บทที่ 4
การออกแบบการทดลอง

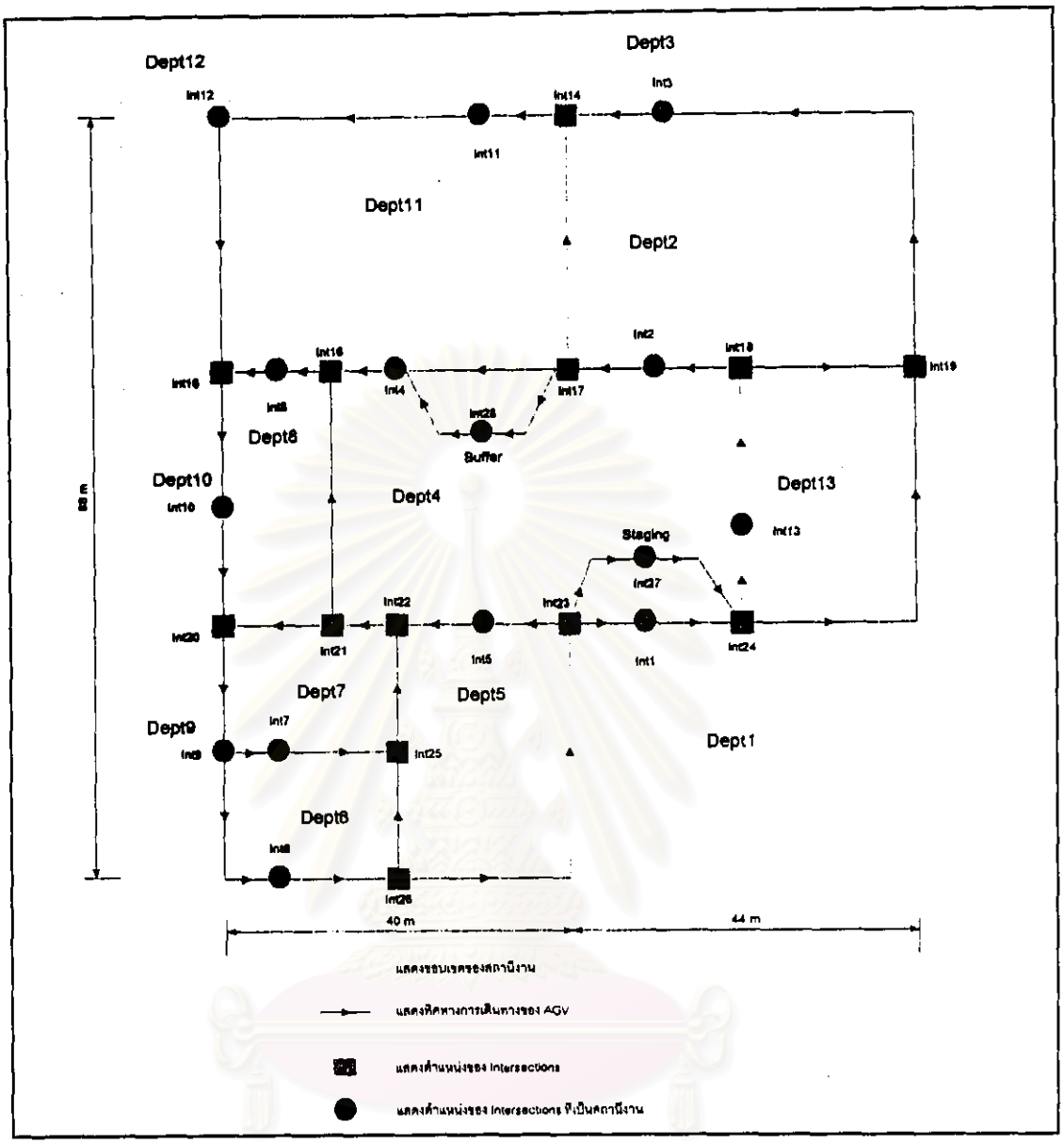
ก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อบันทึกผลลัพธ์ที่ต้องการ ต้องมีการออกแบบการทดลองก่อน โดยจะกำหนดพารามิเตอร์และเงื่อนไขต่างๆที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่ต้องการได้ ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ว่าการทดลองนี้จะดำเนินการโดยการจำลองแบบปัญหาโดยใช้คอมพิวเตอร์ ดังนั้นพารามิเตอร์และเงื่อนไขต่างๆที่ใช้ในการทดลองต้องมีความสมเหตุสมผลเพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถแทนระบบงานจริงได้ และผลการทดลองที่ได้ก็จะมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งการกำหนดพารามิเตอร์และเงื่อนไขต่างๆที่ใช้ในการทดลองนี้ได้จากการศึกษางานวิจัยอื่นๆที่ได้รับความเชื่อถือ และเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ลักษณะของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น (System configuration)

ลักษณะของระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่พบในงานวิจัยส่วนมากจะประกอบด้วยจำนวนเครื่องจักรที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของระบบผลิตที่ต้องการทำการศึกษา เช่น

