บทที่ 4

การวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์

<u>แผนการซ่อมบำรุง</u>

ปัจจุบันเครื่องยนต์เอ็ม.ที.ยู. เป็นเครื่องยนต์มาตรฐานที่ใช้กับเรือต่างๆในกองทัพเรือ การซ่อมบำรุงเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถปฏิบัติงานให้ได้มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งจำเป็นและต้องการการบำรุงรักษาตามระยะเวลา โดยสอดคล้องกับชั่วโมงใช้งานของเครื่องยนต์แต่ละรุ่น ทางบริษัทเอ็ม.ที.ยู.ได้กำหนดแผนการซ่อมบำรุงออกเป็น 6 ขั้นตอนด้วยกันคือ w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 และ w_6 ดังตารางที่ 4.1 ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการเขียนโครงข่ายวิกฤต (Critical Path Method) ที่ใช้ในการปรับซ่อมใหญ่ระบบเครื่องยนต์ขับเคลื่อนหลักของเรือยนต์เร็วโจมตีทั้งชนิดเครื่องยนต์ 16 สูบ และ 20 สูบ ซึ่งโดยสรุปแล้วหน้าที่ของระบบขับเคลื่อนหลัก คือขับเคลื่อนเรือให้ไปสู่จุดหมายปลายทางได้สำเร็จการปรับซ่อมเครื่องจักรใหญ่หรือระบบขับเคลื่อนหลักนี้สามารถแยกสายงานออกตามการทำงานและการวิเคราะห์โครงข่าย ซึ่งสามารถพิจารณาได้ว่ากิจกรรมใดกระทำก่อน กิจกรรมใดกระทำตามมา และกิจกรรมใดสามารถกระทำไปพร้อมๆกันได้ โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะแผนการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ตามระยะเวลา

ประเภทอุปกรณ์	วงรอบอายุการใช้งาน ชั่วโมง(ปี)	ชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง)	ขั้นตอนการบำรุงรักษา (ขั้นตอนที่....)	จำนวนครั้งการซ่อมบำรุงในปีต่างๆเมื่อมีการใช้งาน 600 ชั่วโมง ต่อปี									
				ปีที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เครื่องยนต์เอ็ม.ที.ยู.-538	6000 ชั่วโมง หรือ 10 ปี	150	1 (W_2)	$2W_2$	$2W_2$	$2W_2$	$2W_2$	$2W_2$	$2W_2$	$2W_2$	$2W_2$	$2W_2$	$2W_2$
		300	2 (W_3)	$2W_3$	$2W_3$	W_3	$2W_3$	W_3	$2W_3$	$2W_3$	W_3	$2W_3$	W_3
		1500	3 (W_4)				W_4				W_4		
		3000	4 (W_5)					W_5					
		6000	5 (W_6)										W_6

(ที่มา : เอกสารประกอบการสอนหลักสูตร บริหารงานอู่เรือ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ พ.ศ. 2531)

ตารางที่ 4.2 แสดงการแยกกิจกรรมในการปรับซ่อมเครื่องยนต์ชนิด16/20 สูบ

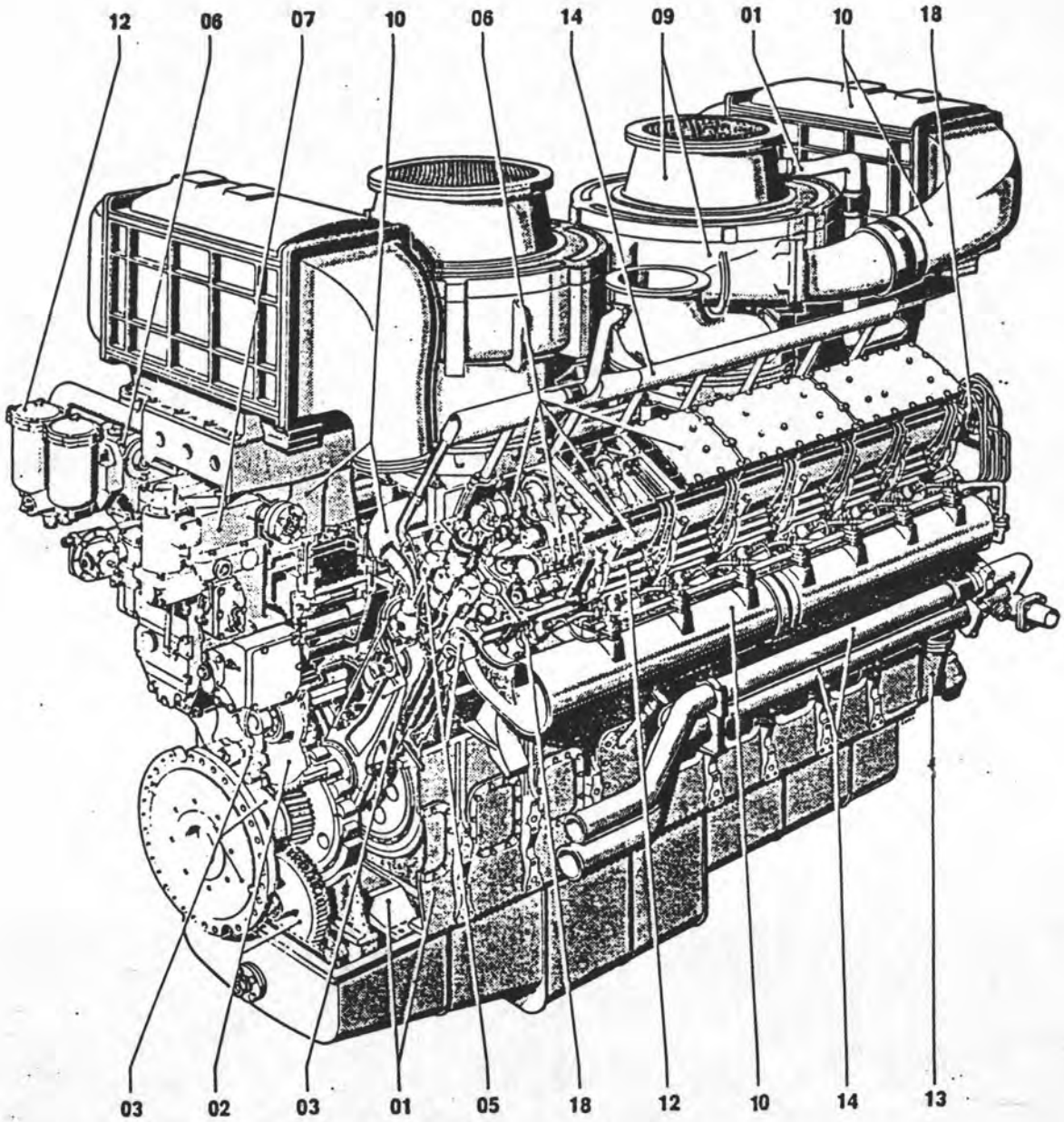
กิจกรรม	สิ่งที่ต้องดำเนินการ	จำนวนคน	เวลา (วัน)
1-2	รื้อท่อทาง,สิ่งกีดขวาง	4	7
2-6	ถอดถอนระบบเฟืองขับลิ้น	4	1
2-3	ถอดถอนระบบท่ออากาศเสียเข้าเทอร์ไบชาร์จและชาร์จแอร์คูลเลอร์	4	2
2-5	ถอดถอนระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	2	1
2-19	ถอดถอนระบบน้ำหล่อเย็น	4	2
2-25	ถอดถอนระบบอุปกรณ์สตาร์ทเครื่อง	6	2
3-4	ถอดถอนระบบเทอร์ไบชาร์จของแกซเสีย	6	2
7-8	ถอดถอนระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	5	2
19-20	ถอดถอนระบบปั๊มน้ำดิบ	2	1
9-10	ถอดถอนระบบฝาสูบและลูกสูบ	6	2
10-11	ถอดถอนระบบขับเคลื่อน (บางส่วน)	4	2
11-13	ปรับซ่อมระบบขับเคลื่อน (บางส่วน)	4	5
10-12	ปรับซ่อมระบบฝาสูบและลูกสูบ	6	30(40)
6-18	ปรับซ่อมระบบเฟืองขับลิ้น	5	15
4-16	ปรับซ่อมระบบเทอร์ไบชาร์จของแกซเสีย	6	7
3-15	ปรับซ่อมระบบท่อแกซเสียเข้าเทอร์ไบชาร์จและชาร์จแอร์คูลเลอร์	4	7
8-21	ปรับซ่อมระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	6	4
5-22	ปรับซ่อมระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	4	2
20-24	ปรับซ่อมระบบปั๊มน้ำดิบ	4	14
19-23	ปรับซ่อมระบบน้ำหล่อเย็น	3	7(10)
25-26	ปรับซ่อมระบบอุปกรณ์สตาร์ทเครื่องยนต์	4	7

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

กิจกรรม	สิ่งที่ต้องดำเนินการ	จำนวนคน	เวลา (วัน)
12-14	ประกอบระบบฝาสูบและลูกสูบ	4	5
17-27	ประกอบระบบขับเคลื่อน (บางส่วน)	4	2
18-21	ประกอบระบบเฟืองขับลิ้น	4	2
15-16	ประกอบระบบท่อแกซเสียและชาร์จแอร์คูลเลอร์	4	2
16-27	ประกอบระบบเทอร์โบชาร์จ	4	2
21-22	ประกอบระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	6	2
22-27	ประกอบระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	3	1
24-27	ประกอบระบบปั๊มน้ำดิบ	4	1
23-27	ประกอบระบบน้ำหล่อเย็น	3	2
26-27	ประกอบระบบอุปกรณ์สตาร์ทเครื่องยนต์	4	2
27-28	ประกอบท่อทางต่างๆ	4	7

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บแสดงจำนวนในการซ่อมทำของเครื่องยนต์ 20สูบ

ที่มา : คู่มือการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. 16/20 สูบ



ภาพที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 16/20 สูบ

ที่มา : คู่มือการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู.

1. <u>ระบบใหญ่ๆที่ประกอบอยู่ในเครื่องยนต์ขับเคลื่อนหลัก</u>

ระบบการทำงานของเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ทุกๆรุ่นทั้งกรณีเครื่องยนต์ชนิด 12 สูบ 16 สูบ และ 20 สูบ จะแบ่งออกเป็นกรุ๊ปโดยแต่ละกรุ๊ปมีตัวเลขประจำกรุ๊ปเป็นตัวเลข 2 หลัก ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการวางแผนการซ่อมทำและการจัดหาพัสดุตามรายละเอียดดังนี้ (ดูภาพที่ 4.1 ประกอบ)

กรุ๊ป 01 คือระบบอ่างน้ำมันเครื่อง (Crankcase)

กรุ๊ป 02 คือระบบเฟืองทด (Gear Train)

กรุ๊ป 03 คือระบบขับเคลื่อน (Crankdrive)

กรุ๊ป 04 คือระบบฝาครอบ KGS (Cover Plate at KGS)

กรุ๊ป 05 คือระบบฝาสูบ (Cylinder Head)

กรุ๊ป 06 คือระบบเฟืองขับลิ้น (Valve Gear)

กรุ๊ป 07 คือระบบควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง (Governer)

กรุ๊ป 08 คือระบบควบคุมเครื่องยนต์ (Engine Regulation)

กรุ๊ป 09 คือระบบเทอร์โบชาร์จของแกซเสีย (Exhaust Turbo-Charger)

กรุ๊ป 10 คือระบบท่ออากาศเสียของเทอร์โบชาร์จ (Charge Air Piping-Exhaust Piping)

กรุ๊ป 11 คือระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Feul Injection Equipment)

กรุ๊ป 12 คือระบบน้ำมันเชื้อเพลิง (Feul System)

กรุ๊ป 13 คือระบบปั๊มน้ำดิบ (Water Pump)

กรุ๊ป 14 คือระบบน้ำหล่อเย็น (Cooling Water System)

กรุ๊ป 15 คือระบบปั๊มน้ำมันหล่อลื่น (Oil Pump)

กรุ๊ป 16 คือระบบน้ำมันหล่อลื่น (Oil System)

กรุ๊ป 17 คือระบบควบคุมความเร็ว (Drive for Speed Supervision)

กรุ๊ป 18 คือระบบอุปกรณ์สตาร์ทเครื่อง (Starting Equipment)

2. ขั้นตอนกิจกรรมการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู.

เนื่องจากเครื่องยนต์ขับเคลื่อนหลักของเรือยนต์เร็วโจมตี เป็นเครื่องยนต์ที่มีความสำคัญมากในการใช้งาน รวมทั้งเป็นเครื่องยนต์ที่มีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนของระบบการทำงาน ดังนั้นการซ่อมบำรุงที่ถูกต้องตามคู่มือการซ่อมบำรุงของเครื่องยนต์จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่สุด ซึ่งการซ่อมทำเพื่อให้เครื่องยนต์ดังกล่าวสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นส่วนสำคัญและต้องการการบำรุงรักษาตามระยะเวลาโดยให้สอดคล้องกับชั่วโมงการใช้งานหรืออายุของเรือ เครื่องแต่ละชนิดจึงต้องทำการบำรุงรักษาตามขั้นตอนและปฏิบัติตามมาตรฐานของการซ่อมทำ รวมทั้งเปลี่ยนอะไหล่ตามที่บริษัท เอ็ม.ที.ยู. เสนอแนะโดยได้มีการจัดทำรายการและจำนวนอะไหล่ในการซ่อมทำแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

1. อะไหล่ประเภท 1 (Maintenance Parts) เป็นอะไหล่ที่จำเป็นต้องใช้ในขั้นตอนการซ่อมบำรุงขั้น W_2, W_3, W_4, W_5 และ W_6

2. อะไหล่ประเภทที่ 2 (Reserved Parts) เป็นอะไหล่สำรองประเภทที่อาจจำเป็นต้องใช้ในการซ่อมบำรุงตามขั้นตอน W_4, W_5 และ W_6 ซึ่งเรียกว่าอะไหล่ประเภท R_4, R_5 และ R_6 (R-Reserved)

3. อะไหล่ประเภทที่ 3 (Provision or Unforeseen parts) เป็นอะไหล่สำรองประเภทที่ไม่คาดคิดว่าจะต้องใช้ในการซ่อมบำรุงตามขั้นตอน W_5 และ W_6 ซึ่งหมายถึงอะไหล่ที่เรียกว่า V_1, VL_1, VL_2 และ VL_3

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อมูลของกิจกรรมต่างๆที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ทั้งชนิด 16 สูบและ 20 สูบ จำนวน 32 กิจกรรมดังกล่าวในตารางที่ 4.1 ซึ่งรวมไปถึงจำนวนระยะเวลาและแรงงานที่ต้องการในการทำงานตลอดระยะเวลาที่เรือเข้ารับการซ่อมทำโดยข้อมูลทั้งหมดได้จากการสัมภาษณ์ช่างที่มีความชำนาญในการซ่อมทำเครื่องยนต์ชนิดนี้ และใช้ค่ามาตรฐานการทำงานจากคู่มือการซ่อมบำรุงของบริษัท เอ็ม.ที.ยู. ประกอบกับข้อมูลในอดีต ซึ่งสามารถแยกแยะการดำเนินการจัดทำเป็นตารางกิจกรรมซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 เพื่อสามารถนำมาจัดทำเป็นโครงข่ายวิกฤต (Critical Path Method)

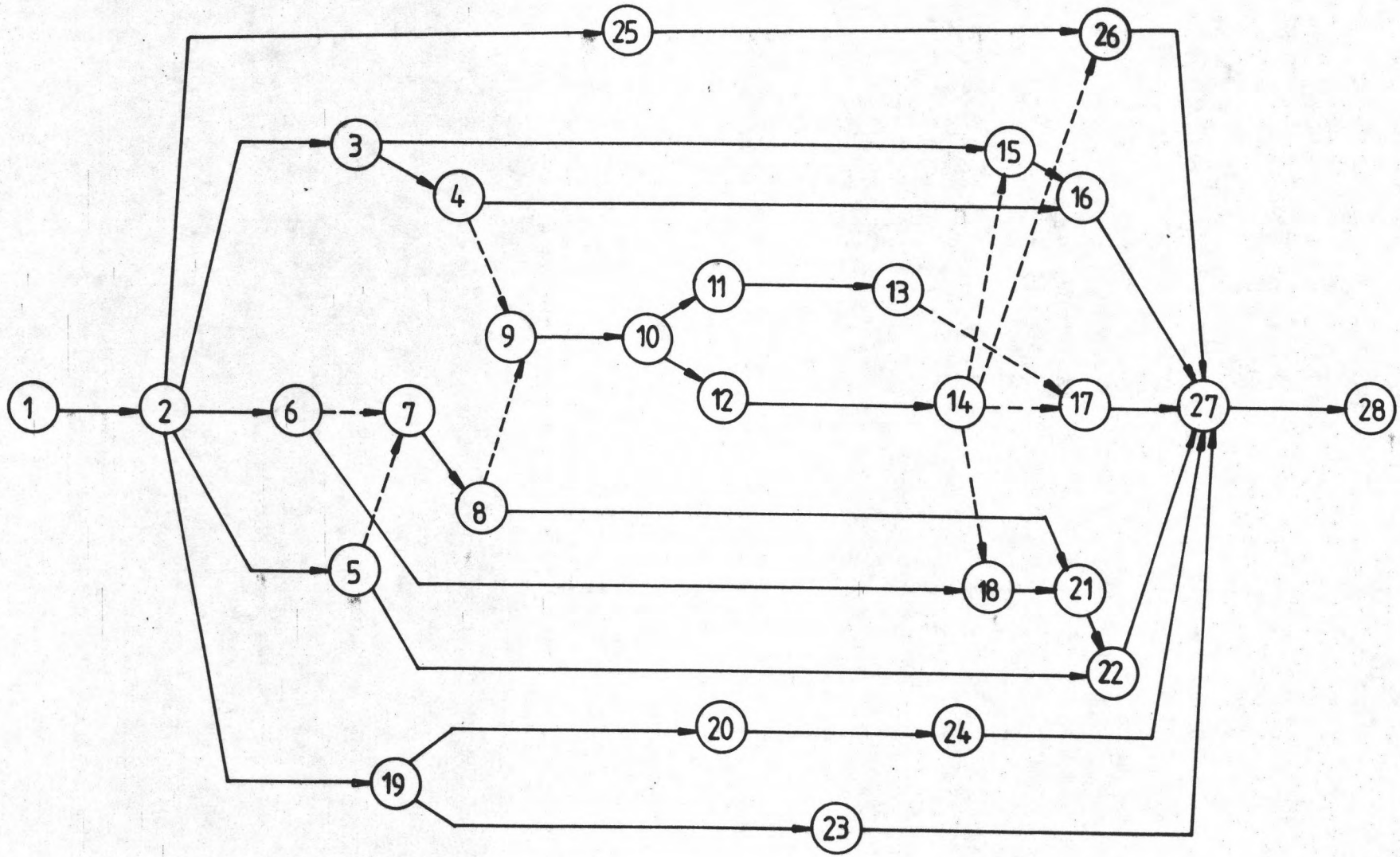
ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของกิจกรรมในการซ่อมทำเครื่องยนต์ชนิด 16/20 สูบ

เบอร์กิจกรรม (Node Number)	สัญญลักษณ์กิจกรรม (Activity Symbol)	กิจกรรมที่ต้องดำเนินการเสร็จสิ้นก่อน (Predecessor Activity)
1-2	A	-
2-6	B	1
2-3	C	1
2-5	D	1
2-19	E	1
2-25	F	1
3-4	G	3
7-8	H	2,4
19-20	I	5
9-10	J	7,8
10-11	K	10
11-13	L	11
10-12	M	10
6-18	N	2
4-16	O	7
3-15	P	3
8-21	Q	8
5-22	R	4
20-24	S	9
19-23	T	5
25-26	U	6
12-14	V	13

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

เบอร์กิจกรรม (Node Number)	สัญลักษณ์กิจกรรม (Activity Symbol)	กิจกรรมที่ต้องดำเนินการเสร็จสิ้นก่อน (Predecessor Activity)
17-27	W	12,22
18-21	X	14,22
15-16	Y	16,22
16-27	Z	15,25
21-22	A_1	17,24
22-27	B_1	18,27
24-27	C_1	19
23-27	D_1	20
26-27	E_1	21,22
27-28	F_1	23,26,28,29,30,31

จากโครงข่ายวิกฤตที่สร้างขึ้นได้ในภาพที่ 4.2 และข้อมูลที่บันทึกไว้เป็นแรงงานและวันทำงานสามารถนำมาวิเคราะห์โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อนำมาหาค่าช่วงเวลาในการเริ่มต้นเร็วที่สุด (Earliest Start : ES) ช่วงเวลาเริ่มต้นช้าที่สุด (Latest Start : LS) ช่วงเวลาในการทำงานเสร็จสิ้นเร็วที่สุด (Earliest Finish : EF) ช่วงเวลาในการทำงานเสร็จสิ้นช้าที่สุด (Latest Finish : LF) และหาค่าความยืดหยุ่น (Float) ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นของแต่ละกิจกรรม คือ Total Float, Free Float และ Independent Float โดยแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงค่ากิจกรรมที่ใช้ในการซ่อมทำเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบ และตารางที่ 4.5 แสดงค่ากิจกรรมที่ใช้ในการซ่อมทำเครื่องยนต์ชนิด 20 สูบ ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 แสดงโครงข่ายของการซ่อมบำรุงขั้น ๒ ของเครื่องยนต์
เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 16/20 สูบ

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์โครงข่ายวิกฤต (กรณีเครื่องยนต์ 16 สูบ)

PROJECT: MTU 538 16V TB90
START DATE = 1
EARLIEST FINISH DATE = 60
PROJECT DURATION = 60

1 I	2 J	3 DU	4 ES	5 EF	6 LS	7 LF	8 TF	9 FF	10 IF	
1	2	7	1	7	1	7	0	0	0	CRITICAL
2	6	1	8	8	9	9	1	0	1	
2	3	2	8	9	8	9	0	0	0	CRITICAL
2	5	1	8	8	9	9	1	0	1	
2	19	2	8	9	36	37	28	0	28	
2	25	2	8	9	43	44	35	0	35	
3	4	2	10	11	10	11	0	0	0	CRITICAL
6	7	0	9	8	10	9	1	0	1	
5	7	0	9	8	10	9	1	0	1	
7	8	2	9	10	10	11	1	0	1	
19	20	1	10	10	38	38	28	0	28	
4	9	0	12	11	12	11	0	0	0	CRITICAL
8	9	0	11	10	12	11	1	1	0	
9	10	2	12	13	12	13	0	0	0	CRITICAL
10	11	2	14	15	45	46	31	0	31	
11	13	5	16	20	47	51	31	0	31	
10	12	30	14	43	14	43	0	0	0	CRITICAL
6	18	15	9	23	34	48	25	25	0	
4	16	7	12	18	45	51	33	32	1	
3	15	7	10	16	43	49	33	32	1	
8	21	4	11	14	47	50	36	36	0	
5	22	2	9	10	51	52	42	42	0	
20	24	14	11	24	39	52	28	0	28	
19	23	7	10	16	45	51	35	0	35	
25	26	7	10	16	45	51	35	32	3	
12	14	5	44	48	44	48	0	0	0	CRITICAL
14	17	0	49	48	52	51	3	0	3	
13	17	0	21	20	52	51	31	28	3	
17	27	2	49	50	52	53	3	3	0	
14	18	0	49	48	49	48	0	0	0	CRITICAL
18	21	2	49	50	49	50	0	0	0	CRITICAL
14	15	0	49	48	50	49	1	0	1	
15	16	2	49	50	50	51	1	0	1	
16	27	2	51	52	52	53	1	1	0	
21	22	2	51	52	51	52	0	0	0	CRITICAL
22	27	1	53	53	53	53	0	0	0	CRITICAL
24	27	1	25	25	53	53	28	28	0	
23	27	2	17	18	52	53	35	35	0	
14	26	0	49	48	52	51	3	0	3	
26	27	2	49	50	52	53	3	3	0	
27	28	7	54	60	54	60	0	0	0	CRITICAL

