองลงมา ได้แก่ สหราชอาณาจักรและญี่ปุ่น มีมูลค่าการส่งออก 9987.4 และ 8941.7 ล้านบาท และมีส่วนแบ่งตลาดร้อยละ 7.32 และ 6.55 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.17

ตารางที่ 3.17 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเครื่องนุ่งห่ม

รายการ	มูลค่า : ล้านบาท		อัตราการขยายตัว : ร้อยละ		สัดส่วน: ร้อยละ	
	2546	2547	2546	2547	2546	2547
สหรัฐอเมริกา	66,606.00	70,789.60	-5.8	6.28	53.06	51.86
สหราชอาณาจักร	8,562.70	9,987.40	0.76	16.64	6.82	7.32
ญี่ปุ่น	8,305.10	8,941.70	3.74	7.67	6.62	6.55
ฝรั่งเศส	4,668.20	6,952.30	14.72	48.93	3.72	5.09
เยอรมนี	4,812.20	4,889.10	13.54	1.6	3.83	3.58
แคนาดา	3,356.00	3,156.50	-12.46	-5.94	2.67	2.31
เนเธอร์แลนด์	2,459.70	3,002.30	-1.19	22.05	1.96	2.2
เลบเยียม	3,674.10	2,557.40	18.07	-30.39	2.93	1.87
สหรัฐอเมริกาหรับเอมิเรตส์	2,018.90	2,103.20	-2.28	4.18	1.61	1.54
อิตาลี	1,498.80	1,910.50	24.57	27.47	1.19	1.4
รวม 10 รายการ	105,961.70	114,289.70	--2.09	7.86	84.42	83.73
อื่น ๆ	19,558.40	22,208.50	0.77	13.55	15.58	16.27
มูลค่ารวม	125,520.10	136,498.10	-1.66	8.75	100	100

ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร

3.6 การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม

การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม เป็นการใช้เพื่อการผลิตและเพื่อดำเนินกิจการอื่นๆ ของอุตสาหกรรม การใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมนั้น นอกจากพลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมแต่ละอุตสาหกรรมที่อยู่ในกลุ่ม ถ้าจะประเมินภาพรวมการใช้พลังงานของทั้งกลุ่ม

จำเป็นต้องประเมินการใช้พลังงานเพื่อกิจการพลาธิการ (Logistics) ของกลุ่ม รวมทั้งผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มที่มีต่อกลุ่มอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งเป็นผู้ผลิตวัตถุดิบต้นทางอุตสาหกรรมสีย้อมผ้า ฯลฯ แต่ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากเป็นงานวิจัยในแนวที่จะศึกษาในรายละเอียดของการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมในกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการประเมินการใช้พลังงานเพื่อการผลิต และเพื่อกำหนดแนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ภาพรวมของการใช้พลังงาน และผลของมาตรการประหยัดพลังงานของกลุ่ม รวมทั้งเพื่อสร้างต้นแบบการวิเคราะห์การใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมอื่นๆ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จะไม่มีการประเมินการใช้พลังงานเพื่อการพลาธิการและผลกระทบด้านพลังงานกับอุตสาหกรรมอื่นๆ

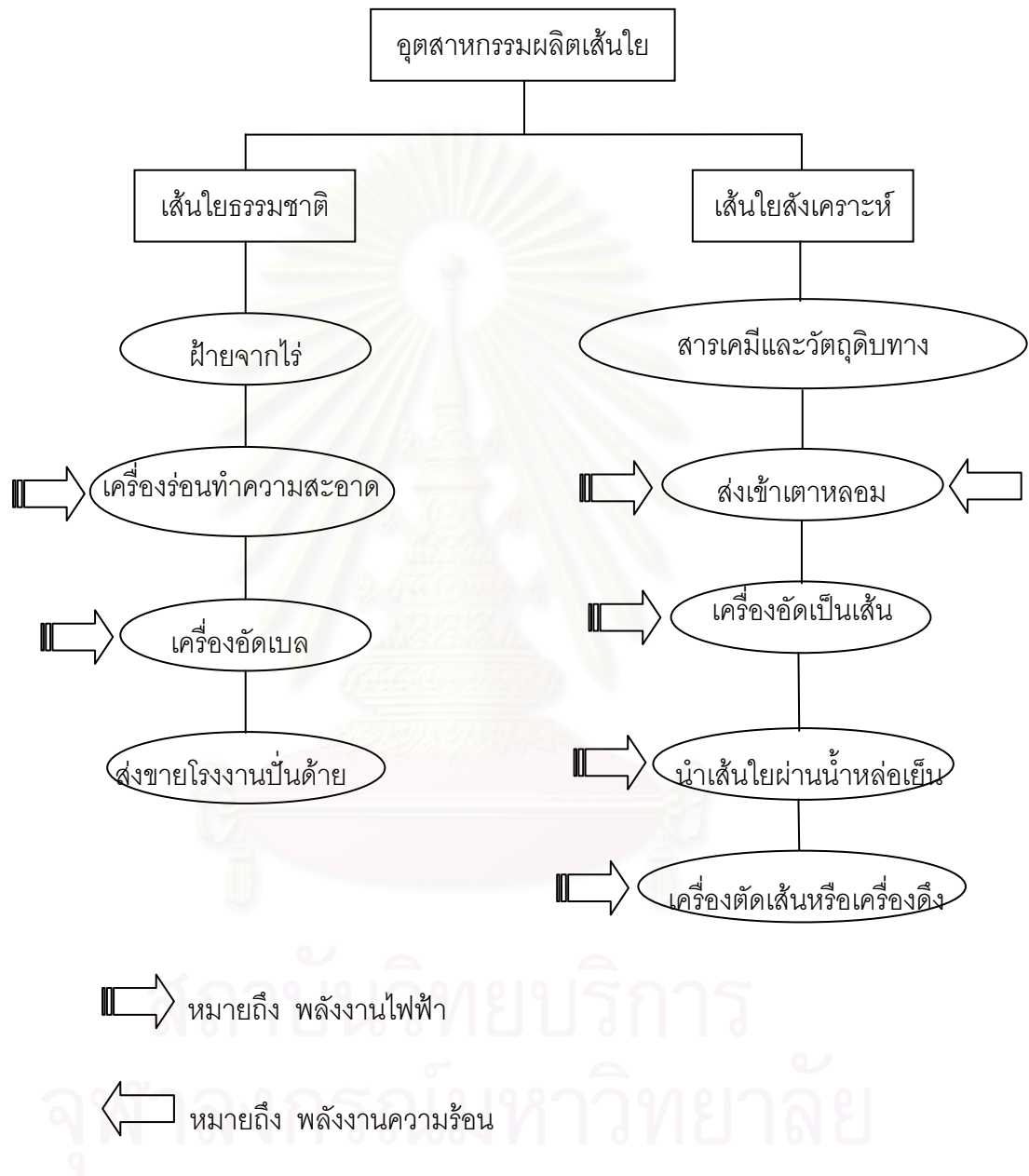
3.6.1 การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมต้นน้ำ

อุตสาหกรรมเส้นใย

- ก. อุตสาหกรรมเส้นใยธรรมชาติ มีรูปแบบการใช้พลังงานที่ไม่ซับซ้อน โดยพลังงานหลักที่ใช้จะเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรและมอเตอร์ และความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีไม่มากนัก ส่วนมากใช้ในการทำความสะอาดเส้นใย
- ข. อุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์ กระบวนการผลิตมีรูปแบบการใช้พลังงานที่ไม่ซับซ้อนมากนัก พลังงานหลักเป็นไฟฟ้าและความร้อน พลังงานความร้อนที่ใช้จะใช้ในการหลอมเหลววัตถุดิบ ซึ่งบางกระบวนการเป็นของแข็ง ต่กลางทางความร้อนที่ใช้เป็นไอน้ำและน้ำมันร้อน โรงงานในอุตสาหกรรมประเภทนี้ จะเป็นโรงงานขนาดใหญ่ใช้เงินลงทุนสูง และใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัย ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนสูงมาก บางแห่งตั้งโรงไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้เอง เพราะมีต้นทุนถูกกว่าในระยะยาว และยังมีความร้อนเหลือใช้จากการผลิตไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้ด้วย เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ

สำหรับโรงงานในอุตสาหกรรมนี้ที่เป็นโรงงานไม่ใหญ่นัก ซึ่งเป็นส่วนใหญ่มักจะยังคงใช้เครื่องจักรที่ไม่ทันสมัย มีต้นทุนการผลิตสูง เนื่องจากขั้นตอนการผลิตมีการสิ้นเปลืองวัตถุดิบ พลังงานและการบำรุงรักษาสูงมาก

จำนวนโรงงานของอุตสาหกรรมประเภทนี้ในรอบสิบปีที่ผ่านมา มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก คือ มีจำนวน 13 – 18 โรงงาน การว่าจ้างแรงงานประมาณ 15,000 – 17,000 คน

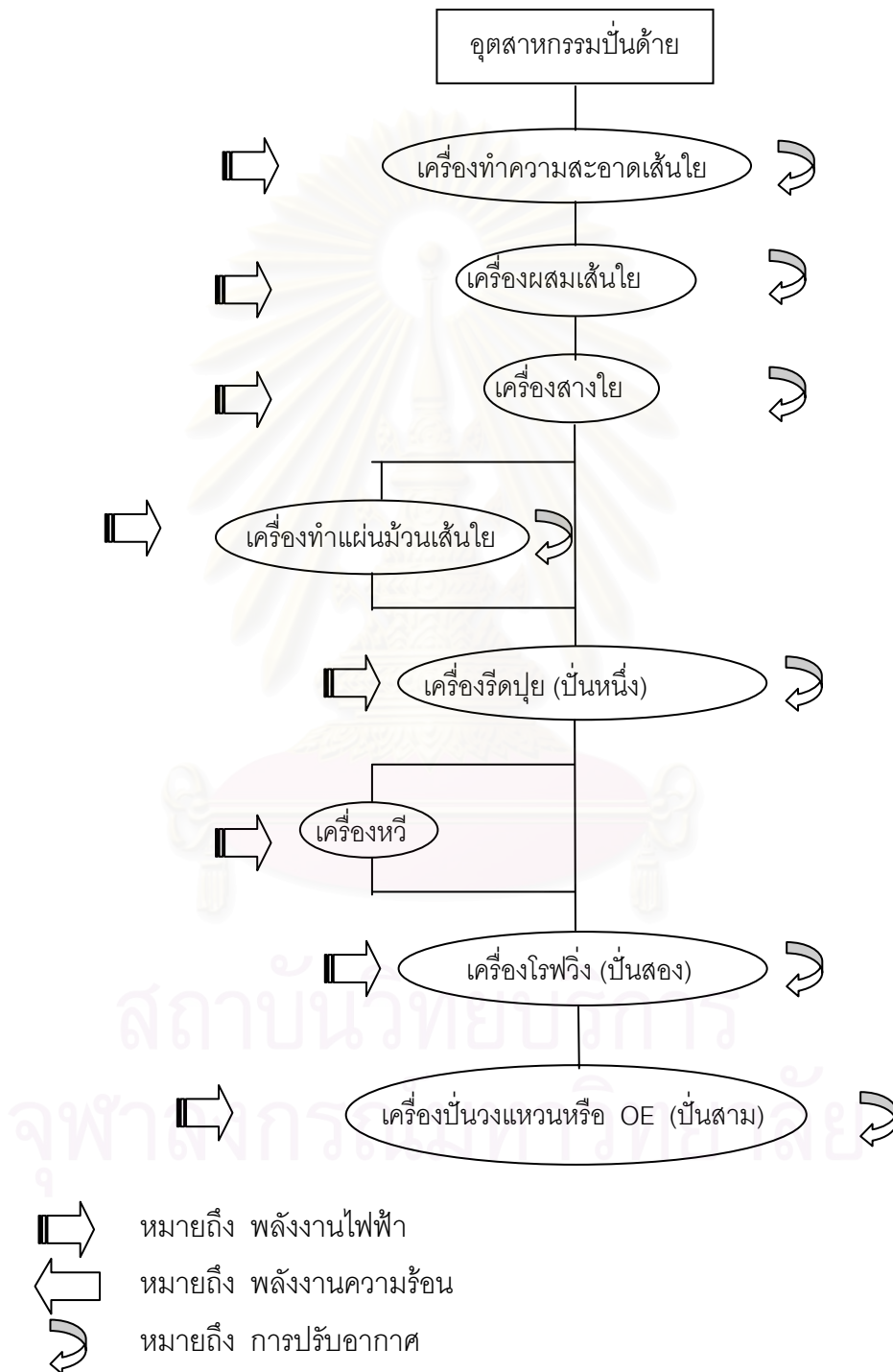


รูปที่ 3.6 แสดงกระบวนการผลิตและประเภทของพลังงานที่ใช้ในการผลิตเส้นใย

อุตสาหกรรมปั่นด้าย

พลังงานหลักที่ใช้ในปั่นด้าย คือ ไฟฟ้าใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ เครื่องจักร และเครื่องปรับอากาศ การปรับอากาศระหว่างกระบวนการผลิตนั้น เป็นความ

จำเป็นเพราะอุณหภูมิและความชื้นส่งผลต่อความเหนียวและคุณภาพอื่นๆ ของเส้นด้าย สำหรับด้ายบางประเภท เช่น ปอและป่านไม่มีการปรับอากาศระหว่างการผลิต ส่วนความร้อนนั้นไม่มีใช้ในการปั่นด้าย แต่ถ้าโรงงานมีกระบวนการย้อมสีเพื่อจำหน่ายเป็นด้ายสีที่มีราคาสูงกว่า ก็จะใช้ความร้อนในกระบวนการย้อมสี



รูปที่ 3.7 กระบวนการผลิตและโรงงานของพลังงานที่ใช้ในการปั่นด้าย

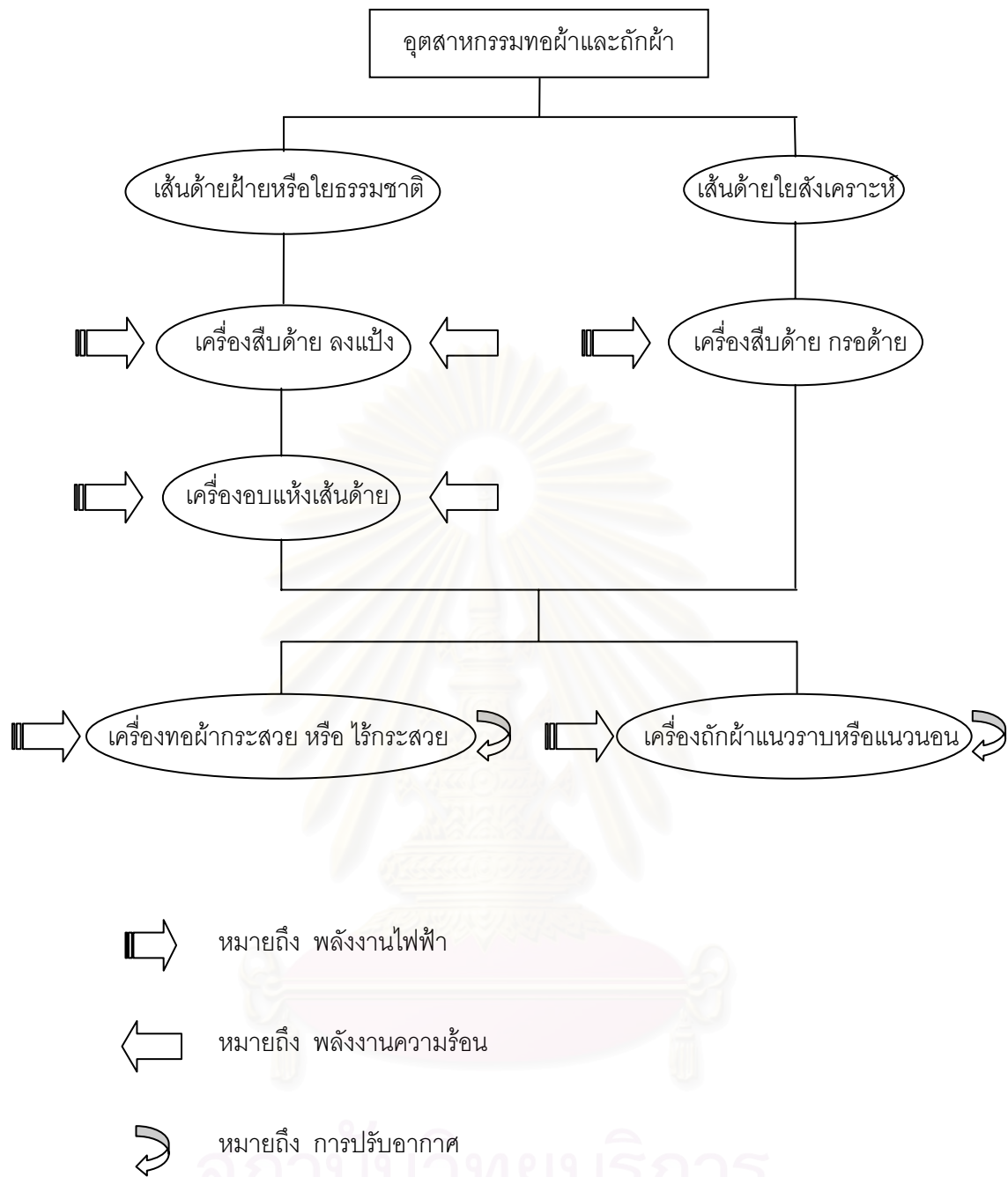
กระบวนการผลิตเริ่มจาก การนำเส้นใยที่เป็นวัตถุดิบมาทำความสะอาด เพื่อแยกสิ่งสกปรกที่ติดมาออกก่อน จากนั้น อาจมีการผสมเส้นใยสังเคราะห์กับ เส้นใยธรรมชาติ หรือเป็นเส้นใยชนิดเดียวกันก็ได้จากเครื่องผสม ต่อไปที่เครื่องวาง เส้นใยเพื่อทำให้เส้นใยแยกออกจากกันอย่างสม่ำเสมอ และพูนุ่ม และต่อไปเข้าที่ เครื่องรีดปุ๋ย (ปั่นหนึ่ง) เป็นขั้นตอนที่ทำให้เส้นใยที่วางแล้วเริ่มต่อกันเป็นเส้นยาว แต่ยังไม่มีความแข็งแรง เรียกว่า กำเบาพูนุ่ม Sliver จากนั้นหากต้องการใช้ด้ายมี คุณภาพดีขึ้น อาจจะไปเข้าเครื่องหวีเพื่อขจัดเส้นใยที่มีความยาวไม่พอ ซึ่งจะเข้าไป ทำให้ด้ายไม่เรียบ ส่วนมากจะใช้กับด้ายที่มีเบอร์มากกว่าเบอร์ 50 ขึ้นไป จากนั้นไป เข้าเครื่องโรฟวิ้ง (ปั่นสอง) เป็นเครื่องปั่นด้ายความเร็วสูง เริ่มตีเกลียวเส้นใยเข้า ด้วยกัน จากนั้นก็ไปเข้าเครื่องปั่นสุดท้าย (ปั่นสาม) ซึ่งใช้เทคโนโลยีระบบ Ring Spinning มีความเร็วในการปั่น 24,000 รอบต่อนาที และต่อมาพัฒนาเป็นระบบ Open – End Spinning มีความเร็วในการปั่นสูงถึง 100,000 รอบต่อนาที และใช้ พลังงานน้อยกว่าระบบ Ring Spinning แต่ข้อจำกัดของระบบ คือ เหมาะสำหรับ การปั่นด้ายที่มีขนาดใหญ่ เพราะต้นทุนการผลิตจะสูงขึ้นอย่างมากในการผลิต เส้นด้ายที่มีขนาดเล็ก

ปัจจุบันกำลังการผลิตเส้นด้ายจากเครื่องจักรชนิด Ring Spinning ประมาณ 3.8 ล้านแกน ซึ่งผลิตด้ายเบอร์ 0 – 100 และเครื่องจักรชนิด Open – End ประมาณ 50,000 แกน สามารถผลิตด้ายเบอร์ 0 – 30

3.6.2 การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมกลางน้ำ

อุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า

เป็นอุตสาหกรรมที่มีความหลากหลายของเทคโนโลยี และยังมีการพัฒนา อยู่อย่างต่อเนื่อง เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมีทั้งแบบเก่าและใหม่ กระบวนการผลิต จากเส้นด้ายเป็นผืนผ้าพื้นไม่ต่างกันมากนัก ความแตกต่างมาจากความแตกต่าง ของวัตถุดิบ จึงทำให้มีการเตรียมการที่แตกต่างกัน ดังในแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3.8 กระบวนการผลิตและประเภทของพลังงานในการทอผ้าและถักผ้า

กระบวนการผลิตสำหรับด้ายจากเส้นใยธรรมชาติ ต้องมีกระบวนการนำเส้นด้ายมาทำการสีบด้าย เป็นด้ายยีน หรือด้ายพุ่งที่ต้องมีการลงแบ้ง เพื่อความเหมาะสมในการทอ ส่วนด้ายที่เป็นใยสังเคราะห์หรือมีส่วนผสมของใยสังเคราะห์มาก ๆ ไม่ต้องมีขั้นตอนการลงแบ้ง เพียงแต่สีบด้ายเข้าบีมเพื่อรอกทอได้ ดังนั้นการใช้พลังงานของผ้าฝ้ายกับผ้าใยสังเคราะห์จึงมีความแตกต่างกัน

เครื่องทอผ้า (Weaving Machine) มีสองประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องทอผ้าแบบกระสวย (Shuttle Loom) และเครื่องทอผ้าแบบไร้กระสวย (Shuttleless Loom) เครื่องทอผ้าแบบกระสวยเป็นเทคโนโลยีแบบดั้งเดิมที่อาจใช้ไม้หรือพลาสติก หรือวัสดุสังเคราะห์อื่นเป็นตัวพาด้วยพุ่งวิ่งไปบนด้ายยืน ทำให้เกิดเป็นลายผ้าตามต้องการ เครื่องแบบนี้จะใช้ทอผ้าได้ไม่กว้างมากนัก เนื่องจากข้อจำกัดของการตีกระสวยทำให้ทอผ้าได้กว้าง 36 – 60 นิ้ว

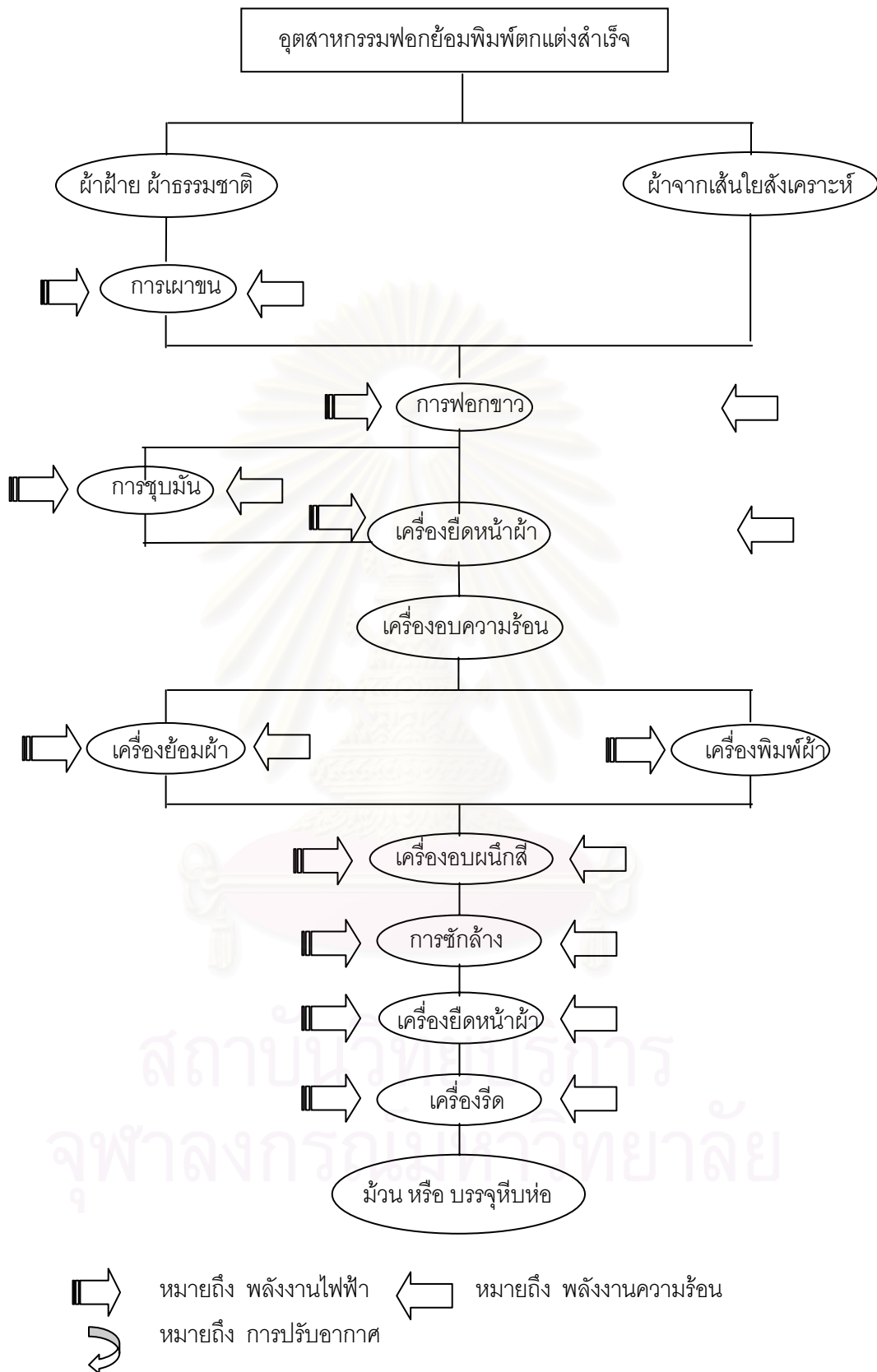
เครื่องทอผ้าแบบไร้กระสวย เป็นเทคโนโลยีใหม่ ซึ่งสามารถทอผ้าได้กว้างที่สุด 200 นิ้ว แต่ที่พบมากจะอยู่ในช่วง 72–110 นิ้ว เครื่องทอผ้าไร้กระสวยมี 4 แบบ คือ เครื่องทอผ้า Projectile เครื่องทอ Rapier เครื่องทอผ้าแบบ Air Jet และเครื่องทอผ้าแบบ Water Jet แต่ละแบบมีความต้องการใช้พลังงานที่แตกต่างกันไป เมื่อเทียบกับเครื่องทอแบบกระสวย เครื่องทอผ้าแบบไร้กระสวยจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า และใช้พลังงานน้อยกว่าในปัจจุบัน ประมาณร้อยละ 75 ของเครื่องทอผ้าเป็นเครื่องทอผ้าแบบกระสวย มีเพียงร้อยละ 25 เป็นเครื่องทอผ้าแบบไร้กระสวย

เครื่องถักผ้า สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องถักผ้าแบนนอน (Flat Knitting) และเครื่องถักผ้าวงกลม (Circular Knitting) ผ้าที่ได้จากการถักจะมีความหนามากกว่าการทอ แต่จะมีความแน่นของผืนผ้าน้อยกว่า ทำให้การยืดตัวของผ้าสูงกว่า

พลังงานหลักของอุตสาหกรรมประเภทนี้ คือ ไฟฟ้า ซึ่งใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักร มอเตอร์ และส่วนที่สำคัญอีกส่วน คือ ใช้ในการปรับอากาศเพื่อควบคุมคุณภาพของเส้นด้าย ซึ่งต้องการการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และเนื่องจากต้องปรับอากาศเป็นบริเวณกว้าง ระบบปรับอากาศจึงต้องมีขนาดใหญ่ และใช้พลังงานมาก หลังจากทอผ้าออกเป็นผ้าผืนแล้ว สามารถส่งขายเป็นผ้าดิบได้เลย แต่โรงงานจะมีกระบวนการต่อเนื่องด้วยการฟอกขาวขายเป็นผ้าขาวหรือย้อมสี เพื่อเพิ่มราคาขาย บางแห่งมีการผลิตที่ครบวงจร คือ มีการพิมพ์ลายด้วย

อุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์และแต่งเสร็จ

เป็น อุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อนของเทคโนโลยีเช่นกัน ทั้งนี้เพราะกระบวนการผลิตจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ ชนิดของผ้า สารเคมีหรือสีที่ใช้ การย้อม ตกแต่งผ้ามีทั้งการย้อมผ้าผืนและย้อมเส้นสำเร็จรูป แต่การย้อมผ้าผืนมีมากกว่า



รูปที่ 3.9 แสดงกระบวนการผลิตและประเภทของพลังงานที่ใช้

กระบวนการผลิตเริ่มจากการเตรียมผ้าที่จะทำการย้อม ถ้าเป็นผ้าฝ่ายธรรมชาติที่ผ่านการลงแป้งมา ต้องมาทำการเผาขนก่อน กระบวนการนี้ทำเพื่อขจัดขนสั้นๆ ที่โผล่จากผืนผ้าเพราะทำให้ผ้าไม่มีความเรียบลื่น กรรมวิธีจัดขนจะใช้ความร้อนสัมผัสผืนผ้าทำให้ขนหายไป ความร้อนที่ใช้อาจจะใช้ในรูปแบบต่างๆ กัน คือ อาจใช้ผิวโลหะร้อน อาจเผาด้วยไฟฟ้า หรืออาจใช้เปลวไฟที่ได้จากการเผาก๊าซวิธีหลังเป็นวิธีที่นิยมมาก แต่มีความสิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุด เนื่องจากใช้เพียงไอร้อนจากการเผาเท่านั้น จากนั้นต้องนำไปผ่านการลอกแป้งโดยผ่านผ้าลงในสารเคมีที่ใช้มาก คือ โซดาไฟ ซึ่งใช้ความร้อนจากไอน้ำเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้สูงประมาณ 70 - 90° C ต่อจากนั้นก็มีกระบวนการตกแต่งผ้า เช่น การชุบมัน หลังจากนั้นนำผ้าที่เปียกไปผ่านเครื่องยัดหน้าผ้า เพื่อปรับความกว้างของหน้าผ้าให้ได้ตามขนาดที่ต้องการแล้วนำไปอบด้วยความร้อนเพื่อกันการหดตัวของผ้า ในส่วนนี้ความร้อนที่ใช้มักมีน้ำมันเป็นตัวกลางความร้อน เพราะต้องการอุณหภูมิสูงกว่า 200° C

หลังจากได้ผ้าตามขนาดที่ต้องการแล้ว นำไปผ่านการย้อมสี หรือพิมพ์ลาย เครื่องย้อมสีมีทั้งการย้อมแบบต่อเนื่องและการย้อมเป็น Batch เครื่องย้อมแบบต่อเนื่องเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ มีกระบวนการต่างๆ ต่อเนื่องไปตั้งแต่การจุ่มอัดสีจนถึงการซักล้าง เหมาะสำหรับงานที่มีปริมาณมากๆ ส่วนการย้อมแบบเป็น Batch เครื่องย้อมเป็นแบบแช่หรือแบบดูดซึม เช่น เครื่องย้อม Winch เครื่องย้อม Jigger เครื่องย้อม Jet เครื่องย้อมอีกประเภทหนึ่งคือเครื่องย้อมกึ่งต่อเนื่อง เรียกว่าการย้อมแบบ Cold Patch Batch การจุ่มอัดสีเหมือนแบบต่อเนื่อง แต่มีการหมักผ้าทิ้งไว้เป็นเวลานานที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด การใช้พลังงานในการย้อม ใช้ความร้อนในการทำให้ผ้าย้อมมีอุณหภูมิที่เหมาะสม และอุณหภูมิจะไม่สูงมากนัก จึงนิยมใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต

ในการพิมพ์ เครื่องพิมพ์ที่ใช้มีหลายแบบ เช่น การพิมพ์แบบราบ (Flat Screen Printing) การพิมพ์แบบลูกกลิ้ง (Roller Screen Printing) การพิมพ์แบบโรตารี (Rotary Screen Printing) โดยขั้นตอนการพิมพ์นี้จะไม่ใช้ความร้อนในการพิมพ์ แต่หลังพิมพ์เสร็จผ้าจะผ่านเข้าตู้อบผืนสีเพื่อให้สีแห้ง ขั้นตอนนี้จึงต้องใช้ความร้อนในการอบ ต่อจากนั้นผ้าที่ผ่านการพิมพ์และอบแห้ง จะถูกส่งต่อไปกระบวนการซักล้าง เสร็จแล้วเข้าเครื่องยัดหน้าผ้าและเครื่องรีดด้วยลูกกลิ้ง ซึ่งทั้งหมดจะใช้พลังงานความร้อน

ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมพิมพ์และแต่งเสิร์จ เป็นอุตสาหกรรมที่พึ่งพาพลังงานความร้อนเป็นส่วนใหญ่ เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับผลิตความร้อนมีความหลากหลายทั้งที่เป็นเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ถ่านหิน แกลบ ชี้เลื่อย ไม้พืน เชื้อเพลิงเหลว เช่น น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล เชื้อเพลิงก๊าซ เช่น LPG และก๊าซธรรมชาติ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมนี้ ร้อยละ 60 ของจำนวนโรงงานเป็นโรงงานขนาดเล็ก ซึ่งร้อยละ 90 ใช้เครื่องจักรที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 20 ปี ทำให้ผ้าที่ผ่านการฟอกย้อมพิมพ์ลายแต่งเสิร์จไม่สามารถผลิตผ้าที่มีคุณสมบัติให้ความยืดหยุ่นหรือสร้างผิวสัมผัสพิเศษได้

3.6.3 อุตสาหกรรมปลายน้ำ

อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม เป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มมากที่สุดในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม ตารางที่ 3.18 แสดงมูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรมสิ่งทอต่อ GDP และ ตารางที่ 3.19 แสดงมูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรมสิ่งทอแต่ละประเภท

ตารางที่ 3.18 แสดงมูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรมสิ่งทอต่อ GDP

	2538	2539	2540	2541	2542	2543
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (ล้านบาท)	4,186,212	4,611,041	4,732,610	4,626,447	4,632,132	4,904,725
มูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรม สิ่งทอ (ล้านบาท)	238,640.8	254,319.1	269,561.1	271,661.7	262,529.1	270,179.8
สัดส่วนต่อ GDP	5.70	5.52	5.69	5.87	5.67	5.51

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ตารางที่ 3.19 แสดงมูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรมสิ่งทอแต่ละประเภท

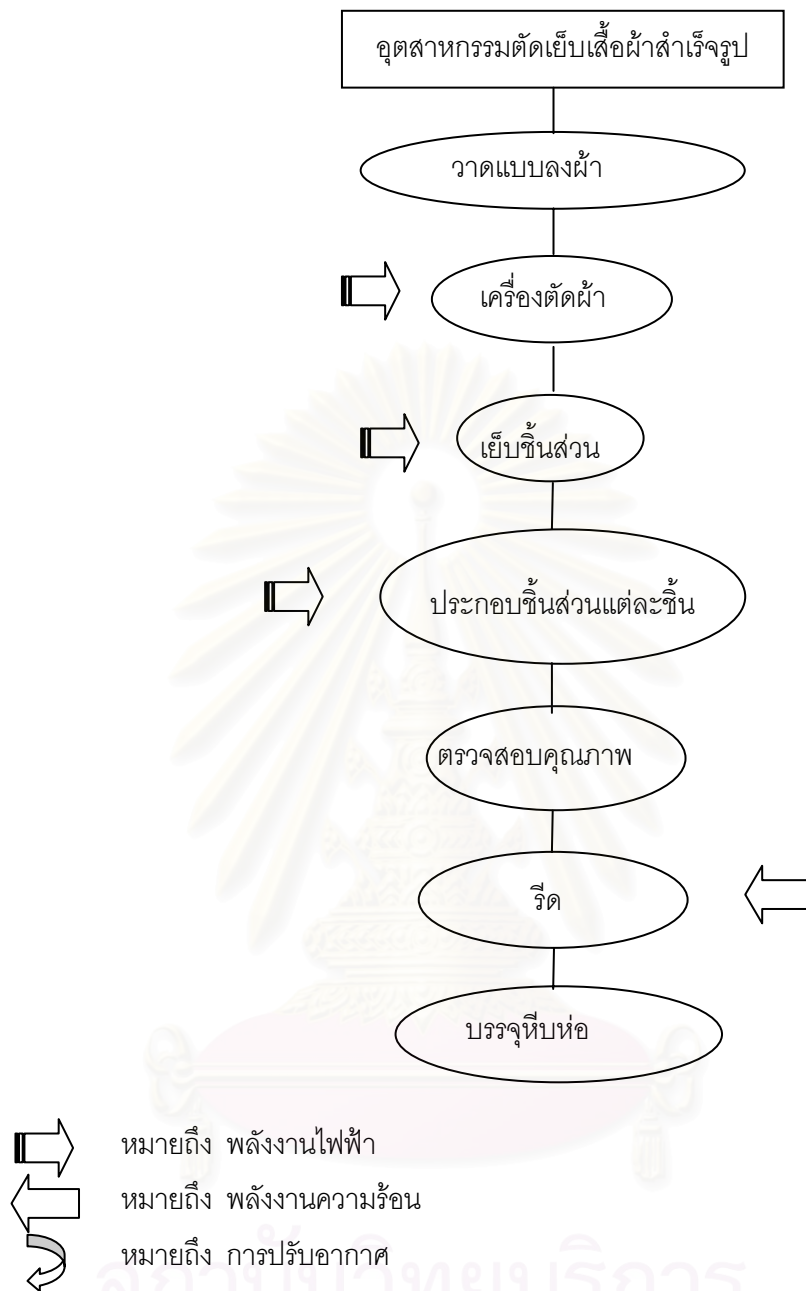
(หน่วย : ล้านบาท)

ประเภทอุตสาหกรรม	2538	2539	2540	2541	2542	2543
1. ปั่นด้าย	14,406.9	13,008.5	13,775.9	17,739.4	15,217.7	16,104.1
2. ทอผ้า	43,823.6	42,586.1	43,598.2	47,271.3	45,951.4	49,178.7
3. ฟอกย้อมพิมพ์ผ้า	3,024.8	2,761.9	2,989.7	3,338.9	2,844.8	2,648.9
4. เครื่องนุ่งห่ม	141,910.2	161,355.4	174,653.4	164,320.9	160,889.4	162,117.5

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มใช้เทคโนโลยีในการผลิตไม่สูงมาก และไม่ค่อยมีความหลากหลายของเทคโนโลยี แต่มีความหลากหลายของสินค้าและขนาด พลังงานหลัก คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักรตัดเย็บ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.10 แสดงกระบวนการผลิตและประเภทของพลังงานที่ใช้

การผลิตเริ่มจากการออกแบบสินค้า แล้วนำไปสร้างต้นแบบที่เป็นวัสดุที่ค่อนข้างมีความคงตัว อาจจะเป็นกระดาษแข็งหรือพลาสติก ต่อจากนั้นเป็นกระบวนการตัดผ้าตามแบบโดยใช้เครื่องตัดผ้า จากนั้นชิ้นส่วนต่าง ๆ จะถูกส่งไปที่แผนกเย็บ

เครื่องจักรที่ใช้ในการเย็บมีหลายประเภทแล้วแต่งานที่ต้องทำ เช่น จักรแซก จักรลาจักรเย็บกระดุม จักรสอย จักรล้อมหรือจักรห่อ เป็นต้น จักรแต่ละประเภทจะทำงานในเวลา

ไม่เท่ากัน เพราะความหนาผ้าไม่เท่ากัน ดังนั้น พลังงานส่วนใหญ่ในการเย็บมีความแตกต่างกันไปตามขนาดของเครื่องนุ่งห่ม

หลังจากตัดเย็บเสร็จแล้ว จะส่งไปขั้นตอนการรีดซึ่งใช้เตารีดที่ใช้ไอน้ำ เมื่อรีดเสร็จเรียบร้อยก็ทำการบรรจุหีบห่อเพื่อทำการจำหน่ายต่อไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน จัดว่าเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลาง (Intermediate Stream) และเป็นอุตสาหกรรมหนักประเภทหนึ่ง กล่าวคือเป็นอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะกึ่งสำเร็จรูปขั้นปลาย ซึ่งใช้ในการผลิต แปรรูป หรือประกอบเป็นผลิตภัณฑ์จากโลหะพร้อมใช้ หรือใช้ในโรงงานก่อสร้างต่างๆ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ได้แก่ โลหะรูปพรรณต่างๆ เช่น โลหะที่เป็นเส้น โลหะรูปหน้าตัด ทั้งที่ทำจากเหล็กและอลูมิเนียม ได้แก่ ฉาก รางน้ำรูปตัวไอ รูปตัวเอช โลหะแผ่น โลหะหล่อรูปต่างๆ เส้นลวดโลหะ เป็นต้น

กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในประเทศไทย สามารถแบ่งเป็นประเภทหลักๆ 4 ประเภทได้ดังนี้

1. การผลิตโลหะรูปพรรณหรือโลหะแผ่น โดยกระบวนการรีดร้อน
2. การผลิตโลหะรูปพรรณหรือโลหะแผ่น โดยกระบวนการรีดเย็น
3. การผลิตชิ้นส่วนโลหะ
4. การผลิตเส้นลวดโลหะ

4.1 ประเภทอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

โดยทั่วไปอุตสาหกรรมโลหะจะเริ่มต้นจากการถลุงสินแร่ชนิดต่างๆ เพื่อผลิตโลหะชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก ทองเหลือง อะลูมิเนียม ในรูปต่างๆ เช่น เป็นก้อน (Ingot) เป็นแท่ง (Billets) หรือเป็นแผ่นหนา (Slab) ก้อน แล้วจึงนำไปหล่อหรือรีดเป็นแผ่น เส้น ลวด เป็นชิ้นส่วน หรือรูปพรรณหน้าตัดรูปต่างๆ ต่อไป

แต่เนื่องจากอุตสาหกรรมถลุงสินแร่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมประเภท ดิน กรวด หินทราย จึงอยู่นอกขอบเขตของกลุ่มอุตสาหกรรมนี้

กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานขั้นต้น เป็นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์โลหะกึ่งสำเร็จรูปขั้นต้นในรูปแบบเป็นก้อน (Ingot) แท่ง (Billets) หรือแผ่นหนา (Blooms or Slabs) โดยการนำเศษโลหะมาหลอมแล้วหล่อเป็นรูปที่ต้องการ หรืออาจหลอมเป็นก้อน (Ingot) ก้อน แล้วจึงนำไปเผาและรีดเป็นรูปแท่งหรือแผ่นหนา

ตามต้องการ เพื่อจำหน่ายแก่โรงงานในกลุ่มโรงงานโลหะมูลฐานขั้นต่อไป หรือในบางโรงงานอาจรีดเป็นโลหะรูปพรรณต่างๆ ต่อไป

- กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานขั้นปลาย เป็นโรงงานที่รับผลิตภัณฑ์โลหะมูลฐานขั้นต้นจากโรงงานกลุ่มแรก แล้วมาผ่านกระบวนการผลิตซ้ำอีกครั้ง กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานขั้นปลาย ยังสามารถแบ่งประเภทโรงงานเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามกระบวนการผลิตดังนี้
 - 1) การผลิตโลหะรูปพรรณหรือโลหะแผ่นโดยกระบวนการรีดร้อน
 - 2) การผลิตโลหะรูปพรรณหรือโลหะแผ่นโดยกระบวนการรีดเย็น
 - 3) การผลิตชิ้นส่วนโลหะ
 - 4) การผลิตโลหะเส้นลวด

4.2 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

4.2.1 การผลิตโลหะรูปพรรณหรือโลหะแผ่นโดยกระบวนการรีดร้อน กระบวนการผลิตที่สำคัญประกอบด้วย

- เตรียมวัตถุดิบ เช่น โลหะแท่ง(Billet) หรือแผ่น (Slap) โดยตัดให้ได้ขนาดพร้อมส่งเข้าเตาเผา
- นำไปเผาซ้ำในเตาเผา (Reheating Furnace) โดยใช้ความร้อนในระดับสูงเพียงพอต่อการปรับสภาพวัตถุดิบให้อ่อนตัวเหมาะต่อการรีด
- ตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการ
- ทำการรีดให้ได้รูปที่ต้องการ อาจต้องรีดกลับไปกลับมาหลายครั้ง
- ทำการขจัดคราบสนิมผิวแผ่นโลหะ (Descaling)
- ตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการ
- รีดปรับเรียบ
- ลดอุณหภูมิด้วยอากาศหรือน้ำ
- ตัดแต่งขนาดขั้นสุดท้าย
- บรรจุหีบห่อพร้อมขาย

4.2.2 การผลิตโลหะรูปพรรณหรือโลหะแผ่นโดยกระบวนการรีดเย็น กระบวนการผลิตจะคล้ายกับกระบวนการผลิตแบบรีดร้อนแต่ใช้อุณหภูมิในการรีดที่ต่ำกว่า โดยทำการเพิ่มอุณหภูมิโลหะก่อนรีดในเตาอบ (Annealing Furnace) แทนเตาเผา

(Reheating Furnace) เพื่อปรับโครงสร้างโลหะก่อนรีด และจะทำความสะอาดผิวโลหะก่อนรีด (pickling) โดยอาจใช้ไอน้ำ กระบวนการผลิตที่สำคัญประกอบด้วย

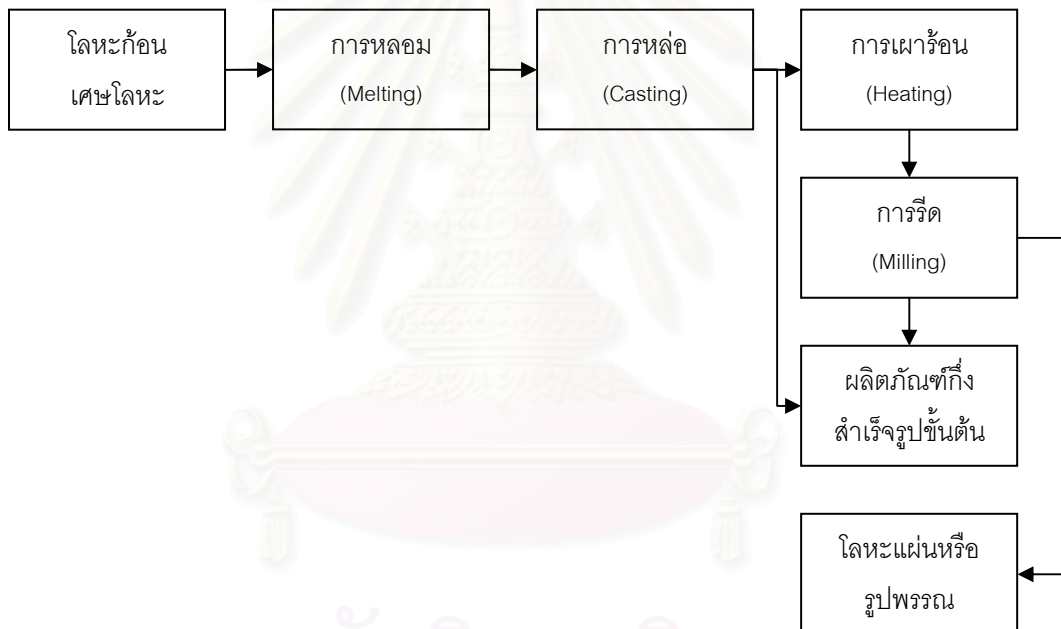
- เตรียมวัตถุดิบซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แผ่นโลหะหนา (Slap) ให้ได้ขนาดที่ต้องการ
- ทำการอบในเตาอบ (Annealing Furnace) เพื่อปรับโครงสร้างโลหะ
- ทำความสะอาดผิวโลหะและลดอุณหภูมิด้วยไอน้ำ (Pickling)
- ทำการรีดเย็น อาจทำซ้ำโดยการอบรีดซ้ำมากกว่า 1 ครั้งจนได้ขนาดและความหนาที่ต้องการ
- ชัดแต่งผิวก่อนนำไปอบหรือรีดซ้ำ
- รีดปรับเรียบ
- ตัดให้ได้ขนาด
- บรรจุหีบห่อพร้อมขาย

4.2.3 การผลิตชิ้นส่วนโลหะ ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภทผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนโลหะ ได้แก่ ชิ้นส่วนเครื่องจักร เครื่องยนต์ ส่วนประกอบอะไหล่รถยนต์และข้อต่อต่างๆ เป็นต้น กระบวนการผลิตที่สำคัญประกอบด้วย

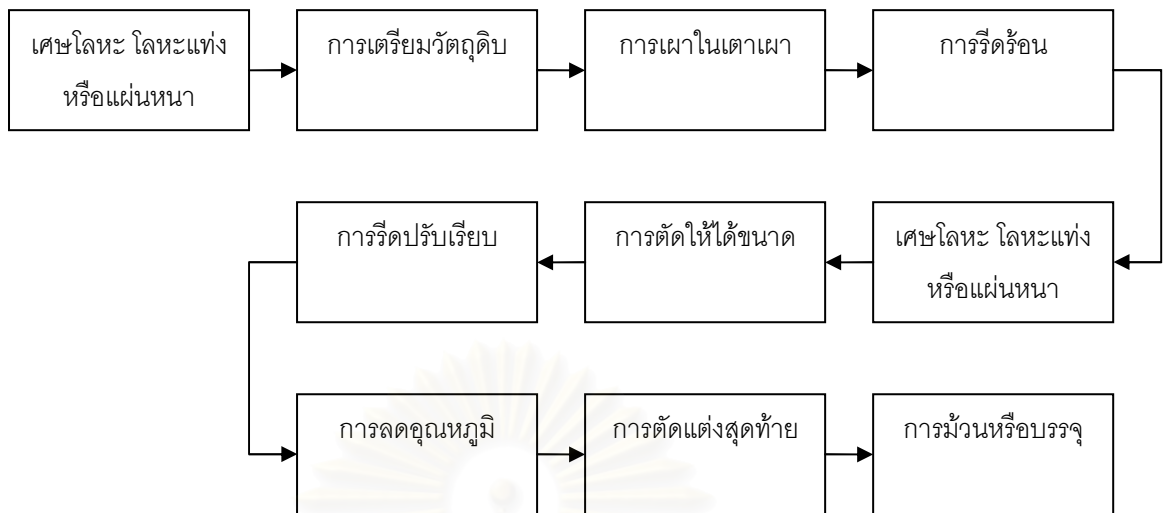
- เตรียมวัตถุดิบ ทำความสะอาดและจัดให้ส่วนผสมวัตถุดิบได้สัดส่วนที่ต้องการ เช่น อัตราส่วนเศษโลหะ (Scrap) และโลหะแท่ง (Billet) ที่ใช้ หรือใช้เหล็ก ทองเหลือง โลหะผสม (Alloys) เป็นต้น ในขณะที่เดียวกันได้เตรียมทำแบบหล่อไว้ด้วย
- การหลอมโลหะในเตาหลอมหลัก
- การถ่ายโลหะเหลวลงในเตาอุ่น (Holding Furnace) และปรับส่วนผสมตามต้องการ
- การเทโลหะลงในแบบหล่อ
- การเคาะชิ้นส่วนโลหะออกจากแบบ
- การทำความสะอาด
- การตัดแต่งชิ้นส่วน
- การตรวจสอบคุณภาพ
- ชุบผิวโลหะหรือชุบสีตามต้องการ
- การบรรจุหีบห่อพร้อมขาย

4.2.4 การผลิตโลหะเส้นลวด โลหะเส้นลวด จะผลิตโดยการนำโลหะเส้น (Wire Rod) ที่มีคุณสมบัติเฉพาะต่างๆ มารีดเย็นให้ได้โลหะเส้นลวดคุณภาพต่างๆ ตามต้องการ กระบวนการผลิตที่สำคัญประกอบด้วย

