บทที่ 5

การออกแบบและจัดวางระบบกึ่งอัตโนมัติ

5.1 สมมติฐานและเกณฑ์ที่กำหนด

จากการพิจารณาถึงข้อเด่นและข้อด้อยของสายการผลิตทั้งสองแบบนี้ จะสามารถแบ่งออกเป็นตัวแปรที่มีผลในการเปรียบเทียบและตัวแปรที่ไม่มีผลต่อการตัดสินใจ โดยมีสมมติฐานดังนี้

5.1.1 ตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจได้แก่ ต้นทุน , ปริมาณการผลิตสูงสุด, คุณภาพของงาน และความต่อเนื่องของสายการผลิตหรือการทำ Line Balancing

5.1.2 ตัวแปรอื่น ๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้ว จะถือว่าไม่มีนัยสำคัญที่จะนำมาพิจารณา เช่น ความปลอดภัยของแต่ละสถานีการทำงาน หรือ ความพึงพอใจของลูกค้าสำหรับการผลิต แบบ Automation เป็นต้น

5.2 การสร้างเกณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจ

5.2.1 ขั้นตอนการสร้างโครงสร้างปัญหา

1. สัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในโรงงานเพื่อรวบรวมข้อมูลในด้านวัตถุประสงค์ และเกณฑ์ตัดสินใจ
2. นำข้อมูลที่ได้มากำหนดวิเคราะห์และจัดกลุ่มให้เป็นไปตามคุณสมบัติที่พึงประสงค์ของการตัดสินใจหลากเกณฑ์

5.2.2 ขั้นตอนการหาน้ำหนักความสำคัญ

ใช้วิธีการหาน้ำหนักความสำคัญโดยการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆโดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้นเพื่อไปสัมภาษณ์ผู้ที่อยู่ในโรงงานตัวอย่าง แล้วใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EXPERT CHOICE ในการหาน้ำหนักความสำคัญและอัตราความไม่สอดคล้องของข้อมูลที่ได้ของแต่ละคน แล้วนำน้ำหนักความสำคัญที่ได้มาหาค่าที่เป็นตัวแทนของกลุ่ม โดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก โดยให้น้ำหนักความสำคัญของผู้ให้สัมภาณ์แต่ละคนต่างกันไปตามประสบการณ์และหน้าที่รับผิดชอบ

5.2.3 น้ำหนักของเกณฑ์ที่ได้และจำนวนตัวอย่าง

การหาน้ำหนักความสำคัญ และเกณฑ์ตัดสินใจปัญหาของโรงงานตัวอย่างนี้ทำโดยการสัมภาษณ์ผู้ที่อยู่ในโรงงานด้วยแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเพื่อหาน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ ดังแสดงในภาคผนวก ง. จากการสัมภาษณ์ทั้งหมด 20 คน

การสัมภาษณ์เริ่มจากการอธิบายให้ผู้ถูกสัมภาษณ์เข้าใจถึงหลักการเปรียบเทียบความสำคัญด้วยวิธีนี้โดยสังเขปและสอบถามเพื่อหาแนวโน้มของความคิดในการให้เปรียบเทียบความสำคัญเป็นคู่ ๆ ของผู้ถูกสัมภาษณ์ เพื่อเป็นข้อสังเกต หากข้อมูลชุดตัวเลขที่ได้จากการตอบแบบสอบถามมีอัตราไม่ความสอดคล้องที่ได้จากการวิเคราะห์ความไม่สอดคล้อง ในการหาน้ำหนักความสำคัญ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป EXPERT CHOICE เกิน 0.1 ให้ถามย้อนกลับเพื่อสอบถามการให้น้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบใหม่เพื่อยืนยันหรือเปลี่ยนแปลงตามแนวโน้มที่ได้จากการพูดคุยสนทนาข้างต้น

การเปลี่ยนแปลงต้องอยู่ภายใต้การยอมรับของผู้ถูกสัมภาษณ์ต้องระมัดระวังอย่างสูง เพื่อมิให้เป็นการชี้นำหรือบังคับ หากผู้ถูกสัมภาษณ์ยืนยันคำตอบเดิมที่มีอัตราความไม่สอดคล้องเกินที่ยอมรับได้ ก็ตัดข้อมูลชุดนั้นทิ้งไม่นำข้อมูลนั้นมาใช้ และต้องไปสัมภาษณ์ตัวอย่างข้อมูลเพิ่มใหม่จนได้ข้อมูลที่ครบ 20 ตัวอย่าง

ข้อมูลที่ได้ทั้งหมด 20 ข้อมูล นำมาหาน้ำหนักความสำคัญเฉลี่ยของกลุ่มได้ โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก โดยในกลุ่มนี้ให้ความสำคัญของบุคคลต่าง ๆ ซึ่งได้น้ำหนักความสำคัญและการคำนวณดังตารางในภาคผนวก ง.

จากข้อมูลของที่ได้จากการสัมภาษณ์จำนวน 20 ข้อมูลจะสามารถแยกเป็นกลุ่มย่อย 4 กลุ่ม ตามความตำแหน่งหน้าที่ได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มของผู้บริหารระดับสูงคือผู้จัดการฝ่ายผลิตประจำผลิตภัณฑ์รุ่นที่ใช้ศึกษานี้ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 4 ท่าน และมีข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ 2 ข้อมูล

กลุ่มที่ 2 กลุ่มของวิศวการหลาย ๆ ฝ่ายเช่นฝ่ายออกแบบ , ฝ่ายผลิต และวิศวกรคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นี้จำวนทั้งหมด 14 คน ซึ่งมีข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ 6 ข้อมูล

กลุ่มที่ 3 เป็นพนักงานสำนักงานที่ไม่ใช่วิศวกรเช่นฝ่ายขายและการตลาดและฝ่ายติดต่อประสานงานกับลูกค้าซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษานี้มีจำนวน 5 คน และ มีข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ 2 ข้อมูล

กลุ่มที่ 4 กลุ่มพนักงานฝ่ายผลิตและช่างเทคนิคที่อยู่ในสายการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่นที่กำลังศึกษานี้ มีข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ 10 ข้อมูลจากพนักงาน จำนวน 95 คน

5.3 การเลือกสถานีงานสำหรับระบบกึ่งอัตโนมัติ

การตัดสินใจ เลือกสถานีการผลิตในระบบ Semi – Automation นี้ จะมีทางเลือกสองทาง สำหรับแต่ละสถานีงานย่อยว่าจะเลือกใช้จากระบบ Manual หรือ ระบบ Automation โดยจะทำการให้คะแนน จากอัตราส่วนของทั้งสองแบบ ภายใต้เกณฑ์ที่พิจารณาซึ่งมีอยู่ 4 เกณฑ์ และคูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

การจัดวางระบบ Semi – Automation ของผลิตภัณฑ์ ST - 51080 เริ่มพิจารณาที่สถานีงาน 1A หรือ Install Bottom Pole จากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 4 ข้อ สามารถนำมาคำนวณหาอัตราส่วนได้ดังต่อไปนี้

1. เกณฑ์ทางด้าน Output

ระบบ Manual Line ที่ OPN M-1A สามารถผลิตชิ้นงานได้จำนวน 65 ชิ้นต่อชั่วโมง

ระบบ Automation Line ที่ OPN A-1A สามารถผลิตชิ้นงานได้ จำนวน 106 ชิ้นต่อชั่วโมง แต่มีเปอร์เซ็นต์ down time เกิดขึ้น ทำให้ % machine work เหลือเท่ากับ 89.58 % ดังนั้น จะสามารถผลิตชิ้นงานออกมาได้เท่ากับ (0.8958) (106) = 94.95 ชิ้นต่อชั่วโมง

ดังนั้น เมื่อคำนวณหาอัตราส่วนของ Output จากสองระบบนี้ จะได้ว่า ระบบ Automation จะมี Output มากกว่า = 95/65 = 1.46 เท่า ดังนั้นจะให้คะแนนระบบ Automation เป็น 1.46 และให้คะแนนระบบ Manual เป็น 1.0

2. เกณฑ์ทางด้านต้นทุน

ระบบ Manual Line จะมี ค่าเสื่อมราคา สำหรับ เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตเท่ากับ 6.50 U$ ต่อชั่วโมง และค่าแรงงานพนักงาน เท่ากับ 1.0 U$ ต่อชั่วโมง รวมแล้วเท่ากับ 7.5 U$ ต่อชั่วโมง ระบบ Automation Line จะมีค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร เท่ากับ 27.98 U$ ต่อชั่วโมง และอัตราส่วนของ Cost จากสองระบบนี้ จะได้อัตราส่วนที่ ระบบ Automation มีค่าใช้จ่ายสูงกว่า = 27.98/7.5 = 3.73 เท่า ซึ่งจะให้คะแนนระบบ Manual เป็น 3.73 และให้คะแนนระบบ Automation เป็น 1.0

ตารางที่ 5.1

แสดงทางเลือกสถานีงานของระบบ Semi - Automation

สำหรับผลิตภัณฑ์รุ่น ST-51080

สถานีการทำงาน	เกณฑ์ที่กำหนด	เปอร์เซ็นต์เกณฑ์	Manual Line		Automation Line	
			อัตราส่วนเปรียบเทียบ	น้ำหนักที่ได้	อัตราส่วนเปรียบเทียบ	น้ำหนักที่ได้
1A	ผลผลิต	0.34	1.00	0.34	1.46	0.50
	ต้นทุน	0.23	3.73	0.86	1.00	0.23
	คุณภาพ	0.31	1.00	0.31	1.02	0.32
	ความต่อเนื่อง	0.12	1.00	0.12	1.00	0.12
	รวมคะแนน	1		1.63		1.16
2B	ผลผลิต	0.34	1.00	0.34	0.98	0.33
	ต้นทุน	0.23	3.50	0.81	1.00	0.23
	คุณภาพ	0.31	1.00	0.31	1.02	0.32
	ความต่อเนื่อง	0.12	0.86	0.10	0.85	0.10
	รวมคะแนน	1		1.56		0.98
3C	ผลผลิต	0.34	1.00	0.34	2.03	0.69
	ต้นทุน	0.23	3.34	0.77	1.00	0.23
	คุณภาพ	0.31	1.00	0.31	1.02	0.32
	ความต่อเนื่อง	0.12	1.37	0.16	0.92	0.11
	รวมคะแนน	1		1.58		1.35
4D	ผลผลิต	0.34	1.00	0.34	1.98	0.67
	ต้นทุน	0.23	2.76	0.63	1.00	0.23
	คุณภาพ	0.31	1.00	0.31	1.02	0.32
	ความต่อเนื่อง	0.12	1.02	0.12	0.67	0.08
	รวมคะแนน	1		1.41		1.30
5E	ผลผลิต	0.34	1.00	0.34	4.03	1.37
	ต้นทุน	0.23	2.78	0.64	1.00	0.23
	คุณภาพ	0.31	1.00	0.31	1.02	0.32
	ความต่อเนื่อง	0.12	0.29	0.03	1.16	0.14
	รวมคะแนน	1		1.32		2.06

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

แสดงทางเลือกสถานีงานของระบบ Semi - Automation

สำหรับผลิตภัณฑ์รุ่น ST-51080

สถานีการทำงาน	เกณฑ์ที่กำหนด	เปอร์เซ็นต์เกณฑ์	Manual Line		Automation Line	
			อัตราส่วนเปรียบเทียบ	น้ำหนักที่ได้	อัตราส่วนเปรียบเทียบ	น้ำหนักที่ได้
6F	ผลผลิต	0.34	1.00	0.34	1.54	0.52
	ต้นทุน	0.23	4.46	1.03	1.00	0.23
	คุณภาพ	0.31	1.00	0.31	1.02	0.32
	ความต่อเนื่อง	0.12	0.69	0.08	0.36	0.04
	รวมคะแนน	1		1.76		1.11
7GH	ผลผลิต	0.34	1.00	0.34	2.00	0.68
	ต้นทุน	0.23	1.66	0.38	1.00	0.23
	คุณภาพ	0.31	1.00	0.31	1.02	0.32
	ความต่อเนื่อง	0.12	0.60	0.07	1.19	0.14
	รวมคะแนน	1		1.10		1.37
8I	ผลผลิต	0.34	1.00	0.34	1.64	0.56
	ต้นทุน	0.23	1.72	0.40	1.00	0.23
	คุณภาพ	0.31	1.00	0.31	1.02	0.32
	ความต่อเนื่อง	0.12	0.47	0.06	0.77	0.09
	รวมคะแนน	1		1.10		1.20
9JK	ผลผลิต	0.34	1.00	0.34	1.67	0.57
	ต้นทุน	0.23	2.10	0.48	1.00	0.23
	คุณภาพ	0.31	1.00	0.31	1.02	0.32
	ความต่อเนื่อง	0.12	1.37	0.16	0.76	0.09
	รวมคะแนน	1		1.30		1.21
10LM	ผลผลิต	0.34	1.00	0.34	2.28	0.78
	ต้นทุน	0.23	3.95	0.91	1.00	0.23
	คุณภาพ	0.31	1.00	0.31	1.02	0.32
	ความต่อเนื่อง	0.12	0.72	0.09	0.82	0.10
	รวมคะแนน	1		1.64		1.42

3. เกณฑ์ทางด้านคุณภาพ

เมื่อเสร็จสิ้นขบวนการผลิตในสายการประกอบที่ทำใน Cleanroom แล้ว ตัวชิ้นงาน (HDA) ก็จะผ่านเข้าสู่สายการทดสอบทางด้านต่าง ๆ ตามข้อกำหนดมาตรฐาน ซึ่งจะมีชิ้นงานบางส่วนที่เป็นของเสีย และจะใช้เปอร์เซ็นต์ของชิ้นงานที่ผ่านที่สายการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3.5 เป็นตัวเปรียบเทียบระหว่างสองระบบนี้ ซึ่งจะได้ว่า อัตราส่วนของเปอร์เซ็นต์นี้ระบบ Automation Line จะมีอัตราที่สูงกว่า = 91.15 / 89.36 = 1.02 เท่า ดังนั้นการให้คะแนนระบบ Automation จะเป็น 1.02 และให้คะแนนระบบ Manual เป็น 1.0

4. เกณฑ์ทางด้านความต่อเนื่องและสมดุลของสายการผลิต

จะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การว่างงานระหว่างสองสถานีงานที่ติดกันเช่นการจะเลือกสถานีการทำงานที่สองหรือ 2B จะต้องพิจารณาจากสถานีการทำงานก่อนหน้านี้คือ ที่ 1A ซึ่งที่ 1A ได้เลือกใช้แบบ Manual และมีกำลังการผลิตเป็น 65 ชิ้นต่อชั่วโมงต่อหนึ่งสถานีการทำงาน และจัดวางที่ 1A จำนวน 2 สถานี ดังนั้นจะได้กำลังการผลิตที่ 1A เท่ากับ 130 ชิ้นต่อชั่วโมง ในการเลือกสถานีการทำงานที่ B ถ้าใช้ระบบ Manual ก็จะได้กำลังการผลิตเท่ากับ 112 ชิ้นต่อชั่วโมงในขณะที่ถ้าใช้ Automation จะได้ชิ้นงานเท่ากับ 109.88 ชิ้น ซึ่งจะได้ว่า อัตราส่วนความต่อเนื่องที่สถานีการทำงาน 2B ของระบบ Manual Line เท่ากับ 112 / 130 = 0.86 ซึ่งจะเป็นคะแนนของระบบนี้ และอัตราส่วนความต่อเนื่องของระบบ Automation เท่ากับ 109.88 / 130 = 0.85 และก็จะเป็นคะแนนของระบบ Automation

สำหรับการเลือกสถานีการผลิตสำหรับ Model อื่น ๆ ได้แสดงไว้แล้วในภาคผนวก ง.

5.4 จำนวนผลผลิตสูงสุดและประสิทธิภาพของสายการผลิต

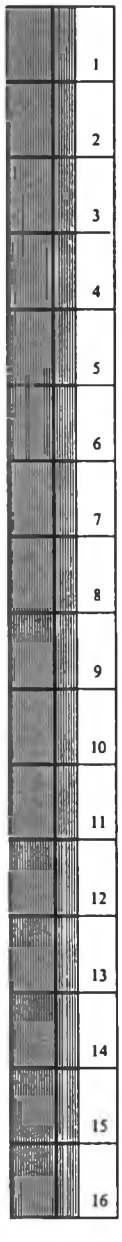
ในการคำนวณหาผลผลิตสูงสุด และประสิทธิภาพของสายการผลิตที่ได้ก็จะใช้ตารางการคำนวณ แบบบทที่ 4 และได้ตารางแสดงการเปรียบเทียบดังนี้

ตารางที่ 5.2 ผลผลิตสูงสุดและประสิทธิภาพของสายการผลิต

ผลิตภัณฑ์	Input (ชิ้น)	Output (ชิ้น)	ประสิทธิภาพของสายการผลิต (Output / Input) เปอร์เซ็นต์	Utilization (เปอร์เซ็นต์)
ST 51080 Manual	1040	789.63	75.93	79.71
ST 51080 Automation	1696	921.80	54.35	60.13
ST 51080 Semi – Auto	1040	847.92	81.53	77.50
ST 5850 Manual	1328	796.26	59.96	78.18
ST 5850 Automation	1872	975.24	52.10	65.03
ST 5850 Semi – Auto	1328	906.71	68.28	73.22
ST 9420 Manual	944	921.16	97.58	84.99
ST 9420 Automation	1776	1124.94	63.34	69.78
ST 9420 Semi – Auto	1416	1073.74	75.83	83.48

ตารางที่ 5.3 –5.6 แสดงการคำนวณของผลิตภัณฑ์รุ่น ST-51080 สำหรับรุ่นอื่น ๆ อยู่ในภาคผนวก ก.

การจัดวางสายการผลิตแบบ Semi - Automation สำหรับผลิตภัณฑ์ ST-51080



ตารางที่ 5.3

แสดง Output / Shift (ต่อ 8 ชั่วโมงแรงงาน)

		OPN	DESCRIPTION	UPH	% Machine Work	จำนวนสถานี	Machine Capacity	จำนวนชิ้นที่รับเข้า	% YLD	จำนวนชิ้นที่ส่งออก
0.8	1.6	M-1A	Install Bottom Pole	65	100.00	2	1040.00	896.00	100.00	896.00
0.8	0.8	M-2B	Install Crashstop	112	100.00	1	896.00	896.00	100.00	896.00
0.8	2.4	M-3C	Install Discs	51	100.00	3	1224.00	896.00	100.00	896.00
1.6	4.8	M-4D	Heat Clamp Ring	52	100.00	3	1248.00	896.00	98.15	879.42
1.25	1.25	A-5E	Balance Ring	209	86.79	1	1451.13	879.42	96.98	852.87
0.8	2.4	M-6F	Head Merge	42	100.00	3	1008.00	852.87	100.00	852.87
1.25	1.25	A-7GH	Inst C/S & PCC Screw	160	93.75	1	1200.00	852.87	100.00	852.87
1.25	1.25	A-8I	Inst. Top Pole	131	88.72	1	929.79	852.87	100.00	852.87
0.8	2.4	M-9JK	Inst . Top Cover	53	100.00	3	1272.00	852.87	100.00	852.87
0.8	1.6	M-10LM	Inst. Tape Seal	57	100.00	2	912.00	852.87	99.42	847.92
	19.75									847.92

ตารางที่ 5.4

แสดง % Output ของแต่ละ OPN และ % Output ที่ OPN สุดท้าย

OPN	DESCRIPTION	UPH	% Machine Work	จำนวนสถานี	Machine Capacity	จำนวนชิ้นที่ส่งออก	% Output	% Output ที่OPNสุดท้าย
M-1A	Install Bottom Pole	65	100.00	2	1040.00	896.00	86.15	81.53
M-2B	Install Crashstop	112	100.00	1	896.00	896.00	100.00	94.63
M-3C	Install Discs	51	100.00	3	1224.00	896.00	73.20	69.27
M-4D	Heat Clamp Ring	52	100.00	3	1248.00	879.42	70.47	67.94
A-5E	Balance Ring	209	86.79	1	1451.13	852.87	58.77	50.71
M-6F	Head Merge	42	100.00	3	1008.00	852.87	84.61	84.12
A-7GH	Inst C/S & PCC Screw	160	93.75	1	1200.00	852.87	71.07	66.24
A-8I	Inst. Top Pole	131	88.72	1	929.79	852.87	91.73	80.91
M-9JK	Inst . Top Cover	53	100.00	3	1272.00	852.87	67.05	66.66
M-10LM	Inst. Tape Seal	57	100.00	2	912.00	847.92	92.97	92.97

ตารางที่ 5.5

แสดงเปอร์เซนต์การทำงานและว่างงานของแต่ละสถานีการผลิต

สำหรับสายการผลิตแบบ Semi - Automation ของรุ่น ST-51080

OPN	DESCRIPTION	UPH	จำนวน สถานี	100% Capacity	จำนวนชิ้น ที่รับเข้า	% ทำงาน	% ว่างงาน
M-1A	Install Bottom Pole	65	2	1040.00	896.00	86.15	13.85
M-2B	Install Crashstop	112	1	896.00	896.00	100.00	0.00
M-3C	Install Discs	51	3	1224.00	896.00	73.20	26.80
M-4D	Heat Clamp Ring	52	3	1248.00	896.00	71.79	28.21
A-5E	Balance Ring	209	1	1672.00	879.42	52.60	47.40
M-6F	Head Merge	42	3	1008.00	852.87	84.61	15.39
A-7GH	Inst C/S & PCC Screw	160	1	1280.00	852.87	66.63	33.37
A-8I	Inst. Top Pole	131	1	1048.00	852.87	81.38	18.62
M-9JK	Inst . Top Cover	53	3	1272.00	852.87	67.05	32.95
M-10LM	Inst. Tape Seal	57	2	912.00	852.87	93.52	6.48

ตารางที่ 5.6

แสดงเวลาว่างงานของแต่ละสถานีการผลิตในเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง (หน่วยเป็นนาที)

สำหรับสายการผลิตแบบ Semi - Automation ของรุ่น ST-51080

OPN	DESCRIPTION	UPH	เวลา มาตรฐาน	% ว่างงาน	เวลา ว่างงาน	จำนวน สถานี	รวมเวลา ว่างงาน
M-1A	Install Bottom Pole	65	0.9231	13.85	66.46	2	132.92
M-2B	Install Crashstop	112	0.5357	0.00	0.00	1	0.00
M-3C	Install Discs	51	1.1765	26.80	128.63	3	385.88
M-4D	Heat Clamp Ring	52	1.1538	28.21	135.38	3	406.15
A-5E	Balance Ring	209	0.2871	47.40	227.53	1	227.53
M-6F	Head Merge	42	1.4286	15.39	73.87	3	221.62
A-7GH	Inst C/S & PCC Screw	160	0.3750	33.37	160.18	1	160.18
A-8I	Inst. Top Pole	131	0.4580	18.62	89.37	1	89.37
M-9JK	Inst . Top Cover	53	1.1321	32.95	158.16	3	474.49
M-10LM	Inst. Tape Seal	57	1.0526	6.48	31.12	2	62.25
			8.5225			20	2160.40

เวลาว่างเฉลี่ยต่อหนึ่งสถานีทำงาน 108.02 นาที

เวลาที่ใช้ประโยชน์ของสายการผลิต 77.50 %

5.5 ต้นทุนต่อหน่วยของระบบกึ่งอัตโนมัติ

ในการคำนวณหา Output ที่ได้ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมงนั้น ก็จะใช้ตารางการคำนวณแบบบทที่ 4 เช่นเดียวกัน และได้ตารางแสดงการเปรียบเทียบดังนี้

ตารางที่ 5.7 ต้นทุนต่อหน่วยของแต่ละผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนแปรผัน	ต้นทุนเฉลี่ยจาก Rework	ต้นทุนรวม (U$)
ST 51080 Manual	6.38	22.29	2.49	31.16
ST 51080 Automation	11.51	22.29	2.07	35.87
ST 51080 Semi – Auto	6.61	22.29	2.28	31.18
ST 5850 Manual	4.93	17.95	1.48	24.36
ST 5850 Automation	8.98	17.95	0.70	27.59
ST 5850 Semi – Auto	5.08	17.95	1.09	24.12
ST 9420 Manual	3.26	11.37	2.01	16.64
ST 9420 Automation	8.18	11.37	1.40	20.73
ST 9420 Semi – Auto	3.79	11.37	1.70	16.86

การคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์รุ่น ST 51080 จะแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 5.8 สำหรับผลิตภัณฑ์อีก 2 รุ่นนั้นมีรายละเอียดการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ค.

ตารางที่ 5.8

แสดงต้นทุนสำหรับการผลิตจำนวน 847.92 หน่วย ในเวลา 8 ชั่วโมง

สำหรับสายการผลิตแบบ Semi - Automation ของรุ่น ST-51080

OPN	DESCRIPTION	จำนวน สถานี	ต้นทุนคงที่ (US)			ต้นทุนผันแปร (US)
			ค่าเสื่อม ราคา	ค่าแรง ทางตรง	รวม	ค่าวัตถุดิบ ทางตรง
M-1A	Install Bottom Pole	2	52.00	8.00	120.00	0.410
M-2B	Install Crashstop	1	59.73	8.00	67.73	0.230
M-3C	Install Discs	3	349.52	8.00	1072.56	4.312
M-4D	Heat Clamp Ring	3	479.79	8.00	1463.36	0.122
A-5E	Balance Ring	1	688.86	0.00	688.86	0.052
M-6F	Head Merge	3	180.32	8.00	564.96	13.702
A-7GH	Inst C/S & PCC Screw	1	179.20	0.00	179.20	0.210
A-8I	Inst. Top Pole	1	403.83	0.00	403.83	0.430
M-9JK	Inst . Top Cover	3	236.03	8.00	732.08	2.504
M-10LM	Inst. Tape Seal	2	150.48	8.00	316.96	0.316
		20			**5609.55**	**22.29**

ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร + ค่าใช้จ่ายงาน Rework = ต้นทุนรวม

5609.55 + 22.29(847.92) + 1936.02 = 26,444.01 **ต้นทุนต่อหน่วย = 31.19**

5.6 ผลจากการใช้ Simulation Technique เปรียบเทียบทั้งสามระบบ

เมื่อออกแบบระบบการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติแล้วก็จะใช้ Simulation Technique เพื่อสร้างข้อมูลและเปรียบเทียบตัวแปรที่ต้องการศึกษา ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ผลผลิตสูงสุดและประสิทธิภาพของสายการผลิตจากการจำลองปัญหา

ผลิตภัณฑ์	Input (ชิ้น)	Output (ชิ้น)	ประสิทธิภาพของสายการผลิต (Output / Input) เปอร์เซ็นต์	Utilization (เปอร์เซ็นต์)
ST 51080 Manual	1040	741.46	71.29	76.82
ST 51080 Automation	1696	919.44	54.21	60.38
ST 51080 Semi – Auto	1040	828.77	79.69	73.45
ST 5850 Manual	1328	775.42	58.39	74.64
ST 5850 Automation	1872	960.10	51.28	61.21
ST 5850 Semi – Auto	1328	878.93	66.18	72.15
ST 9420 Manual	944	898.64	95.19	85.02
ST 9420 Automation	1776	1105.68	62.26	69.02
ST 9420 Semi – Auto	1416	1030.32	72.76	83.13

รูปที่ 5.1 –5.3 จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จาก Simulation ของผลิตภัณฑ์รุ่น ST-51080 ทั้งสามระบบ สำหรับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ แสดงไว้ในภาคผนวก จ.

ARENA Simulation Results

a - License #9400000

Summary for Replication 1 of 1

Project: 51080Manual Run execution date : 4/21/1998

Analyst: Model revision date: 4/14/1998

Replication ended at time : 25000.0

Statistics were cleared at time: 5000.0

Statistics accumulated for time: 20000.0

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Variation	Minimum	Maximum	Observations
Flow	13.825	.13022	10.257	17.385	32776

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Variation	Minimum	Maximum	Final Value
NR(MC1)	1.5999	.48849	.00000	2.0000	2.0000
NR(MC2)	.92864	.27720	.00000	1.0000	1.0000
NR(MC3)	2.0397	.14327	1.0000	3.0000	2.0000
NR(MC4)	1.9998	.00659	1.0000	2.0000	2.0000
NR(MC5)	2.2663	.22037	.00000	3.0000	2.0000
NR(MC6)	2.3579	.24675	.00000	3.0000	3.0000

รูปที่ 5.1 ผลที่ได้จาก Simulation Technique ของ ST-51080 Manual

NR(MC7)	1.3201	.45897	.00000	2.0000	1.0000
NR(MC8)	1.3942	.42543	.00000	2.0000	1.0000
NR(MC9)	1.8682	.18650	.00000	2.0000	2.0000
NR(MC10)	1.7362	.26445	.00000	2.0000	2.0000
AvgUtil	1.6511	.06887	1.1000	2.1000	1.8000
NQ(Q3)	.00000	--	.00000	.00000	.00000
NQ(Q2)	.43550	1.1386	.00000	2.0000	.00000
NQ(Q1)	.00000	--	.00000	.00000	.00000
NQ(Q10)	7.5890E-04	36.286	.00000	1.0000	.00000
NQ(Q9)	.10115	2.9884	.00000	2.0000	.00000
NQ(Q8)	4.6928E-05	145.97	.00000	1.0000	.00000
NQ(Q7)	4.7725E-07	1447.5	.00000	1.0000	.00000
NQ(Q6)	.02872	5.8154	.00000	1.0000	.00000
NQ(Q5)	.02310	6.5036	.00000	1.0000	.00000
NQ(Q4)	5.3776	.57576	.00000	11.000	8.0000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Scrap	1882	Infinite

Execution time: 1.87 minutes.

Simulation run complete.

รูปที่ 5.1 (ต่อ) ผลที่ได้จาก Simulation Technique ของ ST-51080 Manual

ARENA Simulation Results

a - License #9400000

Summary for Replication 1 of 1

Project: 51080Auto Run execution date : 4/21/1998

Analyst: Model revision date: 4/14/1998

Replication ended at time : 15000.0

Statistics were cleared at time: 5000.0

Statistics accumulated for time: 10000.0

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Variation	Minimum	Maximum	Observations
Flow	8.702	.95908	4.8206	77.29	20686

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Variation	Minimum	Maximum	Final Value
NR(MC1)	1.0324	4.2845	.00000	2.0000	.00000
NR(MC2)	.78746	4.9299	.00000	2.0000	.00000
NR(MC3)	.80794	4.8621	.00000	2.0000	.00000
NR(MC4)	.85415	4.7134	.00000	2.0000	.00000
NR(MC5)	.50794	4.3231	.00000	1.0000	.00000
NR(MC6)	1.3500	3.5185	.00000	2.0000	.00000
NR(MC7)	.63861	3.8286	.00000	1.0000	.00000

รูปที่ 5.2 ผลที่ได้จาก Simulation Technique ของ ST-51080 Automation

NR(MC8)	.78000	3.4381	.00000	1.0000	.00000
NR(MC9)	.98256	3.5987	.00000	2.0000	.00000
NR(MC10)	.71293	3.6093	.00000	1.0000	.00000
AvgUtil	.84537	1.8312	.00000	1.400	.00000
NQ(Q3)	1.1660	2.8253	.00000	24.000	6.0000
NQ(Q2)	1.4750	2.6118	.00000	30.000	.00000
NQ(Q1)	.25838	4.3329	.00000	11.000	.00000
NQ(Q10)	.15318	6.6517	.00000	15.000	.00000
NQ(Q9)	.25609	5.7154	.00000	22.000	.00000
NQ(Q8)	.43076	4.6087	.00000	26.000	.00000
NQ(Q7)	.15405	6.8192	.00000	13.000	.00000
NQ(Q6)	.67056	4.4171	.00000	32.000	.00000
NQ(Q5)	.46071	4.4940	.00000	34.000	.00000
NQ(Q4)	.89586	4.0796	.00000	34.000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Scrap	1531	Infinite

Execution time: 1.83 minutes.

Simulation run complete.

รูปที่ 5.2 (ต่อ) ผลที่ได้จาก Simulation Technique ของ ST-51080 Automation

ARENA Simulation Results

a - License #9400000

Summary for Replication 1 of 1

Project: 51080Semi Run execution date : 4/21/1998

Analyst: Model revision date: 4/14/1998

Replication ended at time : 25000.0

Statistics were cleared at time: 5000.0

Statistics accumulated for time: 20000.0

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Variation	Minimum	Maximum	Observations
Flow	10.373	.12303	8.3769	29.241	36766

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Variation	Minimum	Maximum	Final Value
NR(MC1)	1.7231	.38747	.00000	2.0000	.00000
NR(MC2)	.99981	.01374	.00000	1.0000	1.0000
NR(MC3)	2.1961	.18084	1.0000	3.0000	2.0000
NR(MC4)	2.1539	.17610	1.0000	3.0000	2.0000
NR(MC5)	.52568	.94989	.00000	1.0000	.00000

รูปที่ 5.3 ผลที่ได้จาก Simulation Technique ของ ST-51080 Semi- Automation

NR(MC6)	2.5352	.22511	.00000	3.0000	3.0000
NR(MC7)	.66527	.70933	.00000	1.0000	1.0000
NR(MC8)	.81252	.48036	.00000	1.0000	1.0000
NR(MC9)	2.0083	.24241	.00000	3.0000	2.0000
NR(MC10)	1.8675	.18797	.00000	2.0000	2.0000
AvgUtil	1.2487	.06478	.90000	1.7000	1.4000
NQ(Q3)	.00000	--	.00000	.00000	.00000
NQ(Q2)	3.3219	.72441	.00000	11.000	6.0000
NQ(Q1)	.00000	--	.00000	.00000	.00000
NQ(Q10)	.10269	2.9560	.00000	1.0000	.00000
NQ(Q9)	.00000	--	.00000	.00000	.00000
NQ(Q8)	.01898	7.1898	.00000	1.0000	.00000
NQ(Q7)	.00338	17.165	.00000	1.0000	.00000
NQ(Q6)	.00111	29.994	.00000	1.0000	.00000
NQ(Q5)	.00000	--	.00000	.00000	.00000
NQ(Q4)	.00000	--	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
Scrap	2234	Infinite

Execution time: 1.98 minutes.

Simulation run complete

รูปที่ 5.3 (ต่อ) ผลที่ได้จาก Simulation Technique ของ ST-51080 Semi -Automation