บทที่ 6
การออกแบบการทดลอง

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้คือการทดลองเปรียบเทียบกฎการจัดเส้นทางเดินของงานที่สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบอื่นๆ ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบและโหลดงานในระบบต่างๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 5 ว่าการทดลองจะถูกกระทำโดยการจำลองแบบปัญหา โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SIMAN แบบจำลองจะถูกสร้างขึ้นโดยจะต้องคำนึงถึงความสมเหตุสมผล การเลือกพารามิเตอร์ที่สมเหตุสมผลเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นคล้ายคลึงกับระบบจริงจนกระทั่งสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ ผลการทดลองก็จะน่าเชื่อถือมากขึ้น

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองให้กับแบบจำลองปัญหา โดยยกตัวอย่างพารามิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยฉบับอื่นๆ ประกอบ โดยพารามิเตอร์ที่จะกล่าวถึงได้แก่ ลักษณะการทำงานของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร จำนวนขั้นตอนในการปฏิบัติงาน เปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบเบื้องต้น อัตราเครื่องจักรเสีย กำหนดส่งชิ้นงาน กฎการจัดตารางงาน เกณฑ์วัดประสิทธิภาพของระบบ และ กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน

พารามิเตอร์ต่างในแบบจำลองส่วนมากจะได้มาจากการศึกษางานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตแบบยืดหยุ่นและระบบผลิตแบบ Job shop และบางส่วนก็ได้มาจากการทดลอง พารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

6.1 ลักษณะการทำงานของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น (System configuration)

รูปร่างของระบบผลิตแบบยืดหยุ่นแสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนของระบบ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะใช้ในการวัดประสิทธิภาพของกฎการจัดเส้นทางเดินของงาน

ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่พบในงานวิจัยมักประกอบด้วยเครื่องจักรเอนกประสงค์ตั้งแต่ 4 เครื่องจนถึง 10 เครื่องขึ้นกับขนาดของระบบ อาทิเช่น

- Yao และ Pei (1990) และ Shmilovici และ Maimon (1992) ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 4 เครื่อง
- Conway และคณะ (1960) และ Lin และ Solberg (1989) ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 5 เครื่อง
- Bobrowski และ Mabert (1988) ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 9 เครื่อง

- Rachamadugu, Nandkeolyar และ Schriber (1993) และ Karsiti, Cruz และ Mulligan (1993) ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 11 เครื่อง

ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้เป็นระบบผลิตแบบยืดหยุ่นแบบเครื่องจักรยืดหยุ่นเดี่ยว (Single flexible machine) (MacCarthy และ Liu, 1996) มี 2 ระบบคือ

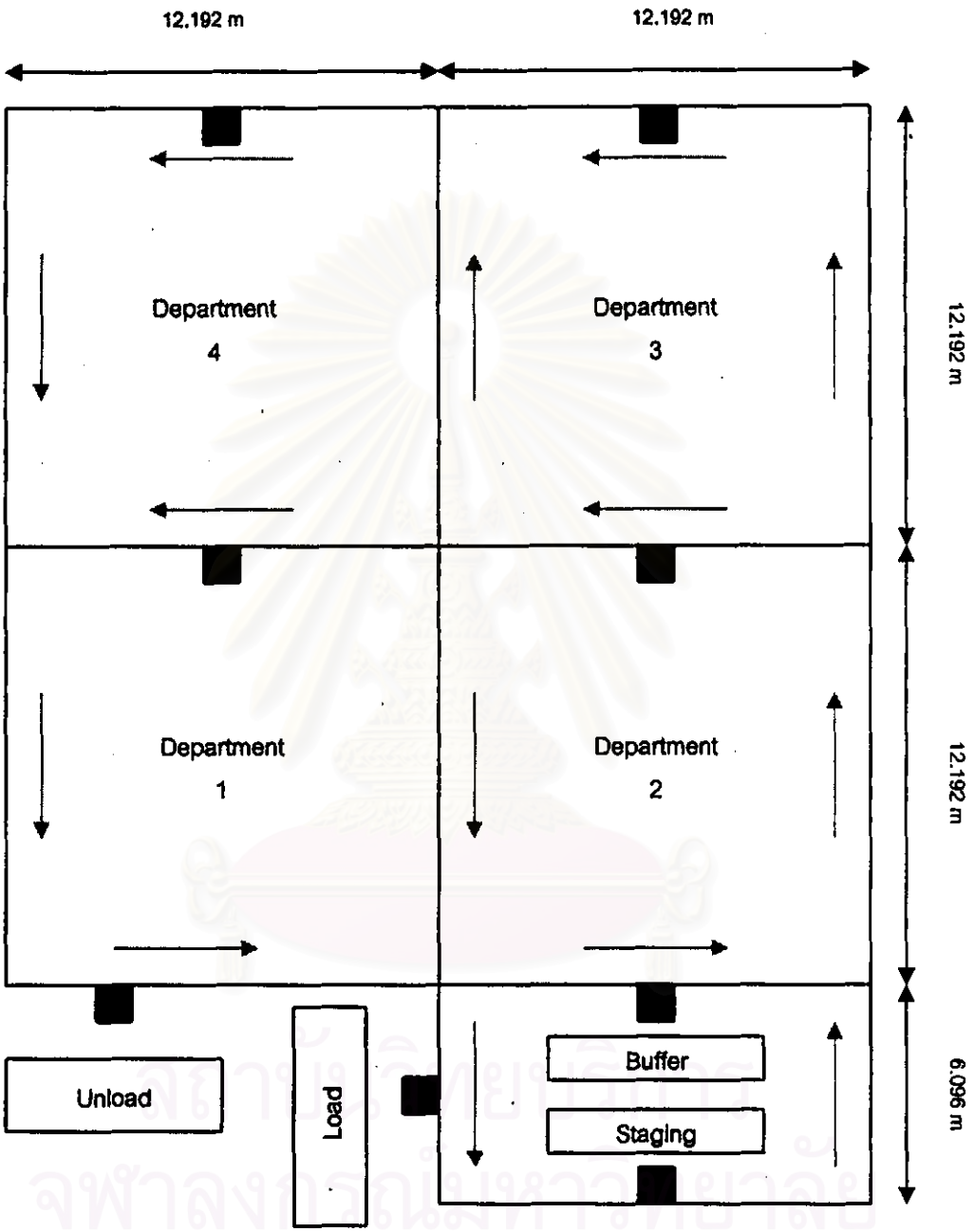
6.1.1 **ระบบแบบง่าย** ระบบแบบนี้มีความซับซ้อนในระบบต่ำและประกอบไปด้วยเครื่องจักร 4 เครื่อง ซึ่งผังงานของระบบแบบง่ายนี้ได้ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Yim และ Linn (1993) ดังแสดงในรูปที่ 6.1

6.1.2 **ระบบแบบซับซ้อน** ระบบแบบนี้มีความซับซ้อนของระบบสูงและประกอบไปด้วยเครื่องจักร 11 เครื่อง ผังงานของระบบแบบนี้ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Egbelu และ Tanchoco (1984) ดังแสดงในรูปที่ 6.2

เครื่องจักรที่ใช้ในระบบผลิตแบบยืดหยุ่นนี้เป็นเครื่องจักรเอนกประสงค์ที่มีความจุ 1 ชิ้นงาน นั่นคือที่เวลาใดๆ เครื่องจักรสามารถผลิตชิ้นงานได้เพียง 1 ชิ้นงาน นอกจากเครื่องจักรแล้วระบบผลิตแบบยืดหยุ่นทั้งสองยังประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักอันได้แก่