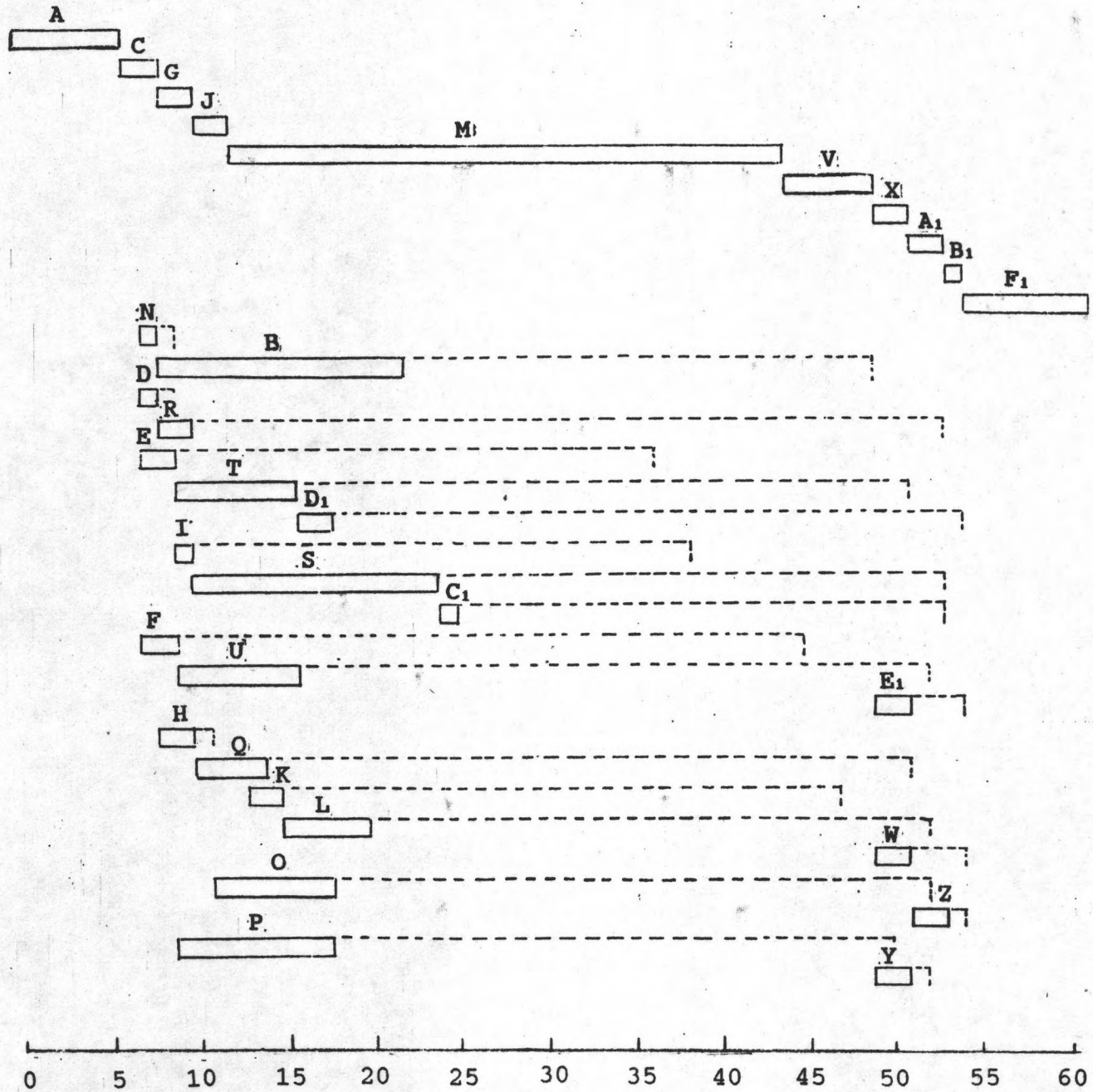
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์โครงข่ายวิกฤต (กรณีเครื่องยนต์ 20 สูบ) :

PROJECT: MTU 538 20V TB90
START DATE = 1
EARLIEST FINISH DATE = 70
PROJECT DURATION = 70

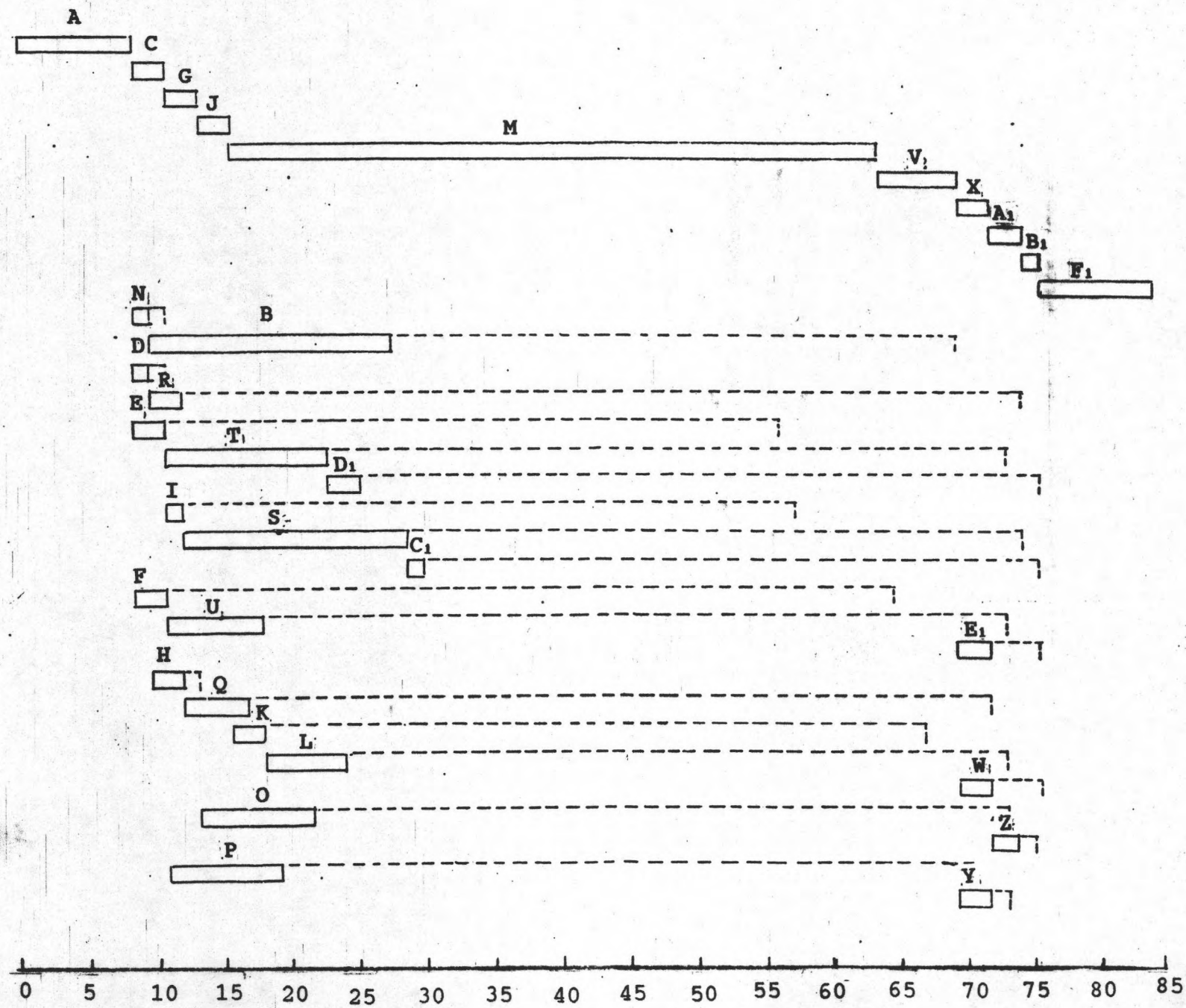
1 I	2 J	3 DU	4 ES	5 EF	6 LS	7 LF	8 TF	9 FF	10 IF	
1	2	7	1	7	1	7	0	0	0	CRITICAL
2	6	1	8	8	9	9	1	0	1	
2	3	2	8	9	8	9	0	0	0	CRITICAL
2	5	1	8	8	9	9	1	0	1	
2	19	2	8	9	46	47	38	0	38	
2	25	2	8	9	53	54	45	0	45	
3	4	2	10	11	10	11	0	0	0	CRITICAL
6	7	0	9	8	10	9	1	0	1	
5	7	0	9	8	10	9	1	0	1	
7	8	2	9	10	10	11	1	0	1	
19	20	1	10	10	48	48	38	0	38	
4	9	0	12	11	12	11	0	0	0	CRITICAL
8	9	0	11	10	12	11	1	1	0	
9	10	2	12	13	12	13	0	0	0	CRITICAL
10	11	2	14	15	55	56	41	0	41	
11	13	5	16	20	57	61	41	0	41	
10	12	40	14	53	14	53	0	0	0	CRITICAL
6	18	15	9	23	44	58	35	35	0	
4	16	7	12	18	55	61	43	42	1	
3	15	7	10	16	53	59	43	42	1	
8	21	4	11	14	57	60	46	46	0	
5	22	2	9	10	61	62	52	52	0	
20	24	14	11	24	49	62	38	0	38	
19	23	10	10	19	52	61	42	0	42	
25	26	7	10	16	55	61	45	42	3	
12	14	5	54	58	54	58	0	0	0	CRITICAL
14	17	0	59	58	62	61	3	0	3	
13	17	0	21	20	62	61	41	38	3	
17	27	2	59	60	62	63	3	3	0	
14	18	0	59	58	59	58	0	0	0	CRITICAL
18	21	2	59	60	59	60	0	0	0	CRITICAL
14	15	0	59	58	60	59	1	0	1	
15	16	2	59	60	60	61	1	0	1	
16	27	2	61	62	62	63	1	1	0	
21	22	2	61	62	61	62	0	0	0	CRITICAL
22	27	1	63	63	63	63	0	0	0	CRITICAL
24	27	1	25	25	63	63	38	38	0	
23	27	2	20	21	62	63	42	42	0	
14	26	0	59	58	62	61	3	0	3	
26	27	2	59	60	62	63	3	3	0	
27	28	7	64	70	64	70	0	0	0	CRITICAL

จากค่า ES, EF และ LS, LF สามารถนำมาเขียนแสดงเป็นความสัมพันธ์ตามโครงข่ายวิกฤต ในรูปลักษณะของบาร์ชาร์ท (Bar Chart or Gantt Chart) ในภาพที่ 4.3 และ 4.4 ซึ่งแสดงลักษณะความสัมพันธ์ของกิจกรรม และแสดงจำนวนแรงงานในการซ่อมเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบ และ 20 สูบตามลำดับ กราฟแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นกราฟที่สามารถนำมาแปลความหมาย เพื่อทราบถึงระดับแรงงานที่ต้องใช้ในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการดำเนินงานได้โดยใช้วิธีการอ่านค่าจากแนวดิ่งเป็นช่วงเวลา(ในที่นี้ใช้ช่วงเวลาเป็นวันต่อวัน) โดยที่เมื่อบาร์ชาร์ทแท่งใดมีพื้นที่ตรงกับเส้นดิ่งที่เป็นจุดสังเกตก็ให้นำเอาแรงงานในแต่ละกิจกรรมที่บาร์ชาร์ทแต่ละแท่งนั้นแทนค่าอยู่ก็ทำให้สามารถหาผลรวมแรงงานทั้งสิ้นตลอดช่วงเวลาในการทำงานได้ ซึ่งจากภาพที่ 4.3 แทนการซ่อมของเครื่อง 16 สูบ สามารถจัดทำกราฟระดับแรงงานที่ต้องใช้ได้ 2 ลักษณะ คือ กราฟที่ต้องการแรงงานตามช่วงเวลาเมื่อเหตุการณ์หรือกิจกรรมทุกๆกิจกรรม เริ่มต้นเร็วที่สุดหรือเริ่มต้นช้าที่สุดดังแสดงในภาพที่ 4.5 และ 4.6 (สำหรับกรณีเครื่อง 20 สูบก็เช่นเดียวกัน กราฟแสดงระดับแรงงานตามช่วงเวลาแสดงในภาพที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ)

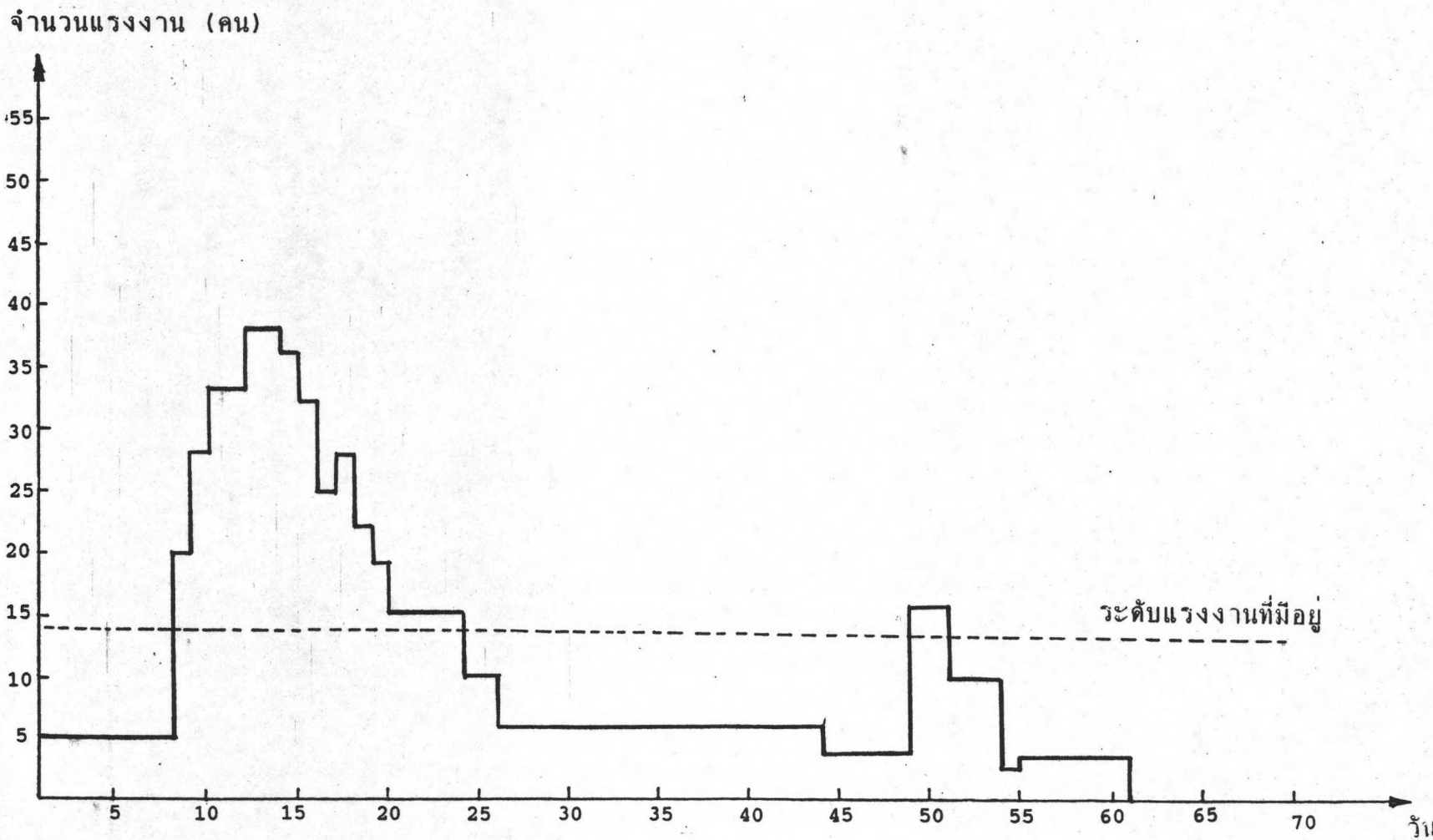
จากหลักเกณฑ์ของวิธีการทางคณิตศาสตร์ซึ่งใช้วิธีการคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟของรูปทรงทางเรขาคณิตต่าง ๆ คือ ในกรณีของสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะใช้ด้านกว้างคูณด้านยาวเป็นหลัก ดังนั้นจากกราฟของระดับแรงงานที่ใช้ในแต่ละเวลา เมื่อนำมาหาพื้นที่ใต้กราฟทั้งสิ้นคือการนำค่าของระดับแรงงานและช่วงเวลาในการทำงานนำมาคูณกันแทนด้านกว้างและด้านยาว ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 4.9



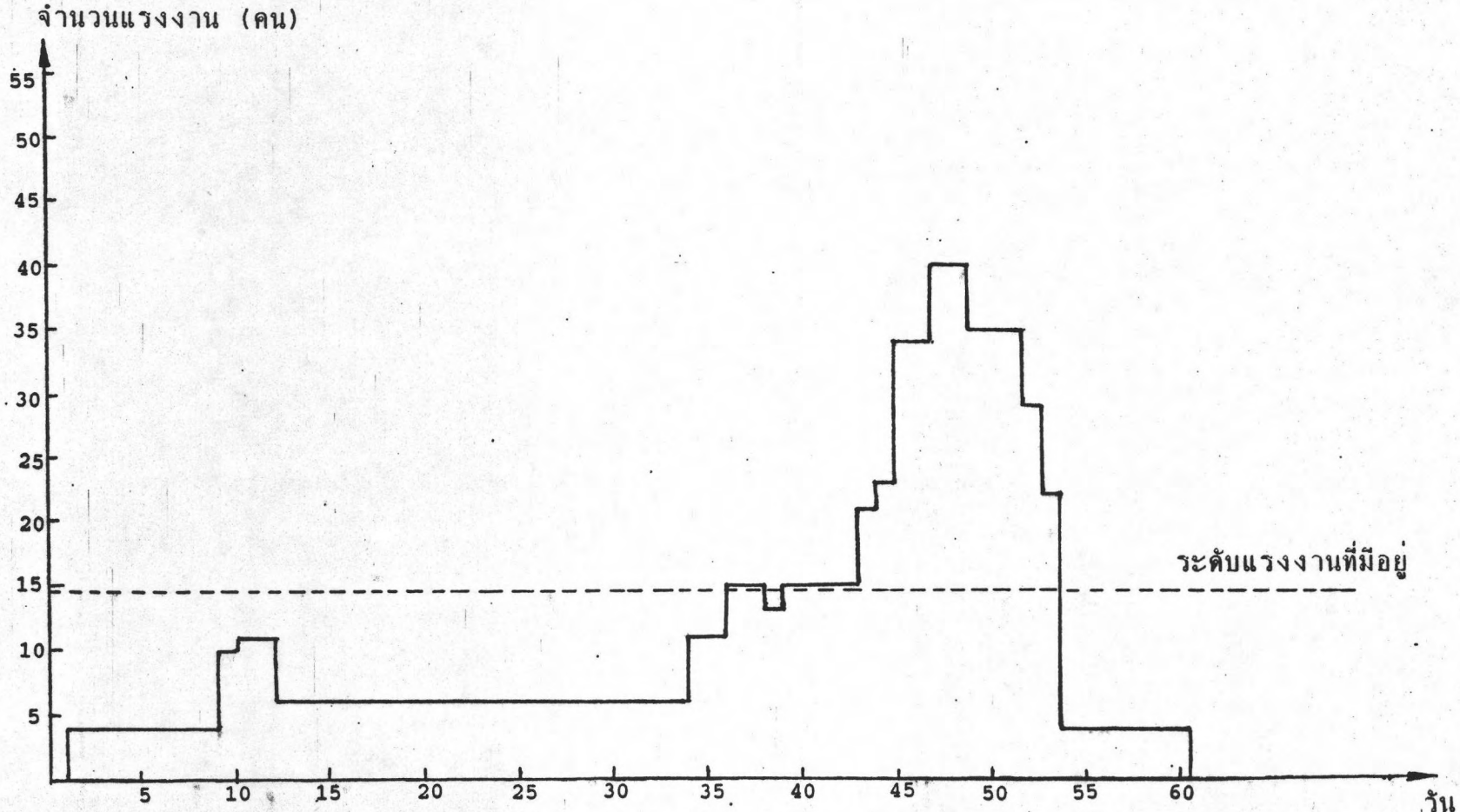
ภาพที่ 4.3 แสดงแกนท์ชาร์ทของการปรับซ่อมใหญ่เครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู.ชนิด 16 สูบ



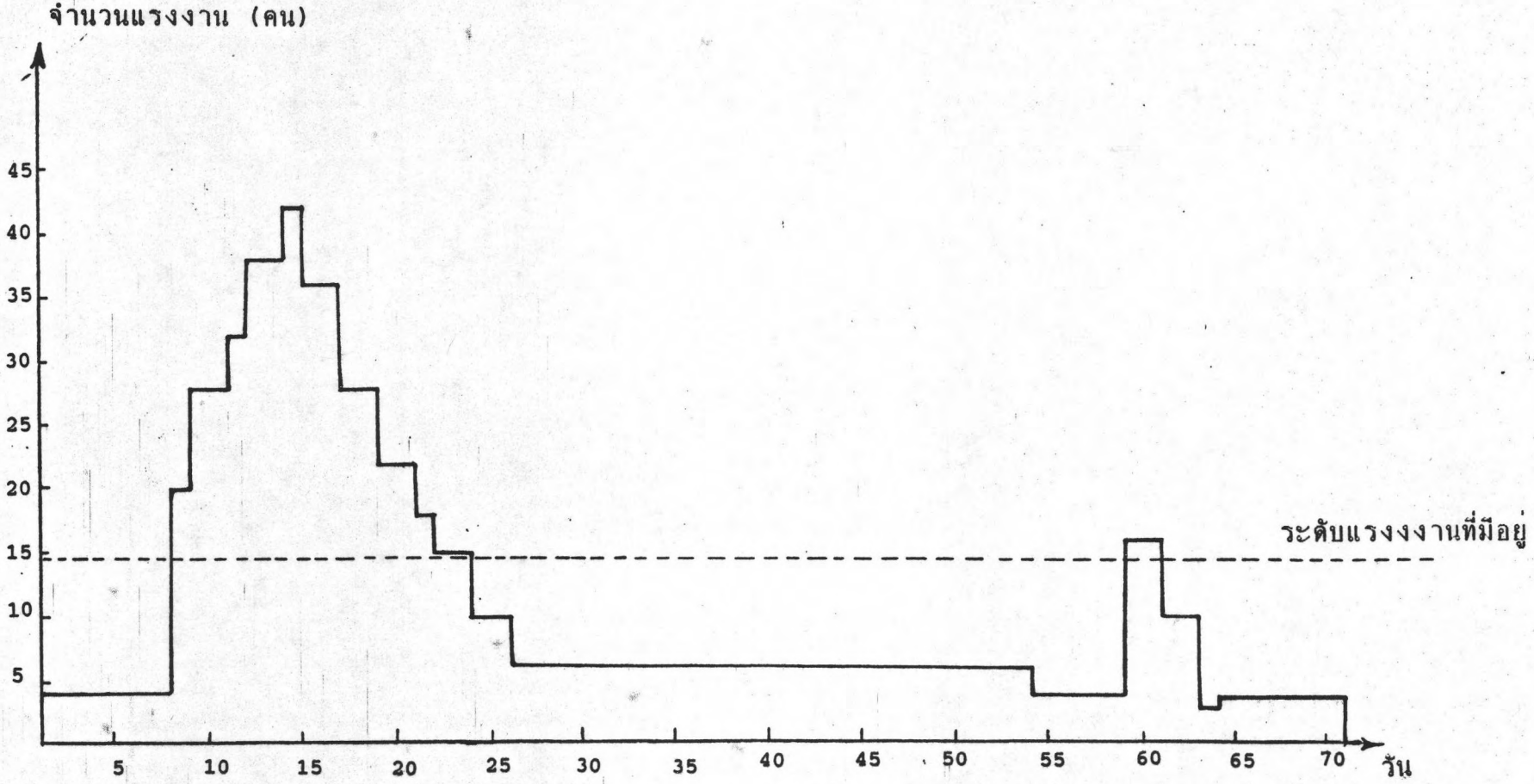
ภาพที่ 4.4 แสดงแกนท์ชาร์ทของการปรับซ่อมใหญ่เครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 20 สูบ



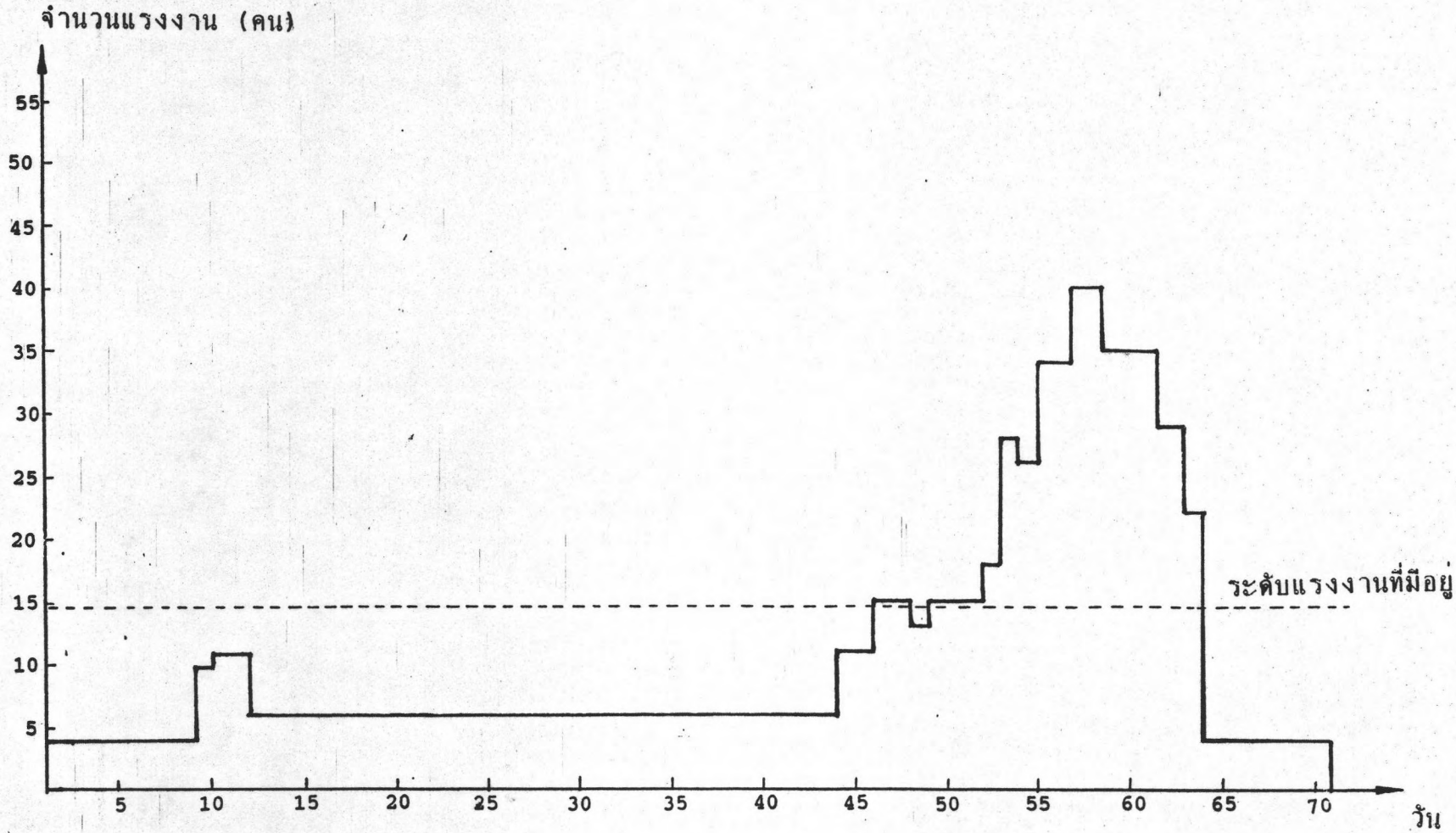
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงระดับความต้องการแรงงานในการซ่อมทำเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 16 สูบ เมื่อเหตุการณ์ทุกเหตุการณ์เริ่มต้นเร็วที่สุด (Earliest Start)



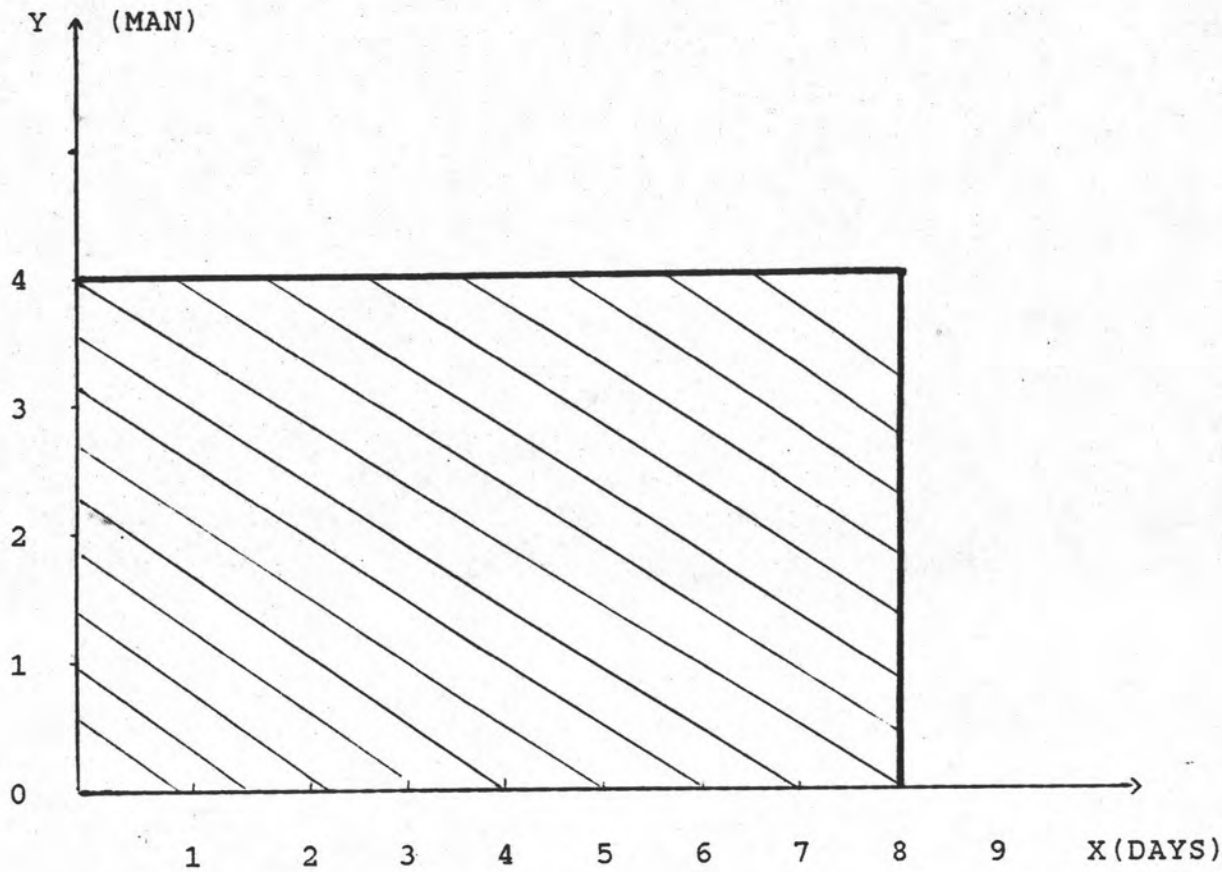
ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงระดับความต้องการแรงงานในการซ่อมทำเครื่องยนต์เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 16 สูบ เมื่อเหตุการณ์ทุกเหตุการณ์เริ่มต้นช้าที่สุด(Latest Start)



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงระดับความต้องการแรงงานในการซ่อมทำเครื่องยนต์เอ็ม.ที.ยู.20 สูบ เมื่อเหตุการณ์ทุกเหตุการณ์เริ่มต้นเร็วที่สุด (Earliest Start)



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงระดับความต้องการแรงงานในการซ่อมทำเครื่องยนต์เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 20 สูบ เมื่อเหตุการณ์ทุกเหตุการณ์เริ่มต้นช้าที่สุด (Latest Start)



ภาพที่ 4.9 แสดงกราฟตัวอย่างของระดับแรงงานและวันทำงาน

จากการหาค่าพื้นที่ใต้กราฟทางคณิตศาสตร์พบว่าผลคูณของด้านกว้างและด้านยาวของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าในภาพที่ 4.9 จึงเป็นค่าพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมด คือ 4 คนคูณด้วย 8 วัน มีค่าเป็น 32 คน-วัน และการหาค่าเฉลี่ยแรงงานคนใน 1 วันทำงานใช้สมการหาค่าเฉลี่ย (Mean) ในทางคณิตศาสตร์ คือ

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

ในตัวอย่างนี้ผลของค่าเฉลี่ยแรงงานใน 1 วัน จะมีค่าเท่ากับผลรวมของพื้นที่ใต้กราฟทั้งสิ้น (32 คน-วัน) หารด้วยค่าของจำนวนวันทั้งสิ้นเป็น 8 วัน นั่นคือ

ค่าเฉลี่ยแรงงานรายวัน = ผลรวมของพื้นที่ใต้กราฟ
จำนวนวันทั้งสิ้น

= 32/8

= 4 คน

นั่นคือกรณีของระดับแรงงานในการซ่อมทำเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 16 สูบและ 20 สูบ ซึ่งสามารถนำเอาแกนท์ชาร์ท (Gantt Chart) และแปลค่ามาเป็นกราฟระดับแรงงานที่ต้องการใช้ในแต่ละช่วงเวลา (Man-Power Chart) โดยแบ่งเป็นลักษณะของการเริ่มงานเร็วที่สุด (Earliest Start) และการเริ่มงานช้าที่สุด (Latest Start) ดังภาพที่ 4.5 ถึง 4.8 จะสามารถคำนวณหาระดับแรงงานโดยเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่ดำเนินการได้โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ตามที่กล่าวมาแล้ว และเนื่องจากข้อมูลของจำนวนช่างซ่อมเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. มีจำนวนทั้งสิ้น 24 คน โดยแบ่งเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งจากการสัมภาษณ์ช่างอาวุโสที่มีความชำนาญและผ่านงานการซ่อมเครื่องยนต์ชนิดนี้มาเป็นเวลานานพบว่า 60% ของจำนวนแรงงานทั้งสิ้นของการซ่อมทำเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. เป็นแรงงานที่ใช้เพื่อทำการปรับซ่อมเครื่องยนต์ที่กำลังพิจารณานั่นคือแรงงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมทำเครื่องยนต์ที่พิจารณาทั้งสิ้นคือ 60 % ของ 24 คน เท่ากับ 0.6 คูณกับ 24 เท่ากับประมาณ 14.4 คน ซึ่งจะปัดให้เป็น 14.5 คน ต่อการทำงาน (ในที่นี้ให้จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวันเป็น 5 ชั่วโมงและใน 1 เดือนทำงาน 20 วัน) โดยให้สูตรการหาพื้นที่ใต้กราฟ คือ

จำนวนแรงงานทั้งสิ้น = พื้นที่ใต้กราฟของแรงงาน-เวลา

ดังนั้น แรงงานเฉลี่ยต่อช่วงเวลาคือจำนวนพื้นที่ใต้กราฟที่หาได้หารด้วยจำนวนวันที่ใช้ในการทำงานทั้งสิ้น

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i}{n}$$

เมื่อ Xi, Yi เป็นค่าของวันทำงานและแรงงานที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาตามลำดับ และ n คือจำนวนวันที่ใช้ในการดำเนินงานทั้งสิ้น

จากภาพที่ 4.5 แสดงระดับแรงงานในการซ่อมทำเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบจะสามารถหาค่าแรงงานเฉลี่ยได้ดังนี้ คือ

ค่าแรงงานเฉลี่ย = (5x8)+20+28+33+32+(38x2)+36+32+25+28+22+
19+(15x4)+(10x2)+(6x18)+(4x5)+(16x2)+
(10x3)+3+(4x6)/60

= 12.13 คน/วัน

≃ 13 คน/วัน

ดังนั้นชั่วโมงแรงงานเฉลี่ยใน 1 เดือนทำงานของการปรับซ่อมเครื่องยนต์ ชนิด 16 สูบ คือ

= 13x5x20

= 1,300 ชั่วโมง-เดือน

นั่นคือจะต้องมีแรงงานเฉลี่ยสำรองไว้ในการซ่อมเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบ 1 เครื่องตลอดทั้ง 3 เดือนเป็น 1,300 ชั่วโมง-เดือน และจากภาพที่ 4.7 ในกรณีของเครื่องยนต์ชนิด 20 สูบใช้วิธีเดียวกันในการคำนวณ พบว่าแรงงานต่อเดือนที่ต้องการจะเป็น 1,100 ชั่วโมง-เดือน ตลอดระยะเวลา 4 เดือนในการทำงานโดยประมาณ (จำนวนชั่วโมงที่ต้องจัดเตรียมไว้มีค่าน้อยกว่าในกรณีเครื่องยนต์ 16 สูบ เพราะเนื่องมาจากจำนวนวันทำงานทั้งสิ้นมีค่าไม่เท่ากัน ทำให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นมีค่าแตกต่างกัน)

<u>หมายเหตุ</u> แรงงานทั้งสิ้นที่มีอยู่จริงในกรณีของการซ่อมเครื่องยนต์เอ็ม.ที.ยู. ที่กำลังพิจารณาโดยเฉลี่ย คือ 14.5 x 5 x 20 เท่ากับ 1,450 ชั่วโมงต่อเดือน

จากภาพที่ 4.5 ถึง 4.8 แสดงระดับกำลังคนที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งทำให้ทราบถึงกำลังคนที่ขาดหรือเกินกว่ากำลังคนที่มีอยู่ได้ชัดเจน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำการปรับระดับของกำลังคนให้เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งการปรับระดับกำลังคนนี้ถ้าเป็นข่ายงานที่ไม่ยุ่งยากนักก็อาจจะทำการปรับด้วยมือได้ แต่ในกรณีข่ายงานที่สลับซับซ้อนจำเป็นต้องใช้วิธีการของ

Heuristic Approach เข้าช่วยโดยการกำหนดเป้าหมายของความต้องการไว้และพยายามทำให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ การที่จะพยายามจะลดกำลังคนสามารถกระทำได้โดยการเลื่อนกำหนดเวลาเริ่มต้นของกิจกรรมที่ไม่ใช่กิจกรรมวิกฤต (Non-Critical Activities) ซึ่งจะต้องตั้งข้อสังเกตไว้ว่าควรจะพิจารณากิจกรรมที่มีเวลายืดหยุ่น (Float) และพยายามเลื่อนเวลาของกิจกรรมนั้นให้นานที่สุด โดยไม่กระทบกระเทือนต่อเวลาของโครงการ ในที่นี้เป้าหมาย คือ จะต้องมีแรงงานกำลังคนเฉลี่ยไม่เกินกว่า 14.5 คน ตลอดช่วงเวลาการทำงานทั้งในกรณีเครื่องยนต์ 16 สูบ และ 20 สูบ ซึ่งเป็นระดับแรงงานหรือกำลังคนที่มีอยู่เป็นเกณฑ์โดยพยายามปรับระยะเวลาการเริ่มต้นงานของแต่ละกิจกรรมที่มิใช่กิจกรรมวิกฤตออกไปเท่าที่สามารถกระทำได้ ซึ่งคาดการณ์จากค่าเฉลี่ยว่า ในกรณีเครื่องยนต์ 16 สูบ ควรมีค่าเฉลี่ยแรงงานเป็นรายเดือนประมาณ 1,300 ชม.-เดือน และเครื่องยนต์ 20 สูบเป็น 1,100 ชม.-เดือน เป็นค่าตอบที่เหมาะสม (Initial Condition)

<u>หมายเหตุ</u> ในการวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการของการจำลองด้วยผลคอมพิวเตอร์ ดังนั้นในส่วนนี้จึงไม่จำเป็นต้องหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดการทำงานจริง ซึ่งในส่วนต่อไปจะเป็นส่วนที่สรุปและแสดงวิธีการวิเคราะห์โดยใช้การจำลองผล (Simulation) ของระดับชั่วโมงแรงงานในการดำเนินงานในกรณีที่มีแรงงานจำกัด

<u>การจัดทำแผนการซ่อมบำรุงหลัก</u> (Master Maintenance Schedule)

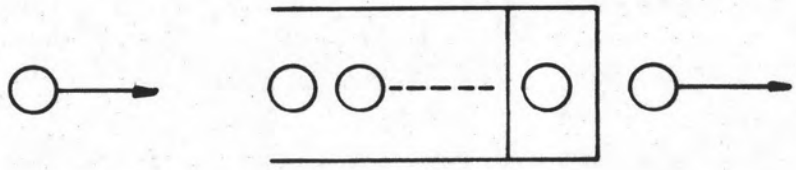
จากกรณีของการวิเคราะห์โครงข่ายวิกฤตพบว่าระยะเวลาในการปรับซ่อมเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบ และ 20 สูบ มีค่าเป็น 60 วันทำงานและ 80 วันทำงานตามลำดับ แต่เนื่องจากข้อสมมุติฐานของการกำหนดการทำงานโครงการของวิธีการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) ให้มีข้อจำกัด คือ สามารถจัดสรรทรัพยากรแรงงาน และเครื่องจักรได้ตามต้องการเสมอ จากระบบการทำงานที่เป็นจริงของโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์และ

ระบบการซ่อม โดยทั่วๆไปนั้น เป็นกรณีที่ต้องใช้ทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ร่วมกัน ดังนั้น การจัดสรรแรงงานและเครื่องจักรในบางครั้งจำเป็นต้องมีการรอการเข้ารับบริการของงาน ฉะนั้น การวิเคราะห์โครงข่ายจึงไม่สามารถบ่งบอกถึงระยะเวลาที่เผื่อไว้ในกรณีการรอคอยการเข้ารับบริการในระบบ ซึ่งการวิเคราะห์ถึงระยะเวลาที่การซ่อมทำเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบ และ 20 สูบ ที่รวมทั้งสิ้นภายในระบบจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการทดลองเป็นการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)

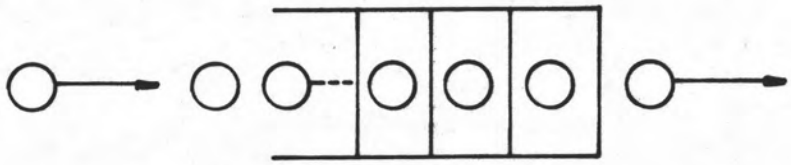
1. <u>ข้อมูลการจำลองแบบปัญหาระดับแรงงานโดยใช้คอมพิวเตอร์</u>

ในการวิจัยถึงความต้องการแรงงานที่ต้องจัดสรร เพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ขับเคลื่อนหลักของเรือยนต์เร็วโจมตีนี้ จะใช้วิธีการจำลองแบบปัญหา (Simulation) โดยสามารถจำแนกค่าพารามิเตอร์ของระบบเพื่อใช้เป็นข้อมูลเข้า (Input Data) คืออัตราการเข้ารับบริการ(Arrival Rate) และเวลาที่ใช้ในการเข้ารับบริการ (Service Time)

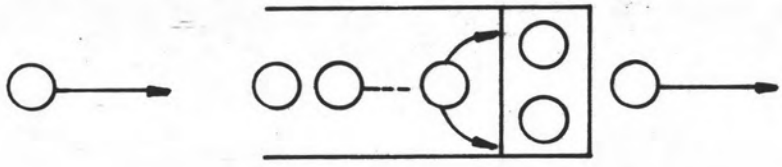
1.1 <u>ลักษณะโดยทั่วไปของระบบการซ่อมบำรุง</u> จากข้อมูลเบื้องต้นในบทที่ 3 ทำให้ทราบว่าจำนวนช่างซ่อมทั้งหมดที่เป็นผู้ใช้แรงงานทางตรงในการซ่อมทำเครื่องยนต์เอ็ม.ที.ยู. ทั้งสิ้น 24 คน แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มๆละ 4 คน ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะมีหัวหน้ากลุ่มซึ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ในการซ่อมโดยผ่านการฝึกอบรมจากในและนอกประเทศรวมทั้งการศึกษาเพิ่มเติมซึ่งได้รับการสนับสนุนจากกองทัพเรือตลอดมา ดังนั้นช่างทั้ง 6 กลุ่ม ดังกล่าวสามารถปรับซ่อมระบบต่างๆของเครื่องยนต์ได้ครบทุกระบบและสามารถทำงานสลับผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันไปได้ตลอดเวลา จากลักษณะของกลุ่มช่างดังกล่าวจะพบว่า เป็นลักษณะการให้บริการชนิดหลายๆหน่วยบริการ (Multiple Channels) ในการจัดการระบบแถวคอย โดยระบบแถวคอยนั้นสามารถแบ่งแยกออกเป็นแบบต่างๆตามภาพที่ 4.10



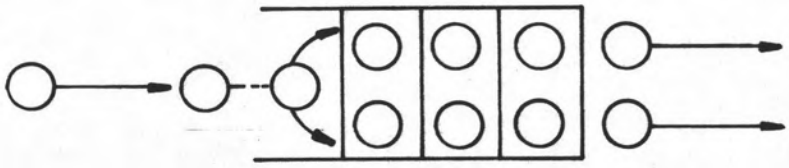
4.10 (ก) ระบบแถวคอยมีหนึ่งหน่วยบริการ



4.10 (ข) ระบบแถวคอยมีหลายหน่วยบริการแบบอนุกรม (SERIES)



4.10 (ค) ระบบแถวคอยมีหลายหน่วยบริการแบบขนาน (PARALLEL)

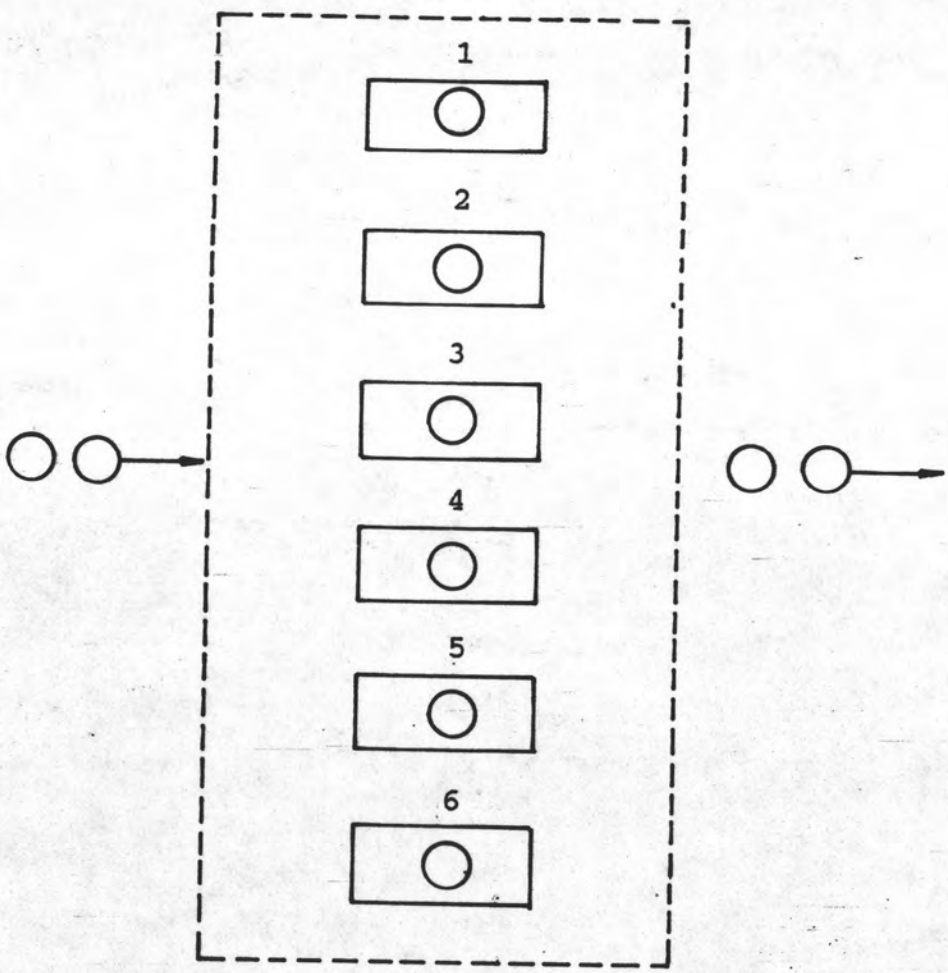


4.10 (ง) ระบบแถวคอยมีหลายหน่วยบริการแบบขนานและอนุกรม

ภาพที่ 4 .10 แสดงระบบแถวคอยแบบต่างๆ

1. ระบบแถวเดี่ยว (Single Channel)
2. ระบบหลายแถวคอย (Multiple Channels)
3. ระบบแถวคอยขนาน (Parallel Channel)

ดังนั้นจากรูปแบบทั่วไปของแถวคอย (Waiting-Line Model) พบว่าในสภาพปัจจุบันของโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ จะมีลักษณะการเข้ามา (Arrival) การเข้ารับบริการ (Service) และการออกไปจากระบบ (Departure) ของงานแสดงดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 แสดงรูปแบบการเข้ามา-การรับบริการ และการออกจากระบบของงาน ในการซ่อมทำเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 16/20 สูบ

กรณีของกิจกรรมที่จะต้องดำเนินการซึ่งได้แยกแยะเป็นกิจกรรมย่อย เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์โครงข่ายนั้น สามารถนำมาเป็นกิจกรรมหรือกรณีของข้อมูลเข้า (Input) ของระบบกรณีแถวคอยที่เกิดขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงระยะเวลาในการรอคอยในระบบการทำงานที่เกิดขึ้นว่ามีค่าเฉลี่ยเป็นเท่าใดเพราะสามารถนำค่าเวลาเฉลี่ยที่รอคอยนำไปปรับปรุงแผนการซ่อม (หรือคือแผนการผลิตหลัก-MPS) ให้มีความยืดหยุ่น และใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่จะเกิดขึ้นให้ได้มากที่สุดนั่นเอง ในส่วนของการใช้แบบจำลองปัญหาศึกษาถึงลักษณะการจัดสรรแรงงานที่ใช้ในการซ่อมทำเครื่องยนต์ของโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ฯ นั้นเนื่องจากจำนวนกลุ่มในการซ่อมทำมีจำนวน 6 กลุ่มๆละ 4 คน ตามที่กล่าวมาแล้ว จึงจะใช้ค่าชั่วโมงแรงงานที่เกิดขึ้นโดยละเว้นการนำเอา 4 ไปคูณกับผลที่ได้จากการใช้แรงงานต่อวันเพื่อไม่ต้องยุ่งยากในการคูณ ดังนั้นค่าที่เกิดขึ้นเป็นแรงงานทั้งสิ้น แต่ก่อนจะทำการสรุปผลจะต้องนำเอาจำนวน 4 คนไปคูณค่าของชั่วโมงแรงงานที่เกิดขึ้นต่อกลุ่มทำงานนั่นเอง สมมุติฐานในที่นี้คือการทำงานของแต่ละกลุ่มจะไม่เกี่ยวข้องกันและจะไม่ทำการแบ่งกลุ่มงาน จะทำงานกลุ่มละ 4 คนไม่เปลี่ยนแปลง รวมทั้งสามารถทำงานทดแทนกันได้ ข้อมูลทั้งหมดของกิจกรรมที่เข้ารับการบริการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นข้อมูลกิจกรรมจากการวิเคราะห์โครงข่าย แสดงถึงตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7 แสดงค่าเริ่มต้นของแต่ละหน่วยซ่อมเมื่อเริ่มดำเนินงาน

ตารางที่ 4.6 แสดงกิจกรรมและชั่วโมงแรงงานในการเข้ารับบริการ

กิจกรรม	กิจกรรมที่ต้องดำเนินการเสร็จก่อน	ชั่วโมงงาน (ชั่วโมง/กลุ่มงาน)	หมายเหตุ
A	-	35	-ในที่นี้ชั่วโมงงาน
B	1	5	เป็นต่อกลุ่มทำงาน
C	1	10	เมื่อจะแปล ผลเป็น
D	1	2.5	คน-ชั่วโมง ให้นำ
E	1	10	4 คูณตลอด ก็จะได้
F	1	15	ค่าเป็นแรงงานที่ใช้
G	3	15	ทั้งหมด
H	2,4	12.5	-ตัวเลขในวงเล็บ
I	5	2.5	คือกรณีของการซ่อม
J	7,8	15	เครื่องยนต์ชนิด
K	10	10	20 สูบ
L	12	25	
M	10	225(300)	
N	2	93.75	
O	7	52.5	
P	3	35	
Q	8	30	
R	4	10	
S	9	70	
T	5	26.25(37.5)	
U	6	35	
V	13	25	

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

กิจกรรม	กิจกรรมที่ต้องดำเนินการเสร็จก่อน	ชั่วโมงงาน (ชั่วโมง/กลุ่มงาน)	หมายเหตุ
X	12,22	10	
Y	14,22	10	
Z	16,22	10	
A_1	15,25	10	
B_1	17,24	15	
C_1	18,24	3.75	
D_1	19	5	
D_1	20	7.5	
E_1	21,22	10	
F_1	23,26,28, 29,30,31	35	

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเริ่มต้นของแต่ละหน่วยซ่อมเมื่อเริ่มดำเนินงาน

สถานีผลิตลำดับที่ (Workstation No)	เวลาที่เหลืออยู่ในขณะเริ่มต้นระบบการจำลองผล	หมายเหตุ
<u>กรณีซ่อมเครื่อง 16 สูบ</u>		
สถานี 1	20 ชั่วโมง	เป็นค่าชั่วโมงต่อ
" 2	15 "	กลุ่มทำงาน
" 3	25 "	ถ้าต้องการเป็นหน่วย
" 4	10 "	คน-ชั่วโมงให้นำ 4
" 5	ว่างงาน (Idle)	คูณค่าจำนวนชั่วโมง
" 6	1 ชั่วโมง	เพราะหมายถึง 4 คน
		ต่อกลุ่ม
<u>กรณีซ่อมเครื่อง 20 สูบ</u>		
สถานี 1	5 ชั่วโมง	
" 2	ว่างงาน(Idle)	
" 3	10 "	
" 4	25 "	
" 5	15 "	
" 6	10 "	

<u>หมายเหตุ</u> จากจำนวนกลุ่มของช่างในการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู แบ่งเป็น 6 กลุ่มทำงานจะนวน 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 นาย ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงแทนกลุ่มช่างแต่ละกลุ่มเป็นสถานีงาน (Workstation) ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มช่างแต่ละกลุ่มสามารถทำงานทดแทนกันได้ และทำให้การจัดสรรงานในการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์สะดวกขึ้น

ตารางที่ 4.8 แสดงความน่าจะเป็นและระยะเวลาในการดำเนินงานในแต่ละสถานีซ่อม

(ระยะเวลา-ชั่วโมง) X	(โอกาสที่น่าจะเป็น) P(x)	(ความน่าจะเป็นสะสม) F(x)
<u>สถานีซ่อมที่ 1</u>		
25	0.20	0.20
50	0.50	0.70
75	0.30	1.00
<u>สถานีซ่อมที่ 2</u>		
50	0.30	0.30
75	0.50	0.80
100	0.20	1.00
<u>สถานีซ่อมที่ 3</u>		
15	0.10	0.10
25	0.25	0.35
50	0.50	0.85
75	0.15	1.00
<u>สถานีซ่อมที่ 4</u>		
20	0.15	0.15
35	0.40	0.55
60	0.30	0.85
100	0.15	1.00

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

(ระยะเวลา-ชั่วโมง) X	(โอกาสที่น่าจะเป็น) P(x)	(ความน่าจะเป็นสะสม) F(x)
<u>สถานีซ่อมที่ 5</u>		
15	0.20	0.20
35	0.45	0.65
50	0.15	0.80
75	0.20	1.00
<u>สถานีซ่อมที่ 6</u>		
25	0.15	0.15
50	0.45	0.60
125	0.30	0.90
150	0.10	1.00

<u>หมายเหตุ</u> ในแต่ละสถานีซ่อมมีจำนวนช่างซ่อม 4 คน ดังนั้นเมื่อคิดเป็นจำนวนชั่วโมงในการทำงานคือ5ชั่วโมงต่อวันแล้วจะเห็นได้ว่าจากตารางแสดงการทำงานตัวอย่างเช่นสถานีซ่อมที่ 1 เช่นในบรรทัดแรกคือ 25 ชั่วโมง เกิดจากใช้เวลาในการทำงาน 5 วันวันละ 5 ชั่วโมง ดังนั้นระยะเวลาในการทำงานทั้งสิ้นคือ 5 คูณ 5 และใช้แรงงานคน 4 คน จึงสามารถคำนวณออกมาเป็นหน่วยคน-ชั่วโมง คือ5x5x4 เป็น 100 คน-ชั่วโมง ดังนั้นในแต่ละสถานีซ่อมจึงละค่าตัวประกอบที่มีค่าเป็น 4 นี้ออกไปเมื่อจะต้องทำการแปลความหมายเป็นจำนวนคน-ชั่วโมง ก็ให้นำเอาค่าองค์ประกอบคือ 4 มาคูณก็จะได้เป็นค่าจำนวน คน-ชั่วโมงที่แท้จริงได้

เนื่องจากงานที่เข้าสู่สถานีซ่อมหรือสถานีผลิต (Work Stations) ภายในโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์นั้นมีทั้งกรณีที่เป็นงานซึ่งอยู่ในการพิจารณา

ในการวิจัยและไม่อยู่ในการพิจารณารวมกันอยู่ดังนั้นจากตารางที่ 4.6 ซึ่งแสดงถึงกิจกรรมและชั่วโมงแรงงานในการเข้ารับบริการของงานที่พิจารณาจึงจะต้องจัดหาข้อมูลอัตราการทำงานในแต่ละสถานีซ่อมว่าใช้เวลาในการซ่อมทำงานต่างๆที่ไม่ได้อยู่ในการพิจารณาเพื่อทำการวิจัยครั้งนี้ด้วย แต่เนื่องจากไม่สามารถจัดหาข้อมูลโดยละเอียดเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติและจัดแยกเป็นรูปแบบการกระจายของความน่าจะเป็น (Probability Density Function) ได้จึงต้องให้ชุดช่างแต่ละชุดในแต่ละสถานีซ่อมประมาณค่าเป็นจำนวนเปอร์เซนต์หรือความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นกับระยะเวลาการทำงานทั้งนี้เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการกำหนดระยะเวลาในการทำงานของแต่ละสถานีงานเมื่องานดังกล่าวมิใช่งานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ ข้อมูลทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.8

1.2. <u>ข้อมูลของอัตราการเข้ารับบริการ</u>โดยทั่วๆไปในระบบแถวคอยใดๆมักพบว่า อัตราการเข้ารับบริการจากหน่วยบริการต่างๆมีการแจกแจงหรือลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นแบบปัวซอง(Poisson Distribution) เป็นส่วนมาก ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมีแนวโน้มในการตั้งสมมุติฐานว่าอัตราการเข้ามารับบริการของงานต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบการซ่อมทำเรือของโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ มีการกระจายแบบปัวซอง ดังนั้นจึงทำการทดสอบข้อมูลที่ได้รับจากนายทหารแผนงาน ประจำกองโรงงานเครื่องกลเพื่อนำมาจัดหาระยะเวลาระหว่างงานแต่ละงานที่เข้ามารับบริการ (Interarrival time) ในเวลาต่างๆ เพื่อพิจารณารูปแบบของความน่าจะเป็นของงานที่เข้ามารับการบริการ และนำเอาค่าของความน่าจะเป็นสะสมมาเขียนกราฟ ซึ่งจะได้โค้งของแจกแจงความน่าจะเป็น ซึ่งจะได้นำไปใช้ในการสนับสนุนการตั้งสมมุติฐานของอัตราการเข้ามารับบริการของงานต่างๆที่เกิดขึ้น

การเก็บข้อมูลของจำนวนงานต่อหน่วยเวลา (สัปดาห์) โดยใช้ข้อมูลปีล่าสุด ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใกล้เคียงกับสถานภาพแรงงานจริงมากที่สุด รวมทั้งยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเรือที่เข้ารับการซ่อมทำมากนัก โดยมีข้อมูลที่บันทึกไว้โดยนายทหารแผนงาน ซึ่งเมื่อนายทหารแผนงานได้รับใบสั่งงานแล้ว

ตารางที่ 4.9 แสดงการหาค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่เข้ามารับการใช้บริการในช่วง 1 สัปดาห์

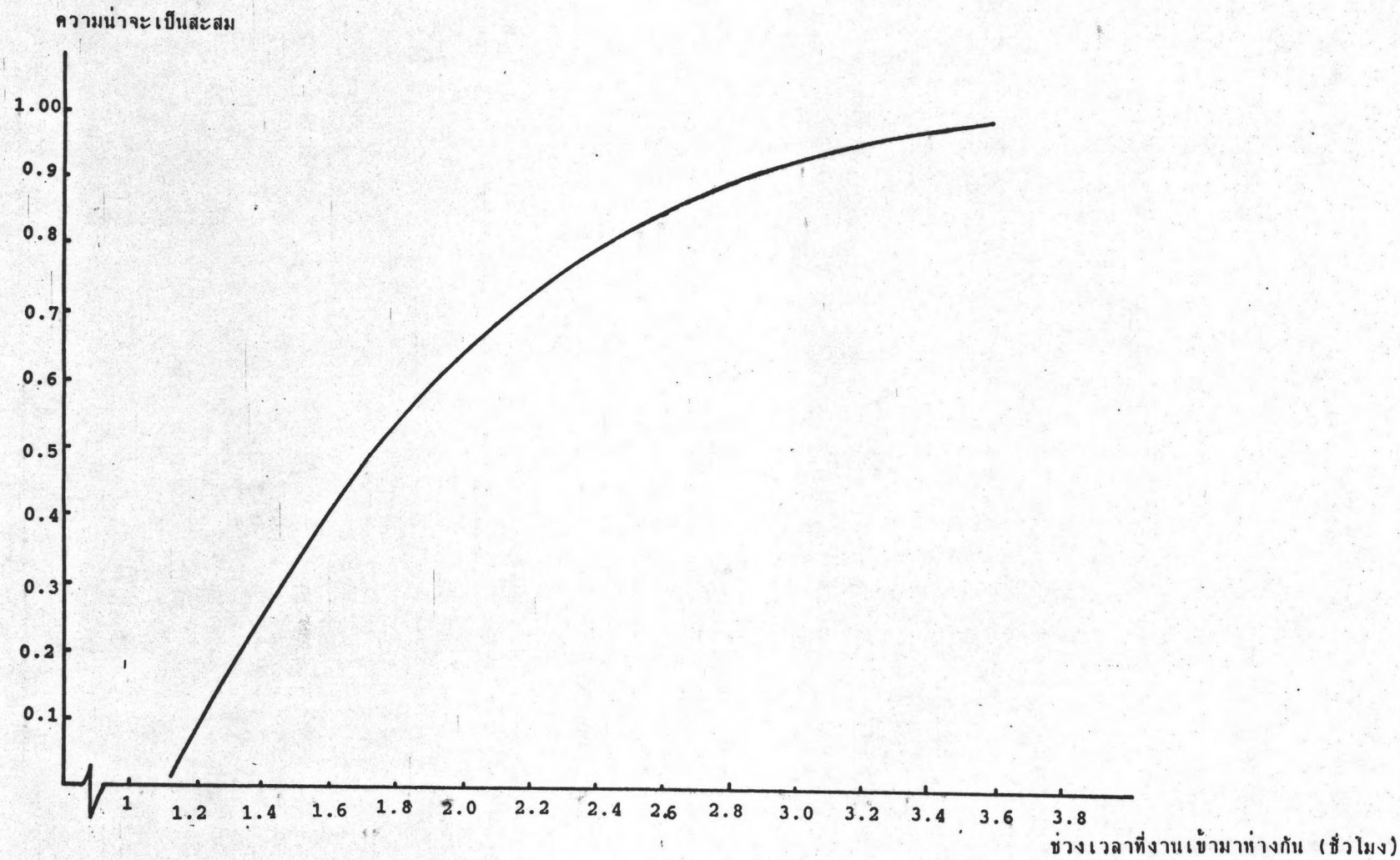
จำนวนงานในแต่ละสัปดาห์ (ti)	ความถี่ของแต่ละช่วง (X_i)	ความถี่สะสม (N)	$X_i t_i$
7	1	1	7
8	3	4	24
9	5	9	45
10	6	15	60
11	7	22	77
13	8	30	104
14	8	38	112
15	8	46	120
16	7	53	112
17	3	56	51
19	2	58	38
20	1	59	20
21	1	60	21
22	1	61	22
รวม		61	813

ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนงานที่เข้ารับการบริการจริงกับจำนวนตามทฤษฎี

จำนวนงานในแต่ละสัปดาห์	จำนวนความถี่ (O_i)	ความน่าจะเป็นตามแบบปัวซอง (P(x))	จำนวนความถี่ตามทฤษฎี (E_i)
7	1	0.024	1.472
8	3	0.040	2.453
9	5	0.0595	3.632
10	6	0.0749	4.841
11	7	0.0962	5.87
13	8	0.109	6.68
14	8	0.104	6.36
15	8	0.093	5.65
16	7	0.077	4.71
17	3	0.0605	3.69
19	8	0.0314	1.916
20	1	0.021	1.28
21	1	0.013	0.81
22	1	0.0080	0.49

ตารางที่ 4.11 แสดงการหาค่าความน่าจะเป็นสะสมของ Interarrival Time

จำนวนงานในแต่ละสัปดาห์	Interarrival Time(ชั่วโมง)	ความถี่ (สัปดาห์)	ความถี่สะสม	ความน่าจะเป็นสะสม
22	25/22=1.14	1	1	0.016
21	25/21=1.19	1	2	0.033
20	25/20=1.25	1	3	0.049
19	25/19=1.32	2	5	0.082
17	25/17=1.47	3	8	0.130
16	25/16=1.56	7	15	0.240
15	25/15=1.67	8	23	0.380
14	25/14=1.79	8	31	0.510
13	25/13=1.92	8	39	0.640
11	25/11=2.27	7	46	0.750
10	25/10=2.5	6	52	0.850
9	25/9 =2.78	5	57	0.930
8	25/8 =3.13	3	60	0.980
7	25/7 =3.57	1	61	1.000



ภาพที่ 4.12 แสดงโค้งความน่าจะเป็นของ Interarrival Time

จะทำการบันทึกถึงจำนวนใบสั่งงาน จำนวนชั่วโมงแรงงานที่ใช้จริงเปรียบเทียบกับจำนวนชั่วโมงในใบสั่งงานและจำนวนงานรวมในแต่ละสัปดาห์ ในที่นี้ใช้จำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 61 สัปดาห์ สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10 สำหรับภาพที่ 4.12 แสดงลักษณะของกราฟที่พลอตค่าระหว่างค่าความน่าจะเป็นสะสมกับค่าของช่วงเวลาที่งานเข้ามาห่างกัน (หน่วยเป็นชั่วโมง)

ในการทดสอบสมมุติฐานเพื่อการยอมรับรูปแบบของการกระจายของความน่าจะเป็น จะใช้วิธี Chi-Sqiare Test ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงค่าความถี่ตามทฤษฎีในช่วงต่างๆเสียใหม่ คือในช่วงเวลาใดที่มีความถี่ของงานตามทฤษฎีน้อยกว่า 5 งานก็ให้รวมข้อมูลในชั้นที่ติดๆกันเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน จากตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าควรรวมความถี่ของงานที่เข้ามาช่วงละ 7 ถึง 10 งานเข้าด้วยกันเป็นกลุ่มหนึ่งและรวมความถี่ของจำนวนงานที่เข้ามาในช่วง 16 ถึง22 งานเข้าด้วยกันอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงการทดสอบข้อมูลแบบ Chi-Square

O_i	E_i	$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
15	12.398	6.77	0.55
7	5.87	1.28	0.22
8	6.68	1.74	0.26
8	6.36	2.69	0.42
8	5.65	5.52	0.977
15	12.896	4.426	0.343

ให้ระดับนัยสำคัญในการทดสอบ (Level of Significance) เป็น 0.05 นั่นคือ $\chi^{2}_{(n-2.0.05)}$ คือ $\chi^{2}_{(4.0.05)}$ เท่ากับ 9.488

$\chi^{2}_{TEST} = 2.77 < \chi^{2}_{(4.0.05)}$

สรุปคือยอมรับสมมุติฐานที่การกระจายของข้อมูลเป็นแบบปัวซอง (Poisson Distribution)

2. <u>แบบจำลองปัญหาทางคณิตศาสตร์ของการจัดสรรแรงงานในการซ่อมทำเครื่องยนต์</u>

โดยทั่ว ๆไปในการสร้างแบบจำลองปัญหาของระบบแถวคอยมักจะพิจารณารูปแบบของการเข้ารับบริการ (Arrival Pattern) ในเทอมของช่วงเวลาที่งานแต่ละงานเข้ามาห่างกัน (Interarrival Time) จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าอัตราการเข้ารับบริการของงานในโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ มีลักษณะการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson Distribution) หรือสามารถกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าช่วงระยะเวลาที่งานเข้ามาสู่แถวคอยห่างกันแต่ละงานมีการแจกแจงความถี่แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ซึ่งแสดงลักษณะของฟังก์ชั่นดังนี้

$$f(t) = e^{-\lambda t} \qquad \text{เมื่อ } t \geq 0$$

และรูปแบบฟังก์ชั่นของการแจกแจงความถี่สะสมเป็น

$$F(t) = 1-e^{-\lambda t} \qquad \text{เมื่อ } 0 \leq F(t) \leq 1$$

จัดรูปสมการของการแจกแจงความถี่สะสมใหม่ด้วยการใช้ค่า Natural Logarithm

$$\lambda t = -\log_e (1-F(t))$$

ถ้ากำหนดให้ RN เป็นตัวเลขสุ่มค่าใดๆ (Random Number) ซึ่ง

$$RN = 1-F(t) \qquad \text{เมื่อ } 0 \leq RN \leq 1$$

$$t = -\frac{1}{\lambda} \log_e RN$$

ค่า t ที่ได้จะเป็นตัวแปรเชิงสุ่มที่มีรูปแบบของการแจกแจงความถี่แบบเอ็กโปเนนเชียล จากการวิเคราะห์ข้อมูลของอัตราการเข้ารับบริการดังตารางที่ 4.9 แสดงว่าค่า λ มีค่าเป็น 813/1725 เท่ากับ 0.53 มีหน่วยเป็นจำนวนงานต่อชั่วโมง (นำเอาอัตราการเข้ามาของงานต่อสัปดาห์หาร

ด้วยจำนวนชั่วโมงใน 1 สัปดาห์ คือ 25 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ซึ่งแต่ละกลุ่มช่างหรือสถานีการซ่อมมีจำนวนช่าง 4 คนต่อกลุ่ม) สำหรับกรณีของเวลาในการรับบริการนั้นแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ในประเภทแรกเป็นกรณีที่งานนั้นเป็นงานที่พิจารณา ในกรณีเช่นนี้จะใช้เวลาจากการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) เป็นหลักตามตารางที่ 4.6 และบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูล (ชื่อแฟ้มข้อมูล MTUFILE) ทั้งในกรณีของเครื่องทั้ง 2 ชนิด สำหรับประเภทที่สองของข้อมูลคืองานที่ไม่ได้พิจารณา โดยมีฟังก์ชั่นของการกระจายข้อมูลในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Probability Distribution) ทั้งนี้ตามตารางที่ 4.8 การที่ไม่สามารถวิเคราะห์หารูปแบบความน่าจะเป็นของฟังก์ชั่นได้ เนื่องจากขาดการบันทึกข้อมูล ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์การกระจายความถี่ของข้อมูล เพื่อหาลักษณะการกระจายทางสถิติได้

เมื่อสามารถหาลักษณะของอัตราการนำเข้าของข้อมูลหรืองานแล้ว ซึ่งรวมไปถึงลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องของข้อมูลการทำงานที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเป็นข้อมูลเข้า (Input Data) ที่เป็นข้อมูลในการคำนวณที่สำคัญทั้งสองส่วนแล้ว ในส่วนต่อไปเป็นการสร้างแบบจำลองปัญหาของการจัดสรรแรงงานในการซ่อมทำเครื่องยนต์ของการจำลองแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงสร้างผังงานของระบบ (System Flowchart) ดังภาพที่ 4.13 โดยตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรมการจำลองแบบปัญหาแสดงดังตารางที่ 4.13

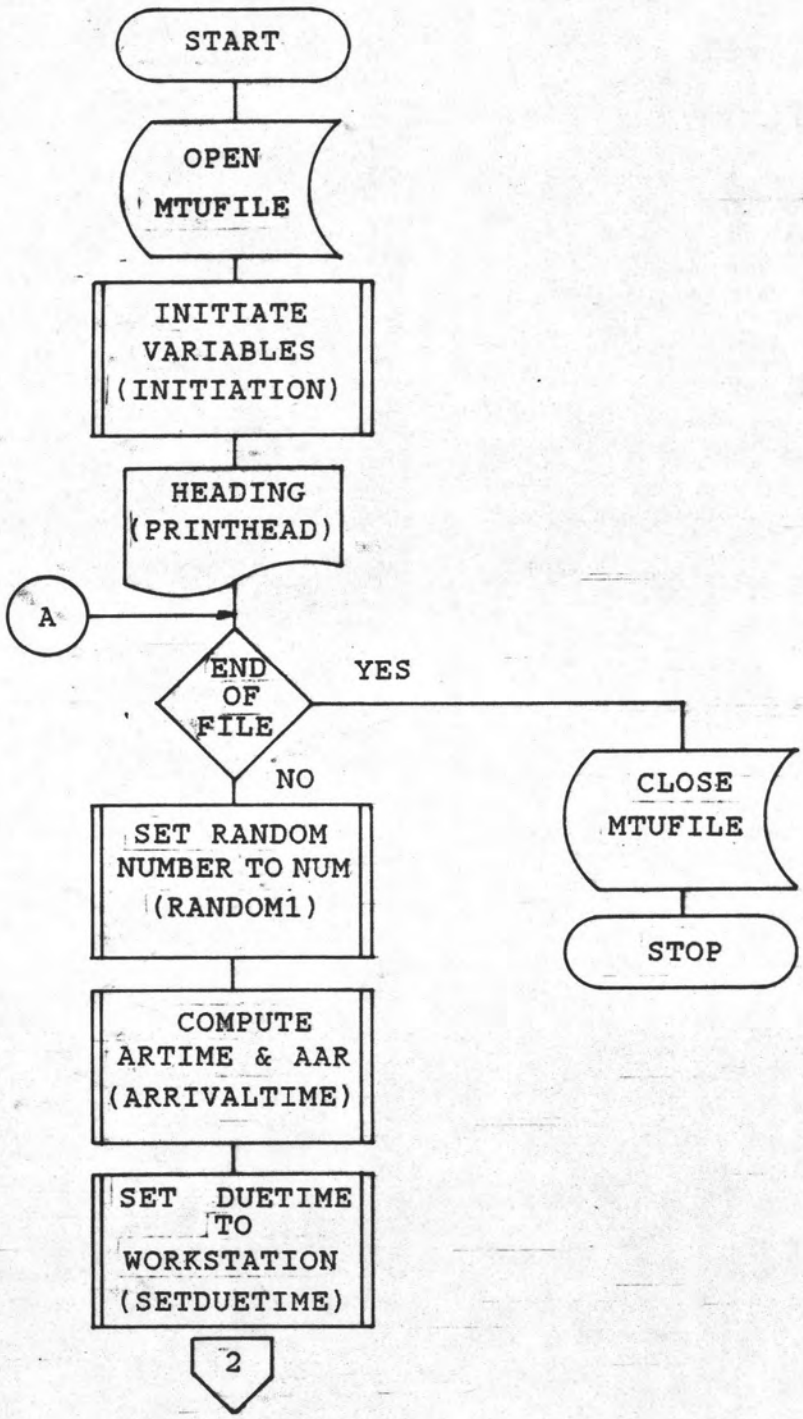
ตารางที่ 4.13 แสดงตัวแปรของโปรแกรมการจำลองแบบปัญหา

ตัวแปร(Variables)		ความหมาย	หมายเหตุ
ชนิดตัวแปร	ชื่อตัวแปร		
REAL	BTIME	เวลาเริ่มต้นของแต่ละ JOB	
REAL	FTIME	เวลาสิ้นสุดของแต่ละ JOB	
REAL	SERVTIME	SERVICE TIME ของแต่ละ JOB	
REAL	WAITTIME	WAIT-TIME ของแต่ละ JOB	

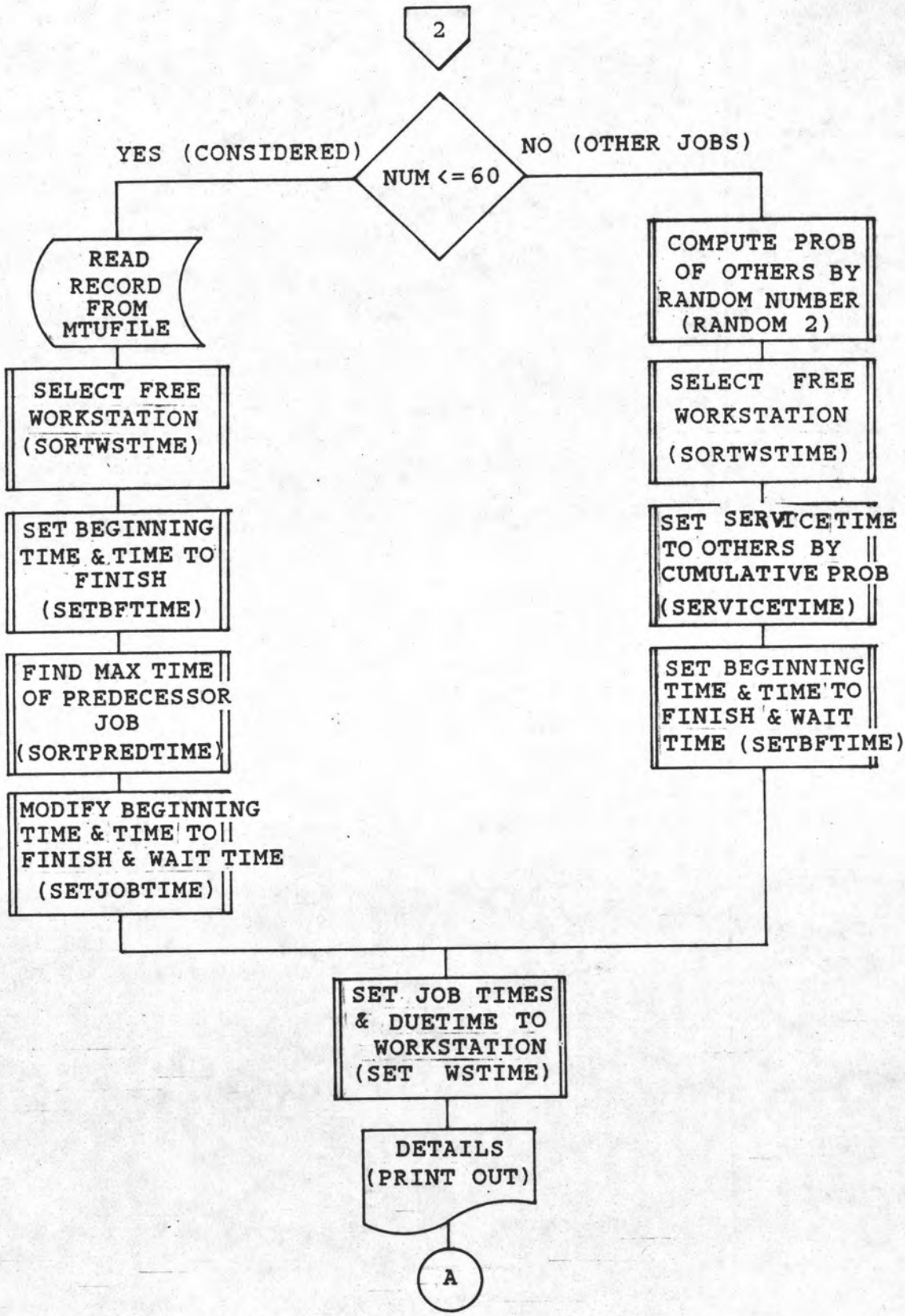
ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

ตัวแปร(Variables)		ความหมาย	หมายเหตุ
ชนิดตัวแปร	ชื่อตัวแปร		
REAL	ARTIME	ARRIVAL TIME ของแต่ละ JOB	
REAL	AAR	ARRIVAL TIME สะสม	
REAL	BBTIME	เวลาเริ่มต้นของงานแต่ละ WORK STATION	
REAL	FFTIME	เวลาสิ้นสุดของงานแต่ละ WORK STATION	
REAL	DUETIME	ระยะเวลาที่แต่ละWORK STATION ปฏิบัติอยู่	
INTEGER	JOBNO	หมายเลขงานที่พิจารณา	
INTEGER	PREDJOBNO	หมายเลขงานที่ต้องดำเนินการก่อน	
INTEGER	COUNT	RUNNING NO ของแต่ละ JOB	
INTEGER	WS	RUNNING NO ของแต่ละ WORK STATION	
INTEGER	FJOBNO	หมายเลขงานที่พิจารณา	อยู่ใน INPUT FILE
REAL	FSERVTIME	SERVICE TIME	อยู่ใน INPUT FILE
INTEGER	FPREDJOB 1	หมายเลขงานที่ต้องรองานลำดับที่ 1	อยู่ใน INPUT FILE
INTEGER	FPREDJOB 2	หมายเลขงานที่ต้องรองานลำดับที่ 2	อยู่ใน INPUT FILE
INTEGER	FPREDJOB 3	หมายเลขงานที่ต้องรองานลำดับที่ 3	อยู่ใน INPUT FILE
INTEGER	FPREDJOB 4	หมายเลขงานที่ต้องรองานลำดับที่ 4	อยู่ใน INPUT FILE
INTEGER	FPREDJOB 5	หมายเลขงานที่ต้องรองานลำดับที่ 5	อยู่ใน INPUT FILE
INTEGER	FPREDJOB 6	หมายเลขงานที่ต้องรองานลำดับที่ 6	อยู่ใน INPUT FILE

MAIN PROGRAM



ภาพที่ 4.13 แสดงผังงานของระบบ



ภาพที่ 4.13 แสดงผังงานของระบบ (ต่อ)

ส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของการจำลองแบบบปัญหานี้ใช้ภาษาในการเขียนเป็นภาษาปาสคาล (Pascal Programming) สามารถใช้ได้กับไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิทโดยทั่วไป ทำให้สะดวกและเหมาะสมต่อสภาพการทำงานของระบบเป็นอย่างดี ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมการจำลองแบบปัญหาแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการจำลองแบบปัญหาของการซ่อมทำเครื่องยนต์ชนิด 16/20 สูบ

ครั้งที่	ชั่วโมงงานทั้งสิ้น กรณี 16 สูบ(ชั่วโมง)	ชั่วโมงงานทั้งสิ้น กรณี 20 สูบ(ชั่วโมง)	หมายเหตุ
1	417	528	-จำนวนงานที่พิจารณาทั้งสิ้น 32 งาน(ทั้งกรณีเครื่องยนต์ 16/20 สูบ)
2	444	517	
3	408	588	
4	475	539	
5	505	531	
6	434	536	
7	455	510	
8	473	475	
9	447	501	
10	482	522	
11	387	506	
12	439	452	
13	521	514	
14	466	507	
15	449	522	
16	480	545	

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

ครั้งที่	ชั่วโมงงานทั้งสิ้น กรณี 16 สูบ(ชั่วโมง)	ชั่วโมงงานทั้งสิ้น กรณี 20 สูบ(ชั่วโมง)	หมายเหตุ
17	494	508	
18	355	405	
19	336	426	
20	399	537	
เฉลี่ย	440.90	508.45	

ผลการจำลองแบบปัญหาในระบบงานจริงของโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ฯไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงได้เพราะขาดข้อมูลการซ่อมทำจริง ทั้งนี้เนื่องมาจากขาดการบันทึกข้อมูลที่จำเป็น รวมทั้งในกรณีของเครื่องยนต์ 20 สูบ ยังไม่มีการซ่อมทำขั้นปรับซ่อมใหญ่จึงไม่สามารถวิเคราะห์ถึงความสามารถประยุกต์ใช้กับความเป็นจริงทางสถิติได้ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้การทดสอบเพียงเพื่อตรวจสอบว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าที่เหมาะสมหรือไม่โดยการหาค่าเฉลี่ย ซึ่งอ้างถึงในตารางที่ 4.14 คือ ในกรณีเครื่องยนต์ 16 สูบมีค่าเป็น 440.90 ชั่วโมง และ ในกรณีเครื่องยนต์ 20 สูบมีค่าเป็น 508.45 ชั่วโมง โดยที่จากการทดลองใช้งานโปรแกรมจำนวน 20 ครั้งต่อ 1 รูปแบบการจำลองปัญหา ถ้าเป็นข้อมูลที่เหมาะสม ควรจะมีค่าที่มากกว่าและน้อยกว่าค่าเฉลี่ยตามทฤษฎีประมาณข้างละ 10 หน่วย ซึ่งจากการตรวจนับกรณีเครื่องยนต์ 16 สูบ จะมีค่าชั่วโมงงานที่มากกว่าค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบกับชั่วโมงงานที่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยเป็น 13:7 และกรณีเครื่องยนต์ 20 สูบเป็น 12:8 ดังนั้นเพื่อเป็นการทดสอบลักษณะความแปรเปลี่ยนของข้อมูล จึงเลือกใช้การทดสอบแบบ Chi-Square นั่นคือ

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} (O_i - E_i)^2 / E_i$$

โดยที่ k = จำนวนข้อมูลที่มีค่าต่างกัน

O_i = ค่าความถี่ของข้อมูล (Observed Frequency)

E_i = ค่าความถี่คาดหมายจากการกระจายของความน่าจะเป็นตามแบบที่ระบุ (Expected Frequency)

และ χ^2 = มีการกระจายของความน่าจะเป็นแบบ Chi-Square ด้วยดีกรีของความอิสระ v ซึ่งเท่ากับ n-1 จากกรณีของการทดสอบค่าเฉลี่ยนั้นต้องการให้ผลลัพธ์เป็นอัตราส่วน 50:50 นั่นคือ ควรจะมีค่ามากกว่าและน้อยกว่าค่าเฉลี่ยที่คาดหวังเป็น 10:10 (การทดลอง 20 ครั้ง)

นั่นคือ กรณีเครื่องยนต์ 16 สูบ มีค่า χ^2 เป็นดังนี้

$$\chi^2_{TEST} = \frac{(13-10)^2}{10} + \frac{(7-10)^2}{10}$$

$$= 0.9 + 0.9$$

$$= 1.8$$

ในที่นี้ตั้งสมมุติฐานให้ H_0 คือ ตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการกระจายของความน่าจะเป็นแบบ Uniform และ H_1 เป็นตัวอย่างไม่ได้มาจากประชากรที่มีการกระจายของความน่าจะเป็นแบบ Uniform ให้ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) เป็น 0.05 ดังนั้น $\chi^2_{n-1,0.05}$ คือ $\chi^2_{2-1,\ 0.05}$ นั่นคือ $\chi^2_{1,\ 0.05}$ เปิดตาราง Chi-Square ได้ค่าเป็น 3.841 แสดงได้ว่า $\chi^2_{TEST} \leqslant \chi^2_{1,\ 0.05}$ ยอมรับสมมุติฐาน H_0 คือ ประชากรมีการกระจายแบบ Uniform

สำหรับกรณีของเครื่องยนต์ 20 สูบก็สามารถคำนวณได้เช่นเดียวกัน คือ

$$\chi^2_{TEST} = \frac{(12-10)^2}{10} + \frac{(8-10)^2}{10}$$

$$= 0.4 + 0.4$$

$$= 0.8$$

เมื่อ $\chi^2_{TEST} \leq \chi^2_{(1,\ 0.05)}$ จึงยอมรับสมมุติฐาน H_0 คือ ประชากรมาจากการกระจายแบบ Uniform นั่นคือ ยอมรับได้ว่าแบบจำลองปัญหาได้ผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้ ซึ่งผลลัพธ์ของแบบาจำลองสามารถนำมาเขียนเป็นแกนท์ชาร์ทตัวอย่างในภาพที่ 4.14 และภาพที่ 4.15 ซึ่งแสดงตัวอย่างของแกนท์ชาร์ทในการซ่อมทำเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบและ 20 สูบตามลำดับ

จากที่กล่าวมาแล้วถึงการจัดแผนการซ่อมทำเครื่องยนต์ของระบบขับเคลื่อนหลักนั้น เมื่อวิเคราะห์โครงข่ายวิกฤต หรือการใช้รูปแบบการจำลองปัญหา ก็จะสามารถนำผลที่วิเคราะห์ ได้มาจัดตั้งเป็นแผนการซ่อมบำรุงหลัก ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกำหนดช่วงเวลาในการวางแผนเป็นระยะเวลา 5 ปี (Planning Period) หรือ 60 เดือน ซึ่งกรณีการวิเคราะห์ถึงโครงข่ายวิกฤต (Pert/Cpm) เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการซ่อมทำเครื่องยนต์ พบว่าระยะเวลาในสายงานวิกฤตของการปรับซ่อมเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบเป็น 60 วันทำงาน (3 เดือน) และในกรณีเครื่องยนต์ 20 สูบเป็น 80 วันทำงาน (4 เดือน) ดังนั้นจึงสามารถจัดตั้งรูปแบบของแผนการซ่อมบำรุงหลักได้ดังตารางที่ 4.17

<u>หมายเหตุ</u> สำหรับระยะเวลาในการซ่อมทำเครื่องยนต์ที่กำหนดไว้ในแผนการซ่อมทำหลัก จะกำหนดจากโครงข่ายวิกฤตเป็นหลักไว้ก่อน เมื่อจำเป็นจะต้องมีควรเปลี่ยนแปลงแผนการซ่อมทำ อาจยึดถือการวิเคราะห์แรงงานโดยการจำลองแบบปัญหา ก็สามารถเปลี่ยนแปลงช่วงการทำงานต่างๆโดยการแก้ไขข้อมูลเข้า (Input Data) ซึ่งค่าช่วงเวลาที่ได้ของวิธีการทั้งสองวิธีนี้ก็ไม่แตกต่างกันมากนักและสามารถทดแทนกันได้

ตารางที่ 4.15 แสดงตัวอย่างผลของการจำลองแบบปัญหา (กรณีการซ่อมทำเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบ)

MAINTENANCE STAGE W5 SCHEDULED MAN-HOUR FOR MTU 16 V 538 TB90 Page : 1

arrivtime	job consider	job others	service time	predecessor job	ws1	ws2	ws3	ws4	ws5	ws6
0	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	0- 15	BUSY
1	1		35	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	1- 36
5	2		5	1 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	36- 41	BUSY	BUSY
6	3		10	1 - - - - -	BUSY	36- 46	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
4	4		3	1 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	36- 39	BUSY
6	5		10	1 - - - - -	36- 46	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
8	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	30- 45	BUSY	BUSY	BUSY
8	-	/	25	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	39- 63
9	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	46- 61	IDLE	IDLE	BUSY
9	-	/	25	- - - - - -	55- 80	IDLE	BUSY	IDLE	IDLE	BUSY
7	6		15	1 - - - - -	BUSY	62- 77	IDLE	IDLE	IDLE	BUSY
7	7		15	3 - - - - -	BUSY	BUSY	69- 84	IDLE	IDLE	IDLE
7	8		13	2 4 - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	76- 89	IDLE	IDLE
9	-	/	25	- - - - - -	85- 110	IDLE	IDLE	BUSY	IDLE	IDLE
6	9		3	5 - - - - -	BUSY	91- 94	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE
6	10		15	7 8 - - - -	BUSY	97- 112	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

MAINTENANCE STAGE W5 SCHEDULED MAN-HOUR FOR MTU 16 V 538 TB90 Page : 2

arrivtime	job		service time	predecessor job	ws1	ws2	ws3	ws4	ws5	ws6
	consider	others								
5	11		10	10 - - - - -	BUSY	BUSY	112- 122	IDLE	IDLE	IDLE
1	12		25	11 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	122- 147	IDLE	IDLE
5	13		225	10 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	112- 337	IDLE
8	14		94	2 - - - - -	116- 210	IDLE	BUSY	BUSY	BUSY	IDLE
7	15		53	7 - - - - -	BUSY	123- 175	IDLE	BUSY	BUSY	IDLE
6	16		35	3 - - - - -	BUSY	BUSY	129- 164	BUSY	BUSY	IDLE
8	-	/	25	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	136- 161
8	-	/	20	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	147- 167	BUSY	BUSY
8	17		30	8 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	161- 191
9	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	164- 179	BUSY	BUSY	BUSY
5	18		10	4 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	167- 177	BUSY	BUSY
5	19		70	9 - - - - -	BUSY	175- 245	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
5	20		27	5 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	177- 204	BUSY	BUSY
6	21		35	6 - - - - -	BUSY	BUSY	181- 216	BUSY	BUSY	BUSY
6	22		25	13 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	337- 362
6	23		10	12 22 - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	362- 372	BUSY	BUSY

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

MAINTENANCE STAGE W5 SCHEDULED MAN-HOUR FOR MTU 16 V 538 TB90 Page : 3

arrivtime	job	service time	predecessor job	ws1	ws2	ws3	ws4	ws5	ws6
	consider	others							
: 24		10	14 22 - - - -	362- 372	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
9 -	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	216- 231	BUSY	BUSY	BUSY
8	25	10	16 22 - - - -	BUSY	BUSY	362- 372	BUSY	BUSY	BUSY
7	26	10	15 25 - - - -	BUSY	372- 382	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
4	27	15	17 24 - - - -	BUSY	[illegible]	BUSY	BUSY	372- 387	BUSY
5	28	4	18 27 - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	387- 391
3	29	5	19 - - - - -	372- 377	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
7	30	8	20 - - - - -	BUSY	BUSY	372- 379	BUSY	BUSY	BUSY
8	31	10	21 22 - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	372- 382	BUSY	BUSY
6	32	35	23 26 28 29 30 31	382- 417	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY

ตารางที่ 4.16 แสดงตัวอย่างผลของการจำลองแบบปัญหา (กรณีการซ่อมทำเครื่องยนต์ชนิด 20 สูบ)

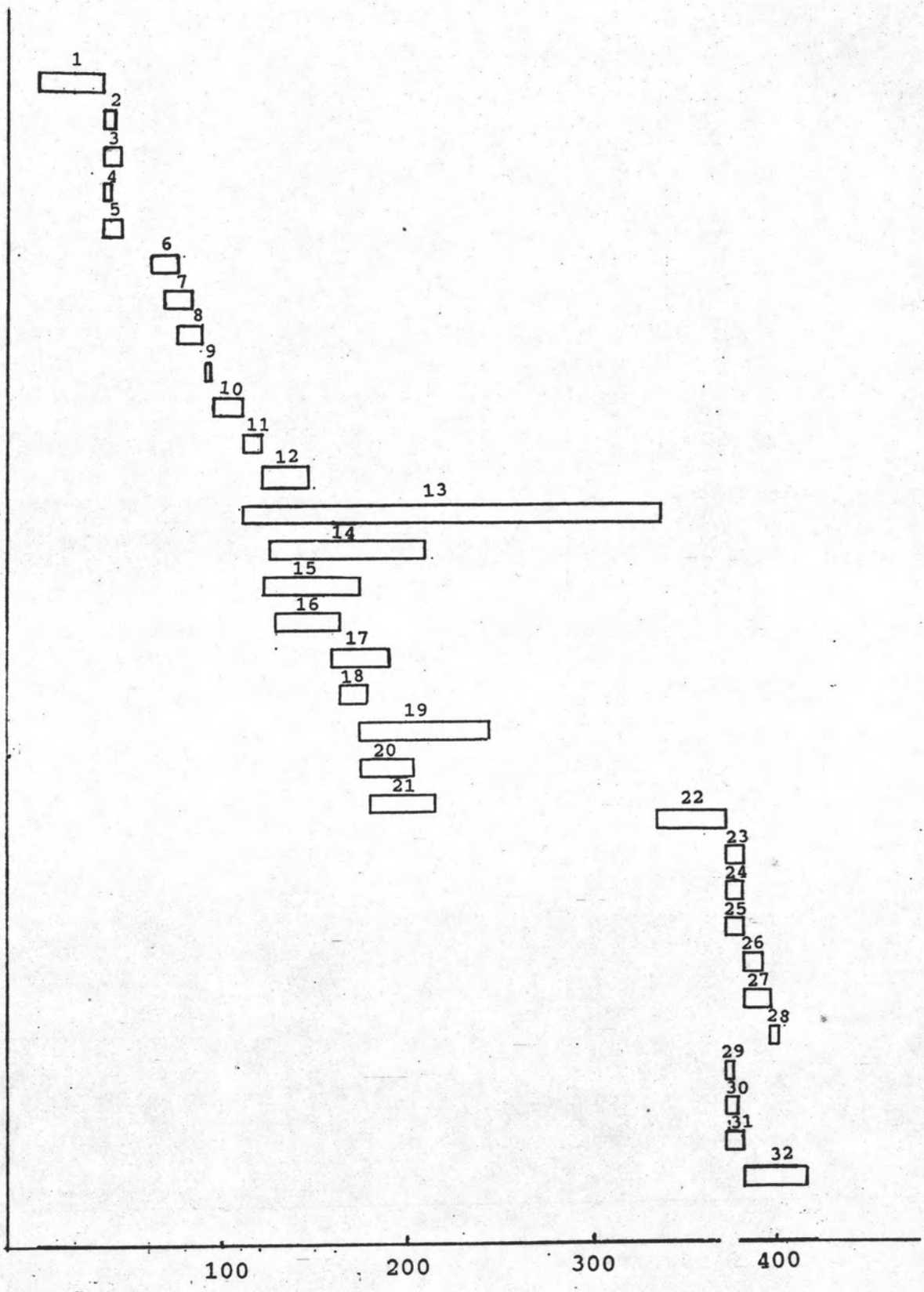
MAINTENANCE STAGE W5 SCHEDULED MAN-HOUR FOR MTU 20 V 538 TB90 Page : 1

arrivtime	job consider	job others	service time	predecessor job	ws1	ws2	ws3	ws4	ws5	ws6
0	-	/	50	- - - - - -	BUSY	0- 50	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
8	-	/	25	- - - - - -	8- 33	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
6	1		35	- - - - - -	BUSY	BUSY	15- 50	BUSY	BUSY	IDLE
6	2		5	1 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	50- 55	IDLE
8	-	/	20	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	29- 49	BUSY	IDLE
6	3		10	1 - - - - -	50- 60	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	IDLE
7	4		3	1 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	50- 52
8	-	/	20	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	49- 69	BUSY	BUSY
5	5		10	1 - - - - -	BUSY	54- 64	IDLE	BUSY	BUSY	IDLE
8	-	/	25	- - - - - -	62- 87	BUSY	IDLE	BUSY	IDLE	IDLE
8	-	/	50	- - - - - -	BUSY	70- 120	IDLE	IDLE	IDLE	IDLE
3	6		15	1 - - - - -	BUSY	BUSY	73- 88	IDLE	IDLE	IDLE
7	7		15	3 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	80- 95	IDLE	IDLE
7	8		13	2 4 - - - -	87- 99	BUSY	BUSY	BUSY	IDLE	IDLE
5	9		3	5 - - - - -	BUSY	BUSY	92- 94	BUSY	IDLE	IDLE
6	10		15	7 8 - - - -	BUSY	BUSY	99- 114	IDLE	IDLE	IDLE
6	11		10	10 - - - - -	114- 124	BUSY	BUSY	IDLE	IDLE	IDLE
8	-	/	20	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	112- 132	IDLE	IDLE
5	12		25	11 - - - - -	BUSY	BUSY	124- 149	BUSY	IDLE	IDLE
8	13		300	10 - - - - -	132- 432	IDLE	BUSY	BUSY	IDLE	IDLE
8	14		94	2 - - - - -	BUSY	132- 226	BUSY	IDLE	IDLE	IDLE
8	-	/	20	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	140- 160	IDLE	IDLE
8	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	148- 163	IDLE
8	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	156- 171	BUSY	BUSY	IDLE
2	15		53	7 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	158- 211
7	16		35	3 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	165- 200	IDLE	BUSY

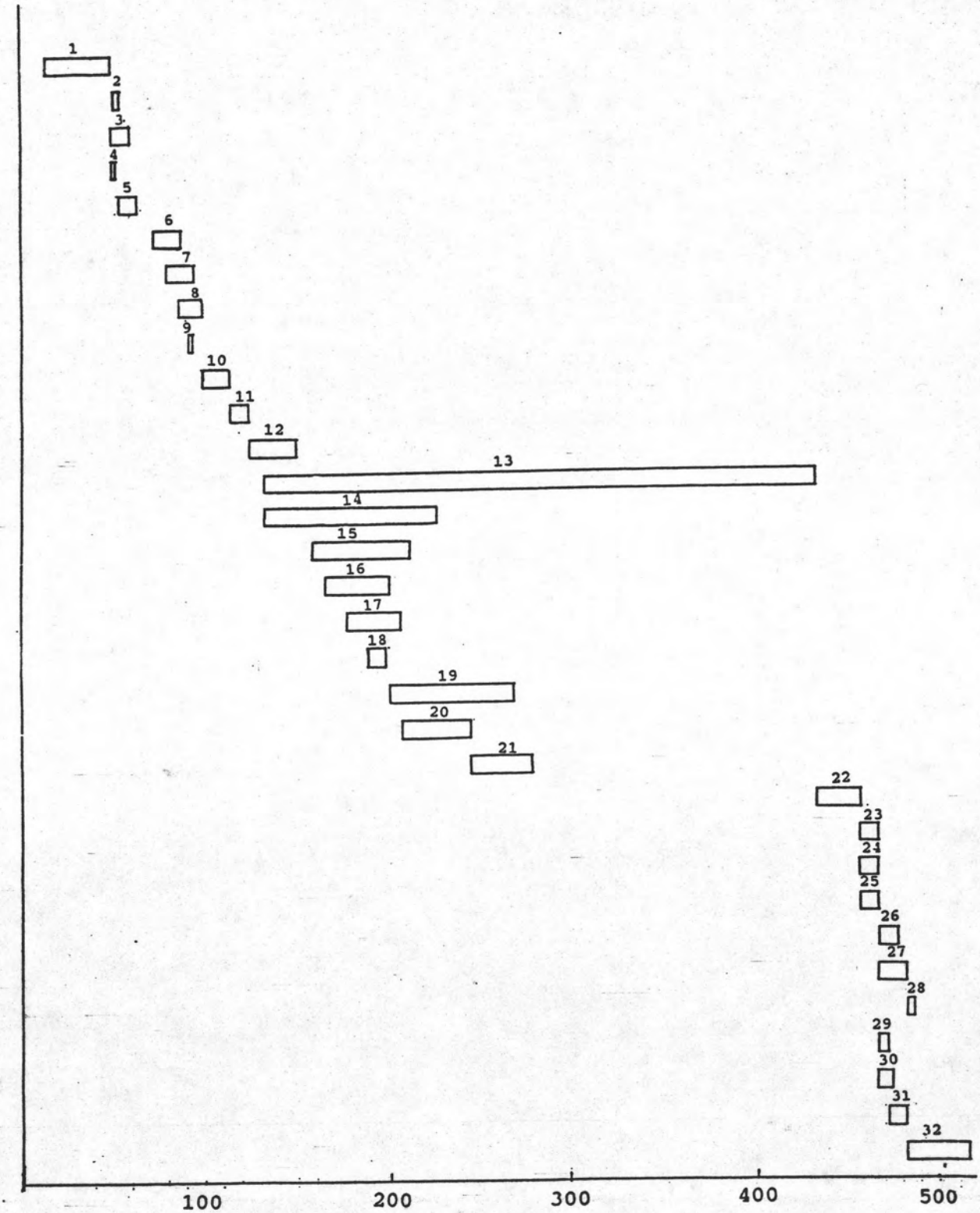
ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

MAINTENANCE STAGE W5 SCHEDULED MAN-HOUR FOR HTU 20 V 538 TB90 Page : 2

arrivtime	job consider	job others	service time	predecessor job	ws1	ws2	ws3	ws4	ws5	ws6
8	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	173- 188	BUSY	IDLE	BUSY
4	17		30	8 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	177- 207	BUSY
7	18		10	4 - - - - -	BUSY	BUSY	188- 198	BUSY	BUSY	BUSY
8	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	198- 213	BUSY	BUSY	BUSY
5	19		70	9 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	200- 270	BUSY	BUSY
8	20		38	5 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	207- 245	BUSY
8	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	213- 228	BUSY	BUSY	IDLE
8	-	/	25	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	221- 246
8	-	/	50	- - - - - -	BUSY	229- 279	IDLE	BUSY	BUSY	BUSY
8	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	237- 252	BUSY	BUSY	BUSY
0	21		35	6 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	245- 280	BUSY
8	-	/	25	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	246- 271
7	22		25	13 - - - - -	BUSY	BUSY	432- 457	BUSY	BUSY	BUSY
8	23		10	12 22 - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	457- 467	BUSY	BUSY
8	-	/	25	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	271- 296
8	-	/	50	- - - - - -	BUSY	279- 329	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
8	-	/	15	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	284- 299	BUSY
8	-	/	25	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	296- 321
6	24		10	14 22 - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	457- 467	BUSY
5	25		10	16 22 - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	457- 467
7	26		10	15 25 - - - -	BUSY	467- 477	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
7	27		15	17 24 - - - -	467- 482	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
7	28		4	18 27 - - - -	BUSY	BUSY	482- 486	BUSY	BUSY	BUSY
8	-	/	20	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	467- 487	BUSY	BUSY
5	29		5	19 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	467- 472	BUSY
6	30		8	20 - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	467- 474
7	31		10	21 22 - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	472- 482	BUSY
8	-	/	25	- - - - - -	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	474- 499
8	-	/	50	- - - - - -	BUSY	477- 527	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY
6	32		35	23 26 28 29 30 31	482- 517	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY	BUSY



ภาพที่ 4.14 แสดงตัวอย่างแกนท์ชาร์ทของการปรับซ่อมเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 16 สูบ



ภาพที่ 4.15 แสดงตัวอย่างแกนท์ชาร์ทของการปรับซ่อมเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 20 สูบ

ตารางที่ 4.17 แสดงแผนการซ่อมบำรุงหลัก

MASTER PRODUCTION SCHEDULE

PRODUCT	PERIOD											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MACHINE 16 V	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MACHINE 20 V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0

<u>การวางแผนความต้องการพัสดุ</u>(Material Requirement Planning)

องค์ประกอบที่สำคัญในการจัดตั้งระบบการวางแผนความต้องการพัสดุประกอบด้วย

1. อุปสงค์อิสระ (Independent Demand)
2. อุปสงค์ตาม (Dependent Demand)
3. ระยะเวลานำ (Leadtime)
4. รายการพัสดุที่ใช้ร่วมกัน (Common Use Items)
5. ตารางกำหนดการผลิตหลัก (Master Production Schedule)
6. แฟ้มบัญชีรายการพัสดุ (Bill of Material)

7. แฟ้มบันทึกเกี่ยวกับพัสดุคงคลังที่มีอยู่ในปัจจุบัน (Inventory Record File)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะจัดวางแผนพัสดุเพื่อใช้ในการซ่อมทำเรือ ซึ่งเป็นเรือยนต์เร็วโจมตีทั้งหมด และเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงข้อมูลบางส่วนที่เป็นความลับของทางราชการจึงไม่สามารถระบุชื่อของเรือ รวมทั้งระยะเวลาต่างๆได้อย่างแน่นอน แต่สามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบที่เป็นหลักในการวางแผนความต้องการพัสดุ คือ เรือยนต์เร็วโจมตีจำนวน 9 ลำ เป็นอุปสงค์อิสระ และจำนวนเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ทั้งหมดจำนวน 30 เครื่องเป็นตัวแปรในการกำหนดพัสดุ

1. <u>แผนการผลิตหลัก หรือแผนการซ่อมบำรุงหลัก</u> (Master Maintenance Schedule : MMS)

ตารางหรือแผนการผลิตหลักจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณของจำนวนเครื่องยนต์ที่ต้องการทำการปรับซ่อมในขอบเขตเวลาที่กำหนด ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบย่อย 3 ส่วนคือ

1 ระยะเวลาของช่วงเวลาในการวางแผน โดยช่วงเวลานี้ควรจะมีระยะเวลาเพียงพอที่จะครอบคลุมถึงช่วงระยะเวลานำ (Leadtime) ของพัสดุที่ใช้ในการซ่อมทำ

2 การกำหนดช่วงเวลา (Period) ของการวางแผน ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมเป็นรายเดือน (ขอบเขตการวางแผนงานหลัก 5 ปี แบ่งเป็น 60 เดือน)

3 จำนวนของเครื่องยนต์ที่เข้ารับการซ่อมทำในช่วงเวลาของการวางแผนการซ่อม

ตารางที่ 4.18 แสดงตารางกำหนดการผลิต/ซ่อมทำหลัก

MASTER PRODUCTION SCHEDULE

PRODUCT	PERIOD											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MACHINE 16V												
	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MACHINE 20V												
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0

ในตารางที่ 4.18 นี้เป็นตารางที่ได้จากการกำหนดแผนการซ่อมบำรุงหลัก ซึ่งเป็นการแสดงถึงจำนวนเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ทั้งชนิด 16 สูบและ 20 สูบ กับช่วงเวลาที่วางแผนเพื่อการซ่อมทำ จากตารางจะเห็นได้ว่าแกนบนเป็นช่วงเวลา (Period) ในการวางแผนคือเดือนที่ 1 ถึง 12 และจะเห็นได้ว่าในแต่ละชนิดเครื่องยนต์ (Product) จะมีแถวของตัวเลขทั้งสิ้น 5 แถว นั่นคือแสดงว่าช่วงระยะเวลาการวางแผนเป็น (2x5 คือ 60

เดือน 5 ปี) ซึ่งในกรณีของเครื่องยนต์ 16 สูบ 2 แถวบนจะเห็นการซ่อมทำของเรือชุดดังกล่าว 2 ลำและกรณีเครื่องยนต์ 20 สูบ 3 แถวล่างก็จะเป็นการซ่อมทำเรือชุดนี้ 3 ลำ การอ่านค่า Period สามารถอ่านได้อย่างต่อเนื่องจากซ้ายไปขวา เมื่อเริ่มต้นแถวใหม่ก็จะเพิ่มค่าบวกไปเรื่อยๆเช่น เลขตัวที่หนึ่ง แถวที่สองก็จะเป็นเดือนที่ 13 เป็นต้น

2. <u>บัญชีรายการพัสดุ</u> (Bill of Materials)

ในกรณีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการวิเคราะห์ถึงความต้องการใช้อะไหล่ร่วมกันของเครื่องยนต์ระบบขับเคลื่อนหลัก ชนิด 16 สูบ และ 20 สูบเท่านั้น (ในระบบการซ่อมทำทั้งหมดจะมีจำนวนและชนิดแตกต่างออกไป เช่น กรณีเครื่องยนต์ชนิด 12 สูบ และเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ที่ใช้ในระบบอื่นได้แก่ เครื่องยนต์ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือเครื่องยนต์ช่วยอื่นๆ แต่เนื่องจากอยู่นอกขอบเขตการวิจัยจึงไม่นำเข้ามาพิจารณา ซึ่งผลจากการวิจัยครั้งนี้ก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไปในอนาคต)

สำหรับรูปแบบบัญชีแสดงรายการพัสดุที่ใช้ร่วมกันแสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 รูปแบบเบื้องต้นของบัญชีรายการพัสดุ

BILL OF MATERIAL

GROUP AND ORDER	PART NO.	PART NAME	PRODUCT	
			16 V	20 V
301	135 A15 001/2	HOSE RING	2	2
302	135 A15 003/1	SEALING RING	2	2
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

จากตารางที่ 4.19 นี้เป็นรูปแบบเบื้องต้นของการใช้พัสดุร่วมกันของเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. โดยสังเกตแถวบนสุดของตารางที่ด้านซ้ายมือ เขียนว่า Group and Order ในที่นี้ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้เพื่อเป็นการสะดวกในการป้อนข้อมูลเข้า คือในส่วนแรก Group นั้นคือกรุ๊ปของระบบเครื่องยนต์ ซึ่งกล่าวไว้ในส่วนแรกของบทที่ 4 ทั้งนี้เพราะบริษัท เอ็ม.ที.ยู. ได้จัดแบ่งกลุ่มหรือกรุ๊ปของอุปกรณ์สำคัญๆ เป็นระบบไว้เพื่อให้ง่ายต่อการสั่งซื้อพัสดุและการซ่อมทำ ดังนั้นในการกรอกข้อมูลเกี่ยวกับพัสดุตัวเลข 2 หลักแรกจะเป็นกรุ๊ปพัสดุ เช่น 101 หรือ1001 แสดงว่าเป็นอะไหล่ในกรุ๊ปที่ 1 และอะไหล่ในกรุ๊ปที่ 10 ตามลำดับ ส่วนตัวเลข 2 หลักหลังจะเป็น Order Number คือลำดับของการสั่งซื้อ เช่น 301 หรือ 302 แสดงว่าเป็นอะไหล่กรุ๊ปที่ 3 ลำดับการสั่งซื้อที่ 1 และที่ 2 เป็นต้น ส่วนถัดไปของหัวข้อตารางคือ Part No. และ Part Name คือหมายเลขพัสดุและชื่อเรียกพัสดุ ซึ่งจะทำให้ผู้ซื้อหรือแผนกพัสดุสามารถรู้รายละเอียดตลอดจนสามารถระบุถึงความถูกต้องของการสั่งซื้อและตรวจสอบได้แน่นอนและแม่นยำ ส่วนสุดท้ายคือส่วนที่เขียนไว้ว่า Product หมายถึงว่าในกรณีซ่อมเครื่อง 16 สูบ หรือ 20 สูบจะต้องใช้พัสดุหรืออะไหล่ดังกล่าว จำนวนกี่ชิ้นต่อเครื่อง ตัวอย่างเช่นพัสดุหมายเลข 301 ใช้ในเครื่องยนต์ 16 สูบ 2 ชิ้นและเครื่องยนต์ 20 สูบ 2 ชิ้นเช่นกัน

3. <u>การวิเคราะห์ขนาดของการสั่งซื้อ</u> (Lot Sizing)

ในการวิเคราะห์ถึงขนาดของการสั่งซื้อพัสดุนั้นมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ประการที่จะต้องนำมาพิจารณาคือ

3.1 <u>ช่วงระยะเวลานำ</u> (Leadtime) สำหรับช่วงระยะเวลานำในการสั่งซื้อนั้น กองทัพเรือโดยอำนาจความรับผิดชอบของศูนย์พัสดุช่างกรมอู่ทหารเรือ จะเป็นหน่วยที่กำหนดจำนวนรวมทั้งออกใบสั่งซื้อและจัดหาพัสดุ (รายละเอียดในบทที่ 4) ซึ่งในกรณีของการซื้ออะไหล่เครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. นั้นสั่งซื้อโดยตรงจากตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย ซึ่งเป็นตัวแทนจำหน่ายของบริษัท เอ็ม.ที.ยู. ของประเทศเยอรมันและสำหรับโซนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จะมีคลังสาขาอยู่ที่ประเทศสิงคโปร์ ซึ่งเป็นหน่วย

สนับสนุนทางด้านอะไหล่ของเครื่องยนต์ รวมทั้งเป็นศูนย์ฝึกงานสำหรับการปรับซ่อมเครื่องยนต์อีกด้วย

จากคำให้สัมภาษณ์ของเจ้าหน้าที่ของแผนกจัดซื้อ-จัดหา ของศูนย์พัสดุช่างที่มีประสบการณ์สูง พบว่าช่วงระยะเวลานำในการจัดซื้อพัสดุโดยเฉพาะเครื่องยนต์เอ็ม.ที.ยู. มีค่าเฉลี่ยโดยประมาณทั้งนี้รวมระยะเวลาจากการดำเนินการด้านการออกใบสั่งซื้อ การกำหนดเวลาในการส่งของ และการตรวจรับอะไหล่ ในการวิจัยครั้งนี้จะกำหนดค่าระบบเวลานำของความปลอดภัย (Safety Leadtime) ไว้ประมาณ 15 วัน ดังนั้นรวมระยะเวลานำทั้งสิ้นคือ 2 เดือน

3.2 <u>ขนาดของการสั่งซื้อ</u> (Lot Sizing) ในการสั่งซื้ออะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมเครื่องยนต์โดยปริมาณของพัสดุที่ต้องการในช่วงเวลาที่วางแผนจะใช้วิธีการหาขนาดของล๊อตตามวิธี Lot-for-Lot ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก ซึ่งวิธีการหาขนาดของการสั่งซื้อในวิธีนี้จะต้องมีข้อมูลเบื้องต้นคือ

1. จำนวนที่มีอยู่ในมือ (Onhand)
2. จำนวนที่จะได้รับตามกำหนดเวลา (Schedule Receipts)

เมื่อมีข้อมูลซึ่งได้แก่ ตารางกำหนดการผลิตหลักตารางบัญชีรายการพัสดุ จำนวนที่มีอยู่ในมือ และจำนวนที่จะได้รับตามกำหนดเวลาแล้วก็จะสามารถนำไปหาค่าของปริมาณการใช้ขั้นตอน (Gross Requirement) ปริมาณการใช้สุทธิ (Net requirement) และเมื่อนำค่าระยะเวลานำในการจัดหาพัสดุเข้ามา ก็จะสามารถคำนวณหาช่วงเวลาการออกใบสั่งให้จัดหาพัสดุมาตามแผนรวมไปถึงกำหนด การได้รับพัสดุมาตามแผนด้วย (Planned Order Releases and Planned Order Receipts)

สำหรับการหาขนาดของการสั่งซื้อด้วยวิธี Lot-for-Lot ซึ่งมีแนวความคิดมาจากระบบพัสดุคงคลังแบบ Just-in-Time นั่นคือจะคิดแยกแยะออกเป็นชิ้นส่วนอะไหล่ย่อยๆ แล้วนำค่าช่วงระยะเวลานำมาเป็นตัวแปรค่าในการสั่งซื้อ และรับพัสดุโดยต้องสามารถวิเคราะห์ให้ได้ว่าพัสดุดังกล่าวต้องใช้ในช่วงเวลาใด (หาได้จากการมีแผนการผลิต/ซ่อมทำหลักและ

ตารางแสดงรายการพัสดุ) แต่เนื่องจากการวิเคราะห์โครงข่ายวิกฤตพบว่า ค่าการเริ่มต้นทำงานเร็วที่สุด (Earliest Start) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความต้องการใช้พัสดุในการซ่อมทำได้ว่าต้องการใช้ภายในวันที่เท่าไรของการทำงานนั้นบ่งบอกเป็นวัน แต่ถ้าแผนการผลิตหลักจัดจำแนกออกมาเป็นวันทำงานจะเป็นการยุ่งยากและไม่สะดวก ทั้งนี้เพราะในการซ่อมทำเรือระยะเวลาการซ่อมจะมีค่ามากเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 6 เดือน ดังนั้นในตารางกำหนดการผลิตหลักจึงมีช่วงเวลาการวางแผนเป็นรายเดือน พิจารณาค่า ES ของโครงข่ายวิกฤต ทั้งกรณีของเครื่องยนต์ 16 สูบและ 20 สูบ

ตารางที่ 4.20 แสดงค่า ES ของการซ่อมเครื่องยนต์ชนิด16/20 สูบ (เฉพาะช่วงเวลาที่ใช้พัสดุในการซ่อมทำ)

กิจกรรม	การซ่อมทำ	ค่า ES ของเครื่องยนต์16สูบ	ค่า ES ของเครื่องยนต์20สูบ
11-13	ปรับซ่อมระบบขับเคลื่อน	16	16
10-12	ปรับซ่อมฝาสูบ-ลูกสูบ	14	14
6-18	ปรับซ่อมเฟืองขับลิ้น	9	9
4-16	ปรับซ่อมเทอร์ไบชาร์จของระบบแกชเสีย	12	12
3-15	ปรับซ่อมระบบท่อแกชเสียและชาร์จแอร์คูลเลอร์	10	10
8-21	ปรับซ่อมระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	11	11
5-22	ปรับซ่อมระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	9	9
20-24	ปรับซ่อมระบบน้ำดิบ	11	11
19-23	ปรับซ่อมระบบน้ำหล่อเย็น	10	10
25-26	ปรับซ่อมระบบอุปกรณ์สตาร์ทเครื่องยนต์	10	10

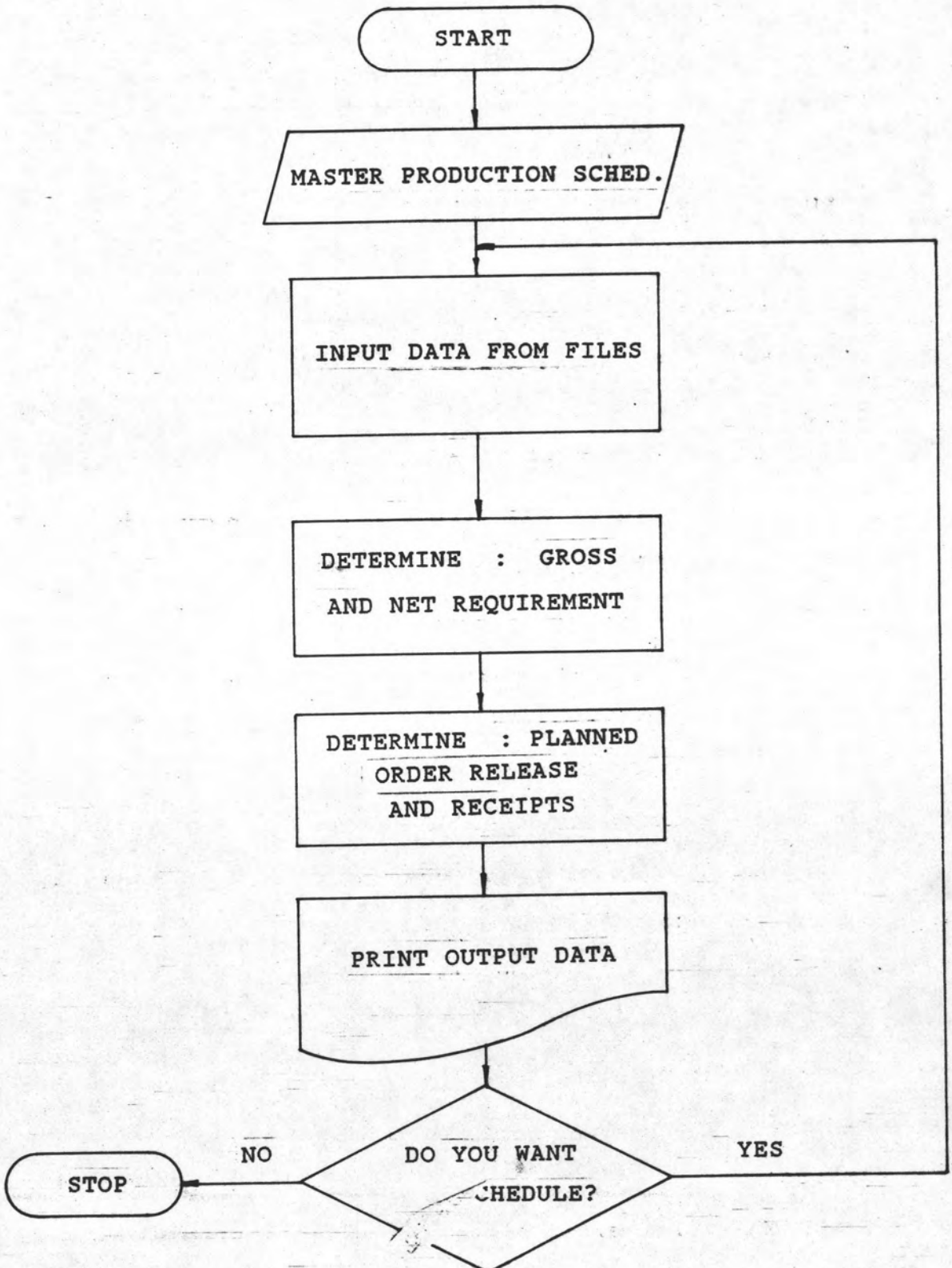
จากตารางที่ 4.20 พบว่าช่วงเวลาที่เริ่มต้นเร็วที่สุดของงานทุกๆ งานจะมีค่าอยู่ในช่วงเวลา 1 เดือนแรก หลังจากเข้ารับการซ่อมทำ ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าเป็นข้อจำกัดของการใช้งานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ คือไม่สามารถระบุระยะเวลาความต้องการของพัสดุให้มีค่าเป็นจำนวนวันทำงานได้ อีกประการหนึ่งซึ่งเป็นข้อจำกัดของระเบียบการสั่งซื้อพัสดุและลักษณะโดยทั่วๆ ไปในความเป็นจริงคือ ระบบ Just-in-Time จะเป็นไปได้จริงก็ต่อเมื่อค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่ำมาก รวมทั้งช่วงระยะเวลานำมีค่าน้อยจึงจะสามารถประยุกต์ใช้ระบบการวางแผนการใช้พัสดุโดยมีวิธี Lot-for-Lot เป็นวิธีการหาค่าขนาดของการสั่งซื้อ จากข้อจำกัดดังกล่าวแล้วจึงเสนอวิธีการที่เป็นวิธีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้คือ

1. กำหนดค่าความต้องการพัสดุเป็นช่วงเวลาคือ ช่วง 1 เดือน นั่นคือ พัสดุทุกๆชิ้นที่จะใช้ในการซ่อมทำเครื่องยนต์แต่ละเครื่องจะต้องสั่งซื้อล่วงหน้าก่อนซ่อมทำ 2 เดือน (ช่วงระยะเวลานำคือ 2 เดือน)

2. ในทางปฏิบัติของศูนย์พัสดุช่าง กรมอู่ทหารเรือ จะไม่สามารถสั่งซื้อพัสดุได้ตามแบบ Lot-for-Lot หรือ Just-in-Time ดังนั้นจึงเป็นการเหมาะสมที่เมื่อกำหนดว่า พัสดุทุกๆชิ้นจะต้องได้รับในช่วงเดือนแรกของการซ่อมทำ จึงต้องทำการสั่งซื้ออะไหล่เป็นล๊อตของเครื่องโดยไม่มีการพิจารณาแยกแยะเป็นชิ้นส่วนตามแบบของการใช้งานทางทฤษฎีของระบบ Just-in-Time

3. เนื่องจากจำนวนชิ้นส่วนและจำนวนเครื่องยนต์ที่ทำการซ่อมทำมีค่าต่ำ ดังนั้นจึงเป็นการยุ่งยากและไม่คุ้มค่าที่จะประยุกต์ใช้ระบบ Just-in-Time

4. ข้อจำกัดด้านงบประมาณ คือ ถ้าใช้ระบบ Lot-for-Lot งบประมาณที่เกิดขึ้นจะเป็นงบประมาณย่อยมาก และไม่เหมาะสมในการปฏิบัติงานรวมทั้งยุ่งยากในระบบงานสารบรรณ แต่ถ้าใช้ระบบที่เสนอมาประยุกต์ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ก็จะทำให้ความซับซ้อนของขั้นตอนการทำงานด้านสารบรรณและพัสดุจะลดลงได้



ภาพที่ 4.16 แสดงผังโปรแกรมการทำงานของระบบการวางแผนความต้องการพัสดุ

4. ตัวอย่างของการคำนวณ

จากผังโปรแกรม (Program Flowchart) แสดงในภาพที่ 4.16 โดยการคำนวณจะเริ่มต้นจากแฟ้มข้อมูลของแผนการผลิตหลัก (MPS) ซึ่งมีข้อมูลของการผลิต(การซ่อมทำ) ตามตารางที่ 4.18 อีกส่วนหนึ่งของแฟ้มข้อมูลที่เป็น Input คือแฟ้มข้อมูลบัญชีรายการพัสดุ (Bill of Materials) และแฟ้มข้อมูลพัสดุที่มีอยู่ในมือ (Onhand) รวมทั้งพัสดุที่อยู่ในระหว่างการสั่งซื้อ (Schedule Receipt) ทั้งหมดนี้จะใช้เป็นองค์ประกอบในการคำนวณหาปริมาณพัสดุที่ต้องการซึ่งรวมไปถึงการพิจารณาออกใบสั่งซื้อ ตัวอย่างที่แสดงต่อไปนี้จะใช้ตัวอย่างข้อมูล 2 ข้อมูลของพัสดุ คือข้อมูลหมายเลข 301 และข้อมูลหมายเลข 302

4.1 บัญชีรายการพัสดุ สำหรับพัสดุหมายเลข 301 และ 302 บันทึกเป็นบัญชีรายการพัสดุดังนี้

BILL OF MATERIAL

GROUP AND ORDER	PART NO.	PART NAME	PRODUCT	
			16 V	20 V
301	135 A15 001/2	HOSE RING	2	2
302	135 A15 003/1	SEALING RING	2	2

หมายเหตุ จากภาพที่ 4.1 ซึ่งแสดงถึงส่วนประกอบของเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. ชนิด 16/20 สูบ ซึ่งแยกแยะระบบของพัสดุออกเป็นกรุ๊ฟจำนวน 18 กรุ๊ฟ เริ่มจากกรุ๊ฟ 01 ถึงกรุ๊ฟ 18 ดังนั้นจากคอลัมน์แรกของรายการ BILL OF MATERIAL. ตามตัวอย่างข้างต้น คือ GROUP AND ORDER เช่น 301 ตัวเลขหลักแรกแสดงถึงพัสดุที่เป็นอะไหล่ของเครื่องยนต์ในกรุ๊ฟที่ 3 (ระบบขับเคลื่อน CRANKDRIVE) และตัวเลขในหลักที่ 2, 3 คือ ลำดับของกพัสดุ นั่นคือ 301 คือ อะไหล่ที่เป็นระบบขับเคลื่อนลำดับแรกหรือกรณีของหมายเลข 302 คือ อะไหลที่เป็นระบบขับเคลื่อนและมีลำดับในการสั่งซื้อเป็นลำดับที่ 2 เป็นต้น

4.2 <u>จำนวนที่มีอยู่ในมือและจำนวนที่จะได้รับตามกำหนดเวลา</u> (Onhand and Schedule Receipts) ซึ่งเป็นข้อมูลจากการสำรวจ ณ. ศูนย์พัสดุช่าง โดยกำหนดให้ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2530 เป็นเดือนที่สำรวจข้อมูล ซึ่งสามารถแสดงผลของข้อมูลดังนี้

CURRENT ONHAND & ONORDER

GROUP AND ORDER	ONHAND	PERIOD											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
301	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
302	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<u>หมายเหตุ</u> จากตารางแสดงถึงรายละเอียดของพัสดุที่มีอยู่ในมือ (CURRENT ONHAND) ซึ่งมีรายละเอียดคือ คอลัมน์ของกรุ๊ฟ และลำดับพัสดุในส่วนแรกกรณีของ BILL OF MATERIAL ได้อธิบายถึงรายละเอียดไว้แล้ว คอลัมน์ของจำนวนพัสดุที่มีอยู่ในมือ (ONHAND)นั้น จะถือเอาจำนวนของพัสดุที่ได้รับการสำรวจเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2530 เป็นเกณฑ์ เช่น พัสดุกรุ๊ฟ 3 ลำดับที่ 1 เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2530 ที่ทำการสำรวจข้อมูลจะมีจำนวนพัสดุอยู่ 20 หน่วยเป็น สำหรับ

คอลัมน์สุดท้ายคือ ช่วงระยะเวลานั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนีกำหนดให้เป็น 12 เดือน คือ คอลัมน์ย่อยหมายเลข1 ถึง 12 หมายถึงจำนวนเดือนใน 1 ปี และแถวของจำนวนเดือนจะมีทั้งหมด 5 แถวนั้นคือ จำนวนระยะเวลาในการวางแผนจะมีจำนวนเดือนทั้งสิ้น 60 เดือน (5 ปี) นั่นคือ แถวของจำนวนเดือนในแถวที่สองจึงเป็นเดือนที่ 23 และเรื่อยไปจนครบระยะเวลาเดือนที่ 24 (2 ปี) หลังจากช่วงระยะเวลา 2 ปี แถวที่ 3 ของคอลัมน์ของ period ก็คือ เดือนที่ 25 เป็นต้น (สุดท้ายจำนวนระยะเวลาทั้งสิ้นจะเป็น 5 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลาทั้งสิ้นในการวางแผนการซ่อมทำเรือในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งก็แสดงได้เป็นเถวสุดท้ายคอลัมน์ที่ 60 นั่นเอง)

4.3 <u>ตารางกำหนดการผลิตหลัก</u> (Master Produotion Schedule :MPS) ตารางทำการซ่อมหลักหรือ การผลิตหลักสำหรับเครื่องยนต์ที่เป็นระบบขับเคลื่อนหลักของเรือยนต์เร็วโจมตีนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 5.16

4.4 <u>การออกใบสั่งซื้อให้จัดหาพัสดุมาตามแผน</u> (Planned Order Releases) การที่จะสามารถออกใบสั่งซื้อในการจัดหาพัสดุมาใช้ตามแผนนั้น จะต้องใช้ข้อมูลในแผนกำหนดการผลิตหลัก บัญชีรายการพัสดุ ช่วงระยะเวลานำ และพัสดุที่มีอยู่ในมือ ซึ่งรวมไปถึงพัสดุที่จะได้รับตามกำหนดเวลาอีกด้วย โดยที่การออกใบสั่งซื้อให้จัดหาพัสดุมาใช้ตามแผนจะต้องประกอบด้วยการหาขนาดของการสั่งซื้อ และช่วงระยะเวลาที่จะต้องทำการสั่งซื้อ

ขนาดของการสั่งซื้อหาได้จากปริมาณการใช้สุทธิ (Net Requirement) โดยที่ปริมาณการใช้สุทธิคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

ปริมาณการใช้สุทธิ = ปริมาณการใช้ขั้นต้น + จำนวนที่มีอยู่ในมือ - จำนวนที่ได้รับตามเวลา

ดังนั้นการคำนวณปริมาณการใช้สุทธิจะต้องคำนวณหาปริมาณการใช้ขั้นต้นจากตารางกำหนดการผลิตหลัก และบัญชีรายการพัสดุเสียก่อน ดังต่อไปนี้

จากตารางกำหนดแผนการซ่อมทำหลัก

MASTER PRODUCTION SCHEDULE

PRODUCT	PERIOD											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MACHINE 16 V	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MACHINE 20 V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0

และจากบัญชีรายการพัสดุ

BILL OF MATERIAL

GROUP AND ORDER	PART NO.	PART NAME	PRODUCT 16 V	PRODUCT 20 V
301	135 A15 001/2	HOSE RING	2	2
302	135 A15 003/1	SEALING RING	2	2

จากตัวอย่างข้อมูลดังกล่าวสามารถคำนวณหาปริมาณการใช้ขั้นต้นของพัสดุหมายเลข 301 ในช่วงเวลาที่ 1 คือ 1x2 = 2 ชิ้น และพัสดุหมายเลข 302 ในช่วงเวลาที่ 1 คือ 1x2 = 2 ชิ้น เช่นกัน ดังนั้นปริมาณการใช้ขั้นต้นแสดงผลได้คือ

GROSS REQUIREMENT

PART NO.	PART NAME	PERIOD											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
135 A15 001/2	HOSE RING	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
		2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
135 A15 003/1	SEALING	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RING	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0

และจากปริมาณการใช้พัสดุขั้นต้น สามารถคำนวณหาปริมาณการใช้สุทธิ (ในกรณีพัสดุหมายเลข 301) คือ

ปริมาณการใช้สุทธิ = ปริมาณการใช้ขั้นต้น-จำนวนที่มีอยู่ในมือ-จำนวนที่ได้รับตามกำหนดเวลา

=(2+2+2+2+2+2+2+2+2+2)-(20)-0

= 2

ดังนั้นปริมาณการใช้สุทธิ 2 หน่วย จึงปรากฏในช่วงเวลาที่ 33 ผลลัพธ์แสดงได้ดังนี้ (กรณีพัสดุหมายเลข 302 ก็ใช้วิธีการคำนวนแบบเดียวกัน)

NET REQUIREMENT

PART NO.	PART NAME	PERIOD											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
135 A15 001/2	HOSE RING												
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
135 A15 003/1	SEALING RING												
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0

ช่วงระยะเวลาที่จะทำการสั่งซื้อ สามารถคำนวณได้จากการใช้ช่วงระยะเวลานำ (Leadtime) เพื่อคำนวณการสั่งซื้อพัสดุก่อนที่จะถึงเวลาที่ต้องการใช้พัสดุ โดยที่ในวิทยานิพนธ์นี้มีข้อมูลของระยะเวลานำเป็น 2 เดือน ซึ่งรวมถึงระยะเวลานำของความปลอดภัย(Safety Leadtime) ไว้ด้วย ดังนั้นจึงแสดงการออกใบสั่งซื้อดังนี้

PLANNED ORDER RELEASE

PART NUMBER	PART NAME	PERIOD											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
135 A15 001/2	HOSE RING												
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
		0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0
		0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
135 A15 003.1	SEALING RING												
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
		0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0
		0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0

สำหรับการได้รับพัสดุตามแผนก็จะใช้รูปแบบเหมือนกับการออกใบสั่งซื้อ เพียงแต่เมื่อออกใบสั่งซื้อไปแล้วประมาณ 2 เดือนก็จะเป็นช่วงเวลาที่ได้รับพัสดุ ดังนั้นอย่างช้าที่สุดโรงงานซ่อมก็จะได้รับของภายในต้นเดือนที่เริ่มทำการซ่อมทำเครื่องยนต์ดังแสดงตามตารางต่อไปนี้

PLAN RECEIPT RELEASE

PART NUMBER	PART NAME	PERIOD											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
135 A15 001/2	HOSE RING												
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
135 A15 003/1	SEALING RING												
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
		2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0

รายละเอียดการทำงานของโปรแกรมแสดงในภาคผนวก ซึ่งจะเห็นได้ว่ารายการคำนวณเพื่อหาจำนวนความต้องการพัสดุในการซ่อมทำเรือโดยเฉพาะระบบขับเคลื่อนหลักที่เป็นเครื่องยนต์เอ็ม.ที.ยู. สามารถจะลดระดับพัสดุสำรองคลังลงได้โดยใช้วิธีการวางแผนตามต้องการพัสดุ (Material Requirement Planning : MRP) และทำให้สามารถเกิดความคล่องตัวในการดำเนินการซ่อมทำส่งผลให้สามารถซ่อมทำเสร็จตามกำหนดการส่งมอบเรือรวมทั้งทำให้สามารถวางแผนการซ่อมทำเรือล่วงหน้าได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

159

ข้อเสนอแนะในการพิจารณาออกใบสั่งซื้อ (Purchase Order)

ลักษณะของการจัดซื้อพัสดุในปัจจุบันของศูนย์พัสดุช่าง กรมอู่ทหารเรือ เป็นระบบที่มีการพิจารณาถึงจุดสั่งซื้อ (Reorder point) และคำนึงถึงระดับสูงสุด (High Level) ระดับต่ำสุด (Low Level) ที่ยอมรับได้ โดยใช้วิธีการคำนวณหาขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสม (Economic Order Quantity : EOQ) ซึ่งข้อจำกัดของวิธีการวิเคราะห์หาขนาดการสั่งซื้อแบบ EOQ มีอยู่มากและไม่เหมาะสมต่อระบบการทำงานตามสภาพที่แท้จริง แนวโน้มของการจัดการระบบพัสดุคงคลังจึงเปลี่ยนแปลงไป เช่น วิธี Just-in-Time หรือระบบ MRP ซึ่งเป็นระบบที่เหมาะสมกับสภาพการทำงานจริงมากกว่า แต่ทั้ง 2 ระบบดังกล่าวก็ยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน คือ จำเป็นจะต้องมีการประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เนื่องมาจากจำนวนข้อมูลที่ใช้รวมไปถึงการ Up Date ข้อมูลตามช่วงเวลาไม่สามารถคำนวณได้ด้วยมือ จึงเห็นได้ว่าถ้าจะนำเอาระบบ MRP มาใช้ในการควบคุมพัสดุจำเป็นต้องติดตั้งระบบคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการทำงาน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเป็นการเหมาะสมที่จะนำเอาระบบที่มีการจัดซื้อหรือจัดหาพัสดุเป็นชุดๆ มาใช้แทนระบบการสั่งซื้อแบบปัจจุบัน ซึ่งขั้นตอนในการออกใบสั่งซื้อสามารถสรุปได้เป็นข้อๆดังนี้

1. ในส่วนของกองแผนและประมาณการช่าง กรมอู่ทหารเรือ เมื่อสามารถจัดตั้งแผนงานการซ่อมบำรุงหลัก (Master Maintenance Schedule) แล้วให้เสนอแผนดังกล่าวเพื่อการอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาระดับสูง

2. จากการอนุมัติของหน่วยเหนือในการจัดเรือเข้ารับการซ่อมทำ (โดยเฉพาะเรือยนต์เร็วโจมตี) ศูนย์พัสดุช่างกรมอู่ทหารเรือ ต้องรับทราบข้อมูลของแผนการซ่อมทำเรือ และดำเนินการในขั้นตอนดังนี้

2.1 แผนกควบคุมบัตรจะต้องประสานงานและดำเนินการตรวจเช็คอะไหล่หรือพัสดุที่ใช้ในการปรับซ่อมใหญ่ ซึ่งรวมไปถึงบัญชีการรับและเบิกจ่ายพัสดุ พร้อมทั้งแจ้งยอดพัสดุคงคลังให้แผนกจัดหาทราบตามช่วงเวลาที่กำหนด เช่น 1 เดือนหรือ 3 เดือน เป็นต้น

2.2 แผนกจัดหา จะต้องออกเรื่องจัดซื้อจัดหาพัสดุหรืออะไหล่

ที่ใช้ในการซ่อมทำเครื่องยนต์ที่พิจารณา ซึ่งได้มาจากผลการคำนวณหาปริมาณที่จะต้องสั่งซื้อจากระบบ MRP ซึ่งหมายถึง Planned Order Releases นั่นเอง

2.3 แผนกคลังพัสดุ จะต้องประสานงานกับแผนกควบคุมและแผนกจัดซื้อ พร้อมทั้งดำเนินการเก็บรักษาพัสดุให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้งาน

จากวิธีการดังกล่าวเมื่อสามารถวางแผนการใช้พัสดุด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วจะสามารถลดโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดให้น้อยลง รวมทั้งลดขั้นตอนและระยะเวลาลงได้มาก โดยที่ขั้นตอนต่างๆแสดงดังภาพที่ 4.17

ขั้นตอนที่ 1. จากแผนการซ่อมทำเรือที่ได้รับอนุมัติจากหน่วยต้นสังกัด จะส่งเรื่องมาขอเบิกพัสดุ จากศูนย์พัสดุช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ขั้นตอนที่ 2. ศูนย์พัสดุช่างจะดำเนินการส่งเรื่องต่อมายังแผนกควบคุมบัตร เพื่อทำการตรวจสอบยอดรายการพัสดุ และจัดทำบัญชีงบประมาณ

ขั้นตอนที่ 3. แผนกควบคุมบัตรจะส่งเรื่องต่อไปยังแผนกคลังพัสดุ เพื่อดำเนินการจ่ายพัสดุตามที่ร้องขอ

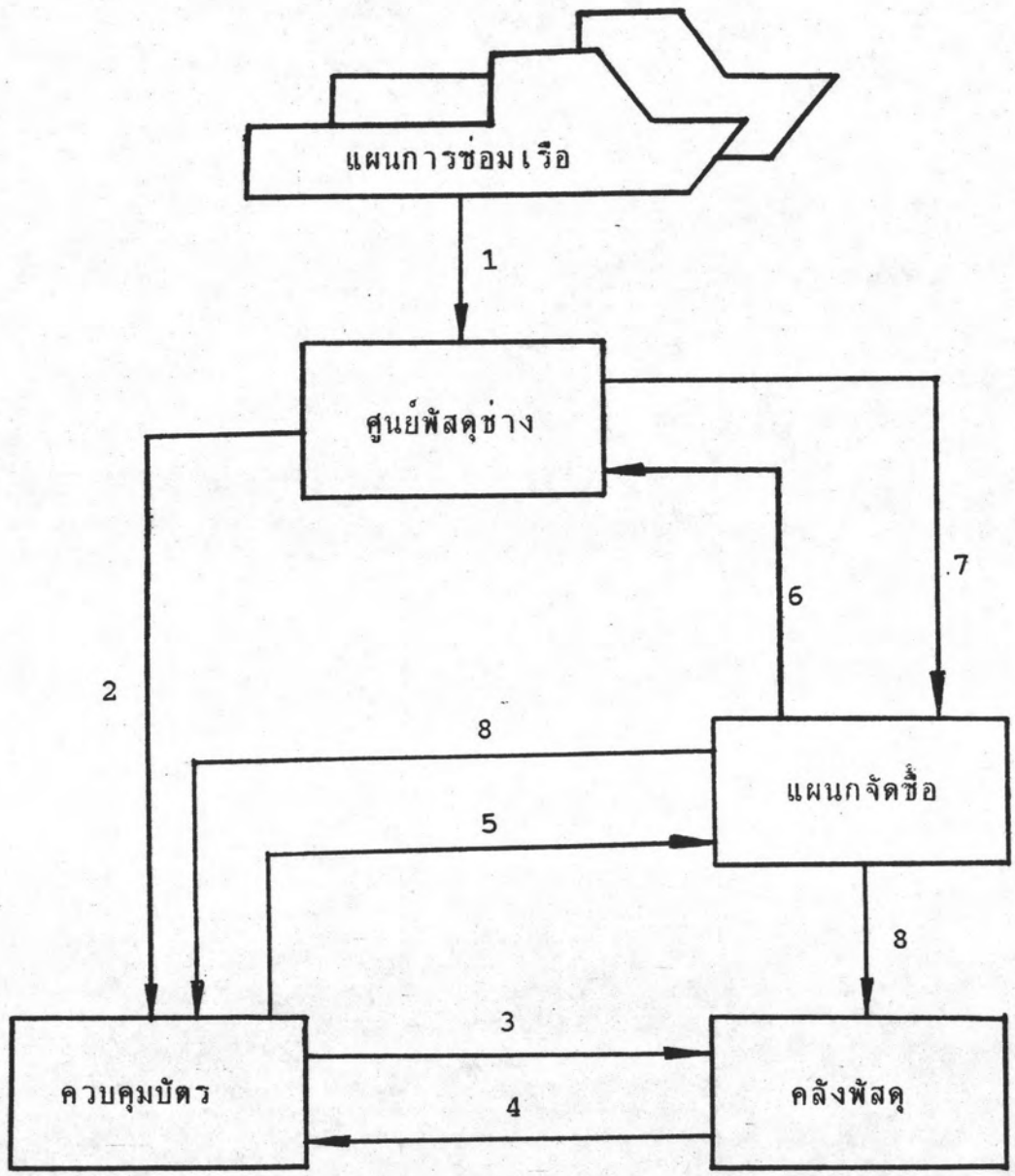
ขั้นตอนที่ 4. แผนกคลังพัสดุ จัดส่งยอดพัสดุ ที่มีอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานให้แผนกควบคุมบัตร เพื่อดำเนินการต่อไป

ขั้นตอนที่ 5. ก่อนถึงกำหนดที่จะออกเรื่องในการจัดซื้อ หรือจัดหาพัสดุ แผนกควบคุมบัตร จะต้องแจ้งยอดพัสดุที่มีอยู่และกำลังจะได้รับให้แผนกจัดซื้อทราบล่วงหน้า

ขั้นตอนที่ 6. เมื่อแผนกจัดซื้อทราบยอดพัสดุที่มีอยู่ในมือและกำลังจะได้รับ ก็สามารถคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อด้วยระบบ MRP จากเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

ขั้นตอนที่ 7. เมื่อศูนย์พัสดุช่างได้รับเรื่องการขออนุมัติการจัดซื้อแล้ว จะพิจารณา และส่งเรื่องกลับมาที่แผนกจัดซื้อ เพื่อดำเนินการจัดซื้อต่อไป

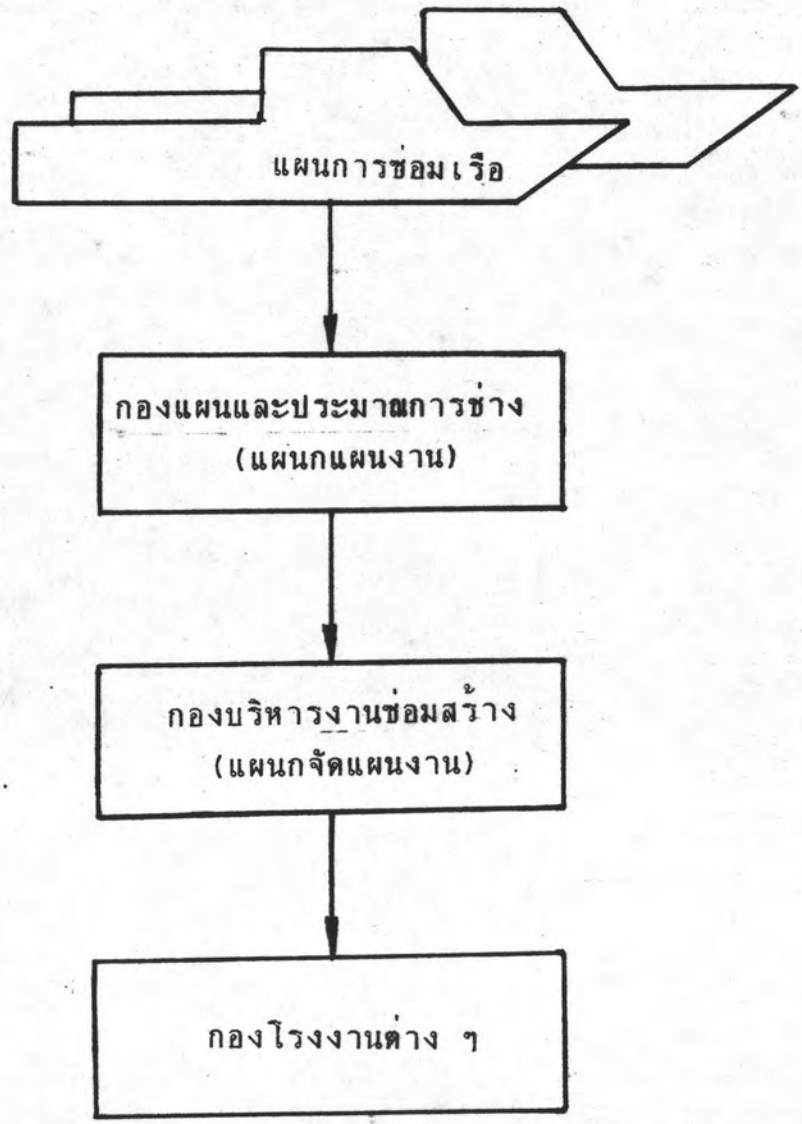
ขั้นตอนที่ 8. บริษัทผู้แทนจำหน่ายได้ทำสัญญาซื้อขาย และนำพัสดุมาส่งยังแผนกจัดซื้อ ซึ่งแผนกจัดซื้อจะส่งยอดพัสดุที่ได้รับมาเพื่อส่งไปยังแผนกควบคุมบัตร เพื่อทำการบันทึกระดับพัสดุและจัดเก็บรักษาพัสดุต่อไป



ภาพที่ 4.17 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของหน่วยต่าง ๆ ตามข้อเสนอแนะ

การออกใบสั่งซ่อม (Shop Order)

ระบบการซ่อมทำเรือของอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้าในปัจจุบัน แผนกที่มีหน้าที่ในการออกใบสั่งซ่อม (ใบสั่งงาน) อยู่ในความรับผิดชอบของแผนกแผนงาน กองแผนและประมาณการช่าง โดยเป็นเพียงการออกใบสั่งงานเพื่อซ่อมทำระบบใหญ่ๆที่ต้องดำเนินการ ดังนั้น ใบสั่งซ่อมของอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้าจึงยังไม่อยู่ในลักษณะการออกใบสั่งซ่อมที่เหมาะสม (แผนภาพแสดงขั้นตอนการออกใบสั่งซ่อมแสดงในภาพที่ 4.18) ในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์แผนการซ่อมทำซึ่งเป็นแผนงานหลัก (Master Maintenance Schedule : MMS) ดังแสดงเป็นขั้นตอนของงานละเอียดตามแกนท์ชาร์ทในภาพที่ 4.14 และ 4.15 สำหรับเครื่องยนต์เอ็ม.ที.ยู.ชนิด 16 สูบ และ 20 สูบตามลำดับ ซึ่งจากผลการคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองแบบปัญหาแสดงผลตัวอย่างในตารางที่ 4.15 และ 4.16 โดยมีรายละเอียดของลักษณะงานซึ่งรวมไปถึงงานที่ต้องดำเนินการเสร็จก่อนระยะเวลาการดำเนินงานช่วง เวลาการดำเนินงานในแต่ละสถานีซ่อมโดยที่แกนของเวลา ในแกนท์ชาร์ทนั้นแทนด้วยจำนวนชั่วโมงงานจากจุดเริ่มต้นในการทำการซ่อมทำ จนถึงจุดที่ดำเนินการซ่อมทำเสร็จสิ้น โดยที่สเกล 100 ชั่วโมงงานแทนด้วยเวลางานเป็นจำนวน 20 วันทำงาน (1 เดือนประมาณให้มีวันทำงานเป็น 20 วัน) ดังนั้นค่าของชั่วโมงงานที่ปรากฏในผลการจำลองแบบปัญหาจึงสามารถคำนวณกลับมาเป็นจำนวนวันทำงานของกลุ่มช่างซ่อมได้โดยการใช้ 5 หารตลอด (ตัวเลข 5 ในที่นี้ คือจำนวนชั่วโมงทำงานต่อ 1 วันทำงานของกลุ่มช่างซ่อม) ซึ่งสามารถสรุปเป็นผลลัพธ์ของการออกใบสั่งซ่อมในระดับโรงงานได้ตามตารางที่ 4.21 และ 4.22 ตัวอย่างจากตารางที่ 4.21 เช่นในสถานีซ่อมที่ 6 (W_s 6) ทำงานที่ช่วงเวลา 0-35 ชั่วโมงงานนั่นคือใช้เวลาการดำเนินงานเป็น (35-0)/5 = 7 วันทำงาน ใช้ชั่วโมงแรงงานทั้งสิ้นเป็น (35-0)x4=140 ชั่วโมง-คนเป็นต้น



ภาพที่ 4.18 แสดงขั้นตอนการดำเนินการออกใบสั่งซ่อม

<u>หมายเหตุ</u> 1. จากแผนการซ่อมทำเรือที่ได้รับการอนุมัติแผนกแผนงานจะดำเนินการออกใบสั่งซ่อมขั้นตอน

2. กองแผนและประมาณการช่าง รวบรวมใบสั่งซ่อมส่งมายังแผนกจัดแผนงาน กองบริหารงานซ่อมสร้าง เพื่อจัดทำแผนการซ่อมทำหลัก

3. กองบริหารงานซ่อมสร้าง ส่งแผนการซ่อมทำหลักให้กับกองโรงงานต่างๆ เพื่อจัดทำแผนงาน ซ่อมทำละเอียดลักษณะงาน

ตารางที่ 4.21 แสดงแผนการออกใบสั่งซ่อม (กรณีเครื่อง 16 สูบ)

ลำดับงาน	ช่วงเวลาในการดำเนินงานของแต่ละสถานีซ่อม (วันเริ่มต้น-วันแล้วเสร็จ)					
	Ws 1	Ws 2	Ws 3	Ws 4	Ws 5	Ws 6
1						0-7
2				8-9		
3		8-10				
4					8-8.6	
5	8-10					
6		12-15				
7			14-16			
8				15-17.6		
9		18-18.6				
10		19-21				
11			22-23			
12				23-24		
13					22-67	
14	23-42					
15		24-35				
16			26-32			
17						32-37

ตารางที่ 4.21(ต่อ)

ลำดับงาน	ช่วงเวลาในการดำเนินงานของแต่ละสถานีซ่อม (วันเริ่มต้น-วันแล้วเสร็จ)					
	Ws 1	Ws 2	Ws 3	Ws 4	Ws 5	Ws 6
18			34-35			
19		35-49				
20				36-40		
21			36-42			
22						67-71
23				71-72		
24	71-27					
25			71-72			
26		72-73				
27					72-74	
28						74-74.5
29	72-72					
30			72-73.6			
31				72-72		
32	73-79					

หมายเหตุ Ws หมายถึง สถานีซ่อม

ตารางที่ 4.22 แสดงแผนการออกใบสั่งซ่อม (กรณีเครื่องยนต์ 20 สูบ)

ลำดับงาน	ช่วงเวลาในการดำเนินงานของแต่ละสถานีซ่อม (วันเริ่มต้น-วันแล้วเสร็จ)					
	Ws 1	Ws 2	Ws 3	Ws 4	Ws 5	Ws 6
1			3-10			
2					10-10	
3	10-11					
4						10-10.6
5		11-20				
6			15-17			
7				16-18		
8	17-18.6					
9			18-18.6			
10			20-22			
11	23-24					
12			25-29			
13	26-85					
14		26-44				
15						31-40.6
16				33-39		
17			35-40			
18			41-42			
19				41-54		
20					41-47.5	
21					48-54	

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

ลำดับงาน	ช่วงเวลาในการดำเนินงานของแต่ละสถานีซ่อม (วันเริ่มต้น-วันแล้วเสร็จ)					
	Ws 1	Ws 2	Ws 3	Ws 4	Ws 5	Ws 6
22			86-90			
23				91-92		
24					91-92	
25						91-92
26		93-94				
27	93-95					
28			95-95.8			
29					93-93	
30						93-94.6
31					93-94	
32	94-100					

หมายเหตุ Ws หมายถึง สถานีซ่อม

การวิเคราะห์สภาวะการใช้งานของเครื่องยนต์จักรกลภายในโรงงานฯ

กรณีของสภาวะข้อมูลการใช้งานของเครื่องจักรกลต่าง ๆ ภายในโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ แสดงดังตารางที่ 4.23 เป็นข้อมูลที่บันทึกไว้เป็นค่าเฉลี่ยของเจ้าหน้าที่แผนกการโรงงาน ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลการใช้งานเป็นรายเดือน และนำมาเป็นประวัติของเครื่องจักรกลต่าง ๆ จากข้อมูลดังกล่าวจะสังเกตเห็นได้ว่าจำนวนชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ยต่อเดือนของเครื่อง

จักรกลต่างๆส่วนใหญ่มีค่าน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนชั่วโมงงานต่อเดือน (100 ชั่วโมงงานต่อเดือน) แสดงได้ว่าเครื่องจักรกลยังมีช่วงเวลาว่างงาน (Idle Time) ซึ่งปริมาณชั่วโมงงานที่ว่างดังกล่าวเพียงพอที่จะรองรับการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ระบบขับเคลื่อนหลักตามแผนการที่วางไว้ได้ และสอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงภายในโรงงาน นั่นคือ งานส่วนใหญ่ทางด้านของการปรับซ่อมเครื่องยนต์มีความต้องการใช้เครื่องจักรน้อยมาก ยกเว้นกรณีงานเจียรไนฝาสูบ งานเจียรไนเพลาข้อเหวี่ยง นอกจากนั้นจะเป็นงานที่ต้องใช้แรงงานที่เป็นงานฝีมือ (Skilled Labour) โดยที่งานประเภทนี้ต้องการช่างฝีมือ และเครื่องมือกล (Hand Tool or Tool Kits) เท่านั้น

โดยสรุประดับเครื่องจักรกลและจำนวนชั่วโมงงานของเครื่องจักรกลภายในโรงงานฯ มีระดับที่เพียงพอและไม่ก่อให้เกิดปัญหากับระบบการซ่อมในปัจจุบัน (ในกรณีที่จำนวนเครื่องจักรระบบขับเคลื่อนหลักยังอยู่ในปริมาณคงเดิม) รวมทั้งจากการจำลองแบบปัญหาที่จัดตั้งขึ้นนั้นได้รวมเอาจำนวนแรงงานของกรุ๊ปหรือสถานีซ่อม (Work Station) แต่ละสถานีเข้ากับจำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรกลดังกล่าวเข้าด้วยกัน ดังนั้นการพิจารณาถึงกรณีการจัดลำดับการใช้งานเครื่องจักรกลจึงไม่จำเป็นต้องนำมาวิเคราะห์แยกแยะเป็นรายละเอียด ทั้งนี้เพราะผลจากแบบจำลองสามารถนำมาเขียนเป็นบาร์ชาร์ทแสดงถึงช่วงเวลาการซ่อมทำระบบต่างๆของเครื่องจักรระบบขับเคลื่อนหลักได้ ทำให้สามารถทราบได้ว่าช่วงเวลาใดจะต้องใช้เครื่องจักรกลชนิดใดได้

ตารางที่ 4.23 แสดงการบันทึกเวลาการทำงานเฉลี่ยของเครื่องจักกล ภายในโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์

เลขเครื่องอ้างอิง	ประเภทเครื่อง	ค่าเฉลี่ยจำนวนชั่วโมงงานต่อเดือน (ชม.)	หมายเหตุ
ซี 33	เครื่องเจียรไนข้อเหวี่ยง-เครื่องยนต์ 3000/425	20	
ซี 34	เครื่องเจียรไนข้อเหวี่ยง-เครื่องยนต์ 1500/260	25	
ซี 31	เครื่องเจียรไนลิ้น วี เอส 25	5	
ซี 49	เครื่องคว้านชนิดยกเคลื่อนที่ได้	5	
-	เครื่องคว้านกระบอกเพลาใบจักร	15	
ซี 35	เครื่องขัดกระบอกสูบ - วี เอ 100	25	
ซี 28	แท่นทดสอบปั๊มน้ำมันดีเซล อี เอฟ อี พี 515	30	
ซี 27	เครื่องทดสอบเกาเวอร์นา อี เอฟ อี พี 515	40	
ซี 29/1	แท่นทดสอบหัวฉีด	25	
ซี 29/1	แท่นทดสอบหัวฉีด	30	
ซี 77	เครื่องวัดเปรียบเทียบลิ้น วี 200	-	-อยู่ในระหว่างติดตั้ง

ตารางที่ 4.23 (ต่อ)

เลขเครื่องอ้างอิง	ประเภทเครื่อง	ค่าเฉลี่ยจำนวนชั่วโมงงานต่อเดือน (ชม.)	หมายเหตุ
ซี 76	แท่นทดสอบสตาร์ทเครื่องยนต์	-	-เครื่องไม่เคยใช้งาน
ซี 75	แท่นทดสอบ เฮช พี 120	20	
-	เครื่องตรวจสอบปริมาตรหัวฉีดและปั๊มเอ็ม.ที.ยู.	10	
-	เครื่องทดสอบเกาเวอร์นา เอ็ม.ที.ยู.	15	
-	เครื่องทดสอบปริมาตรหัวฉีด เอ็ม.ที.ยู.	20	
ซี 107	เครื่องล้างเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. (PERO)	-	-เครื่องไม่เหมาะสมกับการใช้งาน
ซี 104	เครื่องทดสอบเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู. (ตรวจรอยรั่วฝาสูบ)	25	
-	เครื่องอัดน้ำเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู.	-	-อยู่ในระหว่างการติดตั้ง
-	เครื่องผสมน้ำยาเคมีอัดฉีดล้างเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู.	-	-ไม่เหมาะสมในการใช้งาน
-	แท่นจับเสื้อสูบสำหรับซ่อมเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู.	10	
ซี 21/2	เครื่องกดขนาดเล็ก(20 ตัน)	10	

ที่มา : แผนกการโรงงาน กองบริหารงานซ่อมสร้าง อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า

การจัดสรรงบประมาณเพื่อการจัดซื้ออะไหล่ในการซ่อมทำ

ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการจัดสรรงบประมาณเพื่อนำมาใช้ในการซ่อมบำรุงเรือในกองทัพเรือยังมีปัญหาอยู่มาก การดำเนินการยังอยู่ในแบบแสดงรายการ ซึ่งไม่สามารถระบุวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และผลที่ได้รับอย่างชัดเจน เป็นผลให้ปัจจุบันสภาพความพร้อมรบของกำลังรบและยุทโธปกรณ์ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ตัวอย่างที่สำคัญคือ กำลังทางเรือในการซ่อมทำนั้นได้เสนอความต้องการและจัดทำแผนในลักษณะแสดงรายการ ไม่ทราบว่าจะนำไปซ่อมทำให้กำลังทางเรือส่วนใด พร้อมขึ้นในระดับใด จำนวนเท่าใด นอกจากนี้ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ก็คือ ปัจจุบันการดำเนินการจัดทำโครงการพัฒนากองทัพไม่ได้พิจารณางบปฏิบัติการและการซ่อมบำรุง (Operating and Maintenance Cost) ดังนั้นเมื่อกำลังรบเหล่านี้เข้าประจำการแล้วทำให้เกิดการขาดแคลนงบประมาณในการซ่อมบำรุง ทำให้เกิดการชำรุดทรุดโทรม และเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ ดังนั้นควรจะดำเนินการแก้ปัญหาของการดำเนินการโครงการพัฒนากองทัพให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้ โดยการจัดทำโครงการย่อยของโครงการพัฒนากองทัพใดๆ ควรถือหลักปฏิบัติว่าจะต้องประมาณค่าใช้จ่ายการดำเนินการ และค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงทุกๆปี รวมไปถึงระบบการซ่อมบำรุงตามแผน (Planned Maintenance System) เพื่อเป็นการจัดเตรียมงบประมาณที่เหมาะสมในอนาคต

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้วิเคราะห์ถึงการใช้ทรัพยากรต่างๆในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรระบบขับเคลื่อนหลัก เฉพาะเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบ และ 20 สูบ จากข้อมูลของกรุ๊ปอะไหล่ของเครื่องจักรทั้ง 2 ชนิด สามารถรวบรวมเป็นจำนวนเงินแบ่งตามกลุ่มของพัสดุ และต่อชนิดของเครื่องยนต์ได้ตารางที่ 4.24 ซึ่งแสดงรายการพัสดุแบ่งเป็นกรุ๊ปย่อย ๆ และสามารถรวมเป็นจำนวนเงินแต่ละกรุ๊ปของพัสดุจากตารางดังกล่าวพบว่างบประมาณที่ใช้ในการซ่อมทำขั้นปรับซ่อมใหญ่ของเครื่องยนต์ชนิด 16 สูบ คิดเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 480,915.83 บาทต่อเครื่อง และสำหรับเครื่องยนต์ชนิด 20 สูบ คิดเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 533,856.50 บาท ต่อเครื่อง

ดังนั้นจากกรณีของเรือยนต์เร็วใจมดีชุดที่ใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนหลักชนิด 16 สูบ (ติดตั้งเครื่องยนต์ 4 เครื่องต่อ 1 ลำ) และชุดที่ใช้เครื่องยนต์ชนิด 20 สูบ (ติดตั้งเครื่องยนต์ 3 เครื่องต่อ 1 ลำ) จะต้องจัดเตรียมงบประมาณรายปีไว้เป็นจำนวนเงิน 1,923,663.32 บาทต่อลำ และ 1,601,569.50 บาท ต่อลำตามลำดับ

ตารางที่ 4.24 แสดงผลรวมของเงินในการจัดซื้อพัสดุ

กรุ๊ปพัสดุ	เครื่องยนต์ 16 สูบ (บาท/เครื่อง)	เครื่องยนต์ 20 สูบ (บาท/เครื่อง)
03- Crankdrive	109,401.68	91,567.45
05- Cylinder Head	186,419.40	148,703.00
06- Valve Gear	6,522.20	12,215.30
09- Exhaust Turbo Charger	7,054.05	6,111.30
10- Charge-Air Piping and Exhaust piping	16,370.40	20,368.40
11- Feul Injection Unit	152,689.20	216,287.00
12- Feul System	5,567.50	3,404.45
13- Water Pump	4,752.50	11,010.00
14- Cooling Water System	15,342.10	18,343.50
18- Starting Equipment	78,096.80	5,844.10
รวม	480,915.83	533,856.50

ที่มา : เอกสารจัดซื้อพัสดุในการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ เอ็ม.ที.ยู จากบริษัท เอ็ม.ที.ยู. (สาขาย่อย ประเทศสิงคโปร์)