

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการดำเนินการผลิตตัวถังรถยนต์โดยสรุปว่าการวางแผนการดำเนินการผลิตในปัจจุบันได้กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานหลัก ออกเป็น 9 กลุ่มขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย

1. ประกอบโครงสร้างหลัก
2. หุ้มตัวถังภายนอก
3. ติดตั้งโครงสร้างบนแชสชีส์
4. ตกแต่งภายใน
5. ทำสี
6. ติดตั้งระบบไฟฟ้า
7. ติดตั้งระบบปรับอากาศ
8. ติดตั้งกระจก
9. ติดตั้งระบบเบาะโดยสาร

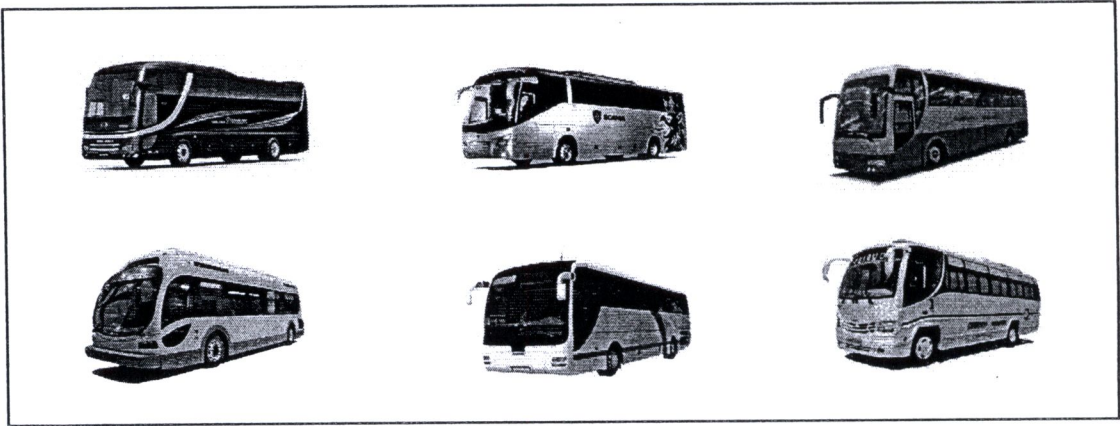
โดยกำหนดให้ขั้นตอนหลักทั้ง 9 ขั้นตอนดังกล่าวใช้เวลาในการผลิตประมาณ 90 วัน

จากบทที่ 3 ได้แสดงขั้นตอนในการสร้างลำดับการผลิต ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน คือ

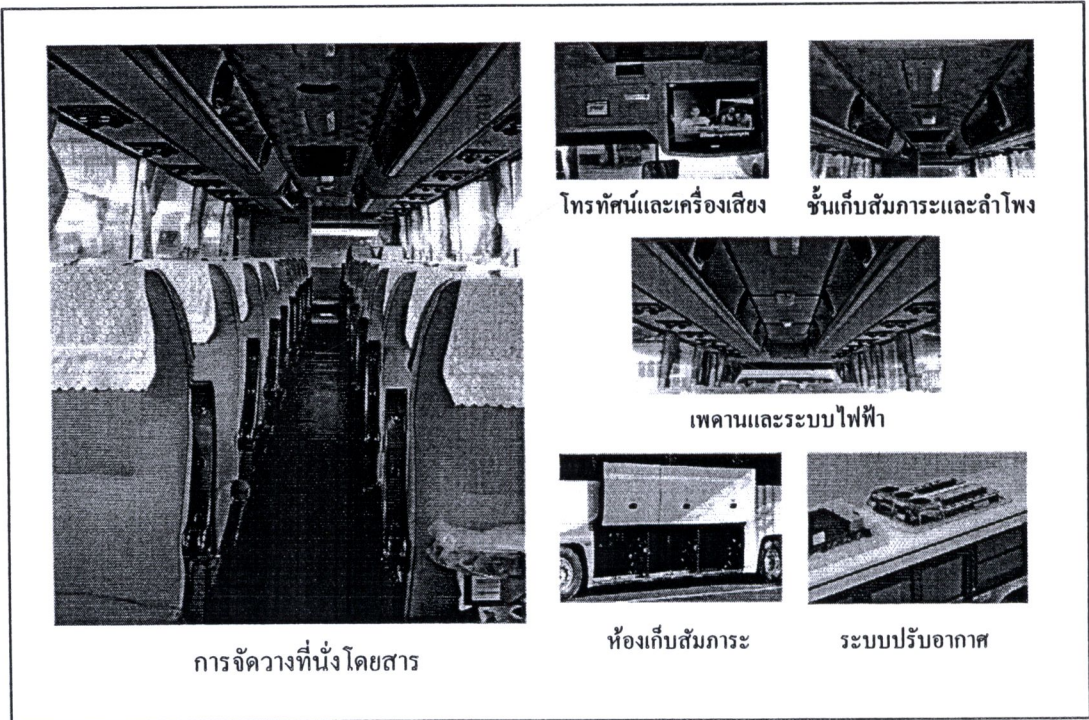
1. รวบรวมและศึกษาข้อกำหนดจากลูกค้า เพื่อให้สามารถนำข้อกำหนดของลูกค้ามาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์
2. การวิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้มาซึ่งโครงสร้างหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ และโครงสร้างผลิตภัณฑ์ที่สามารถระบุหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ
3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วน/โมดูล เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วน/โมดูล สำหรับนำไปใช้ในการจัดลำดับการผลิต/ประกอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. การสร้างลำดับการผลิต/ประกอบ เพื่อให้ทราบถึงลำดับในการผลิต/ประกอบ โดยใช้การทำ Partitioning ด้วยวิธีการ Reach ability ซึ่งเป็นการนำความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วน/โมดูลมาใช้ในการวิเคราะห์
5. การหาเวลาเริ่มต้นกิจกรรมด้วยวิธีการกำหนด Time Factor เพื่อคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรม เพื่อนำไปใช้ในการจัดทำ Gantt Chart

6. การแสดงผลลำดับการผลิตด้วย Gantt Chart ที่สามารถแสดงถึงลำดับ และระยะเวลาในการผลิต/ประกอบ สำหรับนำไปใช้ในการบริหารการผลิต

วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ได้นำเสนอผ่านการวิเคราะห์กระบวนการผลิตตัวถังรถยนต์โดยสารซึ่งพบว่าลูกค้ามีความต้องการในรูปแบบของสินค้าที่แตกต่างกัน ทั้งในด้านรูปแบบภายนอกของตัวผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 4-1 และรูปแบบรายละเอียดงานตกแต่งภายใน และฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-1 แสดงตัวอย่างรูปแบบภายนอกของผลิตภัณฑ์ตัวถังรถยนต์โดยสาร



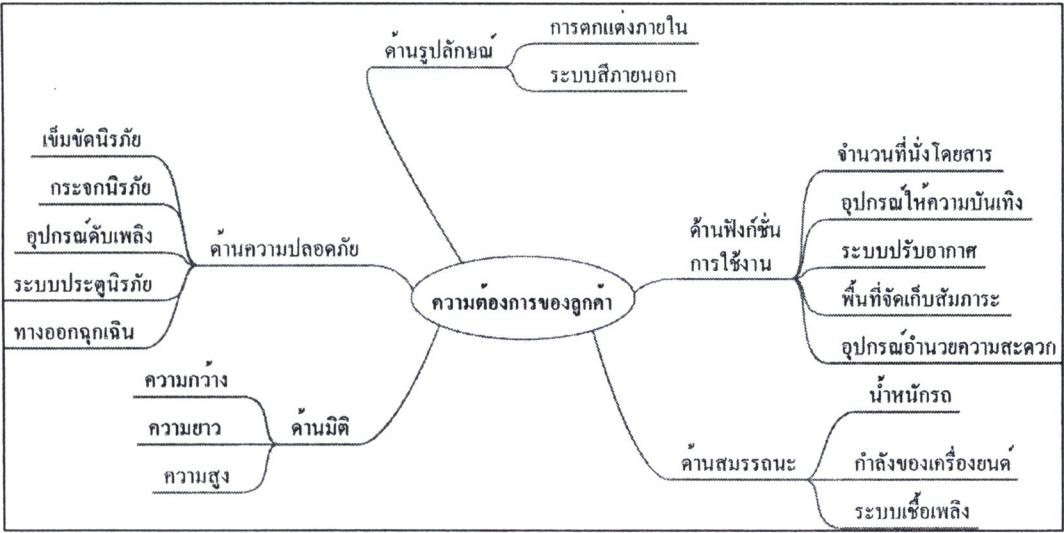
ภาพที่ 4-2 ตัวอย่างรายละเอียดการตกแต่งภายใน และฟังก์ชันการใช้งานของผลิตภัณฑ์

จากภาพที่ 4-2 แสดงถึงตัวอย่างลักษณะการตกแต่งภายในและฟังก์ชันการใช้งานของตัวถังรถยนต์โดยสาร เช่น ลักษณะการจัดวางที่นั่งโดยสาร การติดตั้งระบบโทรทัศน์และเครื่องเสียง รูปแบบของชั้นเก็บสัมภาระ รูปแบบการตกแต่งภายในห้องโดยสาร พื้นที่ของห้องเก็บสัมภาระ และระบบปรับอากาศ เป็นต้น

จากการนำเสนอวิธีการจัดลำดับการผลิตผ่านการวิเคราะห์กระบวนการผลิตตัวถังรถยนต์โดยสารมีผลการวิจัยดังนี้

4.1 รวบรวมและศึกษาข้อกำหนดจากลูกค้า

จากการศึกษาข้อกำหนดของลูกค้าจากกรณีศึกษาพบว่าผู้ผลิตยอมให้ลูกค้าสามารถปรับแต่งรูปแบบของผลิตภัณฑ์ได้บางส่วน อาทิเช่น รุ่นของรถยนต์ที่มีกำลังที่แตกต่างกัน มิติของตัวรถ จำนวนที่นั่งโดยสาร ลักษณะการตกแต่งภายใน สีและลวดลายของตัวรถ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงทำการจัดกลุ่มข้อกำหนดดังกล่าว เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 กลุ่มข้อกำหนดของลูกค้า

จากภาพที่ 4-3 แสดงถึงกลุ่มของข้อกำหนดจากลูกค้าที่ผู้ผลิตสามารถยอมให้ลูกค้าเลือกปรับแต่งได้ตามความต้องการ ภายใต้รูปแบบข้อกำหนดต่างๆ ที่มีการกำหนดไว้เป็นมาตรฐานของผู้ผลิต ที่มีความหลากหลายทั้งนี้เพื่อให้ลูกค้าสามารถเลือกปรับแต่งได้ตามความต้องการ โดยสามารถแบ่งข้อกำหนดดังกล่าวเป็นกลุ่มหลักๆ จำนวน 5 กลุ่ม คือ

1. ข้อกำหนดด้านรูปลักษณ์ ซึ่งประกอบด้วย ลักษณะการตกแต่งภายใน และระบบสีภายนอก
2. ด้านฟังก์ชันการใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดจำนวนที่นั่งโดยสาร การติดตั้งอุปกรณ์ให้ความบันเทิง การติดตั้งระบบปรับอากาศ พื้นที่จัดเก็บสัมภาระ และอุปกรณ์อำนวยความสะดวก
3. ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ ประกอบด้วย ข้อกำหนดด้านน้ำหนักของตัวรถ ข้อกำหนดด้านขนาดกำลังของเครื่องยนต์ และข้อกำหนดด้านระบบเชื้อเพลิง
4. ข้อกำหนดด้านมิติ ซึ่งประกอบด้วย ความกว้าง ความยาว และความสูง
5. ข้อกำหนดด้านความปลอดภัย ซึ่งประกอบด้วย การติดตั้งเข็มขัดนิรภัย กระงกนิรภัย อุปกรณ์ดับเพลิง ระบบประตูนิรภัย และประตูฉุกเฉิน

4.2 วิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์

จากการประยุกต์ใช้ Axiomatic Design ด้วยวิธีการ Zigzagging ผลที่ได้คือโครงสร้างหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ ที่สามารถระบุถึงหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนเบื้องต้นสามารถแบ่งกลุ่มโครงสร้างหน้าที่การทำงานและโครงสร้างผลิตภัณฑ์ออกเป็น 8 กลุ่ม ดังนี้

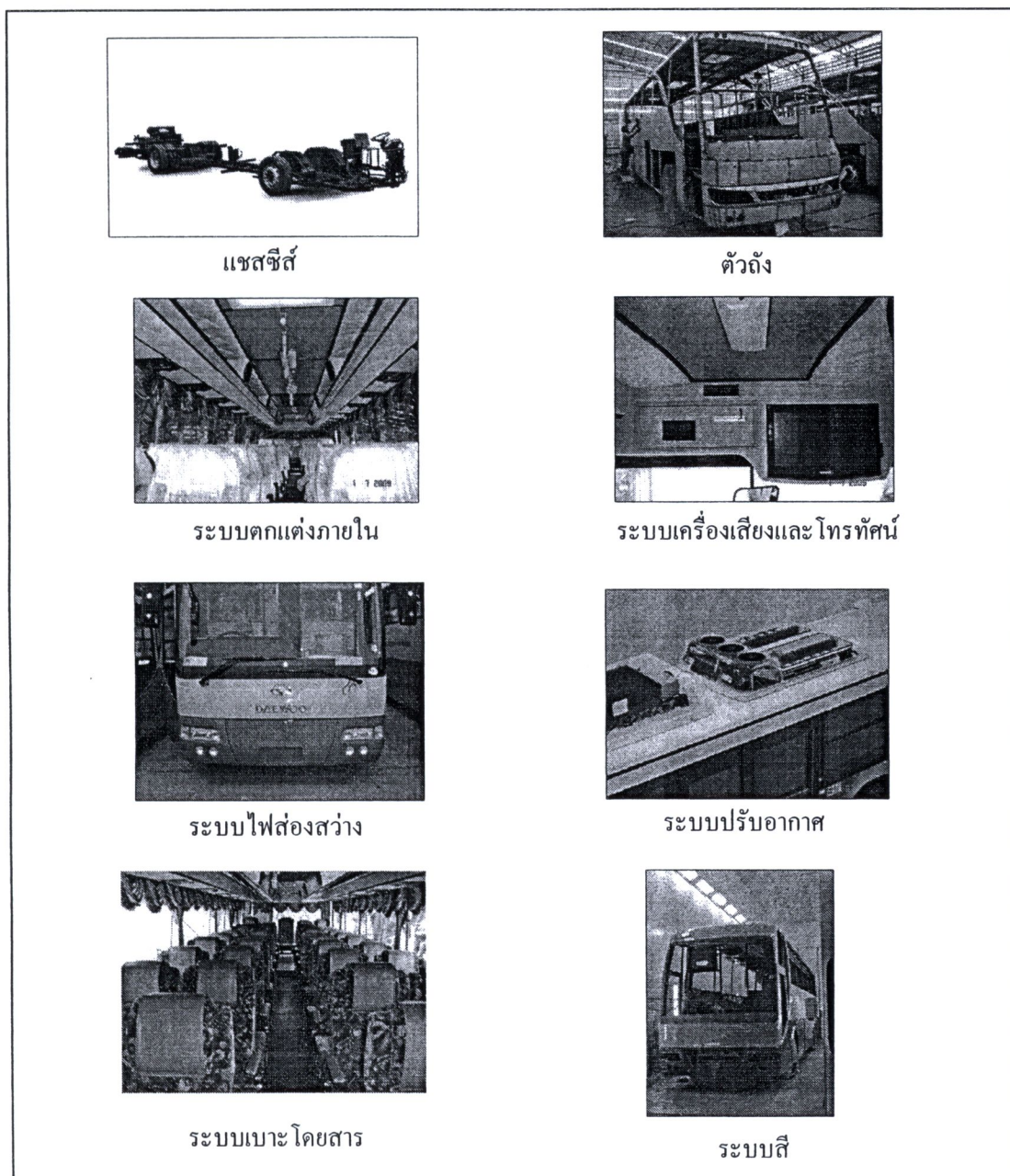
4.2.1 โครงสร้างหน้าที่การทำงาน

1. หน้าที่ในการรองรับตัวถัง
2. หน้าที่ในการปกป้องผู้โดยสาร
3. หน้าที่ที่ในการปกปิดโครงสร้างภายในห้องโดยสาร
4. หน้าที่ในการให้ความบันเทิงแก่ผู้โดยสาร
5. หน้าที่ในการให้แสงสว่าง
6. หน้าที่ในการปรับอากาศ
7. หน้าที่ในการรองรับผู้โดยสารขณะโดยสารบนรถ
8. หน้าที่ในการป้องกันผิวโลหะภายนอกไม่ให้เกิดการกัดกร่อน

4.2.2 โครงสร้างชิ้นส่วนประกอบ

- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| 1. แชสชีส์ | 5. ระบบไฟส่องสว่าง |
| 2. ตัวถัง | 6. ระบบปรับอากาศ |
| 3. ระบบตกแต่งภายใน | 7. ระบบที่นั่งโดยสาร |
| 4. ระบบเครื่องเสียงและโทรทัศน์ | 8. ระบบสี |

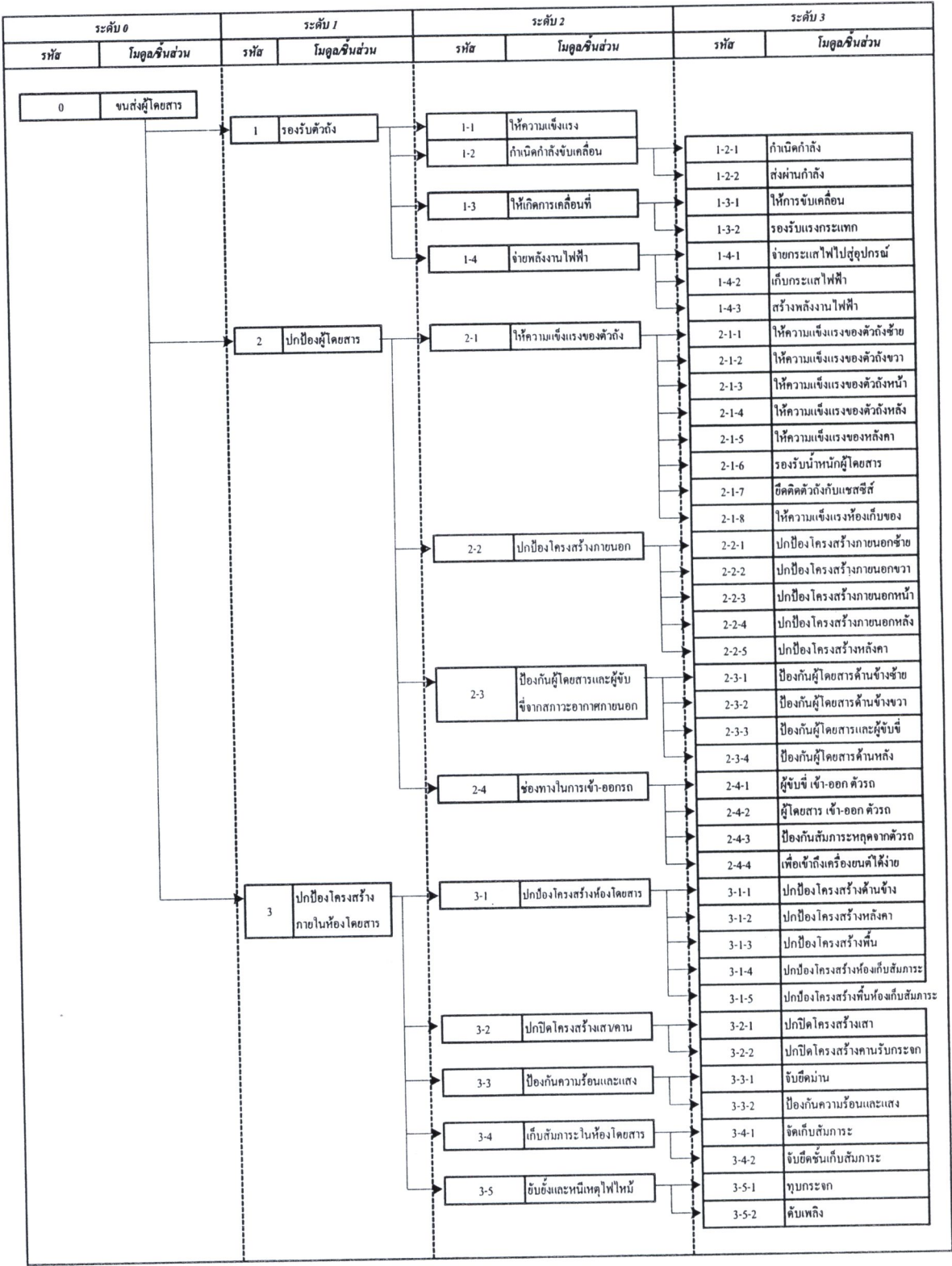
จากโครงสร้างผลิตภัณฑ์ทั้ง 8 กลุ่มที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถแสดงตัวอย่างภาพจากผลิตภัณฑ์จริง ดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 แสดงภาพตัวอย่างโมดูลหลักของรถยนต์โดยสาร

จากโครงสร้างชิ้นส่วนประกอบที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถแบ่งระดับย่อยโครงสร้างย่อยได้เป็น 3 ระดับ ซึ่งโครงสร้างหน้าที่การทำงานที่แบ่งเป็น 3 ระดับสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4-2 และ โครงสร้างชิ้นส่วนประกอบที่แบ่งโครงสร้างเป็น 3 ระดับ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4-3

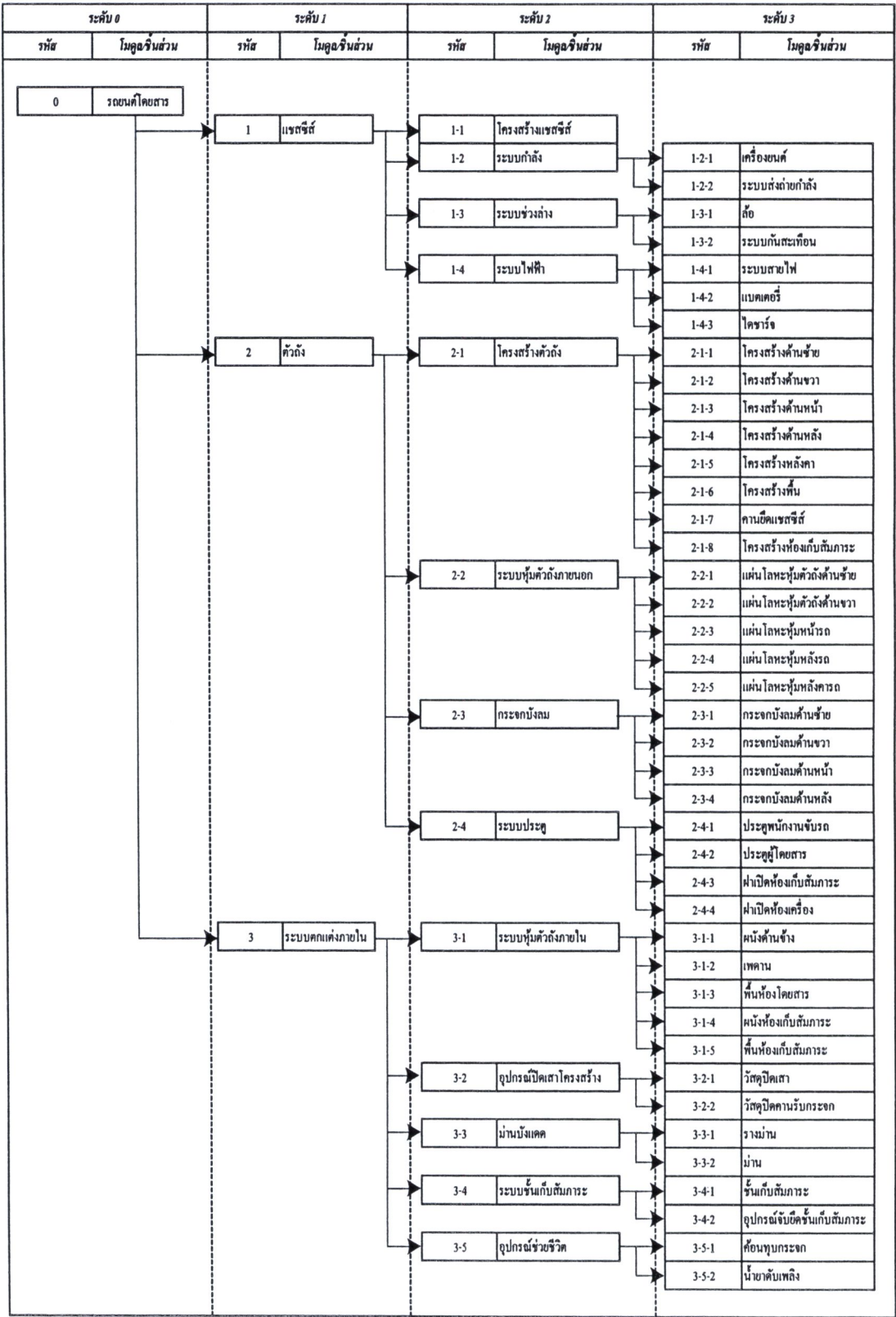
ตารางที่ 4-1 โครงสร้างหน้าที่การทำงานของแต่ละชั้นส่วน/โมดูล



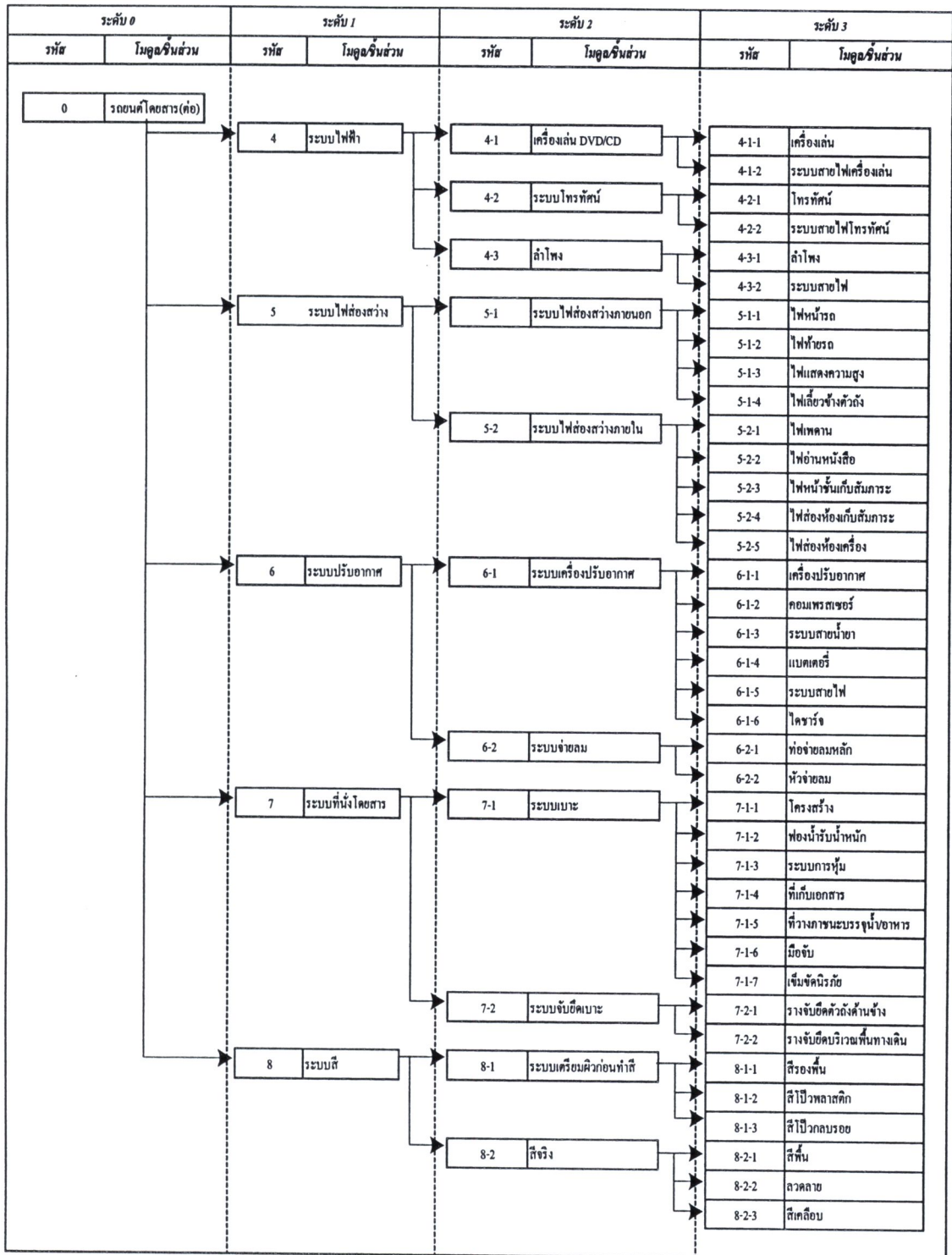
ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ระดับ 0		ระดับ 1		ระดับ 2		ระดับ 3	
รหัส	โมดูล/ชิ้นส่วน	รหัส	โมดูล/ชิ้นส่วน	รหัส	โมดูล/ชิ้นส่วน	รหัส	โมดูล/ชิ้นส่วน
0	รถยนต์โดยสาร(ต่อ)	4	ให้ความบันเทิง	4-1	เล่น DVD/CD	4-1-1	อ่านข้อมูลจากแผ่นบันทึก
				4-2	แสดงภาพ	4-1-2	ส่งสัญญาณเสียงไปสู่ลำโพง
				4-3	กำเนิดเสียง	4-2-1	แสดงภาพ
						4-2-2	นำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ทรานซิสเตอร์
						4-3-1	กำเนิดเสียง
						4-3-2	นำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ลำโพง
		5	ให้แสงสว่าง	5-1	ให้แสงสว่างภายนอก	5-1-1	ให้แสงสว่างด้านหน้า
				5-2	ให้แสงสว่างภายใน	5-1-2	ส่งสัญญาณไฟให้รถคันอื่นเห็น
						5-1-3	แสดงความสูงของตัวรถ
						5-1-4	แสดงสัญญาณการเลี้ยว
						5-2-1	ให้แสงสว่างภายในตัวรถ
						5-2-2	ให้แสงสว่างประจำที่นั่ง
						5-2-3	ให้แสงสว่างภายในขึ้นกับสภาวะ
						5-2-4	ให้แสงสว่างห้องเก็บสัมภาระ
						5-2-5	ให้แสงสว่างห้องเครื่องยนต์
		6	ปรับอากาศ	6-1	ปรับอากาศ	6-1-1	ปรับอุณหภูมิและกรองอากาศ
						6-1-2	ปั๊มระบบน้ำยาแอร์
						6-1-3	สวิตช์สายน้ำยาแอร์
						6-1-4	จัดเก็บไฟฟ้าสำหรับแอร์
						6-1-5	ส่งผ่านกระแสไฟฟ้าสู่อุปกรณ์แอร์
						6-1-6	สร้างพลังงานไฟฟ้าให้ระบบ
				6-2	สวิตช์อากาศที่ปรับแล้ว	6-2-1	สวิตช์อากาศสู่ห้องโดยสาร
						6-2-2	ปรับความแรงและทิศทางลม
		7	ระบบรองรับผู้โดยสาร	7-1	รองรับผู้โดยสาร	7-1-1	ให้ความแข็งแรง
						7-1-2	ให้ความนุ่มสบาย
						7-1-3	ปกป้องโครงสร้าง
						7-1-4	จัดเก็บเอกสาร
						7-1-5	รองรับภาชนะบรรจุอาหาร
						7-1-6	ใช้สำหรับผู้โดยสารจับยึด
						7-1-7	ป้องกันการหลุดออกจากที่นั่ง
				7-2	จับยึดระบบที่นั่ง	7-2-1	จับยึดที่นั่งกับคาน้ำแข็งข้าง
						7-2-2	จับยึดที่นั่งกับพื้น
		8	ป้องกันควิลโลหะ นอกจากการกีดร้อน	8-1	ปรับปรุงควิลสำหรับทำสี	8-1-1	จับยึดสีไปทั่วผิวโลหะ
						8-1-2	ปรับผิวให้เรียบ
						8-1-3	เพิ่มความเรียบให้ผิวก่อนทำสี
				8-2	ป้องกันการกัดกร่อน	8-2-1	ป้องกันการกัดกร่อน
						8-2-2	ให้ความสวยงาม
						8-2-3	ให้ความคงทนแก่ผิวเคลือบ

ตารางที่ 4-2 โครงสร้างผลิตภัณฑ์



ตารางที่ 4-2 (ต่อ)



4.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วน/โมดูล

Name		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1-1 โครงสร้างแชตจีที	1	1	1																						
1-2 ระบบเครื่องยนต์	2		2																						
1-3 ระบบช่วงล่าง	3	1		3																					
1-4 ระบบไฟฟ้า	4		1		4																				
2-1 โครงสร้างตัวถัง	5	1				5																			
2-2 ระบบหุ้มตัวถังภายนอก	6					1	6																		
2-3 กระดกบังลม	7						1	7															1	1	
2-4 ระบบประตู	8					1			8																
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	9					1	1			9															
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10					1		1		1	10														
3-3 ม่านบังแดด	11							1		1		11													1
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	12					1							12												
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13									1				13							1				
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14					1				1					14										
4-2 ระบบโทรทัศน์	15					1				1						15									
4-3 ระบบลำโพง	16					1									1	1	16								
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17					1	1	1										17							
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18					1				1									18						
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19		1				1	1												19					
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20					1				1										1	20				
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21					1				1												21	1		1
7-2 ระบบขับเคลื่อนเบาะโดยสาร	22					1																	22		
8-1 ระบบเตรียมตัวก่อนทำสี	23							1																23	
8-2 สีจริง	24																							1	24

ภาพที่ 4-5 เมตริกซ์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบจากโครงสร้างผลิตภัณฑ์ในระดับที่ 2

จากภาพที่ 4-5 แสดงถึงเมตริกซ์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ โดยชิ้นส่วนประกอบที่นำมาศึกษาความสัมพันธ์นั้น เป็นชิ้นส่วนประกอบจากโครงสร้างผลิตภัณฑ์ในระดับที่ 2 ที่มีจำนวนโมดูลทั้งสิ้น 24 โมดูล

จากเมตริกซ์ความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูล เช่น โครงสร้างตัวถังเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขหรือสเปกต่อการบวนการผลิต/ประกอบระบบหุ้มตัวถังภายนอก ระบบประตู ระบบหุ้มตัวถังภายใน อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง ชั้นเก็บสัมภาระ ระบบไฟส่องสว่างภายนอก ระบบปรับอากาศ ระบบเบาะโดยสาร และระบบขับเคลื่อนเบาะโดยสาร ในทางกลับกันระบบหุ้มตัวถังภายนอก ระบบประตู ระบบหุ้มตัวถังภายใน อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง ชั้นเก็บสัมภาระ

ระบบไฟส่องสว่างภายนอก ระบบปรับอากาศ ระบบเบาะโดยสาร และระบบจับยึดเบาะโดยสาร จำเป็นต้องพิจารณาถึงข้อกำหนดหรือสเปคจากโครงสร้างตัวถัง เป็นต้น

4.4 สร้างลำดับการผลิต/ประกอบ

การทำ Partitioning ด้วยวิธีการ Reach ability เป็นการนำความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วน/โมดูลจากเมตริกซ์ความสัมพันธ์จากภาพที่ 4-5 โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

4.4.1 รวบรวมเซตของชิ้นส่วนประกอบที่พิจารณาจากเมตริกซ์ความสัมพันธ์ในภาพที่ 4-6 โดยพิจารณาความสัมพันธ์ในคอลัมน์ j ที่เป็นตัวกำหนดเงื่อนไขหรือสเปคต่อชิ้นส่วนในแถว i แต่ละแถว (Set R(s)) โดยผลที่ได้จากการรวบรวมสมาชิกเซตดังกล่าวสามารถแสดงดังตารางที่ 4-3

Name		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Set name
1-1 โครงสร้างแชสซีส์	1	1	1																							Set R(1)
1-2 ระบบเครื่องยนต์	2		2																							Set R(2)
1-3 ระบบช่วงล่าง	3	1		3																						Set R(3)
1-4 ระบบไฟฟ้า	4		1		4																					Set R(4)
2-1 โครงสร้างตัวถัง	5	1				5																				Set R(5)
2-2 ระบบหุ้มตัวถังภายนอก	6				1	6																				Set R(6)
2-3 กระบอกถังลม	7					1	7																1	1		Set R(7)
2-4 ระบบประตู	8				1			8																		Set R(8)
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	9				1	1			9																	Set R(9)
3-2 อุปกรณ์เปิดประตูโครงสร้าง	10				1		1		1	10																Set R(10)
3-3 ม่านบังแดด	11						1		1		11													1		Set R(11)
3-4 ระบบขับเคลื่อนส้วม	12				1							12														Set R(12)
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13								1				13								1					Set R(13)
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14			1					1					14												Set R(14)
4-2 ระบบโทรทัศน์	15			1					1						15											Set R(15)
4-3 ระบบลำโพง	16			1									1	1	16											Set R(16)
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17			1	1	1											17									Set R(17)
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18			1					1									18								Set R(18)
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19		1			1	1												19							Set R(19)
6-2 ระบบเชื่อมต่อจากเครื่องปรับอากาศ	20				1				1										1	20						Set R(20)
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21				1				1												21	1			1	Set R(21)
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	22				1																	22				Set R(22)
8-1 ระบบเครื่องมือก่อนทำดี	23					1																	23			Set R(23)
8-2 ดีจริง	24																						1	24		Set R(24)

ภาพที่ 4-6 แสดงการพิจารณาความสัมพันธ์ในคอลัมน์ j ที่เป็นตัวกำหนดเงื่อนไขหรือสเปคต่อชิ้นส่วนในแถว i แต่ละแถว



ตารางที่ 4-3 แสดงจากการรวบรวมสมาชิก Set R(s)

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Set name	Reachability Set set R(s)
1-1 โครงสร้างแชตชีต	1	Set R(1)	{1,2}
1-2 ระบบเครื่องยนต์	2	Set R(2)	{2}
1-3 ระบบช่วงล่าง	3	Set R(3)	{1,3}
1-4 ระบบไฟฟ้า	4	Set R(4)	{2,4}
2-1 โครงสร้างตัวถัง	5	Set R(5)	{1,5}
2-2 ระบบหุ้มตัวถังภายนอก	6	Set R(6)	{5,6}
2-3 กระจกบังลม	7	Set R(7)	{6,7,23,24}
2-4 ระบบประตู	8	Set R(8)	{5,8}
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	9	Set R(9)	{5,6,9}
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	Set R(10)	{5,7,9,10}
3-3 ม่านบังแดด	11	Set R(11)	{7,9,11,24}
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	12	Set R(12)	{5,12}
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	Set R(13)	{9,13,21}
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14	Set R(14)	{4,9,14}
4-2 ระบบโทรทัศน์	15	Set R(15)	{4,9,15}
4-3 ระบบลำโพง	16	Set R(16)	{4,14,15,16}
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17	Set R(17)	{4,5,6,17}
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18	Set R(18)	{4,9,18}
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	Set R(19)	{2,5,6,19}
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20	Set R(20)	{5,9,19,20}
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21	Set R(21)	{5,9,21,22,24}
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	22	Set R(22)	{5,22}
8-1 ระบบเตรียมผิวก่อนทำสี	23	Set R(23)	{6,23}
8-2 สีจริง	24	Set R(24)	{23,24}

4.4.2 รวบรวมเซตของชิ้นส่วนประกอบที่พิจารณาจากเมตริกซ์ความสัมพันธ์ในภาพที่ 4-7 โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของแถว i ที่จำเป็นต้องพิจารณาถึงข้อกำหนดหรือสเปกจากชิ้นส่วน/โมดูลชิ้นส่วนประกอบในคอลัมน์ j แต่ละคอลัมน์ (Set A(s)) โดยผลที่ได้จากการรวบรวมสมาชิกเซตดังกล่าวสามารถแสดงดังตารางที่ 4-4

Name		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1-1 โครงสร้างแชตชีต	1	1	1																						
1-2 ระบบเครื่องยนต์	2		2																						
1-3 ระบบช่วงล่าง	3	1		3																					
1-4 ระบบไฟฟ้า	4		1		4																				
2-1 โครงสร้างตัวถัง	5	1				5																			
2-2 ระบบหุ่นตัวถังภายนอก	6					1	6																		
2-3 กระบอกบินกม	7						1	7															1	1	
2-4 ระบบประตู	8					1			8																
3-1 ระบบหุ่นตัวถังภายใน	9					1	1			9															
3-2 อุปกรณ์เปิดเสาโครงสร้าง	10					1		1		1	10														
3-3 น่านบินแคค	11							1		1		11													1
3-4 ระบบขับเคลื่อนสั่นกระ	12					1							12												
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13									1				13								1			
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14				1					1					14										
4-2 ระบบโทรทัศน์	15				1					1						15									
4-3 ระบบลำโพง	16				1										1	1	16								
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17				1	1	1											17							
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18				1					1									18						
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19		1			1	1													19					
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20					1				1										1	20				
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21					1				1												21	1		1
7-2 ระบบขับเคลื่อนเบาะโดยสาร	22					1																	22		
8-1 ระบบควบคุมตัวก่อนทำสี	23						1																	23	
8-2 สีจริง	24																							1	24
Set name		Set A(1)	Set A(2)	Set A(3)	Set A(4)	Set A(5)	Set A(6)	Set A(7)	Set A(8)	Set A(9)	Set A(10)	Set A(11)	Set A(12)	Set A(13)	Set A(14)	Set A(15)	Set A(16)	Set A(17)	Set A(18)	Set A(19)	Set A(20)	Set A(21)	Set A(22)	Set A(23)	Set A(24)

ภาพที่ 4-7 แสดงการพิจารณาความสัมพันธ์ของแถว i ที่จำเป็นต้องพิจารณาถึงข้อกำหนดหรือสเปกจากชิ้นส่วน/โมดูลชิ้นส่วนประกอบในคอลัมน์ j แต่ละคอลัมน์

ตารางที่ 4-4 การรวบรวมสมาชิก Set A(s)

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Set name	Antecedent Set set A(s)
1-1 โครงสร้างแชสซีส์	1	Set A(1)	{1,3,5}
1-2 ระบบเครื่องยนต์	2	Set A(2)	{1,2,4,19}
1-3 ระบบช่วงล่าง	3	Set A(3)	{3}
1-4 ระบบไฟฟ้า	4	Set A(4)	{4,14,15,16,17,18}
2-1 โครงสร้างตัวถัง	5	Set A(5)	{5,6,8,9,10,12,17,19,20,21,22}
2-2 ระบบหุ้มตัวถังภายนอก	6	Set A(6)	{6,7,9,17,19,23}
2-3 กระฉกบังลม	7	Set A(7)	{7,10,11}
2-4 ระบบประตู	8	Set A(8)	{8}
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	9	Set A(9)	{9,10,11,13,14,15,18,20,21}
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	Set A(10)	{10}
3-3 ม่านบังแดด	11	Set A(11)	{11}
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	12	Set A(12)	{12}
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	Set A(13)	{13}
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14	Set A(14)	{14,16}
4-2 ระบบโทรทัศน์	15	Set A(15)	{15,16}
4-3 ระบบลำโพง	16	Set A(16)	{16}
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17	Set A(17)	{17}
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18	Set A(18)	{18}
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	Set A(19)	{19,20}
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20	Set A(20)	{20}
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21	Set A(21)	{13,21}
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	22	Set A(22)	{21,22}
8-1 ระบบเตรียมผิวก่อนทำสี	23	Set A(23)	{7,23,24}
8-2 สีจริง	24	Set A(24)	{7,11,21,24}

4.4.3 พิจารณาเงื่อนไขการจัดรายการขึ้นส่วนลงในเมตริกซ์ Partition

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเงื่อนไขการจัดลำดับรายการขึ้นส่วนจากความสัมพันธ์ ซึ่งเงื่อนไขที่ใช้ในการพิจารณา คือ ขึ้นส่วนประกอบที่ Set R(s) ต้องเป็นสับเซตของ Set A(s) ซึ่งเกิดจากการที่สมาชิกทุกตัวของ Set R(s) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(s) โดยสามารถคำนวณได้จาก

กรณีที่ขึ้นส่วนที่พิจารณาเข้าเงื่อนไขดังกล่าว ขั้นตอนต่อไปคือการลบรายการขึ้นส่วนดังกล่าวออกจาก Set R(s) และ Set A(s) ทุกรายการขึ้นส่วน พร้อมกันนั้นต้องทำการเพิ่มรายการขึ้นส่วนและความสัมพันธ์ของขึ้นส่วนดังกล่าวลงในเมตริกซ์ Partition ซึ่งการเรียงลำดับรายการขึ้นส่วนที่สร้างขึ้นในเมตริกซ์ Partition นั้น จะต้องเรียงลำดับตามลำดับของรายการที่เข้าเงื่อนไขก่อนและหลังตามลำดับ โดยผลที่ได้จากขั้นตอนดังกล่าว สามารถแสดงผลการลบรายการขึ้นส่วนดังตารางที่ 4-5 ถึงตารางที่ 4-13 และผลจากการเพิ่มรายการขึ้นส่วนลงในเมตริกซ์ Partition ดังภาพที่ 4-8

ตารางที่ 4-5 แสดงการพิจารณาเงื่อนไขที่ Set R(s) ต้องเป็นสับเซตของ Set A(s) ครั้งที่ 1

ขึ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Reachability Set set R(s)	Antecedent Set set A(s)	product set R(s) ∩ set A(s)
1-1 โครงสร้างแซตชีส์	1	{1,2}	{1,3,5}	{1}
1-2 ระบบเครื่องยนต์	2	{2}	{1,2,4,19}	{2}
1-3 ระบบช่วงล่าง	3	{1,3}	{3}	{3}
1-4 ระบบไฟฟ้า	4	{2,4}	{4,14,15,16,17,18}	{4}
2-1 โครงสร้างตัวถัง	5	{1,5}	{5,6,8,9,10,12,17,19,20,21,22}	{5}
2-2 ระบบหุ้มตัวถังภายนอก	6	{5,6}	{6,7,9,17,19,23}	{6}
2-3 กระบอกถังลม	7	{6,7,23,24}	{7,10,11}	{7}
2-4 ระบบประตู	8	{5,8}	{8}	{8}
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	9	{5,6,9}	{9,10,11,13,14,15,18,20,21}	{9}
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	{5,7,9,10}	{10}	{10}
3-3 ม่านบังแดด	11	{7,9,11,24}	{11}	{11}
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	12	{5,12}	{12}	{12}
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	{9,13,21}	{13}	{13}
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14	{4,9,14}	{14,16}	{14}
4-2 ระบบโทรทัศน์	15	{4,9,15}	{15,16}	{15}
4-3 ระบบลำโพง	16	{4,14,15,16}	{16}	{16}
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17	{4,5,6,17}	{17}	{17}
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18	{4,9,18}	{18}	{18}
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	{2,5,6,19}	{19,20}	{19}
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20	{5,9,19,20}	{20}	{20}
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21	{5,9,21,22,24}	{13,21}	{21}
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	22	{5,22}	{21,22}	{22}
8-1 ระบบเตรียมตัวก่อนทำสี	23	{6,23}	{7,23,24}	{23}
8-2 สีจริง	24	{23,24}	{7,11,21,24}	{24}

จากตารางที่ 4-5 พบว่าระบบเครื่องยนต์ มี Set R(2) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(2) ด้วยเหตุนี้จึงลบรายการดังกล่าวออกจากทุกรายการสมาชิกของ Set R(s) และ Set A(s) และจัดเก็บรายการดังกล่าวลงในเมตริกซ์ Partition เป็นลำดับที่ 1

ตารางที่ 4-6 แสดงการพิจารณาเงื่อนไขที่ Set R(s) ต้องเป็นสับเซตของ Set A(s) ครั้งที่ 2

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Reachability Set set R(s)	Antecedent Set set A(s)	product set R(s) ∩ set A(s)
1-1 โครงสร้างแชสซีส์	1	{1}	{1,3,5}	{1}
1-3 ระบบช่วงล่าง	3	{1,3}	{3}	{3}
1-4 ระบบไฟฟ้า	4	{4}	{4,14,15,16,17,18}	{4}
2-1 โครงสร้างตัวถัง	5	{1,5}	{5,6,8,9,10,12,17,19,20,21,22}	{5}
2-2 ระบบหุ้มตัวถังภายนอก	6	{5,6}	{6,7,9,17,19,23}	{6}
2-3 กระบอกถังลม	7	{6,7,23,24}	{7,10,11}	{7}
2-4 ระบบประตู	8	{5,8}	{8}	{8}
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	9	{5,6,9}	{9,10,11,13,14,15,18,20,21}	{9}
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	{5,7,9,10}	{10}	{10}
3-3 ม่านบังแดด	11	{7,9,11,24}	{11}	{11}
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	12	{5,12}	{12}	{12}
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	{9,13,21}	{13}	{13}
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14	{4,9,14}	{14,16}	{14}
4-2 ระบบโทรทัศน์	15	{4,9,15}	{15,16}	{15}
4-3 ระบบลำโพง	16	{4,14,15,16}	{16}	{16}
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17	{4,5,6,17}	{17}	{17}
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18	{4,9,18}	{18}	{18}
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	{5,6,19}	{19,20}	{19}
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20	{5,9,19,20}	{20}	{20}
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21	{5,9,21,22,24}	{13,21}	{21}
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	22	{5,22}	{21,22}	{22}
8-1 ระบบเตรียมผิวก่อนทำสี	23	{6,23}	{7,23,24}	{23}
8-2 สีจริง	24	{23,24}	{7,11,21,24}	{24}

จากตารางที่ 4-6 โครงสร้างแชสซีส์ มี Set R(1) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(1) และ ระบบไฟฟ้ามี Set R(4) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(4) ด้วยเหตุนี้จึงลบรายการดังกล่าวออกจากทุกรายการสมาชิกของ Set R(s) และ Set A(s) และจัดเก็บรายการดังกล่าวลงในเมตริกซ์ Partition เป็นลำดับที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-7 แสดงการพิจารณาเงื่อนไขที่ Set R(s) ต้องเป็นสับเซตของ Set A(s) ครั้งที่ 3

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Reachability Set set R(s)	Antecedent Set set A(s)	product set R(s) ∩ set A(s)
1-3 ระบบช่วงล่าง	3	{3}	{3}	{3}
2-1 โครงสร้างตัวถัง	5	{5}	{5,6,8,9,10,12,17,19,20,21,22}	{5}
2-2 ระบบหุ้มตัวถังภายนอก	6	{5,6}	{6,7,9,17,19,23}	{6}
2-3 กระบอกถังลม	7	{6,7,23,24}	{7,10,11}	{7}
2-4 ระบบประตู	8	{5,8}	{8}	{8}
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	9	{5,6,9}	{9,10,11,13,14,15,18,20,21}	{9}
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	{5,7,9,10}	{10}	{10}
3-3 ม่านบังแดด	11	{7,9,11,24}	{11}	{11}
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	12	{5,12}	{12}	{12}
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	{9,13,21}	{13}	{13}
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14	{9,14}	{14,16}	{14}
4-2 ระบบโทรทัศน์	15	{9,15}	{15,16}	{15}
4-3 ระบบลำโพง	16	{14,15,16}	{16}	{16}
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17	{5,6,17}	{17}	{17}
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18	{9,18}	{18}	{18}
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	{5,6,19}	{19,20}	{19}
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20	{5,9,19,20}	{20}	{20}
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21	{5,9,21,22,24}	{13,21}	{21}
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	22	{5,22}	{21,22}	{22}
8-1 ระบบเตรียมผิวก่อนทำสี	23	{6,23}	{7,23,24}	{23}
8-2 สีจริง	24	{23,24}	{7,11,21,24}	{24}

จากตารางที่ 4-7 พบว่าระบบช่วงล่างมี Set R(3) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(3) และ โครงสร้างตัวถัง Set R(5) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(5) ด้วยเหตุนี้จึงลบรายการดังกล่าวออกจาก รายการสมาชิกของ Set R(s) และ Set A(s) และจัดเก็บรายการดังกล่าวลงในเมตริกซ์ Partition เป็นลำดับที่ 4 และ 5 ตามลำดับ



ตารางที่ 4-8 แสดงการพิจารณาเงื่อนไขที่ Set R(s) ต้องเป็นสับเซตของ Set A(s) ครั้งที่ 4

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Reachability Set set R(s)	Antecedent Set set A(s)	product set R(s) $\cap$ set A(s)
2-2 ระบบหุ้มตัวถังภายนอก	6	{6}	{6,7,9,17,19,23}	{6}
2-3 กระจกบังลม	7	{6,7,23,24}	{7,10,11}	{7}
2-4 ระบบประตู	8	{8}	{8}	{8}
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	9	{6,9}	{9,10,11,13,14,15,18,20,21}	{9}
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	{7,9,10}	{10}	{10}
3-3 ม่านบังแดด	11	{7,9,11,24}	{11}	{11}
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	12	{12}	{12}	{12}
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	{9,13,21}	{13}	{13}
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14	{9,14}	{14,16}	{14}
4-2 ระบบโทรทัศน์	15	{9,15}	{15,16}	{15}
4-3 ระบบลำโพง	16	{14,15,16}	{16}	{16}
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17	{6,17}	{17}	{17}
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18	{9,18}	{18}	{18}
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	{6,19}	{19,20}	{19}
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20	{9,19,20}	{20}	{20}
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21	{9,21,22,24}	{13,21}	{21}
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	22	{22}	{21,22}	{22}
8-1 ระบบเตรียมตัวก่อนทำสี	23	{6,23}	{7,23,24}	{23}
8-2 สิ่งจริง	24	{23,24}	{7,11,21,24}	{24}

จากตารางที่ 4-8 พบว่าระบบหุ้มตัวถังภายนอกมี Set R(6) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(6) ระบบประตูมี Set R(8) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(8) ระบบชั้นเก็บสัมภาระมี Set R(12) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(12) และระบบจับยึดเบาะโดยสารมี Set R(22) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(22) ด้วยเหตุนี้จึงลบรายการดังกล่าวออกจากทุกรายการสมาชิกของ Set R(s) และ Set A(s) และจัดเก็บรายการดังกล่าวลงในเมตริกซ์ Partition เป็นลำดับที่ 6 ลำดับที่ 7 ลำดับที่ 8 และลำดับที่ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-9 แสดงการพิจารณาเงื่อนไขที่ Set R(s) ต้องเป็นสับเซตของ Set A(s) ครั้งที่ 5

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Reachability Set set R(s)	Antecedent Set set A(s)	product set R(s) ∩ set A(s)
2-3 กระจกบังลม	7	{7,23,24}	{7,10,11}	{7}
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	9	{9}	{9,10,11,13,14,15,18,20,21}	{9}
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	{7,9,10}	{10}	{10}
3-3 ม่านบังแดด	11	{7,9,11,24}	{11}	{11}
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	{9,13,21}	{13}	{13}
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14	{9,14}	{14,16}	{14}
4-2 ระบบโทรทัศน์	15	{9,15}	{15,16}	{15}
4-3 ระบบลำโพง	16	{14,15,16}	{16}	{16}
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17	{17}	{17}	{17}
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18	{9,18}	{18}	{18}
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	{19}	{19,20}	{19}
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20	{9,19,20}	{20}	{20}
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21	{9,21,24}	{13,21}	{21}
8-1 ระบบเตรียมผิวก่อนทาสี	23	{23}	{7,23,24}	{23}
8-2 สีจริง	24	{23,24}	{7,11,21,24}	{24}

จากตารางที่ 4-9 พบว่าระบบหุ้มตัวถังภายในมี Set R(9) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(9) ระบบไฟส่องสว่างมี Set R(17) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(17) ระบบเครื่องปรับอากาศ Set R(19) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(19) และระบบเตรียมผิวก่อนทาสีมี Set R(23) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(23) ด้วยเหตุนี้จึงลบรายการดังกล่าวออกจากทุกรายการสมาชิกของ Set R(s) และ Set A(s) และจัดเก็บรายการดังกล่าวลงในเมตริกซ์ Partition เป็นลำดับที่ 10 ลำดับที่ 11 ลำดับที่ 12 และ 13 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-10 แสดงการพิจารณาเงื่อนไขที่ Set R(s) ต้องเป็นสับเซตของ Set A(s) ครั้งที่ 6

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Reachability Set set R(s)	Antecedent Set set A(s)	product set R(s) ∩ set A(s)
2-3 กระจกบังลม	7	{7,24}	{7,10,11}	{7}
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	{7,10}	{10}	{10}
3-3 ม่านบังแดด	11	{7,11,24}	{11}	{11}
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	{13,21}	{13}	{13}
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14	{14}	{14,16}	{14}
4-2 ระบบโทรทัศน์	15	{15}	{15,16}	{15}
4-3 ระบบลำโพง	16	{14,15,16}	{16}	{16}
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18	{18}	{18}	{18}
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20	{20}	{20}	{20}
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21	{21,24}	{13,21}	{21}
8-2 สีจริง	24	{24}	{7,11,21,24}	{24}

จากตารางที่ 4-10 พบว่าเครื่องเล่น DVD/CD มี Set R(14) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(14) ระบบโทรทัศน์มี Set R(15) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(15) ระบบไฟส่องสว่างภายในมี Set R(18) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(18) ระบบระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศมี Set R(20) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(20) และระบบสื่มี Set R(24) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(24) ด้วยเหตุนี้จึงลบรายการดังกล่าวออกจากทุกรายการสมาชิกของ Set R(s) และ Set A(s) และจัดเก็บรายการดังกล่าวลงในเมตริกซ์ Partition 14 ลำดับที่ 15 ลำดับที่ 16 ลำดับที่ 17 และ 18 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-11 แสดงการพิจารณาเงื่อนไขที่ Set R(s) ต้องเป็นสับเซตของ Set A(s) ครั้งที่ 7

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Reachability Set set R(s)	Antecedent Set set A(s)	product set R(s) $\cap$ set A(s)
2-3 กระจกบังลม	7	{7}	{7,10,11}	{7}
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	{7,10}	{10}	{10}
3-3 ม่านบังแดด	11	{7,11,24}	{11}	{11}
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	{13,21}	{13}	{13}
4-3 ระบบลำโพง	16	{16}	{16}	{16}
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21	{21}	{13,21}	{21}

จากตารางที่ 4-11 พบว่ากระจกบังลมมี Set R(7) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(7) ระบบลำโพงมี Set R(16) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(16) และระบบเบาะโดยสารมี Set R(21) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(21) ด้วยเหตุนี้จึงลบรายการดังกล่าวออกจากทุกรายการสมาชิกของม Set R(s) และ Set A(s) และจัดเก็บรายการดังกล่าวลงในเมตริกซ์ Partition เป็นลำดับที่ 19 ลำดับที่ 20 และ 21 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-12 แสดงการพิจารณาเงื่อนไขที่ Set R(s) ต้องเป็นสับเซตของ Set A(s) ครั้งที่ 8

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Reachability Set set R(s)	Antecedent Set set A(s)	product set R(s) $\cap$ set A(s)
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10	10	10	10
3-3 ม่านบังแดด	11	11,24	11	11
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	13,21	13	13

จากตารางที่ 4-12 พบว่ามี Set R(10) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(10) ด้วยเหตุนี้จึงลบรายการดังกล่าวออกจากทุกรายการสมาชิกของม Set R(s) และ Set A(s) และจัดเก็บรายการดังกล่าวลงในเมตริกซ์ Partition เป็นลำดับที่ 22

ตารางที่ 4-13 แสดงการพิจารณาเงื่อนไขที่ Set R(s) ต้องเป็นสับเซตของ Set A(s) ครั้งที่ 9

ชิ้นส่วน/โมดูล	หมายเลข	Reachability Set set R(s)	Antecedent Set set A(s)	product set R(s) ∩ set A(s)
3-3 ม่านบังแดด	11	11,24	11	11
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13	13,21	13	13

จากตารางที่ 4-13 พบว่าม่านบังแดดมี Set R(11) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(11) และ อุปกรณ์ช่วยชีวิต Set R(13) ทุกตัวเป็นสมาชิกของ Set A(13) ดังนั้นจึงลบรายการดังกล่าวออกจาก รายการรายการสมาชิกของม Set R(s) และ Set A(s) และจัดเก็บรายการดังกล่าวลงในเมตริกซ์ Partition 23 และ ลำดับที่ 24

Name		2	1	4	3	5	6	8	12	22	9	17	19	23	14	15	18	20	24	7	16	21	10	11	13
1-2 ระบบเครื่องยนต์	2	2																							
1-1 โครงสร้างแชทชีส์	1	1	1																						
1-4 ระบบไฟฟ้า	4	1		4																					
1-3 ระบบช่วงล่าง	3		1		3																				
2-1 โครงสร้างค้ำถั่ง	5		1			5																			
2-2 ระบบหุ่นค้ำถั่งภายนอก	6					1	6																		
2-4 ระบบประตู	8					1		8																	
3-4 ระบบขับเคลื่อนการะ	12					1			12																
7-2 ระบบขับเคลื่อนใบพัด	22					1				22															
3-1 ระบบหุ่นค้ำถั่งภายใน	9					1	1				9														
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17			1		1	1					17													
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	1				1	1						19												
8-1 ระบบเตรียมผิวก่อนทาสี	23					1								23											
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14			1							1				14										
4-2 ระบบโทรทัศน์	15			1							1					15									
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18			1							1						18								
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20				1						1	1						20							
8-2 สีจริง	24													1					24						
2-3 กระดาษบังลม	7					1													1	7					
4-3 ระบบลำโพง	16			1											1	1					16				
7-1 ระบบใบพัด	21				1				1	1								1				21			
3-2 อุปกรณ์เปิดเสาโครงสร้าง	10				1					1									1				10		
3-3 ม่านบังแดด	11									1								1	1					11	
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13										1										1				13

ภาพที่ 4-8 เมตริกซ์ที่มีการจัดลำดับความสัมพันธ์แล้ว (Partition เมตริกซ์)

4.5 กำหนดเวลาเริ่มต้นกิจกรรม

4.5.1 กำหนดค่า Time Factor ในเมตริกซ์ความสัมพันธ์

ขั้นตอนนี้เป็น การนำค่า Time Factor ที่กิจกรรมก่อนหน้าสามารถทยอยส่งชิ้นงานให้แก่กระบวนการถัดไป (Tp) จากข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริง ซึ่งสามารถแสดงผลการบันทึกค่า Time Factor ดังกล่าวลงในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 4-9

Name		2	1	4	3	5	6	8	12	22	9	17	19	23	14	15	18	20	24	7	16	21	10	11	13
1-2 ระบบเครื่องดนตรี	2	1																							
1-1 โครงสร้างเซตซีส์	1	1	1																						
1-4 ระบบไฟฟ้า	4	1		1																					
1-3 ระบบช่วงล่าง	3		1		1																				
2-1 โครงสร้างตัวถัง	5		1			15																			
2-2 ระบบหัวตัวถังภายนอก	6					0.8	10																		
2-4 ระบบประตู	8					0.8		15																	
3-4 ระบบขับเคลื่อนสั่นกระ	12					1			3																
7-2 ระบบขับเคลื่อนไอศกร	22					1				2															
3-1 ระบบหัวตัวถังภายใน	9					1	1				10														
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17			1		1	0.5					5													
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	1				1	1						6												
8-1 ระบบเครื่องมือก่อนทำสี	23						1							20											
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14			1							0.8				3										
4-2 ระบบโทรทัศน์	15			1							0.8					3									
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18			1							0.8						5								
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20					1				0.8		0.5						6							
8-2 สีจริง	24												1						4						
2-3 กระดาษกล่อง	7						1							1					1	2					
4-3 ระบบลำโพง	16			1											1	1					1				
7-1 ระบบเบาะ ไอศกร	21					1				1	1							1				2			
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10					1					1									1			2		
3-3 ม่านบังแดด	11										1							1	1					2	
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13										1											1			1

= B_{ij}

ภาพที่ 4-9 Time Factor ของกิจกรรมก่อนหน้าที่สามารถทยอยส่งชิ้นงานให้กิจกรรมถัดไป และระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมของแต่ละโมดูล

Name		2	1	4	3	5	6	8	12	22	9	17	19	23	14	15	18	20	24	7	16	21	10	11	13
1-2 ระบบเครื่องยนค์	2	1																							
1-1 โครงสร้างแชตชีต	1	0	1																						
1-4 ระบบไฟฟ้า	4	0		1																					
1-3 ระบบช่วงล่าง	3		0		1																				
2-1 โครงสร้างคัวถึง	5		0			15																			
2-2 ระบบหุ้มคัวถึงภายนอก	6					0.2	10																		
2-4 ระบบประตู	8					0.2		15																	
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	12					0.2			3																
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	22					0				2															
3-1 ระบบหุ้มคัวถึงภายใน	9					0	0				10														
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	17			0		0	0.5					5													
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	19	0				0	0						6												
8-1 ระบบเครื่องคัวก่อนทำสี	23						0							20											
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	14			0							0.1				3										
4-2 ระบบโทรทัศน์	15			0							0.1					3									
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	18			0							0.1						5								
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	20					0					0.5		0.2					6							
8-2 ลิ้งจิ้ง	24													0					4						
2-3 กระบอกถังลม	7						0							0					0	2					
4-3 ระบบลำโพง	16			0											0.2	0					1				
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	21					0				0	0							0				2			
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	10					0					0								0				2		
3-3 ม่านบังแดด	11										0							0	0					2	
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	13										0											0.5			1

= C_{ij}

ภาพที่ 4-10 Time Factor แสดงการแทนค่า Time Factor ในการเตรียมงานของกิจกรรมถัดไป และระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมของแต่ละโมดูล

จากภาพที่ 4-9 และภาพที่ 4-10 ซึ่งเป็นการกำหนดค่า Time Factor ของกิจกรรมก่อนหน้านี้ที่สามารถทยอยส่งงานให้กิจกรรมถัดไป และ Time Factor ของการเตรียมงานของกิจกรรมถัดไป โดยค่า Time Factor ทั้งสองที่กล่าวมาแล้วข้างต้นถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรมด้วยสมการที่ (3-3) ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรมสามารถแสดงค่าตัวแปรต่างๆ และผลลัพธ์จากการคำนวณได้ดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 แสดงค่าตัวแปรจาก Time Factor สำหรับคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรม และผลจากการคำนวณ

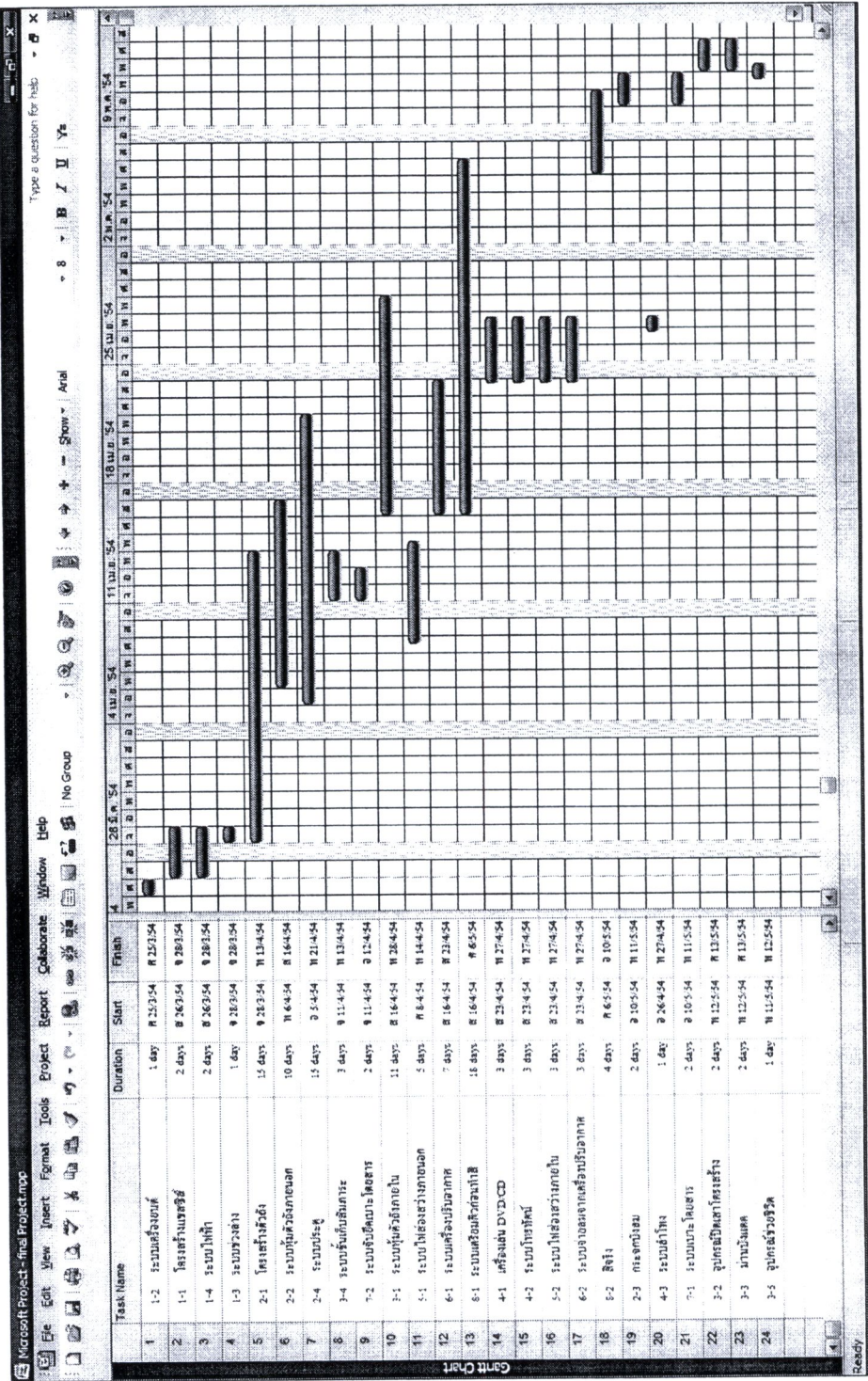
Name	predecessor	(ES) _i	B _{ij}	B _{0j}	C _{ij}	C _{0j}	(ES) _j
1-2 ระบบเครื่องดนตรี	-	-	-	-	-	-	0
1-1 โครงสร้างแซตชีส์	1-2 ระบบเครื่องดนตรี	0	1	1	0	1	1
1-4 ระบบไฟฟ้า	1-2 ระบบเครื่องดนตรี	0	1	1	0	1	1
1-3 ระบบข่วงล่าง	1-1 โครงสร้างแซตชีส์	1	1	1	0	1	2
2-1 โครงสร้างคัวดัง	1-1 โครงสร้างแซตชีส์	1	1	1	0	15	2
2-2 ระบบหุ้มคัวดังภายนอก	2-1 โครงสร้างคัวดัง	2	0.8	15	0.2	10	12
2-4 ระบบประตู	2-1 โครงสร้างคัวดัง	2	0.8	15	0.2	15	11
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	2-1 โครงสร้างคัวดัง	2	1	15	0.2	3	16.4
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	2-1 โครงสร้างคัวดัง	2	1	15	0	2	17
3-1 ระบบหุ้มคัวดังภายใน	2-1 โครงสร้างคัวดัง	2	1	15	0	10	17
	2-2 ระบบหุ้มคัวดังภายนอก	12	1	10	0	10	22
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	1	0	5	2
	2-1 โครงสร้างคัวดัง	2	1	15	0	5	17
	2-2 ระบบหุ้มคัวดังภายนอก	12	0.5	10	0.5	5	14.5
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	1-2 ระบบเครื่องดนตรี	0	1	1	0	6	1
	2-1 โครงสร้างคัวดัง	2	1	15	0	6	17
	2-2 ระบบหุ้มคัวดังภายนอก	12	1	10	0	6	22
8-1 ระบบเครื่องมือวัดก่อนทำสี	2-2 ระบบหุ้มคัวดังภายนอก	12	1	10	0	20	22
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	1	0	3	2
	3-1 ระบบหุ้มคัวดังภายใน	22	0.8	10	0.1	3	29.7
4-2 ระบบโทรทัศน์	1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	1	0	3	2
	3-1 ระบบหุ้มคัวดังภายใน	22	0.8	10	0.1	3	29.7
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	1	0	3	2
	3-1 ระบบหุ้มคัวดังภายใน	22	0.8	10	0.1	3	29.7
6-2 ระบบจำลองจากเครื่องปรับอากาศ	2-1 โครงสร้างคัวดัง	2	1	15	0	6	17
	3-1 ระบบหุ้มคัวดังภายใน	22	0.8	10	0.1	3	29.7
	6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	22	0.5	6	0.2	6	23.8
8-2 สีจริง	8-1 ระบบเครื่องมือวัดก่อนทำสี	22	1	20	0	4	42
2-3 กระบอกถังลม	2-2 ระบบหุ้มคัวดังภายนอก	12	1	10	0	2	22
	8-1 ระบบเครื่องมือวัดก่อนทำสี		1	20	0	2	20
	8-2 สีจริง	42	1	4	0	2	46
4-3 ระบบลำโพง	1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	1	0	1	2
	4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	29.7	1	3	0.2	1	32.5
	4-2 ระบบโทรทัศน์	29.7	1	3	0	1	32.7
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	2-1 โครงสร้างคัวดัง	2	1	15	0	2	17
	7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	17	1	2	0	2	19
	3-1 ระบบหุ้มคัวดังภายใน	22	1	10	0	2	32
	8-2 สีจริง	42	1	4	0	2	46
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	2-1 โครงสร้างคัวดัง	2	1	15	0	2	17
	3-1 ระบบหุ้มคัวดังภายใน	22	1	19	0	2	41
	2-3 กระบอกถังลม	46	1	2	0	2	48
3-3 ม่านบังแดด	3-1 ระบบหุ้มคัวดังภายใน	22	1	10	0	2	32
	8-2 สีจริง	42	1	4	0	2	46
	2-3 กระบอกถังลม	46	1	2	0	2	48
3-5 อุปกรณ์ช่วยเหลือชีวิต	3-1 ระบบหุ้มคัวดังภายใน	22	1	10	0	1	32
	7-1 ระบบเบาะโดยสาร	46	1	2	0.5	1	47.5

4.6 แสดงผลด้วย Gantt Chart

ขั้นตอนนี้เป็น การนำผลที่ได้จากการจัดลำดับความสัมพันธ์ และการคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรมมาใช้ในการแสดงผลในรูปแบบของ Gantt Chart เพื่อความสะดวกในการจัดทำ Gantt Chart ผู้วิจัยจึงสรุปข้อมูลขั้นต้นสำหรับจัดทำ Gantt Chart ดังตารางที่ 4-15 เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการสร้าง Gantt Chart ด้วยโปรแกรม Microsoft Project

ตารางที่ 4-15 แสดงข้อมูลขั้นต้นสำหรับการสร้าง Gantt Chart ด้วยโปรแกรม Microsoft Project

Name	(ES) _i	duration	Start date
1-2 ระบบรถยนต์	0	1	25/3/2011
1-1 โครงสร้างแชสชีส์	1	1	26/3/2011
1-4 ระบบไฟฟ้า	1	1	26/3/2011
1-3 ระบบช่วงล่าง	2	1	27/3/2011
2-1 โครงสร้างตัวถัง	2	15	27/3/2011
2-2 ระบบหุ้มตัวถังภายนอก	12	10	6/4/2011
2-4 ระบบประตู	11	15	5/4/2011
3-4 ระบบชั้นเก็บสัมภาระ	16.4	3	10/4/2011
7-2 ระบบจับยึดเบาะโดยสาร	17	2	11/4/2011
3-1 ระบบหุ้มตัวถังภายใน	22	10	16/4/2011
5-1 ระบบไฟส่องสว่างภายนอก	14.5	5	8/4/2011
6-1 ระบบเครื่องปรับอากาศ	22	6	16/4/2011
8-1 ระบบเตรียมผิวก่อนทาสี	22	20	16/4/2011
4-1 เครื่องเล่น DVD/CD	29.7	3	23/4/2011
4-2 ระบบโทรศัพท์	29.7	3	23/4/2011
5-2 ระบบไฟส่องสว่างภายใน	29.7	3	23/4/2011
6-2 ระบบจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศ	29.7	3	23/4/2011
8-2 สีจริง	42	4	6/5/2011
2-3 กระงะกบังลม	46	2	10/5/2011
4-3 ระบบลำโพง	32.7	1	26/4/2011
7-1 ระบบเบาะโดยสาร	46	2	10/5/2011
3-2 อุปกรณ์ปิดเสาโครงสร้าง	48	2	12/5/2011
3-3 ม่านบังแดด	48	2	12/5/2011
3-5 อุปกรณ์ช่วยชีวิต	47.5	1	11/5/2011



ภาพที่ 4-11 Gantt Chart แสดงระยะเวลาการผลิต/ประกอบรถยนต์โดยสาร

จากภาพที่ 4-6 แสดงถึง Gantt Chart ที่สามารถระบุรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด รวมถึงระยะเวลาเริ่มต้น และสิ้นสุดของการดำเนินงานอย่างชัดเจน ซึ่งง่ายต่อการทำความเข้าใจ อีกทั้งยังสามารถมองเห็นถึงภาพรวมของระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานทั้งหมด จากกรณีศึกษาพบว่าการผลิตตัวถังรถยนต์โดยสาร สามารถแบ่งกลุ่มงานสำหรับนำมาใช้ในการจัดลำดับการผลิตออกเป็น 24 กลุ่มขั้นตอน และใช้เวลาในการผลิตทั้งหมด 50 วัน

4.7 สรุป

จากผลการวิจัยข้างต้นซึ่งเป็นการนำวิธีการที่พัฒนาขึ้น นำเสนอผ่านการวิเคราะห์กระบวนการผลิตตัวถังรถยนต์โดยสารด้วยการพิจารณาจากความสัมพันธ์ของชิ้นส่วน/โมดูลของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ พบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถช่วยให้การวิเคราะห์จัดลำดับกระบวนการผลิต/ประกอบตัวถังรถยนต์โดยสารได้อย่างเหมาะสม มากไปกว่านั้นยังพบว่าเวลาที่สูญเสียไปในการดำเนินงานนั้น เกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมงานของแต่ละกิจกรรมเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการประยุกต์ใช้วิธีการคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรมโดยใช้ time factor ที่พิจารณาระยะเวลาในการทยอยส่งงานของกิจกรรมก่อนหน้า และระยะเวลาในการเตรียมงาน เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์สามารถช่วยให้ลดรอบเวลาในการผลิตโดยรวมได้เป็นอย่างดี ซึ่งเห็นได้จากการที่สามารถลดรอบเวลาการผลิตโดยรวมจากเดิม 90 วัน เหลือเพียง 50 วัน