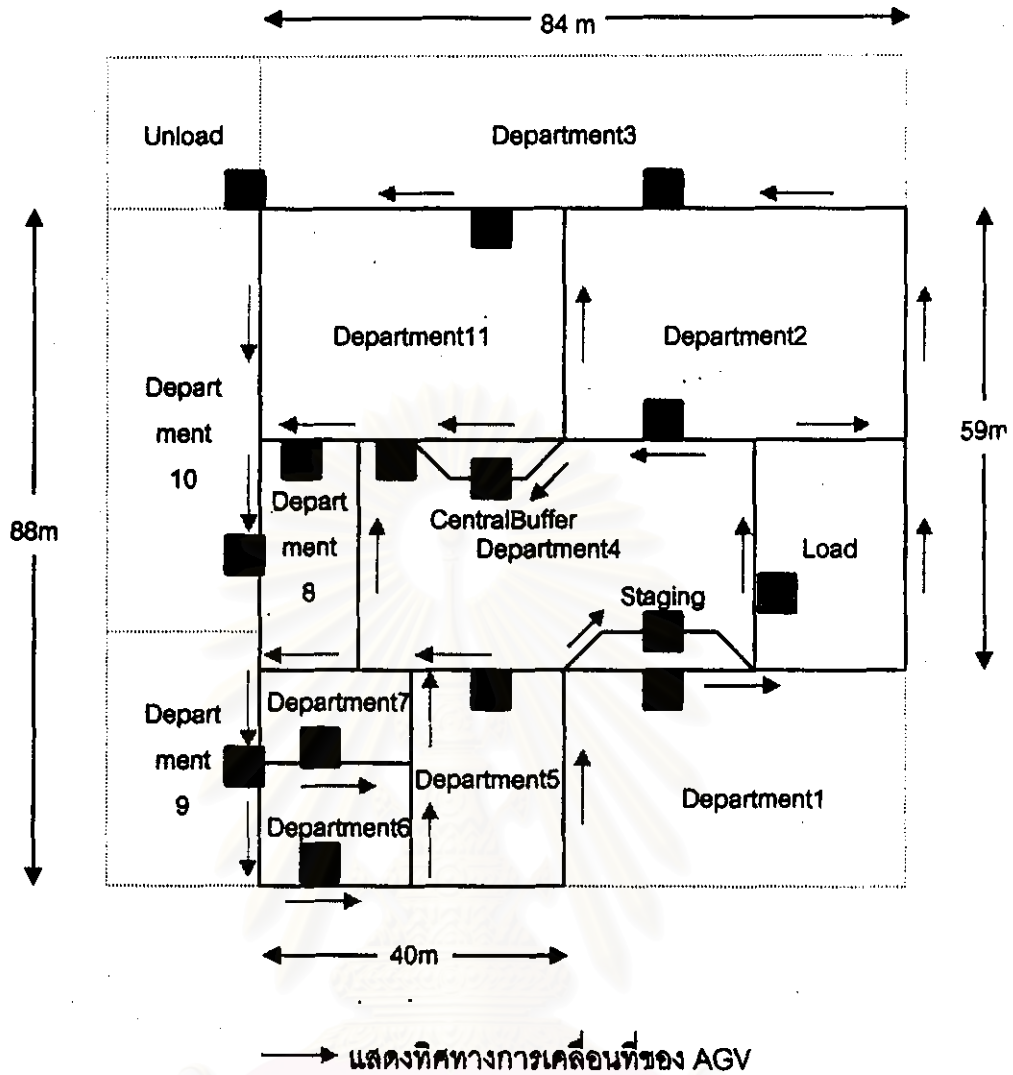
- แถวคอยของเครื่องจักรแต่ละตัวซึ่งมีทั้งแถวคอยขาเข้าและแถวคอยขาออกที่มีความจุเท่ากันคือ 5 ชิ้นงาน
- บัฟเฟอร์ส่วนกลาง (Central buffer) ทำหน้าที่เก็บชิ้นงานที่ไม่สามารถเข้าผลิตยังเครื่องจักรที่ต้องการได้ชั่วคราวก่อนที่ชิ้นงานจะถูกส่งกลับไปยังเครื่องจักรเดิม โดยความจุของบัฟเฟอร์ส่วนกลางนี้มีไม่จำกัด
- สถานีรับงานเข้าสู่/ส่งงานออกจากระบบ (Load/Unload station) สถานีรับงานเข้าทำหน้าที่เป็นจุดรับชิ้นงานเข้าสู่ระบบโดยที่สถานีรับงานเข้าสู่ระบบนี้จะมีแถวคอยที่มีความจุไม่จำกัดเอาไว้รองรับชิ้นงานที่ยังไม่ถูกขนไปยังเครื่องจักร สถานีส่งงานออกจากระบบเป็นจุดที่ชิ้นงานที่ทำการผลิตจนครบขั้นตอนการผลิตแล้วจะถูกส่งมาเพื่อนำออกจากระบบต่อไป
- ระบบขนส่งวัสดุในระบบ ระบบขนส่งวัสดุที่ใช้คือพาหนะขนส่งแบบนำทางอัตโนมัติ (Automated guided vehicle, AGV) ในระบบทั้งสองแบบกำหนดให้มี AGV 2 ตัวโดยความเร็วของ AGV คือ 60.96 เมตร/นาที AGV จะเคลื่อนที่ขนส่งชิ้นงานตามทางที่กำหนดไว้ (Guided-path) โดยที่ AGV จะวิ่งตามเส้นทางที่กำหนดไว้ในแต่ละส่วนได้เพียงทิศทางเดียว เส้นทางที่กำหนดไว้สำหรับ AGV ในแต่ระบบสามารถแสดงได้ตามผังงานในรูป 6.1 และ 6.2 ระยะทางขนส่งระหว่างสถานีงานของเครื่องจักรและจุดต่างๆในระบบสำหรับแต่ละระบบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.1 และ 6.2

- สถานีสำหรับเก็บ AGV (Staging) เมื่อ AGV อยู่ในสภาวะว่าง ระบบควบคุมการปฏิบัติงานจะส่ง AGV กลับไปเก็บไว้ที่ Staging จนกว่าจะมีชิ้นงานเรียก AGV อีกครั้ง



แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของ AGV

รูปที่ 6.1 ผังงานของระบบผลิตแบบยืดหยุ่นแบบง่าย



รูปที่ 6.2 ผังงานของระบบผลิตแบบยืดหยุ่นแบบซับซ้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 ระยะทางขนส่งระหว่างสถานีงานของเครื่องจักรและจุดต่างๆในระบบสำหรับระบบแบบง่าย (เมตร)

From / To	Department1	Department 2	Department 3	Department 4	Load	Unload	Central Buffer	Staging
Department 1	0	60.960	73.152	85.344	33.528	21.641	36.576	33.528
Department 2	12.192	0	60.960	24.384	21.336	33.833	24.380	30.480
Department 3	97.536	85.344	0	1 2.192	57.912	46.025	60.960	67.056
Department 4	85.344	73.152	85.344	0	45.720	33.833	48.768	54.864
Load	51.816	39.624	51.816	64.008	0	73.457	27.432	9.144
Unload	51.511	39.319	51.51	63.703	11.887	0	11.887	21.031
Central Buffer	36.576	24.380	36.570	48.768	45.720	58.217	0	54.864
Staging	42.672	30.480	42.672	54.864	60.960	64.3128	18.288	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.2 ระยะทางขนส่งระหว่างสถานีงานของเครื่องจักรและจุดต่างๆในระบบสำหรับระบบแบบวับซ้อน (เมตร)