- งานวิจัยของ Yao และ Pei (1990) Shmilovici และ Maimon (1992) และ Schultz (1989) ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 4 เครื่อง
- งานวิจัยของ Conway, Johnson และ Maxwell (1960) และงานวิจัยของ Lin และ Solberg (1989) ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 5 เครื่อง
- งานวิจัยของ Bobrowski และ Mabert (1988) ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 9 เครื่อง
- งานวิจัยของ Elvers (1973) ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 8 เครื่อง
- งานวิจัยของ Rachamadugu, Nandkeolyar และ Schriber (1993) และ Karsiti, Cruz และ Mulligan (1993) ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 10 เครื่อง
- งานวิจัยของ Ebgelu และ Tanchoco (1984) ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 11 เครื่อง

ในงานวิจัยนี้จำนวนเครื่องจักรและแผนผังของระบบผลิตแบบยืดหยุ่นได้ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Ebgelu และ Tanchoco (1984) และ Yim และ Linn (1993) ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้



รูปที่ 4.1 แผนผังระบบผลิตที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้

- ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นประกอบด้วยสถานีงาน 13 สถานี โดยมีแผนผังแสดงดังรูปที่ 4.1 ซึ่งจะแบ่งออกเป็นเครื่องจักร 11 เครื่องที่เหมือนกัน และทำงานเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งสามารถทดแทนกันได้อย่างสมบูรณ์ (มี Tool ที่เหมาะสมในการผลิตชิ้นงานทุกชิ้นอยู่บนเครื่องจักรทุกตัว) เครื่องจักรแต่ละเครื่องจะอยู่ที่สถานีงานที่ 1 ถึง 11 และมีแถวคอยขาเข้าและแถวคอยขาออกอย่างละหนึ่งแถวคอยและมีขนาดเท่ากัน ส่วนสถานีงานที่ 12 จะเป็นสถานีที่ทำหน้าที่ส่งงานออกจากระบบเมื่องานถูกดำเนินการเสร็จทุกขั้นตอนแล้ว (Unloading station) และสถานีงานที่ 13 จะเป็นสถานีที่ทำหน้าที่รับงานเข้าสู่ระบบ (Loading station) ทั้งสองสถานีจะมีขนาดของแถวคอยไม่จำกัด

- เครื่องจักรแต่ละเครื่องสามารถดำเนินการผลิตได้เพียงขั้นตอนเดียว ณ เวลาใดๆ และไม่มีการเสียหายของเครื่องจักร (Breakdown) เกิดขึ้นตลอดการทำงาน
- เครื่องจักรแต่ละเครื่องสามารถดำเนินการผลิตได้ทุกขั้นตอน กล่าวคือ ชิ้นงานสามารถถูกดำเนินการขั้นตอนหนึ่งๆบนเครื่องจักรใดก็ได้ โดยไม่มีการระบุว่าเครื่องจักรใดทำหน้าที่อะไร
- เมื่อชิ้นงานชิ้นแรกดำเนินการเสร็จ งานชิ้นต่อไปจะถูกดำเนินการทันที
- บัฟเฟอร์ส่วนกลาง (Central buffer) ทำหน้าที่เก็บชิ้นงานที่ไม่สามารถเข้าสู่แถวคอยขาเข้าของเครื่องจักรที่ต้องการได้เนื่องจากแถวคอยเต็ม ต้องรอจนกระทั่งเมื่อแถวคอยนั้นว่างชิ้นงานจึงจะถูกขนจากบัฟเฟอร์ไปยังแถวคอยนั้นๆ และบัฟเฟอร์ส่วนกลางนี้จะมีขนาดความจุไม่จำกัด
- เวลาที่ใช้ในการผลิต จำนวนขั้นตอนการผลิต และเครื่องจักรที่ต้องดำเนินการผลิตของแต่ละชิ้นงานจะเป็นการสุ่มที่มีความน่าจะเป็นในอัตราที่เท่ากัน

นอกจากส่วนประกอบต่างๆดังกล่าวแล้ว ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นยังต้องมีระบบขนถ่ายวัสดุเป็นส่วนประกอบด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ AGV เป็นพาหนะสำหรับขนถ่ายวัสดุ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- จำนวนของ AGV ที่ใช้จะมีมากที่สุด 2 ตัวแต่ละตัวสามารถรับชิ้นงานได้มากที่สุด 2 ชิ้น ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Nayyar และ Khator (1993)
- ความเร็วในการเดินทางของ AGV คือ 200 ฟุตต่อนาที (Vosniakos และ Mamalis,1990) และมีค่าคงที่ตลอดการทำงาน
- AGV สามารถเดินทางได้ทิศทางเดียวตามเส้นทางที่กำหนดให้เท่านั้น (Guided Path) ระยะทางระหว่าง Intersection ต่างๆและ Intersection ถัดไปของการเดินทางในระบบแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2
- AGV แต่ละตัวจะสามารถทำงานต่อเนื่องกันได้เรื่อยๆโดยไม่มีการเสียหายใดๆเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการทำการทดลอง
- ในสภาวะเริ่มต้นและเมื่อ AGV ว่างมันจะกลับไปจอดที่จุดจอด (Staging)

4.2 จำนวนขั้นตอนในการผลิต (Operation number)

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆเกี่ยวกับจำนวนขั้นตอนในการผลิตชิ้นงาน พบว่าโดยส่วนมากจะกำหนดจำนวนขั้นตอนในการผลิตให้มีการกระจายแบบยูนิฟอร์ม โดยมีช่วงที่แตกต่างกัน เช่น

