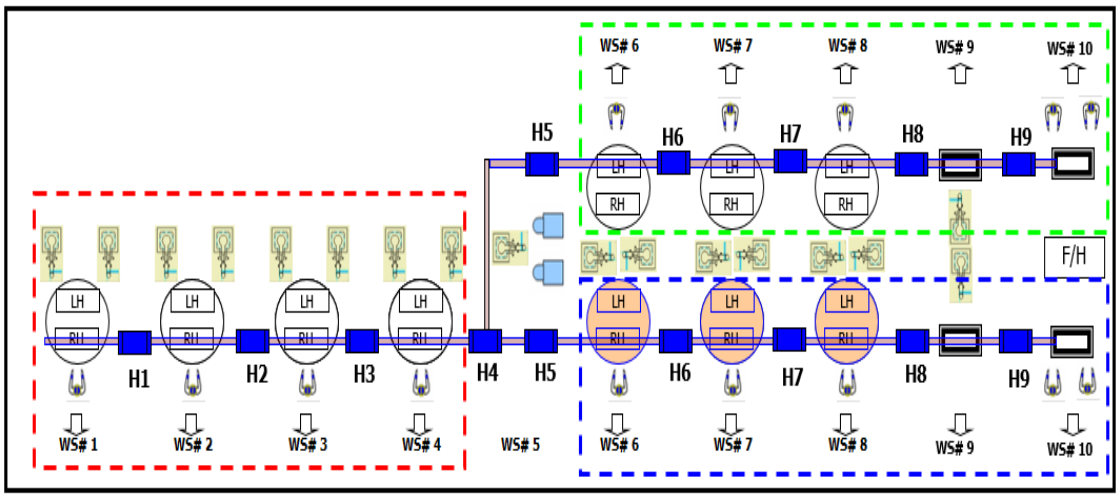
บทที่ 4 การดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะทำการวิเคราะห์และระบุถึงปัญหาที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อการดำเนินกิจการของบริษัทกรณีศึกษา ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสายการประกอบชิ้นส่วนกระบะยานยนต์ ซึ่งทำให้ทางบริษัทไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าด้านการจัดส่งให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้าได้ จากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าเกิดจากปัญหาด้านการบริหารจัดการในสายการผลิตที่ขาดประสิทธิภาพส่งผลให้การจัดลำดับในการผลิตซึ่งมีผลต่ออัตราเป้าหมายการผลิต จึงเป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อการดำเนินกิจการของทางบริษัทมากที่สุด จึงเป็นสาเหตุทำให้ผู้ดำเนินการวิจัยเลือกศึกษาอาการและหาสาเหตุการเกิดของปัญหา เพื่อพัฒนาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในการปฏิบัติงานที่ถูกต้องเพื่อสำหรับการปรับปรุงสายการประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ต่อไป

เนื่องจากในสภาวะปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์มีความต้องการชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อการประกอบยานยนต์และอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ มีการแข่งขันกันสูง ส่งผลทำให้บริษัท ซัมมิท แหลมฉบัง โอโต บอดี้ เวิร์ค จำกัด (สาขาระยอง) ต้องทำการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต ซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิตและการตอบสนองความต้องการให้กับลูกค้า

4.1 การศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการเพื่อระบุสภาพปัญหา

ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ จากสายการประกอบชิ้นส่วนกระบะรถยนต์ซึ่งเป็นสถานีการประกอบของ 2 สายการผลิตโดยมีสายการผลิตที่ 1 และสายการผลิตที่ 2 ก่อนที่จะส่งให้กับลูกค้าซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการประกอบทั้งสิ้น 10 สถานีการประกอบดังรูปที่ 4.1 จะต้องนำชิ้นส่วนจากกระบวนการผลิตในขั้นตอนการเตรียมชิ้นส่วนเพื่อนำมาประกอบบนสถานีการผลิตที่ 1 จนถึงกระบวนการที่ 8 จากนั้นทำการตรวจสอบด้วยสายตาและตกแต่งชิ้นงานที่สถานีการผลิตที่ 9 จากนั้นส่งเข้ากระบวนการตรวจสอบคุณภาพที่สถานีการผลิตที่ 10 และขั้นตอนการจัดส่งให้กับลูกค้าต่อไป ปัญหาที่พบในสายการประกอบชิ้นส่วนกระบะรถยนต์คือ อัตราการผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมายการผลิต ทั้งอัตราการผลิตแยกตามรุ่น และอัตราการผลิตรวม ส่งผลกระทบให้ต้องรอคอยการผลิตและไม่สามารถส่งมอบให้ลูกค้าทันตามเวลาที่กำหนดได้ ทำให้โรงงานไม่สามารถผลิตได้เต็มประสิทธิภาพและไม่สามารถตอบสนองตามความต้องการของลูกค้าได้



รูปที่ 4.1 สถานีการผลิตของสายการผลิตที่ 1 และสายการผลิตที่ 2

จากการเก็บข้อมูลจากสายการผลิตเปรียบเทียบกับเป้าหมายในการผลิต จากเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 พบว่าผลผลิตจากสายการผลิตไม่สามารถผลิตตามเป้าหมายการผลิตได้ แต่จะมีเพียงบางรุ่นเท่านั่นที่มีการผลิตได้ตามเป้าหมายการผลิต

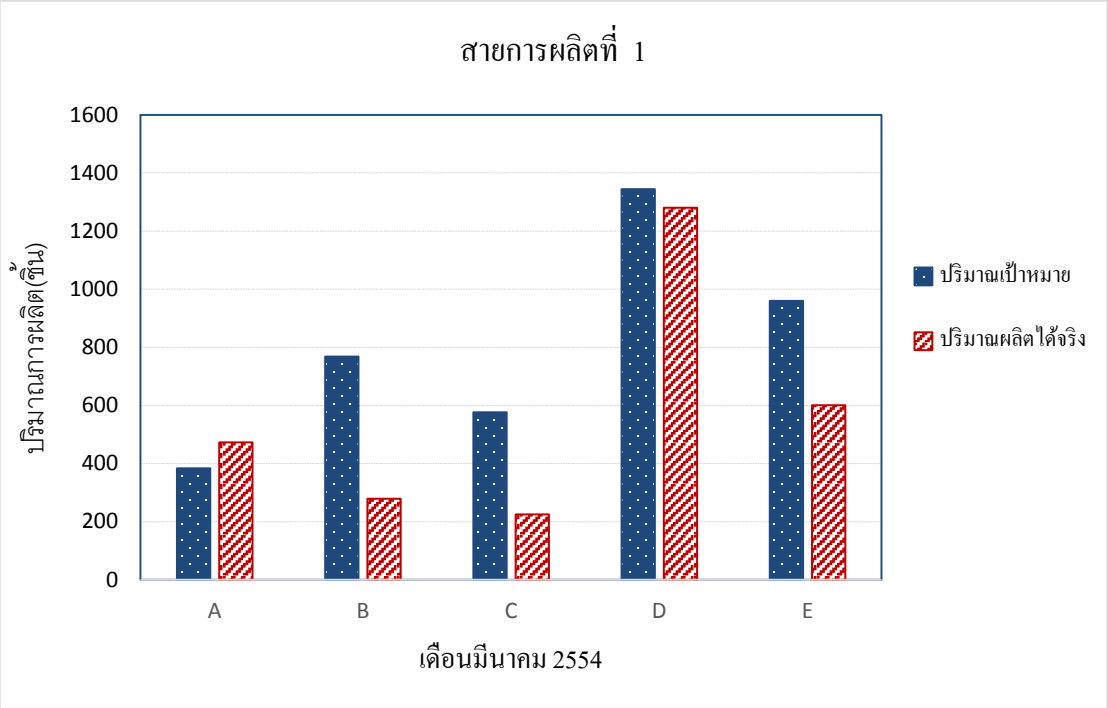
จากการเก็บข้อมูลจากสายการผลิตพบว่า การประกอบกระบะรถยนต์ไม่สามารถประกอบได้ตามที่วางแผนไว้ในบางรุ่นและสามารถผลิตได้ตามแผนการผลิตได้เพียงบางรุ่นเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันในบางรุ่น โดยเฉพาะรุ่นดี (Model D) ของสายการผลิตที่ 1 และรุ่นไอ(Model I) ของสายการผลิตที่ 2 ที่มีความต้องการมากที่สุด ซึ่งอาจจะมาจากกระบวนการการทำงานที่ไม่เหมาะสม ส่งผลทำให้ผลผลิตจากสายการผลิตไม่ได้ตามแผนการผลิตที่วางแผนไว้ แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ต่อไป

จากข้อมูลจากสายการผลิตกระบะรถยนต์พบว่าเกิดปัญหาในสายการผลิตผู้ดำเนินการวิจัยได้วิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาในสายการผลิตได้ดังนี้

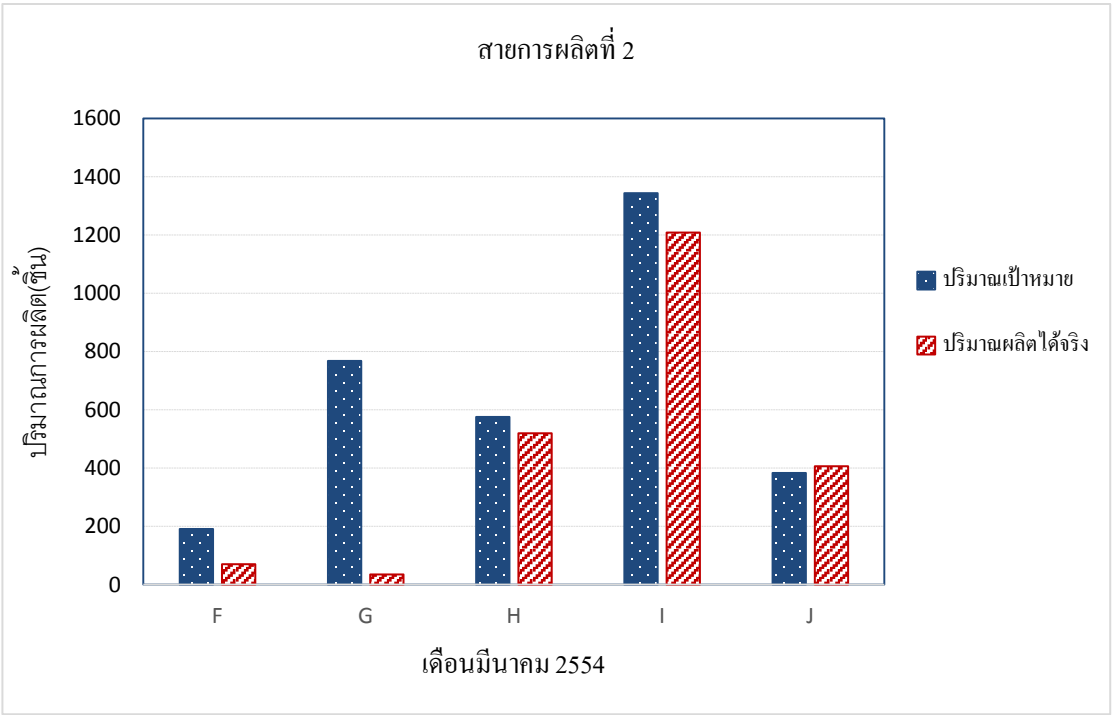
1) ปัญหาการรอคอยชิ้นส่วนในการผลิตเพื่อนำมาประกอบในสายการผลิต
2) ปัญหาการเพิ่มเวลาในสายการผลิตเพื่อให้งานเสร็จตามเป้าหมายในการผลิต
3) ปัญหาการผลิตไม่ได้ตามเป้าหมายอัตราการผลิตของสายการประกอบกระบะรถยนต์แยกตามรุ่นของผลิตภัณฑ์
4) ปัญหาการรอคอยในกระบวนการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าเนื่องจากการผลิตไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการผลิตเทียบกับเป้าหมายการผลิตโดยแยกตามรุ่นการผลิต เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554

รุ่น	อัตราการผลิต(ชิ้น)		Total Cap	มี.ค. 54																														
	ต่อชั่วโมง	ต่อวัน	4032	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
A	2	16	473	3	27	29	0	0	0	30	0	30	7	6	17	0	10	12	30	0	35	0	0	47	1	3	39	50	0	11	45	13	22	6
B	4	32	279	36	0	10	0	0	0	0	40	0	7	31	0	0	10	0	28	0	0	0	0	0	56	0	0	5	0	15	28	10	0	3
C	3	24	225	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	33	0	2	0	0	0	0	11	35	62	10	0	2	1	6	3	40
D	7	56	1280	32	76	27	73	0	0	65	51	71	20	50	108	0	57	47	42	45	60	0	0	50	0	95	5	40	0	62	60	35	90	19
E	5	40	601	20	20	47	14	0	0	17	18	20	21	47	0	0	10	35	50	10	40	0	0	35	40	0	15	30	0	20	0	61	12	19
Total	21	168	2858	91	123	113	97	0	0	112	109	121	55	134	125	0	97	127	150	57	135	0	0	132	108	133	121	135	0	110	134	125	127	87
รุ่น	อัตราการผลิต(ชิ้น)		Total Cap	มี.ค. 54																														
	ชิ้นต่อชั่วโมง	ชิ้นต่อวัน	3456	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
F	1	8	71	6	2	0	4	0	0	11	1	0	2	0	0	0	2	6	0	4	3	0	0	1	6	12	0	4	0	2	0	0	3	2
G	4	32	36	3	5	0	0	0	0	3	0	1	0	0	2	0	0	1	4	2	0	0	0	1	0	5	2	0	0	2	3	0	2	0
H	3	24	520	40	20	2	44	0	0	13	10	2	0	19	0	0	30	50	0	57	35	0	0	59	16	11	22	5	0	0	18	40	5	22
I	7	56	1209	19	18	45	0	0	0	21	95	0	26	97	0	0	0	72	80	0	95	0	0	35	100	0	90	45	0	91	50	75	95	60
J	2	16	407	19	15	15	20	0	0	0	20	50	0	0	5	0	10	0	20	40	0	0	0	22	0	25	0	60	0	25	29	0	13	19
Total	17	136	2243	87	60	62	68	0	0	48	126	53	28	116	7	0	42	129	104	103	133	0	0	118	122	53	114	114	0	120	100	115	118	103



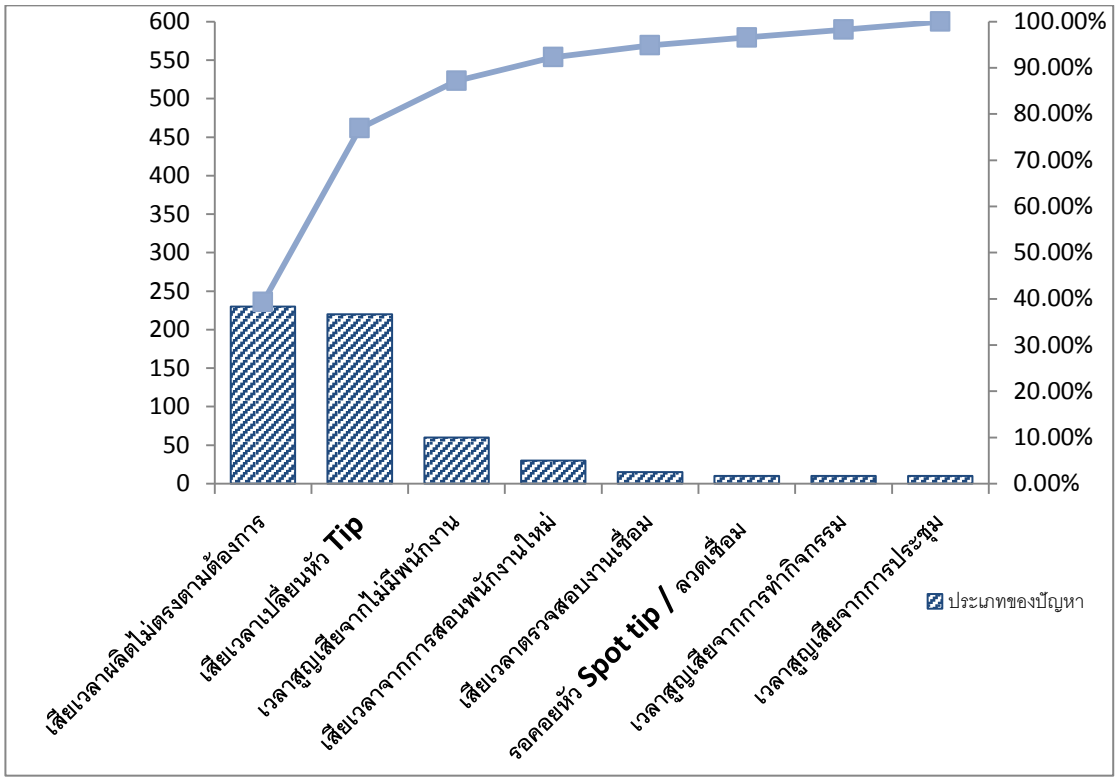
รูปที่ 4.2 กราฟการผลิตเทียบกับเป้าหมายการผลิตแยกตามรุ่นการผลิต เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 (สายการผลิตที่ 1)



รูปที่ 4.3 กราฟการผลิตเทียบกับเป้าหมายการผลิตแยกตามรุ่นการผลิต เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 (สายการผลิตที่ 2)

4.2 การศึกษาและวิเคราะห์เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหา

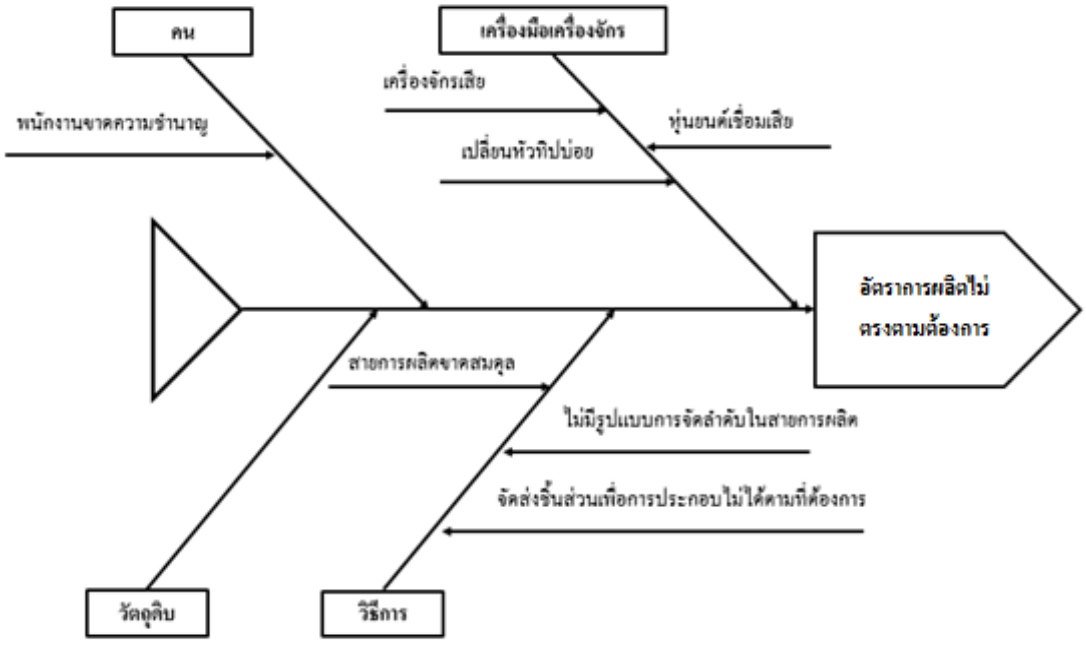
4.2.1 ผู้ดำเนินการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีปัญหากระทบทำให้โรงงานเกิดการสูญเสียมากที่สุด โดยใช้แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) เพื่อทำการลำดับความสำคัญของปัญหาของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อโรงงานมากที่สุด โดยปัญหาใด ๆ ก็ตามย่อมเกิดขึ้นจากปัจจัยสาเหตุหลาย ๆ อย่าง และในบรรดาสาเหตุทั้งหมดนี้จะมีปัจจัยสาเหตุหลักเพียงไม่กี่อย่างที่มีบทบาทสำคัญต่อปัญหาที่เกิดขึ้นดังนั้นถ้าแก้ไขให้สำเร็จลุล่วงอย่างมีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องแก้ไขปัจจัยสาเหตุที่มีความสำคัญมากก่อน โดยผู้ดำเนินงานได้นำเวลาในการหยุดในสายการผลิตมาทำการวิเคราะห์สาเหตุที่มีความสำคัญมาก



รูปที่ 4.4 แผนภาพพาเรโตวิเคราะห์เวลาสูญเสียจากการผลิต

จากภาพแสดงความสำคัญของปัญหาที่มีผลกระทบต่อสายการผลิตมากที่สุด จากปัญหาการหยุดการทำงานของสายการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ นำมาทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต(Pareto Diagram) สามารถแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาที่เกิดในสายการผลิตที่มีความสำคัญที่แตกต่างกัน ตามเวลาการหยุดของสายการผลิตที่ทำให้เกิดปัญหาที่มีความสำคัญการผลิตที่ไม่ได้ตามเป้าหมาย เนื่องจากการสูญเสียเวลาจากการผลิตไม่ตรงตามที่ลูกค้าต้องการ

4.2.2 หลังจากที่ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบทำให้เกิดปัญหาที่มีความสำคัญและมีผลกระทบกับโรงงานมากที่สุด จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพก้างปลา(Fish Bone) หรือแผนภาพสาเหตุและผล(Cause and Effect Diagram) เพื่อทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลที่ทำให้เกิดปัญหาการผลิตไม่ตรงรุ่น การดำเนินงานนี้ได้ทำการระดมสมองของพนักงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ผู้เชี่ยวชาญของกระบวนการผลิต ทั้งจากแผนกวางแผนการผลิต แผนกผลิต และแผนกจัดส่งสินค้า โดยได้มีการจัดประชุมเพื่อระดมสมอง (Brainstorming) อันประกอบไปด้วยพนักงานผลิตผู้ชำนาญงาน หัวหน้างาน วิศวกรและผู้จัดการแผนกวางแผนการผลิต โดยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการประกอบกระบะรถยนต์ขั้นสุดท้ายในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวข้องกับปัญหาในสายผลิต เพื่อหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละปัจจัยที่มีผลกระทบทำให้เกิดปัญหา เพื่อทำการพิสูจน์หาสาเหตุที่เกิดขึ้นของปัญหา เพื่อที่จะได้ทำการแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ อันก่อให้เกิดประสิทธิผลที่ดีในสายการผลิต



รูปที่ 4.5 แผนภาพความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

จากแผนภาพความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) สามารถค้นหาสาเหตุที่ส่งผลทำให้การผลิตไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตามเป้าหมาย คือการขาดรูปแบบการจัดส่งผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการผลิต

4.3 การวิเคราะห์การจัดลำดับงานของสายการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

จากการวิเคราะห์จากแผนภาพพาเรโตพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิต คือสายการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการผลิตที่ไม่ตรงต่อความต้องการของลูกค้า ทำให้เกิดการสูญเสียเวลาจากการผลิตไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้าที่เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด ซึ่งมีผลกระทบกับประสิทธิภาพการผลิตมากที่สุด ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลการผลิตจากสายการประกอบชิ้นส่วนกระบะรถยนต์ โดยทำการเก็บข้อมูลการผลิตจากสายการประกอบ ทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อแสดงอัตราผลผลิตใน 1 วันทำงาน ของแต่ละรุ่นการผลิตดังนี้

สายการผลิตที่ 1

ผลิตภัณฑ์รุ่น A มีความต้องการผลิตจำนวน 4 ชิ้นต่อชั่วโมง
ผลิตภัณฑ์รุ่น B มีความต้องการผลิตจำนวน 7 ชิ้นต่อชั่วโมง
ผลิตภัณฑ์รุ่น C มีความต้องการผลิตจำนวน 2 ชิ้นต่อชั่วโมง
ผลิตภัณฑ์รุ่น D มีความต้องการผลิตจำนวน 10 ชิ้นต่อชั่วโมง
ผลิตภัณฑ์รุ่น E มีความต้องการผลิตจำนวน 5 ชิ้นต่อชั่วโมง

สายการผลิตที่ 2

ผลิตภัณฑ์รุ่น F มีความต้องการผลิตจำนวน 2 ชิ้นต่อชั่วโมง
ผลิตภัณฑ์รุ่น G มีความต้องการผลิตจำนวน 6 ชิ้นต่อชั่วโมง
ผลิตภัณฑ์รุ่น H มีความต้องการผลิตจำนวน 4 ชิ้นต่อชั่วโมง
ผลิตภัณฑ์รุ่น I มีความต้องการผลิตจำนวน 9 ชิ้นต่อชั่วโมง
ผลิตภัณฑ์รุ่น J มีความต้องการผลิตจำนวน 3 ชิ้นต่อชั่วโมง

จากการเก็บข้อมูลการผลิตชิ้นส่วนตลอดเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 พบว่า มีอัตราการผลิตไม่ได้ตามค่าเป้าหมายที่ต้องการ มีการผลิตที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าเป้าหมายตามช่วงเวลา โดยมีความแปรปรวนของอัตราการผลิต

จากนั้นนำข้อมูลเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 ของสายการผลิตไปทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) ทำการคำนวณข้อมูลพื้นฐานก่อนที่จะคำนวณหาลำดับงานในสายการผลิตดังนี้

(1) คำนวณค่าประสิทธิภาพการเคลื่อนตำแหน่งของชิ้นงาน

(2) คำนวณค่าประสิทธิภาพของสายการผลิต

(3) คำนวณหาจำนวนสถานีงานที่เหมาะสม

(4) อัตราการสั่งผลิตที่ต้องการ

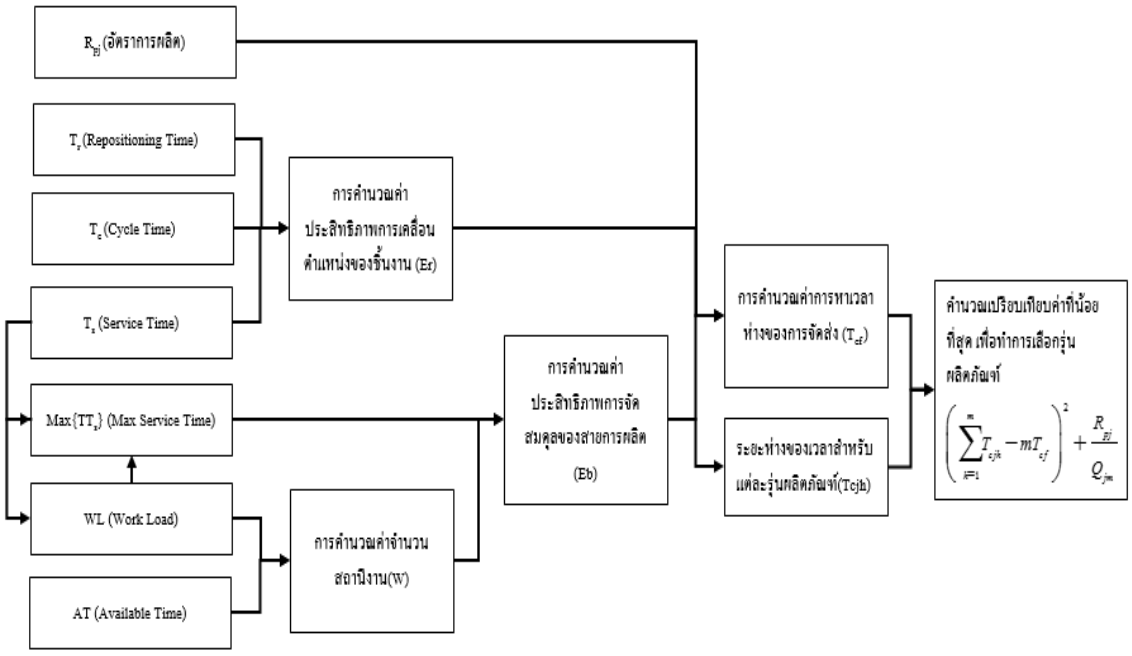
2) ทำการคำนวณการจัดลำดับงานในสายการผลิตจากข้อมูลพื้นฐาน

(1) คำนวณการหาเวลาห่างของการจัดส่ง (Fix Rate Launching ;T_{cf}) เพื่อกำหนดระยะเวลาในการจัดส่งผลิตภัณฑ์สู่สายการผลิต

(2) คำนวณการกำหนดระยะห่างของเวลาสำหรับแต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์(T_{cjh}) เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าเวลาห่างของการจัดส่ง

(3) คำนวณค่าการเปรียบเทียบเวลาห่างของการจัดส่งกับระยะห่างของเวลาสำหรับแต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์ และสัดส่วนรุ่นผลิตภัณฑ์คงค้างในสายการผลิต เพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างรุ่นผลิตภัณฑ์อื่นแล้วทำการเลือกรุ่นผลิตภัณฑ์ที่มีค่าจากการคำนวณน้อยที่สุด

จากขั้นตอนข้างต้นสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.6 แผนภาพขั้นตอนการคำนวณการจัดลำดับงานของสายการผลิต

4.3.1 การวิเคราะห์การจัดสมดุลสายการผลิต

4.3.1.1 การวิเคราะห์การจัดสมดุลของสายการผลิตที่ 1

การคำนวณการจัดสมดุลการผลิต การคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ และค่าการจัดสมดุลสายการผลิตของสายการผลิตที่ 1 แสดงได้ดังนี้

<u>การคำนวณรอบเวลาการผลิต(Cycle Time : T_c)</u>

อัตราการผลิตรวมทุกรุ่นการผลิต(R_p) = 28 ชิ้นต่อชั่วโมง

เวลาที่สามารถใช้ผลิตได้ (Available time :AT) = 60 นาที x ค่าสัดส่วนความพร้อมของสายการผลิต (E) (4.1)

$$AT = 60 \times 0.95 = 57 \text{ นาที}$$

โดยค่าเผื่อเวลาการผลิตคำนวณมาจากค่าประสิทธิภาพโดยรวมของสายการผลิต(Overall Efficiency Effectiveness :OEE) ได้ค่าความพร้อมใช้งาน(Availability)เท่ากับร้อยละ 95.00 หรือ 0.95

$$T_c = \frac{60 \times E}{R_p} \quad (4.2)$$

$$= \frac{60 \times 0.95}{28}$$

$$= 2.036 \text{ นาทีต่อชิ้น}$$

จากตารางค่าเวลาการผลิตสามารถทำเป็นตารางการคำนวณภาระงาน (Work Load) ตามตารางที่ 4.2 ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ภาระงานรวม(หน่วย : นาที) สำหรับสายการประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ โดยไม่รวมเวลาในการเคลื่อนตำแหน่งของสายการผลิตที่ 1

รุ่นผลิตภัณฑ์ Model j	อัตราการผลิตที่ต้องการต่อ 1 ชั่วโมง (R_{pj}/Hr)	เวลาการผลิตรวม T_{wcj} (Mins)	ภาระงานรวม WL (Mins)
รุ่นเอ (Model A)	4.0	17.4	69.6
รุ่นบี (Model B)	7.0	16.2	113.4
รุ่นซี (Model C)	2.0	16.2	32.4
รุ่นดี (Model D)	10.0	15.6	156.0
รุ่นอี (Model E)	5.0	15.4	77.0
รวม	28.0		448.4

สามารถคำนวณจำนวนสถานีงานได้ดังนี้

จำนวนสถานีงาน(W) = จำนวนเต็มที่น้อยที่สุด(Minimum Integer) $\geq \frac{WL}{AT}$ (4.3)

$$= \frac{448.4}{57} = 7.86 \sim 8 \text{ สถานีงาน}$$

จากการคำนวณจำนวนสถานีงานได้ 7.86 ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณต้องทำการปัดเศษทศนิยมขึ้นเป็นจำนวนเต็มเสมอ เพื่อให้จำนวนสถานีงานสามารถทำงานได้ตามภาระงาน ดังนั้นจำนวนสถานีงานที่เหมาะสมคือ 8 สถานีงาน แต่เนื่องจากสายการผลิตมีการออกแบบและติดตั้งเครื่องจักรก่อนที่จะมีการคำนวณค่าสถานีงานที่เหมาะสม โดยสถานีการผลิตจริงมีจำนวน 10 สถานีการผลิต จึงกำหนดจำนวนสถานีการผลิตที่ 10 สถานีการผลิต ซึ่งมีมากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ 2 สถานีงานจึงสามารถดำเนินการผลิตได้

จากตารางที่ 4.2 สามารถคำนวณเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยต่อชิ้น = $\frac{448.4}{28.0}$ = 15.993 นาทีต่อชิ้น

การคำนวณเวลาของการทำงานจริง(T_c) ของสถานีงานโดยเฉลี่ยของสถานีงาน 10 สถานีการงาน จะได้

= เฉลี่ยเวลาการทำงาน

= 2.027 นาทีต่อชิ้น

การคำนวณประสิทธิภาพของการเคลื่อนตำแหน่งของชิ้นงาน (Repositioning Efficiency : E_r)

จากสมการ $E_r = \frac{T_s}{T_c}$ (4.4)

โดย

T_r คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนตำแหน่งของชิ้นงาน (Repositioning Time)

T_c คือ รอบเวลาการทำงาน (Cycle Time)

T_s คือ เวลาที่ใช้ในการทำงาน (Service Time)

จากสมการ $T_s = T_c - T_r$ (4.5)

จะได้ $T_s = 2.027 - 0.333 = 1.694$

$$E_r = \frac{T_s}{T_c} = \frac{1.694}{2.027} = 83.57\% \quad (4.6)$$

การคำนวณเวลาการทำงานรวมทุกรุ่นการผลิตของสถานีการผลิตของแต่ละสถานีการผลิต จำนวน 10 สถานีการผลิตของสายการผลิต (TT_{si})

$$TT_k = \sum_{j=1}^{p} R_{pj} T_{ejk} \quad (4.7)$$

โดย

TT_k = เวลาการทำงานรวมของงานย่อยที่ k บนสถานี (นาที)

T_{ejk} = เวลาการทำงานย่อยที่ k ของรุ่นผลิตภัณฑ์ j บนสถานี (นาที)

Rpj = อัตราการผลิตของรุ่น j (ชิ้นต่อชั่วโมง)

$$TT_{si} = \sum_{k \in i} TT_k \quad (4.8)$$

โดย

TT_{si} = เวลาการทำงานรวมบนสถานี i (นาที)

สถานีการผลิตที่ 1

TT_{S1} = 1.717(4) + 1.717(7) +1.567(2) +1. 567(10) +1.483(5) = 45.10 นาที

สถานีการผลิตที่ 2

TT_{S2} = 1.717(4) + 1.750(7) +1.517(2) +1.517(10) +1.350(5) = 44.07 นาที

สถานีการผลิตที่ 3

TT_{S3} = 1.833(4) + 1.433(7) +1.700(2) +1.433(10) +1.667(5) = 43.43 นาที

สถานีการผลิตที่ 4

TT_{S4} = 2.000(4) + 1.617(7) +1.617(2) +1.617(10) +1.617(5) = 47.06 นาที

สถานีการผลิตที่ 5

TT_{S5} = 1.933(4) + 1.500(7) +1.733(2) +1.500(10) +1.617(5) = 44.78 นาที

สถานีการผลิตที่ 6

TT_{S6} = 1.533(4) + 1.533 (7) +1.533 (2) +1.533(10) +1.533(5) = 42.93 นาที

สถานีการผลิตที่ 7

TT_{S7} = 1.733(4) + 1.733(7) +1.617(2) +1.617(10) +1.500(5) = 45.97 นาที

สถานีการผลิตที่ 8

TT_{S8} = 1.833(4) + 1.833(7) +1.800(2) +1.633(10) +1.467(5) = 47.43 นาที

สถานีการผลิตที่ 9

TT_{S9} = 1.533(4) + 1.533 (7) +1.533(2) +1.533(10) +1.533(5) = 42.93 นาที

สถานีการผลิตที่ 10

TT_{S10} = 1.533(4) + 1.533 (7) +1.533(2) +1.533 (10) +1.533(5) = 42.93 นาที

จะได้เวลารวมของสายการผลิต (Work Load) เท่ากับ 447.80 นาที และได้เวลาสูงสุด(Max Service Time) ของสายการผลิตเท่ากับ 47.43 นาที สามารถนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพการจัดการสมดุลของสายการผลิตต่อไป

การคำนวณหาประสิทธิภาพการจัดการสมดุลของสายการผลิต (Line Balance Efficiency : E_b)

จากสมการ $E_b = \frac{WL}{w(Max\{TT_{si}\})}$ (4.9)

โดย

WL = ภาระงานรวม (นาที)

w = จำนวนสถานีงานของสายการผลิต (Number of Work Station)

Max $\{TT_{si}\}$ = เวลาทำงานที่มากที่สุดในสายการผลิต (Max Service Time)

จะได้

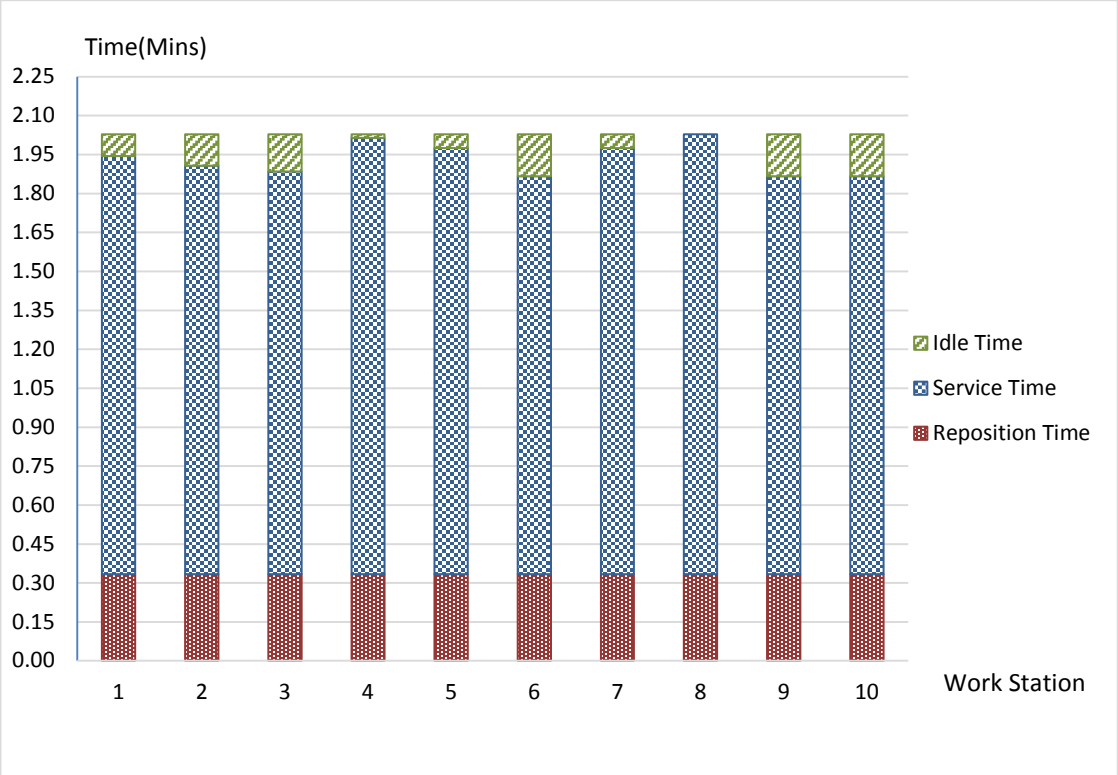
$$E_b = \frac{447.80}{10(47.43)} = 94.41\%$$

ตารางและกราฟแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตของสายการประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ (Assembly Part) จะแสดงเวลาการทำงานของสายการผลิต แต่ละสถานีการทำงาน (Service Time : T_{si}) เวลาการเคลื่อนที่ระหว่างสถานีงานของชิ้นงาน(Repositioning Time : T_r) เวลาสูญเปล่า (Idle Time) และรอบเวลาการทำงาน(Cycle Time : T_c) เพื่อแสดงสมดุลของสายการผลิตได้ดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 สามารถวิเคราะห์สมดุลสายการผลิตที่อยู่ในระดับดี เนื่องจากมีค่าความสมดุลสายการผลิตอยู่ที่ร้อยละ 94.41 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพที่อยู่ในระดับที่เหมาะสมในการจัดสมดุลสายการผลิต

ตารางที่ 4.3 การจัดสมดุลของสายการผลิตที่ 1

Work Station	Repositioning Time (T_r)	Service Time (T_{si})	Idle Time	Cycle Time (T_c)
WS01	0.333	1.611	0.083	2.027
WS02	0.333	1.574	0.120	2.027
WS03	0.333	1.551	0.143	2.027
WS04	0.333	1.680	0.014	2.027
WS05	0.333	1.641	0.053	2.027
WS06	0.333	1.533	0.161	2.027
WS07	0.333	1.642	0.052	2.027
WS08	0.333	1.694	0.000	2.027
WS09	0.333	1.533	0.161	2.027
WS10	0.333	1.533	0.161	2.027



รูปที่ 4.7 การจัดสมดุลของสายการผลิตที่ 1

4.3.1.2 การวิเคราะห์การจัดสมดุลของสายการผลิตที่ 2

การคำนวณการจัดสมดุลการผลิตการคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ และค่าการจัดสมดุลสายการผลิตของสายการผลิตที่ 2 แสดงได้ดังนี้

การคำนวณรอบเวลาการผลิต(Cycle Time : Tc)

อัตราการผลิตรวมทุกรุ่นการผลิต(R_p) = 24 ชิ้นต่อชั่วโมง

เวลาที่สามารถใช้ผลิตได้ (Available time :AT) = 60 นาที x ค่าสัดส่วนความพร้อมของสายการผลิต (E) (4.10)

$$AT = 60 \times 0.95 = 57 \text{ นาที}$$

โดยค่าเผื่อเวลาการผลิตคำนวณมาจากค่าประสิทธิภาพโดยรวมของสายการผลิต(Overall Efficiency Effectiveness :OEE) ได้ค่าความพร้อมใช้งาน(Availability) เท่ากับร้อยละ 95.00 หรือ 0.95

$$T_c = \frac{60 \times E}{R_p} = \frac{60 \times 0.95}{24} = 2.375 \text{ นาทีต่อชิ้น} \quad (4.11)$$

จากตารางค่าเวลาการผลิตสามารถทำเป็นตารางการคำนวณภาระงาน (Work Load) ตามตารางที่ 4.4 ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ภาระงานรวม(หน่วย : นาที) สำหรับสายการประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ โดยไม่รวมเวลาในการเคลื่อนตำแหน่งของสายการผลิตที่ 2

รุ่นผลิตภัณฑ์ Model j	อัตราการผลิตที่ต้องการต่อ 1 ชั่วโมง (R_{pj}/Hr)	เวลาการผลิตรวม T_{wcj} (Mins)	ภาระงานรวม WL (Mins)
รุ่นเอ (Model A)	2.0	17.4	34.8
รุ่นบี (Model B)	6.0	16.2	97.2
รุ่นซี (Model C)	4.0	16.2	64.8
รุ่นดี (Model D)	9.0	15.6	140.4
รุ่นอี (Model E)	3.0	15.4	46.2
รวม	24.0		383.4

สามารถคำนวณจำนวนสถานีงานได้ดังนี้

$$\text{จำนวนสถานีงาน(W)} = \text{จำนวนเต็มที่น้อยที่สุด(Minimum Integer)} \geq \frac{WL}{AT} \qquad (12)$$

$$= \frac{383.4}{57} = 6.72 \sim 7 \text{ สถานีงาน}$$

จากการคำนวณจำนวนสถานีงานได้ 6.72 ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณต้องทำการปัดเศษทศนิยมขึ้นเป็นจำนวนเต็มเสมอ เพื่อให้จำนวนสถานีงานสามารถทำงานได้ตามภาระงาน ดังนั้นจำนวนสถานีงานที่เหมาะสมคือ 9 สถานีงาน แต่เนื่องจากสายการผลิตมีการออกแบบและติดตั้งเครื่องจักรก่อนที่จะมีการคำนวณค่าสถานีงานที่เหมาะสม โดยสถานีการผลิตจริงมีจำนวน 10 สถานีการผลิต จึงกำหนดจำนวนสถานีการผลิตที่ 10 สถานีการผลิต ซึ่งมีมากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ 3 สถานีงานจึงสามารถดำเนินการผลิตได้

จากตารางที่ 4.4 สามารถคำนวณเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยต่อชิ้น $= \frac{383.40}{24.0} = 15.954$ นาทีต่อชิ้น

การคำนวณเวลาของการทำงานจริง(T_c) ของสถานีการผลิตโดยเฉลี่ยของสถานีงาน 10 สถานีงาน จะได้

= เฉลี่ยเวลาการทำงาน

= 2.040 นาทีต่อชิ้น

การคำนวณประสิทธิภาพของการเคลื่อนตำแหน่งของชิ้นงาน (Repositioning Efficiency : E_r)

จากสมการ $E_r = \frac{T_s}{T_c}$ (4.13)

โดย

T_r คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนตำแหน่งของชิ้นงาน (Repositioning Time)

T_c คือ รอบเวลาการทำงาน (Cycle Time)

T_s คือ เวลาที่ใช้ในการทำงาน (Service Time)

จากสมการ $T_s = T_c - T_r$ (4.14)

จะได้ $T_s = 2.040 - 0.333 = 1.707$

$$E_r = \frac{T_s}{T_c} = \frac{1.707}{2.040} = 83.68\ \% \qquad (4.15)$$

การคำนวณเวลาการทำงานรวมทุกรุ่นการผลิตของสถานีการผลิตของแต่ละสถานีการผลิต จำนวน 10 สถานีการผลิต ของสายการผลิต (TT_{si})

$$TT_k = \sum_{j=1}^{p} R_{pj} T_{ejk} \quad (4.16)$$

โดย

TT_k = เวลาการทำงานรวมของงานย่อยที่ k บนสถานี (นาที)

T_{ejk} = เวลาการทำงานย่อยที่ k ของรุ่นผลิตภัณฑ์ j บนสถานี (นาที)

R_{pj} = อัตราการผลิตของรุ่น j (ชิ้นต่อชั่วโมง)

$$TT_{si} = \sum_{k \in i} TT_k \quad (4.17)$$

โดย

TT_{si} = เวลาการทำงานรวมบนสถานี i (นาที)

สถานีการผลิตที่ 1

TT_{S1} = 1.717(2) + 1.717(6) +1.567(4) +1.567(9) +1.483(3) = 38.55 นาที

สถานีการผลิตที่ 2

TT_{S2} = 1.717(2) + 1.750(6) +1.517(4) +1.517(9) +1.350(3) = 37.70 นาที

สถานีการผลิตที่ 3

TT_{S3} = 1.833(2) + 1.433(6) +1.700(4) +1.433(9) +1.667(3) = 36.98 นาที

สถานีการผลิตที่ 4

TT_{S4} = 2.000(2) + 1.617(6) +1.617(4) +1.617(9) +1.667(3) = 39.72 นาที

สถานีการผลิตที่ 5

TT_{S5} = 1.933(2) + 1.500(6) +1.733(4) +1.500(9) +1.617(3) = 38.15 นาที

สถานีการผลิตที่ 6

TT_{S6} = 1.533(2) + 1.533 (6) +1.533 (4) +1.533(9) +1.533 (3) = 36.80 นาที

สถานีการผลิตที่ 7

TT_{S7} = 1.733(2) + 1.733(6) +1.617(4) +1.617(9) +1.500(3) = 39.38 นาที

สถานีการผลิตที่ 8

TT_{S8} = 1.833(2) + 1.833(6) +1.800(4) +1.633(9) +1.467(3) = 40.97 นาที

สถานีการผลิตที่ 9

TT_{S9} = 1.533(2) + 1.533 (6) +1.533 (4) +1.533 (9) +1.533 (3) = 36.80 นาที

สถานีการผลิตที่ 10

TT_{S10} = 1.533(2) + 1.533 (6) +1.533 (4) +1.533 (9) +1.533 (3) = 36.80 นาที

จะได้เวลารวมของสายการผลิต (Work Load) เท่ากับ 382.90 นาที และได้เวลาสูงสุด(Max Service Time) ของสายการผลิตเท่ากับ 40.97 นาที สามารถนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพการจัดการสมดุลของสายการผลิตต่อไป

การคำนวณหาประสิทธิภาพการจัดการสมดุลของสายการผลิต (Line Balance Efficiency : E_b)

จากสมการ $E_b = \frac{WL}{w(Max\{TT_{si}\})}$ (4.18)

โดย

WL = ภาระงานรวม (นาที)

w = จำนวนสถานีงานของสายการผลิต (Number of Work Station)

Max $\{TT_{si}\}$ = เวลาทำงานที่มากที่สุดในสายการผลิต (Max Service Time)

จะได้

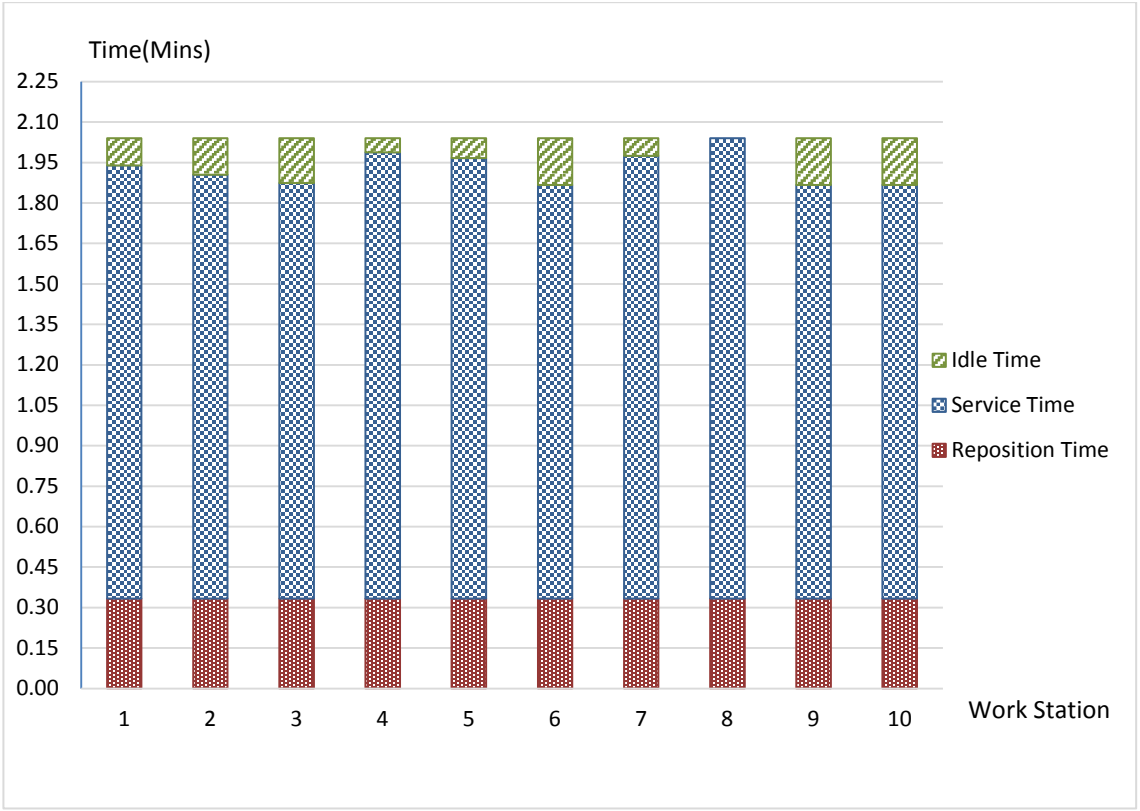
$$E_b = \frac{382.90}{10(40.97)} = 93.39\%$$

ตารางและกราฟแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตของสายการประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ (Assembly Part) จะแสดงเวลาการทำงานของสายการผลิต แต่ละสถานีการทำงาน (Service Time : T_{si}) เวลาการเคลื่อนที่ระหว่างสถานีงานของชิ้นงาน(Repositioning Time : T_r) เวลาสูญเปล่า (Idle Time) และรอบเวลาการทำงาน(Cycle Time : T_c) เพื่อแสดงสมดุลของสายการผลิตได้ดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 สามารถวิเคราะห์สมดุลสายการผลิตอยู่ในระดับดี เนื่องจากมีค่าความสมดุลสายการผลิตอยู่ที่ร้อยละ 93.39 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพที่อยู่ในระดับที่เหมาะสมในการจัดสมดุลสายการผลิต

ตารางที่ 4.5 การจัดสมดุลของสายการผลิตที่ 2

Work Station	Repositioning Time (T_r)	Service Time (T_{si})	Idle Time	Cycle Time (T_c)
WS01	0.333	1.606	0.101	2.040
WS02	0.333	1.571	0.136	2.040
WS03	0.333	1.540	0.167	2.040
WS04	0.333	1.655	0.052	2.040
WS05	0.333	1.633	0.074	2.040
WS06	0.333	1.533	0.174	2.040
WS07	0.333	1.641	0.066	2.040
WS08	0.333	1.707	0.000	2.040
WS09	0.333	1.533	0.174	2.040
WS10	0.333	1.533	0.174	2.040



รูปที่ 4.8 การจัดสมดุลของสายการผลิตที่ 2

4.3.2 สรุปผลการวิเคราะห์การจัดสมดุลสายการผลิต

จากการคำนวณพบว่าผลจากการคำนวณได้ค่าสมดุลการผลิตของสายการผลิตที่ 1 ได้ร้อยละ 94.41 และสายการผลิตที่ 2 ได้ร้อยละ 93.39 ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 90 ซึ่งมีประสิทธิภาพดีเพียงพอสำหรับสายการผลิต จึงสามารถที่จะสรุปได้ว่า การจัดสมดุลการผลิตไม่ได้มีผลกระทบส่งผลทำให้อัตราการผลิตไม่ได้ตามเป้าหมายของสายการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และจากการวิเคราะห์ตามข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า การขาดรูปแบบการส่งงานเข้าสายการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้อัตราการผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมายตามที่ต้องการได้ ซึ่งจะได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการส่งงานเข้าสู่สายการผลิตที่เหมาะสมหรับสายการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อให้ได้อัตราการผลิตตามเป้าหมายต่อไป

4.4 แนวทางแก้ไขเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตของสายการผลิต

จากข้อมูลการส่งงานเข้าสู่สายการผลิตพบว่ากระบวนการจัดส่งงานเข้าสู่สายการผลิต ไม่ได้ประสิทธิภาพมีรูปแบบการส่งงานเข้าสู่สายการผลิตแบบสุ่ม(Random) ซึ่งส่งผลให้อัตราการผลิตไม่ได้ตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ จะเห็นได้ว่าอัตราการผลิตมีทั้งสูงและต่ำกว่าเป้าหมายในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์แล้วว่าสายการผลิตขาดรูปแบบการจัดส่งผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการผลิตที่มีประสิทธิภาพ โดยผู้ปฏิบัติงานไม่ได้คำนึงถึงความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการผลิต เนื่องจากมีการผลิตชิ้นส่วนหลายรุ่น ซึ่งมีอัตราการผลิตที่แตกต่างกัน

4.4.1 การจัดลำดับของสายการผลิต

จากทฤษฎีการจัดลำดับในสายการผลิตโดยเทคนิคอัตราคงที่ โดยมีสินค้ามากกว่า 3 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความแตกต่างด้านรอบเวลาการผลิต(Cycle Time) ซึ่งส่งผลทำให้ระยะห่างของการส่งผลิตภัณฑ์สู่สายการผลิตมีความแตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงเวลาของกระบวนการผลิต ทั้งสถานีงานย่อยและเวลาการทำงานแต่ละสถานีงาน ที่มีความแตกต่างกัน ทั้งด้านรอบเวลาการผลิตและเวลาสิ้นสุดของกระบวนการ ซึ่งสามารถคำนวณการส่งผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการผลิตโดยสมการทางคณิตศาสตร์ วิธีการนี้สามารถส่งผลิตภัณฑ์เข้าสู่กระบวนการผลิตได้ดี ในกรณีที่มีการผลิตแบบคละรุ่น

การคำนวณการจัดลำดับการผลิตสำหรับการผลิตมากกว่า 3 รุ่นการผลิต

มีวิธีการคำนวณตามเทคนิคแบบอัตราคงที่(Fixed Rate Launching) ดังนี้

4.4.1.1 การจัดลำดับงานของสายการผลิตที่ 1

การหาเวลาห่างของการจัดส่ง (Fix Rate Launching ;T_{cf})

จากสมการ

$$T_{cf} = \frac{\frac{1}{R_p}\sum_{j=1}^{p} R_{pj} T_{wcj}}{wE_r E_b} \qquad (4.19)$$

โดยกำหนด

T_{cf} = เวลาห่างของการจัดส่ง (นาที)

R_p = อัตราการผลิตรวมทุกรุ่นการผลิต (ชิ้น)

R_{pj} = อัตราการผลิตของรุ่น j (ชิ้น / นาที)

T_{wcj} = เวลาการทำงานของรุ่น j (นาที / ชิ้น)

w = จำนวนสถานีงานของสายการผลิต (Number of Work Station)

E_r = ประสิทธิภาพของการเคลื่อนตำแหน่ง

E_b = ประสิทธิภาพการจัดสมดุลการผลิต

p = จำนวนรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในช่วงเวลา (j = 1, 2, 3… P)

สามารถแทนค่าการคำนวณตามขั้นตอนดังนี้

จากการคำนวณมาแล้วข้างต้นค่าภาระงานรวม (Work Load ; WL) ของสายการผลิตที่ 1 ตามตารางที่ 4.2 มีค่าเท่ากับ 460.90 นาที จากสถานีการผลิตจำนวน 10 สถานีงาน มีประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายการผลิต(E_b) เท่ากับ 0.9070 และประสิทธิภาพการเคลื่อนตำแหน่ง(E_r) เท่ากับ 0.8654 แทนค่าลงในสมการเพื่อหาเวลาห่างของการจัดส่ง(Fix Rate Launching ;T_{cf}) ได้ดังนี้

$$T_{cf} = \frac{\frac{1}{28}(447.80)}{10(0.9441)(0.8368)} = 2.027 \text{ นาที}$$

จากสมการ

$$\text{จำนวนที่น้อยที่สุดของสมการ} \left(\sum_{h=1}^{m} T_{cjh} - mT_{cf} \right)^2 + \frac{R_{pj}}{Q_{jm}} \qquad (4.20)$$

โดยกำหนด

T_{cjh} = รอบเวลาการทำงานเมื่อรุ่น j ที่ลำดับการผลิตที่ h (นาที)

m = ลำดับของการผลิต

T_{cf} = เวลาห่างของการจัดส่ง (นาที)

R_{pj} = อัตราการผลิตของรุ่น j (ชิ้น / นาที)

Q_{jm} = จำนวนรุ่น j ที่ยังคงค้างส่งสู่สายการผลิต

โดยที่เวลาการรอคอย (Idle Time) หรือเวลาคับคั่งในการจัดส่งสู่สายการผลิต(Congestion Time)

$$= \sum_{h=1}^{m} T_{cjh} - mT_{cf} \qquad (4.21)$$

โดยคำนวณค่า T_{cjh} สำหรับแต่ละรุ่นได้ดังนี้

การกำหนดระยะห่างของเวลาสำหรับแต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์(T_{cjh})

จากสมการ

$$T_{cjh} = \frac{T_{wcj}}{wE_rE_b} \qquad (4.22)$$

จากข้อมูลภาระงาน แสดงข้อมูลแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์ดังนี้

เวลาการทำงานของรุ่น A	=	17.367	นาทีต่อชิ้น
เวลาการทำงานของรุ่น B	=	16.183	นาทีต่อชิ้น
เวลาการทำงานของรุ่น C	=	16.150	นาทีต่อชิ้น
เวลาการทำงานของรุ่น D	=	15.600	นาทีต่อชิ้น
เวลาการทำงานของรุ่น E	=	15.350	นาทีต่อชิ้น

สามารถนำมาคำนวณเพื่อหาค่าระยะห่างระหว่างรุ่นผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

รุ่น A ; T_{cAh} = $\frac{17.367}{10(0.9441)(0.8356)}$ = 2.201 นาที

รุ่น B ; T_{cBh} = $\frac{16.183}{10(0.9441)(0.8356)}$ = 2.051 นาที

รุ่น C ; T_{cCh} = $\frac{16.450}{10(0.9441)(0.8654)}$ = 2.047 นาที

รุ่น D ; T_{cDh} = $\frac{16.150}{10(0.9441)(0.8654)}$ = 1.977 นาที

รุ่น E ; T_{cEh} = $\frac{15.350}{10(0.9441)(0.8654)}$ = 1.945 นาที

จากสมการการคำนวณกรณีที่มีจำนวนรุ่นผลิตภัณฑ์มากกว่า 3 รุ่น มีเทอมเพิ่มเข้าไปในสมการ ค่าเริ่มต้นของจำนวนค้างส่ง(Q_{jm}) สำหรับลำดับการผลิต(m)ที่ 1 ดังนี้

รุ่น A ; Q_{A1} = 4

รุ่น B ; Q_{B1} = 7

รุ่น C ; Q_{C1} = 2

รุ่น D ; Q_{D1} = 10

รุ่น E ; Q_{E1} = 5

สามารถคำนวณเพื่อทำการเลือกรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ส่งเข้าสายการผลิตเป็นลำดับแรกได้ดังนี้

จากสมการ

$$\text{จำนวนที่น้อยที่สุดของสมการ } \left(\sum_{h=1}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pj}}{Q_{jm}} \qquad (4.23)$$

ได้ดังนี้

รุ่น A ; ค่าจากสมการที่ 4.23 = $(2.201 - (1)2.027)^2 + \frac{4}{4}$ = 1.0303

รุ่น B ; ค่าจากสมการที่ 4.23 = $(2.051 - (1)2.027)^2 + \frac{7}{7}$ = 1.0006

รุ่น C ; ค่าจากสมการที่ 4.23 = $(2.047 - (1)2.027)^2 + \frac{2}{2}$ = 1.0004

รุ่น D ; ค่าจากสมการที่ 4.23 = $(1.977 - (1)2.027)^2 + \frac{10}{10}$ = 1.0025

รุ่น E ; ค่าจากสมการที่ 4.23 = $(1.945 - (1)2.027)^2 + \frac{5}{5}$ = 1.0067

ค่าที่ได้จากการคำนวณจะได้ค่าน้อยที่สุด เมื่อมีการจัดส่งรุ่น C เข้าสู่สายการผลิต ฉะนั้นลำดับการจัดส่งเข้าสู่สายการผลิตเป็นลำดับแรกคือ รุ่น C ทำให้ค่า Q_{C1} จะถูกลดลง 1 หน่วยผลิตภัณฑ์ จะได้ค่า $Q_{C2} = 1$ ในการจัดส่งลำดับการผลิตที่ 2 ได้ดังนี้

รุ่น A ; ค่าจากสมการที่ 4.23 = $(2.201 + 2.047 - (1)2.027)^2 + \frac{4}{4} = 1.0376$

รุ่น B ; ค่าจากสมการที่ 4.23 = $(2.051 + 2.047 - (1)2.027)^2 + \frac{7}{7} = 1.0019$

รุ่น C ; ค่าจากสมการที่ 4.23 = $(2.047 + 2.047 - (1)2.027)^2 + \frac{2}{1} = 2.0016$

รุ่น D ; ค่าจากสมการที่ 4.23 = $(1.977 + 2.047 - (1)2.027)^2 + \frac{10}{10} = 1.0009$

รุ่น E ; ค่าจากสมการที่ 4.23 = $(1.945 + 2.047 - (1)2.027)^2 + \frac{5}{5} = 1.0038$

ค่าที่ได้จากการคำนวณจะได้ค่าน้อยที่สุด เมื่อมีการจัดส่งรุ่น D เข้าสู่สายการผลิต ฉะนั้นลำดับการจัดส่งเข้าสู่สายการผลิตเป็นลำดับแรกคือ รุ่น D ทำให้ค่า Q_{D1} จะถูกลดลง 1 หน่วยผลิตภัณฑ์ จะได้ค่า $Q_{D2} = 9$ ในการจัดส่งลำดับการผลิตที่ 3 แสดงดังตารางภาคผนวก ก.1

4.4.1.2 การจัดลำดับงานของสายการผลิตที่ 2

การหาเวลาห่างของการจัดส่ง (Fix Rate Launching ;T_{cf})

จากสมการ

$$T_{cf} = \frac{\frac{1}{R_p}\sum_{j=1}^{p} R_{pj} T_{wcj}}{wE_r E_b} \qquad (4.24)$$

โดยกำหนด

T_{cf} = เวลาห่างของการจัดส่ง (นาที)

R_p = อัตราการผลิตรวมทุกรุ่นการผลิต (ชิ้น)

R_{pj} = อัตราการผลิตของรุ่น j (ชิ้น / นาที)

T_{wcj} = เวลาการทำงานของรุ่น j (นาที / ชิ้น)

w = จำนวนสถานีงาน

E_r = ประสิทธิภาพของการเคลื่อนตำแหน่ง

E_b = ประสิทธิภาพการจัดสมดุลการผลิต

p = จำนวนรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในช่วงเวลา (j = 1, 2, 3… P)

สามารถแทนค่าการคำนวณตามขั้นตอนดังนี้

จากการคำนวณมาแล้วข้างต้นค่าภาระงานรวม (Work Load ; WL) ของสายการผลิตที่ 2 ตามตารางที่ 4.4 มีค่าเท่ากับ 393.85 นาที จากสถานีการผลิตจำนวน 10 สถานีงาน มีประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายการผลิต(E_b) เท่ากับ 0.9044 และประสิทธิภาพการเคลื่อนตำแหน่ง(E_r) เท่ากับ 0.8654 แทนค่าลงในสมการเพื่อหาเวลาห่างของการจัดส่ง(Fix Rate Launching ;T_{cf}) ได้ดังนี้

$$T_{cf} = \frac{\frac{1}{24}(382.883)}{10(0.9339)(0.8368)} = 2.040 \text{ นาที}$$

จากสมการ

$$\text{จำนวนที่น้อยที่สุดของสมการ } \left(\sum_{h=1}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pj}}{Q_{jm}} \qquad (4.25)$$

โดยกำหนด

T_{cjh} = รอบเวลาการทำงานเมื่อรุ่น j ที่ลำดับการผลิตที่ h (นาที)

m = ลำดับของการผลิต

T_{cf} = เวลาห่างของการจัดส่ง (นาที)

R_{pj} = อัตราการผลิตของรุ่น j (ชิ้น / นาที)

Q_{jm} = จำนวนรุ่น j ที่ยังคงค้างส่งสู่สายการผลิต

โดยที่เวลาการรอคอย (Idle Time) หรือเวลาคับคั่งในการจัดส่งสู่สายการผลิต(Congestion Time)

$$= \sum_{h=1}^{m} T_{cjh} - mT_{cf} \qquad (4.26)$$

โดยคำนวณค่า T_{cjh} สำหรับแต่ละรุ่นได้ดังนี้

การกำหนดระยะห่างของเวลาสำหรับแต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์(T_{cjh})

จากสมการ

$$T_{cjh} = \frac{T_{wcj}}{wE_rE_b} \qquad (4.27)$$

จากข้อมูลภาระงาน แสดงข้อมูลแยกตามรุ่นผลิตภัณฑ์ดังนี้

เวลาการทำงานของรุ่น F	=	17.367	นาทีต่อชิ้น
เวลาการทำงานของรุ่น G	=	16.183	นาทีต่อชิ้น
เวลาการทำงานของรุ่น H	=	16.150	นาทีต่อชิ้น
เวลาการทำงานของรุ่น I	=	15.600	นาทีต่อชิ้น
เวลาการทำงานของรุ่น J	=	15.350	นาทีต่อชิ้น

สามารถนำมาคำนวณเพื่อหาค่าระยะห่างระหว่างรุ่นผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

$$\text{รุ่น F ; } T_{cFh} = \frac{17.367}{10(0.9339)(0.8368)} = 2.221 \text{ นาที}$$

$$\text{รุ่น G ; } T_{cGh} = \frac{16.183}{10(0.9339)(0.8368)} = 2.069 \text{ นาที}$$

$$\text{รุ่น H ; } T_{cHh} = \frac{16.150}{10(0.9339)(0.8368)} = 2.065 \text{ นาที}$$

$$\text{รุ่น I ; } T_{cIh} = \frac{15.600}{10(0.9339)(0.8368)} = 1.995 \text{ นาที}$$

$$\text{รุ่น J ; } T_{cJh} = \frac{15.350}{10(0.9339)(0.8368)} = 1.963 \text{ นาที}$$

จากสมการการคำนวณกรณีที่มีจำนวนรุ่นผลิตภัณฑ์มากกว่า 3 รุ่น มีเทอมเพิ่มเข้าไปในสมการ ค่าเริ่มต้นของจำนวนค้างส่ง(Q_{jm}) สำหรับลำดับการผลิต(m) ที่ 1 ดังนี้

รุ่น F ; Q_{F1}	=	2
รุ่น G ; Q_{G1}	=	6
รุ่น H ; Q_{H1}	=	4
รุ่น I ; Q_{I1}	=	9
รุ่น J ; Q_{J1}	=	3

สามารถคำนวณเพื่อทำการเลือกรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ส่งเข้าสายการผลิตเป็นลำดับแรกได้ดังนี้

จากสมการ

$$\text{จำนวนที่น้อยที่สุดของสมการ} \left(\sum_{h=l}^{m} T_{cjh} - mT_{cf} \right)^2 + \frac{R_{pj}}{Q_{jm}} \qquad (4.28)$$

ได้ดังนี้

รุ่น F ; ค่าจากสมการที่ 4.28 = $(2.221 - (1)2.040)^2 + \frac{2}{2} = 1.0328$

รุ่น G ; ค่าจากสมการที่ 4.28 = $(2.069 - (1)2.040)^2 + \frac{6}{6} = 1.0008$

รุ่น H ; ค่าจากสมการที่ 4.28 = $(2.065 - (1)2.040)^2 + \frac{4}{4} = 1.0006$

รุ่น I ; ค่าจากสมการที่ 4.28 = $(1.995 - (1)2.040)^2 + \frac{9}{9} = 1.0020$

รุ่น J; ค่าจากสมการที่ 4.28 = $(1.963 - (1)2.040)^2 + \frac{3}{3} = 1.0059$

ค่าที่ได้จากการคำนวณจะได้ค่าน้อยที่สุด เมื่อมีการจัดส่งรุ่น H เข้าสู่สายการผลิต ฉะนั้นลำดับการจัดส่งเข้าสู่สายการผลิตเป็นลำดับแรกคือ รุ่น H ทำให้ค่า Q_{H1} จะถูกลดลง 1 หน่วยผลิตภัณฑ์ จะได้ค่า $Q_{H2} = 3$ ในการจัดส่งลำดับการผลิตที่ 2 ได้ดังนี้

รุ่น F ; ค่าจากสมการที่ 4.28 = $(2.221 + 2.065 - (1)2.040)^2 + \frac{2}{2} = 1.0424$

รุ่น G ; ค่าจากสมการที่ 4.28 = $(2.069 + 2.065 - (1)2.040)^2 + \frac{6}{6} = 1.0029$

รุ่น H ; ค่าจากสมการที่ 4.28 = $(2.065 + 2.065 - (1)2.040)^2 + \frac{4}{3} = 1.3358$

รุ่น I ; ค่าจากสมการที่ 4.28 = $(1.995 + 2.065 - (1)2.040)^2 + \frac{9}{9} = 1.0004$

รุ่น J ; ค่าจากสมการที่ 4.28 = $(1.963 + 2.065 - (1)2.040)^2 + \frac{3}{3} = 1.0027$

ค่าที่ได้จากการคำนวณจะได้ค่าน้อยที่สุด เมื่อมีการจัดส่งรุ่น I เข้าสู่สายการผลิต ฉะนั้นลำดับการจัดส่งเข้าสู่สายการผลิตเป็นลำดับแรกคือ รุ่น I ทำให้ค่า Q_{I1} จะถูกลดลง 1 หน่วยผลิตภัณฑ์ จะได้ค่า $Q_{I2} = 8$ ในการจัดส่งลำดับการผลิตที่ 3 แสดงดังตารางภาคผนวก ก.2

ตารางที่ 4.6 ลำดับการผลิตของสายการผลิตที่ 1

m	Model A $\left(\sum_{h}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pA}}{Q_{Am}}$	Model B $\left(\sum_{h}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pB}}{Q_{Bm}}$	Model C $\left(\sum_{h}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pC}}{Q_{Cm}}$	Model D $\left(\sum_{h}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pD}}{Q_{Dm}}$	Model E $\left(\sum_{h}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pE}}{Q_{Em}}$	mTcf	Sequencings
1	1.0303	1.0006	**1.0004**	1.0025	1.0067	2.027	**C**
2	1.0376	1.0019	2.0016	**1.0009**	1.0038	4.0540	**D**
3	1.0207	**1.0000**	2.0001	1.1175	1.0125	6.0810	**B**
4	1.0282	1.1670	2.0002	1.1142	**1.0077**	8.1080	**E**
5	**1.0074**	1.1708	2.0046	1.1302	1.2789	10.135	**A**
6	1.4009	1.1788	2.0112	**1.1124**	1.2500	12.162	**D**
7	1.3774	**1.1703**	2.0031	1.2502	1.2521	14.189	**B**
8	1.3881	1.4071	2.0064	**1.2501**	1.2505	16.216	**D**
9	1.3672	1.4012	2.0009	1.4302	**1.2552**	18.243	**E**
10	**1.3437**	1.4023	2.0027	1.4435	1.6904	20.270	**A**
11	2.0762	**1.4159**	2.0149	1.4313	1.6671	22.297	**B**
12	2.0900	1.7725	2.0213	**1.4343**	1.6686	24.324	**D**
13	2.0625	1.7600	2.0092	1.6673	**1.6667**	26.351	**E**
14	2.0282	1.7503	2.0002	**1.6698**	2.5077	28.378	**D**
15	2.0139	**1.7510**	2.0013	2.0112	2.5190	30.405	**B**
16	2.0202	2.3334	**2.0001**	2.0067	2.5130	32.432	**C**
17	2.0262	2.3335	∞	**2.0038**	2.5088	34.459	**D**
18	**2.0125**	2.3348	∞	2.5125	2.5207	36.486	**A**
19	4.0818	**2.3518**	∞	2.5038	2.5009	38.513	**B**
20	4.0961	3.5256	∞	2.5074	**2.5029**	40.540	**E**
21	4.0520	3.5061	∞	**2.5000**	5.0008	42.567	**D**
22	4.0317	3.5008	∞	**3.3354**	5.0061	44.594	**D**
23	4.0164	**3.5005**	∞	5.0092	5.0164	46.621	**B**
24	**4.0231**	7.0000	∞	5.0052	5.0108	48.648	**A**
25	∞	7.0310	∞	5.0104	**5.0049**	50.675	**E**
26	∞	7.0088	∞	**5.0004**	∞	52.702	**D**
27	∞	**7.0019**	∞	10.0009	∞	54.729	**B**
28	∞	∞	∞	**13.9323**	∞	56.756	**D**

ตารางที่ 4.7 ลำดับการผลิตของสายการผลิตที่ 2

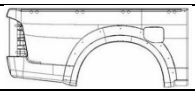
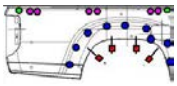
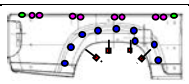
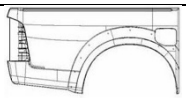
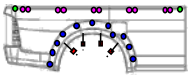
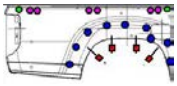
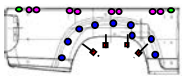
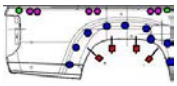
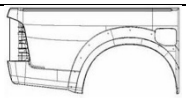
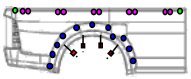
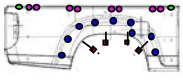
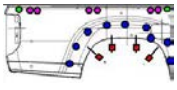
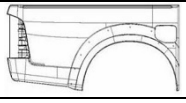
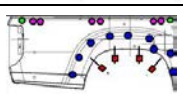
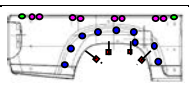
m	Model F $\left(\sum_{h}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pF}}{Q_{Fm}}$	Model G $\left(\sum_{h}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pG}}{Q_{Gm}}$	Model H $\left(\sum_{h}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pH}}{Q_{Hm}}$	Model I $\left(\sum_{h}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pI}}{Q_{Im}}$	Model J $\left(\sum_{h}^{m} T_{cjh} - mT_{cf}\right)^2 + \frac{R_{pJ}}{Q_{Jm}}$	mTcf	Sequencings
1	1.0328	1.0008	**1.0006**	1.0020	1.0059	2.040	**H**
2	1.0424	1.0029	1.3358	**1.0004**	1.0027	4.080	**I**
3	1.0259	**1.0001**	1.3334	1.1292	1.0094	6.120	**G**
4	1.0361	1.2014	1.3345	1.1263	**1.0046**	8.160	**J**
5	**1.0128**	1.2015	1.3352	1.1378	1.5210	10.200	**F**
6	2.0864	1.2202	1.3524	**1.1296**	1.5013	12.240	**I**
7	2.0620	**1.2094**	1.3420	1.2862	1.5001	14.280	**G**
8	2.0773	1.5159	1.3482	**1.2884**	1.5004	16.320	**I**
9	2.0543	1.5066	**1.3393**	1.5000	1.5006	18.360	**H**
10	2.0666	1.5112	2.0104	1.5010	**1.5000**	20.400	**J**
11	2.0328	**1.5008**	2.0006	1.5020	3.0059	22.440	**G**
12	2.0441	2.0034	2.0029	**1.5003**	3.0023	24.480	**I**
13	2.0272	2.0002	2.0001	**1.8037**	3.0086	26.520	**I**
14	2.0144	**2.0010**	2.0013	2.2612	3.0190	28.560	**G**
15	2.0222	3.0000	**2.0000**	2.2559	3.0119	30.600	**H**
16	**2.0303**	3.0005	4.0003	2.2527	3.0071	32.640	**F**
17	∞	3.0412	4.0396	**2.2666**	3.0094	34.680	**I**
18	∞	3.0250	4.0237	3.0071	**3.0027**	36.720	**J**
19	∞	3.0066	4.0059	**3.0000**	∞	38.760	**I**
20	∞	**3.0013**	4.0010	4.5014	∞	40.800	**G**
21	∞	6.0042	**4.0037**	4.5001	∞	42.840	**H**
22	∞	6.0081	∞	**4.5003**	∞	44.880	**I**
23	∞	**6.0020**	∞	9.0008	∞	46.920	**G**
24	∞	∞	∞	**9.0000**	∞	48.960	**I**

4.4.2 ผลการจัดลำดับงานของสายการผลิต

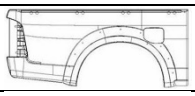
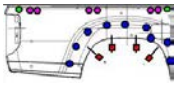
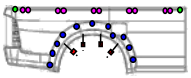
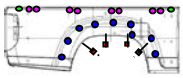
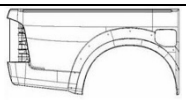
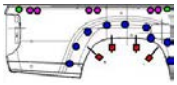
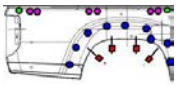
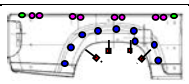
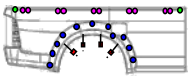
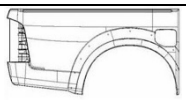
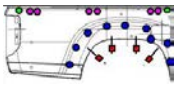
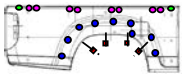
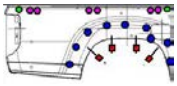
4.4.2.1 ผลการจัดลำดับงานของสายการผลิตที่ 1

จากตารางสรุปการจัดลำดับงานของสายการผลิตที่ 1 สามารถแสดงแบบสรุปได้ดังตารางที่ 4.8 โดยสามารถผลิตได้ทั้งหมด 28 รุ่นผลิตภัณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 4.8 สรุปลำดับการผลิตของสายการผลิตที่ 1

ลำดับ	รุ่น	ภาพประกอบ	T_{cf}	Congestion Time	Idle Time
1	C		2.027	0.020	-
2	D		4.054	-	-0.030
3	B		6.081	-	-0.006
4	E		8.108	-	-0.088
5	A		10.135	0.086	-
6	D		12.162	0.036	-
7	B		14.189	0.060	-
8	D		16.216	0.010	-
9	E		18.243	-	-0.072
10	A		20.270	0.102	-
11	B		22.297	0.126	-
12	D		24.324	0.076	-
13	E		26.351	-	-0.006
14	D		28.378	-	-0.056
15	B		30.405	-	-0.032

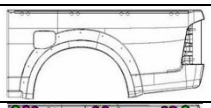
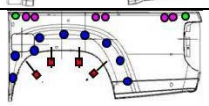
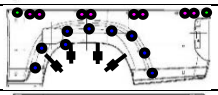
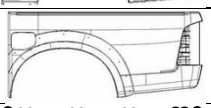
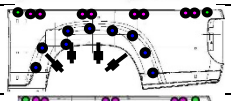
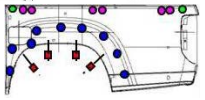
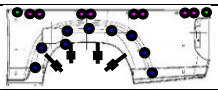
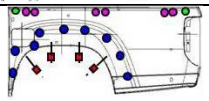
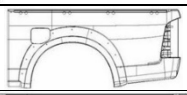
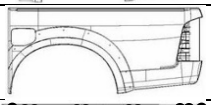
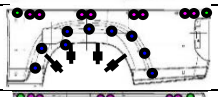
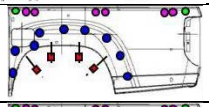
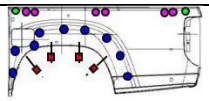
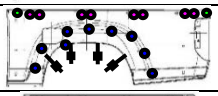
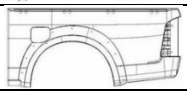
ตารางที่ 4.8 สรุปลำดับการผลิตของสายการผลิตที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	รุ่น	ภาพประกอบ	T_{cf}	Congestion Time	Idle Time
16	C		32.432	-	-0.012
17	D		34.459	-	-0.062
18	A		36.486	0.112	-
19	B		38.513	0.136	-
20	E		40.540	0.054	-
21	D		42.567	0.004	-
22	D		44.594	-	-0.046
23	B		46.621	-	-0.022
24	A		48.648	0.152	-
25	E		50.675	0.070	-
26	D		52.702	0.020	-
27	B		54.729	0.044	-
28	D		56.756	-	-0.006
รวม	28				

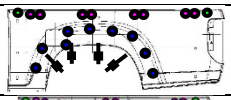
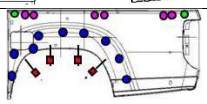
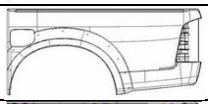
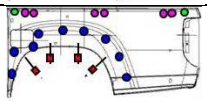
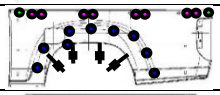
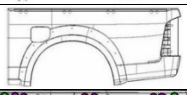
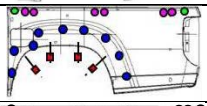
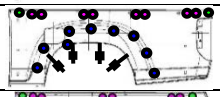
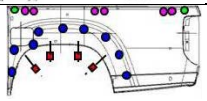
4.4.2.2 ผลการจัดลำดับงานของสายการผลิตที่ 2

จากตารางสรุปการจัดลำดับงานของสายการผลิตที่ 2 สามารถแสดงแบบสรุปได้ดังตารางที่ 4.9 โดยสามารถผลิตได้ทั้งหมด 24 รุ่นผลิตภัณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 4.9 สรุปลำดับการผลิตของสายการผลิตที่ 2

ลำดับ	รุ่น	ภาพประกอบ	T_{cf}	Congestion Time	Idle Time
1	H		2.040	0.025	-
2	I		4.080	-	-0.020
3	G		6.120	0.009	-
4	J		8.160	-	-0.068
5	F		10.200	0.113	-
6	I		12.240	0.068	-
7	G		14.280	0.097	-
8	I		16.320	0.052	-
9	H		18.360	0.077	-
10	J		20.400	0.000	-
11	G		22.440	0.029	-
12	I		24.480	-	-0.016
13	I		26.520	-	-0.061
14	G		28.560	-	-0.032
15	H		30.600	-	-0.007

ตารางที่ 4.9 สรุปลำดับการผลิตของสายการผลิตที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	รุ่น	ภาพประกอบ	T_{cf}	Congestion Time	Idle Time
16	F		32.640	0.174	-
17	I		34.680	0.129	-
18	J		36.720	0.052	-
19	I		38.760	0.007	-
20	G		40.800	0.036	-
21	H		42.840	0.061	-
22	I		44.880	0.016	-
23	G		46.920	0.045	-
24	I		48.960	-	-
รวม	24				

4.5 สรุป

ในบทนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการทำให้สามารถค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต พบว่าสาเหตุที่ทำให้กระบวนการการผลิตขาดประสิทธิภาพของบริษัทกรณีศึกษาคือ การขาดประสิทธิภาพด้านการจัดลำดับในสายการผลิต ทางผู้ศึกษาได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตจากนั้นจึงได้นำเสนอการปรับปรุงจัดลำดับการผลิต โดยใช้การจัดลำดับการผลิตโดยเทคนิคการอัตราการจัดส่งคงที่(Fixed Rate Launching) ที่มีการคำนวณตามหลักทางคณิตศาสตร์เพื่อการหาระยะเวลาในการจัดส่งผลิตภัณฑ์และลำดับของการผลิต จากนั้นได้กำหนดเป็นมาตรฐานการผลิตของสายการผลิต เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานในสายการผลิตนั้นได้ทำการจัดลำดับในการผลิตตามลำดับที่มีการกำหนดไว้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดต่อไป