To From	Depart. 1	Depart. 2	Depart. 3	Depart. 4	Depart. 5	Depart. 6	Depart. 7	Depart. 8	Depart. 9	Depart. 10	Depart. 11	Load	Unload	Central Buffer	Staging
Depart.1	0	53	123	87	242	173	156	100	146	120	105	21	135	76	245
Depart.2	191	0	94	34	189	120	103	47	93	67	52	212	82	23	192
Depart.3	221	274	0	308	219	150	133	199	123	97	22	242	52	297	222
Depart.4	157	210	280	0	155	86	69	13	59	33	262	178	292	233	158
Depart.5	140	75	174	109	0	69	52	54	42	74	245	161	143	216	141
Depart.6	71	124	194	158	69	0	81	83	71	103	176	92	206	147	72
Depart.7	152	205	275	239	150	81	0	66	54	86	257	153	287	248	153
Depart.8	144	197	267	231	142	73	56	0	46	20	249	165	279	220	145
Depart.9	98	151	221	185	96	27	10	76	0	113	203	119	233	174	94
Depart. 10	124	177	247	211	122	53	36	102	26	0	229	145	259	200	120
Depart. 11	199	252	322	286	197	128	111	177	101	75	0	220	30	275	200
Load	223	32	102	66	221	152	135	79	125	99	124	0	154	55	224
Unload	169	222	292	256	167	98	81	147	71	45	274	190	0	245	165
Central Buffer	170	223	293	13	168	99	82	26	72	46	275	191	305	0	171
Staging	245	54	124	88	243	174	157	101	147	121	106	22	136	77	0

6.2 **เวลาในการปฏิบัติงาน** (Operation time) **และเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร** (Set up time)

ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นและ Job shop เวลาที่ชิ้นงานต้องการใช้ในการดำเนินขั้นตอนการทำงานที่พบในงานวิจัยมักแตกต่างกันไปในแต่ละงานวิจัย อาทิเช่น

- เวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนเป็นการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียล (Exponential)
  - Philipoom และ Fry (1990) และ Conway (1965) ออกแบบจำลองให้ชิ้นงานใช้เวลาการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนด้วยการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 หน่วยเวลา
  - Bobrowski และ Mabert (1988) ออกแบบจำลองให้ชิ้นงานใช้เวลาการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนด้วยการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 ชั่วโมง
  - Conway และ Maxwell (1962) ออกแบบจำลองให้ชิ้นงานใช้เวลาการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนด้วยการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 หน่วยเวลา
- เวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนเป็นการกระจายแบบเนกาทีฟเอกซ์โปเนลเชียล (Negative exponential)
  - Cheng (1988) และ Schultz (1989) ออกแบบการทดลองให้ชิ้นงานมีเวลาการผลิตใน แต่ละขั้นตอนมีการกระจายตัวแบบเนกาทีฟเอกซ์โปเนนเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 หน่วยเวลา
  - Rachamadugu และคณะ (1993) ออกแบบการทดลองให้ชิ้นงานมีเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนมีการกระจายตัวแบบเนกาทีฟเอกซ์โปเนนเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 หน่วยเวลา
- เวลาในการผลิตเป็นการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniform)
  - Hutchison และคณะ (1989) ออกแบบการทดลองให้ชิ้นงานมีเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มจากช่วง 2 ถึง 5 หน่วยเวลา
  - Elvers (1973) ออกแบบการทดลองให้ชิ้นงานมีเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มจากช่วง 6 ถึง 15 หน่วยเวลา
  - Cheng และ Chung (1991) ออกแบบการทดลองให้ชิ้นงานมีเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มจากช่วง 2 ถึง 38 และ จากช่วง 16 ถึง 24

- เวลาในการผลิตเป็นค่าที่แน่นอน

  - Arzi และ Roll (1993) ออกแบบการทดลองให้ชิ้นงานมีเวลาในการผลิตในแต่ละขั้นตอนเป็นค่าคงที่ตั้งแต่ช่วง 10 ถึง 91 หน่วยเวลา

  - Yao และ Pei (1990) ออกแบบการทดลองให้ชิ้นงานมีเวลาในการผลิตในแต่ละขั้นตอนเป็นค่าคงที่ตั้งแต่ช่วง 0.1 ถึง 0.35 หน่วยเวลา

สำหรับงานวิจัยนี้เลือกให้ชิ้นงานมีเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนเป็นแบบเอ็กโปเนลเชียล เนื่องจากเป็นรูปแบบการกระจายตัวของเวลาในการผลิตที่นิยมใช้มากที่สุด (Ramasesh, 1989) และเนื่องจากชนิดของชิ้นงานที่ผลิตในระบบมีไม่จำกัด ดังนั้นการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลซึ่งให้ช่วงการกระจายที่กว้างจึงเป็นรูปแบบการกระจายตัวของเวลาการผลิตที่เหมาะสม ค่าเฉลี่ยของเวลาการผลิตแบบเอกซ์โปเนลเชียลที่เลือกคือ 10 หน่วยเวลาเหมือนดังในงานวิจัยของ Conway และ Maxwell (1962) เนื่องจากในงานวิจัยดังกล่าวได้ทำการทดสอบระบบการผลิตที่มีเครื่องจักร 2 3 6 และ 9 จำนวนเครื่องจักรที่ทดสอบบางค่าใกล้เคียงกับในงานวิจัยฉบับนี้

ในปัญหาการจัดเส้นทางเดินของงาน ในขั้นตอนการทำงานหนึ่งจะมีเครื่องจักรที่สามารถทำขั้นตอนการทำงานนั้นได้หลายเครื่อง ซึ่งแต่ละเครื่องก็มีเวลาในการผลิตสำหรับขั้นตอนการทำงานนั้นต่างกันออกไปขึ้นกับประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของเครื่องจักร ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จึงกำหนดให้มีความแตกต่างกันของเวลาในการผลิตที่เครื่องจักรแต่ละเครื่องทำได้เป็นการกระจายแบบ Uniform ซึ่งที่ช่วงการกระจาย 1 ถึง 15 %

สำหรับเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรมักถูกกำหนดให้เป็นอิสระไม่ขึ้นกับขั้นตอนการทำงานก่อนหน้าขั้นตอนที่กำลังเริ่มปฏิบัติงาน (Sequence independent) และมักรวมเข้ากับเวลาในการปฏิบัติงาน ในกรณีของการผลิตแบบยืดหยุ่นซึ่งเครื่องจักรในระบบเป็นเครื่องจักรแบบเอนกประสงค์มีความสามารถในการปรับตั้งเครื่องจักรสูง จนเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรน้อยจนสามารถละเลยได้

6.3 จำนวนขั้นตอนในการปฏิบัติงาน

งานวิจัยส่วนมากมักให้ชิ้นงานมีจำนวนขั้นตอนที่ต้องทำเป็นการกระจายแบบยูนิฟอร์มโดยมีช่วงการกระจายที่ต่างกัน เช่น

- Karsiti และคณะ (1993) ใช้ช่วง 1 ถึง 9
- Bobrowski และ Mabert (1988) ใช้ช่วง 1 ถึง 15
- Rachamadugu และ คณะ (1993) ใช้ช่วง 4 ถึง 8
- Conway และคณะ (1960) ใช้ช่วง 1 ถึง 7

- Philipoom และ Fry (1965) ใช้ช่วง 4 ถึง 12
- Schultz (1989) ใช้ช่วง 2 ถึง 6
- Cheng (1988) ใช้ช่วง 1 ถึง 2m-1 ซึ่ง m คือจำนวนเครื่องจักรในระบบ
- Hutchison และคณะ (1989) ใช้ช่วง 2 ถึง 5

นอกจากนี้บางงานวิจัยก็ใช้ค่าที่แน่นอน อาทิเช่น Conway และ Maxwell (1962) ใช้ค่าเท่ากับ 9 Yao และ Pei (1990) ใช้ค่าเท่ากับ 6 เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้จะกำหนดให้จำนวนขั้นตอนการทำงานในแต่ละระบบแตกต่างกัน โดยคำนึงถึงขนาดของระบบ กล่าวคือระบบแบบง่ายมีจำนวนเครื่องจักรน้อยมีความซับซ้อนของชิ้นงานที่ทำการผลิตต่ำดังนั้นจำนวนขั้นตอนการทำงานควรจะน้อยซึ่งกำหนดให้จำนวนขั้นตอนการทำงานของชิ้นงานในระบบแบบง่ายมีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ช่วงจาก 2 ถึง 3 ในทางตรงกันข้ามสำหรับระบบแบบซับซ้อนมีจำนวนเครื่องจักรมากมีความซับซ้อนของชิ้นงานที่ทำการผลิตสูงดังนั้นจำนวนขั้นตอนการทำงานควรจะมากซึ่งกำหนดให้จำนวนขั้นตอนการทำงานของชิ้นงานในระบบแบบซับซ้อนมีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มช่วงจาก 4 ถึง 6