- Cheng (1988) กำหนดจำนวนขั้นตอนในการผลิตให้มีการกระจายอยู่ระหว่าง 1 ถึง 2m-1 เมื่อ m คือจำนวนเครื่องจักรในระบบ
- Hutchison, Leong, Snyder และ Ward (1989) กำหนดจำนวนขั้นตอนในการผลิตให้มีการกระจายอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 ขั้นตอน
- Philipoom และ Fry (1990) กำหนดจำนวนขั้นตอนในการผลิตให้มีการกระจายอยู่ระหว่าง 4 ถึง 12 ขั้นตอน
- Bobrowski และ Mabert (1988) กำหนดจำนวนขั้นตอนในการผลิตให้มีการกระจายอยู่ระหว่าง 1 ถึง 15 ขั้นตอน

ตารางที่ 4.1 ระยะทางระหว่าง Intersection ต่างๆในแผนผังระบบผลิต

Intersection

From\To	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	0	49	120	78	225	155	139	90	134	109	97	135	19	68	95	64	59	38	60	122	170	164	215	11	152	168	228	69
2	177	0	297	29	176	106	90	41	85	60	48	77	196	39	46	35	10	215	237	73	121	115	167	188	103	119	179	20
3	210	259	0	268	209	139	123	168	118	93	21	50	229	12	79	182	269	248	270	106	154	148	200	221	136	152	212	279
4	148	197	268	0	147	77	61	12	56	31	246	274	167	236	17	6	207	186	208	44	92	86	138	159	74	90	160	217
5	131	180	251	209	0	60	44	49	39	68	228	257	150	219	54	43	190	169	191	27	15	9	121	142	57	73	133	200
6	71	120	191	149	70	0	75	80	70	99	168	197	90	159	85	74	130	109	131	58	46	40	61	82	28	13	73	140
7	147	196	267	225	146	76	0	65	55	84	244	273	166	235	70	59	206	185	207	43	31	25	137	158	13	69	149	216
8	136	185	256	214	135	65	49	0	44	19	233	262	155	224	5	108	195	174	196	32	80	74	126	147	82	78	138	205
9	92	141	212	170	91	21	5	70	0	89	189	218	111	180	75	64	151	130	152	48	35	30	82	103	18	34	94	161
10	117	166	237	195	116	46	30	95	25	0	214	243	136	205	100	89	176	155	177	13	61	55	107	128	43	59	119	186
11	189	238	309	267	188	118	102	167	97	72	0	29	208	277	58	161	248	227	249	85	133	127	179	200	115	131	191	258
12	160	209	280	238	159	89	73	138	68	43	257	0	179	248	29	132	219	198	220	56	104	98	150	171	86	102	162	229
13	207	30	99	59	206	136	120	71	115	90	76	107	0	69	76	65	40	19	39	103	151	145	197	218	133	149	209	50
14	198	247	318	276	197	127	111	176	106	81	9	38	217	0	67	170	257	236	258	94	142	136	188	209	124	140	200	267
15	131	180	251	209	130	60	44	109	39	14	228	257	150	219	0	103	190	169	191	27	75	69	121	142	57	73	133	200
16	142	191	262	220	141	71	55	6	50	25	239	268	161	230	11	0	201	180	202	35	85	80	132	153	68	84	144	211
17	167	216	287	19	166	96	80	31	75	50	36	67	186	29	36	25	0	205	227	63	111	105	157	178	93	109	169	10
18	188	11	80	40	187	117	101	52	96	71	59	88	207	50	57	46	21	0	20	84	132	126	178	199	114	130	190	31
19	270	319	60	348	269	199	183	248	178	153	81	110	289	72	139	242	329	308	0	168	214	208	260	281	198	212	272	339
20	104	153	224	182	103	33	17	82	12	101	201	230	123	192	87	76	163	142	164	0	48	42	94	115	30	46	106	173
21	116	165	236	194	115	45	29	34	24	53	213	242	135	204	39	28	175	154	176	12	0	54	106	127	42	58	118	185
22	122	171	242	200	121	51	35	40	30	59	219	248	141	210	45	34	181	160	182	18	6	0	112	133	48	64	124	191
23	10	59	130	88	9	69	53	58	48	77	107	136	29	98	63	52	69	48	70	35	24	18	0	21	88	82	12	79
24	215	38	109	67	214	144	128	79	123	98	85	115	8	77	84	73	48	27	49	111	159	153	205	0	141	157	217	58
25	134	183	254	212	133	63	47	52	42	71	231	260	153	222	57	46	193	172	194	30	18	12	124	145	0	76	136	203
26	58	107	178	136	57	76	62	67	57	86	156	184	77	146	72	61	117	96	118	46	33	27	46	69	15	0	60	127
27	227	50	121	79	226	156	140	91	135	110	98	127	20	89	96	86	60	39	61	123	171	165	217	12	163	169	0	70
28	158	207	278	10	157	87	71	22	66	41	256	284	177	246	27	16	217	196	218	54	102	96	148	169	84	100	160	0

