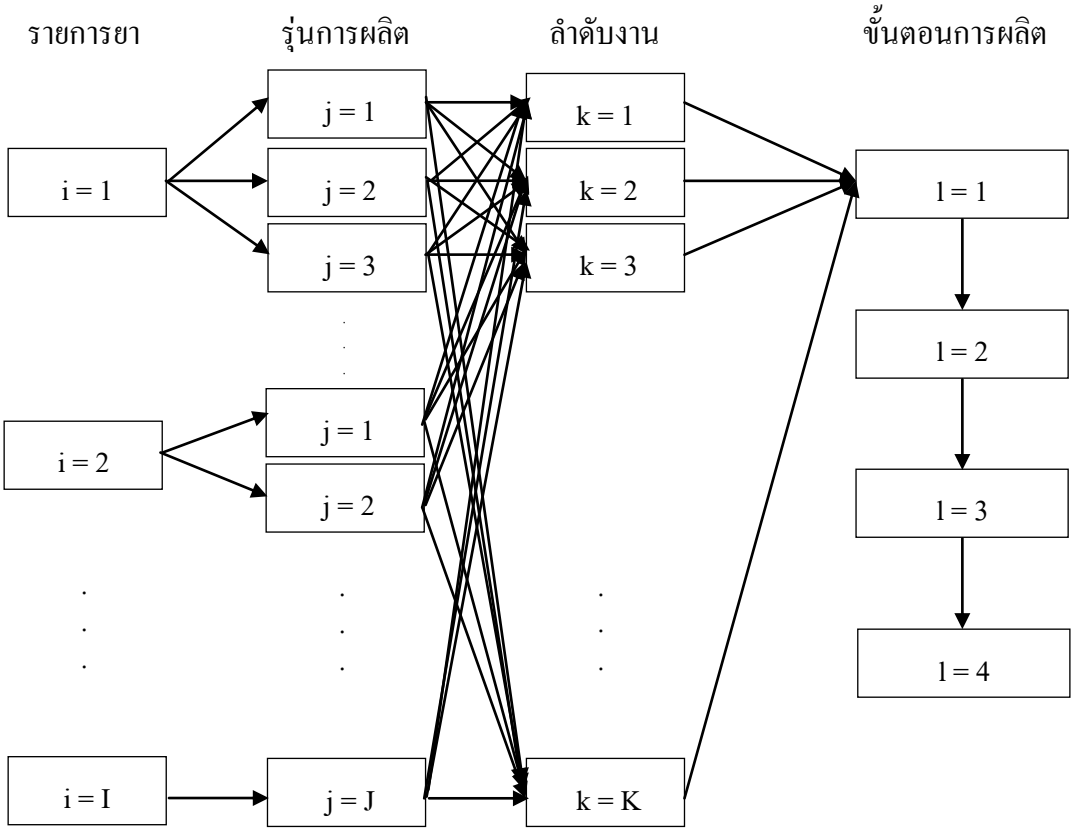
บทที่ 4 การดำเนินงานวิจัย

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงรูปแบบของปัญหา ขั้นตอนการจัดตารางการผลิต การคำนวณกำลังการผลิต และการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.1 รูปแบบของปัญหา

