

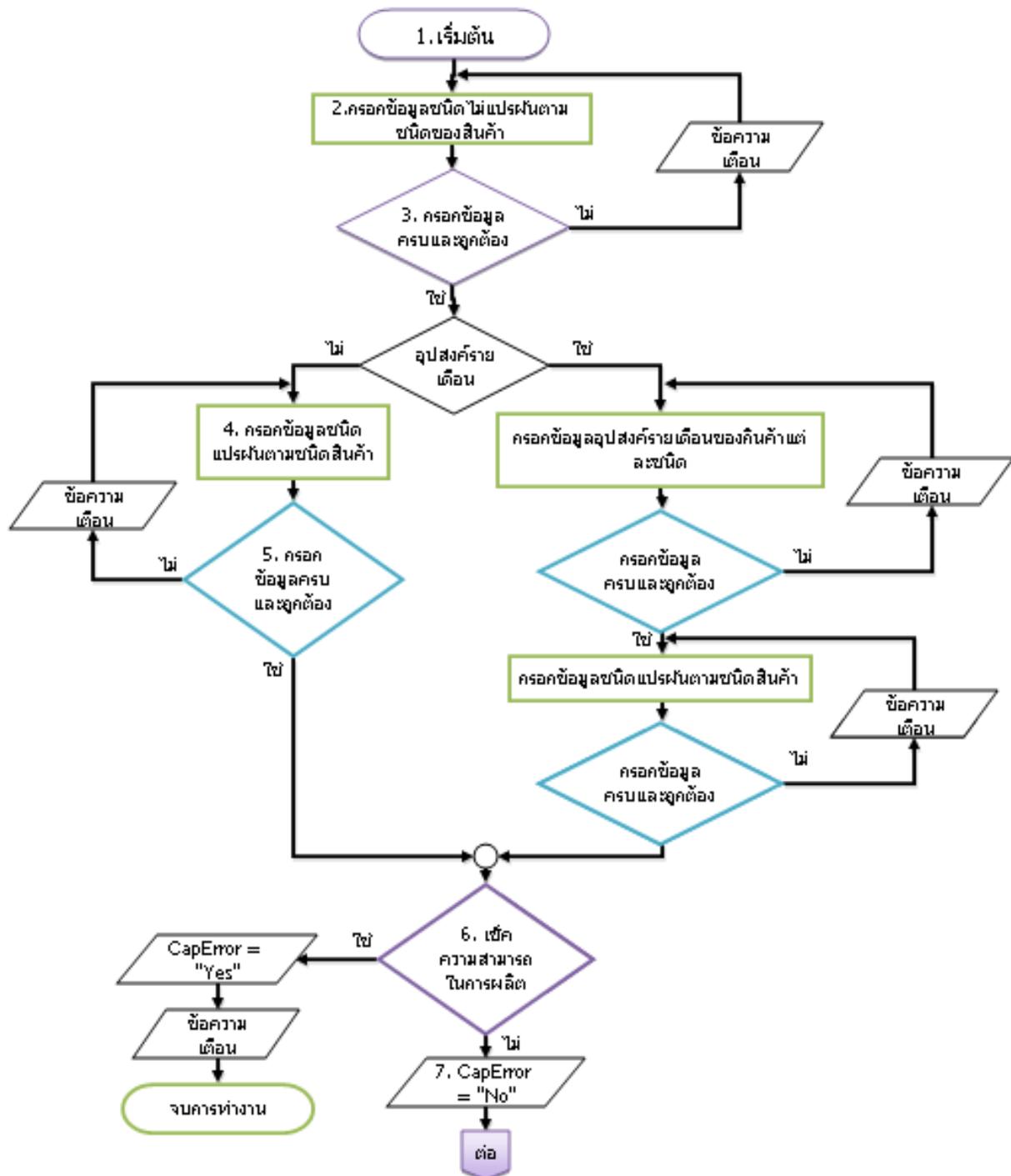
## บทที่ 4

### การพัฒนาโปรแกรมจำลองอุปสงค์

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อจำลองอุปสงค์ภายใต้ความไม่แน่นอนสำหรับการจัดการตารางการผลิต ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของงานวิจัย โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมที่สร้างขึ้น ขั้นตอนในการจัดการตารางการผลิตกล่าวถึงขั้นตอนในการจัดการตารางการผลิต และการวิเคราะห์โปรแกรมกล่าวถึงขั้นตอนในการวิเคราะห์โปรแกรมที่สร้างขึ้นว่ามีการทำงาน

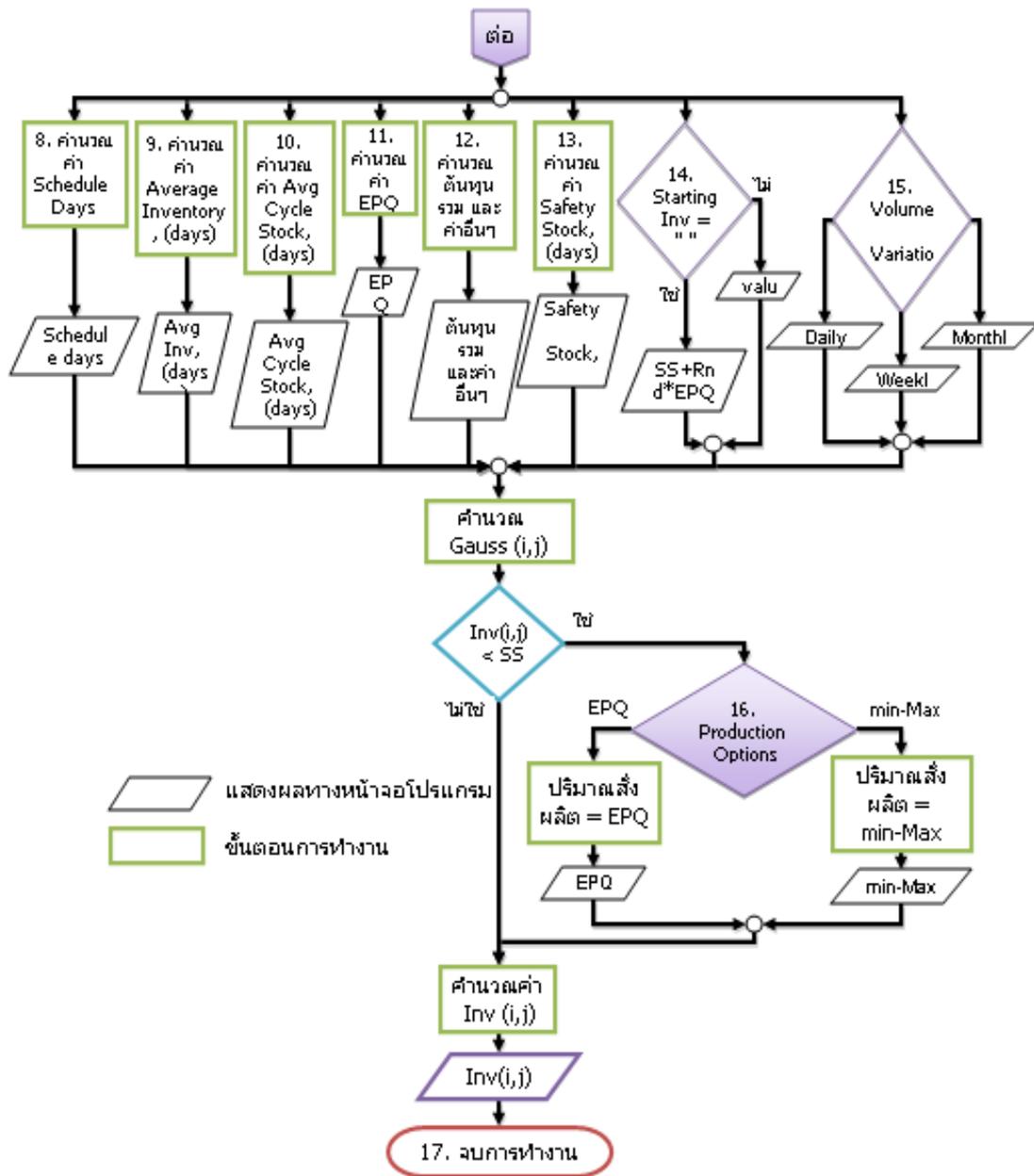
#### 4.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้นมีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 เมื่อเริ่มต้นการทำงานจากการกรอกข้อมูลส่วนที่ไม่แปรผันกับชนิดของสินค้า (ขั้นที่ 2 ในภาพที่ 4.1 ตัวอย่างดังภาพที่ 4.3) ตรวจสอบว่าข้อมูลถูกต้องและครบถ้วนหรือไม่ ถ้าไม่ ต้องทำการใส่ข้อมูลให้ถูกต้องและครบถ้วน (ขั้นที่ 3 ในภาพที่ 4.1) ขั้นตอนต่อไปกรอกข้อมูลที่ไม่แปรผันตามชนิดของสินค้า (ขั้นที่ 4 ในภาพที่ 4.1) ตรวจสอบว่าข้อมูลถูกต้องและครบถ้วนหรือไม่ ถ้าไม่ต้องการใส่ข้อมูลให้ถูกต้องและครบถ้วน (ขั้นที่ 5 ในภาพที่ 4.1 ตัวอย่างดังภาพที่ 4.4) จากนั้นวิเคราะห์ความสามารถในการผลิต (Capacity Error Check: CapError) (ขั้นที่ 6 ในภาพที่ 4.1) ถ้าความสามารถในการผลิตไม่เพียงพอจะแสดงค่า CapError = "Yes" แสดงข้อความเตือนว่าความสามารถในการผลิตไม่เพียงพอ และจบการทำงานของโปรแกรม แต่ถ้าความสามารถในการผลิตเพียงพอจะแสดงค่า CapError = "No" (ขั้นที่ 7 ในภาพที่ 4.1) จะทำการคำนวณค่าที่จำเป็นต่อไป



ภาพที่ 4.1

ผังงานการทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 4.2

ผังงานการทำงานของโปรแกรม (ต่อ)

Volume Scale:  (default = 1)      Day In Year:  (default = 365)

Variation Scale:  (default = 1)      Start Date:  month  year  
 1      2010

Inventory Cost Rate:  (default = 25 %/yr)      (default dd:mm:yyyy dd=1)

Service Level:  (default = 98.5 %)

Service Level Type:  %Vol (default = %Vol)      Number of Days:

Demand Covariance:  (default = 0.3)      DayHR:  (Max = 24)

Minimum CD:

Monthly Demand:  No

OK      Quit

ภาพที่ 4.3

ตัวอย่างหน้าจอส่วนกรอกข้อมูลที่ไม่แปรผันตามชนิดของสินค้า (Input Data)

Product Data Input

Product Name:  Ph      Tput: (Su/hr)  25      Min Run Length: (SU)

Annual Demand: (SU/yr)  16000      Volume Variation: (%)  25      Max Reaction Time: (Days)

Finished Product Inventory Value: (\$/SU)  25      Volume Variation Scale:  Monthly

Change Over Time: (hr)  0.2      Starting Inventory:

Change Over Cost: (\$/event)  250      Batch Size: (SU)  500      Number of Products:  8

Product : 8 / 8

Product Name	Demand	Finished Product Value	ChangeOver Time	ChangeOver Cost	Tput	Volume Variation	Volume Vari
Pa	5000	25	0.1	1000	25	25	Monthly
Pb	7000	25	0.1	100	25	25	Monthly
Pc	8500	25	0.1	100	25	25	Monthly
Pd	10000	25	0.1	150	25	25	Monthly
Pe	12000	25	0.1	150	25	25	Monthly
Pf	14000	25	0.2	150	25	25	Monthly
Pg	15000	25	0.2	200	25	25	Monthly
Ph	16000	25	0.2	250	25	25	Monthly
*							

New      Add / Update

Delete      Cancel

OK

Close

ภาพที่ 4.4

ตัวอย่างหน้าจอส่วนกรอกข้อมูลที่แปรผันตามชนิดของสินค้า (Product Data Input)

เมื่อความสามารถในการผลิตมีเพียงพอ จะคำนวณค่าที่จำเป็นต่อการจัดการสินค้าคงคลังต่างๆ ดังนี้  
(ตัวอย่างแสดงดัง

ภาพที่ 4.5)

1. Schedule Days คือ จำนวนวันในการวางแผนการผลิต (ขั้นที่ 8 ในภาพที่ 4.2) สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Schedule Days} = \text{AnnualDemand} \times (\text{VolumeScale} / T_{\text{put}}) \quad (\text{วัน}) \quad (4.1)$$

โดยที่ AnnualDemand = อุปสงค์รายปี

VolumeScale = อัตราส่วนในการปรับขึ้นลงของอุปสงค์รายปี

T<sub>put</sub> = อัตราการผลิตในหนึ่งหน่วยเวลา

2. Average Inventory (Avg Inv) คือ ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ย (ขั้นที่ 9 ในภาพที่ 4.2) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3 ต้นทุนการถือครองวัสดุคงคลังต่อปี เท่ากับ  $\frac{Q(p-d)}{2} H$  เมื่อ H คือ ต้นทุนการถือครองวัสดุคงคลัง วัสดุคงคลังที่ถือครองต่อปีจึงเท่ากับ  $\frac{Q(p-d)}{2} p$  คงคลังเฉลี่ยจะคำนวณได้จากผลรวมระดับคงคลังสำรองกับวัสดุคงคลังที่ถือครองต่อปี ดังสมการ

$$\text{Avg Inv} = \text{Safety Stock} + \frac{1}{2} \times EPQ \left( 1 - \frac{\text{AnnualDemand}}{365 \times T_{\text{put}}} \right) \quad (\text{หน่วย}) \quad (4.2)$$

โดยที่ Safety Stock = สินค้าคงคลังปลอดภัย

EPQ = ปริมาณการสั่งผลิตที่ประหยัดที่สุด

ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยในรูปของจำนวนวัน คำนวณได้ดังนี้

$$\text{Avg Inv(Day)} = \text{Avg Inv} \times 365 / \text{AnnualDemand} \quad (\text{วัน}) \quad (4.3)$$

3. Average Cycle Stock (Avg Cycle Stock) คือ สินค้าเฉลี่ยที่เก็บไว้ในรอบเวลา (ขั้นที่ 10 ในภาพที่ 4.2) คำนวณได้จาก

$$\text{Avg Cycle Stock} = \text{Avg Inv} - \text{Safety Stock} \quad (\text{หน่วย}) \quad (4.4)$$

สินค้าเฉลี่ยที่เก็บไว้ในรอบเวลาในรูปของจำนวนวัน หาได้จาก

$$\text{Avg Cycle Stock (Days)} = \text{Avg Cycle Stock} \times 365 / \text{AnnualDemand} \quad (\text{วัน}) \quad (4.5)$$

4. Economic Production Quantity (EPQ) คือ ปริมาณการผลิตที่ประหยัดที่สุด (ขั้นที่ 11 ในภาพที่ 4.2) คำนวณได้จากสมการที่ 2.6 ดังนี้

$$EPQ = Q_0 = \sqrt{\frac{2DP}{H(1-\frac{d}{p})}}$$

โดยที่ D = ความต้องการรายปี มีค่าเท่ากับ AnnualDemand

P = ต้นทุนสั่งผลิตหรือต้นทุนปรับตั้งเครื่อง/ครั้ง มีค่าเท่ากับ COcost

H = ต้นทุนการถือครองวัสดุคงคลัง มีค่าเท่ากับ  $inv\_value \times r$

d = อัตราการใช้วัสดุ / หน่วยเวลา ในที่นี่มีค่าเท่ากับอุปสงค์รายปี AnnualDemand

p = อัตราการผลิต / หน่วยเวลา ในที่นี่มีค่าเท่ากับความสามารถในการผลิตตลอดปี  
=  $365 \times Tput$

$$EPQ = \sqrt{\frac{2 \times AnnualDemand \times CO\ cost}{inv\_value \times r \times \left(1 - \frac{AnnualDemand}{365 \times Tput}\right)}} \quad (\text{หน่วย}) \quad (4.6)$$