6.4 เปอร์เซ็นต์การใช้สอยของเครื่องจักรเบื้องต้น

ก่อนที่จะสร้างแบบจำลองสำหรับแต่ละกฎการจัดเส้นทางเดินของงาน ควรต้องพิจารณาเปอร์เซ็นต์การใช้สอยเบื้องต้นของระบบโดยที่ยังไม่มีการจำลองเหตุการณ์เครื่องจักรเสียให้แก่ระบบ เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของเครื่องจักรเบื้องต้นนี้มีความสัมพันธ์กับโหลดงานในระบบซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่สนใจในงานวิจัยนี้ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าโดยทั่วไปมักกำหนดให้เปอร์เซ็นต์การใช้สอยของเครื่องจักรค่อนข้างสูง (80 % ขึ้นไป) แต่อย่างไรบางงานวิจัยก็กำหนดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยต่ำขึ้นกับวัตถุประสงค์การวิจัย ตัวอย่างของการกำหนดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบมีดังต่อไปนี้

- Karsiti และคณะ (1993) กำหนดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบเท่ากับ 90%
- Conway (1965) กำหนดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบเท่ากับ 90%
- Philipoom และ Fry (1990) กำหนดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบเท่ากับ 85%
- Bobrowski และ Mabert (1988) กำหนดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบเท่ากับ 85%
- Schultz (1989) กำหนดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบเท่ากับ 80% และ 90%
- Cheng (1988) กำหนดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบเท่ากับ 50% และ 90%

งานวิจัยโดยทั่วไปแล้วจะปรับระดับการใช้สอยของระบบโดยการแปรค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดอัตราการไหลของชิ้นงานเข้าสู่ระบบ ช่วงเวลาระหว่างชิ้นงานที่เข้าสู่ระบบที่พบในงานวิจัยมักมีการกระจายตัวแบบเอกซ์โปเนลเชียลและมักมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบดังที่ได้กล่าวไป เช่น Karsiti และคณะ (1993) Conway (1965) Bobrowski และ Mabert (1988) และ Schultz (1989) กำหนดให้ช่วงเวลาระหว่างชิ้นงานที่เข้าสู่ระบบเป็นการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ยที่ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบตามที่กำหนดไว้

อย่างไรก็ตามการกระจายตัวของช่วงเวลาระหว่างชิ้นงานที่เข้าสู่ระบบทำให้ยากต่อการกำหนดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยที่คงที่ ดังนั้นในงานวิจัยของ Conway และ Maxwell (1962) จึงได้กำหนดให้จำนวนชิ้นงานในระบบ ณ เวลาหนึ่งๆ คงที่ อัตราการเข้ามาของชิ้นงานในระบบจะถูกกำหนดด้วยอัตราผลผลิตของระบบ กล่าวคือทันทีที่มีชิ้นงานทำสำเร็จออกจากระบบ ชิ้นงานชิ้นใหม่จะถูกนำเข้าสู่ระบบทันที ซึ่งจำนวนของชิ้นงานในระบบที่ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การใช้สอยค่าหนึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดหรือความซับซ้อนของระบบด้วย กล่าวคือจำนวนชิ้นงานในระบบที่ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การใช้สอยค่าหนึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละระบบ

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ใช้คำว่าโหลดงานในระบบแทนคำว่าเปอร์เซ็นต์การใช้สอยเบื้องต้นเพื่อไม่ให้สับสนกับตัววัดประสิทธิภาพของระบบด้านเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบ (System utilization) เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การใช้สอยเบื้องต้นเป็นการกำหนดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบเมื่อยังไม่มีการจำลองเหตุการณ์เครื่องจักรเสียให้แก่ระบบ และระบบใช้กฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบสุ่มซึ่งเปรียบเสมือนยังไม่มีกฎการจัดเส้นทางเดินของงานใดๆเลย แต่เปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบเป็นตัววัดประสิทธิภาพซึ่งจะได้มาหลังจากการการจำลองเหตุการณ์เครื่องจักรเสียให้แก่ระบบและให้กฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบต่างๆ

ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โหลดงานในระบบเป็นปัจจัยหนึ่งในการทดลอง ซึ่งมี 2 ระดับ ในที่นี้กำหนดให้ระดับของโหลดงานในระบบคือ น้อยและมาก โหลดงานในระบบน้อยจะคิดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของเครื่องจักรเบื้องต้น 70 % ในขณะที่โหลดงานในระบบมากจะคิดเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของเครื่องจักรที่มากที่สุดสำหรับแต่ละระบบ ซึ่งจำนวนชิ้นงานในระบบที่ให้โหลดงานในระบบค่าหนึ่งๆจะสามารถหาได้จากการทดลองที่ 6.1 ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 6.1

การหาจำนวนชิ้นงานในระบบสำหรับสภาวะโหลดงานในระบบและความซับซ้อนของระบบต่างๆ

วัตถุประสงค์การทดลอง เพื่อหาจำนวนชิ้นงานในระบบที่ทำให้ได้โหลดงานในระบบ 70% และโหลดงานในระบบที่มากที่สุด ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและสูง

วิธีการดำเนินการทดลอง

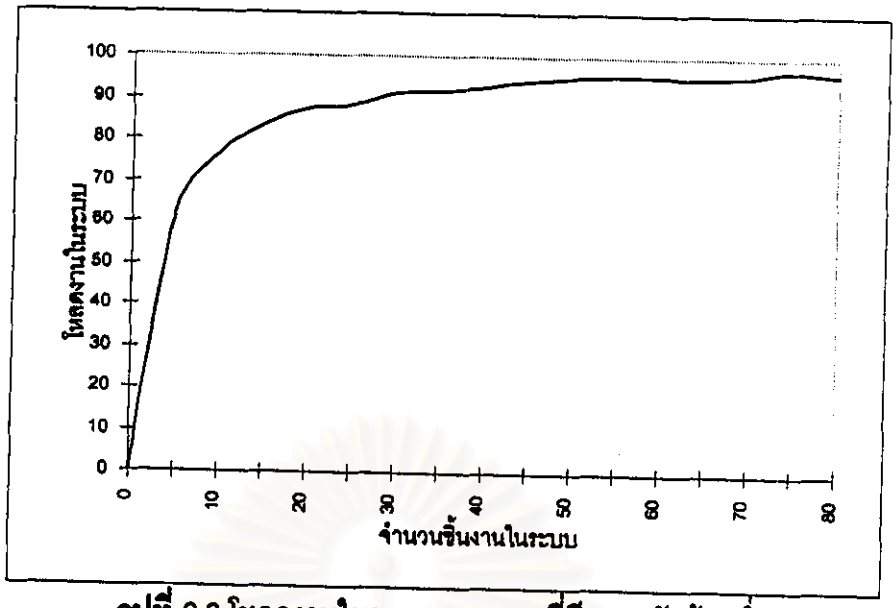
1. สำหรับความซับซ้อนของระบบที่ต่างกัน พิจารณาแบบจำลองของแต่ละระบบที่ไม่มีเหตุการณ์เครื่องจักรเสีย
2. ดำเนินแบบจำลองของปัญหาเบื้องต้นโดยการเปลี่ยนจำนวนชิ้นงานในระบบไปเรื่อยๆ เพื่อหาช่วงเวลาที่ไม่คงตัวและจำนวนชิ้นงาน ต่อ จำนวนการทำซ้ำสำหรับแต่ละจำนวนชิ้นงานในระบบ
3. สำหรับแต่ละจำนวนชิ้นงานในระบบ ดำเนินแบบจำลองปัญหา 10 จำนวนการทำซ้ำ บันทึกค่าเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบและ Mean flow time ของระบบ
4. กำหนดจำนวนชิ้นงานในระบบที่ทำให้ได้โหลดงานในระบบ 70% และ โหลดงานในระบบที่มากที่สุด สำหรับแต่ละความซับซ้อนของระบบโดยเมื่อชิ้นงานในระบบเพิ่มขึ้น โหลดงานในระบบจะเพิ่มขึ้นด้วยจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งซึ่งโหลดงานในระบบจะเริ่มลดลง หรือ คงที่ หรือ เพิ่มขึ้นน้อยแต่ในขณะที่ Mean flow time ของระบบจะเพิ่มขึ้นมากจนทำให้ระบบขาดประสิทธิภาพไป โหลดงานจุดนี้จะถูกกำหนดเป็นโหลดงานที่มากที่สุด จนได้โหลดงานในระบบเป็น 70 % และโหลดงานในระบบที่มากที่สุด