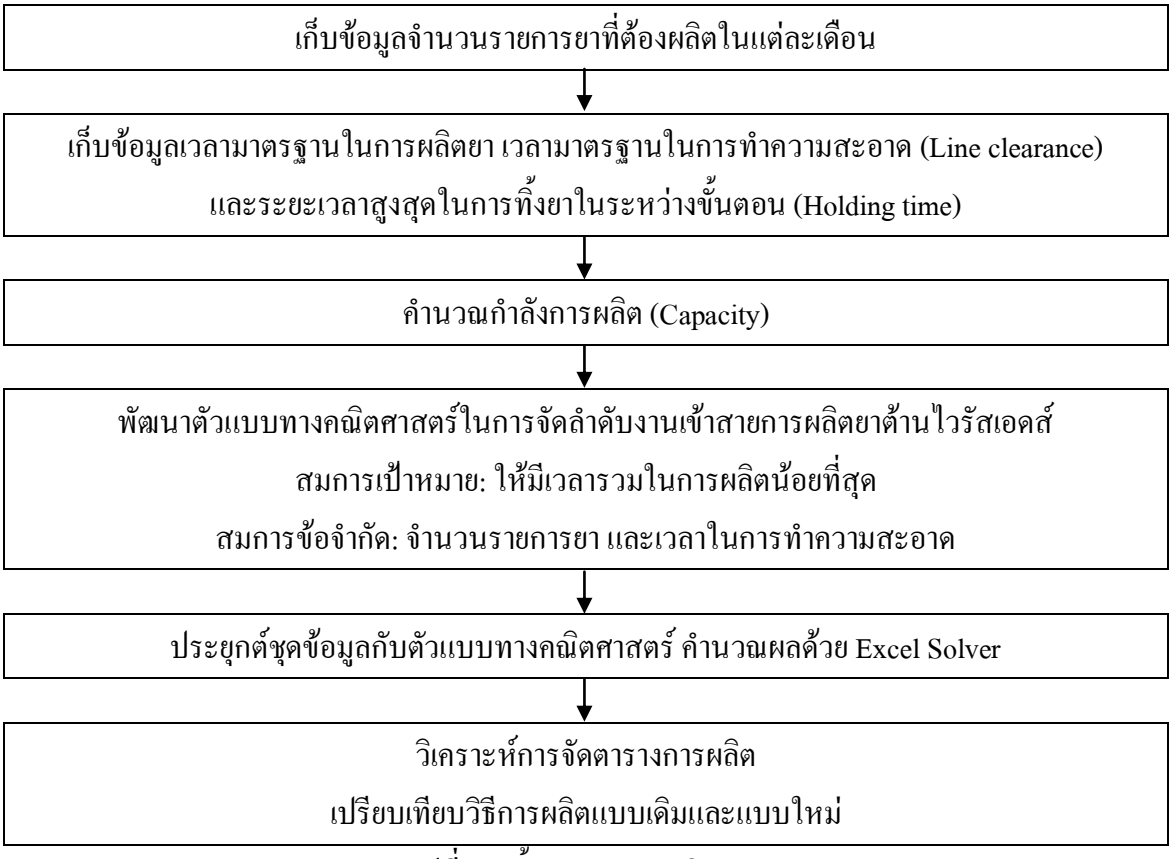
จากปัญหาที่พบในบทที่ 3 การจัดตารางการผลิตยาต้านไวรัสเอดส์จำนวน i รายการ j รุ่นการผลิต ลงบนขั้นตอนการผลิต l โดยในแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยเครื่องจักรเพียง 1 เครื่อง และแต่ละรายการยาต้องผ่านขั้นตอนการผลิตตามลำดับจากผสมยา ตอกอัดเม็ดยา เคลือบเม็ดยา และบรรจุยาลงขวด การจัดตารางการผลิตจะเลือกรายการยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับการผลิตแรก บนขั้นตอนการผลิตแรก และผ่านไปยังขั้นตอนต่อไปจนถึงขั้นตอนสุดท้าย จากนั้นจึงทำการผลิตรายการยา i เดิม รุ่นการผลิตถัดมา หรือรายการยา i อื่น รุ่นการผลิตอื่น ที่ลำดับถัดไป บนขั้นตอนการผลิตแรกจนจบเช่นกัน โดยรูปแบบของปัญหาสามารถเขียนในรูปทั่วไป (General Model) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ในการทำการศึกษาในครั้งนี้จะทำการจัดตารางการผลิตโดยให้ใช้เวลารวมในการผลิต (Makespan) น้อยที่สุด เพื่อให้สามารถผลิตยาได้ทันตามความต้องการ



รูปที่ 4.1 ปัญหาการจัดตารางการผลิตของแผนกยาต้านไวรัสเอดส์

4.2 ขั้นตอนในการจัดตารางการผลิต

ในขั้นตอนการจัดตารางการผลิตแบบใหม่นี้ได้ทำการตัดสินใจจากข้อมูล และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อมอบหมายงานเข้าเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอน ภายใต้ปัจจัยข้อจำกัดของรายการยาและเวลา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีเวลารวมในการผลิต (Makespan) น้อยที่สุด เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าองค์การเภสัชกรรม มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.3 การคำนวณกำลังการผลิต (Capacity)