โดยที่ COcost = ต้นทุนการปรับตั้งเครื่องต่อครั้ง

inv\_value = มูลค่าสินค้าสำเร็จรูป

r = ต้นทุนดอกเบี้ยในการถือครองวัสดุคงคลัง

เงื่อนไขในการพิจารณาหาค่า EPQ จะกล่าวในหัวข้อ 4.1.2 ต่อไป

5. Change Over Cost คือ ต้นทุนในการปรับตั้งเครื่องต่อปี (ขั้นที่ 12 ในภาพที่ 4.2) หาได้โดย

$$\text{จำนวนครั้งในการปรับตั้งเครื่องต่อปี} = AnnualDemand / EPQ \quad (\text{ครั้ง/ปี}) \quad (4.7)$$

$$\text{ต้นทุนปรับตั้งเครื่องต่อปี} = AnnualDemand / EPQ \times \text{ต้นทุนปรับตั้งเครื่องต่อครั้ง} \quad (\text{บาท/ปี}) \quad (4.8)$$

6. Inventory Cost (Inv Cost) คือ ต้นทุนในการเก็บสินค้าคงคลังต่อปี (ขั้นที่ 12 ในภาพที่ 4.2) คำนวณได้จาก

$$Inv\ Cost = inv\_value \times r \times Avg\ Inv \quad (\text{บาท/ปี}) \quad (4.9)$$

โดยที่ r = ดอกเบี้ยค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง

7. Total Cost คือ ต้นทุนรวม (ขั้นที่ 12 ในภาพที่ 4.2) คำนวณได้จาก

$$\text{ต้นทุนรวม} = \text{ต้นทุนการเก็บสินค้าคงคลังต่อปี} + \text{ต้นทุนในการปรับตั้งเครื่องต่อปี} \quad (\text{บาท/ปี}) \quad (4.10)$$

8. Production Period คือ ช่วงเวลาในการผลิตสินค้าให้ครบตามปริมาณการผลิต (ขั้นที่ 12 ในภาพที่ 4.2) หาได้จาก

$$\text{Production Period} = \text{EPQ} / (\text{DayHR} \times \text{Tput}) \quad (\text{วัน}) \quad (4.11)$$

โดยที่ DayHR = ชั่วโมงการทำงานต่อวัน (ชั่วโมง)

9. Safety Stock สินค้าคงคลังปลอดภัย (ขั้นที่ 13 ในภาพที่ 4.2) สินค้าคงคลังปลอดภัยหาได้จาก

$$\text{Safety Stock} = Z\sigma\sqrt{LT} \quad (4.12)$$

โดยที่ LT = ช่วงเวลานำ

Z = ค่ามาตรฐานภายใต้ระดับบริการที่กำหนดไว้

$\sigma$  = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของช่วงเวลานำ

- สินค้าคงคลังปลอดภัยในรูปของจำนวนวัน คำนวณได้จาก

$$\text{Safety Stock (Days)} = \text{Safety Stock} \times 365 / \text{AnnualDemand} \quad (\text{วัน}) \quad (4.13)$$

10. Starting Inventory (Starting Inv) สินค้าคงคลังเริ่มต้นหรือสินค้าคงคลังต้นงวด (ขั้นที่ 14 ในภาพที่ 4.2) มีเงื่อนไขในการพิจารณาดังนี้

- ถ้าสินค้าคงคลังต้นงวดไม่ถูกกำหนด จะคำนวณหาสินค้าคงคลังต้นงวดได้จาก

$$\text{Starting Inv} = \text{Safety Stock} + \text{Rnd} \times \text{EPQ} \quad (\text{หน่วย}) \quad (4.14)$$

โดยที่ Rnd = ตัวเลขสุ่ม (มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1)

- แต่ถ้าสินค้าคงคลังต้นงวดถูกกำหนดไว้ สินค้าคงคลังต้นงวดจะมีค่าเท่ากับค่าที่กำหนดไว้

11. Volume Variation Scale คือ ค่าความแปรปรวนของปริมาณอุปสงค์ จะอยู่ในรูปทางเลือกในรูปของรายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือน (ขั้นที่ 15 ในภาพที่ 4.2) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ค่าความแปรปรวนรายวัน} = 100 \times \sqrt{\frac{30 \times SD}{100}} \quad (4.15)$$

ภายใต้สมมติฐานที่ว่า 1 เดือน มี 30 วัน

$$\text{ค่าความแปรปรวนรายสัปดาห์} = 100 \times \sqrt{\frac{4 \times SD}{100}} \quad (4.16)$$

ภายใต้สมมติฐานที่ว่า 1 เดือน มี 4 สัปดาห์

$$\text{ค่าความแปรปรวนรายเดือน} = SD \quad (4.17)$$

โดยที่  $SD$  = ค่าความแปรปรวนรายเดือน (%)

**Dynamic Demand Tool - [Calculate Data]**

Start Form Exit

Number Of Product

Product Name	CapError	Schedule Days	Scaled Annual Demand	Scaled Volume Variation	EOQ	Safety Stock	Safety Stock Days	Average
1	No	62	30000	25	1000	737.67	8.97	1.1
2	No	83	40000	25	1100	919.67	8.39	1.3
3	No	83	50000	25	1200	1,095.07	7.99	1.5
4	No	100	60000	25	1300	1,266.08	7.70	1.7
5	No	117	70000	25	1400	1,433.87	7.48	1.9

ภาพที่ 4.5

ตัวอย่างหน้าจอส่วนที่แสดงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ

เมื่อผ่านขั้นตอนในการคำนวณค่าต่างๆ ที่จำเป็นต่อการจัดการสินค้าคงคลังแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการจัดการสินค้าคงคลัง อุปสงค์รายวันที่ได้จากการกระจายจะถูกนำมาใช้เป็นอุปสงค์ของสินค้าที่ใช้ไปในแต่ละวันตามจำนวนวันที่ทำการจำลอง (Gauss(i, j) เมื่อ i คือชนิดของสินค้า และ j คือวันในการจำลอง) ตัวอย่างแสดงในภาพที่ 4.6) ตัวเลือกในการผลิตจะถูกนำมาพิจารณา (Production Options: ขั้นที่ 16 ในภาพที่ 4.2) ตัวเลือกในการผลิตนี้จะถูกนำมาคำนวณใช้ในการจัดการสินค้าคงคลังก็ต่อเมื่อมีเงื่อนไข คือ สินค้าคงคลังที่มี มีระดับต่ำกว่าสินค้าคงคลังปลอดภัย ตัวเลือกในการผลิตซึ่งจะมีอยู่ 2 ตัวเลือก ได้แก่

1. EPQ (Economic Production Quantity) ปริมาณการสั่งผลิตที่ประหยัดที่สุด
  2. min-Max คือการสั่งผลิตจนถึงระดับสินค้าคงคลังสูงสุด สามารถคำนวณได้จาก
- $$\text{min-Max} = \text{EPQ} + \text{Safety Stock} - \text{สินค้าคงคลังต้นงวด} \quad (4.18)$$

ตัวเลือกในการผลิตที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสินค้าคงคลังต่ำกว่าระดับคงคลังปลอดภัยนี้  
จะเป็นปริมาณความต้องการสินค้าที่ต้องผลิตเพิ่ม เป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการจัดตารางการผลิต  
ต่อไป (ตัวอย่างแสดงในภาพที่ 4.7) เมื่อคำนวณจนครบตามจำนวนวันที่กำหนดไว้โปรแกรมจะจบ  
การทำงาน

Calculate Data:											
Product	Demand	Actual_Vol.	mean	SD	alpha	beta					
1	30000	25	82.1918	4.533	.526	156.2581					
2	40000	25	109.589	5.2342	.526	208.3442					
3	50000	25	136.9863	5.8521	.526	260.4302					
4	60000	25	164.3836	6.4106	.526	312.5163					
5	70000	25	191.7808	6.9242	.526	364.6023					

Gauss Random:											
Product	30/3/2553	31/3/2553	1/4/2553	2/4/2553	3/4/2553	4/4/2553	5/4/2553	6/4/2553	7/4/2553	8/4/2553	9/4/2553
1	1.1558	-.455	.5224	1.8233	.1314	1.0245	.0214	-.0052	-.8235	-.8935	-.2121
2	-1.7569	.3259	-.9553	.0273	.6103	-1.2767	-1.7211	1.426	1.1397	-2.1865	-1.9317
3	.0292	.4902	1.1558	-.455	.5224	1.8233	.1314	1.0245	.0214	-.0052	-.8235
4	1.1307	-.3944	-1.7569	.3259	-.9553	.0273	.6103	-1.2767	-1.7211	1.426	1.1397
5	.8286	-.7042	.0292	.4902	1.1558	-.455	.5224	1.8233	.1314	1.0245	.0214

Demand Matrix:											
Product	19/5/2553	20/5/2553	21/5/2553	22/5/2553	23/5/2553	24/5/2553	25/5/2553	26/5/2553	27/5/2553	28/5/2553	29/5/2553
1	87.431	80.1293	84.5598	90.4568	82.7874	86.8359	82.2888	82.1682	78.4589	78.1416	81.2304
2	100.393	111.2948	104.5888	109.7319	112.7834	102.9065	100.5804	117.053	115.5544	98.1444	99.4781
3	137.1572	139.855	143.7502	134.3236	140.0434	147.6564	137.7553	142.9818	137.1115	136.9559	132.1671
4	171.6321	161.8553	153.1208	166.4728	158.2596	164.5586	168.296	156.1992	153.3503	173.5251	171.6898

ภาพที่ 4.6

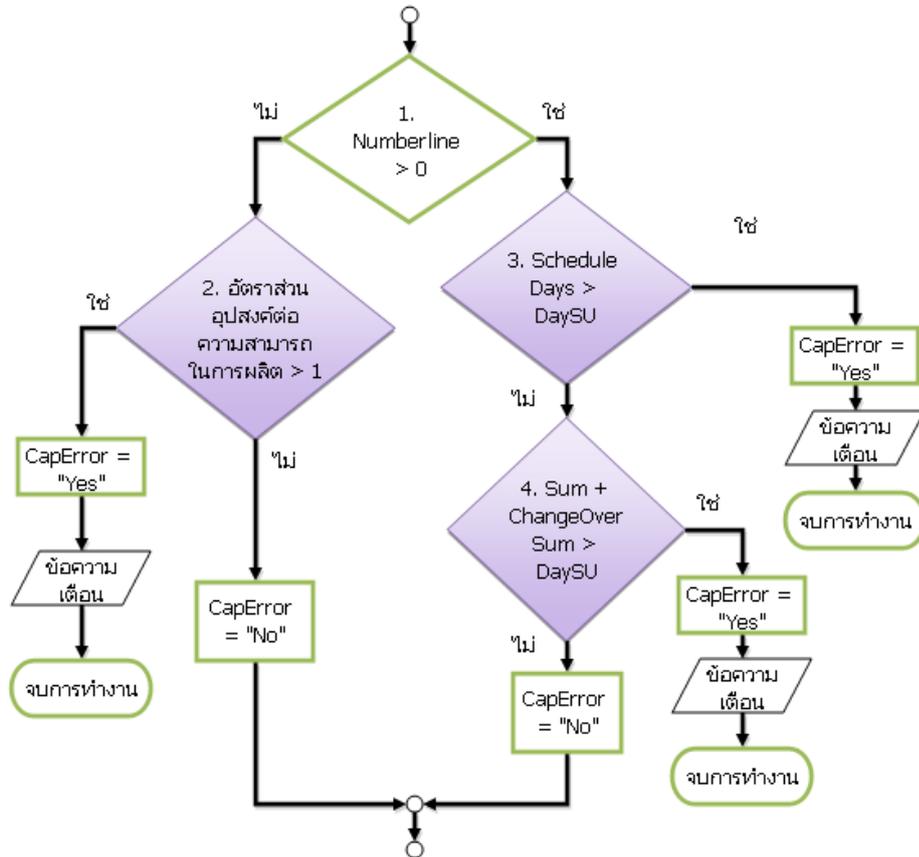
ตัวอย่างหน้าจอส่วนที่แสดงข้อมูลอุปสงค์รายวัน (Gauss (i,j))

Day	1/3/2010	1/4/2010	1/5/2010	1/6/2010	1/7/2010	1/8/2010	1/9/2010	1/10/2010	1/11/2010	1/12/2010	1/13/2010	1/14/2010	1/15/2010	1/16/2010
Demand 1	77.81	75.15	79.60	83.17	90.47	76.66	81.24	79.95	79.28	78.39	80.56	83.18	82.52	8
Production 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	480.00	480.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inventory 1	1,193.81	1,118.66	1,039.06	955.89	865.42	788.76	707.52	1,107.57	1,508.29	1,469.90	1,389.34	1,306.16	1,223.64	1,14
Demand 2	109.82	108.04	105.52	103.92	129.08	100.77	112.49	104.47	106.30	103.48	101.99	112.18	115.39	11
Production 2	0.00	0.00	0.00	0.00	480.00	480.00	140.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inventory 2	1,178.71	1,070.67	965.15	861.23	1,212.15	1,591.38	1,618.89	1,514.42	1,408.12	1,304.64	1,202.65	1,090.47	975.08	85
Demand 3	133.20	130.66	142.24	137.79	124.57	141.14	135.19	139.38	138.09	143.19	138.47	128.05	140.00	12
Production 3	0.00	0.00	0.00	0.00	600.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	600.00	60
Inventory 3	1,381.80	1,251.14	1,108.90	971.11	1,446.54	1,905.40	1,770.21	1,630.83	1,492.74	1,349.55	1,211.08	1,083.03	1,543.03	2,01
Demand 4	164.06	174.84	169.73	167.86	154.49	164.93	177.66	158.74	163.57	157.90	165.07	163.95	163.97	15
Production 4	0.00	600.00	600.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	600.00	600.00	100.00	0.00	0.00
Inventory 4	1,144.93	1,570.09	2,000.36	1,932.50	1,778.01	1,613.08	1,435.42	1,276.68	1,113.11	1,555.21	1,990.14	1,926.19	1,762.22	1,60
Demand 5	181.32	199.44	181.58	197.59	180.74	185.75	200.62	187.98	196.15	180.16	195.28	196.11	203.44	19
Production 5	0.00	600.00	600.00	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	600.00	600.00	200.00	0.00	0.00	0.00
Inventory 5	1,292.31	1,692.87	2,111.29	2,113.70	1,932.96	1,747.21	1,546.59	1,358.61	1,762.46	2,182.30	2,187.02	1,990.91	1,787.47	1,59

ภาพที่ 4.7

ตัวอย่างหน้าจอส่วนที่แสดงข้อมูลการจัดการสินค้าคงคลัง และ ปริมาณความต้องการสินค้าที่ต้องสั่งผลิตเพิ่ม

4.1.1 ขั้นตอนการพิจารณาความสามารถในการผลิต (Capacity Check)



ภาพที่ 4.8

ผังงานแสดงเงื่อนไขในการพิจารณาความสามารถในการผลิต

จากภาพที่ 4.8 แสดงขั้นตอนในการพิจารณาความสามารถในการผลิต (Capacity Check) เริ่มต้นจากจำนวนตัวแปร line การผลิต (numberline) เป็นการกำหนด line การผลิตให้กับสินค้าแต่ละชนิด พิจารณาว่าค่าของ numberline > 0 หรือไม่ ถ้าไม่ก็จะไปพิจารณาที่อัตราส่วนอุปสงค์ต่อความสามารถในการผลิตต่อว่ามีค่ามากกว่า 1 หรือไม่ ถ้ามีค่ามากกว่าแสดงว่าเกินกว่ากำลังการผลิตที่สามารถทำได้ ค่า CapError = 1 แสดงข้อความเตือนและจบการทำงาน แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1 ค่า CapError = 0 แสดงว่าความสามารถในการผลิตมีเพียงพอและดำเนินการในขั้นตอนต่อไป แต่ถ้าค่าของ numberline > 0 แล้ว จะพิจารณาต่อว่าค่าของ Schedule Days มากกว่า DaySU หรือไม่

โดยที่ Schedule Days คือ จำนวนวันในการวางแผน คำนวณได้จากสมการที่ 26

$$\text{DaySU} = \text{Int}\left(\frac{1}{C\_D}\right) \times 365 \quad (\text{วัน}) \quad (4.19)$$

C\_D = เป็นตัวเลขที่ใช้จำกัดจำนวนวันในการวางตารางการผลิตในระยะเวลาตลอดปี

ถ้า Schedule Days มากกว่า DaySU ค่า CapError = 1 แสดงข้อความเตือนและจบการทำงาน แต่ถ้าไม่ จะพิจารณาว่า Sum + ChangeOverSum มีค่ามากกว่า DaySU หรือไม่ โดยที่ Sum = หาได้จากสมการที่ 26

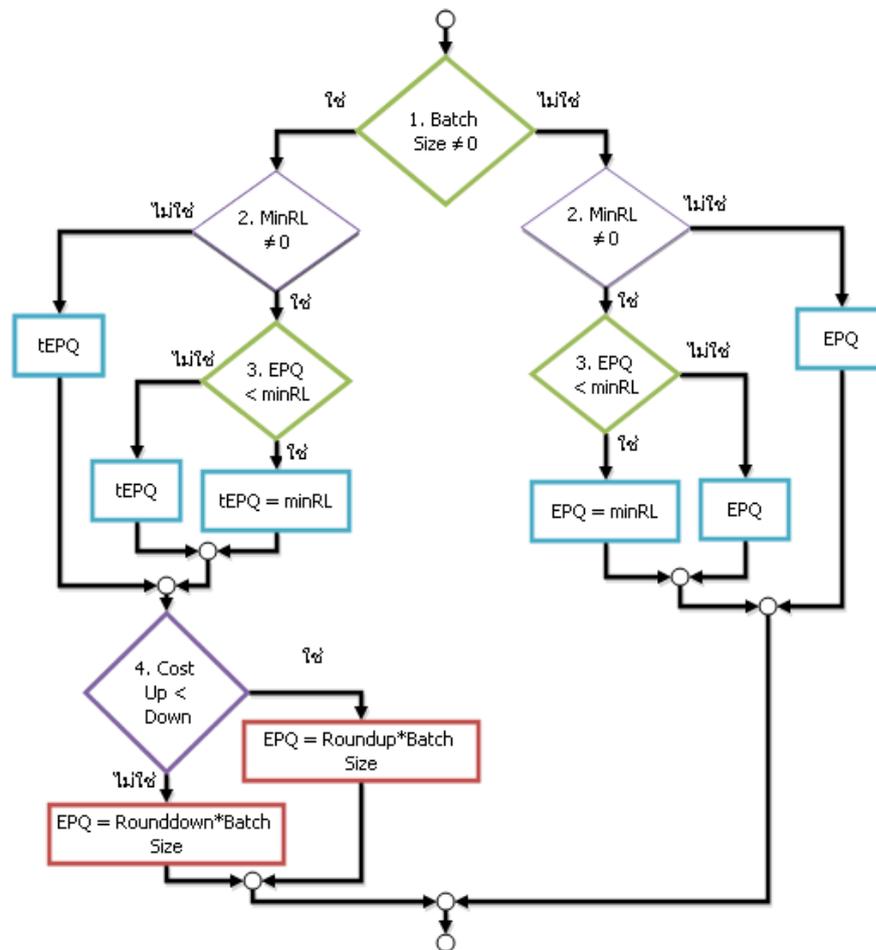
$$\text{ChangeOverSum} = \text{EPQ} \times \text{COtimes} / \text{ชั่วโมงทำงานในหนึ่งวัน} \quad (4.20)$$

COtimes = เวลาในการปรับตั้งเครื่องต่อครั้ง

ถ้า Sum + ChangeOverSum มีค่ามากกว่า DaySU แล้ว ค่า CapError = 1 แสดงข้อความเตือนและจบการทำงาน แต่ถ้าไม่ ค่า CapError = 0 แสดงว่าความสามารถในการผลิตมีเพียงพอและดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

#### 4.1.2 ขั้นตอนการหาค่าปริมาณการผลิตที่ประหยัดที่สุด (Economic Production Quantity: EPQ)

การพิจารณาการหาค่าการผลิตที่ประหยัดที่สุด ก็ต่อเมื่อ ปริมาณสินค้าคงคลังต่ำกว่าระดับสินค้าคงคลังปลอดภัย โดยที่ปริมาณในการผลิตที่ประหยัดที่สุดจะถูกเริ่มต้นพิจารณาจากการกำหนดค่า Batch size หรือไม่ (ดังแสดงในภาพที่ 4.9) ถ้าไม่ จะพิจารณาต่อว่า ค่า MinRL ถูกกำหนดไว้หรือไม่ (MinRL คือปริมาณขั้นต่ำในการผลิตที่กำหนดไว้) ถ้าไม่ ปริมาณการผลิตจะมีค่าเท่ากับปริมาณการผลิตที่ประหยัดที่สุด EPQ คำนวณได้จากสมการที่ 4.6 แต่ถ้าค่า MinRL ถูกกำหนดไว้ จะพิจารณาว่า ค่า EPQ มีค่าน้อยกว่า MinRL ที่กำหนดไว้หรือไม่



ภาพที่ 4.9

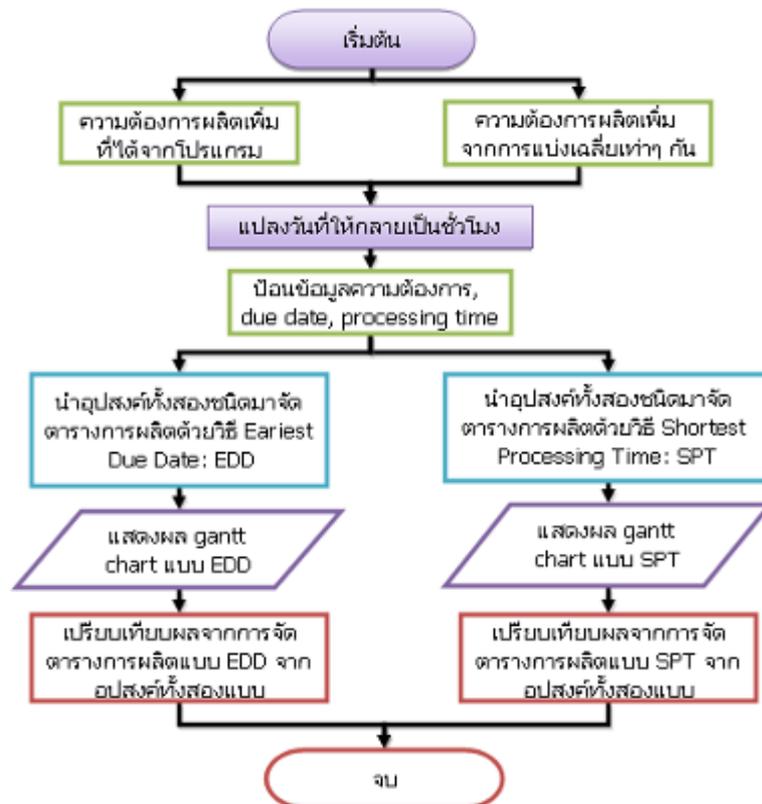
ผังงานแสดงเงื่อนไขในการพิจารณาหาปริมาณการผลิตที่ประหยัดที่สุด

ถ้ามีค่าน้อยกว่าปริมาณการผลิตก็จะเท่ากับค่า MinRL แต่ถ้าไม่ปริมาณการผลิตก็จะมีค่าเท่ากับปริมาณการผลิตที่ประหยัดที่สุด ขณะเดียวกันในทางตรงกันข้ามถ้าค่า Batch size ถูกกำหนดไว้ จะพิจารณาค่า MinRL ต่อไปว่าถูกกำหนดไว้หรือไม่ ถ้าไม่ปริมาณการผลิตก็จะมีค่าเท่ากับปริมาณการผลิตที่ประหยัดที่สุด แต่ถ้าค่า MinRL ถูกกำหนดไว้จะพิจารณาว่า ค่า EPQ มีค่าน้อยกว่า MinRL ที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้ามีค่าน้อยกว่าปริมาณการผลิตก็จะเท่ากับค่า MinRL แต่ถ้าไม่ปริมาณการผลิตก็จะมีค่าเท่ากับปริมาณการผลิตที่ประหยัดที่สุด สุดท้ายจะพิจารณาถึงต้นทุนในการผลิตที่เกิดจากการปรับเศษขึ้นและลงของค่า EPQ / Batch size ถ้าต้นทุนที่ได้จากการปรับเศษขึ้นมีค่าน้อยกว่าต้นทุนที่เกิดจากการปรับเศษลงแล้ว ค่าปริมาณการผลิตที่ประหยัดที่สุดจะมีค่าเท่ากับ Batch size คุณด้วยค่าที่ปรับขึ้นของอัตราส่วนของ

ค่า EPQ / Batch size แต่ถ้าถ้าต้นทุนที่ได้จากการปิดเศษชิ้นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับต้นทุนที่เกิดจากการปิดเศษลงแล้ว ค่าปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดจะมีค่าเท่ากับ Batch size คุณด้วยค่าที่ลดลงของอัตราส่วนของค่า EPQ / Batch size

#### 4.2 ขั้นตอนในการจัดตารางการผลิต

ขั้นตอนในการจัดตารางการผลิต(ดังแสดงในภาพที่ 4.10) จะเริ่มจากนำค่าความต้องการในการผลิตสินค้าเพิ่มจากโปรแกรมที่สร้างขึ้น (ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4.1) และจากการแบ่งเฉลี่ยอุปสงค์ในปริมาณที่เท่ากัน มาเป็นข้อมูลเริ่มต้นในการจัดตารางการผลิต จากนั้นทำการแปลงค่าวันที่ให้อยู่ในรูปของชั่วโมง



ภาพที่ 4.10

ผังงานแสดงขั้นตอนในการจัดตารางการผลิต

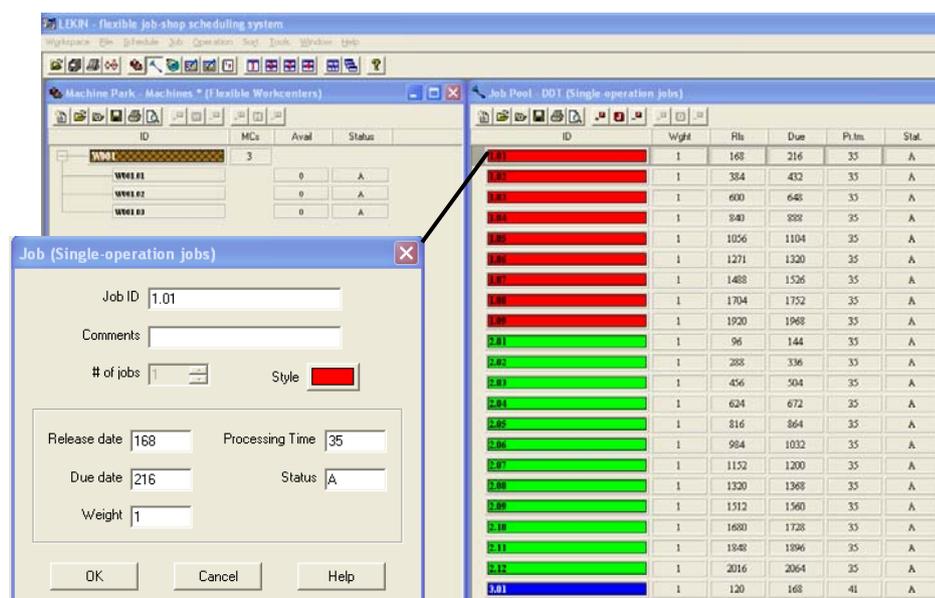
## ตารางที่ 4.1

ตัวอย่างความต้องการในการสั่งผลิตสินค้าเพิ่ม

Product	Day	ร/ร/xxxx	.....						
1	demand			d	d	d	d	d	d.....
	production			p	p	p			
	inventory	i	i	i	i	i	i	i	i.....
2	demand			d	d	d	d	d	d.....
	production					p	p	p	
	inventory	i	i	i	i	i	i	i	i.....
3	demand			d	d	d	d	d	d.....
	production								
	inventory	i	i	i	i	i	i	i	i.....

ขั้นตอนต่อไปคือนำข้อมูลที่จะเป็นในการจัดตารางการผลิตมาป้อนลงในโปรแกรม

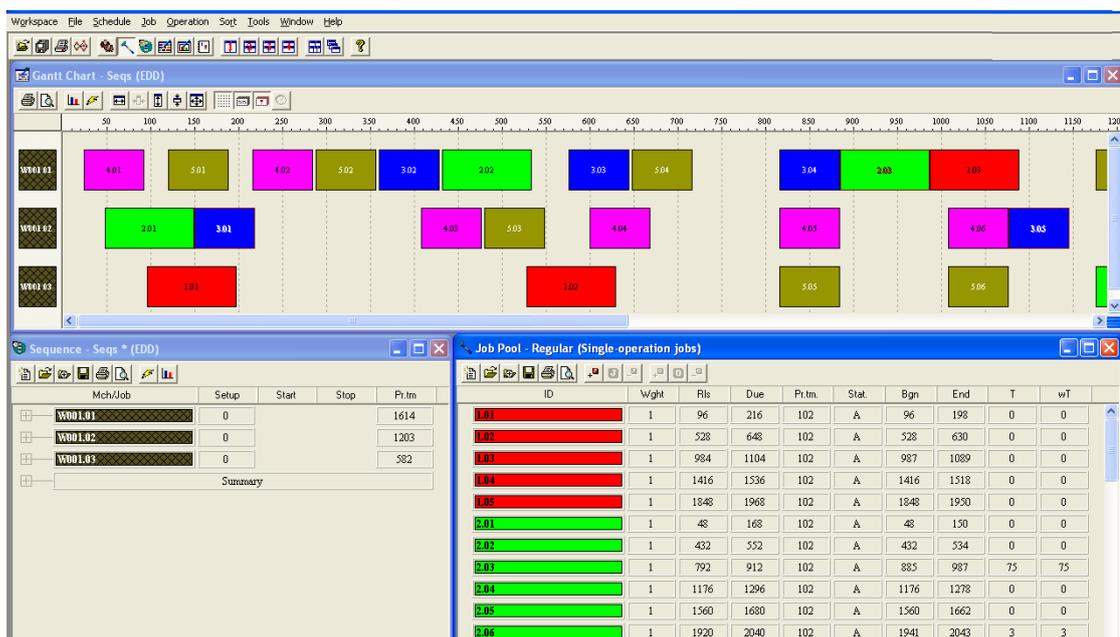
Lekin Scheduler ได้แก่ ปริมาณความต้องการในการผลิตสินค้าเพิ่ม วันเริ่มต้นในการผลิต กำหนดส่งงานก็คือวันที่มีปริมาณความต้องการในการผลิตเพิ่มเกิดขึ้น ระยะเวลาในการผลิตของสินค้าแต่ละชนิด จำนวนเครื่องจักร (n - machines) จำนวนสถานีการผลิต และสภาพการทำงานแบบผลิตแบบตามสั่งโดยมีการวางเครื่องจักรแบบขนาน ดังแสดงในภาพที่ 4.11 เป็นตัวอย่างสมมติ มีจำนวนเครื่องจักร 3 เครื่อง และมีจำนวนงาน 3 งาน แบ่งตามสี งานที่ 1 สีแดง งานที่ 2 สีเขียว และงานที่ 3 สีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.11

ตัวอย่างส่วนในการป้อนข้อมูลของโปรแกรม

เมื่อป้อนข้อมูลที่จำเป็นจากอุปสงค์ที่ได้จากการกระจาย และจากการแบ่งอุปสงค์เฉลี่ยในปริมาณที่เท่ากัน มาจัดตารางการผลิตลงในโปรแกรม Legin Scheduler จนครบแล้ว กรณีศึกษาจะมีลักษณะการผลิตแบบตามสั่งโดยมีการวางเครื่องจักรแบบขนาน (Job Shop With Parallel Machines) ทำการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี Earliest Due Date: EDD และ Shortest Processing Time: SPT ซึ่งเป็นฟังก์ชันภายในโปรแกรม เมื่อกดฟังก์ชันวิธีการจัดตารางการผลิต จะแสดงผังแสดงกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมต่างๆ (Gantt chart) (ดังแสดงในภาพที่ 4.12)



ภาพที่ 4.12

ตัวอย่างผังแสดงกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมต่างๆ (Gantt chart)

หลังจากได้ผังแสดงกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมต่างๆ (Gantt chart) ของวิธีทั้งสอง จากอุปสงค์ทั้งสองแล้ว จะพิจารณาถึงผลรวมเวลาล่าช้าของงานที่เกิดขึ้น ( $\sum$ Tardiness) ที่เกิดขึ้นในแต่ละวิธี จากอุปสงค์ทั้งสอง โดยสุดท้ายจะนำผลรวมเวลาล่าช้าของงานที่เกิดขึ้นจากการนำอุปสงค์ทั้งสองมาจัดตารางการผลิต มาเปรียบเทียบกันในแต่ละวิธีการจัดตารางการผลิต

### 4.3 การวิเคราะห์ความถูกต้องของโปรแกรม

การวิเคราะห์ความถูกต้องของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ วิเคราะห์ความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม และวิเคราะห์ความถูกต้องการสร้างอุปสงค์ ในส่วนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงของอุปสงค์รายวันจากโปรแกรมที่สร้างขึ้น

#### 4.3.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม ทำได้โดยการสร้างกรณีศึกษาขึ้นมาใช้ทดสอบการทำงานของโปรแกรมและนำผลลัพธ์จากโปรแกรมมาทำการจัดตารางการผลิตเพื่อเปรียบเทียบผลจากการนำอุปสงค์ที่ได้จากการกระจายอุปสงค์ที่ได้จากโปรแกรม และอุปสงค์ที่ได้จากการแบ่งเฉลี่ยเท่าๆ กัน มาจัดตารางการผลิต ข้อมูลกรณีศึกษาจะมีลักษณะการผลิตแบบตามสั่งโดยมีการวางเครื่องจักรแบบขนาน (Job Shop with Parallel Machines) กรณีศึกษาที่สร้างขึ้นมีข้อมูลที่จำเป็นคือ ข้อมูลที่แปรผันตามชนิดของสินค้า (ดังแสดงในตารางที่ 4.2) และข้อมูลที่ไม่แปรผันตามชนิดของสินค้า (ดังแสดงในตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.2

ข้อมูลกรณีศึกษาชนิดข้อมูลที่แปรผันตามชนิดของสินค้า

Product	Annual Demand (SU/yr)	Finished Product Inventory Value (B/SU)	Change Over Time (hr)	Change Over Cost (B/event)	Tput Rate (SU /hr)	Volume Variation (%)	Volume Variation Scale (%/Unit)	Starting Inv (SU)	Batch Size (SU)	Min Run Length (SU)	Max Reaction Time (Days)
1	50,000	25	2	50	20	25	Monthly	1,200	500		
2	50,000	25	2	50	20	25	Monthly		500	700	
3	50,000	25	2	50	25	25	Monthly		500		5

จากตารางที่ 4.2 ข้อมูลกรณีศึกษาที่นำมาใช้ในการทดสอบ สินค้าแต่ละชนิดจะมีปริมาณความต้องการต่อปี Batch size และข้อมูลอื่นๆ เท่ากัน มีความแตกต่างที่สินค้าชนิดที่ 1 มีการกำหนดค่าสินค้าคงคลังเริ่มต้น (Starting Inv) สินค้าชนิดที่ 2 มีการกำหนดค่า Min Run Length และสินค้าชนิดที่ 3 มีการกำหนดค่า Max Reaction Time

ตารางที่ 4.3

ข้อมูลกรณีศึกษาชนิดข้อมูลที่ไม่แปรผันตามชนิดของสินค้า

Volume Scale	1	Case Fill RateType	%Vol
Variation Scale	1	Demand Covariance	0
Minimum C:D	1.2	Start Date	1/1/2010
Inventory Cost Rate (%/yr)	25	Number of Days	90
Case Fill Rate(%)	98.5	# hours in a day	24

นำข้อมูลกรณีศึกษาในส่วนของคุณสมบัติที่ไม่แปรผันตามชนิดของสินค้าจากตารางที่ 4.3 มากรอกข้อมูลลงในโปรแกรมในหน้า Input Data (แสดงดังภาพที่ 4.3) ให้ครบถ้วนและถูกต้อง นำข้อมูลส่วนที่แปรผันตามชนิดของสินค้าจากตารางที่ 4.2 มากรอกข้อมูลลงในโปรแกรมในหน้า Product Data Input (แสดงดังภาพที่ 4.4) ให้ครบถ้วนและถูกต้อง เมื่อกรอกข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องแล้ว คำนวณค่าที่จำเป็นต่อการจัดการสินค้าคงคลัง แสดงค่าในหน้าจอ Calculate Data (แสดงดังภาพที่ 4.13)

Product Name	CapError	Schedule_Days	Scaled_Annual_Demand	Scaled_Volume_Variation	EOQ	Safety_Stock	Safety_Stock_Days	Average_Inventory	Average_Inventory_Days	Average_Cycle_Stock
1	No	105	50000	25	1000	1024.19	7.48	1381.50	10.08	357.31
2	No	105	50000	25	1000	1024.19	7.48	1381.50	10.08	357.31
3	No	105	50000	25	1000	804.11	5.87	1161.41	8.48	357.31

Product Name	Average_Cycle_Stock_Days	ChangeOver_Per_Year	ChangeOver_Cost	Inventory_Cost	Total_Cost	Production_Period	Actual_Starting_Inventory	Actual_Volume_Variation	DBNR
1	2.61	50.00	2500.00	8634.38	11134.38	2.08	1200.00	25	5.22
2	2.61	50.00	2500.00	8634.38	11134.38	2.08	1310.92	25	5.22
3	2.61	50.00	2500.00	7258.84	9758.84	2.08	1120.85	25	5.22

ภาพที่ 4.13

หน้าจอแสดงค่าจากการคำนวณ (Calculate Data)

เมื่อค่าที่มีความจำเป็นในการจัดตารางการผลิตถูกคำนวณแล้ว (ดังแสดงในภาพที่ 4.13) ตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่ถูกคำนวณจากโปรแกรม พิจารณาว่า EPQ (ในภาพที่ 4.13 คือค่า EOQ) ของสินค้าแต่ละชนิดตามผังงานภาพที่ 4.9

1.) สินค้าชนิดที่ 1 ข้อมูลเริ่มต้นในตารางที่ 4.2 มีค่าสินค้าคงคลังต้นงวด (Starting Inventory) เท่ากับ 1200 ชิ้น และมีค่า Batch size เท่ากับ 500 พิจารณาตามผังงานภาพที่ 4.9 เริ่มต้นมีค่า Batch size ไม่เท่ากับ 0 พิจารณาต่อที่ค่า MinRL มีค่าเท่ากับ 0 คำนวณหาค่า tEPQ โดยเริ่มต้นจากการหาค่า EPQ จากสมการที่ 4.26

$$EPQ = \sqrt{\frac{2 \times \text{AnnualDemand} \times \text{CO cost}}{\text{inv\_value} \times r \times \left(1 - \frac{\text{AnnualDemand}}{365 \times T_{\text{put}}}\right)}} \quad (4.21)$$

แทนค่าตัวแปรจากข้อมูลในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

$$\text{AnnualDemand} = 50000 \text{ ชิ้น} \quad \text{inv\_value} = 25 \text{ บาท/ชิ้น}$$

$$\text{COcost} = 50 \text{ บาท/ครั้ง} \quad T_{\text{put}} = 20 \text{ ชิ้น/ชั่วโมง}$$

$$r = 25\%/ปี$$

$$\text{ดังนั้น} \quad EPQ = \sqrt{\frac{2 \times 50000 \times 50}{25 \times \frac{25}{100} \times \left(1 - \frac{50000}{365 \times 20 \times 24}\right)}} = 1058.06 \text{ ชิ้น}$$

หาค่า tEPQ จากสมการที่ 4.20 และ สมการที่ 4.21

$$\begin{aligned} \text{round\_up} &= \text{CInt}(EPQ / \text{Batch size}) \text{ ปัดเศษขึ้น} \\ &= 1058.06 / 500 = 2.17 = 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{round\_down} &= \text{Int}(EPQ / \text{Batch size}) \text{ ปัดเศษลง} \\ &= 1058.06 / 500 = 2.17 = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tEPQ} &= \text{round\_up} \times \text{Batch size} \\ &= 3 \times 500 = 1500 \text{ ชิ้น} \\ &= \text{round\_down} \times \text{Batch size} \\ &= 2 \times 500 = 1000 \text{ ชิ้น} \end{aligned}$$

เมื่อได้ค่า tEPQ แล้วจะพิจารณาค่า Cost Up ว่ามีค่าน้อยกว่า Cost Down หรือไม่ ตามผังงานภาพที่ 4.9 โดยค่า Cost Up และ Cost Down คือต้นทุนรวมต่อปี หาได้ดังนี้

$$\text{Cost Up} = \frac{\text{Demand} \times \text{CO cost}}{\text{tEPQ}} + \text{inv\_value} \times r \times \left( \frac{1}{2} \times \text{tEPQ} \times \left(1 - \frac{\text{Demand}}{T_{\text{put}} \times 365}\right) \right) \quad (4.22)$$

แทนค่าตัวแปร

$$\text{Demand} = \text{Annual Demand} = 50000 \text{ ชิ้น} \quad \text{inv\_value} = 25 \text{ บาท/ชิ้น}$$

$$\text{COcost} = 50 \text{ บาท/ครั้ง} \quad \text{Tput} = 20 \text{ ชิ้น/ชั่วโมง}$$

$$r = 25\%/ปี \quad \text{tEPQ(Up)} = 1500 \text{ ชิ้น}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{Cost Up} &= \frac{50000 \times 50}{1500} + 25 \times \frac{25}{100} \times \left( \frac{1}{2} \times 1500 \times \left( 1 - \frac{50000}{20 \times 24 \times 365} \right) \right) \\ &= 5016.41 \text{ บาท} \end{aligned}$$

หาค่า Cost Down ดังนี้

$$\text{Cost Down} = \frac{\text{Demand} \times \text{CO cost}}{\text{tEPQ}} + \text{inv\_value} \times r \times \left( \frac{1}{2} \times \text{tEPQ} \times \left( 1 - \frac{\text{Demand}}{\text{Tput} \times 365} \right) \right) \quad (4.23)$$

แทนค่าตัวแปร

$$\text{tEPQ(Down)} = 1000 \text{ ชิ้น}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{Cost Down} &= \frac{50000 \times 50}{1000} + 25 \times \frac{25}{100} \times \left( \frac{1}{2} \times 1000 \times \left( 1 - \frac{50000}{20 \times 24 \times 365} \right) \right) \\ &= 4733.16 \text{ บาท} \end{aligned}$$

เปรียบเทียบค่า Cost Up และ Cost Down โดยพิจารณาจากผังงานภาพที่ 4.9 พบว่า ค่า Cost Up มีค่าเท่ากับ 5016.41 บาท มากกว่า Cost Down ที่มีค่าเท่ากับ 4733.16 บาท ดังนั้น ค่า EPQ มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{EPQ} &= \text{round\_down} \times \text{Batch size} \\ &= 2 \times 500 = 1000 \text{ ชิ้น} \end{aligned}$$

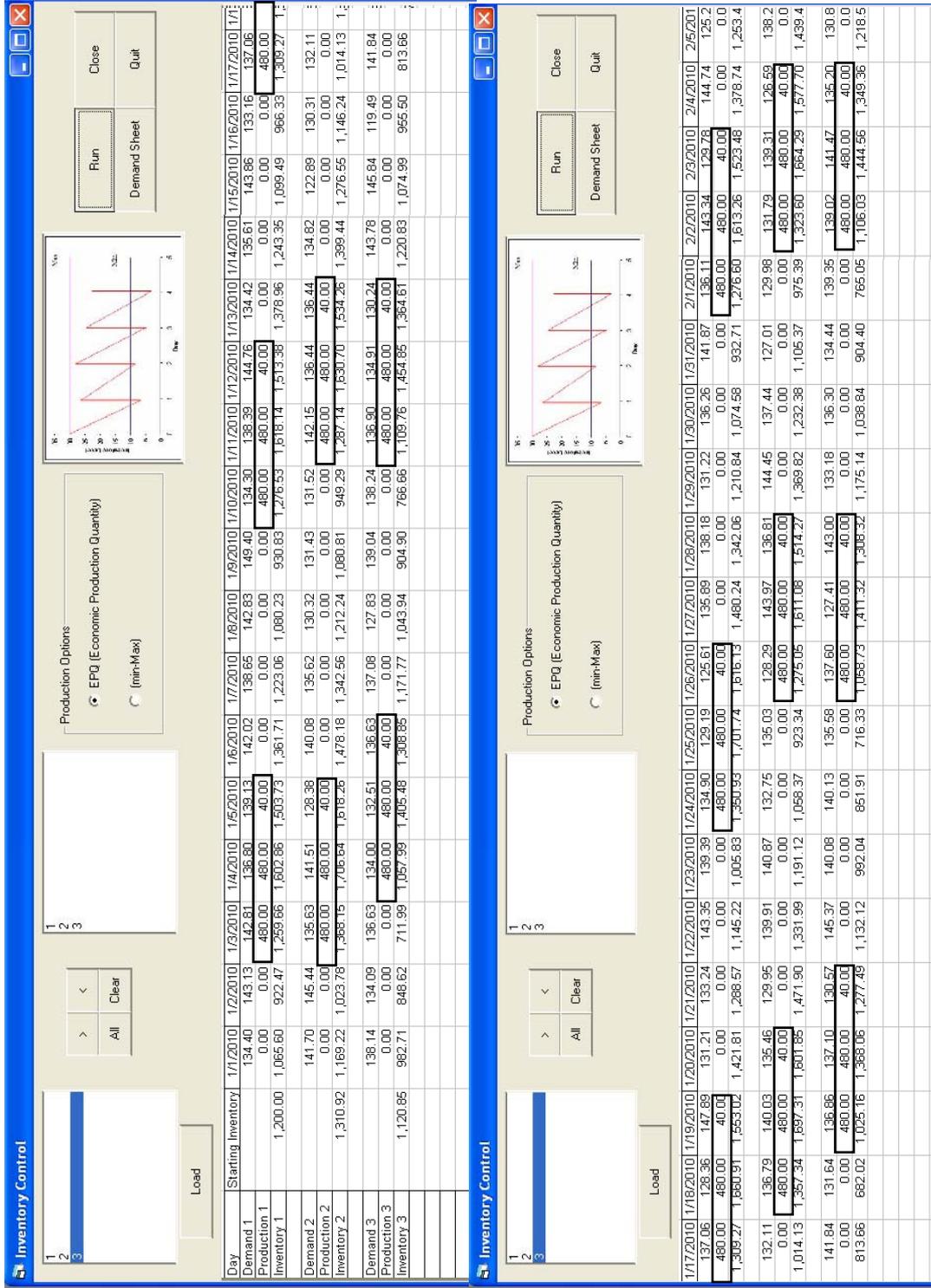
ค่า EPQ ที่ได้จากการคำนวณจากสมการ และจากโปรแกรมที่สร้างขึ้น (แสดงผังวงเล็บสีดำในภาพที่ 4.13) มีค่าเท่ากัน

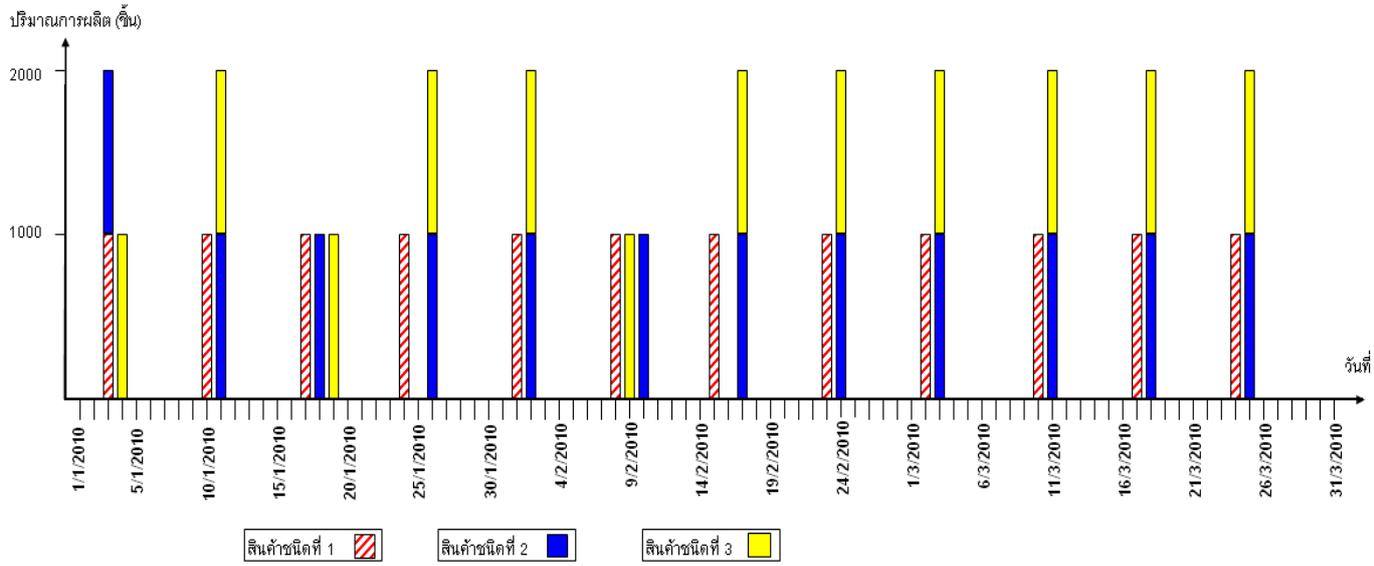
2.) สินค้าชนิดที่ 2 ข้อมูลเริ่มต้นในตารางที่ 4.2 มีค่า MinRL เท่ากับ 700 ชิ้น และมีค่า Batch size เท่ากับ 500 พิจารณาตามผังงานภาพที่ 4.9 เริ่มต้นมีค่า Batch size ไม่เท่ากับ 0 พิจารณาต่อที่ค่า MinRL มีค่าไม่เท่ากับ 0 พิจารณาว่าค่า EPQ มีค่าน้อยกว่า MinRL หรือไม่ จากสมการที่ 4.26 ค่า EPQ มีค่าเท่ากับ 1058.06 ชิ้น มีค่ามากกว่า MinRL ดังนั้นจึงคำนวณหาค่า tEPQ เช่นเดียวกับสินค้าชนิดที่ 1 ค่า EPQ จึงมีค่าเท่ากับ 1000 ชิ้นเท่ากับสินค้าชนิดที่ 1

3.) สินค้าชนิดที่ 3 ข้อมูลเริ่มต้นในตารางที่ 4.2 มีค่า Batch size เท่ากับ 500 และมีค่า MaxRT เท่ากับ 5 วัน ซึ่งค่า MaxRT มีความเกี่ยวข้องกับการหาค่า Safety Stock เมื่อพิจารณาตามผังงานภาพที่ 4.9 เริ่มต้นมีค่า Batch size ไม่เท่ากับ 0 พิจารณาต่อที่ค่า MinRL มีค่าเท่ากับ 0 คำนวณหาค่า tEPQ เช่นเดียวกับสินค้าชนิดที่ 1 ค่า EPQ จึงมีค่าเท่ากับ 1000 ขึ้นเท่ากับสินค้าชนิดที่ 1

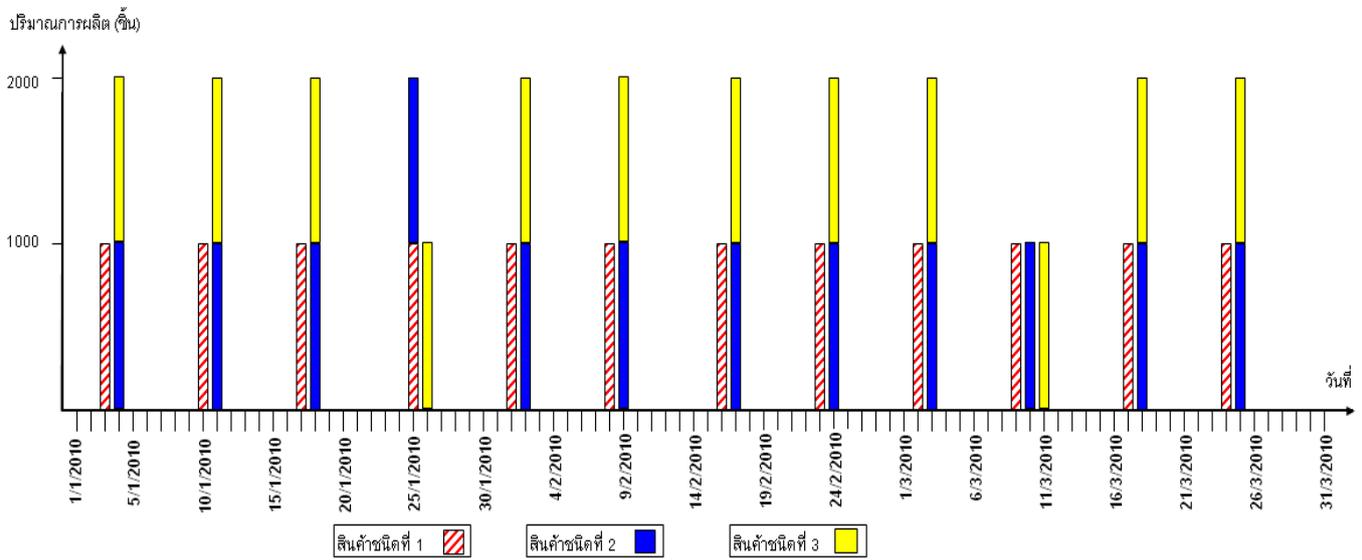
จากการดำเนินงานตามผังการทำงานดังภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 เมื่อป้อนข้อมูลในโปรแกรม แล้วผ่านขั้นตอนการคำนวณหาค่าที่จำเป็นในการจัดการสินค้าคงคลังแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือส่วนในการจัดการสินค้าคงคลัง ในส่วนนี้จะแสดงอุปสงค์ที่เกิดขึ้นจากการกระจายอุปสงค์รายปี ออกเป็นอุปสงค์รายวัน ปริมาณสินค้าคงคลังที่เก็บสะสมปลายงวดในแต่ละวัน และปริมาณความต้องการในการผลิตสินค้าเพิ่ม ซึ่งจะมีทางเลือกในการผลิตเพิ่มสองทางเลือก คือ Economic Production Quantity (EPQ) เป็นการผลิตตามปริมาณการสั่งผลิตที่ประหยัดที่สุด และ min-Max จะเป็นการผลิตสินค้าให้มีระดับเท่ากับระดับคงคลังสูงสุดที่ตั้งไว้ ส่วนในการจัดการสินค้าคงคลังของโปรแกรม (Inventory Control) แสดงได้ดังภาพที่ 4.15

เมื่อเลือกชนิดของสินค้าและตัวเลือกในการผลิต ทำการ Run โปรแกรม ข้อมูลในการจัดการสินค้าคงคลังจะแสดงตามจำนวนชนิดสินค้า จำนวนวันในการจำลอง และวันเริ่มต้นในการจำลองตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4.3 จากภาพที่ 4.14 จะเริ่มต้นจากสินค้าคงคลังต้นงวด (Starting Inventory) ของสินค้าแต่ละชนิด เมื่อมีอุปสงค์รายวันเกิดขึ้นในแต่ละวันจะหักลบกับสินค้าคงคลังที่เก็บสะสมไว้ เมื่อปริมาณสินค้าคงคลังที่เก็บสะสมไว้มีปริมาณต่ำกว่าระดับสินค้าคงคลังปลอดภัยที่คำนวณไว้ จะทำการผลิตสินค้าเพิ่มตามเงื่อนไขในการพิจารณาปริมาณการสั่งผลิตที่ประหยัดที่สุด ข้อมูลจำนวนในการผลิตเพิ่มแสดงดังวงสี่เหลี่ยมในหน้าจอ Inventory Control ในโปรแกรม (แสดงในภาพที่ 4.14) โดยข้อมูลจำนวนความต้องการในการผลิตเพิ่มทั้งหมดของสินค้าแต่ละชนิดในการจำลองกรณีศึกษาที่แสดงในภาพที่ 4.14



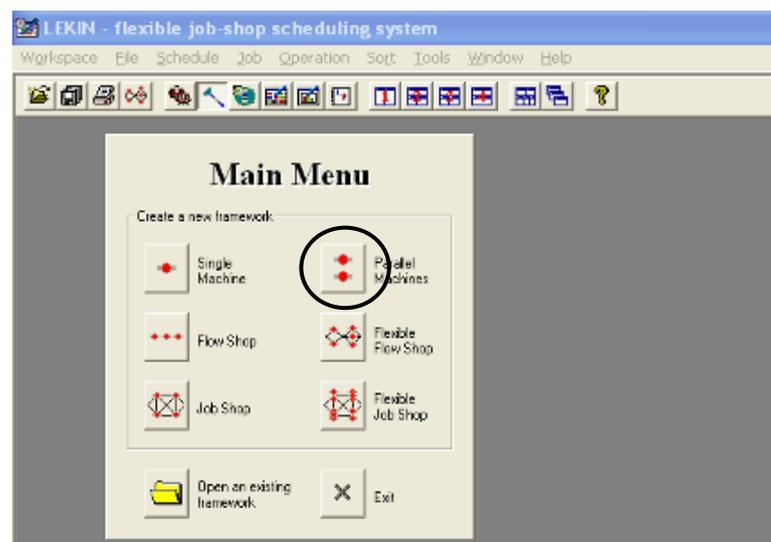


ภาพที่ 4.15  
 ปริมาณการผลิตเพิ่มจากอุปสงค์ที่ได้จากการกระจายอุปสงค์  
 ในการนำกรณีศึกษามาจำลอง



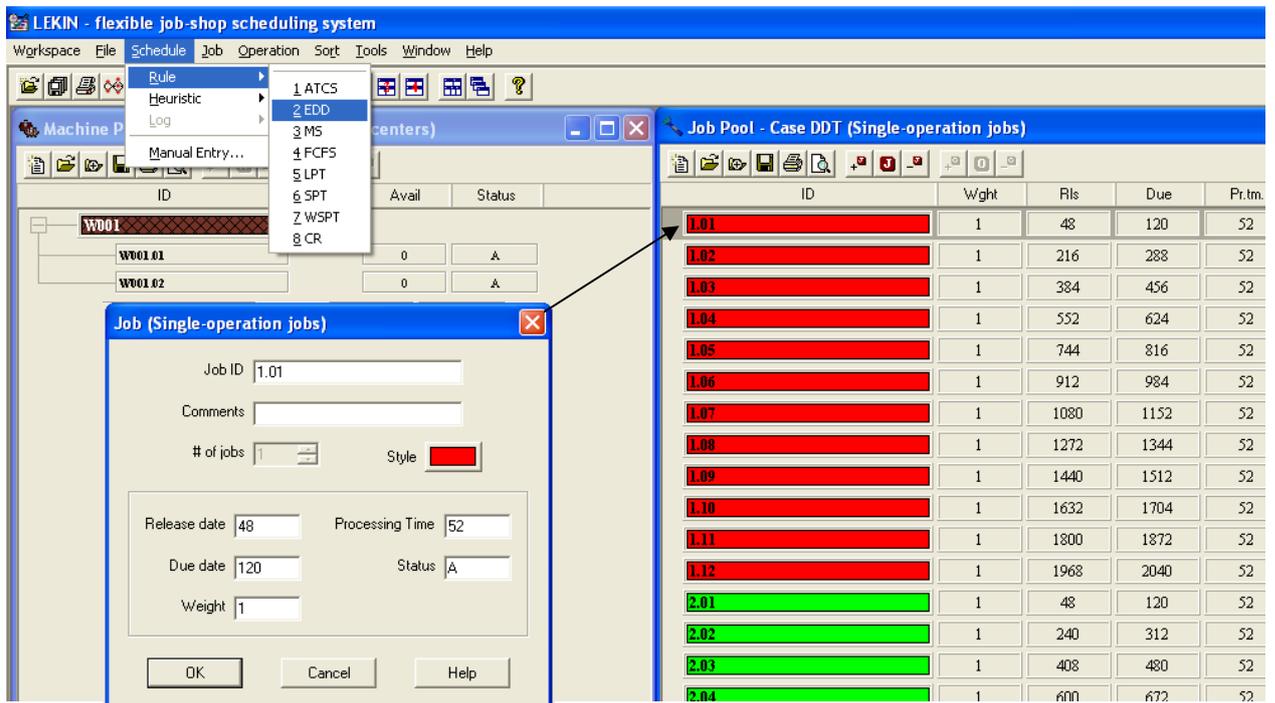
ภาพที่ 4.16  
 ปริมาณการผลิตเพิ่มจากอุปสงค์ที่ได้จากการแบ่งเฉลี่ยปริมาณเท่าๆ กัน  
 ในการนำกรณีศึกษามาจำลอง

ข้อมูลความต้องการในการผลิตเพิ่มทั้งหมดจากอุปสงค์ทั้งสองชนิด (ภาพที่ 4.15 และภาพที่ 4.16) จะเป็นข้อมูลตั้งต้นที่จะนำไปใช้ในการจัดตารางการผลิต วันที่ที่มีความต้องการจะเป็นวันเริ่มต้นในการผลิต และเป็นวันกำหนดส่งงาน (Due Date) เมื่อทราบถึงวันที่เริ่มต้นในการผลิตของความต้องการผลิตแต่ละครั้งแล้ว จะแปลงค่าวันที่ให้อยู่ในรูปของชั่วโมง ยกตัวอย่างความต้องการในการผลิตของสินค้าชนิดที่ 1 (ในภาพที่ 4.15) เริ่มต้นผลิตวันที่ 3/1/2010 มีชั่วโมงการทำงานต่อวัน 24 ชั่วโมง ดังนั้น วันเริ่มต้นในการผลิตในรูปของชั่วโมงคือ เริ่มต้นชั่วโมงที่ 48 ระยะเวลาในการผลิต 2.08 วันนั่นคือมีระยะเวลากำหนดส่งงาน (Due Date) เท่ากับ 3 วันหรือมีกำหนดระยะเวลาส่งเท่ากับชั่วโมงที่ 120 จำนวนที่ใช้ในการผลิตเท่ากับ 1,000 ชิ้น อัตราการผลิตต่อชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 20 ชิ้นต่อชั่วโมง ดังนั้นเวลาในการผลิต (Processing Time) จะเท่ากับ 50 ชั่วโมง รวมกับเวลาดำเนินการ 2 ชั่วโมง เวลาในการผลิตรวมมีค่าเท่ากับ 52 ชั่วโมง นำข้อมูลผ่านการแปลงมาป้อนลงในโปรแกรมจัดตารางการผลิตสำเร็จรูป Lekin Scheduler โดยเริ่มต้นจากเลือกลักษณะปัญหาในการจัดตารางการผลิตคือลักษณะการผลิตแบบตามสั่งโดยมีการวางเครื่องจักรแบบขนาน Parallel Machines มีจำนวนงานเท่ากับ 3 งาน และจำนวนเครื่องจักรเท่ากับ 2 เครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 4.17 ป้อนค่าที่ผ่านการแปลงลงในโปรแกรม โดยตั้งชื่อ สีและแยกงานออกเป็นหมวดหมู่ในแต่ละชนิดงาน ป้อนค่าชั่วโมงเริ่มต้นในการทำงาน ระยะเวลากำหนดส่งงาน และเวลาที่ใช้ในการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 4.18 จนครบตามปริมาณการสั่งผลิตทั้งหมด



ภาพที่ 4.17

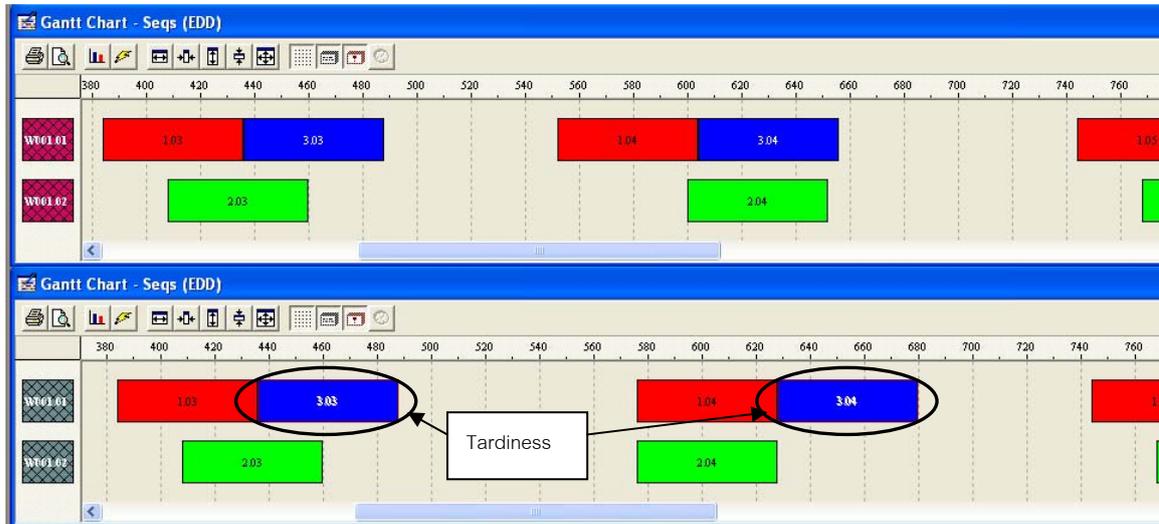
ตัวเลือกลักษณะในการจัดตารางการผลิต



ภาพที่ 4.18

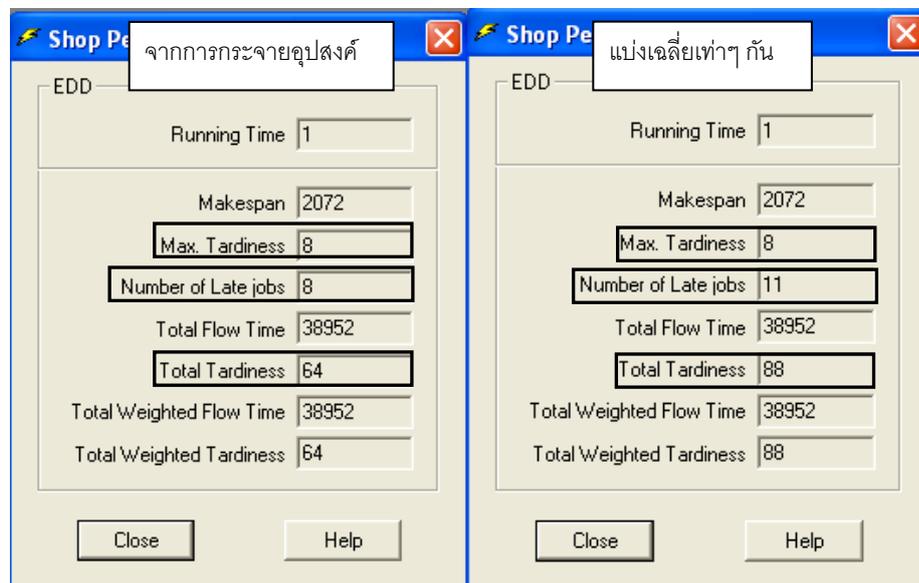
ส่วนสำหรับป้อนข้อมูล และฟังก์ชันในการจัดตารางการผลิต

เมื่อป้อนข้อมูลความต้องการในการผลิตเพิ่มของอุปสงค์ทั้งสองชนิดจนครบแล้ว ทำการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี Earliest Due Date: EDD และวิธี Shortest Processing Time: SPT (ดังแสดงในภาพที่ 4.18) วิเคราะห์ผลจากการจัดตารางการผลิตพิจารณาเปรียบเทียบจากค่าผลรวมเวลาล่าช้า ( $\sum Tardiness$ ) ผลที่ได้จากการจัดตารางการผลิตจะอยู่ในรูปของผังแสดงระยะเวลาของการสั่งผลิตเพิ่มแต่ละครั้ง (Gantt chart) ดังแสดงในภาพที่ 4.19 และภาพที่ 4.21 จะพบว่าผลจากนำอุปสงค์ทั้งสองชนิดมาจัดตารางการผลิตด้วยวิธี EDD อุปสงค์ที่ได้จากการกระจายอุปสงค์รายปีออกเป็นรายวันจะให้ตารางการผลิตที่มีผลรวมเวลาล่าช้าเท่ากับ 64 ชั่วโมง น้อยกว่าอุปสงค์ที่ได้จากการแบ่งเฉลี่ยอุปสงค์ในปริมาณเท่าๆ กันที่มีผลรวมเวลาล่าช้าเท่ากับ 88 ชั่วโมง (ดังแสดงในภาพที่ 4.20) เช่นเดียวกับการนำอุปสงค์ทั้งสองชนิดมาจัดตารางการผลิตด้วยวิธี SPT อุปสงค์ที่ได้จากการกระจายอุปสงค์รายปีออกเป็นรายวันจะให้ตารางการผลิตที่มีผลรวมเวลาล่าช้าเท่ากับ 64 ชั่วโมง น้อยกว่าอุปสงค์ที่ได้จากการแบ่งเฉลี่ยอุปสงค์ในปริมาณเท่าๆ กันที่มีผลรวมเวลาล่าช้าเท่ากับ 88 ชั่วโมง (ดังแสดงในภาพที่ 4.22)



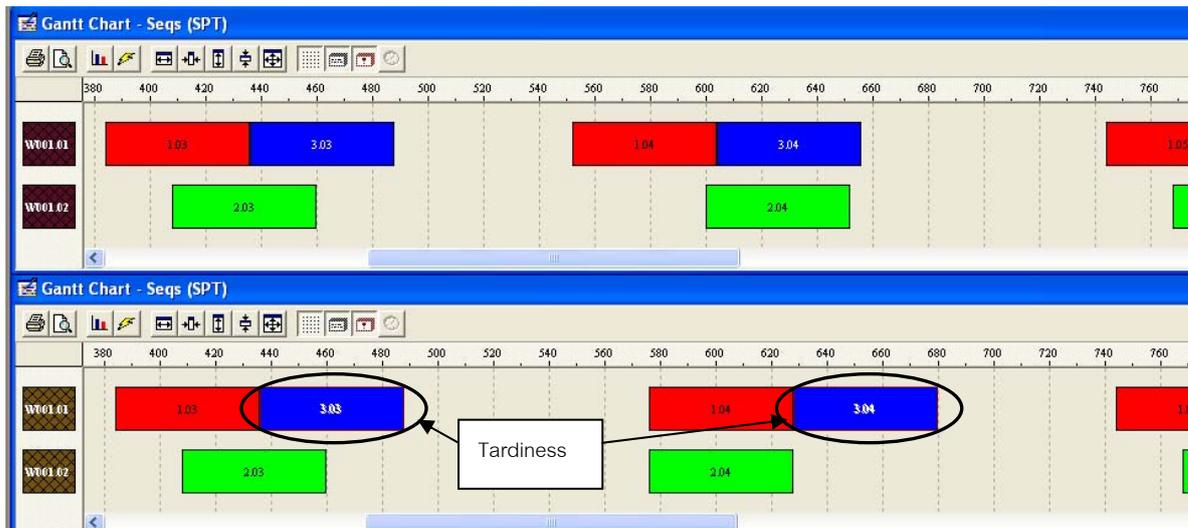
ภาพที่ 4.19

เปรียบเทียบผังระยะเวลาในการผลิตที่ได้จากอุปสงค์แบบสุ่มกระจาย  
และอุปสงค์แบบแบ่งเฉลี่ยเท่าๆ กัน ด้วยวิธี EDD



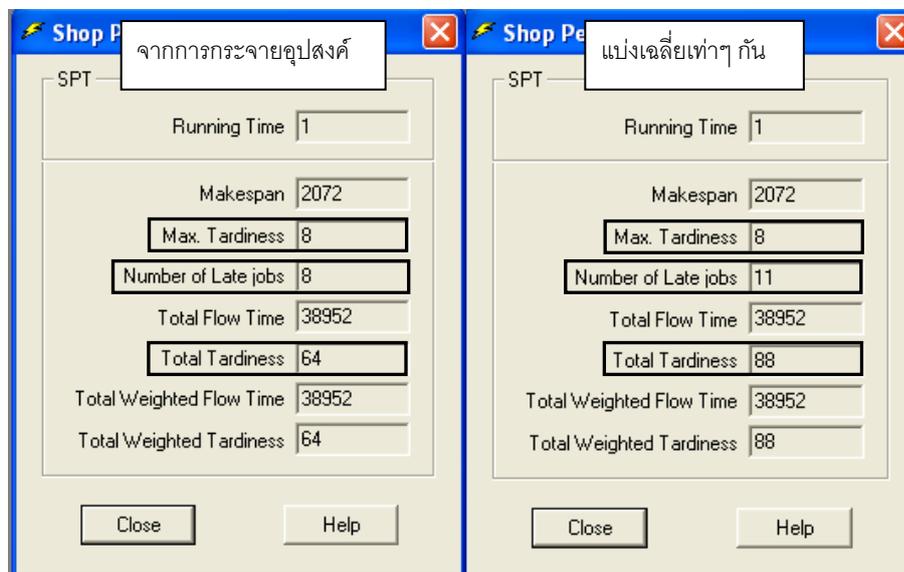
ภาพที่ 4.20

เปรียบเทียบผลตัวชี้วัดทั้ง 2 ตัวจากการจัดตารางผลิตที่ได้จากอุปสงค์จากการกระจาย  
และอุปสงค์แบบแบ่งเฉลี่ยเท่าๆ กัน ด้วยวิธี EDD



ภาพที่ 4.21

เปรียบเทียบผังระยะเวลาในการผลิตที่ได้จากอุปสงค์แบบสุ่มกระจาย  
และอุปสงค์แบบแบ่งเฉลี่ยเท่าๆ กัน ด้วยวิธี SPT



ภาพที่ 4.22

เปรียบเทียบผลตัวชี้วัดทั้ง 2 ตัวจากการจัดตารางผลิตที่ได้จากอุปสงค์จากการกระจาย  
และอุปสงค์แบบแบ่งเฉลี่ยเท่าๆ กัน ด้วยวิธี SPT

### 4.3.2 การวิเคราะห์ความถูกต้องการสร้างอุปสงค์

การสร้างอุปสงค์ในรูปแบบของการเขียนโปรแกรมนี้ จะใช้หลักการการแจกแจงแบบปกติมาใช้กระจายอุปสงค์รายปีออกเป็นอุปสงค์รายวัน เพื่อเลียนแบบอุปสงค์ที่เกิดขึ้นจริงที่จะเกิดขึ้นซึ่งจะมีค่าไม่แน่นอน การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า เป็นการศึกษารูปแบบของอุปสงค์ที่ได้จากโปรแกรมที่สร้างขึ้นว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถทำได้ดังนี้

4.3.2.1 การวิเคราะห์อุปสงค์ที่ได้จากโปรแกรมที่สร้างขึ้นโดยใช้เครื่องมือ Input Analyzer ในโปรแกรม Arena เพื่อหารูปแบบการแจกแจงของอุปสงค์ว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ สามารถทำได้โดยประมวลผลข้อมูลทางสถิติจากไฟล์ข้อมูลที่จัดเก็บใน Notepad สิ้นค้าทั้ง 3 ชนิดจะมีจำนวนข้อมูลอุปสงค์รายวันเท่ากับ 90 ข้อมูล ดังตารางที่ 4.4 เท่ากับจำนวนวันที่ทำการจำลอง

ตารางที่ 4.4

ข้อมูลอุปสงค์รายวันของสินค้าทั้ง 3 ชนิด

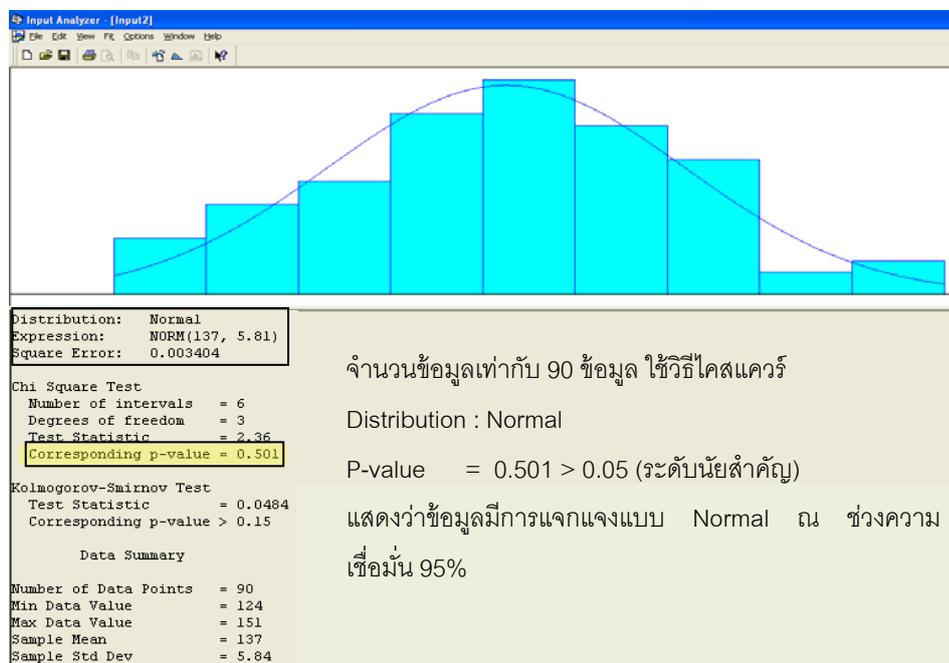
Product 1				Product 2				Product 3			
134.4	134.9	128.11	<b>124.34</b>	141.7	132.75	<b>146.89</b>	140.7	138.14	140.13	137.45	125.94
143.13	129.19	142.04	137.77	145.44	135.03	141.48	125.31	134.09	135.58	143.69	144.35
142.81	125.61	134.13	148.18	135.63	128.29	133.7	135.91	136.63	137.6	133.95	143.98
136.8	135.89	127.93	139.61	141.51	143.97	142.28	138.1	134	127.41	130.47	141.01
139.13	138.18	135.59	132.38	128.38	136.81	140.18	136.96	132.51	143	139.86	123.8
142.02	131.22	127.39	129.67	140.08	144.45	138.96	144.1	136.63	133.18	135.48	132.59
138.65	136.26	136.61	144.5	135.62	137.44	144.4	135.24	137.08	136.3	125.28	136.56
142.83	141.87	128.98	138.75	130.32	127.01	133.4	144.18	127.83	134.44	139.22	143.44
149.4	136.11	140.51	130.96	131.43	129.98	131.37	139.1	139.04	139.35	141.83	134.99
134.3	143.34	130.95	136.18	131.52	131.79	142.84	144.86	138.24	139.02	138.85	138.42
138.39	129.78	135.86	125.61	142.15	139.31	132.38	146.66	136.9	141.47	137.95	140.12
144.76	144.74	125.91	141.34	136.44	126.59	136.1	135.94	134.91	135.2	132.11	136.15
134.42	125.27	<b>150.73</b>	136.78	136.44	138.26	136.81	140.43	130.24	130.83	133.65	143.21
135.61	141.23	136.37	135.79	134.82	141.4	134.29	140.4	143.78	150.02	141.05	136.3
143.86	131.42	146.09	132.33	122.89	122.86	142.15	140.05	145.84	134.56	140.19	135.19
133.16	137.51	131.66	131.6	130.31	135.58	140.27	137.64	<b>119.49</b>	142.53	137.53	138.75
137.06	140.77	132.35	133.61	132.11	135.44	131.87	130.05	141.84	130.78	131.56	141.66
128.36	136.98	144.55	138.48	136.79	139.87	137.63	132.86	131.64	139.89	126.82	144.15
147.89	139.23	141.61	136.98	140.03	140.27	133.02	139.33	136.86	<b>155.82</b>	132.38	141.18
131.21	135.5	136.19	141.18	135.46	139.41	141.03	141.41	137.1	136.1	143.59	135.92
133.24	136.58	134.46	140.28	129.95	141.08	142.26	127.25	130.57	136.06	139.29	134.01
143.35	141.82	139.8		139.91	136.04	<b>122.73</b>		145.37	141.67	132.48	
139.39	134.01	141.28		140.87	137.3	136		140.08	129.04	147.56	

จากการนำข้อมูลอุปสงค์รายวันที่ได้จากโปรแกรมที่สร้างขึ้นของสินค้าทั้ง 3 ชนิด มาทดสอบสมมติฐานการแจกแจงข้อมูลอุปสงค์รายวันของสินค้าทั้ง 3 ชนิด ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่า P-value จากการทดสอบภายใต้สมมติฐานที่ว่า

$H_0$  : ข้อมูลมีการกระจายตัวตามแบบปกติ

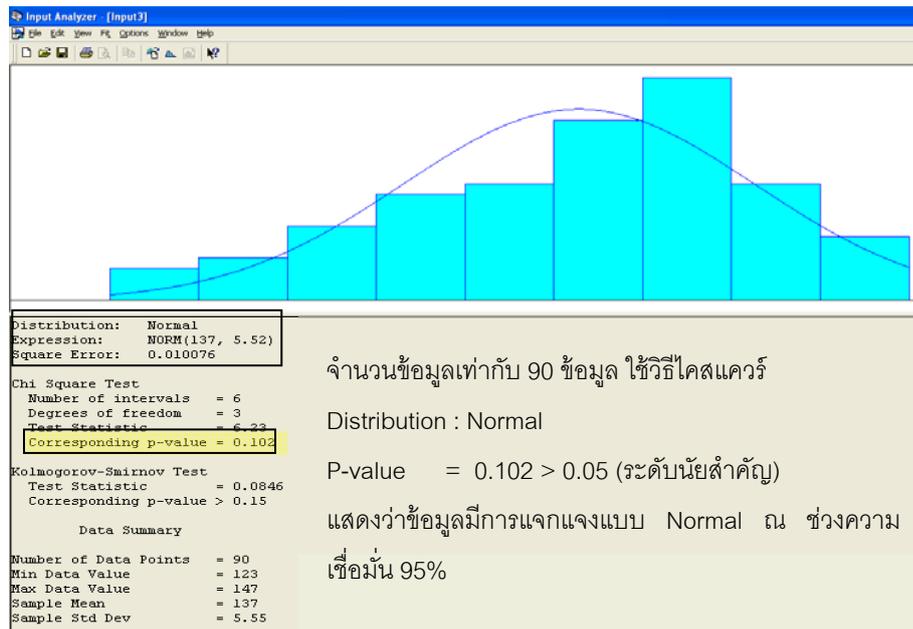
$H_1$  : ข้อมูลไม่มีการกระจายตัวตามแบบปกติ

โดยสินค้าชนิดที่ 1 ทดสอบสมมติฐานโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 137 หน่วย มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.84 หน่วย โดยสินค้าชนิดที่ 2 ทดสอบสมมติฐานโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 137 หน่วย มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.55 หน่วย และสินค้าชนิดที่ 3 ทดสอบสมมติฐานโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 137 หน่วย มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.83 หน่วย ถ้าค่า P-value มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ จะยอมรับสมมติฐานหลักที่ว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามตัวแบบที่ต้องการทดสอบนั้นคือ มีการแจกแจงแบบปกติ มิฉะนั้นจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งค่า P-value ของสินค้าแต่ละชนิดจะแสดงดังภาพที่ 4.23 ถึง ภาพที่ 4.25



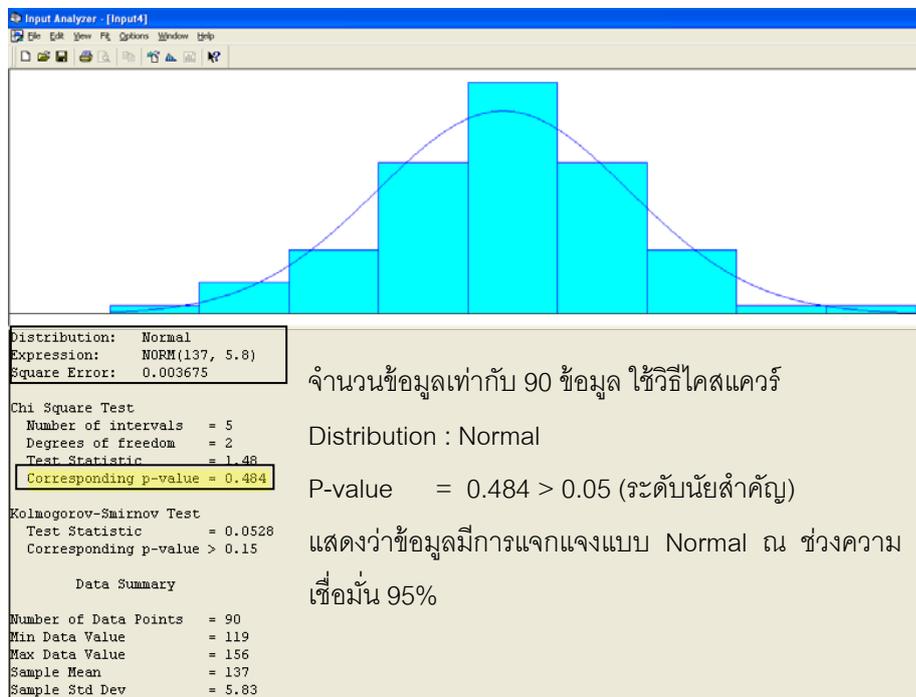
ภาพที่ 4.23

ค่า P-value ของสินค้าชนิดที่ 1



ภาพที่ 4.24

ค่า P-value ของสินค้าชนิดที่ 2



ภาพที่ 4.25

ค่า P-value ของสินค้าชนิดที่ 3

ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเฉลี่ยอุปสงค์รายปีในปริมาณเท่าๆ กัน ซึ่งสินค้าทั้งสามชนิดมีอุปสงค์รายปีเท่ากัน ดังนั้นค่าเฉลี่ยอุปสงค์ต่อวันจึงมีค่าเท่ากัน หาได้จากสมการที่ 2.15 ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{อุปสงค์ต่อวัน} &= \text{อุปสงค์รายปี} / \text{จำนวนวัน} \\ &= 50000 / 365 = 136.986 \text{ ชิ้น}\end{aligned}$$

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุปสงค์รายวันที่ได้จากโปรแกรมที่สร้างขึ้นของสินค้าทั้งสามชนิดจากการทดสอบด้วยโปรแกรมกับค่าเฉลี่ยอุปสงค์ต่อวันที่ได้จากการคำนวณ จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

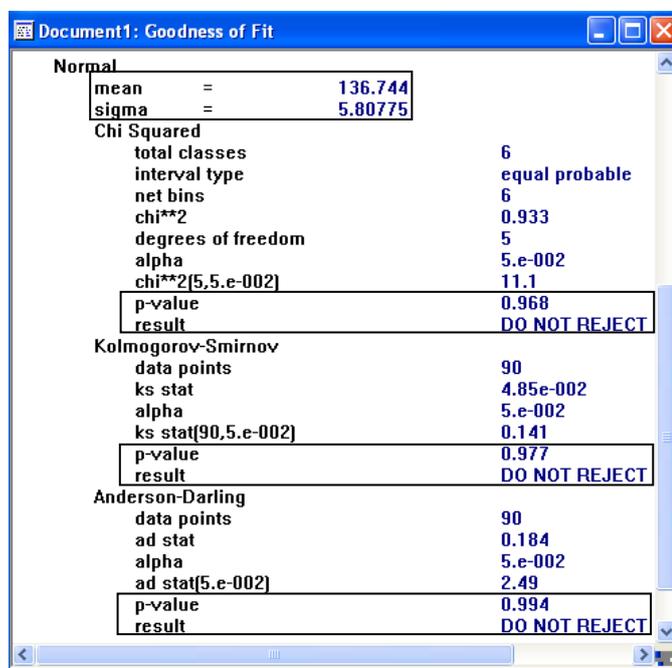
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์ของสินค้าทั้ง 3 ชนิดสามารถหาได้จากสมการที่ 2.16 เนื่องจากสินค้าทั้ง 3 ชนิดมีอุปสงค์รายปีเท่ากัน จึงมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากันด้วย

$$SD = \sqrt{\frac{(\text{Demand} \times \text{Volume Variation})}{(n\text{Day} \times 100)}} = \sqrt{\frac{(50000 \times 25)}{(365 \times 100)}} = 5.852 \text{ ชิ้น}$$

เมื่อเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสินค้าทั้งสามชนิดจากการทดสอบด้วยโปรแกรมกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการคำนวณ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดสอบของสินค้าชนิดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 5.84 ชิ้น สินค้าชนิดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 5.55 ชิ้น และสินค้าชนิดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 5.83 ชิ้น มีค่าใกล้เคียงกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการคำนวณคือ 5.85 ชิ้น

4.3.2.2 การวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม StatFit 2.0 เพื่อตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลอุปสงค์รายวันที่ได้จากโปรแกรมที่สร้างขึ้น ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ เริ่มต้นจากการป้อนข้อมูลอุปสงค์รายวันแต่ละชนิด (ดังตารางที่ 4.4) ลงใน Data Table ตั้งค่ารูปแบบการแจกแจงที่ต้องการจะทดสอบให้เป็นการแจกแจงแบบปกติ โดยจะพิจารณาค่า P-value จากวิธีการทดสอบสมมติฐานทั้ง 3 วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบถ้ามีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ (Significance level) จะยอมรับสมมติฐานหลักว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ มิฉะนั้นจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก และพิจารณาจากกราฟ P-P plot และ Q-Q plot สังเกตว่าถ้าข้อมูลยังมีการแจกแจงเข้าใกล้เส้นตรงก็จะแสดงว่าการแจกแจงของข้อมูลนั้นเป็นไปตามสมมติฐานหลัก

- พิจารณาค่า P-value การแจกแจงแบบปกติของอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 1  
 ดังภาพที่ 4.26

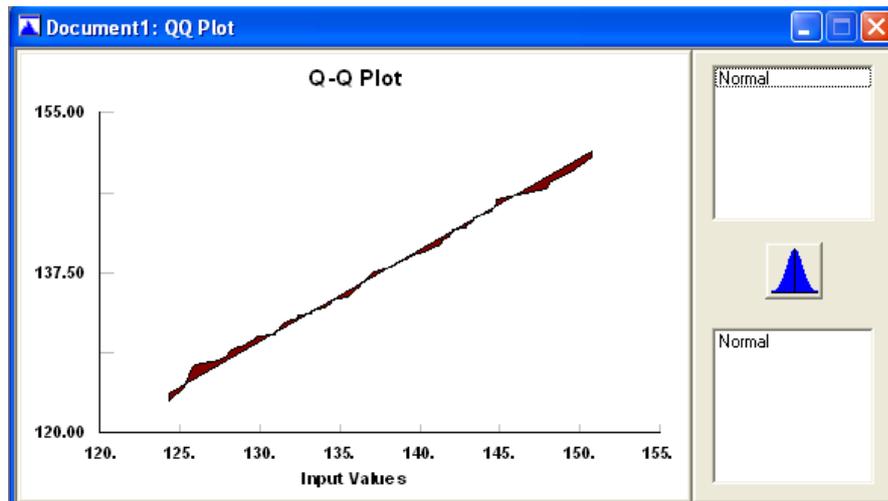


ภาพที่ 4.26

ค่า P-value ของการทดสอบอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 1

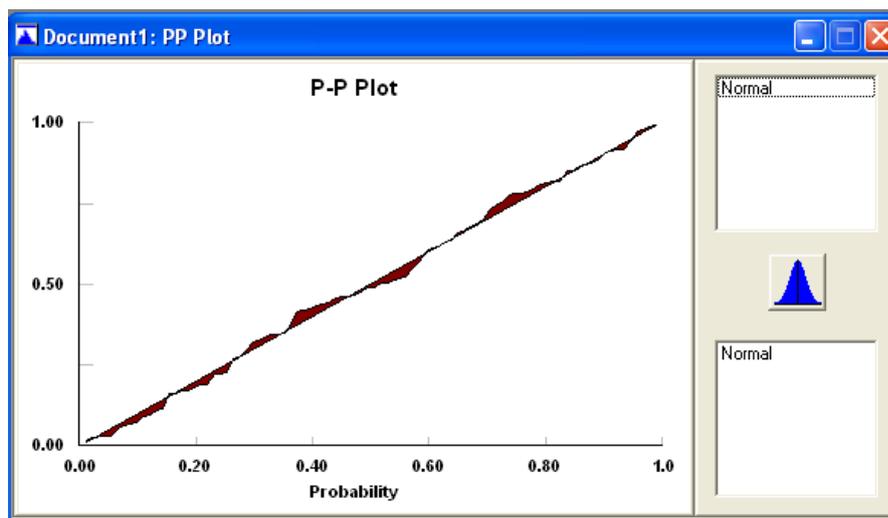
จากการพิจารณาค่า P-value จากวิธีการทดสอบสมมติฐานทั้ง 3 วิธี ที่ค่าเฉลี่ย 136.744 หน่วย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.80775 หน่วย ดังภาพที่ 4.26 แล้วพบว่ามีความมากกว่าระดับนัยสำคัญ (Significance level) จึงยอมรับสมมติฐานที่ว่าอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 1 มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พิจารณากราฟ Q-Q plot และ P-P plot การแจกแจงแบบปกติของอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 1 ดังภาพที่ 4.27 และ ภาพที่ 4.28



ภาพที่ 4.27

กราฟ Q-Q plot ของการทดสอบอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 1

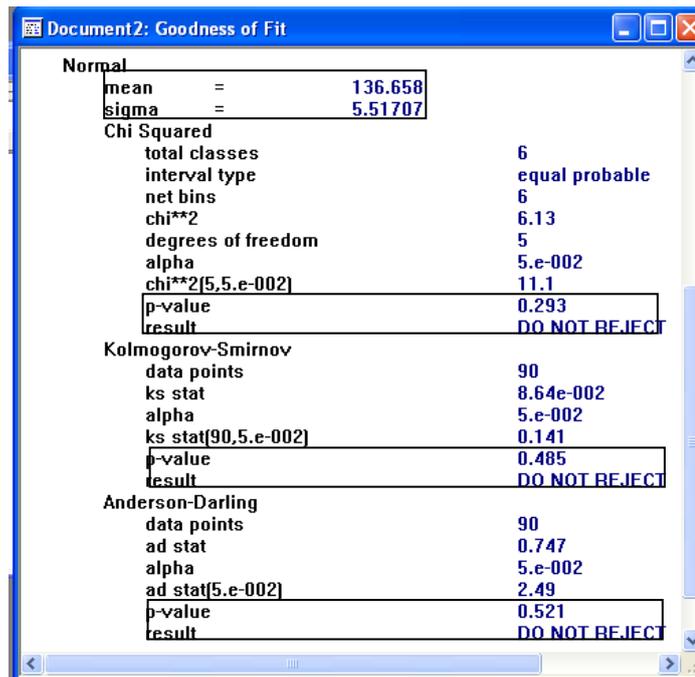


ภาพที่ 4.28

กราฟ P-P plot ของการทดสอบอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 1

จากการพิจารณากราฟ Q-Q plot และ P-P plot ของอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 1 พบว่ามีการแจกแจงเข้าใกล้เส้นตรงมาก แสดงว่าการแจกแจงอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 1 มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พิจารณาค่า P-value การแจกแจงแบบปกติของอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 2  
 ดังภาพที่ 4.29

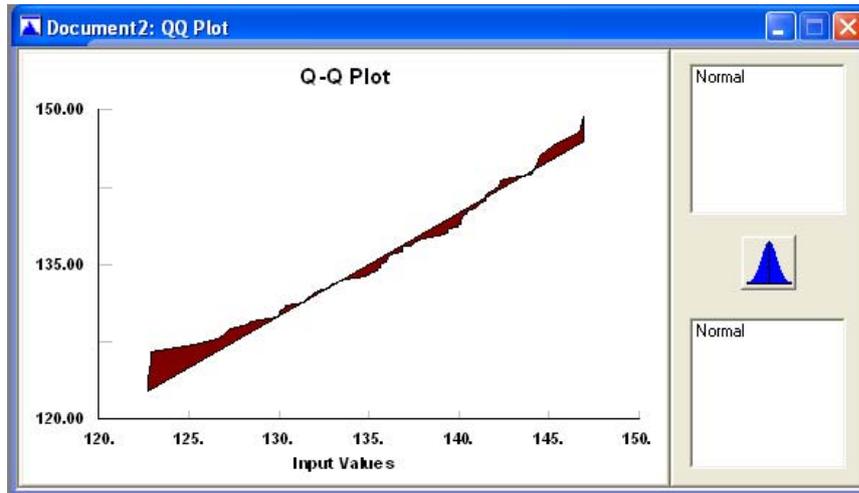


ภาพที่ 4.29

ค่า P-value ของการทดสอบอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 2

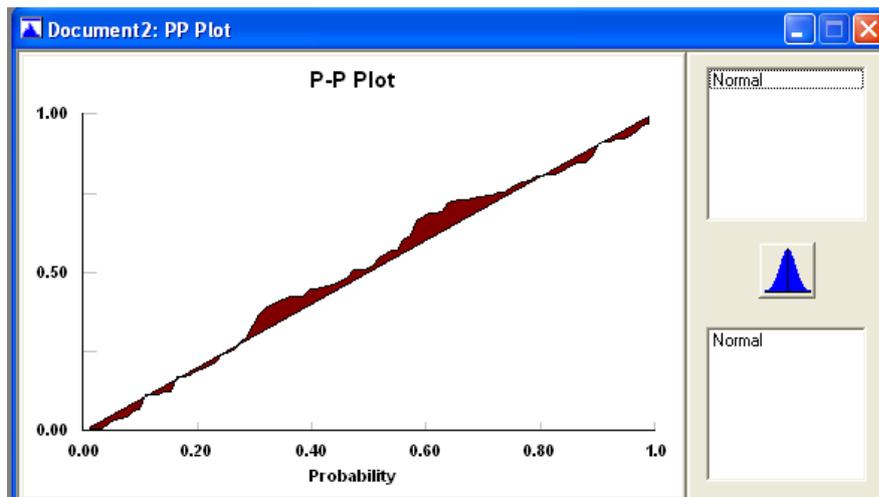
จากการพิจารณาค่า P-value จากวิธีการทดสอบสมมติฐานทั้ง 3 วิธี ที่ค่าเฉลี่ย 136.658 หน่วย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.51707 หน่วย ดังภาพที่ 4.29 แล้วพบว่ามีความมากกว่าระดับนัยสำคัญ (Significance level) จึงยอมรับสมมติฐานที่ว่าอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 1 มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พิจารณากราฟ Q-Q plot และ P-P plot การแจกแจงแบบปกติของอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 2 ดังภาพที่ 4.30 และภาพที่ 4.31



ภาพที่ 4.30

กราฟ Q-Q plot ของการทดสอบอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 2

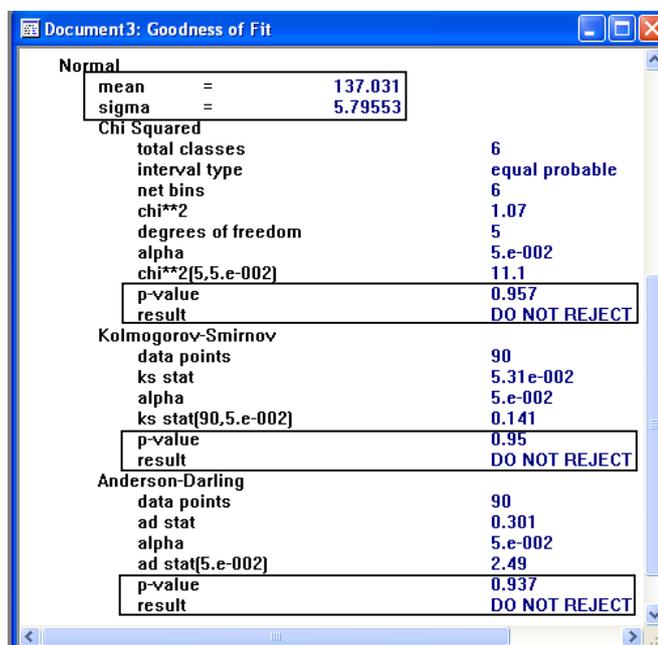


ภาพที่ 4.31

กราฟ P-P plot ของการทดสอบอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 2

จากการพิจารณากราฟ Q-Q plot และ P-P plot ของอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 2 พบว่ามีการแจกแจงเข้าใกล้เส้นตรง แสดงว่าการแจกแจงอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 2 มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พิจารณาค่า P-value การแจกแจงแบบปกติของอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 3  
 ดังภาพที่ 4.32

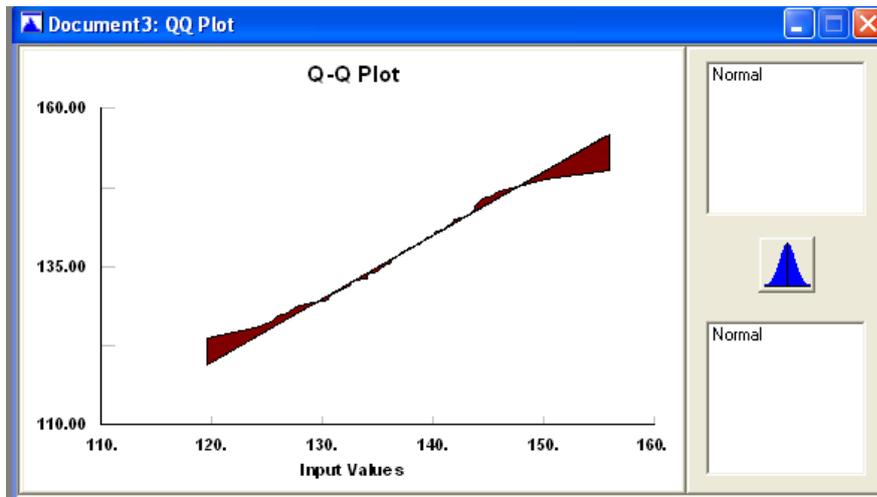


ภาพที่ 4.32

ค่า P-value ของการทดสอบอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 3

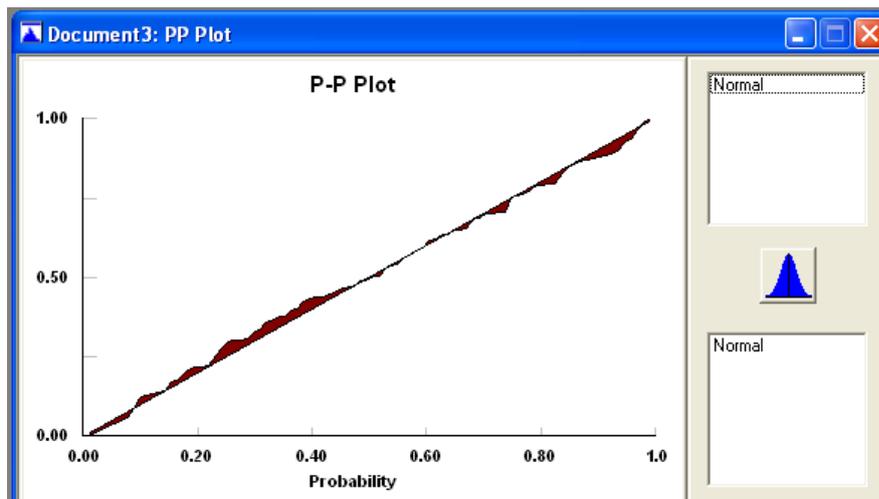
จากการพิจารณาค่า P-value จากวิธีการทดสอบสมมติฐานทั้ง 3 วิธี ที่ค่าเฉลี่ย 137.031 หน่วย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.79553 หน่วย ดังภาพที่ 4.32 แล้วพบว่ามีความมากกว่าระดับนัยสำคัญ (Significance level) จึงยอมรับสมมติฐานที่ว่าอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 1 มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พิจารณากราฟ Q-Q plot และ P-P plot การแจกแจงแบบปกติของอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 3 ดังภาพที่ 4.33 และภาพที่ 4.34



ภาพที่ 4.33

กราฟ Q-Q plot ของการทดสอบอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 3



ภาพที่ 4.34

กราฟ P-P plot ของการทดสอบอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 3

จากการพิจารณากราฟ Q-Q plot และ P-P plot ของอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 2 พบว่ามีการแจกแจงเข้าใกล้เส้นตรง แสดงว่าการแจกแจงอุปสงค์รายวันของสินค้าชนิดที่ 2 มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเฉลี่ยอุปสงค์รายปีในปริมาณเท่าๆ กัน ซึ่งสินค้าทั้งสามชนิดมีอุปสงค์รายปีเท่ากัน ดังนั้นค่าเฉลี่ยอุปสงค์ต่อวันจึงมีค่าเท่ากัน หาได้จากสมการที่ 2.15 ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{อุปสงค์ต่อวัน} &= \text{อุปสงค์รายปี} / \text{จำนวนวัน} \\ &= 50000 / 365 = 136.986 \text{ ชิ้น}\end{aligned}$$

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุปสงค์รายวันที่ได้จากโปรแกรมที่สร้างขึ้นของสินค้าทั้งสามชนิดจากการทดสอบด้วยโปรแกรมกับค่าเฉลี่ยอุปสงค์ต่อวันที่ได้จากการคำนวณ ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบของสินค้าชนิดที่ 1 เท่ากับ 136.744 ชิ้น สินค้าชนิดที่ 2 เท่ากับ 136.658 ชิ้น และสินค้าชนิดที่ 3 เท่ากับ 137.031 จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์ของสินค้าทั้ง 3 ชนิดสามารถหาได้จากสมการที่ 2.16 เนื่องจากสินค้าทั้ง 3 ชนิดมีอุปสงค์รายปีเท่ากัน จึงมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากันด้วย

$$SD = \sqrt{\frac{(\text{Demand} \times \text{Volume Variation})}{(n\text{Day} \times 100)}} = \sqrt{\frac{(50000 \times 25)}{(365 \times 100)}} = 5.852 \text{ ชิ้น}$$

เมื่อเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสินค้าทั้งสามชนิดจากการทดสอบด้วยโปรแกรมกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการคำนวณ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดสอบของสินค้าชนิดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 5.807 ชิ้น สินค้าชนิดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 5.517 ชิ้น และสินค้าชนิดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 5.795 ชิ้น มีค่าใกล้เคียงกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการคำนวณคือ 5.85 ชิ้น

จากการวิเคราะห์ความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม และวิเคราะห์ความถูกต้องการสร้างอุปสงค์ โดยสร้างกรณีศึกษามาทดสอบ พบว่าโปรแกรมสามารถทำงานตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ และจากการนำอุปสงค์รายวันที่ได้จากโปรแกรมมาทดสอบลักษณะของการกระจาย พบว่ามีลักษณะการกระจายแบบปกติตามที่ต้องการ