



**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**  
**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพยากรณ์เพื่อวางแผนการจัดการพัสดุคงคลังของการไฟฟ้า กรณีศึกษาการไฟฟ้า  
ส่วนภูมิภาคอำเภอชัยบุรี

Forecasting Techniques for Inventory Management of Electric Utilities: A Case Study of  
PEA Utility at Thanyaburi

นามผู้วิจัย เรือเอกทินกร หนูเหมือน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์คุณชัยเชษฐ ฤกษ์ปรีดาพงศ์, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์พิสุทธิ รพีศักดิ์, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์วิชัย สุระพัฒน์, วศ.ม. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพยากรณ์เพื่อวางแผนการจัดการพัสดุคงคลังของการไฟฟ้า  
กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอธัญบุรี

Forecasting Techniques for Inventory Management of Electric Utilities:  
A Case Study of PEA Utility at Thanyaburi

โดย

เรือเอกทินกร หนูเหมือน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2554

ทินกร หนูเหมือน, เรือเอก 2554: การพยากรณ์เพื่อวางแผนการจัดการพัสดुकงคลังของ  
การไฟฟ้า กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอชัยบุรี ปริญญาวิศวกรรมศาสตร  
มหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่  
ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์คุณชัยเชษฐ ฤกษ์ปรีดาพงศ์, Ph.D. 128  
หน้า

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการใช้พัสดुकงคลังของการไฟฟ้า  
ส่วนภูมิภาค โดยใช้เทคนิคแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ทาง  
สถิติอีก 3 วิธี ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล  
ครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) และวิธีปรับเรียบแบบโฮลท์ลิเนียร์เอ็กซ์โปเนนเชียล  
(Holt 's Linear Exponential Smoothing) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พิจารณาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค  
อำเภอชัยบุรีเป็นกรณีศึกษา โดยใช้ข้อมูลความต้องการพัสดुकงคลังตั้งแต่ มกราคม 2551 ถึง  
กันยายน 2553 และใช้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เป็นตัวประเมินแบบจำลองการ  
พยากรณ์ เมื่อทำการทดสอบกับความต้องการพัสดुकงคลังจำนวน 25 ชนิดพบว่า แบบจำลอง  
โครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ได้แม่นยำกว่าวิธีการอื่นที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ผลลัพธ์  
ที่ได้จากการพยากรณ์สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการพัสดुकงคลังได้อย่างมี  
ประสิทธิภาพ

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Tinnakorn Noomuan, Lt. 2011: Forecasting Techniques for Inventory Management of Electric Utilities: A Case Study of PEA Utility at Thanyaburi. Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Dulpichet Rerkpreedapong, Ph.D. 128 pages.

This thesis presents the forecasting techniques for inventory demand of Provincial Electricity Authority (PEA) by using an Artificial Neural Networks (ANNs) forecasting technique compared with 3 forecasting methods – Moving Average (MA), Single Exponential Smoothing (SES) and Holt’s Linear Exponential (HES). This thesis considers the PEA Utility at Thanyaburi as a case study. The historical data used in this thesis are inventory demand from January 2008 to September 2010. Root Mean Square Error (RMSE) is used to assess accuracy of the forecasting models. When tested with the inventory demand of 25 spare parts, it is found that the Artificial Neural Networks techniques present more accurate forecasting results than the other methods mentioned above. The results from the forecasting can be later used in inventory management efficiently.

---

Student’s signature

---

Thesis Advisor’s signature

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คุณหญิงพัชราภรณ์ ฤกษ์ปริดาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาวิตยานิพนธ์ฉบับนี้  
ดร.พิสุทธิ รัชศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีระยศ แสนโกชน์  
ประธานกรรมการสอบ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประมุข อุณหเลขกะ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก  
ที่กรุณาช่วยแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์  
เล่มนี้จนสำเร็จ

ขอขอบคุณกองทัพเรือ ที่ได้อนุญาตให้ลาศึกษาต่อในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณพ่อ แม่ และญาติพี่น้อง ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนมาโดยตลอด  
และขอบคุณพี่และน้องๆ ในโครงการวิจัยและพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลังที่สนับสนุน และ  
ให้คำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ทินกร หนูเหมือน  
พฤษภาคม 2554

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	59
อุปกรณ์	59
วิธีการ	59
ผลและวิจารณ์	80
ผล	80
วิจารณ์	88
สรุปและข้อเสนอแนะ	90
สรุป	90
ข้อเสนอแนะ	91
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	92
ภาคผนวก	94
ภาคผนวก ก ข้อมูลหน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะและหน่วยสูญเสีย	95
ภาคผนวก ข ค่าพารามิเตอร์โมเดลพยากรณ์	97
ภาคผนวก ค ผลการพยากรณ์หน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะและหน่วยสูญเสีย	123
ภาคผนวก ง ผลการพยากรณ์ความต้องการพีสดึงคลังถ่วงหน้าด้วย แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	125
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	128

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลการจัดพัสดुकงคลังตามหลัก ABC Analysis	61
2	รายชื่อรายการพัสดुकุ่ม A	63
3	มูลค่าพัสดुकงคลังตามประเภทการใช้งาน	66
4	รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ	71
5	รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ	73
6	ช่วงเวลานำของพัสดुकตามประเภทย่อยของพัสดुक	74
7	ค่าพารามิเตอร์การพยากรณ์	80
8	ค่า RMSE จาก Test Set ของพัสดुकงคลังกุ่ม A	81
9	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆของพัสดुकงคลัง	84
10	ผลการของค่าใช้จ่ายรวมตลอดปีของพัสดुकงคลังตามปริมาณการสั่งซื้อ	86
ตารางผนวกที่		
ก1	ข้อมูลหน่วยจำหน่ายไฟรวมไฟสาธารณะและหน่วยสูญเสีย	96
ข1	พัสดุกรายการ A1	98
ข2	พัสดุกรายการ A2	99
ข3	พัสดุกรายการ A4	100
ข4	พัสดุกรายการ A5	101
ข5	พัสดุกรายการ A6	102
ข6	พัสดุกรายการ A7	103
ข7	พัสดุกรายการ A8	104
ข8	พัสดุกรายการ A9	105

## สารบัญตาราง (ต่อ)

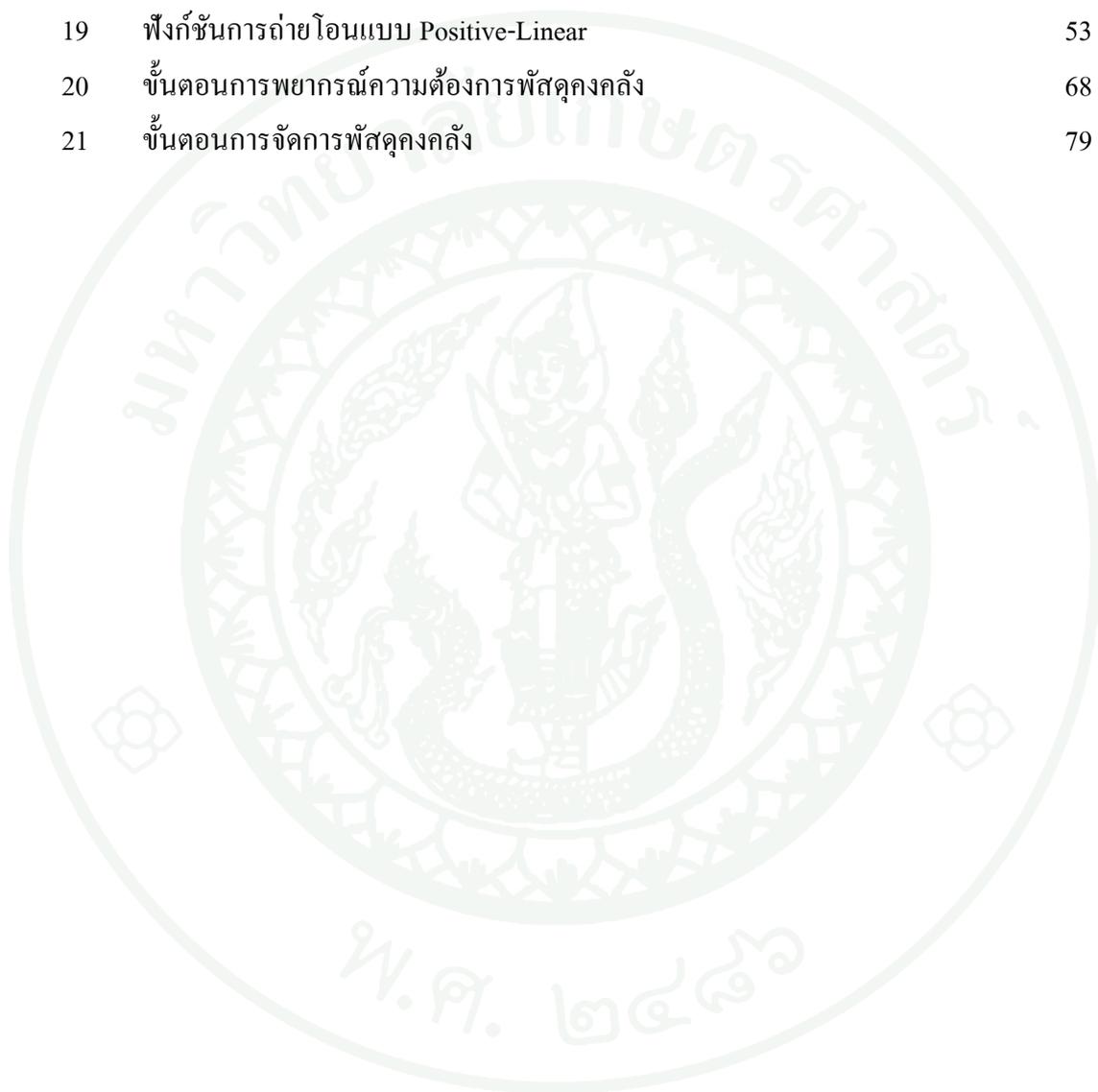
ตารางผนวกที่	หน้า
ข9 พัสตุรรายการ A10	106
ข10 พัสตุรรายการ A11	107
ข11 พัสตุรรายการ A12	108
ข12 พัสตุรรายการ A13	109
ข13 พัสตุรรายการ A14	110
ข14 พัสตุรรายการ A15	111
ข15 พัสตุรรายการ A16	112
ข16 พัสตุรรายการ A17	113
ข17 พัสตุรรายการ A18	114
ข18 พัสตุรรายการ A19	115
ข19 พัสตุรรายการ A20	116
ข20 พัสตุรรายการ A21	117
ข21 พัสตุรรายการ A22	118
ข22 พัสตุรรายการ A23	119
ข23 พัสตุรรายการ A24	120
ข24 พัสตุรรายการ A25	121
ข25 พัสตุรรายการ A26	122
ค1 ผลการพยากรณ์หน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะและหน่วยสูญเสีย	124
ง1 ผลการพยากรณ์ความต้องการพัสตุรคลังล่วงหน้า 12 เดือนด้วยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม	126

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการสั่งซื้อ และต้นทุนในการจัดให้มีพัสดุคงคลัง	8
2	ตัวแบบของคงคลังภายใต้สภาพการณ์ที่แน่นอน	10
3	การวิเคราะห์หาจุดในการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด	13
4	ระดับพัสดุคงคลังในกรณีใช้อัตราการใช้คงที่และช่วงเวลานำคงที่	14
5	ระบบพัสดุคงคลังโดยกำหนดปริมาณการสั่งซื้อคงที่	17
6	ระบบของคงคลังโดยกำหนดรอบเวลาการสั่งซื้อคงที่	18
7	การกำหนด ROP บนพื้นฐานความต้องการในช่วงเวลานำที่มีการแจกแจงแบบปกติ	22
8	การแบ่งประเภทพัสดุคงคลังโดยใช้ระบบ ABC	23
9	การพยากรณ์ด้วยวิธี SES และ HES	35
10	โครงสร้างของเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์	37
11	หน่วยประมวลผลพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียม	38
12	แบบจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม	39
13	โครงข่ายประสาทเทียมชั้นเดียว	40
14	โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	41
15	การปรับเปลี่ยนของโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบแพร่ย้อนกลับ	43
16	การเชื่อมต่อและตัวแปรต่างๆ ของโครงข่าย	45
17	กระบวนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียม	51
18	ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบ Log-Sigmoid	52

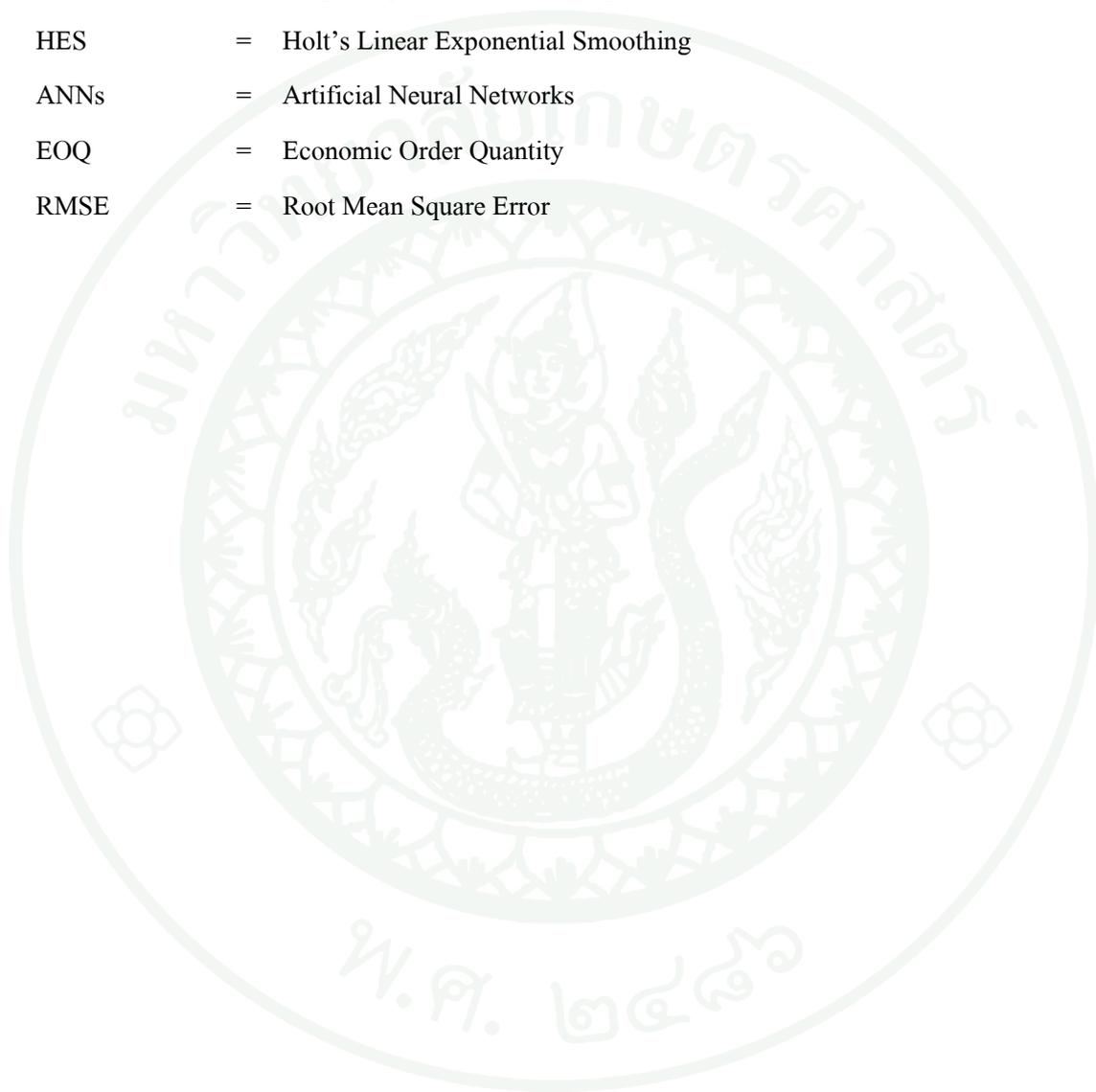
## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Positive-Linear	53
20	ขั้นตอนการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลัง	68
21	ขั้นตอนการจัดการพัสดुकงคลัง	79



### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

MA	=	Moving Average
SES	=	Single Exponential Smoothing
HES	=	Holt's Linear Exponential Smoothing
ANNs	=	Artificial Neural Networks
EOQ	=	Economic Order Quantity
RMSE	=	Root Mean Square Error



การพยากรณ์เพื่อวางแผนการจัดการพัสดุคงคลังของการไฟฟ้า  
กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอชัยบุรี

Forecasting Techniques for Inventory Management of Electric Utilities:  
A Case Study of PEA Utility at Thanyaburi

คำนำ

การตัดสินใจดำเนินการและการวางแผนในด้านต่างๆ ขององค์กรธุรกิจเอกชน หน่วยงานรัฐบาลหรือรัฐวิสาหกิจ จำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้การตัดสินใจมีความแม่นยำสูง ซึ่งเป็นผลจากวิชาการด้านสถิติที่ได้มีการพัฒนาเป็นลำดับและได้มีการหาเทคนิคใหม่ๆ ที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

การพยากรณ์ (Forecasting) เป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้คาดคะเนหรือทำนายการเกิดของเหตุการณ์ในอนาคต ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคต่างๆ ขึ้นมาเพื่อช่วยให้การพยากรณ์มีความถูกต้องแม่นยำ น่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนประกอบการตัดสินใจ การคาดการณ์ในอนาคตทำให้สามารถกำหนดแนวทางในการปรับปรุงนโยบายเดิม การวางแผนใหม่หรือการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น การคาดคะเนอย่างมีหลักการและเหตุผลทันต่อเหตุการณ์และสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพราะเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้การดำเนินงานประสบผลสำเร็จ และมีประสิทธิภาพตามเป้าหมายขององค์กร

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจที่ทำหน้าที่เป็นผู้ให้บริการไฟฟ้าแก่ภาคส่วนต่างๆ ใน 74 จังหวัดทั่วประเทศ ซึ่งในแต่ละปีมีจำนวนผู้ใช้ไฟเพิ่มขึ้นอยู่ตลอดเวลา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเตรียมความพร้อมเพื่อสนองต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มตามขึ้นไปด้วย พัดุดคงคลังจึงเข้ามาเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในยามที่เกิดความต้องการเหล่านั้นขึ้นมา การที่สามารถพยากรณ์ความต้องการพัสดุคงคลังไว้ล่วงหน้าสามารถทำให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีระดับพัสดุคงคลังที่เหมาะสม พร้อมสนองตอบต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นได้อย่างทันท่วงที แต่การพยากรณ์ความต้องการพัสดุคงคลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทำได้ค่อนข้าง

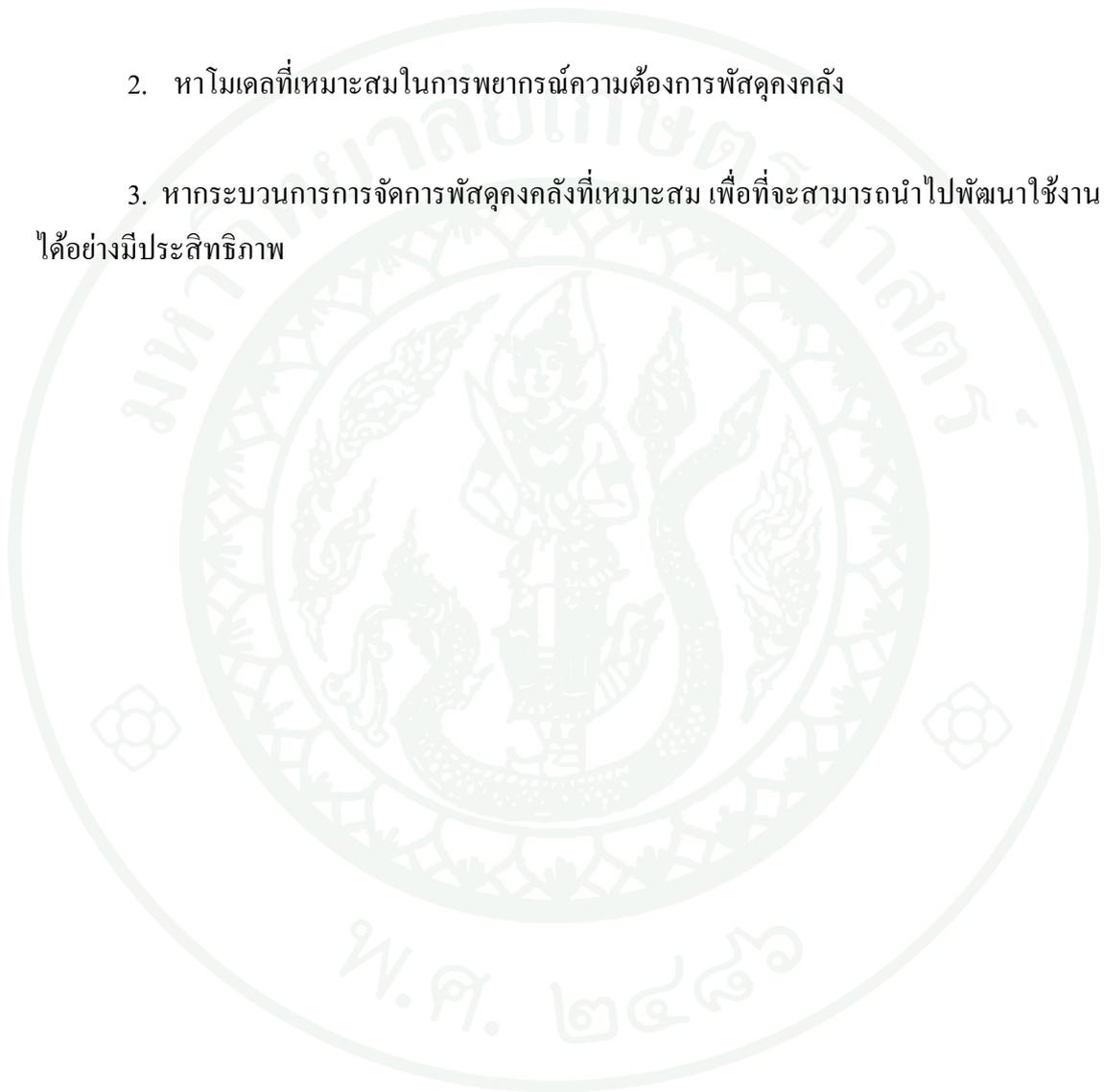
ยาก เนื่องจากพัสดुकงคลังที่ใช้ในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีความหลากหลายและถูกนำไปใช้กับส่วนต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าซึ่งอยู่ในพื้นที่เปิดซึ่งอาจทำให้คาดเดาการชำรุดสูญเสียของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบทำได้ค่อนข้างยาก อีกทั้งพัสดुकงคลังในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไม่ได้ถูกนำไปใช้โดยตรงจากผู้ใช้ไฟ พัดुकงคลังเหล่านี้ถูกนำไปเป็นสื่อกลางที่ใช้ส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟเท่านั้น ดังนั้นถ้ามีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นความต้องการพัสดुकงคลังจะเพิ่มขึ้นตามมาเพื่อสนองต่อความต้องการใช้ไฟฟ้านั้น

เทคนิคการพยากรณ์แบบวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Methods) เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลัง เพื่อนำไปวางแผนบริหารจัดการพัสดुकงคลังในองค์กร แต่วิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลายังมีข้อจำกัดในการพยากรณ์ กล่าวคือ การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาไม่สามารถนำตัวแปรภายนอกมาช่วยในการพิจารณา ร่วมกับข้อมูลการใช้งานพัสดुकงคลัง ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลายังไม่ดีเท่าที่ควร จึงได้มีแนวคิดในการนำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ เนื่องจากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสามารถนำตัวแปรภายนอกมาพิจารณา ร่วมกับ กล่าวคือแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมอาจทำให้การพยากรณ์มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นกว่าเดิม

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและเทคนิคการพยากรณ์แบบวิเคราะห์อนุกรมเวลา มาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลัง สำหรับการนำข้อมูลการใช้พัสดुकงคลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมาใช้ศึกษา ทำให้ทราบว่าเทคนิคการพยากรณ์ใดมีความเหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์ปริมาณความต้องการพัสดुकงคลังในอนาคต ซึ่งเมื่อทราบปริมาณความต้องการพัสดुकงคลังในอนาคตแล้ว สามารถนำมาคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) โดยปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดนี้ เป็นจุดที่ทำให้ต้นทุนในการจัดให้มีพัสดुकงคลังในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต่ำที่สุด ซึ่งเป็นผลให้ประสิทธิภาพในการบริหารจัดการพัสดुकงคลังในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคดียิ่งขึ้น อันจะนำมาซึ่งประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเองโดยรวม

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาข้อมูลสถิติการใช้งานพัสดุคงคลัง เพื่อนำมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลัง
2. หาโมเดลที่เหมาะสมในการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลัง
3. หากระบวนการการจัดการพัสดुकงคลังที่เหมาะสม เพื่อที่จะสามารถนำไปพัฒนาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



## การตรวจเอกสาร

### การควบคุมพัสดุคงคลัง

พิภพ (2545) การบริหารพัสดุคงคลังเป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการดำเนินงาน ทั้งนี้เพราะการมีพัสดุคงคลังต้องใช้เงินทุน ซึ่งมีมูลค่าสูงในกลุ่มทรัพย์สินหมุนเวียนของการผลิตในเชิงธุรกิจ ถ้าวัตถุดิบและชิ้นส่วนประกอบต่างๆ มีไม่เพียงพอต่อความต้องการของการผลิต ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาการผลิตหยุดชะงักได้และอาจส่งผลถึงขั้นการส่งสินค้าไม่ทันตามกำหนดของลูกค้า ซึ่งเป็นสาเหตุให้ลูกค้าขาดความเชื่อมั่นและสูญเสียลูกค้าได้

ในขณะเดียวกัน ถ้ามีพัสดุคงคลังไว้มากๆ เพื่อป้องกันมิให้เกิดการขาดแคลนของวัตถุดิบ ชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป องค์กรนั้นจำเป็นต้องลงทุนด้วยจำนวนเงินมหาศาลเพื่อที่จะถือครองพัสดุคงคลังนั้นไว้ เช่น ต้นทุน ราคาพัสดุคงคลังและต้นทุนในการจัดเก็บ เป็นต้น ซึ่งทำให้เสียโอกาสในการนำเงินเหล่านี้มาใช้เพื่อเพิ่มผลประโยชน์ทางธุรกิจ

ดังนั้นในการควบคุมพัสดุคงคลังที่ดีจะต้องดำเนินการให้มีพัสดุคงคลังที่เกิดความสมดุลในระดับที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้การลงทุนหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ ของพัสดุคงคลังต่ำที่สุดและพยายามทำให้ระดับการให้บริการลูกค้า และตอบสนองต่อความต้องการใช้พัสดุคงคลังขององค์กรมีความคล่องตัวสูงที่สุด ดังนั้นการควบคุมพัสดุคงคลังที่ดี ย่อมทำให้เกิดผลดี ทั้งในแง่การเพิ่มประสิทธิภาพ และลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

#### 1. ประเภทและความสำคัญพัสดุคงคลัง

สัทน์ (2543) ประเภทและความสำคัญของพัสดุคงคลังแบ่งได้ 4 ประเภทดังนี้

1.1 วัตถุดิบและชิ้นส่วนที่สั่งซื้อ (Raw Material and Purchased Component) เป็นพัสดุขั้นต้นที่ใช้ในการทำชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งของการผลิตที่ต้องมีการวางแผนสำรองไว้อย่างเพียงพอและสอดคล้องกับตารางเวลาการผลิต

1.2 พัสตุงคคลังระหว่างกระบวนการผลิต (In-Process Inventory) คือ ของหรือสินค้าที่อยู่ ในระหว่างขั้นตอนการผลิต ซึ่งกำลังรอที่จะถูกนำไปสู่ขั้นตอนในกระบวนการผลิตขั้นต่อไป

1.3 ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished Product) คือ ของหรือสินค้าที่พร้อมจะนำส่งให้ลูกค้า พัสตุงคคลังประเภทนี้ประกอบด้วยชิ้นส่วนเพื่อบริการและผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย

1.4 พัสตุงคคลังที่เป็นเครื่องมือและชิ้นส่วนเพื่อการซ่อมบำรุง (Maintenance Repair and Tooling Inventory) คือ พัสตุงคคลังเหล่านี้ได้แก่ เครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ใช้กับ เครื่องจักรในโรงงานและชิ้นส่วนเพื่อซ่อมแซมที่จำเป็นต่อการปรับเครื่องจักร เมื่อเครื่องจักรเกิด เสียหายขึ้นมารวมทั้งชิ้นส่วนที่เป็นอะไหล่เครื่องไฟฟ้า ก็จัดอยู่ในพัสตุงคคลังประเภทนี้ด้วย

## 2. ประเภทของระบบการควบคุมพัสตุงคคลัง

ในการวางแผนและควบคุมพัสตุงคคลังที่เป็นที่รู้จักกัน โดยทั่วไปพอจะสรุปได้ 3 ระบบ (ศิริพร, 2548) คือ

### 2.1 ระบบจุดสั่งใหม่ (Re-Order Point System)

เป็นระบบที่ใช้กันมาแต่ดั้งเดิม วิธีดังกล่าวนี้จะสั่งพัสตุงคคลังเข้ามาแทนที่เมื่อรายการ ของพัสตุงคคลังลดลงมาถึงจุดที่กำหนด หรือจะทำการสั่งเมื่อถึงรอบเวลาที่กำหนด ซึ่งจุดดังกล่าว เรียกว่าจุดสั่งซื้อหรือจุดสั่งผลิต เมื่อถึงจุดสั่งซื้อหรือสั่งผลิตก็จะกำหนดปริมาณที่จะต้องทำการสั่ง ว่าควรจะเป็นเท่าไร ในระบบนี้จะมีการตัดสินใจที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการคือ การตัดสินใจว่าจะสั่งซื้อเมื่อไรและจะต้องสั่งซื้อเป็นปริมาณเท่าไร ซึ่งการตัดสินใจประการหลังนี้มีเทคนิคที่เป็น เครื่องมือช่วยในการตัดสินใจที่สำคัญและเป็นที่รู้จักกันดี คือ การพิจารณาหาปริมาณของการสั่งซื้อ ที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ)

### 2.2 ระบบผลัก (Push System)

หรือที่รู้จักกันดีในชื่อของระบบการวางแผนความต้องการพัสตุงค (Material Requirement Planning: MRP) เป็นระบบการวางแผนและควบคุมพัสตุงคคลังที่ได้รับการพัฒนาขึ้น

จากผลความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ แนวคิดของระบบดังกล่าวจะพยายามจัดหาวัสดุให้เพียงพอกับช่วงเวลาต่างๆ เท่าที่จำเป็น ซึ่งผลจากระบบ MRP ทำให้ทราบว่าต้องทำการสั่งพัสดุอะไร จำนวนเท่าไร และต้องสั่งซื้อในช่วงเวลาใด

### 2.3 ระบบดึง (Pull System)

เป็นที่รู้จักกันในชื่อของระบบทันเวลาพอดี (Just In Time: JIT) เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาในประเทศญี่ปุ่น โดยระบบดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นมาพร้อมๆ กับการสร้างปรัชญาและแนวคิดเกี่ยวกับการทำงานและการผลิตขึ้นใหม่ประกอบกับการทำงานเป็นทีมมีการพัฒนาและปรับปรุงการทำงานอย่างต่อเนื่อง ปลูกจิตสำนึกด้านคุณภาพให้กับพนักงานทุกระดับทั่วทั้งองค์กร ซึ่งมุ่งเน้นขจัดความสูญเสียบรรจุไปหรือเข้าใกล้ศูนย์ และเมื่อทำได้สำเร็จจะทำให้ระดับคงคลังที่คิดว่ามี ความจำเป็นที่ต้องให้มีอยู่ตลอดเวลา มีค่าเข้าใกล้ศูนย์

## 3. ต้นทุนพัสดुकงคลัง

พิกพ (2545) ประเภทของต้นทุนเนื่องจากการดำเนินงานให้มีพัสดुकงคลังแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

### 3.1 ต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต (Ordering Costs or Set Up Costs)

เป็นต้นทุนที่จ่ายไปเพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบ ชิ้นส่วนหรือสินค้า ต้นทุนประเภทนี้จะเกิดขึ้นทุกครั้งที่มีการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต เรากำนวณต้นทุนชนิดนี้ออกมาในรูปของจำนวนเงินต่อการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตต่อหนึ่งครั้ง และต้นทุนนี้จะคงที่เสมอ ไม่ว่าจะมีการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตในแต่ละครั้งเป็นปริมาณมากเพียงใดก็ตาม ต้นทุนประเภทนี้จะแปรผันไปตามจำนวนครั้งของการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต

### 3.2 ต้นทุนในการจัดให้มีพัสดुकงคลัง (Carrying Costs)

หรือเรียกว่าต้นทุนในการจัดถือพัสดुकงคลัง คือต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือดำรงไว้ซึ่งพัสดुकงคลังจำนวนหนึ่ง ต้นทุนประเภทนี้จะแปรผัน โดยตรงต่อขนาดของ

พัสดุดังกล่าว ซึ่งประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายในเรื่องเครื่องมือและสิ่งอำนวยความสะดวกในการถือพัสดุดังกล่าว ค่าขนส่ง ค่าประกันภัย ค่าของเสียหาย การลำเลียง ค่าเสื่อม ค่าภาษี และต้นทุนในการเสียโอกาสของเงินทุนที่จมอยู่กับพัสดุดังกล่าว

### 3.3 ต้นทุนที่เกิดจากของขาดแคลน (Out-of-Stock-Costs)

เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อมีสินค้าไม่พอขาย หรือมีวัตถุดิบไม่เพียงพอแก่การผลิต ในกรณีที่มีสินค้าไม่พอขาย ที่เห็นได้อย่างชัดเจนก็คือ ขาดรายได้ที่ควรจะได้จากการขายสินค้านั้น ยิ่งกว่านั้นอาจทำให้ขาดความเชื่อถือจากลูกค้าจนทำให้เสียลูกค้าไปให้กับคู่แข่ง ส่วนในกรณีของวัตถุดิบที่มีไม่เพียงพอสายการผลิตอาจจะหยุดชะงัก ถ้าหากไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทัน

## 4. ธรรมชาติของอุปสงค์ของพัสดุ

ซึ่งแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ อุปสงค์อิสระ (Independent Demand) และอุปสงค์พึ่งพา (Dependent Demand) สำหรับธรรมชาติของอุปสงค์ทั้ง 2 ลักษณะมีความแตกต่างกันดังนี้ (ศิริพร, 2548)

### 4.1 อุปสงค์อิสระ (Independent Demand)

เป็นความต้องการจากภายนอก ไม่มีความสัมพันธ์กับความต้องการผลิตภัณฑ์ หรือพัสดุดังกล่าวชนิดอื่น หรือเป็นอุปสงค์ที่มาจากความต้องการของลูกค้า ตัวอย่างอุปสงค์อิสระได้แก่ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของบริษัท ชิ้นส่วนอะไหล่ต่างๆ เพื่อไว้บริการลูกค้า (Service Parts) เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต (Production Supplies) ตลอดจนสิ่งต่างๆ ที่ใช้ในสำนักงาน (Office Supplies)

### 4.2 อุปสงค์พึ่งพา (Dependent Demand)

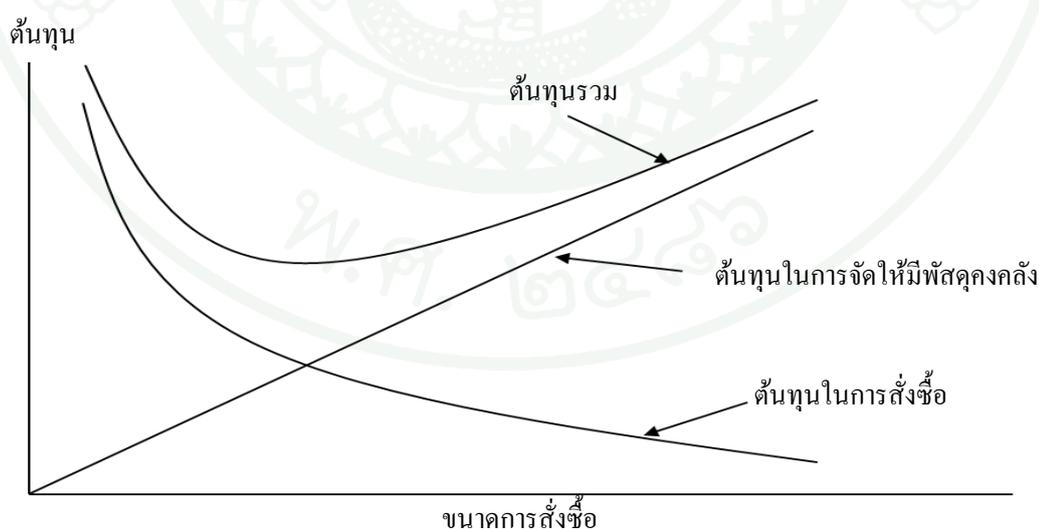
เป็นความต้องการที่มีความสัมพันธ์โดยตรงหรือถูกผลักดันให้เป็นไปตามความต้องการของพัสดุดังกล่าวชนิดอื่น

## 5. การตัดสินใจขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับพัสดุคงคลัง

พิภพ (2545) การแก้ปัญหาพัสดุคงคลังมิใช่อู่ที่ความพยายามทำให้พัสดุคงคลังเหลือน้อยที่สุด หากแต่จะต้องพยายามหาระดับที่เหมาะสมที่สุดที่ควรจะได้รับรักษาไว้ เพื่อให้ต้นทุนในการดำเนินงานให้มีพัสดุคงคลังทั้งสิ้นน้อยที่สุดและมีกำไรสูงที่สุด ดังนั้นในการตัดสินใจขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับพัสดุคงคลังจึงมีอยู่ด้วยกัน 2 ประการ คือ จะสั่งซื้อครั้งละเท่าไร และจะสั่งซื้อจำนวนนี้เมื่อใด

ในการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาทั้งสองนี้ ผู้บริหารกิจการจึงจำเป็นต้องหาความสมดุลระหว่างความต้องการทั้งสอง โดยอาศัยเครื่องมือขั้นพื้นฐานที่ได้มาจากการวิจัยดำเนินงานบางประการและข้อสมมติฐานที่จำเป็นบางอย่าง นำมาหาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณขนาดของการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดได้ (Economic Order Quantity: EOQ)

การคำนวณขนาดของการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตที่เหมาะสมควรเป็นปริมาณพัสดุคงคลังที่ทำให้ต้นทุนรวมมีค่าน้อยที่สุด สามารถแสดงความสัมพันธ์ของต้นทุนทั้งสองในลักษณะของกราฟดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการสั่งซื้อ และต้นทุนในการจัดให้มีพัสดุคงคลัง

จากภาพที่ 1 สามารถสรุปได้ว่า

1. ต้นทุนในการออกไปสั่งซื้อหรือสั่งผลิตเป็นอัตราส่วนผกผันกับขนาดของที่สั่งซื้อ
2. ต้นทุนในการจัดให้มีพัสดุคงคลังเป็นอัตราส่วน โดยตรงกับปริมาณที่สั่งซื้อหรือสั่งผลิต เข้ามาเก็บไว้ในคลัง
3. ผลรวมของต้นทุนในการออกไปสั่งซื้อ หรือสั่งผลิตกับต้นทุนในการให้มีพัสดุคงคลังจะมีค่าน้อยที่สุดที่จุดที่ทำให้ต้นทุนในการจัดให้มีพัสดุคงคลังกับต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต เท่ากัน

## 6. การแก้ปัญหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

พิภพ (2545) ในการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ทำให้ต้นทุนพัสดุคงคลังรวมอยู่ในระดับต่ำสุด อาศัยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของการวิจัยดำเนินงานเข้ามาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณของการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดได้ ทั้งนี้เพื่อให้การเริ่มต้นศึกษาเรื่องการควบคุมพัสดุคงคลังเข้าใจได้ง่ายขึ้น จึงขอตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการดำเนินการของพัสดุคงคลังไว้ดังนี้

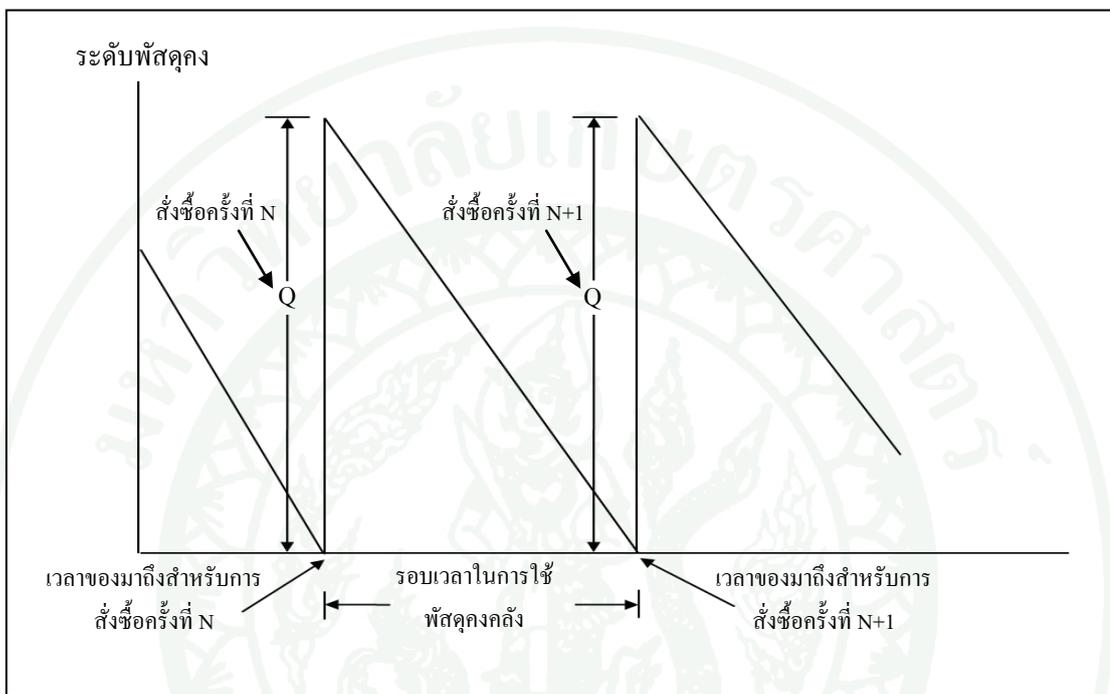
6.1 ปริมาณความต้องการของลูกค้าต่อปีมีความแน่นอน และเป็นความต้องการที่เกิดขึ้นในลักษณะคงที่และสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา (Deterministic Demand)

6.2 ช่วงเวลาที่รอคอยพัสดุคงคลังนับตั้งแต่ออกไปสั่งซื้อหรือสั่งผลิต จนกระทั่งพัสดุคงคลังนั้นเข้ามาอยู่ในคลังเรียบร้อยมีค่าเป็นศูนย์ ข้อสมมตินี้ก็คือ เมื่อออกไปสั่งซื้อหรือสั่งผลิตไม่ว่าจะเป็นจำนวนเท่าใดก็ตาม จะได้จำนวนพัสดุคงคลังชนิดนั้นเข้ามาทันที

จากผลของข้อสมมติตามข้อ 6.1 และข้อ 6.2 จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องมีพัสดุคงคลังเพื่อเก็บไว้ (Safety Stock) โดยตัวแบบพัสดุคงคลังภายใต้ข้อสมมติข้างต้นนี้ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาสั่งซื้อ ของที่สั่งซื้อในปริมาณ  $Q$  หน่วยจะเข้ามาอยู่ในคลังทันที เมื่อเวลาล่วงเลยไปจำนวนพัสดุคงคลังจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากได้มีการเบิกของออกจากคลังไป เมื่ออัตราการใช้คงที่และสม่ำเสมอตลอดเวลาทำให้กราฟที่แสดงการลดจำนวนลงของพัสดุ

คงคลังเป็นเส้นตรง และเมื่อใดที่พัสดุคงคลังหมด จะทำการสั่งซื้อของใหม่จำนวน  $Q$  หน่วยซึ่งของ  $Q$  หน่วยจะเข้ามาอยู่ในคลังทันที วัฏจักรพัสดุคงคลังภายใต้ข้อสมมติดังกล่าวจะดำเนินไปในลักษณะเช่นนี้อยู่ตลอดเวลา



ภาพที่ 2 ตัวแบบพัสดุคงคลังภายใต้สถานการณ์ที่แน่นอน

ที่มา: พิภพ (2545)

ในการหาปริมาณของการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) จะพิจารณาจากต้นทุนของพัสดุคงคลังในช่วงเวลา 1 ปี

- |            |   |
|------------|---|
| โดยที่ $v$ | คือ ราคาสินค้า (บาท / หน่วย)  |
| $D$        | คือ อัตราการใช้ (หน่วย / ปี)  |
| $r$        | คือ สัดส่วนในการจัดเก็บพัสดุคงคลังเฉลี่ย (% ของมูลค่าพัสดุคงคลังเฉลี่ย) |
| $K$        | คือ ต้นทุนรวมทั้งสิ้น (บาท / ปี)  |
| $A$        | คือ ต้นทุนในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง (บาท / ครั้ง)                         |

- Q คือ ปริมาณการสั่งซื้อของแต่ละครั้ง (หน่วย)  
 T คือ รอบเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง  
 HC คือ ต้นทุนในการจัดเก็บพัสดุคงคลัง (บาท / ปี)  
 OC คือ ต้นทุนในการสั่งซื้อ (บาท / ปี)  
 SC คือ ต้นทุนราคาพัสดุที่สั่งมาทั้งหมด (บาท / ปี)  
 TC คือ ต้นทุนรวมทั้งสิ้น (บาท / หน่วย)

ในการคำนวณหาต้นทุนที่ต่ำที่สุด พิจารณาจากต้นทุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับพัสดุคงคลังในช่วงเวลา 1 ปี ดังสมการที่ (1)-(3)

$$SC = vD \quad (1)$$

$$OC = \frac{AD}{Q} \quad (2)$$

$$HC = \frac{(vr)Q}{2} \quad (3)$$

ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งสิ้นต่อปีในการจัดให้มีพัสดุคงคลังขึ้นมา จึงเท่ากับผลรวมของสมการที่ (1)-(3) โดยสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (4)

$$K = vD + \frac{AD}{Q} + \frac{(vr)Q}{2} \quad (4)$$

เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนรวมทั้งสิ้นต่อหน่วยสามารถหาได้ดังสมการที่ (5)

$$TC = v + \frac{A}{Q} + \frac{(vr)Q}{2D} \quad (5)$$

การหาค่า Q ที่ให้ค่า TC น้อยที่สุด สามารถทำได้โดยเทียบอนุพันธ์ชั้นที่หนึ่งของ TC เทียบกับ Q แล้วกำหนดให้ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0 ดังสมการที่ (6)

$$\frac{d(TC)}{dQ} = \frac{A}{Q^2} + \frac{vr}{2D} = 0 \quad (6)$$

จะได้สมการที่ (7)

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{vr}} \quad (7)$$

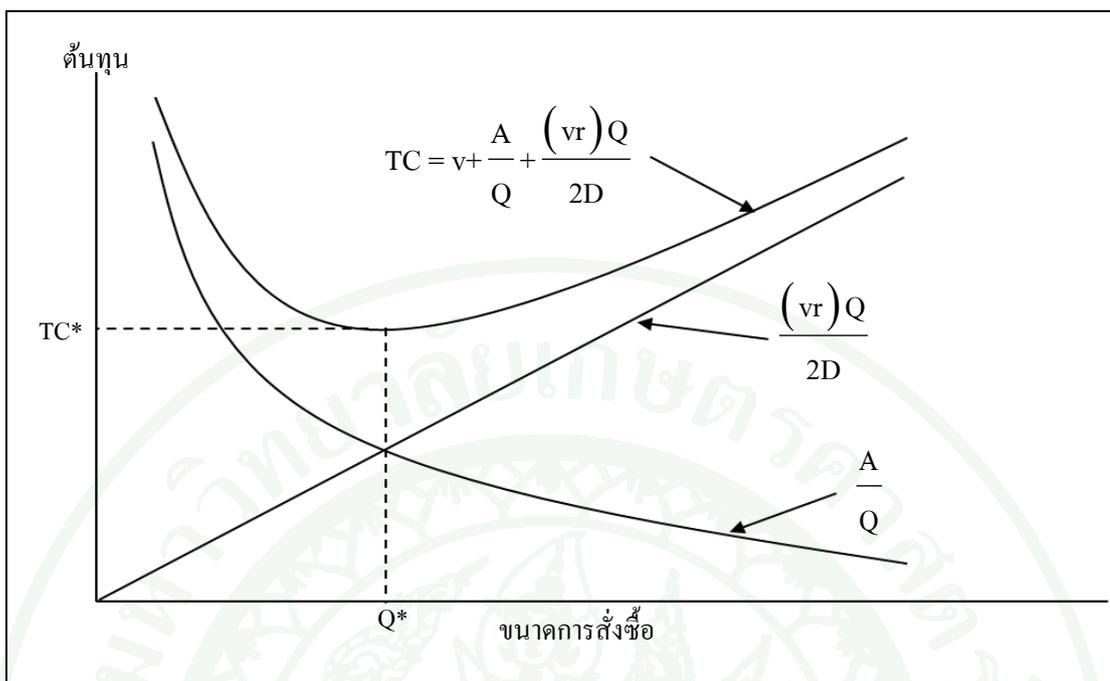
สำหรับรอบเวลาในการสั่งซื้อคำนวณได้จากสมการที่ (8)

$$T = \frac{Q}{D} = \sqrt{\frac{2A}{(vr)D}} \quad (8)$$

เห็นได้ว่าในสมการต้นทุนรวมทั้งสิ้นต่อหน่วยนั้น ขนาดของการสั่งซื้อที่ทำให้เสียต้นทุนน้อยที่สุดเกิดขึ้นที่จุดของต้นทุนในการสั่งซื้อต่อครั้งต่อหน่วย ( $A/Q$ ) เท่ากับต้นทุนในการจัดให้มีพัสดุคงคลังต่อหน่วยต่อปี ( $(vr)Q/2D$ ) แสดงให้เห็นว่าปัญหาของการหาขนาดการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) สามารถแสดงได้โดยวิธีใช้กราฟ ดังแสดงในภาพที่ 3

## 7. แนวทางการควบคุมพัสดุคงคลังระบบจุดสั่งใหม่

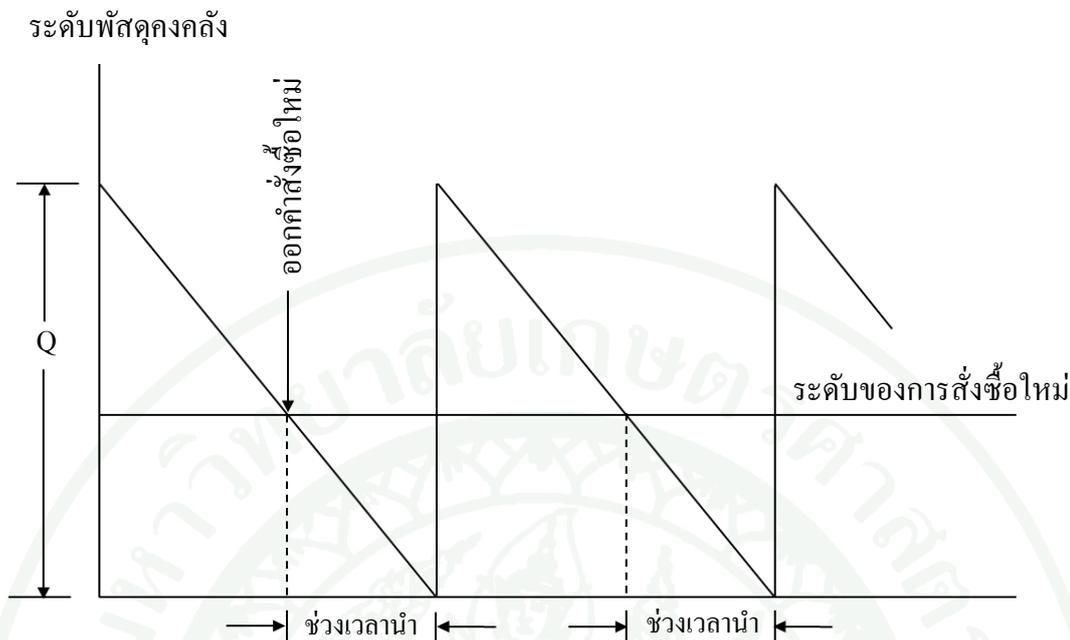
พิภพ (2545) ในการพิจารณาถึงขนาดการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้ดำเนินไปภายใต้ข้อสมมติว่า การใช้และความต้องการเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และยังสามารถทราบอัตราการใช้หรืออัตราความต้องการ โดยอัตราการใช้หรือความต้องการนี้ไม่เปลี่ยน ถ้าสถานการณ์ได้ดำเนินไปภายใต้ข้อสมมติดังกล่าว ปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมาก็คือ จะสั่งซื้อพัสดุคงคลังนั้นเมื่อใดเมื่อสถานการณ์ยังคงดำเนินไปแบบสม่ำเสมอและคงที่ แสดงว่าช่วงระยะเวลาระหว่างการสั่งซื้อกับการรับสินค้าที่เรียกว่าช่วงเวลานำ (Lead Time) จะคงที่ด้วย ดังนั้นจุดของการสั่งซื้อภายใต้ข้อสมมติดังกล่าวอาจแสดงได้ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์หาจุดในการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด

แต่ในทางปฏิบัติข้อสมมติเหล่านี้มักไม่เป็นความจริงเสมอไป ต้องคำนึงถึงความไม่แน่นอนซึ่งเกิดขึ้นได้ในระบบพัสดुकงคลังเป็นต้นว่า อัตราการใช้ของอาจไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณการใช้ของอาจสูงกว่าปริมาณที่ได้คาดไว้ ย่อมทำให้ของที่สั่งซื้อไว้ขาดแคลนก่อนที่ของใหม่จะมาถึง

ในทางตรงกันข้ามบางครั้งช่วงเวลานำระหว่างการสั่งซื้อและการรับของมักจะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ อาจเป็นเพราะผู้ขายประสบปัญหาบางอย่าง เช่น เกิดไฟไหม้ เครื่องจักรขัดข้อง หรือความล่าช้าทางด้านเส้นทางขนส่ง เช่น น้ำท่วม อุบัติเหตุ เป็นต้น



ภาพที่ 4 ระดับพัสดुकงคลังในกรณีใช้อัตราการใช้และช่วงเวลานำคงที่

ที่มา: พิภพ (2545)

ความไม่แน่นอนของอัตราการใช้และช่วงเวลานำ มีความสำคัญและทำให้ต้องเก็บพัสดुकงคลังให้มีปริมาณมากขึ้นกว่าความต้องการใช้ จากปกติที่เคยคำนวณได้ พัสดुकงคลังส่วนที่เกินมานี้เรียกว่า ของที่เผื่อไว้ ซึ่งต้องกำหนดให้มีไว้อยู่ในคลังตลอดเวลา การกำหนดจำนวนของที่มีเผื่อไว้ดังกล่าวนี้คือ การกำหนดจำนวนพัสดुकงคลังต่ำสุดให้มีอยู่ในคลังตลอดเวลาเพื่อป้องกันการขาดแคลนพัสดुकงคลัง

ดังนั้น ระบบการจัดการพัสดुकงคลังควรต้องสามารถประยุกต์เทคนิคต่างๆ ทางศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพัสดुकงคลัง เพื่อประมาณพัสดुकงคลังที่เหมาะสมที่สุด โดยผ่านระบบการจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ และสามารถใช้ได้กับพัสดुकงคลังทุกประเภท

วัตถุประสงค์ของการจัดการพัสดुकงคลัง คือ ต้องพยายามกำหนดขนาดของที่มีเผื่อไว้ที่ทำให้ต้นทุนของมันสมดุลกับต้นทุนที่เผื่อไว้สำหรับการขาดแคลน จากระบบการจัดการพัสดुकงคลังที่กล่าวมานี้ พอสรุปได้ว่าการจัดการเกี่ยวกับพัสดुकงคลัง ทางองค์กรต้องกำหนดจำนวนพัสดुकงคลังไว้ 4 ประการ คือ

1. ของที่มีเผื่อไว้ (Safety Stock) คือจำนวนพัสดุคงคลังที่ต้องกำหนดให้มีไว้คงคลังตลอดเวลา
2. จุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) หมายถึงจำนวนพัสดุคงคลัง ณ ระดับที่ต้องการออกไปสั่งซื้อพัสดุคงคลังเพิ่มเติม ในการพิจารณาจุดสั่งซื้อใหม่ จำเป็นต้องทราบปัจจัย 2 อย่าง คือ ช่วงเวลานำ (Lead Time) และอัตราความต้องการใช้ (Demand Rate)
3. ขนาดของการสั่งซื้อเพิ่มเติม
4. จุดสูงสุด (Maximum Stock Level)

พัสดุคงคลังสำรอง (Safety Stock) เป็นพัสดุคงคลังส่วนเกินที่จัดเตรียมไว้ระดับหนึ่ง โดยกำหนดให้พัสดุคงคลังระดับนั้นๆ เป็นระดับที่ต้องมีสำรองอยู่ตลอดเวลา จุดมุ่งหมายก็เพื่อหลีกเลี่ยงหรือป้องกันการขาดมือที่อาจจะเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ของที่มีเผื่อไว้ทำให้ต้นทุนที่เกิดจากของขาดมือลดลงแต่ทำให้ต้นทุนในการจัดให้มีพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น โดยจำนวนของที่มีเผื่อไว้ในคลังจะถูกเก็บไว้เป็นจำนวนคงที่อยู่ตลอดเวลา

สำหรับนโยบายจุดสั่งซื้อ – ระดับสั่งซื้อ ((s,S) System) เป็นการกำหนดรูปแบบการสั่งซื้อรูปแบบหนึ่ง ซึ่งการนำนโยบายนี้มาใช้ต้องมีการทบทวนสถานะพัสดุคงคลังอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ ซึ่งระบบนี้มีจุดควบคุมอยู่ 2 จุด คือ จุดสั่งซื้อ (s) และ ระดับสั่งซื้อ (S) การสั่งซื้อเกิดขึ้นเมื่อระดับพัสดุคงคลังลดลงมาถึงจุดสั่งซื้อ (s) และสั่งซื้อพัสดูเข้ามาจนถึงระดับควบคุม (S) ระบบนี้ที่จริงก็คือระบบจุดต่ำสุด – สูงสุด (Min – Max) นั่นเอง อย่างไรก็ตาม ผู้ที่ควบคุมพัสดุคงคลังต้องพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการทบทวนด้วยว่าคุ้มหรือไม่ โดยทั่วไปมีวิธีหาค่าจุดสั่งซื้อ (s) และระดับสั่งซื้อ (S) โดยสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (9)

$$S = Q + s \quad (9)$$

จุดสั่งซื้อ (s) หรือจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) เป็นจุดที่บอกให้ผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตทราบว่าถึงเวลาแล้วที่จะต้องออกคำสั่งซื้อของเข้ามาเพิ่มเติม จุดสั่งซื้อแต่ละจุดอาจกำหนดเป็น ระดับของการสั่งซื้อใหม่ (Reorder Level) คือ การกำหนดระดับปริมาณพัสดุคงคลังที่ควรจะต้องออกไปสั่งซื้อ ระดับของการสั่งซื้อใหม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรผัน 2 ตัว คือ อัตราการใช้และช่วงเวลานำ ในการคำนวณระดับของการสั่งซื้อใหม่ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (10)-(11)

$$\hat{X}_L = E(L) * E(D) \quad (10)$$

$$ROP = SS + \hat{X}_L \quad (11)$$

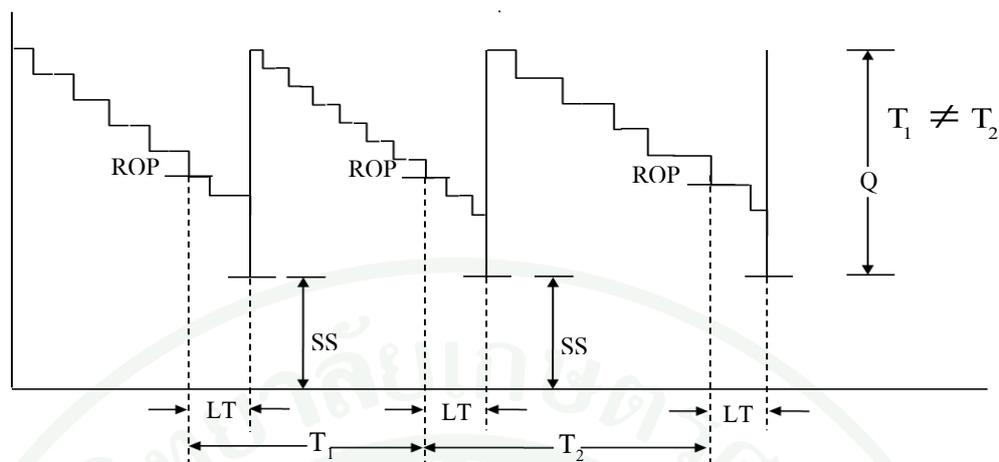
โดยที่ $\hat{X}_L$	คือ อัตราความต้องการในช่วงเวลานำโดยเฉลี่ย
$E(D)$	คือ อัตราความต้องการโดยเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา
$E(L)$	คือ ช่วงเวลานำโดยเฉลี่ย
ROP	คือ ระดับของการสั่งซื้อใหม่
SS	คือ พัดคungskคลังสำรอง (Safety Stock)

## 8. ประเภทของระบบจุดสั่งซื้อใหม่

วิธีการควบคุมปริมาณพัสดुकคลัง ประกอบด้วย การตรวจสอบปริมาณของที่มีอยู่ และเปรียบเทียบกับระดับที่ต้องสั่งซื้อ เพื่อตัดสินใจว่า จะสั่งซื้อหรือผลิตของเพิ่มขึ้นใหม่หรือไม่ระบบที่ใช้ในการควบคุมการสั่งซื้อของเพิ่มนั้นที่รู้จักกันโดยทั่วไปมีอยู่ 2 ระบบ ซึ่งแบ่งตามลักษณะของการสั่งซื้อได้ (พิภพ, 2545) ดังนี้

### 8.1 ระบบคงคลังโดยกำหนดปริมาณการสั่งซื้อคงที่ (Fixed Order Size System)

เป็นระบบที่มีการสั่งซื้อของปริมาณเท่ากันทุกครั้ง (Q หน่วย) เมื่อมีการออกไปสั่งซื้อจุดของการสั่งซื้อจะพิจารณาเมื่อของในคลังตกลงมาถึงระดับ  $SS + \hat{X}_L$  จากภาพที่ 5 เห็นว่าแต่ละรอบเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้งไม่เท่ากัน ระบบดังกล่าวมีแนวความคิดมาจากระบบ “TWO BINS SYSTEMS” เปรียบเหมือนการมีของอยู่ 2 ถัง โดยของในถังแรกมีปริมาณเท่ากับ Q หน่วย ส่วนในถังที่ 2 มีปริมาณพอที่จะใช้ในช่วงเวลานำ และมีของเพื่อไว้ในระดับหนึ่ง นั่นคือมีพัสดुकคลังอยู่เท่ากับ  $SS + \hat{X}_L$  เมื่อใช้ของถังแรกหมดแล้วจึงจะเปิดใช้ถังที่ 2 พร้อมกับสั่งของเพิ่มาเท่ากับจำนวนในถังที่ 1 เมื่อของมาถึงจะนำมาเติมให้เต็มถังที่ 1 ระบบจะย้อนเป็นวัฏจักรเช่นนี้อยู่เรื่อยไป



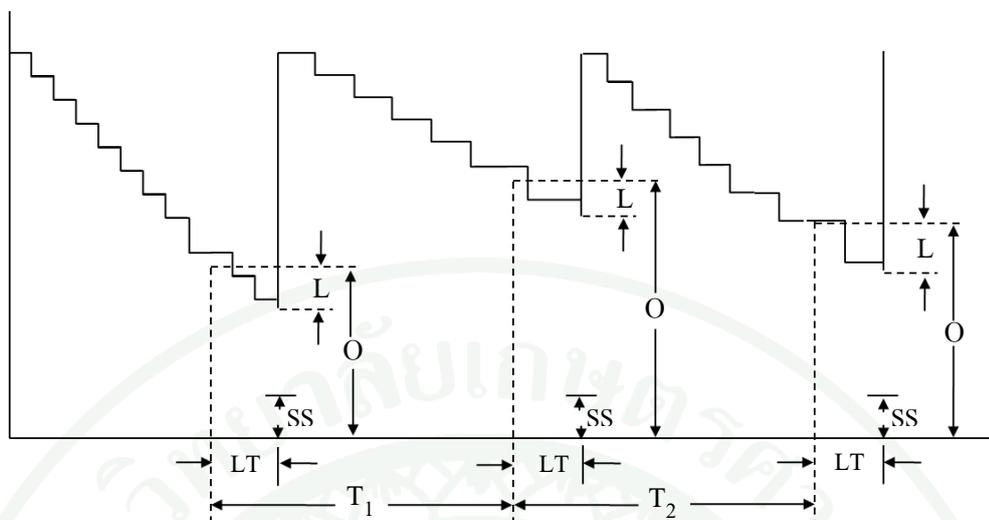
ภาพที่ 5 ระบบพัสดुकคงคลังโดยกำหนดปริมาณการสั่งซื้อคงที่

ที่มา: พิภพ (2545)

ระบบนี้มีความเหมาะสมกับระบบพัสดुकคงคลังหลายชนิด โดยแต่ละชนิดไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก สำหรับของที่มีความสำคัญมาก ระบบดังกล่าวก็มีความเหมาะสมเช่นกัน แต่จะต้องเพิ่มการควบคุมปริมาณและเวลาการสั่งอย่างใกล้ชิด และต้องมีการตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา การสั่งและใช้ของควรต้องมีบันทึกอย่างละเอียด

## 8.2 ระบบพัสดुकคงคลังโดยกำหนดรอบเวลาการสั่งของคงที่ (Fixed Order Interval System)

เป็นระบบที่ตรงกันข้ามกับระบบแรก คือ ปริมาณการสั่งของในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน แต่มีการกำหนดระยะเวลาการสั่งที่แน่นอนและสม่ำเสมอ ถ้าปริมาณของมีไม่กี่ชนิด ระบบการควบคุมในลักษณะนี้สะดวกสำหรับฝ่ายควบคุมพัสดुकคงคลัง เพราะช่วยลดงานทางด้านธุรการไม่ต้องคอยตรวจดูปริมาณของอย่างสม่ำเสมอ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดก็ทำการสั่งซื้อตามปริมาณที่ได้รับ การตรวจเช็ค โดยปริมาณที่จะจัดซื้อในแต่ละครั้ง จะสั่งในปริมาณที่ทำให้ระดับพัสดुकคงคลังสูงสุดเท่าที่กำหนดไว้ โดยหาได้จากปริมาณการสั่งที่ประหยัด ( $Q_0$ ) ลบด้วยปริมาณพัสดुकคงคลังที่มีอยู่ในมือ (O) บวกด้วยปริมาณที่ต้องการสำหรับช่วงเวลานำ (L) และบวกด้วยของที่มีมือไว้ (SS) ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ระบบพัสดुकงคลังโดยกำหนดรอบเวลาการตั้งคองที่

ที่มา: พิภพ (2545)

ในระบบนี้ถ้าหากมีสินค้าหลายชนิดจะทำให้เกิดความยุ่งยากแก่ฝ่ายควบคุมพัสดुकงคลัง และข้อเสียของระบบนี้ คือ ในบางครั้งมีการใช้ของเร็วกว่าปกติอาจทำให้ของขาดแคลนขึ้นได้ ดังนั้นควรต้องให้มีปริมาณพัสดुकงคลังโดยเฉลี่ยสูงกว่าระบบแรก ของที่เหมาะสมกับระบบนี้ควรเป็นของที่มีความสำคัญระดับปานกลาง

## 9. ปัจจัยที่มีผลต่อการพิจารณาระดับพัสดुकงคลังสำรอง

พิภพ (2545) ปริมาณพัสดुकงคลังสำรองจะมากหรือน้อยเพียงไรขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น

### 9.1 นโยบายของฝ่ายจัดการ

ถ้านโยบายของฝ่ายจัดการไม่ต้องการให้มีของขาดมือเลยจะต้องกำหนดของเผื่อไว้ให้มากๆ ถ้าต้องการลดค่าใช้จ่ายพัสดुकงคลังอาจต้องยอมให้มีของขาดแคลนได้บ้างในขอบเขตที่ยอมรับได้

## 9.2 ความแปรปรวนของความต้องการพัสดुकงคลัง

โดยปกติความต้องการพัสดुकงคลังมักไม่เท่ากันตลอด ดังนั้น อัตราความต้องการพัสดुकงคลังจึงเป็นค่าเฉลี่ยของความต้องการพัสดुकงคลังนั้น ความผันแปรของความต้องการดังกล่าววัดได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูง หมายถึงมีความผันแปรสูง เมื่อความผันแปรของความต้องการมีสูง โอกาสที่เกิดของขาดมือจึงมีมากขึ้นไปด้วย เพื่อลดโอกาสของขาดมือจึงจำเป็นต้องจัดเตรียมของเผื่อไว้ให้มากกว่า ด้วย

## 9.3 ระบบการควบคุมพัสดुकงคลัง

ในกรณีที่เป็นระบบพัสดुकงคลังที่กำหนดปริมาณการสั่งซื้อคงที่เมื่อมีการผันแปรของความต้องการสูง การแก้ปัญหาการขาดแคลนทำได้โดยกำหนดของเผื่อไว้เพื่อป้องกันการขาดแคลนเฉพาะช่วงเวลานำเท่านั้น แต่ถ้าใช้ระบบพัสดुकงคลังโดยกำหนดรอบเวลาการสั่งซื้อคงที่ เมื่อมีการผันแปรของความต้องการสูงขึ้น การป้องกันของขาดมืออาจแก้ไขได้ยากเพราะได้กำหนดเวลาการสั่งซื้อของไว้แน่นอนแล้ว ดังนั้นจึงต้องเตรียมของเผื่อไว้สูงกว่าระบบแรก

## 9.4 ช่วงเวลานำ

ถ้าเป็นช่วงระยะเวลาไม่ยาวนานัก ความผิดพลาดต่างๆ จะเกิดขึ้นในขอบเขตที่ค่อนข้างจำกัด การจัดเตรียมของที่เผื่อไว้จึงน้อยกว่า แต่ถ้าระยะของช่วงเวลานำยาวนาน ความไม่แน่นอนของอนาคตมีมากกว่า ความเสี่ยงต่อการขาดแคลนก็สูงกว่า จึงจำเป็นต้องเตรียมของเผื่อไว้สูงกว่า

องค์ประกอบทั้ง 4 ที่กล่าวมานี้ ข้อ 9.1 และข้อ 9.3 เป็นองค์ประกอบที่ฝ่ายจัดการสามารถกำหนดขึ้นเองได้ตามความเหมาะสม ดังนั้นจึงถือว่าเป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ แต่องค์ประกอบข้อ 9.2 และข้อ 9.4 เป็นตัวแปรที่โดยปกติก็มีความผันแปรอยู่ตลอดเวลาไม่สามารถควบคุมได้ ความผันแปรที่เกิดขึ้นทั้ง 2 กรณีนี้ สามารถประมาณได้โดยการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีต อย่างไรก็ตามในการกำหนดขนาดของที่มีเผื่อไว้ภายใต้ความผันผวนของตัวแปรทั้ง 2 นี้ค่อนข้างทำได้ยุ่งยากและเข้าใจยาก

## 10. การคำนวณหาระดับพัสดุคงคลังสำรองโดยใช้วิธีกำหนดระดับบริการ

ระดับบริการ (Service Level) หมายถึง ความน่าจะเป็นที่จะไม่เกิดการขาดสต็อก สมมติว่าระดับบริการกำหนดไว้ที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ จะมีความหมายว่า มีความน่าจะเป็น 95 เปอร์เซ็นต์ที่ความต้องการจะไม่มากไปกว่าระดับของพัสดุคงคลังที่ได้จัดไว้ในช่วงเวลานำ สำหรับจำนวนของพัสดุคงคลังสำรองที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ (ศิริพร, 2548)

1. อัตราความต้องการโดยเฉลี่ย
2. ช่วงเวลานำโดยเฉลี่ย
3. ความแปรปรวนของความต้องการและช่วงเวลานำ
4. ระดับบริการที่ต้องการ

เมื่อพิจารณาปัจจัยความแปรปรวนของความต้องการและช่วงเวลานำ สามารถแยกเป็นกรณีที่เป็นไปได้ได้ 3 กรณีคือ กรณีช่วงเวลานำคงที่ ความต้องการมีความแปรปรวน กรณีความต้องการคงที่ช่วงเวลานำมีความแปรปรวน และกรณีสุดท้ายทั้งความต้องการและช่วงเวลานำมีความแปรปรวน เนื่องจากในกรณีศึกษาในช่วงเวลานำในการสั่งซื้อพัสดุแต่ละรายการค่อนข้างคงที่ แต่ความต้องการพัสดุมีความแปรปรวนอยู่ตลอดเวลา ในที่นี้จึงระบุรายละเอียดเฉพาะกรณีช่วงเวลานำคงที่ อัตราการใช้แปรปรวน กรณีเดียวเท่านั้น

จากสมการที่ (11) จะได้

$$SS = ROP - \hat{X}_L \quad (12)$$

เมื่อ ROP คือปริมาณของที่มีเหลืออยู่สูงสุดในช่วงเวลานำ และค่า  $\hat{X}_L$  คืออัตราการใช้โดยเฉลี่ยในช่วงเวลานำ ถ้าความแปรปรวนของอัตราการใช้ในช่วงเวลานำมีการแจกแจงแบบปกติ โดย  $Z$  คือ ตำแหน่งที่ปรากฏในแกนแนวนอนของโค้งแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ซึ่งใช้วัดว่าข้อมูลห่างจากค่าเฉลี่ยเป็นกี่เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนั้น

$$Z = \frac{ROP - \hat{X}_L}{\sigma_L} \quad (13)$$

จากสมการที่ (13) จะได้

$$Z\sigma_L = \text{ROP} - \hat{X}_L \quad (14)$$

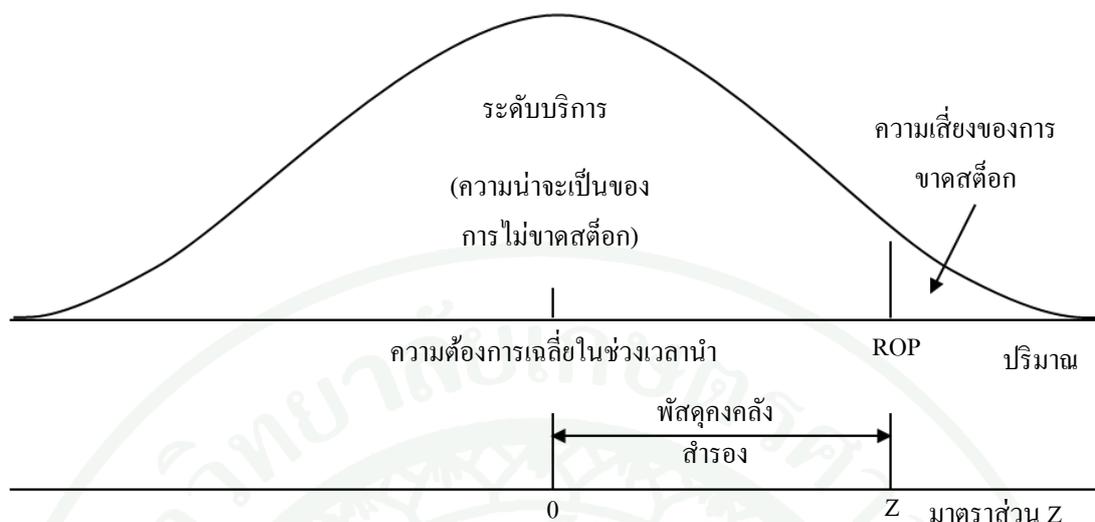
ดังนั้น 
$$SS = Z\sigma_L \quad (15)$$

ในสมการที่ (13) ค่า  $Z$  เป็นค่าที่สามารถเปิดอ่านได้จากตารางการแจกแจงปกติ โดยกำหนดความน่าจะเป็นในการยอมให้ของขาดแคลน เช่น ถ้าความน่าจะเป็นสำหรับการขาดแคลนพัสดุดังกล่าวคือ 20% ดังนั้น จากตารางการแจกแจงปกติที่ความน่าจะเป็นร้อยละ 20 จะได้ค่า  $Z = 0.84$  การกำหนดค่า ROP บนพื้นฐานความต้องการในช่วงเวลานำที่มีการแจกแจงแบบปกติแสดงได้ดังภาพที่ 7

สำหรับค่า  $\sigma_L$  เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการในช่วงเวลานำสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (16)

$$\sigma_L = \sigma_D \sqrt{\frac{LT}{R}} \quad (16)$$

โดยที่  $\sigma_D$  คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความต้องการ  
 $LT$  คือ ช่วงเวลานำ  
 $R$  คือ ช่วงเวลาที่ใช้เก็บข้อมูล



ภาพที่ 7 การกำหนด ROP บนพื้นฐานความต้องการในช่วงเวลานำที่มีการแจกแจงแบบปกติ

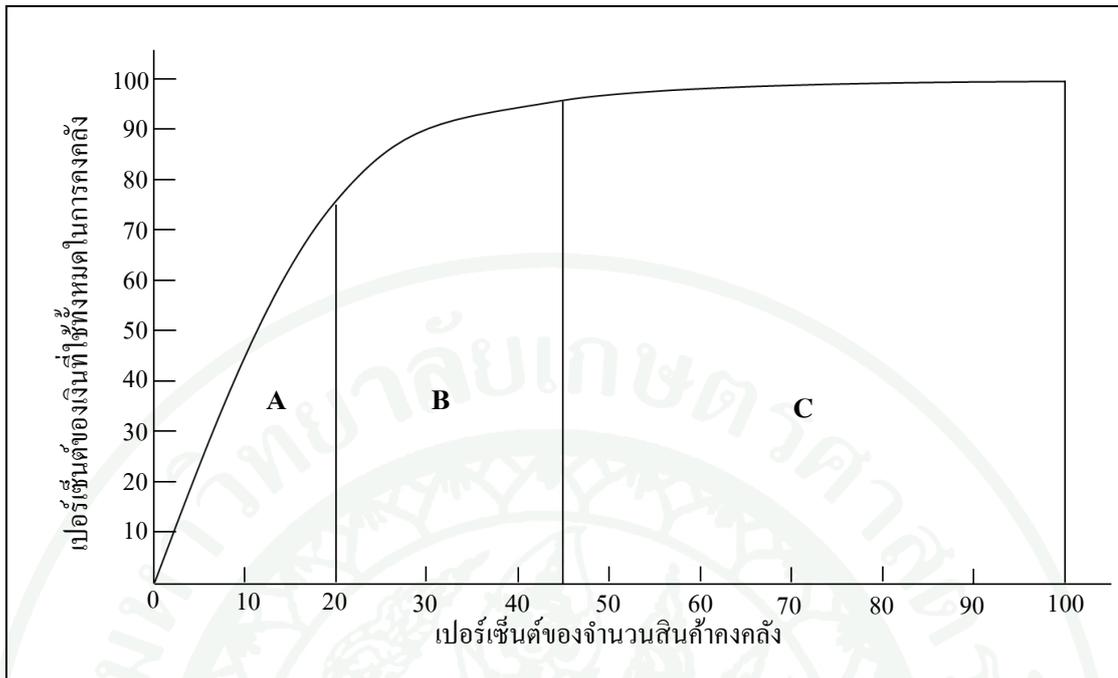
ที่มา: ชุมพล (2552)

## 12. การแบ่งประเภทพัสดुकงคลังด้วยระบบ ABC

ชุมพล (2552) ระบบ ABC เป็นระบบที่แบ่งประเภทความสำคัญของพัสดुकงคลังตามมูลค่าของพัสดुकงคลังที่หมุนเวียนในรอบปี เพื่อให้ติดตามพัสดुकงคลังได้อย่างถูกต้อง โดยแบ่งประเภทพัสดुकงคลังออกเป็น 3 ประเภท คือ ประเภท A เป็นพัสดुकงคลังที่มีมูลค่าหมุนเวียนในรอบปีสูงสุด ประเภท B มีมูลค่าปานกลาง ส่วนประเภท C มีมูลค่าต่ำสุด การแบ่งประเภทของพัสดुकงคลังโดยใช้ระบบ ABC แสดงดังภาพที่ 8 โดยหลักเกณฑ์ในการแบ่งประเภทพัสดुकงคลังพอสรุปได้ดังนี้

ประเภท A มีพัสดुकงคลังประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ของรายการของพัสดुकงคลังทั้งหมด แต่มีมูลค่าสูงสุดประมาณ 75 – 80 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าพัสดुकงคลังทั้งหมด

ประเภท B มีพัสดुकงคลังประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ของรายการพัสดुकงคลังทั้งหมด แต่มีมูลค่าประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าพัสดुकงคลังทั้งหมด



ภาพที่ 8 การแบ่งประเภทพัสดुकงคลังโดยใช้ระบบ ABC

ประเภท C คือปริมาณของพัสดुकงคลังส่วนใหญ่ที่เหลือประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ของรายการพัสดुकงคลังทั้งหมด แต่มีมูลค่าโดยประมาณเพียง 5-10 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าพัสดुकงคลังทั้งหมด

## การพยากรณ์

อรอุไร ( 2544); ชัยยงค์ (2550) การพยากรณ์ คือ การทำนายค่าของตัวแปรที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยทราบค่าข้อมูลในอดีตของตัวแปรนั้น หรือทราบค่าข้อมูลในอดีตของตัวแปรอื่นที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรนั้น นอกจากนี้การพยากรณ์อาจทำได้โดยการใช้การตัดสินใจจากทักษะความชำนาญและประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้ข้อมูลในอดีตหรือไม่ใช้ก็ได้

### 1. ประเภทการพยากรณ์

อรอุไร (2544) เทคนิคการพยากรณ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

#### 1.1 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative methods)

เป็นเทคนิคที่ส่วนใหญ่ใช้วิจญาณซึ่งมาจากประสบการณ์ และความรู้พื้นฐานของผู้พยากรณ์ ดังนั้นเทคนิคนี้เหมาะสมในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเชิงปริมาณสนับสนุน และใช้สำหรับพยากรณ์ในอนาคตระยะยาว ซึ่งการพยากรณ์โดยอาศัยข้อมูลนั้นอาจไม่สามารถพยากรณ์ได้ดี เพราะในระยะยาวนั้นมีความไม่แน่นอนของปัจจัยต่างๆ ที่กระทบต่อสิ่งที่ต้องการพยากรณ์ (อัจฉรา , 2544) ตัวอย่างของวิธีการพยากรณ์เชิงคุณภาพ เช่น วิธีเดลฟาย (Delphi method) และ การวิจัยตลาด (Market research method)

#### 1.2 การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative methods)

เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ เป็นการพยากรณ์ที่ต้องอาศัยความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และสถิติ เพื่อนำไปสร้างรูปแบบหรือสมการพยากรณ์ในการพยากรณ์ข้อมูลหรือเหตุการณ์ในอนาคต ดังนั้นการพยากรณ์แบบนี้ต้องใช้ข้อมูลในอดีตที่ผ่านมา โดยข้อมูลในอดีตต้องอยู่ในรูปของตัวเลขหรือสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ และต้องมีปริมาณมากพอสมควรเพื่อทำให้การพยากรณ์มีความน่าเชื่อถือ สำหรับการพยากรณ์เชิงปริมาณสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

##### 1.2.1 เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series analysis)

อนุกรมเวลา (Time series) คือ กลุ่มหรือชุดข้อมูลสถิติที่จัดเรียงตามลำดับเวลาที่เกิดขึ้นจากอดีตเป็นต้นมา หน่วยอาจเป็นชั่วโมง วัน สัปดาห์ เดือน ปี เช่น ราคาหุ้นในแต่ละวัน ยอดขายรถยนต์ในแต่ละเดือน ผลผลิตข้าวของประเทศ หรือ รายได้ประชาชาติในแต่ละปี เป็นต้น

เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาเป็นเทคนิคที่ศึกษาหารูปแบบของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาดังแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยใช้ข้อมูลในอดีตที่เก็บรวบรวมเป็นรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปีอย่างต่อเนื่องมากำหนดรูปแบบแล้วจึงนำรูปแบบนั้นมาวิเคราะห์และพยากรณ์ค่าของตัวแปรที่ต้องการศึกษาในอนาคตโดยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ โดยมีข้อสมมติหรือเงื่อนไขว่า การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในอนาคตมีแบบแผนที่ไม่แตกต่างจากการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในอดีต

ระดับความถูกต้องและความเหมาะสมในการพยากรณ์ด้วยวิธีการนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแบบแผนอนุกรมเวลาที่กำหนด การพยากรณ์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาเป็นการวิเคราะห์จากตัวแปรเดียวหรือปัจจัยเดียว ซึ่งวิธีการดังกล่าวเรียกว่า การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบเก่าหรือแบบคลาสสิก (Tradition or classic time series analysis)

วิธีการพยากรณ์โดยใช้เทคนิคนี้มักเป็นวิธีทางสถิติซึ่งเป็นที่นิยมได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential smoothing) วิธีการกรองแบบปรับได้ (Adaptive filtering) วิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา (Time series decomposition) วิธีค่าแนวโน้มนอกช่วง (Trend extrapolation) และวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box-Jenkins method)

### 1.2.2 เทคนิคการพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Causal or associative forecasting)

เทคนิคนี้มีแนวความคิดว่าพฤติกรรมของสิ่งที่สนใจถูกกำหนดโดยปัจจัยภายนอกซึ่งมีอิทธิพลต่อสิ่งที่จะพยากรณ์ในรูปแบบความสัมพันธ์บางลักษณะ วิธีการพยากรณ์โดยเทคนิคดังกล่าวซึ่งเป็นที่รู้จักกัน ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) และวิธีการพยากรณ์เชิงเศรษฐมิติ (Econometric forecasting)

วิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณด้วยเทคนิคทั้ง 2 ประเภทที่กล่าวมา จัดเป็นวิธีทางสถิติ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กัน นอกจากนี้ยังมีวิธีการพยากรณ์ที่น่าสนใจอีกรูปแบบหนึ่ง คือ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งสามารถพยากรณ์ทางสถิติโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาและเทคนิคความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจมากเนื่องจากมีหลักการที่เข้าใจง่ายมีทฤษฎีรองรับและมีขั้นตอนวิธีการในการใช้ที่มีแบบแผนแน่นอน อย่างไรก็ตามวิธีการพยากรณ์ทางสถิติเหล่านี้ มีข้อจำกัดอยู่ที่มีความไวต่อข้อสมมติทางสถิติและประสิทธิภาพของแบบจำลองขึ้นอยู่กับรูปแบบที่เลือกใช้

## 2. ขั้นตอนการพยากรณ์

อรอุไร (2544) ขั้นตอนในการพยากรณ์ประกอบไปด้วย

2.1 การกำหนดเป้าหมายของการพยากรณ์ให้ชัดเจนจากวัตถุประสงค์และความต้องการของงานวิจัย

2.2 กำหนดตัวแปรที่ต้องการศึกษาและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ตามเป้าหมาย เช่น การพยากรณ์ปริมาณผลผลิต ควรระบุให้ชัดเจนถึงหน่วยของปริมาณผลผลิต และการพยากรณ์นั้นเป็นแบบรายปี รายไตรมาส รายเดือน หรือรายสัปดาห์ เป็นต้น

2.3 การกำหนดระยะเวลาที่ต้องการพยากรณ์หรือระยะเวลาที่นำค่าพยากรณ์นั้นไปใช้

2.4 การพิจารณาถึงแหล่งที่มาของข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วย 2 แหล่งคือ แหล่งข้อมูลภายในองค์กร และแหล่งข้อมูลภายนอกองค์กร

2.5 การพิจารณาเลือกวิธีการพยากรณ์ โดยคำนึงถึงประเภทและจำนวนของข้อมูล ลักษณะข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีต ช่วงระยะเวลาของการพยากรณ์ ความซับซ้อนของวิธีการพยากรณ์ และความเร่งด่วนที่จะใช้ค่าพยากรณ์

2.6 การตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์เชิงคุณภาพทำได้ค่อนข้างยาก ในขณะที่การพยากรณ์เชิงปริมาณสามารถตรวจสอบได้โดย

การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับค่าของข้อมูลจริง ถ้าค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าข้อมูลจริง แสดงว่าการพยากรณ์นั้นมีความถูกต้อง

2.7 การเตรียมค่าพยากรณ์จากวิธีการหาค่าพยากรณ์หลายๆ วิธี เลือกวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่าผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องที่สุดมาประยุกต์ใช้งานต่อไป

2.8 การนำเสนอค่าพยากรณ์ ควรชัดเจนและเข้าใจง่าย นำเสนอค่าพยากรณ์ที่ได้ และวิธีการที่ได้มาอย่างคร่าวๆ พร้อมทั้งกล่าวถึงระดับความมั่นใจกับค่าพยากรณ์ที่จะนำไปใช้ด้วย

2.9 การประเมินผลการพยากรณ์ ด้วยการสังเกต ติดตาม และวิเคราะห์ผล เพื่อพิจารณาค่าพยากรณ์ว่าความผิดพลาดสูงหรือไม่ ถ้าผลการศึกษามีความผิดพลาดสูงควรหาสาเหตุของความผิดพลาดนั้น เพื่อดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงวิธีการพยากรณ์ ถ้าผลการศึกษายังมีความผิดพลาดสูงอยู่ให้กลับไปดำเนินการในข้อที่ 2.5

### 3. เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาเลือกวิธีการพยากรณ์

วิธีการพยากรณ์ที่พัฒนาขึ้นมีหลายวิธี แต่ละวิธีนั้นอาจเหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวต่างกัน นอกจากนั้นวัตถุประสงค์ของการนำไปประยุกต์ใช้ของแต่ละหน่วยงานก็ต่างกัน การเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็น ดังนั้นก่อนการพยากรณ์ควรต้องทราบรายละเอียดที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ (รังสรรค์, 2533; จินดาวัฒน์, 2547; ทรงศิริ, 2549) ดังนี้

#### 3.1 ลักษณะของข้อมูล (Data pattern)

##### 3.1.1 องค์ประกอบอนุกรมเวลา

การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีลักษณะแบบใดนั้นให้พิจารณาขึ้นต้นจากการสร้างแผนภาพของอนุกรมเวลา ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก 4 ประการ ได้แก่

1) แนวโน้ม (Trend, T) คือ ลักษณะข้อมูลอนุกรมเวลาที่แสดงการเคลื่อนไหวในช่วงระยะเวลายาว (Long period of time) สามารถเห็นแนวโน้มของข้อมูลว่าอนาคตจะเพิ่มขึ้น

(Upward trend) หรือลดลง (Downward trend) ซึ่งแนวโน้มนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงประชากร ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี การเปลี่ยนรสนิยมของผู้บริโภค เป็นต้น

2) การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Seasonal variations, S) เป็นวงจรที่มีแบบแผนในช่วงเดียวกัน ปัจจัยหลักที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลซ้ำๆ กันในแต่ละปี ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ เทศกาลที่มนุษย์หรือลูกค้ายกกำหนดขึ้นเอง เช่น เทศกาลปีใหม่ วันคริสต์มาส และอื่นๆ เป็นต้น กิจกรรมต่างๆ ทางด้านการเกษตรส่วนใหญ่ขึ้นกับฤดูกาลเป็นอย่างมาก

3) การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร (Cyclical fluctuations, C) เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบขึ้นๆ ลงๆ รอบระดับของแนวโน้ม ปกติมีช่วงเวลาประมาณ 2-15 ปี โดยทั่วไปประกอบด้วย 4 ระยะ คือ ระยะขยายตัวหรือฟื้นตัว (Recovery) ระยะเจริญรุ่งเรือง (Prosperity) ระยะฝืดเคือง (Recession) และระยะตกต่ำ (Depression) ซึ่งแต่ละระยะมีขนาดและช่วงเวลาที่แตกต่างกันไปและไม่สามารถกำหนดรูปแบบที่แน่นอนได้

ข้อแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร คือ ช่วงเวลาของการเกิดความเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร 1 รอบนานกว่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และช่วงเวลาการเกิดการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมีความแน่นอนกว่าช่วงการเกิดการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร

4) การเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน (Irregular variations, I) เป็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเหตุการณ์ผิดปกติในอนุกรมเวลา ในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น ความไม่แน่นอนเนื่องจากธรรมชาติ หรือการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า เช่น การนัดหยุดงานของคณงาน อุทกภัย ภาวะสงคราม เป็นต้น อาจเรียกว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในส่วนที่เหลือ (Residual variations) จาก 3 ข้อข้างต้น

### 3.1.2 รูปแบบความสัมพันธ์ของอนุกรมเวลา

รูปแบบที่นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลา แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) รูปแบบการบวก (Additive model) ในรูปแบบการบวกนี้ถือว่า ข้อมูลในแต่ละอนุกรมเวลา (Y) ประกอบด้วยผลบวกของส่วนประกอบทั้ง 4 ประการ นั่นคือ

$$Y = T + S + C + I$$

2) รูปแบบการคูณ (Multiplicative model) ในรูปแบบการคูณนี้ถือว่า ข้อมูลในแต่ละอนุกรมเวลา (Y) ประกอบด้วยผลคูณของส่วนประกอบทั้ง 4 ประการ นั่นคือ

$$Y = T \times S \times C \times I$$

การเลือกใช้รูปแบบการบวกหรือรูปแบบการคูณในการวิเคราะห์นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุกรมเวลา โดยทั่วไปรูปแบบการคูณเป็นรูปแบบที่ใช้อธิบายการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาได้ใกล้เคียงความจริงมากกว่ารูปแบบการบวก

ข้อมูลแต่ละชุดไม่จำเป็นต้องประกอบด้วยส่วนประกอบทั้ง 4 ส่วน ข้อมูลบางชุดอาจมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ การผันแปรตามแนวโน้มและการผันแปรตามฤดูกาล ในขณะที่บางชุดอาจมีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ การผันแปรตามวัฏจักร การผันแปรตามฤดูกาล และการผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ผิดปกติ หรือบางชุดอาจมีแนวโน้มอย่างเดียว และในกรณีที่ข้อมูลรายปีจะไม่มีส่วนประกอบของการผันแปรตามฤดูกาล

### 3.2 ช่วงระยะเวลาการพยากรณ์ (Forecast horizon)

การพยากรณ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะดังต่อไปนี้

3.2.1 การพยากรณ์ระยะใกล้ (Immediate term) เป็นการพยากรณ์ที่มีช่วงเวลาน้อยกว่า 1 เดือน โดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับกิจกรรมด้านปฏิบัติงานที่อยู่ในความรับผิดชอบของผู้บริหารระดับกลางและระดับต่ำ เป้าหมายของการพยากรณ์มุ่งเพื่อการปรับปรุงวิธีการทำงานให้ดีขึ้นมากกว่าการเปลี่ยนแปลงวิธีการ

3.2.2 การพยากรณ์ระยะสั้น (Short term) เป็นการพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ต่ำกว่า 3 เดือน ใช้พยากรณ์แต่ละสินค้าแยกเฉพาะ เพื่อใช้ในการบริหารสินค้าคงคลัง การจัดการการผลิต สายการประกอบหรือการใช้แรงงาน ในช่วงเวลาแต่ละสัปดาห์ แต่ละเดือน หรือแต่ละไตรมาส หรืออีกนัยหนึ่งคือการพยากรณ์ระยะสั้นใช้ในการวางแผนระยะสั้น

3.2.3 การพยากรณ์ระยะกลาง (Medium term) เป็นการพยากรณ์ในช่วงเวลาที่มากกว่า 3 เดือนจนถึง 2 ปี ใช้พยากรณ์ทั้งกลุ่มของสินค้าหรือยอดขายรวมขององค์กร เพื่อใช้ในการวางแผนด้านบุคลากร การวางแผนการผลิต การจัดการการผลิตรวม การจัดซื้อและการกระจายสินค้า ระยะเวลาที่นิยมพยากรณ์คือ 1 ปี เพราะเป็นหนึ่งรอบระยะเวลาบัญชีพอดี การพยากรณ์ระยะปานกลางใช้ในการวางแผนระยะปานกลาง

3.2.4 การพยากรณ์ระยะยาว (Long term) เป็นการพยากรณ์ในช่วงเวลา 2 ปีขึ้นไป ใช้พยากรณ์ยอดขายรวมขององค์กร เพื่อใช้ในการเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงานและสิ่งอำนวยความสะดวก การวางแผนกำลังการผลิตและการจัดการกระบวนการผลิตในระยะยาว การพยากรณ์ระยะยาวใช้ในการวางแผนระยะยาว

### 3.3 ข้อมูลที่ต้องใช้ (Data requirements)

ข้อมูลในอดีตที่เก็บรวบรวมแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อการพยากรณ์ มี 2 ปัจจัยหลักที่ต้องการพิจารณา คือ ช่วงเวลาของข้อมูล (Data interval) ว่าเป็นข้อมูลรายสัปดาห์ รายเดือน รายไตรมาส หรือ รายปี เพราะลักษณะดังกล่าวเป็นปัจจัยในการพิจารณาเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูล ปัจจัยที่สองคือขนาดของข้อมูลในอดีตว่ามีมากน้อยเพียงใด (Data size) เพราะการพยากรณ์บางวิธีไม่จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมาก แต่บางวิธีกลับต้องการข้อมูลจำนวนมาก

### 3.4 ความซับซ้อนของวิธีการพยากรณ์ (Complexity)

ระดับความยากง่ายในการพยากรณ์ขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาในการคำนวณ เครื่องมือที่ใช้ และระดับความสามารถของผู้วิเคราะห์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง วิธีการพยากรณ์ที่ยู่ยากมักใช้เวลาในการคำนวณมาก บางวิธีการพยากรณ์ไม่ให้ค่าสำเร็จ ผู้วิเคราะห์ต้องเข้าไปมีส่วนร่วมในระหว่างการทำพยากรณ์ ทำให้ต้องใช้ความรู้มาก ถ้าองค์กรต้องการ

พยากรณ์เหตุการณ์หลายเหตุการณ์ วิธีการพยากรณ์ที่ยู่ยากมักทำให้ค่าพยากรณ์ช้าไม่ทันต่อการวางแผนและการปฏิบัติงานที่รวดเร็ว

### 3.5 วัตถุประสงค์หลักของการพยากรณ์

วัตถุประสงค์ของการพยากรณ์ถูกใช้เป็นแนวทางสำคัญให้สามารถกำหนดเหตุการณ์ที่จะพยากรณ์ ระบุประโยชน์ที่ได้จากการพยากรณ์ และสามารถกำหนดวิธีการของการพยากรณ์ที่เหมาะสม

### 3.6 ปัญหาการพยากรณ์

วิธีการพยากรณ์ในปัจจุบันที่ใช้อยู่ปัจจุบันมีปัญหาหรืออุปสรรคที่พอสรุปได้ ดังนี้

#### 3.6.1 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ

เป็นการพยากรณ์ที่ต้องใช้ความรู้ความสามารถของผู้ชำนาญ หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยตรงมากกว่าอาศัยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการพยากรณ์เป็นไปได้ยาก ทั้งนี้เพราะการพยากรณ์ขึ้นอยู่กับความรู้ ประสบการณ์ และความสามารถของผู้ชำนาญในสาขานั้นๆ

#### 3.6.2 การพยากรณ์เชิงปริมาณ

การพยากรณ์อนุกรมเวลา ต้องวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูล ซึ่งการเคลื่อนไหวของข้อมูลแต่ละแบบนั้นเหมาะสมกับแต่ละวิธีการพยากรณ์ เช่น วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวคงที่ วิธีการทำให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลเหมาะกับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวแบบแนวโน้มเชิงเส้นตรง และไม่มี การเคลื่อนไหวแบบฤดูกาล ส่วนการพยากรณ์ด้วยการหาความสัมพันธ์ ศึกษาและกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่จะทำการพยากรณ์ ต้องการข้อมูลจำนวนมาก

วิธีพยากรณ์มีมากมายหลายวิธีแต่ละวิธีมีคุณลักษณะ ข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป ไม่มีวิธีไหนที่สมบูรณ์แบบที่สุด ดังนั้นควรเลือกวิธีพยากรณ์ให้เหมาะสมและเชื่อถือได้มากที่สุด และควรคำนึงถึงปัจจัยในการเลือกวิธีการพยากรณ์ได้แก่ ช่วงเวลาการพยากรณ์ เวลาที่ใช้เตรียมการพยากรณ์ลักษณะของข้อมูล จำนวนของข้อมูล ความยากง่ายของวิธีและที่สำคัญที่สุดคือ ค่าใช้จ่ายและระดับความถูกต้องของการพยากรณ์ (ทรงศิริ, 2549; Makridakis *et al.*, 1998)

#### 4. เทคนิคการพยากรณ์แบบวิเคราะห์หอนุกรมเวลา

##### 4.1 วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average)

อรอุไร (2544) เป็นการพยากรณ์ที่อาศัยค่าจริงของข้อมูล (ค่าสังเกต) ที่เพิ่งผ่านมาชุดหนึ่ง นำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้นี้ เป็นค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาถัดไป โดยที่ข้อมูลเก่าจะถูกตัดทิ้งไปเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา การพยากรณ์โดยวิธีนี้จะให้น้ำหนักกับข้อมูลทุกค่าเท่ากัน

MA( $k$ ) คือ Moving Average Forecast of Order  $k$  หมายถึง การพยากรณ์โดยการหาค่าเฉลี่ยข้อมูลครั้งละ  $k$  จำนวน การพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่สามารถสรุปได้ ดังสมการที่ (17)

$$F_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t Y_i \quad (17)$$

หรือสามารถเขียนได้อีกแบบ ดังสมการที่ (18)

$$F_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k} \quad (18)$$

โดยที่  $F_{t+1}$  คือ ค่าพยากรณ์ที่คาบเวลาถัดไป  
 $Y_t$  คือ ค่าจริงของข้อมูลที่เวลาใดๆ

##### 4.2 วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing)

ออริไร (2544) วิธี Single Exponential Smoothing (SES) เป็นวิธีการพยากรณ์วิธีการหนึ่งที่ทำกรพยากรณ์โดยการให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักกับข้อมูลที่ผ่านมาในอดีตแต่ละค่าไม่เท่ากัน น้ำหนักของข้อมูลมีการลดลงแบบ Exponential ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นวิธีที่ให้ความสำคัญกับข้อมูลที่อยู่ใกล้ปัจจุบันมากกว่าข้อมูลเก่าในอดีตที่อยู่ไกลกว่า

การพยากรณ์ข้อมูลที่คาบเวลาถัดไปของวิธี Single Exponential Smoothing ทำกรพยากรณ์โดยการนำค่าพยากรณ์ที่คาบเวลาปัจจุบัน มาปรับด้วยผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักกับค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ของการพยากรณ์ในคาบเวลาปัจจุบัน สามารถอธิบายได้ดังสมการที่ (19)

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t) \quad (19)$$

จากสมการที่ (19) สามารถนำมาเขียนเป็นสมการอีกรูปแบบหนึ่ง ดังสมการที่ (20)

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t \quad (20)$$

ทำนองเดียวกันกับสมการที่ (20) ค่า  $F_t$  สามารถเขียนในรูปของสมการที่ (21)

$$F_t = \alpha Y_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1} \quad (21)$$

โดยที่

$F_{t+1}$	คือ ค่าพยากรณ์ที่คาบเวลาถัดไป
$Y_t$	คือ ค่าจริงของข้อมูลที่คาบเวลา $t$
$F_t$	คือ ค่าพยากรณ์ที่คาบเวลา $t$
$\alpha$	คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

จากสมการที่ (20) เมื่อแทนค่า  $F_t$  ด้วยสมการที่ (21) จะได้สมการที่ (22) และกระจายออกมาอยู่ในรูปของสมการสมการที่ (23) ดังนี้

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)[\alpha Y_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1}] \quad (22)$$

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + \alpha(1 - \alpha) Y_{t-1} + (1 - \alpha)^2 F_{t-1} \quad (23)$$

และเมื่อแทนค่าย้อนหลังไปเรื่อยๆ  $F_{t+1}$  สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (24)

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + \alpha(1-\alpha)Y_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 Y_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^3 + \alpha(1-\alpha)^4 Y_{t-4} + \alpha(1-\alpha)^5 Y_{t-5} + \dots + \alpha(1-\alpha)^{t-1} Y_1 + (1-\alpha)^t F_1 \quad (24)$$

#### 4.3 วิธีการปรับเรียบแบบโฮลท์ลิเนียร์เอ็กซ์โปเนนเชียล (Holt's Linear Exponential Smoothing)

วิธี Holt's Linear Exponential (HES) เป็นวิธีที่ได้ทำการปรับปรุงข้อด้อยของวิธี Single Exponential Smoothing (อรอุไร, 2544; Makridakis *et al.*, 1998) เนื่องจากวิธี Single Exponential Smoothing เมื่อทำการพยากรณ์คาบเวลาที่ 1, 2, 3, ... ,t ต่อไปข้างหน้า ค่าที่พยากรณ์ได้จะลู่เข้าหาค่าคงที่ค่าหนึ่งดังภาพที่ 9 ซึ่งให้ผลการพยากรณ์ที่ไม่ดีเท่าที่ควร จึงได้มีการปรับปรุงวิธีการดังกล่าว โดยการนำปัจจัยแนวโน้มมาคิดรวมด้วย ซึ่งอธิบายได้โดยสมการที่ (25)-(27)

$$L_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (25)$$

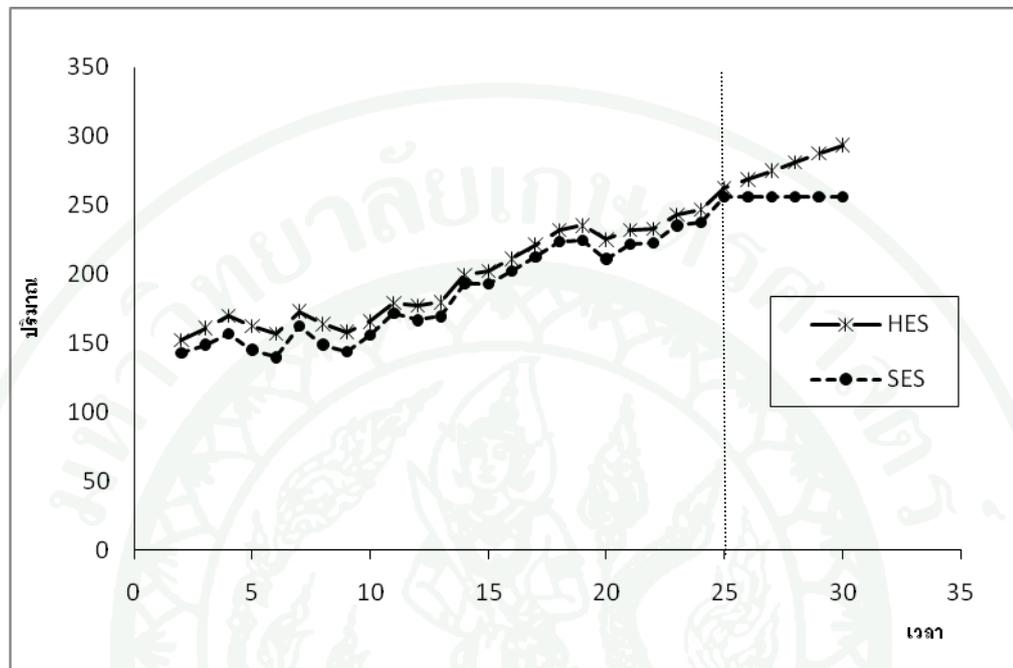
$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (26)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (27)$$

โดย  $L_t$  คือ ค่าประมาณของระดับ (Level) ของอนุกรมที่เวลา  $t$   
 $b_t$  คือ ค่าประมาณของความชันของอนุกรมที่เวลา  $t$   
 $m$  คือ จำนวนของคาบที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า  
 $\alpha, \beta$  คือ ค่าคงที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

โดยภาพที่ 9 แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างการพยากรณ์ของข้อมูลชุดหนึ่งด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียวเทียบกับวิธีปรับเรียบแบบโฮลท์ลิเนียร์เอ็กซ์โปเนน

เจ็ล สังกัดได้จากที่หน่วยเวลาที่ 25 เป็นต้นไป ผลที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบแบบ เอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียวเป็นค่าคงที่



ภาพที่ 9 การพยากรณ์ด้วยวิธี SES และ HES

## แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANNs) เป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่ง ในระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ซึ่งมีโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม และการทำงานคล้ายคลึงกับเซลล์สมองและระบบประสาทของมนุษย์ โดยได้นำข้อดีของเซลล์สมองมาใช้ คือความสามารถในการจำแนกในการแปลความหมายของสัญลักษณ์และภาพ ซึ่งผลลัพธ์ที่ออกมา นั้นอยู่ในเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือได้ แม้ว่าข้อมูลที่ป้อนเข้าไปนั้นอาจมีความผิดพลาดอยู่บ้าง หรือไม่มี ความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ป้อนเข้าไป

เมื่อนำระบบโครงข่ายประสาทเทียมมาทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการ คำนวณค่าทางคณิตศาสตร์ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องสามารถทำให้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมมี ศักยภาพในการทำงานสูงขึ้น โดยระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้มีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะ ได้แก่ ความสามารถในการจำลองปัญหาโดยไม่จำเป็นต้องทราบรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูล โดย ผลลัพธ์ที่ออกมามีความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

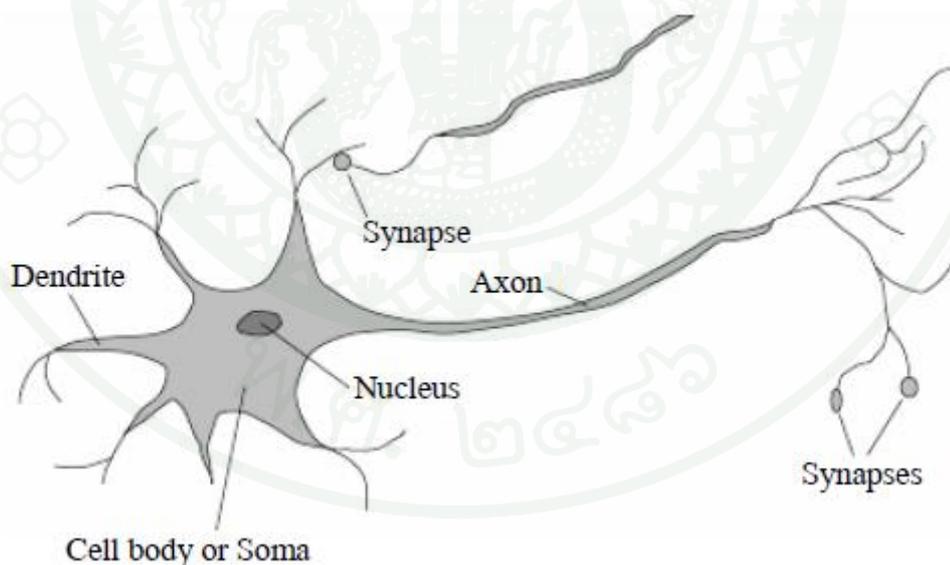
จากคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการนำมาใช้ในการ แก้ปัญหาได้ใกล้เคียงกับการคำนวณของเซลล์สมองและระบบประสาทของมนุษย์ แต่ในระบบ โครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการคำนวณสูงกว่า โดยมีรูปแบบการทำงานผ่าน ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ โดยการทำงานของระบบไม่ได้ทำงานซ้ำๆ ตามชุดคำสั่งเหมือนดัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป และผลลัพธ์ที่ออกมาอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

ถึงแม้ว่าอาจมีความผิดพลาดอยู่บ้างก็ตาม แต่ระบบโครงข่ายประสาทเทียมยังมี ความสามารถที่จะทำงานได้แม้ว่าข้อมูลที่ป้อนมีความบกพร่อง ผิดพลาด หรือขาดความสมบูรณ์ใน ตัวเองของข้อมูลนั้นๆ ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่มีข้อจำกัดอยู่หลาย อย่าง เช่น รูปแบบการทำงานหรือการแก้ปัญหาที่แน่นอน ถ้าข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลองมีความ ผิดพลาด ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์อื่นๆ จะมีความผิดพลาด หรือไม่ใกล้เคียงกับ ความเป็นจริง ซึ่งแตกต่างกับแบบจำลองระบบโครงข่ายประสาทเทียมดังที่ได้กล่าวมาแล้วใน ข้างต้น (อนุชาติ, 2551)

## 1. ระบบประสาทในสมองมนุษย์

อนุชาติ (2551) การทำงานของระบบประสาทในสมองมนุษย์ มีองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ คือ เซลล์ประสาท หรือ นิวรอน (Neurons) และ จุดประสานประสาท (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายสำหรับรับกระแสประสาท เรียกว่า เดนไดรต์ (Dendrite) ซึ่งเป็นอินพุต (Input) และปลายสำหรับการส่งกระแสประสาทเรียกว่า แอกซอน (Axon) ซึ่งเป็นเหมือนเอาต์พุต (Output) ของเซลล์ โดยเซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี

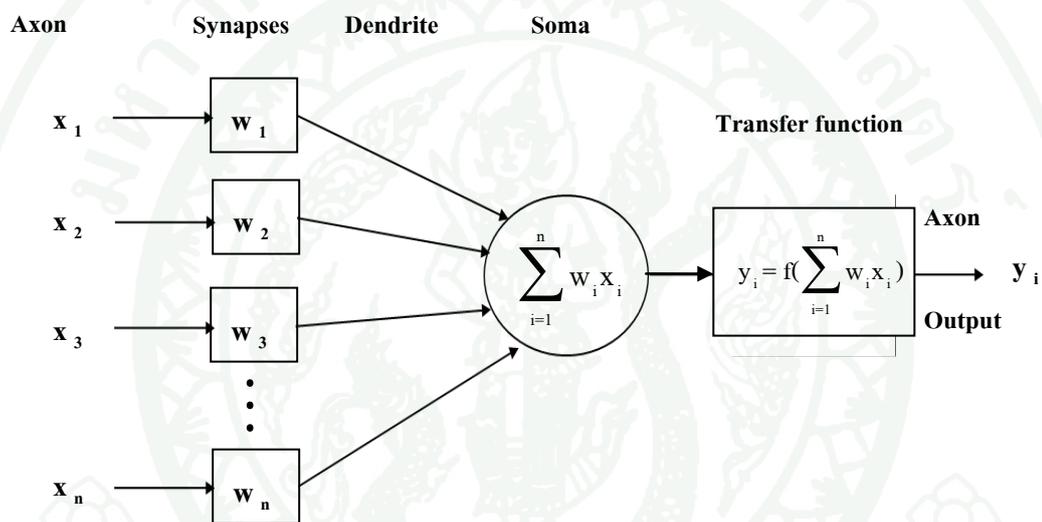
เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสจะกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอน ซึ่งกลุ่มเซลล์ประสาทเหล่านี้เกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน มีหน้าที่ในการจดจำ คิด นำความรู้ และประสบการณ์ที่บันทึกไว้ในสมองมาใช้ในการตัดสินใจในชีวิตประจำวัน โดยโครงสร้างของเซลล์ประสาทมนุษย์ได้แสดงไว้ดังใน ภาพที่ 10



ภาพที่ 10 โครงสร้างของเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์

ที่มา: อนุชาติ (2551)

โครงข่ายประสาทเทียมก็เช่นกันประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่เลียนแบบระบบประสาทในสมองมนุษย์ ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังแสดงใน ภาพที่ 11 การประมวลผลข้อมูลนี้เกิดขึ้นที่ส่วนพื้นฐานสำคัญที่มีจำนวนมากเรียกว่านิวรอน (Neuron) หรือหน่วยประมวลผล ซึ่งข้อมูลสัญญาณจะถูกส่งผ่านนิวรอนโดยเส้นการเชื่อมโยงที่มีค่าน้ำหนัก (Weight) กำกับอยู่ แต่ละนิวรอนจะทำหน้าที่รวมสัญญาณนำเข้าที่ได้รับการปรับค่าน้ำหนักแล้วจึงนำไปผ่านฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer function) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) เพื่อคำนวณค่าผลลัพธ์ต่อไป



ภาพที่ 11 หน่วยประมวลผลพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียม

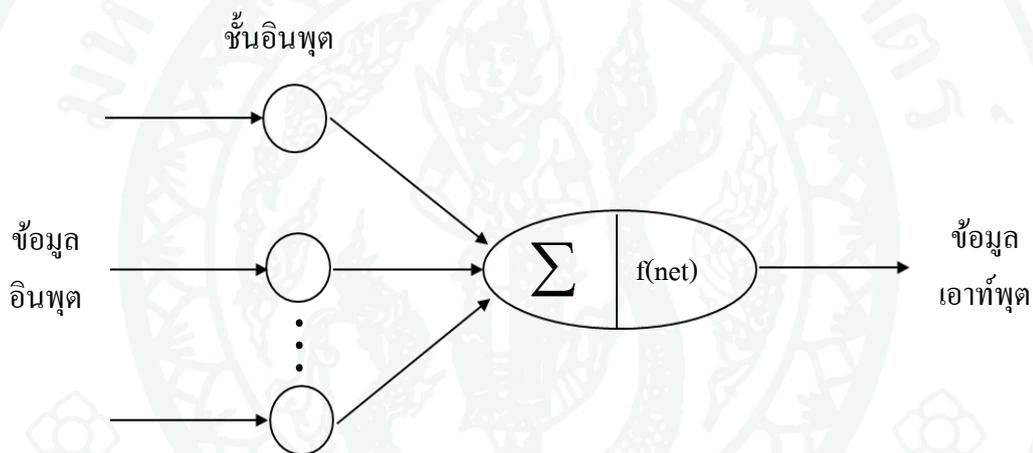
ที่มา: พิมลพร (2550)

จากภาพที่ 11 สามารถอธิบายตัวแปรต่างๆ ที่นำมาแสดงได้ดังนี้

- $x_i$  คือ ข้อมูลนำเข้าจากหน่วยนำเข้าที่  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ )
- $w_i$  คือ น้ำหนักที่เชื่อมโยงจากหน่วยนำเข้าที่  $i$  ไปยังหน่วยผลลัพธ์ที่  $y$
- $y_i$  คือ ข้อมูลส่งออกหรือผลลัพธ์

## 2. โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

อนุชาติ (2551) นักวิจัยส่วนใหญ่ในปัจจุบันเห็นตรงกันว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีโครงสร้างแตกต่างจากโครงข่ายประสาทในสมองแต่ก็ยังมีเหมือนสมอง ในแง่ที่ว่าโครงข่ายประสาทเทียมคือการรวมกลุ่มแบบขนานของหน่วยประมวลผลย่อยๆ และการเชื่อมต่อนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดสติปัญญาของโครงข่าย เมื่อพิจารณาขนาดแล้ว สมองมีขนาดใหญ่กว่าโครงข่ายประสาทเทียมอย่างมาก รวมทั้งเซลล์ประสาทยังมีความซับซ้อนกว่าโครงข่ายประสาทเทียม แต่หน้าที่สำคัญของสมอง เช่น การเรียนรู้ ยังคงถูกจำลองขึ้นได้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมนี้



ภาพที่ 12 แบบจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

ที่มา: อนุชาติ (2551)

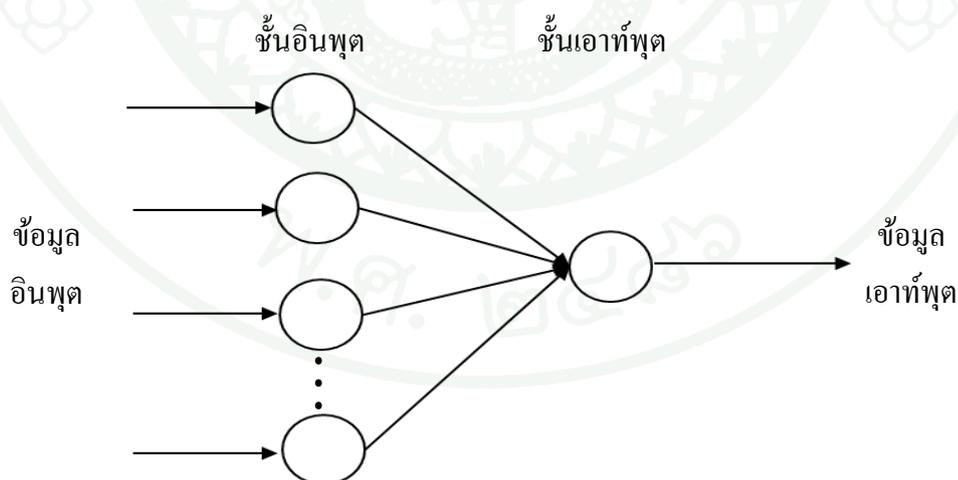
สำหรับในคอมพิวเตอร์โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเซตของโหนด (Nodes) ซึ่งอาจถูกกำหนดให้เป็นโหนดอินพุต (Input nodes) โหนดเอาต์พุต (Output nodes) หรือโหนดที่อยู่ตรงกลางระหว่างชั้นอินพุตและชั้นเอาต์พุต เรียกว่า โหนดฮิดเดน (Hidden nodes) โหนดแต่ละชั้นมีการเชื่อมต่อกันระหว่างโหนด (หรือนิวรอน) ด้วยค่าน้ำหนัก (Weight) กำกับอยู่ที่เส้นเชื่อมทุกเส้น เมื่อข่ายงานเริ่มทำงานจะมีการกำหนดค่าให้แก่โหนดอินพุต จากนั้นโหนดอินพุต จะส่งค่าที่ได้รับไปตามเส้นเชื่อมขาออก โดยค่าที่ส่งออกไปจะถูกคูณกับค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อม โหนดในชั้นถัดไปจะรับค่าซึ่งเป็นผลรวมจากโหนดต่างๆ แล้วจึงคำนวณผลอย่างง่ายโดยใช้ฟังก์ชันการกระตุ้น

(Activation function) แล้วส่งค่าที่ได้ไปยังชั้นถัดไป การคำนวณเช่นนี้จะเกิดขึ้นไปเรื่อยๆ ทีละชั้น จนถึงชั้นเอาต์พุต

นักวิจัยหลายท่านได้แบ่งโครงข่ายประสาทเทียมออกเป็นสองแบบกว้างๆ คือโครงข่ายชั้นเดียว (Single layer) และโครงข่ายหลายชั้น (Multi layer) ซึ่งในการนับจำนวนชั้นของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจะนับเฉพาะชั้นที่มีการประมวลผลเท่านั้น กล่าวคือ จำนวนชั้นของโครงข่ายประสาทเทียม คือ จำนวนชั้นซ่อนรวมกับชั้นเอาต์พุต

## 2.1 โครงข่ายประสาทเทียมชั้นเดียว

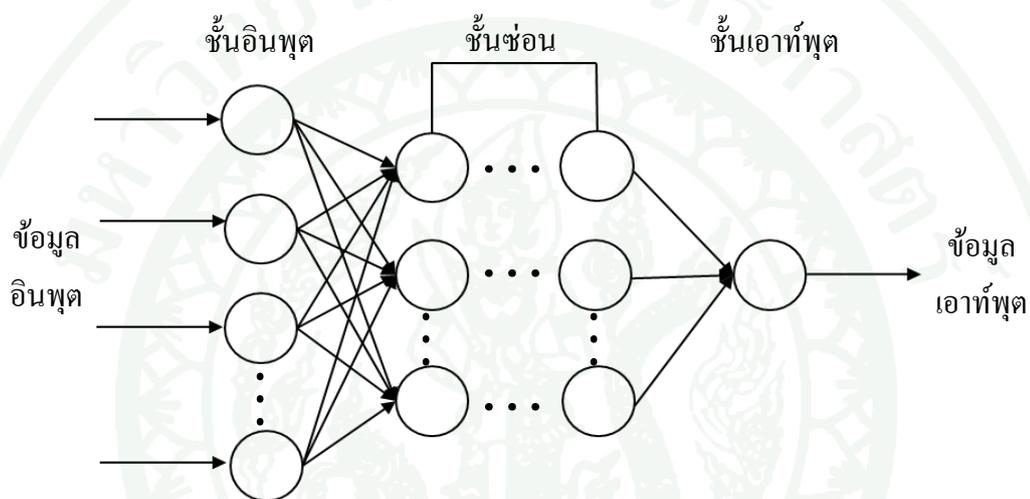
เป็นโครงข่ายที่มีเพียงชั้นอินพุตและชั้นเอาต์พุตเท่านั้น โดยชั้นอินพุตทำหน้าที่รับข้อมูลอินพุต แล้วส่งข้อมูลอินพุตผ่านเส้นเชื่อมต่างๆ ไปยังชั้นเอาต์พุต ความเข้มของสัญญาณหรือปริมาณข้อมูลที่เข้าสู่ชั้นเอาต์พุตขึ้นอยู่กับค่าน้ำหนักที่อยู่บนเส้นเชื่อม จากนั้นชั้นเอาต์พุตจะนำข้อมูลที่รับจากชั้นอินพุตมาคำนวณโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ที่เรียกว่า ฟังก์ชันการกระตุ้น แล้วส่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นข้อมูลเอาต์พุต ลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมชั้นเดียวแสดงไว้ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 โครงข่ายประสาทเทียมชั้นเดียว

## 2.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น

เป็นโครงข่ายที่มีชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ชั้นขึ้นไป โครงข่ายประเภทนี้มักใช้ในกรณีที่ปัญหา มีความซับซ้อนสูงซึ่งโครงข่ายชั้นเดียวไม่เพียงพอที่จะแก้ปัญหาได้ จึงเพิ่มจำนวนชั้นที่มีการคำนวณหรือชั้นซ่อนให้กับโครงข่าย เพื่อช่วยให้โครงข่ายมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นแสดงไว้ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น

## 3. กระบวนการเรียนรู้สำหรับโครงข่ายประสาทเทียม

กระบวนการเรียนรู้สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมสามารถแบ่งได้บนพื้นฐานของการเรียนรู้ได้ 3 ประเภท (Sivanandam *et al.*, 2006) กล่าวคือ

### 3.1 การเรียนรู้แบบมีครูสอน (Supervised learning)

การเรียนรู้ประเภทนี้จะมีครูคอยกำกับดูแลการทำงานของโครงข่าย โดยมีข้อมูลในการฝึกสอน (Training data) 2 ชุดควบคู่กันไป คือข้อมูลอินพุต (Input data) และข้อมูลเอาต์พุตเป้าหมาย (Target output) ในระหว่างการเรียนรู้โครงข่ายจะมีการเปรียบเทียบผลการคำนวณของโครงข่ายกับค่าเป้าหมาย ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาด (Error) ที่เกิดขึ้นจะนำไปสู่

การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์บางตัวในโครงข่าย คือค่าเอาต์พุตแต่ละรูปแบบจะถูกนำไปปรับค่าถ่วงน้ำหนักของอินพุตแต่ละตัว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโครงข่าย

### 3.2 การเรียนรู้แบบไม่มีครูสอน (Unsupervised learning)

การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมประเภทนี้ไม่มีข้อมูลเอาต์พุตเป้าหมาย โดยในการเรียนรู้ของโครงข่ายมีเพียงข้อมูลอินพุตให้กับโครงข่ายเท่านั้น โครงข่ายไม่สามารถรับรู้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากข้อมูลเป้าหมายได้ ดังนั้นโครงข่ายจะต้องเรียนรู้ให้สามารถค้นพบโครงสร้างที่เหมาะสมของรูปแบบข้อมูลอินพุต โดยการปรับตัวเข้าสู่การกระจายตัวเชิงสถิติของข้อมูลอินพุต การเรียนรู้ประเภทนี้จะใช้วิธีการสร้างความเข้มแข็งให้กับค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมโยงกับหน่วยอินพุตที่สนองตอบได้ดีกับเอาต์พุต ในขณะที่เดียวกันจะลดความสำคัญของหน่วยอินพุตที่สนองตอบไม่ดีกับเอาต์พุตให้ลดลง

### 3.3 การเรียนรู้แบบเสริม (Reinforcement learning)

คล้ายกับการเรียนรู้แบบมีครูสอน คือ มีครูคอยกำกับดูแลการทำงานของโครงข่าย แต่คำตอบที่ถูกต้องหรือเป้าหมายไม่ได้ถูกนำมาแสดงในโครงข่าย ดังนั้นผลการคำนวณจากโครงข่ายจึงแสดงออกมาในรูปของถูกหรือผิด โครงข่ายจึงต้องใช้ประโยชน์จากข้อมูลต่างๆ เพื่อนำไปปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น ถ้าผลการคำนวณถูกต้องโครงข่ายจะได้รับรางวัล (Reward) ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าน้ำหนักอินพุตบางหน่วยในทางตรงกันข้าม ถ้าผลการคำนวณจากโครงข่ายออกมาผิด ก็จะได้รับบทลงโทษ (Penalty) โดยการลดค่าน้ำหนักลง

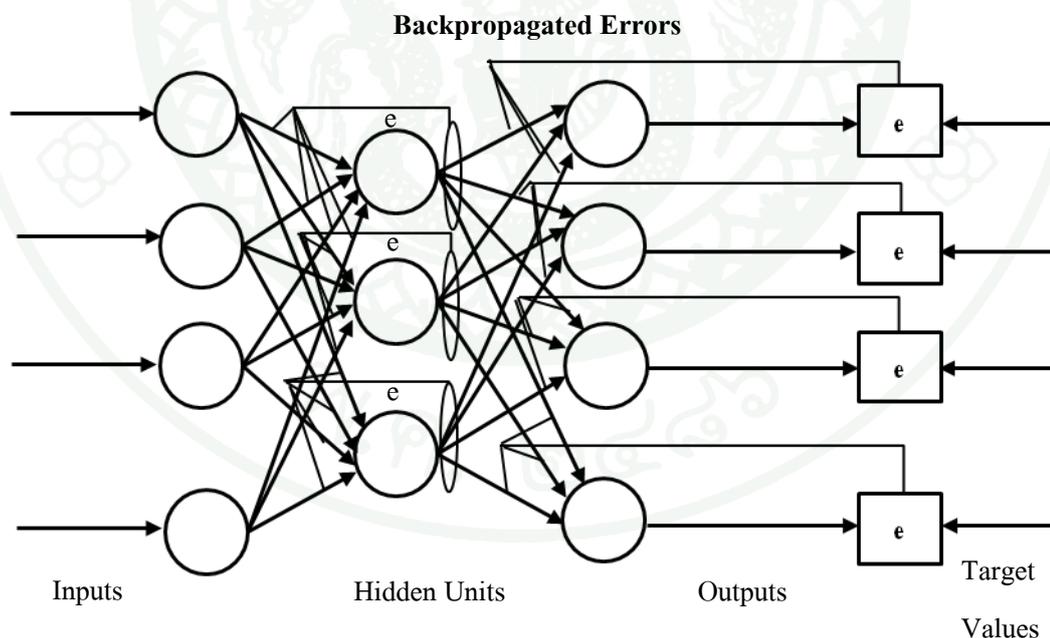
## 4. โครงข่ายประสาทเทียมแบบฟีดฟอร์เวิร์ดแบคพรอพาคชัน

ธฤติ (2549); อนุชาติ (2551) โครงข่ายประสาทเทียมแบบฟีดฟอร์เวิร์ดแบคพรอพาคชัน (Feed-Forward Backpropagation Neural Networks) เป็นโครงข่ายที่มีการเรียนรู้แบบมีครูสอนรูปแบบหนึ่ง และสามารถเลือกฟังก์ชันกระตุ้น หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบไม่เป็นเชิงเส้นที่แตกต่างกันได้ ซึ่งการเรียนรู้เป็นการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับโดยใช้เทคนิคการ Optimization แบบ Gradient Descent ทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ หรือ Cost function ในระหว่างการเรียนรู้รูปแบบของอินพุต (Input pattern) จะเข้าสู่โครงข่าย

ตามลำดับผ่านชั้นต่างๆ ไปเรื่อยๆ ในทิศทางไปข้างหน้า (Feedforward) จนกระทั่งได้รูปแบบของเอาต์พุต (Output pattern) นั้นออกมา

ค่าเอาต์พุตที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย และค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จะถูกแพร่ค่าย้อนกลับ เพื่อปรับค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละชั้นในทิศทางย้อนกลับ (Backward) และเป็นตัวกระตุ้นให้ไปจนกว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ จึงถือว่าการเรียนรู้ของโครงข่ายสิ้นสุดลง ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 15

โครงข่ายแบบ Feed-Forward Backpropagation Neural Networks ประกอบไปด้วย ชุดข้อมูลอินพุต (Inputs) ชั้นซ่อน (Hidden layer) และชุดข้อมูลเอาต์พุต ซึ่งชั้นซ่อนอาจมีเพียงชั้นเดียวหรือมากกว่าหนึ่งชั้นก็ได้ โดยอยู่ระหว่างชุดข้อมูลอินพุตและชุดข้อมูลเอาต์พุต ในการอธิบายการคำนวณในส่วนนี้จำเป็นต้องมีภาพที่ 16 และนิยามความหมายของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เบื้องต้นดังต่อไปนี้



ภาพที่ 15 การปรับเปลี่ยนของโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบแพร่ย้อนกลับ

ที่มา: ธฤติ (2549)

1.  $c, h, m$  แทนจำนวนนิวรอนของชุดข้อมูลอินพุต ชั้นซ่อน และชุดข้อมูลเอาต์พุต ตามลำดับ
2.  $v_{ji}$  แทนค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมต่อระหว่างนิวรอนที่  $i$  ของชุดข้อมูลอินพุตกับนิวรอนที่  $j$  ในชั้นซ่อน เมื่อ  $i=1,2,\dots,c$  และ  $j=1,2,\dots,h$
3.  $w_{kj}$  แทนค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมต่อระหว่างนิวรอนที่  $j$  ในชั้นซ่อนกับนิวรอนที่  $k$  ของชุดข้อมูลเอาต์พุต
4.  $x^p$  แทนข้อมูลอินพุตของนิวรอนรูปแบบที่  $p$  เมื่อ  $p=1,2,\dots,P$
5.  $y_j^p$  แทนเอาต์พุตของนิวรอนที่  $j$  ในชั้นซ่อนสำหรับชุดข้อมูลอินพุตรูปแบบที่  $p$  เมื่อ  $p=1,2,\dots,P$  และ  $j=1,2,\dots,h$
6.  $z_k^p$  แทนเอาต์พุตของนิวรอนที่  $k$  ของชุดข้อมูลเอาต์พุตสำหรับชุดข้อมูลอินพุตรูปแบบที่  $p$  เมื่อ  $p=1,2,\dots,P$  และ  $k=1,2,\dots,m$
7.  $t_k^p$  แทนชุดข้อมูลเป้าหมายที่ใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลเอาต์พุตของนิวรอนที่  $k$  สำหรับข้อมูลชุดอินพุตรูปแบบที่  $p$  เมื่อ  $p=1,2,\dots,P$  และ  $k=1,2,\dots,m$

โดยในบางครั้งค่า Superscript ของ  $p$  ซึ่งแทนลำดับรูปแบบของชุดข้อมูลอินพุต อาจจะไม่นำมาเขียนในการอธิบายในส่วนต่อไป เพราะลดความซับซ้อนในการเขียน

กำหนดให้

$$H_j = \sum_i v_{ji} x_i \quad j=1,2,\dots,h \quad (28)$$

$$I_k = \sum_j w_{kj} y_j \quad k=1,2,\dots,m \quad (29)$$

โดยที่  $H_j$  คือ Net Input ไปยังนิวรอนที่  $j$  ของชั้นซ่อน

$I_k$  คือ Net Input ไปยังนิวรอนที่  $k$  ของชุดข้อมูลเอาต์พุต

จากสมการที่ (28) และ (29) จะได้ว่าชุดข้อมูลเอาต์พุตคำนวณได้โดยนิวรอนที่  $j$  ของชั้นซ่อนและนิวรอนที่  $k$  ของชุดข้อมูลเอาต์พุต เขียนเป็นสมการที่ (30) และ (31)

$$y_j = f(H_j) \quad j=1,2,\dots,h \quad (30)$$

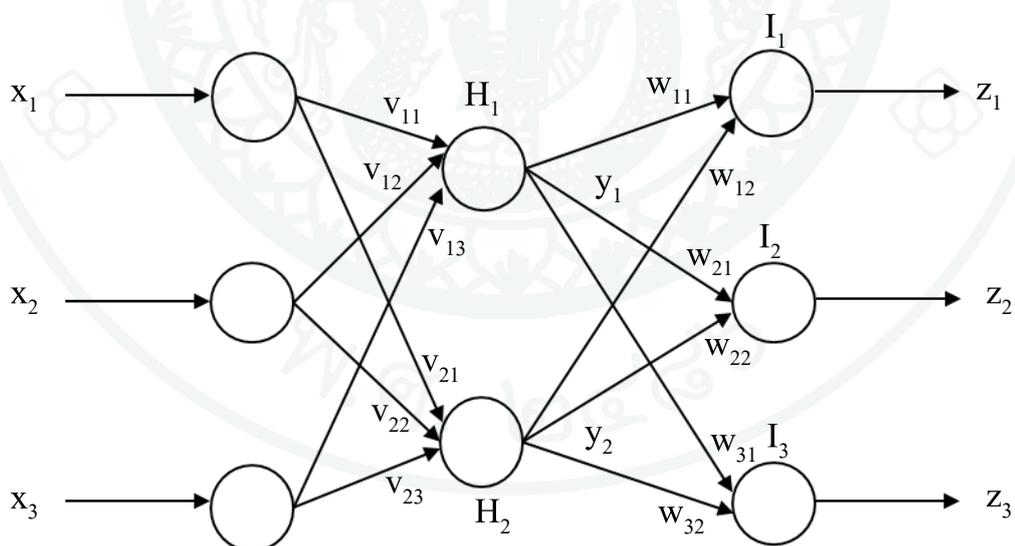
$$z_k = f(I_k) \quad k=1,2,\dots,m \quad (31)$$

โดยที่  $f$  คือ ฟังก์ชันการถ่ายโอน

ดังนั้น  $z_k$  เขียนเป็นสมการที่ (32) ได้

$$\begin{aligned} z_k = f(I_k) &= f\left(\sum_j w_{kj} y_j\right) = f\left(\sum_j w_{kj} f(H_j)\right) \\ &= f\left(\sum_j w_{kj} f\left(\sum_i v_{ji} x_i\right)\right) \end{aligned} \quad (32)$$

ข้อมูลเอาต์พุตแสดงได้ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 การเชื่อมต่อและตัวแปรต่างๆ ของโครงข่าย

ที่มา: ธฤติ (2549)

ในการพัฒนาขั้นตอนวิธีการเรียนรู้สำหรับโครงข่ายนี้ ต้องการลดค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับทุกๆ รูปแบบด้วยการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยได้ดังสมการที่ (33)

$$E_{tot} = \lim_{P \rightarrow \infty} \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P E^p \quad (33)$$

เห็นได้ชัดเจนว่าความคลาดเคลื่อนของระบบจะถูกลดลงถ้าความคลาดเคลื่อนในแต่ละรูปแบบที่ใช้ในการเรียนรู้  $E^p$  ลดลง ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีการปรับค่าถ่วงน้ำหนักให้เป็นสัดส่วนกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ลดลง เรียกว่า กฎของเดลตา (Delta rule) โดยทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละรูปแบบของชุดข้อมูล เพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนลดลงจากการคำนวณในรอบก่อนหน้า ให้เป็นสัดส่วนกับค่าลบของค่าอนุพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน ดังสมการที่ (34)

$$\Delta W(s+1) = -\eta \frac{\partial E^p}{\partial W(s)} \quad (34)$$

โดยที่  $\Delta W$  คือ ค่าปรับแก้ของค่าถ่วงน้ำหนัก  
 $s, s+1$  คือ รอบคำนวณที่  $s$  และ  $s+1$  ตามลำดับ  
 $\eta$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์คงที่การเรียนรู้ (Learning rate)

โดยที่ค่าอนุพันธ์ของความคลาดเคลื่อนถูกแสดงดังสมการที่ (35)

$$\frac{\partial E^p}{\partial W} = \left[ \frac{\partial E^p}{\partial v_{11}}, \frac{\partial E^p}{\partial v_{12}}, \dots, \frac{\partial E^p}{\partial w_{11}}, \dots, \frac{\partial E^p}{\partial w_{hm}} \right] \quad (35)$$

ฟังก์ชันความคลาดเคลื่อน  $E^p$  สามารถถูกกำหนดให้ใช้ได้ทั้งค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง หรือค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ เป็นต้น สำหรับในการพัฒนาเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นจะใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ดังสมการต่อไปนี้

$$E^p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (t_k^p - z_k^p)^2 \quad (36)$$

จากสมการที่ (36) หลังจากปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนักแล้วจะได้ค่าถ่วงน้ำหนักของการคำนวณในรอบต่อไปดังสมการที่ (37)

$$\Delta W(s+1) = w_{kj}(s) + \Delta w_{kj} = -\eta \frac{\partial E^p}{\partial W(s)} \quad (37)$$

การปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนักในสมการที่ (37) ต้องหาอนุพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน  $\frac{\partial E^p}{\partial w_{kj}}$  โดยใช้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ (38)

$$I_k = \sum_j w_{kj} y_j \text{ และ } z_k = f(I_k) \quad (38)$$

โดยใช้กฎลูกโซ่ (Chain rule) สามารถเขียนอนุพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อนได้ดังสมการที่ (39)

$$\frac{\partial E}{\partial w_{kj}} = \frac{\partial E}{\partial I_k} \frac{\partial I_k}{\partial w_{kj}} = \frac{\partial E}{\partial I_k} \left( \frac{\partial \left( \sum_j y_j w_{kj} \right)}{\partial w_{kj}} \right) \quad (39)$$

จากสมการที่ (39) เทอมที่อยู่ในวงเล็บมีค่าเท่ากับ  $y_j$  ดังสมการที่ (40)

$$\left( \frac{\partial \left( \sum_j y_j w_{kj} \right)}{\partial w_{kj}} \right) = y_j \quad (40)$$

ใช้กฎลูกโซ่อีกครั้ง จะได้สมการที่ (41)

$$\frac{\partial E}{\partial I_k} = \frac{\partial E}{\partial z_k} \frac{\partial z_k}{\partial I_k} = -(t_k - z_k) f'(I_k) \quad (41)$$

จากสมการที่ (41) จะหาเอาท์พุต Unit ได้ดังสมการที่ (42)

$$\frac{\partial E}{\partial z_k} = -(t_k - z_k) \text{ และ } \frac{\partial z_k}{\partial I_k} = f'(I_k) \quad (42)$$

ถ้ากำหนดให้  $\delta_k$  เป็นดังสมการที่ (43)

$$\delta_k = -(t_k - z_k) f'(I_k) \quad (43)$$

จากสมการที่ (43) สามารถเขียนกฎสำหรับการปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนักของชุดข้อมูลเอาท์พุต ได้ดังสมการที่ (44)

$$\Delta w_{kj} = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{kj}} = \eta \delta_k y_j \quad (44)$$

ในทำนองเดียวกันการปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างชุดข้อมูลอินพุตกับชั้นซ่อน การปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนัก ต้องหาอนุพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน  $\frac{\partial E^p}{\partial v_{ji}}$  ได้ดังสมการที่ (45)-(48)

$$\Delta v_{ji} = -\eta \frac{\partial E}{\partial v_{ji}} = -\eta \frac{\partial E}{\partial H_j} \frac{\partial H_j}{\partial v_{ji}} \quad (45)$$

โดย

$$\frac{\partial H_j}{\partial v_{ji}} = \sum_j \frac{\partial (v_{ji} x_i)}{\partial v_{ji}} = x_i \quad (46)$$

ใช้กฎลูกโซ่

$$\frac{\partial E}{\partial H_j} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \frac{\partial y_j}{\partial H_j} = \frac{\partial E}{\partial y_j} f'(H_j) \quad (47)$$

โดย

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial H_j} &= \frac{1}{2} \sum_k \frac{\partial \left( t_k - f \left( \sum_j w_{kj} y_j \right) \right)^2}{\partial y_j} \\ &= - \sum_k (t_k - z_k) f'(I_k) w_{kj} \end{aligned} \quad (48)$$

จากสมการข้างต้น สามารถเขียนกฎสำหรับการปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนักของชั้นซ่อนได้ดังสมการที่ (49)

$$\Delta v_{ji} = \eta \delta_j x_i = \eta x_i f'(H_j) \sum_k \delta_k w_{kj} \quad (49)$$

เมื่อ  $\delta_j$  มีค่าดังสมการที่ (50)

$$\delta_j = f'(H_j) \sum_k \delta_k w_{kj} \quad (50)$$

และ  $\delta_k$  มีค่าดังสมการที่ (51)

$$\delta_k = -(t_k - z_k) f'(I_k) \quad (51)$$

สรุปสามารถเขียนกฎสำหรับการปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับของชุดข้อมูลเอาท์พุท และชั้นซ่อนได้ตามลำดับดังสมการที่ (52)-(55)

Output Unit:

$$\Delta w_{kj} = \eta \delta_k y_j = \eta (t_k - z_k) f'(I_k) y_j \quad (52)$$

เมื่อ

$$\delta_k = -(t_k - z_k) f'(I_k) \quad (53)$$

Hidden Unit:

$$\Delta v_{ji} = \eta \delta_j x_i = \eta x_i f'(H_j) \sum_k \delta_k w_{kj} \quad (54)$$

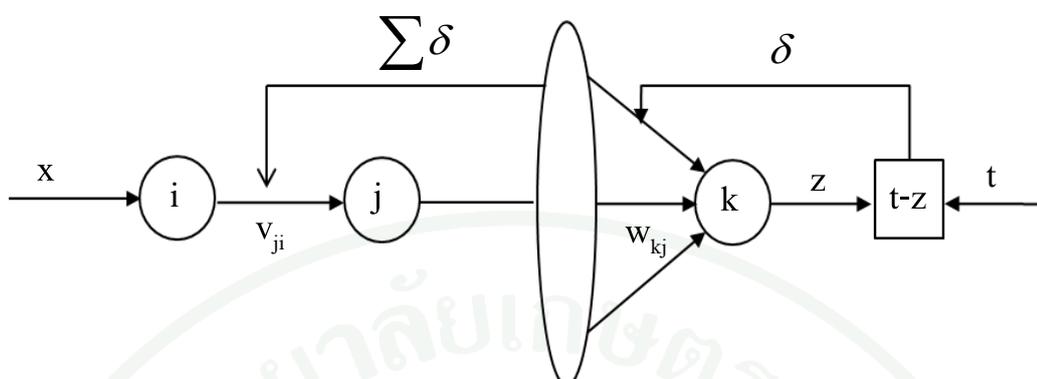
เมื่อ

$$\delta_j = f'(H_j) \sum_k \delta_k w_{kj} \quad (55)$$

กระบวนการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ เริ่มต้นด้วยการสุ่มค่าถ่วงน้ำหนักที่เป็นจำนวนจริงที่มีค่าน้อยของการเชื่อมต่อในแต่ละชั้น เพื่อเป็นการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นชุดข้อมูลอินพุต  $x^p$  จะถูกส่งผ่านไปในโครงข่าย เพื่อหาชุดข้อมูลเอาต์พุต  $z^p$  ต่อจากนั้นจะทำชุดข้อมูลเอาต์พุตที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลเป้าหมาย  $t^p$  โดยผลต่างระหว่างชุดข้อมูลเป้าหมายกับชุดข้อมูลเอาต์พุต ( $t^p - z^p$ ) เรียกว่า ค่าความคลาดเคลื่อน ค่าความคลาดเคลื่อนของชุดข้อมูลแต่ละชุดเหล่านี้จะถูกแพร่ค่าย้อนกลับ เพื่อนำไปปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนัก ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในโครงข่าย ดังภาพที่ 17 และสมการที่ (56) และ (57)

$$w_{kj}^{new} = w_{kj}^{old} + \Delta w_{kj} = w_{kj}^{old} + \eta y_j (t_k - z_k) f'(I_k) \quad (56)$$

$$v_{ji}^{new} = v_{ji}^{old} + \Delta v_{ji} = v_{ji}^{old} + \eta x_i f'(H_j) \sum_k \delta_k w_{kj} \quad (57)$$



ภาพที่ 17 กระบวนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียม

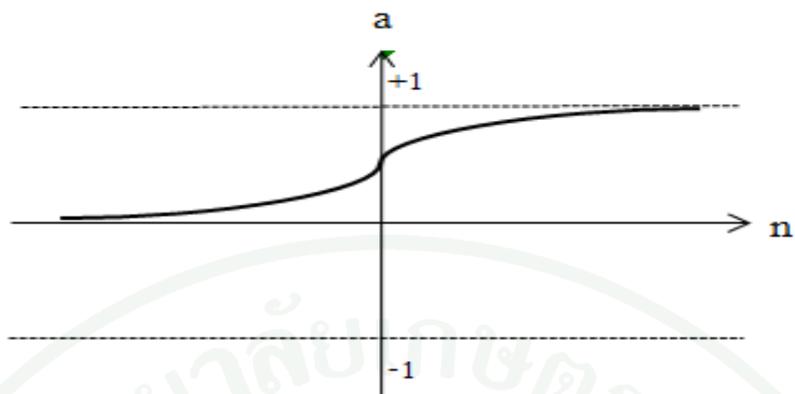
ที่มา: อนุชาติ (2551)

## 5. ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function)

ธฤติ (2549); อนุชาติ (2551) ฟังก์ชันการถ่ายโอน อาจเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า ฟังก์ชันกระตุ้นเป็นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการปรับค่าของค่าน้ำหนักโดยการส่งผ่านข้อมูลเข้าไปยังหน่วยโครงข่ายประสาทเทียม แล้วส่งต่อไปยังชั้นถัดไปผ่านฟังก์ชันการถ่ายโอน ซึ่งฟังก์ชันดังกล่าวนี้มีหลายรูปแบบ อาจจะเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันแบบขั้นบันได ฟังก์ชันเอ็กซ์โปเนนเชียล หรือฟังก์ชันที่มีลักษณะเป็น Monotonic nondecreasing function ฟังก์ชันการกระตุ้นที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่

### 5.1 ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Log-Sigmoid

เป็นฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ค่าเอาต์พุตที่ได้มาจากฟังก์ชันมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 กราฟมีลักษณะเป็นรูป S-curve ดังแสดงใน ภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบ Log-Sigmoid

ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Log-Sigmoid สามารถเขียนเป็นสมการที่ (58)

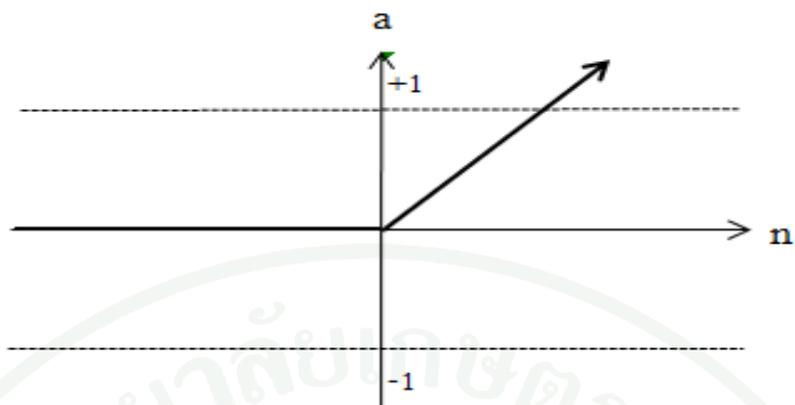
$$a = \frac{1}{1 + e^{-n}} \quad (58)$$

## 5.2 ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบ Positive-Linear

เป็นฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ค่าเอาต์พุตที่ได้มาจากฟังก์ชันมีค่าเป็น 0 เมื่อค่าอินพุตมีค่าน้อยกว่า 0 และมีค่าเท่ากับ  $n$  เมื่ออินพุตมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 ดังแสดงในภาพที่ 19

ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบ Positive-Linear สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (59)

$$\begin{aligned} a &= n \quad \text{เมื่อ } n \geq 0 \\ a &= 0 \quad \text{เมื่อ } n < 0 \end{aligned} \quad (59)$$



ภาพที่ 19 ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Positive-Linear

### เกณฑ์ในการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์

ความถูกต้องของการพยากรณ์เป็นสิ่งที่ผู้ใช้ค่าพยากรณ์ต้องการมากที่สุด ความถูกต้องของการพยากรณ์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าที่ได้จากการพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากหรือน้อยหรือจะดูจากค่า ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (Forecast Error) มีค่ามากหรือน้อย นั่นคือถ้าค่าจริงต่างจากค่าพยากรณ์มาก ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จะมีค่าสูง และจะมีค่าต่ำถ้าค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริง การพิจารณาความถูกต้องของการพยากรณ์ผู้พยากรณ์ต้องทราบค่าจริง ซึ่งเป็นการพิจารณาความถูกต้องในอดีต ในงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์วัดความถูกต้องของการพยากรณ์ คือ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error) เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่มีหน่วยวัดเช่นเดียวกับค่าสังเกต โดยใช้สัญลักษณ์ RMSE (อนุชาติ, 2549) หาค่าได้จากสมการที่ (60)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2}{n}} \quad (60)$$

โดยที่  $Y_t$  คือ ค่าจริงของข้อมูล  
 $F_t$  คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์  
 $n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลัคน์ (2542) ได้ทำการศึกษาการจัดเก็บชิ้นส่วนสำหรับงานซ่อมบำรุงใน บริษัท สายไฟ บางกอกเคเบิ้ล จำกัด พบว่ามีชิ้นส่วนที่ไม่มีการเบิกจ่ายอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีมูลค่าถึง 2,500,000 บาท ซึ่งคิดเป็นครึ่งหนึ่งของต้นทุนชิ้นส่วนที่มีอยู่ทั้งหมด อีกทั้งพบว่าไม่ได้มีการปรับปรุงค่าสูงสุดต่ำสุดที่ยอมให้มีในการจัดเก็บสต็อกชิ้นส่วน เพื่อไม่ให้มีการจัดเก็บชิ้นส่วนมากหรือน้อยจนเกินไป จึงได้ออกแบบระบบการวางแผนความต้องการชิ้นส่วนสำหรับงานซ่อมบำรุงเพื่อให้ทันต่อความต้องการในรูปแบบการใช้งานต่างๆ โดยได้ทำการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ ประเภทแรกเป็นชิ้นส่วนที่ไม่สามารถกำหนดความต้องการได้แน่นอน และประเภทที่สองคือสามารถกำหนดความต้องการได้แน่นอน โดยในประเภทแรกใช้วิธีการคำนวณทางพัสดุดกลางเพื่อกำหนดปริมาณต่ำที่สุดที่ยอมให้มีเก็บไว้ในสต็อก และกำหนดปริมาณที่สูงที่สุดที่ยอมให้มีเก็บไว้ในสต็อกเพื่อเป็นมาตรฐานใหม่ในการควบคุมปริมาณชิ้นส่วนที่จัดเก็บในสต็อกไม่ให้มีมากหรือน้อยจนเกินไป โดยให้เหมาะสมกับปริมาณการใช้งานที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจากการวิจัยพบว่าสามารถลดต้นทุนรวมของการจัดเก็บสินค้าคงคลังจากระบบเดิมได้ถึง 44 % ในประเภทที่สองคือชิ้นส่วนซ่อมบำรุงที่มีความต้องการใช้งานที่แน่นอนนำมาจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล MS-Access และโปรแกรม Visual Basic ทำให้สามารถใช้งานได้ง่ายและสามารถประหยัดเวลาในการทำงานได้ถึง 45 % และลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานและเอกสารที่เกี่ยวข้องในการจัดเก็บอีกปีละประมาณ 200,000 บาท

อรอุไร (2544) นำเสนอการประเมินวิธีการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลในอดีต โดยได้ทำการวิจัยเพื่อเลือกวิธีการพยากรณ์ทางสถิติให้เหมาะสม เพื่อให้ทราบแนวทางในการเลือกวิธีการพยากรณ์ทางสถิติในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าจากวิธีการพยากรณ์ 5 วิธี ได้แก่ วิธี Smoothing วิธี Decomposition วิธี Box-Jenkins วิธี Simple Linear Regression และวิธี Multiple Linear Regression ในการวิจัยนี้ใช้ข้อมูลหน่วยจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ.2527 ถึง พ.ศ.2544 โดยแบ่งลักษณะรูปแบบของข้อมูลเป็น 2 ลักษณะคือ มีปัจจัยฤดูกาล และ ไม่มีปัจจัยฤดูกาล ในการเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมจะพิจารณาค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error) ของข้อมูลในชุดทดสอบที่มีค่าน้อยที่สุด ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่าสามารถประเมินวิธีการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในแต่ละสภาวะการพยากรณ์และข้อมูลต่างๆ กันได้ และพบว่าลักษณะรูปแบบข้อมูลที่มีปัจจัยฤดูกาลมีค่า MAPE น้อยกว่ารูปแบบข้อมูลที่ไม่มีปัจจัยฤดูกาล

ศิริพร (2548) ได้นำเสนอวิธีการจัดการสินค้าคงคลังที่เป็นระบบ โดยเลือกปรับปรุงในกลุ่มคอยล์ขนาดกลางในโรงงานผลิตคอยล์แห่งหนึ่ง เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคอยล์กลุ่มอื่นๆ ซึ่งในขั้นตอนแรกใช้เทคนิคการแยกกลุ่มตามความสำคัญ จะได้กลุ่ม A มีจำนวน 14 รายการ กลุ่ม B มีจำนวน 43 รายการ และกลุ่ม C มีจำนวน 881 รายการ ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางในการจัดการพัสดุคงคลังในพัสดุก่อน A เนื่องจากพัสดุมูลค่าสูงที่สุด จากนั้นจึงนำกลุ่มวัตถุดิบที่มีความสำคัญสูงมาทำการพยากรณ์ความต้องการวัตถุดิบในช่วงเวลาถัดไปด้วยวิธีการพยากรณ์แบบฤดูกาลของวินเตอร์ เพื่อหาปริมาณของการสั่งซื้อที่ประหยัด ปริมาณวัตถุดิบคงเหลือในคลังที่จุดสั่งซื้อ และปริมาณสินค้าคงคลังที่ปลอดภัย ผลการเสนอแนวทางการจัดการพัสดุคงคลังของระบบที่เสนอแนะ เช่น CU3/8"xLWCx0.35mm.(G) TYPE A-1 มีปริมาณการสั่งซื้อประหยัดที่สุดเท่ากับ 5,365.45 กิโลกรัม จุดสั่งซื้อใหม่เท่ากับ 53,028.84 กิโลกรัม และระดับปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 58,394.28 กิโลกรัม ซึ่งการจัดการพัสดุคงคลังของระบบที่เสนอแนะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยลดการรอคอยวัตถุดิบของโรงงานตัวอย่างเป็นร้อยละ 96.21 จากเดิมร้อยละ 92.59 หรือประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.62 และสามารถลดความสูญเสียโอกาสทางการขาย เนื่องจากการรอคอยพัสดุในการผลิตได้ร้อยละ 96.21 ซึ่งลดอัตราดอกเบี้ยของเงินลงทุนที่ใช้ในการสั่งซื้อวัตถุดิบของโรงงานตัวอย่างได้ประมาณ 144,921.6 บาทต่อเดือน

ธฤติ (2549) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นมาก โดยงานวิจัยได้ทำการศึกษา 2 กรณีศึกษา กรณีศึกษาแรก คือ การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้ารายครึ่งชั่วโมงล่วงหน้า โดยใช้ข้อมูลจากโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่งในประเทศโลวาเกีย ส่วนอีกกรณีศึกษาหนึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณีย่อย คือ ทำการพยากรณ์รายครึ่งชั่วโมงล่วงหน้า และการพยากรณ์ 1 วันล่วงหน้า ทุกๆ 30 นาที โดยใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปัจจัยที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย ความต้องการไฟฟ้าในอดีต อุณหภูมิเฉลี่ย ต่ำสุด และสูงสุดรายวัน ชนิดของวัน ช่วงของเดือน และช่วงเวลา โครงข่ายเป็นแบบ Multilayer Feedforward Neural Networks Backpropagation และขั้นตอนการเรียนรู้เป็นแบบ Lavenberg-Marquardt ซึ่งทำให้เรียนรู้ผู้เข้าหาคำตอบได้รวดเร็ว ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองที่นำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพที่ดี หลังจากนั้นได้นำผลการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในงานวิจัยไปเปรียบเทียบกับความต้องการไฟฟ้าจริง และแบบจำลองของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ของงานวิจัยมีค่าน้อยกว่าแบบจำลองของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยประมาณ 3.5862%

ชัยยงค์ (2550) ได้ทำการศึกษาการจัดการยาคลังของสถาบันเวชศาสตร์การบิน กรมแพทย์ทหารอากาศ กองบัญชาการสนับสนุนทหารอากาศ กองทัพอากาศ โดยนำหลักการ การจัดสินค้าคลังด้วยการประยุกต์ใช้ตัวแบบ EOQ (Economic Order Quantity) ร่วมกับจุดสั่งซื้อ มาใช้ในการจัดการยาคลังของกรณีศึกษา โดยจัดทำแบบจำลองการยาคลังด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Excel จากผลการวิจัยพบว่า การพัฒนารูปแบบการบริหารพัสดุคลังของคลังยา สถาบันเวชศาสตร์การบิน กรมการแพทย์ทหารอากาศ กองบัญชาการสนับสนุนทหารอากาศ โดยใช้แบบจำลองการจัดยาคลังที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ สามารถลดค่าใช้จ่ายการจัดการยาคลังได้เป็นเงิน 137,865 บาท หรือสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลง 25.97 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดมูลค่ายาคลังเฉลี่ยลงได้ 17,628,312 บาท หรือสามารถลดมูลค่ายาคลังเฉลี่ยลงได้ 34.65 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่ายาคลังเฉลี่ยของระบบที่เคยใช้อยู่ปกติ

ศุภสิทธิ์ (2551) ได้นำเสนอวิธีการจัดเรียงสายป้อนในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยประยุกต์ใช้พื้นฐานขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม เพื่อหารูปแบบในการปรับปรุงโครงสร้างของระบบจำหน่ายที่ทำให้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียต่ำที่สุด วิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถใช้ได้กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียลทั้งกรณีโหลดสมดุลและโหลดไม่สมดุล วิธีการที่นำเสนอได้ถูกทดสอบกับระบบ IEEE 16-bus และระบบ 33-bus ระบบทดสอบของ Roy Billinton และระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จากผลการศึกษาทั้ง 4 ระบบ พบว่าระบบมีพลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลง 10.21%, 36.43%, 7.59% และ 22.18% ตามลำดับ ซึ่งได้ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ

อนุชาติ (2551) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างโครงข่ายประสาทเทียมและวิธีบ็อกซ์เจนกินส์ในการพยากรณ์อนุกรมเวลา 8 ชุดที่มีลักษณะต่างกันตามแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล วิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่นำมาศึกษา คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบฟิดฟอร์เวิร์ดแบคพรอพาเกชัน กระบวนการสอน 3 แบบ คือ สเกลคอนจูเกตกราเดียน บีเอฟอี ควอสิ-นิวตัน และกระจายกลับยืดหยุ่นได้ ในการศึกษาใช้อนุกรมเวลาขนาด 6, 9 และ 12 ปี ช่วงเวลาการพยากรณ์ 3, 6 และ 12 เดือน เกณฑ์ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของการพยากรณ์ ใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน ผลการวิจัยพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูงกว่าวิธีบ็อกซ์เจนกินส์เป็นส่วนใหญ่ โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้รับกระบวนการสอนทั้ง 3 แบบ ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องใกล้เคียงกัน และกระบวนการสอนโครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ผลการพยากรณ์ดีที่สุด คือ บีเอฟอี ควอสิ-นิวตัน สำหรับข้อมูลดัชนีผู้บริโภคของประเทศสหรัฐอเมริกา ช่วงเวลาการพยากรณ์ 3 เดือน วิธีบ็อกซ์เจน

กินสั้ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่าวิธี โครงข่ายประสาทเทียมที่ได้รับกระบวนการสอนสเกลคอนจูเกต และกระจายกลับยี่ดหุ่่นได้

ชวจรย์ (2552) ได้นำเสนอขั้นตอนประเมินมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยและโครงข่ายประสาทเทียม ข้อมูลความเสียหายที่นำมาวิเคราะห์เป็นของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมตามรหัส TSIC ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณา รหัส TSIC 35609 (กระบวนการฉีดพลาสติก) และรหัส TSIC 31149 (กระบวนการผลิตอาหารแช่แข็ง) ในเขตพื้นที่ภาคกลางเป็นกรณีศึกษา โดยเริ่มจากการสำรวจข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ต่อมากำหนดมูลค่าความเสียหายจริงของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมแต่ละราย จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้ากับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต ระยะเวลาไฟฟ้าขัดข้อง รายได้ของผู้ไฟฟ้าต่อวัน และระยะเวลาทำงานต่อวัน ในรูปแบบของโมเดลทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยและวิธี โครงข่ายประสาทเทียม จากนั้นเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของทั้งสองวิธีเพื่อพิจารณาเลือกโมเดลที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่าโมเดลที่ได้จากวิธี โครงข่ายประสาทเทียมให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีอื่น

Hsu and Chen (2003) ได้นำเสนอเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟเชิงพื้นที่ ทำการศึกษาในประเทศไต้หวันและได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 พื้นที่ เทคนิคที่ได้นำมาใช้ในการพยากรณ์ คือ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม และแบบจำลองการถดถอย จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสามารถทำการพยากรณ์ได้แม่นยำกว่าแบบจำลองการถดถอย อีกทั้งผลจากการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟล่วงหน้าในปี ค.ศ. 2010 พบว่าพื้นที่ทางตอนเหนือและตอนใต้ของประเทศมีความต้องการใช้ไฟเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งผลที่ได้จากการพยากรณ์นี้สามารถนำไปวางแผนในการขยายระบบจำหน่ายได้อย่างเหมาะสมต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. โปรแกรม Microsoft Office
2. โปรแกรม MATLAB
3. โปรแกรม MINITAB

### วิธีการ

ในงานวิจัยนี้เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลความต้องการใช้พลังงานรายเดือนของโรงงานไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอชัยบุรี โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง กันยายน พ.ศ. 2553 เนื่องจากพลังงานที่มีการใช้งานในโรงงานไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอชัยบุรีมีจำนวนหลายรายการ ในการที่จะให้ความสนใจควบคุมพลังงานทั้งหมดจึงเป็นไปได้ยาก จึงได้นำเทคนิค ABC Analysis มาช่วยในการแบ่งพลังงานออกเป็นกลุ่มตามมูลค่าการใช้งาน หลังจากนั้นนำข้อมูลความต้องการพลังงานที่มีความสำคัญสูงสุด (พลังงานกลุ่ม A) มาหาค่าผิดปกติด้วยวิธี Box-and-Whisker Plots แล้วทำการแก้ไขค่าของข้อมูลที่มีความผิดปกติที่เกิดขึ้น

หลังจากทำการตรวจสอบค่าผิดปกติและแก้ไขค่าผิดปกติของข้อมูลที่เกิดขึ้นแล้ว ทำการแบ่งข้อมูลความต้องการพลังงานออกเป็น 2 ส่วน เพื่อนำเอาไปใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานใน 12 เดือนถัดไป โดยข้อมูลส่วนแรกคือ ข้อมูลเริ่มต้นซึ่งนำไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์โมเดลของการพยากรณ์ โดยวิธีการพยากรณ์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว และวิธีปรับเรียบแบบไฮลท์ลิเนียนเอ็กซ์โปเนนเชียล และใช้ค่า Root Mean Square Error ทำการประเมินประสิทธิภาพวิธีการพยากรณ์แต่ละวิธี โดยทำการทดสอบกับข้อมูลในส่วนที่สองที่เรียกว่า ข้อมูลทดสอบ

เมื่อได้วิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานแล้ว หลังจากนั้นนำวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงสุดทำการพยากรณ์ความต้องการพลังงานล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน เมื่อได้จำนวนความต้องการพลังงานแต่ละรายการ

ใน 1 ปีถัดไปแล้ว สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการควบคุมพัสดुकงคลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดได้ (EOQ) ซึ่งปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดนี้เป็นจุดที่ทำให้ต้นทุนในการจัดให้มีพัสดुकงคลังของการไฟฟ้าอำเภอธัญบุรีต่ำที่สุด และเพื่อให้เห็นข้อแตกต่างจากการสั่งซื้อพัสดुकงคลังด้วยปริมาณต่างๆ ได้อย่างชัดเจน จึงได้ทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมตลอดปี (K) ของพัสดुकงคลังแต่ละรายการจากการสั่งซื้อด้วยปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดกับปริมาณการสั่งซื้ออื่นๆ อีก 4 กรณี

จากขั้นตอนต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถกล่าวโดยละเอียดและแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ดังนี้

## 1. การพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลัง

1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นตอนนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนความต้องการพัสดुकงคลังรายเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอธัญบุรี ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง กันยายน พ.ศ. 2553 ซึ่งมีการใช้พัสดुकงคลังทั้งสิ้น 358 รายการ โดยคิดเป็นมูลค่ารวมกันทั้งสิ้น 368,615,500.45 บาท

### 1.2 แบ่งประเภทพัสดुकงคลังตามหลัก ABC Analysis

ในการควบคุมพัสดुकงคลังเพื่อให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการให้มีพัสดुकงคลังต่ำที่สุด ในกรณีนี้เนื่องจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีพัสดुकงคลังมากมายหลายชนิด ในการที่จะให้ความสนใจควบคุมพัสดुकงคลังทั้งหมดเป็นไปได้ยาก และทำให้เสียค่าใช้จ่ายและเสียเวลามาก ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเลือกกระบวนการควบคุมพัสดुकงคลังโดยใช้เทคนิค ABC Analysis ซึ่งช่วยในการควบคุมพัสดुकงคลังให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ในขั้นตอนนี้ทำการรวบรวมปริมาณการใช้พัสดुकงคลังแต่ละชนิดในอดีตที่ผ่านมาจำนวน 33 เดือน (มกราคม พ.ศ. 2551 - กันยายน พ.ศ. 2553) เพื่อนำมาใช้ในการจำแนกความสำคัญของพัสดुकงคลัง โดยใช้เทคนิคการแยกกลุ่มตามความสำคัญ (ABC Analysis Technique) สามารถแบ่งส่วนของการควบคุมพัสดुकงคลังได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ เพื่อแยกพัสดुकงคลังที่มีความสำคัญสูง (กลุ่ม A) มาดำเนินการวิจัยต่อไป

ผลการจัดกลุ่มโดยใช้เทคนิค ABC พบว่าพัสดุคงคลังกลุ่ม A มีมูลค่าพัสดุคงคลังประมาณร้อยละ 80 ของมูลค่าพัสดุคงคลังทั้งหมด มีจำนวน 26 รายการ พักคงคลังกลุ่ม B มีมูลค่าพัสดุคงคลังประมาณร้อยละ 15 ของมูลค่าพัสดุคงคลังทั้งหมด มีจำนวน 58 รายการ และพัสดุคงคลังกลุ่ม C มีมูลค่าพัสดุคงคลังประมาณร้อยละ 5 ของมูลค่าพัสดุคงคลังทั้งหมด มีจำนวน 274 รายการ

ตารางที่ 1 ผลการจัดพัสดุคงคลังตามหลัก ABC Analysis

กลุ่ม	จำนวนพัสดุ (ชนิด)	เปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวน พัสดุคงคลังทั้งหมด	มูลค่าพัสดุคงคลัง (บาท)	มูลค่าของพัสดุ คงคลัง (%)
A	26	7.26	297,132,952.22	80.61
B	58	16.2	53,233,994.45	14.44
C	274	76.54	18,248,553.78	4.95
รวม	358	100	368,615,500.45	100

หลังจากแบ่งความสำคัญของพัสดุคงคลังตามหลัก ABC Analysis แล้วปรากฏว่ามีพัสดุคงคลังอยู่ในกลุ่ม A ทั้งหมด 26 รายการ และในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเฉพาะพัสดุคงคลังที่อยู่ในกลุ่ม A เท่านั้น เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาต่อไปผู้วิจัยได้กำหนดชื่อย่อของรายการพัสดุใหม่ซึ่งปรากฏดังตารางที่ 2

### 1.3 การหาค่าผิดปกติของข้อมูล

การหาค่าผิดปกติของข้อมูลจำนวนความต้องการใช้พัสดุคงคลังได้เลือกใช้วิธี Box-and-Whisker Plots ซึ่งเมื่อพบค่าผิดปกติจะทำการแก้ไขค่าผิดปกติของข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลที่อยู่ก่อนหน้าข้อมูลผิดปกติ และข้อมูลที่อยู่ถัดมาจากค่าผิดปกติมาใช้แทน (มนตรี, 2546; ยศนันท์ และ ธัญญา, 2552) ดังสมการที่ (61)

$$R_t, adj = \frac{R_{t-1} + R_{t+1}}{2} \quad (61)$$

โดย	$R_t, adj$	คือ ค่าของข้อมูลหลังจากแก้ไขค่าผิดปกติ
	$R_{t-1}$	คือ ค่าของข้อมูลที่อยู่ก่อนหน้าค่าผิดปกติ
	$R_{t+1}$	คือ ค่าของข้อมูลที่อยู่ถัดไปจากค่าผิดปกติ

#### 1.4 การแบ่งชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการพยากรณ์

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งชุดข้อมูลในการพยากรณ์ออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1.4.1 ข้อมูลเริ่มต้น (Initialization Set) คือ กลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ใน โมเดลที่จะใช้ในการพยากรณ์ จำนวน 28 เดือน (มกราคม 2551 ถึง เมษายน 2553)

1.4.2 ข้อมูลทดสอบ (Test Set) คือ กลุ่มของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องในการพยากรณ์ของโมเดล ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลความต้องการพัสดुकงคลังรายเดือน จำนวน 5 เดือน (พฤษภาคม 2553 ถึง กันยายน 2553)

ตารางที่ 2 ชื่อรายการพัสดุกลุ่ม A

หมายเลขพัสดุ	ชื่อพัสดุ	รายการ
1-02-005-0004	เคเบิลอากาศ อลูมิเนียม 22 เควี 1x185 ต.มม. (จ้างรีด)	A1
1-05-001-0202	หม้อแปลง 160 เควีเอ 3 เฟส แบบถังปิดผนึกถาวร 22-0.4/0.23 เควี.ดีวายเอ็น 11	A2
1-05-002-0002	TR., 50 MVA. 3 P 115-22 KV.DYN1	A3
1-05-001-0203	หม้อแปลง 250 เควีเอ.3 เฟส แบบถังปิดผนึกถาวร 22-0.4/0.23 เควี.ดีวายเอ็น 11	A4
1-02-005-0000	เคเบิลอากาศ อลูมิเนียม 22 เควี 1x50 ต.มม. (จ้างรีด)	A5
1-02-007-0004	สายอลูมิเนียมตีเกลียวชนิดอัดแน่นหุ้มฉนวน พีวีซี.750 โวลท์ 75 องศาเซลเซียส 95 ต.มม.มอก.293 (จ้างรีด)	A6
1-00-001-0004	เสา คอ.ขนาด 12.00 เมตร	A7
1-00-001-0002	เสา คอ.ขนาด 9.00 เมตร	A8
1-03-001-0002	ลูกถ้วยไลน์โพสที่ไทพ์ 22 เควี แบบ 57-2L ชนิดทนพาวเวอร์อาร์ค	A9
1-05-001-0201	หม้อแปลง 100 เควีเอ.3 เฟส แบบถังปิดผนึกถาวร 22-0.4/0.23 เควี.ดีวายเอ็น 11	A10
1-05-001-0200	หม้อแปลง 50 เควีเอ.3 เฟส แบบถังปิดผนึกถาวร 22-0.4/0.23 เควี.ดีวายเอ็น 11	A11
1-02-007-0002	สายอลูมิเนียมตีเกลียวชนิดอัดแน่นหุ้มฉนวน พีวีซี.750 โวลท์ 75 องศาเซลเซียส 50 ต.มม.มอก.293 (จ้างรีด)	A12
1-06-005-0009	วัดคาร์ทมิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย 220 โวลท์ 15 (45) แอมป์ ใช้นอกอาคาร	A13
1-01-010-0004	ลวดเหล็กตีเกลียว 50/7 ต.มม. มอก.404	A14

ตารางที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขพัสดุ	ชื่อพัสดุ	รายการ
1-05-000-0002	หม้อแปลง 30 เควีเอ 1 เฟส 3 สาย 22/0.46-0.23 เควี	A15
1-03-002-0000	ลูกถ้วยแขวนแบบ ก(แบบ 52-1)มอก.354	A16
1-07-001-0005	ชุดโคมฟลูออเรสเซนต์แบบที่ 6 ของแบบเลขที่ S02-015/17009 ขนาด 2 X 36 วัตต์ บัลลาสต์แกนเหล็กการสูญเสียต่ำพร้อมอุปกรณ์ประกอบ	A17
1-04-000-0000	ล่อฟ้า 20-21 เควี 5 กิโลแอมป์	A18
1-02-008-0501	สายทองแดงตีเกลียวหุ้มฉนวนครอสลิงก์โพลีเอททีลินและเปลือกนอกพีวีซี 2x10 ต.มม 600 โวลท์	A19
1-00-001-0012	เสา คอร.ขนาด 12.20 เมตร	A20
1-04-001-0000	ครอบเอาต์ไฟวส์กัทเอาท์ หนึ่งอินชูลเตเตอร์ 22 เควี 100 แอมป์ 8 เคเอ อสมมาตร	A21
1-02-044-0004	ลูกถ้วยแยกสายไฟฟ้า : พอร์ชเลน สำหรับสายเคเบิลอากาศ 22 เควี.120-185 ต.มม.33 เควี.95-120 ต.มม.	A22
1-02-001-0007	สายอลูมิเนียมเปลือย 185 ต.มม. มอก.85 (จ้างรีด)	A23
1-06-005-0001	วัตต์อวาร์มิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย 220 โวลท์ 5(15) แอมป์ ใช้งานอาคาร	A24
1-02-044-0112	เหล็กคอนเคเบิลอากาศทางโค้ง ระบบ 22 เควี และ 33 เควี ตามแบบเลขที่ SA4-015/44007	A25
1-02-007-0000	สายอลูมิเนียมตีเกลียวชนิดอัดแน่นหุ้มฉนวน พีวีซี.750 โวลท์ 75 องศาเซลเซียส 25 ต.มม.มอก.293 (จ้างรีด)	A26

## 1.5 การหาค่าพารามิเตอร์ของโมเดลการพยากรณ์

ทำการหาค่าพารามิเตอร์ของโมเดลโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม และเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาอีก 3 วิธีซึ่งประกอบไปด้วย วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) และวิธีปรับเรียบแบบโฮลท์ลีนีย์เอ็กซ์โปเนนเชียล (Holt ' s Linear Exponential Smoothing) โดยค่าพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

### 1.5.1 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

สำหรับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมงานวิจัยนี้เลือกใช้ Feed-Forward Neural Networks โดยใช้อัลกอริทึมแบบแพร่กระจายย้อนกลับของการรู้จำ (Backpropagation) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ 3 ชั้น มี 2 ชั้นซ่อน (Hidden Layer) ซึ่งเป็นจำนวนที่นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่ (ชุกติ, 2549) สำหรับในแต่ละชั้นซ่อนงานวิจัยนี้ใช้ 12 นิวรอน เนื่องจากทำการทดสอบเปลี่ยนจำนวนนิวรอนในหลายรูปแบบแล้ว พบว่าจำนวนนิวรอนที่นำมาใช้นี้ให้ผลค่าตอบคดีที่สุด โดยมีอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.05 ใช้วิธีการฝึกสอน (Train) แบบ Lavenberg-Marquardt Backpropagation Training Function โดยใช้การเรียนรู้แบบ Gradient Descent with Momentum Weight/Bias Learning Function และหยุดทำการฝึกสอนโครงข่ายเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนเป้าหมายมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.01

ในการกำหนดฟังก์ชันการถ่ายโอนสามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการของผู้ออกแบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ฟังก์ชันการถ่ายโอนระหว่างอินพุตกับชั้นซ่อนชั้นแรกและระหว่างชั้นซ่อนชั้นแรกกับชั้นที่สองเป็นแบบ logsig และฟังก์ชันการถ่ายโอนระหว่างชั้นซ่อนที่สองกับเอาต์พุตเป็นแบบ poslin

และเนื่องจากปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตลอดเวลา จึงต้องมีการวางแผนในการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ให้สนองตอบกับความต้องการใช้ไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพ โดยตารางที่ 3 แสดงให้เห็นมูลค่าการใช้งานพัสดุคงคลังกลุ่ม A ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ กลุ่มแรก คือ พักคงคลังที่นำมาใช้งานในการปรับปรุงระบบไฟฟ้า

และขยายระบบจำหน่าย กลุ่มที่สอง คือ พัดคู้ที่นำมาใช้งานในการแก้ไขข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าและงานติดตั้งมิเตอร์

ตารางที่ 3 มูลค่าพัสดุคงคลังตามประเภทการใช้งาน

กลุ่ม	รายการใช้พัสดุ	มูลค่าพัสดุคงคลัง (บาท)	มูลค่าพัสดุคงคลัง (เปอร์เซ็นต์)
1	ปรับปรุงระบบจำหน่ายและขยายเขตระบบไฟฟ้า	272,142,108.33	91.59
2	แก้ไขข้อขัดข้องและติดตั้งมิเตอร์	24,990,843.89	8.41
	รวม	297,132,952.22	100

ซึ่งค่าของหน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะเป็นดัชนีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ และในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบจำหน่ายแต่ละครั้งนั้นย่อมมีหน่วยสูญเสียเกิดขึ้น จึงได้มีการนำเสนอวิธีการต่างๆ เพื่อทำการปรับปรุงหน่วยสูญเสียที่เกิดขึ้น (ชำนาญ, 2545)

พัสดุคงคลังจึงเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาหน่วยสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น การนำมาใช้ในการตัดจ่ายระบบจำหน่ายใหม่ในระบบที่มีความยาวสายป้อนค่อนข้างยาว เปลี่ยนขนาดของสายให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นต้น อีกทั้งนำมาใช้เพื่อขยายระบบจำหน่ายระบบไฟฟ้าอันเนื่องมาจากปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสามารถดูได้จากมูลค่าการใช้งานพัสดุก่อนที่ 1 จากตารางที่ 3 ซึ่งมีมูลค่าการใช้งานถึง 91.59 % ของมูลค่าการใช้งานของพัสดุก่อนที่ A จึงเป็นเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยนำค่าของหน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะ และค่าของหน่วยสูญเสียมาเป็นข้อมูลอินพุตในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

ดังนั้นปัจจัยที่นำมาเป็นอินพุตสำหรับโครงข่ายประสาทเทียมในงานวิจัยมีดังนี้

- ค่าของหน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะ
- ค่าของหน่วยสูญเสีย
- ปริมาณการใช้งานพัสดุคงคลังรายเดือน โดยใช้ 3 เดือนย้อนหลัง

เอาที่พูดของโครงข่ายประสาทเทียม คือ ปริมาณความต้องการพัสดुकงคลังรายเดือน

### 1.5.2 เทคนิคการวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลา

เทคนิคการวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลา 3 วิธีในงานวิจัยนี้มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

ก. วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) คำนวณพารามิเตอร์เริ่มต้นจากปริมาณการใช้งานพัสดुकงคลังรายเดือน โดยสามารถคำนวณตามสูตรที่แสดงไว้ดังสมการที่ (17)-(18) ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3 เดือน 4 เดือน และ 5 เดือน ตามลำดับ

ข. วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) คำนวณพารามิเตอร์เริ่มต้นจากปริมาณการใช้งานพัสดुकงคลังรายเดือน โดยสามารถทำการคำนวณตามสูตรที่แสดงไว้ตามสมการที่ (19)-(24)

สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้ค่าถ่วงน้ำหนัก ( $\alpha$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.9 โดยทำการเพิ่มค่าถ่วงน้ำหนักขึ้นครั้งละ 0.1 จากค่าแรก

สำหรับค่า  $F_1$  ซึ่งยังไม่ทราบค่า ใช้ค่า  $F_1 = Y_1$  เป็นค่าเริ่มต้น  
โดยที่  $F$  คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ และ  $Y$  คือ ค่าจริงของข้อมูล

ค. วิธีปรับเรียบแบบโฮลต์ลีนีเยร์เอ็กซ์โปเนนเชียล (Holt ' s Linear Exponential Smoothing) คำนวณพารามิเตอร์เริ่มต้นจากปริมาณการใช้งานพัสดुकงคลังรายเดือน โดยสามารถทำการคำนวณตามสูตรที่แสดงไว้ตามสมการที่ (25)-(27)

สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้ค่าคงที่ ( $\alpha, \beta$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.9 โดยทำการเพิ่มค่าถ่วงน้ำหนักขึ้นครั้งละ 0.1 จากค่าแรก

สำหรับค่า  $L_1$  และ  $b_1$  ซึ่งยังไม่ทราบค่า ใช้ค่าเริ่มต้นดังนี้

$$L_1 = Y_1$$

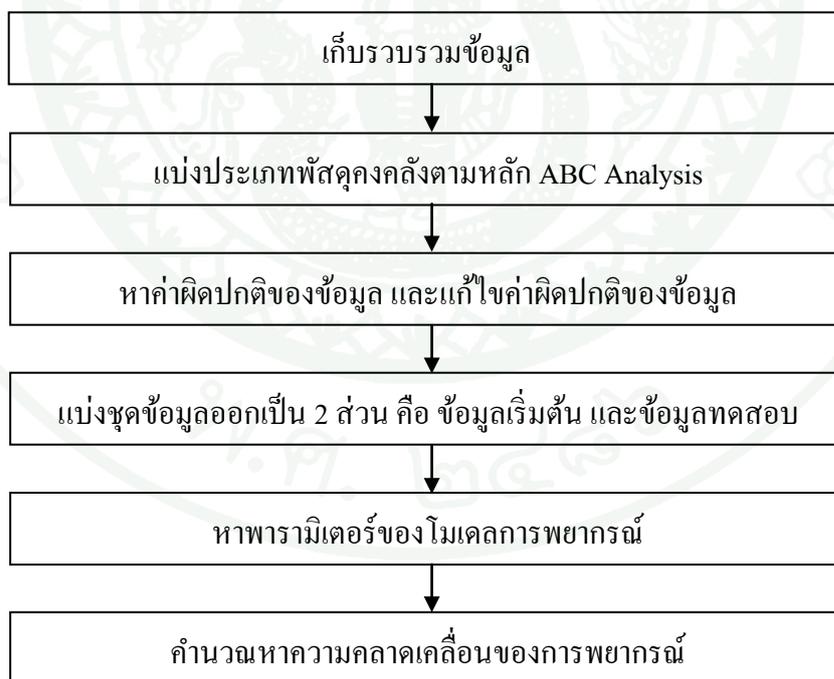
$$b_1 = Y_2 - Y_1$$

### 1.6 คำนวณหาความคลาดเคลื่อนของแต่ละวิธี

เพื่อทดสอบความแม่นยำของโมเดลที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี งานวิจัยนี้เปรียบเทียบค่าของข้อมูลจริงในข้อมูลชุดทดสอบกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์ สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (61)

จากค่าความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้ จึงทำให้ทราบว่าวิธีการใดเหมาะสมกับการนำไปใช้พยากรณ์ความต้องการพัสดุคงคลัง เพื่อที่จะนำค่าที่ได้จากการพยากรณ์ไปวางแผนในการจัดการพัสดุคงคลังต่อไป

สำหรับขั้นตอนในการพยากรณ์ความต้องการพัสดุคงคลัง สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ขั้นตอนการพยากรณ์ความต้องการพัสดุคงคลัง

## 2. การควบคุมพัสดुकงคลัง

หลังจากได้ทำการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลังตามขั้นตอนที่แสดงในภาพที่ 20 แล้วสามารถนำวิธีการพยากรณ์ที่ให้ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำที่สุด หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่ามีความแม่นยำในการพยากรณ์สูงที่สุด มาใช้พยากรณ์ปริมาณความต้องการพัสดुकงคลังกลุ่ม A ล่วงหน้า 12 เดือน เพื่อที่จะนำผลการพยากรณ์มาใช้ในการวางแผนการควบคุมพัสดुकงคลังต่อไป

การควบคุมพัสดुकงคลังในงานวิจัยนี้ใช้นโยบาย จุดสั่งซื้อ – ระดับสั่งซื้อ เพื่อให้ทราบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) ระดับสั่งซื้อ (s) จุดสั่งซื้อ (S) ระดับปริมาณคงคลังสำรอง (Safety Stock) และค่าใช้จ่ายคงคลังรวมตลอดปี (K) เมื่อสามารถทำการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลังล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน (D) ได้แล้ว หลังจากนั้นทำการคำนวณพารามิเตอร์อื่นๆที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ตามนโยบาย จุดสั่งซื้อ – ระดับสั่งซื้อ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อครั้ง (A) สัดส่วนในการเก็บรักษาต่อมูลค่าพัสดुकงคลังที่เก็บเฉลี่ย (r) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้อง ส่วนช่วงเวลานำ (Lead Time) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการคำนวณตามนโยบาย จุดสั่งซื้อ – ระดับสั่งซื้อ นั้นสามารถดูได้จากตารางที่ 6 โดยมีรายละเอียดการคำนวณในส่วนต่างๆ ดังนี้

### 2.1 ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อครั้ง (A)

ต้นทุนในการสั่งซื้อ (Ordering Costs) เป็นต้นทุนที่จ่ายไปเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าคงคลัง ต้นทุนประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อมีการสั่งซื้อ และไม่แปรผันตามปริมาณของที่สั่งซื้อ แต่จะแปรผันตามจำนวนครั้งในการสั่งซื้อ การคำนวณต้นทุนการสั่งซื้อจะอยู่ในรูปของจำนวนเงินต่อการสั่งซื้อหนึ่งครั้ง

ต้นทุนในการสั่งซื้อของกรณีศึกษาประกอบด้วย ค่าวัสดุสำนักงาน ค่าซ่อมแซมคอมพิวเตอร์ เงินเดือนพนักงาน และค่าล่วงเวลาพนักงานซึ่งใช้ในการตรวจรับพัสดุ โดยต้นทุนดังกล่าวนี้ พิจารณาจากข้อมูลในการสั่งซื้อในระหว่างเดือน มกราคม 2553 ถึง กันยายน 2553 โดยที่จำนวนครั้งในการสั่งซื้อดูจากจำนวนของเลขที่เอกสาร (Mat.Doc) ในโปรแกรม SAP ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งมีการสั่งซื้อทั้งหมด 1,124 ครั้ง แสดงไว้ดังตารางที่ 4

### 2.1.1 ค่าวัสดุสำนักงาน

เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการจัดทำเอกสารรายงานการสั่งซื้อ ค่าถ่ายสำเนา ออกใบสั่งซื้อ เอกสารการตรวจรับ โดยมีค่าใช้จ่าย เป็นจำนวนทั้งสิ้น 21,217 บาท

### 2.1.2 ค่าซ่อมแซมคอมพิวเตอร์

เป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการซ่อมแซมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ใช้งานในแผนกพัสดุ โดยมีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 12,300 บาท โดยแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ 50 % คิดเป็นเงิน 6,150 บาท

### 2.1.3 เงินเดือนพนักงาน

เป็นเงินเดือนพนักงานที่เกี่ยวข้องในการสั่งซื้อ มีผู้รับผิดชอบหลัก 1 คน และหัวหน้าแผนกพัสดุที่ควบคุมการปฏิบัติงานในแผนกทั้งหมด โดยที่

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายเงินเดือนในการสั่งซื้อ} &= \text{เงินเดือนพนักงานจัดซื้อ} + (\text{เงินเดือนหัวหน้าแผนก} \times 50\%) \\ &= 13,045 + (55,200 \times 0.5) \\ &= 40,645 \quad \text{บาท} \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายเงินเดือนในการสั่งซื้อคิดเป็นเงินทั้งสิ้น  $40,645 \times 9$  เท่ากับ 365,805 บาท

### 2.1.4 ค่าล่วงเวลาพนักงาน

เป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ค่าล่วงเวลาที่จ่ายให้แก่พนักงานในการตรวจรับพัสดุ เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 1,503.04 บาท

## 2.2 สัดส่วนในการเก็บรักษาต่อมูลค่าพัสดुकงคลังที่เก็บเฉลี่ย (r)

ต้นทุนในการเก็บรักษา (Holding Costs) แปรผันตามปริมาณและระยะเวลาที่จัดเก็บพัสดुकงคลังไว้ โดยคิดเป็นสัดส่วนในการเก็บรักษาต่อมูลค่าพัสดुकงคลังที่เก็บเฉลี่ย ซึ่ง

ต้นทุนในการเก็บรักษาของกรณีศึกษาที่เกิดขึ้นในระหว่างเดือน มกราคม 2553 ถึง กันยายน 2553 มีดังนี้

ตารางที่ 4 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (ข้อมูล: ม.ค. 53 – ก.ย. 53)

รายการค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าวัสดุสำนักงาน	21,217.00
ค่าซ่อมแซมโปรแกรมคอมพิวเตอร์	6,150.00
เงินเดือนพนักงาน	365,805.00
ค่าล่วงเวลาพนักงาน	1,503.04
รวม	394,675.04
เฉลี่ยต่อครั้ง (จากทั้งหมด 1,124 ครั้ง)	351.13

2.2.1 ค่าซ่อมแซมอาคาร ยานพาหนะ และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในส่วนที่เกี่ยวข้องบคลังพัสดุเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการจัดการให้คลังพัสดุมีความพร้อมในการจัดเก็บ และดำเนินการจัดเก็บพัสดุ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ค่าวัสดุเบ็ดเตล็ด 8,206 บาท
- ค่าซ่อมแซมอาคาร 3,500 บาท
- ค่าวัสดุเบ็ดเตล็ดด้านช่าง (ค่าสี ค่าน้ำมันรถยก) 30,627.10 บาท
- ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษายานพาหนะ 2,744.52 บาท

คิดเป็นเงินทั้งสิ้น 44,717.62 บาท

#### 2.2.2 ค่าแรงลูกจ้างรายวัน

เป็นค่าใช้จ่ายที่จ่ายให้แก่ลูกจ้างรายวัน ที่มีหน้าที่ช่วยงานด้านบัญชีพัสดุ จัดเรียงพัสดุ และจ่ายพัสดุ คิดเป็นเงินทั้งสิ้น 83,054 บาท

### 2.2.3 ค่าซ่อมแซมคอมพิวเตอร์

เป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการซ่อมแซมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ใช้งานในแผนกพัสดุ โดยมีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 12,300 บาท โดยแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ 50 % คิดเป็นเงิน 6,150 บาท

### 2.2.4 เงินเดือนพนักงาน

เป็นเงินเดือนพนักงานที่เกี่ยวข้องในการจัดเก็บควบคุมคลัง โดยการควบคุมคลังจะมีผู้รับผิดชอบ 5 คน และหัวหน้าแผนกพัสดุที่ควบคุมการปฏิบัติในแผนกทั้งหมด โดยที่

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายเงินเดือนในการจัดเก็บ} &= \text{เงินเดือนพนักงานควบคุมคลัง} + (\text{เงินเดือนหัวหน้าแผนก} \times 50\%) \\ &= 180,800 + (55,200 \times 0.5) \\ &= 208,400 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายเงินเดือนในการจัดเก็บคิดเป็นเงินทั้งสิ้น 208,400 x เท่ากับ 1,875,600 บาท

### 2.2.5 ต้นทุนเงินทุน

ต้นทุนเงินทุนของกรณีศึกษา คือ เงินทุนที่ได้จ่ายไปสำหรับปริมาณพัสดุที่คงคลัง โดยคิดเทียบกับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ซึ่งมูลค่าพัสดुकงคลังที่เก็บไว้ในระหว่างเดือน มกราคม 2553 ถึงกันยายน 2553 มีมูลค่าเฉลี่ย 39,954,608.41 บาท อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ปัจจุบันเท่ากับร้อยละ 7 ต่อปี แต่เนื่องจากช่วงเวลาที่ทำการศึกษาเพียง 9 เดือน (ม.ค. – ก.ย.) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่นำมาคำนวณจึงเป็นร้อยละ 5.25 ดังนั้นต้นทุนเงินทุนจึงเท่ากับ 2,097,616.94 บาท

ตารางที่ 5 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ (ข้อมูล: ม.ค.53 – ก.ย.53)

รายการค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าซ่อมแซมอาคาร	44,717.62
ค่าแรงลูกจ้างรายวัน	83,054.00
ค่าซ่อมแซมคอมพิวเตอร์	6,150.00
เงินเดือนพนักงาน	1,875,600.00
ต้นทุนเงินทุน	2,097,616.94
รวม	4,107,138.56

ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บพัสดुकงคลังคิดเป็นอัตราส่วนต่อมูลค่าพัสดुकงคลังเฉลี่ย ช่วงเดือน มกราคม ถึง กันยายน ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{สัดส่วนในการจัดเก็บพัสดुकงคลังเฉลี่ย} &= \frac{\text{ผลรวมค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บพัสดุ}}{\text{มูลค่าพัสดुकงคลังที่เก็บเฉลี่ย (ม.ค. - ก.ย.)}} \\
 &= \frac{4,107,138.56}{39,954,608.41} \\
 &= 0.1028 \text{ ต่อ (ช่วง ม.ค.-ก.ย.)} \\
 &= 0.1371 \text{ ต่อ ปี}
 \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บพัสดुकงคลังเป็น ร้อยละ 13.71 ของมูลค่าพัสดुकงคลังเฉลี่ยต่อปี

### 2.3 ช่วงเวลานำ (Lead Time)

ช่วงเวลานำของพัสดุขึ้นอยู่กับประเภทของพัสดุซึ่งแบ่งออกเป็น ประเภทย่อย 10 ประเภท โดยมีรายละเอียดของช่วงเวลานำ ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ช่วงเวลานำของพัสดุตามประเภทย่อยของพัสดุ

ตัวเลข 3 ตัวแรก ในหมายเลขพัสดุ	ประเภทย่อยของพัสดุ	ช่วงเวลานำ ( Lead Time ) (วัน)
100	เสา คอน คาน สมอบกคอนกรีต	30
101	อุปกรณ์ประกอบหัวเสา อุปกรณ์โลหะ	7-15
102	สายไฟและอุปกรณ์ประกอบ	30
103	ลูกถ้วยและอุปกรณ์ประกอบ	30
104	อุปกรณ์ป้องกันและสวิตช์	30
105	หม้อแปลง คาปาซิเตอร์ โวลเตจเร็กกูเลเตอร์	30
106	มิเตอร์ ซีที พีที	30
107	อุปกรณ์ไฟถนน	15-30
108	อุปกรณ์เดินสายภายในและภายนอก	15-30
109	เครื่องมือเครื่องใช้และอื่นๆ	15-30

หลังจากที่ได้ทราบปริมาณความต้องการพัสดุกงคลังใน 12 เดือนข้างหน้า และคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพัสดุกงคลังได้แล้ว สามารถคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อ จุดสั่งซื้อ ระดับสั่งซื้อ และ Safety Stock ตามนโยบายจุดสั่งซื้อ – ระดับสั่งซื้อ ((s,S) System) ดังนี้

ตัวอย่าง การคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อ จุดสั่งซื้อ ของข้อมูลพัสดุกงคลังกลุ่ม A รายการ A8 (เสา คอนกรีตอัดแรง ขนาด 9.00 เมตร) ซึ่งมีข้อมูลในการพิจารณาดังนี้

ราคาต่อหน่วย (v)	=	1,780 บาท
อัตราการใช้ (D)	=	1,788.48 หน่วย
ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (A)	=	351.13 บาท
ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ (vr)	=	244.04 บาท/หน่วย/ปี

1. คำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) จากสมการที่ (7)

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{vr}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 351.13 \cdot 1788.48}{244.04}}$$

$$= 71.74$$

ปริมาณการสั่งซื้อแต่ละครั้ง เท่ากับ 71.74 หน่วย หรือประมาณ 72 หน่วย

2. คำนวณค่าเฉลี่ยความต้องการใช้พัสดุคงคลังรายการ A8 (เสา คอ. ขนาด 9.00 เมตร) ในช่วงเวลานำ ( $\hat{X}_L$ ) จากสมการที่ (10)

$$\hat{X}_L = E(L) \cdot E(D)$$

เมื่อ  $E(L)$  คือ ค่าเฉลี่ยของเวลานำ เท่ากับ 30 วัน หรือ 1 เดือน

$E(D)$  คือ ค่าเฉลี่ยความต้องการ เท่ากับ 189.52 หน่วยต่อเดือน

ดังนั้น ( $\hat{X}_L$ ) = 189.52 หน่วย

3. คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการในช่วงเวลานำ ( $\sigma_L$ ) จากสมการที่ (16)

$$\sigma_L = \sigma_D \sqrt{\frac{LT}{R}}$$

เมื่อ  $\sigma_D$  คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความต้องการ เท่ากับ 128.45

LT คือ ช่วงเวลานำ

R คือ ช่วงเวลาที่ใช้เก็บข้อมูล ในที่นี้คือช่วง ม.ค.51-ก.ย.53 เท่ากับ 1,004 วัน

ดังนั้น  $\sigma_L$  เท่ากับ 22.20

4. คำนวณจุดสั่งซื้อ (s) หรือ (ROP)

ในการคำนวณจุดสั่งซื้อ จำเป็นต้องทราบลักษณะการแจกแจงความต้องการใช้ (Demand Pattern) รูปแบบโดยทั่วไปตั้งสมมติฐานไว้ว่า ความแปรปรวนใดๆ ของอัตราความต้องการ หรือช่วงเวลานำสามารถจัดเข้าสู่รูปแบบการกระจายแบบปกติได้ ในงานวิจัยนี้จึงสมมติความต้องการพัสดุคงคลังทั้งหมดมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ

โดยคำนวณจุดสั่งซื้อได้จากสมการที่ (12)-(14)

$$s = \hat{X}_L + Z\sigma_L$$

เนื่องจาก เสา คอ.ขนาด 9.00 เมตร มีอัตราการใช้แจกแจงแบบปกติจึงกำหนดระดับบริการที่ 95% นั่นคือค่า  $Z = 1.645$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} s &= 189.52 + (1.645 * 22.20) \\ &= 226.04 \text{ หน่วย หรือ ประมาณ } 226 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

5. คำนวณระดับปริมาณสำรองคลัง (Safety Stock) จากสมการที่ (15)

$$\begin{aligned} SS &= Z\sigma_L \\ &= 1.645 * 22.20 \\ &= 36.52 \text{ หน่วย หรือ ประมาณ } 37 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

6. คำนวณระดับการสั่งซื้อ (S) จากสมการที่ (9)

$$\begin{aligned} S &= Q + s \\ &= 71.74 + 226.04 \\ &= 297.78 \text{ หน่วย หรือ ประมาณ } 298 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

7. ค่าใช้จ่ายคงคลังรวมตลอดปี (K) เมื่อคิดจำนวนสต็อกเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock) ร่วมด้วย ของพัสดุคงคลังรายการ A8 จากสมการที่ (4)

$$\begin{aligned}
 K &= vD + \frac{AD}{Q} + \frac{(vr)Q}{2} + vr(SS) \\
 &= (1788.48 * 1780) + \frac{351.13 * 1788.48}{71.74} + \frac{244.04 * 71.74}{2} \\
 &\quad + (244.04 * 36.52) \\
 &= 3,209,914.14 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

#### 2.4 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายคงคลัง

จากการนำนโยบายจุดสั่งซื้อ – ระดับสั่งซื้อ มาใช้กับพัสดุคงคลังกลุ่ม A นั้นทำให้ทราบระดับสต็อกเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock) ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ รวมทั้งค่าใช้จ่ายคงคลังรวมตลอดปี เพื่อให้เห็นความแตกต่างของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการจัดให้มีพัสดุคงคลัง และเนื่องจากเดิมภายในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอธัญบุรี ไม่ได้กำหนดนโยบายที่เป็นแบบแผนในการสั่งซื้อพัสดุคงคลัง

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายคงคลังที่เกิดขึ้น โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายรวมตลอดปีเป็นสูตรเดียวกัน และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณเหมือนกันทุกประการ แต่มีความแตกต่างกันที่ปริมาณสั่งซื้อในแต่ละครั้ง (Q) โดยจะทำการเปรียบเทียบกับปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดกับปริมาณการสั่งซื้ออื่นอีก 4 กรณี ดังนี้

##### 2.4.1 $Q = 2EOQ$

คือ ในแต่ละครั้งการสั่งซื้อของพัสดุคงคลังแต่ละชนิด จะทำการสั่งซื้อด้วยปริมาณ 2 เท่าของปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ที่คำนวณได้

##### 2.4.2 $Q = 4EOQ$

คือ ในแต่ละครั้งการสั่งซื้อของพัสดุคงคลังแต่ละชนิด จะทำการสั่งซื้อด้วยปริมาณ 4 เท่าของปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ที่คำนวณได้

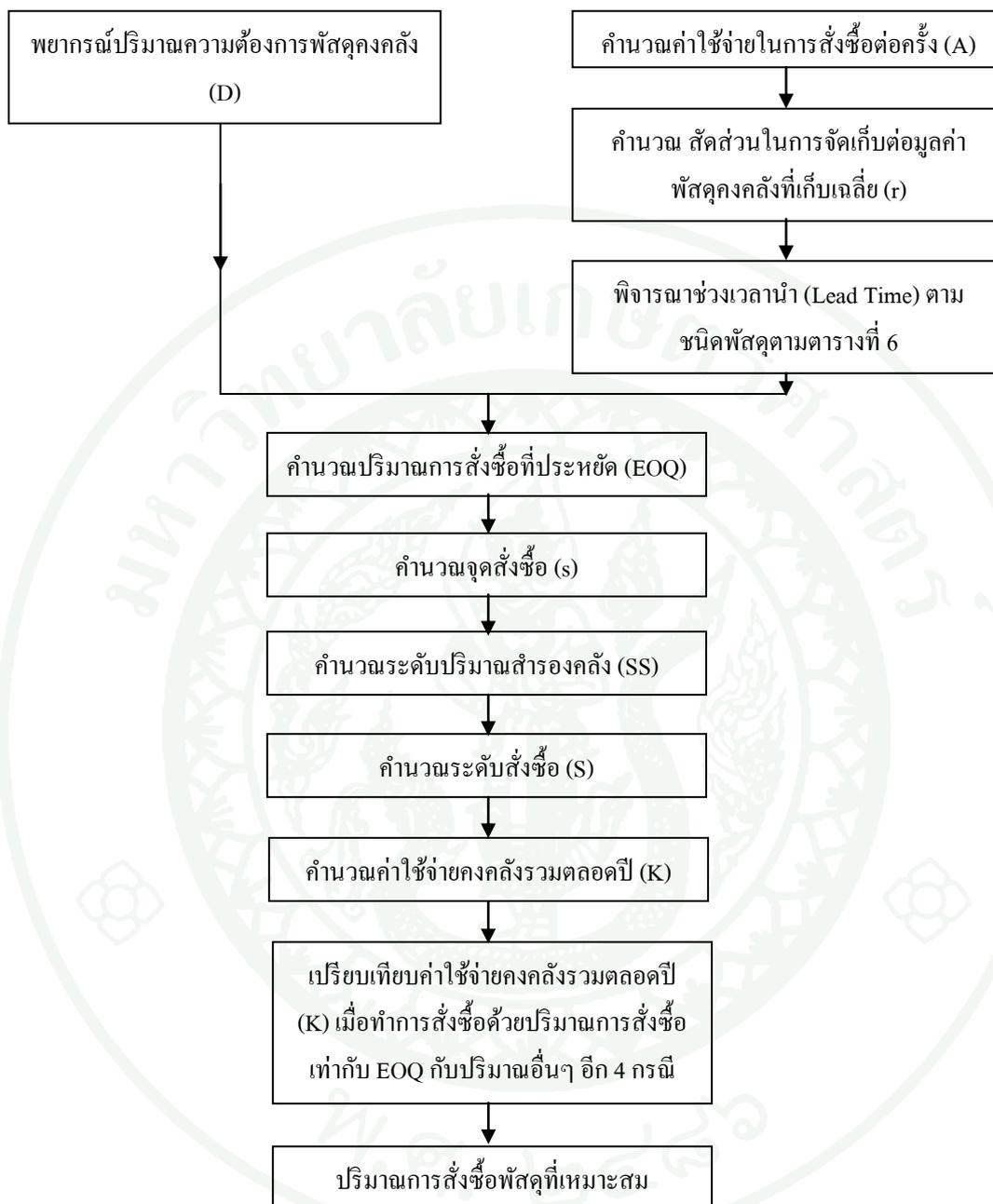
#### 2.4.3 $Q = 0.5EOQ$

คือ ในแต่ละครั้งการสั่งซื้อของพัสดुकงคลังแต่ละชนิด จะทำการสั่งซื้อด้วยปริมาณ 0.5 เท่าของปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ที่คำนวณได้

#### 2.4.4 $Q = 0.75EOQ$

คือ ในแต่ละครั้งการสั่งซื้อของพัสดुकงคลังแต่ละชนิด จะทำการสั่งซื้อด้วยปริมาณ 0.75 เท่าของปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ที่คำนวณได้

ขั้นตอนในการจัดการพัสดुकงคลัง สามารถสรุปได้คังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ขั้นตอนการจัดการพัสดุคงคลัง

## ผลและวิจารณ์

### ผล

หลังจากได้ดำเนินการตามขั้นตอนที่แสดงดังภาพที่ 20 แล้ว เพื่อให้ทราบว่าวิธีการใดมีความเหมาะสมที่สุดสามารถพิจารณาได้จากค่า Root Mean Square Error (RMSE) ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 58 โดยตารางที่ 7 แสดงค่าพารามิเตอร์ของวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ที่ทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ต่ำที่สุด สำหรับกระบวนการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकคลังกลุ่ม A ทุกรายการนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนเป้าหมายอยู่ในเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้คือมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.01 และรายละเอียดของค่า Root Mean Square Error ของพัสดुकคลังกลุ่ม A จำนวน 25 รายการสามารถแสดงได้ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ค่าพารามิเตอร์การพยากรณ์

วิธีการพยากรณ์	Periods	Alpha	Beta	Transfer Function	Learning rate
MA	4	-	-	-	-
SES	-	0.1	-	-	-
HES	-	0.2	0.1	-	-
ANNs	-	-	-	logsig,logsig,poslin	0.05

ตารางที่ 8 ค่า RMSE จาก Test Set ของพื้ดคองคังกลุ่ม A

รายการ	MA	SES	HES	ANNs
A1	6.8238	4.9484	4.6531	4.2943
A2	5.0904	4.1815	4.8541	5.0680
A4	1.6008	1.4725	1.8262	0.9408
A5	4.7472	4.4940	4.7657	4.3300
A6	11.9504	10.3709	11.2170	6.3217
A7	106.4626	102.3600	108.8534	49.4411
A8	122.0546	118.6884	129.7733	79.6927
A9	392.9563	368.5427	389.0805	159.6281
A10	1.8574	1.7688	1.8763	1.7657
A11	1.4219	1.2095	1.0918	0.6186
A12	3.6270	3.3274	3.2070	4.4748
A13	321.4742	294.5649	308.5586	180.7775
A14	2.7553	2.0747	2.8812	3.5043
A15	2.9240	2.7715	3.0493	1.1246
A16	436.2755	405.1583	427.6224	205.1484
A17	121.6728	112.9848	118.4891	58.6668
A18	30.4346	27.7541	22.0734	26.8435
A19	1.7248	1.8182	1.5030	1.3958
A20	2.6196	2.2773	2.5112	1.5119
A21	44.3239	38.7400	39.4764	29.3849
A22	79.9362	59.2459	73.6610	70.8272
A23	0.1793	0.1826	0.2034	0.1588
A24	143.5841	188.9449	124.8983	80.9092
A25	63.1062	63.1086	61.2700	27.2546

ตารางที่ 8 (ต่อ)

รายการ	MA	SES	HES	ANNs
A26	3.0775	2.9623	3.1351	1.2002
Min	0.1793	0.1826	0.2034	0.1588
Max	436.2755	405.1583	427.6224	205.1484
Mean	76.5072	72.9581	74.0212	40.2113

จากตารางที่ 8 การพิจารณาค่า RMSE แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของการพยากรณ์แต่ละวิธี โดยในการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานคลัสเตอร์ A ทั้ง 25 รายการ จากพัสดุกลุ่ม A ทั้งหมด 26 รายการ แต่ในงานวิจัยนี้ไม่นำรายการ A3 มาพิจารณาต่อ เนื่องจากมีการใช้งานเพียง 1 หน่วย ภายในระยะเวลา 33 เดือนที่ทำการเก็บข้อมูล และเมื่อทำการหาค่าผิดพลาดของข้อมูล และแก้ไขค่าผิดพลาดแล้ว ค่าที่ได้มีค่าเท่ากับ 0

จากการพิจารณาพบว่าแบบจำลองโครงข่ายเทียมมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงสุด โดยค่า RMSE ที่ได้จากการพยากรณ์พัสดุคลัสเตอร์ A จำนวน 25 รายการ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมให้ค่าต่ำที่สุดถึง 21 รายการ และในส่วนที่มีค่ามากกว่า 4 รายการคือ พักคลุมคลัสเตอร์รายการ A2 A12 A14 และ A18 ค่า RMSE ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมก็ไม่แตกต่างจากวิธีการพยากรณ์อื่น

ส่วนวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว วิธีปรับเรียบแบบไฮลท์ไลน์เอ็กซ์โปเนนเชียล และวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์รองลงมาตามลำดับ

จากผลที่แสดงให้เห็นในตารางที่ 8 วิธีการพยากรณ์ความต้องการพัสดุคลัสเตอร์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปพยากรณ์ความต้องการพัสดุคลัสเตอร์ใน 12 เดือนถัดไป เพื่อนำผลที่ได้จากการพยากรณ์มาวางแผนในการควบคุมพัสดุคลัสเตอร์ในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคต่อไป

การพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลังล่วงหน้าจำนวน 12 เดือนนั้น ค่าของหน่วยจำหน่ายไฟฟ้ารวมไฟสาธารณะและค่าของหน่วยสูญเสีย ซึ่งนำมาเป็นปัจจัยอินพุตของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ทำการพยากรณ์ล่วงหน้าด้วยวิธีปรับเรียบแบบโฮลท์ลิเนียร์เอ็กซ์โปเนนเชียล เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในระยะเวลาสั้น 1-2 ปี (อรอุไร, 2544)

หลังจากได้ค่าการความต้องการพัสดुकงคลังล่วงหน้าซึ่งทำการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแล้ว สามารถนำมาคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อ จุดสั่งซื้อ ระดับสั่งซื้อ และ Safety Stock ตามนโยบายจุดสั่งซื้อ – ระดับสั่งซื้อ ((s,S) System) โดยค่าต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 9

เมื่อทำการคำนวณพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 9 แล้ว สามารถนำไปคำนวณค่าใช้จ่ายรวมของพัสดुकงคลังตลอดปีที่เกิดจากจำนวนการสั่งซื้อที่ประหยัดซึ่งได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ และเพื่อให้เห็นความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของพัสดुकงคลังตลอดปีที่เกิดขึ้นจากจำนวนการสั่งซื้อด้วยปริมาณที่ต่างกัน โดยผลของค่าใช้จ่ายรวมของพัสดुकงคลังตลอดปีที่มีปริมาณการสั่งซื้อที่แตกต่างกันสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพัสดुकกลาง

รายการ	v	D	E(D)	$\sigma_D$	E(L)	$\hat{X}_L$	$\sigma_L$	Q (EOQ)	ROP (s)	SS	MAX(S)	K
A1	166,840	15.44	4.95	5.86	1	4.95	1.01	1	7	2	8	2,638,669.38
A2	211,200	54.66	4.91	4.35	1	4.91	0.75	1	6	1	7	11,605,823.76
A4	269,000	17.74	1.80	1.53	1	1.80	0.26	1	2	0	3	4,796,298.03
A5	84,890	102.87	7.48	4.70	1	7.48	0.81	2	9	1	11	8,774,079.71
A6	41,050	213.25	11.16	7.67	1	11.16	1.33	5	13	2	18	8,794,392.15
A7	4,060	2,070.88	112.00	80.91	1	112.00	13.99	51	135	23	186	8,449,041.20
A8	1,780	1,788.48	189.52	128.45	1	189.52	22.20	72	226	37	298	3,210,024.10
A9	642	7,785.23	520.42	273.10	1	520.42	47.21	249	598	78	847	5,026,918.19
A10	160,700	20.77	1.89	1.72	1	1.89	0.30	1	2	0	3	3,356,128.48
A11	118,000	13.25	1.00	0.86	1	1.00	0.15	1	1	0	2	1,575,880.40
A12	20,900	83.67	8.59	3.80	1	8.59	0.66	5	10	1	15	1,764,703.27
A13	551	3,361.41	364.85	254.95	1	364.85	44.07	177	437	72	614	1,870,928.35
A14	26,800	84.92	5.58	3.78	0.23	1.30	0.32	4	2	1	6	2,294,343.88
A15	68,540	33.52	2.55	2.46	1	2.55	0.43	2	3	1	5	2,322,390.22

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รายการ	v	D	E(D)	$\sigma_D$	E(L)	$\hat{X}_L$	$\sigma_L$	Q (EOQ)	ROP (s)	SS	MAX(S)	K
A16	267	7,559.56	645.30	327.35	1	645.30	56.59	381	738	93	1119	2,035,748.25
A17	1,730	942.96	93.06	81.50	0.5	46.53	9.96	53	63	16	116	1,647,650.71
A18	2,251	779.92	65.12	28.38	1	65.12	4.91	42	73	8	115	1,771,067.39
A19	54,500	27.26	2.42	1.69	1	2.42	0.29	2	3	0	5	1,497,695.16
A20	6,230	19.77	4.50	6.11	1	4.50	1.06	4	6	2	10	128,332.36
A21	1,266	1,291.77	94.97	34.40	1	94.97	5.95	72	105	10	177	1,649,659.86
A22	1,030	708.41	64.89	87.69	1	64.89	15.16	59	90	25	149	741,577.93
A23	62,220	3.53	0.11	0.16	1	0.11	0.03	1	0	0	1	224,854.51
A24	536	2,845.53	197.36	157.72	1	197.36	27.26	165	242	45	407	1,540,626.83
A25	1,086	1,241.98	71.00	50.44	1	71.00	8.72	77	85	14	162	1,362,272.81
A26	11,540	111.45	6.50	4.01	1	6.50	0.69	7	8	1	15	1,298,890.27

ตารางที่ 10 ผลของค่าใช้จ่ายรวมตลอดปีของพัสดุคงคลังตามปริมาณการสั่งซื้อ

รายการ	ค่าใช้จ่ายรวมตลอดปีของพัสดุคงคลัง (K)					ผลต่างค่าใช้จ่ายเทียบกับปริมาณการสั่ง Q = EOQ			
	Q =EOQ	Q=2EOQ	Q=4EOQ	Q=0.5EOQ	Q=0.75EOQ	Q=2EOQ	Q=4EOQ	Q=0.5EOQ	Q=0.75EOQ
A1	2,638,669.38	2,647,395.48	2,668,913.85	2,638,372.50	2,637,617.34	8,726.10	30,244.48	-296.88	-1,052.03
A2	11,605,823.76	11,610,705.96	11,634,863.70	11,617,775.99	11,608,601.35	4,882.20	29,039.94	11,952.24	2,777.60
A4	4,796,298.03	4,811,623.74	4,846,946.52	4,793,306.54	4,793,764.21	15,325.71	50,648.49	-2,991.49	-2,533.83
A5	8,774,079.71	8,776,687.83	8,795,449.52	8,786,321.10	8,777,190.31	2,608.12	21,369.81	12,241.39	3,110.59
A6	8,794,392.15	8,800,974.03	8,825,369.81	8,802,333.20	8,795,866.67	6,581.89	30,977.66	7,941.06	1,474.53
A7	8,449,041.20	8,456,106.25	8,480,929.72	8,456,202.05	8,450,245.32	7,065.05	31,888.52	7,160.85	1,204.12
A8	3,210,024.10	3,214,448.45	3,229,838.67	3,214,353.47	3,210,735.11	4,424.34	19,814.57	4,329.37	711.01
A9	5,026,918.19	5,032,387.25	5,051,559.18	5,032,417.48	5,027,838.10	5,469.06	24,640.98	5,499.29	919.91
A10	3,356,128.48	3,363,497.89	3,383,706.58	3,357,913.63	3,355,805.53	7,369.41	27,578.10	1,785.15	-322.95
A11	1,575,880.40	1,581,643.60	1,596,658.55	1,576,487.35	1,575,408.64	5,763.20	20,778.15	606.95	-471.76
A12	1,764,703.27	1,768,928.68	1,781,786.60	1,766,997.66	1,764,871.11	4,225.41	17,083.33	2,294.39	167.84
A13	1,870,928.35	1,874,279.67	1,885,983.54	1,874,253.92	1,871,479.75	3,351.32	15,055.19	3,325.57	551.40
A14	2,294,343.88	2,297,965.18	2,310,798.67	2,298,124.13	2,294,991.58	3,621.30	16,454.79	3,780.24	647.70

ตารางที่ 10 (ต่อ)

รายการ	ค่าใช้จ่ายรวมตลอดปีของพัสดุคงคลัง (K)					ผลต่างค่าใช้จ่ายเทียบกับปริมาณการสั่ง Q = EOQ			
	Q =EOQ	Q=2EOQ	Q=4EOQ	Q=0.5EOQ	Q=0.75EOQ	Q=2EOQ	Q=4EOQ	Q=0.5EOQ	Q=0.75EOQ
A15	2,322,390.22	2,328,844.26	2,346,166.54	2,323,577.38	2,322,002.87	6,454.04	23,776.32	1,187.16	-387.35
A16	2,035,748.25	2,039,238.18	2,051,443.23	2,039,228.46	2,036,327.20	3,489.93	15,694.98	3,480.21	578.95
A17	1,647,650.71	1,650,812.45	1,661,821.35	1,650,755.24	1,648,161.77	3,161.75	14,170.64	3,104.53	511.07
A18	1,771,067.39	1,774,288.09	1,785,619.72	1,774,347.27	1,771,620.61	3,220.70	14,552.33	3,279.88	553.22
A19	1,497,695.16	1,502,774.53	1,516,522.14	1,498,744.34	1,497,422.22	5,079.37	18,826.98	1,049.18	-272.94
A20	128,332.36	129,172.80	132,155.42	129,213.87	128,483.84	840.44	3,823.06	881.51	151.48
A21	1,649,659.86	1,652,758.48	1,663,680.50	1,652,835.32	1,650,197.64	3,098.62	14,020.64	3,175.46	537.78
A22	741,577.93	743,635.70	750,913.27	743,711.06	741,941.83	2,057.77	9,335.34	2,133.13	363.89
A23	224,854.51	228,500.75	236,721.64	223,959.80	224,200.84	3,646.24	11,867.13	-894.71	-653.67
A24	1,540,626.83	1,543,661.66	1,554,272.93	1,543,651.00	1,541,129.67	3,034.84	13,646.10	3,024.17	502.84
A25	1,362,272.81	1,365,173.30	1,375,221.97	1,365,070.26	1,362,727.60	2,900.49	12,949.16	2,797.46	454.79
A26	1,298,890.27	1,301,632.40	1,311,309.66	1,301,712.24	1,299,369.47	2,742.12	12,419.39	2,821.96	479.20
Total	80,377,997.19	80,497,136.63	80,878,653.27	80,461,665.25	80,388,000.61	119,139.43	500,656.07	83,668.06	10,003.41

ตารางที่ 10 แสดงให้เห็นค่าใช้จ่ายรวมตลอดปีของพัสดุคงคลัง ที่มีจำนวนการสั่งซื้อที่แตกต่างกัน โดยที่จำนวนการสั่งซื้อที่  $Q = EOQ$  ซึ่งเกิดจากการคำนวณตามนโยบายพัสดุคงคลังที่นำเสนอในส่วนก่อนหน้านั้น เป็นจุดที่มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด คือ 80,377,997.19 บาท และการสั่งซื้อพัสดุคงคลังด้วยจำนวนนี้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นเงินจำนวน 119,139.43 บาท เมื่อเทียบกับการสั่งซื้อครั้งละ  $Q = 2EOQ$  สามารถประหยัดเงินเป็นจำนวน 500,656.07 บาท เมื่อเทียบกับการสั่งซื้อที่ครั้งละ  $Q = 4EOQ$  ประหยัดเงินเป็นจำนวน 83,668.06 บาท เมื่อเทียบการสั่งซื้อด้วยจำนวนครั้งละ  $Q = 0.5EOQ$  และสามารถประหยัดเงินได้ 10,003.41 บาท เมื่อเทียบกับการสั่งซื้อด้วยจำนวนครั้งละ  $Q = 0.75EOQ$

### วิจารณ์

จากการนำเสนอเทคนิคในการพยากรณ์ความต้องการพัสดุคงคลังกลุ่ม A จำนวน 25 รายการ โดยใช้เทคนิคแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมกับเทคนิควิเคราะห์อนุกรมเวลาจำนวน 3 วิธี คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว และวิธีปรับเรียบแบบโซลท์ลิเนียร์เอ็กซ์โปเนนเชียลนั้น ไม่มีเทคนิคการพยากรณ์ใดที่สามารถทำการพยากรณ์พัสดุคงคลังกลุ่ม A 25 รายการ แล้วให้ผลดีที่สุดได้ทั้ง 25 รายการ ทั้งนี้เนื่องจากพัสดุคงคลังแต่ละรายการมีรูปแบบการใช้งานเป็นแบบเฉพาะ แม้ว่าวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียวให้ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อทำการพยากรณ์พัสดुरายการ A2 และ A14 และวิธีปรับเรียบแบบโซลท์ลิเนียร์เอ็กซ์โปเนนเชียลให้ผลคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อทำการพยากรณ์ A12 และ A18 สำหรับพัสดुरายการ A2 A12 A14 และ A18 ซึ่งผลที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมไม่ได้ให้ผลดีที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการกำหนดจำนวนชั้นซ่อนหรือจำนวนนิวรอนไม่เหมาะสมกับรายการทั้ง 4 รายการนี้

เมื่อพิจารณาในภาพรวมเพื่อที่จะเลือกเทคนิคที่เหมาะสมในการพยากรณ์ความต้องการพัสดุคงคลังนั้น แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพัสดุคงคลัง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงสุด กล่าวคือค่า RMSE ซึ่งนำไปใช้ในการประเมินวิธีการพยากรณ์ต่างๆ นั้น แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมให้ค่าต่ำที่สุดถึง 21 รายการ จากพัสดุคงคลังที่นำมาพยากรณ์ทั้งหมด 25 รายการ

หลังจากที่ได้นำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมาพยากรณ์ความต้องการพัสดุกองคลังล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน แล้วนำค่าที่ได้มาวางแผนการจัดการตามนโยบาย จุดสั่งซื้อ – ระดับสั่งซื้อ ทำให้ได้ทราบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ปริมาณสต็อกเพื่อความปลอดภัย และพารามิเตอร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จากการเปรียบเทียบในตารางที่ 8 ถ้าสามารถดำเนินการสั่งซื้อด้วยจำนวนที่ประหยัดแล้ว จะช่วยลดค่าใช้จ่ายได้อย่างน้อยที่สุดจำนวน 10,003.41 บาท

แต่จากการนำเสนอตัวอย่างในการสั่งซื้อพัสดุที่ปริมาณต่างๆ เปรียบเทียบกันแล้วค่าใช้จ่ายรวมตลอดปีที่เกิดขึ้น จากการใช้นโยบาย จุดสั่งซื้อ – ระดับสั่งซื้อ มีค่าน้อยที่สุด แสดงว่านโยบายที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การพยากรณ์ เป็นกระบวนการทางสถิติที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผน ประกอบการตัดสินใจ การคาดการณ์ในอนาคตทำให้สามารถกำหนดแนวทางในการปรับปรุง นโยบายเดิม การวางแผนใหม่หรือการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ถ้าสามารถเลือกวิธีการพยากรณ์ให้เหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่จะช่วยให้การพยากรณ์นั้นมีประสิทธิภาพ

เทคนิคการพยากรณ์แบบวิเคราะห์หอนุกรมเวลา เป็นวิธีการหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพัสดุ เพื่อนำไปวางแผนบริหารจัดการพัสดุภายในองค์กร แต่วิธีการพยากรณ์แบบหอนุกรมเวลายังมีข้อจำกัดในการพยากรณ์ กล่าวคือการพยากรณ์แบบหอนุกรมเวลาไม่สามารถนำค่าของหน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะ และค่าของหน่วยสูญเสียมาช่วยในการพิจารณาร่วมกับข้อมูลการใช้งานพัสดुकงคลัง ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์แบบหอนุกรมเวลายังไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งต่างจากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสามารถนำตัวแปรภายนอกมาพิจารณาร่วมด้วย กล่าวคือแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมอาจทำให้การพยากรณ์มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นกว่าเดิม

ในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีพัสดुकงคลังที่มีความหลากหลาย ซึ่งพัสดुकงคลังเหล่านั้นนำมาประกอบรวมกันเป็นระบบเพื่อใช้ในการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟ อีกทั้งนำมาเพื่อใช้แก้ไขปัญหา ปรับปรุง ระบบให้ผู้ใช้ไฟมีไฟฟ้าใช้ การมีพัสดुकงคลังในระดับที่เหมาะสมทำให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีความพร้อมเพื่อสนองตอบต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าที่มีเพิ่มขึ้นทุกขณะได้อย่างทันทั่วถึง

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการในการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอธัญบุรี เพื่อนำผลที่ได้ไปวางแผนในการจัดการพัสดुकงคลังในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอธัญบุรีมีความเหมาะสม โดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมกับเทคนิคการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาอีก 3 วิธี คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว และวิธีปรับเรียบแบบไฮลท์ลิเนียร์เอ็กซ์โปเนนเชียล พยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลังที่มีมูลค่าการใช้งานสูงจำนวน 25 รายการ จากผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมี

ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลังที่ดีที่สุด โดยวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว วิธีปรับเรียบแบบโฮลท์ลิเนียร์เอ็กซ์โปเนนเชียล และวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์รองลงมาตามลำดับ ผู้วิจัยจึงได้นำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมไปพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลังล่วงหน้าจำนวน 12 เดือนเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการจัดการพัสดुकงคลัง

ซึ่งการนำเทคนิคการควบคุมพัสดुकงคลังมาใช้ในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้นโยบายจุดสั่งซื้อ – ระดับสั่งซื้อ ทำให้ทราบค่า ระดับปริมาณพัสดુเพื่อความปลอดภัย ซึ่งมีไว้เพื่อป้องกันขาดแคลนพัสดુ และสามารถช่วยลดต้นทุนที่เกิดขึ้นในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้อีกทางหนึ่งด้วย นับว่าเป็นประโยชน์ที่เกิดกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเองโดยตรง

#### ข้อเสนอแนะ

ในการนำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมาพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลังนั้น ข้อได้เปรียบของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเมื่อเทียบกับการพยากรณ์โดยเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลานั้นคือ การที่สามารถนำปัจจัยภายนอกมาเป็นตัวแปรอินพุตให้กับโครงข่าย ยังสามารถนำปัจจัยภายนอกที่มีความเกี่ยวข้องกับความต้องการใช้พัสดुकงคลังมาเพิ่มเติมให้โครงข่าย จะทำให้การพยากรณ์มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

สำหรับการนำเทคนิคการควบคุมพัสดुไปใช้งานนั้นต้องมั่นตรวจสอบพารามิเตอร์ต่างๆ อยู่เสมอ เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้พัสดुकงคลังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเช่นกัน ดังนั้นแบบจำลองที่ได้นำเสนอไปในงานวิจัยควรมีกระบวนการปรับปรุงด้วยข้อมูลที่มีมาใหม่ตลอดเวลา เพื่อให้แบบจำลองมีความทันสมัย และให้ผลการพยากรณ์ใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุด

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จินดารัตน์ จันทอุปพี. 2547. การทำนายข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบซิมพลิไฟด์พีชชี้อาทแมพและโครงข่ายประสาทเทียมแบบแบคพรอพพาเกชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชวกรรย์ สวงวนคำ. 2552. การประเมินมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมโดยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอย และโครงข่ายประสาทเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยยงค์ สุขศรีสมบูรณ์. 2550. การพัฒนาระบบการจัดการพลังงานคลังสำหรับคลังยกกองทัพอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2552. การวางแผนและควบคุมการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 19 สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

ชำนานู ห่อเกียรติ. 2545. เอกสารอบรมผู้บริหารการไฟฟ้านครหลวง. โครงการพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2549. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธฤติ บุญยาชน. 2549. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นมากโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมลพร พงษ์ทองคำ. 2550. การพยากรณ์ปริมาณผลผลิตข้าวนาปีด้วยแบบจำลองเชิงปริมาณ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- มนตรี พิริยะกุล. 2546. **เทคนิคการพยากรณ์ขั้นสูง**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ ๑.
- ยศนันท์ ศุกพิบูลย์กุล และ ธนัญญา วสุศรี. 2552. การพยากรณ์และการวางแผนการผลิตรวมกรณีศึกษา : บริษัทผู้ผลิตน้ำมันถั่วเหลือง, น. 232-243. ใน **การประชุมสัมมนาวิชาการด้านการจัดการ โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 9**. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- รังสรรค์ เนียมสนิท. 2533. **อนุกรมเวลาและเลขดัชนี**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ศิริพร ตั้งวิบูลย์พานิชย์. 2548. **การปรับปรุงการควบคุมพัสดुकงคลัง: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตคอยล์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศุภศิษฐ์ ศรีสวัสดิ์นุภาพ. 2551. **การจัดเรียงสายป้อนในระบบจำหน่ายเพื่อลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียโดยอาศัยขั้นตอนวิธีพันธุกรรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัจฉรา จันทร์ฉาย. 2544. **การพยากรณ์เพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจ**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อนุชาติ อาจคำไพ. 2551. **การศึกษาเปรียบเทียบวิธีโครงข่ายประสาทเทียมและวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Hsu, C.C. and C.Y. Chen. 2003. Regional Load Forecasting in Taiwan-Applications of Artificial Neural Networks, pp. 1941-1949. *In Proceeding of 44<sup>th</sup> Energy Conversion and Management*. Elsevier Science.
- Makridakis, S., S.C. Wheelwright and R.J. Hyndman. 1998. **Forecasting : Methods and Applications**. 3 ed. Wiley, Inc., New York.
- Sivanandam, S.N., S. Sumathi and S.N. Deepa. 2006. **Introduction to Neural Networks using MATLAB 6.0**. McGraw-Hill, Inc., New Delhi.





ภาคผนวก ก  
ข้อมูลหน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะและหน่วยสูญเสีย

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลหน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะและหน่วยสูญเสีย

เดือน	ปี 2551		ปี 2552		ปี 2553	
	หน่วยจำหน่ายและไฟสาธารณะ (KWh)	หน่วยสูญเสีย (KWh)	หน่วยจำหน่ายและไฟสาธารณะ (KWh)	หน่วยสูญเสีย (KWh)	หน่วยจำหน่ายและไฟสาธารณะ (KWh)	หน่วยสูญเสีย (KWh)
ม.ค.	59,594,957.30	1,249,164.44	54,244,457.80	10,177,755.60	59,092,596.48	1,219,510.34
ก.พ.	59,708,661.86	1,458,556.81	56,565,766.77	8,187,949.63	61,909,361.79	1,327,431.41
มี.ค.	64,599,676.05	1,497,195.79	66,745,883.43	17,633.04	70,481,189.84	1,490,747.39
เม.ย.	64,524,635.53	1,410,251.82	63,560,091.19	188,306.91	68,658,211.92	1,280,703.09
พ.ค.	65,497,211.20	1,377,553.87	65,081,594.50	383,487.02	72,445,596.14	1,394,431.70
มิ.ย.	62,255,397.78	1,014,281.69	62,411,236.09	822,090.65	70,034,160.82	1,550,371.39
ก.ค.	64,506,756.14	1,643,056.89	62,966,436.32	422,391.04	70,081,747.17	1,529,683.33
ส.ค.	65,545,560.72	1,336,083.32	65,626,162.07	410,355.59	65,963,235.50	1,333,092.87
ก.ย.	63,241,726.37	1,429,362.75	63,606,480.92	444,646.78	66,556,503.33	1,413,728.92
ต.ค.	66,956,029.27	1,081,801.51	63,640,983.44	427,679.39		
พ.ย.	65,081,263.00	1,051,511.11	60,802,090.99	474,459.40		
ธ.ค.	63,784,511.51	1,030,559.63	59,735,686.36	387,064.63		



ตารางผนวกที่ ข1 พัสดุรายการ A1

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	13.894				0	2.071	0.7203	7.1103	-10.6698	0	15	1.3453	4.1036	-1.8252	0
ก.พ.	9.515		13.8940	9.5150	0	0.959	1.1995	6.6064	-10.3550	0	3	3.7755	5.1933	1.4805	0
มี.ค.	9.515		13.4561	5.1360	0	19.85	1.4305	6.0417	-10.0993	0	18.36	4.5070	4.9739	1.7554	0
เม.ย.	9.515		13.0620	1.7204	0	0.036	6.3905	7.4225	-5.5176	0	2.04	9.0970	6.3125	5.3795	0
พ.ค.	5.136	10.6098	12.7073	-0.8562	0	6	5.7290	6.6838	-5.7039	0	0.576	9.6000	5.8853	4.9479	0
มิ.ย.	3.552	8.4203	11.9502	-3.6735	0	6.594	6.7113	6.6155	-4.4261	0	0.87	5.9940	5.3544	4.2224	4.2879
ก.ค.	0.039	6.9295	11.1103	-6.0995	0	0.242	8.1200	6.6133	-3.0646	0	0	5.4615	4.9059	3.6338	2.4147
ส.ค.	14.028	4.5605	10.0032	-8.6202	0	2.7605	3.2180	5.9762	-3.1798	0	1.255	0.8715	4.4153	2.9162	1.0806
ก.ย.	0.154	5.6888	10.4057	-7.3860	0	5.279	3.8991	5.6546	-2.6493	0	10.43	0.6753	4.0993	2.5599	1.8084
ต.ค.	0.035	4.4433	9.3805	-9.0227	0	0.074	3.7189	5.6171	-1.5627	0					
พ.ย.	0.01	3.5640	8.4460	-10.1746	0	0	2.0889	5.0627	-1.7017	0					
ธ.ค.	2.682	3.5568	7.6024	-10.8975	0	0.028	2.0284	4.5565	-1.7937	0					

ตารางผนวกที่ ข2 พัสดุรายการ A2

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	0				0	4	4.0000	2.9209	32.2334	4.0000	1	5.7500	4.4306	10.9447	0
ก.พ.	10		0	10.0000	10.0000	3	4.2500	3.0288	30.2075	3.0000	1	3.2500	4.0875	8.9366	1.0000
มี.ค.	2		1.0000	20.0000	0	14	4.5000	3.0259	27.8427	14.0000	13	2.2500	3.7788	7.1714	13.0000
เม.ย.	3		1.1000	26.0400	3.0000	3	6.0000	4.1233	27.8739	0	8	5.5000	4.7009	8.2758	8.0000
พ.ค.	14	3.7500	1.2900	30.6112	0	1	6.0000	4.0110	25.2014	0	4	5.7500	5.0308	8.1538	0
มิ.ย.	0	7.2500	2.5610	36.1359	0	2	5.2500	3.7099	22.1794	2.0000	3	6.5000	4.9277	7.1731	1.5527
ก.ค.	5	4.7500	2.3049	37.0330	5.0000	2	5.0000	3.5389	19.5582	2.0000	1	7.0000	4.7350	6.1051	0
ส.ค.	0	5.5000	2.5744	38.1100	0	8	2.0000	3.3850	17.1101	8.0000	10	4.0000	4.3615	4.7486	9.0312
ก.ย.	3	4.7500	2.3170	37.2094	3.0000	11	3.2500	3.8465	16.1694	11.0000	11	4.5000	4.9253	5.5684	0.5889
ต.ค.	2	2.0000	2.3853	36.4047	2.0000	5	5.7500	4.5619	15.9135	0					
พ.ย.	8	2.5000	2.3467	34.8729	8.0000	0	6.5000	4.6057	14.2904	0					
ธ.ค.	3	3.2500	2.9121	34.3100	3.0000	7	6.0000	4.1451	11.7062	7.0000					

ตารางผนวกที่ ข3 พัสดุรายการ A4

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	1				1.0445	3	2.7500	1.7920	3.9227	3.0359	2	3.2500	2.02479	2.8542	2.0116
ก.พ.	1.5		1.0000	1.5	1.5419	2	2.7500	1.9128	4.0229	1.8683	2	3.0000	2.02231	2.7517	2.0210
มี.ค.	2		1.0500	2.0000	1.9805	1	3.0000	1.9215	3.8626	0.9923	4	2.7500	2.02008	2.6546	3.2342
เม.ย.	0		1.1450	2.5000	0.0597	0	1.7500	1.8294	3.4771	0.0215	3	3.0000	2.21807	3.0039	2.9826
พ.ค.	1	1.1250	1.0305	2.4500	1.0217	0	1.5000	1.6464	2.8992	0.1142	0	2.7500	2.29627	3.0832	0
มิ.ย.	0	1.1250	1.0275	2.5810	0.0453	1	0.7500	1.4818	2.3789	0.9746	2	2.2500	2.06664	2.4850	0.6776
ก.ค.	5	0.7500	0.9247	2.4342	5.0568	0	0.5000	1.4336	2.1350	0.0649	0	2.2500	2.05998	2.3968	0
ส.ค.	1	1.5000	1.3322	3.3680	1.0236	2	0.2500	1.2902	1.6973	2.1130	1	1.2500	1.85398	1.8782	2.2948
ก.ย.	3	1.7500	1.2990	3.2678	3.0056	3	0.7500	1.3612	1.7531	3.0149	1	0.7500	1.76858	1.6458	0
ต.ค.	1	2.2500	1.4691	3.5822	0.2579	3	1.5000	1.5251	2.0227	2.9897					
พ.ย.	6	2.5000	1.4222	3.3821	5.9683	3	2.0000	1.6726	2.2579	3.0062					
ธ.ค.	1	2.7500	1.8800	4.2744	1.0586	4	2.7500	1.8053	2.4610	3.9851					

ตารางผนวกที่ ข4 พัสดุรายการ A5

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	9.393				9.0373	6.78	10.3405	8.8283	1.5742	6.7918	1.07	8.2445	7.6768	5.9955	3.7555
ก.พ.	6.875		9.3930	6.8750	3.9387	2.98	9.3258	8.6235	1.6743	3.0955	7.908	6.9850	7.0161	4.8991	7.0877
มี.ค.	5.73		9.1412	4.3570	6.4898	8.991	5.2898	8.0591	1.0204	8.8368	16.35	5.1245	7.1053	5.4496	16.1416
เม.ย.	8.419		8.8001	2.1411	8.5251	1.799	6.0743	8.1523	1.8589	2.8367	1.544	8.6895	8.0298	7.7965	1.6274
พ.ค.	13.253	7.6043	8.7620	1.0317	13.6026	0.42	5.1375	7.5170	1.0901	1.1911	2.057	6.7180	7.3812	6.5878	0.4200
มิ.ย.	10.844	8.5693	9.2111	1.3554	11.1982	8.866	3.5475	6.8073	0.1859	9.0985	14.063	6.9648	6.8488	5.6327	15.1346
ก.ค.	5.519	9.5615	9.3744	1.3223	5.5118	7.14	5.0190	7.0132	1.3253	6.9523	3.906	8.5035	7.5702	7.4385	10.8873
ส.ค.	1.523	9.5088	8.9888	0.3148	1.6959	10.797	4.5563	7.0258	2.0079	10.4329	9.697	5.3925	7.2038	6.7811	3.2875
ก.ย.	10.839	7.7848	8.2422	-1.2662	10.6704	6.108	6.8058	7.4030	3.4612	5.8597	6.48	7.4308	7.4531	7.4717	6.7919
ต.ค.	19.124	7.1813	8.5019	-0.4258	18.6683	15.35	8.2278	7.2735	3.7390	14.2845					
พ.ย.	5.853	9.2513	9.5641	2.2946	5.8944	2.09	9.8488	8.0811	6.0418	1.7173					
ธ.ค.	5.546	9.3348	9.1930	1.8879	5.3556	9.43	8.5863	7.4820	5.1530	9.7338					

ตารางผนวกที่ ข5 พัสดุรายการ A6

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	11.296					11.3478	0.546	11.6405	10.9379	18.6417	0.7704	6.712	17.3995	11.8971	15.5764	6.7399
ก.พ.	14.17			11.2960	14.1700	14.0521	6.04	10.7303	9.8987	15.7925	5.9399	21.004	14.0523	11.3786	14.0391	20.8044
มี.ค.	9.365			11.5834	17.0440	8.3775	15.346	7.0325	9.5128	14.4169	18.6809	9.068	14.3408	12.3412	15.8071	9.0796
เม.ย.	7.574			11.3616	18.2286	6.5965	4.661	7.2740	10.0962	15.1963	3.0099	15.867	15.2405	12.0138	14.6994	15.3665
พ.ค.	5.077	10.6013	10.9828	18.6050	5.1876	4.117	6.6483	9.5526	13.4720	5.0159	3.19	13.1628	12.3992	15.1964	2.0347	
มิ.ย.	19.88	9.0465	10.3922	18.1362	19.7262	5.706	7.5410	9.0091	11.7967	6.0335	5.439	12.2823	11.4782	12.8185	0.0770	
ก.ค.	11.704	10.4740	11.3410	20.7566	11.8367	21.958	7.4575	8.6788	10.6524	22.3551	2.758	8.3910	10.8743	11.2184	15.7622	
ส.ค.	3.301	11.0588	11.3773	21.0367	4.5403	0.077	9.1105	10.0067	13.2135	2.3100	20.574	6.8135	10.0627	9.2329	21.0032	
ก.ย.	4.187	9.9905	10.5697	19.2254	4.4606	20.101	7.9645	9.0137	10.6235	20.6873	26.61	7.9903	11.1138	11.4345	25.9435	
ต.ค.	20.831	9.7680	9.9314	17.6528	17.3266	19.85	11.9605	10.1225	12.7458	19.7482						
พ.ย.	14.38	10.0058	11.0214	19.7871	14.6819	5.469	15.4965	11.0952	14.5356	5.7259						
ธ.ค.	7.164	10.6748	11.3572	20.0962	6.7434	24.178	11.3743	10.5326	12.9098	23.8805						

ตารางผนวกที่ ข6 พัสดุรายการ A7

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	176					162.2927	34	148.0000	151.8842	-186.1588	36.7244	34	150.7500	118.6609	40.8204	35.3366
ก.พ.	55			176.0000	55.0000	55.5663	3	136.7500	140.0958	-185.6187	2.0000	176	96.7500	110.1948	37.4722	182.3857
มี.ค.	100			163.9000	-66.0000	95.3971	267	106.7500	126.3862	-187.6143	234.4337	83	106.5000	116.7753	65.9642	86.3497
เม.ย.	19			157.5100	-150.4800	29.9237	11	119.7500	140.4476	-127.3184	8.0482	74	83.7500	113.3978	70.4985	75.6701
พ.ค.	83	87.5		143.6590	-230.8744	64.1593	118	78.7500	127.5028	-127.5154	112.1499	63	91.7500	109.4580	72.3960	2.0000
มิ.ย.	132	64.25		137.5931	-276.1124	141.9200	60	99.7500	126.5526	-101.3626	60.8047	162	99.0000	104.8122	71.5260	77.3732
ก.ค.	203	83.5		137.0338	-294.3406	202.0487	2	114.0000	119.8973	-88.8132	17.6143	16	95.5000	110.5310	92.4396	21.7935
ส.ค.	221	109.25		143.6304	-284.7763	215.5281	86	47.7500	108.1076	-88.5574	138.5045	42	78.7500	101.0779	78.4416	6.3082
ก.ย.	79	159.75		151.3674	-263.4094	79.4445	250	66.5000	105.8968	-68.0616	248.9653	281	70.7500	95.1701	71.7144	275.3479
ต.ค.	123	158.75		144.1306	-267.8677	126.3086	137	99.5000	120.3071	-12.5037	134.4902					
พ.ย.	215	156.5		142.0176	-254.8169	199.8583	174	118.7500	121.9764	12.3327	174.5305					
ธ.ค.	175	159.5		149.3158	-216.5800	172.5671	42	161.7500	127.1788	42.8351	38.7760					

ตารางผนวกที่ ข7 พัสดุรายการ A8

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	262					261.3681	48	225.5000	234.3021	-424.6141	47.1608	51	212.5000	196.4547	44.2256	46.8721
ก.พ.	25			262.0000	25.0000	25.0000	342	193.2500	215.6719	-415.3557	343.0432	275	198.7500	181.9092	41.0802	275.8193
มี.ค.	227			238.3000	-212.0000	230.5632	465	233.5000	228.3047	-334.0019	464.2205	180	180.2500	191.2183	88.0423	184.1645
เม.ย.	104			237.1700	-352.4200	94.3552	157	245.5000	251.9742	-228.3388	156.5864	140	144.5000	190.0964	108.4512	135.3540
พ.ค.	34	154.5000	223.8530	-480.2276	35.0246	105	253.0000	242.4768	-197.7015	106.5293	202	161.5000	185.0868	117.4092	318.9454	
มิ.ย.	434	97.5000	204.8677	-586.1891	422.9144	69	267.2500	228.7291	-177.5377	68.4666	276	199.2500	186.7781	138.6675	281.7054	
ก.ค.	286	199.7500	227.7809	-570.5546	294.1887	25	199.0000	212.7562	-163.6758	32.9539	25	199.5000	195.7003	173.2208	98.9623	
ส.ค.	283	214.5000	233.6028	-570.5158	280.0266	147	89.0000	193.9806	-157.6129	160.8149	48	160.7500	178.6303	147.6990	106.9384	
ก.ย.	177	259.2500	238.5426	-554.0145	170.3415	106	86.5000	189.2825	-122.2702	108.3130	292	137.7500	165.5673	129.8875	196.5972	
ต.ค.	181	295.0000	232.3883	-547.3932	180.7171	349	86.7500	180.9543	-97.6307	345.0944						
พ.ย.	417	231.7500	227.2495	-526.7283	406.8410	323	156.7500	197.7588	-20.3865	331.5312						
ธ.ค.	127	264.5000	246.2245	-444.1217	134.9385	72	231.2500	210.2830	43.0766	71.9595						

ตารางผนวกที่ ข8 พัสดุรายการ A9

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	677					637.2375	230	629.2500	629.3962	-98.9784	195.7948	260	622.2500	526.5663	342.8459	206.9506
ก.พ.	414			677.0000	414.0000	373.5064	116	563.2500	589.4566	-129.8118	99.2222	705	445.2500	499.9097	319.0088	634.3334
มี.ค.	533			650.7000	151.0000	392.5319	1091	448.0000	542.1109	-172.3623	1052.4058	502	469.7500	520.4187	396.6590	439.4778
เม.ย.	213			638.9300	-27.9600	239.6751	121	521.7500	596.9998	13.8646	83.4485	455	434.0000	518.5768	420.2860	475.4832
พ.ค.	499	459.2500	596.3370	-230.3088	432.7046	571	389.5000	549.3998	-29.0112	516.1403	451	480.5000	512.2191	430.4818	487.9872	
มิ.ย.	601	414.7500	586.6033	-320.4017	554.2805	442	474.7500	551.5599	38.6884	429.6158	609	528.2500	506.0972	438.2489	454.8565	
ก.ค.	730	461.5000	588.0430	-353.6479	659.2413	9	556.2500	540.6039	75.1143	9.0000	147	504.2500	516.3875	479.4775	386.1669	
ส.ค.	829	510.7500	602.2387	-332.7720	826.0787	519	285.7500	487.4435	16.3328	478.9632	284	415.5000	479.4488	413.4109	488.5125	
ก.ย.	494	664.7500	624.9148	-273.0358	470.2865	968	385.2500	490.5991	81.3608	911.2488	1160	372.7500	459.9039	385.3694	1216.9313	
ต.ค.	577	663.5000	611.8233	-276.9061	595.6718	607	484.5000	538.3392	240.9161	592.0433						
พ.ย.	796	657.5000	608.3410	-246.3242	662.3954	645	525.7500	545.2053	303.6820	604.3635						
ธ.ค.	650	674.0000	627.1069	-157.2123	605.9831	269	684.7500	555.1848	368.3211	256.7851						

ตารางผนวกที่ ๖๑ พัสตุรายการ A10

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	0				0	2	3.0000	1.4118	6.7361	2.0191	1	1.5000	1.7540	2.7826	1.0517
ก.พ.	1.5		0	1.5000	1.4734	6	3.2500	1.4706	6.4496	5.9997	1	1.5000	1.6786	2.3958	1.1402
มี.ค.	3		0.1500	3.0000	3.1218	5	3.2500	1.9236	7.0115	5.0324	2	1.5000	1.6107	2.0585	2.8882
เม.ย.	0		0.4350	4.5000	0	0	3.5000	2.2312	7.2207	0	3	1.7500	1.6496	1.9874	2.2322
พ.ค.	0	1.1250	0.3915	5.0100	0.2089	2	3.2500	2.0081	6.2437	2.0122	2	1.7500	1.7847	2.1508	2.2819
มิ.ย.	2	1.1250	0.3524	5.3178	2.0671	1	3.2500	2.0073	5.7772	1.0330	2	2.0000	1.8062	2.0786	2.2109
ก.ค.	2	1.2500	0.5171	5.8977	2.1735	0	2.0000	1.9066	5.1085	0	0	2.2500	1.8256	2.0192	2.0053
ส.ค.	0	1.0000	0.6654	6.2836	0	3	0.7500	1.7159	4.2713	3.0674	5	1.7500	1.6430	1.5313	1.8387
ก.ย.	1	1.0000	0.5989	6.0667	0.7948	1	1.5000	1.8443	4.1762	1.0549	1	2.2500	1.9787	2.2103	2.2043
ต.ค.	6	1.2500	0.6390	5.9919	5.7889	1	1.2500	1.7599	3.6365	0.8555					
พ.ย.	4	2.2500	1.1751	6.9321	3.9335	1	1.2500	1.6839	3.1521	1.0554					
ธ.ค.	1	2.7500	1.4576	7.2257	0.9903	3	1.5000	1.6155	2.7215	3.0562					

ตารางผนวกที่ ข10 วัสดุรายการ A11

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	0				0	1	0.7500	0.7970	9.4315	1.0326	1	1.0000	0.7903	2.4607	0.7827
ก.พ.	3		0	3.0000	2.9756	0.5	1.0000	0.8173	8.8056	0.4415	0	1.0000	0.8113	2.1704	0.5046
มี.ค.	3		0.3000	6.0000	2.9861	0	0.8750	0.7856	8.0387	0.1314	0.5	0.7500	0.7301	1.6946	0.4160
เม.ย.	2		0.5700	8.3400	1.9859	0	0.6250	0.7070	7.1645	0.0798	1	0.6250	0.7071	1.3902	1.0603
พ.ค.	1	2.0000	0.7130	9.8852	0.9855	1	0.3750	0.6363	6.3218	0.9140	2	0.6250	0.7364	1.2388	2.2221
มิ.ย.	1	2.2500	0.7417	10.7437	1.0041	0	0.3750	0.6727	5.7412	0.1624	3	0.8750	0.8628	1.3329	1.9248
ก.ค.	2	1.7500	0.7675	11.2355	1.9506	1	0.2500	0.6054	4.9619	0.9944	1	1.6250	1.0765	1.6416	1.5798
ส.ค.	0	1.5000	0.8908	11.6444	0	1	0.5000	0.6449	4.4592	1.0270	0	1.7500	1.0688	1.4757	0.5975
ก.ย.	0	1.0000	0.8017	11.3385	0.0176	1	0.7500	0.6804	3.9879	1.1536	1	1.5000	0.9620	1.1134	1.1228
ต.ค.	1	0.7500	0.7215	10.8671	0.9649	1	0.7500	0.7123	3.5511	0.7113					
พ.ย.	1	0.7500	0.7494	10.4926	0.8394	1	1.0000	0.7411	3.1506	0.9432					
ธ.ค.	1	0.5000	0.7744	10.0031	0.8631	1	1.0000	0.7670	2.7872	0.9867					

ตารางผนวกที่ ข11 พัดดูรายการ A12

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	7.553				7.6753	5.234	6.2479	7.0833	9.6024	5.4602	5.293	10.7476	9.5356	12.1140	5.6287
ก.พ.	8.679		7.5530	8.6790	8.9275	7.184	5.4501	6.8984	8.9958	7.3727	6.278	10.9235	9.1114	10.9155	6.4129
มี.ค.	9.368		7.6656	9.8050	6.9679	12.612	5.5850	6.9270	8.8643	13.1072	6.617	10.6128	8.8280	10.0609	7.1001
เม.ย.	2.96		7.8358	10.8349	3.2530	17.352	7.5220	7.4955	9.9197	16.4176	6.956	9.3045	8.6069	9.3762	7.5562
พ.ค.	4.198	7.1400	7.3483	10.2197	4.3392	9.67	10.5955	8.4811	11.8607	9.8447	7.218	6.2860	8.4418	8.8478	9.1354
มิ.ย.	13.203	6.3013	7.0332	9.8547	13.5775	4.57	11.7045	8.6000	11.8332	4.6608	12.953	6.7673	8.3194	8.4449	7.3267
ก.ค.	9.819	7.4323	7.6502	11.4306	10.1759	9.519	11.0510	8.1970	10.6460	10.5828	7.142	8.4360	8.7828	9.3598	10.0506
ส.ค.	5.212	7.5450	7.8671	11.9824	4.6815	10.7305	10.2778	8.3292	10.6634	10.6294	13.163	8.5673	8.6187	8.8851	6.3280
ก.ย.	8.425	8.1080	7.6016	11.3669	8.3603	4.5895	8.6224	8.5693	10.9211	4.5214	12.081	10.1190	9.0731	9.7951	8.9814
ต.ค.	6.6445	9.1648	7.6839	11.4584	6.4637	7.521	7.3523	8.1714	9.7723	7.0307					
พ.ย.	4.864	7.5251	7.5800	11.0791	6.9176	11.85	8.0900	8.1063	9.3946	12.6086					
ธ.ค.	5.058	6.2864	7.3084	10.2953	5.3865	19.03	8.6728	8.4807	10.0074	18.2050					

ตารางผนวกที่ ข12 พัสดุรายการ A13

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	580					560.9924	0	530.2500	503.4072	-976.4189	0	0	426.2500	377.4083	37.4452	35.1110
ก.พ.	22			560.0000	22.0000	30.0242	0	422.7500	453.0665	-973.2802	0	583	267.7500	339.6674	19.9359	579.5953
มี.ค.	474			506.2000	-516.0000	491.7687	663	295.5000	407.7598	-951.3036	654.0144	451	284.5000	364.0007	133.7897	446.9492
เม.ย.	0			502.9800	-836.2000	137.6439	0	306.2500	433.2838	-768.8362	0	416	258.5000	372.7006	204.8170	426.9292
พ.ค.	446	264.0000	452.6820	-1170.4360	459.9901	488	165.7500	389.9554	-740.0856	511.0363	363	362.5000	377.0306	258.8625	150.9492	
มิ.ย.	511	235.5000	452.0138	-1316.2961	479.6110	325	287.7500	399.7599	-594.9234	316.1525	529	453.2500	375.6275	293.5817	246.1512	
ก.ค.	586	357.7500	457.9124	-1383.4382	591.7840	0	369.0000	392.2839	-492.9951	41.1731	0	439.7500	390.9648	359.2653	146.3420	
ส.ค.	623	385.7500	470.7212	-1382.7632	627.1224	472	203.2500	353.0555	-466.5926	478.3297	0	327.0000	351.8683	298.8270	124.2637	
ก.ย.	430	541.5000	485.9491	-1334.7079	435.1844	634	321.2500	364.9500	-332.2988	630.8794	682	223.0000	316.6815	244.4998	642.3003	
ต.ค.	509	537.5000	480.3542	-1299.5695	501.7377	516	357.7500	391.8550	-173.1378	522.2044						
พ.ย.	620	537.0000	483.2187	-1219.4874	613.8817	555	405.5000	404.2695	-55.6262	556.5539						
ธ.ค.	562	545.5000	496.8969	-1096.4319	573.7112	0	544.2500	419.3425	58.3956	16.4410						

ตารางผนวกที่ ข13 พัดดูรายการ A14

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	5.705				5.9626	0.077	5.2611	6.3582	22.0948	0.0770	7.042	6.7338	5.3094	8.1054	6.9710
ก.พ.	11.41		5.7050	11.4100	10.7205	1.381	3.8174	5.7300	19.4887	1.3426	4.215	6.5143	5.4827	7.9236	5.2226
มี.ค.	8.207		6.2755	17.1150	7.9581	1.63366	2.0450	5.2951	17.3025	1.8157	12.648	4.1150	5.3559	7.1387	12.2563
เม.ย.	7.11032		6.4687	20.8602	7.0757	1.88632	1.5554	4.9290	15.2906	1.9071	5.388	6.9390	6.0851	8.3075	5.3873
พ.ค.	0.104	8.1081	6.5328	23.3621	0.3317	1.577	1.2445	4.6247	13.4636	1.4136	2.755	7.3233	6.0154	7.7321	8.4768
มิ.ย.	13.424	6.7078	5.8899	23.4972	13.1467	7.353	1.6195	4.3200	11.7024	5.5534	3.888	6.2515	5.6894	6.6457	2.7425
ก.ค.	5.17868	7.2113	6.6433	26.0677	5.0940	4.443	3.1125	4.6233	11.3616	4.1896	3.483	6.1698	5.5092	5.9480	7.7407
ส.ค.	11.779	6.4543	6.4969	26.0574	11.6531	5.901	3.8148	4.6052	10.3687	5.8835	5.904	3.8785	5.3066	5.2596	5.1769
ก.ย.	5.852	7.6214	7.0251	27.0836	5.4182	7.92	4.8185	4.7348	9.7765	9.2361	3.582	4.0075	5.3663	5.2059	6.5303
ต.ค.	8.4705	9.0584	6.9078	26.2945	8.6744	13.812	6.4043	5.0533	9.6695	12.8985					
พ.ย.	3.592	7.8200	7.0641	25.8304	3.7711	1.352	8.0190	5.9292	10.8451	1.6188					
ธ.ค.	3.13	7.4234	6.7168	24.0387	3.2392	3.851	7.2463	5.4715	9.1037	3.8988					

ตารางผนวกที่ ข14 พัดดูรายการ A15

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.		0				0.0536	0	4.7500	2.2697	9.9235	0	9	2.7500	2.3940	4.2723	8.9924
ก.พ.		2		0	2.0000	1.8865	0	4.5000	2.0428	8.8470	0	2	5.0000	3.0546	5.4118	1.9552
มี.ค.		2		0.2000	4.0000	1.7625	2	3.5000	1.8385	7.8088	2.3374	3	4.5000	2.9491	4.8552	2.8779
เม.ย.		0		0.3800	5.5600	0	2	2.2500	1.8546	7.2620	2.2132	1	5.0000	2.9542	4.5728	1.7295
พ.ค.		0	1.0000	0.3420	6.2968	0.2138	1	1.0000	1.8692	6.7194	1.1792	3	3.7500	2.7588	3.8754	5.1007
มิ.ย.		3	1.0000	0.3078	6.7603	3.2899	4	1.2500	1.7823	5.9709	4.0661	4	2.2500	2.7829	3.7000	4.9667
ก.ค.		4	1.2500	0.5770	7.6559	4.2094	2	2.2500	2.0040	5.9327	2.1296	0	2.7500	2.9046	3.7657	0
ส.ค.		0	1.7500	0.9193	8.4993	0.9601	3	2.2500	2.0036	5.4235	3.0066	0	2.0000	2.6141	2.9429	0
ก.ย.		1	1.7500	0.8274	8.2040	0.9770	0	2.5000	2.1033	5.1676	0.2786	7	1.7500	2.3527	2.2258	6.0121
ต.ค.		4	2.0000	0.8446	8.0236	4.2195	4	2.2500	1.8929	4.2596	4.0208					
พ.ย.		7	2.2500	1.1602	8.3989	7.0329	1	2.2500	2.1036	4.3280	1.1327					
ธ.ค.		7	3.0000	1.7442	9.2712	6.9661	6	2.0000	1.9933	3.7161	5.8573					

ตารางผนวกที่ ข15 ฝ้าดูรายการ A16

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	873					864.0235	238	803.7500	806.9386	-281.4816	86.0000	246	755.0000	656.9022	382.7398	187.1196
ก.พ.	480			873.0000	480.0000	472.9421	137	704.0000	750.0448	-321.7559	86.0000	879	529.2500	615.8119	344.0370	842.6873
มี.ค.	708			833.7000	87.0000	694.1641	1192	556.2500	688.7403	-365.0003	1225.2402	655	556.5000	642.1307	450.3740	657.3456
เม.ย.	228			821.1300	-169.3800	326.3669	148	604.2500	739.0663	-157.4558	145.2017	633	514.7500	643.4177	494.7361	653.0916
พ.ค.	642	572.25	761.8170	-462.5364	646.5803	725	428.7500	679.9596	-194.1111	716.6025	588	603.2500	642.3759	528.5911	370.1535	
มิ.ย.	750	514.5	749.8353	-592.1708	731.7156	579	550.5000	684.4637	-89.6531	541.0630	786	688.7500	636.9383	547.8632	528.2486	
ก.ค.	956	582	749.8518	-647.4349	932.1681	86	661.0000	673.9173	-21.9137	97.3310	189	665.5000	651.8445	607.6437	427.7025	
ส.ค.	1091	644	770.4666	-618.3775	1050.1737	696	384.5000	615.1256	-64.1638	700.6634	288	549.0000	605.5600	527.6952	486.8606	
ก.ย.	637	859.75	802.5199	-533.9440	604.1937	1149	521.5000	623.2130	39.2393	1130.1475	1267	462.7500	573.8040	478.7425	1270.4643	
ต.ค.	728	858.5	785.9679	-533.7783	708.1120	770	627.5000	675.7917	234.7570	769.1030						
พ.ย.	1000	853	780.1711	-490.2102	794.1420	822	675.2500	685.2125	326.0761	797.6236						
ธ.ค.	850	864	802.1540	-371.1515	856.8085	279	859.2500	698.8913	419.4498	209.5981						

ตารางผนวกที่ ข16 พัสดุรายการ A17

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	122					122.0000	15	112.5000	117.4867	-60.9690	0	36	122.5000	95.7953	51.6215	36.0000
ก.พ.	55			122.0000	55.0000	55.0000	1	101.0000	107.2380	-69.6372	0	156	72.2500	89.8158	46.8075	155.9999
มี.ค.	73			115.3000	-12.0000	73.0000	293	80.5000	96.6142	-77.9591	292.9999	65	87.0000	96.4342	69.1401	65.0000
เม.ย.	15			111.0700	-60.3000	15.0000	8	107.0000	116.2528	-18.7974	0	61	74.5000	93.2908	68.7234	61.0000
พ.ค.	64	66.2500	101.4630	-109.0340	64.0000	64.0000	75	79.2500	105.4275	-27.9321	75.0000	5	79.3750	90.0117	67.3255	39.8062
มิ.ย.	89	51.7500	97.7167	-134.7605	89.0001	89.0001	56	94.2500	102.3847	-19.7812	56.0001	103	71.6250	81.5105	53.8608	0
ก.ค.	179	60.2500	96.8450	-145.8665	179.0000	179.0000	0	108.0000	97.7463	-15.5449	0	14	58.3750	83.6595	63.6717	0
ส.ค.	237	86.7500	105.0605	-130.2540	237.0000	237.0000	65	34.7500	87.9716	-23.0449	65.0000	46	45.6250	76.6935	52.7271	77.8663
ก.ย.	61	142.2500	118.2545	-98.8189	61.0000	61.0000	237	49.0000	85.6745	-14.2841	236.9998	298	42.0000	73.6242	50.2368	233.3698
ต.ค.	83	141.5000	112.5290	-105.6744	0	0	97	89.5000	100.8070	32.1503	97.0001					
พ.ย.	187	140.0000	109.5761	-102.9854	187.0000	187.0000	115	99.7500	100.4263	42.5948	0					
ธ.ค.	119	142.0000	117.3185	-74.2344	119.0001	119.0001	41	128.5000	101.8837	55.9985	41.0000					

ตารางผนวกที่ ข17 พัสดุรายการ A18

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	129					129.4607	32	57.7500	81.2320	-81.7576	32.9639	33	68.7500	73.7285	40.9101	33.2300
ก.พ.	83			129.0000	83.0000	82.9864	74	49.0000	76.3088	-79.5391	73.3759	41	56.5000	69.6557	38.6705	40.8512
มี.ค.	48			124.4000	37.0000	48.5708	92	48.0000	76.0779	-66.2935	92.4486	102	47.0000	66.7901	38.5254	101.4005
เม.ย.	71			116.7600	-6.5800	73.6894	43	61.2500	77.6701	-48.9311	45.2144	99	67.0000	70.3111	51.8789	102.3823
พ.ค.	40	82.7500		112.1840	-35.2924	38.7937	50	60.2500	74.2031	-43.0026	48.3908	41	68.7500	73.1800	62.9040	49.5649
มิ.ย.	123	60.5000		104.9656	-62.9565	116.4884	80	64.7500	71.7828	-34.9998	78.3188	53	70.7500	69.9620	59.6861	46.4774
ก.ค.	36	70.5000		106.7690	-64.7686	37.2532	84	66.2500	72.6045	-20.2975	83.8780	18	73.7500	68.2658	59.3780	51.7510
ส.ค.	45	67.5000		99.6921	-81.6029	45.6245	101	64.2500	73.7441	-5.6497	89.5906	63	52.7500	63.2392	51.3040	95.0099
ก.ย.	67	61.0000		94.2229	-90.7383	66.3612	82	78.7500	76.4696	11.6015	79.1591	62	43.7500	63.2153	54.0787	98.3758
ต.ค.	78	67.7500		91.5006	-90.4919	74.6060	79	86.7500	77.0227	23.0104	76.7202					
พ.ย.	39	56.5000		90.1506	-84.7249	41.1389	22	86.5000	77.2204	32.6574	22.6407					
ธ.ค.	47	57.2500		85.0355	-85.4368	51.1153	92	71.0000	71.6984	28.7618	93.0818					

ตารางผนวกที่ ข18 พัดดูรายการ A19

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	0.007				0	2.499	2.7294	0.9669	2.0093	2.5277	4.768	3.3051	2.4225	3.6970	4.7684
ก.พ.	0		0.0070	0	0	2.711	2.8415	1.1201	2.2764	2.7011	4.4345	3.7175	2.6570	4.0610	4.4258
มี.ค.	0.024		0.0063	-0.0070	0.1517	3.4065	2.9408	1.2792	2.5411	3.4143	3.0735	3.6506	2.8348	4.2930	3.0410
เม.ย.	0.013		0.0081	-0.0072	0.3646	1.994	3.0511	1.4919	2.9093	2.5623	0.925	3.6664	2.8587	4.1819	0.9424
พ.ค.	0.013	0.0110	0.0086	-0.0091	0	2.7015	2.6526	1.5421	2.9031	2.7144	3.248	3.3003	2.6653	3.5983	2.0039
มิ.ย.	0	0.0125	0.0090	-0.0102	0.5685	2.7835	2.7033	1.6581	3.0355	3.1039	6.6505	2.9203	2.7236	3.5889	7.0819
ก.ค.	0	0.0125	0.0081	-0.0135	0.1664	3.3375	2.7214	1.7706	3.1529	2.7878	3.306	3.4743	3.1163	4.3232	5.2314
ส.ค.	0	0.0065	0.0073	-0.0159	0	2.5355	2.7041	1.9273	3.3612	2.5174	3.965	3.5324	3.1352	4.2213	3.0996
ก.ย.	2.0505	0.0033	0.0066	-0.0174	0.8648	3.1185	2.8395	1.9881	3.3510	3.3028	3.431	4.2924	3.2182	4.2665	2.7425
ต.ค.	2.314	0.5126	0.2110	0.4328	2.3112	4.702	2.9438	2.1012	3.4548	4.1512					
พ.ย.	2.965	1.0911	0.4213	0.8833	2.9662	3.0105	3.4234	2.3612	3.8794	2.9790					
ธ.ค.	3.588	1.8324	0.6756	1.4155	3.6850	2.3895	3.3416	2.4262	3.8635	2.3922					

ตารางผนวกที่ ข19 พัดดูรายการ A20

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	6					6.7708	3	3.2500	7.1816	23.8170	0	3	1.6250	3.4700	3.8091	0
ก.พ.	12			6.0000	12.0000	11.4972	3	2.2500	6.7634	21.5478	0	7	1.2500	3.4230	3.3368	7.1232
มี.ค.	0			6.6000	18.0000	0.4826	2	2.0000	6.3871	19.3614	0.9437	2	3.0000	3.7807	3.8323	0.6182
เม.ย.	8			5.9400	20.0400	8.1906	1	2.5000	5.9484	17.0651	3.1039	0	3.0000	3.6026	3.1920	0.3817
พ.ค.	0	6.5000	6.1460	23.0312	0.1403	0.5	2.2500	5.4535	14.7068	3.1220	3	3.0000	3.2424	2.2159	0	
มิ.ย.	27	5.0000	5.5314	23.3635	25.5689	0	1.6250	4.9582	12.4360	0.1427	0	3.0000	3.2181	2.0507	1.1933	
ก.ค.	20	8.7500	7.6783	29.1021	20.0316	0	0.8750	4.4624	10.2706	0	1	1.2500	2.8963	1.2776	1.4134	
ส.ค.	13.5	13.7500	8.9104	32.1110	13.6122	9	0.3750	4.0161	8.3329	8.7645	6	1.0000	2.7067	0.8535	5.1474	
ก.ย.	7	15.1250	9.3694	32.8458	6.9890	4.5	2.3750	4.5145	8.5961	2.3811	2	2.5000	3.0360	1.6172	1.6722	
ต.ค.	4	16.8750	9.1325	31.6168	3.9661	0	3.3750	4.5131	7.8247	0.7666						
พ.ย.	0	11.1250	8.6192	29.4812	0	2	3.3750	4.0617	6.1511	2.0222						
ธ.ค.	2	6.1250	7.7573	26.3831	0.9861	0	3.8750	3.8556	5.1292	0						

ตารางผนวกที่ ข20 พัสดุรายการ A21

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	88					88.0000	40	103.5000	101.5545	219.6805	40.0000	39	107.2500	93.7351	115.7047	39.0000
ก.พ.	128			88.0000	128.0000	128.0000	54	82.0000	95.3990	196.8723	38.0000	39	86.0000	88.2616	99.5771	39.0000
มี.ค.	87			92.0000	168.0000	87.0000	123	70.7500	91.2591	178.5683	123.0000	143	72.2500	83.3354	85.4635	143.0000
เม.ย.	76			91.5000	190.1800	76.0000	63	80.0000	94.4332	176.6137	63.0000	38	88.0000	89.3019	96.1233	38.0000
พ.ค.	162	94.7500		89.9500	203.4404	162.0000	83	70.0000	91.2899	160.7778	83.0000	96	64.7500	84.1717	82.4887	101.6358
มิ.ย.	131	113.2500		97.1550	230.4199	131.0000	48	80.7500	90.4609	150.5535	48.0000	137	79.0000	85.3545	83.4512	126.7773
ก.ค.	97	114.0000		100.5395	243.8151	38.0000	79	79.2500	86.2148	133.3230	79.0000	71	103.5000	90.5191	93.4922	69.5510
ส.ค.	109	116.5000		100.1856	244.7950	109.0000	96	68.2500	85.4933	124.6521	96.0000	152	85.5000	88.5672	87.8752	98.5385
ก.ย.	126	124.7500		101.0670	245.2630	126.0000	124	76.5000	86.5440	120.5424	124.0000	112	114.0000	94.9105	100.8641	148.3437
ต.ค.	99	115.7500		103.5603	246.6521	99.0000	94	86.7500	90.2896	122.9237	94.0000					
พ.ย.	86	107.7500		103.1043	239.4104	86.0000	80	98.2500	90.6606	118.2503	38.0000					
ธ.ค.	103	105.0000		101.3938	227.9488	103.0000	131	98.5000	89.5946	110.9466	131.0000					

ตารางผนวกที่ ข21 พัสดุรายการ A22

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	2					2.0055	1	1.2500	38.1811	234.8534	0	185	53.7500	44.3013	81.2538	184.9998
ก.พ.	70.5			2.0000	70.5000	70.4948	0	0.5000	34.4630	210.0837	0	255	98.5000	58.3711	104.4822	255.0000
มี.ค.	139			8.8500	139.0000	139.0005	281	0.5000	31.0167	185.8662	280.9998	85	144.7500	78.0340	140.0753	85.0000
เม.ย.	309			21.8650	207.5000	308.9999	6	70.7500	56.0150	224.5949	6.0002	2	137.7500	78.7306	133.4483	0
พ.ค.	164	130.1250	50.5785	298.3300	164.0000	0	72.0000	51.0135	196.2060	0	29	131.7500	71.0576	108.9177	0	
มิ.ย.	37	170.6250	61.9207	339.3074	36.9999	20	71.7500	45.9122	168.3707	0	53	92.7500	66.8518	93.0948	0	
ก.ค.	14	162.2500	59.4286	340.6432	0	4	76.7500	43.3209	147.1351	4.0000	3	42.2500	65.4666	84.4347	0	
ส.ค.	82	131.0000	54.8857	330.5789	0	33	7.5000	39.3889	124.0839	33.0002	145	21.7500	59.2200	65.8778	0	
ก.ย.	4	74.2500	57.5972	331.1560	3.9995	6	14.2500	38.7500	109.6213	5.9999	2	57.5000	67.7980	81.0148	21.9607	
ต.ค.	0	34.2500	52.2374	309.4745	0	70	15.7500	35.4750	90.5787	69.9992						
พ.ย.	0	25.0000	47.0137	285.1398	0	113	28.2500	38.9275	87.7331	112.9997						
ธ.ค.	1	21.5000	42.3123	259.9692	0	26	55.5000	46.3347	94.5620	26.0000						

ตารางผนวกที่ ข22 พัดดูรายการ A23

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	0.166				0.1729	0	0.0325	0.1057	0.0493	0	0.015	0.0033	0.0877	0.0361	0.0147
ก.พ.	0.166		0.1660	0.1660	0.1560	0.24	0.0275	0.0951	0.0306	0.2405	0	0.0060	0.0804	0.0239	0
มี.ค.	0.002		0.1660	0.1660	0.0121	0	0.0600	0.1096	0.0678	0	0	0.0060	0.0724	0.0108	0.0535
เม.ย.	0.2		0.1496	0.1299	0.1462	0.69	0.0600	0.0986	0.0482	0.6908	0.093	0.0060	0.0652	0.0000	0.0430
พ.ค.	0.274	0.1335	0.1546	0.1421	0.2361	0.3565	0.2325	0.1578	0.1834	0.3599	0.33	0.0270	0.0679	0.0119	0.0947
มิ.ย.	0.014	0.1605	0.1666	0.1692	0.0069	0.023	0.3216	0.1776	0.2283	0.0265	0.085	0.1058	0.0941	0.0751	0.1635
ก.ค.	0	0.1225	0.1513	0.1358	0.0238	0	0.2674	0.1622	0.1934	0	0	0.1270	0.0932	0.0769	0
ส.ค.	0.227	0.1220	0.1362	0.1036	0.1626	0.005	0.2674	0.1460	0.1570	0.0179	0.348	0.1270	0.0839	0.0598	0.0950
ก.ย.	0.02	0.1288	0.1453	0.1257	0.0202	0.004	0.0961	0.1319	0.1258	0	0.25	0.1908	0.1103	0.1215	0.2740
ต.ค.	0.11	0.0653	0.1327	0.0998	0.1013	0	0.0080	0.1191	0.0983	0					
พ.ย.	0	0.0893	0.1305	0.0974	0.1020	0	0.0023	0.1072	0.0735	0					
ธ.ค.	0	0.0893	0.1174	0.0714	0.0214	0.009	0.0023	0.0965	0.0522	0					

ตารางผนวกที่ ข23 พัสดุรายการ A24

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	0					0	299	153.7500	58.5380	126.8502	291.5915	318	281.5000	194.2540	313.0802	311.6621
ก.พ.	0			0	0	0	242	228.5000	82.5842	175.7248	252.5183	230	297.0000	206.6286	327.4528	286.0217
มี.ค.	0			0	0	10.1468	248	279.5000	98.5258	204.7499	236.6364	291	279.2500	208.9657	319.4019	274.7144
เม.ย.	0			0	0	13.1004	117	285.5000	113.4732	230.0350	180.5795	258	278.2500	217.1691	324.5931	295.4667
พ.ค.	0	0	0	0	0	25.9028	7	226.5000	113.8259	221.8024	74.7263	271	274.2500	221.2522	320.8142	230.1454
มิ.ย.	0	0	0	0	0	4.3520	269	153.5000	103.1433	188.9202	260.8457	335	262.5000	226.2270	319.3948	304.0925
ก.ค.	0	0	0	0	0	2.8337	264	160.2500	119.7290	216.6161	259.0192	359	288.7500	237.1043	331.3714	344.5301
ส.ค.	0	0	0	0	0	28.3867	275	164.2500	134.1561	238.7205	274.5490	358	305.7500	249.2939	346.3053	332.8887
ก.ย.	0	0	0	0	0	0	256	203.7500	148.2405	259.3296	249.1623	631	330.7500	260.1645	358.2862	459.9384
ต.ค.	38	0	0	0	0	54.7353	301	266.0000	159.0164	271.9503	259.3595					
พ.ย.	224	9.5000	3.8000	8.3600	153.0620	295	274.0000	173.2148	291.6278	260.4164						
ธ.ค.	353	65.5000	25.8200	56.5608	367.9600	274	281.7500	185.3933	306.2373	288.9036						

ตารางผนวกที่ ข24 พัดดูรายการ A25

ปี	2551					2552					2553					
	เดือน	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	4					10.5107	71	107.2500	66.6300	597.6455	78.1268	11	47.7500	58.1523	149.5188	16.3000
ก.พ.	180			4.0000	180.0000	181.6571	44	107.2500	67.0670	557.6721	51.7855	59	41.2500	53.4371	119.0175	66.4842
มี.ค.	0			21.6000	356.0000	1.6524	115	73.5000	64.7603	510.0200	121.8284	84	33.0000	53.9934	103.0162	97.2539
เม.ย.	30			19.4400	453.6800	34.4748	32	74.5000	69.7843	478.1978	36.6237	21	46.0000	56.9940	94.8348	26.2272
พ.ค.	60	53.5000	20.4960	529.3504	60.5135	3	65.5000	66.0059	427.2162	8.6010	121	43.7500	53.3946	74.2130	75.1468	
มิ.ย.	135	67.5000	24.4464	586.4997	136.9707	77	48.5000	59.7053	372.1465	79.9971	115	71.2500	60.1552	78.6513	131.6259	
ก.ค.	138	56.2500	35.5018	638.1892	136.0208	66	56.7500	61.4348	336.9879	66.5567	15	85.2500	65.6397	81.7289	51.4869	
ส.ค.	48	90.7500	45.7516	670.1369	47.1027	85	44.5000	61.8913	301.2412	86.3228	51	68.0000	60.5757	62.8564	52.2337	
ก.ย.	71	95.2500	45.9764	665.2524	72.0928	37	57.7500	64.2021	272.1190	46.4867	158	75.5000		54.7213	156.4812	
ต.ค.	179	98.0000	48.4788	654.0598	174.6308	92	66.2500	61.4819	234.5189	92.0860						
พ.ย.	111	109.0000	61.5309	657.2045	112.4462	32	70.0000	64.5337	212.5885	40.4474						
ธ.ค.	68	102.2500	66.4778	635.1961	70.6342	30	61.5000	61.2804	179.4323	34.8660						

ตารางผนวกที่ ข25 พัสตุรายการ A26

ปี	2551					2552					2553				
	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs	ค่าจริง	MA	SES	HES	ANNs
ม.ค.	6.354				6.0946	5.24	9.8764	7.1258	6.3902	5.1075	5.106	9.5699	6.8684	6.9533	5.1959
ก.พ.	5.735		6.3540	5.7350	5.8951	9.323	7.0324	6.9372	6.0266	9.5224	3.997	8.7519	6.6921	6.6187	3.9491
มี.ค.	4.946		6.2921	5.1160	5.7030	10.186	6.4840	7.1758	6.6182	10.2218	6.483	5.4017	6.4226	6.0769	7.6980
เม.ย.	6.1		6.1575	4.4596	3.5951	1.2522	7.4263	7.4768	7.3354	0.7120	9.204	6.2675	6.4287	6.1487	8.2475
พ.ค.	0.712	5.7838	6.1517	4.1981	2.3422	2.194	6.5003	6.8544	6.0008	2.1276	6.504	6.1975	6.7062	6.8115	4.7246
มิ.ย.	3.135	4.3733	5.6078	2.8416	3.3752	3.907	5.7388	6.3883	5.0453	4.1312	2.279	6.5470	6.6860	6.7955	0.7120
ก.ค.	12.444	3.7233	5.3605	2.2468	11.3682	2.73	4.3848	6.1402	4.6008	4.1100	3.951	6.1175	6.2453	5.8475	4.2736
ส.ค.	4.953	5.5978	6.0688	3.8367	5.3827	3.1072	2.5208	5.7992	3.9723	3.1529	10.39	5.4845	6.0159	5.3855	10.3127
ก.ย.	16.616	5.3110	5.9573	3.6328	16.6933	8.378	2.9846	5.5300	3.5277	7.0868	6.318	5.7810	6.4533	6.4038	7.5307
ต.ค.	11.5165	9.2870	7.0231	6.0619	11.4523	17.398	4.5306	5.8148	4.3232	17.3559					
พ.ย.	6.417	11.3824	7.4725	7.0944	6.2682	3.0196	7.9033	6.9731	7.0251	2.9012					
ธ.ค.	4.956	9.8756	7.3669	6.8870	5.0548	9.484	7.9757	6.5778	6.2308	9.4520					



ตารางผนวกที่ ค1 ผลการพยากรณ์หน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะและหน่วยสูญเสีย

พยากรณ์ล่วงหน้าเดือนที่	(MWh)	
	หน่วยจำหน่ายรวมไฟสาธารณะ	หน่วยสูญเสีย
1	66,684.08	1,286.60
2	66,823.43	1,226.98
3	66,962.79	1,167.37
4	67,102.14	1,107.76
5	67,241.49	1,048.15
6	67,380.85	988.54
7	67,520.20	928.93
8	67,659.56	869.32
9	67,798.91	809.71
10	67,938.27	750.09
11	68,077.62	690.48
12	68,216.97	630.87



ภาคผนวก

ผลการพยากรณ์ความต้องการพืชคูกงคลังล่วงหน้าด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางผนวกที่ 1 ผลการพยากรณ์ความต้องการพัสดुकงคลังล่วงหน้า 12 เดือนด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

รายการ	ต.ค.-53	พ.ย.-53	ธ.ค.-53	ม.ค.-54	ก.พ.-54	มี.ค.-54	เม.ย.-54	พ.ค.-54	มิ.ย.-54	ก.ค.-54	ส.ค.-54	ก.ย.-54	Total
A1	1.79	0.00	0.00	1.16	2.69	2.31	0.68	0.00	0.81	2.42	2.53	1.06	15.44
A2	0.00	10.76	0.00	7.73	0.00	8.68	0.00	8.92	0.00	9.17	0.00	9.39	54.66
A4	4.90	0.00	3.34	0.00	6.53	2.53	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.74
A5	2.19	9.53	18.65	1.98	3.99	13.76	17.33	1.37	2.08	15.02	16.54	0.42	102.87
A6	16.90	21.38	13.27	20.56	11.04	22.56	10.55	23.95	12.16	23.83	13.06	23.98	213.25
A7	143.17	162.97	263.17	72.96	128.92	197.16	165.45	202.94	223.85	139.07	246.38	124.84	2070.88
A8	322.59	108.89	126.29	311.31	64.36	25.00	173.26	109.13	143.27	301.21	78.17	25.00	1788.48
A9	101.14	577.02	18.78	586.57	1092.15	623.58	769.75	868.62	726.36	822.93	804.51	793.81	7785.23
A10	1.07	0.02	3.72	2.27	0.99	1.74	2.65	1.28	1.49	2.46	1.56	1.51	20.77
A11	1.62	1.96	1.09	0.20	0.23	0.37	0.92	1.46	1.99	1.75	1.32	0.34	13.25
A12	9.18	6.02	6.78	5.24	6.13	7.17	8.57	7.24	6.27	5.75	6.62	8.71	83.67
A13	90.94	624.37	0.00	383.35	313.92	118.50	542.94	499.19	0.00	137.35	645.00	5.83	3361.41
A14	9.06	10.23	13.43	10.03	8.71	3.85	0.34	7.77	1.63	4.02	9.38	6.48	84.92
A15	7.92	0.00	3.77	1.72	0.00	5.66	5.25	0.56	2.14	2.38	0.00	4.12	33.52

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

รายการ	ต.ค.-53	พ.ย.-53	ธ.ค.-53	ม.ค.-54	ก.พ.-54	มี.ค.-54	เม.ย.-54	พ.ค.-54	มิ.ย.-54	ก.ค.-54	ส.ค.-54	ก.ย.-54	Total
A16	156.39	1290.15	86.00	1390.24	86.00	1174.59	220.10	760.94	552.55	517.36	594.54	730.71	7559.56
A17	89.21	122.69	83.41	23.01	12.17	175.10	101.05	58.87	107.77	0.00	169.68	0.00	942.96
A18	54.15	56.31	56.49	72.60	93.87	89.17	91.83	55.02	45.67	43.26	53.66	67.89	779.92
A19	1.45	1.77	2.48	4.65	3.53	2.12	2.27	3.19	3.80	1.99	0.00	0.00	27.26
A20	0.80	0.63	3.99	1.98	1.22	0.90	2.25	2.07	1.51	1.16	1.49	1.76	19.77
A21	38.00	179.86	157.57	38.00	122.25	153.71	38.00	111.09	135.27	38.00	128.86	151.14	1291.77
A22	151.04	0.00	168.10	50.63	101.78	0.00	0.00	0.00	0.00	3.32	36.25	197.30	708.41
A23	0.26	0.17	0.26	0.20	0.33	0.22	0.32	0.25	0.37	0.32	0.39	0.42	3.53
A24	228.96	209.52	226.91	262.24	242.71	208.80	227.16	270.23	248.01	206.94	231.96	282.09	2845.53
A25	199.28	85.41	70.56	148.39	37.49	17.10	136.18	128.34	106.79	111.60	108.63	92.21	1241.98
A26	1.87	2.63	10.32	13.02	0.71	1.87	6.38	18.70	4.89	22.87	17.80	10.39	111.45

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	เรือเอกทินกร หนูเหมือน
วัน เดือน ปี ที่เกิด	4 ตุลาคม 2522
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดตรัง
ประวัติการศึกษา	วศ.บ.(ไฟฟ้ากำลัง) โรงเรียนนายเรือ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ประจำ กองเรือยุทธการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กองเรือยุทธการ กองทัพเรือ จ.ชลบุรี