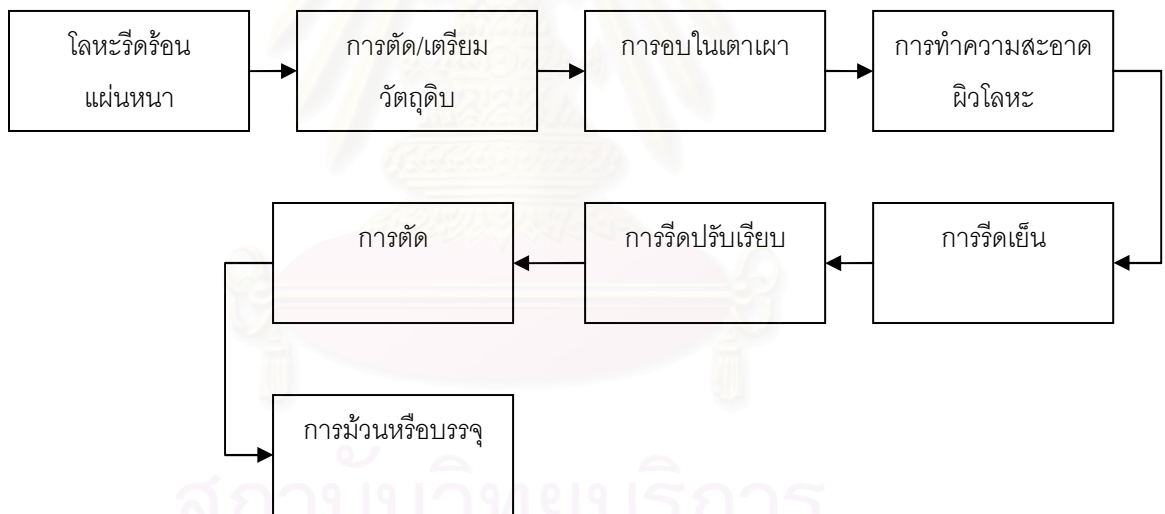
- การเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ ม้วนโลหะเส้น
- การปรับสภาพด้วยความร้อน (Heat Treatment) แล้วทำให้เย็นลงในเตาอบ (Patenting Furnace)
- การทำความสะอาด (Pickling) ก่อนนำไปรีด
- การรีดหรือดึงเส้นลวด (Drawing)
- การอบเพื่อคลายความเครียด (Stress Releasing)
- บรรจุหีบห่อพร้อมขาย



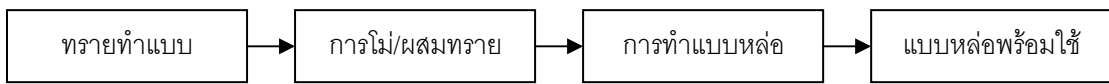
รูปที่ 4.1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะมาตรฐานขั้นต้น



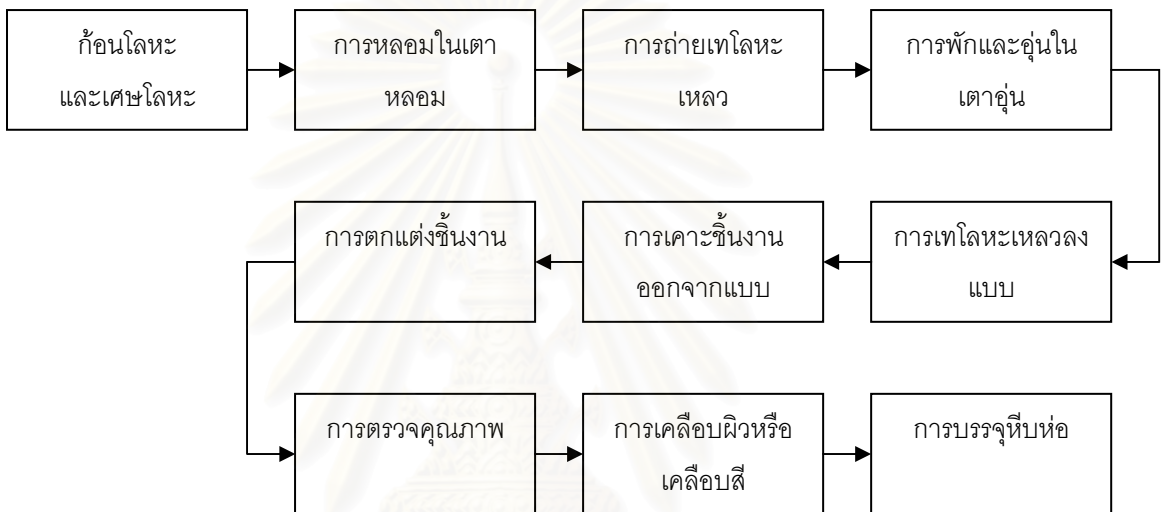
รูปที่ 4.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะมูลฐานขั้นปลาย



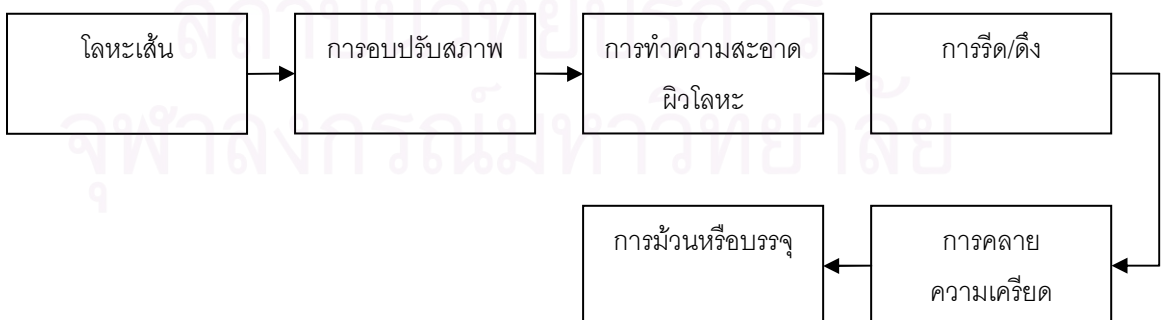
รูปที่ 4.3 กระบวนการผลิตโลหะรูปพรรณแบบรีดเย็น



รูปที่ 4.4 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนโลหะ



รูปที่ 4.5 การหลอมและหล่อชิ้นงานโลหะ



รูปที่ 4.6 กระบวนการผลิตเส้นลวดโลหะ

4.3 การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน

4.3.1 ชนิดของพลังงานที่ใช้

พลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ และพลังงานไฟฟ้า

เชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมโลหะมูลฐานในประเทศไทยมีหลายชนิดมีทั้งเชื้อเพลิงชนิดแข็ง ได้แก่ ถ่านโค้ก เป็นหลัก เชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันเตาเกรดต่างๆ น้ำมันดีเซล น้ำมันก๊าด และเชื้อเพลิงก๊าซ ได้แก่ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว(LPG) และก๊าซธรรมชาติ (NGV)

ส่วนพลังงานไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะซื้อจากระบบเครือข่ายไฟฟ้า และอาจมีเครื่องสำรองผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เองในเวลาฉุกเฉิน

4.3.2 การใช้พลังงานของระบบต่างๆ

สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโลหะมูลฐาน กระบวนการผลิตจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงมากกล่าวคือ การใช้พลังงานมากกว่าร้อยละ 80 จะใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ เตาหลอม เตาเผา เตาอบ มอเตอร์ขับเคลื่อน เครื่องรีด ระบบลำเลียง ยกและขนถ่ายต่างๆ

อีกประมาณไม่เกินร้อยละ 20 จะใช้กับระบบสาธารณูปโภค ซึ่งใช้บริการสนับสนุนระบบการผลิต เช่นกัน ได้แก่ ระบบอากาศอัด ระบบเครื่องสูบน้ำ และพัดลมดูดอากาศ ที่ช่วยทำหน้าที่หล่อเย็นและถ่ายเทอากาศ

ส่วนที่เหลือซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เป็นพลังงานไฟฟ้ารวมกันไม่เกินร้อยละ 5 จะใช้กับระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศ ซึ่งมีทั้งส่วนที่ใช้ภายในโรงงานและสำนักงาน โดยระบบปรับอากาศจะใช้กับสำนักงาน ห้องประชุม ห้องควบคุมต่างๆ เป็นหลัก

4.4 อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

สำหรับสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน กลุ่มอุตสาหกรรมที่สำคัญ คือ อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า โดยความเป็นมาของอุตสาหกรรมเหล็ก และ เหล็กกล้าในประเทศไทยเริ่มต้นเมื่อปี 2485 โดยรัฐบาลได้ทำสัญญากับ บริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด มอบสัมปทานการทำเหมืองแร่เหล็กที่จังหวัดลพบุรี เพื่อให้บริษัทลงทุนจัดตั้งโรงงานถลุงแร่เหล็กผลิตแปรรูปเหล็กกล้าด้วยกำลังการผลิต 100 ตัน/วัน ในระหว่างปี 2486-2490 บริษัทได้ทดลองถลุงแร่เหล็กโดยสร้างเตา

ถลุงแบบพ่นลมขนาดกำลังผลิต 3 ตัน/วัน ทำให้เหล็กที่ถลุงได้มีธาตุซีลีคอนต่ำกว่า 1.0% เหมาะที่จะใช้หล่อกระทะ ต่อมาบริษัทได้ติดต่อผู้เชี่ยวชาญชาวสวีเดนให้ออกแบบเตาถลุง เหล็กชนิดพ่นลมใช้ถ่านไม้ขนาดกำลังผลิต 15 ตัน/วัน และในปี 493 บริษัทได้สร้างโรงงานผลิตเหล็กกล้าโดยใช้เตาแบบโอเพ่นฮาร์ทผลิตได้ครั้งละ 7 ตัน ซึ่งต่อมาได้ดัดแปลงใหม่ทำให้ผลิตได้ครั้งละ 10 ตัน และสร้างโรงรีดเหล็กเส้นและเหล็กถดโรงแรกในประเทศขึ้น ต่อมาในปี 2494 และ 2495 ได้พัฒนาอุตสาหกรรมต่อเนื่อง 2 ชนิด คือ อุตสาหกรรมถดเหล็กและตะปู อุตสาหกรรมเหล็กหล่อและเหล็กกล้ารูปพรรณ

ในช่วง 2485 – 2500 อุตสาหกรรมเหล็ก และเหล็กกล้า ประสบปัญหาและอุปสรรคมากมาย ทั้งด้านเทคโนโลยี การตลาดการบริหารหรือนโยบายของรัฐบาลและที่สำคัญคือปัญหาด้านการเงิน เพราะต้องใช้การลงทุนที่สูงมากในปี 2500-2510 มีการพัฒนาการผลิตเหล็กกล้าโดยใช้เตาหลอมไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ความถี่สูงและเตาหลอมไฟฟ้าแบบอาร์ค การผลิตเหล็กเส้นในระยะเวลาดังกล่าว ยังมีการพัฒนาไม่มากเท่าที่ควร ต่อมาในช่วงปี 2510-2520 มีโรงงานผลิตเหล็กเส้น เหล็กถด และเหล็กรูปพรรณเกิดขึ้นจำนวนมาก โรงงานเหล็กส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานประเภทรีดซ้ำ ใช้เงินลงทุนน้อย ต่อมาเมื่อกิจการเพิ่มขึ้น โรงงานประเภทเตาหลอมก็มีการปรับปรุงเครื่องจักรและขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นในระยะต่อมา กิจการผลิตเหล็กของบริษัทได้แยกตัวออกจากบริษัทปูนซีเมนต์ไทยตั้งเป็นบริษัทเหล็กสยาม จำกัด โดยสร้างโรงงานใหม่และใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สุดผลิตเหล็กแผ่นอบสังกะสี อุตสาหกรรมเหล็กมีการเติบโตในอัตราที่ช้าและเป็นไปในลักษณะตลาดขึ้นช้าเพียงเพื่อจะตอบสนองความต้องการในประเทศ ในปี 2520 เมื่อได้มีการพบก๊าซธรรมชาติขึ้น รัฐบาลมีนโยบายในการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็ก โดยได้มีการสนับสนุนให้บริษัทเอกชนร่วมกันจัดตั้งบริษัท สยามเพอโรอินดัสตรีขึ้นแต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จจึงได้เลิกกิจการไป

บทบาทของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าต่อเศรษฐกิจไทยในช่วงที่ผ่านมาภาคเศรษฐกิจที่ถือว่าเป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์เหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญสามารถจำแนกได้ ดังนี้

1. Manufacturing ซึ่งได้แก่การผลิตในส่วนของ Fabricated Metal Product, Machinery, Electrical Machinery และ Transport Equipment
2. Construction

ดังนั้นเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่าง GDP ในประเทศ, GDP ภาคอุตสาหกรรมและ GDP ภาคการก่อสร้าง จะเห็นได้ว่ามูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product : GDP) มีอัตราการปรับตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากร้อยละ 14.79 ในปี 2533 เป็นร้อยละ 15.37 ในปี 2538 จากนั้นอัตราการขยายตัวในช่วงปี 2539 และ 2540 GDPในประเทศมีอัตรา

การขยายตัวเพิ่มขึ้นในทิศทางที่ลดลง โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.76 และ 1.67 ตามลำดับและในปี 2541 GDP ในประเทศปรับตัวลดลง มีอัตราการขยายตัวลดลงร้อยละ 1.52 ถ้าพิจารณากับ GDP ในภาคอุตสาหกรรมนั้นจะมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ GDP ในประเทศ โดยในปี 2533-2539 มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่ในปี 2540 และ 2541 อัตราการขยายตัวเพิ่มของ GDP ในภาคอุตสาหกรรมมีการปรับตัวเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยลดลงจากร้อยละ 16.23 ในปี 2539 เป็นร้อยละ 6.34 และ 1.44 ในปี 2540 และ 2541 และเมื่อพิจารณาถึง GDP ภาคการก่อสร้างในปี 2540 มีอัตราการขยายตัวลดลงอย่างชัดเจนเช่นกัน เพราะในปี 2539 GDP ภาคการก่อสร้าง มีอัตราการขยายตัวร้อยละ 12.06 แต่ในปี 2540 และ 2541 GDP ภาคการก่อสร้างมีอัตราการขยายตัวลดลงโดยลดลงร้อยละ 16.87 และ 33.31 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการขยายตัวของ GDP ในประเทศ ในช่วงเวลาเดียวกันคือขยายตัวเพียงร้อยละ 1.67 และ -1.52 นั้น แสดงให้เห็นว่าบทบาทของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้ามีผลกระทบโดยตรงต่อภาคเศรษฐกิจของประเทศไทย

4.5 ขั้นตอนการผลิตเหล็กในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

กระบวนการผลิตเริ่มจากสินแร่เหล็กหรือน้ำแร่เหล็ก ผ่านขั้นตอนธรรมชาติซึ่งมักจะใช้ถ่านหินหรือก๊าซธรรมชาติเป็นตัวช่วยลด การถลุงด้วยเตา Blast Furnace ใช้ถ่านหินเป็นตัวถลุงได้เหล็กในสภาพหลอมเหลวที่เรียกว่า เหล็กถลุง ส่วนการถลุงเหล็กโดยใช้กรรมวิธี Direct Reduction ซึ่งมักจะใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นตัวช่วยลด จะได้เหล็กในสภาพของแข็งที่เรียกว่า เหล็กพูน แต่เหล็กที่ได้ยังมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะกับการใช้งาน เพราะมีสิ่งเจือปนผสมอยู่จึงจำเป็นต้องนำมาปรับปรุงคุณภาพอีก ซึ่งสามารถทำได้ในเตา Oxygen Furnace หรือเตาไฟฟ้า จนได้เหล็ก กกล้าที่จะสามารถนำไปประกอบหรือผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กอื่น ๆ ต่อไป การนำเหล็กกล้ามาผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าจะมีการหล่อเหล็กเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป 3 ชนิดได้แก่ บิลเล็ต (billet), บลูม (bloom), สแลบ (slab) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการรีดต่อไป (ธนาคารแห่งประเทศไทย 2542 : 19-12)

ในการผลิตเหล็กรูปทรงยาวประเภทเหล็กเส้น ลวดเหล็ก และผลิตภัณฑ์จากลวดเหล็ก เช่นตะแกรงเหล็ก ตะปู น็อต สกรู การผลิตจะเริ่มจากการรีดร้อน เพื่อให้บิลเล็ตเป็นเหล็กเส้น ซึ่งมักใช้เป็นงานหลักในการก่อสร้าง หรืออาจจะรีดเหล็กลวด ซึ่งจะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตลวดเหล็ก โดยลวดเหล็กที่ได้อาจจะนำไปใช้งานได้เลย หรือทำการรีดเคลือบผิวหรือปรับคุณสมบัติต่างๆ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องต่อไป การผลิตเหล็กรูปทรงยาวที่เริ่มจากบิลเล็ตขั้นตอนการผลิตเหล็กรูปทรงยาวไม่ได้จำกัดแต่เพียงเท่านี้ เพราะยังมีการผลิตเหล็ก

โครงสร้าง เช่น I-beam, H-beam และรางเหล็ก ซึ่งการผลิตในกลุ่มนี้จะใช้บลูมมารีดเป็นเหล็กโครงสร้างเพื่อใช้เป็นโครงสร้างสำหรับสิ่งก่อสร้างต่างๆ ในส่วนของสแลบนั้นเป็นวัตถุดิบต้นทางของเหล็กรูปทรงแบน ได้แก่ เหล็กแผ่นชนิดต่างๆ สแลบจะถูกรีดร้อนจนได้เหล็กแผ่นรีดร้อน ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตตู้คอนเทนเนอร์, ท่อเหล็ก, ถังก๊าซ, ลำตัวของเรือนอกจากนี้ยังสามารถนำมาผลิตเหล็กโครงสร้างชนิดที่ 1 ได้จากการเชื่อมและใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเหล็กแผ่นชนิดถัดไป ได้แก่ เหล็กแผ่นรีดเหล็ก ซึ่งเกิดจากการรีดเหล็กแผ่นรีดร้อนในสภาพอุณหภูมิทั่วไป โดยเหล็กแผ่นชนิดนี้ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตตัวถังรถยนต์, ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า, เพอร์นิเจอร์ชนิดต่างๆ ท่อเหล็กขนาดเล็ก รวมไปถึงการผลิตชิ้นส่วนเหล็กปั๊มขึ้นรูปและสามารถนำมาเคลือบผิวเป็นเหล็กแผ่นเคลือบชนิดต่างๆ เช่น เหล็กแผ่นเคลือบดีบุกที่ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์ เหล็กเคลือบสังกะสี ใช้ผลิตหลังคาเหล็ก บานเกล็ดเหล็ก เป็นต้น การผลิตเหล็กในปัจจุบันไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการรีดผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จ 3 ชนิด เท่านั้นแต่ยังมีการผลิตเหล็กที่ได้จากการหล่อ หรือจากกรรมวิธีทุบขึ้นรูป สำหรับขั้นตอนในการหล่อนั้น เหล็กกล้าที่หลอมเหลวจะถูกหล่อขึ้นรูปเป็นชิ้นงานและผ่านกรรมวิธีการผลิตอื่นๆ อีก เช่น การกลึง การไส การกัดผิว เป็นต้น จนได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปออกมา ส่วนขั้นตอนการทุบขึ้นรูปนั้นอาจจะทำได้ โดยนำบิลเล็ตมาตัดให้ได้ขนาดพอเหมาะ แล้วนำมาทุบขึ้นรูปหลังจากนั้น จึงผ่านการกลึง การไส จนเป็นชิ้นงาน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้ เช่น เครื่องมืออุปกรณ์ ไปจนถึงชิ้นส่วนที่ต้องรับแรงสูงๆ เช่น เพลาส่งกำลังต่างๆ เป็นต้น

4.6 โครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทย

ประเภทผลิตภัณฑ์เหล็กและเหล็กกล้าสามารถแบ่งออกตามระดับการผลิตซึ่งจะแบ่งได้ 3 ระดับการผลิตได้แก่ วัตถุดิบขั้นต้น วัตถุดิบกึ่งสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปตลอดจนอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลักๆ ที่ใช้ผลิตภัณฑ์เหล็กและเหล็กกล้า

1. วัตถุดิบขั้นต้น จัดอยู่ในประเภทอุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้น การใช้วัตถุดิบขั้นต้นในประเทศไทยที่ใช้กันมากคือ จะใช้เศษเหล็กเป็นหลัก ส่วนวัตถุดิบอื่นๆ ได้แก่ เหล็กพิก เหล็กพูนซึ่งวัตถุดิบที่หาได้ในประเทศนั้นจะมีเพียงเศษเหล็กเท่านั้น ส่วนเหล็กพิกและเหล็กพูนยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

จากการที่มีการผลิตวัตถุดิบกึ่งสำเร็จรูปประเภท billet โดยใช้เตา Electric Arc Furnace เพิ่มมากขึ้นปริมาณเศษเหล็กหมุนเวียนอยู่ในประเทศจึงไม่เพียงพอต่อการใช้ โดยถ้าพิจารณาถึงปริมาณเศษเหล็กในประเทศ จะเห็นได้ว่าปริมาณเศษเหล็กในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราขยายตัวเพิ่มขึ้น เช่น ในช่วงปี 2533-2538 ปริมาณเศษเหล็กในประเทศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

แต่ในช่วงปี 2539 มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.72 และ 6.97 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเศษเหล็กนำเข้ามีแนวโน้มลดลง จะเห็นได้ว่าในช่วงปี 2537-2541 ปริมาณเศษเหล็กนำเข้ามีการอัตราการขยายตัวลดลง จากในปี 2537 ลดลงร้อยละ 2.05 เป็นลดลงร้อยละ 55.80 ในปี 2541

จะเห็นว่าในช่วง 2-3 ปี ข้างหน้าปริมาณความต้องการใช้เศษเหล็กของไทยจะลดลง เนื่องจากการลงทุนในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของภาคเอกชน โดยเฉพาะเตาหลอมที่เกิดขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์เหล็กทรงยาวนั้นในระยะหลังมีทิศทางการใช้ที่ลดลง

ทางด้านราคาเศษเหล็ก พบว่าในปี 2541 ราคาเหล็กในประเทศได้เพิ่มขึ้นจากปี 2540 ร้อยละ 3.2 จากสาเหตุการเพิ่มขึ้นของต้นทุนของการซื้อขายเศษเหล็ก และความต้องการใช้ของผู้ผลิตเตาหลอมที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการขาดแคลนเศษเหล็กมากขึ้น ส่งผลให้ราคาเศษเหล็กในปี 2542 มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอีก ในขณะที่ราคาเศษเหล็กในต่างประเทศเพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 1.7 (ตารางที่ 5)

2. วัตถุดิบกึ่งสำเร็จรูป จัดอยู่ในประเภทอุตสาหกรรมเหล็กชั้นกลาง ซึ่งผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป ได้แก่ Ingot, Slab, Billet, และ Bloom ถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากขั้นตอนของกระบวนการผลิตเหล็กกล้า การผลิตผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้จะเป็นกระบวนการต่อเนื่องจากผลิตเหล็กขึ้นต้นโดยเป็นการนำเหล็กพิกและเหล็กพูนไปเข้ากระบวนการหลอมเหลวด้วยกระบวนการแปลงสภาพในเตา Basic Oxygen Furnace และเตา Electric Arc Furnace ตามลำดับ ในระหว่างการหลอมจะมีการปรับปรุงส่วนประกอบทางเคมีและขจัดธาตุมลทินต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ จากนั้นจึงทำการหล่อขึ้นรูปภายใต้กระบวนการหล่อที่แบบต่างๆ ออกมาเป็นวัตถุดิบกึ่งสำเร็จรูปขนาดต่างๆ ซึ่งก็คือ Ingot, Slab, Billet, และ Bloom ซึ่งวัตถุดิบกึ่งสำเร็จรูปเหล่านั้นจะกลายเป็นวัตถุดิบต้นทางสำหรับผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปทรงแบนและทรงยาวต่อไป

สำหรับประเทศไทยนั้นปัจจุบันมีการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอยู่ 3 ประเภท คือ Ingot, Billet, และ Bloom นั้น ส่วน Slab ยังไม่มีการผลิตขึ้นในประเทศไทย โดยในสายผลิตภัณฑ์ทรงยาวซึ่งได้แก่การผลิต Ingot, Billet, และ Bloom นั้น ในประเทศไทยเริ่มมีการผลิตวัตถุดิบกึ่งสำเร็จรูปประเภท Ingot ขึ้นโดย บริษัทเหล็กสยาม จำกัด ต่อมาเป็นผู้ผลิต Billet เพิ่มขึ้นตามมาอีกหลายราย

ในการผลิต Ingot, Billet, และ Bloom นั้น วัตถุดิบหลักที่นำมาใช้ในการผลิตคือ เศษเหล็กโดนในช่วงเวลาที่ผ่านมาการผลิตวัตถุดิบกึ่งสำเร็จรูปของไทยได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นโดยตลอดจนกระทั่งในปี 2539-2541 อัตราการขยายตัวของการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปได้ มีการปรับตัวลดลง โดยลดลงร้อยละ 1.50, 2.94, และ 18.79 ตามลำดับ

สำหรับวัตถุดิบที่สำเร็จรูปประเภท Bloom เริ่มมีการผลิตขึ้นครั้งแรก โดยบริษัทเหล็กสยามยามาโตะ จำกัด ในปี 2538 ซึ่งในการผลิตนั้นจะเป็นการป้อน Bloom เพื่อใช้ในการผลิตเหล็กโครงสร้างรูปพรรณขนาดใหญ่ของบริษัทเองทั้งสิ้น

3. ผลิตรภัณฑ์สำเร็จรูป จัดอยู่ในประเภทอุตสาหกรรมเหล็กชั้นกลาง แยกผลิตรภัณฑ์ออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ผลิตรภัณฑ์เหล็กทรงยาวและผลิตรภัณฑ์เหล็กทรงแบน ซึ่งผลิตรภัณฑ์ในกลุ่มนี้ถือเป็นหัวใจหลักของโครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทยในปัจจุบัน เนื่องจากการพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทยส่วนใหญ่ยังคงเน้นหนักในผลิตรภัณฑ์ชั้นปลายเท่านั้น

3.1 ผลิตรภัณฑ์เหล็กสำเร็จรูปทรงยาว ผลิตรภัณฑ์หลัก ได้แก่ เหล็กเส้นและเหล็กหลอด เหล็กโครงสร้างรูปพรรณและเหล็กหลอดแรงดึงสูง

อุตสาหกรรมเหล็กเส้น เหล็กหลอดและเหล็กรูปพรรณถือเป็นอุตสาหกรรมเหล็กกล้าที่นับว่าได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศไทยเป็นเวลานาน ตั้งนั้นโรงงานที่มีอยู่ จึงมีทั้งโรงงานที่ใช้กรรมวิธีผลิตจากการหลอมและการรีด ซึ่งในกรรมวิธีการหลอมเอง ก็มีทั้งโรงงานสมัยใหม่ที่มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีพลังงานสูง มีอุปกรณ์เผาเศษเหล็กแบบ Oxygen-fuel Burness ที่จะสามารถเผาเศษเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นเตาหลอมแบบ Eccentric bottom tapping (EBT) คือ มีการเทน้ำเหล็กออกจากก้นเตา ซึ่งทำให้เหล็กที่ได้มีตะกั่วแบบ Oxydizing ติดปนน้อยที่สุด

3.1.2 เหล็กหลอด

3.1.3 ผลิตรภัณฑ์หลอดเหล็กแรงดึงสูงที่ใช้ในประเทศแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

ชนิดเส้นเดี่ยว (P.C. WIRE) เป็นหลอดเหล็กที่ใช้ทำเสาเข็มคอบกรีดอัดแรง เสาไฟฟ้าพื้น ผนังอาคารสำเร็จรูป ท่อน้ำ คาน คอนกรีตอัดแรงชนิดต่างๆ และใช้ในงานก่อสร้างที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมาก

ชนิดตีเกลียว (P.C. STRAND WIRE) เป็นหลอดที่ทำจากการนำหลอดเหล็กชนิดเส้นเดี่ยว มาตีเกลียวเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถรับแรงดึงได้มากกว่าหลอดเหล็กชนิดเดี่ยว ส่วนใหญ่ใช้ในารก่อสร้างขนาดใหญ่ เช่น เขื่อน ส่วนต่าง ๆ ของสะพาน อาคารขนาดสูง ผลิตรภัณฑ์หลอดเหล็กแรงดึงสูงนี้ วัตถุดิบที่ใช้คือ เหล็กหลอดชนิดคาร์บอนสูง ซึ่งในขณะนี้ยังไม่มีการผลิตในประเทศ ผู้ผลิตในประเทศทั้งหมดจึงต้องพึ่งพาการนำเข้าเหล็กหลอดชนิดนี้มาเพื่อใช้ในการผลิต

3.1.4 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณนั้น โดยทั่วไปจะสามารถแบ่งแยกได้ตามกระบวนการผลิต 2 วิธีหลัก ๆ คือ

- เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน ถือเป็นผลิตภัณฑ์ทรงยาวประเภทหนึ่ง ซึ่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ จะได้แก่ Bloom และ Beam Blank ซึ่งจะนำไปใช้ในการผลิตเหล็กรูปพรรณขนาดใหญ่ เช่น I- Beam, H-Beam เป็นต้น และ Billet ซึ่งจะนำไปใช้ในการผลิตเหล็กรูปพรรณขนาดเล็ก
- เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดเย็น จัดเป็นผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าประเภทหนึ่งที่อยู่ในสายของผลิตภัณฑ์ทรงแบน ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ คือ เหล็กแผ่นรีดร้อน ที่ถูกนำมาทำการขึ้นรูปเย็นเป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณชนิดต่าง ๆ เช่น เหล็กทรงน้ำ เหล็กฉาก และ เหล็กตัว C เป็นต้น

3.2 ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปทรงแบน อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าประเภททรงแบนถือเป็นอุตสาหกรรมที่เพิ่งจะเริ่มมีการพัฒนาขึ้นในประเทศไทยในปี 2537 ภายหลังจากที่โครงการเหล็กแผ่นรีดร้อนของบริษัทสหวิริยาสตีล อินดัสตรีได้เปิดดำเนินการขึ้น โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมเหล็กแผ่นรีดเย็น ซึ่งถือเป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่าง ๆ ได้แก่ เหล็กแผ่นรีดร้อนและเหล็กแผ่นรีดเย็น โดยอุตสาหกรรมหลักที่ใช้เหล็กเหล่านี้เป็นวัตถุดิบ ได้แก่

3.2.1 ผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดร้อนเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ท่อเหล็ก เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดเย็น ถังบรรจุก๊าซ ตู้คอนเทนเนอร์

3.2.2 ผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้เหล็กแผ่นรีดเย็นเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ เหล็กแผ่นเคลือบ (เหล็กแผ่นเคลือบดีบุก เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี และเหล็กแผ่นเคลือบโครเมียม)

สำหรับกำลังการผลิตเหล็กแผ่นรีดเย็นจะเริ่มผลิตในปี 2540 โดยบริษัทเหล็กแผ่นรีดเย็นไทย จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทเดียวที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนเมื่อปี 2532 ตั้งแต่ปี 2537 ที่คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ได้เปิดให้มีการผลิตเหล็กแผ่นรีดเย็นโดยเสรีมีผู้ได้รับการส่งเสริมการลงทุนเพิ่มอีก 5 ราย อุตสาหกรรมต่อเนื่องจากเหล็กแผ่นรีดร้อนจัดเป็นอุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย ได้แก่ อุตสาหกรรมท่อเหล็ก ตู้คอนเทนเนอร์ ถังบรรจุก๊าซ และอุตสาหกรรมเหล็ก โครงสร้างรูปพรรณรีดเย็น

- ท่อเหล็ก อุตสาหกรรมนี้ถือเป็นอุตสาหกรรมหลักประเภทหนึ่งที่ใช้แผ่นเหล็กรีดร้อนเป็นวัตถุดิบหลัก เนื่องจากสามารถนำไปใช้งานได้หลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะการลำเลียงน้ำประปา น้ำมันตลอดจนงานการก่อสร้าง
- เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดเย็น เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีการใช้เหล็กแผ่นรีดร้อนเป็นวัตถุดิบจำนวนมาก มีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ค่อยยุ่งยาก

มากนักเพียงแต่นำเหล็กแผ่นชนิดม้วนมาตัดตามยาว แล้วขึ้นรูปโดยการพับหรือใช้ลูกรีดให้ได้รูปทรงต่าง ๆ เช่น เป็นเหล็กฉาก เหล็กวงน้ำ เป็นต้น ผู้ผลิตท่อเหล็กหลาย ๆ รายจึงมักจะมีสภารการผลิตเหล็กโครงสร้างรูปพรรณประเภทนี้ควบคู่ไปกับการผลิตท่อเหล็ก

- ผู้คอนเทนเนอร์ การผลิตตู้คอนเทนเนอร์ในประเทศไทยเริ่มขึ้นตั้งแต่ปี 2531 และหลังจากนั้นได้มีผู้เข้ามาทำการผลิตเพิ่มขึ้นจนมีผู้ผลิตทั้งสิ้นจำนวน 5 ราย โดยผู้ผลิตทุกรายล้วนได้รับส่งเสริมการลงทุนแทบทั้งสิ้น แต่สำหรับสถานการณ์ปัจจุบันผู้ผลิตตู้คอนเทนเนอร์ในประเทศไทยเหลือเพียง 2 รายเท่านั้น คือ บริษัท แอสโซซิเอท อินดัสเตรียล ไทยแลนด์ จำกัด และบริษัท สยามคาร์โก้ จำกัด และทั้ง 2 บริษัท นี้เป็นบริษัทร่วมทุนจากต่างประเทศ โดยบริษัท แอสโซซิเอท อินดัสเตรียล ไทยแลนด์ จำกัด เป็นการร่วมทุนระหว่างประเทศไทยกับประเทศไต้หวัน และบริษัท สยามคาร์โก้ จำกัด เป็นการร่วมทุนระหว่างประเทศไทยกับประเทศเกาหลี โดยผู้ผลิต 2 รายนี้ มีกำลังการผลิตจำนวนทั้งสิ้นประมาณ 30,000 – 40,000 ตู้ต่อปี
- ถังบรรจุก๊าซ อุตสาหกรรมถังก๊าซนี้มีจำนวนผู้ผลิตทั้งสิ้น 5 ราย โดยผู้ผลิตรายใหญ่ 2 รายได้รับส่งเสริมการลงทุนจาก BOI และเป็นการร่วมทุนกับต่างชาติ 1 ราย คือ บริษัท อุตสาหกรรมถังแก๊ส จำกัด โดยครองตลาดในประเทศไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50

อุตสาหกรรมต่อเนื่องจากเหล็กแผ่นรีดเย็น จัดเป็นอุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย เนื่องจากเหล็กแผ่นรีดเย็นนั้นสามารถนำไปใช้ต่อเนื่องในอุตสาหกรรมการผลิตอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มจะทวีความสำคัญมากขึ้นกับระบบเศรษฐกิจของประเทศ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ บรรจุภัณฑ์ และอุตสาหกรรมเหล็กแผ่นเคลือบต่างๆ เป็นต้น

- อุตสาหกรรมเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ถือเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญซึ่งใช้เหล็กแผ่นรีดเย็นเป็นวัตถุดิบ
- อุตสาหกรรมเหล็กแผ่นเคลือบดีบุกและ เคลือบโครเมียม เหล็กแผ่นทั้ง 2 ประเภทนี้ ถือเป็นวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระป๋องที่ใช้ทั้งสำหรับอาหารและมิใช่อาหาร ซึ่งในการผลิต ผู้ผลิตจะผลิตทั้งเหล็ก

แผ่นเคลือบตีบุกและเคลือบโครเมียมควบคู่กันโดยแผ่นเหล็กเคลือบตีบุก จะเหมาะแก่การใช้บรรจุอาหารและการใช้งานที่ไม่มีความเป็นกรดเป็นด่างสูง ส่วนเหล็กแผ่นเคลือบโครเมียมจะเหมาะแก่การใช้งานประเภทต่าง ๆ มากกว่า เช่น ทำกระป๋องสี โดยในปี 2540 ประเทศไทยมีผู้ผลิตเหล็กแผ่นดังกล่าว 2 ราย กำลังการผลิตรวม 480,000 ตัน คือ บริษัท แผ่นเหล็กวิลาสไทย จำกัด กำลังการผลิตรวม 360,000 ตัน และบริษัท สยามแผ่นเหล็กวิลาส จำกัด กำลังการผลิต 120,000 ตัน ทั้ง 2 ราย ใช้กรรมวิธีการผลิตแบบเคลือบด้วยไฟฟ้า โดยวัตุดิบสำคัญได้แก่ เหล็กแผ่นรีดเย็นประเภท TMBP ซึ่งต้องนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีการผลิต ประกอบกับทั้ง 2 บริษัท มีผู้ถือหุ้นรายใหญ่เป็นชาวญี่ปุ่น กล่าวคือ บริษัท แผ่นเหล็กวิลาสไทย มีบริษัท มิตรสุข คา วาโซและคาวาซากิสตีล เป็นผู้ร่วมทุนส่วนบริษัท สยามแผ่นเหล็กวิลาส มีบริษัท นิปปอนสตีล และบริษัท เอ็น.เค.เค เป็นผู้ร่วมทุน ดังนั้นการนำเข้าวัตุดิบจึงเป็นการนำเข้าจากบริษัทที่ร่วมทุน ซึ่งถือเป็นผู้ผลิต TMBP รายใหญ่ของโลก

- อุตสาหกรรมเหล็กแผ่นรีดเย็นที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ถือเป็นเหล็กแผ่นอีกประเภทที่มีคุณภาพสูง และโดยส่วนใหญ่จะนำไปผ่านการเคลือบสังกะสีด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าก่อนแล้วจึงนำไปใช้งาน ซึ่งจากงานการศึกษาในอดีต พบว่าในประเทศไทยมีชิ้นส่วนรถยนต์นั่งเพียงบางส่วนเท่านั้นที่สามารถผลิตได้ ส่วนชิ้นส่วนรถยนต์ภายนอก เช่น ฝากระโปรงประตู ยังคงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ส่วนรถบรรทุกขนาดเล็กและรถตู้ นั้นสามารถใช้ชิ้นส่วนตัวถังทั้งภายนอกและภายในได้ โดยสัดส่วนการใช้เหล็กแผ่นในรถยนต์แต่ละประเภทภายใต้สมมติฐานที่ Yield ratio เป็นร้อยละ 60 เป็นดังนี้
 - 1) รถบรรทุกขนาดเล็ก ใช้เหล็กแผ่นต่อคัน 167 กิโลกรัม
 - 2) รถยนต์นั่ง ใช้เหล็กแผ่นต่อคัน 233 กิโลกรัม
 - 3) รถจักรยานยนต์ ใช้เหล็กแผ่นต่อคัน 50 กิโลกรัม

3.3 เหล็กหล่อ ผลิตภัณฑ์เหล็กและเหล็กกล้าอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งจัดเป็นอุตสาหกรรมเหล็กชั้นกลาง เหล็กหล่อ นั้นค่อนข้างต่างจากผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปทรงยาวและทรงแบน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นรูปร่างที่ต้องการใช้ในงานเฉพาะอย่าง

ถ้าพิจารณาถึงกำลังการผลิต และปริมาณการผลิตของเหล็กหล่อนั้นค่อนข้างยาก เนื่องจากโรงงานเหล็กหล่อก่อนข้างจะจัดกระจายและมีอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นตัวเลขที่ได้จึงเป็นเพียงตัวเลขประมาณการ สามารถจำแนกสถานการณ์ใช้เหล็กหล่อในงานอุตสาหกรรมหลัก ๆ ที่มีแนวโน้มขยายตัว ดังนี้

1. อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า จะใช้งานเหล็กหล่อในการทำลูกรีด ซึ่งงานการผลิตในปัจจุบันสามารถป้อนความต้องการใช้ในอุตสาหกรรมนี้ได้ถึงร้อยละ 70

2. อุตสาหกรรมซีเมนต์ ซึ่งงานที่ทำด้วยเหล็กหล่อ คือ ลูกบดและชิ้นส่วนเครื่องจักรกล และปัจจุบันงานเหล็กหล่อในประเทศป้อนความต้องการใช้ได้ประมาณร้อยละ 70

3. อุตสาหกรรมยานยนต์ ในขณะนี้ชิ้นงานหล่อที่มีคุณภาพสูงยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศและการผลิตในประเทศสามารถสนองการใช้ได้ร้อยละ 60

4. อุตสาหกรรมเครื่องจักรกลก่อสร้าง จะใช้ชิ้นส่วนประเภทช่วงล่างและส่วนขับเคลื่อนที่ทำจากงานหล่อ การผลิตเหล็กหล่อในประเทศสามารถสนองความต้องการได้ร้อยละ 70

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีหนึ่งที่น่ามาประยุกต์ใช้ในงานพยากรณ์ โดยโครงสร้างและอัลกอริทึมการเรียนรู้ที่เหมาะสมและนิยมนำมาใช้ในงานพยากรณ์ คือ มัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน (Multilayer Perceptron) ที่มีการเรียนรู้แบบแบ็คพรอพาเกชันอัลกอริทึม (Back propagation Algorithm) ซึ่งเป็นซูเปอร์ไวส์อัลกอริทึมชนิดหนึ่ง โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง การเตรียมข้อมูลที่น่ามาใช้ในการพยากรณ์ โครงข่ายประสาทเทียมที่น่ามาใช้ในการพยากรณ์ ตัวแบบการพยากรณ์ ปริมาณการใช้พลังงานของสาขาภาคอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ การตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

5.1 ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์

ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจ ที่นำมาใช้ในการสร้างตัวแบบสำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอ และอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งเป็นปัจจัยที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ มีปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) หมายถึง มูลค่าของสินค้าและบริการขั้นสุดท้ายที่ผลิตขึ้นภายในประเทศในระยะเวลาหนึ่งโดยไม่คำนึงถึงว่าทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการจะเป็นทรัพยากรของพลเมืองในประเทศหรือเป็นของชาวต่างประเทศ ในทางตรงข้าม ทรัพยากรของพลเมืองในประเทศ แต่ไปทำ การผลิตในต่างประเทศก็ไม่นับรวมไว้ในผลิตภัณฑ์ในประเทศ ผลิตภัณฑ์ในประเทศมีการจัดทำทั้งตามราคาปัจจุบันและราคาคงที่โดย GDP ณ ราคาปัจจุบัน คิดมูลค่าผลผลิตเป็นเงินตามราคา ตลาดของสินค้าและบริการเหล่านั้น ขณะที่ GDP ณ ราคาคงที่คิดมูลค่าผลผลิตเป็นเงินตามราคาปีที่กำหนดเป็นปีฐาน แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยสามารถค้นหาได้ที่ www.nesdb.go.th

2. อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Exchange rate) หมายถึง อัตราที่เทียบระหว่างค่าของเงินสกุลหนึ่งกับหนึ่งหน่วยของเงินสกุลหลัก สำหรับงานวิจัยนี้ได้คิดค่าเงินบาทเทียบกับ 1 หน่วยดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทย ระบบอัตราแลกเปลี่ยน โดยกว้างๆแล้วมี 2 ระบบ คือ ระบบอัตราแลกเปลี่ยนคงที่ (Fixed Exchange Rate) และระบบอัตราแลกเปลี่ยนลอยตัว (Floating Exchange Rate) แต่อัตราแลกเปลี่ยนที่ใช้จริงในปัจจุบันมีอยู่หลากหลาย โดยสามารถแบ่งเป็น 3 ระบบ คือ

- ระบบที่ผูกค่ากับเงินสกุลอื่น ซึ่งอาจเป็นการผูกค่ากับเงินสกุลเดียว เช่น ฮองกง ดอลลาร์กับดอลลาร์สหรัฐอเมริกา หรืออาจผูกค่ากับกลุ่มสกุลที่เรียกว่าระบบตะกร้า เช่น ระบบอัตราแลกเปลี่ยนของไทยในอดีต
- ระบบที่มีความยืดหยุ่นจำกัด ระบบนี้คล้ายกับระบบ peg แต่อัตราแลกเปลี่ยนอาจเคลื่อนไหวได้ในช่วงกว้างกว่า ตัวอย่างของระบบนี้ได้แก่ ประเทศที่อยู่ในยุโรปที่เข้าร่วมในระบบ Exchange Rate Mechanism (ERM)
- ระบบที่มีความยืดหยุ่นสูง เป็นระบบอัตราแลกเปลี่ยนที่ขึ้นอยู่กับอุปสงค์และอุปทานของเงินตราต่างประเทศ ซึ่งค่าของเงินจะมีความผันผวนมากกว่า 2 ระบบข้างต้นภายใต้ระบบอัตราแลกเปลี่ยนที่มีความยืดหยุ่นสูงนี้ สามารถแบ่งเป็น 2 ระบบ คือ
 - 1) ระบบลอยตัวภายใต้การจัดการ (Managed หรือ Dirty Float) ซึ่งเป็นระบบที่ประเทศส่วนมา รวมทั้งประเทศไทยใช้ในปัจจุบัน
 - 2) ระบบลอยตัวเสรี (Independent หรือ Free Float) เป็นระบบที่ค่าเงินลอยตัวตามกลไกตลาดมากที่สุด ธนาคารกลางอาจเข้าแทรกแซงในตลาดบ้าง เพื่อขึ้นนำทิศทาง แต่มิใช่เพื่อสวนทางกับการเคลื่อนไหวของอัตราแลกเปลี่ยนในตลาด

แหล่งที่มาของข้อมูล : รวบรวมและประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทยสามารถทำการค้นหาที่ www.bot.or.th โดยเข้าไปที่หมวดข้อมูลเศรษฐกิจ

3. ราคาทองคำ (Gold Price) หมายถึง ราคาขายทองคำแท่งในตลาดกรุงเทพฯ ต่อน้ำหนักทองคำ 1 บาทหรือ 15.244 กรัม จัดทำโดยสมาคมค้าทองคำและประกาศโดยกระทรวงพาณิชย์

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทยสามารถทำการค้นหาที่ www.bot.or.th โดยเข้าไปที่หมวดข้อมูลเศรษฐกิจ

4. อัตราการว่างงาน (Rate of unemployment) หมายถึง อัตราส่วนของผู้ว่างงาน หรือผู้ที่ไม่มีงานทำต่อผู้ที่อยู่ในกำลังแรงงานแสดงค่าเป็นค่าร้อยละที่ประกาศโดยกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม
- แหล่งที่มาของข้อมูล : รวบรวมและประกาศโดยกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม สามารถเข้าไปทำการค้นหาที่ www.mol.go.th
5. จำนวนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม (Employment) หมายถึง จำนวนแรงงานที่อยู่ในภาคอุตสาหกรรมแสดงค่าเป็นค่าเป็นปริมาณแรงงาน ประกาศโดยกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม โดยผู้มีงานทำ ได้แก่ บุคคลที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ซึ่งในสัปดาห์แห่งการสำรวจเป็นผู้
- 1) ทำงานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง โดยได้รับค่าจ้าง เงินเดือน ผลกำไร เงินปันผลหรือค่าตอบแทนที่มีลักษณะอย่างอื่น สำหรับผลงานที่ทำเป็นเงินสด หรือสิ่งของ หรือ
 - 2) ไม่ได้ทำงานเลย แต่ยังคงมีตำแหน่งหน้าที่การงาน ธุรกิจ ไร่นาเกษตรของตนเอง ได้หยุดงานชั่วคราว เนื่องจากเจ็บป่วยหรือ บาดเจ็บ หยุดพักผ่อน สถานที่ทำงานปิด ดินฟ้าอากาศไม่อำนวย นอกฤดูการหรือด้วยเหตุผลอื่น ๆ เช่นการปิดที่ทำงานชั่วคราวโดยไม่คำนึงว่าจะได้รับค่าจ้างจากนายจ้างระหว่างที่ไม่ได้มาทำงานหรือไม่ก็ตาม จะต้องมีการกำหนดว่าภายใน 30 วัน นับจากวันที่สถานที่ทำงานปิดจะได้กลับมาทำงาน ณ สถานที่ทำงานนั้นอีก หรือ
 - 3) ทำงานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง โดยไม่ได้รับค่าจ้างในวิสาหกิจ หรือไร่นาเกษตรของหัวหน้าครัวเรือน หรือของสมาชิกในครัวเรือน

ส่วนผู้ว่างงาน ได้แก่ บุคคลที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ซึ่งในสัปดาห์แห่งการสำรวจไม่ได้ทำงานใดๆ เลยแม้แต่ 1 ชั่วโมง ไม่มีงานทำ ไม่มีธุรกิจ หรือไร่นาเกษตรของตนเองแต่พร้อมที่จะทำงาน ซึ่งหมายถึงบุคคลต่อไปนี้

- 1) ผู้ซึ่งหางานทำภายใน 30 วัน นับถึงวันแฉงนับ
- 2) ผู้ซึ่งไม่ได้หางานทำเนื่องจากเจ็บป่วย หรือไม่ได้หางานทำ เพราะคิดว่าหางานที่เหมาะสมกับตนทำไม่ได้ รอที่จะเริ่มงานใหม่ รอฤดูกาล หรือเหตุผลอื่น ๆ

และกำลังแรงงาน ได้แก่ บุคคลทุกคนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ซึ่งในสัปดาห์แห่งการสำรวจมีงานทำ หรือว่างงาน หรือรอฤดูกาลที่เหมาะสมเพื่อที่จะทำงานและตามปกติจะ

ทำงานโดยไม่ได้รับสิ่งตอบแทนในไร่นาเกษตรหรือธุรกิจซึ่งทำกิจกรรมตามฤดูกาลโดยมีหัวหน้าครัวเรือนหรือ สมาชิกคนอื่น ๆ ในครัวเรือนเป็นเจ้าของหรือผู้ดำเนินการ
แหล่งที่มาของข้อมูล : รวบรวมและประกาศโดยกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม สามารถเข้าไปทำการค้นหาที่ www.mol.go.th

6. ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing production Index) เป็นเครื่องชี้วัดระดับการผลิตและทิศทางของภาคอุตสาหกรรม

- 1) ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมที่ รัชปท. เผยแพร่ในปัจจุบันเป็นดัชนีรายเดือนครอบคลุม 76 ประเภทอุตสาหกรรม คิดเป็นร้อยละ 75.68 ของมูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม และจำแนกดัชนีเป็น 19 กลุ่มอุตสาหกรรม ตามการจัดการหมวดหมู่ มาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศไทย (Thailand Standard Industry Classification : TSIC)
- 2) การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ พิจารณาคัดเลือกจากความสำคัญของมูลค่าเพิ่มรายอุตสาหกรรมต่อมูลค่าเพิ่มของภาคอุตสาหกรรม ปี 2543 และเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่สามารถติดตามการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง
- 3) การคัดเลือกตัวอย่างโรงงาน อาศัยกรอบจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนประกอบกิจการจากกระทรวงอุตสาหกรรมและโรงงานที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุน ซึ่งกลุ่มโรงงานเป้าหมายเป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิตในอันดับต้น ๆ ของแต่ละอุตสาหกรรม หรือมีส่วนแบ่งทางการตลาดสูง ทั้งนี้จำนวนผู้ประกอบการที่คัดเลือกนำมาใช้ในการคำนวณดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมมีจำนวนทั้งสิ้น 439 ราย

สำหรับการคำนวณผลผลิตภาคอุตสาหกรรมใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของการผลิตภาคอุตสาหกรรมโดยใช้สูตร Laspeyres และ กำหนดน้ำหนักสินค้าอุตสาหกรรมแต่ละประเภทตามสัดส่วนมูลค่าเพิ่มต่อมูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรมรวมตามบัญชีรายได้ประชาชาติ และใช้ปี 2543 เป็นปีฐาน

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทยสามารถทำการค้นหาที่ www.bot.or.th โดยเข้าไปที่หมวดข้อมูลเศรษฐกิจ

7. ดัชนีราคาผู้ผลิต (producer price index หรือ PPI) เป็น ดัชนีราคาที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของราคาสินค้าที่ผู้ผลิตทำการผลิตออกจำหน่าย ณ แหล่งผลิตในปีใดปี