ก่อนที่จะทำการจัดตารางการผลิต จะต้องคำนึงกำลังการผลิตในแผนกด้วยว่ามีเพียงพอหรือไม่ถ้ามีกำลังการผลิตที่เพียงพอจึงจะทำการวางแผนการผลิตต่อไปได้

4.3.1 รายการยาที่ต้องผลิตในเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2557

จากค่าพยากรณ์ประจำปีที่ทางฝ่ายตลาด และแผนกแผนงานผลิตร่วมกันพยากรณ์นั้น ทางแผนกแผนงานผลิตจะนำมาเปลี่ยนเป็นแผนประจำเดือน และแผนประจำสัปดาห์ เพื่อส่งให้แผนกยาต้านไวรัสเอดส์นำไปผลิตต่อไป ซึ่งรายการยาที่ต้องผลิตในแต่ละเดือนจะแตกต่างกันไป และไม่ได้ผลิตพร้อมกันทุกรายการ โดยเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2557 ที่ใช้เป็นตัวอย่างในการคำนวณนั้น มีรายการที่ต้องผลิต ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายการยาและจำนวนรุ่นการผลิตที่ต้องผลิตในเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2557

ลำดับ	รายการยา	จำนวนรุ่นการผลิต (Lot)		
		กรกฎาคม 2557	สิงหาคม 2557	กันยายน 2557
1	ARV001	10	9	14
2	ARV002	0	4	4
3	ARV003	10	2	0
4	ARV004	5	5	0
5	ARV005	0	0	10
6	ARV006	40	48	33
7	ARV007	5	0	6
8	ARV008	0	4	0
9	ARV009	0	0	0
10	ARV010	0	0	0
รวม		70	72	67

4.3.2 คำนวณหาสัดส่วนของยาแต่ละรายการ (Product mix)

เมื่อทราบรายการยาและจำนวนรุ่นการผลิตที่ต้องผลิตในเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2557 แล้ว จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหา Product mix ดังแสดงในสมการ 4.1

$$P_j = \frac{\text{จำนวนLotที่เพิ่ม\%Dของยาแต่ละรายการ}}{\text{จำนวนLotทั้งหมดที่เพิ่ม\%D}} \qquad (4.1)$$

โดยที่ P_j = Product mix และ %D = %Defect

ตารางที่ 4.2 Product mix ของยาแต่ละรายการ ประจำเดือนกรกฎาคม 2557

ลำดับ	Product j	Product mix (P_j)	จำนวนรุ่นการผลิตที่เพิ่ม %D (Lot)	จำนวนรุ่นการผลิต (Lot)	%D
1	ARV001	0.143	10	10	1.50
2	ARV003	0.143	10	10	1.25
3	ARV004	0.071	5	5	5.00
4	ARV006	0.572	40	41	3.00
5	ARV007	0.071	5	5	4.00
รวม		1.000	70	69	-

ตารางที่ 4.3 Product mix ของยาแต่ละรายการ ประจำเดือนสิงหาคม 2557

ลำดับ	Product j	Product mix (P_j)	จำนวนรุ่นการผลิตที่เพิ่ม %D (Lot)	จำนวนรุ่นการผลิต (Lot)	%D
1	ARV001	0.125	9	9	1.50
2	ARV002	0.056	4	4	2.20
3	ARV003	0.028	2	2	1.25
4	ARV004	0.069	5	5	5.00
5	ARV006	0.666	48	47	3.00
6	ARV008	0.056	4	4	4.00
รวม		1.000	72	71	-

ตารางที่ 4.4 Product mix ของยาแต่ละรายการ ประจำเดือนกันยายน 2557

ลำดับ	Product j	Product mix (P_j)	จำนวนรุ่นการผลิตที่เพิ่ม %D (Lot)	จำนวนรุ่นการผลิต (Lot)	%D
1	ARV001	0.206	14	14	1.50
2	ARV002	0.059	4	4	2.20
3	ARV005	0.147	10	10	2.50
4	ARV006	0.500	34	33	3.00
5	ARV007	0.088	6	6	4.00
รวม		1.000	68	67	-

จากตารางที่ 4.2 - 4.4 %D ได้มาจากการเก็บข้อมูลยาที่สูญเสียระหว่างขั้นตอนการผสม การตอกเม็ดยา ขั้นตอนการเคลือบเม็ดยา กรณีคัดเม็ดยาเคลือบออกเนื่องจากเคลือบไม่เรียบ และขั้นตอนการบรรจุยา กรณียาไม่ครบจำนวนบรรจุต่อ 1 ขวด จากนั้นนำ %D มาคำนวณเพื่อให้จำนวน lot ที่ต้องผลิตจริง เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า ดังนั้นจึงพบว่าจำนวน lot เพิ่มขึ้นจากแผนผลิต โดยเดือน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน เพิ่มขึ้นเป็น 70, 72 และ 68 lot ตามลำดับ ซึ่งจำนวน lot ที่เพิ่มขึ้นนั้นถูกนำมาใช้ในการคำนวณหา Product mix

4.3.3 Processing time ในแต่ละ Station ของยาแต่ละรายการ

ตารางที่ 4.5 Processing time ในแต่ละ Station ของยาแต่ละรายการ

No.	งาน j	ขั้นตอน (k)	รายละเอียด	สถานี i	เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง) t_{ijk}
1	ARV001	1	ผสมยา	1	2.00
		2	ตอกเม็ด	2	13.00
		3	เคลือบเม็ด	3	10.00
		4	บรรจุลงขวด	4	4.00
2	ARV002	1	ผสมยา	1	2.00
		2	ตอกเม็ด	2	3.50
		3	เคลือบเม็ด	3	5.00
		4	บรรจุลงขวด	4	2.00
3	ARV003	1	ผสมยา	1	2.00
		2	ตอกเม็ด	2	8.50
		3	เคลือบเม็ด	3	5.00
		4	บรรจุลงขวด	4	3.00
4	ARV004	1	ผสมยา	1	2.00
		2	ตอกเม็ด	2	8.50
		3	เคลือบเม็ด	3	7.00
		4	บรรจุลงขวด	4	2.00
5	ARV005	1	ผสมยา	1	2.00
		2	ตอกเม็ด	2	7.00
		3	เคลือบเม็ด	3	7.00
		4	บรรจุลงขวด	4	2.00
6	ARV006	1	ผสมยา	1	2.00
		2	ตอกเม็ด	2	4.00
		3	เคลือบเม็ด	3	7.00
		4	บรรจุลงขวด	4	2.00

ตารางที่ 4.5 Processing time ในแต่ละ Station ของยาแต่ละรายการ (ต่อ)

No.	งาน j	ขั้นตอน (k)	รายละเอียด	สถานี i	เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง) t_{ijk}
7	ARV007	1	ผสมยา	1	2.00
		2	ตอกเม็ด	2	3.50
		3	ผสมยา	1	2.00
		4	ตอกเม็ด	2	3.50
8	ARV008	1	ผสมยา	1	2.00
		2	ตอกเม็ด	2	3.50
		3	ผสมยา	1	2.00
		4	ตอกเม็ด	2	3.50

จากตารางที่ 4.5 ยาแต่ละรายการที่ผลิต จะมีขั้นตอนในการผลิตโดยทั่วไป 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนผสม ตอกเม็ด เคลือบเม็ด และบรรจุเม็ดยา โดยในแต่ละขั้นตอนจะใช้เวลาในการผลิตที่แตกต่างกัน

4.3.4 จำนวนเครื่องจักร (Server) ที่เหมาะสมในแต่ละสถานี

การคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในแต่ละสถานี จำเป็นต้องคำนวณหา Workload และR_p ก่อน แล้วจึงนำมาคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรต่อไป

4.3.4.1 การคำนวณ Workload ของแต่ละสถานี

$$WL_i = \sum_j \sum_k t_{ijk} f_{ijk} p_j \qquad (4.2)$$

โดยที่ WL_i = ค่าเฉลี่ยของ Workload ของแต่ละสถานี (ชั่วโมง/เดือน)

t_{ijk} = เวลาในการทำงานของงาน j ที่ขั้นตอน k บนสถานี i

f_{ijk} = ความถี่ในการผลิตของงาน j ที่ขั้นตอน k บนสถานี i

p_j = สัดส่วน Product mix ของงาน j

i = สถานี

j = งาน

k = ขั้นตอนการผลิต

ตารางที่ 4.6 Workload ของแต่ละสถานีในเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2557

สถานี	Workload (ชั่วโมง/เดือน)		
	กรกฎาคม 2557	สิงหาคม 2557	กันยายน 2557
ผสมยา	2.142	2.112	2.176
ตอกอัดเม็ดยา	6.465	5.702	6.530
เคลือบเม็ดยา	6.646	6.815	6.737
บรรจุเม็ดยา	2.287	2.166	2.236

จากตารางที่ 4.6 เมื่อคำนวณหา Workload ของแต่ละสถานี ในแต่ละเดือน พบว่าค่า Workload แสดงดังตาราง ซึ่งค่าดังกล่าวจะใช้ในการคำนวณต่อในหัวข้อ 4.3.4.3

4.3.4.2 การคำนวณอัตราการผลิต (R_p)

$$R_p = \frac{D_M}{AT} \qquad (4.3)$$

โดยที่ R_p = อัตราการผลิตของทุกงานในระบบ (Lot/ชั่วโมง)

D_M = ความต้องการของงาน (Lot/เดือน)

AT = Available time (ชั่วโมง/เดือน)

ซึ่งจำนวนวันทำการในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน เท่ากับ 31, 31 และ 30 วันตามลำดับ โดยทำงาน 2 กะ ทั้งกะกลางวันและกะกลางคืน จากนั้นนำมาคูณกับค่าเฉลี่ยของ Available time (ชั่วโมง/วัน) ในตารางที่ 3.11 บทที่ 3 ซึ่งมาค่าเท่ากับ 9.29 โดยพบว่า R_p จากการคำนวณ มีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 R_p ของเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2557

เดือน	จำนวน Lot	AT	R_p (Lot/ชั่วโมง)
กรกฎาคม 2557	70	575.98	0.122
สิงหาคม 2557	72	575.98	0.125
กันยายน 2557	68	557.40	0.122

4.3.4.3 การคำนวณหาจำนวนเครื่องจักร (Server) ที่เหมาะสม

$$S_i = \text{minimum integer} \geq R_p(WL_i) \qquad (4.4)$$

ตารางที่ 4.8 จำนวนเครื่องจักร (Server) ที่เหมาะสมของเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2557

สถานี	จำนวนเครื่องจักร (เครื่อง)		
	กรกฎาคม 2557	สิงหาคม 2557	กันยายน 2557
ผสมยา	1	1	1
ตอกอัดเม็ดยา	1	1	1
เคลือบเม็ดยา	1	1	1
บรรจุเม็ดยา	1	1	1

จากตารางที่ 4.8 พบว่าทั้ง 3 เดือน มีจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสม คือ 1 เครื่องในทุกสถานี ซึ่งตรงกับสถานการณ์ในปัจจุบันของแผนกยาต้านไวรัสเอดส์ที่มีเครื่องจักรในแต่ละสถานีเพียง 1 เครื่องเท่านั้น

4.3.5 Overall Utilization หลังจากจัดหาเครื่องจักรที่เหมาะสมแล้ว

$$U_i = R_p(WL_i)/S_i \qquad (4.5)$$

ตารางที่ 4.9 % Overall Utilization ของเดือนกรกฎาคม - กันยายน 2557

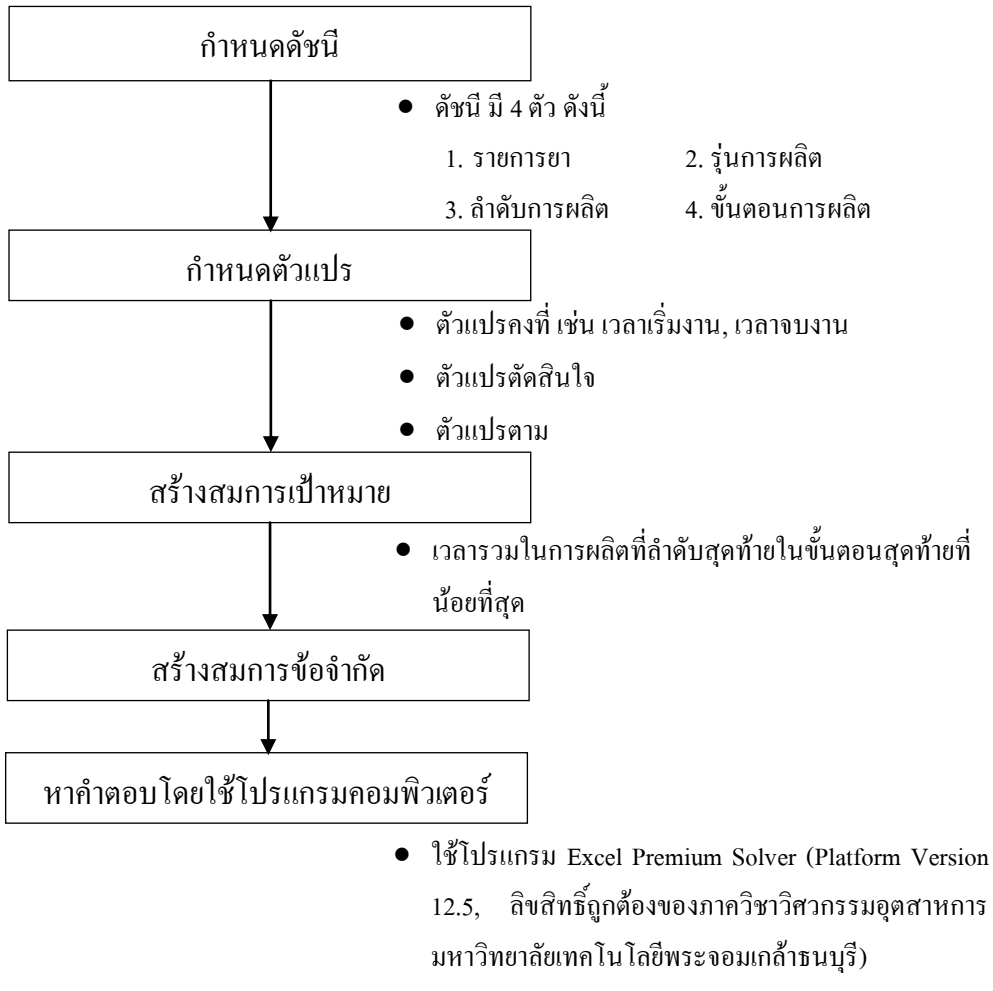
สถานี	% Overall Utilization		
	กรกฎาคม 2557	สิงหาคม 2557	กันยายน 2557
ผสมยา	26.13	26.40	26.55
ตอกอัดเม็ดยา	78.87	71.28	79.67
เคลือบเม็ดยา	81.08	85.19	82.19
บรรจุเม็ดยา	27.90	27.08	27.28

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า

1. จำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมของแต่ละสถานีที่คำนวณได้ทั้ง 3 เดือน คือ ผสมยา (Dry Mixing) เท่ากับ 1 เครื่อง, ตอกอัดเม็ดยา (Compression) เท่ากับ 1 เครื่อง, เคลือบเม็ดยา (Coating) เท่ากับ 1 เครื่อง และ บรรจุเม็ดยา (Automatic Packing) เท่ากับ 1 เครื่อง
2. จากตารางที่ 4.9 พบว่า %Overall Utilization ของสถานีที่ต่ำกว่า 50% ได้แก่ สถานีผสมยา และบรรจุเม็ดยา อาจลดจำนวนเวลาทำงานลง จากทำงาน 2 กะ เป็นเพียงกะเดียว เฉพาะกะกลางวัน เพื่อลดต้นทุน และจำนวนแรงงานลง

4.4 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น เป็นการเชื่อมข้อมูลจากหลายส่วน เช่น ข้อมูลด้านเครื่องจักร ข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์ยา จำนวนผลิตในแต่ละผลิตภัณฑ์ และด้านเวลา โดยต้องมีการกำหนดดัชนี กำหนดตัวแปร สร้างสมการเป้าหมาย และสร้างสมการข้อจำกัด ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.4.1 การกำหนดดัชนี (Indices)

ดัชนีที่ใช้ในแบบจำลอง มีดังนี้

i, i'	=	ชนิดของยา (Item)	; i, i' = 1, 2, 3,…I
j	=	รุ่นการผลิตของยา (Lot)	; j = 1, 2, 3,…J
k	=	ลำดับยา (Sequence)	; k = 1, 2, 3,…K
l	=	ขั้นตอนการผลิต (Processing stage)	; l = 1, 2, 3,…L

4.4.2 การกำหนดตัวแปร

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างตัวแปรต่างๆ ซึ่งแบบจำลองมีอยู่ 2 ส่วน ประกอบด้วย ตัวแปรคงที่และตัวแปรตัดสินใจ

4.4.2.1 ตัวแปรคงที่ (Parameters)

P_{ijkl} = เวลาในการทำงานของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิต l

S_{ijkl} = เวลาในการทำความสะอาดของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิต l

H_{ijkl} = ระยะเวลาสูงสุดในการทิ้งยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิต l

St_{ijkl} = เวลาเริ่มต้นของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิต l

E_{ijkl} = เวลาจบของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิต l

C_{ijkl} = เวลารวมในการผลิตยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิต l

4.4.2.2 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)

X_{ijkl} = 1 ; ถ้ายา i รุ่นการผลิตที่ j ถูกมอบหมายไปที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิต l
0 ; อื่นๆ

$Y_{ii'kl}$ = 1 ; ถ้ายาที่ถูกมอบหมายที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิต l เปลี่ยนจากยา i เป็น i'
0 ; อื่นๆ

4.4.2.3 ตัวแปรตาม (Dependent variable)

$(C_{max})_{ij}$ = เวลารวมในการผลิตยา i รุ่นการผลิตที่ k ที่ลำดับสุดท้าย บนขั้นตอนการผลิตสุดท้าย

4.4.3 สร้างสมการเป้าหมาย

จากปัญหาที่ไม่สามารถผลิตยาต้านไวรัสเอดส์ให้เสร็จได้ตามแผนผลิตในแต่ละเดือน แม้ว่าจะมีกำลังการผลิตที่เพียงพอ จากสาเหตุดังกล่าว จึงต้องสร้างสมการเป้าหมายโดยมุ่งเน้นให้เวลารวมในการผลิตของระบบ (Makespan) มีค่าต่ำที่สุดเพื่อตอบสนองให้ทันต่อความต้องการของลูกค้า

$$\text{Minimize } Z = \text{Minimize } (C_{max})_{ij}$$

โดยที่ $(C_{max})_{ij}$ คือ

$$(C_{max})_{ij} = E_{ijKL} + \left(Y_{ii'KL} \times S_{ijKL}\right) \quad \forall i, \forall j \tag{4.6}$$

4.4.4 สร้างสมการข้อจำกัด

4.4.4.1 ด้านผลิตภัณฑ์

ยาเพียงชนิดเดียว และรุ่นการผลิตเดียวเท่านั้นที่สามารถผลิตที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิต l

$$\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} X_{ijkl} = 1 \quad \forall k, \forall l \tag{4.7}$$

ยา i รุ่นการผลิตที่ j บนขั้นตอนการผลิต l สามารถถูกมอบหมายไปที่ลำดับ k ใดๆได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

$$\sum_{k=1}^{K} X_{ijkl} = 1 \forall i, \forall j, \forall l \tag{4.8}$$

ตัวแปรตัดสินใจทุกตัวเป็น binary integer

$$X_{ijkl}, Y_{ii'kl} \in \{0,1\} \tag{4.9}$$

4.4.4.2 ด้านเวลา

เวลาเริ่มต้นของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับแรก บนขั้นตอนการผลิตแรก เท่ากับ ศูนย์

$$St_{ij11} = 0 \quad \forall i, \forall j \tag{4.10}$$

เวลาเริ่มต้นของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับแรก บนขั้นตอนการผลิต l เท่ากับ เวลาจบงานของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับแรก บนขั้นตอนการผลิตก่อนหน้า

$$St_{ij1l} = E_{ij1(l-1)} \quad \forall i, \forall j, l = 2,3,\ldots,L \tag{4.11}$$

เวลาเริ่มต้นของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k บนขั้นตอนการผลิตแรก จะเท่ากับเวลาที่ช้าที่สุดระหว่าง เวลารวมในการผลิตของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับก่อนหน้า บนขั้นตอนการผลิตแรก หรือ เวลารวมในการผลิตของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับก่อนหน้า บนขั้นตอนการผลิตที่ 2 ลบออกจากเวลาในการผลิตของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k บนขั้นตอนการผลิตแรก กับระยะเวลาสูงสุดในการทิ้งยาของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k บนขั้นตอนการผลิตแรก

$$St_{ijk1} = \max\left[C_{ij(k-1)1}, \{C_{ij(k-1)2} - (P_{ijk1} \times X_{ijk1}) - (H_{ijk1} \times X_{ijk1})\}\right]$$
$$\forall i, \forall j, k = 2, 3,\ldots,K \tag{4.12}$$

เวลาเริ่มต้นของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิตที่ 2 จะเท่ากับเวลาที่ช้าที่สุดระหว่างเวลารวมในการผลิตของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับก่อนหน้า บนขั้นตอนการผลิตที่ 2 หรือเวลาจบงานของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับเดียวกัน บนขั้นตอนการผลิตที่ 1 หรือเวลารวมในการผลิตของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับที่ k ก่อนหน้า บนขั้นตอนการผลิตที่ 3 ลบออกจากเวลาในการผลิตของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k บนขั้นตอนการผลิตที่ 2 กับระยะเวลาสูงสุดในการทิ้งยาของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k บนขั้นตอนการผลิตที่ 2

$$St_{ijk2} = \max\left[C_{ij(k-1)2}, E_{ijk1}, \{C_{ij(k-1)3} - (P_{ijk2} \times X_{ijk2}) - (H_{ijk2} \times X_{ijk2})\}\right]$$

$$\forall i, \forall j, k = 2,3,\ldots,K \qquad (4.13)$$

เวลาเริ่มต้นของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k บนขั้นตอนการผลิตที่ l จะเท่ากับเวลาที่ช้าที่สุด ระหว่างเวลารวมในการผลิตยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k ก่อนหน้า บนขั้นตอนการผลิตที่ l หรือ เวลาจบงานของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k เดียวกัน บนขั้นตอนการผลิตก่อนหน้า

$$St_{ijkl} = \max\left[C_{ij(k-1)l}, E_{ijk(l-1)}\right] \qquad \forall i, \forall j, k = 2,3,\ldots,K, l = 3,\ldots,L \qquad (4.14)$$

เวลาจบงานของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k บนขั้นตอนการผลิตที่ l เท่ากับผลรวมของเวลาเริ่มต้นของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k บนขั้นตอนการผลิตที่ l กับเวลาในการทำงานของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k ก่อนหน้า บนขั้นตอนการผลิตที่ l

$$E_{ijkl} = St_{ijkl} + (P_{ijkl} \times X_{ijkl}) \qquad \forall i, \forall j, \forall k, \forall l \qquad (4.15)$$

เวลาในการทำงานรวมของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k บนขั้นตอนการผลิตที่ l เท่ากับผลรวมของเวลาจบงานของยา i รุ่นการผลิตที่ j ที่ลำดับ k บนขั้นตอนการผลิตที่ l กับเวลาในการทำความสะอาดเครื่องเมื่อเปลี่ยนจากยา i เป็น i' ที่ลำดับที่ k บนขั้นตอนการผลิตที่ l

$$C_{ijkl} = E_{ijkl} + (S_{ijkl} \times Y_{ii'kl}) \qquad \forall i, \forall j, \forall k, \ l=1,2,\ldots,L-1 \qquad (4.16)$$

4.5 สรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้กล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัย โดยการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาเป็นแบบ 0-1 (Binary Programming) ในรูปแบบทั่วไป (General Form) ส่วนในบทถัดไป เป็นการหาคำตอบที่เหมาะสมของสมการ โดยใช้โปรแกรม Excel Premium Solver (Platform Version 12.5) ในการหาคำตอบของสมการ พร้อมทั้งประยุกต์ใช้ในงานจริงด้วย