ผลการทดลอง

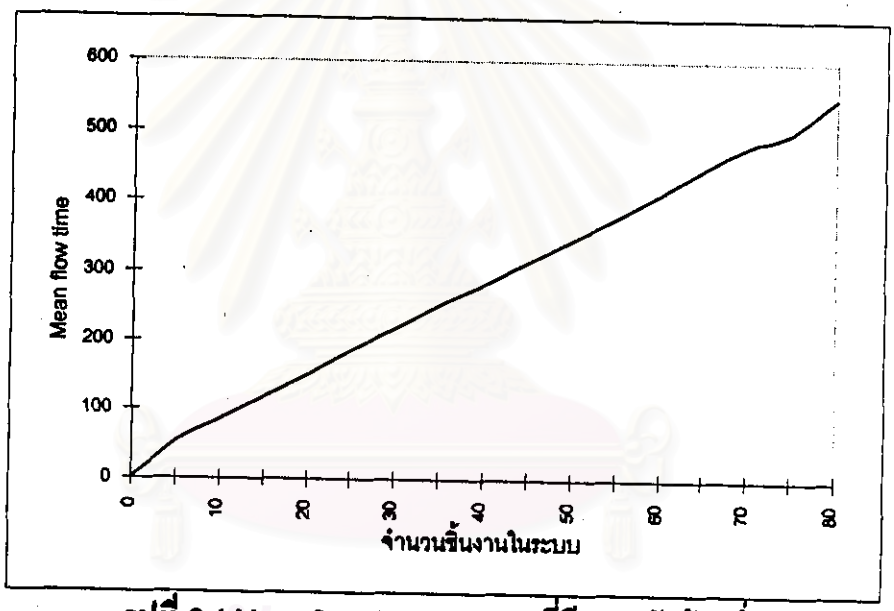
รูปที่ 6.3 และ 6.4 แสดงเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบและ Mean flow time ของระบบที่มีความซับซ้อนต่ำ รูปที่ 6.5 และ 6.6 แสดงเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบและ Mean flow time ของระบบที่มีความซับซ้อนสูง ตารางที่ 6.3 แสดงจำนวนชิ้นงานในระบบที่สภาวะความซับซ้อนในระบบและโหลดงานในระบบต่างๆ

ตารางที่ 6.3 จำนวนชิ้นงานในระบบที่สภาวะความซับซ้อนในระบบและโหลดงานในระบบต่างๆ

สภาวะของระบบ	จำนวนชิ้นงานในระบบ	เปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบ	Mean flow time
ความซับซ้อนในระบบต่ำ-โหลดงานในระบบน้อย	7	70%	65.62
ความซับซ้อนในระบบต่ำ-โหลดงานในระบบมาก	20	87%	149.65
ความซับซ้อนในระบบสูง-โหลดงานในระบบน้อย	25	70%	167.75
ความซับซ้อนในระบบสูง-โหลดงานในระบบมาก	65	87%	357.20

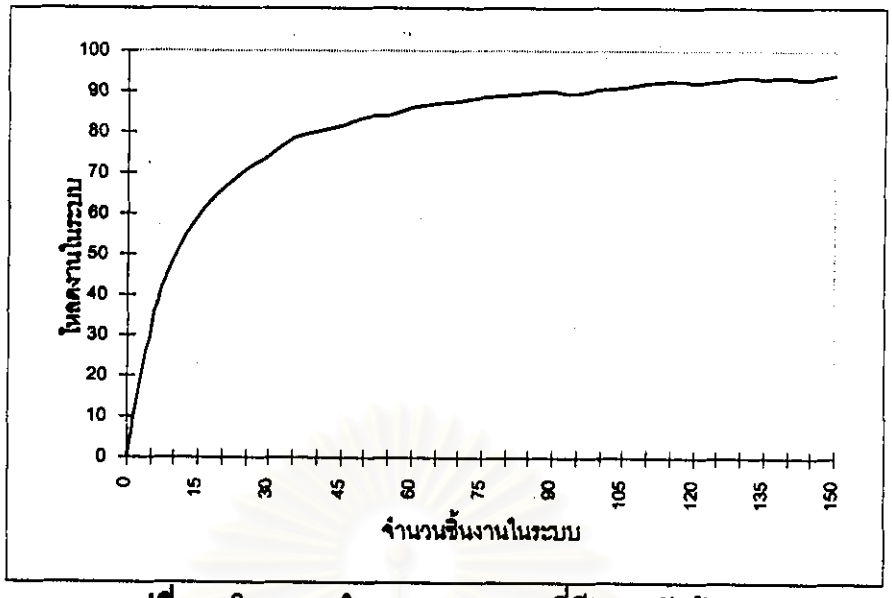


รูปที่ 6.3 โหลดงานในระบบของระบบที่มีความซับซ้อนต่ำ

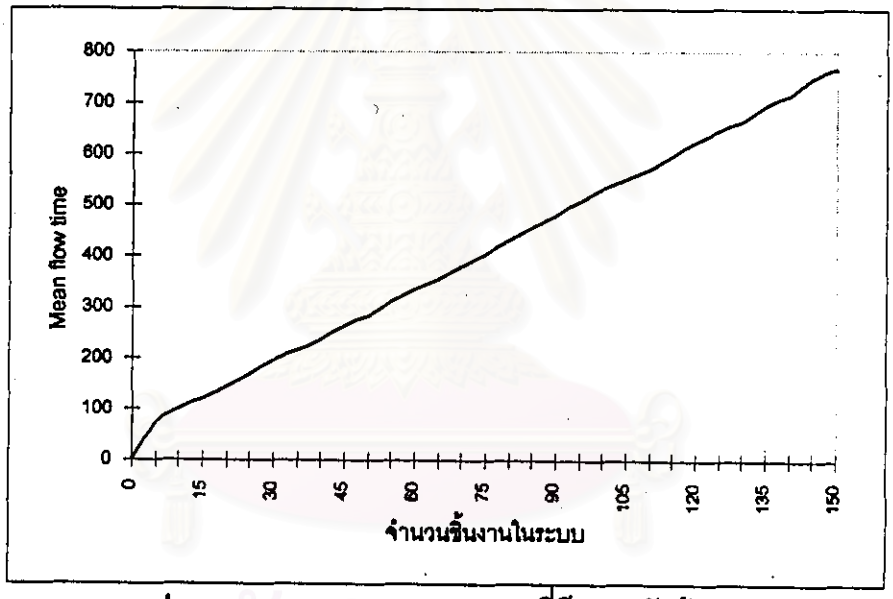


รูปที่ 6.4 Mean flow time ของระบบที่มีความซับซ้อนต่ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.5 โหลดงานในระบบของระบบที่มีความซับซ้อนสูง



รูป 6.6 Mean flow time ของระบบที่มีความซับซ้อนสูง

6.5 อัตราเครื่องจักรเสีย (Machine breakdown rate)

การจำลองเหตุการณ์เครื่องจักรเสียนิยมใช้รูปแบบการกระจายแบบเอ็กโปเนลเชียลเนื่องจากให้อัตราการเสียที่คงที่และยังเหมาะสมกับระบบที่ซับซ้อนซึ่งมีส่วนประกอบหลายส่วน (Ireson, Coombs และ Moss, 1996)

อัตราเครื่องจักรเสียสามารถประมาณได้จากระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างเครื่องจักรเสีย (Mean time between failure, MTBF) และ ระยะเวลาการซ่อม (Mean time to repair, MTTR) จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่าเวลาระหว่างเหตุการณ์เสียของเครื่องจักรและเวลาการซ่อมมักเป็นการ

กระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ MTBF และ MTTR ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม บางงานวิจัยก็ใช้รูปแบบการกระจายที่แตกต่างกันไป อาทิเช่น

- Arzi และ Roll (1993) กำหนดให้ระยะเวลาระหว่างการเสียของเครื่องจักรและระยะเวลาในการซ่อมเป็นการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 570 และ 30 หน่วยเวลาตามลำดับ
- Yao และ Pei (1990) กำหนดให้ระยะเวลาระหว่างการเสียของเครื่องจักรเป็นการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยอัตราการเสีย (λ, 1/MTBF) 1/9 1/5 และ 1/7 ครั้งต่อหน่วยเวลา และระยะเวลาในการซ่อมเป็นการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 2 และ 0.5 หน่วยเวลาตามลำดับ
- Lin และ Solberg (1991) กำหนดให้ระยะเวลาระหว่างการเสียของเครื่องจักรเป็นการกระจายแบบเนกกาทีฟเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ย 960 และ 1440 หน่วยเวลา และ เวลาในการซ่อมเป็นการกระจายแบบเนกกาทีฟเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60 หน่วยเวลาสำหรับระยะเวลาการเสียทั้งสองค่า

สำหรับอัตราส่วนที่เครื่องจักรดีมักจะแตกต่างกันไปในแต่ละการทดลองเช่น

- 5% (Arzi และ Roll, 1993)
- 10% (Shmilovici และ Maimon, 1992)
- 3% 12% 10% และ 16% (Lewis และ Barash, 1986)

ในงานวิจัยนี้ต้องการทดสอบกฎการจัดเส้นทางเดินของงานที่มีการพิจารณาเครื่องจักรเสีย ดังนั้นจึงกำหนดให้อัตราเครื่องจักรเสียในระบบค่อนข้างสูงเพื่อที่จะได้เห็นผลว่ากฎการจัดเส้นทางเดินของงานที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพหรือไม่ ดังนั้นจึงกำหนดให้เหตุการณ์เครื่องจักรเสียเกิดขึ้นด้วยระยะเวลาระหว่างเหตุการณ์มีการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ย 570 หน่วยเวลา และมีระยะเวลาในการซ่อมเครื่องจักรเป็นการกระจายแบบเอ็กซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ย 200 หน่วยเวลา ทำให้ได้อัตราส่วนเวลาที่เครื่องจักรเสียประมาณ 30 %

6.6 กำหนดส่งชิ้นงาน

การกำหนดกำหนดส่งชิ้นงานมีความสำคัญต่องานวิจัยฉบับนี้ เนื่องจากในงานวิจัยนี้จะมีการวัดประสิทธิภาพเรื่องกำหนดส่งของงานด้วย วิธีกำหนดกำหนดส่งของชิ้นงานสามารถแยกออกเป็น 2 ประเภทคือ

- การกำหนดจากภายนอก (Exogenously) การกำหนดกำหนดส่งของชิ้นงานนี้เป็นการกำหนดโดยตรง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ 1) การกำหนดเป็นค่าที่แน่นอน (CON) โดย

ตัวแทนขายจะเป็นผู้กำหนดระยะเวลาตั้งแต่การสั่งจนกระทั่งส่งของด้วยค่าที่แน่นอน 2) ผู้ซื้อเป็นผู้กำหนด ซึ่งระยะเวลาระหว่างสั่งของจนส่งของนี้จะไม่แน่นอนเป็นแบบสุ่ม (RAN)

- การกำหนดจากภายนอก (Endogenously) การกำหนดกำหนดส่งงานนี้เป็นการกำหนดโดยพิจารณาคุณลักษณะของชิ้นงาน (เช่น เวลาที่ใช้ในการผลิต จำนวนขั้นตอนการผลิต เป็นต้น) และพิจารณาคุณลักษณะของระบบ (เช่น เปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบ เป็นต้น) การกำหนดจากภายในยังสามารถแยกย่อยได้อีกหลายวิธี (Ramasesh, 1990)

วิธีการที่ใช้ในการกำหนดกำหนดส่งของชิ้นงานในงานวิจัยฉบับนี้ใช้วิธีการกำหนดจากภายใน โดยใช้วิธีปริมาณงานของชิ้นงานทั้งหมด (Total work content, TWK) ซึ่งกำหนดระยะเวลาตั้งแต่เริ่มสั่งจนกระทั่งกำหนดส่งโดยการคูณจำนวณเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตทั้งหมดด้วยตัวคูณ K โดยทั่วไปแล้ว K จะมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 8

ค่า K อาจแสดงให้เห็นถึงความกระชั้นของกำหนดส่ง (Due date tightness) เมื่อค่า K น้อยแสดงว่าชิ้นงานนั้นมีกำหนดส่งที่กระชั้นมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าชิ้นงานมีค่า K มากแสดงว่าชิ้นงานชิ้นนั้นมีความกระชั้นน้อย

วิธีการกำหนด K วิธีหนึ่งที่พบในงานวิจัยอื่นๆ คือการกำหนดค่า K ที่ทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าตามที่ต้องการ เช่น Mahmoodi, Dooley และ Starr (1990) กำหนดค่า K ที่ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าเป็น 20% และ 50% เป็นต้น

เนื่องจากความกระชั้นของกำหนดส่งมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบ ดังในงานวิจัยของ Baker (1984) และ Elvers และ Taube (1983) ซึ่งเสนอว่าทั้งสองส่วนมีความเกี่ยวข้องกันและไม่สามารถแยกพิจารณาส่วนใดส่วนหนึ่งโดยไม่คำนึงถึงอีกส่วนได้โดยเฉพาะงานวิจัยที่มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบทางด้านกำหนดส่ง ความสัมพันธ์ของทั้งสองส่วนนี้สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้คือ ในระบบที่มีเปอร์เซ็นต์การใช้สอยต่ำความหนาแน่นของระบบจะน้อยดังนั้น เมื่อกำหนดค่า K สำหรับกำหนดส่งงานซึ่งทำให้ได้ความกระชั้นของชิ้นงานค่าหนึ่งซึ่งแสดงได้ด้วยเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้าในระดับหนึ่ง ต่อมาหากเพิ่มเปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบขึ้นความหนาแน่นของชิ้นงานในระบบจะเพิ่มมากขึ้นดังนั้นหากกำหนดค่า K เท่าเดิมเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้าจะเพิ่มมากกว่าเดิม แสดงให้เห็นว่าความกระชั้นของชิ้นงานเพิ่มมากขึ้นแม้ว่าจะใช้ค่า K เท่าเดิม

เพื่อเป็นการกำหนดความกระชั้นของกำหนดส่งให้มีค่าเท่ากันในทุกระบบที่ทำการศึกษา ดังนั้นจึงได้กำหนดเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้าเป็น 30% เท่ากันทุกระบบแล้วพิจารราหาค่า K ซึ่งทำให้ทุกระบบมีความกระชั้นของกำหนดส่งเท่ากัน ดังแสดงในการทดลองที่ 6.2

การทดลองที่ 6.2

การหาค่าสัมประสิทธิ์ K ที่ทำให้ระบบที่สภาวะต่างๆมีความกระชั้นของกำหนดส่งเท่ากัน

วัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ K ที่ทำให้ระบบที่สภาวะความซับซ้อนในระบบและโหลดงานในระบบต่างมีความกระชั้นของกำหนดส่งเท่ากัน โดยพิจารณาระดับความกระชั้นของกำหนดส่งที่ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้า 30%

วิธีดำเนินการทดลอง

1. พิจารณาแบบจำลองของระบบที่มีการจำลองเหตุการณ์เครื่องจักรเสียแล้ว
2. ทดลองเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ K
3. ดำเนินการจำลองแบบปัญหาโดยใช้ช่วงเวลาไม่คงตัวและเวลาที่ใช้ในแต่ละรอบการทำซ้ำดังแสดงในตารางที่ 5.2
4. บันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้าในแต่ละรอบการทำซ้ำและหาค่าเฉลี่ย

ผลการทดลอง

ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังในตารางที่ 6.4 ก) ถึง ง)

ตารางที่ 6.4 ก) เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้าที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำ -โหลดงานในระบบน้อย

	K					
	2.5	3.0	3.5*	4.0	4.5	5.0
เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้า	47.51%	37.39%	30.09%	24.50%	20.59%	16.98%

ตารางที่ 6.4 ข) เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้าที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำ-โหลดงานในระบบมาก

	K						
	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0*	9.5
เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้า	44.95%	41.16%	37.92%	34.92%	32.29%	29.74%	27.55%

ตารางที่ 6.4 ค) เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้าที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูง -โหลดงานในระบบน้อย

	K						
	3.75	4.00	4.10*	4.20	4.25	4.50	4.75
เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้า	36.30%	31.49%	30.08%	28.75%	27.97%	23.36%	21.70%

ตารางที่ 6.4 ง) เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้าที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูง -โหลดงานในระบบมาก

	K			
	9.00	9.25*	9.50	10.00
เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานล่าช้า	31.70%	30.00%	28.35%	25.38%

หมายเหตุ: * คือค่าสัมประสิทธิ์ที่เลือกใช้สำหรับระบบที่สภาวะต่างๆ

จากผลการทดลองในตาราง 6.4 สามารถสรุปได้ว่า

1. ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำ-โหลดงานในระบบน้อยใช้ค่า K เท่ากับ 3.5
2. ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำ-โหลดงานในระบบมากใช้ค่า K เท่ากับ 9.0
3. ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูง-โหลดงานในระบบน้อยใช้ค่า K เท่ากับ 4.1
4. ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูง-โหลดงานในระบบมากใช้ค่า K เท่ากับ 9.25

6.7 กฎการจัดตารางงาน (Scheduling Rule)

กฎการจัดตารางงานคือกฎในการเลือกชิ้นงานที่รอคอยอยู่ในแถวคอยของเครื่องจักร ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้กฎการจัดตารางงานที่ให้ความสำคัญกับชิ้นงานที่มาก่อน (First come first serve, FCFS)

6.8 เกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพของระบบ

เนื่องจากปัญหาในเรื่องการจัดเส้นทางเดินของงานในระบบการปฏิบัติงานจริง เป็นปัญหาที่ต้องการหาคำตอบที่เหมาะสมภายใต้เกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพหลายเกณฑ์ จากการสำรวจงานวิจัยในอดีตก็พบว่างานวิจัยเหล่านี้มักใช้เกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพของระบบหลายเกณฑ์ (Ramasesh, 1990)

เกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพของระบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

6.8.1 เกณฑ์วัดประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลา ได้แก่ Mean flow time ซึ่งคือเวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

6.8.2 เกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้านกำหนดส่งของชิ้นงาน

6.8.2.1 Mean tardiness คือเวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานล่าช้าจากกำหนดส่ง ซึ่งเท่ากับผลรวมของเวลาที่ชิ้นงานล่าช้าทั้งหมดหารด้วยจำนวนชิ้นงานทั้งหมดทั้งที่เสร็จก่อนและหลังกำหนด

6.8.2.2 Mean lateness คือเวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานเสร็จก่อนและเสร็จหลังจากกำหนดส่ง โดยถ้าชิ้นงานที่เสร็จก่อนกำหนดจะมี Lateness เป็นลบ ถ้า

ชิ้นงานเสร็จช้ากว่ากำหนดจะมี Lateness เป็นบวก Mean lateness คือผลรวมของ lateness ทั้งที่เป็นบวกและลบ

6.8.2.3 Proportion of tardy job คืออัตราส่วนของจำนวนงานล่าช้าหารด้วยจำนวนงานทั้งหมด

6.8.3 เกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพทางด้านต้นทุน ได้แก่ System utilization เมื่อพิจารณาว่าหากสภาวะที่เครื่องจักรว่างเป็นการสิ้นเปลือง ระบบที่มี System utilization ที่สูงก็แสดงว่ามีความสิ้นเปลืองในด้านเครื่องจักรว่างน้อยกว่าระบบที่มี System utilization ต่ำ

6.9 กฎในการจัดเส้นทางเดินของงาน

กฎในการจัดเส้นทางเดินของงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะทดสอบในการทดลอง โดยกฎการจัดเส้นทางเดินของงานที่จะทำการทดสอบมี 7 กฎคือ

- FuzzyAHP-WINQ (ดูรายละเอียดในบทที่ 4)
- FuzzyAHP-NF (ดูรายละเอียดในบทที่ 4)
- FuzzyAHP (ดูรายละเอียดในบทที่ 3)
- WINQ (Work in next queue) เป็นกฎการเลือกเส้นทางเดินของงานโดยพิจารณาให้เครื่องจักรที่มีปริมาณในแถวคอยของเครื่องจักรน้อยที่สุด ได้รับเลือก
- NINQ (Number in next queue) เป็นกฎการเลือกเส้นทางเดินของงานโดยพิจารณาให้เครื่องจักรที่มีจำนวนชิ้นงานในแถวคอยของเครื่องจักรน้อยที่สุด ได้รับเลือก
- SPT (Smallest processing time) เป็นกฎการจัดเส้นทางเดินของงานที่พิจารณาให้เครื่องจักรที่สามารถผลิตชิ้นงานด้วยเวลาที่สั้นที่สุดได้รับเลือก
- RAN (Random) เป็นกฎการเลือกเส้นทางเดินของงานแบบสุ่ม ซึ่งพิจารณาเลือกเส้นทางเดินของงานด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากันทุกเส้นทางเดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.10 สมมติฐานของปัญหาที่พิจารณาในงานวิจัย

สมมติฐานสำคัญที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้มีดังต่อไปนี้คือ

6.10.1 กำหนดให้ผลที่เกิดขึ้นหลังจากการวางแผนกระบวนการ (Process planning) จะทำให้เกิด ความยืดหยุ่นของเส้นทางเดินของงาน (Routing flexibility) แบบ Non-identical capability, partailly pooled machines (Chutima, 1995) ซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ชิ้นงานจะไม่มีความยืดหยุ่นในด้านลำดับการทำงาน (Operation sequencing flexibility) กล่าวคือ ลำดับของการทำงานที่จะเกิดขึ้นบนชิ้นงานนั้นๆไม่สามารถที่จะสลับที่กันได้
- ความยืดหยุ่นของเส้นทางเดินของงาน เกิดขึ้นจากการที่ชิ้นงานสามารถทำงานได้บนเครื่องจักรหลายเครื่อง ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องจักรปฐมภูมิ (Primary machine) ซึ่งมีเวลาการทำงานในขั้นตอนนั้นๆสั้นที่สุด หรืออาจจะเป็นเครื่องจักรทุติยภูมิ (Secondary machine) ซึ่งมีเวลาการทำงานในขั้นตอนนั้นๆยาวกว่าเวลาที่เครื่องจักรปฐมภูมิใช้ ในความเป็นจริงแล้ว การที่เกิดเหตุการณ์เช่นนี้ขึ้นอาจจะเป็นเพราะเครื่องจักรทุติยภูมิมีอายุการใช้งานนานกว่าเครื่องจักรปฐมภูมิ หรือมีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพด้อยกว่าเครื่องจักรปฐมภูมิ เป็นต้น
- การทดแทนเครื่องจักรที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักรปฐมภูมิหรือทุติยภูมิก็ตาม กำหนดให้ว่าจะเป็นการทดแทนแบบหนึ่งต่อหนึ่ง นั่นหมายความว่า จะไม่มีการใช้เครื่องจักรมากกว่าหนึ่งเครื่องมาทำงานในขั้นตอนนั้นๆแทนที่การทำงานที่เกิดขึ้นบนเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว
- สำหรับเครื่องจักรที่เป็นทางเลือกในการทำงานหนึ่งๆ ทั้งเครื่องจักรปฐมภูมิและทุติยภูมิ กำหนดว่าจะต้องมีทรัพยากรที่จะใช้ในการทำงานนั้นๆอย่างครบถ้วนอยู่แล้ว เช่น เครื่องมือ คนงาน เป็นต้น