ตารางที่ 4.2 Intersection ถัดไปของ Intersection ต่างๆในแผนผังระบบผลิต

Intersection

From\To	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	1	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
2	17	2	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
3	14	14	3	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
4	16	16	16	4	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
5	22	22	22	22	5	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
6	26	26	26	26	26	6	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
7	25	25	25	25	25	25	7	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
8	15	15	15	15	15	15	15	8	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
9	6	6	6	6	6	6	7	7	9	7	6	6	6	6	7	7	6	6	6	7	7	7	6	6	7	6	6	6
10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	12	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
13	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	13	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
14	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	14	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	28
18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	19	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	20	9	9	9	9	9	9	9	9
21	20	20	20	20	20	20	20	16	20	16	20	20	20	20	16	16	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	22	21	21	21	21	21	21
23	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	5	5	1	1	1	5	5	5	23	1	5	5	27	1
24	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19	13	13	13	13	24	13	13	13	13
25	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	25	22	22	22
26	23	23	23	23	23	25	25	25	25	25	23	23	23	23	25	25	23	23	23	25	25	25	23	23	25	26	23	23
27	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	27	24
28	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Conway และคณะ (1960) กำหนดจำนวนขั้นตอนในการผลิตให้มีการกระจายอยู่ระหว่าง 1 ถึง 7 ขั้นตอน
- Nayyar และ Khator (1993) และ Schultz (1989) กำหนดจำนวนขั้นตอนในการผลิตให้มีการกระจายอยู่ระหว่าง 2 ถึง 6 ขั้นตอน
- Elvers (1973) กำหนดจำนวนขั้นตอนในการผลิตให้มีการกระจายอยู่ระหว่าง 1 ถึง 4 ขั้นตอน

สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้จำนวนขั้นตอนในการผลิตมีการกระจายแบบยูนิฟอร์ม โดยมีช่วงการกระจายอยู่ระหว่าง 4 ถึง 6 ขั้นตอน

4.3 เวลาที่ใช้ในการผลิต (Operation time)

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆพบว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตมีรูปแบบการกระจายและมีค่าแตกต่างกันขึ้นกับวัตถุประสงค์ของผู้ทำการวิจัย เช่น

4.3.1 เวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอนเป็นค่าที่แน่นอน เช่น

- งานวิจัยของ Arzi และ Roll (1993) กำหนดให้เวลาในการผลิตของแต่ละชิ้นงานมีค่าคงที่ตั้งแต่ 10 ถึง 91 ช่วงเวลา
- Yao และ Pei (1990) ออกแบบการทดลองโดยกำหนดให้เวลาในการผลิตแต่ละชิ้นงานมีค่าคงที่ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.35 หน่วยเวลา

4.3.2 เวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอนมีการกระจายตัวเป็นแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) เช่น

- Hutchison และคณะ (1989) ทำการทดลองโดยให้เวลาในการผลิตชิ้นงานมีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 หน่วยเวลา
- Elvers (1973) ทำการทดลองโดยให้เวลาในการผลิตชิ้นงานมีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มอยู่ระหว่าง 6 ถึง 15 หน่วยเวลา
- Chen และ Chung (1991) ทำการทดลองโดยให้เวลาในการผลิตชิ้นงานมีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มอยู่ระหว่าง 2 ถึง 38 หน่วยเวลา และอยู่ระหว่าง 16 ถึง 24 หน่วยเวลา
- Nayyar และ Khator (1993) ทำการทดลองโดยให้เวลาในการผลิตชิ้นงานมีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มอยู่ระหว่าง 5 ถึง 10 นาที

4.3.3 เวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอนมีการกระจายตัวแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential distribution) เช่น

- Philipoom และ Fry (1990) และ Conway (1965) ทำการทดลองโดยกำหนดให้เวลาในการผลิตแต่ละขั้นตอนมีการกระจายแบบเอกซ์โปเนนเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 หน่วยเวลา
- Bobrowski และ Mabert (1988) ทำการทดลองโดยกำหนดให้เวลาในการผลิตแต่ละขั้นตอนมีการกระจายแบบเอกซ์โปเนนเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 ชั่วโมง

- Conway และ Maxwell (1962) ทำการทดลองโดยกำหนดให้เวลาในการผลิตแต่ละขั้นตอนมีการกระจายแบบเอกซ์โปเนนเชียล ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 หน่วยเวลา

จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตมีรูปแบบที่แตกต่างกัน แต่เวลาที่ใช้ในการผลิตที่มีรูปแบบการกระจายแบบเอกซ์โปเนนเชียลเป็นรูปแบบที่นิยมใช้มากที่สุด (Ramasesh,1990) ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงกำหนดให้เวลาในการผลิตชิ้นงานแต่ละขั้นตอนมีการกระจายแบบเอกซ์โปเนนเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 หน่วยเวลาเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Conway และ Maxwell (1962) โดยเวลาที่ใช้สำหรับการปรับตั้งเครื่องจักรถูกรวมอยู่ในเวลาที่ใช้ในการผลิตแล้ว

4.4 กำหนดส่งชิ้นงาน (Due date)

การกำหนดส่งชิ้นงานเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งสำหรับการทดลองนี้ เนื่องจากมีดัชนีที่วัดประสิทธิภาพของระบบผลิตบางตัวที่เกี่ยวข้องกับกำหนดส่งชิ้นงานด้วย ซึ่งการกำหนดส่งชิ้นงานนั้นสามารถดำเนินการได้ 2 วิธีคือ

1. กำหนดโดยตรง ซึ่งลูกค้าหรือตัวแทนขายจะเป็นผู้กำหนดส่งงาน โดยเริ่มนับตั้งแต่วันสั่งของจนถึงวันกำหนดส่งของ
2. กำหนดจากคุณลักษณะของชิ้นงาน เช่น พิจารณาจากเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้น จำนวนขั้นตอนในการผลิตแต่ละชิ้นงาน ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักร เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยส่วนมากจะเลือกวิธีที่ 2 ในการกำหนดเวลาส่งชิ้นงาน แต่จะเลือกพิจารณาจากเกณฑ์ใดนั้นย่อมแตกต่างกันไปแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการวิจัย แต่วิธีที่นิยมมากที่สุดคือวิธีปริมาณงานทั้งหมด (Total Work Content: TWK) Baker (1984) ได้ทำการทดลองโดยใช้วิธีการกำหนดส่งชิ้นงานที่แตกต่างกัน พบว่าการกำหนดส่งชิ้นงานโดยวิธี TWK เป็นวิธีที่ดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับเกณฑ์การวัดผลโดยพิจารณาจากเวลาที่งานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด ซึ่ง TWK เป็นวิธีที่ใช้กำหนดส่งชิ้นงานโดยการคูณค่าแฟคเตอร์ค่าหนึ่ง (K) เข้ากับเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้น (Processing time) วิธีในการกำหนดค่า K นั้นไม่มีข้อกำหนดที่แน่นอนตายตัวว่า K ต้องเท่ากับเท่าใด (Ramasesh, 1990) แต่วิธีที่นิยมวิธีการหนึ่งคือการกำหนดค่า K ที่ทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าตามที่ต้องการ เช่น Mahmoodi, Dooley และ Starr (1990) กำหนดค่า K ที่ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าเป็น 20 และ 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

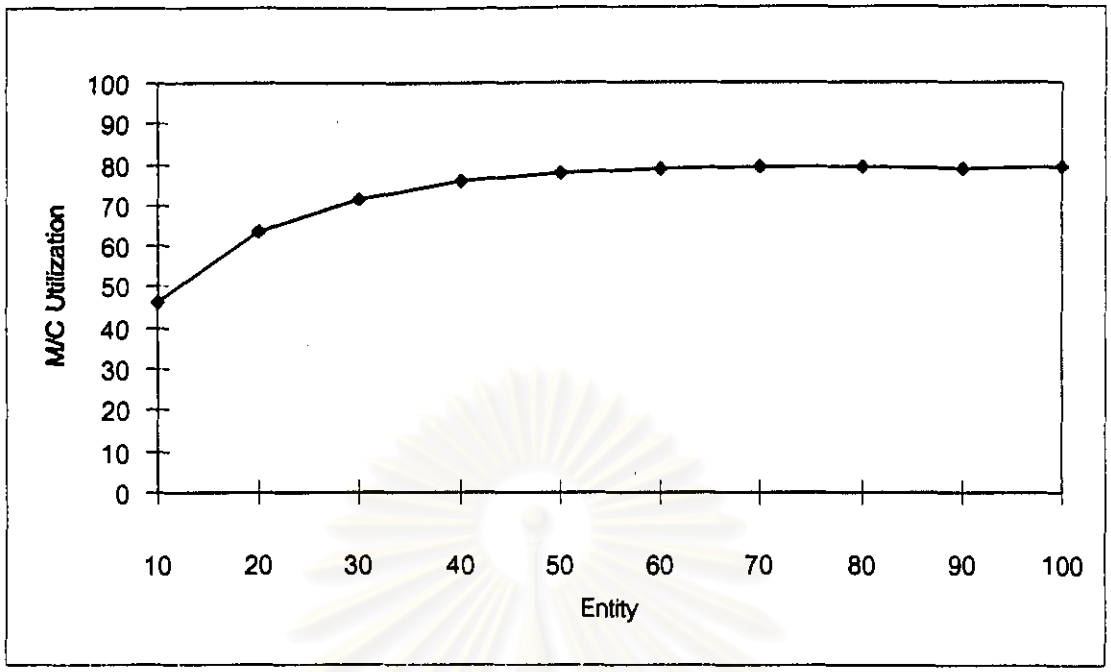
สำหรับงานการทดลองครั้งนี้จะกำหนดส่งชิ้นงานโดยวิธี TWK และกำหนดค่า K เท่ากับ 14 เพื่อให้ได้จำนวนของงานที่เสร็จล่าช้ากว่ากำหนดมีค่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

4.5 จำนวนชิ้นงานที่อยู่ในระบบ (Entity)

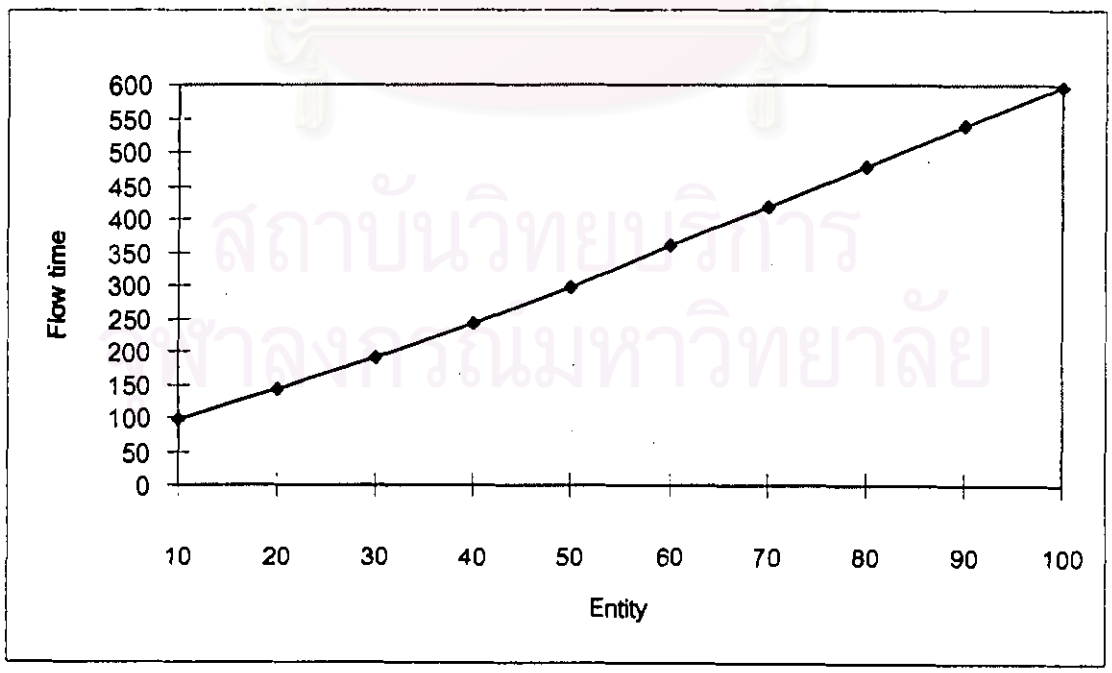
หมายถึง จำนวนชิ้นงานที่อยู่ในระบบผลิตในช่วงเวลาใดๆ ซึ่งถูกกำหนดโดยจำนวนของพาเล็ต (Pallet) ที่มีอยู่ในระบบ สาเหตุที่ต้องกำหนดชิ้นงานที่อยู่ในระบบเนื่องจากว่าถ้าจำนวนชิ้นงานในระบบมีน้อยเกินไปอาจทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง และถ้าจำนวนชิ้นงานในระบบมีมากเกินไปอาจส่งผลให้เกิดการแออัดในระบบ เวลาทั้งหมดที่ชิ้นงานใช้ในระบบมีค่ามากขึ้น เพิ่มงานระหว่างทำ ใช้อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุมากขึ้น และอาจทำให้จำนวนงานที่แล้วเสร็จลดลงได้ (Chutima, 1995) การกำหนดจำนวนชิ้นงานที่อยู่ในระบบที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นกับวัตถุประสงค์ของผู้ทำวิจัยซึ่งมีค่าแตกต่างกัน แต่ส่วนมากแล้วจะกำหนดโดยดูจากจำนวนชิ้นงานที่ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักรมีค่าสูงสุด หรือประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการเลือกใช้ประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักรที่ระดับแตกต่างกัน เช่น

- Conway (1965) ทำการวิจัยโดยกำหนดให้ระดับประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์
- Cheng (1988) ทำการวิจัยโดยกำหนดให้ระดับประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ 50 และ 90 เปอร์เซ็นต์
- Bobrowski และ Mabert (1988) ทำการวิจัยโดยกำหนดให้ระดับประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ 85 เปอร์เซ็นต์
- Schultz (1989) ทำการวิจัยโดยกำหนดให้ระดับประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์
- Philipoom และ Fry (1990) ทำการวิจัยโดยกำหนดให้ระดับประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ 85 เปอร์เซ็นต์
- Nayyar และ Khator (1993) ทำการวิจัยโดยกำหนดให้ระดับประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ 60 และ 85 เปอร์เซ็นต์

การหาจำนวนจำนวนชิ้นงานที่เหมาะสมสำหรับการทดลองนี้ ดำเนินการโดยการทดลองเปลี่ยนแปลงจำนวนชิ้นงานที่เหมาะสมหลายๆครั้ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการทดลองเปลี่ยนจำนวนชิ้นงานในระบบตั้งแต่ 10-100 เพิ่มครั้งละ 10 ชิ้นงาน แล้วบันทึกค่าประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักรและเวลาทั้งหมดที่ชิ้นงานแต่ละชิ้นใช้ในระบบ แล้วนำไปพล็อตกราฟ แสดงได้ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 จากกราฟรูปที่ 4.2 พบว่าประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักรมีค่าสูงที่สุดเมื่อจำนวนชิ้นงานเท่ากับ 60 ชิ้น หลังจากนั้นประสิทธิภาพของเครื่องจักรจะเริ่มมีค่าลดลง หรือคงที่ หรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาค่าเวลาที่ใช้ในระบบของชิ้นงานหลังจากจุดนี้จากรูปที่ 4.3 พบว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ดีต่อระบบเพราะอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพด้านอื่นๆของระบบลดลงได้



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Entity กับ M/C utilization



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Entity กับ Flow time

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้นสำหรับงานวิจัยนี้จะเลือกจำนวนชิ้นงานที่เหมาะสมที่อยู่ในระบบคือ 60 ชิ้นงาน ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักรประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

4.6 ปัจจัยการทดลอง

เป็นปัจจัยที่นำมาใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิต โดยปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

4.6.1 จำนวนของ AGV ที่ใช้ในระบบมี 2 ระดับคือ

- AGV 1 ตัว สามารถรับได้ 2 ชิ้นงาน
- AGV 2 ตัว แต่ละตัวสามารถรับได้ 2 ชิ้นงาน

4.6.2 ขนาดของแถวคอย (Queue Size) กำหนดขนาดของแถวคอยที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ

- ขนาดของแถวคอย = 1
- ขนาดของแถวคอย = 3
- ขนาดของแถวคอย = 5

4.6.3 Entity คือ จำนวนชิ้นงานที่อยู่ในระบบผลิตในช่วงเวลาใดๆซึ่งถูกกำหนดโดยจำนวนของพาเล็ตที่มีอยู่ในระบบ ถึงแม้จะทราบจากหัวข้อที่ 4.5 แล้วว่าจำนวนชิ้นงานที่อยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 60 ชิ้นงาน แต่เนื่องจากว่าการหาจำนวนชิ้นงานนั้นพิจารณาโดยดูจากประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักรเท่านั้น (ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรเป็นเกณฑ์หนึ่งที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบ) โดยไม่สนใจดัชนีวัดประสิทธิภาพตัวอื่นๆ ซึ่งเมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนชิ้นงานในระบบ จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบด้านต่างๆมีค่าแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นจึงสนใจที่จะเลือกจำนวนชิ้นงานเป็นปัจจัยตัวหนึ่งที่ใช้ในการทดลองแล้วศึกษาประสิทธิภาพของระบบจากดัชนีวัดประสิทธิภาพด้านอื่นๆนอกเหนือจากประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักร ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้จำนวนชิ้นงานที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ

- Entity = 40
- Entity = 60
- Entity = 80

4.6.4 กฎการจัดลำดับ (Dispatching rules) ใช้สำหรับการตัดสินใจเลือกชิ้นงานของ AGV ในกรณีที่ AGV ว่าง (ยังไม่มีชิ้นงานถูกกำหนดให้ไปรับ) กฎการจัดลำดับ AGV ที่ใช้ในการทดลองมี 3 ทางเลือก คือ

- First Come First Serve (FCFS) เป็นการพิจารณาเลือกชิ้นงานที่มีความต้องการ AGV ตามลำดับของความต้องการ กล่าวคือชิ้นงานใดมีความต้องการก่อนก็ให้บริการก่อน
- Maximum Outgoing Queue Size (MOQS) เป็นการพิจารณาเลือกชิ้นงานจากสถานีงานที่มีจำนวนของชิ้นงานในแถวคอยขาออกมากที่สุด
- Shortest Distance (SD) เป็นการพิจารณาเลือกชิ้นงานที่อยู่ใกล้กับ AGV มากที่สุด คือใช้เวลาในการเดินทางน้อยที่สุดก่อน

4.6.5 กฎการรับชิ้นงาน (Pick-up rules)ใช้สำหรับการตัดสินใจเลือกชิ้นงานชิ้นที่ 2 ของ AGV ซึ่งมีทางเลือกในการตัดสินใจ 3 วิธี ดังนี้คือ

- First Serve Next Station (FSNS) เป็นการพิจารณาเลือกชิ้นงานชิ้นที่ 2 ที่อยู่บนสถานีงานถัดไปที่ AGV จะต้องเดินทางผ่าน
- Serve Same Destination (SSD) เป็นการพิจารณาเลือกชิ้นงานชิ้นที่ 2 ที่มีสถานีงานปลายทางเหมือนกับชิ้นงานชิ้นที่ 1 ที่ถูกกำหนดให้แก่ AGV แล้ว
- Maximum Outgoing Queue Size (MOQS) เป็นการพิจารณาเลือกชิ้นงานชิ้นที่ 2 จากสถานีงานที่มีจำนวนของชิ้นงานในแถวคอยขาออกมากที่สุด

4.6.6 กฎการส่งชิ้นงาน (Drop-off rules) กฎนี้ใช้ในการตัดสินใจเลือกส่งชิ้นงานไปยังสถานีงานปลายทาง ในกรณีที่ AGV รับชิ้นงานครบทั้งสองชิ้นแล้ว ซึ่งมีทางเลือกในการตัดสินใจ 3 วิธี ดังนี้ คือ

- Nearest Destination (ND) เป็นการพิจารณาเลือกส่งชิ้นงานที่มีสถานีงานปลายทางใกล้ที่สุดก่อน เพื่อประโยชน์ในการลดเวลาเดินทางของ AGV
- First In First Out (FIFO) เป็นการพิจารณาเลือกส่งชิ้นงานตามลำดับการรับชิ้นงาน ของ AGV นั่นคือชิ้นงานใดที่ถูกรับขึ้นมาก่อนก็จะถูกส่งก่อน
- Minimum Operations Remaining (MOR) เป็นการพิจารณาเลือกส่งชิ้นงานที่มีขั้นตอนการผลิตเหลือน้อยที่สุดเป็นอันดับแรก

ในการทดลองจะทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบโดยการรวมปัจจัยต่างๆของการทดลองทั้ง 6 ข้อ ข้างต้น ซึ่งจะทำให้ได้รูปแบบการทดลองทั้งหมด 486 การทดลอง แล้วนำการทดลองแต่ละแบบไปทำการจำลองปัญหาภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน เพื่อเก็บข้อมูลที่จะใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของระบบในด้านต่างๆดังจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

4.7 การวัดประสิทธิภาพของระบบ

ในการทำการทดลองจะทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบด้านต่างๆ เพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อสรุปว่าปัจจัยการทดลองใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบ 6 ตัว คือ

- ค่าเฉลี่ยของเวลาทั้งหมดที่ชิ้นงานใช้ในระบบ โดยพิจารณาตั้งแต่เริ่มเข้าสู่ระบบจนกระทั่งออกจากระบบ (Mean flow time)
- ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานทั้งหมดที่ทำได้ โดยการนับจำนวนงานทั้งหมดที่ถูกส่งออกจากระบบ (Mean jobs done)
- ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักร (Average machine utilization)
- ค่าเฉลี่ยของเวลาที่งานเสร็จไม่ตรงตามกำหนด โดยบันทึกค่าเวลาที่งานเสร็จเร็วกว่ากำหนดและเวลาที่งานเสร็จช้ากว่ากำหนดหารด้วยจำนวนงานทั้งหมดที่ดำเนินการแล้วเสร็จ (Mean lateness)
- ค่าเฉลี่ยของเวลาที่งานเสร็จช้ากว่ากำหนด โดยบันทึกเฉพาะเวลาที่งานเสร็จช้ากว่ากำหนดแล้วหารด้วยจำนวนงานทั้งหมดที่ดำเนินการแล้วเสร็จ (Mean tardiness)
- ค่าเฉลี่ยของจำนวนชิ้นงานที่อยู่ในบัฟเฟอร์ส่วนกลาง (Mean number of jobs in central buffer)

4.8 สรุป

ก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อบันทึกผลลัพธ์ที่ต้องการ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดพารามิเตอร์และเงื่อนไขต่างที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองสามารถดำเนินการให้ได้ผลลัพธ์ตามต้องการสำหรับนำไปวิเคราะห์ ซึ่งในการวิจัยนี้มีเงื่อนไขและพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

แผนผังของระบบผลิตที่ใช้ในการจำลองปัญหาสำหรับงานวิจัยนี้ได้ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Ebgelu และ Tanchoco (1984) และ Yim และ Linn (1993) โดยระบบผลิตประกอบด้วยเครื่องจักร 11 เครื่อง ขั้นตอนการผลิตมีการกระจายแบบยูนิฟอร์มในช่วง 4 ถึง 6 ขั้นตอน เวลาที่ใช้ในการผลิตมีการกระจายแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 ใช้ AGV 2 ตัวแต่ละตัวสามารถรับงานได้มากที่สุด 2 หน่วย ความเร็วในการเดินทางของ AGV คือ 200 ฟุตต่อนาที (Vosniakos และ Mamalis, 1990) และ AGV เดินทางได้ทิศทางเดียวตามเส้นทางที่กำหนดให้เท่านั้น

ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง จะมีทั้งหมด 6 ตัวคือ

1. จำนวน AGV ที่ใช้ในระบบ จะมี 2 ระดับคือ

- จำนวน AGV เท่ากับ 1 ตัว
- จำนวน AGV เท่ากับ 2 ตัว

2. ขนาดของแถวคอย (Queue Size) จะมี 3 ระดับคือ

- ขนาดของแถวคอย เท่ากับ 1
- ขนาดของแถวคอย เท่ากับ 3
- ขนาดของแถวคอย เท่ากับ 5

3. จำนวนชิ้นงานที่อยู่ในระบบ (Entity) จะมี 3 ระดับคือ

- จำนวนชิ้นงานที่ไหลในระบบเท่ากับ 40
- จำนวนชิ้นงานที่ไหลในระบบเท่ากับ 60
- จำนวนชิ้นงานที่ไหลในระบบเท่ากับ 80

4. กฎการจัดลำดับ AGV จะมี 3 ทางเลือก คือ

- First Come First Serve (FCFS)
- Maximum Outgoing Queue Size (MOQS)
- Shortest Distance (SD)

5. กฎการรับงาน (Pick-up rules) จะมี 3 ทางเลือก คือ

- First Serve Next Station (FSNS)
- Maximum Outgoing Queue Size (MOQS)
- Serve Same Destination (SSD)

6. กฎการส่งงาน (Drop-off rules) จะมี 3 ทางเลือก คือ

- First In First Out (FIFO)
- Minimum Operation Remaining (MOR)
- Nearest Destination (ND)

การสร้างแบบจำลองสำหรับงานวิจัยนี้จะสร้างแบบจำลองและทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบโดยรวมเอาปัจจัยต่างๆของการทดลองทั้ง 6 ข้อ ข้างต้น ดังนั้นจึงได้การทดลองทั้งหมด 486 การทดลอง หลังจากนั้นจึงนำการทดลองแต่ละแบบที่ทดลองภายใต้เงื่อนไขเดียวกันไปทำการจำลองปัญหาเพื่อเก็บข้อมูลที่จะใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของระบบในด้านต่างๆ ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในระบบ (Mean flow time)
- ค่าเฉลี่ยของเวลาที่งานเสร็จไม่ตรงกำหนด (Mean lateness)
- ค่าเฉลี่ยของจำนวนชิ้นงานที่ดำเนินการแล้วเสร็จ (Mean jobs done)

- ค่าเฉลี่ยของจำนวนชิ้นงานที่อยู่ในบัฟเฟอร์ส่วนกลาง (Mean number of jobs in central buffer)
- ค่าเฉลี่ยของเวลาที่งานเสร็จช้ากว่ากำหนด (Mean tardiness)
- ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักร (Average machine utilization)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย