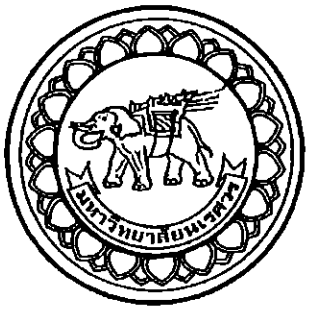


ตัวกรองคาลมานและการประยุกต์ใช้งานในด้านวิศวกรรมอุตสาหการ

กรณีศึกษาการพยากรณ์ ความต้องการของลูกค้า

KALMAN FILTER AND ITS APPLICATION

FOR INDUSTRIAL ENGINEERING

A CASE STUDY OF CUSTOMER DEMAND FORECASTING

นายกฤษติพงษ์ เพ็ญภาค รหัส 53360927

นางสาวขวัญใจ สมรัก รหัส 53360989

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 27 มิ.ย. 57
เลขทะเบียน 1654159
เลขเรียกหนังสือ วร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ก 284 ท 2556

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2556

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ตัวกรองคาลมานและการประยุกต์ใช้งานในด้านวิศวกรรมอุตสาหการ กรณีศึกษาการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายกฤษติพงษ์	เพ็ญภาค	รหัส 53360927
	นางสาวขวัญใจ	สมรัก	รหัส 53360989
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.พิสุทธิ์	อภิชยกุล	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2556		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์**ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง**ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษา**โครงงาน**

(ดร.พิสุทธิ์ อภิชยกุล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ

(ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ตัวกรองคาลมานและการประยุกต์ใช้งานในด้านวิศวกรรมอุตสาหการ กรณีศึกษาการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายกฤษติพงษ์	เพ็ญภาค	รหัส 53360927
	นางสาวขวัญใจ	สมรัก	รหัส 53360989
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.พิสุทธิ์	อภิชยกุล	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2556		

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาตัวกรองคาลมาน และนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมอุตสาหการ ในกรณีศึกษาการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าโดยมีขั้นตอน คือ

เขียนโปรแกรมการคำนวณเกี่ยวกับการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า โดยใช้โปรแกรม MATLAB และทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้า โดยชุดข้อมูลเป็นอนุกรมเวลาแบบระดับ (Level), แบบแนวโน้ม (Trend) และแบบแนวโน้มบวกฤดูกาล (Trend and Seasonal) โดยใช้วิธีการพยากรณ์แบบ Last Period Demand, Moving Average, Exponential Weighted Moving Average และ Kalman Filter จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์แบบต่างๆ โดยใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบแบบการหาค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation, MAD), การหาค่าผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square Error, MSE), และการหาค่าผิดพลาดร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)

ผลที่ได้ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการใช้ Kalman Filter จะให้ค่าพยากรณ์ที่ดีกว่าวิธีพยากรณ์แบบอื่นๆ เพราะมีค่าร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย MAD, MSE และ MAPE น้อยกว่าวิธี LPD, MA และ EWMA คือ (1) แบบระดับ มีค่าร้อยละของ MAD เท่ากับ 69.25, 78.02 และ 69.25 ตามลำดับ มีค่าร้อยละของ MAPE เท่ากับ 73.44, 77.17 และ 55.91 ตามลำดับ มีค่าร้อยละของ MSE เท่ากับ 48.85, 59.56 และ 31.22 ตามลำดับ, (2) แบบแนวโน้มมีค่าร้อยละของ MAD เท่ากับ 40.37, 41.87 และ 33.42 ตามลำดับ มีค่าร้อยละของ MAPE เท่ากับ 39.73, 41.46, และ 33.07 ตามลำดับ มีค่าร้อยละของ MSE เท่ากับ 16.66, 17.23 และ 10.94 ตามลำดับ และ (3) แบบแนวโน้มบวกฤดูกาล มีค่าร้อยละของ MAD เท่ากับ 24.32, 37.59 และ 31.35 ตามลำดับ มีค่าร้อยละของ MAPE เท่ากับ 39.73, 41.41 และ 33.57 ตามลำดับ และมีค่าร้อยละของ MSE เท่ากับ 16.66, 11.84 และ 9.14 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.พิสุทธิ์ อภิชยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด จนโครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ดำเนินโครงงานจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ที่ได้ให้คำปรึกษา และแนะนำในเรื่องอนุกรมเวลาและการพยากรณ์

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ทำให้ผู้ดำเนินโครงงาน ได้มีโอกาสในการทำโครงงานนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้ปกครอง ที่ได้ให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา และขอบใจเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ และถามไถ่ความเป็นไปของโครงงานอยู่เสมอ ทำให้ผู้ดำเนินโครงงานมีกำลังใจในการดำเนินโครงงานจนสำเร็จได้

ผู้ดำเนินโครงงาน
นายกฤษติพงษ์ เพ็ญภาค
นางสาวขวัญใจ สมรัก

พฤศจิกายน 2556

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญรูป.....ช
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....ซ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน.....2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ.....2
1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน.....2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน.....2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน.....2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....4
2.1 ตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter).....4
2.2 การจัดการสินค้าคงคลัง (Inventory Management).....6
2.3 อนุกรมเวลา (Time Series).....7
2.4 ซอฟต์แวร์ MATLAB (Matrix Laboratory).....12
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน.....14
3.1 เก็บข้อมูลและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวกรองคาลมาล.....15
3.2 การกำหนดขอบเขตโครงงาน.....15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 กำหนดระบบที่แก้ไข....16
3.4 การวิเคราะห์ชนิดของอนุกรมเวลา....16
3.5 วิธีการพยากรณ์ (Time Series Forecasting)....16
3.6 ตัวกรองคาลมาน....16
3.7 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอรที่ได้จากตัวกรองคาลมานและค่าที่ได้จากการพยากรณ์....17
3.8 สรุปผลการดำเนินโครงการและจัดทำรูปเล่ม....17

บทที่ 4 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์....18
4.1 การใช้งานซอฟแวร์ MATLAB เบื้องต้น....18
4.2 การทดสอบการทดสอบโปรแกรม....21
4.3 วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบระดับ (Time Series, Level)....24
4.4 วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม (Time Series, Trend)....28
4.5 วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม และฤดูกาล (Time Series, Trend and Seasonal)....33

บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ....38
เอกสารอ้างอิง....40

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน....3

4.1 การทดสอบ Water Level In Tank....21

4.2 ผลการทดสอบ Algorithm ด้วยวิธีตัวกรองคาลมาน....22

4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์แบบระดับ....27

4.4 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์แบบระดับเป็นร้อยละ....28

4.5 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม....32

4.6 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์แบบแนวโน้มเป็นร้อยละ....32

4.7 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม และฤดูกาล....37

4.8 ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์แบบแนวโน้ม และแบบฤดูกาลเป็นร้อยละ....37

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 รูปแบบการทำงานของตัวกรองคาลมาน....5

2.2 รูปแบบการทำงานของตัวกรองคาลมาน (2)....6

2.4 ลักษณะกราฟของชุดข้อมูลที่มีระดับ....7

2.5 ลักษณะกราฟของชุดข้อมูลที่มีแนวโน้ม....8

2.6 ลักษณะกราฟของชุดข้อมูลที่มีฤดูกาล....9

3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงงาน....14

3.2 แบบจำลองระบบความต้องการสินค้าของลูกค้า....15

3.3 แผนภาพแสดงการแก้ปัญหาโดยใช้ตัวกรองคาลมาล....16

3.4 แผนภาพแสดงแบบจำลองการทำงานของตัวกรองคาลมาน.... 17

4.1 หน้าต่างโปรแกรม MATLAB....18

4.2 วิธีเรียกใช้งาน New Script สำหรับเขียนโปรแกรม....19

4.3 หน้าต่าง New Script สำหรับเขียนโปรแกรม....19

4.4 หน้าต่างเมื่อเขียนโปรแกรม....20

4.5 วิธีบันทึกโปรแกรม....20

4.6 Work Space สำหรับเช็คค่าพารามิเตอร์....21

4.7 ฮิสโตแกรมที่มีสัญญาณรบกวนภายในระบบ (1)....24

4.8 ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแบบระดับที่นำมาพยากรณ์....24

4.9 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี LPD....25

4.10 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี MA....26

4.11 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี EWMA....26

4.12 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีตัวกรองคาลมาน....27

4.13 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์แบบระดับ....28

4.14 ฮิสโตแกรมที่มีสัญญาณรบกวนภายในระบบ (2)....29

4.15 ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแบบแนวโน้มที่นำมาพยากรณ์....29

4.16 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี LPD....30

4.17 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี MA....30

4.18 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี EWMA....31

4.19 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีตัวกรองคาลมาน 31

4.20 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์แบบแนวโน้ม....33

4.21 ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม และฤดูกาลที่นำมาพยากรณ์....33

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

4.22 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี LPD.....34
4.23 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี MA.....35
4.24 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี EWMA.....35
4.25 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีตัวกรองคาลมาน.....36

สารบัญสัญลักษณ์

Alpha	=	ค่าคงที่การปรับเรียบที่ถูกกำหนดเป็นตัวแปรถ่วงน้ำหนัก มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1
A	=	State Transition
B	=	อัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยของ x
H	=	Observation Model
HXk	=	ฟังก์ชันของเครื่องมือวัด (Linear System)
Kk	=	Kalman Gain
MA	=	Moving Average
MAD	=	Mean Absolute Deviation
MAPE	=	Mean Absolute Percentage Error
MSE	=	Mean Square Error
n	=	จำนวนช่วงเวลาทั้งหมด ใน MA
Pk	=	ความแปรปรวนร่วมสถานะของระบบ การทำนายที่เวลา k
Q	=	ค่าคงที่ จะมีผลต่อความแปรปรวนของสัญญาณในระบบ
R	=	ค่าคงที่ มีผลต่อการแปรปรวนของสัญญาณที่คาดว่าจะเกิดขึ้น
t	=	ช่วงเวลา
V_k	=	สัญญาณรบกวนได้จากการวัด (Noise Measurement) มีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Probability) มีค่าเฉลี่ย (Mean) เป็น 0 และมีค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) เป็น R_k
W_k	=	สัญญาณรบกวนได้จากการวัด (Noise Measurement) มีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Probability) มีค่าเฉลี่ย (Mean) เป็น 0 และมีค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) เป็น Q_k
X^t	=	ค่าพยากรณ์
Xk	=	สถานะประมาณของระบบที่เวลา k
Xt	=	ตัวแปรอิสระ ใช้แทนที่เวลาที่ t
Yt-1	=	ค่าพยากรณ์ของเดือนที่ผ่านมา
Y^	=	ค่าพยากรณ์
Zk	=	ค่าที่ได้จากการวัด

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการประมาณค่าพารา-มิเตอร์ (Estimator) ตัวกรองคาลมานจะทำงานได้ดีกับระบบที่มีสัญญาณรบกวน ข้อมูลที่ได้จากระบบมีความไม่แน่นอน (Uncertainty) และมีความไม่แม่นยำ โดยมีสมมติฐานว่าการกระจายตัวของสัญญาณรบกวนนั้นเป็นการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ตัวกรองคาลมานจะทำงานวนวงรอบเดิมอีกครั้งเมื่อมีข้อมูลใหม่ป้อนเข้ามา โดยจะประมาณค่าพารามิเตอร์ใหม่ ทำให้มีการอัพเดทค่าพารามิเตอร์ ด้วยโครงสร้างของตัวกรองคาลมานจึงทำให้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้เป็นค่าที่เหมาะสม และมีค่าเป็นปัจจุบัน

ตัวกรองคาลมาน ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านติดตามวัตถุ เช่น การหาตำแหน่ง และความเร็วของดาวเทียมในอวกาศ โดยใช้สัญญาณจีพีเอส, ด้านการเดินเรือ เช่น แก้ปัญหาการนำร่องการเดินเรืออัตโนมัติ และด้านเศรษฐศาสตร์ การเงิน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยต่างๆ ที่ได้นำเครื่องมือชนิดนี้มาช่วยในการพยากรณ์สินค้าคงคลัง และงานอื่นๆ ในด้านวิศวกรรมอุตสาหการ โดยเฉพาะกับการเก็บข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) ซึ่งเป็นการพยากรณ์ ที่จะอาศัยข้อมูลในอดีตมาพิจารณาว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล เมื่อเวลาเปลี่ยนไปมีลักษณะเป็นอย่างไร โดยจะพิจารณาจากชนิดของอนุกรมเวลา ได้แก่ แนวโน้ม (Trend), ฤดูกาล (Seasonal), วัฏจักร (Cyclical) และการสุ่ม (Random) ข้อมูลชนิดนี้อาจจะประกอบไปด้วย สัญญาณรบกวน ความไม่แน่นอนที่มีอยู่ในข้อมูล เมื่อได้ค่าพยากรณ์แล้ว จะต้องตรวจสอบความถูกต้อง และความแม่นยำของค่าที่พยากรณ์โดยการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ถ้ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยแสดงว่าการพยากรณ์นั้นมีความแม่นยำสูง

การใช้งานด้านวิศวกรรมอุตสาหการ จะใช้ในการวางแผน และควบคุมการผลิต การควบคุมสินค้าคงคลังและการจัดการสินค้าคงคลัง โดยจะใช้ตัวกรองคามาลทำการพยากรณ์ เช่น ใช้ตัวกรองคามาลจำลองสต็อกสินค้าคงคลังที่การพยากรณ์ไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากความแปรปรวน, สร้างแบบจำลองตัวกรองคาลมาน เพื่อหาค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่ใกล้เคียง เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ และยังใช้ตัวกรองคาลมานแทนการพยากรณ์ เพื่อจะลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และการพยากรณ์ที่ผิดพลาด จากข้อมูลเบื้องต้น การศึกษาการพยากรณ์ การหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากข้อมูลเชิงการผลิต หรือการขนส่งสินค้า โดยใช้เครื่องมือตัวกรองคาลมาน จึงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจ

ดังนั้น จึงได้นำตัวกรองคาลมานมาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมอุตสาหการ โดยประยุกต์ใช้ตัวกรองคาลมานร่วมกับการพยากรณ์ เพื่อจัดการสินค้าคงคลัง ซึ่งจะพิจารณาจากอนุกรมเวลา และตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ ด้วยการหาค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

ศึกษาเครื่องมือตัวกรองคาลมาน และนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมอุตสาหการ

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs)

1.3.1 เครื่องมือนี้สามารถใช้ในการพยากรณ์ความต้องการสินค้า

1.3.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องมือตัวกรองคาลมาน และวิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ อยู่ในระดับที่มีความถูกต้อง และยอมรับได้

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

แบบจำลองสามารถทำนายความต้องการสินค้าของลูกค้าอยู่ในระดับที่มีความถูกต้องที่ยอมรับได้

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 สามารถทราบค่าพารามิเตอร์ของข้อมูล จากแบบจำลองระบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่สร้างขึ้น

1.5.2 ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มาพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าบนคอมพิวเตอร์ โดยจะใช้ซอฟแวร์ MATLAB โดยใช้วิธีตัวกรองคาลมาน

1.5.3 ใช้ค่าที่ได้จากการพยากรณ์แบบอื่นๆ มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตัวกรองคาลมาน

1.5.4 จำลองได้กับสมการเส้นตรงเพียงอย่างเดียว

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือนเมษายน ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินงาน	ช่วงเวลา							
		เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1.8.1	การศึกษาข้อมูล	←							
1.8.2	เก็บข้อมูล ศึกษาโครงงานและบทความที่เกี่ยวข้อง		←	←					
1.8.3	กำหนดระบบที่แก้ไข			←	←				
1.8.4	ทำการวัดโดยใช้การพยากรณ์				←	←			
1.8.5	ทำการวัดโดยใช้ตัวกรองคาลมาน					←	←	←	
1.8.6	เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างการใช้ตัวกรองคาลมานกับการพยากรณ์						←	←	
1.8.7	สรุปผล							←	←
1.8.8	จัดทำรูปเล่มโครงงาน								←

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

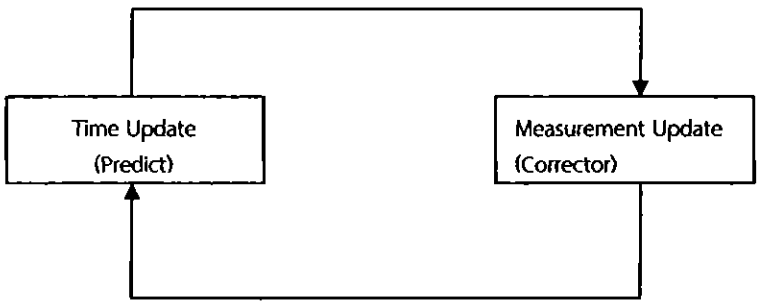
2.1 ตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter)

ตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter) คือ การประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการกำลังสองเชิงเส้น (Linear Quadratic Estimation) เป็นขั้นตอนแบบวิธีเวียนบังเกิด (Recursive) ใช้ในการประมาณค่าตัวแปรสถานะของระบบพลวัตร (Dynamic System) หรือระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นอยู่กับเวลา โดยการประมาณค่าตัวแปรสถานะของระบบพลวัตนี้ อาจประยุกต์ใช้ในกรณีที่ต้องการประมาณค่าตัวแปรสถานะที่ถูกสัญญาณรบกวน หรือเกิดจากข้อจำกัดในตัวแปรสถานะนั้นๆ ในบางกรณีจะใช้ร่วมกับข้อมูลของตัวแปรสถานะที่ได้รับมาจากเซ็นเซอร์ ซึ่งทำให้ข้อมูลของตัวแปรสถานะ มีความแม่นยำขึ้นมากกว่าการเลือกใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์เพียงอย่างเดียว และถูกตั้งชื่อตาม รูดอล์ฟ อีมิว คาลมาน

รูดอล์ฟ อีมิว คาลมาน นักทฤษฎีระบบเชิงคณิตศาสตร์ และยังเป็นผู้พัฒนาตัวกรองคาลมาน ในปี ค.ศ. 1960 ตัวกรองคาลมานถูกนำเสนอขึ้นเป็นครั้งแรก โดย รูดอล์ฟ อีมิว คาลมาน ซึ่งเขาได้นำเสนอผลงานเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานะ (State Space) เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ ในรูปการประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการกำลังสองเชิงเส้น และคิด ค้นตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter) โดยการใช้งานครั้งแรกของตัวกรองคาลมานนั้น ได้ถูกประยุกต์ให้เป็นส่วนหนึ่งของระบบนำร่องในโครงการอพอลโล และหลังจากนั้นถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย

2.1.1 ประเภทของตัวกรองคาลมาน

The Discrete Kalman Filter ใช้ประมาณค่าสถานะ (x) ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งแบบ Discrete Time การทำงานของตัวกรองคาลมาน เป็นการทำงานแบบวนรอบ (Iterative) ประกอบด้วยสมการปรับเวลา (Time Update) และสมการปรับการวัด (Measurement Update) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปแบบการทำงานของ Kalman Filter

ที่มา : A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems, Transaction of the ASME–Journal of Basic Engineering, 1960.

2.1.1.1 สมการปรับเวลา (Time Update) จะตอบสนองต่องานล่วงหน้า ที่สถานะปัจจุบัน และความแปรปรวนร่วม (Covariance) ของการประมาณค่าที่ผิดพลาด เพื่อให้ได้การประมาณค่าล่วงหน้าของช่วงเวลาต่อไป ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2

$$\mathbf{x_k^-} = \mathbf{A\hat{x}_{k-1}} \quad (2.1)$$

$$\mathbf{P_k^-} = \mathbf{AP_{k-1}A^T + Q} \quad (2.2)$$

โดยที่ $\mathbf{x_k^-}$ คือ สถานะประมาณการของระบบ จากการทำนายที่เวลา $\mathbf{k}$

$\mathbf{A}$ คือ State Transition

$\mathbf{\hat{X}_{k-1}}$ คือ สถานะประมาณของระบบที่เวลา $\mathbf{k-1}$

$\mathbf{P_k^-}$ คือ ความแปรปรวนร่วมสถานะของระบบ การทำนายที่เวลา $\mathbf{k}$

$\mathbf{P_{k-1}}$ คือ ความแปรปรวนร่วมสถานะของระบบที่เวลา $\mathbf{k-1}$

$\mathbf{Q}$ คือ ค่าคงที่ จะมีผลต่อความแปรปรวนของสัญญาณในระบบ

2.1.1.2 สมการปรับการวัด (Measurement Update) ตอบสนองต่อการป้อนกลับข้อมูล คือ การวัดครั้งใหม่จะถูกรวมเข้ากับการประมาณ เพื่อให้ได้มาซึ่งการปรับปรุงการประมาณล่วงหน้า ดังสมการที่ 2.3, 2.4 และ 2.5

$$\mathbf{K_k} = \mathbf{P_k^-H^T(HP_k^-H^T + R)^{-1}} \quad (2.3)$$

$$\mathbf{\hat{x}_k} = \mathbf{x_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k)} \quad (2.4)$$

$$\mathbf{P_k} = \mathbf{(1 - K_K H)P^-{}_k} \quad (2.5)$$

โดยที่ $\mathbf{K_k}$ คือ Kalman Gain

$\mathbf{P_k^-}$ คือ ความแปรปรวนร่วมสถานะของระบบ การทำนายที่เวลา $\mathbf{k}$

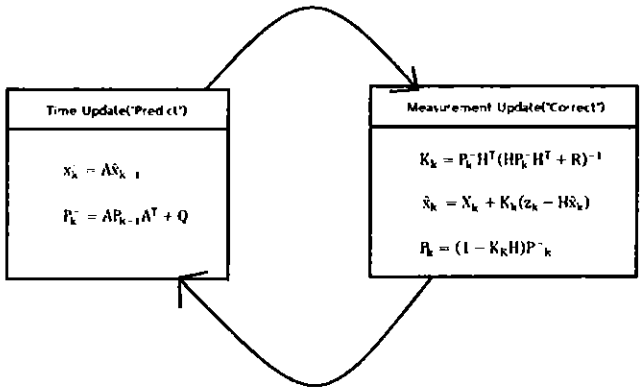
$\mathbf{H}$ คือ Observation Model

$\mathbf{R}$ คือ ค่าคงที่ มีผลต่อการแปรปรวนของสัญญาณที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

$\mathbf{\hat{x}_k}$ คือ สถานะประมาณของระบบ ที่ผ่านขั้นตอนการปรับแก้เวลา

$\mathbf{z_k}$ คือ ค่าที่ได้จากการวัด

การออกแบบระบบฟิลเตอร์เพื่อการใช้งาน จะมีการรบกวนของการวัด (Measurement Error Covariance) โดยที่ R เป็นความแปรปรวนร่วม ที่ได้จากการประมวลผลของการวัดก่อนหน้า สามารถหาค่าความผิดพลาดได้จริงจากกระบวนการวัด โดยการคำนวณหาค่า Q (Process Noise Covariance) จะทำได้ยากมาก จึงต้องมีการการประมาณค่า เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ของแบบจำลองกระบวนการที่มีผลลัพธ์เป็นที่ยอมรับ ความสัมพันธ์ของระบบสามารถอธิบายได้ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 รูปแบบการทำงานของ Kalman Filter (2)

ที่มา : Olivier Cadet, Transocean Inc. Introduction to Kalman Filter – Application to DP

2.2 การจัดการสินค้าคงคลัง (Inventory Management)

สินค้าคงคลัง (Inventory) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับธุรกิจ เพราะจัดเป็นสินทรัพย์หมุนเวียนรายการหนึ่ง ซึ่งธุรกิจพึงมีไว้ เพื่อให้การผลิตหรือการขายสามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น การมีสินค้าคงคลังมากเกินไปอาจจะเป็นปัญหากับธุรกิจ ทั้งในเรื่องต้นทุนการเก็บรักษาที่สูง สินค้าเสื่อมสภาพ หมดอายุ ถูกขโมยหรือสูญหาย นอกจากนี้ยังทำให้สูญเสียโอกาสในการนำเงินที่จมอยู่กับสินค้าคงคลังนี้ ไปสร้างประโยชน์ในด้านอื่นๆ แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าธุรกิจมีสินค้าคงคลังน้อยเกินไปก็อาจจะประสบปัญหาสินค้าขาดแคลนไม่เพียงพอ (Stock Out) สูญเสียโอกาสในการขายสินค้าให้แก่ลูกค้า เป็นการเปิดช่องให้แก่คู่แข่ง และอาจจะต้องสูญเสียลูกค้าไป นอกจากนี้ถ้าสิ่งที่ขาดแคลนนั้น เป็นวัตถุดิบที่สำคัญ การดำเนินงานทั้งการผลิต และการขายก็อาจต้องหยุดก่อน ซึ่งอาจส่งผลต่อภาพลักษณ์ของธุรกิจในอนาคตได้ ดังนั้น จึงเป็นหน้าที่ของผู้ประกอบการในการจัดการสินค้าคงคลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป เพราะการลงทุนในสินค้าคงคลัง ต้องใช้เงินจำนวนมาก และอาจส่งผลกระทบถึงสภาพคล่องของธุรกิจได้

2.2.1 ปัจจัยที่ใช้ในการกำหนดปริมาณของสินค้าคงคลัง

การพิจารณาถึงจำนวนสินค้าคงคลังในระดับที่ถูกต้องนั้น เป็นเรื่องจำเป็นต่อผู้ประกอบการ เพราะสามารถนำมาช่วยในด้านการกำหนดปริมาณของสินค้าคงคลัง ในระดับที่เหมาะสมต่อการผลิต ซึ่งจะประกอบไปด้วย

2.2.1.1 ยอดขายในอดีตของธุรกิจ สามารถนำยอดขายที่เกิดขึ้นในอดีตมาพยากรณ์ยอดขายที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ถ้าเป็นธุรกิจที่พึ่งเกิดขึ้นใหม่ไม่มียอดขายในอดีต ก็จะสามารถกำหนดระดับของสินค้าคงคลังได้จากการประมาณการยอดขายของตนที่ผ่านมาในอดีต

2.2.1.2 การซื้อขายตามฤดูกาล (Seasonal Selling) เป็นธุรกิจที่มีการซื้อขายตามฤดูกาล

เช่น ธุรกิจขายร่ม ซึ่งถ้าเข้าสู่ช่วงฤดูฝน ยอดขายก็อาจมากกว่าปกติ ดังนั้น ระดับของปริมาณสินค้าคงคลังในในช่วงฤดูฝนก็จะมากขึ้นตามปริมาณของยอดขายที่เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นยอดขายก็จะลดลงมาสู่ระดับปกติ ระดับของปริมาณสินค้าคงคลังก็จะลดลงตาม รวมถึงค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

2.2.1.3 ความนิยมในตัวสินค้า ถ้าธุรกิจมีสินค้าประเภทล้าสมัยไม่เป็นที่นิยม ปริมาณสินค้าคงเหลือของสินค้าชนิดนี้ ก็ควรที่จะมีปริมาณน้อยกว่าสินค้าประเภทอื่น ในสายของการผลิตนั้น

2.2.1.4 ความไม่แน่นอนในการส่งสินค้าของ Suppliers ในบางครั้งธุรกิจอาจจะต้องสั่งซื้อวัตถุดิบจาก Suppliers โดยปกติจะมีระยะเวลาในการสั่งซื้อสินค้า (Lead Time) ที่แน่นอน แต่เมื่อถึงเวลาการจัดส่งวัตถุดิบจริงอาจมีความล่าช้าเกิดขึ้น ดังนั้น การกำหนดปริมาณของสินค้าคงคลังควรจะต้องมีสินค้าเผื่อปลอดภัยเก็บไว้ด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้ธุรกิจหยุดชะงัก และสูญเสียโอกาสการขาย

2.3 อนุกรมเวลา (Time Series)

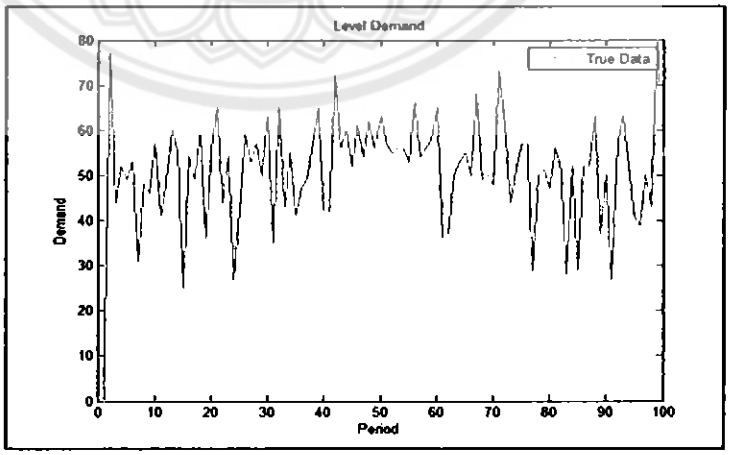
ข้อมูลหรือค่าสังเกตที่เปลี่ยนแปลงตามลำดับเวลาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลเหล่านี้ถูกเก็บรวบรวม ณ ช่วงเวลาต่างๆ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน รายไตรมาส หรือรายปี

2.3.1 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

ข้อมูลแบบอนุกรมเวลา เป็นข้อมูลลักษณะที่แตกต่างกัน จะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของข้อมูลชุดนั้นๆ โดยสามารถแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ ต่างๆ ดังนี้

2.3.1.1 ระดับ (Level Component)

การเคลื่อนไหวของข้อมูลแบบมีระดับ คือ ข้อมูลจะลักษณะเข้าใกล้เส้นตรง มีระดับค่าความต้องการ แต่ค่าไม่ห่างกันมากยังอยู่ใกล้กลุ่มเดียวกัน

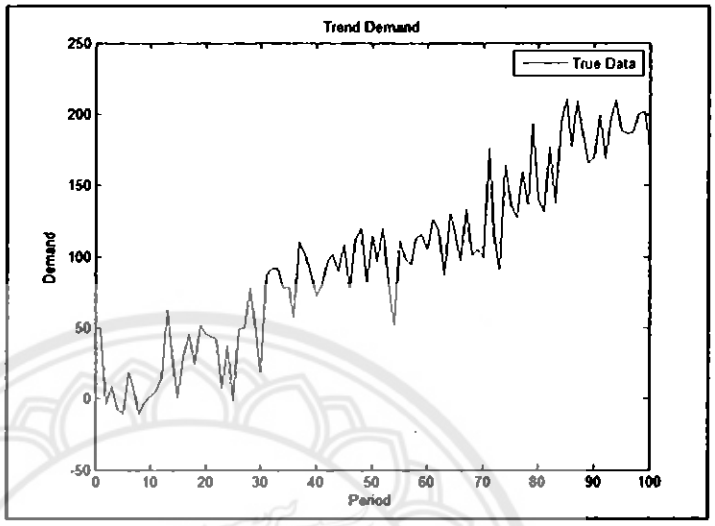


รูปที่ 2.3 ลักษณะกราฟของชุดข้อมูลที่มีระดับ

ที่มา : ข้อมูลจากหนังสือ Forecasting And Marketing Analysis, Page 59

2.3.1.2 แนวโน้ม (Trend Component)

การเคลื่อนไหวของข้อมูลแบบแนวโน้ม เป็นการแสดงถึงเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในระยะยาว เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย, ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบ เป็นต้น



รูปที่ 2.4 ลักษณะกราฟของชุดข้อมูลที่มีแนวโน้ม

ที่มา : ข้อมูลจากหนังสือ Forecasting And Marketing Analysis, Page 59

การหาค่าแนวโน้ม ทำให้ผลต่างระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลากับค่าแนวโน้มมีค่าน้อยที่สุด ดังสมการที่ 2.6

$$\hat{y}_t = \alpha + bx_t \qquad (2.6)$$

โดยที่ $\hat{y}_t$ เป็น ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t

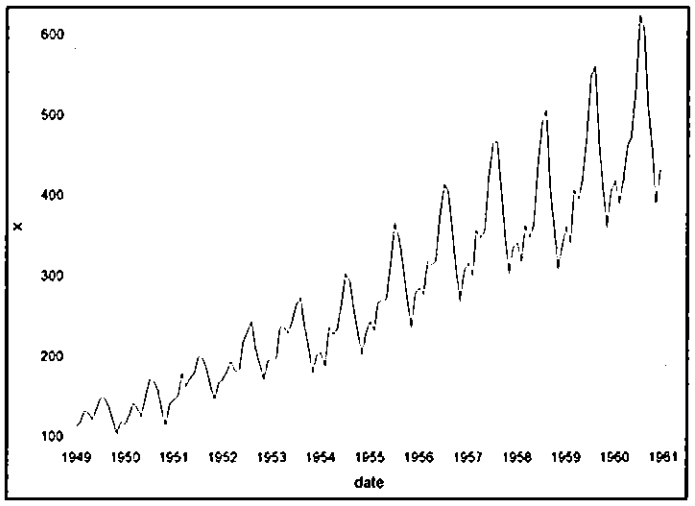
α เป็น ค่าแนวโน้ม เมื่อ $x_t = 0$

b เป็น อัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยของ x

x_t เป็นตัวแปรอิสระ ใช้แทนที่เวลาที่ t

2.3.1.3 ฤดูกาล (Seasonal Component)

การเคลื่อนไหวของข้อมูลตามฤดูกาล จะมีลักษณะเกิดขึ้นซ้ำๆ กัน ในรอบ 1 ปี จนเป็นแบบแผนเดียวกัน เช่น การผลิตข้าวจะสูงในช่วงไตรมาสแรกของปี, ยอดขายของห้างสรรพสินค้าจะสูงในช่วงปลายปี ในการวิเคราะห์การผันแปรตามฤดูกาล จะวัดในรูปของ (Seasonal Index)



รูปที่ 2.5 ลักษณะกราฟของฤดูกาลในอนุกรมเวลา

ที่มา : ข้อมูลจากหนังสือ Forecasting And Marketing Analysis, Page 59

2.3.2 วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา (Time - Series Forecasting)

เป็นการพยากรณ์ ที่จะอาศัยข้อมูลในอดีตมาพิจารณาว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล เมื่อเวลาเปลี่ยนไปมีลักษณะเป็นอย่างไร โดยมีวิธีการพยากรณ์ ดังนี้

2.3.2.1 วิธีอุปสงค์ของช่วงเวลาก่อนหน้า (Last Period Demand Method)

ความต้องการในช่วงเวลาถัดไป จะมีขนาดเท่ากับความต้องการในช่วงเวลาก่อนหน้า ดังสมการที่ 2.7

$$\hat{Y}_t = Y_{t-1} \tag{2.7}$$

โดยที่

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์

Y_{t-1} คือ ค่าความต้องการก่อนหน้า ณ ช่วงเวลา $t-1$

t คือ ช่วงเวลา

2.3.2.2 วิธีค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (Moving Average Method)

เป็นอนุกรมของค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ ใช้กรณีที่เป็นการพยากรณ์ที่มีแนวโน้มเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีแนวโน้ม เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น และค่าตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักในหน่วยเวลาที่ทำการพยากรณ์ ดังสมการที่ 2.8

$$\hat{Y}_t = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_{t-i}}{n} \tag{2.8}$$

โดยที่

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ที่ช่วงเวลา t

Y_{t-i} คือ ค่าความต้องการจริง ณ ช่วงเวลา $t - i$

n คือ จำนวนช่วงเวลาทั้งหมด ใน MA

2.3.2.3 วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Exponential Weighted Moving Average Method)

ใช้เมื่อเหตุการณ์มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง จะส่งผลให้ข้อมูลที่มีความเก่ามากยิ่งมีความสำคัญลดลง ค่าถ่วงน้ำหนักจะขึ้นอยู่กับประการณ์ของผู้ทำการพยากรณ์ ดังสมการที่ 2.9

$$\hat{Y}_t = \alpha Y_{t-1} + (1-\alpha)\hat{Y}_{t-1} \quad (2.9)$$

โดยที่

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์

α คือ ค่าคงที่ของการปรับให้เรียบอยู่ระหว่าง 0 – 1

2.3.2.4 วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพแนนเชียล (Exponential Smoothing Method)

คือ รูปแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average) โดยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักนั้น จะลดลงแบบเอ็กโพแนนเชียล ซึ่งข้อมูลล่าสุดจะมีค่าถ่วงน้ำหนักมากสุดและลดลงไปตามเวลาของข้อมูล จะต้องมีค่าคงที่ปรับเรียบ ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ความเหมาะสมของค่าคงที่ปรับเรียบ (Smoothing Constant) หรือ α ทำให้ความแตกต่างระหว่างการพยากรณ์ที่แน่นอน และไม่แน่นอนมีความใกล้เคียง จะทำนายค่าของอนุกรมเวลาตัวถัดไปโดยแบบจำลอง ดังสมการที่ 2.10

$$\hat{Y}_t = Y_{t-1} + \alpha(A_{t-1} + Y_{t-1}) \quad (2.10)$$

โดยที่

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของเดือนปัจจุบัน

Y_{t-1} คือ ค่าพยากรณ์ของเดือนที่ผ่านมา

A_{t-1} คือ ค่าจริงของเดือนที่ผ่านมา

α คือ ค่าคงที่ ที่ถูกกำหนดเป็นตัวแปรถ่วงน้ำหนัก ตั้งแต่ 0 – 1

2.3.3 การตรวจสอบข้อผิดพลาดในการพยากรณ์

ใช้เปรียบเทียบค่าการพยากรณ์แต่ละรูปแบบ โดยจะบอกว่าค่าการพยากรณ์ใดมีค่าความคลาดเคลื่อนมากน้อยกว่ากัน เพื่อใช้ในการสรุปว่า การพยากรณ์มีความแม่นยำเพียงพอหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบความสามารถในการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่

2.3.3.1 การหาค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation : MAD) คือ หาความแตกต่างระหว่างยอดการขายจากการพยากรณ์กับยอดการขายที่เกิดขึ้นจริง จะเป็นบวก ดังสมการที่ 2.11

$$\text{MAD} = \frac{\sum_{t-1}^{n}|e_t|}{n} = \frac{\sum_{t-1}^{n}|Y_t - \hat{Y}_t|}{n} \qquad (2.11)$$

2.3.3.2 การหาค่าผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square Error : MSE) เริ่มจากหาค่าผลต่างระหว่างยอดขายที่ทำการพยากรณ์กับยอดขายที่เกิดขึ้นจริง ภายในเครื่องหมายวงเล็บก่อนแล้วยกกำลังสอง ดังสมการที่ 2.12

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{t=1}^{n} e_t^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n} \qquad (2.12)$$

2.3.3.3 การหาค่าผิดพลาดร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) จะมีข้อได้เปรียบกว่าอีก 2 วิธีที่กล่าวมา เนื่องจากเป็นการวัดความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์เทียบกับค่าข้อมูลจริง จึงสามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบการพยากรณ์ได้เหมาะสมกว่า คือ ถ้าค่า MAPE ยิ่งน้อย การพยากรณ์ยิ่งแม่นยำ ดังสมการที่ 2.13

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^{n}|e_t/Y_t| \times 100}{n} \qquad (2.13)$$

2.4 ซอฟต์แวร์ MATLAB (Matrix Laboratory)

เป็นซอฟต์แวร์ในการคำนวณและการเขียนโปรแกรม มีความสามารถครอบคลุมตั้งแต่การพัฒนาอัลกอริธึม, การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์, การทำซิมูเลชั่นของระบบ, การสร้างระบบควบคุม และการสร้างเมตริกซ์

ซอฟแวร์ MATLAB สามารถทำงานได้ในลักษณะของการติดต่อโดยตรง คือ การเขียนคำสั่งเข้าไปทีละคำสั่ง เพื่อให้ซอฟแวร์ MATLAB ประมวลผลไปเรื่อยๆ ข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บในลักษณะของแถวลำดับ ซึ่งทำให้สามารถแก้ปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะของเมตริกซ์ และเวกเตอร์ได้โดยง่าย ทำให้ลดเวลาในการทำงานลงได้อย่างมาก เมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมโดยภาษาซี หรือภาษาอื่นๆ

การสร้างแบบจำลองบนซอฟต์แวร์ MATLAB จะช่วยคำนวณในทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง โดยจะประกอบด้วยการตั้งสมมุติฐาน หรือการหาแบบจำลองของสิ่งที่ศึกษา จากนั้นจะนำแบบจำลองที่ได้มาทดลองบนซอฟแวร์ MATLAB เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นจริง

2.4.1 การสร้างแอพพลิเคชั่น หรือฟังก์ชันเฉพาะงาน โดยเขียนโปรแกรม m-file

2.4.1.1 ฟังก์ชัน M-File ที่ต้องป้อนตัวแปรรับเข้า หรือรับค่าจากตัวแปรส่งออก ในการทำงาน จะเรียกเพื่อการคำนวณ เช่น Det() เป็นฟังก์ชันสำเร็จรูปในซอฟแวร์ MATLAB สำหรับคำนวณค่าดีเทอร์มิแนนท์ (Determinant) ของเมตริกซ์ เมื่อเรียกใช้จะต้องใส่ค่าตัวแปรเมตริกซ์ที่ต้องการคำนวณไว้ในวงเล็บ ส่วนคำตอบจะกำหนดตัวแปรเพื่อรับค่า หรือไม่ก็ได้

2.4.1.2 สคริปต์ M-File จะรวมคำสั่ง หรือฟังก์ชันต่างๆ ไว้ด้วยกัน สะดวกในการทำซ้ำ เพียงแค่เรียกชื่อสคริปต์บน Command Windows คำสั่งในสคริปต์ก็จะทำงาน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 A Time Series Framework Supply Chain Inventory Management

พิจารณาห่วงโซ่อุปทาน ภายใต้กระบวนการความต้องการพื้นฐาน ที่สามารถอธิบายได้ในรูปแบบเชิงเส้น สินค้าคงคลังจะถูกจัดการที่จุดต่างๆของห่วงโซ่ ตามข้อมูลที่สังเกตและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ลักษณะสำคัญของแบบจำลอง คือ คำนึงถึงความสามารถของสมาชิกที่จะสังเกต และนำมาใช้ในการพยากรณ์ ช่วยในการจำลองสถานการณ์ที่จะหาผลลัพธ์ โดยจะกำหนดตัวแปรของความต้องการด้วยตัวอักษร และจะใช้อนุกรมเวลาร่วมในแบบจำลอง โดยใช้เทคนิคตัวกรองคาลมาน

การวัดประสิทธิภาพการทำงานและเป้าหมายระดับสินค้าคงคลัง จะนำเสนออยู่ในรูปแบบของเมทริกซ์ เพราะสามารถรองรับความถี่ที่มีขนาดใหญ่ของแบบจำลองเชิงเส้น และช่วยให้ง่ายต่อการนำมาใช้

ที่มา : A Time Series Framework for Supply Chain Inventory Management, Yossi Aviv, Olin School of Business, Washington Universit, 2003

2.5.2 Multi Rotor Flying Object

ขอบเขตของงานวิจัย เพื่อพัฒนาเครื่องบินที่สามารถบินลอยนิ่งอยู่ในอากาศ หรือสามารถควบคุมผ่านรีโหมดบังคับได้ และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบิน

ผลสรุปของงานวิจัย การใช้ตัวกรองคาลมาน จะช่วยในการคาดคะเนทิศทาง และความเร็ว ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นลดลง ค่าที่ได้จะมีค่าเฉลี่ยที่เข้าใกล้ศูนย์ ต่างจากการไม่ใช้ตัวกรองคาลมาน ทำให้ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ที่มา : Logbook Multi Rotor Flying Object, นายจักรพรรณ ดีสุด และนายจักรกริช หล่อประโคน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554

2.5.3 การประยุกต์การควบคุมด้วยแบบจำลองเจเนริกร่วมกับคาลมานฟิลเตอร์สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่องที่มีปฏิกิริยาคายความร้อน

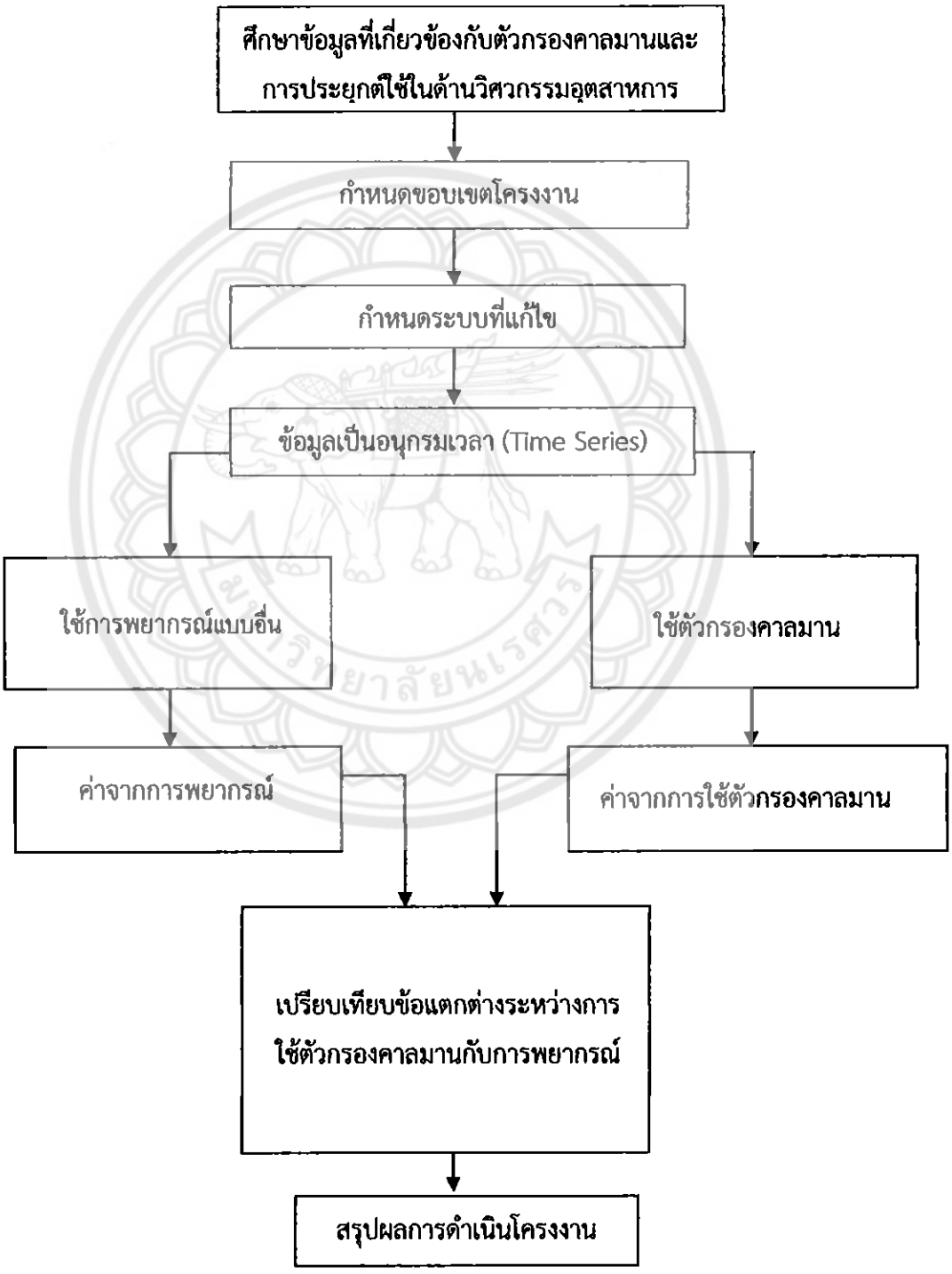
เพื่อออกแบบเครื่องควบคุมด้วยแบบจำลองเจเนริกร่วมกับคาลมานฟิลเตอร์ ซึ่งจะส่งผลให้สมรรถนะในการควบคุมที่ดี และมีเสถียรภาพของระบบ โดยพิจารณาการควบคุมในด้านสมรรถนะในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรรบกวนในระบบ และการควบคุมในกรณีที่มีความผิดพลาดของค่า พารามิเตอร์ของแบบจำลอง/กระบวนการ ที่ทำการควบคุม

จากผลการจำลอง ระบบมีสมรรถนะและความทนทานที่ดีกว่าเครื่องควบคุมแบบพีไอดีในการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง ทั้งในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรรบกวน และเครื่องควบคุมยังให้สมรรถนะในการควบคุมที่ดีในกรณีที่มีความผิดพลาดของแบบจำลอง/กระบวนการที่ทำการควบคุม

ที่มา : วิทยานิพนธ์ การประยุกต์การควบคุมด้วยแบบจำลองเจเนริกร่วมกับตัวกรองคาลมาน สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง ที่มีปฏิกิริยาคายความร้อน, อนุพัฒน์ วรดิถี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานในการศึกษาตัวกรองคาลมานและการประยุกต์ใช้งานในด้านวิศวกรรมอุตสาหการ มีรายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 รูปขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงงาน

จากแผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน ดังรูปที่ 3.1 มีรายละเอียด ดังนี้

3.1 เก็บข้อมูลและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวกรองคาลมาล

3.1.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวกรองคาลมาน

3.1.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์

3.1.3 Time Series Model

3.1.4 การตั้งสมมติฐานและการตรวจสอบสมมติฐาน

3.1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.6 ซอฟแวร์ MATLAB และฟังก์ชัน

3.2 กำหนดขอบเขตการดำเนินโครงงาน

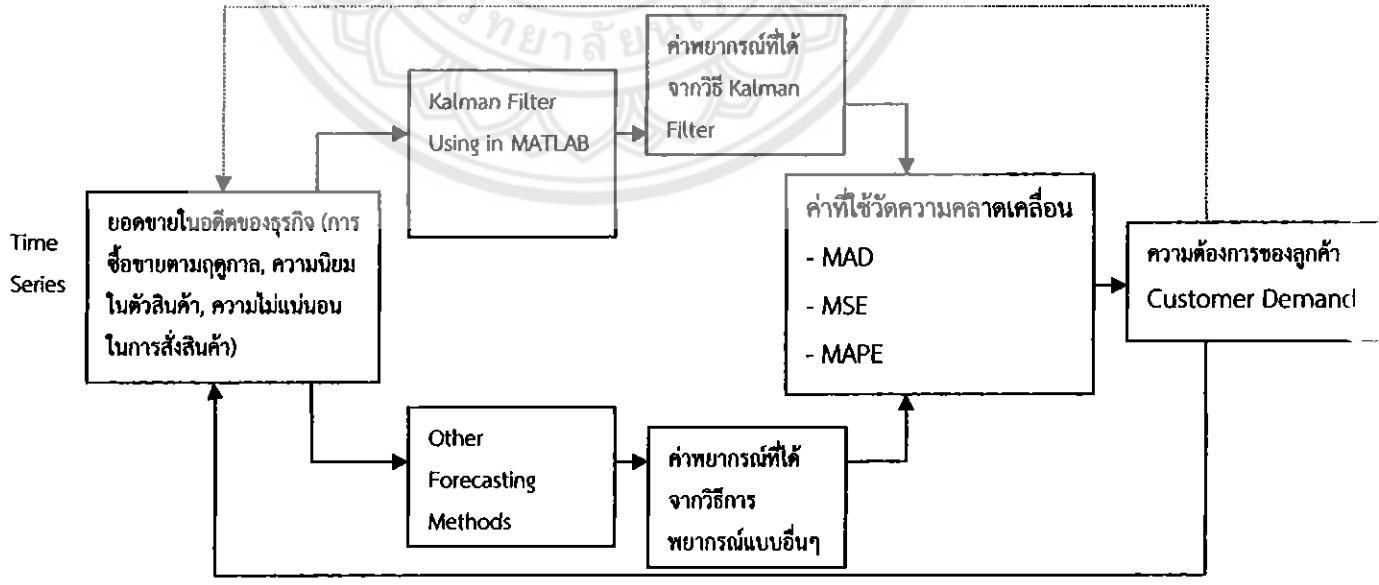
3.2.1 สามารถทราบค่าพารามิเตอร์ของข้อมูล จากแบบจำลองระบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่สร้างขึ้น

3.2.2 ใช้แบบจำลองพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า บนคอมพิวเตอร์ โดยจะใช้ซอฟแวร์ MATLAB

3.2.3 จำลองกับสมการเส้นตรงเพียงอย่างเดียว

3.2.4 ใช้ค่าที่ได้จากตัวกรองคาลมานมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์

3.2.5 ใช้ข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้วในการหาค่าพารามิเตอร์



รูปที่ 3.2 แบบจำลองระบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

3.3 กำหนดระบบที่แก้ไข

จัดการสินค้าคงคลัง ด้วยการจำลองระบบความต้องการสินค้าของลูกค้า จะช่วยจัดการสินค้าคงคลังอย่างมีประสิทธิภาพ จะทำให้เกิดสมดุลระหว่างสินค้า และระดับความพึงพอใจของลูกค้า

จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มาจำลองระบบความต้องการสินค้าของลูกค้า เพื่อพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า บนคอมพิวเตอร์ โดยซอฟแวร์ MATLAB

3.4 การวิเคราะห์ชนิดของอนุกรมเวลา

วิเคราะห์จาก การสร้างแบบจำลองการพยากรณ์อนุกรมเวลา ซึ่งจะอาศัยข้อมูลจากอดีตเพื่อคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยหลักการทางสถิติ ส่วนประกอบในอนุกรมเวลา ตัวแปรอิสระในที่นี้ คือ เวลา ซึ่งอาจกำหนดเป็นสัปดาห์ เดือน ปี และตัวแปรตามก็ คือ ตัวแปรที่เราต้องการที่จะพยากรณ์ค่าการผันแปรของตัวแปรตามในอนุกรมเวลาหนึ่งๆ สามารถแยกได้เป็น 3 ชนิด

3.4.1 ระดับ (Level Component)

3.4.2 แนวโน้ม (Trend Component)

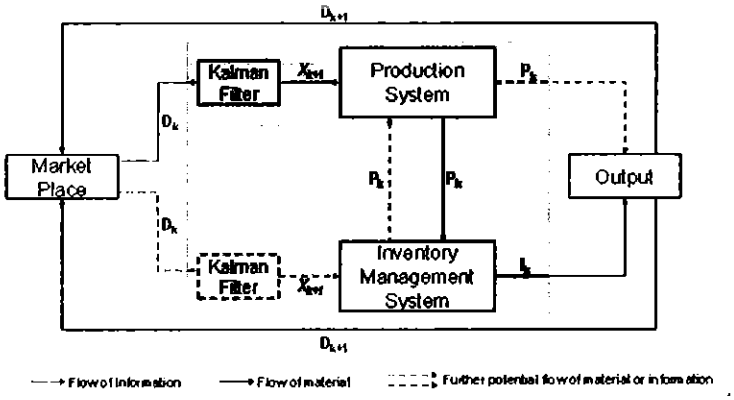
3.4.3 ฤดูกาล (Seasonal Component)

3.5 วิธีการพยากรณ์ (Forecasting Methods)

จะศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา และสร้างสมการพยากรณ์จากวิธีการพยากรณ์ซึ่งมีหลายวิธี ได้แก่ Moving Average Method, Weighted Moving Average และ Exponential Smoothing เป็นต้น

3.6 ตัวกรองคาลมาน

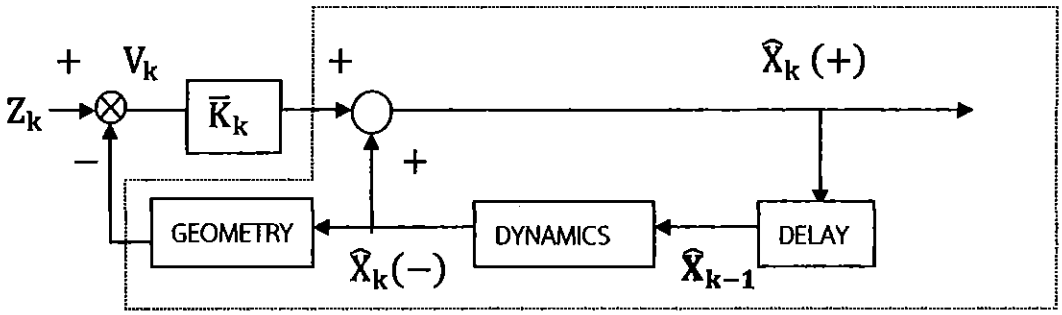
ตัวกรองคาลมาน จะทำงานวนวงรอบเดิมอีกครั้งเมื่อมีข้อมูลใหม่ป้อนเข้ามา โดยจะประมาณค่าพารามิเตอร์ใหม่ ทำให้มีการอัพเดทของข้อมูล ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงการแก้ปัญหาโดยใช้ตัวกรองคาลมาล

ที่มา : Katharina Amann. An Approach of Forecasting Customer Demand with The Discrete Kalman Filter for The Calculation of Lot Size, 2556

สร้างแบบจำลองการทำงานของตัวกรองคาลมานบนคอมพิวเตอร์โดยใช้ซอฟแวร์ MATLAB ซึ่งสามารถจำลองกับระบบไดนามิก ที่เป็นเชิงเส้น และมีเวลาที่ไม่ต่อเนื่องได้ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 รูปแบบการทำงานของตัวกรองคาลมาน

ที่มา : Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews. Kalman Filtering Theory and Practice Using MATLAB, 2001

3.7 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอรที่ได้จากตัวกรองคาลมาน และค่าที่ได้จากการพยากรณ์

ตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของค่าการพยากรณ์ โดยการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ถ้ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยแสดงว่าการพยากรณ์นั้นมีความแม่นยำสูง

การวัดค่าคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ใช้เปรียบเทียบค่าการพยากรณ์แต่ละรูปแบบ โดยจะบอกว่าการพยากรณ์ใดมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยกว่ากัน เพื่อสรุปว่าการพยากรณ์มีความแม่นยำเพียงพอหรือไม่ จะใช้การหาค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation) คือ จะหาความแตกต่างระหว่างยอดการขายจากการพยากรณ์กับยอดการขายที่เกิดขึ้นจริง การหาค่าผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square Error) เริ่มจากหาผลต่างระหว่างยอดการขายที่ทำการพยากรณ์กับยอดการขายที่เกิดขึ้นจริง และใช้การหาค่าผิดพลาดร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error)

พิจารณาจากค่า MSE, MAD และ MAPE ถ้ามีค่าต่ำ แสดงถึงวิธีการพยากรณ์นั้นมีความแม่นยำมาก

3.8 สรุปผลการดำเนินโครงการและจัดทำรูปเล่ม

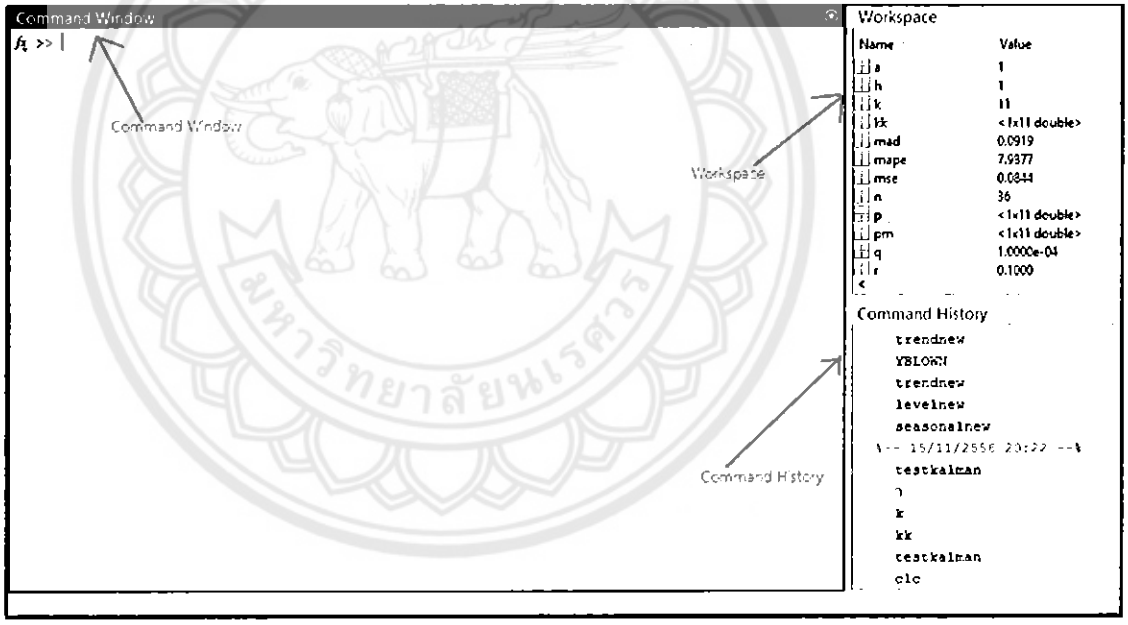
สรุปผลจากการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ จากการใช้ตัวกรองคาลหาค่าความต้องการของลูกค้า แล้วนำมาจัดการสินค้าคงคลังในการวางแผนการผลิต จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ จะศึกษาเครื่องมือตัวกรองคาลมาน และนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมอุตสาหการ จากการสร้างแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์ โดยใช้ซอฟแวร์ MATLAB นำผลสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์ของมูลมาเรียบเรียง และจัดทำรูปเล่มโครงงาน

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการออกแบบการเขียนแบบจำลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ โดยใช้วิธีตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter) และวิธีการพยากรณ์ที่จะอาศัยชุดข้อมูลในแบบอนุกรมเวลา (Time Series) บนซอฟแวร์ MATLAB (Matrix Laboratory) และเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่ดีที่สุดจากการหาค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ นอกจากนี้ยังกล่าวถึงวิธีการใช้ซอฟแวร์ MATLAB เบื้องต้น

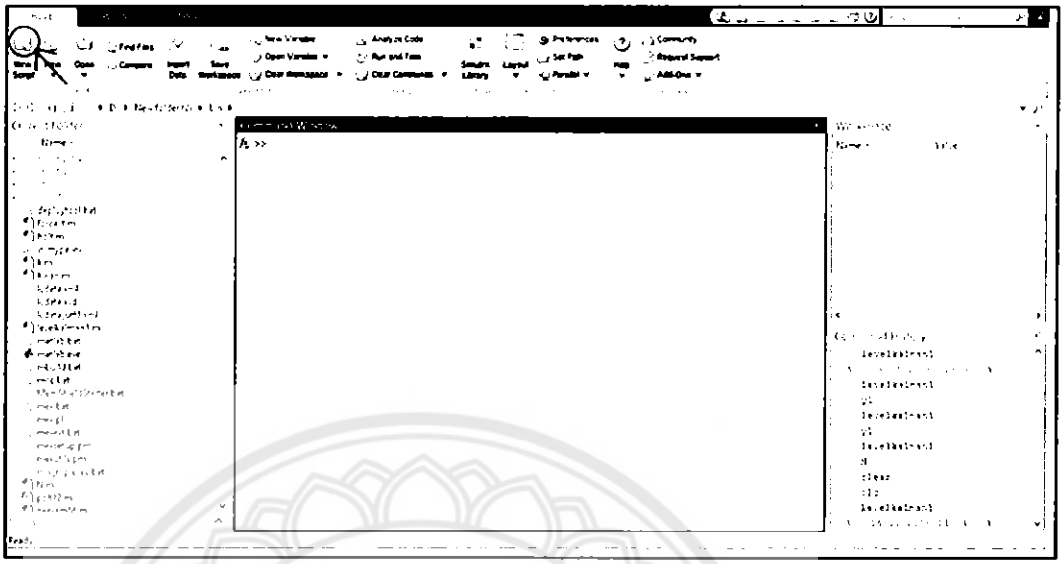
ซึ่งจะสามารถแบ่งหัวข้อของผลการเขียนแบบจำลอง และการวิเคราะห์ได้ ดังต่อไปนี้

4.1 การใช้งานซอฟแวร์ MATLAB เบื้องต้น



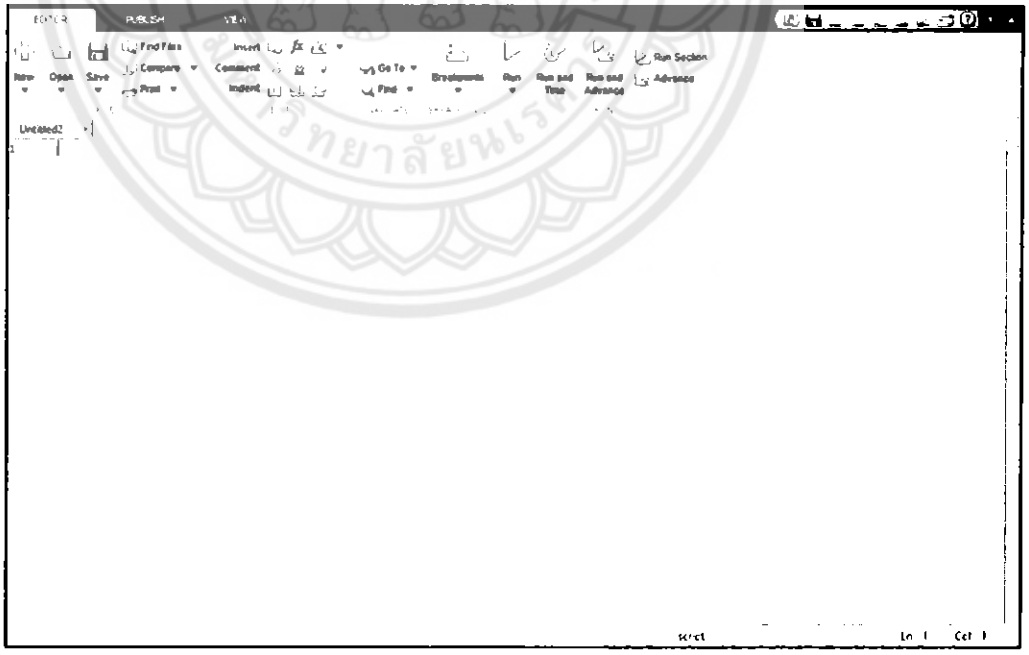
รูปที่ 4.1 หน้าต่างซอฟแวร์ MATLAB

4.1.1 เรียกใช้งาน New Script



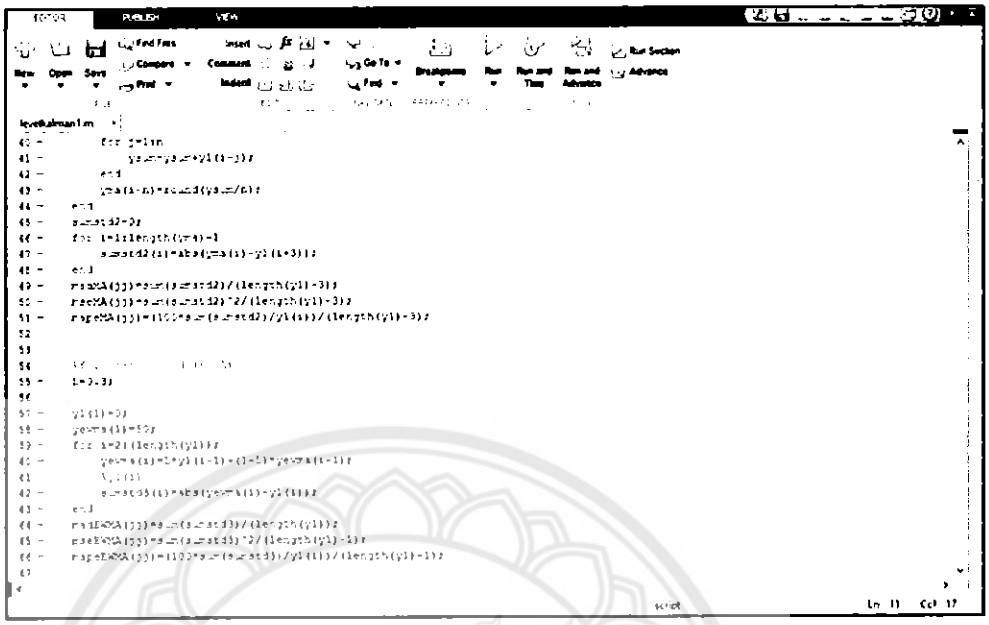
รูปที่ 4.2 วิธีเรียกใช้งาน New Script สำหรับเขียนโปรแกรม

4.1.2 หลังจากเรียกใช้งาน New Script แล้ว จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 หน้าต่าง New Script สำหรับเขียนโปรแกรม

4.1.3 เริ่มเขียนโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ ดังรูปที่ 4.4

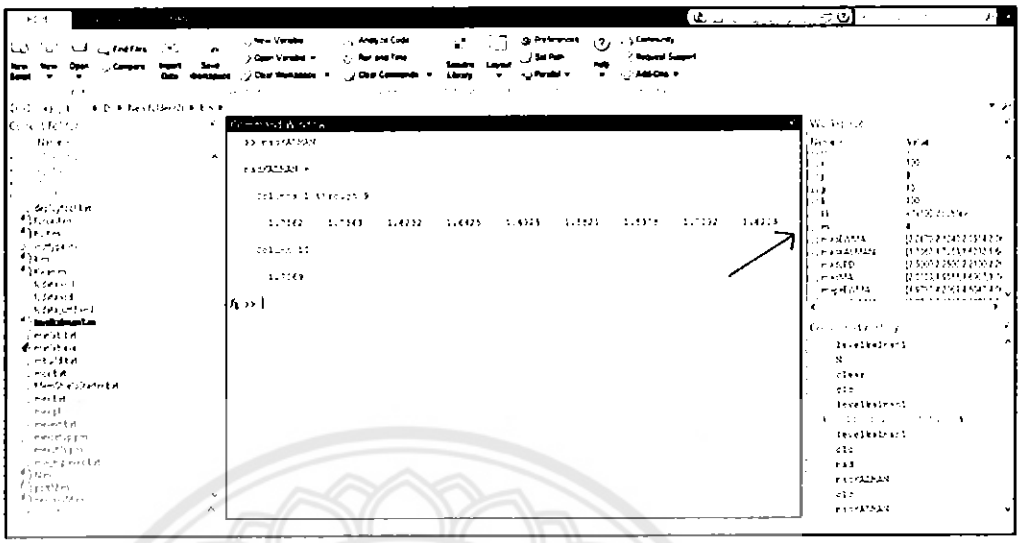


รูปที่ 4.4 หน้าต่างเมื่อเขียนโปรแกรม

4.1.4 เมื่อเขียนโปรแกรมเรียบร้อยให้ Save ก่อนกด Run ดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 วิธีบันทึกโปรแกรม

4.1.5 เมื่อกด Run แล้วสามารถเช็คค่าพารามิเตอร์ได้ที่หน้าต่าง Work Space ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 Work Space สำหรับเช็คค่าพารามิเตอร์

4.2 การทดสอบโปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ และให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องหรือไม่

4.2.1 การทดสอบโปรแกรมโดยใช้วิธีตัวกรองคาลมาน

ทำการทดสอบโปรแกรม โดยจะใช้ข้อมูลชุดเดียวกันกับงานวิจัย Kalman Filter Tank Filling Example : Water Level In Tank, Page 8

ตารางที่ 4.1 การทดสอบ Water Level In Tank

t	Predict		Update			
	$\bar{X}_k$	$\bar{P}_k$	Z_k	K_k	$\hat{X}_k$	P_k
3	0.8499	0.0501	1.1000	0.3339	0.9334	0.0334
4	0.9334	0.0335	1.0000	0.2509	0.9501	0.0251
5	0.9501	0.0252	0.9500	0.2012	0.9501	0.0201
6	0.9501	0.0202	1.0500	0.1682	0.9669	0.0168
7	0.9669	0.0169	1.2000	0.1447	1.0006	0.0145
8	1.0006	0.0146	0.9000	0.1272	0.9878	0.0145
9	0.9878	0.0128	0.8500	0.1136	0.9772	0.0114
10	0.9772	0.0115	1.1500	0.1028	0.9905	0.0103

ที่มา : www.cs.unc.edu/welch/kalman/media/pdf/kttool_models.pdf

จากตารางที่ 4.1 ทำการเขียนโปรแกรมการคำนวณ โดยใช้วิธีตัวกรองคาลมาน จากนั้นทำการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม จะมีค่าเท่ากันกับการคำนวณในงานวิจัย ดังตารางข้างต้น

4.2.2 การทดสอบโปรแกรมโดยใช้วิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ

ทำการทดสอบโปรแกรมโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกันกับ วิธี EWMA with Trend Correction จากหนังสือ Forecasting And Marketing Analysis

Example : EWMA with Trend Correction, Page 59

ตารางที่ 4.2 วิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ 3 วิธีการ

No.	Actual Demand	Last Period Demand	Three Month Moving Average	EWMA
		Forecast Demand	Forecast Demand	Forecast Demand
1	180	185	-	185
2	186	180	-	184
3	179	186	-	184
4	170	179	182	183
5	170	170	178	179
6	165	170	173	176
7	155	165	168	173
8	150	155	163	167
9	170	150	157	162
10	192	170	158	165
11	195	192	171	173
12	205	195	186	179
13	215	205	197	187
14	208	215	205	195
15	195	208	209	199
16	200	195	206	198
17	194	200	201	199
18	185	194	196	197
19	180	185	193	194
20	180	180	186	189
21	181	180	182	187
22	205	181	180	185
23	225	205	189	191

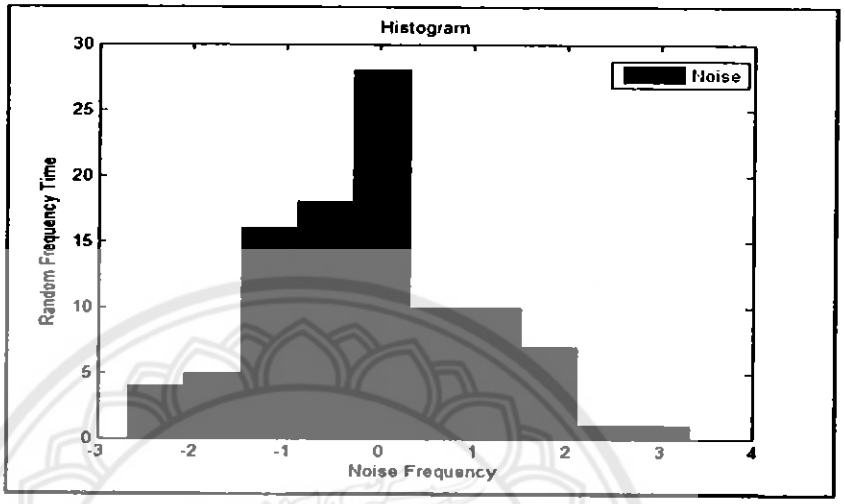
ตารางที่ 4.2 (ต่อ) วิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ 3 วิธีการ

No.	Actual Demand	Last Period Demand	Three Month Moving Average	EWMA
		Forecast Demand	Forecast Demand	Forecast Demand
24	235	225	204	201
25	225	235	222	211
26	225	225	228	215
27	215	225	228	218
28	225	215	222	217
29	210	225	222	220
30	200	210	217	217
31	204	200	212	212
32	195	204	205	209
33	210	195	200	205
34	220	210	203	207
35	240	220	208	211
36	250	240	223	219
37		250	237	229
24	235	225	204	201
25	225	235	222	211
26	225	225	228	215
27	215	225	228	218
28	225	215	222	217
29	210	225	222	220
30	200	210	217	217
31	204	200	212	212
32	195	204	205	209

จากตารางที่ 4.2 นำชุดข้อมูลดังกล่าว มาเขียนโปรแกรม บนซอฟแวร์ MATLAB และทำการทดสอบโปรแกรม นำมาเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ของชุดข้อมูล ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม มีค่าเท่ากับการคำนวณในหนังสือ ดังตารางข้างต้น

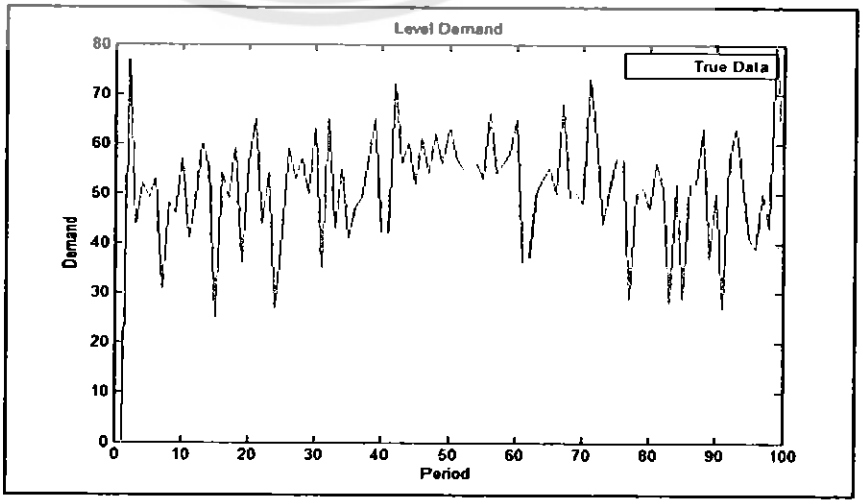
4.3 วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบระดับ (Time Series, Level)

อนุกรมเวลาแบบระดับ ข้อมูลจะใช้บอกระดับความต้องการสินค้าว่ามีระดับไหน ลักษณะกราฟจะมีความไม่แน่นอน แต่ค่าจะมีความใกล้เคียงกัน และมีความชันเป็นศูนย์ โดยให้ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ฮิสโตแกรมที่มีสัญญาณรบกวนภายในระบบ (1)

ในที่นี้ จะใช้ฟังก์ชัน Y(t) = mx(t) + b + Noise ในการสร้างชุดข้อมูลที่จะนำมาพยากรณ์ โดยที่ Y(t) คือ ชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นมาจากสมการเส้นตรง และเพิ่มสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม โดยให้สัญญาณรบกวนแบบสุ่มมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) จึงใช้คำสั่ง randn(,) ในการสร้างสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม ผลที่ได้จากฟังก์ชัน Y(t) = 50 + ค่าสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม ที่มีความยาวการสุ่มเท่ากับ 100 และค่าแปรผันเท่ากับ 10 แสดงดังรูปที่ 4.8

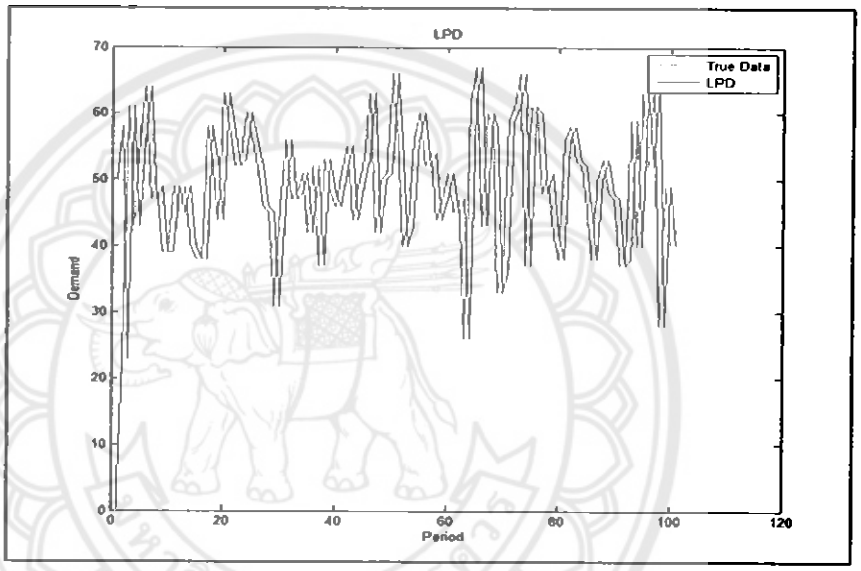


รูปที่ 4.8 ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแบบระดับที่นำมาพยากรณ์

จากข้อมูลในรูปที่ 4.8 ข้อมูลจะมีการกระจายตัวแบบปกติ และมีสัญญาณรบกวน จากนั้นนำข้อมูลชุดนี้มาหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการพยากรณ์แบบอื่น และวิธีตัวกรองคาลมาน บนซอฟแวร์ MATLAB

4.3.1 การพยากรณ์ข้อมูลแบบระดับ โดยใช้วิธีอุปสงค์ของช่วงเวลาก่อนหน้า (Last Period Demand Method, LPD)

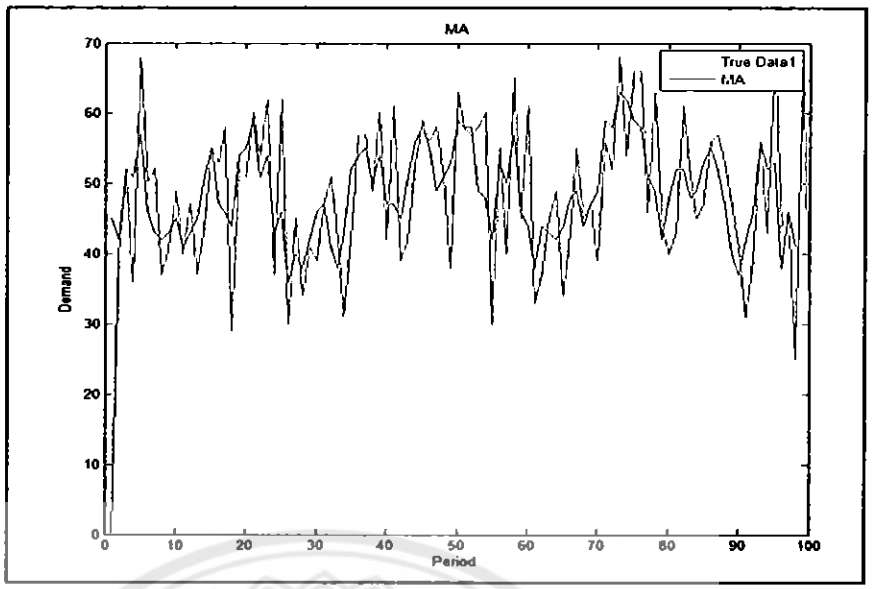
การหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี LPD ดังแสดงในสมการที่ 2.7 โดยใช้ค่าเริ่มต้น YLPD = 50 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี LPD

4.3.2 การพยากรณ์ข้อมูลแบบระดับ โดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (Moving Average Method, MA)

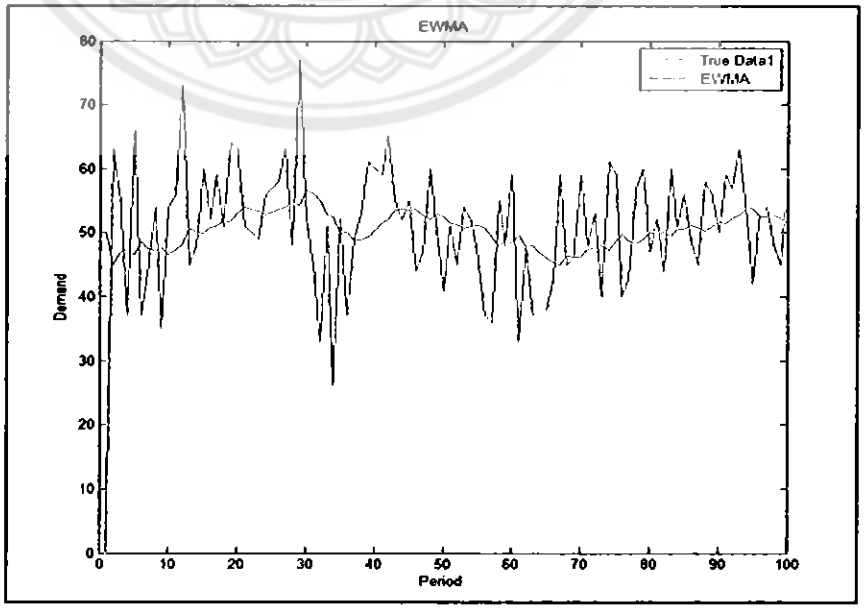
การหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี MA ในที่นี้ ได้เลือกใช้ 3 Months Moving Average (ใช้ค่าก่อนหน้า 3 เดือน) ดังแสดงในสมการที่ 2.8 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี MA

4.3.3 การพยากรณ์ข้อมูลแบบระดับ โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Exponential Weighted Moving Average Method, EWMA)

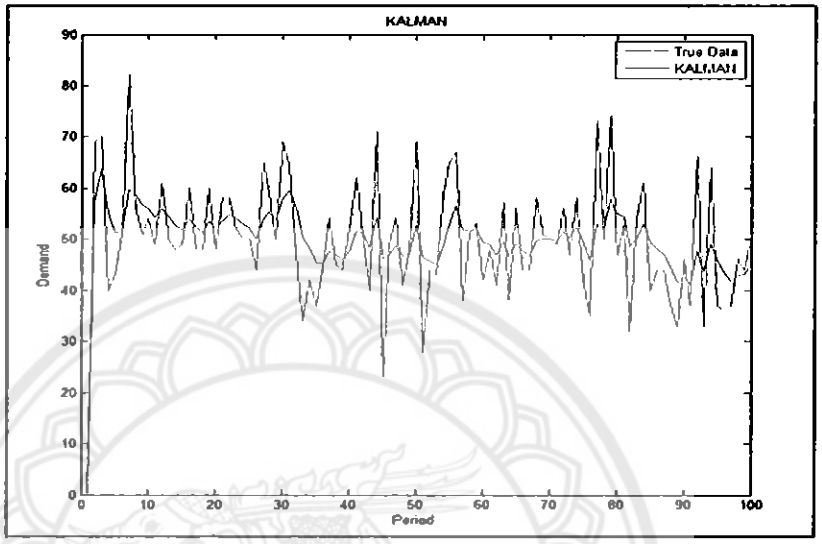
การหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี EWMA ดังแสดงในสมการที่ 2.9 ในที่นี้ กำหนดค่าคงที่ของการปรับเรียบ Alpha = 0.1 ซึ่งเป็นค่าปรับเรียบที่ดีที่สุดของวิธี EWMA สำหรับชุดข้อมูลที่นำมาพยากรณ์ ค่าเริ่มต้น Y1 (1) = 0 และค่าพยากรณ์เริ่มต้น YEWMA (1) = 50 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี EWMA

4.3.4 การพยากรณ์ข้อมูลแบบระดับ โดยใช้วิธีตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter)

การหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี ตัวกรองคาลมาน ดังแสดงในสมการที่ 2.4 ในที่นี้มีการกำหนดตัวแปร ได้แก่ เมตริกซ์ A = 1, ค่าเริ่มต้น Xh (1) = 0, P (1) = 50, Q = 0.9, H = 1 และค่า R = 10 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี Kalman Filter

4.3.5 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการพยากรณ์ข้อมูลแบบระดับ

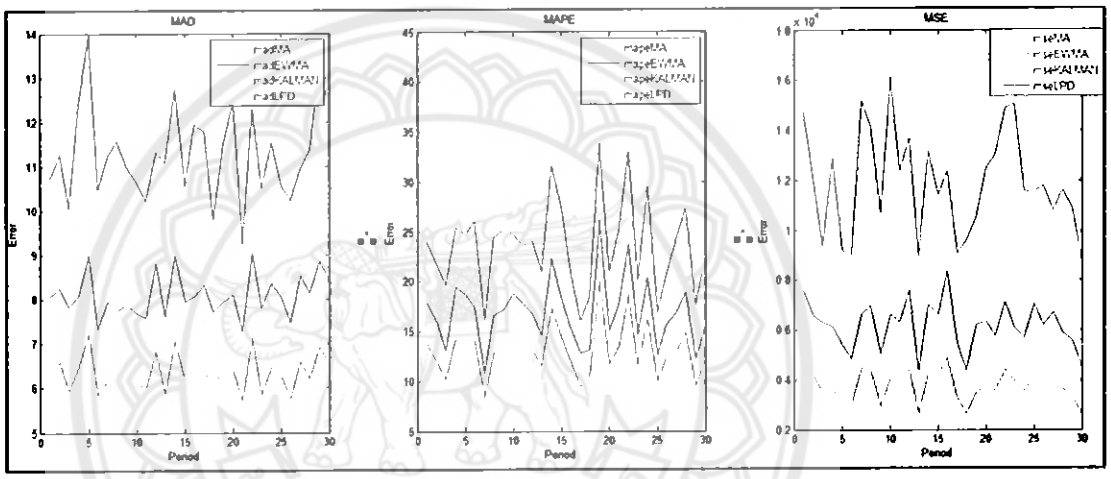
การทดสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของค่าที่พยากรณ์ได้กับค่าจริง โดยพิจารณาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ MAD, MAPE และ MSE จากการทดสอบค่าทั้งหมด 30 ครั้ง ผลที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์แบบระดับ

Level	MAD	MAPE	MSE
MA	9.43	19.84	8661.55
EWMA, Alpha = 0.1	8.37	18.88	7103.25
LPD	9.43	26.06	13553.49
Kalman Filter Q = 0.9, R = 10, A = 1	6.53	14.57	4230.83

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์แบบระดับเป็นร้อยละ

Forecasting Methods	MAD (ร้อยละ)	MAPE (ร้อยละ)	MSE (ร้อยละ)
Kalman Filter น้อยกว่า MA	69.25	73.44	48.85
Kalman Filter น้อยกว่า EWMA	78.02	77.17	59.56
Kalman Filter น้อยกว่า LPD	69.25	55.91	31.22

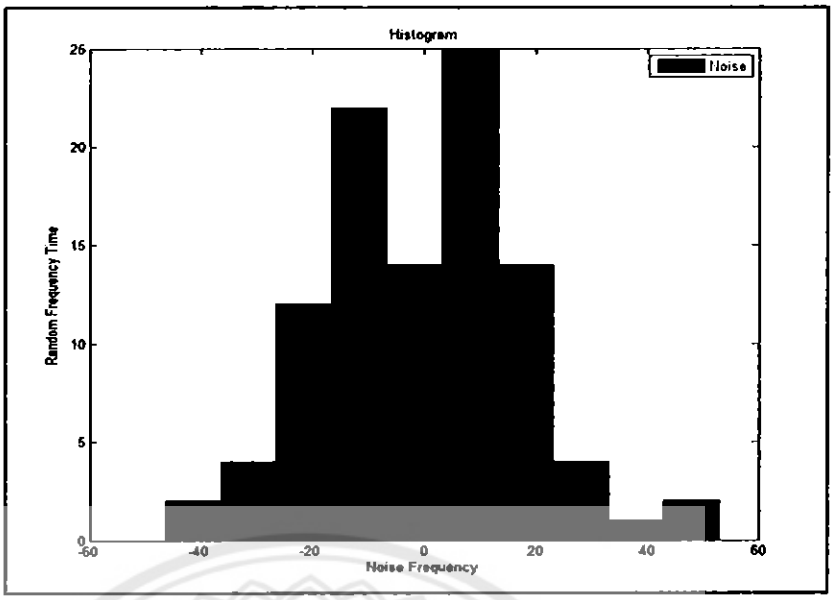


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์แบบระดับ โดยทดสอบ 30 ครั้ง

จากรูปที่ 4.13 ข้อมูลที่นำมาพยากรณ์ เป็นข้อมูลที่สร้างขึ้นมาจากสมการเส้นตรง ที่มีสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม (Noise) โดยจะใช้ฟังก์ชัน Y(t) = mx(t) + b + Noise ในการใช้งานตัวกรองคาลมาน เพื่อการพยากรณ์นั้น จะต้องกำหนดค่าคงที่ต่างๆ ในตัวกรองคาลมาน ในที่นี้ คือ ค่า Q และ R ซึ่งค่าทั้งสองจะมีผลต่อการพยากรณ์

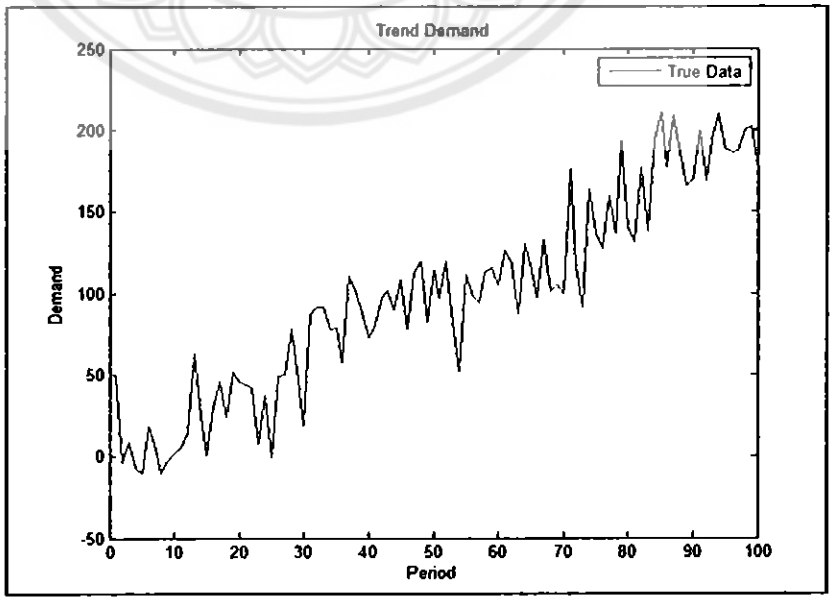
4.4 วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม (Time Series, Trend)

ข้อมูลชุดนี้เป็นข้อมูลที่สร้างขึ้น โดยให้อยู่ในรูปแบบของอนุกรมเวลาแบบมีแนวโน้ม กำหนดให้มีการกระจายตัวแบบปกติ ดังรูปที่ 4.14 และเพิ่มสัญญาณรบกวนเข้าไป ลักษณะของข้อมูลจะมีความชันเข้ามาเกี่ยวข้อง บ่งบอกแนวโน้มของความต้องการสินค้า ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 ฮิสโตแกรมที่มีสัญญาณรบกวนภายในระบบ (2)

ในที่นี้ จะใช้ฟังก์ชัน Y(t) = mx(t) + b + Noise โดยที่ Y(t) คือ ชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นจากสมการเส้นตรงที่มีความชันเข้ามาเกี่ยวข้อง และเพิ่มสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม โดยให้สัญญาณรบกวนแบบสุ่มมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) จึงใช้คำสั่ง randn(,) ในการสร้างสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม ผลที่ได้จากฟังก์ชัน Y(t) = mx(t) + สัญญาณรบกวนแบบสุ่ม โดยที่มีค่าความชันเท่ากับ 10, จุดตัดแกน x มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 100, ความยาวการสุ่มเท่ากับ 100 และค่าแปรผันเท่ากับ 10 แสดงดังรูปที่ 4.15

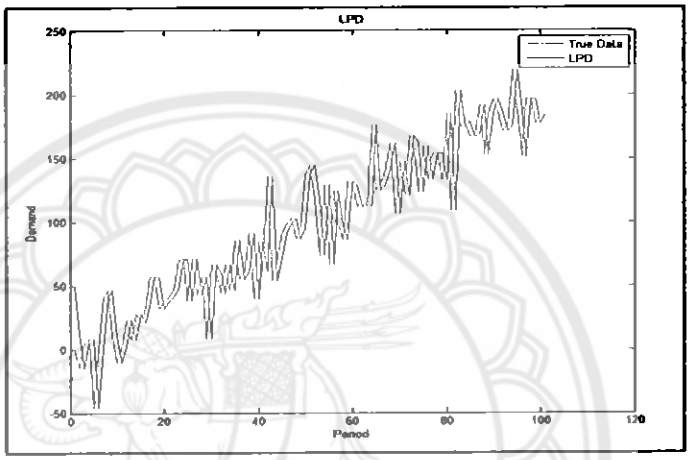


รูปที่ 4.15 ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแบบมีแนวโน้มที่นำมาพยากรณ์

จากข้อมูลในรูปที่ 4.15 ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ และมีสัญญาณรบกวน นำข้อมูลชุดนี้มาหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการพยากรณ์ และวิธีตัวกรองคาลมาน บนซอฟแวร์ MATLAB

4.4.1 การพยากรณ์ข้อมูลแบบแนวโน้ม โดยวิธีอุปสงค์ของช่วงเวลาก่อนหน้า (Last Period Demand Method, LPD)

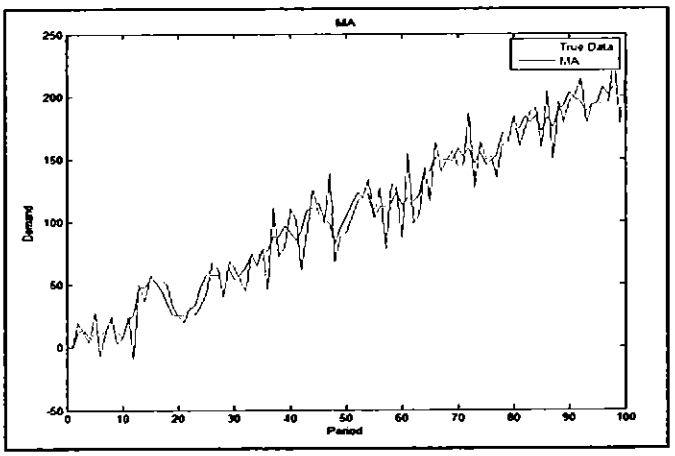
การหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี LPD ดังแสดงในสมการที่ 2.7 โดยใช้ค่าปีก่อนหน้า YLPD = 50 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี LPD

4.4.2 การพยากรณ์ข้อมูลแบบแนวโน้ม โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (Moving Average Method, MA)

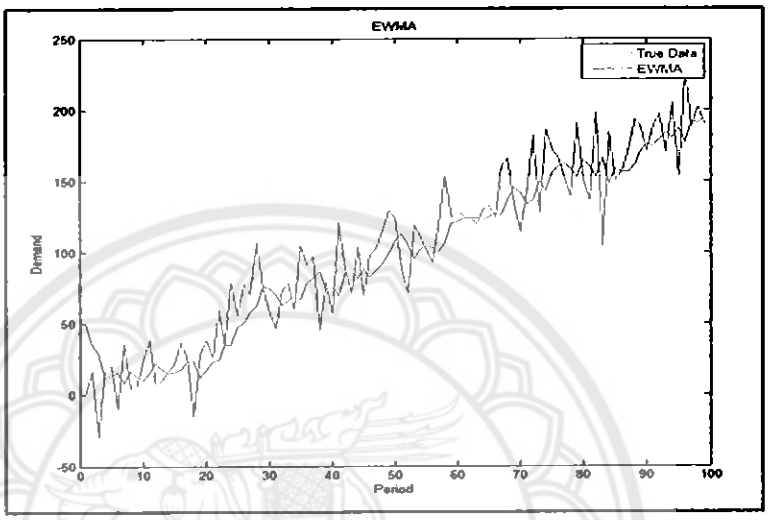
การหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี MA ในที่นี้ได้เลือกใช้ 3 Months Moving Average (ใช้ค่าก่อนหน้า 3 เดือน ในการพยากรณ์) ดังแสดงในสมการที่ 2.8 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี MA

4.4.3 การพยากรณ์ข้อมูลแบบแนวโน้ม โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Exponential Weighted Moving Average Method, EWMA)

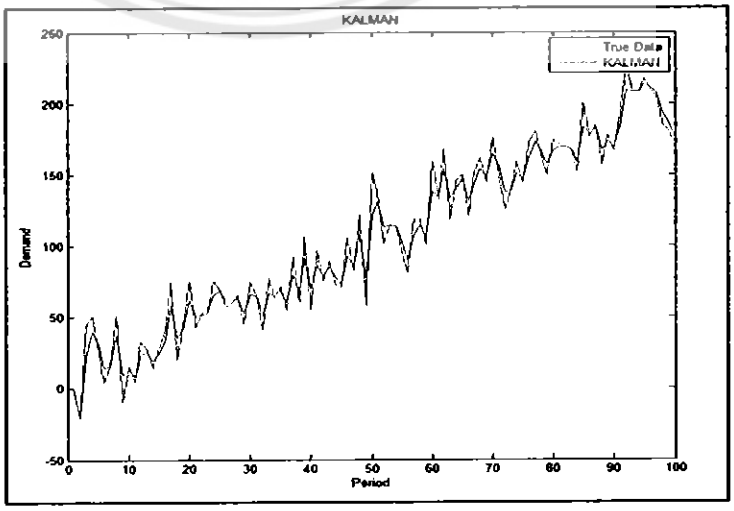
การหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี EWMA ดังแสดงในสมการที่ 2.9 ในที่นี้ กำหนดตัวแปร Alpha = 0.3 ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดสำหรับวิธี EWMA ค่าพยากรณ์เริ่มต้น Y1 (1) = 0 และค่าพยากรณ์เริ่มต้น YEWMA (1) = 50 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี EWMA

4.4.4 การพยากรณ์ข้อมูลแบบแนวโน้ม โดยใช้วิธีตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter)

การหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีตัวกรองคาลมาน ดังแสดงในสมการที่ 2.4 จะกำหนดตัวแปร A = 1 ค่าเริ่มต้น Xh(1) = 0, P(1) = 50, Q = 0.9, H = 1 และ R = 1 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีตัวกรองคาลมาน

4.4.6 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการพยากรณ์ข้อมูลแบบแนวโน้ม

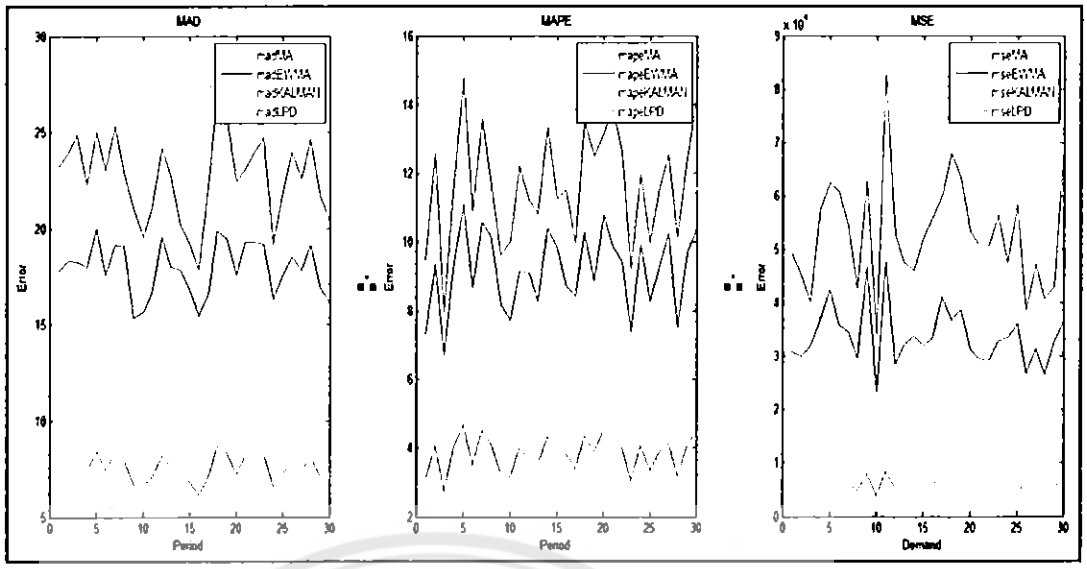
การทดสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของค่าที่พยากรณ์ได้กับค่าจริง โดยพิจารณาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ MAD, MAPE และ MSE จากการทดสอบค่าทั้งหมด 30 ครั้ง ผลที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม

Trend	MAD	MAPE	MSE
MA	18.63	9.59	33858.88
EWMA, Alpha = 0.3	17.96	9.19	32740.20
LPD	22.50	11.52	51581.98
Kalman Filter Q = 0.9, H = 1, R = 10, A = 1	7.52	3.81	5642.17

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์แบบแนวโน้มเป็นร้อยละ

Forecasting Methods	MAD (ร้อยละ)	MAPE (ร้อยละ)	MSE (ร้อยละ)
Kalman Filter น้อยกว่า MA	40.37	39.73	16.66
Kalman Filter น้อยกว่า EWMA	41.87	41.46	17.23
Kalman Filter น้อยกว่า LPD	33.42	33.07	10.94

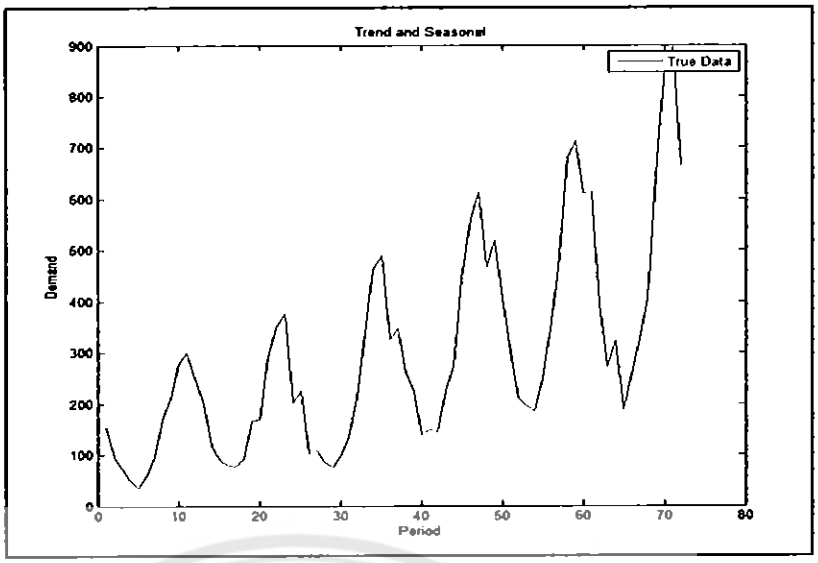


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์**แบบแนวโน้ม**

จากรูปที่ 4.20 ข้อมูลที่นำมาพยากรณ์ เป็นข้อมูลที่สร้างขึ้นมาโดยใช้สม**การเส้นตรงที่มีความชัน**และสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม คือ Y(t) = mx(t) + b + Noise โดยที่มีค่า**ความชันเท่ากับ** 10, **จุดตัด**แกน x มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 100, ความยาวการสุ่มเท่ากับ 100 และค่าแปรผันเท่ากับ 10 **จะเห็นได้ว่าค่า**ความคลาดเคลื่อนของวิธีตัวกรองคาลมาน ทั้งแบบ MAD, MAPE และ MSE **มีค่าความเคลื่อนน้อย**กว่าวิธีอื่นๆ และการใช้งานตัวกรองคาลมาน เพื่อการพยากรณ์นั้น จะต้องมีการ**ตั้งค่าคงที่ต่างๆ ในตัว**กรองคาลมาน ในที่นี้ คือ ค่า Q และค่า R ซึ่งค่าทั้งสองจะมีผลต่อการพยากร**ณ์ ในสมการที่ใช้ในการ**พยากรณ์ จะกำหนดขึ้นเองโดยผู้ใช้งาน

4.5 วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบมีแนวโน้ม และมีฤดูกาล (Time Series, Trend and Seasonal)

ข้อมูลชุดนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา มีการกระจายตัวแบบปกติ ของ Company X's Sales Data **จากหนังสือ** Time Series Analysis and Forecasting by Example **หน้า** 316 **กราฟที่ได้ แสดงดัง**รูปที่ 4.21

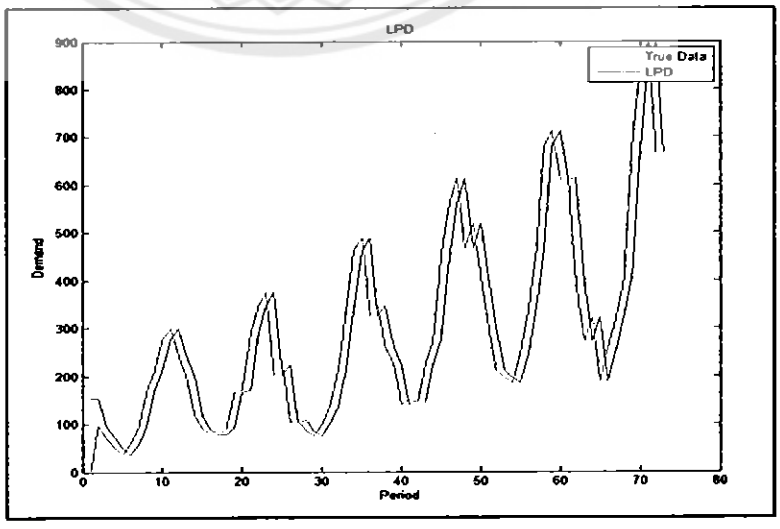


รูปที่ 4.21 ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแบบมีแนวโน้ม และฤดูกาลที่นำมาพยากรณ์

จากข้อมูลในรูปที่ 4.21 ข้อมูลจะเป็นการกระจายตัวแบบปกติ และมีความชัน คือข้อมูลอนุมกรมเวลาแบบมีแนวโน้ม และฤดูกาล นำข้อมูลชุดดังกล่าวมาหาค่าพารามิเตอร์ โดยวิธีการพยากรณ์แบบต่างๆ ดังนี้

4.4.1 การพยากรณ์ข้อมูลแบบแนวโน้ม และฤดูกาล โดยใช้วิธีอุปสงค์ของช่วงเวลาก่อนหน้า (Last Period Demand Method, LPD)

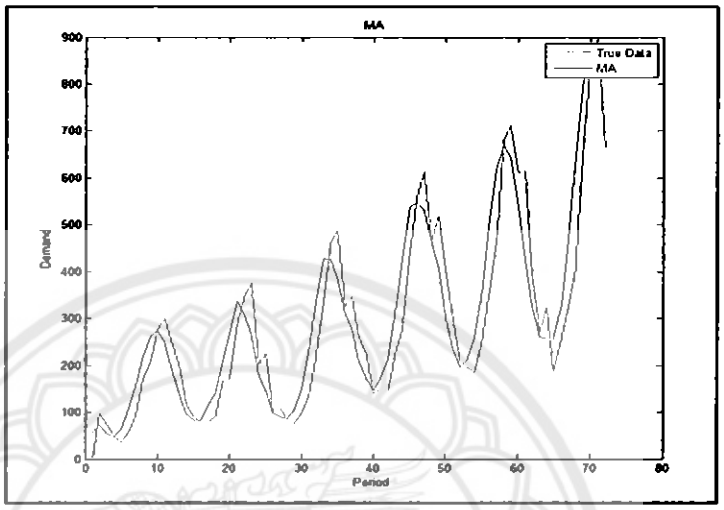
การหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี LPD ดังแสดงในสมการที่ 2.7 โดยใช้ค่าความต้องการปีก่อนหน้า YLPD = 154 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี LPD

4.4.2 การพยากรณ์ข้อมูลแบบแนวโน้ม และฤดูกาล โดยวิธีค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (Moving Average Method, MA)

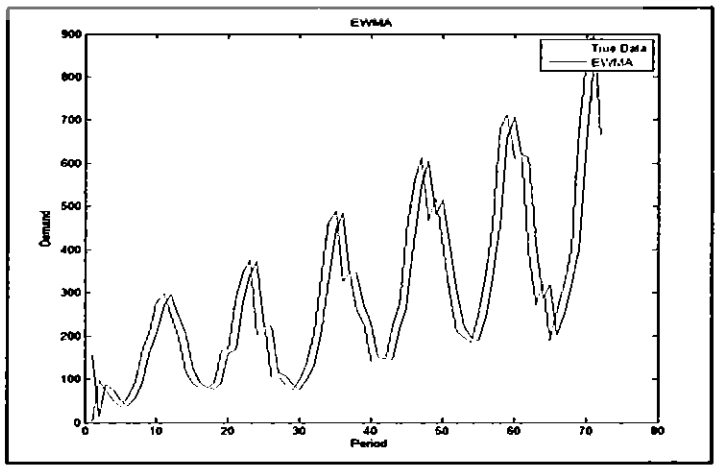
การหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี MA ในที่นี้ได้เลือกใช้ 3 Months Moving Average (ใช้ค่าก่อนหน้า 3 เดือน ในการพยากรณ์) ดังแสดงในสมการที่ 2.8 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี MA

4.4.3 การพยากรณ์ข้อมูลแบบแนวโน้ม และฤดูกาล โดยจะใช้วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Exponential Weighted Moving Average Method, EWMA)

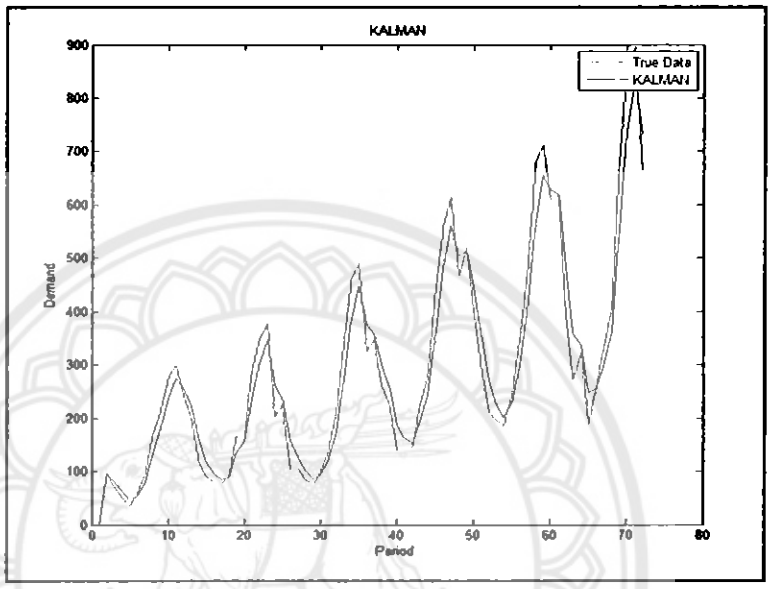
การหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี EWMA ดังแสดงในสมการที่ 2.9 **ในที่นี้ กำหนดตัวแปร** Alpha = 0.9 ซึ่งเป็นค่าปรับเรียบที่ดีที่สุด ค่าเริ่มต้น Y1(1) = 0 และค่าพยากรณ์เริ่มต้น YEWMA (1) = 154 ผลที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี EWMA

4.4.4 การพยากรณ์ข้อมูลแบบแนวโน้ม และฤดูกาล โดยจะใช้วิธีตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter)

การหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีตัวกรองคาลมาน ดังแสดงในสมการที่ 2.4 ในที่นี้จะต้องกำหนดตัวแปร เมตริกซ์ A = 1, ค่าเริ่มต้น Xh(1) = 0 , P(1) = 90, Q = 0.9, H = 1 และ R = 1 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีตัวกรองคาลมาน

4.4.5 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการพยากรณ์ข้อมูลแบบแนวโน้ม และฤดูกาล

การทดสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่าที่พยากรณ์ได้กับค่าจริง โดยพิจารณาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ MAD, MAPE และ MSE จากการทดสอบค่าทั้งหมด 30 ครั้ง ผลที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบแนวโน้ม และฤดูกาล

Trend and Seasonal	MAD	MAPE	MSE
MA	18.63	9.59	33858.88
EWMA, Alpha = 0.9	20.03	9.20	47655.61
LPD	24.02	11.35	61759.45
Kalman Filter Q = 0.9, H = 1, R = 1, A = 1	7.53	3.81	5642.17

ตารางที่ 4.8 ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์แบบแนวโน้ม และแบบฤดูกาลเป็นร้อยละ

Forecasting Methods	MAD (ร้อยละ)	MAPE (ร้อยละ)	MSE (ร้อยละ)
Kalman Filter น้อยกว่า MA	24.32	39.73	16.66
Kalman Filter น้อยกว่า EWMA	37.59	41.41	11.84
Kalman Filter น้อยกว่า LPD	31.35	33.57	9.14

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีตัวกรองคาลมาน แบบ MAD, MAPE และ MSE มีค่าความเคลื่อนน้อยกว่าวิธีพยากรณ์แบบอื่นๆ แสดงว่าวิธีตัวกรองคาลมานพยากรณ์ค่าได้ดีที่สุดในชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแบบมีแนวโน้ม และฤดูกาลที่นำมาพยากรณ์ ในการใช้งานตัวกรองคาลมาน เพื่อการพยากรณ์นั้น จะต้องมีการตั้งค่าคงที่ต่างๆ ในตัวกรองคาลมาน ในที่นี้ คือ ค่า Q และ R ซึ่งค่าทั้งสองจะมีผลต่อการพยากรณ์ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรนั้นๆ

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินโครงงานนี้ เป้าหมายของการดำเนินโครงการงาน คือ ศึกษาตัวกรองคาลมาน และประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งผู้ดำเนินโครงงาน สามารถสรุปผลการดำเนินโครงงานได้ ดังนี้

5.1 บทสรุป

จากการดำเนินโครงงานในครั้งนี้ ทำให้ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ช่วยในการหาค่าพารามิเตอร์ สำหรับการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า ระหว่างการใช้วิธีตัวกรองคาลมาน เปรียบเทียบกับวิธีพยากรณ์แบบอุปสงค์ของช่วงเวลาก่อนหน้า, วิธีค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่, วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก และวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพแนนเชียล ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจัดการสินค้าคงคลังได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ โดยหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยสุดของการพยากรณ์ โดยใช้ค่า MAD, MAPE และ MSE ในการหาวิธีพยากรณ์ และค่าที่ดี ที่ยอมรับได้

ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยสุดของการพยากรณ์ ตัวกรองคาลมาน เป็นวิธีพยากรณ์ที่ดีที่สุด เพราะมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับวิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ โดยสามารถแสดงค่าเป็นร้อยละได้ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์เป็นร้อยละ

Time Series	Forecasting Methods	MAD (ร้อยละ)	MAPE (ร้อยละ)	MSE (ร้อยละ)
Level	Kalman Filter น้อยกว่า MA	69.25	73.44	48.85
	Kalman Filter น้อยกว่า EWMA	78.02	77.17	59.56
	Kalman Filter น้อยกว่า LPD	69.25	55.91	31.22
Trend	Kalman Filter น้อยกว่า MA	40.37	39.73	16.66
	Kalman Filter น้อยกว่า EWMA	41.87	41.46	17.23
	Kalman Filter น้อยกว่า LPD	33.42	33.07	10.94

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการพยากรณ์เป็นร้อยละ

Time Series	Forecasting Methods	MAD (ร้อยละ)	MAPE (ร้อยละ)	MSE (ร้อยละ)
Trend and Seasonal	Kalman Filter น้อยกว่า MA	24.32	39.73	16.66
	Kalman Filter น้อยกว่า EWMA	37.59	41.41	11.84
	Kalman Filter น้อยกว่า LPD	31.35	33.57	9.14

5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงาน

ในการใช้งานตัวกรองคาลมานเพื่อการพยากรณ์นั้น จะต้องมีการตั้งค่าคงที่ต่างๆ ในตัวกรองคาลมาน ในที่นี้ คือ ค่า Q และ R ซึ่งค่าทั้งสองจะมีผลกระทบต่อความถูกต้องการพยากรณ์

ค่าเริ่มต้น และค่าตัวแปรที่เป็นค่าคงที่ต่างๆ ในสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ จะกำหนดขึ้นเองโดยผู้ใช้งาน ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้มีผลต่อการพยากรณ์ เพื่อให้การพยากรณ์มีความถูกต้อง และแม่นยำมากขึ้น จึงควรมีการศึกษาถึงผลกระทบของค่าเริ่มต้น และค่าคงที่ต่างๆ เหล่านี้ ที่มีผลต่อการพยากรณ์

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาสิ่งสำคัญ จะต้องพิจารณาเลือกรูปแบบของการพยากรณ์ให้สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูล เพื่อผลการพยากรณ์ที่แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ

5.3.2 ในการดำเนินโครงงาน ใช้วิธีตัวกรองคาลมานเปรียบเทียบกับวิธีพยากรณ์แบบอุปสงค์ของช่วงเวลาก่อนหน้า, วิธีค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่, วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก และวิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพแนนเชียล ในการพยากรณ์นั้น ยังมีวิธีอื่น ที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ และใช้ในโครงงานได้ ในที่นี้ ผู้ดำเนินโครงงานได้เสนอแนะวิธีการปรับเรียบด้วยเอ็กซ์โพแนนเชียลสองชั้น (Double Exponential Smoothing) ซึ่งเป็นวิธีการปรับเรียบโดยนำค่าของการพยากรณ์มาปรับเรียบซ้ำอีกครั้ง เพื่อลดปัจจัยที่ทำให้ค่าพยากรณ์เกิดความคลาดเคลื่อน โดยมีสมการดังนี้

$$Y_t = \alpha Y_{t-1} + (1-\alpha)Y_{t-1} \quad (5.1)$$

$$\acute{Y}_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)\acute{Y}_{t-1} \quad (5.2)$$

โดยที่

Y_t คือ ค่าพยากรณ์จากวิธีการปรับเรียบด้วยเอ็กซ์โพแนนเชียลหนึ่งชั้น

Y_{t-1} คือ ค่าจริง ณ เวลาที่ t

$\acute{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์จากการปรับเรียบด้วยเอ็กซ์โพแนนเชียลสองชั้น

เอกสารอ้างอิง

พรชัย ทรัพย์นิธิ. (2547). **คู่มือการใช้โปรแกรม MATLAB.**

มุกดา แม้นมินทร์. (2549). **อนุกรมเวลาและการพยากรณ์.** กรุงเทพมหานครฯ: โฟร์พริ้นติ้ง จำกัด

วิทยา สุหฤทดำรง. (2545). **การจัดการโซ่อุปทาน (Supply Chain Management).**

Andrew C.Harvet. (2533). **Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter.**

Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews. (2001). **Kalman Filtering Theory and** Practice Using MATLAB.

Katharina Amann. (2012). **An Approach of Forecasting Customer Demand with the** Discrete Kalman Filter for the Calculation of Lot Size.

Soren Bisgaard and Murat Kulahci. (2011). **Time Series Analysis and Forecasting by** Example.

สืบค้นเมื่อ 6 กรกฎาคม 2556, จาก http://cs.brown.edu/stc/education/course/Kalman-Filters/kalman.html.

สืบค้นเมื่อ 9 กรกฎาคม 2556, จาก http://oakovermars.exteen.com/20110121/enterprise-systems-erp-supplychains-crm-and-km

สืบค้นเมื่อ 9 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.obgyn.cam.ac.uk/camonly/statsbook/ sttimser.html

สืบค้นเมื่อ 12 กรกฎาคม 2556, จาก http://en.wikipedia.org/wiki/Kalman_filter

สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2556, จาก http://teacher.aru.ac.th/waraporn/images/stories/stabu/lesson10.pdf

สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2556, จาก www.oocities.org/goodyuta/time02.doc

สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2556, จาก www.mathworks.com/products/.../description6.html

สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2556, จาก www.teacher.aru.ac.th/waraporn/images/stories/stabu/lesson10.pdf

ภาคผนวก ก

โค้ดการเขียนโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

อธิบายโค้ดการเขียนโปรแกรม

1. ฟังก์ชั่นสำหรับสร้างชุดข้อมูล

```
Y1 = 50 + 10 * Y(i)
```

ฟังก์ชันนี้จะใช้สร้างชุดข้อมูลที่เป็นแบบระดับโดยที่ไม่มีค่าความชันเข้ามาเกี่ยวข้อง

```
Y1 = 2 * DD + 20 * HHJ
```

โดยที่ HHJ = randn(1,100) และ DD = 1:1:100

ฟังก์ชันนี้จะใช้สร้างชุดข้อมูลที่เป็นแบบระดับโดยที่มีค่าความชันเข้ามาเกี่ยวข้อง

2. โค้ดโปรแกรมสมการตัวกรองคาลมาน

```
xm(k) = A*xh (k-1)
pm (k) = A*p(k-1)*(a') + Q
kk (k) = (pm(k)*h')*inv((h*pm(k)*h'+R))
xh (k) = xm(k)+kk(k)*(z(k)-h*xm(k))
P (k) = (1-kk(k)*h)*pm(k)
```

โดยที่ R และ Q เป็นค่าที่สามารถปรับได้ เป็นความแปรปรวนร่วม ที่ได้จากการประมวลผลของการวัดก่อนหน้า ใช้หาค่าความผิดพลาดได้จริงจากกระบวนการวัด โดยการคำนวณ ซึ่งทำได้ยากมาก จึงต้องมีการการประมาณค่า เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ของแบบจำลอง

3. โค้ดโปรแกรมสมการ EWMA

```
YEWMA (i) = Alpha * Y1(i-1) + (1-Alpha) * YEWMA(i-1)
```

ค่า Alpha คือค่าปรับเรียบข้อมูล สามารถปรับเปลี่ยนได้เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์มีค่าที่ดีที่สุด โดยที่ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

4. โค้ดโปรแกรมสมการ LPD

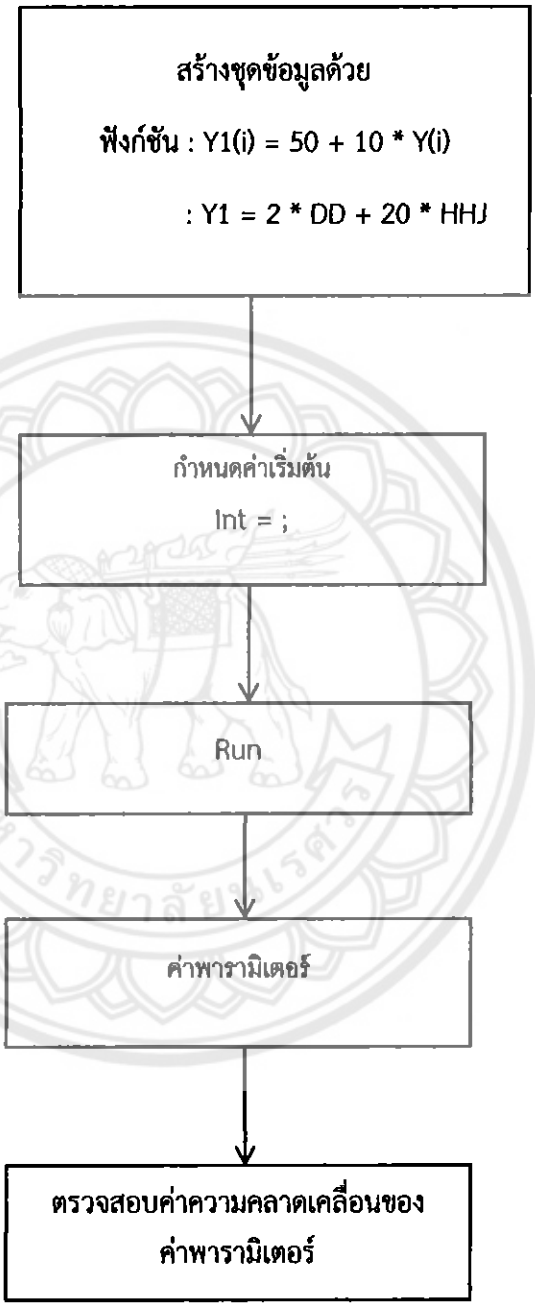
```
YLPD (i+1) = Y1(i)
```

5. โค้ดโปรแกรมสมการ MA

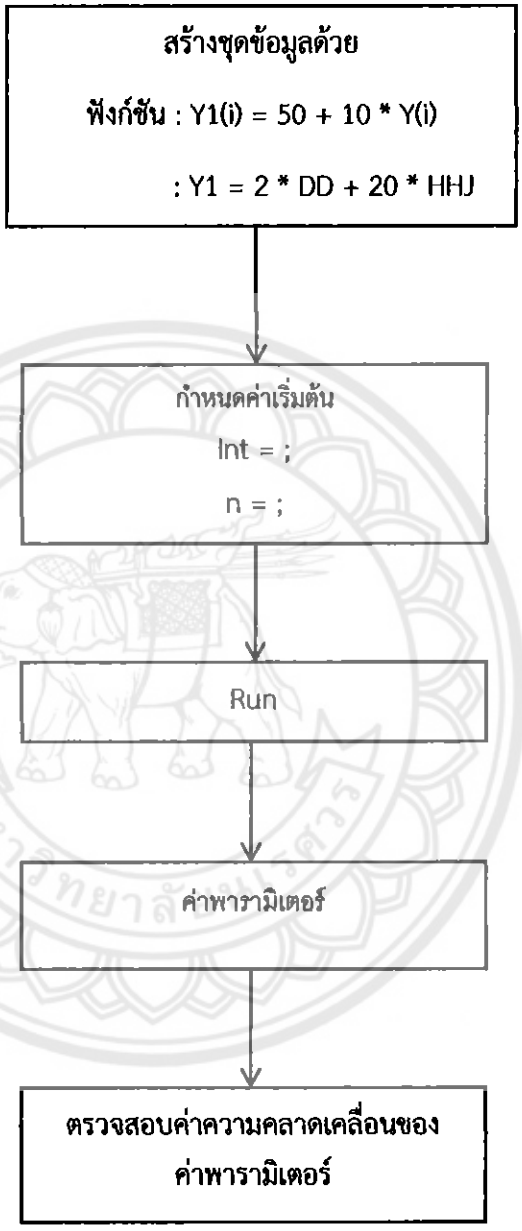
```
Ysum = ysum+Y1(i-j)
YMA (i-n) = round(ysum/n)
```

โดยที่ n คือ จำนวนเดือนก่อนหน้าที่เราต้องการหาค่าพารามิเตอร์

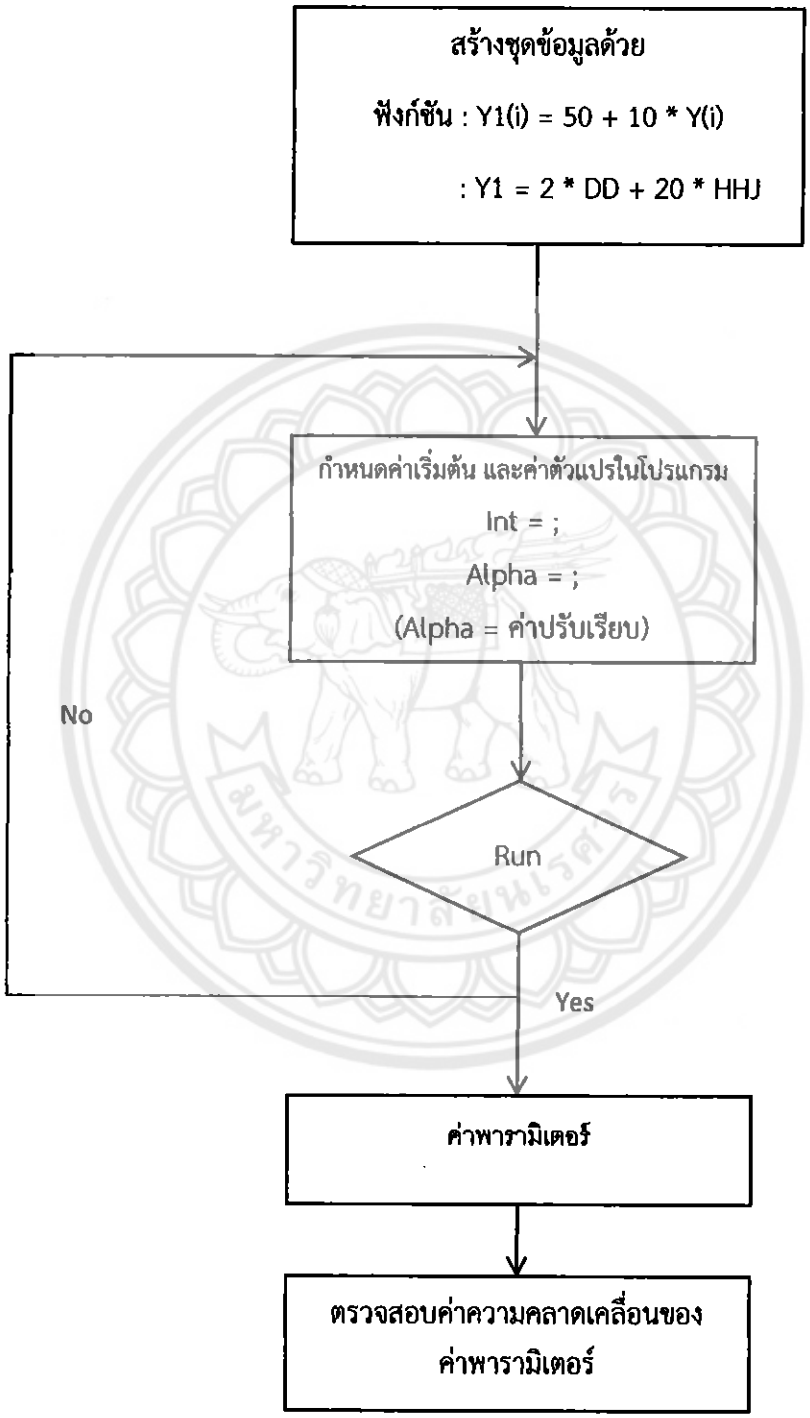
ขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีพยากรณ์แบบ LPD



ขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีพยากรณ์แบบ MA

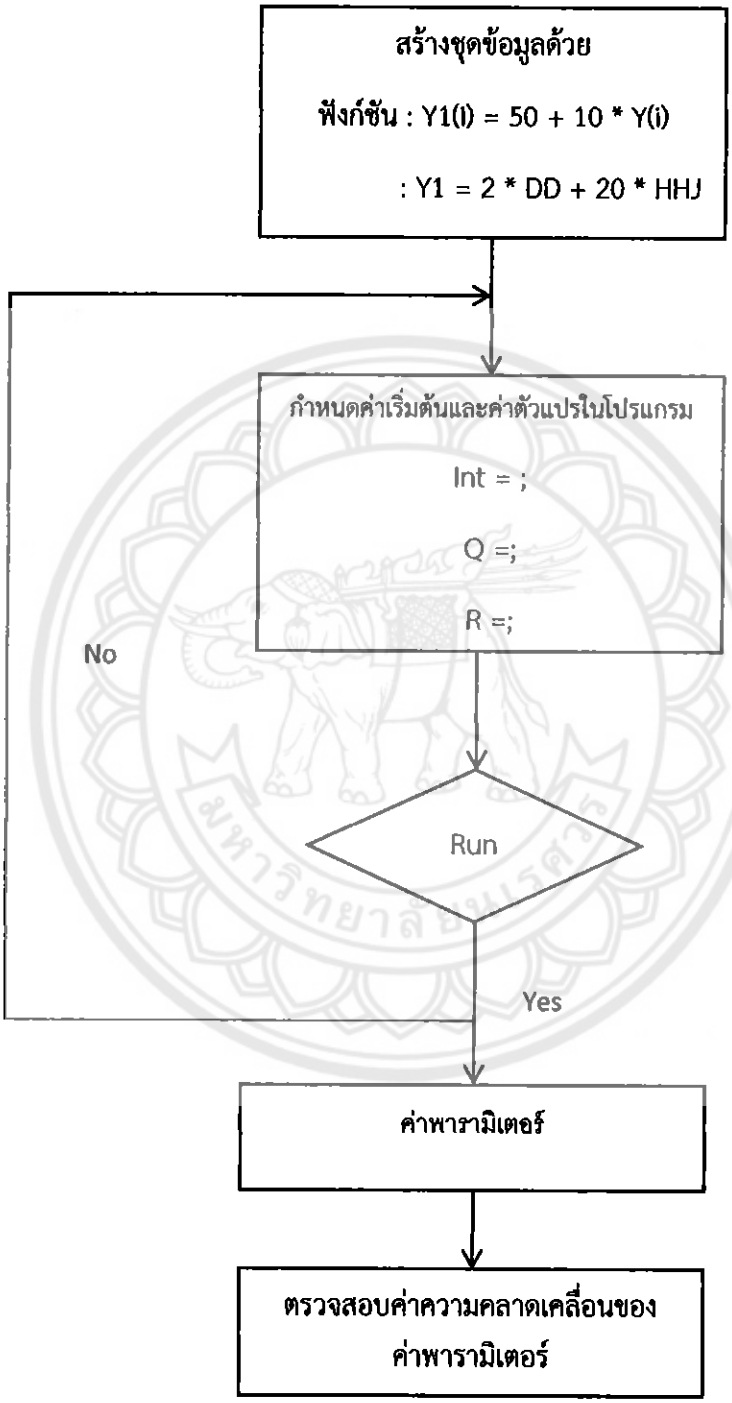


ขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีพยากรณ์แบบ EWMA



กำหนดค่าตัวแปร Alpha ใหม่ เพื่อหาค่าปรับเรียบที่ดีที่สุดสำหรับชุดข้อมูลที่นำมาหาค่าพารามิเตอร์

ขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีตัวกรองคาลมานบนซอฟแวร์ MATLAB



กำหนดค่าตัวแปร
Q และ R ใหม่ เพื่อ
ปรับค่าพารามิเตอร์