6.10.2 เนื่องจากปัญหาที่พิจารณาอยู่เป็นปัญหาแบบ On-line กล่าวคือการตัดสินใจเลือกเส้นทางเดินของงานจะเกิดขึ้นหลังจากชิ้นงานเสร็จจากขั้นตอนการทำงานที่อยู่ก่อนหน้า หรือเมื่อเกิดความต้องการในการจัดเส้นทางเดินของงานขึ้น ดังนั้นข้อมูลที่ใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจ เช่น ข้อมูลเครื่องจักรเสีย ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะ W Pr P และ S เป็นต้น จะต้องสามารถทราบได้ในขณะตัดสินใจเลือกเส้นทางเดินของงาน และเมื่อเลือกเส้นทางเดินของงานแล้วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆของเส้นทางเดินของงานที่เลือกอีกในภายหลัง

6.10.3 กฎการจัดตารางงาน (Scheduling rule) สำหรับชิ้นงานในแถวคอยของเครื่องจักรกำหนดให้เป็นแบบ FCFS (First-come First-serve) และไม่อนุญาตให้มีการเร่งงาน (เพื่อให้สามารถตรวจจับคุณลักษณะ W และ Pr ได้แน่นอนขึ้น)

6.10.4 AGV จะให้ความสำคัญต่อโหลดงานขนส่งที่เกิดขึ้นในระบบ เรียงลำดับดังต่อไปนี้

- ชิ้นงานที่อยู่ในแถวคอยขาออกของเครื่องจักรที่เกิด Locking
- ชิ้นงานในบัฟเฟอร์ส่วนกลางเมื่อเครื่องจักรที่ชิ้นงานนั้นจะไปว่างขึ้น
- ชิ้นงานในแถวคอยส่วนอื่น หรือโหลดงานขนส่งในสภาวะปกติ

กำหนดให้ว่าในแต่ละลำดับความสำคัญที่เกิดขึ้น AGV จะมีไปรับโหลดงานขนส่งแบบ FCFS

6.10.5 กำหนดให้ว่า AGV จะมีการเดินทางบน Guide-path แบบทิศทางเดียว และเส้นทางการเดินทางของ AGV จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งกำหนดให้จะเป็นเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุด

6.10.6 กำหนดให้ว่าวิศวกรบำรุงรักษามีการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับ AGV เป็นอย่างดี ทำให้ AGV ไม่มีการเสียในขณะปฏิบัติงาน นอกจากนั้นแล้วแบตตารี่ซึ่งเป็นตัวให้พลังงานในการขับเคลื่อน AGV กำหนดให้มีกำลังงานเพียงพอในการปฏิบัติงานของ AGV อีกด้วย

6.10.7 เมื่อเครื่องจักรเสียและมีชิ้นงานที่กำลังผลิตอยู่บนเครื่องจักรนั้น ชิ้นงานจะค้างอยู่บนเครื่องจักร และหลังจากเครื่องจักรถูกซ่อมแล้ว เครื่องจักรสามารถทำงานบนชิ้นงานนั้นต่อด้วยเวลาผลิตที่เหลือ หรือเป็นการดำเนินงานแบบที่เรียกว่า Preempt resume mode (Baker, 1974)

6.11 สรุป

ในบทนี้กล่าวถึงการกำหนดพารามิเตอร์ให้กับการทดลอง โดยที่การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆจะมีผลต่อความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง ดังสามารถสรุปได้ดังนี้

6.11.1 ลักษณะการทำงานของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

- ระบบแบบง่าย มีความซับซ้อนต่ำ มีจำนวนเครื่องจักรในระบบ 4 เครื่อง
- ระบบแบบซับซ้อน มีความซับซ้อนสูง มีจำนวนเครื่องจักรในระบบ 11 เครื่อง

6.11.2 เวลาในการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนการทำงานของชิ้นงานมีการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ย 10 หน่วยเวลาและเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรไม่ขึ้นกับลำดับขั้นตอนการทำงานและสมมติให้รวมกับเวลาในการปฏิบัติงาน

6.11.3 จำนวนขั้นตอนการทำงานกำหนดให้มีการกระจายแบบยูนิฟอร์มด้วยช่วงการกระจาย

- สำหรับความซับซ้อนของระบบต่ำ มีช่วงการกระจาย 2 ถึง 3
- สำหรับความซับซ้อนของระบบสูง มีช่วงการกระจาย 4 ถึง 6

6.11.4 เปอร์เซ็นต์การใช้สอยของระบบเบื้องต้นมีความสัมพันธ์กับโหลดงานในระบบซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในการทดลอง โดยจะกำหนดไว้ 2 ระดับคือ โหลดงานในระบบน้อย (เปอร์เซ็นต์การ

ใช้สอยเบื้องต้น 70%) และโหลดงานในระบบมาก (เปอร์เซ็นต์การใช้สอยเบื้องต้น 87%) โดยในแต่ละความซับซ้อนของระบบจะมีการกำหนดจำนวนชิ้นงานที่ไหลเวียนอยู่ในระบบเพื่อให้ได้โหลดงานในระบบน้อยและมากตามที่ต้องการดังนี้

- สำหรับความซับซ้อนของระบบต่ำ จำนวนชิ้นงานในระบบที่ทำให้ได้โหลดงานน้อยและมากคือ 7 และ 20 ชิ้น ตามลำดับ
- สำหรับความซับซ้อนของระบบสูง จำนวนชิ้นงานในระบบที่ทำให้ได้โหลดงานน้อยและมากคือ 25 และ 65 ชิ้น ตามลำดับ

6.11.5 อัตราเครื่องจักรเสียกำหนดให้ขึ้นกับ Mean time between failure และ Mean time to repair ซึ่งมีการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ย 570 และ 200 ตามลำดับ ซึ่งให้อัตราเครื่องจักรเสียประมาณ 30%

6.11.6 กำหนดส่งชิ้นงาน จะใช้วิธีปริมาณของชิ้นงานทั้งหมด (Total work content) ซึ่งช่วงเวลาระหว่างที่ชิ้นงานเข้ามาในระบบและกำหนดส่งจะถูกกำหนดโดยผลคูณของจำนวนเวลาทั้งหมดกับ k ซึ่งในแต่ละระบบต้องแปรค่า k เพื่อให้มีความกระชั้นของกำหนดส่งเท่ากันคือมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานสาย 30 % ค่า k ที่ใช้สำหรับแต่ละสภาวะคือ

- สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย k = 3.5
- สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก k = 9.0
- สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย k = 4.1
- สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก k = 9.25

6.11.7 กฎการจัดตารางงาน คือกฎในการเลือกชิ้นงานในแถวคอยซึ่งกำหนดให้เป็น FCFS

6.11.8 เกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพของระบบคือ Mean flow time Mean tardiness Mean lateness Proportion of tardy jobs และ System utilization

6.11.9 กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน เป็นปัจจัยหนึ่งในการทดลอง ซึ่งมีอยู่ 7 กฎ คือ FuzzyAHP-WINQ FuzzyAHP-NF FuzzyAHP WINQ NINQ SPT และ RAN

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย