

บทที่ 4

การจำลองสถานการณ์

4.1 การกำหนดรูปแบบปัญหา (Problem Formulation)

เนื่องจากสายการผลิตได้เบเกอร์ในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา ต้องดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของลูกค้า โดยใช้ทรัพยากรการผลิตเดิมที่มีอยู่อย่างจำกัด ส่งผลให้เกิดปัญหาการกระจุกตัวของงาน การว่างงานในบางกระบวนการ ซึ่งสะท้อนถึงการวางแผนทรัพยากรการผลิตที่ไม่เหมาะสม และ ยังพบการไหลที่ไม่ต่อเนื่องของกระบวนการ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวเพื่อใช้เป็นตัวแทนปัญหา ที่เกิดขึ้นทั้งหมด เนื่องจากได้พิจารณาแล้วว่าปัญหาที่กล่าวมานั้น สามารถครอบคลุมปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นได้

4.2 การกำหนดจุดมุ่งหมาย และวางแผน (Set Objective & Overall Planning)

4.2.1 จุดมุ่งหมาย

1. เพื่อสร้างแบบจำลองของสายการผลิตได้เบเกอร์ในปัจจุบัน เพื่อใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดย สามารถเห็นภาพปัญหาได้อย่างชัดเจน และถูกต้องยิ่งขึ้น
2. เพื่อสร้างแบบจำลองของสายการผลิตได้เบเกอร์ที่ได้ปรับปรุงแล้ว โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการสูญเสีย การใช้ทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพ และสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตได้ โดยเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงที่ได้โดยไม่จำเป็นต้องทำการทดลองในสายการผลิตจริง

4.2.2 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของการดำเนินงานวิจัยนี้ ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการแรกของการผลิต คือ การปั่นผสม จนถึงกระบวนการสุดท้าย คือ การบรรจุกล่อง ในสายการผลิตได้เบเกอร์ในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

4.2.3 ข้อจำกัด

เนื่องจากต้องการให้การจำลองสถานการณ์ให้ผลที่ชัดเจน และสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ง่ายขึ้น จึงมีการกำหนดข้อจำกัดต่างๆ ซึ่งเป็นสภาวะ เดียวกันกับที่เกิดขึ้นใน

สายการผลิตจริง เพื่อใช้เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลอง กับค่าที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานจริง โดยข้อจำกัดต่างๆ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. กำหนดให้พนักงาน และเครื่องจักรประเภทเดียวกัน มีความสามารถในการผลิตเหมือนกัน
2. กำหนดให้พนักงานทุกคนเริ่มปฏิบัติงานพร้อมกัน โดยในสายการผลิตได้เบเกอร์ มีการวางแผนการผลิตประจำวัน ทั้งในเรื่องชนิดและปริมาณของไส้เบเกอร์ที่ ลูกค้าต้องการ รวมทั้งมีการเตรียมการผลิตบางส่วนไว้ล่วงหน้าแล้ว คือ การจัดเตรียมวัตถุดิบ และบรรจุภัณฑ์
3. เวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ 1 รอบการผลิต คือ 1 วัน หรือ ชั่วโมงการปฏิบัติงาน 6.65 ชั่วโมง
4. ไม่พบงานเสียระหว่างกระบวนการผลิต
5. สำหรับสายการผลิตก่อนการปรับปรุงนั้น สถานงานที่ 1 การปันผสม จะต้องส่งงานต่อไปยัง 3 สายการผลิตถัดไป ที่ สถานงานที่ 2 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ของแต่ละสายการผลิต
6. %Yield ของแต่ละสายการผลิตเท่ากับ 80%
7. ระยะห่างระหว่างเครื่องจักร หรือสถานงานมีน้อยมาก ซึ่งพนักงานสามารถเอื้อมหรือหันตัวเพื่อปฏิบัติงานได้ จึงไม่ได้นำมาคิดคำนวณด้วย

4.3 การเก็บข้อมูล (Data Collection)

ข้อมูลเวลาในการปฏิบัติงานในแต่ละกระบวนการ ได้จากการจับเวลาในแต่ละงานย่อยต่อการปฏิบัติงานแต่ละชิ้นงาน โดยคำนึงถึง จำนวนข้อมูลที่ให้ค่าความเชื่อมั่นตามที่กำหนด จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาเวลามาตรฐาน โดยผ่านการคำนวณด้านค่าปรับอัตราความเร็ว และเวลาเผื่อการทำงาน ซึ่งได้ผลลัพธ์เป็นค่าเฉลี่ยตัวแทนสำหรับวิเคราะห์ด้วยตัวแบบจำลอง เพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

นอกจากนี้ ยังมีการทดสอบข้อมูลเวลาในด้านสถิติ และหาลักษณะการกระจายของข้อมูล เพื่อนำไป ใช้วิเคราะห์ในแบบจำลองต่อไป ทั้งนี้ เพื่อให้ผลที่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริงมากที่สุด

4.4 การสร้างตัวแบบจำลอง (Model Building)

การสร้างตัวแบบจำลองด้วยโปรแกรมโปรโมเดล มีส่วนประกอบ ดังนี้

4.4.1 Location

การกำหนดโลเคชัน (Location) ของตัวแบบจำลองเพื่อให้เอ็นทิตีหรือสิ่งที่เข้ามาในระบบถูกส่งไปตามกระบวนการผลิต โดยผ่านสถานี่งาน ตั้งแต่ต้นจนถึงปลายทางที่สถานีสุดท้าย สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.1 ถึง 4.2

Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	State	Rules...	Notes...
✖	S1_Mix	240	1	None	Time Set Oldest		
	Loc1_1	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc1_2	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Loc1_3	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
✖	S2A_Heat	1	1	None	Time Set Oldest		
✖	S2B_Heat	1	1	None	Time Set Oldest		
✖	S2C_Heat	1	1	None	Time Set Oldest		
	Loc2_1	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc2_2	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc2_3	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Buf_S3A	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Buf_S3B	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Buf_S3C	INF	1	None	Time Set Oldest		
	S3A_BagPrepare	1	1	None	Time Set Oldest		
	S3B_BagPrepare	1	1	None	Time Set Oldest		
	S3C_BagPrepare	1	1	None	Time Set Oldest		
	Loc3_1	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc3_2	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc3_3	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Buf_S4A	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Buf_S4B	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Buf_S4C	INF	1	None	Time Set Oldest		
	S4A_Fill	1	1	None	Time Set Oldest		
	S4B_Fill	1	1	None	Time Set Oldest		
	S4C_Fill	1	1	None	Time Set Oldest		
	Loc4_1	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc4_2	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc4_3	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Buf_S5A	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Buf_S5B	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Buf_S5C	INF	1	None	Time Set Oldest		
	S5A_Seal	1	1	None	Time Set Oldest		
	S5B_Seal	1	1	None	Time Set Oldest		
	S5C_Seal	1	1	None	Time Set Oldest		
	Loc5_1	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc5_2	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		

ภาพที่ 4.1

ตัวอย่างการกำหนดโลเคชัน

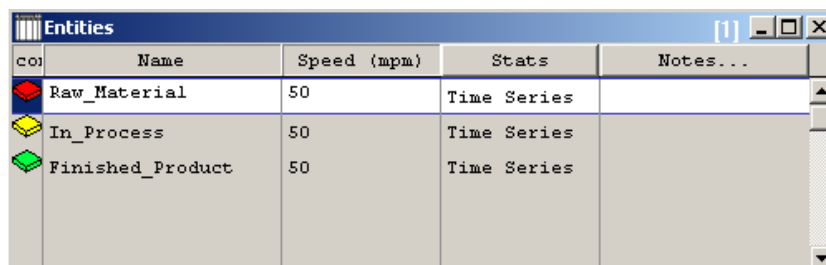
Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	State	Rules...	Notes...
	Loc5_3	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Buf_S6A	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Buf_S6B	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Buf_S6C	INF	1	None	Time Set Oldest		
	S6A_Code	1	1	None	Time Set Oldest		
	S6B_Code	1	1	None	Time Set Oldest		
	S6C_Code	1	1	None	Time Set Oldest		
	Loc7_1	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc7_2	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc7_3	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Buf_S7A	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Buf_S7B	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Buf_S7C	INF	1	None	Time Set Oldest		
	S7A_Pack	1	1	None	Time Set Oldest		
	S7B_Pack	1	1	None	Time Set Oldest		
	S7C_Pack	1	1	None	Time Set Oldest		
	Loc9_1	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc9_2	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Loc9_3	INF	1	None	Time Set Oldest, FIFO		
	Pallet_A	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Pallet_B	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Pallet_C	INF	1	None	Time Set Oldest		
	Finished_Good	INF	1	None	Time Set Oldest		
	WIP_S1	1	1	None	Time Set Oldest		
	WIP2	1	1	None	Time Set Oldest		
	WIP3	1	1	None	Time Set Oldest		
	WIP4	1	1	None	Time Set Oldest		
	WIP5	1	1	None	Time Set Oldest		
	WIP6	1	1	None	Time Set Oldest		
	WIP7	1	1	None	Time Set Oldest		
	Current	1	1	None	Time Set Oldest		
	Total	1	1	None	Time Set Oldest		
	Loc6	1	1	None	Time Set Oldest		
	Loc8	1	1	None	Time Set Oldest		
	A	1	1	None	Time Set Oldest		
	_B	1	1	None	Time Set Oldest		
	_C	1	1	None	Time Set Oldest		

ภาพที่ 4.2

ตัวอย่างการกำหนดโลเคชัน (ต่อ)

4.4.2 Entities

การกำหนดเอนทิตีหรือสิ่งที่เข้ามาในระบบ (Entities) ของตัวแบบจำลอง เพื่อแสดงถึงสิ่งที่กำลังถูกดำเนินการอยู่ในระบบ โดยรวมตั้งแต่วัตถุดิบ งานค้างระหว่างกระบวนการ (Work in Process) และผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จแล้ว สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.3



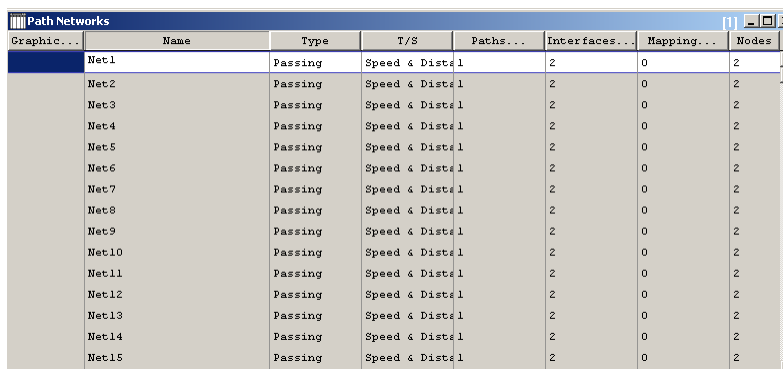
	Name	Speed (mpm)	Stats	Notes...
	Raw_Material	50	Time Series	
	In_Process	50	Time Series	
	Finished_Product	50	Time Series	

ภาพที่ 4.3

ตัวอย่างการกำหนดเอนทิตี

4.4.3 Path Networks

การกำหนดพาธเน็ตเวิร์ก (Part Networks) ของตัวแบบจำลอง เพื่อเป็นเส้นทางผ่านที่เป็นไปได้ของทรัพยากรในระบบ โดยต้องมีการพิจารณาว่า ในระบบนั้นมีทรัพยากรอะไรบ้าง เส้นทางมีลักษณะอย่างไร จำนวนเส้นทางในระบบ เป็นเท่าไร ซึ่งพาธเน็ตเวิร์กของตัวแบบจำลองในงานวิจัยนี้ เป็นเส้นทางของทรัพยากรประเภทพนักงานซึ่งปฏิบัติงานในสายการผลิต โดยสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.4



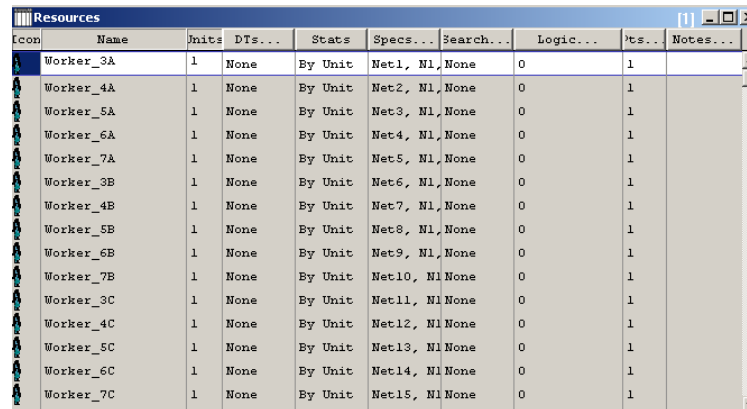
	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	Net1	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net2	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net3	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net4	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net5	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net6	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net7	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net8	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net9	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net10	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net11	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net12	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net13	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net14	Passing	Speed & Distal	2	0	2	
	Net15	Passing	Speed & Distal	2	0	2	

ภาพที่ 4.4

ตัวอย่างการกำหนดพาธเน็ตเวิร์ก

4.4.4 Resources

การกำหนดทรัพยากร (Resources) ของตัวแบบจำลอง เพื่อเป็นสิ่งที่จะถูก เรียกใช้ ในระบบ ซึ่งได้แก่ พนักงานประจำของแต่ละสถานงาน สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.5



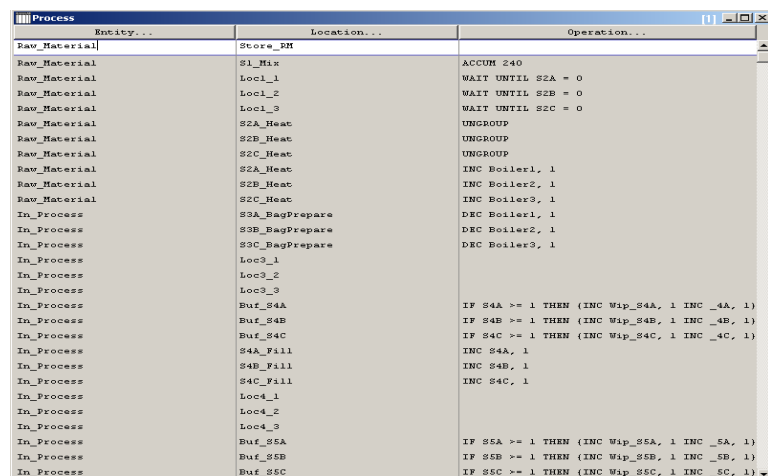
Icon	Name	Units	Dts...	Status	Specs...	Search...	Logic...	ts...	Notes...
	Worker_3A	1	None	By Unit	Net1, N1, None	0		1	
	Worker_4A	1	None	By Unit	Net2, N1, None	0		1	
	Worker_5A	1	None	By Unit	Net3, N1, None	0		1	
	Worker_6A	1	None	By Unit	Net4, N1, None	0		1	
	Worker_7A	1	None	By Unit	Net5, N1, None	0		1	
	Worker_3B	1	None	By Unit	Net6, N1, None	0		1	
	Worker_4B	1	None	By Unit	Net7, N1, None	0		1	
	Worker_5B	1	None	By Unit	Net8, N1, None	0		1	
	Worker_6B	1	None	By Unit	Net9, N1, None	0		1	
	Worker_7B	1	None	By Unit	Net10, N1, None	0		1	
	Worker_3C	1	None	By Unit	Net11, N1, None	0		1	
	Worker_4C	1	None	By Unit	Net12, N1, None	0		1	
	Worker_5C	1	None	By Unit	Net13, N1, None	0		1	
	Worker_6C	1	None	By Unit	Net14, N1, None	0		1	
	Worker_7C	1	None	By Unit	Net15, N1, None	0		1	

ภาพที่ 4.5

ตัวอย่างการกำหนดทรัพยากร

4.4.5 Processing

เป็นตัวกำหนดลำดับการดำเนินการ และตรรกะของเอ็นทิตีที่ ระหว่างการไหลในแต ละโลเคชั่น โดยบอกถึงเงื่อนไขของเส้นทางด้วย ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 4.6



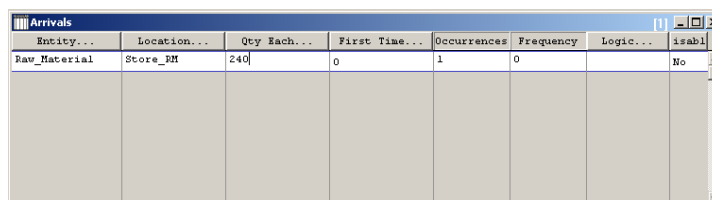
Entity...	Location...	Operation...
Raw_Material	Store_PM	ACCUM 240
Raw_Material	Loc1_1	WAIT UNTIL S2A = 0
Raw_Material	Loc1_2	WAIT UNTIL S2B = 0
Raw_Material	Loc1_3	WAIT UNTIL S2C = 0
Raw_Material	S2A_Heat	UNGROUP
Raw_Material	S2B_Heat	UNGROUP
Raw_Material	S2C_Heat	UNGROUP
Raw_Material	S2A_Heat	INC Boiler1, 1
Raw_Material	S2B_Heat	INC Boiler2, 1
Raw_Material	S2C_Heat	INC Boiler3, 1
In_Process	S3A_BagPrepare	DEC Boiler1, 1
In_Process	S3B_BagPrepare	DEC Boiler2, 1
In_Process	S3C_BagPrepare	DEC Boiler3, 1
In_Process	Loc3_1	
In_Process	Loc3_2	
In_Process	Loc3_3	
In_Process	Buf_S4A	IF S4A >= 1 THEN (INC Wip_S4A, 1 INC _4A, 1)
In_Process	Buf_S4B	IF S4B >= 1 THEN (INC Wip_S4B, 1 INC _4B, 1)
In_Process	Buf_S4C	IF S4C >= 1 THEN (INC Wip_S4C, 1 INC _4C, 1)
In_Process	S4A_Fill	INC S4A, 1
In_Process	S4B_Fill	INC S4B, 1
In_Process	S4C_Fill	INC S4C, 1
In_Process	Loc4_1	
In_Process	Loc4_2	
In_Process	Loc4_3	
In_Process	Buf_S5A	IF S5A >= 1 THEN (INC Wip_S5A, 1 INC _5A, 1)
In_Process	Buf_S5B	IF S5B >= 1 THEN (INC Wip_S5B, 1 INC _5B, 1)
In_Process	Buf_S5C	IF S5C >= 1 THEN (INC Wip_S5C, 1 INC _5C, 1)

ภาพที่ 4.6

ตัวอย่างการกำหนดลำดับการดำเนินการ

4.4.6 Arrivals

เป็นตัวกำหนดการเข้ามาของสิ่งใหม่ หรือวัตถุใหม่สู่ระบบ ซึ่งก็คือ เอ็นทิตีในระบบนั่นเอง โดยกำหนด ปริมาณการเข้ามาในแต่ละครั้ง ความถี่ในการเข้ามา ซึ่งในแบบจำลองนี้ ได้กำหนดให้เอ็นทิตีที่เข้าสู่ระบบที่จุดเริ่มต้นของการจำลองสถานการณ์ แสดงได้ดังภาพที่ 4.7



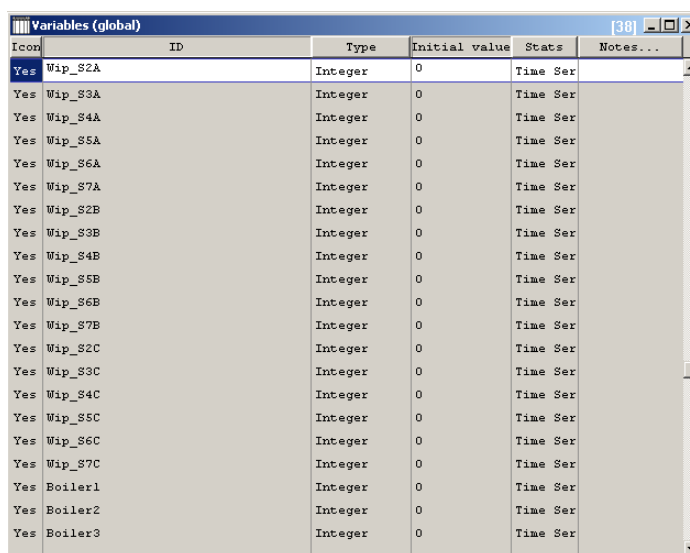
Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	Isabl...
Raw_Material	Store_RM	240	0	1	0		No

ภาพที่ 4.7

ตัวอย่างการกำหนดการเข้ามาของสิ่งใหม่

4.4.7 Variables

เป็นตัวแปร หรือค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ เพื่อใช้แสดงค่าตามคำสั่ง หรือสมการที่กำหนดขึ้น เพื่อประโยชน์ในการทำงานของโปรแกรม แสดงได้ดังภาพที่ 4.8



Icon	ID	Type	Initial value	Stats	Notes...
Yes	Wip_S2A	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S3A	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S4A	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S5A	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S6A	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S7A	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S2B	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S3B	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S4B	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S5B	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S6B	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S7B	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S2C	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S3C	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S4C	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S5C	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S6C	Integer	0	Time Ser	
Yes	Wip_S7C	Integer	0	Time Ser	
Yes	Boiler1	Integer	0	Time Ser	
Yes	Boiler2	Integer	0	Time Ser	
Yes	Boiler3	Integer	0	Time Ser	

ภาพที่ 4.8

ตัวอย่างการกำหนดตัวแปร

4.5 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Model Verification)

เป็นขั้นตอนการตรวจสอบว่า โปรแกรมสามารถทำงานได้หรือไม่ โดยการให้โปรแกรมทำงานที่ให้ปริมาณงานต่างๆ กัน และพิจารณาเวลาการทำงาน ที่ได้ เปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากการปฏิบัติงานจริง

จากสายการผลิตไส้เบเกอร์ในปัจจุบัน สถานีงานที่ใช้เวลาในการปฏิบัติงานมากที่สุด (Cycle Time) คือ สถานีงานที่ 2 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Heating) ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ 9 วินาที / ชิ้น และตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ว่าปริมาณการผลิตเป็น 240 ชิ้น / รุ่น (Batch) / สายการผลิต แต่เนื่องจากชิ้นงานชิ้นแรกจะออกจากสถานีงานที่ 2 สู่สถานีงานที่ 3 ต่อไปได้ จะต้องรอจนกระทั่งชิ้นงานสุดท้ายของ Batch (ชิ้นที่ 240) เสร็จสิ้นกระบวนการในสถานีนี้ก่อน นั่นคือ รอจนกระทั่งครบ 36 นาที แล้วชิ้นงานทั้ง 240 ชิ้น จะออกไปสู่สถานีงานถัดไป ดังนั้น เวลาที่มากที่สุดของสถานีต่อไป จึงมีผลต่อเวลาการทำงานทั้งหมดแทน ซึ่งในที่นี้คือ เวลาที่ใช้ในสถานีงานที่ 5 การปิดผนึก (Sealing) ใช้เวลา 6.29 วินาที / ชิ้น ดังนั้น การคำนวณหาเวลาการทำงานที่ใช้ทั้งหมดในการผลิตที่ปริมาณต่างๆ กัน เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เวลาที่ใช้ในการผลิต} &= \text{เวลาที่งานชิ้นแรกทำเสร็จสิ้นกระบวนการตั้งแต่สถานีงานที่ 1 ถึง 7} + \\ &\quad (\text{จำนวนชิ้นงานที่เหลือรอเข้าทำงาน} \times \text{เวลาของสถานีงานที่มากที่สุด}) \end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานจำนวน 240 ชิ้น และเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิตดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 ทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เวลาที่งานชิ้นแรกทำเสร็จสิ้นกระบวนการ} &= 600 + 2160 + \dots + 1.53 \\ &= 3146.26 \text{ sec.} \\ \text{จำนวนชิ้นงานที่เหลือรอเข้าทำงาน} &= 239 \text{ ชิ้น} \\ \text{เวลาของสถานีงานที่มากที่สุด (Sealing)} &= 6.29 \text{ sec.} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{เวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด สำหรับ 240 ชิ้น} &= 3146.26 + (239 \times 6.29) \\ &= 141.23 \text{ min.} \end{aligned}$$

จากผลการคำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิตจำนวนชิ้นงานที่ต่างกัน ทำให้การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมกระทำโดยการกำหนดจำนวนชิ้นงานที่ต้องการผลิต ไว้ 12 ลักษณะ ซึ่งได้ผลแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

จำนวนชิ้นงานที่ต้องการผลิต (ชิ้น)	เวลาที่ใช้ในการผลิต ที่ได้จากการ คำนวณ (นาทีก)	เวลาที่ใช้ในการผลิต ที่ได้จากการ ทำงานของโปรแกรม(นาทีก)
240	141.23	141.23
480	156.23	156.23
720	171.23	171.23
960	239.80	239.80
1200	254.80	254.80
1440	269.80	269.80
1680	338.38	338.38
1920	353.38	353.38
2160	368.38	368.38
2400	436.96	436.96
2640	451.96	451.96
2880	466.96	466.96

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยกำหนดให้มีการผลิตจำนวนชิ้นงานที่ต่างกัน 12 ลักษณะ แล้วพิจารณาเวลา ที่ใช้ในการผลิต โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม และค่าที่ได้จากการ คำนวณ (ภาคผนวก ค) ซึ่งอ้างอิงจากการปฏิบัติงานจริงนั้นค่าเท่ากัน แสดงว่า โปรแกรมมีความถูกต้อง จึงสามารถนำผลที่ได้จากการทำงานของโปรแกรมนี้นำไปใช้งานต่อไปได้

4.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation)

เป็นขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อแสดงถึง ความน่าเชื่อถือ และความสามารถในการให้ผลลัพธ์ได้ใกล้เคียงกับสายการผลิตจริงเพียงใด ซึ่งในที่นี้ ใช้การตรวจสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยในรูปแบบของการกระจาย โดยให้โปรแกรมทำงานทั้งหมด 30 รอบ ซึ่ง การสั่งให้โปรแกรมทำงานจำนวนกี่รอบนั้น สามารถ คำนวณได้จากสมการในทฤษฎีที่

เกี่ยวข้องกับการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ หัวข้อ 2.4.3 ขนาดของตัวอย่างในการจำลองสถานการณ์ (Simulation Replication) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- ขนาดตัวอย่างของการทำโปรแกรมซ้ำ คือ 30 ตัวอย่าง ($n = 30$)
- กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งจะได้ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

4.6.1 การประมาณประสิทธิภาพของข้อมูล

จากสมการ 2.15 และ 2.16 ดังต่อไปนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

X_i ในที่นี้ หมายถึง เวลาการทำงานของแต่ละสถานีงาน

$\bar{X}$ ในที่นี้ หมายถึง เวลาเฉลี่ยของการทำงานของแต่ละสถานีงาน

s ในที่นี้ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนของเวลาการทำงานของแต่ละสถานี

จากการคำนวณตามสมการข้างต้น จะได้ค่าเฉลี่ยของการทำงาน $\bar{X} = 3.65$ วินาที และค่าความเบี่ยงเบน $s = 1.79$ วินาที

และจากสมการ 2.17 ดังนี้

$$hw = \frac{(t_{n-1, \alpha/2})s}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ $t_{n-1, \alpha/2}$ สามารถเปิดค่าได้จากตาราง T-Distribution (ภาคผนวก จ) ที่ Degree of Freedom $n-1$ และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ จะได้

$$hw = \frac{(t_{30-1, 0.05/2})1.79}{\sqrt{30}} \text{ จากตารางในภาคผนวก จ ได้ค่า } t_{29, 0.025} = 2.045$$

$$hw = \frac{(2.045)1.79}{\sqrt{30}}$$

จะได้

$$hw = 0.6683 \approx 0.67$$

$$\text{Lower Limit} = 3.65 - 0.67 = 2.98 \text{ วินาที}$$

$$\text{Upper Limit} = 3.65 + 0.67 = 4.32 \text{ วินาที}$$

ดังนั้น ค่ากลางของประชากรที่ไม่ทราบค่า μ ควรอยู่ในช่วง 2.98 – 4.32 วินาที นั่นหมายถึง ใช้เวลาการทำงานเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.98 – 4.32 วินาที ซึ่งแสดงว่าเวลาของ Cycle Time ที่ให้ถึง 6.29 วินาทีนั้นมากเกินไป ในการปรับปรุงการทำงานจึงสามารถลดเวลาของ Cycle Time ลงได้อีก หรือเพิ่มการปฏิบัติงานของพนักงานให้สูงขึ้นได้

4.6.2 การหาจำนวนรอบสำหรับการจำลองสถานการณ์

- ขนาดตัวอย่างของการทำโปรแกรมซ้ำ คือ 30 ตัวอย่าง ($n = 30$)

- กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งจะได้ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
- หากกำหนดค่า $e = 1$ จากสมมติฐาน $e = hw$

จากสมการ 2.19 จะได้

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})S}{e} \right]^2$$

$$n' = \left[\frac{(Z_{0.025})1.79}{1} \right]^2 \quad \text{ค่า } Z_{0.025} \text{ ได้จากตาราง Z-Distribution}$$

$$n' = \left[\frac{(1.96)1.79}{1} \right]^2 \quad \text{ในภาคผนวก จ}$$

จะได้

$$n' = 12.31 \approx 13$$

ดังนั้น จากผลการคำนวณที่ได้ แสดงให้เห็นว่าการทำโปรแกรมซ้ำ 30 รอบนั้น

เพียงพอต่อการจำลองสถานการณ์ โดย 1 รอบของการจำลอง สถานการณ์เท่ากับ การกำหนดให้ผลิตชิ้นงานจำนวน 720 ชิ้น (3 Batch) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ เวลาการทำงาน จริงที่ใช้ในการผลิต จะเท่ากับ 171 นาที (μ_0) จากนั้น นำเวลาที่ใช้ในการทำงานที่ได้จากการจำลองสถานการณ์มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยประชากรชุดเดียว ใน กรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร ได้ ดังนี้

$$H_0 : \mu_0 = 171$$

$$H_1 : \mu_0 \neq 171$$

กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ และใช้ค่าจากตาราง Z-Distribution (ภาคผนวก จ) เนื่องจากเป็นการประมาณอย่างหยาบ ซึ่งใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับกลุ่มตัวอย่างแทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับประชากร และไม่ทราบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับประชากรที่แท้จริง

ขอบเขตวิกฤต คือ $Z_{\alpha/2}$ และ $Z_{1-\alpha/2}$ ซึ่งจะได้ว่า $Z_{0.025} = -1.96$ และ $Z_{0.975} = 1.96$

จาก

$$Z_0 = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

$\bar{x}$ ในที่นี้ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากการรันโปรแกรม

μ_0 ในที่นี้ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานจริง

S ในที่นี้ หมายถึง ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลลัพธ์ที่ได้จากการรันโปรแกรม

n ในที่นี้ หมายถึง จำนวนครั้งในการรันโปรแกรม

ผลลัพธ์จากการรันโปรแกรมจำนวน 30 รอบ (ภาคผนวก ง) จะได้ $\bar{X} = 171.22$ นาที,

$$S = 0.71$$

จะได้

$$Z_0 = \frac{171.22 - 171}{0.71 / \sqrt{30}}$$

$$Z_0 = 1.69$$

สามารถสรุปได้ว่า $Z_{0.025} < Z_0 < Z_{0.975}$ หรือ $-1.96 < 1.69 < 1.96$

ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรืออาจกล่าวได้ว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการผลิตในหนึ่งวันจากแบบจำลองนั้น มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการผลิตในหนึ่งวันของการผลิตจริง นั่นแสดงว่า เรา สามารถใช้ผลของการจำลองสถานการณ์แทนผลของสายการผลิตจริงได้

นอกจากนี้ผลของค่า Z ยังทำให้ทราบอีกว่า ช่วงของค่าเวลาที่ใช้ในการผลิตที่ได้เฉลี่ยจะต้องอยู่ในช่วงใด โดยคำนวณได้จากสมการ

$$Z_0 = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

และจากข้อมูลข้างต้น $\mu_0 = 171$, $s = 0.71$, $n = 30$ และค่า Z_0 อยู่ในช่วง -1.96 ถึง 1.96 นั้น ดังนั้น เมื่อนำค่า -1.96 และ 1.96 ไปแทนค่า Z_0 ในสมการ จะได้ว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตที่ได้ควรอยู่ในช่วง $170.75 < \text{เวลาที่ใช้ในการผลิต} < 171.25$ นาที