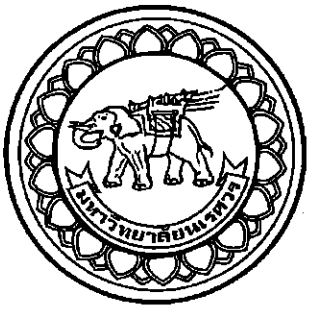


การควบคุมแก๊สทางการแพทย์คงคลังของโรงพยาบาล
กรณีศึกษา : โรงพยาบาลระดับตติยภูมิขั้นสูง

INVENTORY CONTROL OF MEDICAL GAS IN HOSPITAL : A CASE STUDY OF SUPER TERTIARY CARE HOSPITAL

นายปณิธิ สุขประเสริฐ รหัส 53361283

นางสาวภณิดา จารุนัย รหัส 53361412

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2556

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 22 ม.ค. 57
เลขทะเบียน 16549111
เลขเรียกหนังสือ ว.ส.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว/1480 2556

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การควบคุมแก๊สคงคลังของโรงพยาบาล กรณีศึกษา : โรงพยาบาลระดับตติยภูมิขั้นสูง

ผู้ดำเนินโครงงาน นายปณิธิ สุขประเสริฐ รหัส 53361283

นางสาวภณิดา จารุนัย รหัส 53361412

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย ฤตวิรุฬห์

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2556

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย ฤตวิรุฬห์)

.....กรรมการ

(ดร.โพธิ์งาม สมกุล)

.....กรรมการ

(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การควบคุมแก๊สทางการแพทย์คงคลังของโรงพยาบาล กรณีศึกษา : โรงพยาบาลระดับตติยภูมิขั้นสูง
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายปณิธิ สุขประเสริฐ รหัส 53361283
	นางสาวภณิดา จารุนัย รหัส 53361412
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย ฤตวิรุฬห์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2556

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ ได้ทำการศึกษาการควบคุมแก๊สทั้ง 6 ชนิด และออกซิเจนเหลวของโรงพยาบาลกรณีศึกษา โดยแก๊สทั้ง 6 ชนิด มีจำนวนน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้ในโรงพยาบาล และจุดสั่งซื้อออกซิเจนเหลวที่ใช้อยู่ได้จากการประมาณการ นอกจากนี้แผนกเครื่องมือแพทย์ยังไม่มีการควบคุมคงคลังแก๊ส ไม่ทราบปริมาณแก๊สที่คาดว่าจะใช้ และปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย

วิธีดำเนินโครงงาน คือ เก็บรวบรวมข้อมูลการจัดซื้อแก๊สในโรงพยาบาลย้อนหลังอย่างน้อย 1 ปี พยากรณ์ปริมาณการใช้แก๊สในแต่ละเดือน แก๊สออกซิเจน 2 คิว แก๊สไนโตรเจน และออกซิเจนเหลว ใช้ทฤษฎีการพยากรณ์คือ Holt's Model, Winter's Model และ Damped Trend Exponential Smoothing ตามลำดับ ส่วนแก๊สทั้ง 4 ชนิด คือ แก๊สออกซิเจน 5 คิว, แก๊สออกซิเจน 7 คิว, แก๊สไนตรัสออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่สามารถพยากรณ์ได้ เนื่องจากมีปริมาณการใช้น้อย ซึ่งค่าที่ได้จากการพยากรณ์นำไปใช้ได้เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 20 และนำค่าที่ใช้ได้นั้นเป็นอุปสงค์คำนวณหานโยบายสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย 3 นโยบาย คือ นโยบายทบทวนแบบต่อเนื่อง นโยบายทบทวนแบบเป็นรอบ และนโยบายระบบผสม

จากนั้นวิเคราะห์เลือกนโยบายได้ว่า แก๊สออกซิเจน 2 คิว และออกซิเจนเหลวเหมาะกับนโยบายทบทวนแบบต่อเนื่อง แก๊สออกซิเจน 5 คิว, แก๊สออกซิเจน 7 คิว, แก๊สไนโตรเจน, แก๊สไนตรัสออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์เหมาะกับนโยบายระบบผสม โดยมีจุดสั่งซื้อของออกซิเจนเหลวใหม่ คือ 62 นิ้วน้ำ โดยระดับรอบการให้บริการร้อยละ 99 ซึ่งเดิม คือ 50 นิ้วน้ำโดยระดับรอบการให้บริการร้อยละ 96.61 และ 60 นิ้วน้ำโดยระดับรอบการให้บริการร้อยละ 98.86 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง “การควบคุมแก๊สทางการแพทย์คงคลังของโรงพยาบาล กรณีศึกษา : โรงพยาบาลระดับระดับตติยภูมิขั้นสูง” ที่จัดทำขึ้นนี้ ประสบผลสำเร็จและลุล่วงไปได้นั้น ต้องขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย ฤตวิรุฬห์ ที่ปรึกษาโครงงาน ที่คอยติดตาม และให้คำแนะนำทุกๆ เรื่องในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณอาจารย์ และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่คอยตักเตือนและให้คำแนะนำในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามาดา ที่คอยให้กำลังใจ ตักเตือน สั่งสอน และให้ทุนในการทำโครงงานจนประสบผลสำเร็จ

ผู้ดำเนินโครงงาน
นายปณิธิ สุขประเสริฐ
นางสาวภณิดา จารุนัย

พฤศจิกายน 2556

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน 2

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ 2

1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 4

2.1 วิธีการพยากรณ์ 4

2.2 วิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา 6

2.3 การวัดความผิดพลาดในการพยากรณ์ 11

2.4 การบริหารของคงคลัง 12

2.5 การควบคุมของคงคลังและระบบจุดสั่งซื้อใหม่ 20

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 22

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการสั่งซื้อแก๊สในโรงพยาบาล 22

3.2 พยากรณ์ปริมาณการใช้ออกซิเจนในแต่ละเดือน 23

3.3 เลือกค่าปริมาณการใช้แก๊สที่ได้จากการพยากรณ์ที่เหมาะสม 25

3.4 คำนวณหาจุดสั่งซื้อของออกซิเจนเหลว 25

3.5 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ 26
4.1 เก็บรวบรวมข้อมูลแก๊สในโรงพยาบาล 26
4.2 การพยากรณ์ปริมาณการใช้แก๊สทางการแพทย์ในโรงพยาบาลในแต่ละเดือน 26
4.3 การหานโยบายควบคุมสินค้าคงคลัง 52
4.4 วิเคราะห์และเลือกนโยบาย 73

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 77
5.1 บทสรุป 77
5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงาน 77
5.3 ข้อเสนอแนะ 77

เอกสารอ้างอิง 78
ภาคผนวก ก 79
ภาคผนวก ข 83

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

2.1 วิธีการพยากรณ์ที่ได้อธิบายไปกับสถานการณ์ซึ่งใช้ได้ทั่วไป 10

4.1 ชนิดของแก๊สทางการแพทย์ที่ใช้ในโรงพยาบาล 26

4.2 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 2 คิว 27

4.3 แสดงปริมาณการใช้รายไตรมาสของแก๊สออกซิเจนขนาด 2 คิว 28

4.4 อุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาล และปัจจัยความเป็นฤดูกาล 29

4.5 แสดงค่า L, T และ S 32

4.6 สูตรตามเซลล์ในรูปที่ 4.3 32

4.7 แสดงค่า S, และ T 33

4.8 แสดงรูปตามเซลล์ที่ 4.4 35

4.9 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 5 คิว 35

4.10 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 7 คิว 36

4.11 ปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน 37

4.12 แสดงค่า L, T และ S 40

4.13 แสดงค่า F (ค่าการพยากรณ์), ค่า E (ค่าความคลาดเคลื่อน) และ ค่า MPE (ความผิดพลาดร้อยละเฉลี่ย) 41

4.14 ปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 42

4.15 ปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์ 43

4.16 ปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลว 44

4.17 แสดงค่า L และ T 48

4.18 แสดงค่า F (ค่าการพยากรณ์), ค่า E (ค่าความคลาดเคลื่อน) และ ค่า MPE (ความผิดพลาดร้อยละเฉลี่ย) 49

4.19 สรุปค่าตัวแปรและค่า MPE 51

4.20 แสดงปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิว เป็นรายเดือน 52

4.21 สูตรตามเซลล์ในรูปที่ 4.15 55

4.22 แสดงค่าเปรียบเทียบระดับรอบบริการ, Safety Stock และจุดสั่งซื้อ 71

4.23 ตารางแสดงเปรียบเทียบ ระดับรอบบริการ, รอบเวลาตรวจ, Safety Stock และ OUL 72

4.24 แสดงการวิเคราะห์และเลือกนโยบายแก๊ส 6 ชนิด และออกซิเจนเหลว 74

สารบัญตาราง (ต่อ)

4.25 แสดงค่ารอบบริการในจุดสั่งซื้อ 50 ถึง 60 นิ้วน้ำ..... 75
4.26 แสดงการวิเคราะห์แก๊สออกซิเจน 2 คิว และไนโตรเจน.....76

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการพยากรณ์ 5

2.2 การสั่งซื้อสารเคมีตามนโยบายทบทวนตามช่วงเวลา 17

2.3 การควบคุมสารเคมีคงคลังระบบผสมทบทวนรอบเวลาสั่งซื้อ – จุดสั่งซื้อ 19

2.4 แผนภาพแสดงกลไกการทำงานของระบบปริมาณการสั่งคงที่ 20

2.5 แผนภาพแสดงกลไกการทำงานของระบบรอบเวลาสั่งคงที่ 21

3.1 ผังขั้นตอนการดำเนินงาน 22

3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการพยากรณ์ 24

4.1 กราฟปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 2 คิว ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม 27

4.2 กราฟปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนเหลวขนาด 2 คิว ที่แสดงความเป็นฤดูกาลในช่วงเวลา 2 ปี ..28

4.3 แสดงค่าการพยากรณ์และค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ในรูปแบบ MPE 32

4.4 แสดงค่าการพยากรณ์และค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ในรูปแบบ MPE 34

4.5 กราฟปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 5 คิว ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม 36

4.6 กราฟปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 7 คิว ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม 37

4.7 กราฟปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม 38

4.8 กราฟปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน ในช่วงเวลา 2 ปี 38

4.9 กราฟปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม 43

4.10 กราฟปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม 44

4.11 กราฟปริมาณการใช้ออกซิเจเหลวที่แสดงระดับ และแนวโน้ม 45

4.12 กราฟปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลว ที่แสดงความเป็นฤดูกาลในช่วงเวลา 24 เดือน 46

4.13 แสดงกราฟปริมาณการใช้ของแก๊สไนโตรเจน 50

4.14 แสดงกราฟปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลว 50

4.15 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_D), อุปสงค์ช่วงเวลานำ (D_L), สินค้าคงคลัง (ss), จุดสั่งซื้อ (R) 54

4.16 การควบคุมสารเคมีคงคลังระบบผสมทบทวนรอบเวลาสั่งซื้อ – จุดสั่งซื้อ 56

ก.1 แสดงวิธีการเปิดใช้ Regression 80

ก.2 แสดงวิธีการเปิดใช้ Regression 80

ก.3 แสดงหน้าต่าง Regression 81

ก.4 แสดงวิธีการเปิดใช้ Regression 81

ก.5 แสดงผล Regression 82

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ข.1 แสดงวิธีเปิดใช้ Solver.....84
ข.2 แสดงวิธีเปิดใช้ Solver.....84
ข.3 แสดงวิธีการกำหนดข้อจำกัด.....85

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

โรงพยาบาลกรณีศึกษาเป็นโรงพยาบาลที่มีขนาด 400 เตียง ซึ่งโรงพยาบาลมีการใช้แก๊สทางการแพทย์เป็นจำนวนมาก เพื่อใช้ช่วยชีวิตผู้ป่วยที่มารับบริการ และยังมีออกซิเจนเหลวที่ใช้กระจายไปทั่วแผนกต่างๆ จากการศึกษา และเก็บข้อมูลจากวิศวกรประจำแผนกเครื่องมือแพทย์ ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดซื้อจัดหาออกซิเจนเหลวบรรจุในถังแก๊สขนาดใหญ่นอกโรงพยาบาล และแก๊สออกซิเจนบรรจุถังแก๊สมีขนาด 2 คิว, 5 คิว, 7 คิว, ไนโตรเจน, ไนตรัส, คาร์บอนไดออกไซด์ ขนาด 7 คิว โดยจัดซื้อแก๊สมาจากบริษัทจำหน่ายแก๊ส บริษัทจะรับถังเปล่าจากโรงพยาบาลมาเติมแก๊สที่บริษัท และส่งถังแก๊สกลับให้โรงพยาบาล หลังจากได้รับแก๊สแล้ว ก็นำมาเก็บไว้ที่คลังเก็บแก๊สในโรงพยาบาล หากแต่ละแผนกในโรงพยาบาลมีความต้องการที่จะใช้แก๊ส ก็จะขอเบิกจากคลังเก็บแก๊ส แผนกที่เบิกแก๊สมากที่สุด คือ แผนกห้องฉุกเฉิน เมื่อแต่ละแผนกเบิกแก๊สจากคลังเก็บแก๊สจนหมด ทางวิศวกรจะจัดซื้อแก๊สโดยมีการจัดซื้อจัดส่งแก๊ส 1 รอบต่อสัปดาห์ โดยทางบริษัทผู้จัดส่งมีรถมาส่งแก๊สที่โรงพยาบาล ปัญหาในการใช้แก๊ส คือ จำนวนแก๊สที่มีอยู่ในโรงพยาบาลมีจำนวนน้อย ไม่เพียงพอต่อการใช้ในโรงพยาบาล เนื่องจากผู้ป่วยมีจำนวนมากในแต่ละวัน นอกจากนี้แผนกเครื่องมือแพทย์ก็ยังไม่มีการควบคุมคลังเก็บแก๊ส

การควบคุมในส่วนของออกซิเจนเหลว โดยจะเติมใส่แท็งก์รองรับที่มีขนาดใหญ่ ในการใช้นั้นจะแจกจ่ายผ่านท่อเป็นระบบอัตโนมัติ แต่ละแผนกจะดึงผ่านท่อไปใช้ได้เลย วิศวกรผู้รับผิดชอบจะตรวจสอบปริมาณออกซิเจนเหลวในแท็งก์ทุกวัน การวัดออกซิเจนเหลวนั้นจะมีเซ็นเซอร์ตรวจจับ หากมีการใช้ออกซิเจนเหลวในแท็งก์คงเหลือ 30 นิ้วน้ำ สัญญาณเตือนจะดังขึ้นเพื่อแจ้งเตือน โดยปริมาณในแท็งก์ที่เติมเต็ม คือ 130 นิ้วน้ำ วิศวกรตัดสินใจสั่งซื้อเมื่อออกซิเจนเหลวลดลงเหลือ ณ ระดับประมาณ 50 - 60 นิ้วน้ำ ซึ่งค่าดังกล่าวมาจากการประมาณอาจเกิดความคลาดเคลื่อนซึ่งมีผลกระทบต่อการนำไปใช้

เพื่อแก้ปัญหาข้างต้น จะหาปริมาณการใช้แก๊สโดยการพยากรณ์ และหาปริมาณ สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย ที่ใช้ในการรองรับแก๊สออกซิเจน และคำนวณหาจุดสั่งซื้อออกซิเจนเหลว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อหาปริมาณแก๊สที่คาดว่าจะใช้ และหาปริมาณคงคลังเพื่อความปลอดภัย

1.2.2 เพื่อหาจุดสั่งซื้อออกซิเจนเหลวเหมาะสม

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs)

1.3.1 มีปริมาณแก๊สที่ใช้เพียงพอต่อความต้องการในโรงพยาบาล และมีปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยที่เหมาะสม

1.3.2 มีจุดสั่งซื้อออกซิเจนเหลวที่เหมาะสม

1.4 เกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จ (Outcomes)

1.4.1 ความผิดพลาดจากการพยากรณ์ คลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 20

1.4.2 มี สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย รองรับเพียงพอต่อปริมาณการใช้ในช่วงเวลานำ

1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน

1.5.1 แก๊สทุกชนิด และออกซิเจนเหลวทั้งหมดในโรงพยาบาล

1.5.2 ข้อมูลการสั่งซื้อแก๊สย้อนหลังอย่างน้อย 1 ปี

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่ เดือนเมษายน 2556 – เดือนพฤศจิกายน 2556

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

ตาราง 1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

ลำดับ	การดำเนินงาน	เม.ย.		พ.ค.		มิ.ย.		ก.ค.		ส.ค.		ก.ย		ต.ค		พ.ย.	
1.8.1	การศึกษาข้อมูล	←	→														
1.8.2	การกำหนดและคัดเลือกปัจจัย		←	→													
1.8.3	การเก็บข้อมูล			←	→												
1.8.4	การพยากรณ์อุปสงค์สินค้า					←	→	→									

ตาราง 1.1 (ต่อ) ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

ลำดับ	การดำเนินงาน	เม.ย.		พ.ค.		มิ.ย.		ก.ค.		ส.ค.		ก.ย		ต.ค		พ.ย.	
1.8.5	ทดสอบโดยการคำนวณหาการพยากรณ์ที่ผิดพลาด							↔									
1.8.6	การกำหนดสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยที่เหมาะสม								↔		↔						
1.8.7	การคำนวณหาจุดสั่งซื้อออกซิเจนเหลว											↔		↔			
1.8.8	การสรุป และจัดทำรูปเล่มรายงาน															↔	

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 วิธีการพยากรณ์

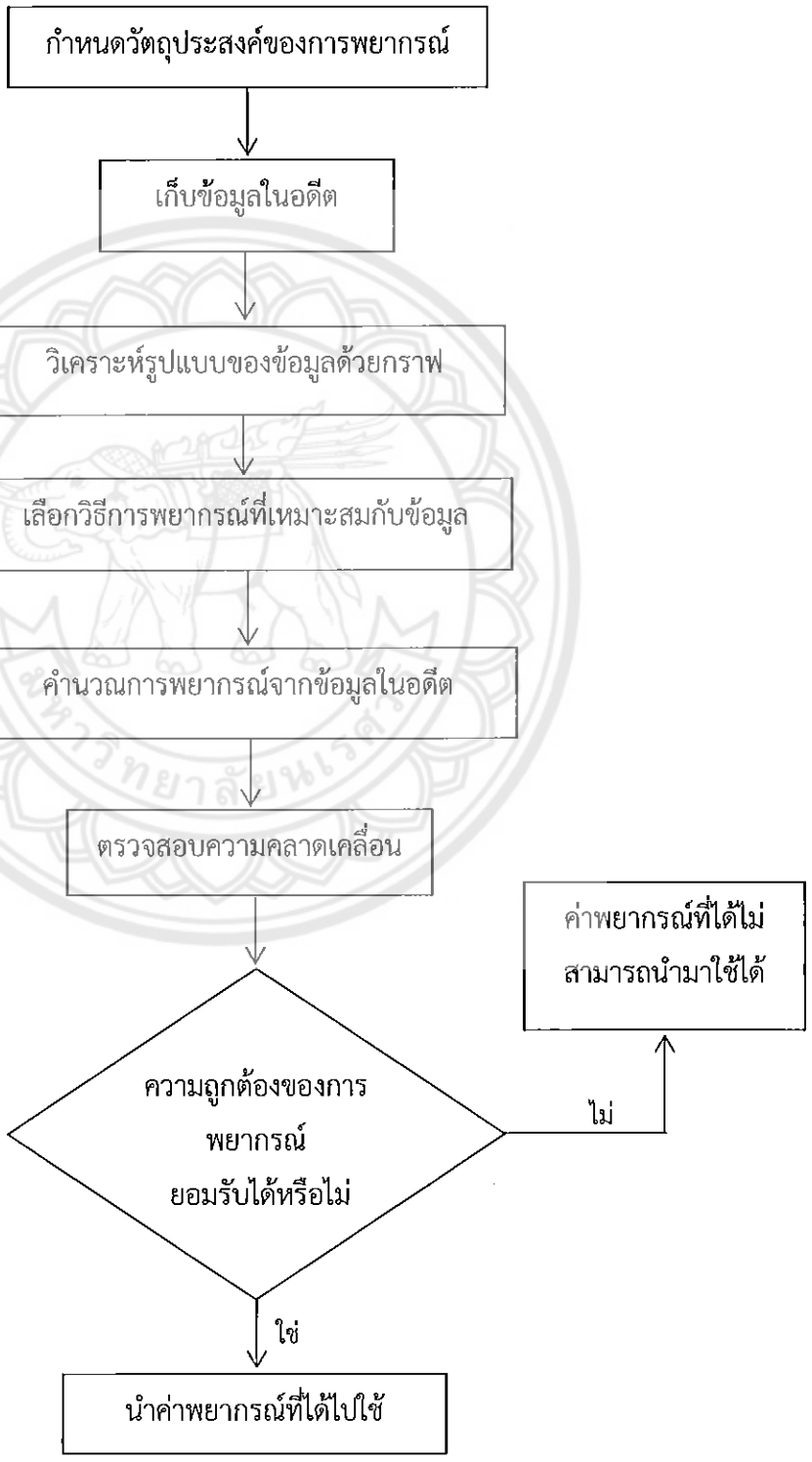
โยกิ เบอร์ร่า (Yogi Berrra) อดีตแคช ของบริษัท นิวยอร์ค แยงกี้ (New York Yankees) ซึ่งมีชื่อเสียงโด่งดังในการใช้ถ้อยคำผิดๆ มันถูกอ้างถึงคำพูดที่เขาพูดว่า "การพยากรณ์นั้นมักจะเป็นได้ด้วยความยากลำบาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพยากรณ์เกี่ยวกับอนาคต" มันมีการปฏิบัติต่อการพยากรณ์อุปสงค์ดังว่ามันเป็นเวทมนต์ หรือศิลปะที่ขึ้นอยู่กับโอกาสของความเป็นไปได้ บริษัทหนึ่งๆ จะสามารถสร้างการพยากรณ์ที่เป็นประโยชน์ได้ ถ้าหากสามารถตีความข้อมูลในอดีตได้อย่างถูกต้อง ซึ่งความประพฤติของลูกค้าในอดีตจะแสดงให้เห็นถึงอนาคต และการตอบสนองที่บริษัทควรจะมีอุปสงค์ของลูกค้านั้น จะได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยต่างๆ กัน ซึ่งเราสามารถที่จะพยากรณ์อุปสงค์นี้ได้ ถ้าบริษัทสามารถพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าปัจจุบันของปัจจัยเหล่านี้ และอุปสงค์ในอนาคต โดยที่บริษัทควรจะระบุถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่ออุปสงค์ในอนาคตเสียก่อน แล้วจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านั้นกับอุปสงค์ในอนาคต วิธีการพยากรณ์แบ่งเป็น 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

2.1.1 เชิงคุณภาพ คือ วิธีการพยากรณ์เชิงคุณภาพ เป็นวิธีการที่ต้องอาศัยความเชื่อมั่นในการตัดสินใจของมนุษย์ และความคิดเห็นที่นำไปสู่การพยากรณ์ วิธีการนี้จึงเหมาะสมในกรณีที่มีข้อมูลในอดีตน้อย เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความรู้ทางการตลาดที่สำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งยวดในการทำการพยากรณ์ วิธีการนี้อาจจำเป็นในการพยากรณ์อนาคตหลายๆ ปี ของอุตสาหกรรมใหม่ ในระยะเริ่มแรกการพยากรณ์อุปสงค์สินค้าที่สั่งซื้อโดยทาง Internet นั้น มักใช้วิธีการนี้ เนื่องจาก Internet มีข้อมูลในอดีตที่จะใช้ในการพยากรณ์น้อย

2.1.2 อนุกรมเวลา คือ วิธีการพยากรณ์ตามอนุกรมเวลา จะใช้ข้อมูลอุปสงค์สินค้าในอดีตมาทำการพยากรณ์ โดยทำการพยากรณ์บนข้อสันนิฐานที่ว่าประวัติอุปสงค์สินค้าเป็นตัวบ่งชี้สำคัญของอุปสงค์สินค้าในอนาคต วิธีการนี้เหมาะสมเมื่อสภาพการณ์แวดล้อมนั้นไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง และรูปแบบของอุปสงค์สินค้าพื้นฐาน ไม่มีความหลากหลายแตกต่างกันระหว่างปีกันมากนัก วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ง่ายในการนำไปใช้ และสามารถใช้เป็นจุดเริ่มในการพยากรณ์อุปสงค์ได้เป็นอย่างดี

2.1.3 มูลเหตุ คือ วิธีการพยากรณ์แบบมูลเหตุ ซึ่งวางข้อสันนิษฐานไว้ว่าการพยากรณ์อุปสงค์สินค้ามีความสัมพันธ์กับปัจจัยบางประการในสภาพแวดล้อมอย่างมาก เช่น สภาพเศรษฐกิจ อัตราดอกเบี้ย วิธีการนี้จะพยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างอุปสงค์สินค้าปัจจัยแวดล้อม และใช้ค่าประมาณของปัจจัยแวดล้อมเหล่านี้จะมีผลต่อการพยากรณ์อุปสงค์ในอนาคต

2.1.4 การจำลองสถานการณ์ คือ วิธีการพยากรณ์แบบการจำลองสถานการณ์ จะมีการเลียนแบบลักษณะของการเลือกสินค้าของผู้บริโภค ซึ่งก่อให้เกิดอุปสงค์สินค้ามาใช้ในการพยากรณ์ ในการทำการจำลองสถานการณ์ บริษัทสามารถที่จะผสมผสานวิธีการแบบอนุกรมเวลา และวิธีการแบบมูลเหตุได้ แสดงขั้นตอนดำเนินการพยากรณ์ (วิทยา สุหฤทดำรง, 2545) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังขั้นตอนดำเนินการพยากรณ์

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Russell and Taylor (2006)

2.2 วิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (Time Series)

วัตถุประสงค์ของวิธีการพยากรณ์ใดๆ ก็เพื่อที่จะคาดการณ์ส่วนประกอบที่เป็นระบบของอุปสงค์สินค้า และประมาณค่าส่วนประกอบแบบสุ่ม รูปแบบที่ทั่วไปมากที่สุดของส่วนประกอบที่เป็นระบบของข้อมูลด้านอุปสงค์จะต้องประกอบด้วย ระดับ (Level) แนวโน้ม (Trend) และมีปัจจัยด้านฤดูกาล (Seasonality) รูปแบบเฉพาะของส่วนประกอบที่เป็นระบบ ซึ่งจะใช้การพยากรณ์นั้นขึ้นอยู่กับธรรมชาติของอุปสงค์ ซึ่งจะต้องพัฒนาทั้งวิธีการพยากรณ์แบบสถิต และแบบปรับได้ สำหรับแต่ละรูปแบบนั้น

2.2.1 วิธีการแบบสถิต

วิธีการแบบสถิต จะมีสมมติฐานในการประมาณระดับแนวโน้ม และความเป็นฤดูกาล ในส่วนประกอบที่เป็นระบบว่าไม่มีความเปลี่ยนแปลงในกรณีพิจารณาอุปสงค์สินค้าใหม่ ซึ่งเราจะประมาณพารามิเตอร์เหล่านี้บนข้อมูลในอดีต และใช้ค่าเดียวกันนี้สำหรับการพยากรณ์ในอนาคตทั้งหมด ซึ่งสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในหนังสือ Supply Chain Management การจัดการโซ่อุปทาน (วิทยา สุหฤทดำรง, 2545)

2.2.2 การประมาณระดับ (Level) แนวโน้ม (Trend)

ก่อนการทำการประมาณระดับแนวโน้ม เราจะต้องทำการลดความเป็นฤดูกาลของข้อมูลด้านอุปสงค์ โดยอุปสงค์ซึ่งถูกทำการลดความเป็นฤดูกาลลงนี้จะแสดงให้เห็นถึงอุปสงค์ที่ควรจะได้รับการสังเกต เมื่อไม่มีการขึ้นลงเนื่องจากความเป็นฤดูกาลความเป็นคาบเวลา (Periodicity - p) คือจำนวนของช่วงเวลาหลังจากที่วงจรฤดูกาลหมุนวนกลับมาอีกครั้ง

เพื่อให้มั่นใจว่าฤดูกาลแต่ละฤดูกาลจะได้รับน้ำหนักที่เท่ากัน เมื่อทำการลดความเป็นฤดูกาลของอุปสงค์ลง เราจะใช้ค่าเฉลี่ยของ p ในช่วงเวลาที่ติดต่อกันของอุปสงค์ ค่าเฉลี่ยของอุปสงค์จากช่วงเวลา l+1 ถึง l+p จะแสดงให้เห็นถึงอุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลลงสำหรับช่วงเวลา l+(p+1)/2 ถ้า p มีค่าเป็นเลขคี่ วิธีการนี้จะแสดงให้เห็นถึงอุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลลงสำหรับช่วงเวลาดังกล่าว แต่ถ้า p เป็นเลขคู่ วิธีการนี้จะให้อุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลลงในช่วงจุดระหว่าง l+(p/2) กับ l+1+(p/2) โดยการหาค่าเฉลี่ยของอุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลในช่วง l+1 ถึง l+p และ l+2 ถึง l+p+1 เราจะได้ค่าอุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลสำหรับช่วงเวลา l+1+(p/2) วิธีการที่จะได้ค่าอุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลลง สำหรับช่วงเวลา $\bar{D}_t$ (วิทยา สุหฤทดำรง, 2545) แสดง ดังสมการที่ 2.1

6420026288 กรุงไทย ธนบุรี

$$\overline{D}_t \begin{cases} = [D_{t+(p/2)} + D_{t+(p/2)} + \sum_{i=t+1-(p/2)}^{t-1+(p/2)} 2D_i \,] \Big/ 2p & \text{เมื่อ p เป็นเลขคู่} \\ \sum_{t-[(p-1)/2]}^{t+[(p-1)/2]} D_i / p & \text{เมื่อ p เป็นเลขคี่} \end{cases} \quad (2.1)$$

เมื่ออุปสงค์ถูกลดความเป็นฤดูกาลลงแล้วอุปสงค์ก็จะไม่เติบโต และไม่ลด ในอัตราที่คงที่ ดังนั้นจะมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรงระหว่างอุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาล $\overline{D}_t$ และเวลา t ความสัมพันธ์นี้สามารถกำหนดนิยามได้ (วิทยา สุหฤทดำรง, 2545) ดังสมการที่ 2.2

$$\overline{D}_t = L + tT \quad (2.2)$$

สมการ 2.2 ใช้ $\overline{D}_t$ เพื่อแสดงอุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลในช่วงเวลา t และไม่ใช่ความต้องการในช่วงเวลา t นอกจากนี้ L แทนค่าของระดับ หรืออุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลในช่วง 0 และ T แทนอัตราการเติบโตของอุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลหรือแนวโน้ม

2.2.3 การประมาณปัจจัยด้านฤดูกาล

เมื่อได้ค่าอุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลลง สำหรับช่วงระยะเวลาแต่ละช่วงโดยใช้สมการ 2.2 ต่อมาจะหาปัจจัยด้านฤดูกาล S_t สำหรับระยะเวลา t อัตราของอุปสงค์ที่แท้จริง คือ D_t อุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาล คือ $\overline{D}_t$ (วิทยา สุหฤทดำรง, 2545) ดังสมการที่ 2.3

$$\overline{S}_t = D_t / \overline{D}_X \quad (2.3)$$

เมื่อมีคาบเวลา p เราสามารถได้ปัจจัยการเป็นฤดูกาลสำหรับช่วงเวลาที่กำหนดโดยการเฉลี่ยปัจจัยความเป็นฤดูกาล ซึ่งสัมพันธ์กับในช่วงเวลาคล้ายๆ กัน ดังตัวอย่างเช่น ถ้าเรามีความเป็นคาบเวลาของ $p = 4$ ในช่วงเวลาที่ 1, 5 และ 9 จะมีปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาลที่คล้ายๆ กัน ปัจจัยความเป็นฤดูกาลในช่วงเวลาเหล่านี้ สามารถหาได้โดยการเฉลี่ยปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาลทั้งสามปัจจัย กำหนดข้อมูลวงจรฤดูกาล คือ r สำหรับทุกช่วงเวลาจาก pt+i, $1 \le I < p$ เราจะได้ค่าปัจจัยความเป็นฤดูกาล (วิทยา สุหฤทดำรง, 2545) ดังสมการที่ 2.4

$$S_i = \left(\sum_{j=0}^{r-1} \overline{S}_{jp+1} \right) / r \quad (2.4)$$

2.2.4 การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average)

วิธีการแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ จะถูกใช้เมื่ออุปสงค์ไม่มีแนวโน้ม หรือความเป็นฤดูกาล จะประมาณระดับในช่วงเวลา t เป็นค่าเฉลี่ยของอุปสงค์ในช่วงเวลา N ที่ใกล้เข้ามา ค่านี้เป็นค่าแทนค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในช่วงเวลา N จะได้ ดังสมการที่ 2.5

$$L_t = \left(D_t + D_{t-1} + \ldots + D_{t+N+1}\right)/N \tag{2.5}$$

การพยากรณ์สามารถแสดงได้ ดังสมการที่ 2.6

$$F_{t+1} = L_t \text{ และ } F_{t+n} = L_t \tag{2.6}$$

หลังจากที่ได้สังเกตอุปสงค์ในช่วงเวลา $t=1$ จะปรับปรุงการประมาณการใหม่ ดังสมการที่ 2.7

$$L_{t+1} = \left(D_{t+1} + D_t + \ldots + D_{t+N+2}\right)/N, F_{t+2} = L_{t+1} \tag{2.7}$$

2.2.5 การปรับเรียงเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบธรรมดา (Simple Exponential Smoothing)

วิธีการปรับเรียงแบบเอ็กซ์โพแนนเชียลธรรมดานั้น เหมาะสมเมื่ออุปสงค์ไม่มีแนวโน้ม หรือปัจจัยทางฤดูกาล ค่าประมาณแรกของระดับ L_0 ถูกนำมาใช้เป็นค่าเฉลี่ยข้อมูลด้านอุปสงค์ และมีสมมติฐานว่าไม่มีแนวโน้ม หรือปัจจัยทางฤดูกาลมาเกี่ยวข้อง เมื่อกำหนดข้อมูลด้านอุปสงค์ในช่วงเวลาที่ 1 ถึง n จะได้ ดังสมการที่ 2.8

$$L_0 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} D_i \tag{2.8}$$

การพยากรณ์ในช่วงเวลาปัจจุบันของช่วงเวลาในอนาคตนั้นเท่ากับการประมาณปัจจุบันของระดับได้ ดังสมการที่ 2.9

$$F_{t+1} = L_t \text{ และ } F_{t+n} = L_t \tag{2.9}$$

หลังจากสังเกต อุปสงค์ D_{t+1} สำหรับช่วง $t+1$ เราสามารถประมาณระดับได้ ดังสมการที่ 2.10

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1-\alpha)L_t \qquad (2.10)$$

2.2.6 การปรับเรียงเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบแก้ไขแนวโน้ม (Trend – Corrected Exponential Smoothing) แบบจำลองของ โฮลท์ : Holt's Model

วิธีการนี้เหมาะสมเมื่ออุปสงค์ถูกสมมติฐานว่ามีระดับ และแนวโน้มในองค์ประกอบที่มีระบบแบบจำลองของ โฮลท์ : Holt's Model แต่ไม่มีความเป็นฤดูกาล การพยากรณ์ในช่วงเวลาของอนาคตสามารถแสดงได้ ดังสมการที่ 2.11

$$F_{t+1} = L_t + T_t \text{ และ } F_{t+n} = L_t + nT_t \qquad (2.11)$$

หลังจากที่ได้พิจารณาอุปสงค์ในช่วงเวลา t ค่าประมาณระดับและแนวโน้มสามารถหาได้ ดังสมการที่ 2.12 และ 2.13

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1-\alpha)(L_t + T_t) \qquad (2.12)$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1-\beta)T_t \qquad (2.13)$$

2.2.7 การปรับเรียงเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบแก้ไขแนวโน้มและความเป็นฤดูกาล (Trend- and Seasonality - Corrected Exponential Smoothing) (แบบจำลองของ วินเทอร์ : Winter's Model)

วิธีการนี้เหมาะสมกับแบบจำลองของ วินเทอร์ : Winter's Model เมื่อองค์ประกอบที่เป็นระบบอุปสงค์ได้รับการสันนิษฐานว่า มีระดับแนวโน้ม และปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล มีสมมติฐานว่าความเป็นคาบเวลาของอุปสงค์เป็น p ขั้นเริ่มแรกเราจำเป็นต้องมีค่าประมาณของระดับ L_0 แนวโน้ม T_0 และความเป็นฤดูกาล $S_1,\ldots,S_p$ ซึ่งจะได้ค่าประมาณการเหล่านี้ โดยใช้ขั้นตอนสำหรับวิธีการพยากรณ์แบบสถิตในช่วง t กำหนดค่าประมาณของระดับ (L_t) แนวโน้ม (T_t) และความเป็นฤดูกาล $S_t,\ldots,S_{t-p+1}$ การพยากรณ์ช่วงเวลาในอนาคตได้ (วิทยา สุหฤทดำรง, 2545) ดังสมการที่ 2.14

$$F_{t+1} = (L_t + T_t)S_{t+1} \text{ และ } F_{t+n} = (L_t + nT_t)S_{t+n} \qquad (2.14)$$

การสังเกตอุปสงค์ในช่วง t+1 ซึ่งเราได้ทำการปรับปรุงค่าประมาณของระดับ แนวโน้ม และความเป็นฤดูกาล (วิทยา สุหฤทดำรง, 2545) ดังสมการที่ 2.15, 2.16 และสมการที่ 2.17

$$L_{t+1} = \alpha(D_{t+1} / S_{t+1}) + (1-\alpha)(L_t + T_t) \quad (2.15)$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1-\beta)T_t \quad (2.16)$$

$$S_{t+p+1} = \gamma(D_{t+1} / L_{t+1}) + (1-\gamma)S_{t+1} \quad (2.17)$$

เมื่อค่า α เป็นความคงที่ราบเรียบในระดับ $0<\alpha<1$ และค่า β เป็นค่าที่คงที่ราบเรียบสำหรับแนวโน้ม $0<\beta<1$ และค่า γ มีความคงที่ราบเรียบสำหรับความเป็นฤดูกาล $0<\gamma<1$ สังเกตว่าค่าที่ได้รับการปรับปรุงในทันสมัยแต่ละตัวนั้น (ระดับแนวโน้มหรือความเป็นฤดูกาล) เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของค่าที่ได้รับการสังเกต และการประมาณการเดิม ซึ่งจะเลือกการพยากรณ์จะมีรูปแบบแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 วิธีการพยากรณ์ที่ได้อธิบายไปกับสถานการณ์ซึ่งใช้ได้ทั่วไป

วิธีการพยากรณ์	ความสามารถในการประยุกต์ใช้
ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	อุปสงค์ไม่แสดงลักษณะที่มีแนวโน้ม และไม่ขึ้นกับฤดูกาล
การปรับเรียงเอ็กโพแนนเชียล	อุปสงค์ไม่แสดงลักษณะที่มีแนวโน้ม และไม่ขึ้นกับฤดูกาล
แบบจำลองของโฮลท์	อุปสงค์แสดงลักษณะที่มีแนวโน้ม แต่ไม่ขึ้นกับฤดูกาล
แบบจำลองของวินเทอร์	อุปสงค์แสดงลักษณะที่มีแนวโน้ม และขึ้นกับฤดูกาล

ที่มา : วิทยา สุหฤทดำรง, 2545

2.2.8 Damped Trend Exponential Smoothing

โดยทฤษฎีนี้ไม่เหมือนกับ ทฤษฎีของ Holt's เพราะทฤษฎีนี้สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีความเป็นฤดูกาล โดยจะเพิ่ม ตัวแปรคือ ϕ โดยใช้สมการที่ 2.18 ถึง 2.20 โดยสามารถใช้กับการคำนวณความผิดพลาดในการพยากรณ์ MAD และ MPE (Spyros Makridakis, S., Wheelwright, S. and Rob J. Hyndman., 1989)

$$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})\phi \quad (2.18)$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}\phi \quad (2.19)$$

$$F_{t+m} = S_t + \sum_{i=1}^{m} \phi_i T_t \qquad (2.20)$$

2.3 การวัดความผิดพลาดในการพยากรณ์

อุปสงค์ทุกอุปสงค์มีองค์ประกอบที่มีลักษณะสุ่ม วิธีการพยากรณ์ที่ดีควรจะสามารถทราบถึงองค์ประกอบที่เป็นระบบของอุปสงค์ แต่ไม่ทราบถึงองค์ประกอบที่มีลักษณะสุ่ม ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของความผิดพลาดในการพยากรณ์ ดังนั้น ความผิดพลาดในการพยากรณ์จึงมีข้อมูลที่มีค่า และจะต้องวิเคราะห์ความผิดพลาดอย่างละเอียด จะสามารถประมาณการความผิดพลาดในการพยากรณ์ โดยเหตุผลสำคัญสองประการต่อไปนี้

2.3.1 ผู้จัดการสามารถใช้ความผิดพลาดในการพยากรณ์ เพื่อตัดสินใจว่าวิธีการพยากรณ์ในปัจจุบันนั้นทำการพยากรณ์องค์ประกอบที่เป็นระบบของอุปสงค์ได้แม่นยำหรือไม่ ตัวอย่างเช่น ถ้าวิธีการพยากรณ์นั้นให้ผลผิดพลาดที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ผู้จัดการสามารถสันนิษฐานได้ว่า วิธีการพยากรณ์นั้นทำการพยากรณ์องค์ประกอบที่เป็นระบบมากเกินไป เพื่อจะได้หาแนวทางในการแก้ไขที่เหมาะสม

2.3.2 ผู้จัดการทำการประมาณความผิดพลาดในการพยากรณ์ เพราะแผนจะต้องมีส่วนประกอบให้เกิดความผิดพลาดนี้ ตัวอย่าง เช่น ให้พิจารณาบริษัทรับคำสั่งซื้อทางไปรษณีย์ที่มีผู้จัดส่งในเอเชีย ซึ่งต้องใช้คำสั่งซื้อล่วงหน้า 2 เดือน ในขณะที่ผู้จัดส่งในพื้นที่อื่นโดยมีหน่วยเป็นเพียงสัปดาห์ แต่ผู้จัดส่งในพื้นที่อื่นนั้นจะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า ในขณะที่ผู้จัดส่งในสายเอเชียมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าบริษัทที่รับคำสั่งซื้อทางไปรษณีย์ อาจต้องการทำสัญญาให้ผู้จัดส่งในพื้นที่ส่วนหนึ่งทำการแทน ถ้าหากอุปสงค์มีมากเกินกว่าปริมาณที่ผู้จัดส่งในเอเชียจะจัดหาให้ได้ การตัดสินใจเกี่ยวกับปริมาณที่ผู้จัดส่ง ในพื้นที่จะได้รับการทำสัญญาให้จัดทำนั้น มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับขนาดความผิดพลาดในการพยากรณ์

ตราบใดที่ความผิดพลาดที่ได้รับการสังเกตอยู่ในช่วงของการประมาณความผิดพลาดในอดีต บริษัทสามารถดำเนินการใช้วิธีการพยากรณ์ที่ใช้อยู่ได้ต่อไป ถ้าบริษัทสังเกตเห็นความผิดพลาดซึ่งเกินการประมาณในอดีตไป การค้นพบนี้อาจชี้ให้เห็นว่าวิธีการซึ่งบริษัทใช้อยู่นั้นไม่เหมาะสมอีกต่อไป นี้ก็เป็นอีกหนึ่งสัญญาณซึ่งแสดงให้เห็นว่าบริษัทควรจะเปลี่ยนวิธีการพยากรณ์ ดังที่ได้กำหนดนิยามไว้ ความผิดพลาดในการพยากรณ์ในช่วงเวลา t ถูกกำหนดโดย E_t (วิทยา สุหฤทดำรง, 2545) ดังสมการที่ 2.21

$$E_t = F_t - D_t \qquad (2.21)$$

นิยามของ Mean Percent Error (MPE) คือ ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดร้อยละของอุปสงค์ ดังสมการที่ 2.22

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| D_i - \overline{F_t} \right| 100}{n} \qquad (2.22)$$

2.4 การบริหารของคงคลัง

การบริหารของคงคลังนับได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในเกือบจะทุกๆ ประเภทของธุรกิจ ไม่ว่าจะเป็นธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับสินค้า หรือการให้บริการ ผู้จัดการฝ่ายผลิตหรือฝ่ายปฏิบัติการของหน่วยงานจะต้องรับผิดชอบในการควบคุมต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งต้นทุนชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากของการปฏิบัติการ คือ ค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไปในวัตถุดิบ วัสดุสิ้นเปลือง งานระหว่างผลิต และผลิตภัณฑ์สำเร็จที่ยังมิได้ทำการจัดส่ง ถ้าการลงทุนในค่าใช้จ่ายเหล่านี้มากเกินไปจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของเงินทุนสูง ค่าใช้จ่ายของการดำเนินงานสูง และทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตลดลง เมื่อมีการใช้พื้นที่มากเกินไปในการดูแลรักษาของคงคลัง การควบคุมของคงคลังเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้บริหารควรให้ความสนใจ และเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด ทั้งนี้ เพราะของคงคลังเป็นทรัพย์สินที่มีมูลค่าสูงที่สุดในกลุ่มของทรัพย์สินหมุนเวียนของการผลิต ปัญหาที่เกิดขึ้นในการควบคุมของคงคลังอาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่นำมาซึ่งความล้มเหลวของกิจการได้ ในธุรกิจอุตสาหกรรมถ้าวัตถุดิบ และชิ้นส่วนประกอบต่างๆ มีอยู่ไม่เพียงพอกับความต้องการของการผลิตแล้ว อาจจะทำให้เกิดปัญหาถึงขั้นการผลิตหยุดชะงักได้ และอาจส่งปัญหาถึงขั้นการส่งสินค้าไม่ทันตามกำหนดเวลาของลูกค้า ซึ่งอาจจะเป็นเหตุให้ลูกค้าขาดความเชื่อถือ และสูญเสียลูกค้าได้ แต่ถ้าเราพยายามมีของคงคลังไว้มากๆ เพื่อป้องกันมิให้เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบ ชิ้นส่วน หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เราจำเป็นจะต้องใช้เงินเป็นมูลค่ามหาศาล เพื่อที่จะถือครองของคงคลังนั้นไว้ เช่น ต้นทุนราคาของคงคลัง และต้นทุนในการจัดให้มีของคงคลัง เป็นต้น ในการควบคุมของคงคลังที่ดี จึงเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความพยายามในการทำให้วัตถุประสงค์ 2 ประการ ในการดำเนินการให้มีของคงคลังเกิดความสมดุลในระดับที่เหมาะสมที่สุด วัตถุประสงค์ประการแรก คือ เพื่อให้การลงทุนทั้งสิ้นในของคงคลังต่ำที่สุด วัตถุประสงค์ประการที่สอง คือ พยายามทำให้ระดับการให้บริการลูกค้า และการให้บริการแผนกผลิตของบริษัทเองสูงที่สุด ดังนั้น ในการควบคุมของคงคลังที่ดีย่อมทำให้เกิดผลดีทั้งในแง่ของการเพิ่มประสิทธิภาพ และลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2543)

2.4.1 ประเภทและความสำคัญของของคงคลัง

เมื่อเรามองของคงคลังในมุมของการผลิต สามารถแบ่งประเภทของคงคลังออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.4.1.1 วัตถุดิบ และชิ้นส่วนสั่งซื้อ (Raw Material and Purchased Components) ของคงคลังเหล่านี้เป็นวัสดุขั้นต้นที่ใช้ในการทำชิ้นส่วน และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป สำหรับส่วนที่สั่งซื้อก็เปรียบเสมือนวัตถุดิบแตกต่างกันเพียงว่า บริษัทนอกเป็นผู้ดำเนินการผลิตชิ้นส่วนนั้นทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน

2.4.1.2 ของคงคลังระหว่างกระบวนการผลิต (In – Process Inventory) หลังจากที่กระบวนการผลิตเริ่มต้นโดยการนำวัตถุดิบ และชิ้นส่วนประกอบที่สั่งซื้อจากภายนอกเข้าสู่กระบวนการผลิต จะมีอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง (ช่วงเวลานำของการผลิต) ก่อนที่กระบวนการผลิตจะเสร็จสิ้นช่วงเวลานั้นระหว่างนั้น ของคงคลังเหล่านั้นอยู่ในระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อรอคอยการผลิตขั้นต่อไปให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

2.4.1.3 ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished Product) ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอาจจะเก็บอยู่ในโรงงาน หรือในคลังสินค้าก่อนที่จะส่งให้กับลูกค้าของคงคลังประเภทนี้ ประกอบด้วยชิ้นส่วนเพื่อบริการ และผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย

2.4.1.4 ของคงคลังที่เป็นเครื่องมือและชิ้นส่วน เพื่อการซ่อมบำรุง และการซ่อมแซม (Maintenance Repair and Tooling Inventory) ของคงคลังเหล่านี้ ได้แก่ เครื่องมือกัด และอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงานที่ใช้กับเครื่องจักรในโรงงาน และชิ้นส่วนเพื่อการซ่อมแซมที่จำเป็นต่อการปรับเครื่องจักรเมื่อเครื่องจักรเกิดเสียหายขึ้นมา รวมทั้งชิ้นส่วนที่เป็นอะไหล่เครื่องไฟฟ้าก็รวมอยู่ในของคงคลังประเภทนี้ด้วย (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2543)

2.4.2 เหตุผลและความจำเป็นที่ต้องมีของคงคลัง

2.4.2.1 เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและการผลิต

2.4.2.2 ปรับให้เกิดความสมดุลระหว่างความต้องการที่เกิดขึ้น และการจัดหาของคงคลังเข้ามาเก็บไว้ในคลัง การขาดสมดุลไม่ว่าจะมีความต้องการสูงกว่าปริมาณที่จัดหาเข้ามาเก็บไว้ในคลังหรือจัดหาของเข้ามาเก็บไว้ในคลังมากกว่าความต้องการย่อมหมายถึง การมีสต็อกมากเกินไปหรือเกิดการขาดสต็อก

2.4.2.3 เพื่อให้การผลิตสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องโดยการพิจารณาของคงคลังเป็นส่วนหนึ่งของการผลิต

2.4.2.4 เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดที่มีความไม่แน่นอนทำให้มีสินค้าตอบสนองลูกค้าอย่างต่อเนื่อง (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2543)

2.4.3 การกำหนดระดับของสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยที่เหมาะสม

นโยบายการหาสินค้ามาเติม (Replenishment Policies) ประกอบด้วยการตัดสินใจว่าจะสั่งซื้อใหม่เมื่อไร จำนวนเท่าไร การตัดสินใจเหล่านี้หารอบเวลา และสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Inventories) ทั้งหมดด้วยอัตราการเติมเต็มสินค้าได้ และระดับรอบการให้บริการ

มี 2 รูปแบบที่ใช้เป็นนโยบายการหาสินค้ามาเติมโดยมุ่งไปยัง 2 แนวทาง คือ การบทวนต่อเนื่อง (Continuous Review) สินค้าคงคลังจะถูกตรวจเช็คว่ามีปริมาณเหลือเท่าไรตลอดเวลา และการสั่งซื้อในขนาดล็อตเท่ากับ Q จะถูกสั่งเมื่อปริมาณสินค้าคงคลังลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point : ROP) การทบทวนเป็นช่วงเวลา (Periodic Review) ปริมาณสินค้าคงคลังจะถูกตรวจสอบที่ทุกช่วงเวลาที่แน่นอน และทำการสั่งซื้อมาทดแทนให้มีปริมาณถึงระดับที่ต้องการ ขนาดล็อตที่เหมาะสม คือ ปริมาณการสั่งที่ประหยัดแสดงได้ สมการที่ 2.23

$$Q = \sqrt{\frac{2PD}{hc}} \tag{2.23}$$

2.4.4 นโยบายการทบทวนต่อเนื่อง

เมื่อมีการใช้นโยบายการตรวจต่อเนื่องแล้ว ผู้จัดการสั่งซื้อมาเพิ่ม Q หน่วย เมื่อสินค้าคงคลังลดลงถึงจุดสั่งซื้อใหม่ ROP เห็นได้ชัดว่านโยบายการตรวจต่อเนื่องต้องใช้เทคโนโลยีที่มาเฝ้าตรวจจับระดับสินค้าที่มีอยู่ เช่น วอลมาร์ท และเดล ที่กำหนดค่า CSL ในระดับที่ต้องการ เป้าหมาย คือ ระบุสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยที่ต้องการ SS และจุดสั่งซื้อใหม่ ROP สมมติว่าอุปสงค์ที่มีการแจกแจงปกติด้วยปัจจัยต่อไปนี้

R : อุปสงค์เฉลี่ยต่อช่วงเวลา

σ_R : ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุสงค์ต่อช่วงเวลา

L : ช่วงเวลานำสำหรับการจัดหาทดแทน

จุดสั่งซื้อใหม่แทนสินค้าคงคลังที่มีอยู่ในระดับรองรับต่ออุปสงค์ระหว่างช่วงเวลานำมากกว่าจุดสั่งซื้อใหม่ ROP ถ้าอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลาต่างๆ เป็นอิสระต่อกัน อุปสงค์ระหว่างช่วงเวลานำมีการแจกแจงปกติด้วยค่า $R_L : RL$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลานำแสดงได้ ดังสมการที่ 2.24

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{L}\sigma_R \tag{2.24}$$

จากที่กำหนด CSL ที่ต้องการ สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย SS ที่ต้องการ และจุดสั่งซื้อใหม่ได้ ดังสมการที่ 2.25 และ 2.26

$$SS = F_s^{-1}(CSL) \times \sigma_L = NORMSINV(CSL) \times \sigma_L \tag{2.25}$$

$$R = R_L + SS \tag{2.26}$$

เมื่อใช้นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง ผู้จัดการจะรับผิดชอบเฉพาะความไม่แน่นอนของอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลานำเท่านั้น เพราะการทบทวนแบบต่อเนื่องที่กระทำต่อสินค้าคงคลังยอมให้ผู้จัดการปรับเปลี่ยนเวลาการสั่งซื้อทดแทนได้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เกี่ยวกับอุปสงค์ ถ้าอุปสงค์มีสูงมาก สินค้าคงคลังจะถึงจุดสั่งซื้อใหม่อย่างรวดเร็วนำไปสู่การออกคำสั่งซื้อทดแทนเร็ว ถ้าอุปสงค์ต่ำมากสินค้าคงคลังจะลดลงสู่จุดสั่งซื้อใหม่อย่างช้าๆ นำไปสู่การออกคำสั่งซื้อทดแทนไปแล้วสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยที่มีอยู่จะครอบคลุมความไม่แน่นอนของอุปสงค์ในช่วงนี้แล้ว นโยบายการตรวจต่อเนื่องมีความเหมือนกันที่ขนาดล็อตที่ทำการสั่งซื้อคงที่ระหว่างรอบเวลาการเติมเต็มขนาดล็อตที่เหมาะสมที่สุด อาจหาได้โดยใช้สูตร EOQ

2.4.5 นโยบายทบทวนตามช่วงเวลา

ในนโยบายการทบทวนแบบช่วงเวลา ระดับสินค้าคงคลังถูกทบทวนตามช่วงเวลาคงที่ที่กำหนดไว้เท่ากับ T และออกคำสั่งซื้อตามระดับของสินค้าคงคลังปัจจุบันบวกกับขนาดล็อตในการสั่งซื้อให้เท่ากับระดับที่ต้องการตอนเริ่มแรก เรียกว่า Order Up to Leve l : OUL ช่วงเวลาการทบทวน คือ เวลา T ระหว่างการออกคำสั่งซื้อแต่ละครั้ง สังเกตว่าขนาดของแต่ละคำสั่งซื้ออาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับอุปสงค์ที่ทราบระหว่างการออกคำสั่งซื้อ และสินค้าคงคลังที่มี เวลาในการออกคำสั่งซื้อ นโยบายการตรวจตามช่วงเวลาดูจะง่ายกว่าในการนำไปใช้สำหรับร้านค้าปลีก เพราะไม่ต้องการให้ผู้ค้าปลีกต้องมีขีดความสามารถด้านระบบเฝ้าตรวจต่อเนื่องกับสินค้าคงคลัง และซัพพลายเออร์อาจพอใจมากกว่าเพราะทำให้มีการสั่งซื้อเป็นช่วงเวลาที่แน่นอน

พิจารณาผู้จัดการห้าง วอลมาร์ท ที่รับผิดชอบในการออกแบบนโยบายทดแทน สำหรับตัวต่อ Lego เขาต้องการวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย ถ้าเขาตัดสินใจให้นโยบายทบทวนแบบช่วงเวลา อุปสงค์สำหรับ Lego มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระจากสัปดาห์หนึ่งไปยังอีกสัปดาห์หนึ่ง สมมติปัจจัยเข้า ดังนี้

R : อุปสงค์เฉลี่ยต่อช่วงเวลา

σ_R : ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์ต่อช่วงเวลา

L : ช่วงเวลานำเฉลี่ยสำหรับการจัดหาทดแทน

T : ช่วงเวลาตรวจ

CSL : ระดับรอบการให้บริการที่ต้องการ

เพื่อให้เข้าใจความต้องการสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย จากขั้นตอนของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามเวลาตั้งแต่ผู้จัดการสโตร์ทำการสั่งซื้อ โดยออกคำสั่งซื้อแรกที่เวลา 0 โดยขนาดล็อตที่สั่งรวมกับสินค้าคงคลังที่มีอยู่เท่ากับ OUL จากคำสั่งซื้อที่ออกไปแล้ว สินค้าเข้ามาถึงหลังเวลาผ่านไปเท่ากับช่วงเวลานำ (L) ช่วงเวลาตรวจต่อไปคือที่เวลา T เมื่อผู้จัดการสโตร์ออกคำสั่งซื้อครั้งต่อไป สินค้าเข้ามาถึงที่เวลา T + L OUL แทนสินค้าคงคลังที่มีอยู่สามารถมารองรับต่ออุปสงค์ระหว่างช่วงเวลาระหว่าง 0 และ T + L OUL ดังนั้นผู้จัดการสโตร์ต้องกำหนด OUL ตามนี้ ความน่าจะ

เป็น (อุปสงค์ระหว่าง L+T ≤ OUL)= CSL ขั้นตอนต่อไปคือ การหาการแจกแจงของอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลา $T+L$ ใช้สมการ $P=kR$ และ $\Omega=\sqrt{K}\sigma_R$ อุปสงค์ระหว่างช่วงเวลานำ $T+L$ มีการแจกแจงปกติด้วย

อุปสงค์เฉลี่ยระหว่าง $T+$คาบเวลา $\mathrm{L}(\mathrm{R}_{\mathrm{T+L}})=(\mathrm{T}+\mathrm{L})\mathrm{R}$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลา $T+$ คาบเวลา $L(\sigma_{T+L})=\sqrt{T+L}\sigma_R$ สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยในกรณีนี้ คือปริมาณที่เกิน $\mathrm{R}_{\mathrm{T+L}}$ ที่ (Wall-Mart) จัดเก็บไว้เกินช่วงเวลา $T+L$ คำสั่งซื้อที่ขึ้นไปถึงระดับ OUL และสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย ss ที่มีความสัมพันธ์กัน ดังสมการที่ 2.27

$$\mathrm{OUL} = \mathrm{R}_{\mathrm{T+L}} + \mathrm{ss} \qquad (2.27)$$

จากที่กำหนดระดับรอบของการให้บริการ (CSL) ที่ต้องการแล้ว สินค้าคลังเพื่อความปลอดภัยที่ต้องการหาได้ ดังสมการที่ 2.28

$$ss=F_s^{-1}(CSL)\times\sigma_{T+L}=NORMSINV(CSL)\times\sigma_{T+L} \qquad (2.28)$$

ขนาดล็อตเฉลี่ยเท่ากับอุปสงค์เฉลี่ยระหว่างช่วงเวลาการตรวจ T และหาได้ ดังสมการที่ 2.29

$$\mathrm{Q} = \mathrm{R}_{\mathrm{T}} = \mathrm{RT} \qquad (2.29)$$

2.4.6 ระบบผสม (Hybrid System)

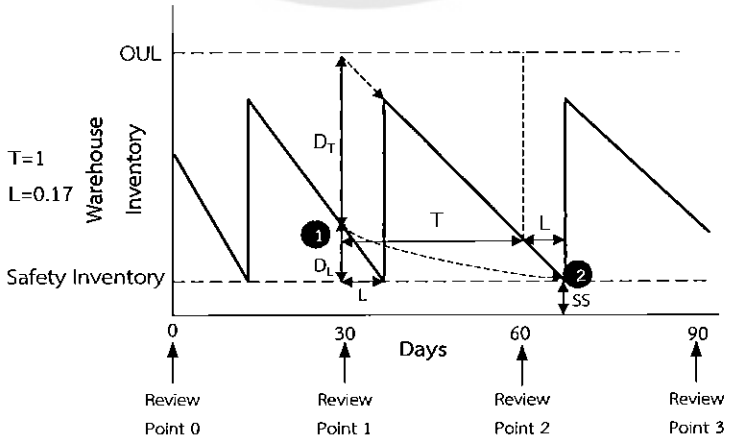
มีการควบคุมพัสดุคงคลังระบบผสมหลายๆ ระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจากการนำคุณลักษณะบางประการ (ไม่ใช่ทั้งหมด) ของระบบปริมาณการสั่งคงที่และระบบรอบเวลาการสั่งคงที่มาผสมกัน แต่มีอยู่ 2 – 3 ระบบที่เป็นที่รู้จักและใช้กันโดยทั่วไปมากที่สุด คือ 1. ระบบผสมการทบทวนจุดสั่ง-รอบเวลาสั่ง (The Order Point - Periodic Review Combination System) 2. ระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง - จุดสั่ง (The Periodic - Order Point Review Combination System) และ 3. ระบบฐานสต็อก (Base - Stock System)

2.4.6.1 ระบบผสมการทบทวนจุดสั่ง - รอบเวลาสั่ง (The Order Point - Periodic Review Combination System) เป็นการผสมระหว่างคุณลักษณะของระบบที่จุดสั่งคงที่ (Fixed Order Point) (หรือระบบปริมาณการสั่งคงที่) กับระบบทบทวนตามรอบเวลา (Periodic Review) (หรือระบบรอบเวลาการสั่งคงที่) ภายใต้ระบบผสมนี้ถ้าระดับสต็อกลดลงมาถึงระดับจุดสั่งที่กำหนดไว้

ก่อนที่จะถึงวันครบรอบกำหนดการทบทวนสต๊อก ก็จะทำการออกใบสั่งเหมือนกับวิธีของระบบจุดสั่งคงที่ ด้วยขนาดรุ่นการสั่งที่จะดึงให้ระดับพัสดุคงคลังกลับขึ้นไปถึงระดับสูงสุดที่ได้กำหนดไว้ คือ $(Q+ss)$ หรือ $(\bar{d}\times T)+ss$ ณ เวลาที่ของมาส่ง ซึ่งขนาดรุ่นการสั่งในกรณีนี้ก็คือ Q หรือ $(\bar{d}\times T)$ หน่วย แต่ถ้าระดับสต๊อกยังไม่ถึงจุดสั่งที่กำหนดไว้ ก็จะทำการสั่งเมื่อถึงวันครบกำหนดตามรอบเวลาเหมือนกับวิธีของระบบรอบเวลาการสั่งคงที่ ด้วยขนาดรุ่นการสั่งที่จะดึงให้ระดับพัสดุคงคลังกลับขึ้นไปถึงระดับสูงสุดที่ได้กำหนดไว้ คือ $(\bar{d}\times T)+ss$ หรือ $Q+ss$ ณ เวลาที่ของมาส่ง โดยปริมาณการสั่งในกรณีนี้จะเหมือนกับสมการ $\bar{d}(T+\overline{LT})+ss-OH$

ระบบผสมนี้จะมีลักษณะคล้ายกับระบบรอบเวลาการสั่งคงที่ อย่างไรก็ตาม จะไม่มีการออกใบสั่งในรอบนั้นอีกหลังจากที่มีการสั่งแล้ว หากตำแหน่งพัสดุคงคลังยังไม่ลดลงมาถึงระดับต่ำสุดที่ได้กำหนดไว้ ดูรูปที่ 2.2 ระดับต่ำสุดจะทำหน้าที่เหมือนจุดสั่งใหม่ (Re - Order Point, ROP) ในระบบปริมาณการสั่งคงที่ ถ้าตำแหน่งคงคลังพัสดุเป้าหมาย (P) คือ 120 และระดับจุดคำสั่งคือ 40 ขนาดรุ่นการสั่งน้อยที่สุด คือ 80 (หรือ 120 - 40) เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ จำเป็นจะต้องมีกลไกที่แสดงให้รู้ว่าระดับสต๊อกลดลงมาถึงจุดสั่งแล้ว ถ้าไม่สามารถบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่อง (Perpetual Records) ได้ ก็ควรจะติดตั้งกลไกการทำงานของระบบ 2 ถาดที่ได้อธิบายก่อนหน้านี้แล้วมาใช้ ระบบผสมนี้มีความเหมาะสมกับพัสดุคงคลังที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง และต้นทุนของสินค้าคงคลังเพื่อปลอดภัยที่จะต้องครอบคลุมความแปรปรวนระหว่างช่วงเวลานำรวมกับรอบเวลาสั่งมากเกินกว่าต้นทุนของระบบผสม ซึ่งในระบบผสมการทบทวนจุดสั่ง-รอบเวลาสั่งต้องการให้มีสต๊อกปลอดภัยรองรับความแปรปรวนในระหว่างช่วงเวลานำเท่านั้น

ถ้าพัสดุรายการใดมักจะถึงจุดสั่งก่อนที่จะถึงวันกำหนดครบรอบเวลาทบทวนการสั่งอยู่บ่อยครั้ง ก็ควรจะทำการตรวจสอบและทบทวนอัตราความต้องการ (D) และระดับสต๊อกสูงสุดในการสั่งเสียใหม่ ว่าจำเป็นจะต้องมีการประเมินขึ้นใหม่หรือไม่



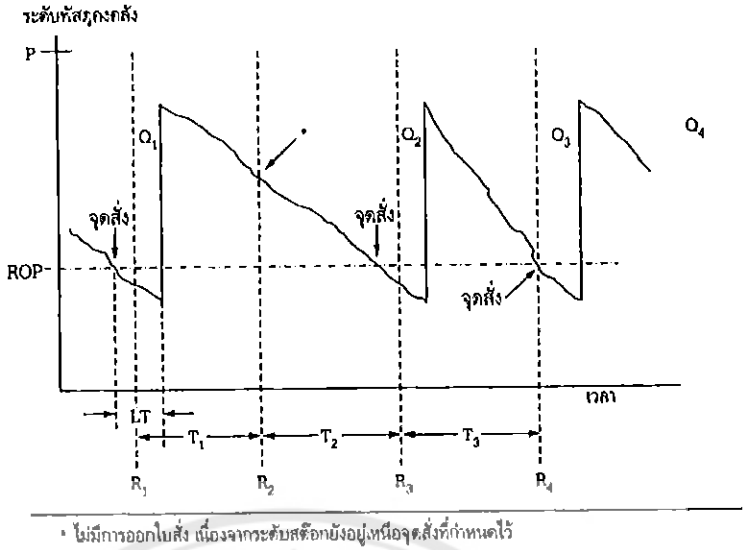
รูปที่ 2.2 การสั่งซื้อสารเคมีตามนโยบายทบทวนตามช่วงเวลา

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Sunil Chopra และ Peter Meindl, 2553

2.4.6.2 ระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง - จุดสั่ง (The Periodic – Order Point Review Combination System) ในระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง - จุดสั่งดังกล่าวนี้ การสั่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อระดับสต๊อกลดลงมาถึงจุดสั่ง หรือต่ำกว่าจุดสั่งที่กำหนดไว้แล้วเท่านั้น ดูรูปที่ 2.3 วิธีการดังกล่าว ทำให้องค์กรสามารถหลีกเลี่ยงการออกใบสั่งในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำได้ ระบบนี้จะมีประโยชน์ เมื่อความต้องการในแต่ละช่วงเวลาไม่แปรปรวนมากนัก แต่อายุการจัดเก็บ (Shelf Life) เป็นสิ่งสำคัญ ถึงแม้ว่าความสดใหม่ ฝุ่น สนิม และคุณลักษณะอื่นๆ ที่เกิดจากการเก่าเก็บอาจจะไม่ได้เป็นอุปสรรคต่อการขาย หากลูกค้ามีความต้องการในสินค้า แต่ก็ไม่ได้เพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้า ระบบนี้จะทำให้ความบกพร่องต่างๆ เหล่านี้ลดน้อยลง แต่อาจจะทำให้ความน่าจะเป็นในการขาดสต๊อกเพิ่มมากขึ้น

การกำหนดจุดสั่งสำหรับระบบนี้อาจจะมีความยุ่งยากซับซ้อน หากระบบต้องการให้มีการคำนวณหลักประกันทางคณิตศาสตร์ว่า จุดสั่งดังกล่าวนี้จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการถือครอง ค่าใช้จ่ายในการสั่ง และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขาดสต๊อกต่ำที่สุด ในการสร้างหลักประกันนี้จะทำให้ง่ายขึ้นได้โดยการตั้งข้อสมมติขึ้น 2 – 3 ข้อ ซึ่งหนึ่งในข้อสมมติฐานมักจะเกี่ยวข้องกับการกระจายของความต้องการ (Demand Distribution)

ประเด็นหลัก คือ มีการนำระบบดังกล่าวนี้ไปใช้ได้อย่างประสบความสำเร็จในหลายๆ บริษัท โดยพนักงานคลังเก็บพัสดุจะทำการทบทวนพัสดุในคลังตามรอบเวลา เช่น ทุกๆ วันที่ 5 และ 20 ของเดือน และจะทำการสั่งเฉพาะรายการวัสดุที่ตกลงมาถึงจุดสั่งแล้วเท่านั้น ในบางสถานการณ์จุดสั่งอาจจะกำหนดไว้ค่อนข้างสูง เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการถือครองค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบค่าใช้จ่ายในการสั่ง แต่ในบางสถานการณ์ เช่น ตลาดอาหารสด สินค้าฤดูกาล ร้านหนังสือ ภัตตาคาร และร้านขายยา จุดสั่งอาจจะกำหนดไว้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากค่าใช้จ่ายที่เกิดจากขาดสต๊อกจะต้องได้ดุลกับค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการสั่งซื้อมากเกินไป ซึ่งทำให้เกิดของค้างสต๊อก ล้าสมัย และมูลค่าลดลง บางครั้งอาจจะกลายเป็นค่าซากที่แทบไม่มีมูลค่า



รูปที่ 2.3 การควบคุมสารเคมีคงคลังระบบผสมทบทวนรอบเวลาสั่งซื้อ – จุดสั่งซื้อ

ที่มา : พิภพ ลลิตาภรณ์, 2546

2.4.6.3 ระบบฐานสต๊อก (Base - Stock System) สำหรับรูปแบบที่ง่ายที่สุดของระบบฐานสต๊อก คือ จะทำการออกใบสั่งเติมเต็มในแต่ละครั้งที่มีการเบิกเกิดขึ้น ด้วยปริมาณการสั่งที่มีการเบิกออกไปในครั้งนั้น นโยบายการสั่งทดแทนครั้งต่อครั้ง (One – for - One Replacement Policy) ดังกล่าวนี้ เพื่อรักษาระดับตำแหน่งพัสดุคงคลังในระบบฐานสต๊อก ให้เท่ากับความต้องการโดยเฉลี่ยในช่วงเวลานำบวกด้วยสต๊อกปลอดภัย ดังนั้นระดับฐานสต๊อกก็คือระดับที่เทียบเท่ากับจุดสั่งซื้อใหม่ (Re-order Point) หรือในระบบปริมาณการสั่งคงที่ อย่างไรก็ตาม ปริมาณการสั่งของระบบนี้จะแปรเปลี่ยนตามปริมาณการเบิก เพื่อรักษาตำแหน่งพัสดุคงคลังให้อยู่ในระดับ ROP ตลอดเวลา เนื่องจากตำแหน่งดังกล่าวนี้ คือตำแหน่งพัสดุคงคลังที่ต่ำสุดที่เป็นไปได้ ที่ยังคงรักษาระดับการบริการที่กำหนดไว้ได้ ดังนั้นระบบฐานสต๊อกอาจจะใช้เพื่อทำให้ระดับพัสดุคงคลังตามรอบ (Cycle Inventory) ต่ำสุด มีจำนวนครั้งการออกใบสั่งมากกว่า แต่สั่งแต่ละครั้งจำนวนน้อยกว่า ระบบดังกล่าวนี้ จะเหมาะสมกับพัสดุคงคลังที่มีราคาแพง เช่น การสั่งเครื่องยนต์สำหรับเครื่องบินเจ็ต (Jet Airplanes) และจะไม่มีการถือครองพัสดุคงคลังไว้มากเกินกว่าความต้องการในช่วงเวลานำสูงสุดที่คาดไว้

ข้อสังเกตในการประยุกต์ใช้ระบบนี้ คือ รอบเวลาการเบิกใช้พัสดุแต่ละครั้งจะต้องยาวกว่าหรือเท่ากับช่วงเวลานำ เช่น มีการเบิกใช้ เช่น มีการเบิกใช้ในแต่ละครั้งทุกช่วงเวลา 10 วัน แต่ช่วงเวลานำไม่ควรยาวเกินกว่า 10 วัน แต่ถ้าหากช่วงเวลานำยาวกว่ารอบเวลาการเบิกใช้ เช่น มีการเบิกใช้ทุกๆ วัน โดยมีช่วงเวลานำเท่ากับ 10 วัน การใช้ระบบฐานสต๊อกจะต้องปรับการสั่งเป็นแบบรอบเวลาการสั่งคงที่เท่ากับช่วงเวลานำ โดยสั่งเป็นรอบเวลาการสั่งคงที่เท่ากับช่วงเวลานำ โดยสั่งใหม่ทุกครั้งที่ของมาส่ง และสั่งเท่ากับปริมาณการใช้โดยเฉลี่ยในรอบเวลานำ

2.5 การควบคุมของคงคลังระบบจุดสั่งใหม่ (Reorder Point System)

ภายใต้การบริหารพัสดุคงคลังระบบคงคลังระบบจุดสั่งใหม่ ได้แบ่งเป็นระบบย่อยอีก 2 ระบบ คือ

2.5.1 ระบบปริมาณการสั่งคงที่ (Fixed Order Quantity, FOQ) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ระบบจุดสั่งซื้อคงที่ ระบบนี้มีลักษณะที่สำคัญตามชื่อเรียก คือ จะทำการออกใบสั่งด้วยปริมาณคงที่เท่ากันทุกครั้งที่ทำการออกใบสั่ง และจะทำการออกใบสั่งเมื่อพัสดุคงคลังลดลงเมื่อถึงระดับวิกฤติที่ได้กำหนดไว้ระดับเดียวกันทุกครั้ง ในระบบปริมาณการสั่งคงที่ การบันทึกการเคลื่อนไหวของรายการพัสดุคงคลังจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Perpetual Inventory Accounting) กล่าวคือ จะมีการทบทวนหรือการลงบันทึกการเคลื่อนไหวของพัสดุคงคลัง โดยจะทำทุกครั้งที่ได้รับพัสดุเพิ่มหรือนำออกจากคลัง ภายใต้ระบบปริมาณการสั่งคงที่ ชุดค่าควบคุมการดำเนินงานพัสดุคงคลังแต่ละรายการที่จะต้องทำการคำนวณประกอบด้วย (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2552)

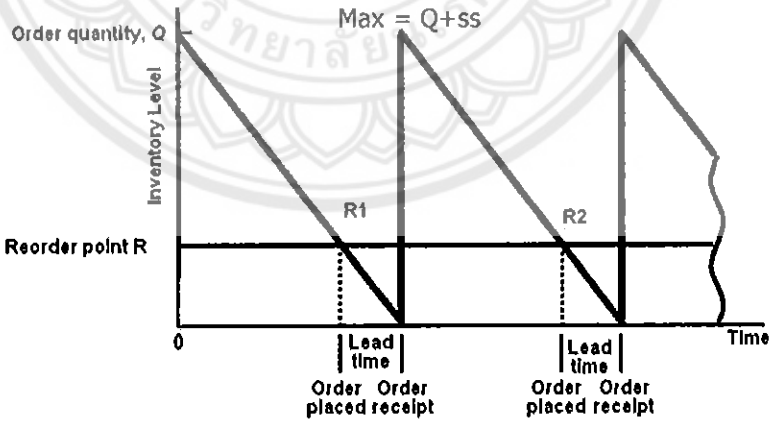
2.5.1.1 ขนาดรุ่นการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต (Q) ซึ่งจะเท่ากันทุกๆครั้งในแต่ระรอบ

2.5.1.2 ชุดค่าควบคุมการดำเนินงาน ซึ่งค่าที่ต้องคำนวณมีดังนี้

(ก) ระดับสต็อกสูงสุด (Maximum Stock)

(ข) ระดับจุดสั่งใหม่หรือระดับสต็อกต่ำสุด (Re – Order Point or Minimum Stock)

(ค) ระดับสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock)



รูปที่ 2.4 แผนภาพแสดงกลไกการทำงานของระบบปริมาณการสั่งคงที่
ที่มา : พิภพ ลลิตาภรณ์, 2543

2.5.2 ระบบรอบเวลาคงที่ (Fixed Order Period System, FOP) ระบบนี้มีความแตกต่างจากระบบปริมาณการสั่งคงที่ คือ เวลาออกใบสั่งจะไม่ดูระดับพัสดุคงเหลือ แต่กำหนดด้วยรอบเวลาซึ่งได้กำหนดไว้คงที่ เช่น ทุกๆ 30 วัน เป็นต้น แต่ปริมาณการสั่งในแต่ละครั้งจะไม่เท่ากัน สามารถคำนวณปริมาณการสั่งซื้อได้ดังนี้

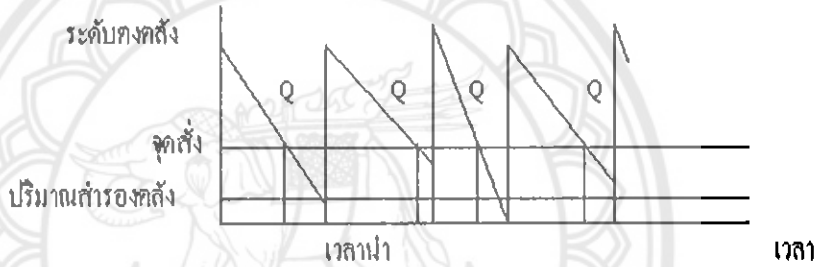
ในระบบ FOP จะมีการทบทวนระดับพัสดุคงคลังไม่จำเป็นจะต้องเฝ้าติดตามตลอดเวลา เนื่องจากได้มีการกำหนดรอบเวลาในการทบทวนไว้แล้ว และรู้วันที่จะมีการทบทวนระดับพัสดุคงคลังแล้ว เนื่องจากระบบ FOP ไม่มีการทบทวนระดับพัสดุคงคลังอย่างต่อเนื่อง การขาดสต็อกจึงมีโอกาสเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นจะต้องมีความจำเป็นจะต้องมีสต็อกปลอดภัยเผื่อไว้มากกว่า เพื่อรองรับความเสี่ยงต่อการขาดสต็อกที่เพิ่มขึ้น สำหรับค่าการควบคุมของระบบประกอบด้วย (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2552)

2.5.2.1 ขนาดรุ่นของการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปในแต่ละรอบ

2.5.2.2 การควบคุมการดำเนินงาน มีค่าที่ต้องคำนวณ ดังนี้

ก. ระดับสต็อกสูงสุด (Maximum Stock)

ข. ระดับสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock)

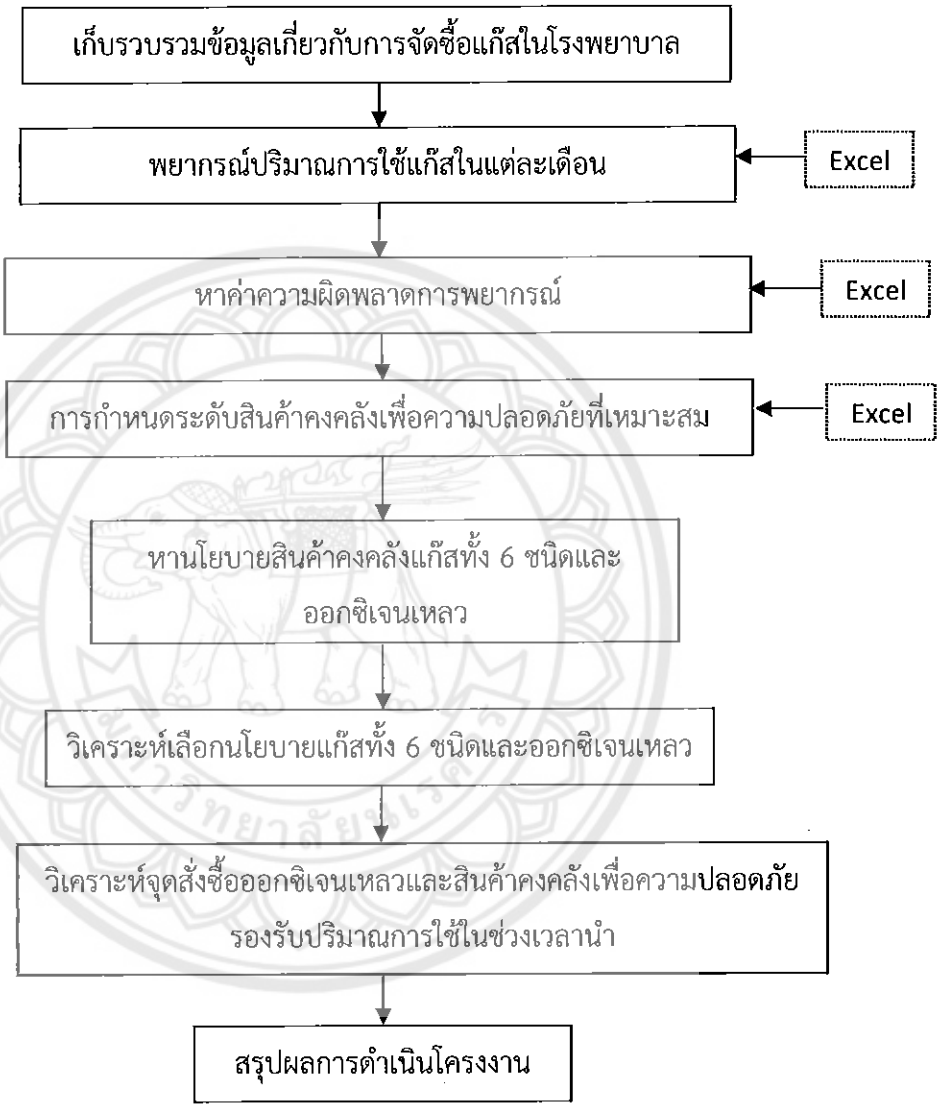


รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงกลไกการทำงานของระบบรอบเวลาสั่งคงที่

ที่มา : พิภพ ลลิตาภรณ์, 2543

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานการควบคุมแก๊สคงคลังของโรงพยาบาล มีขั้นตอนแสดงดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ผังขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดซื้อแก๊สในโรงพยาบาล

3.1.1 เก็บข้อมูลปริมาณการสั่งซื้อแก๊สในแต่ละเดือน จากวิศวกรแผนกเครื่องมือแพทย์

3.1.2 เก็บข้อมูลจำนวนถังแก๊สที่มีอยู่ในโรงพยาบาลทั้ง 6 ชนิด จากวิศวกรแผนกเครื่องมือแพทย์

3.1.3 เก็บข้อมูลด้านปริมาณการสั่งซื้อของออกซิเจนเหลว และแก๊สชนิดอื่นๆ จากแผนกวัสดุในโรงพยาบาล

3.2 พยากรณ์ปริมาณการใช้แก๊สในแต่ละเดือน

3.2.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของการพยากรณ์ กำหนดว่าจะพยากรณ์เพื่ออะไร โดยกำหนดเพื่อหาจำนวนถังแก๊สที่เหมาะสมในโรงพยาบาล

3.2.2 เก็บข้อมูลในอดีต นำเอาข้อมูลการสั่งซื้อแก๊สทั้ง 6 ชนิด และออกซิเจนเหลว มาจัดเรียงเป็นตารางแยกประเภทของถังแก๊ส

3.2.3 วิเคราะห์รูปแบบด้วยข้อมูลกราฟ แล้วนำข้อมูลจากข้อ 3.1.1 มาวาดกราฟเพื่อวิเคราะห์ว่ากราฟมีลักษณะแบบไหนบ้าง เช่น มีแนวโน้มหรือไม่ มีรูปแบบของฤดูกาลหรือไม่ เป็นต้น

3.2.4 เลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูล หลังจากทราบลักษณะข้อมูลแล้ว นำมาเลือกวิธีการพยากรณ์

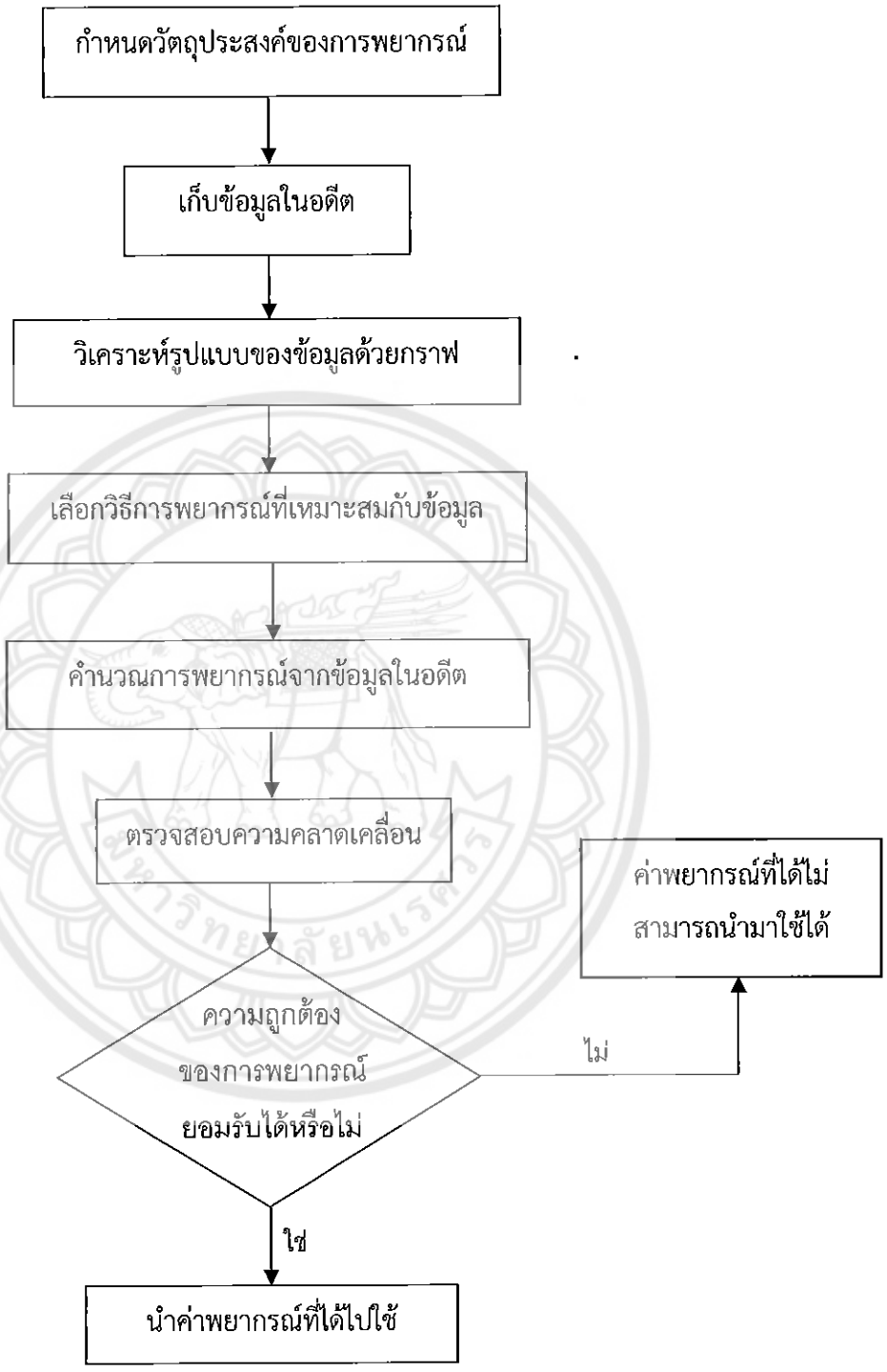
3.2.5 คำนวณการพยากรณ์จากข้อมูลในอดีต เมื่อได้วิธีแล้ว ก็เอาทฤษฎีในการพยากรณ์มาทำการพยากรณ์ในแต่ละเดือน

3.2.6 ตรวจสอบความคลาดเคลื่อน ใช้ทฤษฎีวัดความผิดพลาดการพยากรณ์ โดยนำปริมาณการใช้แก๊สทั้ง 6 ชนิดและออกซิเจนเหลวมาคำนวณหาความผิดพลาดในการพยากรณ์

3.2.7 ความถูกต้องของการพยากรณ์ยอมรับได้หรือไม่ โดยค่าความผิดพลาดการพยากรณ์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ หากเฉลี่ยแล้วค่าความผิดพลาดต้องไม่เกินร้อยละ 20

3.2.8 ค่าความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 20 ยอมรับได้ และนำค่าการพยากรณ์ไปใช้ แต่เมื่อค่าความผิดพลาดเกินร้อยละ 20 ไม่สามารถนำค่าการพยากรณ์มาใช้ได้

การดำเนินการพยากรณ์ตามขั้นตอนแสดงดังรูป 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนดำเนินการพยากรณ์
ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Russell and Taylor, 2006

3.3 เลือกค่าปริมาณการใช้แก๊สที่ได้จากการพยากรณ์ที่เหมาะสม

นำข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนในแต่ละเดือนที่ได้จากการพยากรณ์ มาใช้เพื่อหาสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock) โดยใช้ทฤษฎีหาระดับสินค้าคงคลังที่ปลอดภัยเป็นรายเดือน

3.4 คำนวณหาจุดสั่งซื้อของออกซิเจนเหลว

นำข้อมูลออกซิเจนเหลวจากข้อ 3.1.3 มาคำนวณหาจุดสั่งซื้อ โดยใช้ทฤษฎีการพิจารณา 3 นโยบาย คือ

3.4.1 นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง

3.4.2 นโยบายทบทวนเป็นรอบ

3.4.3 ระบบผสม (Hybrid System)

3.5 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

ทำการสรุปผลที่ได้จากการดำเนินโครงงาน และจัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 เก็บรวบรวมข้อมูลแก๊สในโรงพยาบาล

เก็บข้อมูลการใช้แก๊สของโรงพยาบาลย้อนหลังอย่างน้อย 1 ปีคือ ปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2555 โดยชนิดแก๊สที่ใช้ในโรงพยาบาลมีทั้งหมด 7 ชนิด คือ

ตารางที่ 4.1 ชนิดของแก๊สทางการแพทย์ที่ใช้ในโรงพยาบาล

ลำดับ	ชนิดของแก๊ส	ขนาดถังแก๊ส (คิว)	2554 (ถัง)	2555 (ถัง)
1	ออกซิเจน	2	825	1,150
		5	17	26
		7	40	360
2	ไนโตรเจน	7	173	169
3	ไนตรัสออกไซด์	7	37	58
4	คาร์บอนไดออกไซด์	7	12	13
5	ออกซิเจนเหลว (ลูกบาศก์เมตร)		69,291	103,095

4.2 การพยากรณ์ปริมาณการใช้แก๊สทางการแพทย์ในโรงพยาบาลในแต่ละเดือน

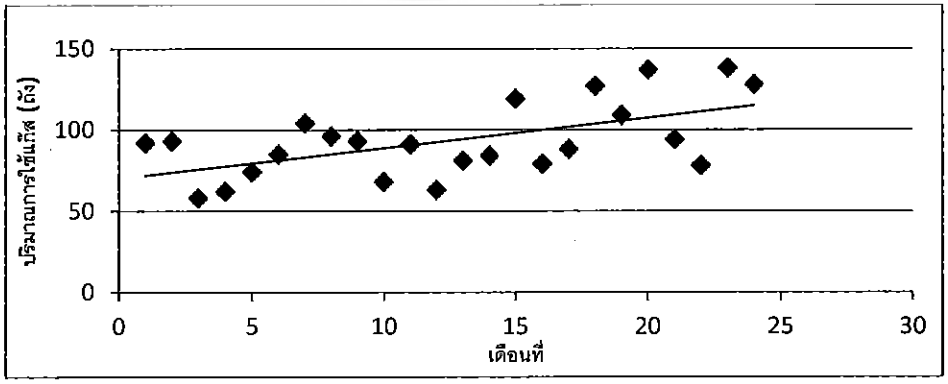
4.2.1 แก๊สออกซิเจน 2 คิว

โดยเริ่มต้นด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 2 คิวในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2555 และทำการวิเคราะห์ แนวโน้ม และ ปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล ด้วยการวาดกราฟ แกน x คือ ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิว มีหน่วยเป็นถัง แกน y คือ เดือนที่สั่งแก๊สออกซิเจน 2 คิว

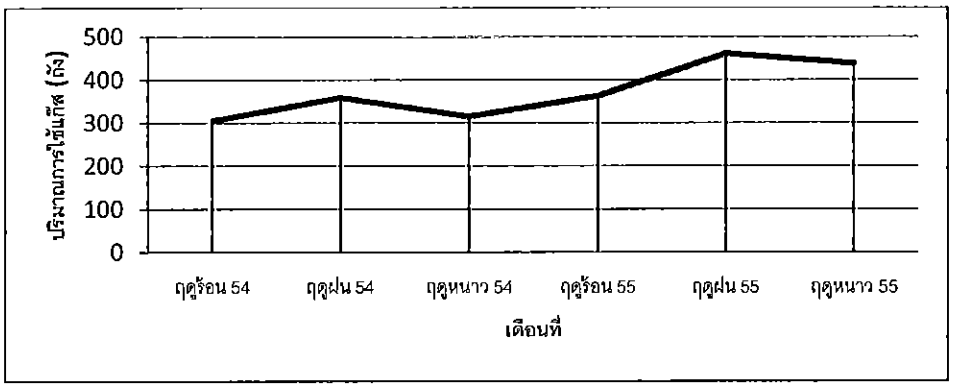
ตารางที่ 4.2 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 2 คิว

ลำดับ	เดือน	ปริมาณ (ถัง)	ช่วง ฤดูกาล	ลำดับ	เดือน	ปริมาณ (ถัง)	ช่วง ฤดูกาล
1	มี.ค.-54	92	ฤดูร้อน	13	มี.ค.-55	81	ฤดูร้อน
2	เม.ย.-54	93	ฤดูร้อน	14	เม.ย.-55	84	ฤดูร้อน
3	พ.ค.-54	58	ฤดูร้อน	15	พ.ค.-55	119	ฤดูร้อน
4	มิ.ย.-54	62	ฤดูฝน	16	มิ.ย.-55	79	ฤดูฝน
5	ก.ค.-54	74	ฤดูฝน	17	ก.ค.-55	88	ฤดูฝน
6	ส.ค.-54	85	ฤดูฝน	18	ส.ค.-55	127	ฤดูฝน
7	ก.ย.-54	104	ฤดูฝน	19	ก.ย.-55	109	ฤดูฝน
8	ต.ค.-54	80	ฤดูฝน	20	ต.ค.-55	137	ฤดูฝน
9	พ.ย.-54	93	ฤดูหนาว	21	พ.ย.-55	94	ฤดูหนาว
10	ธ.ค.-54	107	ฤดูหนาว	22	ธ.ค.-55	78	ฤดูหนาว
11	ม.ค.-55	91	ฤดูหนาว	23	ม.ค.-56	138	ฤดูหนาว
12	ก.พ.-55	63	ฤดูหนาว	24	ก.พ.-56	128	ฤดูหนาว

จากตารางที่ 4.2 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 2 คิว ในแต่ละเดือนจะมีปริมาณการใช้แก๊สที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 2 คิวมาวาดกราฟแล้วนั้น จะเห็นว่าข้อมูลมี แนวโน้ม และปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล โดยแสดงดังรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 ตามลำดับ โดยลักษณะกราฟในรูป 4.1 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิว ในแต่ละเดือนมีแนวโน้มมากขึ้น และมีความชันเล็กน้อย ส่วนปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล ในรูปที่ 4.2 โดยแบ่งช่วงเป็นปี ในหนึ่งปี จะมีทั้งหมด 3 ฤดูกาล เริ่มจากฤดูร้อน โดยลักษณะกราฟในปีนั้น ปริมาณการใช้แก๊สสูงสุดที่ฤดูฝน เปรียบเทียบลักษณะกราฟ 2 ปีจะมีลักษณะคล้ายกัน จึงมีลักษณะมีความเป็นฤดูกาล



รูปที่ 4.1 กราฟปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 2 คิว ที่แสดงระดับ แนวโน้ม



รูปที่ 4.2 กราฟปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนเหลวขนาด 2 คิว ที่แสดงความเป็นฤดูกาลในช่วงเวลา 2 ปี

4.2.1.1 พยากรณ์โดยใช้ Winter's Model เพราะอุปสงค์มีระดับ แนวโน้ม และปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล โดยข้อมูลถูกกำหนดให้อยู่ในรูปแบบไตรมาส ข้อมูลในตารางที่ 4.3 จะได้ P = 3 (3 ฤดูกาล) และค่า t = 4 (4 เดือน/1 ฤดูกาล) นำค่า P และ t แทนในสมการที่ 2.1 เพื่อหาค่า $\overline{D}_t$ (Deseasonailzed Demand) จะได้ค่าดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการใช้รายไตรมาสของ แก๊สออกซิเจน 2 คิว

ไตรมาส	คาบเวลา t	อุปสงค์ (ท่อ)
1	1	305
2	2	359
3	3	315
1	4	363
2	5	461
3	6	438

$$\overline{D_t} = \left[D_{t-\left(\frac{p}{2}\right)} + D_{t+\left(\frac{p}{2}\right)} + \sum_{t+1-\left(\frac{p}{2}\right)}^{t-1+\left(\frac{p}{2}\right)} 2D_t \right] \qquad (2.1)$$

คำนวณหา $\overline{D}_t$ โดยที่ t = 3 ถึง 6 จากสมการที่ 2.1 ค่า $\overline{D}_t$ จะแสดงในคอลัมน์ที่ 2 ในตาราง 4.4 เพื่อหาค่า L_0 และ T_0 โดยใช้การถดถอยเชิงเส้น (Regression) สามารถคำนวณได้โดยใช้โปรแกรม Excel (Data/Regression) โดยกรอกข้อมูลดังต่อไปนี้

Input Y Range : C4:C23 (คอลัมน์ที่ 3 ในตารางที่ 4.4)

Input X Range : A2:A25 (คอลัมน์ที่ 1 ในตารางที่ 4.4)

และกดปุ่มตกลง ค่า L_0 (ระดับเริ่มต้น) และค่า T_0 (แนวโน้ม) ซึ่งค่า L_0 จะถือเป็นค่า Intercept Coefficient (ค่าสัมประสิทธิ์) และแนวโน้ม T_0 จะเป็นค่า X Variable (ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร X หรือความชัน) จะได้ค่า L_0 = 215.667 และ T_0 = 41 แล้วนำไปแทนค่าในสมการที่ 2.2 เป็นอุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลลดลง $\overline{D}_t$ สำหรับช่วงเวลาใดๆ ดังต่อไปนี้

$$\overline{D_t} = L + tT \qquad (2.2)$$

จะได้

$$\overline{D_t} = 215.667 + 41t$$

คำนวณหาค่า $\overline{D_t}$ โดยที่ t = 1 ถึง 6 จากสมการที่ 2.2 จะได้ค่า $\overline{D_t}$ แสดงในคอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 4.4 ต่อมาจะหาปัจจัยด้านฤดูกาล $\overline{S_t}$ สำหรับระยะเวลา t ดังสมการที่ 2.3 ค่า $\overline{S_t}$ อยู่ในคอลัมน์ที่ 4 ของตารางที่ 4.4

$$\overline{S_t} = D_t / \overline{D_t} \qquad (2.3)$$

ตารางที่ 4.4 อุปสงค์ที่ถูกลดความเป็นฤดูกาลและปัจจัยความเป็นฤดูกาล

เดือนที่ (t)	ออกซิเจน 2 คิว (D_t)	อุปสงค์ถูกลดความเป็นฤดูกาล ($\overline{D_t}$ สำหรับใช้คำนวณ L_0, T_0)	อุปสงค์ถูกลดความเป็นฤดูกาล ($\overline{D_t}$)	Seasonal Factor ($\overline{S_t}$)
1	305	-	256.66666	1.18831
2	359	-	297.66666	1.20604
3	315	-	338.66666	0.93011
4	363	284.75	379.66666	0.95610
5	461	315.5	420.66666	1.09587
6	438	-	461.66666	0.94873

จากตารางที่ 4.4 อุปสงค์ที่ถูกลดลงตามฤดูกาล ซึ่งถูกประมาณโดยใช้สมการที่ 2.2 และปัจจัยความเป็นฤดูกาลซึ่งประมาณโดยสมการที่ 2.3

เมื่อมีคาบเวลาเป็น p เราสามารถได้ปัจจัยด้านการเป็นฤดูกาลสำหรับช่วงเวลาที่กำหนดโดยเฉลี่ยความเป็นฤดูกาล ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงเวลาคล้ายๆกัน เราสามารถหาค่าปัจจัยความเป็นฤดูกาลเฉลี่ยดังสมการที่ 2.4

$$S_i = (\sum_{j=0}^{r-1} \overline{S}_{jp+i}) / r \qquad (2.4)$$

ในช่วงเวลาของปริมาณการใช้แก๊สในโรงพยาบาลมีทั้งหมด 6 ช่วง และความเป็นคาบเวลาของ p = 3 แสดงให้เห็นว่ามี r = 3/6 = 2 เราจะได้ค่าปัจจัยความเป็นฤดูกาลเฉลี่ย (S_i) โดยใช้สมการที่ 2.4 ดังต่อไปนี้

คำนวณหาค่า S_i โดย i = 1 ถึง 4

$$S_1 = \frac{\overline{S_1} + \overline{S_4}}{2} = 1.07221$$

$$S_2 = \frac{\overline{S_2} + \overline{S_5}}{2} = 1.15096$$

$$S_3 = \frac{\overline{S_3} + \overline{S_6}}{2} = 0.93943$$

ค่าที่ได้จากการคำนวณระดับ แนวโน้ม และฤดูกาลตามวิธีการแบบสถิตย์ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

L_0 = 257.07116	S_1 = 1.07221	S_2 = 1.15096
T_0 = 41	S_3 = 0.93943	

ทำการพยากรณ์สำหรับช่วงที่ 1 ใช้สมการที่ 2.14 โดย t = 0

$$F_{t+1} = (L_t + T_t) S_{t+1} \qquad (2.14)$$

จะได้

$$F_1 = (L_0 + T_0) S_1 = 275.19974$$

การที่พยากรณ์ช่วงจำนวนเวลา (t) ใดๆ (t $\geq$ 0) มีสมการหาค่า L, T และ S ดังสมการที่ 2.15 ถึง 2.17 ดังนี้

$$L_{t+1} = \alpha(D_{t+1} / S_{t+1}) + (1-\alpha)(L_t + T_t) \quad (2.15)$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1-\beta)T_t \quad (2.16)$$

$$S_{t+p+1} = \gamma(D_{t+1} / L_{t+1}) + (1-\gamma)S_{t+1} \quad (2.17)$$

จากการคำนวณ F_1 ได้แล้ว จะคำนวณหาค่า F_2 ถึง F_6 ได้จากสมการที่ 4.5 โดยที่ต้องทำการคำนวณค่า α, β และ γ ให้ได้เสียก่อน ในการหาค่าทั้ง 3 ตัวแปรทำได้โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Nonlinear Programming ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อทำให้ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์มีค่าต่ำที่สุด ดังแสดงในฟังก์ชันที่ 4.1 และ มีเงื่อนไขบังคับดังแสดงในอสมการที่ 4.2 ถึงอสมการที่ 4.4

Min $$\frac{\sum_{i=1}^{n} |D_i - \overline{F_i}| 100}{n} \quad (4.1)$$

S.t. $$0.00001 \leq \alpha \leq 0.99999 \quad (4.2)$$

$$0.00001 \leq \beta \leq 0.99999 \quad (4.3)$$

$$0.00001 \leq \gamma \leq 0.99999 \quad (4.4)$$

การหาค่าเหมาะที่สุดทำได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์ Standard Excel Solver ซึ่งเป็น Add-in tool ใน Microsoft Excel (รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก) สร้างตารางหาค่า L T และ S ดังตารางที่ 4.5

ผลเฉลยเหมาะที่สุดคือ

$$\alpha^* = 0.01455 \quad \beta^* = 0.03273 \quad \gamma^* = 0.00001$$

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า L, T และ S

t	S	L	T
0	-	215.6666667	41
1	1.07221	257.07116	39.65821
2	1.15096	296.95034	38.36033
3	0.93943	335.31067	37.10493
4	1.07221	371.92278	35.89061
5	1.15096	407.70745	34.71603
6	0.93943	442.77011	33.57989

เมื่อหาค่า S, L และ T ได้ดังตารางที่ 4.5 แล้ว ก็คำนวณค่าความผิดพลาดการพยากรณ์ โดยใช้สมการที่ 2.22 ได้ดังรูปที่ 4.3

หาค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ MPE (Mean Percent Error)

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| D_i - \overline{F_i} \right| 100}{n} \qquad \textbf{(2.22)}$$

	A	B	C	D	E	F	G
1	ไตรมาส	ตามเวลา t	ปริมาณการใช้แก๊ส 2 ถัง(เก่อ)	พยากรณ์	Error	%Error	MPE
2	1	1	305	275.19974	29.80026	9.77058	9.77058
3	2	2	359	341.52461	17.47539	4.86780	7.31919
4	3	3	315	314.99999	0.00001	0.00000	4.87946
5	1	4	363	399.30694	36.30694	10.00191	6.16007
6	2	5	461	469.37848	8.37848	1.81746	5.29155
7	3	6	438	415.62469	22.37531	5.10852	5.26104

รูปที่ 4.3 แสดงค่าการพยากรณ์และค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ในรูปแบบ MPE

ตารางที่ 4.6 สูตรตามเซลล์ในรูปที่ 4.3

สมการ	สูตรใน Excel	ตำแหน่ง
-	=ABS(B2-C2)	E2
-	=100*(D2/B2)	F2
2.22	=AVERAGE($E$2:E25)	G7

โดยค่าเฉลี่ยของ MPE เท่ากับร้อยละ 5.26104 ≈ ร้อยละ 5

4.2.1.2 ทำการพยากรณ์โดยใช้ Damped Trend Exponential Smoothing โดยทฤษฎีนี้ไม่เหมือนกับ ของทฤษฎีของ Holt's เพราะทฤษฎีนี้สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีความเป็นฤดูกาล โดยจะเพิ่มตัวแปรคือ ϕ โดยใช้สมการ 2.18 ถึง 2.20 ในการคำนวณการพยากรณ์

$$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})\phi \tag{2.18}$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}\phi \tag{2.19}$$

$$F_{t+m} = S_t + \sum_{i=1}^{m} \phi_i T_i \tag{2.20}$$

หาค่า S_0 และ T_0 โดยใช้การถดถอยเชิงเส้น (Regression) สามารถคำนวณได้โดยใช้โปรแกรม Excel (Data/Regression) โดยกรอกข้อมูลดังต่อไปนี้

Input Y Range : B2:B25 (ในรูปที่ 4.4)

Input X Range : A2:A25 (ในรูปที่ 4.4)

และกดปุ่ม "ตกลง" จะได้ค่า S_0 = 90.38406, T_0 = 0.30261 ใช้สมการที่ 2.18 และ 2.19 เพื่อหาค่า S และ T ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า S และ T

t	S	T
0	90.38405	0.30260
1	0.001826	-0.0009

จะคำนวณหาค่า F_1 ถึง F_{24} ได้จากสมการที่ 2.16 โดยที่ต้องทำการคำนวณค่า α, β และ ϕ ให้ได้เสียก่อน ในการหาค่าทั้ง 3 ตัวแปรทำได้โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Nonlinear Programming ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อทำให้ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์มีค่าต่ำที่สุด ดังแสดงในฟังก์ชันที่ 4.5 และ มีเงื่อนไขบังคับดังแสดงในอสมการที่ 4.6 ถึงอสมการที่ 4.8

$$\text{Min} \quad \frac{\sum_{i=1}^{n}\left|D_i - \overline{F_i}\right|100}{n} \tag{4.5}$$

$$\text{S.t.} \quad 0.00001 \le \alpha \le 0.99999 \tag{4.6}$$

$$0.00001 \le \beta \le 0.99999 \tag{4.7}$$

$$0.00001 \le \phi \le 0.99999 \tag{4.8}$$

การหาค่าเหมาะที่สุดทำได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์ Standard Excel Solver ซึ่งเป็น Add-in Tool ใน Microsoft Excel (รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก) สร้างตารางหาค่า T และ S ดังตารางที่ 4.7 แล้วพยากรณ์ดังรูปที่ 4.4 ก็คำนวณค่าความผิดพลาด โดยใช้สมการที่ 2.22 ดังรูปที่ 4.4

ผลเฉลยเหมาะที่สุด คือ

$$\alpha^* = 0.85705 \quad \beta^* = 0.00001 \quad \phi^* = 0.00001$$

	A	B	C	D	E	F
1	เดือนที่	ปริมาณการใช้ออกซิเจน 2 คิว (ท่อ)	พยากรณ์	EROR	%Error	MPE
2	1	92	90.384	1.616	1.756	1.756
3	2	93	90.384	2.616	2.813	2.285
4	3	58	90.384	32.384	55.835	20.135
5	4	62	90.384	28.384	45.781	26.546
6	5	74	90.384	16.384	22.141	25.665
7	6	85	90.384	5.384	6.334	22.443
8	7	104	90.384	13.616	13.092	21.107
9	8	96	90.384	5.616	5.850	19.200
10	9	93	90.384	2.616	2.813	17.379
11	10	68	90.384	22.384	32.918	18.933
12	11	91	90.384	0.616	0.677	17.274
13	12	63	90.384	27.384	43.467	19.456
14	13	81	90.384	9.384	11.585	18.851
15	14	84	90.384	6.384	7.600	18.047
16	15	119	90.384	28.616	24.047	18.447
17	16	79	90.384	11.384	14.410	18.195
18	17	88	90.384	2.384	2.709	17.284
19	18	127	90.384	36.616	28.831	17.925
20	19	109	90.384	18.616	17.079	17.881
21	20	94	90.384	46.616	34.026	18.688
22	21	137	90.384	3.616	3.847	17.981
23	22	78	90.384	12.384	15.877	17.886
24	23	138	90.384	47.616	34.504	18.608
25	24	128	90.384	37.616	29.387	19.057

รูปที่ 4.4 แสดงค่าการพยากรณ์และค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ในรูปแบบ MPE

หาค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้สมการที่ 4.13 โดยค่าเฉลี่ยของ MPE เท่ากับร้อยละ 19.05748 ≈ ร้อยละ 19

ตารางที่ 4.8 แสดงรูปตามเซลล์ในรูปที่ 4.4

สมการ	สูตรใน Excel	ตำแหน่ง
-	=ABS(B2-C2)	D2
-	=100*(D2/B2)	E2
4.13	=AVERAGE($E$2:E25)	F25

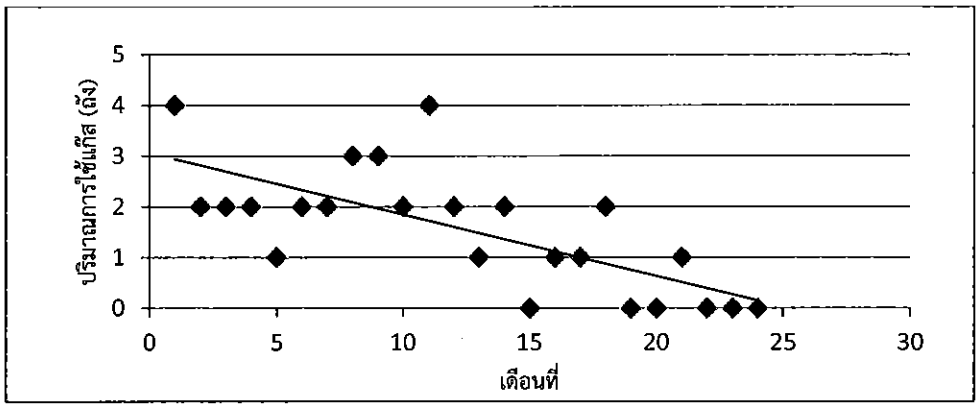
4.2.2 แก๊สออกซิเจน 5 คิว

เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 5 คิวในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2555 และทำการวิเคราะห์ แนวโน้ม และ ปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล ด้วยการวาดกราฟ แกน x คือ ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 5 คิว มีหน่วยเป็นถัง แกน y คือ เดือนที่สั่งแก๊สออกซิเจน 5 คิว

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 5 คิว

ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)	ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)
1	ต.ค.-54	4	13	พ.ย.-55	1
2	ธ.ค.-54	2	14	ธ.ค.-55	2
3	ม.ค.-55	2	15	ม.ค.-56	0
4	ก.พ.-55	2	16	ก.พ.-56	1
5	มี.ค.-55	1	17	มี.ค.-56	1
6	เม.ย.-55	2	18	เม.ย.-56	2
7	พ.ค.-55	2	19	พ.ค.-56	0
8	มิ.ย.-55	3	20	มิ.ย.-56	0
9	ก.ค.-55	3	21	ก.ค.-56	1
10	ส.ค.-55	2	22	ส.ค.-56	0
11	ก.ย.-55	4	23	ก.ย.-56	0
12	ต.ค.-55	2	24	ต.ค.-56	0

จากตารางที่ 4.9 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 5 คิว ในแต่ละเดือนจะมีปริมาณการใช้แก๊สที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 5 คิวมาวาดกราฟแล้วนั้น จะเห็นว่าข้อมูลมี ระดับ แนวโน้มที่ลดลง และไม่มีปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล โดยแสดงดังรูปที่ 4.8 โดยลักษณะกราฟในรูป 4.5 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 5 คิว ในแต่ละเดือนแสดงระดับ แนวโน้มที่ลดลง แต่เนื่องจากมีแนวโน้มลดลงทำให้ไม่ค่อยมีการใช้แก๊สจึงไม่เหมาะต่อการพยากรณ์



รูปที่ 4.5 กราฟปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 5 คิว ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม

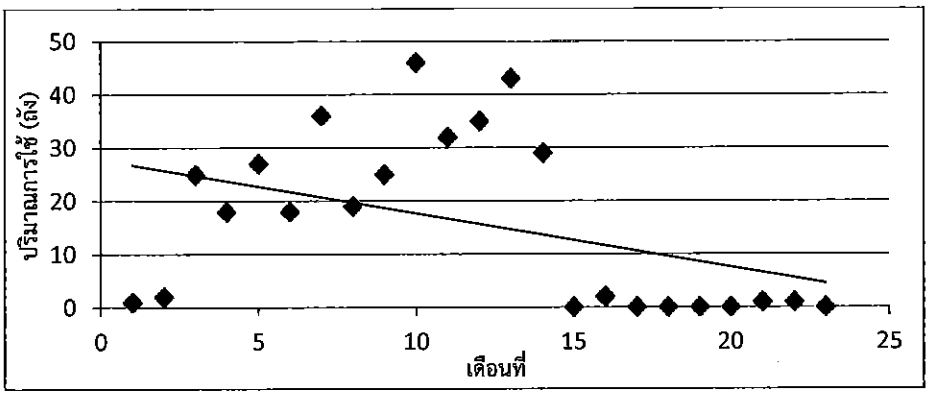
4.2.3 แก๊สออกซิเจน 7 คิว

เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 7 คิวในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2555 และทำการวิเคราะห์ แนวโน้ม และ ปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล ด้วยการวาดกราฟ แกน x คือ ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 7 คิว มีหน่วยเป็นถัง แกน y คือ เดือนที่สั่งแก๊สออกซิเจน 7 คิว

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 7 คิว

ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)	ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)
1	ต.ค.-54	1	13	พ.ย.-55	43
2	ธ.ค.-54	2	14	ธ.ค.-55	29
3	ม.ค.-55	25	15	ม.ค.-56	0
4	ก.พ.-55	18	16	ก.พ.-56	2
5	มี.ค.-55	27	17	มี.ค.-56	0
6	เม.ย.-55	18	18	เม.ย.-56	0
7	พ.ค.-55	36	19	พ.ค.-56	0
8	มิ.ย.-55	19	20	มิ.ย.-56	0
9	ก.ค.-55	25	21	ก.ค.-56	1
10	ส.ค.-55	46	22	ส.ค.-56	1
11	ก.ย.-55	32	23	ก.ย.-56	0
12	ต.ค.-55	35	24	ต.ค.-56	0

จากตารางที่ 4.10 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 7 คิว ในแต่ละเดือนจะมีปริมาณการใช้แก๊สที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 7 คิวมาวาดกราฟแล้วนั้น เหตุผลเดียวกับกรณีออกซิเจน 5 คิว โดยแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนขนาด 7 คิว ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม

4.2.4 การพยากรณ์ไนโตรเจน

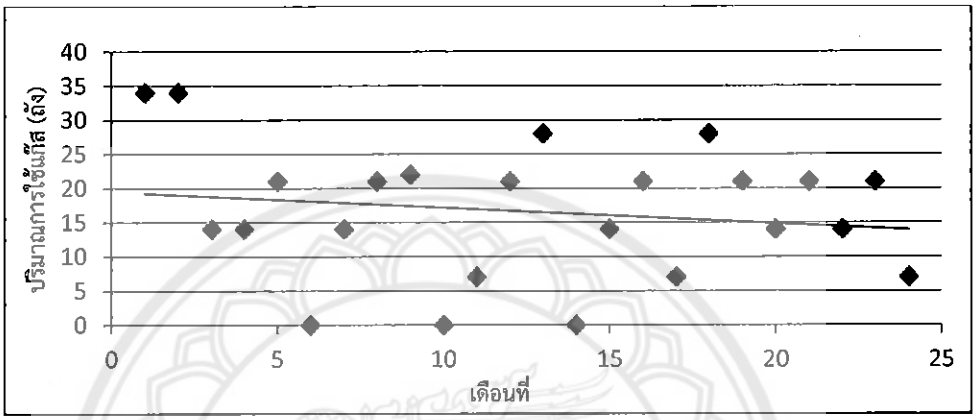
โดยเริ่มต้นด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้แก๊สไนโตรเจนในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2555 และทำการวิเคราะห์ แนวโน้ม และ ปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล ด้วยการวาดกราฟ แกน x คือ ปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน มีหน่วยเป็นถัง แกน y คือ เดือนที่สั่งแก๊สไนโตรเจน

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน

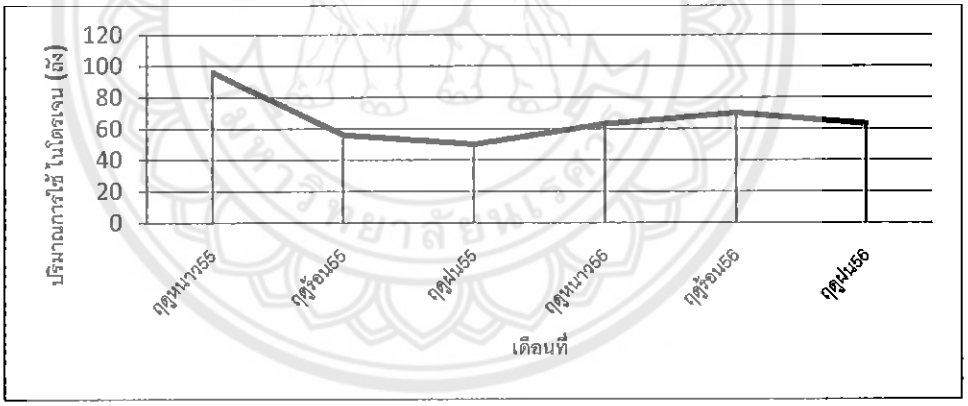
ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)	ช่วงฤดูกาล	ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)	ช่วงฤดูกาล
1	พ.ย.-54	34	ฤดูหนาว	13	พ.ย.-55	28	ฤดูหนาว
2	ธ.ค.-54	34	ฤดูหนาว	14	ธ.ค.-55	0	ฤดูหนาว
3	ม.ค.-55	14	ฤดูหนาว	15	ม.ค.-56	14	ฤดูหนาว
4	ก.พ.-55	14	ฤดูหนาว	16	ก.พ.-56	21	ฤดูหนาว
5	มี.ค.-55	21	ฤดูร้อน	17	มี.ค.-56	7	ฤดูร้อน
6	เม.ย.-55	0	ฤดูร้อน	18	เม.ย.-56	28	ฤดูร้อน
7	พ.ค.-55	14	ฤดูร้อน	29	พ.ค.-56	21	ฤดูร้อน
8	มิ.ย.-55	21	ฤดูร้อน	20	มิ.ย.-56	14	ฤดูร้อน
9	ก.ค.-55	22	ฤดูฝน	21	ก.ค.-56	21	ฤดูฝน
10	ส.ค.-55	0	ฤดูฝน	22	ส.ค.-56	14	ฤดูฝน
11	ก.ย.-55	7	ฤดูฝน	23	ก.ย.-56	21	ฤดูฝน
12	ต.ค.-55	21	ฤดูฝน	24	ต.ค.-56	7	ฤดูฝน

จากตารางที่ 4.11 ปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจนในแต่ละเดือนจะมีปริมาณการใช้แก๊สที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจนมาวาดกราฟแล้วนั้น จะเห็นว่าข้อมูลมี แนวโน้ม

และปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล โดยแสดงดังรูปที่ 4.7 และ รูปที่ 4.8 ตามลำดับ โดยลักษณะกราฟในรูป 4.7 ปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน ในแต่ละเดือนมีแนวโน้ม ส่วนปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล ในรูปที่ 4.8 โดยแบ่งช่วงเป็นปี ในหนึ่งปี จะมีทั้งหมด 3 ฤดูกาล เริ่มจากฤดูหนาว โดยลักษณะกราฟมีลักษณะเป็นแนวโน้มแต่ไม่มีลักษณะแบบฤดูกาล ในการคำนวณได้ตัดเดือนที่ปริมาณการใช้เป็น 0 ออกไป เนื่องจากไม่ส่งผลกระทบในการคำนวณการพยากรณ์



รูปที่ 4.7 กราฟปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม



รูปที่ 4.8 กราฟปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน ในช่วงเวลา 2 ปี

4.2.4.1 ทำการพยากรณ์ของ Holt's Model เพราะอุปสงค์มีระดับและแนวโน้ม แต่ไม่มีความเป็นฤดูกาล ขั้นแรกคือการหาค่าของระดับและแนวโน้มโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น (Regression) สามารถคำนวณได้โดยใช้โปรแกรม Excel (Data /Regression) ผลของคำสั่งข้อมูลดังต่อไปนี้

Input Y Range : คอลัมน์ที่ 2 ในตารางที่ 4.21

Input X Range : คอลัมน์ที่ 1 ในตารางที่ 4.21

และกดปุ่มตกลง ค่า L_0 (ระดับเริ่มต้น) และค่า T_0 (แนวโน้ม) ซึ่งค่า L_0 จะถือเป็นค่า Intercept coefficient (ค่าสัมประสิทธิ์) และแนวโน้ม T_0 จะเป็นค่า X variable (ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร X หรือความชัน)

จะได้ค่า L_0 = 23.8238 และ T_0 = -0.442

การพยากรณ์ในช่วงเวลาของอนาคตสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$F_{t+1} = L_t + T_t \text{ และ } F_{t+n} = L_t + nT_t \quad (2.11)$$

หลังจากที่ได้พิจารณาอุปสงค์ในช่วงเวลา t ค่าประมาณระดับและแนวโน้มสามารถหาได้ดังนี้

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1-\alpha)(L_t + T_t) \quad (2.12)$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1-\beta)T_t \quad (2.13)$$

การพยากรณ์ช่วงที่ 1 จะได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} F_1 &= L_0 + T_0 \\ &= 23.8238 - 0.44286 \\ &= 23.38095 \end{aligned}$$

จากการคำนวณ F_1 ได้แล้ว จะคำนวณหาค่า F_2 ถึง F_{21} ได้จากสมการที่ 2.11 แสดงดังตารางที่ 4.13 ค่าอุปสงค์ในช่วงที่ 1 คือ D_1 = 23.38095

การหาค่าประมาณระดับและแนวโน้ม สำหรับช่วงที่ 1 ได้จากสมการที่ 2.12 และ สมการที่ 2.13 ตามลำดับ โดยที่ต้องทำการคำนวณหาค่า α, β ขึ้นมาก่อน ในการหาค่าตัวแปรทั้ง 2 โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Nonlinear Programming ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อทำให้ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์มีค่าต่ำที่สุด (MPE) ดังแสดงในฟังก์ชั่นที่ 4.9 และ มีเงื่อนไขบังคับดังแสดงในอสมการที่ 4.10 และสมการที่ 4.11

Min $$\frac{\sum_{i=1}^{n}\left|D_i - \overline{F_i}\right|100}{n} \quad (4.9)$$

S.t. $$0.00001 \le \alpha \le 0.99999 \quad (4.10)$$

$$0.00001 \le \beta \le 0.99999 \quad (4.11)$$

การหาค่าเหมาะที่สุดทำได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์ Excel Solver ซึ่งเป็น Add-in Tool ใน Microsoft Excel (รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก) สร้างตารางหาค่า L และ T ดังตารางที่ 4.12

ผลเฉลยเหมาะที่สุดคือ

$$\alpha^* = 0.00001 \quad \beta^* = 0.00001$$

ค่าของระดับและแนวโน้ม สำหรับช่วงที่ 1 โดยใช้การปรับเรียงเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบแก้ไขแนวโน้ม (สมการที่ 2.12 และ 2.13) จะได้ดังต่อไปนี้

$$L_1 = (0.00001 \times 34) + (1 - 0.00001)(23.82381 - 0.44286)$$
$$= 23.38106$$

$$T_{t+1} = 0.00001(23.38106 - 23.82381) + (1 - 0.00001)(-0.44286)$$
$$= -0.44286$$

ตารางที่ 4.12 แสดงค่า L และ T

t	L	T
0	23.82381	-0.44286
1	23.38106	-0.44286
2	22.93831	-0.44286
3	22.49537	-0.44286
4	22.05243	-0.44286
5	21.60957	-0.44286
6	21.16664	-0.44286
7	20.72379	-0.44286
8	20.28095	-0.44286
9	19.83796	-0.44286
10	19.39512	-0.44286
11	18.95235	-0.44286
12	18.50945	-0.44286
13	18.06662	-0.44286
14	17.62366	-0.44286

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) แสดงค่า L และ T

t	L	T
15	17.18091	-0.44286
16	16.73810	-0.44286
17	16.29522	-0.44286
18	15.85241	-0.44286
19	15.40954	-0.44286
20	14.96674	-0.44286

เมื่อคำนวณหาค่า F (ค่าการพยากรณ์), ค่า E (ค่าความคลาดเคลื่อน) ค่า L (ระดับ) และ T (แนวโน้ม) ในลำดับถัดไปได้แล้ว จากนั้นทำการการหาค่า MPE จากสมการที่ 2.22 ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงค่า F (ค่าการพยากรณ์), ค่า E (ค่าความคลาดเคลื่อน) และ ค่า MPE (ความผิดพลาดเป็นร้อยละเฉลี่ย)

จำนวนครั้งในแต่ละเดือน	ปริมาณการใช้ (CUM)	พยากรณ์	Error	Error (ร้อยละ)	MPE
1	34	23.38095	10.61905	31.23249	31.232493
2	34	22.93820	11.0618	32.5347	31.88359734
3	14	22.49545	8.495455	60.68182	41.48300515
4	14	22.05251	8.052513	57.51795	45.49174102
5	21	21.60958	0.609575	2.902739	36.97394057
6	14	21.16671	7.166712	51.1908	39.34341703
7	21	20.72378	0.276217	1.315319	33.91083154
8	22	20.28093	1.719071	7.81396	30.64872265
9	7	19.83809	12.83809	183.4013	47.62122769
10	21	19.39510	1.604897	7.642366	43.62334147
11	28	18.95226	9.047738	32.31335	42.59516038
12	14	18.50950	4.509495	32.21068	41.72978718
13	21	18.06659	2.933407	13.9686	39.59431153
14	7	17.62377	10.62377	151.7681	47.60672338
15	28	17.18080	10.8192	38.63999	47.00894134

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) แสดงค่า F (ค่าการพยากรณ์), ค่า E (ค่าความคลาดเคลื่อน) และ ค่า MPE (ความผิดพลาดเป็นร้อยละเฉลี่ย)

จำนวนครั้งในแต่ละเดือน	ปริมาณการใช้ (CUM)	พยากรณ์	Error	Error (ร้อยละ)	MPE
16	21	16.73805	4.261947	20.29499	45.33931908
17	14	16.29524	2.295239	16.39456	43.63668627
18	21	15.85236	5.147642	24.51258	42.57423585
19	14	15.40955	1.409553	10.06823	40.86339366
20	21	14.96668	6.033318	28.73009	40.25672837
21	7	14.52388	7.523885	107.4841	43.45803026

โดยค่าเฉลี่ยความผิดพลาดในการพยากรณ์ (MPE) เท่ากับร้อยละ 43.458 ≈ ร้อยละ 43

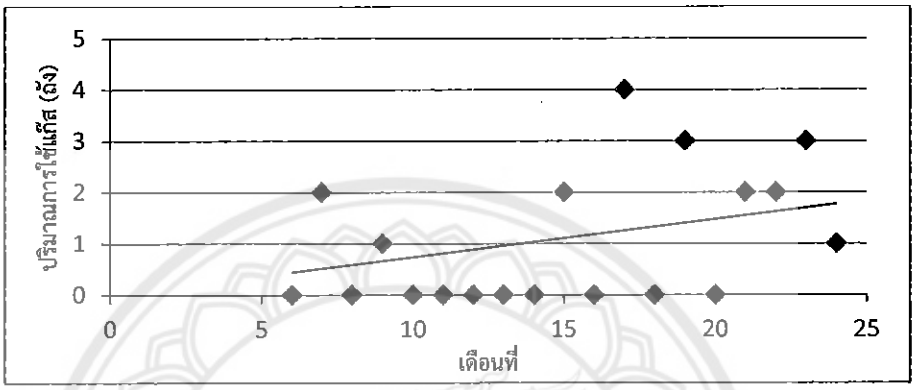
4.2.5 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2555 และทำการวิเคราะห์ แนวโน้ม และปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล ด้วยการวาดกราฟ แกน x คือ ปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีหน่วยเป็นถัง แกน y คือ จำนวนครั้งที่สั่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไปมีหน่วยเป็นครั้ง

ตารางที่ 4.14 ปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)	ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)
1	ต.ค.-54	1	13	พ.ย.-55	0
2	ธ.ค.-54	2	14	ธ.ค.-55	0
3	ม.ค.-55	3	15	ม.ค.-56	2
4	ก.พ.-55	0	16	ก.พ.-56	0
5	มี.ค.-55	2	17	มี.ค.-56	4
6	เม.ย.-55	0	18	เม.ย.-56	0
7	พ.ค.-55	2	19	พ.ค.-56	3
8	มิ.ย.-55	0	20	มิ.ย.-56	0
9	ก.ค.-55	1	21	ก.ค.-56	2
10	ส.ค.-55	0	22	ส.ค.-56	2
11	ก.ย.-55	0	23	ก.ย.-56	3
12	ต.ค.-55	0	24	ต.ค.-56	1

จากตารางที่ 4.14 ปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละเดือน จะมีปริมาณการใช้แก๊สที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาวาดกราฟแล้วนั้น จะเห็นว่าข้อมูลมีระดับ และแนวโน้มที่มากขึ้น และไม่มีปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล โดยแสดงกราฟในรูป 4.13 ปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในแต่ละเดือนแสดงระดับ และแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่ค่อยมีการใช้แก๊สจึงไม่เหมาะต่อการพยากรณ์



รูปที่ 4.9 กราฟปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม

4.2.6 ไนตรัสออกไซด์

เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์ในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2555 และทำการวิเคราะห์ แนวโน้ม และปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล ด้วยการวาดกราฟ แกน x คือ ปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์มีหน่วยเป็นถัง แกน y คือ เดือนที่สั่งแก๊สไนตรัสออกไซด์

ตารางที่ 4.15 ปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสไดออกไซด์

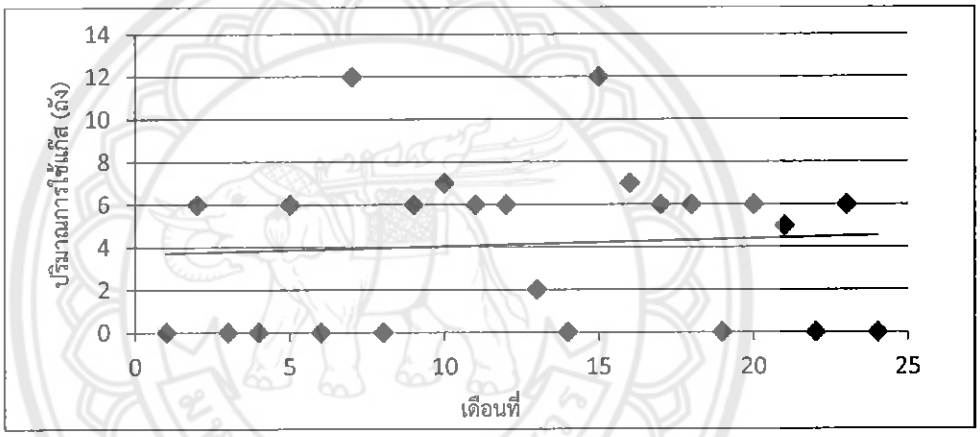
ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)	ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)
1	ต.ค.-54	0	13	พ.ย.-55	2
2	ธ.ค.-54	6	14	ธ.ค.-55	0
3	ม.ค.-55	0	15	ม.ค.-56	12
4	ก.พ.-55	0	16	ก.พ.-56	7
5	มี.ค.-55	6	17	มี.ค.-56	6
6	เม.ย.-55	0	18	เม.ย.-56	6
7	พ.ค.-55	12	19	พ.ค.-56	0
8	มิ.ย.-55	0	20	มิ.ย.-56	6
9	ก.ค.-55	6	21	ก.ค.-56	5

ตารางที่ 4.15 (ต่อ) ปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสไดออกไซด์

ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)
10	ส.ค.-55	7
11	ก.ย.-55	6
12	ต.ค.-55	6

ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)
22	ส.ค.-56	0
23	ก.ย.-56	6
24	ต.ค.-56	0

จากตารางที่ 4.15 ปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสไดออกไซด์ในแต่ละเดือน จะมีปริมาณการใช้แก๊สที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสไดออกไซด์มาวาดกราฟแล้วนั้น จะเห็นว่ามีปริมาณการใช้แก๊สน้อย จึงไม่เหมาะต่อการพยากรณ์ โดยแสดง ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.10 กราฟปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสไดออกไซด์ที่แสดงระดับ และแนวโน้ม

4.2.7 การพยากรณ์ออกซิเจนเหลว

โดยเริ่มต้นด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ออกซิเจนเหลวในเดือนมีนาคมปี พ.ศ. 2554 ถึง กุมภาพันธ์ปี พ.ศ. 2556 และทำการวิเคราะห์ แนวโน้ม และ ปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล ด้วยการวาดกราฟ แกน x คือ ปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลวมีหน่วยเป็น CUM หรือลูกบาศก์เมตร y คือ จำนวนเดือนที่สั่งออกซิเจนเหลว

ตารางที่ 4.16 ปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลว

ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)	ช่วงฤดูกาล
1	มี.ค.-54	7,637	ฤดูร้อน
2	เม.ย.-54	9,471	ฤดูร้อน
3	พ.ค.-54	2,707	ฤดูร้อน

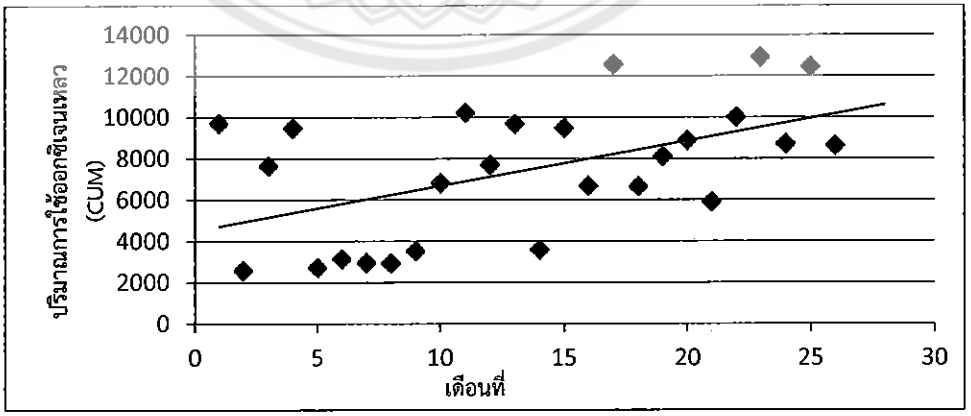
ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)	ช่วงฤดูกาล
13	มี.ค.-55	9,478.18	ฤดูร้อน
14	เม.ย.-55	6,674.73	ฤดูร้อน
15	พ.ค.-55	12,560.81	ฤดูร้อน

ตารางที่ 4.16 (ต่อ) ปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลว

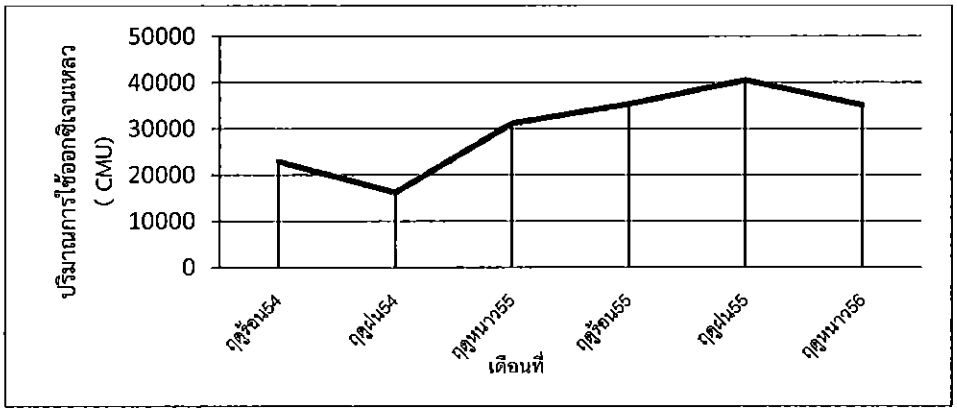
ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)	ช่วง ฤดูกาล
4	มิ.ย.-54	3,128	ฤดูร้อน
5	ก.ค.-54	2,939	ฤดูฝน
6	ส.ค.-54	2,916	ฤดูฝน
7	ก.ย.-54	3,509	ฤดูฝน
8	ต.ค.-54	6,814.52	ฤดูฝน
9	พ.ย.-54	10,208.07	ฤดูหนาว
10	ธ.ค.-54	7,696.47	ฤดูหนาว
11	ม.ค.-55	9,677.78	ฤดูหนาว
12	ก.พ.-55	3,583.42	ฤดูหนาว

ลำดับ	เดือน-ปี	ปริมาณ (ถัง)	ช่วง ฤดูกาล
16	มิ.ย.-55	6,639.33	ฤดูร้อน
17	ก.ค.-55	12,906.92	ฤดูฝน
18	ส.ค.-55	8,870.77	ฤดูฝน
19	ก.ย.-55	8,706.15	ฤดูฝน
20	ต.ค.-55	10,004.65	ฤดูฝน
21	พ.ย.-55	8,094.74	ฤดูหนาว
22	ธ.ค.-55	5,897.05	ฤดูหนาว
23	ม.ค.-56	12,448.84	ฤดูหนาว
24	ก.พ.-56	8,623.97	ฤดูหนาว

จากตารางที่ 4.16 ปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลว ในแต่ละเดือนจะมีปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลวที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวาดกราฟแล้วนั้น จะเห็นว่าข้อมูลมี แนวโน้ม แต่ไม่มีปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล โดยแสดงดังรูปที่ 4.11 และ รูปที่ 4.12 ตามลำดับ โดยลักษณะกราฟในรูปที่ 4.11 ปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลว ในแต่ละเดือนมีแนวโน้มมากขึ้น และมีความชันเล็กน้อย ส่วนปัจจัยด้านความเป็นฤดูกาล ในรูปที่ 4.12 โดยแบ่งช่วงเป็นปี ในหนึ่งปี จะมีทั้งหมด 3 ฤดูกาล เริ่มจากฤดูร้อน โดยลักษณะกราฟในปีนั้น ปริมาณการใช้แก๊สสูงสุดที่ฤดูฝน เปรียบเทียบลักษณะกราฟ 24 เดือน ไม่มีลักษณะคล้ายกันสรุปว่าไม่มีความเป็นฤดูกาล



รูปที่ 4.11 กราฟปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลวที่แสดงระดับ และแนวโน้ม



รูปที่ 4.12 กราฟปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลว ที่แสดงความเป็นฤดูกาลในช่วงเวลา 24 เดือน

4.2.7.1 ทำการพยากรณ์ของ Holt's Model เพราะอุปสงค์มีระดับและแนวโน้ม แต่ไม่มีความเป็นฤดูกาล ขั้นแรกคือการหาค่าของระดับและแนวโน้มโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น (Regression) สามารถคำนวณได้โดยใช้โปรแกรม Excel (Data /Regression) ผลของคำสั่งข้อมูลดังต่อไปนี้

Input Y Range : คอลัมน์ที่ 2 ในตารางที่ 4.18

Input X Range : คอลัมน์ที่ 1 ในตารางที่ 4.18

และกดปุ่มตกลง ค่า L_0 (ระดับเริ่มต้น) และค่า T_0 (แนวโน้ม) ซึ่งค่า L_0 จะถือเป็นค่า Intercept Coefficient (ค่าสัมประสิทธิ์) และแนวโน้ม T_0 จะเป็นค่า X variable (ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร X หรือความชัน)

จะได้ค่า L_0 = 4,496.71283 และ T_0 = 218.0708

การพยากรณ์ในช่วงเวลาของอนาคตสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$F_{t+1} = L_t + T_t \text{ และ } F_{t+n} = L_t + nT_t \qquad (2.11)$$

หลังจากที่ได้พิจารณาอุปสงค์ในช่วงเวลา t ค่าประมาณระดับและแนวโน้มสามารถหาได้ดังนี้

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1-\alpha)(L_t + T_t) \qquad (2.12)$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1-\beta)T_t \qquad (2.13)$$

การพยากรณ์ช่วงที่ 1 จะได้ดังต่อไปนี้

$$F_1 = L_0 + T_0$$

= 4,496.71283 + 218.07084

= 4,714.78368

จากการคำนวณ F_1 ได้แล้ว จะคำนวณหาค่า F_2 ถึง F_{24} ได้จากสมการที่ 2.11 แสดงดังตารางที่ 4.21 ค่าอุปสงค์ในช่วงที่ 1 คือ D_1 = 4,714.78368

การหาค่าประมาณระดับและแนวโน้ม สำหรับช่วงที่ 1 ได้จากสมการที่ 2.12 และสมการที่ 2.13 ตามลำดับ โดยที่ต้องทำการคำนวณหาค่า α, β ขึ้นมาก่อน ในการหาค่าตัวแปรทั้ง 2 โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Nonlinear Programming ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อทำให้ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์มีค่าต่ำที่สุด (MPE) ดังแสดงในฟังก์ชั่นที่ 4.17 และ มีเงื่อนไขบังคับดังแสดงในอสมการที่ 4.13 และสมการที่ 4.19

Min $$\frac{\sum_{i=1}^{n}\left|D_i - \overline{F}_i\right|100}{n} \qquad (4.12)$$

S.t. $$0.00001 \le \alpha \le 0.99999 \qquad (4.13)$$

$$0.00001 \le \beta \le 0.99999 \qquad (4.14)$$

การหาค่าเหมาะที่สุดทำได้โดยการใช้ซอฟต์แวร์ Excel Solver ซึ่งเป็น Add-in Tool ใน Microsoft Excel (รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก) สร้างตารางหาค่า L และ T ดังตารางที่ 4.17

ผลเฉลยเหมาะที่สุดคือ

$$\alpha^* = 0.00001\,,\beta^* = 0.99999$$

ค่าของระดับและแนวโน้ม สำหรับช่วงที่ 1 โดยใช้การปรับเรียงเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบแก้ไขแนวโน้ม (สมการที่ 2.12 และ 2.13) จะได้ดังต่อไปนี้

L_1 = (0.00001 x 9,692) + (1 – 0.00001)(4,496.71283 + 218.07084)

= 4,714.8334

T_{t+1} = 0.99999(4,714.83345 – 4,496.71283) + (1 – 0.99999)(218.07084)

= 218.07084

ตารางที่ 4.17 แสดงค่า L และ T

t	L	T
0	4,496.712831	218.0708444
1	4,714.812897	218.0708447
2	4,932.929123	218.0708452
3	5,150.975528	218.0708449
4	5,369.023963	218.0708447
5	5,587.068327	218.0708445
6	5,805.11028	218.0708442
7	6,023.155982	218.0708439
8	6,241.232559	218.070844
9	6,459.340891	218.0708443
10	6,677.421926	218.0708445
11	6,895.520593	218.0708447
12	7,113.556136	218.0708444
13	7,331.648446	218.0708446
14	7,549.710541	218.0708445
15	7,767.829315	218.070845
16	7,985.886695	218.0708448
17	8,203.956447	218.0708448
18	8,422.03178	218.0708449
19	8,640.075194	218.0708446
20	8,858.157504	218.0708447
21	9,076.266655	218.0708451
22	9,294.331618	218.070845
23	9,512.431828	218.0708453

เมื่อคำนวณหาค่า F (ค่าการพยากรณ์), ค่า E (ค่าความคลาดเคลื่อน) ค่า L (ระดับ) และ T (แนวโน้ม) ในลำดับถัดไปได้แล้ว จากนั้นทำการการหา MPE จากสมการที่ 2.22 ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.18

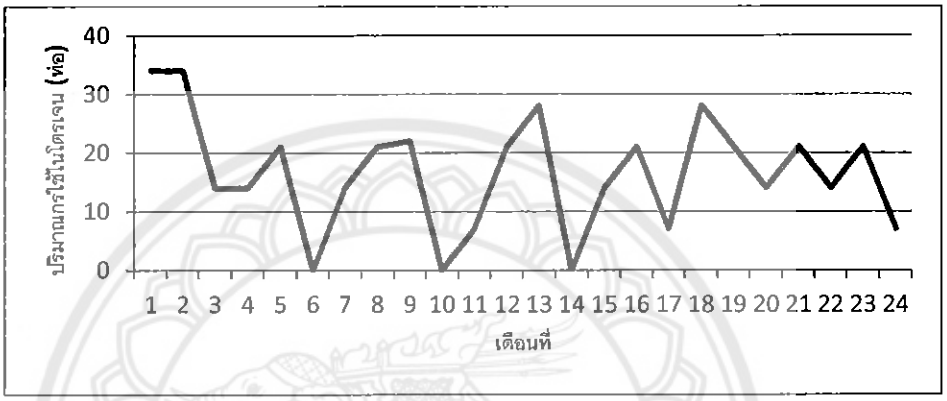
ตารางที่ 4.18 แสดงค่า F (ค่าการพยากรณ์), ค่า E (ค่าความคลาดเคลื่อน) และ ค่า MPE (ความผิดพลาดร้อยละเฉลี่ย)

จำนวนครั้งในแต่ละเดือน	ปริมาณการใช้ (CUM)	พยากรณ์	Error	Error (ร้อยละ)	MPE
1	7,637	4714.783675	2922.216	38.26393	38.26393
2	9,471	4932.883742	4538.116	47.91591	43.08992
3	2,707	5150.999968	2444	90.28445	58.82143
4	3,128	5369.046373	2241.046	71.64471	62.02725
5	2,939	5587.094808	2648.095	90.1019	67.64218
6	2,916	5805.139171	2889.139	99.07885	72.88162
7	3,509	6023.181124	2514.181	71.6495	72.70561
8	6,814.52	6241.226826	573.2932	8.412818	64.66901
9	10,208.07	6459.303403	3748.767	36.72356	61.56396
10	7,696.47	6677.411735	1019.058	13.24059	56.73162
11	9,677.78	6895.49277	2782.287	28.74923	54.18777
12	3,583.42	7,113.591438	3,530.171	98.51403	57.88162
13	9,478.18	7,331.62698	2,146.553	22.64731	55.17129
14	6,674.73	7,549.71929	874.9893	13.10898	52.16684
15	12,560.81	7,767.781385	4,793.029	38.15859	51.23296
16	6,639.33	7,985.90016	1,346.57	20.28172	49.29851
17	12,906.92	8,203.957539	4,702.962	36.43753	48.54198
18	8,870.77	8,422.075414	448.6946	5.058124	46.12621
19	8,706.15	8,640.150747	65.99925	0.758076	43.73841
20	10,004.65	8,858.222252	1,146.428	11.45895	42.12444
21	8,094.74	9,076.304562	981.5646	12.12596	40.69594
22	8,706.15	9,294.365592	3,397.316	57.61043	41.46478
23	12,448.84	9,512.402463	2,936.438	23.58804	40.68753
24	8,623.97	9,730.502673	1,106.533	12.8309	39.52684

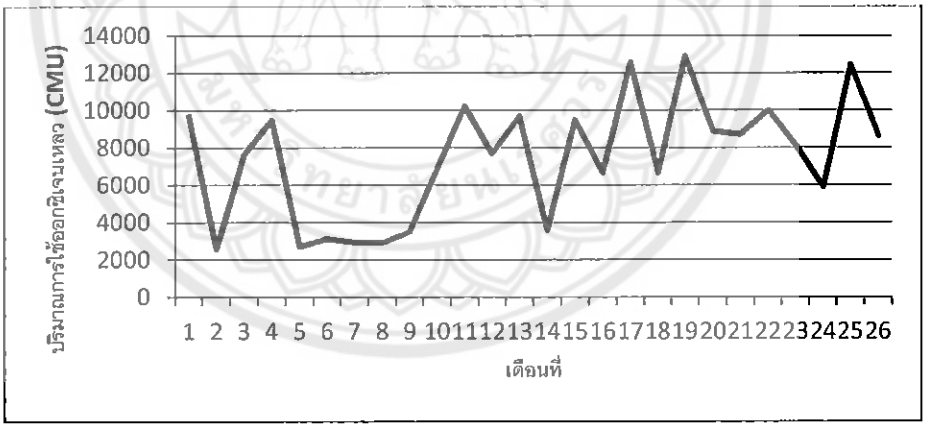
โดยค่าเฉลี่ยความผิดพลาดในการพยากรณ์ (MPE) เท่ากับร้อยละ 39.52684 $\approx$ ร้อยละ 40

4.2.8 ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์แก๊สออกซิเจน แก๊สไนโตรเจน และออกซิเจนเหลว

จากการพยากรณ์แก๊สทั้ง 3 ชนิดจะเห็นได้ว่า แก๊สออกซิเจน 2 คิว มีค่า MPE มีค่าร้อยละ 5 ซึ่งค่า MPE เป็นค่าที่ยอมรับได้ จากข้อมูลตารางที่ 4.21 จะเห็นว่าค่า ของไนโตรเจนและ ออกซิเจนเหลว มีค่าเกินร้อยละ 20 เพราะปริมาณการใช้ทั้ง 2 ชนิด ข้อมูลมีค่าลักษณะแกว่งและไม่เกาะกลุ่ม มีความแตกต่างปริมาณการใช้สูงสุดและปริมาณการใช้ต่ำสุด มีค่าพิสัยออกซิเจนเหลว 10,199.92 ท่อต่อเดือน จากรูปที่ 4.13 และ 4.14



รูปที่ 4.13 แสดงกราฟปริมาณการใช้ของไนโตรเจน



รูปที่ 4.14 แสดงกราฟปริมาณการใช้ของออกซิเจนเหลว

จากรูปข้างต้นจะทำให้ค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์บางเดือนสูงเช่นดูตารางที่ 4.13 ของไนโตรเจนจะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงในเดือนที่ 3 ร้อยละ 61, เดือนที่ 4 ร้อยละ 58, เดือนที่ 9 ร้อยละ 183, เดือนที่ 14 ร้อยละ 152 และเดือนที่ 21 ร้อยละ 107 ตารางที่ 4.18 จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเดือนที่ 3 ร้อยละ 90, เดือนที่ 5 ร้อยละ 90, เดือนที่ 6 ร้อยละ 99, เดือนที่ 7 ร้อยละ 72 และเดือนที่ 12 ร้อยละ 99 จะทำให้ค่า MPE ของไนโตรเจน และออกซิเจนเหลวสูงไปด้วย ดังนั้นค่าที่พยากรณ์ได้แล้วนั้นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ แต่อาจจะมีการพยากรณ์ทฤษฎีอื่นที่ให้ค่า MPE

น้อยเหมาะต่อการนำค่าการพยากรณ์ไปใช้ ยกตัวอย่างเช่น Exponentially Weighted Moving Average with Trend Correction และ พยากรณ์ Holt's Model แบบ Multiplicative

Exponentially Weighted Moving Average (EWMa) จะใช้สำหรับข้อมูลที่มี ระดับเท่านั้น (Level) แต่ EWMA with Trend นี้ปรับใช้สำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้มเพียงอย่างเดียว โดยเพิ่มสมการและตัวแปรขึ้น คือ สมการ $T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)L_{t-1}$ และตัวแปร β สมการการพยากรณ์จะเปลี่ยนเป็น $F_t = L_t + T_t$ (Richard J.Tersine, 1993)

Holt's Model แบบ Multiplicative จะเป็นการพยากรณ์รูปแบบของการคูณ เดิมรูปแบบที่นำมาพยากรณ์คือ แบบ Additive คือการพยากรณ์รูปแบบการบวก รูปแบบสมการพยากรณ์จะเปลี่ยนไป เช่น รูปแบบ Additive $F_{t+1} = L_t + T_t$ แต่รูปแบบ Multiplicative คือ $F_{t+1} = L_t \times T_t$ (Spyros, Steven C., Rob J. 2532)

ตารางที่ 4.19 สรุปค่าตัวแปรและค่า MPE

แก๊สทางการแพทย์	วิธีการพยากรณ์	ค่าตัวแปร				MPE (ร้อยละ)
		α	β	γ	ϕ	
1. ออกซิเจน 2 คิว	Winter's Model	0.01455	0.03273	0.00001	-	5
	Damped Trend Exponential Smoothing	0.85705	0.00001	-	0.00001	19
2. ไนโตรเจน	Holt's Model	0.00001	0.00001	-	-	43
	การปรับเรียงเอ็กโพแนนเชียล	0.00001	-	-	-	46
	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	-	-	-	-	47
3. ออกซิเจนเหลว	Holt's Model	0.00001	0.00001	-	-	40
	การปรับเรียงเอ็กโพแนนเชียล	0.50604		-	-	41.7715
	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	-	-	-	-	37.3771

4.3 ทำการหานโยบายควบคุมสินค้าคงคลัง

จะใช้ข้อมูลการพยากรณ์จากข้อ 4.2 เป็นอุปสงค์เพื่อใช้ในการหานโยบายสินค้าคงคลัง และจุดสั่งซื้อแก๊สทั้ง 7 ชนิด โดยพิจารณานโยบายคือ (1) นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง (2) นโยบายทบทวนเป็นรอบ และ (3) ระบบผสม (Hybrid System) เปรียบเทียบจำนวนการจัดเก็บแก๊ส เพื่อหานโยบายที่เหมาะกับแก๊สทุกชนิด

4.3.1 ข้อสมมุติ (Assumptions)

4.3.1.1 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิว กระจายตัวแบบปกติ (D ~ N (D, σ_D^2))

4.3.1.2 Lead time มีค่าคงที่

4.3.1.3 ในแต่ละเดือนมี 30 วัน

4.3.1.4 ต้นทุนในการสั่งซื้อแก๊สทุกชนิด 50 บาท/ครั้ง

4.3.1.5 ต้นทุนในการเก็บรักษาแก๊สทุกชนิดร้อยละ 20 ของราคาสินค้า

4.3.2 แก๊สออกซิเจน 2 คิว

ในการพยากรณ์ทั้ง 2 แบบ แบบ Winter's Model มีความผิดพลาดในการพยากรณ์น้อยที่สุดจึงเลือกการพยากรณ์ของ Winter's Model เป็นอุปสงค์ในการคำนวณสินค้าคงคลัง ซึ่งพิจารณาทั้งหมด 3 นโยบาย คือ (1) นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่องเพราะ แก๊สออกซิเจนจะถูกตรวจอยู่ตลอดเวลาว่าเหลือปริมาณเท่าไร และขนาดการสั่งซื้อเท่ากับ Q จะถูกสั่งเมื่อปริมาณแก๊สออกซิเจนลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point : ROP) (2) พิจารณานโยบายทบทวนเป็นรอบ เพราะแก๊สออกซิเจนจะถูกทบทวนทุกรอบเวลาที่แน่นอน และทำการสั่งซื้อมาทดแทนให้มีปริมาณถึงระดับที่กำหนด (3) ระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง-จุดสั่ง (The Periodic - Order Point Review Combination System) เพราะเป็นการผสมระหว่างข้อดีของระบบการทบทวนอย่างต่อเนื่อง และระบบทบทวนตามรอบเวลา ดังนั้นระบบผสมจะทำให้ความถี่ในการทบทวนแก๊สออกซิเจน 2 คิว ลดลง และสามารถสั่งซื้อแก๊สออกซิเจน 2 คิว ได้ในปริมาณตามที่ต้องการตามรอบเวลาที่กำหนด

ตารางที่ 4.20 แสดงปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิวเป็นรายเดือน

เดือน	พยากรณ์ (รายเดือน)	เดือน	พยากรณ์ (รายเดือน)
1	68.79993	13	99.82674
2	68.79993	14	99.82674
3	68.79993	15	99.82674
4	68.79993	16	99.82674
5	85.38115	17	117.34462

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) แสดงปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิวเป็นรายเดือน

เดือน	พยากรณ์ (รายเดือน)	เดือน	พยากรณ์ (รายเดือน)
6	85.38115	18	117.34462
7	85.38115	19	117.34462
8	85.38115	20	117.34462
9	78.75000	21	103.90617
10	78.75000	22	103.90617
11	78.75000	23	103.90617
12	78.75000	24	103.90617

4.3.2.1 สินค้าคงคลังนโยบายการทบทวนอย่างต่อเนื่อง

หาขนาดล็อตในการสั่งซื้อเฉลี่ยในแต่ละเดือน (Q) จากสมการที่ 2.23

$$Q = \sqrt{\frac{2PD}{hC}} \qquad (2.23)$$

ต้นทุนการสั่งซื้อ (P), ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิว ในแต่ละเดือน (D), ต้นทุนต่อหน่วย (C), ต้นทุนในการจัดเก็บรักษา (h) ต้นทุนออกซิเจน 2 คิว 100 บาท หาค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิว หลังจากได้ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิว แล้ว ต้องหาค่าล็อตในการสั่งซื้อจากสมการที่ 2.24 ต่อไปนี้

$$Q = \sqrt{\frac{2(50)(93.33477)}{(0.2)(100)}} = 21.4866 \approx 22 \text{ ท่อ}$$

หลังจากได้ขนาดล็อตในการสั่งซื้อแล้ว หาปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิว ช่วงเวลานำ (D_L) คือ นำปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิว ที่ได้จากการพยากรณ์ (D) คูณกับช่วงเวลานำ (L) กำหนดให้ช่วงเวลานำในแต่ละเดือนเท่ากับ 0.25 ค่าที่ได้ จะได้ค่าเท่ากับ $D_L = 6.16$ ท่อ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_L จากสมการที่ 2.24

$$\sigma_L = \sqrt{L}\sigma_D \qquad (4.32)$$

σ_D คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้แก๊สในแต่ละเดือน (σ_D = 16.69317)

L คือ ช่วงเวลานำเฉลี่ยสำหรับหาสินค้ามาเติมในแต่ละเดือน (L = 0.067 หรือ 2 วัน)

ได้ค่า σ_L แล้ว สามารถหาค่าจำนวนสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (SS) ได้จากสมการที่ 2.25

$$ss = F_S^{-1}(CSL) \times \sigma_L \tag{2.25}$$

$$ss = 10.02693 \approx 11 \text{ ท่อ}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H
2								
3	ลำดับเวลา	จำนวนแก๊ส 2Q	Q	R	DL	σ_L	σ_D	SS
4								
5	1	76.66593	21.48659684	16.18258055	6.155651249	4.310159034	16.69317416	10.0269293
6	2	76.66593						
7	3	76.66593						
8	4	74.91659						
9	5	74.91659						
10	6	74.91659						
11	7	93.54113						
12	8	93.54113						
13	9	93.54113						
14	10	82.84004						
15	11	82.84004						
16	12	82.84004						
17	13	100.33846						
18	14	100.33846						
19	15	100.33846						
20	16	96.39086						
21	17	96.39086						
22	18	96.39086						
23	19	118.56086						
24	20	118.56086						
25	21	118.56086						
26	22	103.60827						
27	23	103.60827						
28	24	103.60827						

รูปที่ 4.15 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_D, อุปสงค์ช่วงเวลานำ (D_L), สินค้าคงคลัง (ss), จุดสั่งซื้อได้ (R)

CSL คือ ระดับรอบการให้บริการ กำหนดให้ร้อยละ 99 เพราะการให้แก๊สกับผู้ป่วยต้องได้รับทุกคนเพื่อช่วยชีวิตผู้ป่วย ดังนั้นการให้แก๊สออกซิเจนผู้ป่วยต้องได้รับทุกคน นำสมการ 2.25 มาคำนวณแสดงค่าสินค้าคงคลัง หลังจากได้ค่าจำนวนสินค้าคงคลังแล้ว เราสามารถหาค่าจุดสั่งซื้อได้ (R) จากสมการที่ 2.26

$$R = D_L + ss \qquad (2.26)$$

$$R = 6.16 + 11$$

$$R = 17.16 \approx 18 \text{ ท่อ}$$

$$\therefore\ ss = 11 \text{ ท่อ} \quad R = 18 \text{ ท่อ}$$

ตารางที่ 4.21 สูตรตามเซลล์ในรูปที่ 4.15

สมการ	สูตรใน Excel	ตำแหน่ง
2.23	=(SQRT(0.022))*G5	F5
2.25	=(NORMSINV(0.99))*F3	H5
2.26	=6.221+H3	D5

4.3.2.2 สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนตามช่วงเวลา

รอบเวลาตรวจแก๊สออกซิเจน (T) 7 วันหรือ 0.078 เดือน ช่วงเวลานำเฉลี่ยสำหรับหาสินค้ามาเติมในแต่ละเดือน (L) 2 วันหรือ 0.022 เดือน ระดับรอบการให้บริการ (CSL) ร้อยละ 99 หาการแจกแจงของอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลา T+L ใช้สมการที่ 4.35 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนระหว่างช่วงเวลานำ T+L มีการแจกแจงแบบปกติ

$$D_{T+L} = (T + L)D \qquad (4.15)$$

แทนค่าแล้วจะได้ค่า D_{L+T} = 27.70043 ท่อ ต่อมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจนระหว่างช่วงเวลา L+T ดังสมการที่ 4.16

$$\sigma_{T+L} = (\sqrt{T + L})\sigma_D \qquad (4.16)$$

σ_D คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้แก๊สในแต่ละเดือน (σ_D = 16.69317) แทนค่าแล้วจะได้ค่า σ_{T+L} = 7.73134 ท่อ ขั้นตอนต่อไป คือหาค่าสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยหาได้จากสมการที่ 2.27

$$ss = F_S^{-1}(CSL) \times \sigma_{T+L} \qquad (2.27)$$

$$= 21.27033 \approx 22 \text{ ท่อ}$$

หลังจากที่ได้สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย ปริมาณ D_{T+L} รวมกับ ss จะได้ปริมาณระดับการสั่งซื้อสูงสุด (OUL)

$$OUL = D_{T+L} + ss \qquad (2.28)$$

$$OUL = 27.70043 + 22 = 49.70043 \approx 50 \text{ ท่อ}$$

$$\therefore \quad ss = 22 \text{ ท่อ} \quad OUL = 50 \text{ ท่อ}$$

ในแต่ละครั้งการทบทวนสินค้าคงคลัง จะมีการประเมินตำแหน่งของวัสดุคงคลัง (Inventory Position) สามารถคำนวณตำแหน่งวัสดุคงคลังได้ดังนี้

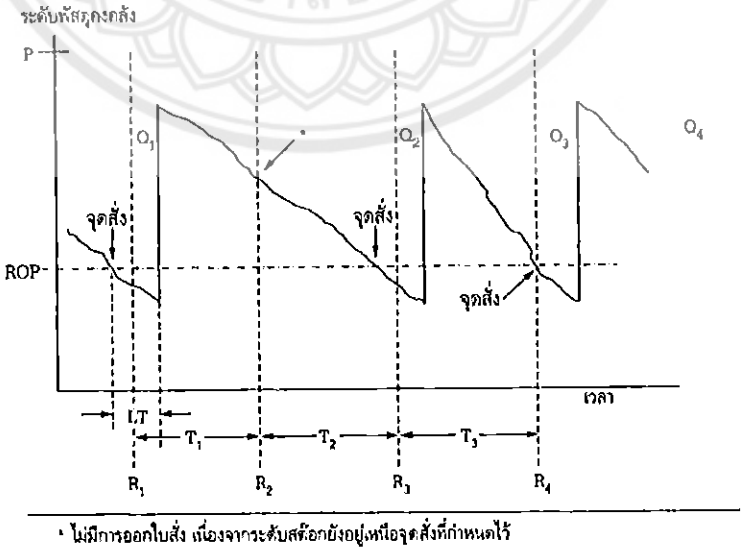
$$IP = OH + SR - BO$$

IP (Inventory Position) ตำแหน่งวัสดุคงคลัง

OH (On Hand) ระดับวัสดุคงคลังที่มีอยู่ในปัจจุบัน จะต้องทราบจำนวนออกซิเจน 2Q ที่มีอยู่ในคลัง ณ วันตรวจ

SR (Scheduled Receipts) ปริมาณวัสดุคงคลังที่ได้สั่งซื้อไปแล้วก่อนหน้า ในโรงพยาบาลไม่มี เพราะ ทางบริษัทรับซื้อแก๊สแล้วจัดส่งครบตามจำนวน

BO (Backorder) ปริมาณวัสดุคงคลังค้างส่ง ไม่มีวัสดุคงคลังค้างส่ง เนื่องจากไม่มีการยืมแก๊สจากที่อื่นหรือ ใช้แก๊สตัวอื่นแทนไปก่อน



รูปที่ 4.16 การควบคุมสารเคมีคงคลังระบบผสมทบทวนรอบเวลาสั่งซื้อ – จุดสั่งซื้อ

ที่มา: พิภพ ลลิตาภรณ์, 2546

หาค่า Q (ขนาดล็อตในการสั่งซื้อ) ได้ดังสมการ 4.17

$$Q = OUL - IP \tag{4.17}$$

4.3.2.3 ระบบผสม (Hybrid System)

ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 2 คิว ตามนโยบายระบบทบทวนช่วงเวลา มีค่าที่ใช้ร่วมกับระบบการทบทวนต่อเนื่องดังนี้

ระดับรอบการให้บริการร้อยละ	99
ระดับจุดสั่งซื้อ	17 ท่อ
ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย	50 ท่อ

ตัวอย่าง : การตรวจปริมาณของแก๊สออกซิเจน 2 คิว รอบที่ 2 ในเดือนมกราคมปี พ.ศ. 2555 พบว่ามีแก๊สออกซิเจน 2 คิว จำนวน 20 ท่อ ไม่มีแก๊สออกซิเจน 2 คิวที่ค้างส่งกับผู้ป่วย และไม่มีแก๊สออกซิเจน 2 คิว ที่สั่งซื้อไปแล้ว

$$IP = 20 + 0 - 0 = 20 \text{ ท่อ}$$

เนื่องจากจุดสั่งซื้อแก๊สออกซิเจน 2 คิว คือ 17 ท่อ แต่ตำแหน่งออกซิเจน 2 คิว 20 ท่อ ซึ่งน้อยกว่าระดับจุดสั่งซื้อ ดังนั้นจะต้องสั่งซื้อแก๊สออกซิเจน 2 คิว ให้เต็มถึง OUL สามารถหาค่า Q (ขนาดล็อตในการสั่งซื้อ) ได้ดังนี้

$$Q = OUL - IP = 50 - 20 = 30 \text{ ท่อ}$$

จะได้ขนาดล็อตในการสั่งซื้อ 30 ท่อ

4.3.3 แก๊สออกซิเจน 5 คิว

ซึ่งพิจารณาทั้งหมด 3 นโยบาย คือ (1) นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่องเพราะ แก๊สออกซิเจนจะถูกตรวจอยู่ตลอดเวลาว่าเหลือปริมาณเท่าไร และขนาดการสั่งซื้อเท่ากับ Q จะถูกสั่งเมื่อปริมาณแก๊สออกซิเจนลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point : ROP) (2) พิจารณานโยบายทบทวนเป็นรอบเพราะแก๊สออกซิเจนจะถูกทบทวนทุกรอบเวลาที่แน่นอน และทำการสั่งซื้อมาทดแทนให้มีปริมาณถึงระดับที่กำหนด (3) ระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง-จุดสั่ง (The Periodic - Order Point Review Combination System) เพราะ เป็นการผสมระหว่างข้อดีของระบบการทบทวนอย่างต่อเนื่อง และระบบทบทวนตามรอบเวลา ดังนั้น ระบบผสมจะทำให้ความถี่ในการทบทวนออกซิเจนลดลง และสามารถสั่งซื้อออกซิเจน 5 คิว ได้ในปริมาณตามที่ต้องการตามรอบเวลาที่กำหนด

4.3.3.1 สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง

หาขนาดล็อตในการสั่งซื้อเฉลี่ยในแต่ละเดือน (Q) จากสมการที่ 2.23 ต้นทุนออกซิเจน 5 คิว 140 บาท หาค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 5 คิว หลังจากได้ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 5 คิว

$$Q = \sqrt{\frac{2(50)(1.542)}{(0.2)(140)}} = 2.346 \text{ ท่อ}$$

หลังจากได้ขนาดล็อตในการสั่งซื้อแล้ว หาปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 5 คิว ในช่วงเวลานำ (D_L) คือนำปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 5 คิว ที่ได้จากการพยากรณ์ (D) คูณกับช่วงเวลานำ (L) กำหนดให้ช่วงเวลานำในแต่ละเดือนเท่ากับ 0.067 ค่าที่ได้ จะได้ค่าเท่ากับ $D_L = 0.103$ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_L จากสมการที่ 2.24

$$\sigma_L = (\sqrt{0.067})(1.215) = 0.314 \text{ ท่อ}$$

ได้ค่า σ_L แล้ว สามารถหาค่าจำนวนสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (ss) ได้จากสมการที่ 2.25

$$ss = F_S^{-1}(0.99) \times 0.314 = 0.73 \approx 1 \text{ ท่อ}$$

ระดับรอบการให้บริการ (CSL) กำหนดให้ร้อยละ 99 เพราะการให้แก๊สกับผู้ป่วยต้องได้รับทุกคนเพื่อช่วยชีวิตผู้ป่วย ดังนั้นการให้แก๊สออกซิเจน 5 คิวผู้ป่วยต้องได้รับทุกคน นำสมการ 2.25 มาคำนวณแสดงค่าสินค้าคงคลัง หลังจากได้ค่าจำนวนสินค้าคงคลังแล้ว เราสามารถหาค่าจุดสั่งซื้อได้ (R) จากสมการที่ 2.26

$$R = 0.103 + 1 = 1.103 \approx 2 \text{ ท่อ}$$

$$\therefore \text{Q} = 3 \text{ ท่อ}, \; ss = 1, \text{ ท่อ } \text{R} = 2 \text{ ท่อ}$$

4.3.3.2 สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนตามช่วงเวลา

กำหนดให้ รอบเวลาตรวจแก๊สออกซิเจน 5 คิว (T) 7 วันหรือ 0.233 เดือน ช่วงเวลานำสำหรับหาสินค้ามาเติมในแต่ละเดือน (L) 2 วันหรือ 0.067 เดือน ระดับรอบการให้บริการ

(*CSL*)ร้อยละ 99 หาการแจกแจงของอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลา T+L ใช้สมการที่ 4.20 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 5 คิวระหว่างช่วงเวลา T+L มีการแจกแจงแบบปกติ

$$D_{T+L} = (0.233+0.067)(1.542) = 0.462 \text{ ท่อ}$$

ต่อมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 5 คิวระหว่างช่วงเวลา T+L ดังสมการที่ 4.21

$$\sigma_{T+L} = (\sqrt{0.233+0.067})(1.215) = 0.665 \text{ ท่อ}$$

ขั้นตอนต่อไป คือหาค่าสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยหาได้จากสมการที่ 2.28

$$ss = F_S^{-1}(0.99)\times 0.665 = 1.548 \approx 2 \text{ ท่อ}$$

หลังจากที่ได้สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย ปริมาณ D_{T+L} รวมกับ ss จะได้ปริมาณระดับการสั่งซื้อสูงสุด (OUL)

$$OUL = 0.462 + 2 = 2.4623 \approx 3 \text{ ท่อ}$$

$$\therefore ss = 2 \text{ ท่อ } OUL = 3 \text{ ท่อ}$$

หาปริมาณการสั่งซื้อได้จากสมการที่ 4.17

4.3.3.3 ระบบผสม (Hybrid System)

ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 5 คิว ตามนโยบายระบบทบทวนช่วงเวลา มีค่าที่ใช้ร่วมกับระบบการทบทวนต่อเนื่องดังนี้

ระดับรอบการให้บริการร้อยละ	99
ระดับจุดสั่งซื้อ	2 ท่อ
ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย	3 ท่อ

ตัวอย่าง : การตรวจคลังของแก๊สออกซิเจน 5 คิว รอบเวลาตรวจอาทิตย์ที่ 3 ในเดือนมกราคมปี 2555 มีแก๊สออกซิเจน 5 คิว ในมือ 20 ท่อ ไม่มีจำนวนแก๊สออกซิเจน 5 คิว ค้างส่งกับผู้ป่วยและไม่มีแก๊สออกซิเจน 5 คิว ที่สั่งซื้อไปแล้ว

$$IP = 20 + 0 - 0 = 20 \text{ ท่อ}$$

เนื่องจากจุดสั่งซื้อแก๊สออกซิเจน 5 คิว ในระบบทบทวนตามช่วงเวลาคือ 2 ท่อ แต่ตำแหน่งแก๊สออกซิเจน 5 คิว 20 ท่อ ซึ่งมากกว่ากว่าจุดสั่งซื้อใหม่ ดังนั้นไม่สั่งซื้อแก๊สออกซิเจน 5 คิว

4.3.4 แก๊สออกซิเจน 7 คิว

ในการพยากรณ์ทั้ง 2 แบบ แบบ Winter's Model มีความผิดพลาดในการพยากรณ์น้อยที่สุดจึงเลือกการพยากรณ์ของ Winter's Model เป็นอุปสงค์ในการคำนวณสินค้าคงคลัง ซึ่งพิจารณาทั้งหมด 3 นโยบาย คือ (1) นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่องเพราะ แก๊สออกซิเจนจะถูกตรวจอยู่ตลอดเวลาว่าเหลือปริมาณเท่าไร และขนาดการสั่งซื้อเท่ากับ Q จะถูกสั่งเมื่อปริมาณแก๊สออกซิเจนลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point : ROP) (2) พิจารณานโยบายทบทวนเป็นรอบ เพราะแก๊สออกซิเจนจะถูกทบทวนทุกรอบเวลาที่แน่นอน และทำการสั่งซื้อมาทดแทนให้มีปริมาณถึงระดับที่กำหนด (3) ระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง-จุดสั่ง (The Periodic - Order Point Review Combination System) เพราะเป็นการผสมระหว่างข้อดีของระบบการทบทวนอย่างต่อเนื่อง และระบบทบทวนตามรอบเวลา ดังนั้นระบบผสมจะทำให้ความถี่ในการทบทวนแก๊สออกซิเจนลดลง และสามารถสั่งซื้อออกซิเจน 7 คิว ได้ในปริมาณตามที่ต้องการตามรอบเวลาที่กำหนด

4.3.4.1 สินค้าคงคลังนโยบายการทบทวนอย่างต่อเนื่อง

หาขนาดล็อตในการสั่งซื้อเฉลี่ยในแต่ละเดือน (Q) จากสมการที่ 2.23 ต้นทุนออกซิเจน 7 คิว 160 บาท หาค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 7 คิว หลังจากได้ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 7 คิว

$$Q = \sqrt{\frac{2(50)(15)}{(0.2)(160)}} = 6.847 \text{ ท่อ}$$

หลังจากได้ขนาดล็อตในการสั่งซื้อแล้ว หาปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 7 คิว ช่วงเวลานำ (D_L) คือนำปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 7 คิว ที่ได้จากการพยากรณ์ (D) คูณกับช่วงเวลานำ (L) กำหนดให้ช่วงเวลานำในแต่ละเดือนเท่ากับ 0.067 ค่าที่ได้ จะได้ค่าเท่ากับ $D_L = 1$ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_L จากสมการที่ 2.24

$$\sigma_L = (\sqrt{0.067})(16.084) = 4.153 \text{ ท่อ}$$

ได้ค่า σ_L แล้ว สามารถหาค่าจำนวนสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (ss) ได้จากสมการที่ 2.25

$$ss = F_S^{-1}(0.99) \times 16.083 = 9.661 \approx 10 \text{ ท่อ}$$

ระดับรอบการให้บริการ (CSL) กำหนดให้ร้อยละ 99 เพราะการให้แก๊สกับผู้ป่วยต้องได้รับทุกคนเพื่อช่วยชีวิตผู้ป่วย ดังนั้นการให้แก๊สออกซิเจน 7 คิวผู้ป่วยต้องได้รับทุกคน นำสมการ 2.25 มาคำนวณแสดงค่าสินค้าคงคลัง หลังจากได้ค่าจำนวนสินค้าคงคลังแล้ว เราสามารถหาค่าจุดสั่งซื้อได้ (R) จากสมการที่ 2.26

$$R = 1 + 10 = 11 \text{ ท่อ}$$

$$\therefore\ Q = 7 \text{ ท่อ}\quad ss = 10 \text{ ท่อ}\quad R = 11 \text{ ท่อ}$$

4.3.4.2 สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนตามช่วงเวลา

รอบเวลาตรวจแก๊สออกซิเจน 7 คิว (T) 7 วันหรือ 0.233 เดือน ช่วงเวลานำสำหรับหาสินค้ามาเติมในแต่ละเดือน (L) 2 วันหรือ 0.067 เดือน ระดับรอบการบริการที่ต้องการ (CSL) 99% หาการแจกแจงของอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลา T+L ใช้สมการที่ 4.20 ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 7 คิวระหว่างช่วงเวลานำ T+L มีการแจกแจงแบบปกติ

$$D_{T+L} = (0.233 + 0.067)(15) = 4.5 \text{ ท่อ}$$

ต่อมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 7 คิวระหว่างช่วงเวลา L+T ดังสมการที่ 4.21

$$\sigma_{T+L} = (\sqrt{0.233 + 0.067})(16.084) = 8.81 \text{ ท่อ}$$

ขั้นตอนต่อไป คือหาค่าสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยหาได้จากสมการที่ 2.28

$$ss = F_S^{-1}(0.99) \times 8.81 = 20.494 \approx 21 \text{ ท่อ}$$

หลังจากที่ได้สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยในกรณีนี้คือ ปริมาณที่เกิน D_{T+L} ที่จัดเก็บไว้เกินช่วงเวลา T+L คำสั่งซื้อไปถึงระดับ (OUL) และสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ 2.27

$$OUL = 4.5 + 21 = 25.526 \approx 26 \text{ ท่อ}$$

หาปริมาณการสั่งซื้อได้จากสมการที่ 4.17

$$\therefore ss = 21 \text{ ท่อ } OUL = 26 \text{ ท่อ}$$

4.3.4.3 ระบบผสม (Hybrid System)

ปริมาณการใช้แก๊สออกซิเจน 7 คิว ตามนโยบายระบบทบทวนช่วงเวลามีค่าที่ใช้ร่วมกับระบบการทบทวนต่อเนื่องดังนี้

ระดับรอบการให้บริการร้อยละ	99
ระดับจุดสั่งซื้อ	11 ท่อ
ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย	26 ท่อ/เดือน

ตัวอย่าง : การตรวจคลังของแก๊สออกซิเจน 7 คิว รอบเวลาตรวจอาทิตย์ที่ 1 ในเดือน มกราคมปี 2555 มีแก๊สออกซิเจน 7 คิว ในมือ 2 ท่อ ไม่มีจำนวนแก๊สออกซิเจน 7 คิว ค้างส่งกับผู้ป่วย และไม่มีแก๊สออกซิเจน 7 คิว ที่สั่งซื้อไปแล้ว

$$IP = 2 + 0 - 0 = 2 \text{ ท่อ}$$

เนื่องจากจุดสั่งซื้อแก๊สออกซิเจน 7 คิว ในระบบทบทวนตามช่วงเวลาคือ 11 ท่อ แต่ตำแหน่งออกซิเจน 7 คิว 2 ท่อ ซึ่งน้อยกว่าจุดสั่งซื้อใหม่ ดังนั้นจะต้องสั่งซื้อแก๊สออกซิเจน 7 คิว ให้เต็มถึง OUL สามารถหาค่า Q (ขนาดล็อตในการสั่งซื้อ) ได้ดังนี้

$$Q = OUL - IP = 26 - 2 = 24 \text{ ท่อ}$$

จะได้ขนาดล็อตในการสั่งซื้อ 24 ท่อ

4.3.5 แก๊สไนโตรเจน

ซึ่งพิจารณาทั้งหมด 3 นโยบาย คือ (1) นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่องเพราะ แก๊สออกซิเจนจะถูกตรวจอยู่ตลอดเวลาว่าเหลือปริมาณเท่าไร และขนาดการสั่งซื้อเท่ากับ Q จะถูกสั่งเมื่อปริมาณแก๊สออกซิเจนลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point : ROP) (2) พิจารณานโยบายทบทวนเป็นรอบเพราะแก๊สออกซิเจนจะถูกทบทวนทุกรอบเวลาที่แน่นอน และทำการสั่งซื้อมาทดแทนให้มีปริมาณถึงระดับที่กำหนด (3) ระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง-จุดสั่ง (The Periodic - Order Point Review Combination System) เพราะ เป็นการผสมระหว่างข้อดีของระบบการทบทวนอย่างต่อเนื่อง และระบบทบทวนตามรอบเวลา ดังนั้น ระบบผสมจะทำให้ความถี่ในการทบทวนออกซิเจนลดลง และสามารถสั่งซื้อออกซิเจน 2 คิว ได้ในปริมาณตามที่ต้องการตามรอบเวลาที่กำหนด

4.3.5.1 สินค้าคงคลังนโยบายการทบทวนอย่างต่อเนื่อง

หาขนาดล็อตในการสั่งซื้อเฉลี่ยในแต่ละเดือน (Q) จากสมการที่ 2.23 ต้นทุนไนโตรเจน 330 บาท หาค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน หลังจากได้ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน

$$Q = \sqrt{\frac{2(50)(18.9524)}{(0.2)(330)}} = 5.3587 \approx 6 \text{ ท่อ}$$

หลังจากได้ขนาดล็อตในการสั่งซื้อแล้ว หาปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน ช่วงเวลานำ (D_L) คือนำปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน ที่ได้จากการพยากรณ์ (D) คูณกับช่วงเวลานำ (L) กำหนดให้ช่วงเวลานำในแต่ละเดือนเท่ากับ 0.067 ค่าที่ได้ จะได้ค่าเท่ากับ D_L = 1.2612 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_L จากสมการที่ 2.24

$$\sigma_L = (\sqrt{0.022})(7.54268) = 1.9475$$

ได้ค่า σ_L แล้ว สามารถหาค่าจำนวนสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (ss) ได้จากสมการที่ 2.25

$$ss = F_S^{-1}(0.99) \times 1.9475 = 4.53059 \approx 5 \text{ ท่อ}$$

ระดับรอบการให้บริการ (CSL) กำหนดให้ร้อยละ 99 เพราะการให้แก๊สกับผู้ป่วยต้องได้รับทุกคนเพื่อช่วยชีวิตผู้ป่วย ดังนั้นการให้แก๊สไนโตรเจนผู้ป่วยต้องได้รับทุกคน นำสมการ 2.25 มาคำนวณแสดงค่าสินค้าคงคลัง หลังจากได้ค่าจำนวนสินค้าคงคลังแล้ว เราสามารถหาค่าจุดสั่งซื้อได้ (R) จากสมการที่ 2.26

$$R = 1.2635 + 5 = 6.2635 \approx 7 \text{ ท่อ}$$

$$\therefore \text{ Q } = 6 \text{ ท่อ}, \; ss = 5 \text{ ท่อ } R = 7 \text{ ท่อ}$$

4.3.5.2 สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนตามช่วงเวลา

รอบเวลาตรวจแก๊สไนโตรเจน (T) 7 วันหรือ 0.0778 เดือน ช่วงเวลานำสำหรับหาสินค้ามาเติมในแต่ละเดือน (L) 2 วันหรือ 0.067 เดือน ระดับรอบการให้บริการ (CSL) ร้อยละ 99 หาการแจกแจงของอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลา T+L ใช้สมการที่ 4.20 ปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจนระหว่างช่วงเวลานำ T+L มีการแจกแจงแบบปกติ

$$D_{T+L} = (0.0233 + 0.067)(18.9524) = 5.6857 \text{ ท่อ}$$

ต่อมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจนระหว่างช่วงเวลา L+T ดังสมการที่ 4.21

$$\sigma_{T+L} = (\sqrt{0.0233 + 0.067})(18.9524) = 4.1313 \text{ ท่อ}$$

ขั้นตอนต่อไป คือหาค่าสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยหาได้จากสมการที่ 2.28

$$ss = F_S^{-1}(0.99) \times 4.1313 = 9.61084 \approx 10 \text{ ท่อ}$$

หลังจากที่ได้สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยในกรณีนี้คือ ปริมาณที่เกิน D_{T+L} ที่จัดเก็บไว้เกินช่วงเวลา T+L คำสั่งซื้อไปถึงระดับ (OUL) และสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ 2.27

$$OUL = 5.6857 + 10 = 15.6857 \approx 16 \text{ท่อ}$$

หาปริมาณการสั่งซื้อได้จากสมการที่ 4.17

$$\therefore \; ss \; = 10 \text{ ท่อ } OUL \; = 16 \text{ ท่อ}$$

4.3.5.3 ระบบผสม (Hybrid System)

ปริมาณการใช้แก๊สไนโตรเจน ตามนโยบายระบบทบทวนช่วงเวลามีค่าที่ใช้ร่วมกับระบบการทบทวนต่อเนื่องดังนี้

ระดับรอบการให้บริการร้อยละ	99
ระดับจุดสั่งซื้อ	7 ท่อ
ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย	16 ท่อ

ตัวอย่าง : การตรวจคลังของแก๊สไนโตรเจน รอบเวลาตรวจอาทิตย์ที่ 2 ในเดือนมกราคมปี 2555 มีแก๊สไนโตรเจน ในมือ 15 ท่อ ไม่มีจำนวนแก๊สไนโตรเจนค้างส่งกับผู้ป่วย และไม่มีแก๊สไนโตรเจน ที่สั่งซื้อไปแล้ว

$$IP = 15 + 0 - 0 = 15 \text{ ท่อ}$$

เนื่องจากจุดสั่งซื้อแก๊สไนโตรเจน ในระบบทบทวนตามช่วงเวลา คือ 7 ท่อ แต่ตำแหน่งแก๊สไนโตรเจน 15 ท่อ ซึ่งมากกว่าจุดสั่งซื้อใหม่ ดังนั้น ไม่สั่งซื้อแก๊สไนโตรเจน

4.3.6 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ซึ่งพิจารณา 3 นโยบาย คือ (1) นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่องเพราะ แก๊สคาร์บอนไดร์ออกไซด์จะถูกตรวจอยู่ตลอดเวลาว่าเหลือปริมาณเท่าไร และขนาดการสั่งซื้อเท่ากับ Q จะถูกสั่งเมื่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดร์ออกไซด์ลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point : ROP) (2) โยบายทบทวนเป็นรอบ เพราะแก๊สออกซิเจนจะถูกทบทวนทุกรอบเวลาที่แน่นอน และทำการสั่งซื้อมาทดแทนให้มีปริมาณถึงระดับที่กำหนด (3) ระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง-จุดสั่ง (The Periodic-Order Point Review Combination System) เพราะ เป็นการผสมระหว่างข้อดีของระบบการทบทวนอย่างต่อเนื่องและระบบทบทวนตามรอบเวลา ดังนั้น ระบบผสมจะทำให้ความถี่ในการทบทวนแก๊สออกซิเจนลดลงและสามารถสั่งซื้อแก๊สออกซิเจนได้ในปริมาณตามที่ต้องการตามรอบเวลาที่กำหนด

4.3.6.1 สินค้าคงคลังนโยบายการทบทวนอย่างต่อเนื่อง

หาขนาดล็อตในการสั่งซื้อเฉลี่ยในแต่ละเดือน (Q) จากสมการที่ 2.23 ต้นทุนคาร์บอนไดออกไซด์ 350 บาท หาค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากได้ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

$$Q = \sqrt{\frac{2(50)(1.167)}{(0.2)(350)}} = 1.291 \approx 2 \text{ ท่อ}$$

หลังจากได้ขนาดล็อตในการสั่งซื้อแล้ว หาปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ช่วงเวลานำ (D_L) คือนำปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากการพยากรณ์ (D) คูณกับช่วงเวลานำ (L) กำหนดให้ช่วงเวลานำในแต่ละเดือนเท่ากับ 0.067 ค่าที่ได้ จะได้ค่าเท่ากับ $D_L = 0.078$ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_L จากสมการที่ 2.24

$$\sigma_L = (\sqrt{0.067})(1.274) = 0.329 \text{ ท่อ}$$

ได้ค่า σ_L แล้ว สามารถหาค่าจำนวนสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (ss) ได้จากสมการที่ 2.25

$$ss = F_S^{-1}(0.9) \times 0.328 = 0.765 \approx 1 \text{ ท่อ}$$

ระดับรอบการให้บริการ (CSL) กำหนดให้ร้อยละ 90 เพราะแก๊สใช้สำหรับงานวิจัย สมการ 2.25 มาคำนวณแสดงค่าสินค้าคงคลัง หลังจากได้ค่าจำนวนสินค้าคงคลังแล้ว เราสามารถหาค่าจุดสั่งซื้อได้ (R) จากสมการที่ 2.26

$$R = 0.077 + 1 = 1.077 \approx 2 \text{ ท่อ}$$

$$\therefore Q = 2 \text{ ท่อ } ss = 1 \text{ ท่อ } R = 2 \text{ ท่อ}$$

4.3.6.2 สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนตามช่วงเวลา

รอบเวลาตรวจแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (T) 7 วันหรือ 0.233 เดือน ช่วงเวลานำสำหรับหาสินค้ามาเติมในแต่ละเดือน (L) 2 วันหรือ 0.067 เดือน ระดับรอบการให้บริการ (CSL) ร้อยละ 99 หาการแจกแจงของอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลา $T+L$ ใช้สมการที่ 4.20 ปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างช่วงเวลานำ $T+L$ มีการแจกแจงแบบปกติ

$$D_{T+L} = (0.233 + 0.067)(1.167) = 0.35 \text{ ท่อ}$$

ต่อมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างช่วงเวลา $L+T$ ดังสมการที่ 4.21

$$\sigma_{T+L} = (\sqrt{0.233 + 0.067})(1.274) = 0.698 \text{ ท่อ}$$

ขั้นตอนต่อไป คือ หาค่าสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยหาได้จากสมการที่ 2.27

$$ss = F_S^{-1}(0.99) \times 0.698 = 1.623 \approx 2 \text{ ท่อ}$$

หลังจากที่ได้สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย ปริมาณ D_{T+L} รวมกับ ss จะได้ปริมาณระดับการสั่งซื้อสูงสุด (OUL)

$$OUL = 0.35 + 2 = 2.353 \approx 3 \text{ ท่อ}$$

หาปริมาณการสั่งซื้อได้จากสมการที่ 4.17

$\therefore$ ss = 2 ท่อ OUL = 3 ท่อ

4.3.6.3 ระบบผสม (Hybrid System)

ปริมาณการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ตามนโยบายระบบทบทวนช่วงเวลามีค่าที่ใช้ร่วมกับระบบการทบทวนต่อเนื่องดังนี้

ระดับรอบการให้บริการร้อยละ	90
ระดับจุดสั่งซื้อ	2 ท่อ/เดือน
ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย	3 ท่อ/เดือน

ตัวอย่าง : การตรวจคลังของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน รอบเวลาตรวจอาทิตย์ที่ 3 ในเดือน เมษายนปี 2555 มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในมือ 10 ท่อ ไม่มีจำนวนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ค้างส่งกับผู้ป่วย และไม่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่สั่งซื้อไปแล้ว

$$\text{IP} = 10 + 0 - 0 = 10 \text{ ท่อ}$$

เนื่องจากจุดสั่งซื้อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในระบบทบทวนตามช่วงเวลา คือ 2 ท่อ แต่ตำแหน่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 10 ท่อ ซึ่งมากกว่าจุดสั่งซื้อใหม่ ดังนั้นไม่ต้องสั่งซื้อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

4.3.7 แก๊สไนตรัสออกไซด์

ซึ่งพิจารณา 3 นโยบาย คือ (1) นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่องเพราะ แก๊สไนตรัสออกไซด์จะถูกตรวจอยู่ตลอดเวลาว่าเหลือปริมาณเท่าไร และขนาดการสั่งซื้อเท่ากับ Q จะถูกสั่งเมื่อปริมาณแก๊สไนตรัสออกไซด์ลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point : ROP) (2) นโยบายทบทวนเป็นรอบ เพราะแก๊สไนตรัสออกไซด์จะถูกทบทวนทุกรอบเวลาที่แน่นอน และทำการสั่งซื้อมาทดแทนให้มีปริมาณถึงระดับที่กำหนด (3) ระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง - จุดสั่ง (The Periodic – Order Point Review Combination System) เพราะเป็นการผสมระหว่างข้อดีของระบบการทบทวนอย่างต่อเนื่อง และระบบทบทวนตามรอบเวลา ดังนั้น ระบบผสมจะทำให้ความถี่ในการทบทวนออกซิเจนลดลง และสามารถสั่งซื้อออกซิเจนได้ในปริมาณตามที่ต้องการตามรอบเวลาที่กำหนด

4.3.7.1 สินค้าคงคลังนโยบายการทบทวนอย่างต่อเนื่อง

หาขนาดล็อตในการสั่งซื้อเฉลี่ยในแต่ละเดือน (Q) จากสมการที่ 2.23 ต้นทุนแก๊สไนตรัสออกไซด์ 2,500 บาท หาค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์ หลังจากได้ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์

$$Q = \sqrt{\frac{2(50)(4.125)}{(0.2)(2500)}} = 0.908 \approx 1 \text{ ท่อ}$$

หลังจากได้ขนาดล็อตในการสั่งซื้อแล้ว หาปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์ช่วงเวลานำ (D_L) คือนำปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์ ที่ได้จากการพยากรณ์ (D) คูณกับช่วงเวลานำ (L) กำหนดให้ช่วงเวลานำในแต่ละเดือนเท่ากับ 0.067 ค่าที่ได้ จะได้ค่าเท่ากับ D_L = 0.275 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_L จากสมการที่ 2.24

$$\sigma_L = (\sqrt{0.067})(3.791) = 0.979 \quad \text{ท่อ}$$

ได้ค่า σ_L แล้ว สามารถหาค่าจำนวนสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (ss) ได้จากสมการที่ 2.25

$$ss = F_S^{-1}(0.99) \times 0.979 = 2.277 \approx 3 \text{ ท่อ}$$

ระดับรอบการให้บริการ (CSL) กำหนดให้ร้อยละ 99 เพราะการให้แก๊สกับผู้ป่วยต้องได้รับทุกคนเพื่อช่วยชีวิตผู้ป่วย ดังนั้นการให้แก๊สไนตรัสออกไซด์ผู้ป่วยต้องได้รับทุกคน นำสมการ 2.26 มาคำนวณแสดงค่าสินค้าคงคลัง หลังจากได้ค่าจำนวนสินค้าคงคลังแล้ว เราสามารถหาค่าจุดสั่งซื้อได้ (R) จากสมการที่ 2.26

$$R = 0.275 + 3 = 3.275 \approx 4$$

$\therefore$ Q =1 ท่อ, ss = 3 ท่อ, R = 4 ท่อ

4.3.7.2 สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนตามช่วงเวลา

รอบเวลาตรวจแก๊สไนตรัสออกไซด์ (T) 7 วันหรือ 0.233 เดือน ช่วงเวลานำสำหรับหาสินค้ามาเติมในแต่ละเดือน (L) 2 วันหรือ 0.067 เดือน ระดับรอบการให้บริการ (CSL) ร้อยละ 99 หาการแจกแจงของอุปสงค์ระหว่างช่วงเวลา $T+L$ ใช้สมการที่ 4.20 ปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์ระหว่างช่วงเวลานำ $T+L$ มีการแจกแจงแบบปกติ

$$D_{T+L} = (0.233 + 0.067)(4.125) = 1.24 \text{ ท่อ}$$

ต่อมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์ระหว่างช่วงเวลา $L+T$ ดังสมการที่ 4.21

$$\sigma_{T+L} = (\sqrt{0.233 + 0.067})(3.791) = 2.078 \text{ ท่อ}$$

ขั้นตอนต่อไป คือหาค่าสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยหาได้จากสมการที่ 2.27

$$ss = F_S^{-1}(0.99) \times 2.078 = 4.831 \approx 5 \text{ ท่อ}$$

หลังจากที่ได้สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยในกรณีนี้คือ ปริมาณที่เกิน D_{T+L} ที่จัดเก็บไว้เกินช่วงเวลา $T+L$ คำสั่งซื้อไปถึงระดับ (OUL) และสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ 2.32

$$OUL = 1.24 + 4.831 = 6.0697 \approx 7 \text{ ท่อ}$$

หาปริมาณการสั่งซื้อได้จากสมการที่ 4.17

$\therefore$ ss = 5 ถัง, OUL = 7 ท่อ

4.3.7.3 ระบบผสม (Hybrid System)

ปริมาณการใช้แก๊สไนตรัสออกไซด์ ตามนโยบายระบบทบทวนช่วงเวลามีค่าที่ใช้ร่วมกับระบบการทบทวนต่อเนื่องดังนี้

ระดับรอบการให้บริการร้อยละ 99

ระดับจุดสั่งซื้อ 4 ท่อ/เดือน

ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย 7 ท่อ/เดือน

ตัวอย่าง : การตรวจคลังของแก๊สไนตรัสออกไซด์ใน รอบเวลาตรวจอาทิตย์ที่ 4 ในเดือน มกราคมปี 2555 มีแก๊สไนตรัสออกไซด์ในมือ 3 ท่อ ไม่มีจำนวนแก๊สไนตรัสออกไซด์ค้างส่งกับผู้ป่วย และไม่มีแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่สั่งซื้อไปแล้ว

$$IP = 3 + 0 - 0 = 3 \text{ ท่อ}$$

เนื่องจากจุดสั่งซื้อแก๊สไนตรัสออกไซด์ ในระบบทบทวนตามช่วงเวลาคือ 4 ท่อ แต่ตำแหน่งแก๊สไนตรัสออกไซด์ 3 ท่อ ซึ่งน้อยกว่าจุดสั่งซื้อใหม่ ดังนั้นจะต้องสั่งซื้อแก๊สไนตรัสออกไซด์ ให้เต็มถึง OUL สามารถหาค่า Q (ขนาดล็อตในการสั่งซื้อ) ได้ดังนี้

$$Q = OUL - IP = 7 - 3 = 4 \text{ ท่อ}$$

ได้ขนาดล็อตในการสั่งซื้อ 4 ท่อ

4.3.8 ออกซิเจนเหลว

ซึ่งพิจารณา 3 นโยบาย คือ (1) นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง เพราะออกซิเจนเหลวจะถูกตรวจอยู่ตลอดเวลาว่าเหลือปริมาณเท่าไร และขนาดการสั่งซื้อเท่ากับ Q จะถูกสั่งเมื่อปริมาณออกซิเจนเหลวลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point : ROP) (2) นโยบายทบทวนเป็นรอบ เพราะแก๊สออกซิเจนจะถูกทบทวนทุกรอบเวลาที่แน่นอน และทำการสั่งซื้อมาทดแทนให้มีปริมาณถึงระดับที่กำหนด (3) ระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง – จุดสั่ง (The Periodic - Order Point Review Combination System) เพราะเป็นการผสมระหว่างข้อดีของระบบการทบทวนอย่างต่อเนื่อง และระบบทบทวนตามรอบเวลา ดังนั้น ระบบผสมจะทำให้ความถี่ในการทบทวนออกซิเจนลดลง และสามารถสั่งซื้อออกซิเจนได้ในปริมาณตามที่ต้องการตามรอบเวลาที่กำหนด อัตราการแปลงหน่วยนิ้วน้ำเป็นลูกบาศก์เมตร คือ 1 นิ้วน้ำ ต่อ 26.12 ลูกบาศก์เมตร

4.3.8.1 สินค้าคลังนโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง

หาขนาดล็อตในการสั่งซื้อเท่ากับปริมาณบรรจุแท็งก์ ลบด้วยตำแหน่งวัสดุคงคลังในวันตรวจ หาปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลวช่วงเวลานำ (D_L) คือนำปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลวที่ได้จากการพยากรณ์ (D) คูณกับช่วงเวลานำ (L) กำหนดให้ช่วงเวลานำในแต่ละเดือนเท่ากับ 0.033 ค่าที่ได้

$$D_L = 7549.725 \times 0.033 = 251.6575 \text{ ลูกบาศก์เมตร } = 9.635 \text{ นิ้วน้ำ}$$

หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ

$$\sigma_L = \sqrt{0.033} \times 3{,}162.7312 = 577.433 \text{ ลูกบาศก์เมตร } = 22.107 \text{ นิ้วน้ำ}$$

ได้ค่า σ_L แล้ว สามารถหาค่าจำนวนสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (ss) ได้จากสมการที่ 2.25 จะได้จำนวนสินค้าคงคลัง

$$ss = F^{-1}(0.99) \times 577.433 = 1{,}343.31 \approx 1{,}344 \text{ ลูกบาศก์เมตร } = 51.455 \approx 52 \text{ นิ้วน้ำ}$$

ระดับรอบการให้บริการ (CSL) กำหนดให้ร้อยละ 99 เพราะการให้แก๊สกับผู้ป่วยต้องได้รับทุกคนเพื่อช่วยชีวิตผู้ป่วย ดังนั้นการให้ออกซิเจนเหลวผู้ป่วยต้องได้รับทุกคน นำสมการ 2.25 มาคำนวณแสดงค่าสินค้าคงคลัง หลังจากได้ค่าจำนวนสินค้าคงคลังแล้ว เราสามารถหาค่าจุดสั่งซื้อได้ (R) จากสมการที่ 2.26 จะได้จุดสั่งซื้อ

$$R = 251.6575 + 1344 = 1.595.6575.022 \approx 1{,}596 \text{ ลูกบาศก์เมตร } = 61.103 \approx 62 \text{ นิ้วน้ำ}$$

$$\therefore \ SS = 52 \text{ นิ้วน้ำ}, \ R = 62 \text{ นิ้วน้ำ}$$

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าเปรียบเทียบระดับรอบบริการ, Safety Stock และจุดสั่งซื้อ

ระดับรอบบริการ(%)	SS		R	
	ลบ.ม.	นิ้วน้ำ	ลบ.ม.	นิ้วน้ำ
99	1,343.31	51.43	1,594.97	61.06
98	1,185.90	45.40	1,437.56	55.04
97	1,086.03	41.58	1,337.69	51.21
96	1,010.90	38.70	1,262.56	48.34
95	949.79	36.34	1,201.45	46.00

จากตารางที่ 4.22 จะแสดงการเปรียบเทียบระดับรอบบริการ มีจุดสั่งซื้อแตกต่างกันไป โดยระดับรอบบริการน้อยลง จุดสั่งซื้อจะน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นระดับรอบบริการร้อยละ 99 เพราะเน้นความปลอดภัยกับผู้ป่วย หากเลือกระดับความพอใจต่ำกว่าร้อยละ 99 อาจจะเกิดความเสี่ยงกรณีที่การใช้ออกซิเจนเหลวไม่เพียงพอต่อผู้ป่วย

4.3.8.2 สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนตามช่วงเวลา

ให้รอบเวลาตรวจออกซิเจนเหลว (T) 1 วัน, 2 วัน และ 3 วัน หรือ 0.033 เดือน 0.067 เดือน และ 0.1 เดือน ตามลำดับ เพราะมีปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลวทุกวัน จึงไม่รู้รอบเวลาตรวจอย่างเหมาะสม ช่วงเวลานำเฉลี่ยสำหรับหาสินค้ามาเติมในแต่ละเดือน (L) 1 วันหรือ 0.033 เดือน ระดับรอบการให้บริการ (CSL) ร้อยละ 99 ถึงร้อยละ 95

ตารางที่ 4.23 ตารางแสดงเปรียบเทียบ ระดับรอบการให้บริการ, รอบเวลาตรวจ, Safety Stock และ *OUL*

ระดับรอบการให้บริการ (%)	รอบเวลาตรวจ (วัน)	*SS*		*OUL*	
		ลบ.ม.	นิ้วน้ำ	ลบ.ม.	นิ้วน้ำ
99	1	1,900.00	72.74	2,404.00	92.04
	2	2,327.00	89.09	3,082.00	117.99
	3	2,686.00	102.83	3,694.00	141.42
98	1	1,678.00	64.24	2,181.00	83.50
	2	2,055.00	78.68	2,810.00	107.58
	3	2,372.00	90.81	3,379.00	129.36
97	1	1,536.00	58.81	2,040.00	78.10
	2	1,882.00	72.05	2,637.00	100.96
	3	2,173.00	83.19	1,155.00	44.22
96	1	1,430.00	54.75	1,933.00	74.00
	2	1,751.00	67.04	2,506.00	95.94
	3	2,022.00	77.41	3,029.00	115.96
95	1	1,344.00	51.45	1,847.00	70.71
	2	1,646.00	63.02	2,401.00	91.92
	3	1,900.00	72.74	2,907.00	111.29

เนื่องจากแท็งก์สามารถบรรจุออกซิเจนเหลวได้ 3,500 ลูกบาศก์เมตร หรือ 134 นิ้วน้ำ จากตารางที่ 4.23 เลือกระดับรอบการให้บริการร้อยละ 99 เพราะจากการคำนวณค่า *OUL* ที่

รอบเวลาตรวจ 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน จะเห็นว่าค่า *OUL* ที่ใกล้เคียงกับขนาดบรรจุแท็งก์ของออกซิเจนเหลว คือ 141.42 นิ้วน้ำ ที่รอบเวลาตรวจ 3 วัน ซึ่งจะเน้นการเติมออกซิเจนเหลวให้เต็มแท็งก์

นอกจากนั้น ในระดับรอบการให้บริการร้อยละ 98 - 95 จากการคำนวณค่า *OUL* ที่รอบเวลา 3 วัน เปรียบเทียบกับระดับรอบการให้บริการร้อยละ 99 จะเห็นว่าค่า *OUL* มีค่าน้อยกว่าขนาดบรรจุแท็งก์ออกซิเจนเหลว ในการเติมแต่ละครั้งจะไม่สามารถเติมได้เต็มแท็งก์ หาปริมาณการสั่งซื้อได้จากสมการที่ 4.17

4.3.8.3 ระบบผสม (Hybrid System)

ปริมาณการใช้ออกซิเจนเหลว ตามนโยบายระบบทบทวนช่วงเวลามีค่าที่ใช้ร่วมกับระบบการทบทวนต่อเนื่องดังนี้

ระดับรอบการให้บริการร้อยละ	99
ระดับจุดสั่งซื้อ	62 นิ้วน้ำ/เตือน
ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย	142 นิ้วน้ำ/เตือน

ตัวอย่าง : การตรวจคลังของออกซิเจนเหลว รอบเวลาตรวจ ครั้งที่ 8 ในมกราคมปี พ.ศ. 2555 มีออกซิเจนเหลว ในมือ 1,500 นิ้วน้ำ ไม่มีจำนวนออกซิเจนเหลว ค้างส่งกับผู้ป่วย และไม่มีออกซิเจนเหลว ที่สั่งซื้อไปแล้ว

$$IP = 1,500 + 0 - 0 = 30 \text{ นิ้วน้ำ}$$

เนื่องจากจุดสั่งซื้อออกซิเจนเหลว ในระบบทบทวนตามช่วงเวลาคือ 62 นิ้วน้ำ แต่ตำแหน่งออกซิเจนเหลว 30 นิ้วน้ำ ซึ่งน้อยกว่าจุดสั่งซื้อใหม่ ดังนั้นจะต้องสั่งซื้อออกซิเจนเหลว ให้เต็มถึง OUL แต่แท็งก์บรรจุได้แค่ 134 นิ้วน้ำ จึงสามารถหาค่า Q (ขนาดล็อตในการสั่งซื้อ) ได้ดังนี้

$$Q = 134 - 62 = 72 \text{ นิ้วน้ำ จะได้ขนาดล็อตในการสั่งซื้อ } 72 \text{ นิ้วน้ำ}$$

4.4 วิเคราะห์และเลือกนโยบาย

4.4.1 วิเคราะห์และเลือกนโยบายแก๊สทุกชนิด

จากการคำนวณสินค้าคงคลังแก๊สทั้ง 6 ชนิด และออกซิเจนเหลวเพื่อหานโยบายที่เหมาะต่อการใช้ในโรงพยาบาล แสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 แสดงการวิเคราะห์และเลือกนโยบายแก๊ส 6 ชนิด และออกซิเจนเหลว

Product	หน้าที่การใช้การของแก๊ส	นโยบายที่เหมาะสม
ออกซิเจน 2 คิว	เป็นแก๊สช่วยชีวิตผู้ป่วย แผนกฉุกเฉิน, ห้องผ่าตัดหัวใจ, ห้อง ICU, ส่องกล้องตรวจหาโรคทั่วไป	สินค้าคงคลังนโยบายการทบทวนอย่างต่อเนื่อง เพราะหากมีผู้ป่วยจำนวนมากและแก๊สที่สต็อกไว้อาจจะไม่เพียงพอ หากเลือกนโยบายทบทวนแบบเป็นรอบหรือระบบผสม เวลาตรวจ 7 วันตามนโยบายของโรงพยาบาล อาจมีแก๊สในคลังไม่เพียงพอสำหรับผู้ป่วย
ออกซิเจน 5 คิว	ใช้ภายในรถฉุกเฉิน	สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนแบบระบบผสม เพราะมีปริมาณการใช้น้อย ลดภาระการตรวจของวิศวกรไม่สั่งทุกครั้งเวลาตรวจ ลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา และลดจำนวนครั้งในการสั่งซื้อ
ออกซิเจน 7 คิว	ใช้สำหรับแผนกฉุกเฉิน	สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนแบบระบบผสม มีผู้ป่วยจำนวนน้อยในการผ่าตัดกระดูก มีปริมาณการใช้ทุกเดือนแต่มีปริมาณน้อย และบางเดือนเท่านั้นจะมีผู้ป่วยผ่าตัดกระดูกในจำนวนมาก ลดภาระการตรวจของวิศวกร ไม่สั่งทุกครั้งเวลาตรวจ ลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและลดจำนวนครั้งในการสั่งซื้อ
ไนโตรเจน	ใช้สำหรับแผนกห้องกระดูก ในการผ่าตัดกระดูก	
คาร์บอนไดออกไซด์	ใช้สำหรับงานวิจัย	สินค้าคงคลังนโยบายทบทวนแบบระบบผสม เพราะ ใช้สำหรับงานวิจัยมีปริมาณการใช้น้อย ลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา และลดจำนวนครั้งในการสั่งซื้อ

ตารางที่ 4.24 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์และเลือกนโยบายแก๊ส 6 ชนิด และออกซิเจนเหลว

Product	หน้าที่การใช้การของแก๊ส	นโยบายที่เหมาะสม
ออกซิเจนเหลว	ใช้สำหรับทั่วโรงพยาบาลทุกแผนก	สินค้าคงคลังนโยบายการทบทวนอย่างต่อเนื่อง เพราะมีปริมาณการใช้เป็นจำนวนมาก จึงต้องทำการตรวจจับระดับออกซิเจนเหลวที่มีอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้มั่นใจว่า จะมีออกซิเจนเหลว เพียงพอสำหรับการใช้ในโรงพยาบาล

4.4.2 จุดสั่งซื้อใหม่ของออกซิเจนเหลว

จุดสั่งซื้อออกซิเจนเหลวเดิมของโรงพยาบาล คือ 50 ถึง 60 นิ้วน้ำ นำมาคำนวณหารอบบริการโดยใช้สมการที่ 4.18 แสดงในตารางที่ 4.25

$$CSL = F(R, D_L, \sigma_L) \qquad \textbf{(4.18)}$$

ตารางที่ 4.25 แสดงค่ารอบบริการในจุดสั่งซื้อ 50 ถึง 60 นิ้วน้ำ

จุดสั่งซื้อ (นิ้วน้ำ)	CSL	CSL (%)
50	0.96607	96.61
51	0.96934	96.93
52	0.97234	97.23
53	0.97510	97.51
54	0.97762	97.76
55	0.97992	97.99
56	0.98202	98.2
57	0.98393	98.39
58	0.98566	98.57
59	0.98723	98.72
60	0.98864	98.86

จากตารางที่ 4.25 จะเห็นได้ว่าจุดสั่งซื้อเดิมของโรงพยาบาลสามารถตอบสนองความต้องการให้กับผู้ป่วย และโรงพยาบาลได้ ระดับรอบการให้บริการอย่างน้อยร้อยละ 96.61 และอย่างมากร้อยละ 98.86 ในการคำนวณจุดสั่งซื้อใหม่ จากทฤษฎีสินค้าคงคลังนโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง คือ 62 นิ้วน้ำ

ที่ระดับรอบการให้บริการร้อยละ 99 จากข้อมูลในตารางที่ 4.25 และจุดสั่งซื้อใหม่ จะเห็นว่าจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมกับนโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง เพราะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ป่วยและโรงพยาบาลได้อย่างเพียงพอ

4.4.3 วิเคราะห์สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยรองรับปริมาณการใช้ในช่วงเวลานำ

เมื่อแก๊สทั้ง 6 ชนิด และออกซิเจนเหลวมีปริมาณการใช้ถึงจุดสั่งซื้อ ทางวิศวกรจะสั่งซื้อแก๊สทั้ง 6 ชนิด และออกซิเจนเหลว โดยแก๊สทั้ง 6 ชนิด มีช่วงเวลานำ 2 วัน และออกซิเจนเหลว 1 วัน แก๊สทั้ง 6 ชนิดมีรอบเวลาตรวจ 7 วัน และออกซิเจนเหลวมีรอบเวลาตรวจ 3 วัน ในช่วงเวลานำควรจะมีแก๊สรองรับผู้ป่วย โดยคำนวณปริมาณการใช้ในช่วงเวลานำ และสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยจากนโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง และระบบผสมของแก๊สทั้ง 6 ชนิด และออกซิเจนเหลวในหัวข้อ 4.2 ซึ่งจะแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ออกซิเจน 2 คิว และแก๊สไนโตรเจนที่มีนโยบายแตกต่างกัน คือ นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง และนโยบายทบทวนแบบระบบผสม ดังแสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 แสดงการวิเคราะห์ออกซิเจน 2 คิว และไนโตรเจน

Product	ss	D_L	D_{L+T}	วิเคราะห์
แก๊สออกซิเจน 2 คิว	11	7	-	นโยบายทบทวนอย่างต่อเนื่อง มีปริมาณการใช้ในช่วงเวลานำ 7 ท่อ สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย 11 ท่อ หากมีปริมาณการใช้ในช่วงเวลานำมากกว่า 7 ท่อ นั่นหมายความว่า สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย 11 ท่อนั้น จะถูกนำมาใช้ในการรองรับผู้ป่วย
แก๊สไนโตรเจน	5	-	6	นโยบายทบทวนแบบระบบผสมการทบทวนรอบเวลาสั่ง-จุดสั่ง มีปริมาณการใช้ช่วงเวลานำกับรอบเวลาตรวจ 6 ท่อ สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย 5 ท่อ หากมีปริมาณการใช้ในช่วงเวลานำกับรอบเวลาตรวจมากกว่า 6 ท่อ นั่นหมายความว่า สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย 5 ท่อนั้น จะถูกนำมาใช้ในการรองรับผู้ป่วย

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

จากการดำเนินโครงงาน "การควบคุมแก๊สทางการแพทย์คงคลังของโรงพยาบาล กรณีศึกษา : โรงพยาบาลมระดับตติยภูมิขั้นสูง" สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ ดังนี้

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะของกราฟ ว่ามีแนวโน้มหรือฤดูกาลหรือไม่ จากนั้นพยากรณ์คาดการณ์ปริมาณการใช้ แก๊สทั้ง 2 ชนิดและออกซิเจนเหลว โดยใช้ทฤษฎีของ Holt's Model, Winter's Model และ Damped Trend Exponential Smoothing ส่วนแก๊สอีก 4 ชนิด คือ แก๊สออกซิเจน 5 คิว, แก๊สออกซิเจน 7 คิว, แก๊สไนตรัสออกไซด์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่สามารถพยากรณ์ได้ เนื่องจากมีปริมาณการใช้น้อย จากนั้นหาค่าความผิดพลาดของแก๊สทั้ง 6 ชนิดและออกซิเจนเหลว โดยใช้สมการของ MPE ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ไม่เกินร้อยละ 20 โดยแก๊สไนโตรเจนและ ออกซิเจนเหลว มีค่าความผิดพลาดเกินร้อยละ 20 ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ได้ จากนั้นใช้นโยบาย 3 นโยบายเพื่อควบคุมแก๊สทั้ง 6 ชนิด และออกซิเจนเหลว คือ นโยบายทบทวนแบบเป็นรอบ, นโยบายทบทวนแบบต่อเนื่อง และนโยบายระบบผสม แสดงให้เห็นว่า แก๊สออกซิเจน 2 คิว และออกซิเจนเหลว เหมาะกับนโยบายทบทวนแบบต่อเนื่อง ส่วนแก๊สออกซิเจน 5 คิว, แก๊สออกซิเจน 7 คิว, แก๊สไนโตรเจน, แก๊สไนตรัสออกไซด์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เหมาะกับนโยบายระบบผสม

ดังนั้น เมื่อนำผลทางทฤษฎีไปใช้ในทางปฏิบัติ ตามวิธีการของโครงงานจะทำให้มีจุดสั่งซื้อ และสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย

5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงาน

เนื่องโรงพยาบาลเก็บข้อมูลปริมาณการใช้แก๊สย้อนหลังเพียง 2 ปี ทำให้การนำข้อมูลมาวิเคราะห์และทำการพยากรณ์ยาก และไม่มีการเก็บข้อมูลเป็นระบบ ส่งผลให้ข้อมูลสูญหายไปบ้าง

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงาน การควบคุมแก๊สทางการแพทย์คงคลังของโรงพยาบาล กรณีศึกษา : โรงพยาบาลระดับตติยภูมิขั้นสูง" มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.3.1 ปรับปรุงทางด้านงานเขียน เพราะไม่สามารถสื่อความหมายของเนื้อหาในให้เป็นภาษาทางวิชาการได้

5.3.2 ควรจะทบทวนการพยากรณ์และการคำนวณสินค้าคงคลัง เพื่อความปลอดภัย ให้ถี่ถ้วน เพราะในการพยากรณ์ และการคำนวณสินค้าคงคลังได้ผลลัพธ์ที่ผิดพลาดหลายครั้ง ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการสรุป และวิเคราะห์ผล

เอกสารอ้างอิง

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2543). **การบริหารของคงคลังระบบ MRP และ ROP**. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น). กรุงเทพมหานคร.

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2552). **การบริหารพัสดุคงคลัง**. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย - ญี่ปุ่น). กรุงเทพมหานคร.

วิทยา สุหฤทดำรง. (2545). **การจัดการโซ่อุปทาน (Supply Chain Management)**. บริษัท เพียร์สันเอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า จำกัด กรุงเทพมหานคร.

Russell, R. and Taylor,B., (2006)., **Operation Management**, 5th ed., John Wiley&Sons.

Chopra S. and Meindl P. (2010)., **Supply Chain Management**, 4th ed., Prentice Hall, New Jersey.

Makridakis, S., Wheelwright, S. and Hyndman, R.J., (1998) **Forecasting : Methods and applications**, 3th ed., John Wiley&Sons.

ภาคผนวก ก

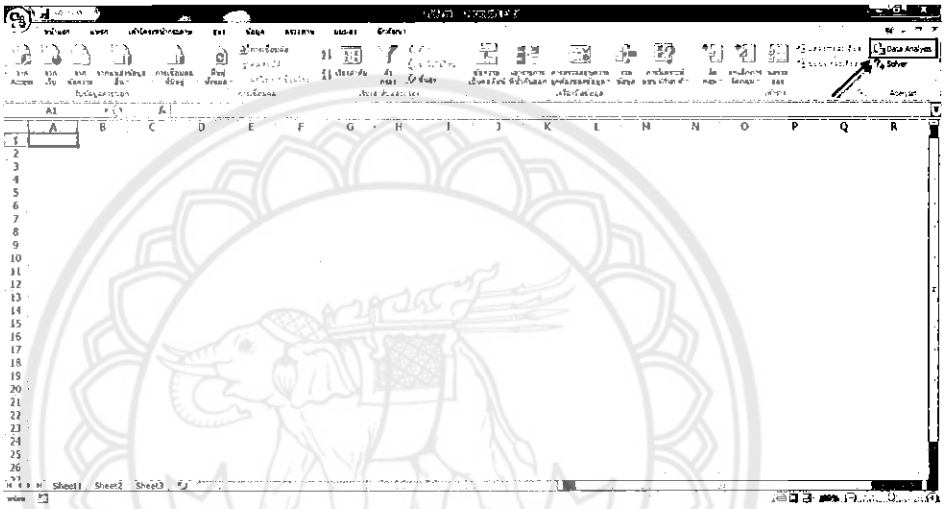
คู่มือแนะนำการวิเคราะห์ Regression ในโปรแกรม Microsoft Excel

คู่มือแนะนำการใช้งาน Regression

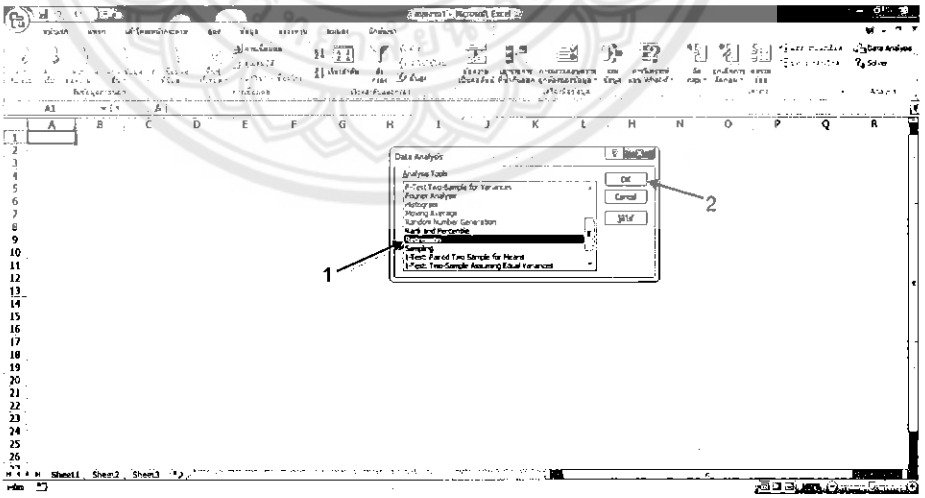
ในส่วนนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ Regression ซึ่งสิ่งที่ควรรู้ก่อนการวิเคราะห์ มีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ Regression

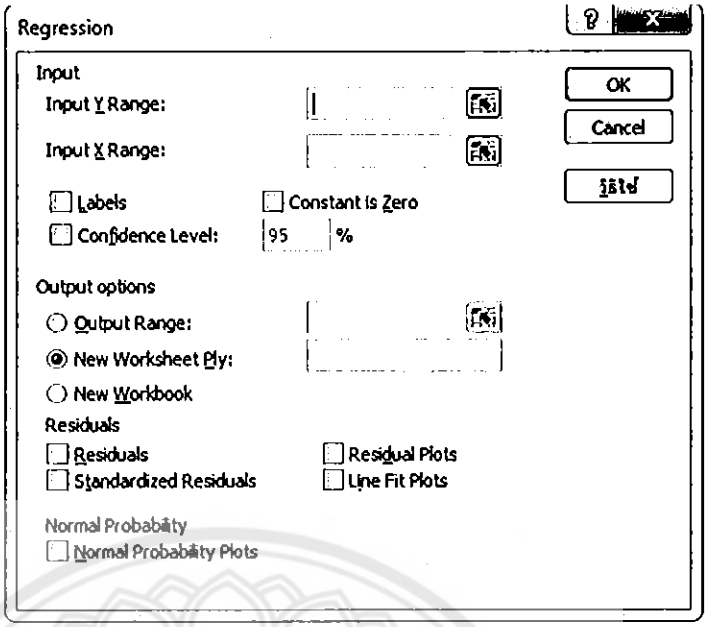
ผู้ใช้ต้องเข้าโปรแกรม Microsoft Excel จะต้องเปิดใช้งาน Regression ดังรูปที่ ก.1 และ ก.2 โดยจะขึ้นหน้าต่าง Regression แสดงดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.1 แสดงวิธีการเปิดใช้ Regression



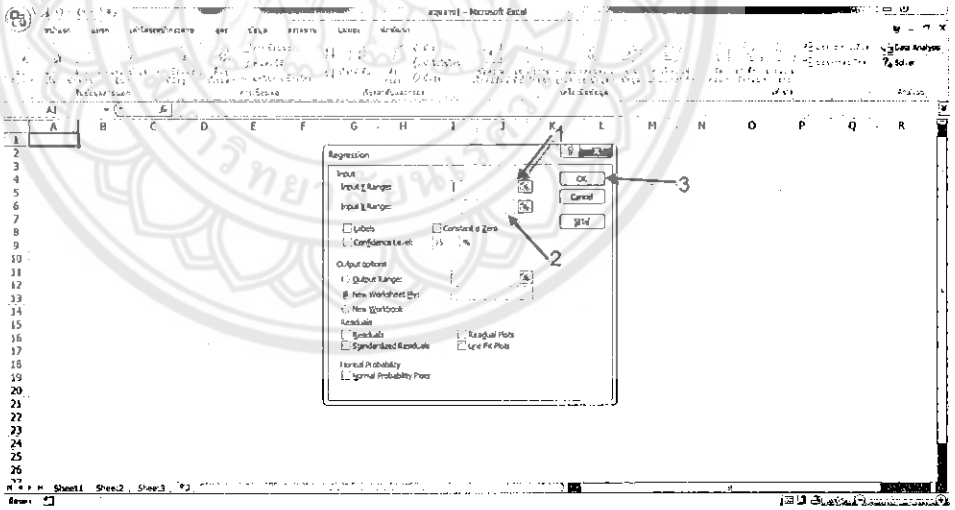
รูปที่ ก.2 แสดงวิธีการเปิดใช้ Regression



รูปที่ ก.3 แสดงหน้าต่าง Regression

2. การใช้ Regression

วิธีการใช้ Regression จะแสดงในรูปที่ ก.4

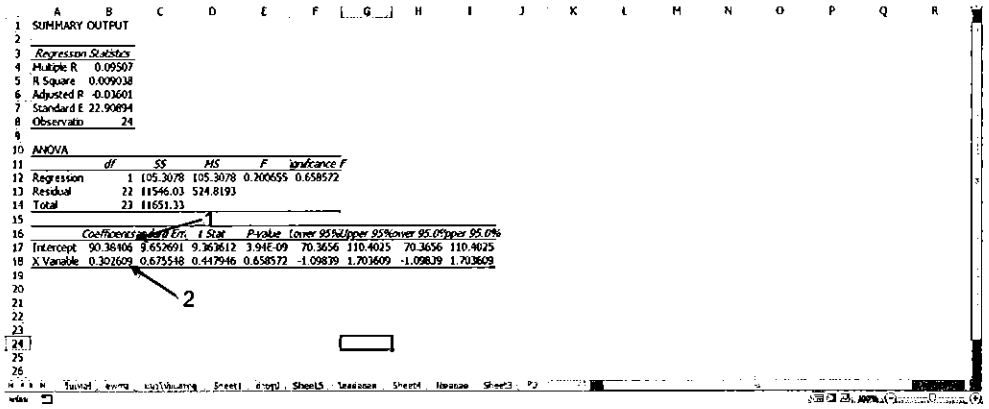


รูปที่ ก.4 แสดงวิธีการใช้ Regression

หมายเลข 1 คือ เลือกตำแหน่งจำนวนข้อมูล เช่น A2:A25

หมายเลข 2 คือ เลือกตำแหน่งข้อมูลทั้งหมด เช่น B2:B25

หมายเลข 3 คือ กด “ตกลง” หลังจากกรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว แสดงดังรูปที่ ก.5



SUMMARY OUTPUT						
Regression Statistics						
Multiple R	0.09507					
R Square	0.009038					
Adjusted R	-0.03601					
Standard E	22.90894					
Observatio	24					
ANOVA						
	df	*SS*	*MS*	*F*	*ignificance F*	
Regression	1	105.3078	105.3078	0.200655	0.658572	
Residual	22	11546.03	524.8193			
Total	23	11651.33				
	Coefficients	*tandard Err.*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	90.38406	9.652691	9.363612	3.94E-09	70.3656	110.4025
X Variable	0.302609	0.675548	0.447946	0.658572	-1.09839	1.703609

Lower 95% *Upper 95%* 70.3656 110.4025 -1.09839 1.703609

1

2

รูปที่ ก.5 แสดงผล Regression

หมายเลข 1 คือ ค่าของ L_0

หมายเลข 2 คือ ค่าของ T_0

ภาคผนวก ข

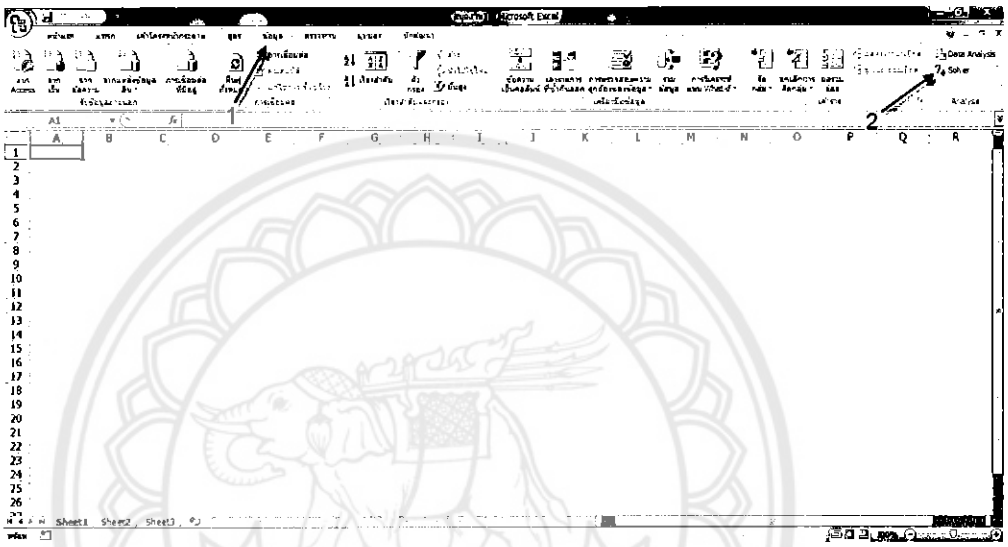
คู่มือแนะนำการใช้งาน Solver

คู่มือแนะนำการใช้งาน Solver

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการใช้งาน Solver ขั้นตอน และวิธีการใช้ ซึ่งสิ่งที่ควรรู้ก่อนใช้ เช่น การเข้าใช้งาน การกรอกข้อมูลเพื่อการคำนวณ ก็จะกล่าวในเนื้อหาส่วนนี้

1. การเข้ารัน Solver

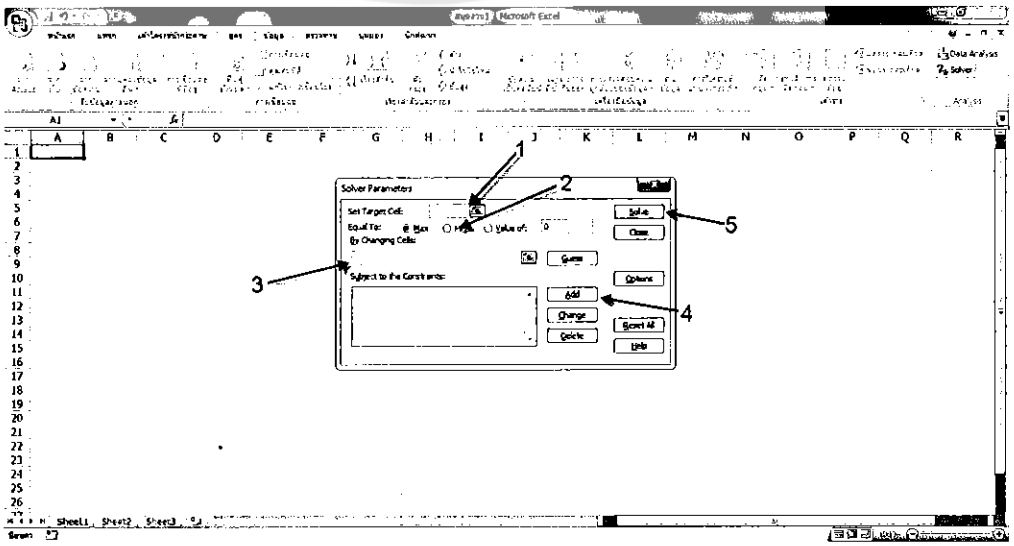
การเข้า Solver ผู้ใช้ต้องเข้าโปรแกรม Microsoft Excel ไปที่หัวข้อ ข้อมูล เลือก Solver แสดงดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 แสดงวิธีเปิดใช้ Solver

2. แสดงวิธีใช้ Solver

วิธีการใช้ Solver จะแสดงในรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 แสดงวิธีการใช้ Solver

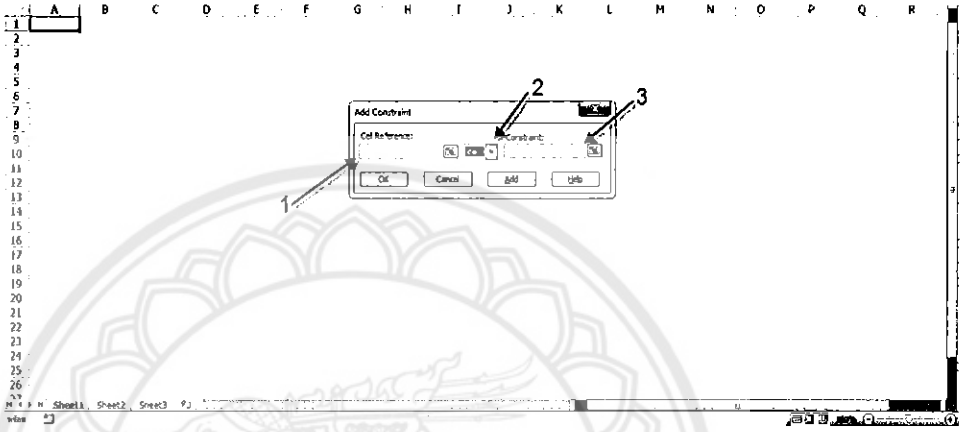
หมายเลข 1 คือ เลือกตำแหน่งที่แสดงผล

หมายเลข 2 คือ กำหนดให้แสดงค่าน้อยที่สุด

หมายเลข 3 คือ เลือกตำแหน่งแสดงค่าตัวแปร

หมายเลข 4 คือ กำหนดข้อจำกัด ซึ่งแสดงในรูป ข.3

หมายเลข 5 คือ กด “ตกลง” แสดงผล



รูปที่ ข.3 แสดงวิธีการกำหนดข้อจำกัด

หมายเลข 1 คือ เลือกตำแหน่งค่าตัวแปรสมการ

หมายเลข 2 คือ กำหนดว่า <=, =, >= เป็นต้น

หมายเลข 3 คือ กรอกข้อมูลขอบเขตของค่าตัวแปรสมการ

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายปณิธิ สุขประเสริฐ

ภูมิลำเนา 111/23 หมู่ 2 ต.หลุมดิน อ.เมือง จ.ราชบุรี

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชโบริกานุ - เคราะห์ จ.ราชบุรี
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : balckfax@hotmail.com

ชื่อ นางสาวภณิดา จารุนัย

ภูมิลำเนา 184/143 ซ.สุขาภิบาล 5 ซอย 66 (เคหะออเงิน) แขวงออเงิน เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนวัชรวิทยา จ.กำแพงเพชร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : panidaja-k@hotmail.com