หนึ่ง เปรียบเทียบกับราคาสินค้าชนิดและจำนวนเดียวกันในปีฐาน ทั้งนี้ สินค้าและบริการที่ผู้ผลิตทำการผลิตออกจำหน่าย ได้แก่ สินค้าสำเร็จรูป สินค้าแปรรูป และวัตถุดิบ ประโยชน์ของดัชนีราคา คือ ดัชนีราคาผู้ผลิต ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงราคาสินค้าที่ผู้ผลิตจำหน่ายในแต่ละหมวดสินค้าว่าแตกต่างกันอย่างไร นอกจากนี้ยังใช้เป็นเครื่องมือชี้ภาวะการผลิตและภาวะการค้าของประเทศได้

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทยสามารถทำการค้นหาที่ www.bot.or.th โดยเข้าไปที่หมวดข้อมูลเศรษฐกิจ

8. อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) ซึ่งเงินเฟ้อ คือ ภาวะการณ์ที่ระดับราคาสินค้าและบริการโดยทั่วไปเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หากเงินเฟ้อเพิ่มขึ้นแต่เพียงเล็กน้อยเป็นปกติก็จะสร้างสิ่งจูงใจแก่ผู้ประกอบการ แต่หากเพิ่มขึ้นมากและผันผวนก็จะสร้างความไม่แน่นอนและก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบเศรษฐกิจ โดยเฉพาะการครองชีพของประชาชน และการขาดเสถียรภาพทางเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ ในประเทศไทยเงินเฟ้อวัดจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคาผู้บริโภค ซึ่งเป็นดัชนีที่จัดทำโดยกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของราคาสินค้าและบริการต่างๆ ที่ผู้บริโภคซื้อเป็นประจำ โดยน้ำหนักของสินค้าและบริการแต่ละรายการกำหนดจาก รูปแบบการใช้จ่ายของครัวเรือนซึ่งได้จากการสำรวจ ตามหลักทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ การเกิดภาวะเงินเฟ้อมาจาก 2 ปัจจัยหลัก

ปัจจัยแรก คือ แรงดึงทางด้านอุปสงค์ เกิดขึ้นจากระบบเศรษฐกิจมีความต้องการปริมาณสินค้าและบริการมากกว่าที่มีอยู่ในขณะนั้นๆ จึงดึงให้ราคาสินค้าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของความต้องการสินค้าและบริการอาจมาจากหลายสาเหตุ เช่น การเปลี่ยนแปลงของปริมาณเงิน การดำเนินนโยบายการคลังของภาครัฐบาล การเพิ่มขึ้นของอุปสงค์ในต่างประเทศ และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการบริโภคของประชาชน

ปัจจัยที่สองเกิดจากด้านต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ทำให้ผู้ผลิตต้องปรับราคาสินค้าขึ้น สาเหตุที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น อาทิ การเพิ่มขึ้นของค่าจ้างแรงงาน การเกิดวิกฤตการณ์ทางธรรมชาติ การเพิ่มกำไรของผู้ประกอบการ การเปลี่ยนแปลงของราคาสินค้านำเข้า ซึ่งอาจเพิ่มไปตามภาวะตลาดโลก หรือผลของอัตราแลกเปลี่ยน

การแบ่งชนิดของอัตราเงินเฟ้อ ตามหลักวิชาการจะแบ่งอัตราเงินเฟ้อเป็น 3 ประเภท คือ

- เงินเฟ้ออย่างอ่อน คือ อัตราเงินเฟ้อที่เกิดขึ้นไม่เกินร้อยละ 5 (ทำให้เกิดแรงจูงใจในการลงทุน) มักจะเกิดขึ้นในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งถือว่าเป็นภาวะปกติและ

ไม่มีผลเสียหายต่อภาวะเศรษฐกิจ แต่กลับจะส่งผลดีคือ ทำให้มีการกระตุ้นให้เกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจทางด้านการลงทุน การผลิต การจ้างงาน และรายได้ประชาชาติเพิ่มขึ้น

- เงินเพื่อปานกลาง คือ อัตราเงินเฟ้อที่เกิดขึ้นเกินร้อยละ 5 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 20 (สินค้าโดยทั่วไปราคาแพง)ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการลงทุนและการผลิต เพราะต้นทุนการผลิตจะสูงขึ้น ทำให้ราคาสินค้าก็จะสูงตามขึ้นไป ประชาชนจะประสบปัญหาค่าครองชีพสูงขึ้นโดยได้รับความเดือดร้อนเรื่องราคาสินค้าแพง ดังนั้นรัฐบาลจะยื่นมือเข้ามาช่วยแก้ไขโดยใช้มาตรการทางการเงินและการคลัง
- เงินเพื่ออย่างรุนแรง คือ การที่ระดับราคาสินค้าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและเป็นไปอย่างกว้างขวาง โดยระดับราคาจะเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 20% ต่อปี ทำให้อำนาจการซื้อของเงินลดลงอย่างรวดเร็วมาก ซึ่งมักเกิดขึ้นในขณะเกิดวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ สงคราม หรือ รัฐบาลทำการพิมพ์ธนบัตรออกมาหมุนเวียนมากเกินไป อย่างเช่นในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ในเยอรมนี จีนและประเทศไทย ได้พิมพ์ธนบัตรออกใช้อย่างไม่มีการควบคุมจำกัด จึงเกิดเงินเฟ้ออย่างรุนแรงจนทำให้ธนบัตรแทบจะไม่สามารถทำหน้าที่
ผลกระทบของเงินเฟ้อ มีดังนี้

- ผลต่อความต้องการถือเงิน

ภาวะเงินเฟ้อจะทำให้ค่าของเงินลดลง เพราะเมื่อราคาสินค้าแพงขึ้น เงินเท่าเดิมจะซื้อของได้น้อยลงความต้องการถือเงินจะขึ้นอยู่กับการคาดคะเนราคาสินค้าหรือค่าของเงินด้วย ค่าของเงินยิ่งต่ำ คนจะยิ่งพยายามถือเงินให้น้อยลง โดยจะมีการใช้จ่ายซื้อสินค้าและบริการมากขึ้น

- ผลกระทบต่อรัฐบาล

รัฐบาลมักจะได้รับประโยชน์จากภาวะเงินเฟ้อ นั่นคือ ภาวะเงินเฟ้อจะทำให้ประชาชนมีรายได้ที่เป็นตัวเงินเพิ่มสูงขึ้น ถ้ารัฐเก็บภาษีในอัตราที่กำหนดก็จะเก็บภาษีได้มากขึ้น มีรายได้มากขึ้น ส่วนทางด้านรายจ่ายของรัฐนั้นถ้าเป็นจำนวนที่คงที่ เช่น เงินเดือน, บำนาญ, เงินสงเคราะห์ต่าง ๆ รัฐก็จะได้รับประโยชน์เพราะเงินนั้นมีค่าน้อยลง นอกจากนี้ถ้ารัฐมีการกู้ยืมมากรัฐจะได้รับประโยชน์ฐานนี้ เพราะจำนวนเงินที่จ่ายในแต่ละส่วนจะมีค่าน้อยลง และเนื่องจากรัฐมีรายได้มากขึ้น การชำระหนี้ทั้งเงินต้นและดอกเบี้ยจึงทำได้โดยไม่ลำบากในการเก็บรักษามูลค่า และเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนได้เลย

- ผลที่มีต่อการกระจายรายได้

เมื่อเกิดเงินเฟ้อจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงในการกระจายรายได้ของบุคคล เช่น

1) ผู้มีรายได้เป็นจำนวนเงินคงที่ตายตัวหรือรายได้ประจำจะเสียเปรียบ เพราะ ค่าใช้จ่ายต่างๆ จะสูงขึ้นเนื่องจากสินค้าแพงขึ้น แต่รายได้ที่เป็นตัวเงินยังคงเดิม หรือเพิ่มขึ้นน้อยกว่าอัตราเงินเฟ้อ เช่น ข้าราชการ , ผู้มีรายได้จากบำนาญ ในขณะที่ผู้มีรายได้จากกำไร หรือมีรายได้เป็นตัวเงินที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น พ่อค้า, นักธุรกิจ มักจะได้ประโยชน์เพราะสามารถขึ้นราคาสินค้าให้สูงขึ้นตามต้นทุนการผลิตหรืออาจจะขึ้นราคาไปมากกว่าต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้นทำให้ได้กำไรมากขึ้น

2) ลูกหนี้จะได้เปรียบในขณะที่เจ้าหนี้เสียเปรียบ เนื่องจากเงินที่นำไปชำระหนี้ค่านั้นมีอำนาจซื้อลดลง เนื่องจากค่าของเงินลดต่ำลงไปเรื่อยๆ เพราะราคาสินค้าสูงขึ้น

3) ผู้ถือทรัพย์สินที่เป็นตัวเงินแน่นอน เช่น เงินสด เงินฝากประจำ หุ้นกู้ จะเสียเปรียบ เพราะเงินลดค่าลงในขณะที่ผู้ถือทรัพย์สินที่มีราคาไม่แน่นอนมักจะได้เปรียบเพราะราคาของทรัพย์สินมักจะสูงขึ้นเรื่อยๆ เช่น ที่ดิน อาคารบ้านเรือน เครื่องมือเครื่องจักร ก็คงขึ้นราคาจะเห็นได้ว่าภาวะเงินเฟ้อจะทำให้การกระจายรายได้เป็นไปอย่างไม่ยุติธรรมมากขึ้น เพราะคนรวยจะยิ่งรวยขึ้น (เช่น พวกพ่อค้า ผู้ผลิต นักธุรกิจ นายทุน) ในขณะที่คนจนยิ่งจนมากขึ้น (เช่น ลูกจ้าง, กรรมกร, ข้าราชการ) ซึ่งถ้าหากผู้มีรายได้ประจำเหล่านี้ได้รับความเดือดร้อนเพราะค่าครองชีพสูง ก็อาจจะดิ้นรนเรียกร้องค่าแรงงาน, เงินเดือนให้สูงขึ้น ซึ่งถ้าทำได้สำเร็จ นายจ้างก็จะต้องจ่ายค่าแรงงานเพิ่มขึ้น ต้นทุนการผลิตก็จะสูงขึ้น ทำให้ต้องตั้งราคาสินค้าสูงขึ้นไปกว่าเดิม ภาวะเงินเฟ้อก็จะแรงยิ่งขึ้น และลูกจ้างเองก็ไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงความเดือดร้อนจากภาวะเงินเฟ้อได้

สำหรับดัชนีที่จะใช้วัดภาวะเงินเฟ้อมีหลายตัว แต่ที่นิยมใช้คือ ดัชนีราคาผู้บริโภค (Consumer Price Index: CPI) อย่างไรก็ตาม ดัชนีราคาผู้บริโภคที่ธนาคารชาติใช้เป็นเป้าหมายอาจเลือกใช้ CPI ที่มีการคำนวณตามปกติ หรือ CPI ที่มีการปรับปรุงการคำนวณใหม่ แต่ประเทศส่วนใหญ่ รวมทั้งประเทศไทยจะใช้ดัชนีราคาที่คำนวณขึ้นเอง ซึ่งแตกต่างจากดัชนีราคาที่คำนวณขึ้นโดยหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรง เช่น กรณีของ

ประเทศไทยกึ่งดัชนีราคา กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์เป็นผู้คำนวณ และใช้ เป็นดัชนีอ้างอิงถึงภาวะเงินเฟ้อของประเทศ ตามบทความหรือบทวิเคราะห์ ภาษาอังกฤษนิยมเรียกดัชนีราคาประเภทนี้ว่า “headline inflation” ในขณะที่ดัชนีราคา ที่คำนวณโดยธนาคารชาติจะเรียกว่า “core inflation” หรือ “underlying inflation” ดังนั้น ภายใต้กรอบเป้าหมายเงินเฟ้อ นั้น “เงินเฟ้อ” ที่เป็นเป้าหมายที่ธนาคารชาติจะ ดูแลนั้นเป็น “เงินเฟ้อ” คนละตัวกับที่ประชาชนต้องเผชิญในการคำนวณ core inflation ธนาคารชาติจะยึดวิธีการและรายการสินค้าที่ใช้คำนวณ headline inflation แต่ตัดบาง รายการออกไปเกณฑ์ที่ใช้ตัดรายการมีหลักที่สำคัญ คือ รายการที่ได้รับผลกระทบจาก การดำเนินนโยบาย เช่น รายการที่เกี่ยวกับอัตราดอกเบี้ย ซึ่งจะได้รับผลกระทบจากการ ดำเนินนโยบายการเงิน ภาษีทางอ้อม และเงินอุดหนุน ซึ่งเป็นรายการที่จะได้รับ ผลกระทบของนโยบายการคลัง หรือ เป็น รายการที่มีผลกระทบต่อการผันแปรของราคา อันเนื่องมาจากฤดูกาลหรือก่อให้เกิดความผันผวนที่ผิดปกติของราคา เช่น ราคาสินค้า เกษตร ราคาน้ำมัน เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นว่า การที่ธนาคารใช้ดัชนีราคาแบบ core inflation จึงเป็นการมุ่งเน้นเรื่องการรักษาเสถียรภาพด้านราคาในระยะปานกลางหรือ ระยะยาวมากกว่าระยะสั้น

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทยสามารถทำการค้นหาที่ www.bot.or.th โดยเข้าไปที่หมวดข้อมูลเศรษฐกิจ

5.2 การเตรียมข้อมูลในการพยากรณ์

ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมโลหะ ขึ้นมูลฐาน โดยใช้ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจในหัวข้อที่ 5.1 เป็นข้อมูลนำเข้าของโครงข่ายประสาท เทียม ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการปรับสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมจะต้องถูกนอร์มอลไลซ์ (Normalize) ก่อน เนื่องจากข้อมูลมีพิสัย (Range) ที่แตกต่างกัน ดังนั้นต้องทำการปรับค่าของ ข้อมูลให้อยู่ในพิสัยที่เหมาะสม การนอร์มอลไลซ์ข้อมูลโดยใช้สมการที่ 5.1 เพื่อให้ข้อมูลอยู่ ระหว่าง 0 และ 1

$$N(i) = (i - \text{low}) / (\text{high} - \text{low}) \quad (5.1)$$

เมื่อ i คือ ข้อมูล

low คือ ข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุดในคอลัมน์

high คือ ข้อมูลที่มีค่ามากที่สุดในคอลัมน์

N(i) คือ ข้อมูลที่ถูกลบออกแล้ว

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจสำหรับตัวแบบการพยากรณ์
ปริมาณการใช้พลังงานสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

GDP	ROE	EMP	ROU	POG
4,642,000,000.00	21.82	1,914,950.00	1.26	4,762.15
4,266,000,000.00	23.00	2,006,700.00	3.56	4,107.95
4,389,000,000.00	23.00	2,189,500.00	4.58	4,633.43
5,116,000,000.00	23.64	2,134,800.00	4.36	4,103.21
5,414,000,000.00	27.16	2,264,200.00	4.97	4,121.93
4,959,000,000.00	26.30	2,403,550.00	5.58	4,569.85
5,683,000,000.00	25.74	2,691,600.00	5.92	5,443.44
7,016,000,000.00	25.29	2,610,900.00	4.32	5,503.15
9,063,000,000.00	25.70	2,971,450.00	3.59	4,862.47
10,528,000,000.00	25.59	3,132,500.00	2.24	4,777.06
10,545,000,000.00	25.52	3,658,000.00	3.12	4,477.80
11,798,000,000.00	25.40	3,933,000.00	2.84	4,239.02
14,366,000,000.00	25.32	4,178,950.00	2.62	4,326.52
17,813,000,000.00	25.15	4,190,800.00	2.62	4,609.48
19,467,000,000.00	24.92	4,608,200.00	1.71	4,565.30
19,512,000,000.00	25.34	4,650,800.00	1.54	4,653.14
19,272,000,000.00	31.37	4,644,150.00	1.51	4,719.06
15,489,000,000.00	41.37	4,264,353.05	4.35	5,560.79
13,535,000,000.00	37.84	4,273,515.96	4.19	4,962.11
15,951,000,000.00	40.16	4,650,101.01	3.59	5,247.56
17,171,000,000.00	44.48	4,926,925.00	3.34	5,587.51
19,732,000,000.00	43.00	5,052,365.00	2.41	6,172.40
20,174,000,000.00	41.53	5,298,722.50	2.17	6,987.85
27,551,000,000.00	40.27	5,476,140.00	2.08	7,665.29
25,779,000,000.00	40.27	5,587,890.00	1.84	8,374.92

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจสำหรับตัวแบบการพยากรณ์
ปริมาณการใช้พลังงานสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน (ต่อ)

MPI	PPI	HPI	EGC
50.30	71.82	47.53	4,984,792.00
49.13	72.14	49.28	3,759,716.00
48.41	72.51	51.09	4,984,792.00
48.14	72.92	52.97	7,688,408.00
48.32	73.38	54.92	7,561,676.00
48.95	73.90	56.93	8,068,604.00
43.79	74.49	59.03	8,406,556.00
50.02	75.17	61.20	9,462,656.00
48.05	75.93	63.45	11,743,832.00
50.00	76.80	62.80	13,898,276.00
53.97	77.79	66.40	15,334,572.00
73.35	78.93	69.20	21,544,440.00
87.72	80.24	71.50	23,445,420.00
103.69	81.75	75.10	23,741,128.00
75.76	79.90	79.40	24,417,032.00
80.22	78.30	84.10	29,950,996.00
76.08	85.20	88.80	28,768,164.00
59.56	110.90	96.00	23,952,348.00
76.63	98.10	96.20	25,135,180.00
100.00	100.00	97.80	34,640,080.00
101.41	100.90	99.40	31,936,464.00
131.20	105.50	100.00	40,976,680.00
140.69	114.70	101.80	44,482,932.00
155.35	136.80	104.60	51,284,216.00
149.70	146.30	109.30	44,313,956.00

หมายเหตุ :

GDP = Gross Domestic Product

ROE = Rates of Exchange

EMP = Employment

ROU = Rate of unemployment

POG = Price of gold

HPI = Headline consumer price index

MPI = Manufacturing Production Index

PPI = Producer Price Index

EGC = Energy consumption (GJ)

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจสำหรับตัวแบบการพยากรณ์
ปริมาณการใช้พลังงานสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

GDP	ROE	EMP	ROU	POG
20,579,000,000.00	21.82	1,914,950.00	1.26	4,762.15
20,590,000,000.00	23.00	2,006,700.00	3.56	4,107.95
20,434,000,000.00	23.00	2,189,500.00	4.58	4,633.43
22,816,000,000.00	23.64	2,134,800.00	4.36	4,103.21
24,222,000,000.00	27.16	2,264,200.00	4.97	4,121.93
29,834,000,000.00	26.30	2,403,550.00	5.58	4,569.85
38,570,000,000.00	25.74	2,691,600.00	5.92	5,443.44
45,569,000,000.00	25.29	2,610,900.00	4.32	5,503.15
55,042,000,000.00	25.70	2,971,450.00	3.59	4,862.47
60,366,000,000.00	25.59	3,132,500.00	2.24	4,777.06
68,118,000,000.00	25.52	3,658,000.00	3.12	4,477.80
75,120,000,000.00	25.40	3,933,000.00	2.84	4,239.02
77,795,000,000.00	25.32	4,178,950.00	2.62	4,326.52
82,309,000,000.00	25.15	4,190,800.00	2.62	4,609.48
93,422,000,000.00	24.92	4,608,200.00	1.71	4,565.30
89,458,000,000.00	25.34	4,650,800.00	1.54	4,653.14
90,643,000,000.00	31.37	4,644,150.00	1.51	4,719.06
102,608,000,000.00	41.37	4,264,353.05	4.35	5,560.79
99,876,000,000.00	37.84	4,273,515.96	4.19	4,962.11
107,619,000,000.00	40.16	4,650,101.01	3.59	5,247.56
108,689,000,000.00	44.48	4,926,925.00	3.34	5,587.51
111,259,000,000.00	43.00	5,052,365.00	2.41	6,172.40
113,638,000,000.00	41.53	5,298,722.50	2.17	6,987.85
121,825,000,000.00	40.27	5,476,140.00	2.08	7,665.29
124,348,000,000.00	40.27	5,587,890.00	1.84	8,374.92

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจสำหรับตัวแบบการพยากรณ์
ปริมาณการใช้พลังงานสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(ต่อ)

MPI	PPI	HPI	EGC
34.20	69.61	47.53	16,517,404.00
36.21	70.81	49.28	15,968,232.00
38.35	72.03	51.09	16,263,940.00
40.62	73.27	52.97	17,362,284.00
43.01	74.53	54.92	17,615,748.00
45.55	75.81	56.93	18,967,556.00
40.89	77.11	59.03	21,671,172.00
45.72	78.44	61.20	26,022,304.00
53.01	79.79	63.45	30,584,656.00
59.09	81.16	62.80	30,880,364.00
68.16	82.55	66.40	35,569,448.00
72.67	83.97	69.20	39,540,384.00
73.69	85.42	71.50	42,793,172.00
76.79	86.89	75.10	47,228,792.00
79.22	85.30	79.40	58,296,720.00
79.99	85.10	84.10	49,214,260.00
84.26	89.10	88.80	45,201,080.00
90.70	99.60	96.00	44,398,444.00
90.10	97.80	96.20	47,017,572.00
100.00	100.00	97.80	48,115,916.00
107.96	101.50	99.40	47,946,940.00
115.84	100.20	100.00	48,876,308.00
121.26	101.50	101.80	48,242,648.00
129.22	101.90	104.60	47,144,304.00
132.12	102.20	109.30	44,356,200.00

หมายเหตุ :

GDP = Gross Domestic Product

ROE = Rates of Exchange

EMP = Employment

ROU = Rate of unemployment

POG = Price of gold

HPI = Headline consumer price index

MPI = Manufacturing Production Index

PPI = Producer Price Index

EGC = Energy consumption (GJ)

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจสำหรับตัวแบบการพยากรณ์
ปริมาณการใช้พลังงานสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานที่ได้ทำการนอร์มอลไลซ์

GDP	ROE	EMP	ROU	POG	MPI	PPI	HPI	EGC
0.02	0.00	0.00	0.00	0.15	0.06	0.00	0.00	0.03
0.00	0.05	0.02	0.49	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00
0.01	0.05	0.07	0.71	0.12	0.04	0.01	0.06	0.03
0.04	0.08	0.06	0.66	0.00	0.04	0.01	0.09	0.08
0.05	0.24	0.10	0.80	0.00	0.04	0.02	0.12	0.08
0.03	0.20	0.13	0.93	0.11	0.05	0.03	0.15	0.09
0.06	0.17	0.21	1.00	0.31	0.00	0.04	0.19	0.10
0.12	0.15	0.19	0.66	0.33	0.06	0.04	0.22	0.12
0.21	0.17	0.29	0.50	0.18	0.04	0.06	0.26	0.17
0.27	0.17	0.33	0.21	0.16	0.06	0.07	0.25	0.21
0.27	0.16	0.47	0.40	0.09	0.09	0.08	0.31	0.24
0.32	0.16	0.55	0.34	0.03	0.27	0.10	0.35	0.37
0.43	0.15	0.62	0.29	0.05	0.39	0.11	0.39	0.41
0.58	0.15	0.62	0.29	0.12	0.54	0.13	0.45	0.42
0.65	0.14	0.73	0.10	0.11	0.29	0.11	0.52	0.43
0.65	0.16	0.74	0.06	0.13	0.33	0.09	0.59	0.55
0.64	0.42	0.74	0.05	0.14	0.29	0.18	0.67	0.53
0.48	0.86	0.64	0.66	0.34	0.14	0.52	0.78	0.42
0.40	0.71	0.64	0.63	0.20	0.29	0.35	0.79	0.45
0.50	0.81	0.74	0.50	0.27	0.50	0.38	0.81	0.65
0.55	1.00	0.82	0.44	0.35	0.52	0.39	0.84	0.59
0.66	0.93	0.85	0.25	0.48	0.78	0.45	0.85	0.78
0.68	0.87	0.92	0.19	0.68	0.87	0.58	0.88	0.86
1.00	0.81	0.97	0.18	0.83	1.00	0.87	0.92	1.00
0.92	0.81	1.00	0.12	1.00	0.95	1.00	1.00	0.85

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจสำหรับตัวแบบการพยากรณ์
ปริมาณการใช้พลังงานสาขาอุตสาหกรรมถึงทอที่ได้ทำการนอร์มอลไลซ์

GDP	ROE	EMP	ROU	POG	MPI	PPI	HPI	EGC
0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.01
0.00	0.05	0.02	0.49	0.00	0.02	0.04	0.03	0.00
0.00	0.05	0.07	0.71	0.12	0.04	0.07	0.06	0.01
0.02	0.08	0.06	0.66	0.00	0.07	0.11	0.09	0.03
0.04	0.24	0.10	0.80	0.00	0.09	0.15	0.12	0.04
0.09	0.20	0.13	0.93	0.11	0.12	0.19	0.15	0.07
0.17	0.17	0.21	1.00	0.31	0.07	0.23	0.19	0.13
0.24	0.15	0.19	0.66	0.33	0.12	0.27	0.22	0.24
0.33	0.17	0.29	0.50	0.18	0.19	0.31	0.26	0.35
0.38	0.17	0.33	0.21	0.16	0.25	0.35	0.25	0.35
0.46	0.16	0.47	0.40	0.09	0.35	0.40	0.31	0.46
0.53	0.16	0.55	0.34	0.03	0.39	0.44	0.35	0.56
0.55	0.15	0.62	0.29	0.05	0.40	0.48	0.39	0.63
0.60	0.15	0.62	0.29	0.12	0.43	0.53	0.45	0.74
0.70	0.14	0.73	0.10	0.11	0.46	0.48	0.52	1.00
0.66	0.16	0.74	0.06	0.13	0.47	0.48	0.59	0.79
0.68	0.42	0.74	0.05	0.14	0.51	0.60	0.67	0.69
0.79	0.86	0.64	0.66	0.34	0.58	0.92	0.78	0.67
0.76	0.71	0.64	0.63	0.20	0.57	0.86	0.79	0.73
0.84	0.81	0.74	0.50	0.27	0.67	0.93	0.81	0.76
0.85	1.00	0.82	0.44	0.35	0.75	0.98	0.84	0.76
0.87	0.93	0.85	0.25	0.48	0.83	0.94	0.85	0.78
0.90	0.87	0.92	0.19	0.68	0.89	0.98	0.88	0.76
0.98	0.81	0.97	0.18	0.83	0.97	0.99	0.92	0.74
1.00	0.81	1.00	0.12	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67

หมายเหตุ : EGC = Energy consumption (GJ) GDP = Gross Domestic Product ROE = Rates of Exchange

EMP = Employment

ROU = Rate of unemployment

POG = Price of gold

HPI = Headline consumer price index

MPI = Manufacturing Production Index

PPI = Producer Price Index

ทำการทดสอบสหสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามจริงๆ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการสอบข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามคือ ปริมาณการใช้พลังงานของสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานอย่างไร

วิธีการทางสถิติที่นำมาใช้ในการทดสอบสหสัมพันธ์ของข้อมูลได้ใช้วิธี Pearson Product Moment Correlation Coefficient (r) ซึ่ง r เป็นค่าประมาณการของ ρ ซึ่งเป็นค่าของประชากร ค่า r เป็นค่าที่วัดความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของตัวแปร X และ Y แต่ค่า r จะไม่มีหน่วย ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 และ 1 ถ้าผลการทดสอบได้ค่า r ที่เข้าใกล้ -1 แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันทางลบแบบสมบูรณ์ หรือถ้าค่า r ที่ได้เข้าใกล้ 1 แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันแบบสมบูรณ์ทางบวก แต่ถ้าค่า r มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กัน ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานดังแสดงในตารางที่ 5.5 และผลการทดสอบสหสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอดังแสดงในตารางที่ 5.6 โดยใช้โปรแกรม Neurosolutions 5

ตารางที่ 5.5 ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับการพยากรณ์
ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

	GDP	ROE	EMP	ROU	POG	MPI	PPI	HPI	EGC
GDP	1								
ROE	0.675	1							
EMP	0.965	0.752	1						
ROU	-0.641	-0.131	-0.554	1					
POG	0.680	0.721	0.636	-0.265	1				
MPI	0.884	0.733	0.862	-0.524	0.795	1			
PPI	0.802	0.851	0.781	-0.315	0.913	0.861	1		
HPI	0.906	0.899	0.951	-0.401	0.716	0.841	0.868	1	
EGC	0.955	0.804	0.962	-0.540	0.750	0.945	0.863	0.947	1

หมายเหตุ :

GDP =	Gross Domestic Product	ROE =	Rates of Exchange
EMP =	Employment	ROU =	Rate of unemployment
POG =	Price of gold	HPI =	Headline consumer price index
MPI =	Manufacturing Production Index	PPI =	Producer Price Index
EGC =	Energy consumption (GJ)		

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่า ค่าปัจจัยทางเศรษฐกิจมีค่าสหสัมพันธ์กับปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในประเทศ ในช่วงปี พ.ศ. 2524 – 2548 ดังต่อไปนี้

1. ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) มีค่า $r = 0.955$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.955 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
2. อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Exchange rate) มีค่า $r = 0.804$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.804 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
3. จำนวนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม (Employment) มีค่า $r = 0.962$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.962 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
4. อัตราการว่างงาน (Rate of unemployment) มีค่า $r = -0.540$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงลบเท่ากับ 0.540 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

5. ราคาทองคำ (Gold Price) มีค่า $r = 0.750$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.750 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
6. ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing production Index) มีค่า $r = 0.954$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.954 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
7. ดัชนีราคาผู้ผลิต (producer price index หรือ PPI) มีค่า $r = 0.863$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.863 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
8. อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) มีค่า $r = 0.947$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.947 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

ตารางที่ 5.6 ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับการพยากรณ์
ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

	GDP	ROE	EMP	ROU	POG	MPI	PPI	HPI	EGC
GDP	1								
ROE	0.807	1							
EMP	0.985	0.752	1						
ROU	-0.504	-0.131	-0.554	1					
POG	0.649	0.721	0.636	-0.265	1				
MPI	0.965	0.866	0.963	-0.485	0.763	1			
PPI	0.963	0.929	0.925	-0.329	0.705	0.964	1		
HPI	0.973	0.899	0.951	-0.401	0.716	0.973	0.984	1	
EGC	0.937	0.609	0.938	-0.561	0.398	0.840	0.836	0.860	1

หมายเหตุ :

GDP =	Gross Domestic Product	ROE =	Rates of Exchange
EMP =	Employment	ROU =	Rate of unemployment
POG =	Price of gold	HPI =	Headline consumer price index
MPI =	Manufacturing Production Index	PPI =	Producer Price Index
EGC =	Energy consumption (GJ)		

จากตารางที่ 5.6 จะเห็นได้ว่า ค่าปัจจัยทางเศรษฐกิจมีค่าสหสัมพันธ์กับปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศ ในช่วงปี พ.ศ. 2524 – 2548 ดังต่อไปนี้

1. ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) มีค่า $r = 0.937$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.937 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
2. อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Exchange rate) มีค่า $r = 0.609$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.609 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
3. จำนวนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม (Employment) มีค่า $r = 0.938$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.938 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
4. อัตราการว่างงาน (Rate of unemployment) มีค่า $r = -0.561$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงลบเท่ากับ 0.561 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
5. ราคาทองคำ (Gold Price) มีค่า $r = 0.398$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.398 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
6. ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing production Index) มีค่า $r = 0.840$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.840 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
7. ดัชนีราคาผู้ผลิต (producer price index หรือ PPI) มีค่า $r = 0.836$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.836 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
8. อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) มีค่า $r = 0.860$ นั่นคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกเท่ากับ 0.860 กับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

5.3 โครงข่ายประสาทเทียมที่นำมาใช้ในการพยากรณ์

โครงข่ายประสาทเทียมที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน และอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยคุณสมบัติของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- 8.3.1 สถาปัตยกรรมโครงสร้าง (Architecture) และแอกติเวชันฟังก์ชัน (Activation Function)

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 2 โครงสร้าง ประกอบด้วย 3 เลเยอร์ คือ อินพุตเลเยอร์ ฮิดเดนเลเยอร์ และเอาต์พุตเลเยอร์

- ชั้นอินพุตเลเยอร์ (Input Layer) มีจำนวน 8 นิวรอน ซึ่งจะเป็นข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจทั้ง 8 ปัจจัย อันได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) แลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Exchange rate) ราคาทองคำ (Gold Price) อัตราการว่างงาน (Rate of unemployment) จำนวนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม (Employment) ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing production Index) ดัชนีราคาผู้ผลิต (producer price index หรือ PPI) และอัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2543 รวม 20 ข้อมูล
- ชั้นฮิดเดนเลเยอร์ (Hidden Layer) แอกติเวชันฟังก์ชัน (Activation Function) ที่ใช้สำหรับเลเยอร์นี้คือ Sigmoid โดยทำการคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม Pythia โดยวิธีการใช้โปรแกรมในการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมดังแสดงในภาคผนวก ค.
- ชั้นเอาต์พุตเลเยอร์ (Output Layer) มีจำนวน 1 นิวรอน ซึ่งจะเป็นข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานของสาขาอุตสาหกรรมโลหะและอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2543 รวม 20 ข้อมูล

8.3.2 วิธีการเรียนรู้ (Learning Method) และพารามิเตอร์ในการเรียนรู้ (Learning Parameters)

ในงานวิจัยนี้โครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 2 โครงสร้าง ใช้อัลกอริทึมในการเรียนรู้ คือ แบบแบ็คพรอพาคชันอัลกอริทึม (Back propagation Algorithm) ซึ่งเป็นซูปเปอร์ไวส์อัลกอริทึมชนิดหนึ่ง โดยอัลกอริทึมนี้จะช่วยลดค่าผิดพลาดให้กับโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีหลักการดังนี้ เอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับเอาต์พุตเป้าหมายเพื่อคำนวณค่าผิดพลาด จากนั้นค่าผิดพลาดจะถูกส่งย้อนกลับเข้าไปยังเลเยอร์ที่มาก่อนหน้า เพื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนัก ให้ได้เอาต์พุตที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับเอาต์พุตเป้าหมาย พารามิเตอร์การเรียนรู้ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ อัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอใช้อัตราการเรียนรู้เท่ากัน

8.3.3 ค่าน้ำหนักเริ่มต้น (Weight Initialization)

การกำหนดค่าน้ำหนักเริ่มต้นที่เหมาะสมของโครงข่ายประสาทเทียมมีอิทธิพลอย่างมากต่อความสามารถในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นอยู่ระหว่าง -0.1 ถึง 0.1

5.4 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม

ในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมได้ใช้โปรแกรม Pythia Version 1.02 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาและออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้อัลกอริทึมแบบแบ็คพรอพาเกชัน (Back propagation Algorithm) ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียม (Weights) เป็นค่าแบบสุ่ม ซึ่งในระหว่างช่วงการเรียนรู้ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าเอาต์พุตกับค่าเอาต์พุตเป้าหมาย แล้วคำนวณค่าผิดพลาดเพื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนัก ให้ได้เอาต์พุตที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับเอาต์พุตเป้าหมาย ในการคำนวณค่าเอาต์พุตดังกล่าวสมการที่ 5.2

$$O_n = F(\sum I_k * W_{kn}) \quad (5.2)$$

โดยที่ O คือ เอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียม

n คือ จำนวนของนิวรอน

I_k คือ ข้อมูลอินพุต

K คือ จำนวนของข้อมูลอินพุต

W_{kn} คือ ค่าน้ำหนัก

โดยวิธีการใช้โปรแกรมในการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมด้วยโครงข่ายประสาทเทียมดังแสดงในภาคผนวก ค.

5.5 ลำดับขั้นตอนในการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

5.5.1 เก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ ซึ่งประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) แลกเปลี่ยนเงินตรา

ต่างประเทศ (Exchange rate) ราคาทองคำ (Gold Price) อัตราการว่างงาน (Rate of unemployment) จำนวนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม (Employment) ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing production Index) ดัชนีราคาผู้ผลิต (producer price index หรือ PPI) และอัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2524 – พ.ศ.2548 และเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน และอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ.2548 ทำการทดสอบสหสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้พลังงานของสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน วิธีการทางสถิติที่นำมาใช้ในการทดสอบข้อมูลได้ใช้วิธี Pearson Product Moment Correlation Coefficient (r)

- 5.5.2 จัดเตรียมข้อมูลโดยทำการนอร์มอลไลซ์ (Normalize) ข้อมูล เนื่องจากข้อมูลมีพิสัยที่แตกต่างกัน ดังนั้นต้องทำการปรับค่าของข้อมูลให้อยู่ในพิสัยที่เหมาะสม และทำการทดสอบสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางเศรษฐกิจ และปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะและอุตสาหกรรมสิ่งทอ เพื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม
- 5.5.3 สร้างรูปแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ในรูปแบบของ Back propagation Algorithm ทำการเรียนรู้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมจากข้อมูล 20 ชุดข้อมูล (ข้อมูลปี พ.ศ.2524-พ.ศ.2543) ในการเรียนรู้ และทดสอบแบบจำลองนั้นทางผู้วิจัยได้ทำการใช้โปรแกรม Pythia มาช่วยในการคำนวณ ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาและออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม โดยสามารถทำการคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสมจากโปรแกรม
- 5.5.4 ทำการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยโครงข่ายประสาทเทียม โดยทำการทดสอบค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ ปี พ.ศ.2544 – พ.ศ.2548 กับข้อมูล

ปริมาณการใช้พลังงานจริง ปี พ.ศ.2544- พ.ศ.2548 เพื่อทดสอบความสามารถในการพยากรณ์ของแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นโดยสถิติที่ใช้ในการวัดค่าคลาดเคลื่อน คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE)

5.6 การทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานโดยโครงข่ายประสาทเทียม

ในการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบจะทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ.2548 และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานจริงในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544- พ.ศ.2548 โดยสถิติที่ใช้ในการวัดค่าคลาดเคลื่อนในงานวิจัยนี้คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 5.3 และสมการที่ 5.4 ซึ่ง RMSE และ MAPE เป็นค่ามาตรฐานสากลในการวัดความผิดพลาดที่ได้รับความนิยมใช้ และ MAPE สามารถให้ค่าเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ได้ (จรรยารัตน์,2541) (ณัฐชาติ,2546)

1. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2} \quad (5.3)$$

โดยที่ Z_t คือ ค่าจริงของตัวแปรตาม
 \hat{Z}_t คือ ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม
 n คือ จำนวนข้อมูลที่ทดสอบ

2. ร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error : MAPE)

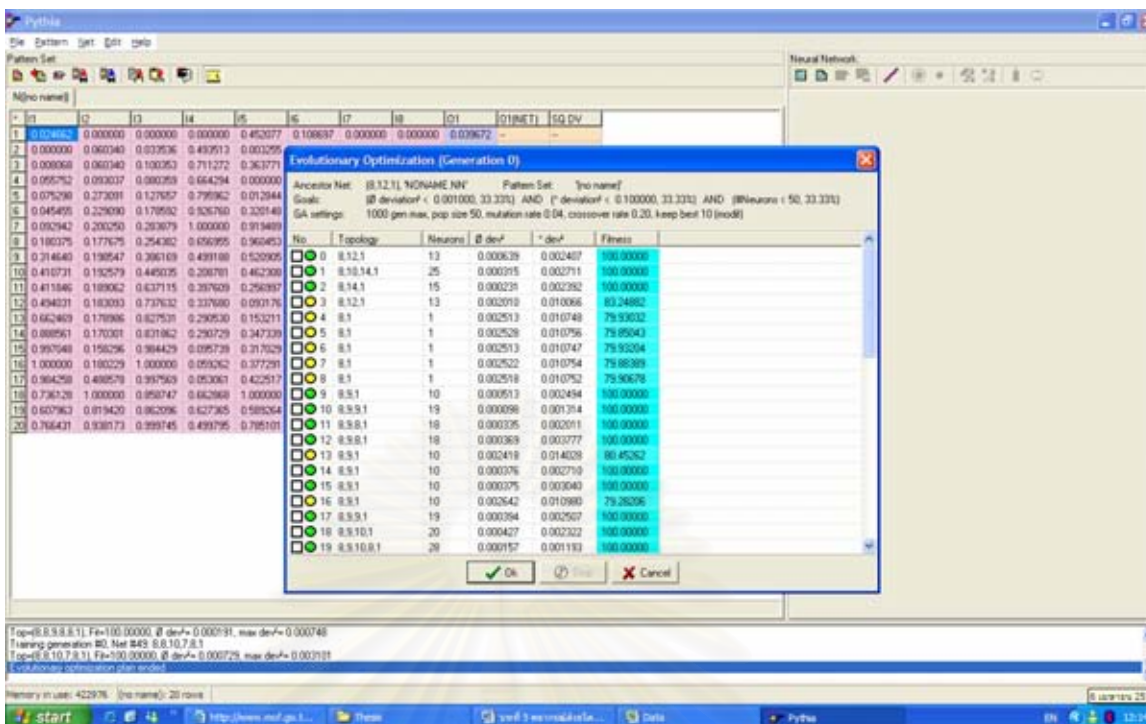
$$MAPE = (100/n) \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Z_t} \right| \quad (5.4)$$

โดยที่ e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ซึ่งคำนวณได้ดังนี้ $e_t = Z_t - \hat{Z}_t$
 Z_t คือ ค่าจริงของตัวแปรตาม
 \hat{Z}_t คือ ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม
 n คือ จำนวนข้อมูลที่ทดสอบ

5.7 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานโดย โครงข่ายประสาทเทียม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานโดยใช้โปรแกรม Pythia หลังจากทำการจัดเตรียมข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานภายในประเทศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2543 ซึ่งมีชุดข้อมูลปรับสอน 20 ชุด

จากนั้นนำข้อมูลใส่ในโปรแกรมและทำการหาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการพยากรณ์ โดยคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสม ซึ่งผลการคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสมพบว่าโครงสร้างของโครงข่ายประสาทได้หลายรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 5.1 และตารางที่ 5.7



รูปที่ 5.1 ผลการคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.7 ผลการคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสม

รูปแบบที่	รูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียม (Topology)	จำนวนนิวรอน (Neurons)
1	8,8,1	9
2	8,9,1	10
3	8,10,1	11
4	8,8,9,1	18

ทำการทดสอบแบบจำลองทั้ง 4 แบบข้างต้น เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสม โดยทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ.2548 และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานจริงในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544- พ.ศ.2548 ทำการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบด้วยการคำนวณค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังที่กล่าวมาในหัวข้อที่ 5.6

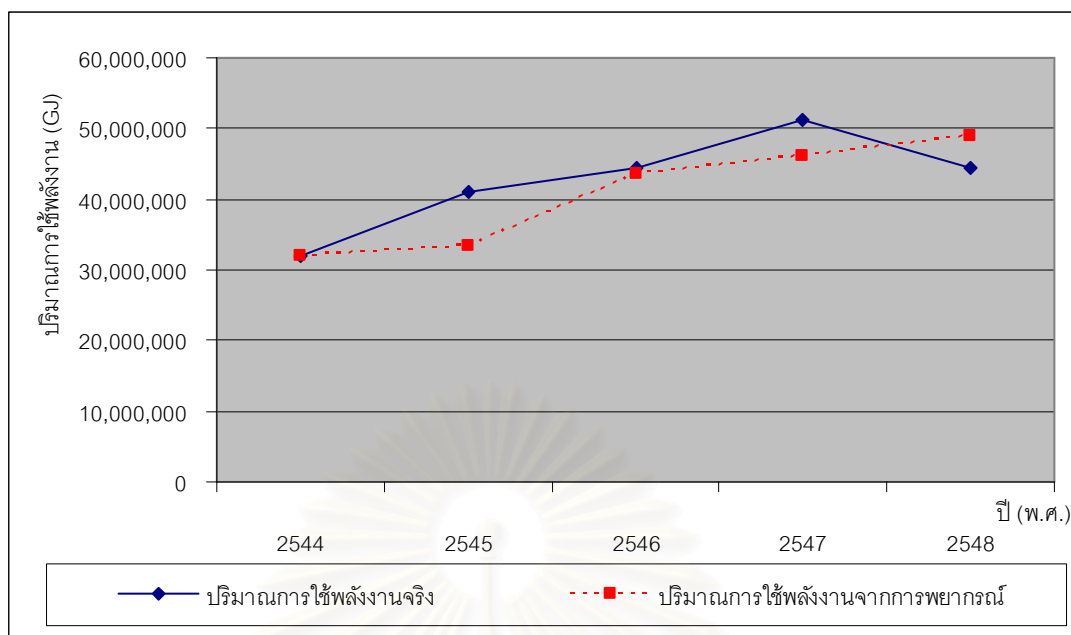
5.7.1 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานโดย
 โครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,8,1 : 9)
 ทำการสร้างรูปแบบการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Pythia โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์
 ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

จำนวนนิรอนในชั้นฮิดเดนเลเยอร์	9	นิรอน
จำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์	2	เลเยอร์
ค่าอัตราการเรียนรู้ของฮิดเดนเลเยอร์	0.5	
ค่าอัตราการเรียนรู้ของเอพท์พุทเลเยอร์	0.5	
ค่าน้ำหนักเริ่มต้น	-0.1 – 0.1	
จำนวนรอบของการเรียนรู้	10,000	รอบ

ค่าปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากรูปแบบการพยากรณ์เทียบกับค่าปริมาณการใช้
 พลังงานที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 5.8 ตารางที่ 5.9 และ
 รูปที่ 5.2 และรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5.8 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,8,1 : 9)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2544	31,936,464	31,947,117	2001
2545	40,976,680	33,510,393	2002
2546	44,482,932	43,447,420	2003
2547	51,284,216	46,213,837	2004
2548	44,313,956	49,011,101	2005



รูปที่ 5.2 ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,8,1 : 9)

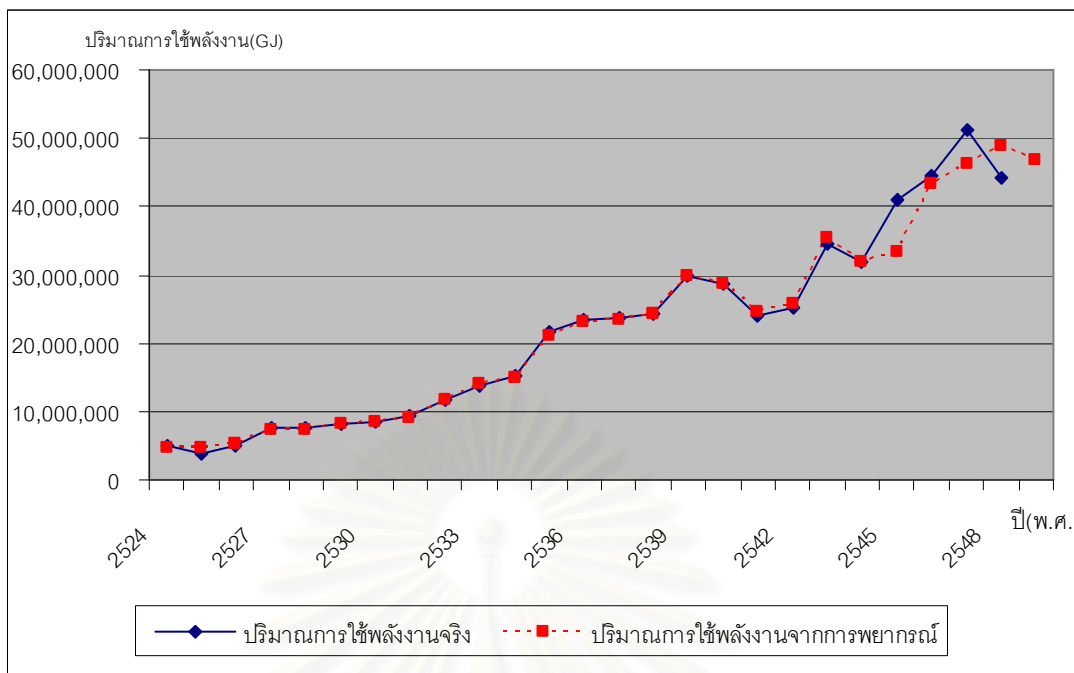
ตารางที่ 5.9 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,8,1 : 9)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2524	4,984,792	4,665,363	1981
2525	3,759,716	4,723,755	1982
2526	4,984,792	5,389,626	1983
2527	7,688,408	7,244,770	1984
2528	7,561,676	7,420,020	1985
2529	8,068,604	8,216,795	1986
2530	8,406,556	8,397,875	1987
2531	9,462,656	9,130,622	1988
2532	11,743,832	11,800,974	1989
2533	13,898,276	13,915,034	1990
2534	15,334,572	14,988,692	1991

ตารางที่ 5.9 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,8,1 : 9) (ต่อ)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2535	21,544,440	21,218,860	1992
2536	23,445,420	23,095,943	1993
2537	23,741,128	23,321,495	1994
2538	24,417,032	24,199,731	1995
2539	29,950,996	29,800,625	1996
2540	28,768,164	28,704,313	1997
2541	23,952,348	24,565,226	1998
2542	25,135,180	25,747,118	1999
2543	34,640,080	35,437,152	2000
2544	31,936,464	31,947,117	2001
2545	40,976,680	33,510,393	2002
2546	44,482,932	43,447,420	2003
2547	51,284,216	46,213,837	2004
2548	44,313,956	49,011,101	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,8,1 : 9)

ทำการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 ในตารางที่ 5.8 โดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 5.3 และสมการที่ 5.4 จากการคำนวณโดยแทนค่าในสมการที่ 5.3 จะได้ค่า RMSE เท่ากับ 4.57×10^6 และคำนวณ MAPE โดยแทนค่าลงในสมการที่ 5.4 จะคำนวณค่า MAPE ได้เท่ากับ 8.21

5.7.2 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานโดยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,9,1 : 10)

ทำการสร้างรูปแบบการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Pythia โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

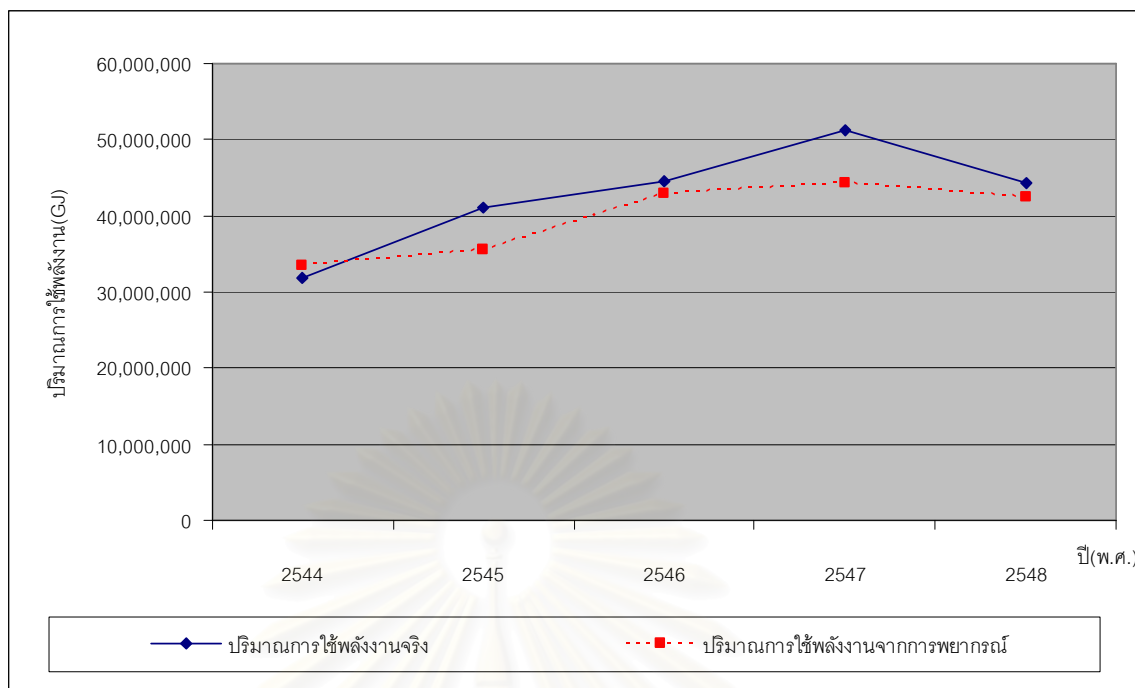
จำนวนชั้นของฮีดเดนเลเยอร์	2	เลเยอร์
ค่าอัตราการเรียนรู้ของฮีดเดนเลเยอร์	0.5	
ค่าอัตราการเรียนรู้ของเอาต์พุทเลเยอร์	0.5	
ค่าน้ำหนักเริ่มต้น	-0.1 – 0.1	
จำนวนรอบของการเรียนรู้	10,000	รอบ

ค่าปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากรูปแบบการพยากรณ์เทียบกับค่าปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 5.10 ตารางที่ 5.11 และรูปที่ 5.4 และรูปที่ 5.5

ตารางที่ 5.10 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,9,1 : 10)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2544	31,936,464	33,502,960	2001
2545	40,976,680	35,615,124	2002
2546	44,482,932	42,946,790	2003
2547	51,284,216	44,352,867	2004
2548	44,313,956	42,507,801	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,9,1 : 10)

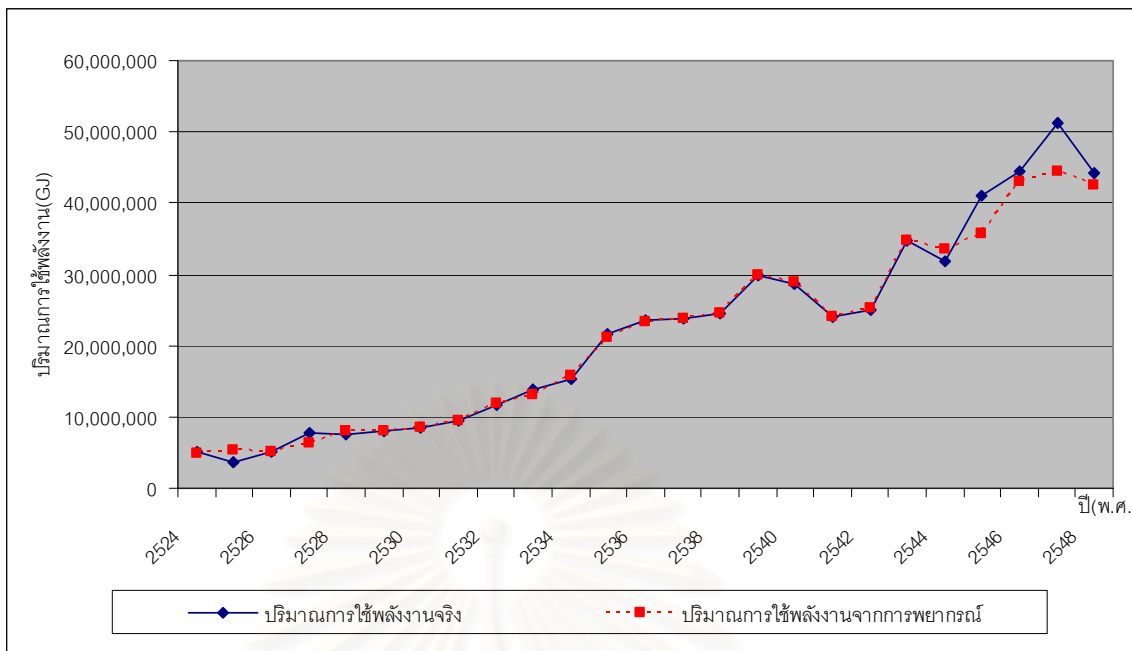
ตารางที่ 5.11 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,9,1 : 10)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2524	4,984,792	4,934,205	1981
2525	3,759,716	5,238,757	1982
2526	4,984,792	5,115,461	1983
2527	7,688,408	6,274,172	1984
2528	7,561,676	7,921,644	1985
2529	8,068,604	7,968,828	1986
2530	8,406,556	8,535,646	1987
2531	9,462,656	9,377,287	1988
2532	11,743,832	12,012,501	1989
2533	13,898,276	13,195,826	1990
2534	15,334,572	15,836,645	1991

ตารางที่ 5.11 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,9,1 : 10) (ต่อ)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2535	21,544,440	21,138,609	1992
2536	23,445,420	23,263,959	1993
2537	23,741,128	23,689,630	1994
2538	24,417,032	24,421,759	1995
2539	29,950,996	29,852,916	1996
2540	28,768,164	28,941,984	1997
2541	23,952,348	24,039,390	1998
2542	25,135,180	25,361,533	1999
2543	34,640,080	34,627,648	2000
2544	31,936,464	33,502,960	2001
2545	40,976,680	35,615,124	2002
2546	44,482,932	42,946,790	2003
2547	51,284,216	44,352,867	2004
2548	44,313,956	42,507,801	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.5 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,9,1 : 10)

ทำการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 ในตารางที่ 5.10 โดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 5.3 และสมการที่ 5.4 จากการคำนวณโดยแทนค่าในสมการที่ 5.3 จะได้ค่า RMSE เท่ากับ 4.12×10^6 และคำนวณ MAPE โดยแทนค่าลงในสมการที่ 5.4 จะคำนวณค่า MAPE ได้เท่ากับ 7.81

5.7.3 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานโดยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,10,1 : 11)

ทำการสร้างรูปแบบการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Pythia โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

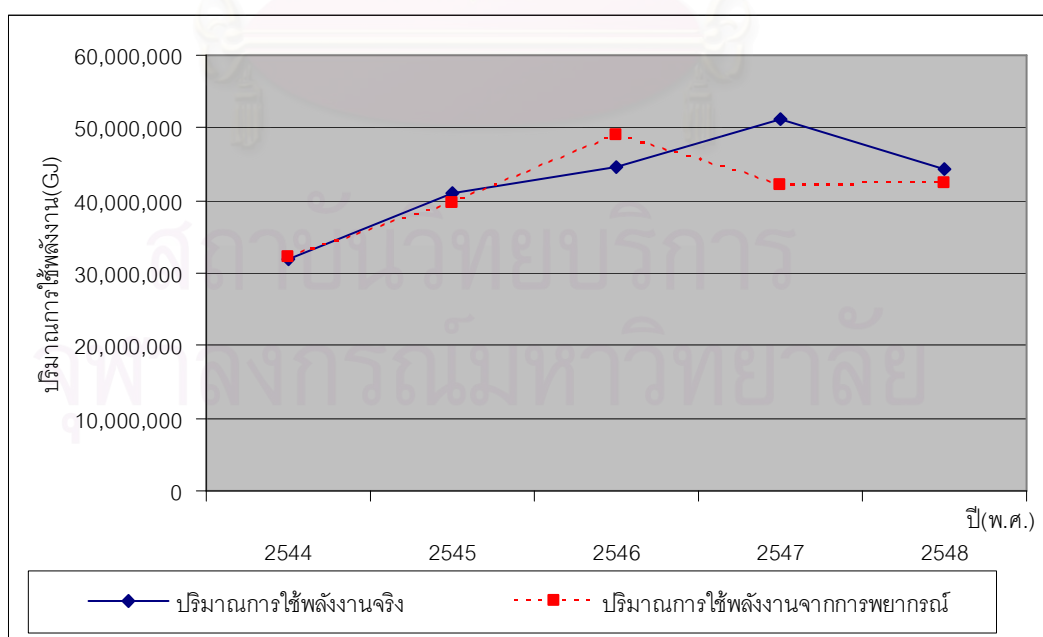
จำนวนนิรอนในชั้นฮิดเดนเลเยอร์	11	นิรอน
จำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์	2	เลเยอร์
ค่าอัตราการเรียนรู้ของฮิดเดนเลเยอร์	0.5	

ค่าอัตราการเรียนรู้ของเอาท์พุทเลเยอร์	0.5	
ค่าน้ำหนักเริ่มต้น	-0.1 – 0.1	
จำนวนรอบของการเรียนรู้	10,000	รอบ

ค่าปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากรูปแบบการพยากรณ์เทียบกับค่าปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 5.12 ตารางที่ 5.13 และรูปที่ 5.6 และรูปที่ 5.7

ตารางที่ 5.12 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,10,1 : 11)

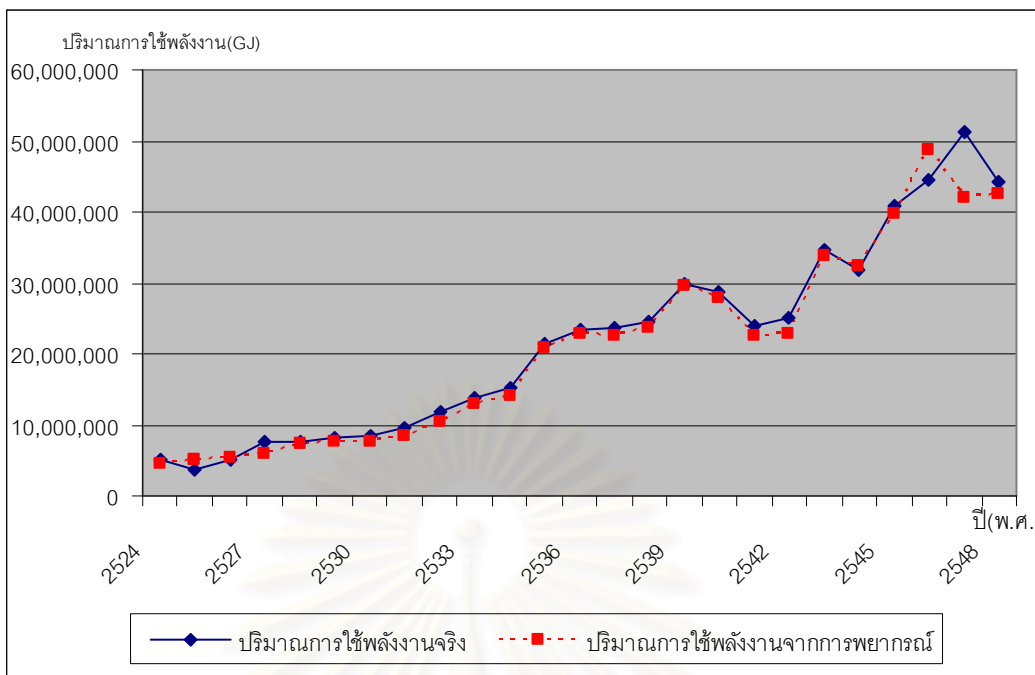
ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2544	31,936,464	32,331,335	2001
2545	40,976,680	39,596,238	2002
2546	44,482,932	48,860,855	2003
2547	51,284,216	42,003,890	2004
2548	44,313,956	42,467,526	2005



รูปที่ 5.6 ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,10,1 : 11)

ตารางที่ 5.13 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,10,1 : 11)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2524	4,984,792	4,632,029	1981
2525	3,759,716	5,039,243	1982
2526	4,984,792	5,336,028	1983
2527	7,688,408	6,000,812	1984
2528	7,561,676	7,280,921	1985
2529	8,068,604	7,583,769	1986
2530	8,406,556	7,591,841	1987
2531	9,462,656	8,497,807	1988
2532	11,743,832	10,519,265	1989
2533	13,898,276	13,074,153	1990
2534	15,334,572	14,009,508	1991
2535	21,544,440	20,795,878	1992
2536	23,445,420	22,813,847	1993
2537	23,741,128	22,503,887	1994
2538	24,417,032	23,731,405	1995
2539	29,950,996	29,502,855	1996
2540	28,768,164	27,950,252	1997
2541	23,952,348	22,651,729	1998
2542	25,135,180	22,852,349	1999
2543	34,640,080	33,672,931	2000
2544	31,936,464	32,331,335	2001
2545	40,976,680	39,596,238	2002
2546	44,482,932	48,860,855	2003
2547	51,284,216	42,003,890	2004
2548	44,313,956	42,467,526	2005



รูปที่ 5.7 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,10,1 : 11)

ทำการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 ในตารางที่ 5.12 โดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 5.3 และสมการที่ 5.4 จากการคำนวณโดยแทนค่าในสมการที่ 5.3 จะได้ค่า RMSE เท่ากับ 4.71×10^6 และคำนวณ MAPE โดยแทนค่าลงในสมการที่ 5.4 จะคำนวณค่า MAPE ได้เท่ากับ 7.34

5.7.4 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานโดยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,9,1 : 18)

ทำการสร้างรูปแบบการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Pythia โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

จำนวนนิรอนในชั้นฮิดเดนเลเยอร์ 18 นิรอน

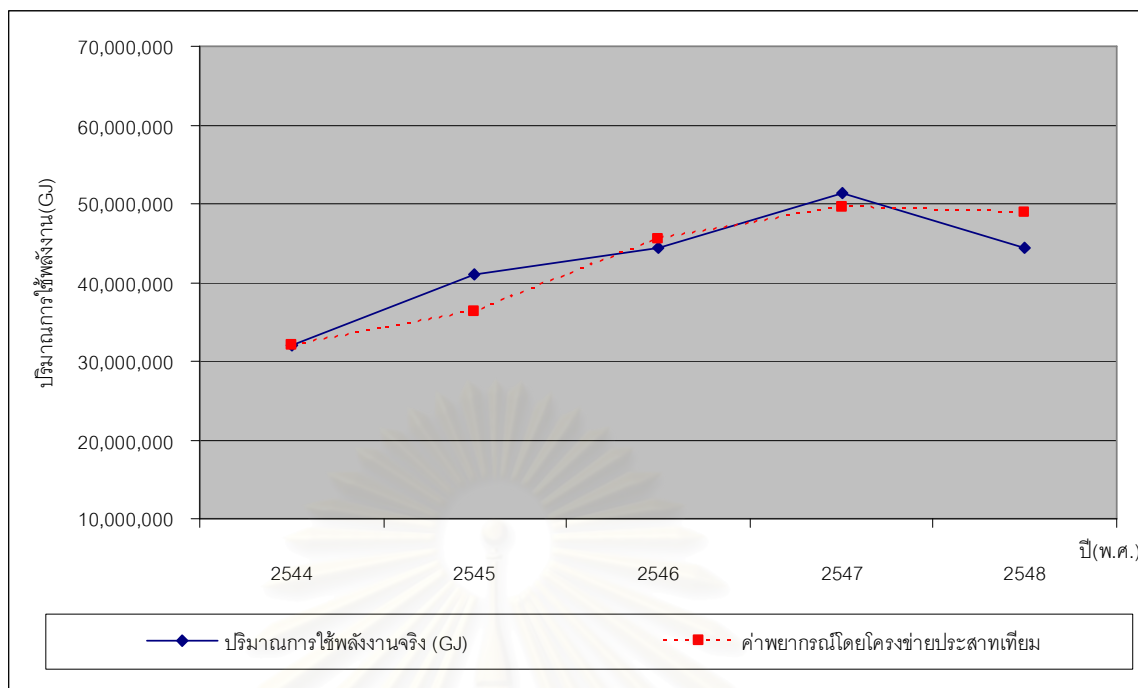
จำนวนชั้นของฮีดเดนเลเยอร์	3	เลเยอร์
ค่าอัตราการเรียนรู้ของฮีดเดนเลเยอร์	0.5	
ค่าอัตราการเรียนรู้ของเอาต์พุทเลเยอร์	0.5	
ค่าน้ำหนักเริ่มต้น	-0.1 – 0.1	
จำนวนรอบของการเรียนรู้	10,000	รอบ

ค่าปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากรูปแบบการพยากรณ์เทียบกับค่าปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 5.14 ตารางที่ 5.15 และรูปที่ 5.8 และรูปที่ 5.9

ตารางที่ 5.14 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,9,1 : 18)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน (GJ)	Year
2544	31,936,464	31,951,703	2001
2545	40,976,680	36,196,464	2002
2546	44,482,932	45,498,150	2003
2547	51,284,216	49,516,688	2004
2548	44,313,956	48,885,526	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทดเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,9,1 : 18)

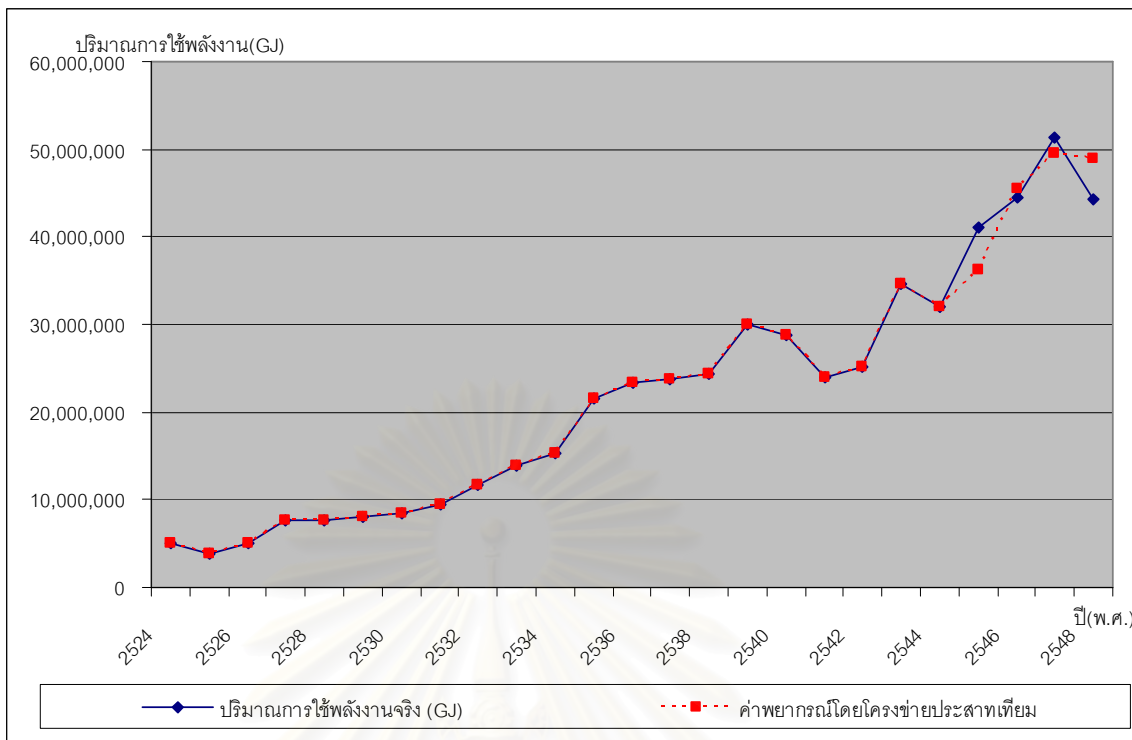
ตารางที่ 5.15 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทดเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,9,1 : 18)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2524	4,984,792	4,987,271	1981
2525	3,759,716	3,879,794	1982
2526	4,984,792	4,975,923	1983
2527	7,688,408	7,682,196	1984
2528	7,561,676	7,562,573	1985
2529	8,068,604	8,072,246	1986
2530	8,406,556	8,407,848	1987
2531	9,462,656	9,458,553	1988
2532	11,743,832	11,750,283	1989
2533	13,898,276	13,900,945	1990

ตารางที่ 5.15 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,9,1 : 18) (ต่อ)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2534	15,334,572	15,330,621	1991
2535	21,544,440	21,544,405	1992
2536	23,445,420	23,446,620	1993
2537	23,741,128	23,735,580	1994
2538	24,417,032	24,415,155	1995
2539	29,950,996	29,952,200	1996
2540	28,768,164	28,768,594	1997
2541	23,952,348	23,952,499	1998
2542	25,135,180	25,135,833	1999
2543	34,640,080	34,576,286	2000
2544	31,936,464	31,951,703	2001
2545	40,976,680	36,196,464	2002
2546	44,482,932	45,498,150	2003
2547	51,284,216	49,516,688	2004
2548	44,313,956	48,885,526	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,9,1 : 18)

ทำการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 ในตารางที่ 5.14 โดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 5.3 และสมการที่ 5.4 จากการคำนวณโดยแทนค่าในสมการที่ 5.3 จะได้ค่า RMSE เท่ากับ 3.10×10^6 และคำนวณ MAPE โดยแทนค่าลงในสมการที่ 5.4 จะคำนวณ ค่า MAPE ได้เท่ากับ 5.55

จากการทดสอบรูปแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานได้ดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 สรุปผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงาน
ในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

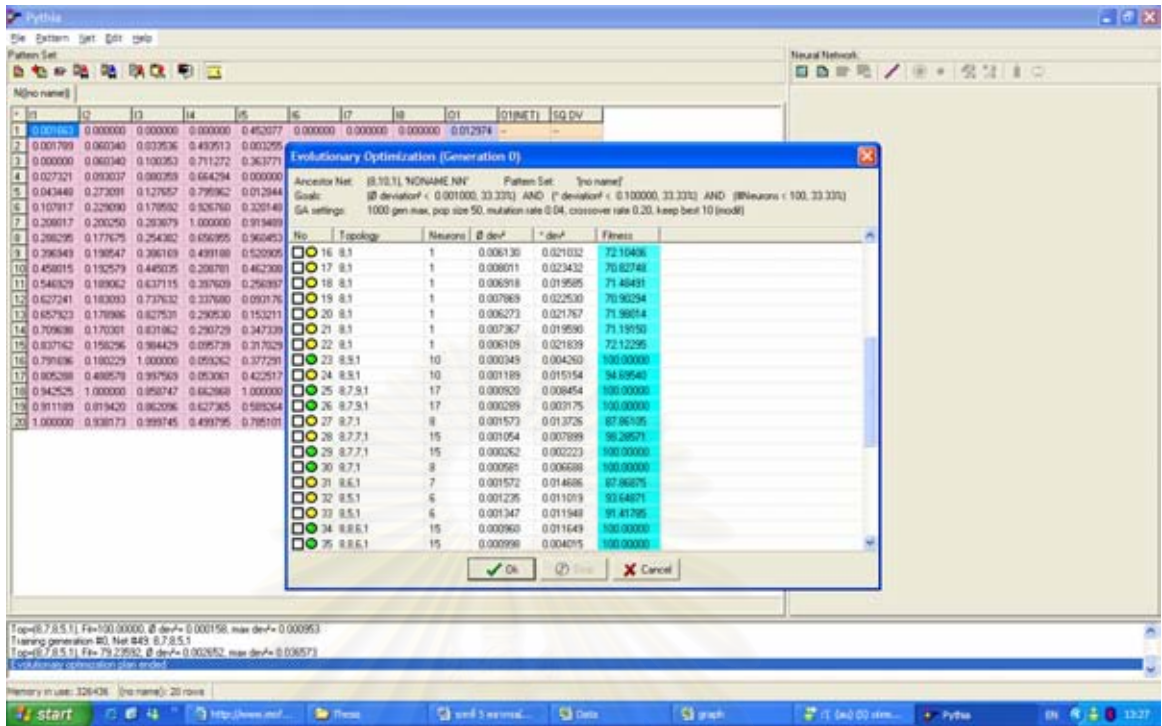
รูปแบบที่	รูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียม (Topology)	จำนวนนิวรอน (Neurons)	RMSE	MAPE
1	8,8,1	9	4.57×10^6	8.21
2	8,9,1	10	4.12×10^6	7.81
3	8,10,1	11	4.71×10^6	7.34
4	8,8,9,1	18	3.10×10^6	5.55

ดังนั้นรูปแบบของแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน นั่นคือแบบจำลองที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ทั้งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังนั้นจากตารางที่ 5.16 รูปแบบที่เหมาะสมของโครงข่ายประสาทเทียมคือรูปแบบที่ 4 (8,8,9,1 : 18) ซึ่งมีข้อมูลนำเข้า 8 นิวรอน และจำนวนชั้นฮิดเดนเลเยอร์ 3 เลเยอร์ โดยที่ฮิดเดนเลเยอร์ที่ 1 มีจำนวน 8 นิวรอน ฮิดเดนเลเยอร์ที่ 2 มีจำนวน 9 นิวรอน และฮิดเดนเลเยอร์ที่ 3 มีจำนวน 1 นิวรอน ส่วนจำนวนข้อมูลขาออก 1 นิวรอน โดยค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองนี้ มีค่า RMSE เท่ากับ 3.10×10^6 และค่า MAPE ได้เท่ากับ 5.55

5.8 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยโครงข่ายประสาทเทียม

การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้โปรแกรม Pythia หลังจากทำการจัดเตรียมข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอภายในประเทศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2543 ซึ่งมีชุดข้อมูลปรับสอน 20 ชุด

จากนั้นนำข้อมูลใส่ในโปรแกรมและทำการหาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการพยากรณ์ โดยคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสม ซึ่งผลการคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสมพบว่า มีโครงสร้างของโครงข่ายประสาทได้หลายรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 5.10 และตารางที่ 5.17



รูปที่ 5.10 ผลการคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.17 ผลการคำนวณหาจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์และจำนวนนิวรอนที่เหมาะสม

รูปแบบที่	รูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียม (Topology)	จำนวนนิวรอน (Neurons)
1	8,7,1	8
2	8,7,5,1	13
3	8,7,7,6,1	21
4	8,8,7,8,6,1	30

ทำการทดสอบแบบจำลองทั้ง 4 แบบข้างต้น เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสม โดยทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ.2548 และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานจริงในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544-พ.ศ.2548 ทำการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานโดยโครงข่ายประสาทเทียมด้วยการคำนวณหาค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังที่กล่าวมาในหัวข้อที่ 5.6

5.8.1 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยโครงข่าย
ประสาทยืดแบบที่ 1 (8,7,1 : 8)

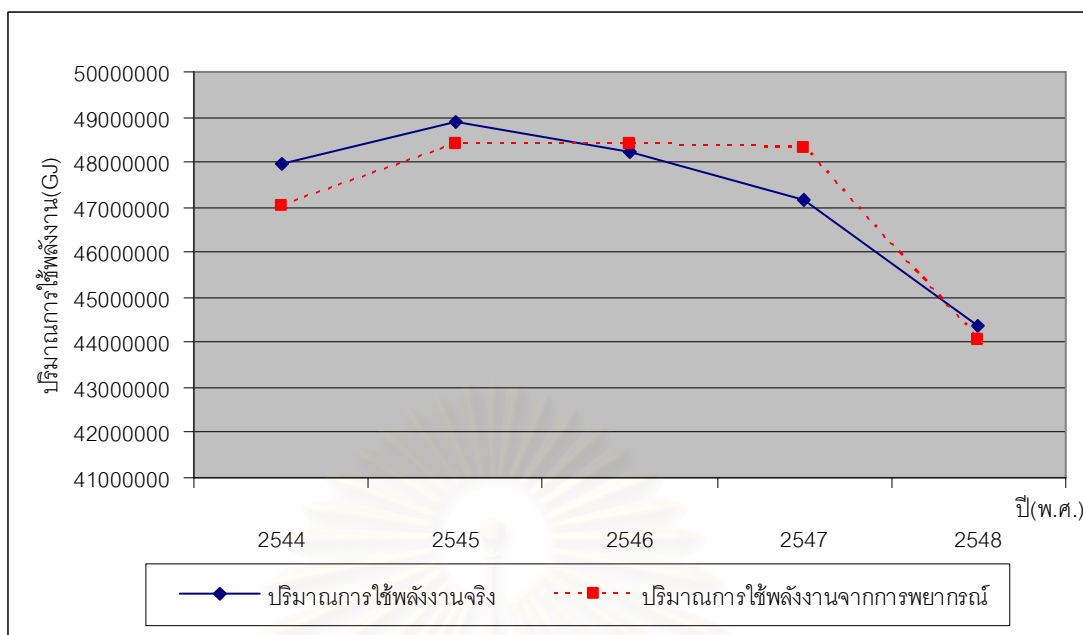
ทำการสร้างรูปแบบการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Pythia โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์
ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

จำนวนนิรอนในชั้นฮิดเดนเลเยอร์	8	นิรอน
จำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์	2	เลเยอร์
ค่าอัตราการเรียนรู้ของฮิดเดนเลเยอร์	0.5	
ค่าอัตราการเรียนรู้ของเอาต์พุทเลเยอร์	0.5	
ค่าน้ำหนักเริ่มต้น	-0.1 – 0.1	
จำนวนรอบของการเรียนรู้	10,000	รอบ

ค่าปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากรูปแบบการพยากรณ์เทียบกับค่าปริมาณการใช้
พลังงานที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 5.18 ตารางที่ 5.19
และรูปที่ 5.11 และรูปที่ 5.12

ตารางที่ 5.18 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ด้วยโครงข่ายประสาทยืดแบบที่ 1 (8,7,1 : 8)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2544	47,946,940	47,014,117	2001
2545	48,876,308	48,407,801	2002
2546	48,242,648	48,393,203	2003
2547	47,144,304	48,302,029	2004
2548	44,356,200	44,067,977	2005



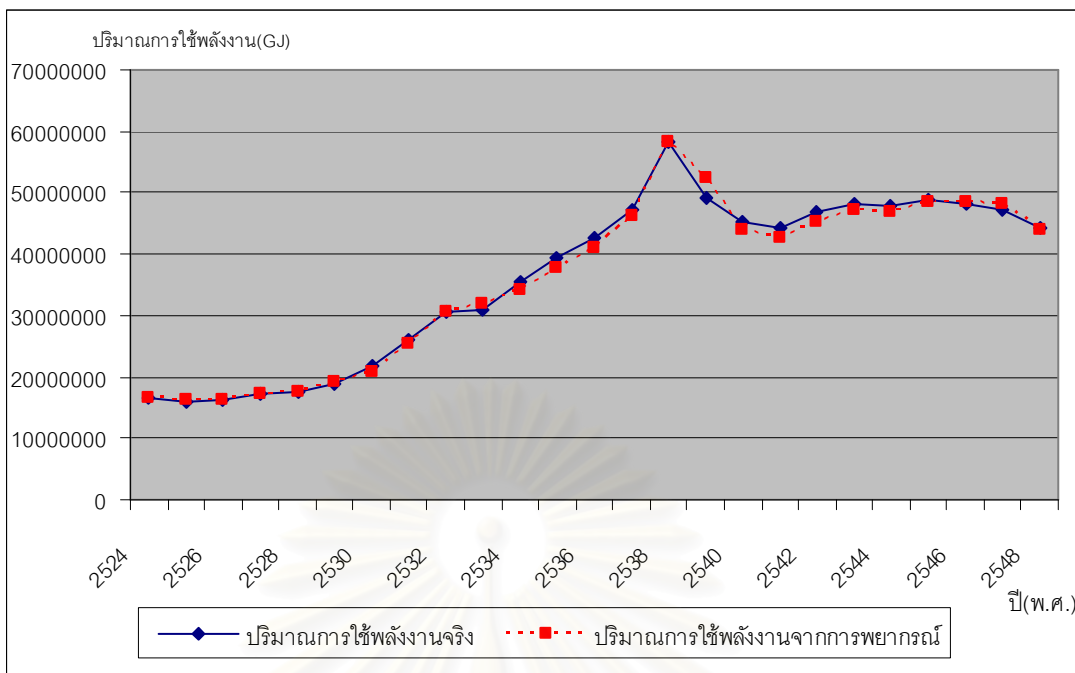
รูปที่ 5.11 ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,7,1 : 8)

ตารางที่ 5.19 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,7,1 : 8)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2524	16,517,404	16,718,717	1981
2525	15,968,232	16,203,542	1982
2526	16,263,940	16,401,771	1983
2527	17,362,284	17,204,002	1984
2528	17,615,748	17,657,402	1985
2529	18,967,556	19,126,223	1986
2530	21,671,172	20,874,913	1987
2531	26,022,304	25,541,511	1988
2532	30,584,656	30,522,303	1989
2533	30,880,364	32,003,247	1990
2534	35,569,448	34,303,232	1991

ตารางที่ 5.19 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,7,1 : 8) (ต่อ)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2535	39,540,384	37,666,462	1992
2536	42,793,172	41,128,590	1993
2537	47,228,792	46,222,392	1994
2538	58,296,720	58,213,175	1995
2539	49,214,260	52,561,025	1996
2540	45,201,080	44,067,977	1997
2541	44,398,444	42,570,495	1998
2542	47,017,572	45,210,616	1999
2543	48,115,916	47,178,362	2000
2544	47,946,940	47,014,117	2001
2545	48,876,308	48,407,801	2002
2546	48,242,648	48,393,203	2003
2547	47,144,304	48,302,029	2004
2548	44,356,200	44,067,977	2005



รูปที่ 5.12 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 1 (8,7,1 : 8)

ทำการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 ในตารางที่ 5.18 โดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 5.3 และสมการที่ 5.4 จากการคำนวณโดยแทนค่าในสมการที่ 5.3 จะได้ค่า RMSE เท่ากับ 1.16×10^6 และคำนวณ MAPE โดยแทนค่าลงในสมการที่ 5.4 จะคำนวณค่า MAPE ได้เท่ากับ 2.20

5.8.2 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,7,5,1 : 13)

ทำการสร้างรูปแบบการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Pythia โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

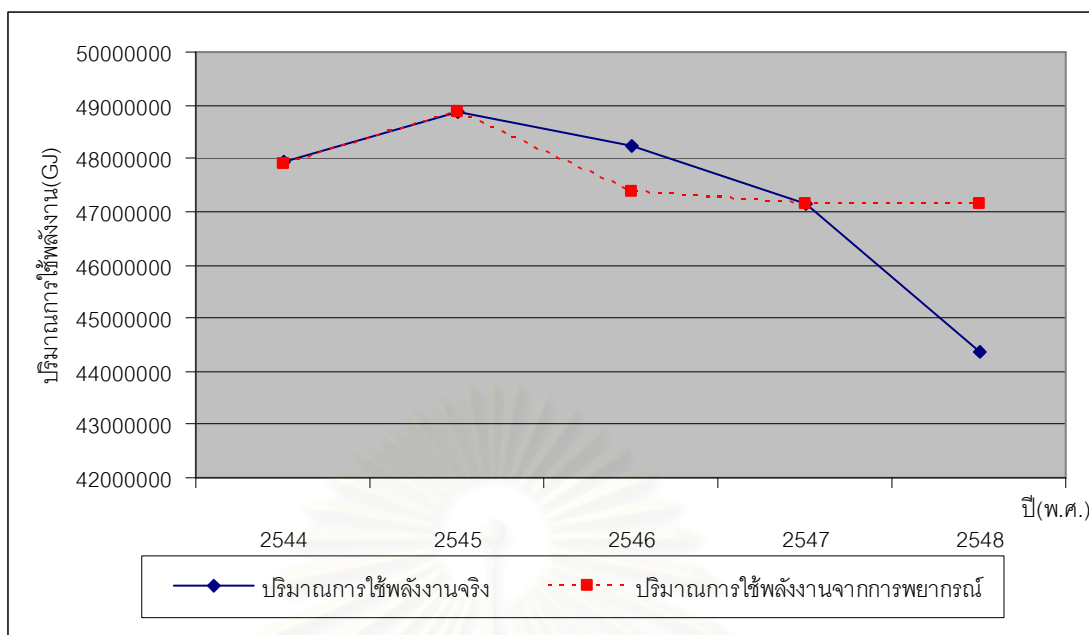
จำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์	3	เลเยอร์
ค่าอัตราการเรียนรู้ของฮิดเดนเลเยอร์	0.5	
ค่าอัตราการเรียนรู้ของเอพท์พุทเลเยอร์	0.5	
ค่าน้ำหนักเริ่มต้น	-0.1 – 0.1	
จำนวนรอบของการเรียนรู้	10,000	รอบ

ค่าปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากรูปแบบการพยากรณ์เทียบกับค่าปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 5.20 ตารางที่ 5.21 และรูปที่ 5.13 และรูปที่ 5.14

ตารางที่ 5.20 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,7,5,1 : 13)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2544	47,946,940	47,897,893	2001
2545	48,876,308	48,860,471	2002
2546	48,242,648	47,388,924	2003
2547	47,144,304	47,161,823	2004
2548	44,356,200	47,161,823	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.13 ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,7,5,1 : 13)

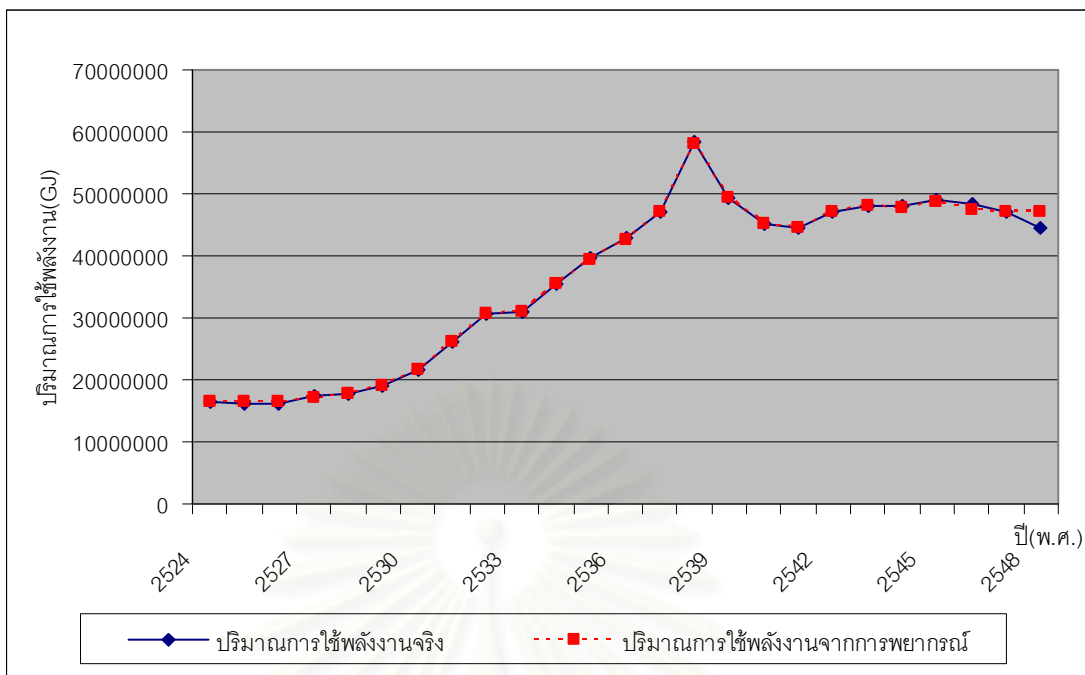
ตารางที่ 5.21 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,7,5,1 : 13)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2524	16,517,404	16,388,942	1981
2525	15,968,232	16,396,880	1982
2526	16,263,940	16,432,353	1983
2527	17,362,284	17,042,329	1984
2528	17,615,748	17,607,458	1985
2529	18,967,556	19,053,454	1986
2530	21,671,172	21,689,674	1987
2531	26,022,304	26,047,629	1988
2532	30,584,656	30,596,284	1989
2533	30,880,364	30,928,285	1990
2534	35,569,448	35,534,089	1991

ตารางที่ 5.21 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,7,5,1 : 13) (ต่อ)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2535	39,540,384	39,466,484	1992
2536	42,793,172	42,715,935	1993
2537	47,228,792	47,196,608	1994
2538	58,296,720	58,009,036	1995
2539	49,214,260	49,219,059	1996
2540	45,201,080	45,245,601	1997
2541	44,398,444	44,631,660	1998
2542	47,017,572	47,060,429	1999
2543	48,115,916	48,122,929	2000
2544	47,946,940	47,897,893	2001
2545	48,876,308	48,860,471	2002
2546	48,242,648	47,388,924	2003
2547	47,144,304	47,161,823	2004
2548	44,356,200	47,161,823	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.14 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 2 (8,7,5,1 : 13)

ทำการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 ในตารางที่ 5.20 โดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 5.3 และสมการที่ 5.4 จากการคำนวณโดยแทนค่าในสมการที่ 5.3 จะได้ค่า RMSE เท่ากับ 1.31×10^6 และคำนวณ MAPE โดยแทนค่าลงในสมการที่ 5.4 จะคำนวณค่า MAPE ได้เท่ากับ 1.65

5.8.3 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21)

ทำการสร้างรูปแบบการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Pythia โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

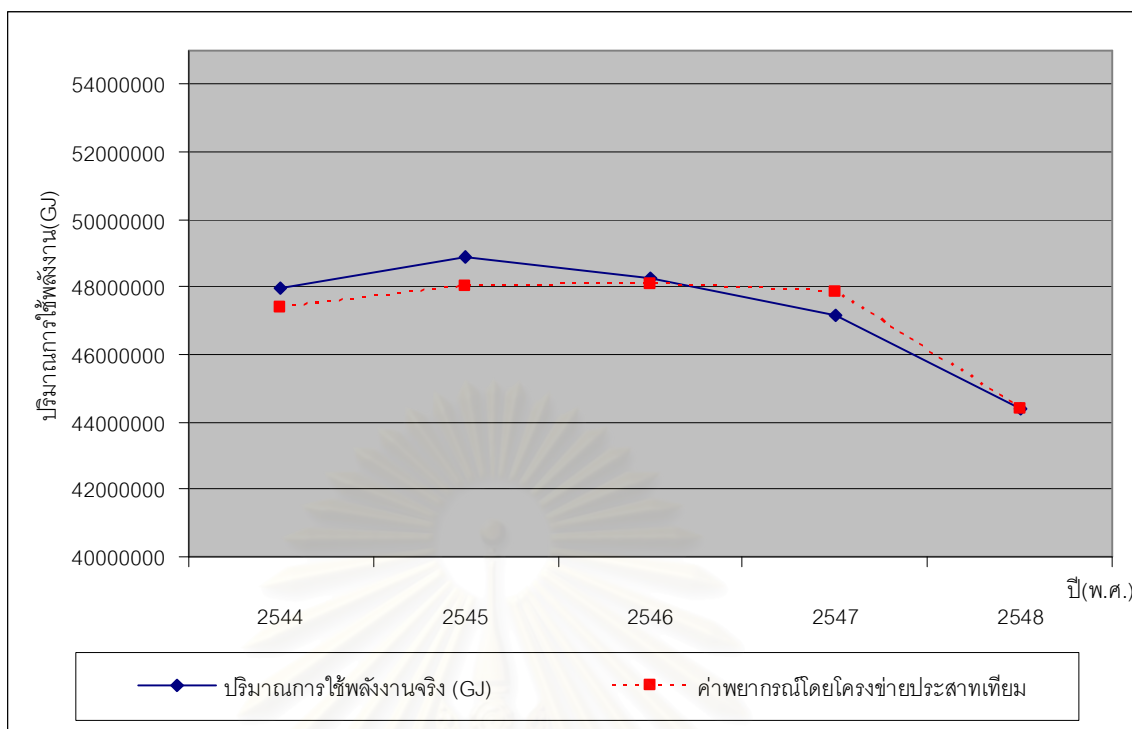
จำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์	4	เลเยอร์
ค่าอัตราการเรียนรู้ของฮิดเดนเลเยอร์	0.5	
ค่าอัตราการเรียนรู้ของเอาต์พุทเลเยอร์	0.5	
ค่าน้ำหนักเริ่มต้น	-0.1 – 0.1	
จำนวนรอบของการเรียนรู้	10,000	รอบ

ค่าปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากรูปแบบการพยากรณ์เทียบกับค่าปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 5.22 ตารางที่ 5.23 และรูปที่ 5.15 และรูปที่ 5.16

ตารางที่ 5.22 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2544	47,946,940	47,366,358	2001
2545	48,876,308	48,022,235	2002
2546	48,242,648	48,085,959	2003
2547	47,144,304	47,868,374	2004
2548	44,356,200	44,359,988	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.15 ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548 ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21)

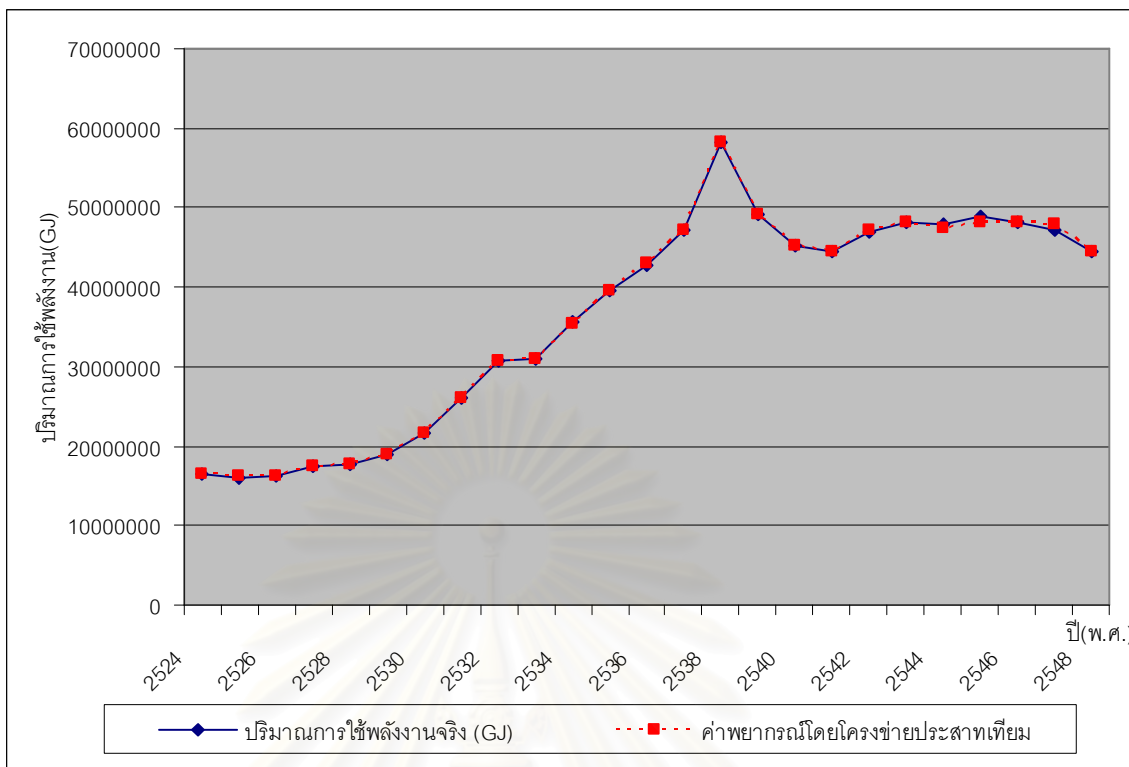
ตารางที่ 5.23 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2524	16,517,404	16,490,567	1981
2525	15,968,232	16,208,268	1982
2526	16,263,940	16,278,990	1983
2527	17,362,284	17,352,805	1984
2528	17,615,748	17,633,854	1985
2529	18,967,556	19,007,100	1986
2530	21,671,172	21,648,759	1987
2531	26,022,304	25,983,930	1988
2532	30,584,656	30,664,703	1989
2533	30,880,364	30,966,412	1990

ตารางที่ 5.23 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21) (ต่อ)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2534	35,569,448	35,472,471	1991
2535	39,540,384	39,424,507	1992
2536	42,793,172	42,895,997	1993
2537	47,228,792	47,200,605	1994
2538	58,296,720	58,141,218	1995
2539	49,214,260	49,216,503	1996
2540	45,201,080	45,180,443	1997
2541	44,398,444	44,342,559	1998
2542	47,017,572	47,036,084	1999
2543	48,115,916	48,071,947	2000
2544	47,946,940	47,366,358	2001
2545	48,876,308	48,022,235	2002
2546	48,242,648	48,085,959	2003
2547	47,144,304	47,868,374	2004
2548	44,356,200	44,359,988	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.16 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21)

ทำการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 ในตารางที่ 5.22 โดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 5.3 และสมการที่ 5.4 จากการคำนวณโดยแทนค่าในสมการที่ 5.3 จะได้ค่า RMSE เท่ากับ 5.68×10^5 และคำนวณ MAPE โดยแทนค่าลงในสมการที่ 5.4 จะคำนวณค่า MAPE ได้เท่ากับ 0.97

5.8.4 การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,7,8,6,1 : 30)

ทำการสร้างรูปแบบการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Pythia โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

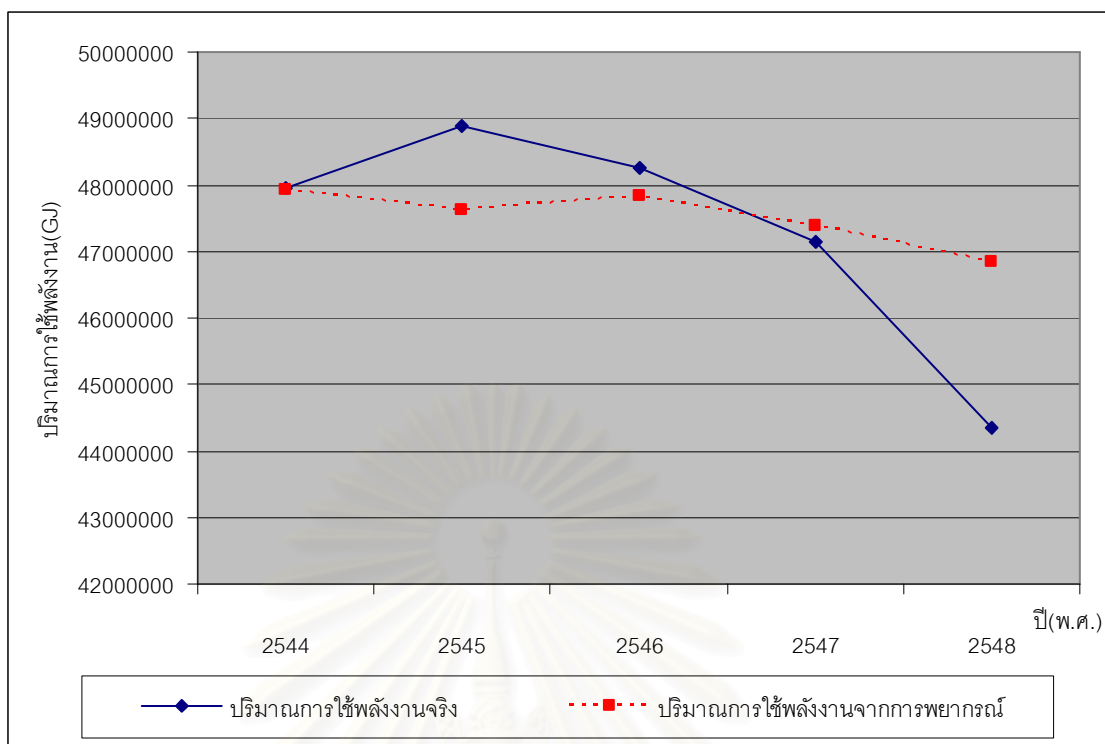
จำนวนนิรอนในชั้นฮิดเดนเลเยอร์	30	นิรอน
จำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์	5	เลเยอร์
ค่าอัตราการเรียนรู้ของฮิดเดนเลเยอร์	0.5	
ค่าอัตราการเรียนรู้ของเอาต์พุทเลเยอร์	0.5	
ค่าน้ำหนักเริ่มต้น	-0.1 – 0.1	
จำนวนรอบของการเรียนรู้	10,000	รอบ

ค่าปริมาณการใช้พลังงานที่ได้จากรูปแบบการพยากรณ์เทียบกับค่าปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 5.24 ตารางที่ 5.25 และรูปที่ 5.10

ตารางที่ 5.24 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,7,8,6,1 : 30)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2544	47,946,940	47,913,091	2001
2545	48,876,308	47,627,867	2002
2546	48,242,648	47,844,487	2003
2547	47,144,304	47,379,439	2004
2548	44,356,200	46,832,034	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.17 ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 - พ.ศ.2548
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,7,8,6,1 : 30)

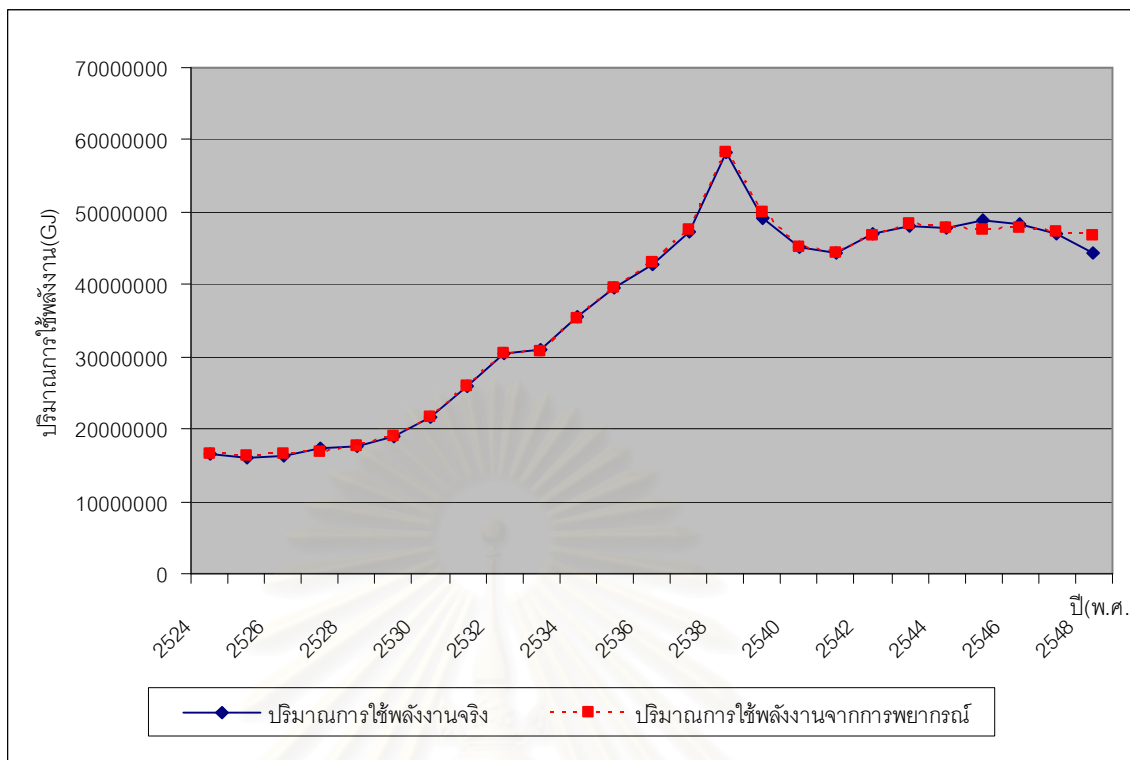
ตารางที่ 5.25 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,7,8,6,1 : 30)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2524	16,517,404	16,502,859	1981
2525	15,968,232	16,214,694	1982
2526	16,263,940	16,595,286	1983
2527	17,362,284	16,915,632	1984
2528	17,615,748	17,572,931	1985
2529	18,967,556	19,034,409	1986
2530	21,671,172	21,573,633	1987
2531	26,022,304	25,885,049	1988
2532	30,584,656	30,413,135	1989

ตารางที่ 5.25 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขา
อุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,7,8,6,1 : 30) (ต่อ)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2533	30,880,364	30,817,024	1990
2534	35,569,448	35,396,545	1991
2535	39,540,384	39,589,955	1992
2536	42,793,172	42,945,868	1993
2537	47,228,792	47,571,518	1994
2538	58,296,720	58,165,144	1995
2539	49,214,260	49,894,565	1996
2540	45,201,080	45,166,519	1997
2541	44,398,444	44,429,654	1998
2542	47,017,572	46,877,504	1999
2543	48,115,916	48,331,781	2000
2544	47,946,940	47,913,091	2001
2545	48,876,308	47,627,867	2002
2546	48,242,648	47,844,487	2003
2547	47,144,304	47,379,439	2004
2548	44,356,200	46,832,034	2005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.18 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบที่ 4 (8,8,7,8,6,1 : 30)

ทำการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 ในตารางที่ 5.24 โดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 5.3 และสมการที่ 5.4 จากการคำนวณโดยแทนค่าในสมการที่ 5.3 จะได้ค่า RMSE เท่ากับ 1.26×10^6 และคำนวณ MAPE โดยแทนค่าลงในสมการที่ 5.4 จะคำนวณค่า MAPE ได้เท่ากับ 1.91

จากการทดสอบรูปแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ดังตารางที่ 5.26

ตารางที่ 5.26 สรุปผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงาน
ในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

รูปแบบที่	รูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียม (Topology)	จำนวนนิวรอน (Neurons)	RMSE	MAPE
1	8,7,1	8	1.16×10^6	2.20
2	8,7,5,1	13	1.31×10^6	1.65
3	8,7,7,6,1	21	5.68×10^5	0.97
4	8,8,7,8,6,1	30	1.26×10^6	1.91

ดังนั้นรูปแบบของแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ นั่นคือแบบจำลองที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ทั้งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังนั้นจากตารางที่ 5.26 รูปแบบที่เหมาะสมของโครงข่ายประสาทเทียมคือรูปแบบที่ 3 (8,7,7,6,1 : 21) ซึ่งมีข้อมูลนำเข้า 8 นิวรอน และจำนวนชั้นฮิดเดนเลเยอร์ 4 เลเยอร์ โดยที่ฮิดเดนเลเยอร์ที่ 1 มีจำนวน 7 นิวรอน ฮิดเดนเลเยอร์ที่ 2 มีจำนวน 7 นิวรอน ฮิดเดนเลเยอร์ที่ 3 มีจำนวน 6 นิวรอน และฮิดเดนเลเยอร์ที่ 4 มีจำนวน 1 นิวรอน ส่วนจำนวนข้อมูลขาออก 1 นิวรอน โดยค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองนี้ มีค่า RMSE เท่ากับ 5.68×10^5 และค่า MAPE ได้เท่ากับ 0.97

บทที่ 6

การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศ ด้วย ARIMA

การศึกษาเกี่ยวกับการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน และสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ในบทนี้มุ่งศึกษาวิธีดำเนินการวิจัยที่สอดคล้องตามแนวคิดการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) โดยใช้การพยากรณ์แบบ ARIMA (Box - Jenkins) สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลรายปีตั้งแต่ปี 2524 ถึง ปี 2548 รวมจำนวน 25 ชุดข้อมูล คำนวณโดยใช้โปรแกรม Minitab Statistical Software Release 14 for Windows

6.1 ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์

ในการสร้างตัวแบบสำหรับพยากรณ์ของอุตสาหกรรมสิ่งทอ และอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างตัวแบบคือ ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ซึ่งได้ข้อมูลข้างต้นมาจากรายงานพลังงานของประเทศไทย ประจำปี พ.ศ.2524 – พ.ศ.2548 จากตารางที่ 14 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตจำแนกตามสาขาย่อย ซึ่งมีข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ดังตารางที่ 6.1 และ ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.1 ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ปี	ปริมาณการใช้พลังงาน(GJ)	Year
2524	16,517,404	1981
2525	15,968,232	1982
2526	16,263,940	1983
2527	17,362,284	1984
2528	17,615,748	1985
2529	18,967,556	1986
2530	21,671,172	1987
2531	26,022,304	1988

ตารางที่ 6.1 ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (ต่อ)

ปี	ปริมาณการใช้พลังงาน(GJ)	Year
2532	30,584,656	1989
2533	30,880,364	1990
2534	35,569,448	1991
2535	39,540,384	1992
2536	42,793,172	1993
2537	47,228,792	1994
2538	58,296,720	1995
2539	49,214,260	1996
2540	45,201,080	1997
2541	44,398,444	1998
2542	47,017,572	1999
2543	48,115,916	2000
2544	47,946,940	2001
2545	48,876,308	2002
2546	48,242,648	2003
2547	47,144,304	2004
2548	44,356,200	2005

ตารางที่ 6.2 ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

ปี	ปริมาณการใช้พลังงาน (GJ)	Year
2524	4,984,792	1981
2525	3,759,716	1982
2526	4,984,792	1983
2527	7,688,408	1984
2528	7,561,676	1985
2529	8,068,604	1986
2530	8,406,556	1987
2531	9,462,656	1988

ตารางที่ 6.2 ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน (ต่อ)

ปี	ปริมาณการใช้พลังงาน (GJ)	Year
2532	11,743,832	1989
2533	13,898,276	1990
2534	15,334,572	1991
2535	21,544,440	1992
2536	23,445,420	1993
2537	23,741,128	1994
2538	24,417,032	1995
2539	29,950,996	1996
2540	28,768,164	1997
2541	23,952,348	1998
2542	25,135,180	1999
2543	34,640,080	2000
2544	31,936,464	2001
2545	40,976,680	2002
2546	44,482,932	2003
2547	51,284,216	2004
2548	44,313,956	2005

6.2 ลำดับขั้นตอนในการพยากรณ์ด้วย ARIMA

การพยากรณ์แบบ ARIMA (Box - Jenkins) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1. การกำหนดแบบจำลอง (Model Identification)

เลือกรูปแบบจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีต ทำการคำนวณค่าสถิติต่าง ๆ เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกรูปแบบ โดยขั้นแรก ต้องพิจารณาดูว่าข้อมูลอนุกรมเวลาอยู่ในสภาพสมดุล มีการกระจายอยู่รอบ ๆ ค่าเฉลี่ยแบบคงที่ ประกอบด้วย

1.1 อนุกรมมีลักษณะนิ่ง (Achieve Stationary)

1.2 ค่าความแปรปรวน และ เลขอนุกรม มีลักษณะนิ่ง (Variance and level Stationary)

- 1.3 กำหนดรูปแบบในอนุกรมเวลาด้วยกราฟค่าอัตโนมัติสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) และ ค่าอัตโนมัติสัมพันธ์เชิงส่วน (PARTIAL AUTOREGRESSIVE FUNCTION: PACF)

2. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter Estimation)

เป็นการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง จากรูปแบบที่ได้เลือกไว้ในขั้นที่ 1 ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) โดยการป้อนค่าประมาณเบื้องต้น (Initial Estimates) ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลผลจนได้ค่าประมาณสุดท้าย (Final Estimates) ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ จะทำการคำนวณหลายครั้ง (Iterative) จนกว่าจะให้ $\sum e^2$ มีค่าน้อยที่สุด

3. การตรวจสอบแบบจำลอง (Model Diagnostics)

ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง โดยใช้ Modified Box – Pierce (Ljung - Box) Chi – Square Statistic ดังสมการที่ 6.1

$$Q = n(n+2) \sum [ACF(i)^2 / (n-1)] \quad (6.1)$$

4. การพยากรณ์ (Forecasting)

- 4.1 ทำการพยากรณ์โดยแบบจำลองที่เหมาะสม
- 4.2 การพยากรณ์มีเหตุผล และสามารถอธิบายได้
- 4.3 ใช้กราฟ (Graph) ค่าสถิติ (Statistics) และช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Intervals) ในการพิจารณากำหนดความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง

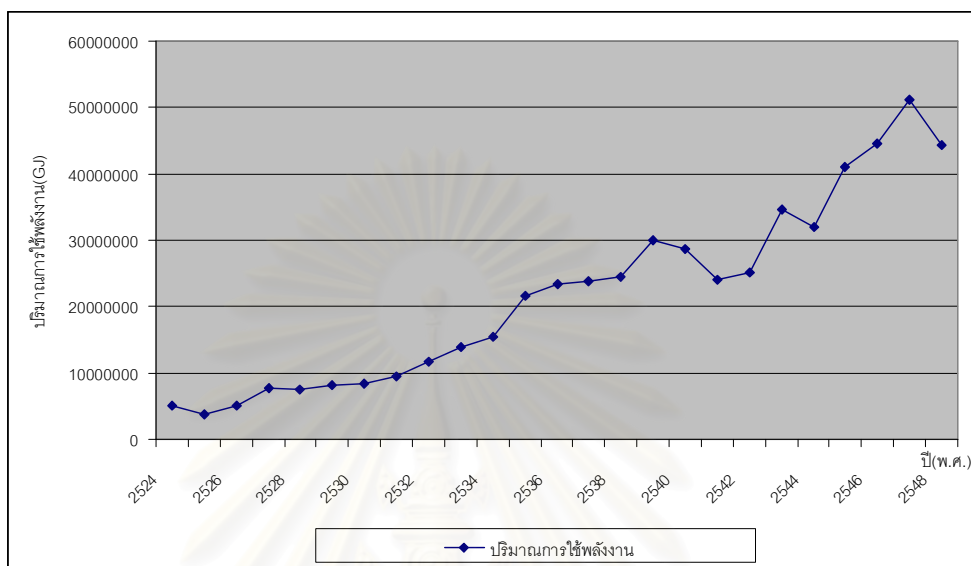
6.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

1. การกำหนดแบบจำลอง (Model Identification)

1.1 การวิเคราะห์เริ่มต้นจากการนำข้อมูลอนุกรมเวลามาพล็อตกราฟ เพื่อดูรูปแบบของข้อมูล (Pattern of Data) ว่ามีค่าที่ผันผวนไปตามธรรมชาติในลักษณะนิ่ง (Stationary) หรือไม่ นิ่ง (Nonstationary)

พิจารณารูปที่ 6.1 แสดงอนุกรมเวลาของปริมาณ Energy consumption (GJ) อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานตั้งแต่ปี 2524 – ปี 2548 พบว่ากราฟมีลักษณะค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้นในลักษณะเส้นตรง บ่งบอกถึงลักษณะรูปแบบแนวโน้ม (Trend Pattern) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

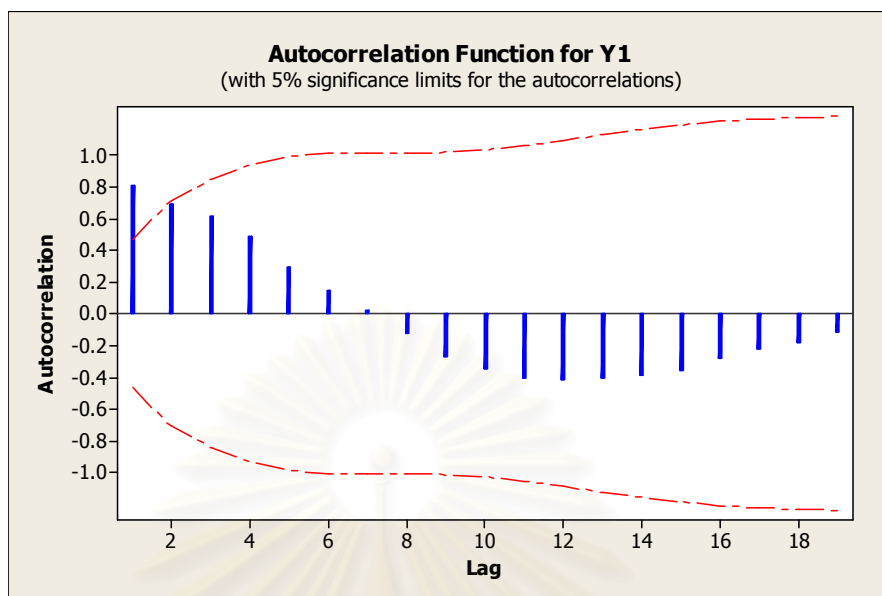
(Upward Trend) และอนุกรมเวลายังมีลักษณะของการเพิ่มขึ้น และ ลดลงอย่างช้า ๆ ตลอดเวลา อนุกรมเวลาที่มีลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลงเช่นนี้จะมีค่าเฉลี่ยไม่คงที่ อนุกรมเวลาจึงมีลักษณะไม่นิ่งหรือเป็น Nonstationary



รูปที่ 6.1 แสดงอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ตั้งแต่ปี 2524 – ปี 2548

1.2 พิจารณาค่าอัตตสหสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) จากรูปที่ 6.2 จะพบว่า อนุกรมเวลาจึงมีลักษณะไม่นิ่งหรือเป็น Nonstationary

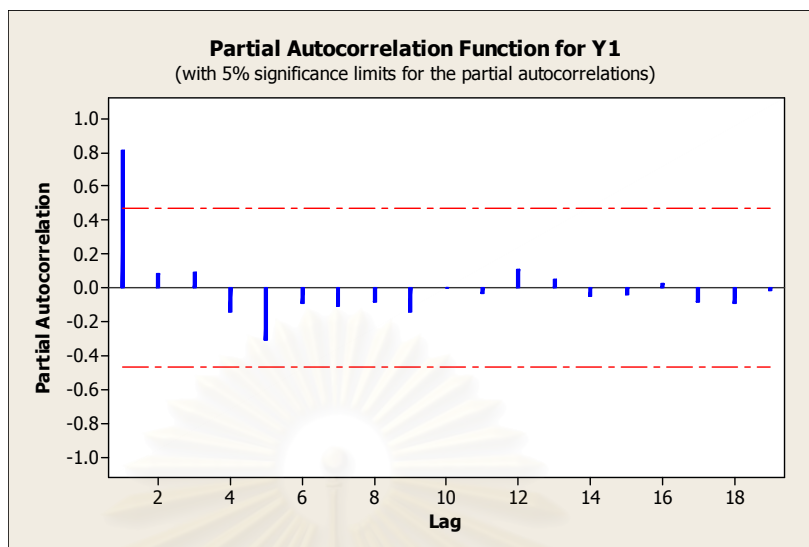
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.2 แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์ของปริมาณการใช้พลังงาน
ในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

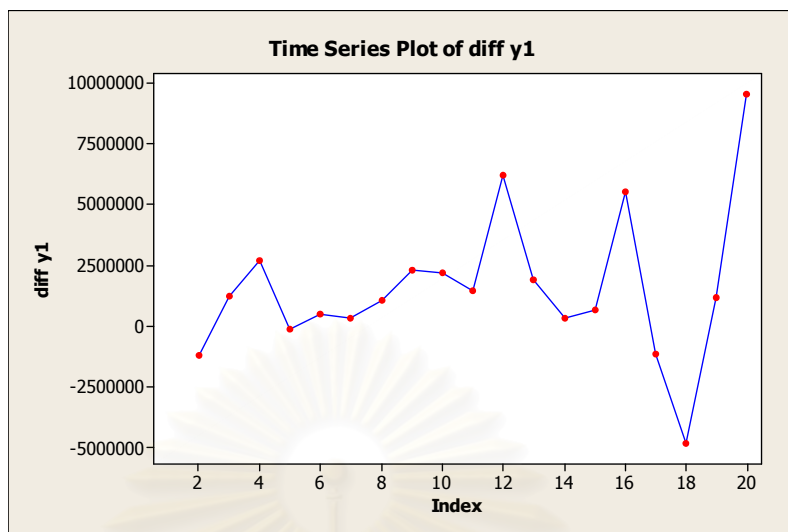
จากรูปจะพบว่าค่าอัตโนมัติสัมพันธ์สูง ๆ ที่มีนัยสำคัญทางสถิติจะมีค่าค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ ค่าเหล่านี้ มีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.3 พิจารณาค่าอัตโนมัติสัมพันธ์เชิงส่วน (PARTIAL AUTOREGRESSIVE FUNCTION: PACF) จากรูปที่ 6.3 จะพบว่า กราฟของอนุกรมเวลามีค่าสูงมากในตัวล้าหลังอันดับที่ 1 ซึ่งมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากนั้น กราฟจะลดลงอย่างมากและหายไปในตัวล้าหลังต่อ ๆ ไป ซึ่งเป็นการยืนยันว่าอนุกรมเวลาไม่นิ่ง หรือเป็น Nonstationary โดยอนุกรมเวลามีลักษณะรูปแบบแนวโน้ม

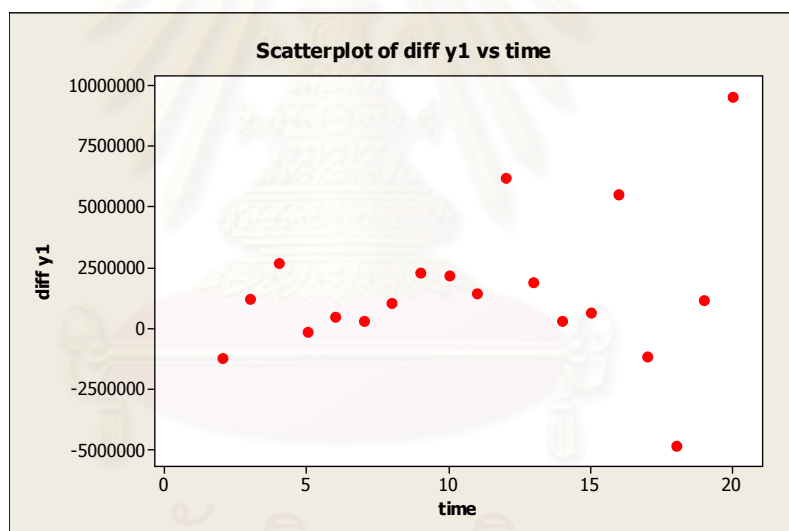


รูปที่ 6.3 แสดงฟังก์ชันอัตตสหสัมพันธ์เชิงส่วนของปริมาณการ
ใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

1.4 ตรวจสอบความไม่นิ่งของความแปรปรวน (Variance Nonstationary) ซึ่งจะพิจารณาจาก ค่าผลต่างหรือค่าตกค้างของแบบจำลอง (Differences of Model Residuals) โดยทำการพล็อตกราฟ เพื่อตรวจสอบความไม่นิ่งของความแปรปรวน เมื่อเราทำการหาผลต่างครั้งที่ 1 แล้วนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ จะได้กราฟเส้นตามรูปที่ 6.4 ซึ่งจะพบว่า กราฟมีลักษณะของการกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยตัวล้าหลังแรก ๆ จะมีการกระจายตัวอยู่ใกล้ ๆ กับค่าศูนย์ และในตัวล้าหลังที่มากขึ้น ก็จะมีการกระจายของข้อมูลห่างจากศูนย์มากขึ้นเรื่อยไป ซึ่งบ่งบอกถึงความไม่นิ่งของความแปรปรวนและเพื่อเป็นการยืนยันความไม่นิ่งของความแปรปรวน เมื่อเรานำค่าตกค้างจากตัวแบบ (Model Residuals) มาทำการพล็อตกราฟ จะได้กราฟลักษณะของการกระจายตัวของค่าตกค้างจากแบบจำลองตามรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.4 แสดงค่าอนุกรมเวลา จากการหาค่าผลต่างครั้งที่ 1



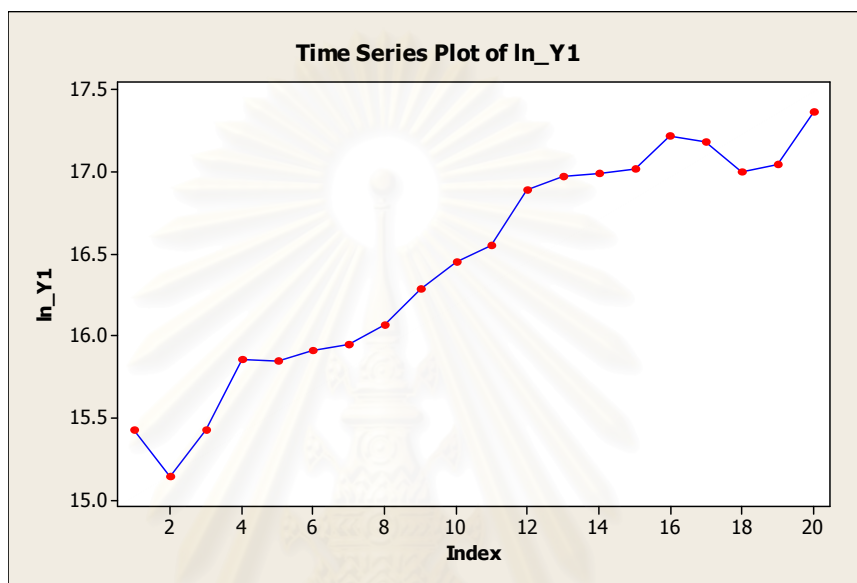
รูปที่ 6.5 แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าตกค้างที่ได้จากแบบจำลอง

รูปที่ 6.5 จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของค่าตกค้างจากแบบจำลองโดยที่ในตัวล้าหลังแรก ๆ จะมีการกระจายตัวอยู่รอบ ๆ ค่าศูนย์และมีการกระจายตัวห่างจากศูนย์ออกไปในตัวล้าหลังที่มากขึ้น

จากกราฟทั้งสอง จะพบว่า มีลักษณะของกราฟและการกระจายตัวที่เหมือนกัน จึงจะสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาที่มีความไม่นิ่งของความแปรปรวน ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าการพยากรณ์ที่ถูกต้อง

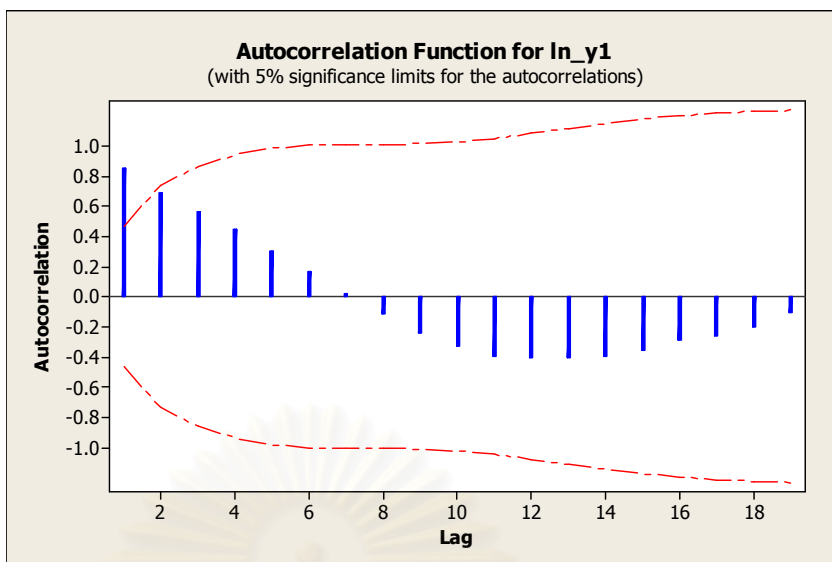
เหมาะสม ต้องทำให้ค่าความแปรปรวนนิ่ง โดยการแปลงค่าอนุกรมเวลาให้อยู่ในรูปของ ลอการิทึมฐานธรรมชาติ

1.5 นำค่าอนุกรมเวลาที่อยู่ในรูปของลอการิทึมฐานธรรมชาติมาพล็อตกราฟ จะได้ กราฟตามรูปที่ 6.6 ซึ่งยังคงลักษณะของรูปแบบเดิม คือ รูปแบบแนวโน้ม (Trend Pattern) โดยมี แนวโน้มเพิ่มขึ้น (Upward Trend)

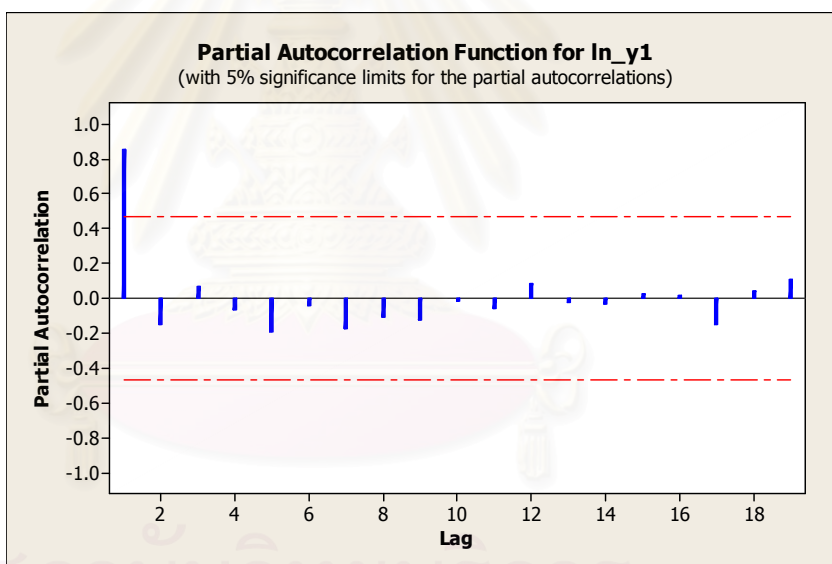


รูปที่ 6.6 แสดงอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน (GJ) ตั้งแต่ปี 2524 – ปี 2548 เมื่อแปลงค่ารูปของลอการิทึมฐานธรรมชาติ

1.6 พิจารณาค่าอัตตสหสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) และ ค่าอัตตสหสัมพันธ์เชิงส่วน (PARTIAL AUTOREGRESSIVE FUNCTION: PACF) จากรูปที่ 6.7 และ 6.8 ซึ่งยืนยันรูปแบบแนวโน้มและความไม่นิ่ง (Nonstationary)



รูปที่ 6.7 แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของการแปลงข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 6.8 แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์เชิงส่วนของการแปลงข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่

จากการพิจารณาค่าอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) และค่าอัตโนมัติสหสัมพันธ์เชิงส่วน (PARTIAL AUTOREGRESSIVE FUNCTION: PACF) ในรูปที่ 6.7 และ รูปที่ 6.8 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรูปแบบมาตรฐานแล้วตัวแบบเป็น ARIMA (1, 0, 1)

2. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter Estimation)

จากขั้นตอนการกำหนดตัวแบบการจำลอง เราได้ตัวแบบจำลองที่เหมาะสม คือ แบบจำลอง ARIMA (1,0,1) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังสมการที่ 6.2

$$Z_t = \delta + \phi_1 Z_{t-1} - \theta_1 a_{t-1} + a_t \quad (6.2)$$

โดย

$$W_t = (1-B)Z_t$$

$$Z_t = \ln Y_t$$

เมื่อ

$$\phi_1 = 1.0002$$

$$\theta_1 = -0.5757$$

$$\delta = 0$$

จากนั้นทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม MINITAB จะได้ค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Final Estimates of Parameters					
Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	1.0002	0.0040	248.90	0.000
MA	1	-0.5757	0.2043	-2.82	0.011
Number of observations: 20					
Residuals: SS = 0.613674 (backforecasts excluded)					
MS = 0.034093 DF = 18					
Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic					
Lag		12	24	36	48
Chi-Square		8.8	*	*	*
DF		10	*	*	*
P-Value		0.548	*	*	*

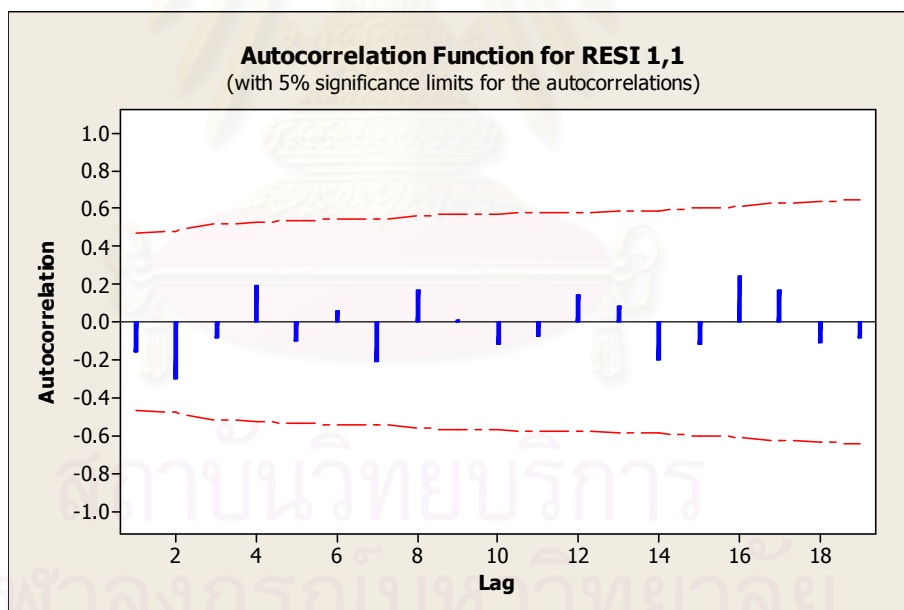
รูปที่ 6.9 ค่าประมาณพารามิเตอร์ รูปแบบ ARIMA(1,0,1)

ดังนั้นตัวแบบสำหรับการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานโดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ดังแสดงในสมการที่ 6.3

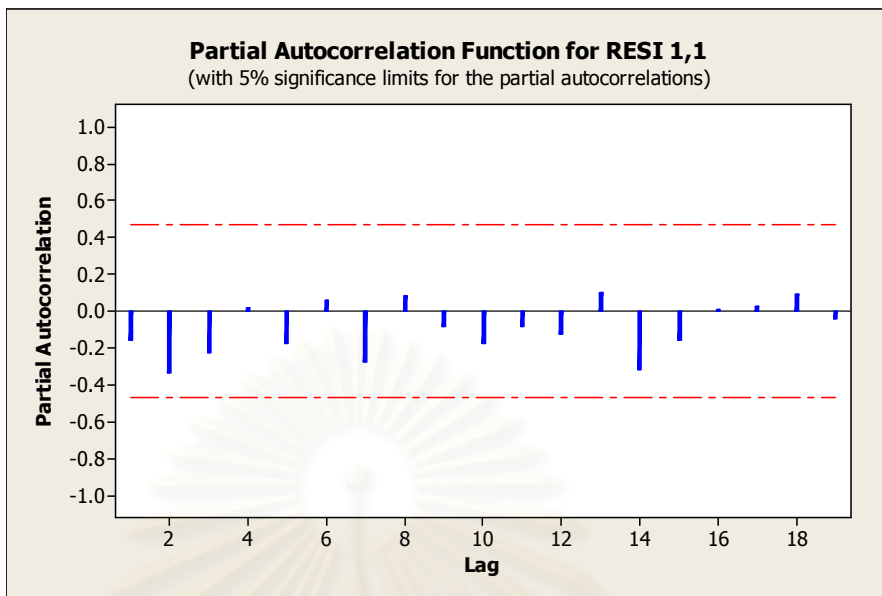
$$Z_t = 1.002Z_{t-1} + 0.5757a_{t-1} + a_t \quad (6.3)$$

รูปที่ 6.10 และ รูปที่ 6.11 แสดงผลการพล็อตกราฟของค่าตกค้าง (Residuals) ที่มีพฤติกรรมที่ดี ค่าอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) และ ค่าอัตโนมัติสหสัมพันธ์เชิงส่วน (PARTIAL AUTOREGRESSIVE FUNCTION: PACF) มีค่าเล็ก และตกอยู่ในช่วง error unit และมีการกระจายแบบไม่มีรูปแบบแสดงว่า Residuals มีลักษณะเป็น Random หรือ White noise นั่นเอง

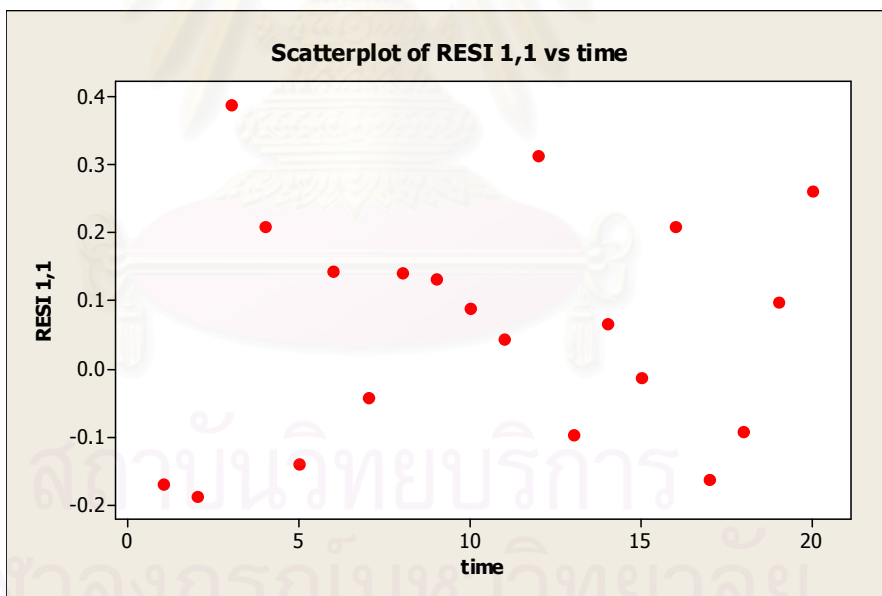
รูปที่ 6.12 แสดงลักษณะของการกระจายตัวของค่าตกค้าง (Residuals) ที่มีการกระจายตัวไปรอบ ๆ ค่าศูนย์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าตกค้างมีลักษณะเป็น Random หรือ White noise ตามข้อสมมติ (Assumption)



รูปที่ 6.10 แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของค่าตกค้างจากรูปแบบ ARIMA(1,0,1)



รูปที่ 6.11 แสดงฟังก์ชันอัตตสหสัมพันธ์เชิงส่วนของค่าตกค้างจากรูปแบบ ARIMA(1,0,1)



รูปที่ 6.12 แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าตกค้างจากรูปแบบ ARIMA(1,0,1)

3. การตรวจสอบแบบจำลอง (Model Diagnostics)

การพิจารณาความเหมาะสมของสมการ และ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ประมาณการได้ตามรูปที่ 6.9 จะใช้การตรวจสอบโดยใช้ Q-Statistics Test ซึ่งจากการตรวจสอบได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 6.13

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	8.8	*	*	*
DF	10	*	*	*
P-Value	0.548	*	*	*

รูปที่ 6.13 การตรวจสอบด้วยค่า Q-Statistics Test

Q-Statistics Test ใช้เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า

H_0 = ค่าอัตตสหสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) ไม่มีความแตกต่างจาก ค่าอัตตสหสัมพันธ์ที่มีคุณสมบัติเป็น white noise อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (หมายถึง ข้อมูลไม่มีรูปแบบ คือ error มีลักษณะแบบ Random หรือว่า ACF เป็น white noise นั่นเอง)

H_a = ค่าอัตตสหสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) มีความแตกต่างจาก ค่าอัตตสหสัมพันธ์ที่มีคุณสมบัติเป็น white noise อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (หมายถึง ข้อมูลมีรูปแบบ คือ error ยังไม่เป็น Random หรือว่า ACF ไม่มีลักษณะเป็น white noise นั่นเอง)

ทำการหาค่า $\chi^2_{df,\alpha}$ (Chi-Square) จากตาราง Critical Values of Chi-Square ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % มีค่าดังนี้

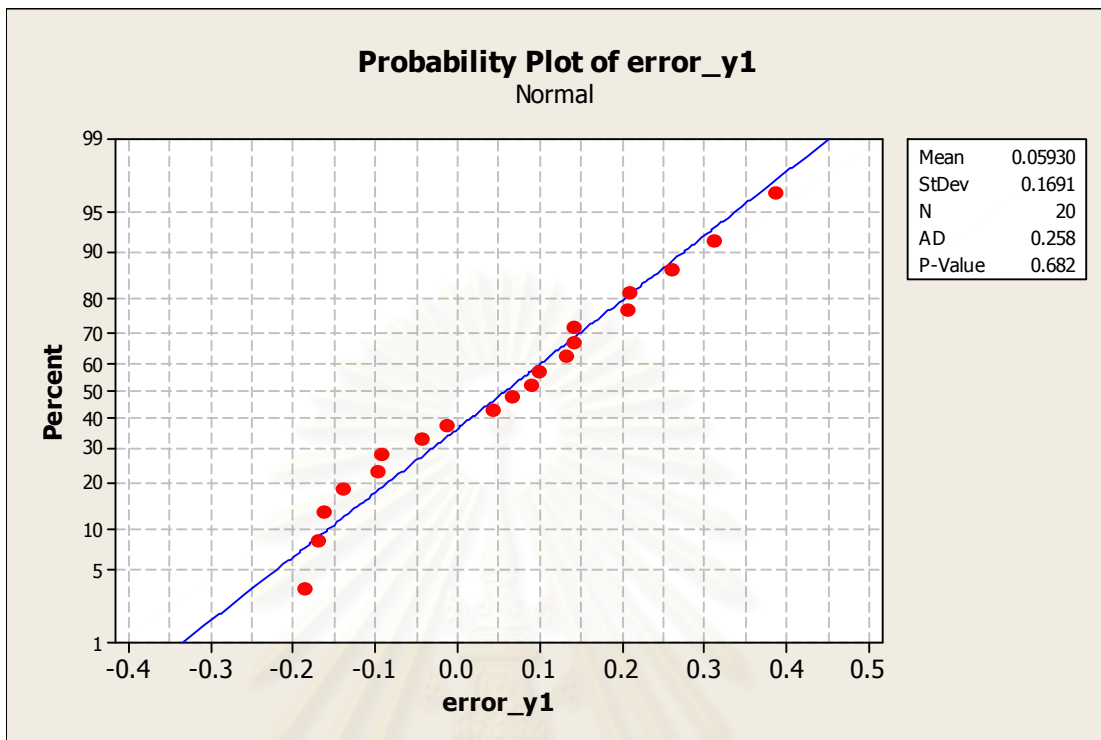
$$\chi^2_{12,0.05} = 21.026$$

ค่า Q-Statistics Test ที่คำนวณได้ตามรูปที่ 6.13 พบว่าค่า χ^2 ที่เปิดจากตาราง แสดงว่าค่าอัตตสหสัมพันธ์ของ Residual มีค่าเล็กกว่าค่าคาดคะเน สำหรับค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) ดังนั้น จึงยอมรับ H_0 = ค่าอัตตสหสัมพันธ์ไม่มีความแตกต่างจาก ค่าอัตตสหสัมพันธ์ที่มีคุณสมบัติเป็น white noise อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์แต่ละตัวของสมการนั้นตรวจสอบจากค่าสถิติ t ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าประมาณพารามิเตอร์ทุกค่ามีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ค่าสถิติ t ทุกค่า มีค่ามากกว่าค่าสถิติ t ที่เปิดจากตาราง Critical Values of t จึงเป็นค่าที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในสมการการพยากรณ์

จากรูปที่ 6.10 และรูปที่ 6.11 พบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มไม่มีอัตตสหสัมพันธ์กัน และจากรูปที่ 6.12 พบว่าการกระจายระหว่างเศษเหลือตกค้างกับแกนเวลามีลักษณะกระจายอยู่รอบๆ

ค่าเฉลี่ยศูนย์ แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ และจากรูปที่ 6.14 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 6.14 การตรวจสอบการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม โดยวิธี Anderson – Darling

4. การพยากรณ์ (Forecasting)

แบบจำลองของสมการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะชั้นมูลฐาน ดังแสดงในสมการที่ 6.4

$$Z_t = 1.002Z_{t-1} + 0.5757a_{t-1} + a_t \tag{6.4}$$

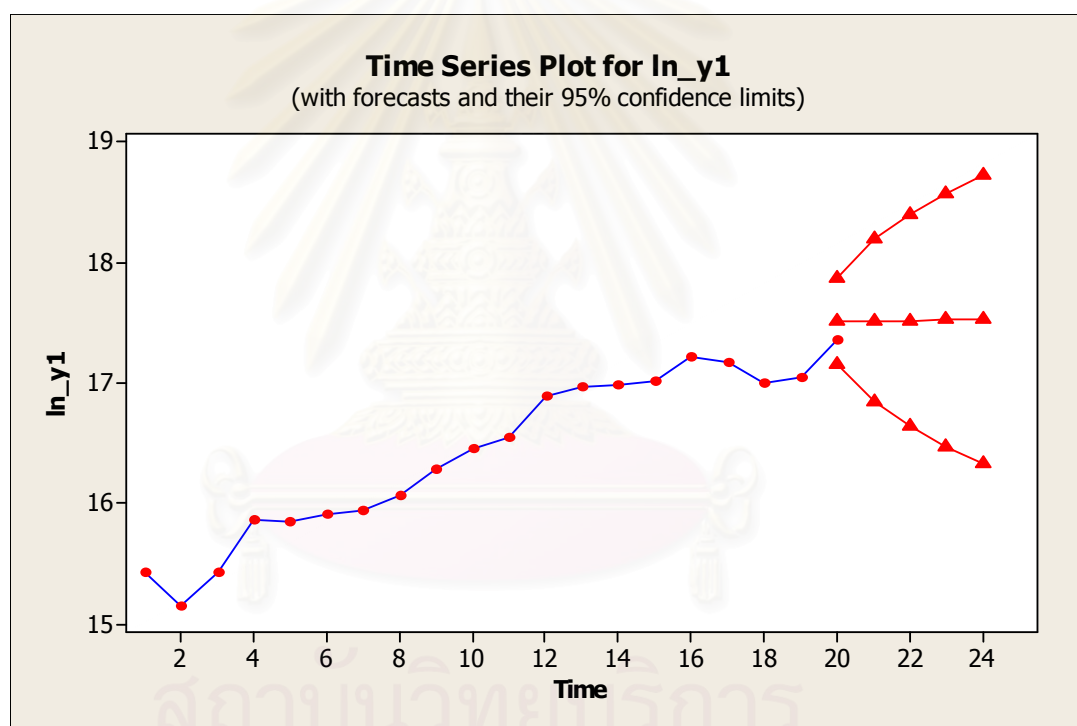
ซึ่งสามารถแสดงขอบเขตการพยากรณ์และผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะชั้นมูลฐานดังรูปที่ 6.15 และรูปที่ 6.16 ข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะชั้นมูลฐาน ดังแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานจาก
รูปแบบ ARIMA (1,0,1) และข้อมูลจริง

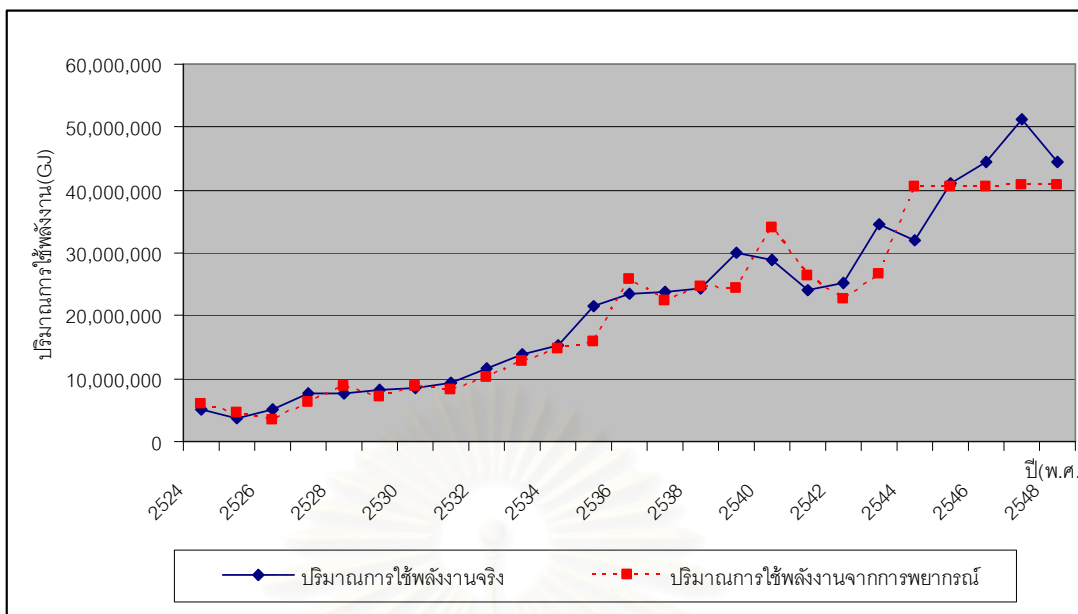
ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2524	4,984,792	5,906,712.653	1981
2525	3,759,716	4,532,118.282	1982
2526	4,984,792	3,384,443.334	1983
2527	7,688,408	6,245,051.824	1984
2528	7,561,676	8,688,405.555	1985
2529	8,068,604	6,998,455.221	1986
2530	8,406,556	8,780,114.443	1987
2531	9,462,656	8,220,158.097	1988
2532	11,743,832	10,288,115.99	1989
2533	13,898,276	12,707,462.79	1990
2534	15,334,572	14,672,712	1991
2535	21,544,440	15,771,262.3	1992
2536	23,445,420	25,852,038.12	1993
2537	23,741,128	22,224,370.17	1994
2538	24,417,032	24,729,316.48	1995
2539	29,950,996	24,305,178.68	1996
2540	28,768,164	33,872,024.65	1997
2541	23,952,348	26,261,118	1998
2542	25,135,180	22,780,147.71	1999
2543	34,640,080	26674003.57	2000

ตารางที่ 6.3 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานจาก
รูปแบบ ARIMA (1,0,1) และข้อมูลจริง (ต่อ)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน(GJ)	Year
2544	31,936,464	40,378,176.04	2001
2545	40,976,680	40,491,393.37	2002
2546	44,482,932	40608988.84	2003
2547	51,284,216	40,722,853.34	2004
2548	44,313,956	40,841,121.02	2005



รูปที่ 6.15 ขอบเขตการพยากรณ์ตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรม
โลหะขั้นมูลฐาน



รูปที่ 6.16 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

6.4 การทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานโดย ARIMA

ในการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบจะทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ.2548 และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานจริงในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานในปี พ.ศ.2544- พ.ศ.2548 โดยสถิติที่ใช้ในการวัดค่าคลาดเคลื่อนในงานวิจัยนี้ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 6.5 และสมการที่ 6.6

1. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_i - \hat{Z}_i)^2} \quad (6.5)$$

โดยที่ Z_i คือ ค่าจริงของตัวแปรตาม
 \hat{Z}_i คือ ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม
 n คือ จำนวนข้อมูลที่ทดสอบ

จากการคำนวณจะได้ค่า $RMSE = 6.48 \times 10^6$

2. ร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error : MAPE)

$$MAPE = (100/n) \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Z_t} \right| \quad (6.6)$$

โดยที่ e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ซึ่งคำนวณได้ดังนี้ $e_t = Z_t - \hat{Z}_t$
 Z_t คือ ค่าจริงของตัวแปรตาม
 \hat{Z}_t คือ ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม
 n คือ จำนวนข้อมูลที่ทดสอบ

จากการแทนค่าลงในสูตรจะคำนวณ ค่า MAPE ได้เท่ากับ 12.95

ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานได้ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 สรุปผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ด้วย ARIMA

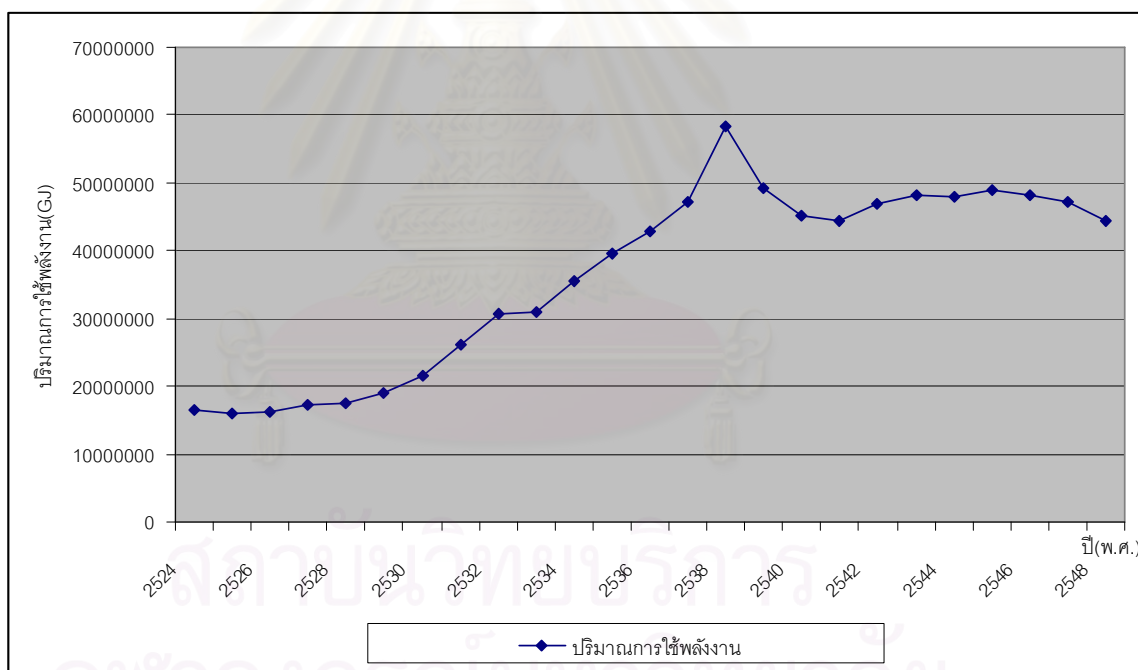
การวัดค่าคลาดเคลื่อน	ผลการตรวจสอบ
RMSE	6.48×10^6
MAPE	12.95

6.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

1. การกำหนดแบบจำลอง (Model Identification)

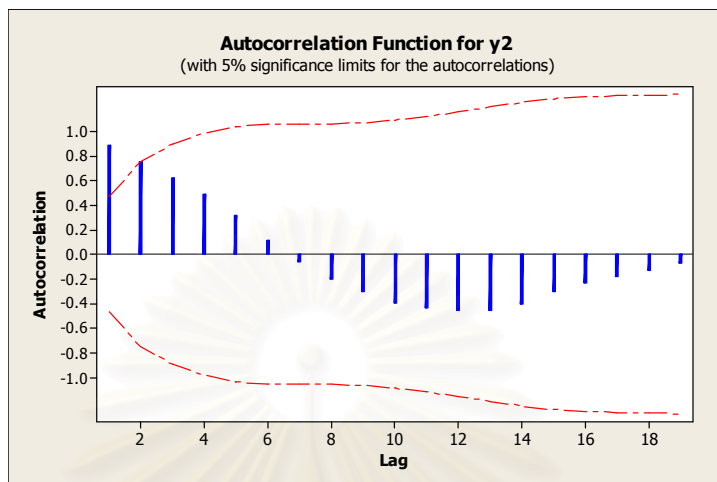
1.1 การวิเคราะห์เริ่มต้นจากการนำข้อมูลอนุกรมเวลามาพล็อตกราฟ เพื่อดูรูปแบบของข้อมูล (Pattern of Data) ว่ามีค่าที่ผันผวนไปตามธรรมชาติในลักษณะนิ่ง (Stationary) หรือไม่นิ่ง (Nonstationary)

พิจารณารูปที่ 6.17 แสดงอนุกรมเวลาของปริมาณ Energy consumption (GJ) อุตสาหกรรมสิ่งทอตั้งแต่ปี 2524 – ปี 2548 พบว่ากราฟมีลักษณะค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้นในลักษณะเส้นตรง บ่งบอกถึงลักษณะรูปแบบแนวโน้ม (Trend Pattern) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Upward Trend) และอนุกรมเวลายังมีลักษณะของการเพิ่มขึ้น และ ลดลงอย่างช้า ๆ ตลอดเวลา อนุกรมเวลาที่มีลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลงเช่นนี้จะมีค่าเฉลี่ยไม่คงที่ อนุกรมเวลาจึงมีลักษณะไม่นิ่งหรือเป็น Nonstationary



รูปที่ 6.17 แสดงอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตั้งแต่ปี 2524 – ปี 2547

1.2 พิจารณาค่าอัตตสหสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) จากรูปที่ 6.18 จะพบว่า อนุกรมเวลาจึงมีลักษณะไม่นิ่งหรือเป็น Nonstationary

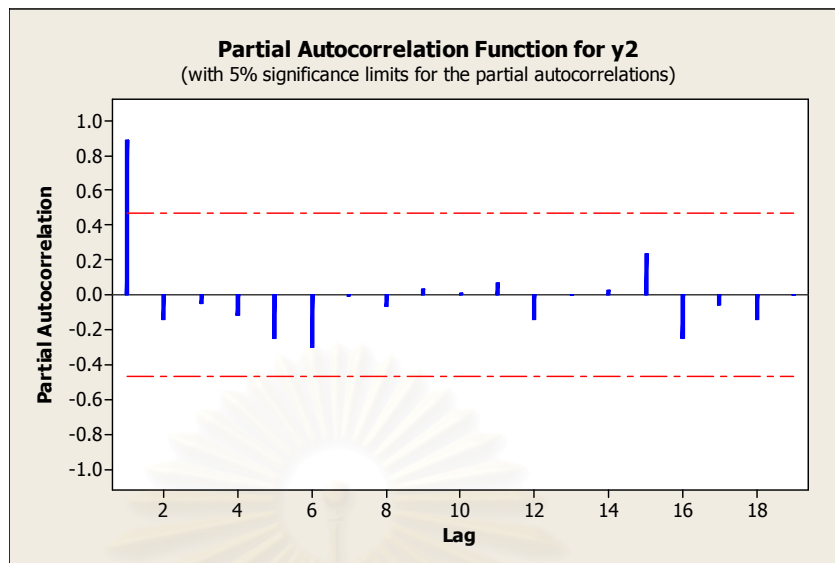


รูปที่ 6.18 แสดงฟังก์ชันอัตตสหสัมพันธ์ของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

จากรูปจะพบว่าค่าอัตตสหสัมพันธ์สูง ๆ ที่มีนัยสำคัญทางสถิติจะมีค่าค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ ค่าเหล่านี้ มีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

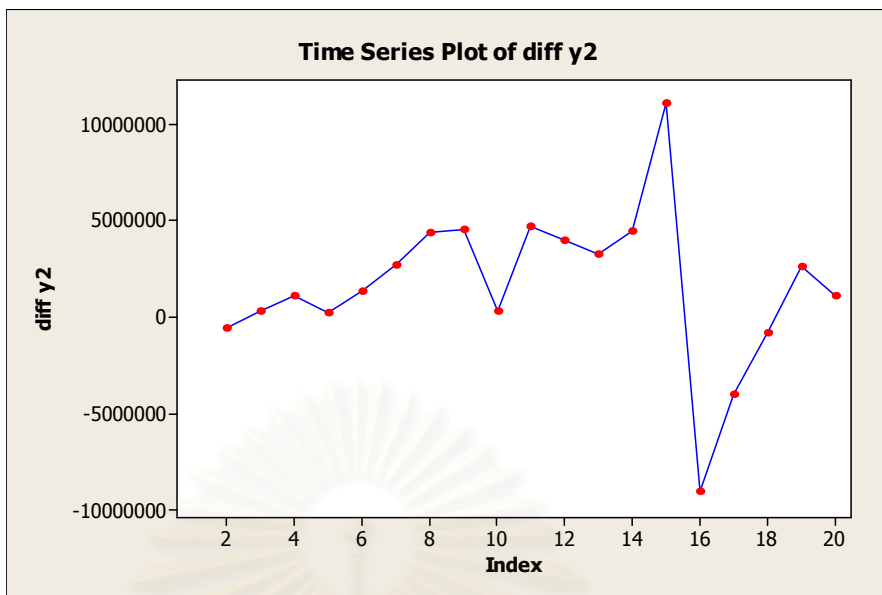
1.3 พิจารณาค่าอัตตสหสัมพันธ์เชิงส่วน (PARTIAL AUTOREGRESSIVE FUNCTION: PACF) จากรูปที่ 6.19 จะพบว่า กราฟของอนุกรมเวลามีค่าสูงมากในตัวล้าหลังอันดับที่ 1 ซึ่งมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากนั้น กราฟจะลดลงอย่างมากมายและหายไปในตัวล้าหลังต่อ ๆ ไป ซึ่งเป็นการยืนยันว่าอนุกรมเวลาไม่นิ่ง หรือ เป็น Nonstationary โดยอนุกรมเวลามีลักษณะรูปแบบแนวโน้ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

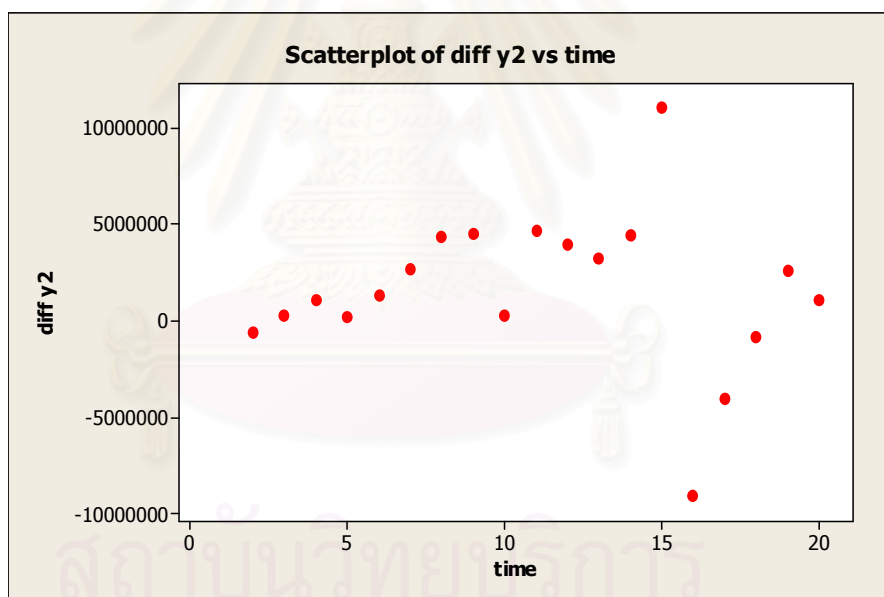


รูปที่ 6.19 แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์เชิงส่วนของปริมาณการใช้พลังงาน
ในสาขาอุตสาหกรรมโลหะสิ่งทอ

1.4 ตรวจสอบความไม่นิ่งของความแปรปรวน (Variance Nonstationary) ซึ่งจะพิจารณาจาก ค่าผลต่างหรือค่าตกค้างของแบบจำลอง (Differences of Model Residuals) โดยทำการพล็อตกราฟ เพื่อตรวจสอบความไม่นิ่งของความแปรปรวน เมื่อเราทำการหาผลต่างครั้งที่ 1 แล้วนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ จะได้กราฟเส้นตามรูปที่ 6.20 ซึ่งจะพบว่า กราฟมีลักษณะของการกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยตัวล้าหลังแรก ๆ จะมีการกระจายตัวอยู่ใกล้ ๆ กับค่าศูนย์ และในตัวล้าหลังที่มากขึ้น ก็จะมีการกระจายของข้อมูลห่างจากศูนย์มากขึ้นเรื่อยไป ซึ่งบ่งบอกถึงความไม่นิ่งของความแปรปรวนและเพื่อเป็นการยืนยันความไม่นิ่งของความแปรปรวน เมื่อเรานำค่าตกค้างจากตัวแบบ (Model Residuals) มาทำการพล็อตกราฟ จะได้กราฟลักษณะของการกระจายตัวของค่าตกค้างจากแบบจำลองตามรูปที่ 6.21



รูปที่ 6.20 แสดงค่าอนุกรมเวลา จากการหาค่าผลต่างครั้งที่ 1



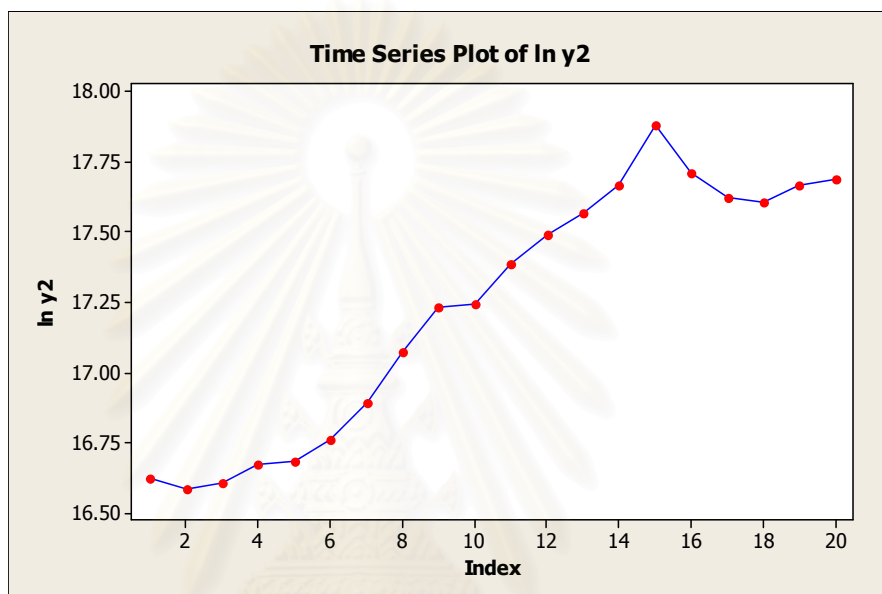
รูปที่ 6.21 แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าตกค้างที่ได้จากแบบจำลอง

รูปที่ 6.21 จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของค่าตกค้างจากแบบจำลองโดยที่ในตัวล้าหลังแรก ๆ จะมีการกระจายตัวอยู่รอบ ๆ ค่าศูนย์และมีการกระจายตัวห่างจากศูนย์ออกไปในตัวล้าหลังที่มากขึ้น

จากกราฟทั้งสอง จะพบว่า มีลักษณะของกราฟและการกระจายตัวที่เหมือนกัน จึงจะสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาที่มีความไม่นิ่งของความแปรปรวน ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าการพยากรณ์ที่ถูกต้อง

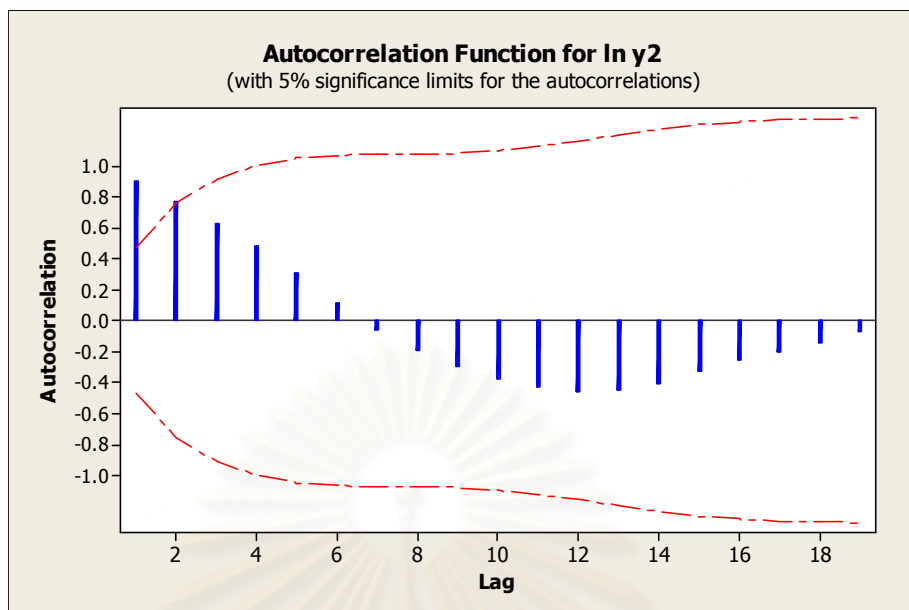
เหมาะสม ต้องทำให้ค่าความแปรปรวนนิ่งโดยการแปลงค่าอนุกรมเวลาให้อยู่ในรูปของลอการิทึมฐานธรรมชาติ

1.5 นำค่าอนุกรมเวลาที่อยู่ในรูปของลอการิทึมฐานธรรมชาติมาพล็อตกราฟ จะได้กราฟตามรูปที่ 6.22 ซึ่งยังคงลักษณะของรูปแบบเดิม คือ รูปแบบแนวโน้ม (Trend Pattern) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Upward Trend)

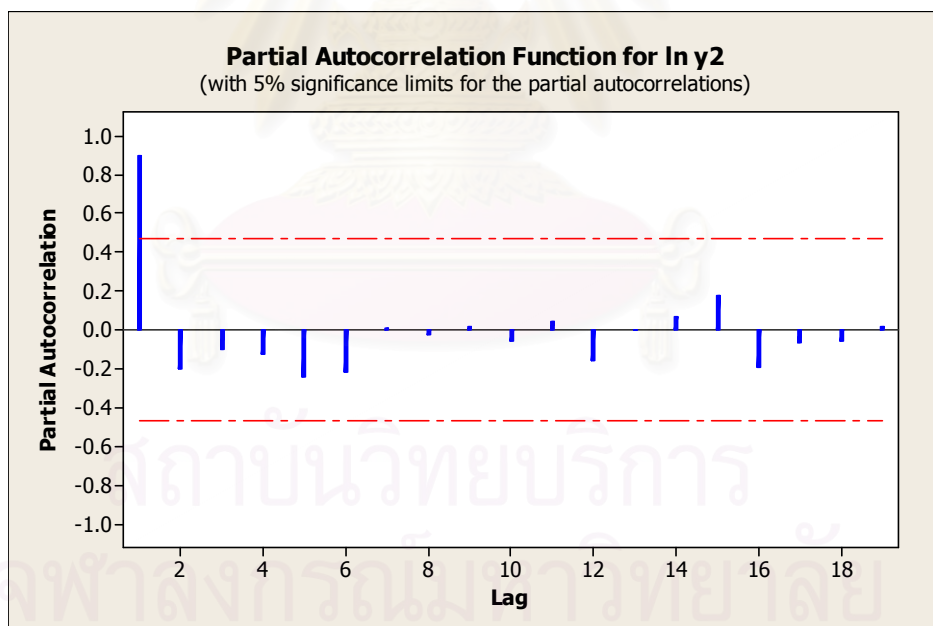


รูปที่ 6.22 แสดงอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ (GJ) ตั้งแต่ปี 2524 – 2548 เมื่อแปลงค่ารูปของลอการิทึมฐานธรรมชาติ

1.6 พิจารณาค่าอัตสหสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) และ ค่าอัตสหสัมพันธ์เชิงส่วน (PARTIAL AUTOREGRESSIVE FUNCTION: PACF) จากรูปที่ 6.23 และรูปที่ 6.24 ซึ่งยืนยันรูปแบบแนวโน้มและความไม่นิ่ง (Nonstationary)



รูปที่ 6.23 แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของการแปลงข้อมูลเพื่อทำให้ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 6.24 แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์เชิงส่วนของ การแปลงข้อมูลเพื่อทำให้ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่

จากการพิจารณาค่าอัตตสหสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) และ
ค่าอัตตสหสัมพันธ์เชิงส่วน (PARTIAL AUTOREGRESSIVE FUNCTION: PACF) ในรูปที่ 6.23
และ รูปที่ 6.24 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรูปแบบมาตรฐานแล้วตัวแบบเป็น ARIMA(1,0,0)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter Estimation)

จากขั้นตอนการกำหนดตัวแบบการจำลอง เราได้ตัวแบบจำลองที่เหมาะสม คือ แบบจำลอง ARIMA(1,0,0) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังสมการที่ 6.7

$$Z_t = \delta + \phi_1 Z_{t-1} + a_t \quad (6.7)$$

โดย

$$W_t = (1-B)Z_t$$

$$Z_t = \ln Y_t$$

เมื่อ

$$\phi_1 = 0.9994$$

$$\delta = 0$$

จากนั้นทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม MINITAB จะได้ค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ดังรูปที่ 6.25

Final Estimates of Parameters					
Type	Coef	SE Coef	T	P	
AR 1	0.9994	0.0015	676.43	0.000	
Number of observations: 20					
Residuals: SS = 0.244991 (backforecasts excluded)					
MS = 0.012894 DF = 19					
Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic					
Lag	12	24	36	48	
Chi-Square	11.9	*	*	*	
DF	11	*	*	*	
P-Value	0.369	*	*	*	

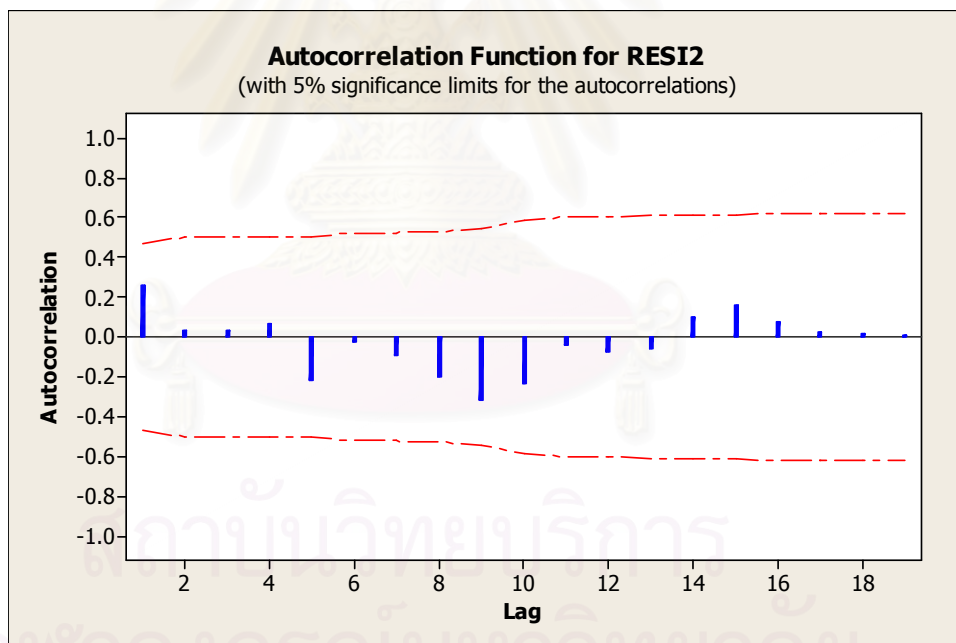
รูปที่ 6.25 ค่าประมาณพารามิเตอร์ รูปแบบ ARIMA(1,0,0)

ดังนั้นตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลอุตสาหกรรมสิงทอโดยวิธีบอซ – เจนกินส์ ดังแสดงในสมการที่ 6.8

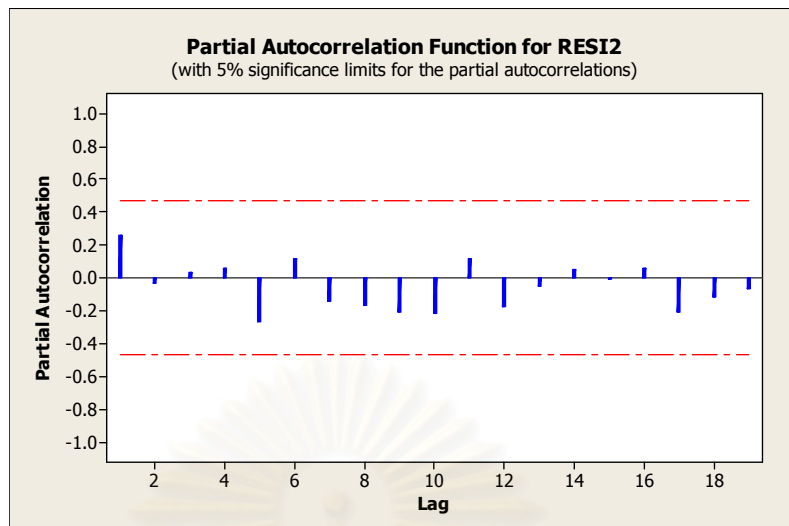
$$Z_t = 0.9994Z_{t-1} + a_t \quad (6.8)$$

รูปที่ 6.26 และ รูปที่ 6.27 แสดงผลการพล็อตกราฟของค่าตกค้าง (Residuals) ที่มีพฤติกรรมที่ดี ค่าอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (AUTOREGRESSIVE FUNCTION: ACF) และ ค่าอัตโนมัติสหสัมพันธ์เชิงส่วน (PARTIAL AUTOREGRESSIVE FUNCTION: PACF) มีค่าเล็ก และตกอยู่ในช่วง error unit และมีการกระจายแบบไม่มีรูปแบบแสดงว่า Residuals มีลักษณะเป็น Random หรือ White noise นั่นเอง

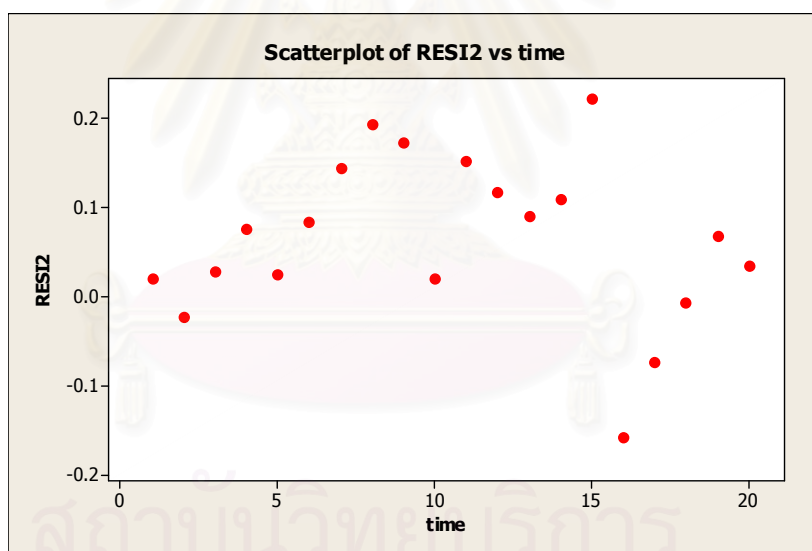
รูปที่ 6.28 แสดงลักษณะของการกระจายตัวของค่าตกค้าง (Residuals) ที่มีการกระจายตัวไปรอบ ๆ ค่าศูนย์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าตกค้างมีลักษณะเป็น Random หรือ White noise ตามข้อสมมติฐาน (Assumption)



รูปที่ 6.26 แสดงฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของค่าตกค้างจากรูปแบบ ARIMA(1,0,0)



รูปที่ 6.27 แสดงฟังก์ชันอัตตสหสัมพันธ์เชิงส่วนของค่าตกค้างจากรูปแบบ ARIMA(1,0,0)



รูปที่ 6.28 แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าตกค้างจากรูปแบบ ARIMA(1,0,0)

3. การตรวจสอบแบบจำลอง (Model Diagnostics)

การพิจารณาความเหมาะสมของสมการ และค่าสัมประสิทธิ์ที่ประมาณการได้ตามรูปที่ 6.25 จะใช้การตรวจสอบโดยใช้ Q-Statistics Test ซึ่งจากการตรวจสอบได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 6.25

Q-Statistics Test ใช้เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า

H_0 = ค่าอัตตสหสัมพันธ์ (ACF) ไม่มีความแตกต่างจาก ค่าอัตตสหสัมพันธ์ (ACF) ที่มีคุณสมบัติเป็น white noise อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (หมายถึง ข้อมูลไม่มีรูปแบบ คือ error มีลักษณะแบบ Random หรือว่า ACF เป็น white noise นั้นเอง)

H_a = ค่าอัตตสหสัมพันธ์ (ACF) มีความแตกต่างจาก ค่าอัตตสหสัมพันธ์ (ACF) ที่มีคุณสมบัติเป็น white noise อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (หมายถึง ข้อมูลมีรูปแบบ คือ error ยังไม่เป็น Random หรือว่า ACF ไม่มีลักษณะเป็น white noise นั้นเอง)

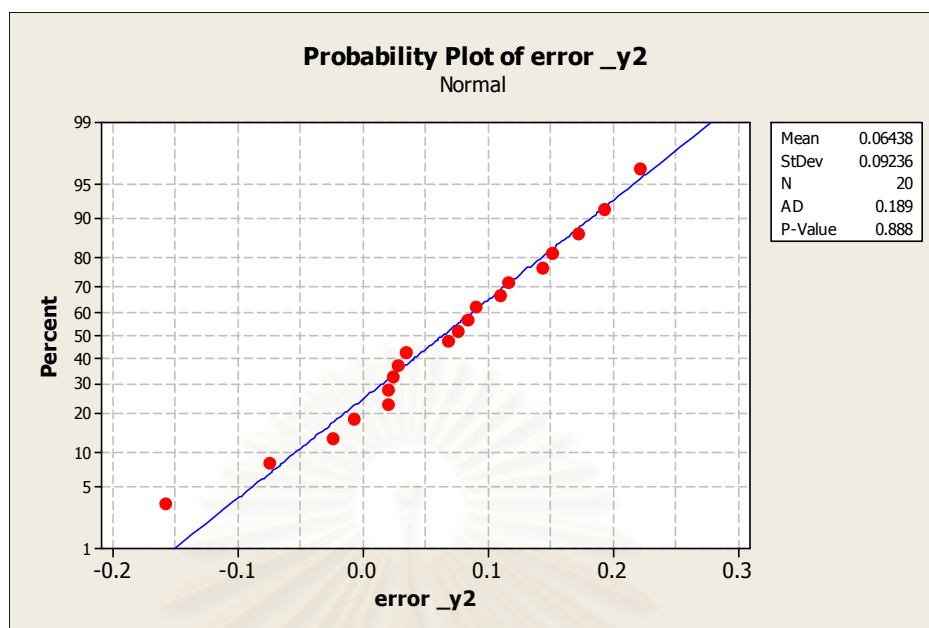
ทำการหาค่า $\chi^2_{df,\alpha}$ (Chi-Square) จากตาราง Critical Values of Chi-Square ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % มีค่าดังนี้

$$\chi^2_{12,0.05} = 21.026$$

ค่า Q-Statistics Test ที่คำนวณได้ตามรูปที่ 6.25 พบว่าค่า χ^2 ที่เปิดจากตาราง แสดงว่าค่าอัตตสหสัมพันธ์ของ Residual มีค่าเล็กกว่าค่าคาดคะเน สำหรับค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) ดังนั้น จึงยอมรับ $H_0 =$ ACF ไม่มีความแตกต่างจาก ACF ที่มีคุณสมบัติเป็น white noise อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์แต่ละตัวของสมการนั้นตรวจสอบจากค่าสถิติ t ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ค่าประมาณพารามิเตอร์ทุกค่ามีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ค่าสถิติ t ทุกค่า มีค่ามากกว่าค่าสถิติ t ที่เปิดจากตาราง Critical Values of t จึงเป็นค่าที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในสมการการพยากรณ์

จากรูปที่ 6.26 และรูปที่ 6.27 พบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มไม่มีอัตตสหสัมพันธ์กัน และจากรูปที่ 6.28 พบว่าการกระจายระหว่างเศษเหลือตกค้างกับแกนเวลา มีลักษณะกระจายอยู่รอบๆ ค่าเฉลี่ยศูนย์ แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ และจากรูปที่ 6.29 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ



รูปที่ 6.29 การตรวจสอบการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่ม โดยวิธี Anderson – Darling

4. การพยากรณ์ (Forecasting)

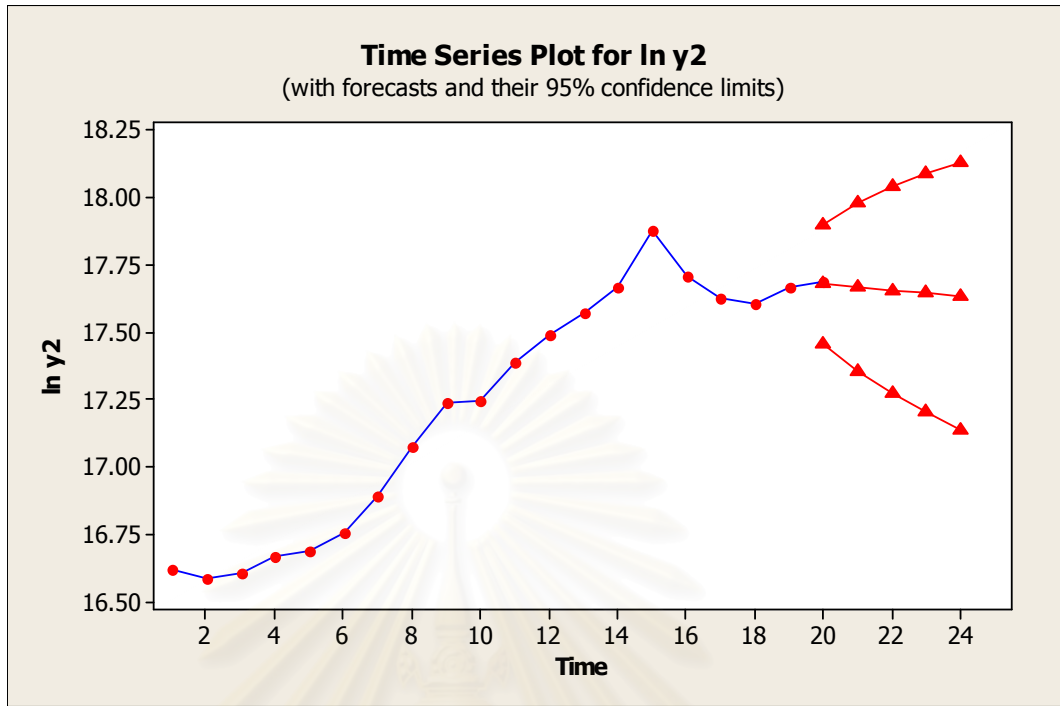
แบบจำลองของสมการพยากรณ์ ดังแสดงในสมการที่ 6.9

$$Z_t = 0.9994Z_{t-1} + a_t \quad (6.9)$$

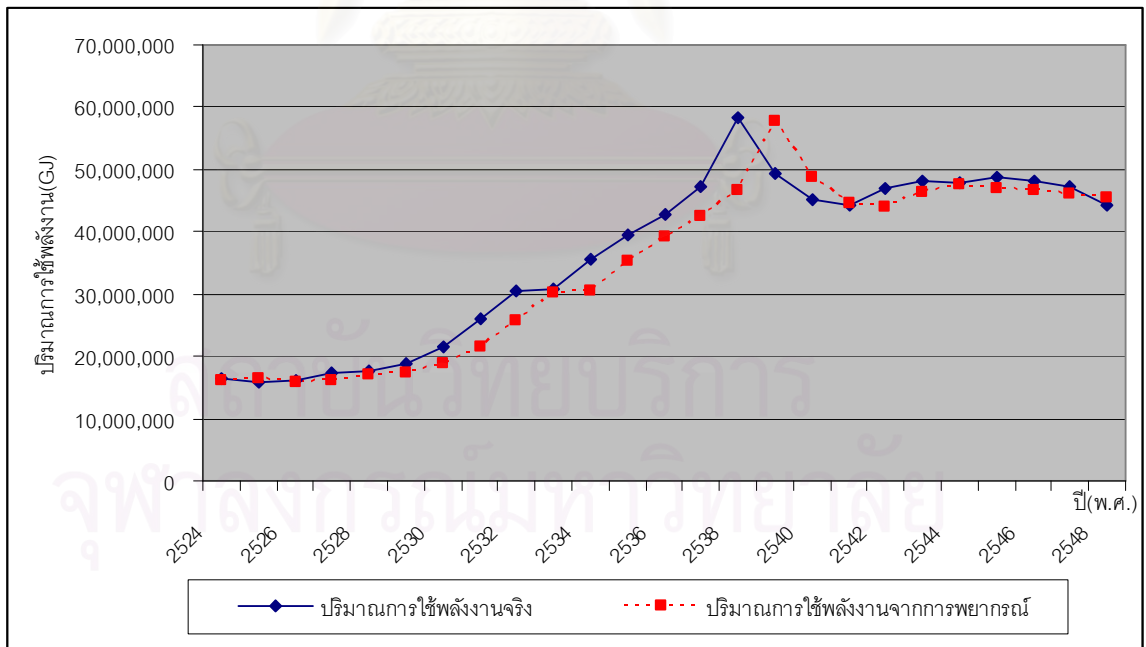
ซึ่งสามารถแสดงขอบเขตการพยากรณ์และผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ดังรูปที่ 6.30 และรูปที่ 6.31 และข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ดังแสดงในตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอจาก
รูปแบบ ARIMA (1,0,0) และข้อมูลจริง

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงานในสาขา อุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานใน สาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ(GJ)	Year
2524	16,517,404	16,188,311.06	1981
2525	15,968,232	16,351,006.29	1982
2526	16,263,940	15,809,158.79	1983
2527	17,362,284	16,101,129.78	1984
2528	17,615,748	17,187,621.46	1985
2529	18,967,556	17,438,657.58	1986
2530	21,671,172	18,776,187.45	1987
2531	26,022,304	21,449,244.90	1988
2532	30,584,656	25,753,986.79	1989
2533	30,880,364	30,267,951.37	1990
2534	35,569,448	30,559,922.92	1991
2535	39,540,384	35,198,006.31	1992
2536	42,793,172	39,122,175.01	1993
2537	47,228,792	42,338,186.88	1994
2538	58,296,720	46,725,471.40	1995
2539	49,214,260	57,667,251.19	1996
2540	45,201,080	48,690,767.94	1997
2541	44,398,444	44,718,596.40	1998
2542	47,017,572	43,925,255.12	1999
2543	48,115,916	46,515,679.16	2000
2544	47,946,940	47,602,698.08	2001
2545	48,876,308	47,096,064.54	2002
2546	48,242,648	46,594,823.07	2003
2547	47,144,304	46,098,916.30	2004
2548	44,356,200	45,608,287.44	2005



รูปที่ 6.30 ขอบเขตการพยากรณ์ตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ



รูปที่ 6.31 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

6.6 การทดสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรม สิ่งทอโดย ARIMA

ในการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบจะทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544 – พ.ศ.2548 และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานจริงในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2544- พ.ศ.2548 โดยสถิติที่ใช้ในการวัดค่าคลาดเคลื่อนในงานวิจัยนี้ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) ดังสมการที่ 6.10 และสมการที่ 6.11

1. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2} \quad (6.10)$$

โดยที่ Z_t คือ ค่าจริงของตัวแปรตาม

\hat{Z}_t คือ ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม

n คือ จำนวนข้อมูลที่ทดสอบ

จากการคำนวณจะได้ค่า $RMSE = 1.32 \times 10^6$

2. ร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error : MAPE)

$$MAPE = (100/n) \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_t}{Z_t} \right| \quad (6.11)$$

โดยที่ e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ซึ่งคำนวณได้ดังนี้ $e_t = Z_t - \hat{Z}_t$

Z_t คือ ค่าจริงของตัวแปรตาม

\hat{Z}_t คือ ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม

n คือ จำนวนข้อมูลที่ทดสอบ

จากการแทนค่าลงในสูตรจะคำนวณ ค่า MAPE ได้เท่ากับ 2.56

ซึ่งสามารถสรุปผลการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 สรุปผลการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วย ARIMA

การวัดค่าคลาดเคลื่อน	ผลการตรวจสอบ
RMSE	1.32×10^6
MAPE	2.56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

เปรียบเทียบผลพยากรณ์

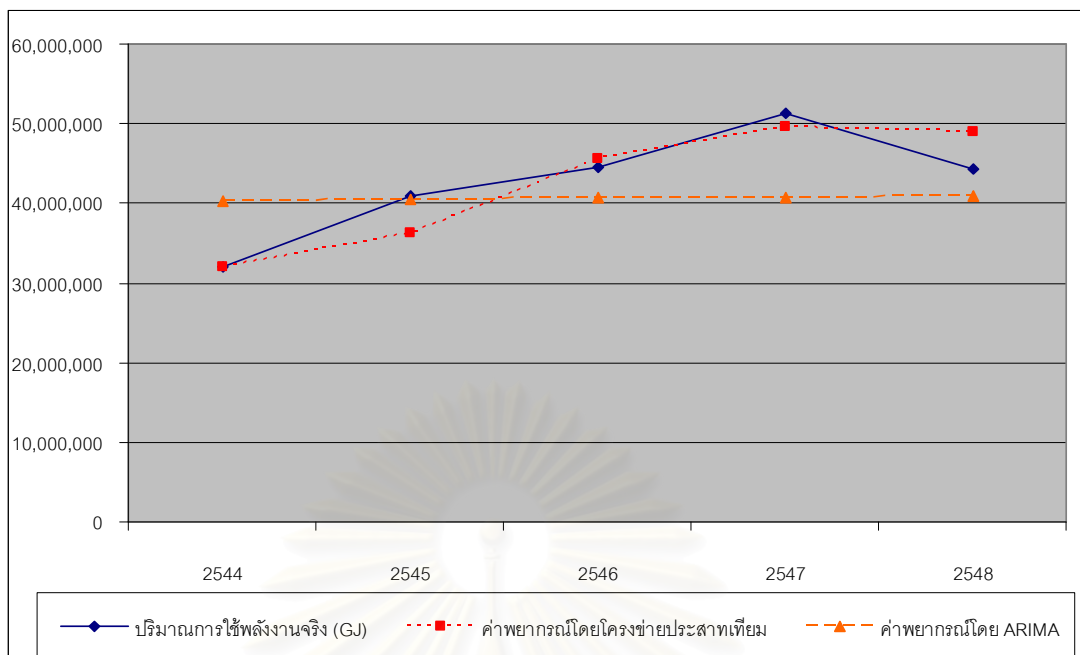
เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงการเปรียบเทียบผลของการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและ ARIMA (Box - Jenkins) โดยผลพยากรณ์ที่นำมาเปรียบเทียบเป็นการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548

7.1 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน

จากการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและ ARIMA ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 7.1 และรูปที่ 7.1 ผลการพยากรณ์ของแบบจำลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ.2548 ดังแสดงในตารางที่ 7.2 และรูปที่ 7.2

ตารางที่ 7.1 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงาน (GJ)	ค่าพยากรณ์จากโครงข่ายประสาทเทียม(GJ)	ค่าพยากรณ์จาก ARIMA (GJ)	Year
2544	31,936,464	31,951,703	40,378,176	2001
2545	40,976,680	36,196,464	40,491,393	2002
2546	44,482,932	45,498,150	40,608,989	2003
2547	51,284,216	49,516,688	40,722,853	2004
2548	44,313,956	48,885,526	40,841,121	2005



รูปที่ 7.1 ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548

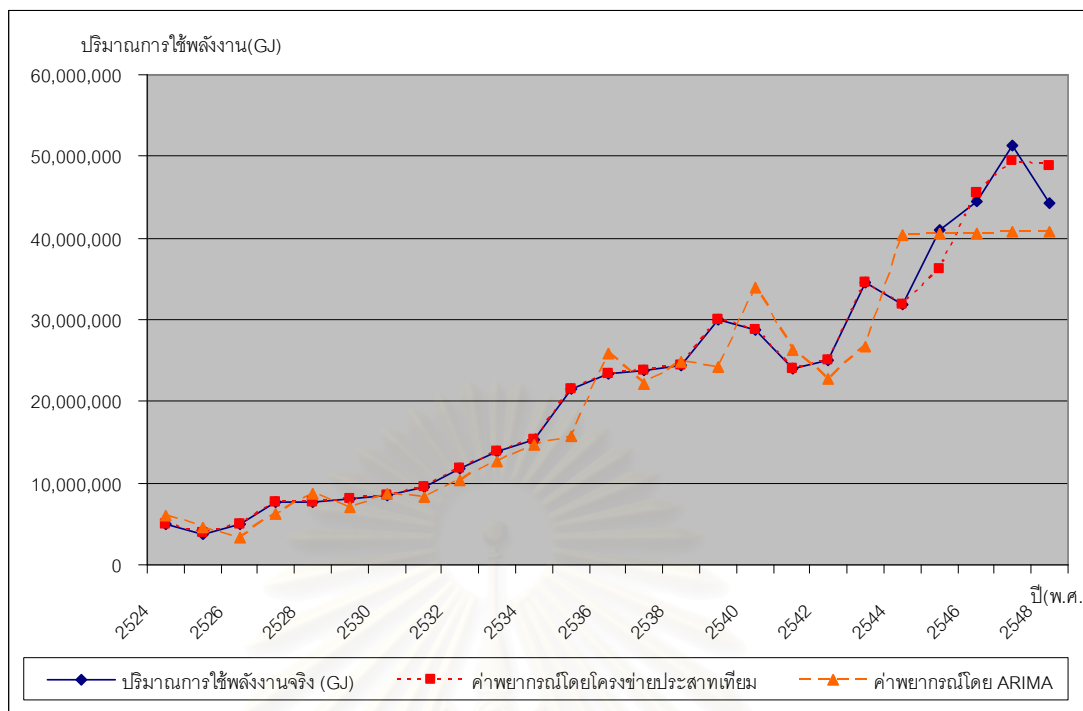
ตารางที่ 7.2 ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงาน (GJ)	ค่าพยากรณ์จากโครงข่ายประสาทเทียม(GJ)	ค่าพยากรณ์จาก ARIMA (GJ)	Year
2524	4,984,792	4,987,271	5,906,713	1981
2525	3,759,716	3,879,794	4,532,118	1982
2526	4,984,792	4,975,923	3,384,443	1983
2527	7,688,408	7,682,196	6,245,052	1984
2528	7,561,676	7,562,573	8,688,406	1985
2529	8,068,604	8,072,246	6,998,455	1986
2530	8,406,556	8,407,848	8,780,114	1987
2531	9,462,656	9,458,553	8,220,158	1988

ตารางที่ 7.2 ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548 (ต่อ)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงาน (GJ)	ค่าพยากรณ์จากโครงข่ายประสาทเทียม(GJ)	ค่าพยากรณ์จาก ARIMA (GJ)	Year
2532	11,743,832	11,750,283	10,288,116	1989
2533	13,898,276	13,900,945	12,707,463	1990
2534	15,334,572	15,330,621	14,672,712	1991
2535	21,544,440	21,544,405	15,771,262	1992
2536	23,445,420	23,446,620	25,852,038	1993
2537	23,741,128	23,735,580	22,224,370	1994
2538	24,417,032	24,415,155	24,729,316	1995
2539	29,950,996	29,952,200	24,305,179	1996
2540	28,768,164	28,768,594	33,872,025	1997
2541	23,952,348	23,952,499	26,261,118	1998
2542	25,135,180	25,135,833	22,780,148	1999
2543	34,640,080	34,576,286	26,674,004	2000
2544	31,936,464	31,951,703	40,378,176	2001
2545	40,976,680	36,196,464	40,491,393	2002
2546	44,482,932	45,498,150	40,608,989	2003
2547	51,284,216	49,516,688	40,722,853	2004
2548	44,313,956	48,885,526	40,841,121	2005

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.2 ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548

จากการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนโดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง

รูปแบบการพยากรณ์	RMSE	MAPE
โครงข่ายประสาทเทียม	3.10×10^6	5.55
ARIMA	6.48×10^6	12.95

เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานโดยโครงข่ายประสาทเทียมและ ARIMA สามารถสรุปได้ดังนี้

1. โครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานได้ใกล้เคียงกว่าการพยากรณ์โดย ARIMA

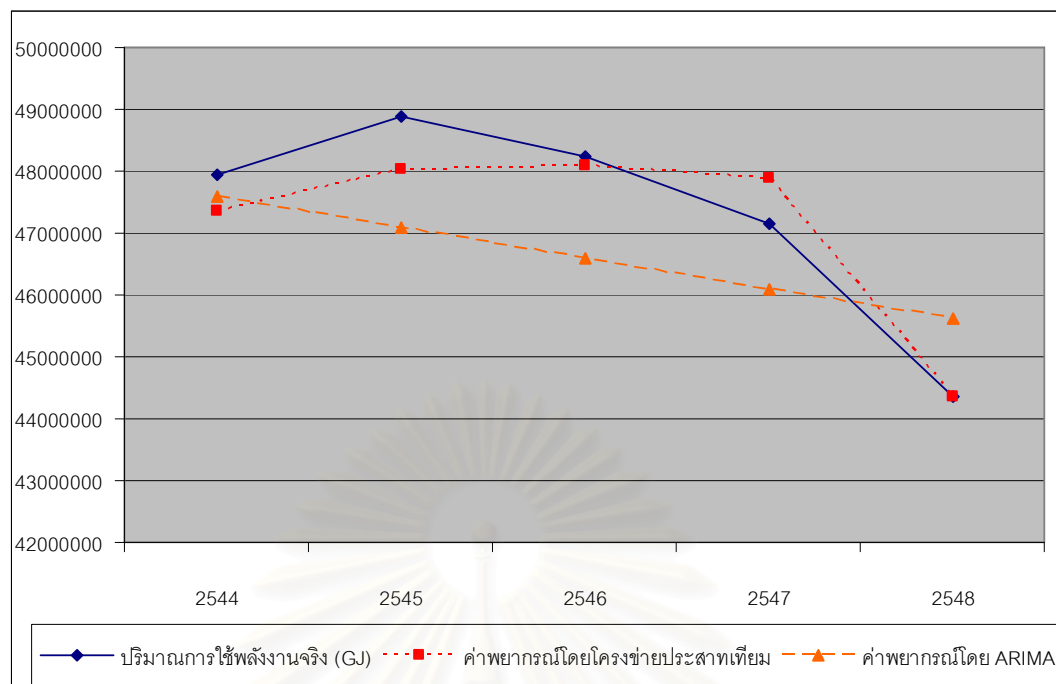
2. ในช่วงที่มีการแปรผันสูงโครงข่ายประสาทดัดเทียมสามารถทำการพยากรณ์ผลได้ใกล้เคียงปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานมากกว่าการพยากรณ์โดย ARIMA
3. โครงข่ายประสาทดัดเทียมให้ผลการพยากรณ์ในทิศทางเดียวกับปริมาณการใช้พลังงานจริงในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานได้ใกล้เคียงกว่าการพยากรณ์ด้วย ARIMA

7.2 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

จากการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทดัดเทียมและ ARIMA ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 7.4 และรูปที่ 7.3 ผลการพยากรณ์ของแบบจำลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 7.5 และรูปที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงาน (GJ)	ค่าพยากรณ์จากโครงข่ายประสาทดัดเทียม(GJ)	ค่าพยากรณ์จาก ARIMA (GJ)	Year
2544	47,946,940	47,976,711	47,602,698	2001
2545	48,876,308	48,773,751	47,096,065	2002
2546	48,242,648	48,167,973	46,594,823	2003
2547	47,144,304	47,218,196	46,098,916	2004
2548	44,356,200	44,457,263	45,608,287	2005



รูปที่ 7.3 ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548

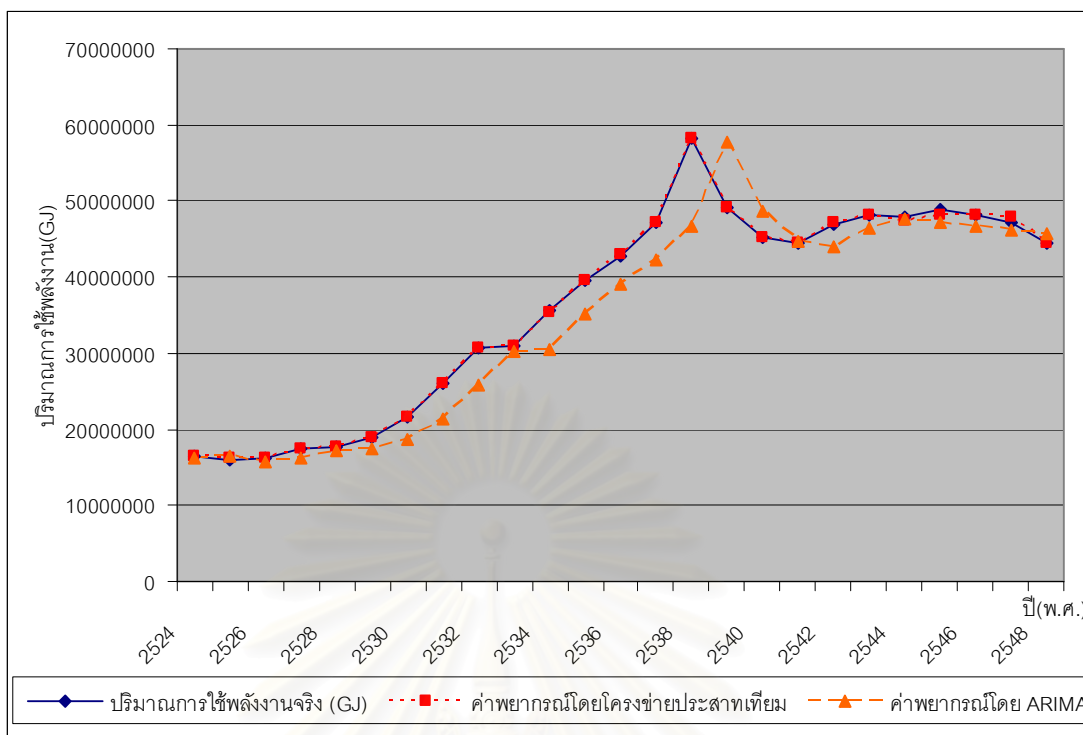
ตารางที่ 7.5 ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงาน (GJ)	ค่าพยากรณ์จากโครงข่ายประสาทเทียม(GJ)	ค่าพยากรณ์จาก ARIMA (GJ)	Year
2524	4,984,792	4,961,152	5,906,713	1981
2525	3,759,716	4,188,736	4,532,118	1982
2526	4,984,792	4,882,430	3,384,443	1983
2527	7,688,408	7,604,675	6,245,052	1984
2528	7,561,676	7,472,273	8,688,406	1985
2529	8,068,604	7,940,438	6,998,455	1986
2530	8,406,556	8,258,808	8,780,114	1987
2531	9,462,656	9,245,718	8,220,158	1988

ตารางที่ 7.5 ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548 (ต่อ)

ปี	ค่าจริงปริมาณการใช้พลังงาน (GJ)	ค่าพยากรณ์จากโครงข่ายประสาทเทียม(GJ)	ค่าพยากรณ์จาก ARIMA (GJ)	Year
2532	11,743,832	11,630,005	10,288,116	1989
2533	13,898,276	13,777,656	12,707,463	1990
2534	15,334,572	15,241,509	14,672,712	1991
2535	21,544,440	21,471,559	15,771,262	1992
2536	23,445,420	23,382,721	25,852,038	1993
2537	23,741,128	23,669,066	22,224,370	1994
2538	24,417,032	24,342,646	24,729,316	1995
2539	29,950,996	29,866,242	24,305,179	1996
2540	28,768,164	28,700,793	33,872,025	1997
2541	23,952,348	23,815,733	26,261,118	1998
2542	25,135,180	24,986,914	22,780,148	1999
2543	34,640,080	34,518,968	26,674,004	2000
2544	31,936,464	31,800,547	40,378,176	2001
2545	40,976,680	40,872,766	40,491,393	2002
2546	44,482,932	44,328,923	40,608,989	2003
2547	51,284,216	51,197,748	40,722,853	2004
2548	44,313,956	44,020,856	40,841,121	2005

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.4 ผลการพยากรณ์ปริมาณใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548

จากการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนโดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Square Error: MAPE) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 ค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง

รูปแบบการพยากรณ์	RMSE	MAPE
โครงข่ายประสาทเทียม	5.68×10^5	0.97
ARIMA	1.32×10^6	2.56

เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยโครงข่ายประสาทเทียมและ ARIMA สามารถสรุปได้ดังนี้

1. โครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ใกล้เคียงกว่าการพยากรณ์โดย ARIMA

2. ในช่วงที่มีการแปรผันสูงโครงข่ายประสาทยืดหยุ่นสามารถทำการพยากรณ์ผลได้ใกล้เคียงปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอมากกว่าการพยากรณ์โดย ARIMA
3. โครงข่ายประสาทยืดหยุ่นให้ผลการพยากรณ์ในทิศทางเดียวกับปริมาณการใช้พลังงานจริงในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ใกล้เคียงกว่าการพยากรณ์ด้วย ARIMA

จากการวิจัยพบว่าปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานมีความแปรปรวนมากกว่าปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอส่งผลให้ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ และโครงข่ายประสาทยืดหยุ่นมีความสามารถในการเรียนรู้แต่ ARIMA ไม่มีความสามารถในจุดนี้ ทำให้โครงข่ายประสาทยืดหยุ่นมีความสามารถในการพยากรณ์ในช่วงที่มีความแปรปรวนสูงได้ดีกว่า



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8

สรุปงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึง แนวทางการนำไปประยุกต์ใช้ สิ่งที่ได้รับจากโครงการวิจัย ข้อจำกัด ข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัย และสรุปผลโครงการวิจัย

8.1 แนวทางการนำไปประยุกต์ใช้

แนวทางในการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยทำการพยากรณ์หาปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2549 โดยเริ่มจาก

1. หาข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจทั้ง 8 ปัจจัย โดยสามารถหาข้อมูลได้จากแหล่งที่มาต่อไปนี้
 - ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) ประกาศโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยสามารถค้นหาได้ที่ www.nesdb.go.th
 - อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Exchange rate) ประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทยสามารถทำการค้นหาที่ www.bot.or.th โดยเข้าไปที่หมวดข้อมูลเศรษฐกิจ
 - ราคาทองคำ (Gold Price) ประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทย สามารถทำการค้นหา www.bot.or.th โดยเข้าไปที่หมวดข้อมูลเศรษฐกิจ
 - อัตราการว่างงาน (Rate of unemployment) ประกาศโดยกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคมสามารถเข้าไปทำการค้นหาที่ www.mol.go.th
 - จำนวนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม (Employment) ประกาศโดยกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคมสามารถเข้าไปทำการค้นหาที่ www.mol.go.th
 - ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing production Index) ประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทย สามารถทำการค้นหา www.bot.or.th โดยเข้าไปที่หมวดข้อมูลเศรษฐกิจ

- ดัชนีราคาผู้ผลิต (producer price index หรือ PPI) ประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทย สามารถทำการค้นหา www.bot.or.th โดยเข้าไปที่หมวดข้อมูลเศรษฐกิจ
 - อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) ประกาศโดยธนาคารแห่งประเทศไทย สามารถทำการค้นหา www.bot.or.th โดยเข้าไปที่หมวดข้อมูลเศรษฐกิจ
2. เนื่องจากข้อมูล GDP ในปี พ.ศ. 2549 ยังไม่ประกาศจึงทำการประมาณการ GDP ประจำปี พ.ศ. 2549 โดยนำข้อมูล GDP ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – พ.ศ. 2548 มาสร้างรูปแบบการพยากรณ์โดยใช้วิธี Exponential Smoothing ในการหาตัวแบบสำหรับพยากรณ์ค่า GDP ในอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานได้ใช้เทคนิค Single Exponential Smoothing (SES) ซึ่งเป็นวิธีการทำให้เรียบอย่างง่ายที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักโดยให้น้ำหนักหรือความสำคัญของข้อมูล คือ α (alpha) ซึ่งมีสมการดังนี้

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(y_t - F_t) \quad (8.1)$$

โดยที่	y	=	ค่าของข้อมูลที่เวลาต่างๆ
	F	=	ค่าการพยากรณ์ของข้อมูล
	t	=	เวลา
	α	=	ค่าที่ทำให้เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์

ซึ่งสามารถพยากรณ์ค่า GDP ในอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ปี พ.ศ. 2549 ได้ 25,159,800,000 โดยมีค่า α (alpha) เท่ากับ 1.19

ส่วนการหาตัวแบบสำหรับพยากรณ์ค่า GDP ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ใช้เทคนิค Double Exponential Smoothing หรือบางครั้งเรียกว่า Holt's linear method ซึ่งเป็นเทคนิคที่ให้ความสำคัญกับข้อมูลล่าสุดมากที่สุด ดังนั้นจึงมีค่าคงที่การทำให้เรียบ 2 ค่า คือ α (alpha) และ β (beta) โดยมีสมการดังนี้

$$L_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (8.2)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (8.3)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (8.4)$$

- โดยที่ y = ค่าของข้อมูลที่เวลาต่างๆ
 F = ค่าการพยากรณ์ของข้อมูล
 t = เวลา
 α = ค่าที่ทำให้เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์
 β = ค่าที่ทำให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริงกับค่าประมาณของแนวโน้ม

ค่า α และ β จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ในกรณีที่ $\alpha = \beta$ จะเรียกว่า Brown's double exponential smoothing

- L = ค่าประมาณของ level ของอนุกรมที่เวลา t
 b = ค่าประมาณของความชันของอนุกรมที่เวลา t
 m = จำนวนของคาบที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า

ซึ่งสามารถพยากรณ์ค่า GDP ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ปี พ.ศ. 2549 ได้ 126,925,000,000 โดยมีค่า α (alpha) เท่ากับ 1.18 และค่า β (beta) เท่ากับ 0.48

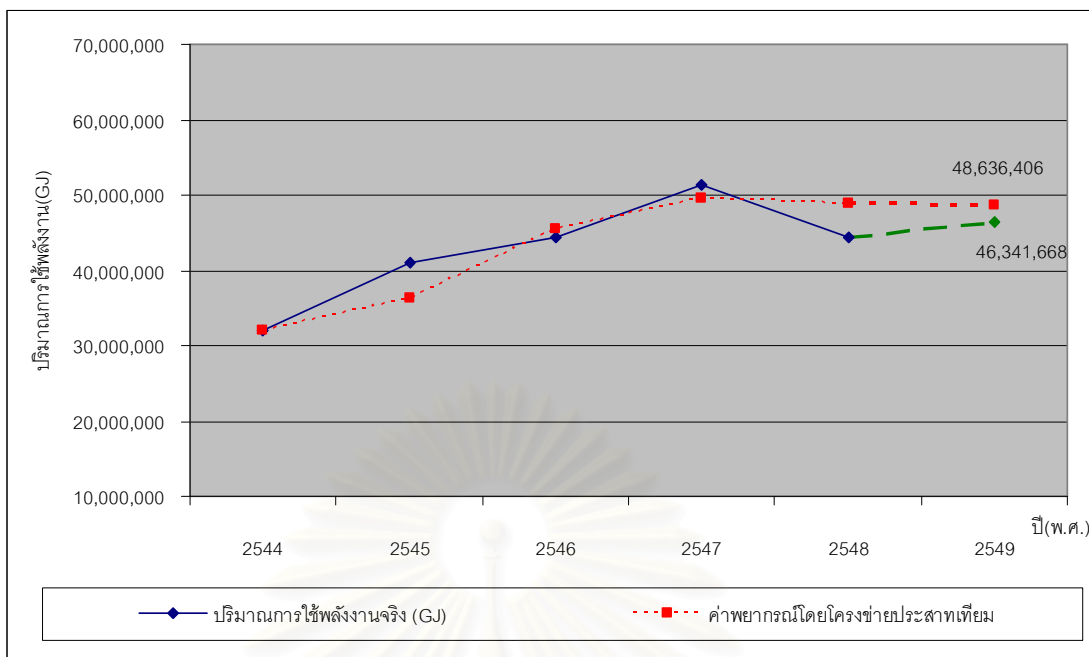
3. จัดเตรียมข้อมูลโดยทำการนอร์มอลไลซ์ (Normalize) ข้อมูล
4. นำข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจและปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2524 - พ.ศ. 2548 โดยใส่ข้อมูลทั้งหมดในโปรแกรม Pythia Version 1.02 แล้วทำการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมโดยมีรูปแบบโครงสร้างสำหรับอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานดังนี้

รูปแบบที่ 8, 8, 9, 1: 18 ซึ่งมีข้อมูลนำเข้า 8 นิวรอน และจำนวนชั้นฮิดเดนเลเยอร์ 3 เลเยอร์ โดยที่ฮิดเดนเลเยอร์ที่ 1 มีจำนวน 8 นิวรอน ฮิดเดนเลเยอร์ที่ 2 มีจำนวน 9 นิวรอน และฮิดเดนเลเยอร์ที่ 3 มีจำนวน 1 นิวรอน ส่วนจำนวนข้อมูลขาออก 1 นิวรอน

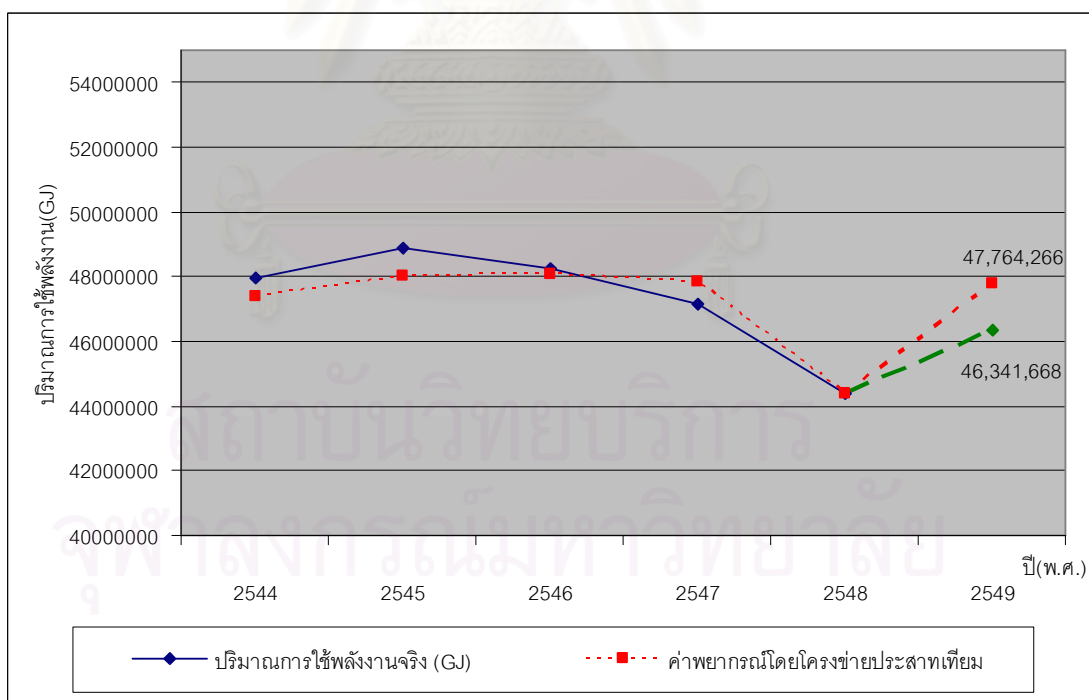
และรูปแบบโครงสร้างสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ ดังนี้

รูปแบบที่ 8, 7, 7, 6, 1: 21 ซึ่งมีข้อมูลนำเข้า 8 นิวรรอน และจำนวนชั้นฮีดเดนเลเยอร์ 4 เลเยอร์ โดยที่ฮีดเดนเลเยอร์ที่ 1 มีจำนวน 7 นิวรรอน ฮีดเดนเลเยอร์ที่ 2 มีจำนวน 7 นิวรรอน ฮีดเดนเลเยอร์ที่ 3 มีจำนวน 6 นิวรรอน และฮีดเดนเลเยอร์ที่ 4 มีจำนวน 1 นิวรรอน ส่วนจำนวนข้อมูลขาออก 1 นิวรรอน

5. ให้โครงข่ายประสาทเทียมทำการเรียนรู้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 –พ.ศ. 2543 และทดสอบด้วยข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – พ.ศ. 2548
6. ทำการพยากรณ์โดยป้อนข้อมูลปัจจัยทางเศรษฐกิจทั้ง 8 ปัจจัย ในปี พ.ศ. 2549 เข้าไปในโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาปริมาณการใช้พลังงานของสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยผลจากการพยากรณ์ได้ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณ 48,636,406.17 GJ และปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณ 47,764,266.36 GJ ซึ่งค่าประมาณการจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ค่าประมาณการปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐาน ปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณ 46,341,668 GJ และปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณ 46,341,668 GJ โดยผลการเปรียบเทียบค่าประมาณจากกระทรวงพลังงานและค่าพยากรณ์จากโครงข่ายประสาทเทียมดังแสดงในรูปที่ 8.1 และรูปที่ 8.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแนวโน้มของปริมาณการใช้พลังงานของค่าประมาณการจากกระทรวงพลังงานและค่าพยากรณ์ในสาขาอุตสาหกรรมทั้งสองนี้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน



รูปที่ 8.1 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะชั้นมูลฐาน
ปี พ.ศ.2549



รูปที่ 8.2 ผลการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ปี พ.ศ.2549

8.2 สิ่งที่ได้รับจากโครงการวิจัย

สิ่งที่ได้รับและเรียนรู้จากโครงการวิจัยการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยโครงข่ายประสาทเทียม พอสรุปได้ดังนี้

8.2.1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม และอัลกอริทึมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ

8.2.2 ข้อดีในการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ ดังนี้

- โครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ใกล้เคียงกับปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอจริง
- โครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการเรียนรู้ ทำให้สามารถพยากรณ์ข้อมูลในช่วงที่มีความแปรปรวนสูงได้แม่นยำกว่า ARIMA ซึ่งไม่มีความสามารถนี้
- โครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ข้อมูลที่มีลักษณะความแปรปรวนต่ำ ได้ค่อนข้างแม่นยำ
- ในกรณีที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ข้อมูลที่มีลักษณะแปรปรวนสูงนั้น ผลพยากรณ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่าการพยากรณ์โดย ARIMA

8.2.3 สิ่งที่ได้เรียนรู้จากโครงการวิจัยการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยโครงข่ายประสาทเทียม พอสรุปได้ดังนี้

- ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานลักษณะแปรปรวนสูง ทำให้ยากต่อการพยากรณ์โดย ARIMA
- ระบบพยากรณ์ที่สามารถเรียนรู้จากข้อมูลในอดีต จะให้ผลลัพธ์ดีกว่าระบบพยากรณ์ที่ไม่มีความสามารถในการเรียนรู้

- จำนวนรอบในการปรับสอนโครงข่ายประสาทเทียมไม่ควรมาก หรือน้อยเกินไป ทั้งนี้ขึ้นกับความแปรปรวนของข้อมูลด้วย หากข้อมูลมีความแปรปรวนมาก จำนวนรอบในการปรับสอนต้องมากขึ้นด้วย แต่ในกรณีที่จำนวนรอบมากเกินไป โครงข่ายประสาทเทียมจะมีพฤติกรรมในลักษณะคุ้นเคย (Level of Generalization) กับข้อมูลเดิมมากเกินไป ทำให้ไม่สามารถตอบสนองข้อมูลรูปแบบใหม่ได้อย่างถูกต้อง
- ข้อมูลที่มีความแปรปรวนสูงย่อมส่งผลให้ความถูกต้องของการพยากรณ์ต่ำ ดังนั้นจึงไม่ควรให้ความเชื่อมั่นกับประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมในกรณีเช่นนี้มากเกินไป

8.3 ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัย

8.3.1 ข้อจำกัดในการศึกษาวิจัย

1. เนื่องจากในการพยากรณ์ต้องการข้อมูลจำนวนมาก เพื่อให้ผลของการพยากรณ์ที่ได้มีความแม่นยำ และข้อมูลที่น่ามาใช้ในการพยากรณ์นี้เป็นข้อมูลย้อนหลังรายปี ซึ่งหน่วยงานของภาครัฐที่ได้ทำการเก็บข้อมูลข้างต้นได้เปลี่ยนไปหลายหน่วยงาน เนื่องจากมีการปรับโครงสร้างองค์กรและปรับหน้าที่การเก็บข้อมูล
2. การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมนั้น ไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน ขึ้นกับลักษณะของข้อมูล

8.3.2 ข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัย

การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยโครงข่ายประสาทเทียม เป็นแนวทางหนึ่งในการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ แนวทางการพัฒนาในอนาคตสามารถทำได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ทดลองนำโครงข่ายประสาทเทียมโครงสร้างอื่น มาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ เช่น รีเคอร์เร้นท์เน็ตเวิร์ก โดยนำเอาที่พื้ที่ได้ในเอาท์พุทเลเยอร์ส่งกลับไปยังอินพุทเลเยอร์ เพื่อพยากรณ์ข้อมูลตัวต่อไป

2. ทดลองนำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการขึ้นลงของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอมาเป็นส่วนหนึ่งของอินพุทเพิ่มขึ้น
3. ทดลองนำโครงข่ายประสาทเทียมไปทำการพยากรณ์ให้สาขาอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไป
4. ทดลองนำโครงข่ายประสาทเทียมไปประยุกต์ใช้ในงานพยากรณ์ด้านอื่น เช่น พยากรณ์ปริมาณจราจร พยากรณ์ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น
5. ควรมีหน่วยงานกลางของรัฐที่ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลทางสถิติของกลุ่มอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและถูกต้อง อีกทั้งมีความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูล

8.4 สรุปผลโครงการวิจัย

โครงข่ายประสาท และ ARIMA เป็นเทคนิคที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ได้ โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่นิยมใช้ในการพยากรณ์ คือ มัลติเลเยอร์เพอร์เซพตรอน ที่มีการเรียนรู้แบบแบ็คพรอพาคชัน

โครงการวิจัยนี้ได้้นำโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมและอัลกอริทึมที่ได้กล่าวข้างต้นมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานรวมในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอในปี พ.ศ.2548 คิดเป็น 9.2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตทั้งหมด ผลพยากรณ์ที่ได้โดยรวมดีกว่าการพยากรณ์โดย ARIMA และสามารถคำนวณร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ได้ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ การพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยโครงข่ายประสาทเทียมประสบความสำเร็จพอสมควร อย่างไรก็ตามก็ดีข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมโลหะขั้นมูลฐานและอุตสาหกรรมสิ่งทอมีความแปรปรวนมากทำให้ยากต่อการเรียนรู้

รายการอ้างอิง

ภาษาอังกฤษ

Arjaree Ussanarassamee, Subhes C. Bhattacharyya. Changes in energy demand in Thai industry between 1981 and 2000. Energy. 30 (2005) : 1845 : 1857.

Lemedica, Prudenzi, Sforza, Caciotta, and Cencelli. A neural network based technique for short-term load forecasting of anomalous load periods. IEEE Transactions on Power Systems. 11, 4 (November 1996) :1749 : 1756.

Park, El-Shakawi, MarkII, Altas and Damborg. Electric load forecasting using an artificial neural network. IEEE Transactions on Power Systems. 6, 2 (May 1991) : 442 : 449.

Piras, Buchenel and Jaccard. Heterogeneous artificial neural network for short term electrical load forecasting. IEEE Transactions on Power Systems. 11, 1 (February 1996) : 397 : 402.

ภาษาไทย

คณะอนุกรรมการการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า. ส่วนยุทธศาสตร์นโยบายและแผนพลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2547.

จรรยาวัตรัน พุกษานันท์. การประยุกต์ใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กในการพยากรณ์อุณหภูมิ. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2541.

ณัฐชาติ คำศิริตระกูล. การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2546.

ทรงศิริ แต่สมบัติ. การวิเคราะห์ความถดถอย. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2541.

ทรงศิริ แต่สมบัติ. เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2539.

ธนพล พิมาณ. การศึกษาความเหมาะสมของโครงข่ายในแบบจำลองใยประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์น้ำท่ารายวัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี. ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2545.

พิพัฒน์ จารุเกษตรวิทย์. การพยากรณ์การนำเข้าเหล็กโครงสร้างรูปพรรณของไทย. สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2544.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

- เมธี ทระกุลพันธ์. การพยากรณ์โหลดระยะสั้น ณ สถานีไฟฟ้าย่อย. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2546.
- วัลลภา อุนวิจิตร. การพยากรณ์อนุกรมเวลาสำหรับราคาน้ำมันโดยนิเวศน์เน็ตเวิร์ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539.
- วิชิต หล่อจ๊ะระชุนห์ และคณะ. เทคนิคการพยากรณ์. โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2536.
- วิโรจน์ หวังสมค์. การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า : กรณีศึกษาการใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง (พระนครศรีอยุธยา). สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2547.
- ศุภเชษฐ์ กันนิ่ม. การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อพัฒนารูปแบบการพยากรณ์ยอดขายรถจักรยานยนต์ภายในประเทศไทย. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2547.
- ศูนย์บริการวิชาการ. รายงานการศึกษาค่าพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะยาวของประเทศ. ศูนย์บริการวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. 2549.
- สมิข บัตรเจริญ. การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณเลขหมายของชุมสายโทรศัพท์ด้วยเทคนิคการถดถอยกับเทคนิคเครือข่ายประสาทเทียม. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2547.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. รายงานประจำปี2548. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2549.
- สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. รายงานการศึกษาระดับสมบูรณืโครงการพัฒนาฐานข้อมูลอุตสาหกรรมเชิงเปรียบเทียบเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันสาขาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2548.
- สุมิตรา อมรรพพัทธ์. การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในส่วนภูมิภาค. ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2542.
- เสวี ศุภราทิตย์. คู่มือการพยากรณ์น้ำโดยโครงข่ายประสาทเทียม. คณะอนุกรรมการศึกษาวิจัยด้านบริหารจัดการน้ำ : สถาบันพัฒนาการชลประทาน. 2544.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ตารางค่าปัจจัยทางเศรษฐกิจต่างๆที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 1 ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ

Table 24. Gross Domestic Product Originating from Manufacturing at Current Market Prices

	(Millions of Baht)										
	Food	Beverages	Tobacco	Textiles	Wearing Apparel Except Footwear	Leather, Leather Products and Footwear	Wood and Wood Products	Furniture and Fixtures	Paper and Paper Products	Printing, Publishing and Allied Industries	Chemicals and Chemicals Products
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1980	17,975	10,399	7,467	18,259	11,160	2,613	7,017	3,157	2,134	2,199	4,744
1981	29,481	12,003	9,425	20,579	14,184	2,975	5,642	3,651	2,476	2,638	5,621
1982	27,414	14,617	9,679	20,590	15,729	3,474	5,200	4,063	2,679	3,007	5,817
1983	27,740	16,097	10,557	20,434	18,754	4,035	5,565	4,594	2,769	3,382	6,203
1984	34,446	19,159	11,251	22,816	21,868	4,526	5,711	5,003	2,866	3,533	7,148
1985	34,616	21,041	11,571	24,222	24,871	4,552	4,620	6,038	2,927	3,684	7,843
1986	33,448	21,000	12,266	29,834	28,877	5,851	4,848	6,624	3,780	3,817	8,806
1987	32,592	23,592	12,914	38,570	35,840	8,943	6,282	8,579	4,679	4,164	10,564
1988	46,351	27,844	13,976	45,569	42,340	14,186	7,117	11,310	5,478	4,828	12,180
1989	59,627	34,466	15,549	55,042	48,739	18,666	8,389	15,171	6,250	5,449	13,198
1990	57,793	39,112	17,511	60,366	61,687	24,905	10,623	19,176	7,198	5,971	15,024
1991	65,925	47,633	20,663	68,118	79,851	28,852	8,246	23,610	8,880	7,154	16,716
1992	66,136	50,794	19,016	75,120	88,466	31,703	8,843	24,421	9,862	7,964	18,191
1993	72,127	55,781	19,281	76,644	99,526	36,254	7,402	27,373	11,518	9,206	19,844
1994	84,605	63,419	24,285	80,960	117,124	41,702	10,109	30,766	14,155	10,662	22,135
1995	91,000	76,113	24,781	91,491	134,223	44,227	8,813	33,689	17,243	13,705	39,636
1996	102,346	81,252	27,800	87,463	151,769	41,429	8,345	34,029	21,338	14,850	45,643
1997	110,244	98,408	34,274	88,861	163,438	46,952	7,554	25,567	24,853	14,128	53,160
1998	133,811	102,721	32,562	100,876	154,144	48,777	5,539	20,922	29,991	13,462	59,044
1999	129,118	136,514	30,719	98,493	155,908	54,984	5,737	20,434	31,268	14,827	63,235
2000	145,028	70,385	32,068	105,841	161,903	60,294	7,400	24,922	33,973	15,216	85,493
2001p	148,017	86,007	32,005	106,816	160,183	66,700	7,725	26,034	34,742	15,538	84,841

สถาบันวิจัยเศรษฐกิจ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Table 24. Gross Domestic Product Originating from Manufacturing
at Current Market Prices (Continued)**

	(Millions of Baht)									
	Petroleum Refinery and Petroleum Products	Rubber and Plastic Products	Non-metallic Mineral Products	Basic Metal Industries	Fabricated Metal Products	Machinery	Electrical Machinery and Supplies	Transport Equipment	Other Manufacturing Industries	Total Value Added
	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
1980	11,390	4,190	6,779	4,999	3,859	3,791	3,781	11,013	5,578	142,504
1981	11,853	4,305	8,739	4,642	4,500	4,994	4,330	12,656	7,449	172,143
1982	12,435	4,464	9,774	4,266	5,179	5,174	5,398	11,910	8,569	179,438
1983	16,602	5,478	11,613	4,389	5,995	6,151	7,799	14,911	10,769	203,837
1984	14,356	5,451	13,863	5,116	6,128	7,083	9,474	15,545	11,017	226,360
1985	12,557	5,815	14,653	5,414	7,094	6,553	10,412	11,349	11,766	231,598
1986	28,440	6,660	15,123	4,959	7,558	6,792	13,740	12,772	15,410	270,605
1987	22,032	8,921	17,565	5,683	8,526	9,186	16,367	19,205	21,087	315,291
1988	26,921	11,213	20,939	7,016	10,041	15,253	20,879	33,690	25,903	403,034
1989	25,490	12,875	26,977	9,063	13,010	23,350	24,203	47,323	33,877	496,714
1990	25,271	15,121	36,776	10,528	15,110	31,302	34,254	58,556	47,719	594,003
1991	42,219	17,500	45,422	10,545	18,461	40,498	45,192	53,408	59,008	707,901
1992	44,672	19,942	46,378	11,798	20,149	45,404	62,668	60,547	66,913	778,987
1993	56,293	21,510	51,996	14,365	22,647	53,880	75,958	83,431	77,327	892,363
1994	63,561	27,775	57,625	17,812	25,753	66,596	89,831	79,290	90,842	1,019,007
1995	76,222	37,011	62,716	19,466	30,241	86,997	96,499	101,775	104,608	1,190,456
1996	98,672	34,402	70,144	19,512	35,634	100,288	104,783	112,897	110,930	1,303,526
1997	125,556	37,166	67,098	19,274	36,636	106,360	104,791	88,015	108,507	1,360,842
1998	140,301	42,066	54,864	15,497	39,278	120,456	110,352	36,309	101,059	1,362,031
1999	125,570	42,230	61,680	13,535	43,762	133,857	106,848	66,111	111,881	1,446,711
2000	121,475	53,307	65,005	15,951	48,404	157,825	145,235	94,969	132,169	1,576,863
2001 p	127,341	55,700	71,396	17,034	51,342	159,878	119,881	124,878	142,713	1,638,771

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 อัตราการว่างงาน (Rate of unemployment) และจำนวนแรงงานใน
ภาคอุตสาหกรรม (Employment)

Table 87 : Labour Force Survey (old series)

(Thousand Persons)

	(Average (Round 1) and (Round 3))	1977	1978	1979
Population	43,880.8	44,959.5	46,005.5	
Age Under 13	15,023.2	15,364.6	15,693.2	
Age 13 Up	28,857.7	29,594.9	30,312.3	
Labour Force	18,328.5	19,389.4	19,219.9	
1. Employment	18,138.0	19,215.6	19,021.6	
of which underemployment	-	-	-	
- Agriculture	12,320.2	13,246.9	12,350.9	
- Non-Agriculture	5,817.8	5,968.8	6,670.7	
Mining and quarrying	57.5	37.1	62.4	
Manufacturing	1,604.2	1,613.4	1,951.1	
Construction, repair and demolition	383.3	358.6	494.4	
Electricity, gas, water & sanitary services	48.2	55.2	52.7	
Commerce	1,695.7	1,685.3	1,809.6	
Transport storage & communication	400.2	408.7	450.9	
Services	1,627.6	1,810.2	1,848.9	
Activities not adequately described	0.4	0.3	0.0	
2. Unemployed Persons	190.6	173.4	198.4	
(rate of unemployment)	1.0	0.9	1.0	
- Looking for Work				
- Not Looking for Work				
3. Seasonal Inactive Labour Force				
share of total labour force				

Remark : * Average of 4 rounds of the survey.

Source : The Labour Force Survey by the National Statistical Office

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 87 : Labour Force Survey (old series)*(Thousand Persons)*

(Average (Round 1) and (Round 3))	1980	1981	1982	1983
Population	47,281.8	47,356.1	48,628.6	49,334.1
Age Under 13	16,068.2	14,035.1	14,166.8	14,111.7
Age 13 Up	31,213.6	33,321.0	34,461.8	35,222.4
Labour Force	22,728.1	21,140.6	25,748.9	25,048.4
1. Employment	22,523.9	20,873.5	24,831.4	22,911.6
of which underemployment	-	-	-	-
- Agriculture	15,942.7	13,404.0	16,984.9	14,464.9
- Non-Agriculture	6,581.2	7,469.6	7,846.5	8,445.3
Mining and quarrying	36.6	67.7	64.6	59.8
Manufacturing	1,788.9	1,915.0	2,006.7	2,189.5
Construction, repair and demolition	435.9	623.3	520.3	628.5
Electricity, gas, water & sanitary services	59.9	72.7	76.3	106.5
Commerce	1,915.9	2,026.8	2,298.2	2,303.6
Transport storage & communication	455.9	418.4	500.9	577.0
Services	1,886.8	2,343.8	2,378.2	2,576.8
Activities not adequately described	0.5	1.3	0.5	3.7
2. Unemployed Persons	204.2	267.1	917.5	1,146.8
(rate of unemployment)	0.9	1.3	3.6	4.6
- Looking for Work				263.8
- Not Looking for Work				882.8
3. Seasonal Inactive Labour Force				990.1
share of total labour force				4.0

*Remark : * Average of 4 rounds of the survey.*

Source : The Labour Force Survey by the National Statistical Office

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 87 : Labour Force Survey (old series)*(Thousand Persons)*

	(Average (Round 1) and (Round 3))	1984	1985	1986	1987
Population		50,235.4	51,186.6	51,994.2	53,442.7
Age Under 13		14,090.7	14,061.2	13,973.0	13,914.0
Age 13 Up		36,144.7	37,125.4	38,021.2	39,528.7
Labour Force		26,105.8	26,637.7	27,403.0	28,740.2
1. Employment		24,159.5	24,227.5	25,085.8	26,413.8
of which underemployment		-	-	-	-
- Agriculture		15,764.4	15,528.9	15,681.1	16,026.6
- Non-Agriculture		8,395.1	8,698.6	9,404.7	10,387.3
Mining and quarrying		138.7	84.4	59.2	48.5
Manufacturing		2,134.8	2,264.2	2,403.6	2,691.6
Construction, repair and demolition		644.0	627.6	677.1	700.4
Electricity, gas, water & sanitary services		125.3	117.9	116.4	121.6
Commerce		2,340.9	2,518.1	2,751.6	3,096.3
Transport storage & communication		547.4	561.8	604.3	665.4
Services		2,459.2	2,515.8	2,749.1	3,046.8
Activities not adequately described		4.1	8.4	15.5	15.1
2. Unemployed Persons		1,138.0	1,324.7	1,529.8	1,702.5
(rate of unemployment)		4.4	5.0	5.6	5.9
- Looking for Work		291.3	298.2	420.9	397.5
- Not Looking for Work		846.6	1,026.3	1,108.8	1,305.1
3. Seasonal Inactive Labour Force		808.3	1,085.6	787.4	623.9
share of total labour force		3.1	4.1	2.9	2.2

Remark : * Average of 4 rounds of the survey.

Source : The Labour Force Survey by the National Statistical Office

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 87 : Labour Force Survey (old series)*(Thousand Persons)*

	(Average (Round 1) and (Round 3))	1988	1989	1990	1991
Population		54,366.2	55,287.0	56,405.0	57,033.0
Age Under 13		13,896.5	16,383.5	16,323.2	16,227.0
Age 13 Up		40,469.7	38,903.5	40,081.8	40,806.0
Labour Force		29,614.0	30,339.6	31,749.6	31,223.0
1. Employment		27,726.5	28,456.5	30,843.7	29,220.3
of which underemployment		-	-		
- Agriculture		17,379.1	17,737.9	19,725.6	16,384.0
- Non-Agriculture		10,347.5	10,718.1	11,118.1	12,836.0
Mining and quarrying		63.1	50.6	53.9	54.0
Manufacturing		2,610.9	2,971.5	3,132.5	3,658.0
Construction, repair and demolition		808.4	868.1	1,026.3	1,412.0
Electricity, gas, water & sanitary services		150.6	116.7	108.6	112.0
Commerce		2,561.6	3,011.8	2,976.0	3,492.0
Transport storage & communication		663.4	689.5	732.7	837.0
Services		3,043.6	2,989.8	3,064.9	3,252.0
Activities not adequately described		7.8	19.9	21.5	19.0
2. Unemployed Persons		1,280.8	1,089.1	710.0	973.0
(rate of unemployment)		4.3	3.6	2.2	3.1
- Looking for Work		294.0	230.6	184.6	157.0
- Not Looking for Work		986.8	858.4	525.3	816.0
3. Seasonal Inactive Labour Force		606.7	793.9	195.9	1,029.8
share of total labour force		2.0	2.6	0.6	3.3

Remark : * Average of 4 rounds of the survey.

Source : The Labour Force Survey by the National Statistical Office

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 87 : Labour Force Survey (old series)*(Thousand Persons)*

	(Average (Round 1) and (Round 3))	1992	1993	1994	1995
Population		57,615.0	58,442.0	59,239.5	59,281.9
Age Under 13		15,598.0	15,466.0	15,300.0	14,216.0
Age 13 Up		42,017.0	42,976.0	43,939.5	45,065.9
Labour Force		32,182.0	32,240.0	31,816.1	32,174.9
1. Employment		30,794.0	30,679.0	30,164.3	30,815.1
of which underemployment		760.0	844.0	630.0	568.0
- Agriculture		17,305.0	16,269.0	15,180.0	14,389.1
- Non-Agriculture		13,489.0	14,410.4	14,983.8	16,426.0
Mining and quarrying		66.0	58.0	57.8	55.0
Manufacturing		3,933.0	4,179.0	4,190.8	4,608.2
Construction, repair and demolition		1,616.0	1,615.2	1,996.7	2,247.6
Electricity, gas, water & sanitary services		117.0	146.0	184.0	184.0
Commerce		3,496.0	3,806.7	3,766.0	4,184.5
Transport storage & communication		817.0	909.1	894.9	1,006.2
Services		3,419.0	3,676.5	3,882.0	4,132.3
Activities not adequately described		25.0	19.5	12.0	11.1
2. Unemployed Persons		913.0	843.8	833.0	550.0
(rate of unemployment)		2.8	2.6	2.6	1.7
- Looking for Work		177.0	139.2	169.3	134.2
- Not Looking for Work		735.0	704.5	664.3	415.1
3. Seasonal Inactive Labour Force		475.0	717.2	818.8	809.8
share of total labour force		1.5	2.2	2.6	2.5

Remark : * Average of 4 rounds of the survey.

Source : The Labour Force Survey by the National Statistical Office

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 87 : Labour Force Survey (old series)*(Thousand Persons)*

	(Average (Round 1) and (Round 3))	1996	1997	1998*	1999*
Population		59,897.9	60,499.8	61,173.8	61,778.7
Age Under 13		14,141.6	13,932.8	13,966.8	13,866.4
Age 13 Up		45,756.3	46,567.0	47,207.1	47,912.4
Labour Force		32,324.2	32,780.5	32,595.5	32,910.8
1. Employment		31,166.0	31,714.3	30,270.2	30,835.4
of which underemployment		642.0	760.5	1,035.3	1,216.0
- Agriculture		14,136.7	14,314.6	13,571.3	13,997.3
- Non-Agriculture		17,029.0	17,399.7	16,698.9	16,838.1
Mining and quarrying		53.6	52.5	44.7	64.3
Manufacturing		4,650.8	4,644.2	4,577.3	4,611.3
Construction, repair and demolition		2,648.6	2,502.1	1,632.5	1,401.8
Electricity, gas, water & sanitary services		151.7	176.4	195.7	157.1
Commerce		4,396.6	4,601.9	4,632.8	4,784.2
Transport storage & communication		995.2	1,039.4	989.5	1,008.5
Services		4,097.1	4,371.0	4,612.9	4,793.5
Activities not adequately described		35.2	12.0	13.3	17.1
2. Unemployed Persons		497.6	495.2	1,423.3	1,382.6
(rate of unemployment)		1.5	1.5	4.4	4.2
- Looking for Work		114.9	138.0	457.6	389.5
- Not Looking for Work		382.7	357.2	965.6	993.0
3. Seasonal Inactive Labour Force		660.6	571.0	902.0	692.9
share of total labour force		2.0	1.7	2.8	2.1

Remark : * Average of 4 rounds of the survey.

Source : The Labour Force Survey by the National Statistical Office

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 87 : Labour Force Survey (old series)*(Thousand Persons)*

	(Average (Round 1) and (Round 3))	2000*	1998	1999	2000
Population	62,404.7	61,173.8	61,778.7	62,404.7	
Age Under 13	13,759.9	16,201.5	16,079.9	15,953.5	
Age 13 Up	48,644.8	44,972.4	45,698.9	46,451.3	
Labour Force	33,393.9	32,459.7	32,719.1	33,223.8	
1. Employment	31,446.7	30,104.5	30,663.3	31,292.6	
of which underemployment	1,057.1	933.9	1,201.3	1,044.5	
- Agriculture	13,999.9	13,406.9	13,803.9	13,830.4	
- Non-Agriculture	17,446.7	16,697.6	16,859.3	17,462.2	
Mining and quarrying	44.8				
Manufacturing	5,004.8				
Construction, repair and demolition	1,506.5				
Electricity, gas, water & sanitary services	165.9				
Commerce	4,911.2				
Transport storage & communication	969.4				
Services	4,833.6				
Activities not adequately described	10.4				
2. Unemployed Persons	1,204.3	1,412.8	1,370.0	1,193.6	
(rate of unemployment)	3.6	4.4	4.2	3.6	
- Looking for Work	318.7	456.6	387.3	318.4	
- Not Looking for Work	885.5	956.5	982.7	875.2	
3. Seasonal Inactive Labour Force	742.9	892.4	685.8	737.6	
share of total labour force	2.2	2.7	2.1	2.2	

Remark : * Average of 4 rounds of the survey.

Source : The Labour Force Survey by the National Statistical Office

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table 87 : Labour Force Survey (old series)*(Thousand Persons)*

(Average (Round 1) and (Round 3))	2001	2002	2003	2004	2005
Population	62,935.9	63,460.6	64,006.2	65,082.5	65,110.4
Age Under 13	15,878.8	15,784.2	15,692.8	15,749.8	15,293.6
Age 13 Up	47,057.1	47,676.4	48,313.4	49,332.6	49,816.8
Labour Force	33,813.5	34,261.6	34,901.7	35,717.8	36,132.0
1. Employment	32,104.2	33,060.9	33,841.0	34,728.8	35,257.2
of which underemployment	882.7	783.2	696.5	787.3	754.1
- Agriculture	13,611.8	14,041.8	13,880.1	13,633.9	13,617.0
- Non-Agriculture	18,492.4	19,019.0	19,960.9	21,094.9	21,640.2
Mining and quarrying					
Manufacturing					
Construction, repair and demolition					
Electricity, gas, water & sanitary services					
Commerce					
Transport storage & communication					
Services					
Activities not adequately described					
2. Unemployed Persons	1,123.9	822.8	754.2	739.2	663.0
(rate of unemployment)	3.3	2.4	2.2	2.1	1.8
- Looking for Work	280.8	115.3	123.7	127.0	133.8
- Not Looking for Work	843.1	707.5	630.5	612.2	529.2
3. Seasonal Inactive Labour Force	585.3	377.9	306.5	249.8	211.8
share of total labour force	1.8	1.1	0.9	0.7	0.6

*Remark : * Average of 4 rounds of the survey.*

Source : The Labour Force Survey by the National Statistical Office

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Exchange rate)

Table 89 : Rates of Exchange of Commercial Banks in Bangkok Metropolis

(Baht per currency unit)

Line			1981	1982	1983	1984	1985
1a	Pound sterling	Buying	43.7933	40.0335	34.6877	31.3310	34.9120
b		Selling	44.2918	40.4357	35.0202	31.6502	35.2480
2a	U.S. dollar	Buying	21.7203	22.9000	22.9000	23.5392	27.0593
b		Selling	21.8703	23.0500	23.0500	23.6892	27.2093
3	Reference rate ^{1/}		21.8203	23.0000	23.0000	23.6393	27.1594
4a	Hong Kong dollar	Buying	3.8740	3.7727	3.1625	3.0025	3.4636
b		Selling	3.9300	3.8239	3.2022	3.0384	3.5020
5a	Malaysian rigget	Buying	9.3913	9.7705	9.8281	9.9993	10.8597
b		Selling	9.5400	9.9204	9.9794	10.1506	11.0096
6a	Singapore dollar	Buying	10.2045	10.6573	10.7866	10.9809	12.2398
b		Selling	10.3886	10.8292	10.9620	11.1562	12.4240
7a	Deutsche mark	Buying	9.6223	9.4407	8.9828	8.2778	9.2449
b		Selling	9.7954	9.5234	9.0607	8.3466	9.3136
8a	Swiss franc	Buying	11.0967	11.2727	10.8804	9.9966	11.0642
b		Selling	11.2800	11.4550	11.0392	10.1413	11.2115
9a	Netherland guilder	Buying	8.6850	8.5500	8.0200	7.3253	8.1774
b		Selling	8.8456	8.7033	8.1508	7.4463	8.3028
10a	Australian dollar	Buying	24.8183	23.1671	20.5342	20.5585	18.8471
b		Selling	25.2967	23.6288	20.9600	20.9524	19.2253
11a	Japanese yen	Buying	0.0985	0.0922	0.0964	0.0991	0.1141
b		Selling	0.0995	0.0931	0.0974	0.1000	0.1150
12a	Indian rupee	Buying	2.4717	2.3742	2.2317	2.0267	2.1232
b		Selling	2.5825	2.4921	2.3675	2.1675	2.2681
13a	New Zealand dollar	Buying	18.7000	17.0625	15.1596	13.4331	13.3131
b		Selling	19.2083	17.5608	15.6163	13.8057	13.6977
14a	Pakistan rupee	Buying	2.1638	2.0364	1.7313	1.6582	1.6764
b		Selling	2.2579	2.1276	1.8250	1.7408	1.8089
15a	Canadian dollar	Buying	18.0600	18.5189	18.5242	18.1284	19.7741
b		Selling	18.3183	18.7783	18.7838	18.3640	20.0124
16a	Austrian schilling	Buying	1.3533	1.3320	1.2658	1.1654	1.3042
b		Selling	1.3942	1.3717	1.3038	1.2005	1.3392

Table 89 : Rates of Exchange of Commercial Banks in Bangkok Metropolis

(Baht per currency unit)

Line			1981	1982	1983	1984	1985
17a	French franc	Buying	3.9942	3.4819	2.9992	2.6769	3.0106
b		Selling	4.0679	3.5588	3.0679	2.7386	3.0729
18a	Belgian franc	Buying	0.5646	0.4815	0.4392	0.3996	0.4508
b		Selling	0.5984	0.5137	0.4591	0.4168	0.4663
19a	Swedish krona	Buying	4.2804	3.6571	2.9600	2.8212	3.1279
b		Selling	4.3742	3.7425	3.0363	2.8886	3.1983
20a	Danish krone	Buying	3.1025	2.7329	2.4892	2.2507	2.5414
b		Selling	3.1075	2.8029	2.5546	2.3124	2.6054
21a	Norwegian krone	Buying	3.7675	3.5429	3.1125	2.8610	3.1311
b		Selling	3.8508	3.6258	3.1883	2.9290	3.1997
22a	Italian lira	Buying	0.0188	0.0165	0.0147	0.0130	0.0139
b		Selling	0.0197	0.0174	0.0156	0.0138	0.0146
23a	Chinese renminbi	Buying	12.6908	12.0617	11.5092	10.1162	9.1517
b		Selling	12.9167	12.2742	11.7513	10.3398	9.3636
24a	Philippines peso	Buying	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
b		Selling	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25a	Indonesia (1,000 rupiah)	Buying	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
b		Selling	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26a	Korea won	Buying	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
b		Selling	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
27a	Taiwan dollar	Buying	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
b		Selling	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

1/Prior to July 1997, the figures were the rate of the Exchange Equalization Fund (EEF)

Source : Bank of Thailand

Table 89 : Rates of Exchange of Commercial Banks in Bangkok Metropolis

(Baht per currency unit)

Line			1986	1987	1988	1989	1990
1a	Pound sterling	Buying	38.3802	41.9382	44.8157	41.9189	45.3618
b		Selling	38.7259	42.2920	45.1935	42.2965	45.7382
2a	U.S. dollar	Buying	26.1991	25.6359	25.1941	25.6020	25.4960
b		Selling	26.3491	25.7859	25.3441	25.7520	25.6360
3	Reference rate ^{1/}		26.2992	25.7353	25.2940	25.7020	25.5854
4a	Hong Kong dollar	Buying	3.3480	3.2782	3.2185	3.2732	3.2647
b		Selling	3.3858	3.3156	3.2556	3.3106	3.3001
5a	Malaysian rigget	Buying	10.1212	10.1372	9.5912	9.4218	9.4044
b		Selling	10.2598	10.2790	9.7236	9.5485	9.5160
6a	Singapore dollar	Buying	11.9794	12.1157	12.4568	13.0600	13.9902
b		Selling	12.1604	12.3042	12.6574	13.2732	14.1954
7a	Deutsche mark	Buying	12.0992	14.2583	14.3559	13.6253	15.7707
b		Selling	12.1980	14.3831	14.4840	13.7430	15.9142
8a	Swiss franc	Buying	14.6064	17.1878	17.2317	15.6460	18.3725
b		Selling	14.7815	17.3932	17.4403	15.8311	18.5894
9a	Netherland guilder	Buying	10.7033	12.6413	12.7418	12.0610	13.9843
b		Selling	10.8384	12.8034	12.9023	12.2096	14.1606
10a	Australian dollar	Buying	17.4735	17.8662	19.6613	20.1975	19.8240
b		Selling	17.8035	18.1832	19.9724	20.5028	20.1239
11a	Japanese yen	Buying	0.1563	0.1776	0.1967	0.1857	0.1764
b		Selling	0.1577	0.1794	0.1987	0.1875	0.1777
12a	Indian rupee	Buying	2.0110	1.9151	1.7671	1.5496	1.4189
b		Selling	2.1692	2.0787	1.9152	1.6808	1.5437
13a	New Zealand dollar	Buying	13.6457	15.0502	16.3846	15.1914	15.0885
b		Selling	13.9856	15.4411	16.7689	15.5495	15.5246
14a	Pakistan rupee	Buying	1.5707	1.4925	1.4142	1.3344	1.1464
b		Selling	1.7143	1.6394	1.5966	1.5014	1.3051
15a	Canadian dollar	Buying	18.8027	19.2810	20.4194	21.5713	21.7873
b		Selling	19.0193	19.5100	20.6646	21.8184	22.0386
16a	Austrian schilling	Buying	1.7085	2.0143	2.0288	1.9221	2.2259
b		Selling	1.7509	2.0640	2.0810	1.9713	2.2870
17a	French franc	Buying	3.7649	4.2475	4.2154	3.9995	4.6605

Table 89 : Rates of Exchange of Commercial Banks in Bangkok Metropolis

(Baht per currency unit)

Line		1986	1987	1988	1989	1990	
b	Selling	0.5967	0.6972	0.6973	0.6606	0.7754	
19a	Swedish krona	Buying	3.6589	4.0264	4.0974	3.9593	4.2880
b	Selling	3.7260	4.0958	4.1674	4.0233	4.3557	
20a	Danish krone	Buying	3.2260	3.7347	3.7338	3.4940	4.1104
b	Selling	3.2870	3.7982	3.7967	3.5510	4.1730	
21a	Norwegian krone	Buying	3.5245	3.7926	3.8549	3.6983	4.0625
b	Selling	3.5862	3.8545	3.9169	3.7531	4.1185	
22a	Italian lira	Buying	0.0173	0.0195	0.0190	0.0184	0.0210
b	Selling	0.0181	0.0203	0.0199	0.0191	0.0217	
23a	Chinese renminbi	Buying	7.5453	6.8248	6.6957	6.7032	5.2547
b	Selling	7.7421	6.9789	6.8653	6.9356	5.4455	
24a	Philippines peso	Buying	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
b	Selling	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
25a	Indonesia (1,000 rupiah)	Buying	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
b	Selling	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
26a	Korea won	Buying	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
b	Selling	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
27a	Taiwan dollar	Buying	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
b	Selling	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

Source : Bank of Thailand

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ราคาทองคำ (Gold Price)

Table 88 : Prices of Gold in Bangkok Metropolis

(Baht per Baht weight or 15.244 grammes)

Line		1981	1982	1983	1984	1985	1986
Ornaments :							
1	Gold Price	4762.15	4107.95	4633.43	4103.21	4121.93	4569.85
2	Service charge	276.63	250.00	250.00	263.62	351.82	337.51
3	Selling price	5038.78	4357.95	4883.43	4366.82	4473.75	4907.36
Bullion :							
4	Buying price	4765.76	4128.60	4691.14	4133.38	4173.62	4607.55
5	Selling price	4869.18	4228.98	4791.14	4233.41	4273.62	4707.55
6	per troy ounce in U.S.\$	456.58	374.35	424.11	372.40	320.13	364.65

Source : Gold Traders Association

Table 88 : Prices of Gold in Bangkok Metropolis

(Baht per Baht weight or 15.244 grammes)

Line		1987	1988	1989	1990	1991	1992
Ornaments :							
1	Gold Price	5443.44	5503.15	4862.47	4777.06	4477.80	4239.02
2	Service charge	370.56	340.68	341.26	338.04	337.92	336.03
3	Selling price	5814.00	5843.83	5203.73	5115.1	4815.72	4575.05
Bullion :							
4	Buying price	5514.00	5543.83	4903.73	4816.17	4515.72	4275.44
5	Selling price	5614.00	5643.83	5003.73	4916.17	4615.72	4375.045
6	per troy ounce in U.S.\$	444.37	454.42	396.61	388.95	365.5	347.79

Source : Gold Traders Association

Table 88 : Prices of Gold in Bangkok Metropolis

(Baht per Baht weight or 15.244 grammes)

Line		1993	1994	1995	1996	1997	1998
Ornaments :							
1	Gold Price	4326.52	4609.48	4565.30	4653.14	4719.06	5560.79
2	Service charge	339.47	335.69	345.42	339.34	346.53	383.42
3	Selling price	4666.00	4945.17	4910.72	4992.48	5065.60	5944.22
Bullion :							
4	Buying price	4366.83	4645.38	4611.33	4692.48	4767.12	5638.19
5	Selling price	4466.83	4745.38	4712.31	4792.48	4868.71	5748.16
6	per troy ounce in U.S.\$	356.33	381.30	383.02	382.43	319.88	280.88

Source : Gold Traders Association

Table 88 : Prices of Gold in Bangkok Metropolis

(Baht per Baht weight or 15.244 grammes)

Line		1999	2000	2001	2002	2003	2004
Ornaments :							
1	Gold Price	4962.11	5247.56	5587.51	6172.40	6987.85	7665.29
2	Service charge	382.16	378.54	385.80	382.72	380.09	379.15
3	Selling price	5344.27	5626.09	5973.31	6555.12	7367.94	8044.44
Bullion :							
4	Buying price	5042.63	5326.09	5666.14	6255.12	7067.94	7744.44
5	Selling price	5143.57	5426.09	5766.31	6355.12	7166.75	7844.44
6	per troy ounce in U.S.\$	273.49	272.57	261.04	298.19	349.36	394.37

Source : Gold Traders Association

Table 88 : Prices of Gold in Bangkok Metropolis

(Baht per Baht weight or 15.244 grammes)

Line		2005	2006
Ornaments :			
1	Gold Price	8374.92	10648.61
2	Service charge	388.40	597.88
3	Selling price	8763.31	11246.49
Bullion :			
4	Buying price	8454.42	10780.34
5	Selling price	8554.66	10879.82
6	per troy ounce in U.S.\$	430.21	583.51

Source : Gold Traders Association



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate)

Table 77 : Consumer Price Index by Group

Line	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1 Headline consumer price index1/	97.8	99.4	100.0	101.8	104.6	109.3	114.4
2 Food and beverages	99.0	99.7	100.0	103.7	108.3	113.7	118.9
3 Rice and cereal products	111.3	108.9	100.0	109.8	118.8	118.0	121.8
4 Meat , poultry and fish	98.4	99.8	100.0	100.6	109.9	118.6	123.0
5 Vegetables and fruits	90.5	94.2	100.0	119.7	132.2	154.0	179.1
6 Eggs and milk products	96.6	99.3	100.0	99.4	108.4	113.6	110.5
7 Seasonings and condiments	99.9	98.5	100.0	103.7	105.1	105.3	109.4
8 Non-alcoholic beverages	98.8	99.2	100.0	100.4	100.7	101.2	105.6
9 Consumable food - within the household	99.8	99.9	100.0	101.6	103.2	105.4	107.0
10 Consumable food - outside the household	99.7	99.8	100.0	100.2	100.8	102.6	104.2
11 Non-food and beverages	97.0	99.2	100.0	100.7	102.4	106.8	111.7
12 Clothing and footwear	98.6	99.6	100.0	100.1	100.3	100.7	100.9
13 Housing and furnishing	98.4	100.0	100.0	99.5	100.0	101.3	103.3
14 Personal and medical care	96.9	98.9	100.0	100.9	102.4	104.2	105.8
15 Transportation and communication	95.8	98.7	100.0	103.1	107.4	118.0	128.7
16 Recreation and education	98.1	99.1	100.0	99.9	101.5	102.5	103.3
17 Tobacco and alcoholic beverages	92.3	97.9	100.0	99.4	98.6	100.3	108.8
18 Core consumer price index 2/	98.4	99.6	100.0	100.2	100.6	102.2	104.5
19 Raw food and energy	96.4	99.2	100.0	106.9	116.8	131.2	144.9
20 Raw food	98.2	99.7	100.0	107.8	117.9	128.5	138.2
21 Energy	94.0	99.2	100.0	105.7	115.2	135.6	156.0
22 Low income consumer price index3/	97.7	99.1	100.0	101.7	104.8	109.4	114.7
23 Food	98.8	99.3	100.0	103.0	108.0	113.7	119.6
24 Non-food	96.8	99.0	100.0	100.7	102.3	106.0	110.6
25 Rural price index4/	97.8	99.2	100.0	101.9	106.7	113.5	120.7
26 Food	98.6	99.1	100.0	103.0	111.5	121.5	131.8
27 Non-food	97.2	99.2	100.0	101.1	103.0	107.3	112.2

หมายเหตุ : ข้อมูลในปีที่ขาดหายไปจากการประมาณการ

ตารางที่ 6 ดัชนีราคาผู้ผลิต (producer price index หรือ PPI)

Table 75 : Producer Price Index by Product Group

Line	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1 All products 1/	100.0	102.5	104.2	108.4	115.7	126.3	135.2
2 Agricultural products	100.0	105.1	115.7	128.2	147.3	178.6	210.8
3 Crops products	100.0	105.7	120.4	142.8	168.0	216.4	273.6
4 Livestocks and products	100.0	112.7	114.2	109.7	135.2	155.7	148.6
5 Forestry products	100.0	99.0	100.8	103.2	103.1	103.6	109.5
6 Fish and other fishing products	100.0	99.4	104.9	102.2	101.0	97.2	95.0
7 Mining and fuel products	100.0	108.0	106.7	112.9	127.3	149.5	172.0
8 Lignite, petroleum and natural gas	100.0	115.9	115.3	124.4	137.3	164.9	186.4
9 Metal ores and other mining	100.0	102.3	100.3	104.5	121.2	133.7	161.9
10 Manufactured products	100.0	102.0	102.6	105.5	111.2	119.2	125.2
11 Food products, beverages and tobacco	100.0	106.6	108.7	111.0	115.4	122.3	126.3
12 Textiles and textiles products	100.0	101.5	100.2	101.5	101.9	102.2	103.3
13 Leather, leather products and footwears	100.1	101.1	101.3	100.2	101.7	102.9	102.8
14 Wood and wood products	100.1	104.7	105.2	107.4	112.9	120.2	128.1
15 Pulp, paper, paper products and printing	100.0	99.4	98.4	100.1	100.8	99.8	102.9
16 Petroleum products	100.0	98.4	94.4	107.6	138.1	181.2	205.7
17 Chemicals, chemical products and synthetic fibres	100.0	98.2	94.8	97.2	112.4	118.7	123.2
18 Rubber and plastics products	100.1	99.7	98.8	100.8	106.5	116.8	137.1
19 Non-metallic mineral products	100.0	103.6	101.4	107.4	105.7	106.1	111.7
20 Basic metals and fabricated metal products	100.0	100.9	105.5	114.7	136.8	146.3	148.5
21 Machinery and equipment	100.0	100.5	101.2	102.3	105.7	109.3	111.1
22 Electrical equipments	100.0	100.3	101.3	99.6	98.1	102.4	102.2
23 Transport equipment	100.0	103.0	105.8	106.5	106.0	105.3	106.6
24 Other manufactured goods	100.0	101.5	104.9	113.7	119.8	131.8	152.2

หมายเหตุ : ข้อมูลในปีที่ขาดหายไปจากการประมาณการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (Manufacturing production Index)

Table 67 : Manufacturing Production Index by Product Group

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1 Manufacturing Production Index							
2 Total Index	100.0	102.7	112.0	127.7	142.6	155.6	167.1
3 Total Index (exclude Liquor)	100.0	102.4	110.7	126.4	141.1	154.2	165.7
4 Total Index (seasonally adjusted) 2/	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5 Industry Classification							
6 Foods :	100.0	98.4	102.6	120.7	119.2	118.9	128.1
7 Rice Mill	100.0	108.6	100.7	117.6	117.4	117.8	118.8
8 Sugar	100.0	72.3	84.9	110.7	105.5	70.0	79.1
9 Rawmilk	100.0	105.5	121.5	131.3	138.9	146.2	137.3
10 Condensed milk	100.0	105.5	177.6	178.9	168.6	171.4	158.2
11 Evaporated milk	100.0	115.4	253.4	262.3	316.9	259.0	262.0
12 Canned Pineapple	100.0	100.9	91.7	114.9	115.3	124.3	151.9
13 Canned Seafood	100.0	109.9	117.5	142.8	138.8	160.5	172.6
14 Frozen Seafood	100.0	101.4	97.2	106.5	104.7	108.7	112.5
15 Frozen chicken	100.0	104.0	121.6	147.7	113.5	107.9	111.8
16 Vegetable oil	100.0	107.7	112.9	124.3	136.2	155.1	189.1
17 Beverages :	100.0	110.2	128.1	152.6	160.5	165.2	188.5
18 Liquor	100.0	189.5	511.5	535.8	612.7	570.2	602.9
19 Beer	100.0	106.3	109.4	137.5	140.0	145.4	172.5
20 Carbonate Water	100.0	108.9	114.0	126.5	134.2	148.7	148.1
21 Energy Drink	100.0	104.0	99.8	107.6	124.7	131.3	140.8
22 Soy milk	100.0	103.0	102.5	115.2	141.6	162.0	177.5
23 Electrolyte Beverage	100.0	106.1	108.6	126.7	125.9	154.4	173.3
24 Tobacco :	100.0	97.0	100.1	103.8	113.1	107.3	93.0
25 Textiles & Textile Products :	100.0	108.0	115.8	121.3	129.2	132.1	135.2
26 Synthetic Fiber	100.0	99.9	107.6	102.9	110.7	100.2	89.8
27 Spinning	100.0	111.5	121.0	128.8	139.1	127.5	128.5
28 Weaving	100.0	106.5	114.1	116.1	123.3	123.4	125.1
29 Knitting	100.0	111.3	117.7	119.0	126.9	134.8	139.2
30 Garment	100.0	108.2	116.0	123.8	131.5	140.4	146.0

Table 67 : Manufacturing Production Index by Product Group

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
31	Products of Leather & Leather	100.0	81.6	75.4	62.3	72.8	65.4	47.8
32	Footwear	100.0	113.4	103.4	109.3	112.7	120.5	137.3
33	Leather Footwear	100.0	114.7	101.4	106.0	113.7	122.2	144.8
34	Sport Footwear	100.0	106.7	113.7	126.2	107.5	111.5	98.2
35	Pulp & Paper Products	100.0	100.5	103.1	108.1	105.5	117.8	125.2
36	Pulp	100.0	100.6	101.1	108.5	101.7	102.4	110.5
37	Printing & Writing paper	100.0	104.6	108.8	116.2	111.5	118.4	120.7
38	Paper board	100.0	102.6	103.2	97.9	100.3	110.7	96.4
39	Kraft paper	100.0	98.6	102.7	105.4	107.1	133.0	143.1
40	Chemical Products	100.0	102.9	112.0	117.2	121.8	126.1	126.6
41	Upstream Petrochemical	100.0	99.4	105.2	119.6	119.8	121.6	128.6
42	Intermediate Petrochemical	100.0	103.2	105.5	107.3	112.9	116.4	110.0
43	Downstream Petrochemical	100.0	103.9	118.0	122.5	127.7	133.3	135.9
44	Cleaning Preparation	100.0	122.8	130.7	159.6	202.4	208.5	222.8
45	Soap	100.0	107.9	98.3	104.8	108.7	121.2	141.2
46	Detergent	100.0	103.0	120.7	122.2	128.9	118.9	124.7
47	Shampoo	100.0	138.9	147.2	199.0	275.3	288.3	305.5
48	Petroleum Products :	100.0	102.2	104.0	108.6	117.7	117.2	120.0
49	Rubber & Rubber Products	100.0	89.0	107.3	119.2	112.2	122.0	123.5
50	Block Rubber	100.0	90.8	93.5	108.2	103.6	132.1	111.1
51	Rubber sheet	100.0	82.3	106.2	114.9	97.3	94.4	108.7
52	Rubber glove	100.0	99.9	130.2	144.4	155.5	163.3	172.3
53	Construction Materials :	100.0	110.8	126.3	123.5	136.4	151.8	160.4
54	Cement	100.0	109.5	124.2	127.6	139.7	148.5	154.5
55	Clinker	100.0	114.2	129.0	114.3	119.4	132.3	138.7
56	Concrete Products	100.0	105.7	125.6	136.2	175.5	221.5	244.7
57	Iron & Steel Products :	100.0	101.4	131.2	140.7	155.3	149.7	144.8
58	Steel bar & Shape Steel	100.0	105.9	132.2	142.6	166.7	158.7	155.8
59	Galvanized Iron Sheet	100.0	117.8	141.1	125.4	118.3	77.0	80.8

Table 67 : Manufacturing Production Index by Product Group

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
60	P.C. Wire & P.C. Stand Wire	100.0	112.1	141.7	165.7	196.8	203.4	211.2
61	Wire Rod	100.0	107.5	126.4	141.1	160.9	163.1	168.2
62	Steel Pipe	100.0	104.8	104.9	89.3	89.5	83.4	86.3
63	Hot&Cold-rolled Sheet	100.0	94.6	136.6	156.2	174.9	177.9	164.6
64	Tinplate	100.0	102.3	117.7	131.6	158.0	109.8	143.7
65	Vehicles and Equipments :	100.0	124.7	148.4	196.7	236.9	251.8	264.4
66	Passenger Car	100.0	160.6	174.3	259.1	307.9	285.8	307.7
67	Commercial Car	100.0	96.4	132.1	155.9	199.8	269.5	284.5
68	Motorcycle	100.0	113.2	164.3	205.6	245.6	270.4	252.1
69	Tyre	100.0	99.2	114.2	126.8	144.0	148.4	147.7
70	Battery	100.0	92.9	98.7	105.3	116.1	114.4	129.1
71	Electronic Products :	100.0	88.7	99.4	139.9	183.8	256.9	317.9
72	Integrated Circuit	100.0	62.2	81.2	116.3	139.3	160.9	197.4
73	Computer	100.0	100.5	110.4	211.7	302.8	284.8	279.9
74	Monitor	100.0	75.0	60.0	40.7	45.7	22.6	14.1
75	Computer Keyboard	100.0	109.4	123.5	100.5	52.5	27.4	3.5
76	Hard Disk Drive	100.0	106.1	114.8	182.9	255.5	407.5	519.8
77	Printer	100.0	108.0	111.0	98.0	139.2	125.9	108.5
78	Electrical Appliance	100.0	95.2	104.3	111.7	121.6	123.9	113.8
79	T V	100.0	83.8	100.2	107.5	114.1	113.7	102.8
80	Radio and tape recorders	100.0	104.5	58.3	130.4	78.5	43.3	6.2
81	Fans	100.0	132.0	128.5	139.2	131.6	124.5	131.4
82	Rice cookers	100.0	98.7	106.8	110.8	111.3	105.1	101.3
83	Refrigerators	100.0	111.4	128.3	155.3	180.1	190.5	205.9
84	Washing machines	100.0	102.1	137.5	182.7	202.9	193.6	213.5
85	Air-conditioners	100.0	126.7	107.6	91.5	116.0	133.2	110.7
86	Furniture and fixtures	100.0	118.3	135.4	121.5	117.6	126.5	101.9
87	Wood furniture	100.0	123.2	145.2	127.8	123.2	136.2	110.3
88	Metal furniture	100.0	92.3	83.7	87.9	88.5	74.8	57.4

Table 67 : Manufacturing Production Index by Product Group

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
89 Setting Jewellery :	100.0	103.9	103.9	105.9	108.9	111.4	110.9
90 Others :	100.0	101.5	105.1	116.1	126.3	128.2	139.8
91 Tin Metal	100.0	132.5	104.3	83.3	109.9	174.0	151.7
92 Zinc Metal	100.0	95.4	96.6	105.2	101.7	94.5	85.1
93 Compressor	100.0	112.7	117.7	121.4	140.1	154.8	157.2
94 Glass Sheet	100.0	100.0	117.4	130.0	128.6	133.5	133.8
95 Electric Motor	100.0	94.5	95.1	112.8	126.5	116.0	147.7
96 Agricultural diesel engine	100.0	112.6	106.2	105.4	117.1	120.6	95.4

หมายเหตุ : ข้อมูลในปีที่ขาดหายไปจากการประมาณการ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ



ตาราง 12 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ

TABLE 12 FINAL ENERGY CONSUMPTION BY ECONOMIC SECTOR

หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

unit : ktoe

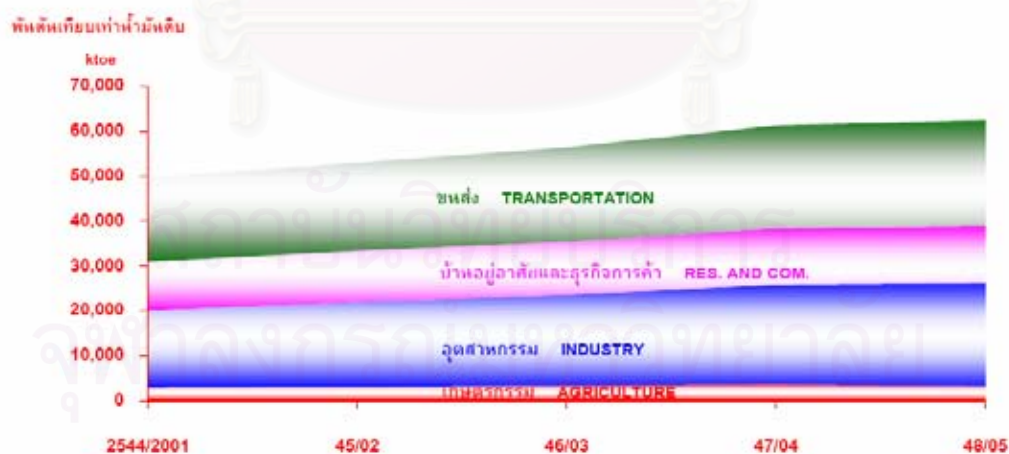
ร้อยละ

%

สาขา	2544	2545	2546	2547	2548	SECTOR
	2001	2002	2003	2004	2005	
เกษตรกรรม	2,847	3,032	3,308	3,520	3,207	AGRICULTURE
	5.7	5.7	5.9	5.7	5.1	
เหมืองแร่	93	106	115	131	125	MINING
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
อุตสาหกรรมการผลิต	16,922	18,679	19,988	21,961	22,641	MANUFACTURING
	34.2	35.3	35.5	35.8	36.3	
การก่อสร้าง	128	149	152	171	152	CONSTRUCTION
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	
บ้านอยู่อาศัย	7,483	7,909	8,173	8,801	8,933	RESIDENTIAL
	15.1	14.9	14.5	14.4	14.3	
ธุรกิจการค้า	3,437	3,468	3,626	3,866	3,846	COMMERCIAL
	6.9	6.5	6.4	6.3	6.2	
การขนส่ง	16,632	19,636	20,927	22,812	23,491	TRANSPORTATION
	37.6	37.1	37.2	37.2	37.7	
รวม	49,542	52,979	56,269	61,262	62,395	TOTAL
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

รูป 8 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ

FIGURE 8 TRENDS OF FINAL ENERGY CONSUMPTION BY ECONOMIC SECTOR



หมายเหตุ : อุตสาหกรรมประกอบด้วย อุตสาหกรรมการผลิต
เหมืองแร่ และการสร้าง

Note : Industry includes manufacturing, mining, and construction

ตารางที่ 9 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตจำแนกตามสาขาย่อย

ตาราง 14 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตจำแนกตามสาขาย่อย

TABLE 14 ENERGY CONSUMPTION FOR MANUFACTURING SECTOR BY SUB - SECTOR

หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

unit : ktoc

ร้อยละ

%

สาขาย่อย	2544	2545	2546	2547	2548	SUB - SECTOR
	2001	2002	2003	2004	2005	
อาหารและเครื่องดื่ม	4,705	5,285	6,092	6,376	6,352	FOOD AND BEVERAGES
	27.8	28.3	30.5	29.0	28.1	
สิ่งทอ	1,135	1,157	1,142	1,116	1,050	TEXTILES
	6.7	6.2	5.7	5.1	4.6	
ไม้และเครื่องเรือน	156	160	170	185	192	WOOD AND FURNITURE
	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	
กระดาษ	707	832	694	794	815	PAPER
	4.2	4.5	3.5	3.6	3.6	
เคมี	2,251	2,240	2,555	2,731	2,747	CHEMICAL
	13.3	12.0	12.8	12.4	12.1	
โลหะ	4,713	5,408	5,663	6,557	7,574	NON-METALLIC
	27.9	29.0	28.3	29.9	33.5	
โลหะขั้นมูลฐาน	756	970	1,053	1,214	1,049	BASIC METAL
	4.5	5.2	5.3	5.5	4.6	
ผลิตภัณฑ์โลหะ	1,057	1,169	1,314	1,530	1,500	FABRICATED METAL
	6.2	6.3	6.6	7.0	6.6	
อื่น ๆ (จำแนกไม่ได้)	1,442	1,458	1,305	1,458	1,362	OTHERS (UNCLASSIFIED)
	8.5	7.8	6.5	6.6	6.0	
รวม	16,922	18,679	19,988	21,961	22,641	TOTAL
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.1	

ตารางที่ 10 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตปี 2548

ตาราง 15 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตปี 2548

TABLE 15 ENERGY CONSUMPTION FOR MANUFACTURING SECTOR IN 2005

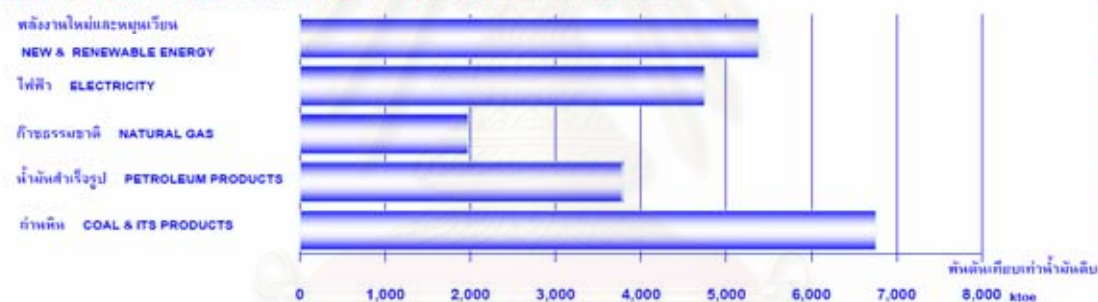
หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

unit : ktoe

สาขาย่อย	ถ่านหิน	น้ำมัน	ก๊าซ	ไฟฟ้า	รวม	พลังงานใหม่	รวม	SUB-SECTOR
	สำเร็จรูป	ธรรมชาติ	รวม	และหมุนเวียน		ทั้งสิ้น		
	COAL & ITS PRODUCTS	PETROLEUM PRODUCTS	NATURAL GAS	ELECTRICITY	TOTAL	NEW & RENEWABLE ENERGY	GRAND TOTAL	
อาหารและเครื่องดื่ม	28	728	84	794	1,634	4,719	6,353	FOOD AND BEVERAGES
สิ่งทอ	43	344	8	655	1,050	-	1,050	TEXTILES
ไม้และเครื่องเรือน	-	46	-	128	174	18	192	WOOD AND FURNITURE
กระดาษ	444	195	-	176	815	-	815	PAPER
เคมี	809	481	469	790	2,549	197	2,746	CHEMICAL
อลูมิเนียม	5,173	267	1,089	596	7,125	448	7,573	NON-METALLIC
โลหะขั้นมูลฐาน	162	339	-	548	1,049	-	1,049	BASIC METAL
ผลิตภัณฑ์โลหะ	-	156	327	1,017	1,500	-	1,500	FABRICATED METAL
อื่น ๆ (จำแนกไม่ได้)	96	1,223	-	44	1,363	-	1,363	OTHERS (UNCLASSIFIED)
รวม	6,755	3,779	1,977	4,748	17,259	5,382	22,641	TOTAL

รูป 10 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตจำแนกตามประเภทปี 2548

FIGURE 10 MANUFACTURING ENERGY CONSUMPTION BY TYPE IN 2005



รูป 11 การใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมการผลิตจำแนกตามสาขาย่อยปี 2548

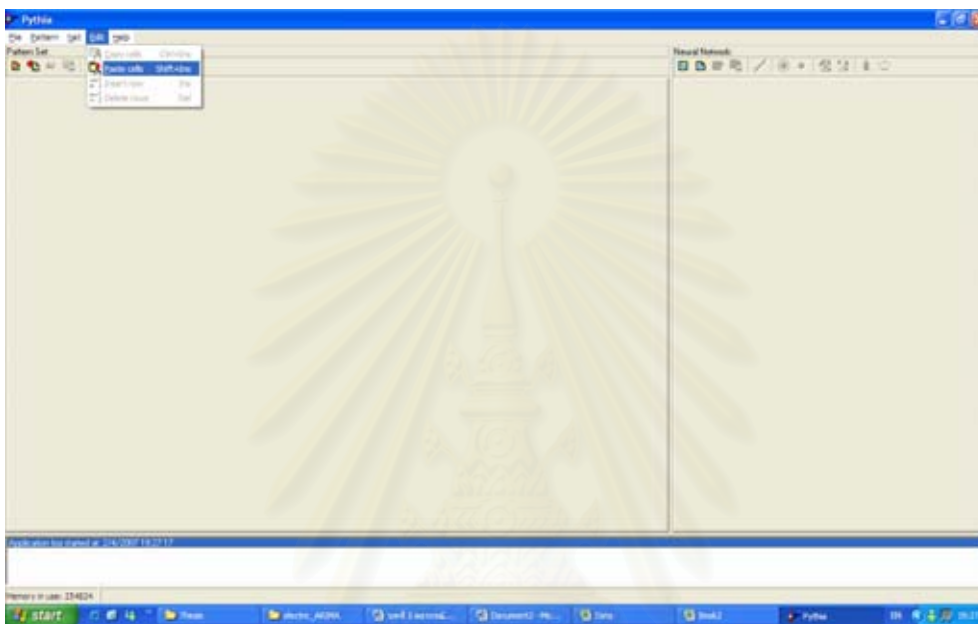
FIGURE 11 MANUFACTURING ENERGY CONSUMPTION BY SUB-SECTOR IN 2005



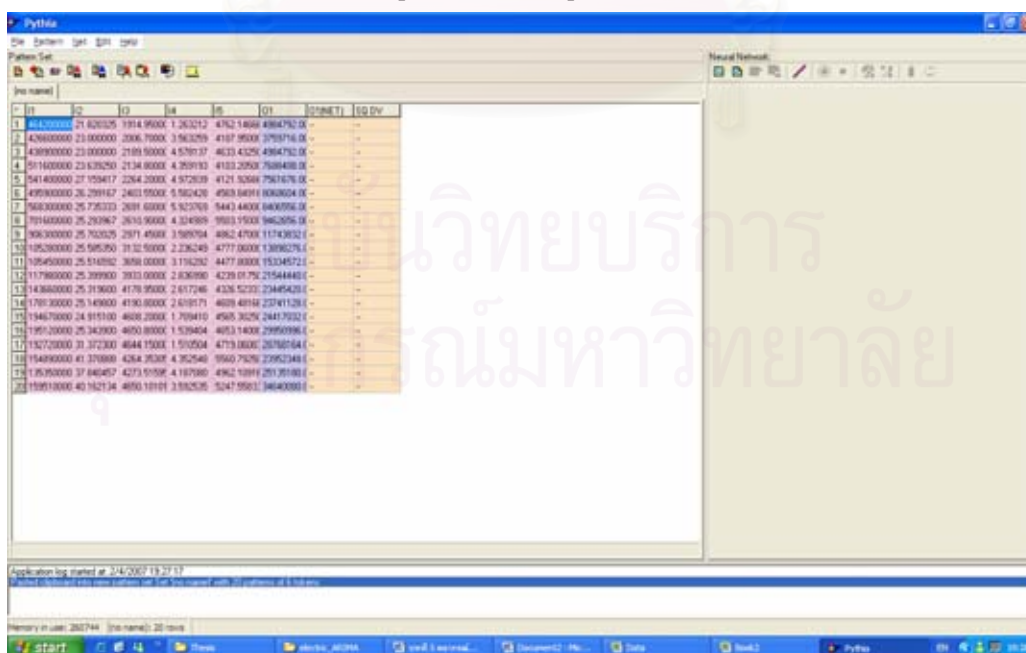
ภาคผนวก ข.

การใช้โปรแกรม Pythia Version 1.02

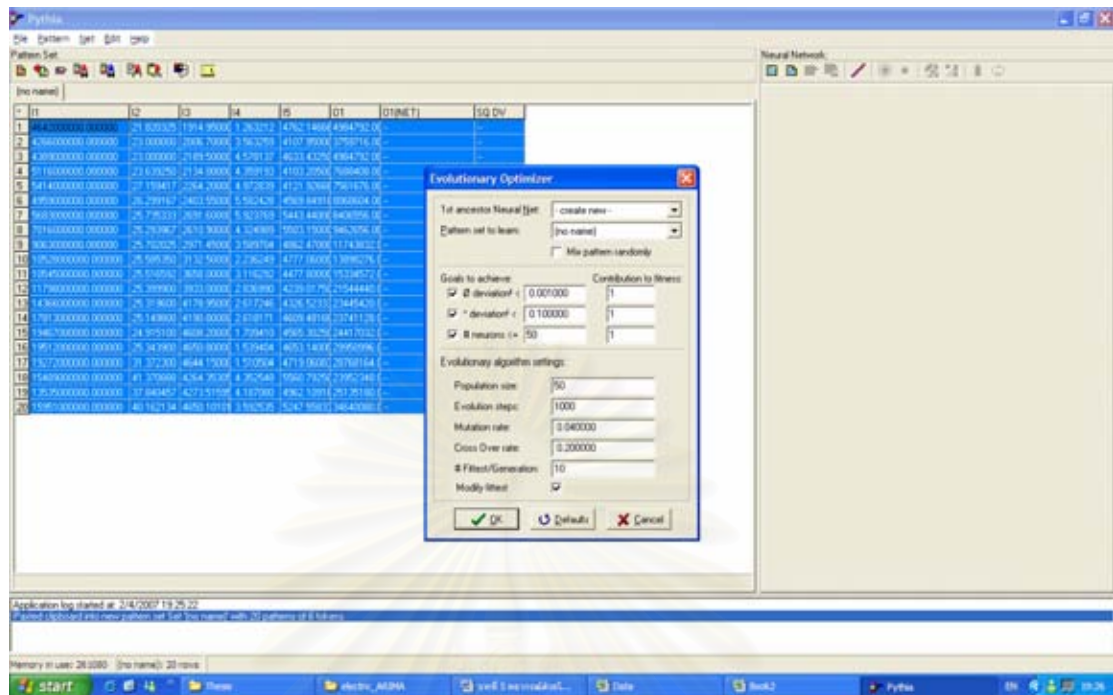
1. เปิดโปรแกรม Pythia หลังจากนั้นทำการ copy ข้อมูลจาก Excel โดยเรียงจากข้อมูลปัจจัยนำเข้าและข้อมูลผลลัพธ์



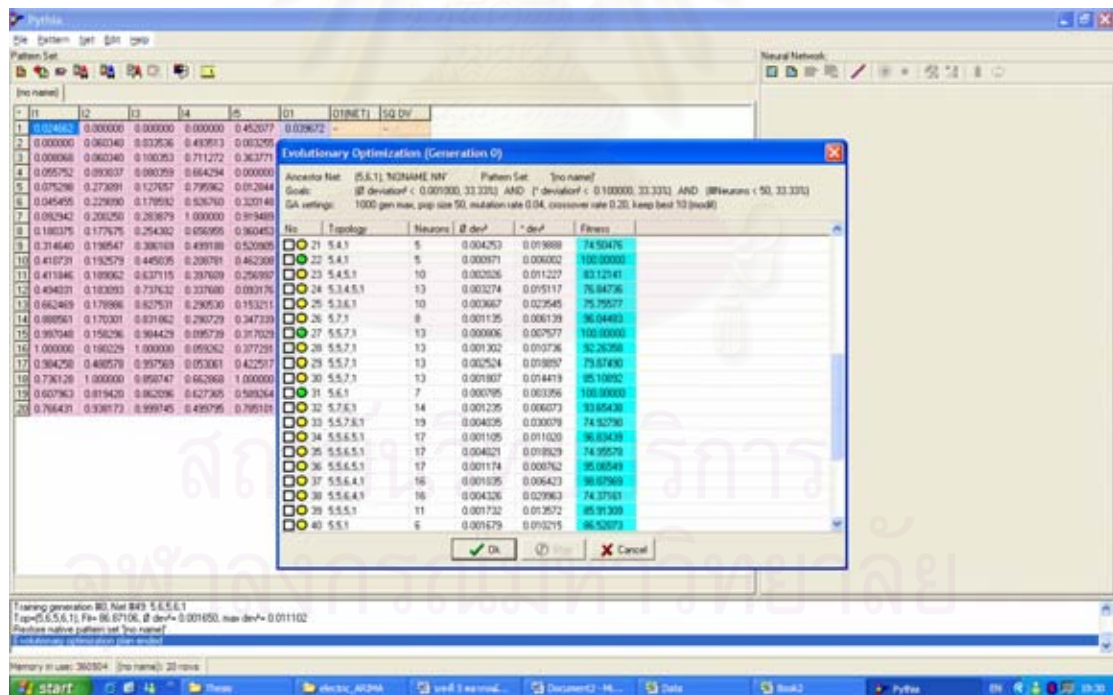
2. เลือก Edit > Paste cells ข้อมูลทั้งหมดจะอยู่ในโปรแกรม pythia



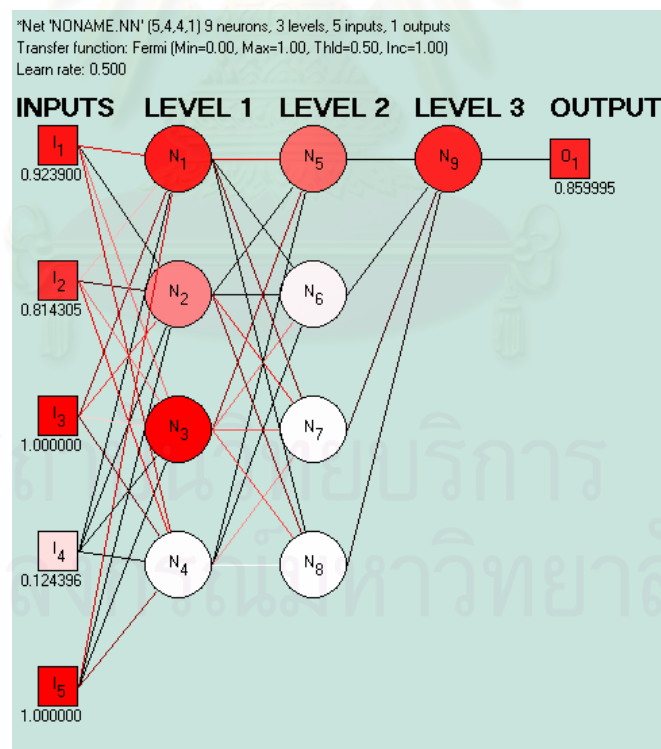
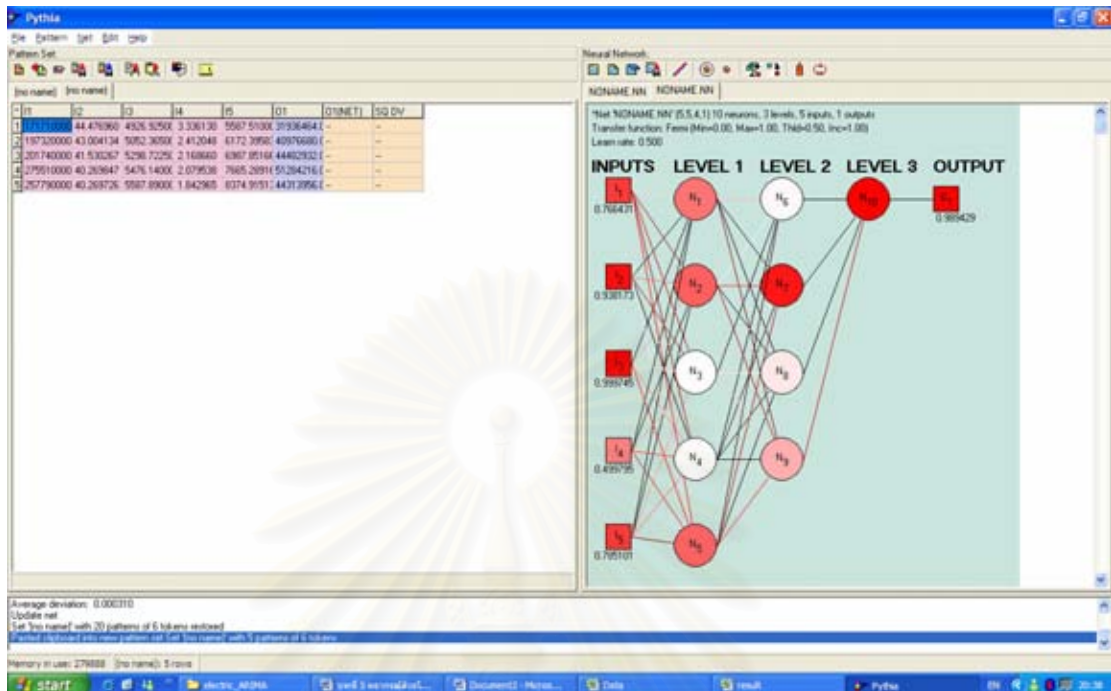
3. ทำการวิเคราะห์ Evolutionary Optimizer



4. เลือกโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม



5. ทำการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียม

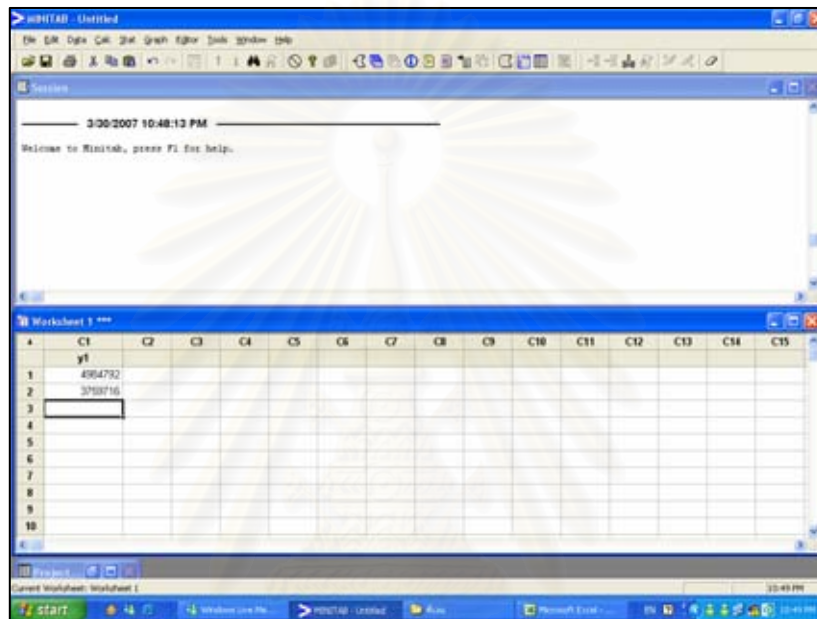


6. นำค่าปัจจัยที่ต้องการทำการทดสอบเข้าไปในโครงข่ายประสาทเทียมหลังจากนั้นโปรแกรมจะ
 ให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

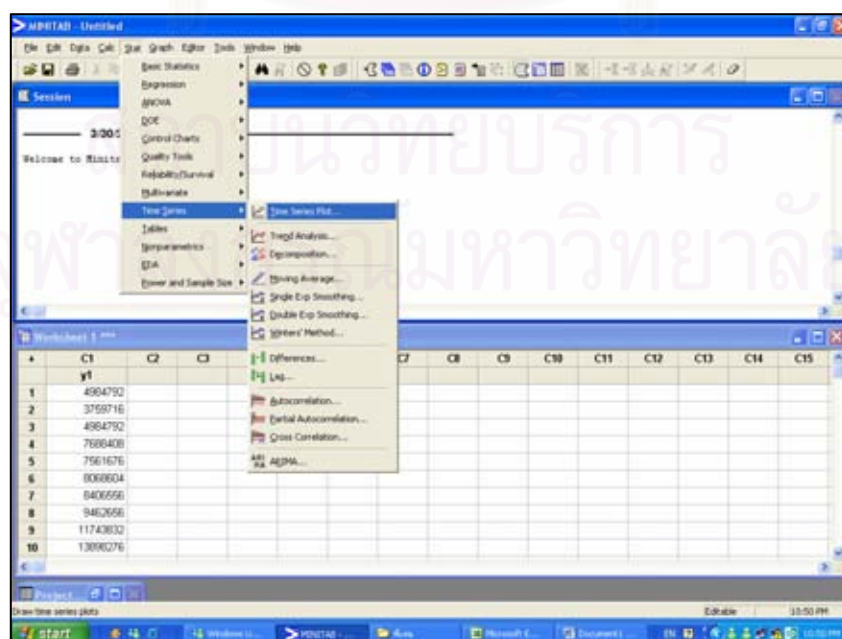
ภาคผนวก ค.

การใช้ MINITAB for Box - Jenkins

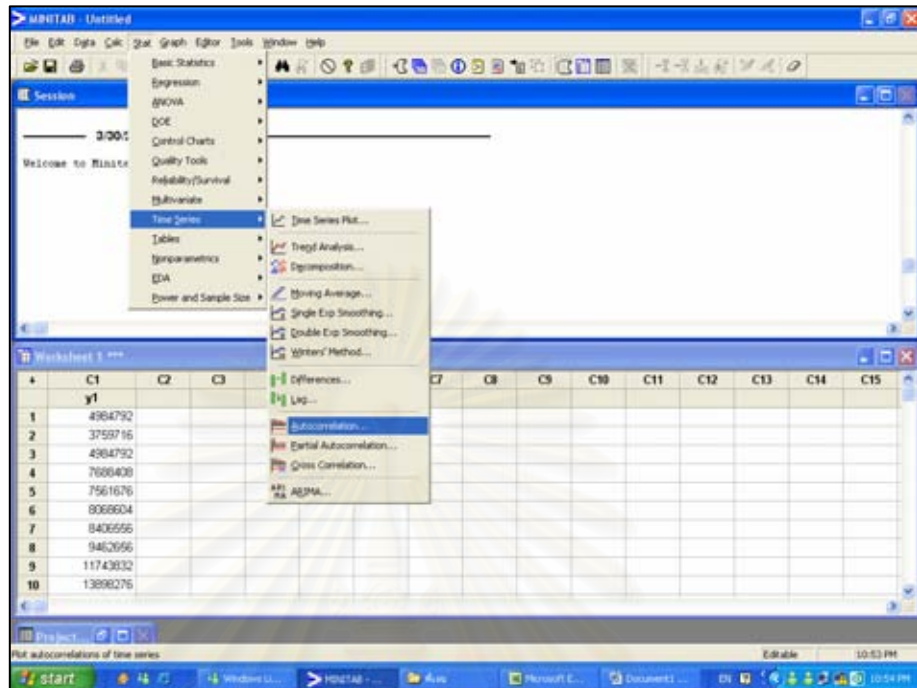
1. ทำการกรอกข้อมูล



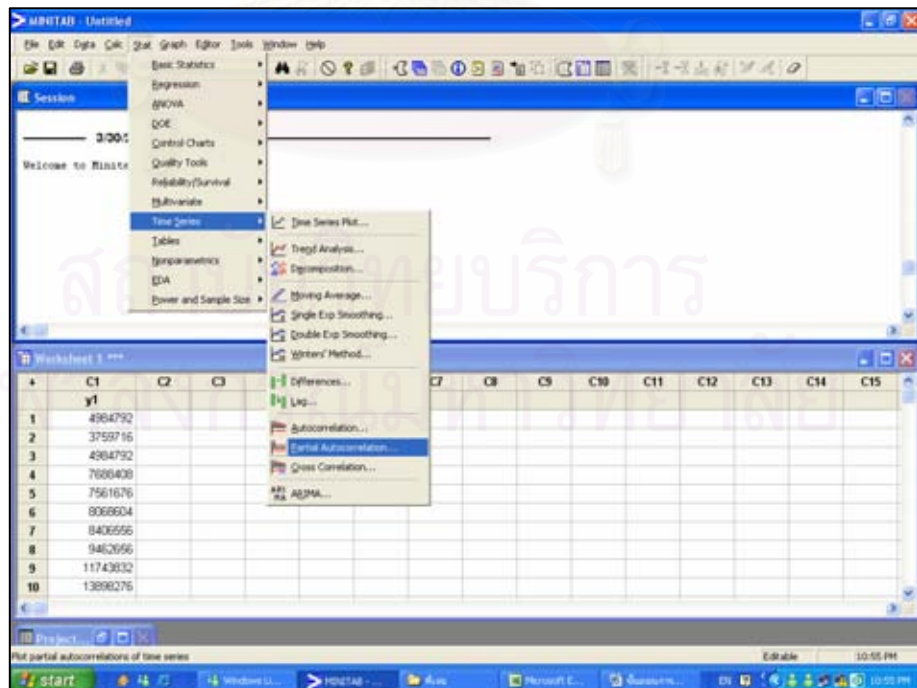
2. การพล็อตกราฟ Time Series Plot โดยเลือก stat → Time Series → Time Series Plot



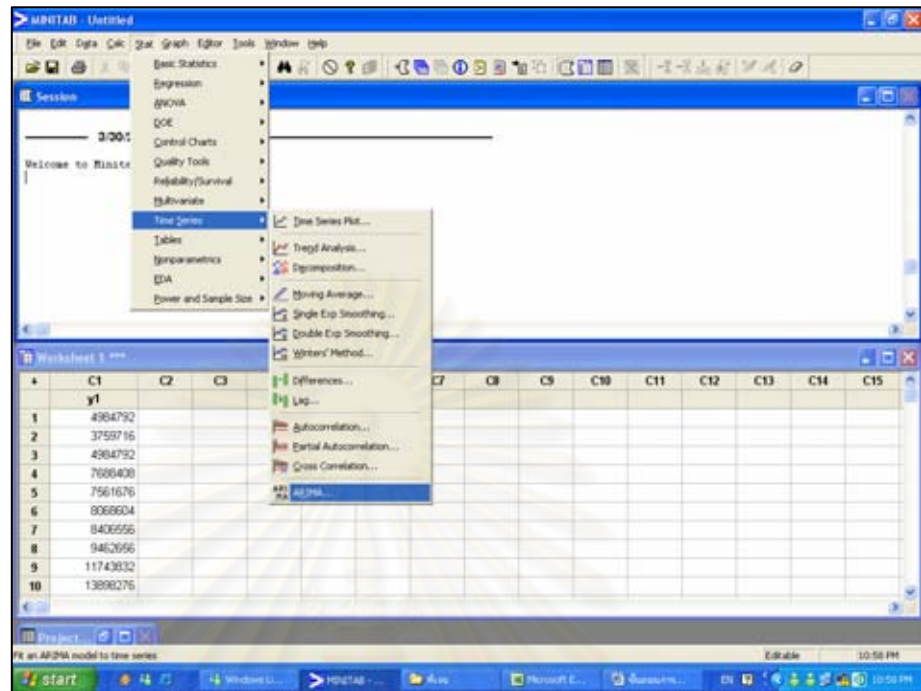
3. การพล็อตกราฟ Autocorrelation โดยเลือก stat → Time Series → Autocorrelation



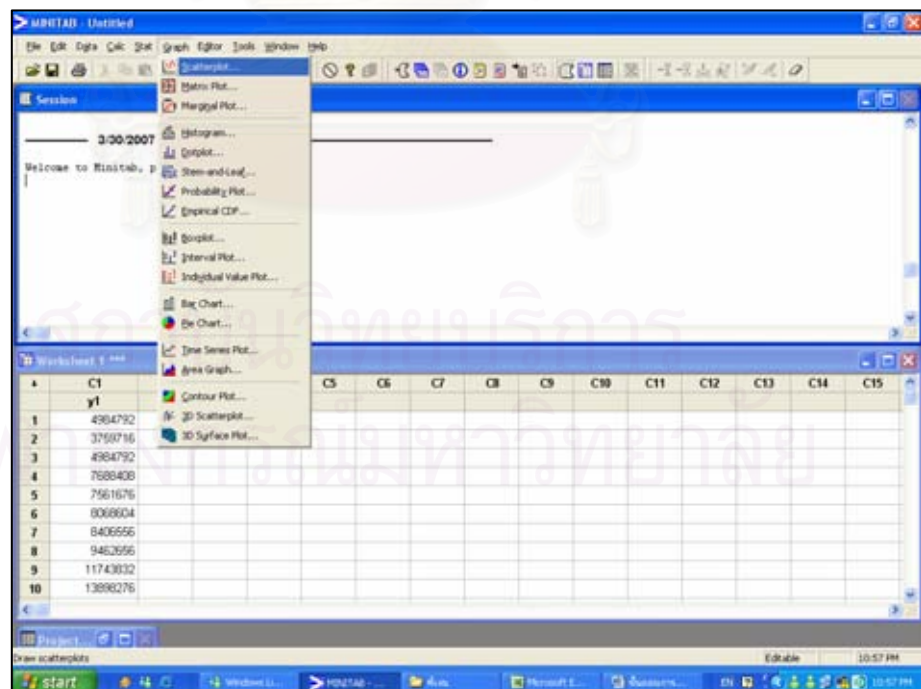
4. การพล็อตกราฟ Partial Autocorrelation โดยเลือก stat → Time Series → Partial Autocorrelation



5. การวิเคราะห์รูปแบบ Arima โดยเลือก stat → Time Series → ARIMA



7. การพล็อตกราฟการกระจาย โดยเลือก Graph → Scatterplot



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนพรัตน์ ศิริโชติ เกิดเมื่อวันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดสงขลา สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนธิดานุเคราะห์ และเข้าศึกษาต่อจนสำเร็จ การศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ในปีการศึกษา 2544 จากนั้นทำงาน ในตำแหน่งวิศวกรคุณภาพ ของบริษัท เซมเพอร์ฟอร์ม แปซิฟิก จำกัด ในเครือบริษัท ศรีตรังแอกโกร อินดัสทรี จำกัด (มหาชน) แล้วจึงได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขณะศึกษาต่อทำงาน เป็นคณะทำงานออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูล เว็บไซต์ ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ.2549 และทำงานเป็นผู้ช่วยนักวิจัยโครงการพัฒนาระบบติดตามผล ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ของศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบ การผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เสนอต่อกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ในปี พ.ศ.2549

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย