

## บทที่ 4

### การวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา

ระยะการและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหานั้นเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่ได้ทำการนิยามปัญหามาแล้ว โดยอาศัยเครื่องมือทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหา ในระยะนี้เริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจากการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งการวัดที่ขาดทักษะ ความชำนาญ และองค์ประกอบต่าง ๆ นั้นเป็นสาเหตุให้เกิดความผันแปรขึ้นในระบบการวัดทำให้ผลที่ได้ออกมาไม่มีความถูกต้อง ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้ จึงต้องทำการวิเคราะห์ทดสอบ แล้วปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ผลที่ออกมาอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากนั้นจึงทำการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effects Analysis) เพื่อกำหนดปัจจัยนำเข้าหลักที่อาจมีผล (KPIV หรือ Key Process Input Variable)

#### 4.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

ในงานวิจัยนี้ตัวแปรที่ได้ทำการศึกษาเป็นตัวแปรที่มีลักษณะเชิงคุณลักษณะ (Attribute Characteristic) คือ ผ่าน หรือ ไม่ผ่าน ยอมรับ หรือ ปฏิเสธ ซึ่งเป็นข้อมูลประเภทการนับ หรือ ข้อมูลที่มีการประเมินแบบคุณลักษณะ (Attribute Data) โดยประเมินผลเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ จึงทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่

##### 4.1.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

1) ทำการคัดเลือกผู้ชำนาญการซึ่งได้รับการยอมรับจากภายในองค์กรและลูกค้าว่ามีความสามารถในการแยกแยะ และตัดสินใจว่าข้อบกพร่องที่พบเป็นข้อบกพร่องตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการตรวจสอบหรือไม่ ซึ่งในที่นี้คือพนักงานตรวจสอบคุณภาพสีจากส่วนกลางที่มีหน้าที่หลักคือตรวจสอบคุณภาพสีที่มาจากผู้ผลิตสี และผู้ทำการอบรมพนักงานตรวจสอบสีใหม่ในสายการผลิต มาทำการตรวจสอบตัวถังรถยนต์พ่นสี ที่ถูกคัดเลือกมาในสายการผลิต จำนวน 3 คัน เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างในการตรวจสอบ

ตารางที่ 4.1 ขนาดสิ่งตัวอย่างแนะนำโดย Fasser and Brettner (1992, p.204)

จำนวนพนักงานตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงานตัวอย่างที่ต่ำที่สุด	จำนวนทดลองซ้ำที่ต่ำที่สุด
1	24	5
2	18	4
3 หรือมากกว่า	12	3

2) การคัดเลือกตัวอย่าง 3 คัน จะต้องรถคันที่มีสีเดียวกันทั้งหมด โดยจะต้องเป็นรถที่มีทั้งข้อบกพร่องที่ผ่านมาตรฐาน และไม่ผ่านมาตรฐานการตรวจสอบสี

3) ทำการสุ่มผู้ชำนาญการมาทำการตรวจสอบรถที่คัดเลือกมาทั้ง 3 คัน แล้วบันทึกผลการตรวจสอบเก็บไว้ว่าพบข้อบกพร่องประเภทใด และตำแหน่งใด

4) ทำการสุ่มเรียกพนักงานที่มีหน้าที่ตรวจสอบในสายการตรวจสอบที่มีอยู่ 8 คนมาทำการตรวจสอบรถ โดยจะทำการสุ่มเรียกขึ้นมาตรวจสอบทีละคนจนครบ

5) ในช่วงเข้าทำการทดลองโดยให้พนักงานตรวจสอบรถทีละคน ทำการตรวจสอบหาข้อบกพร่องของรถแต่ละคันแบบสุ่มลำดับ แล้วให้ผู้ชำนาญการทำการบันทึกข้อบกพร่องที่พนักงานตรวจสอบพบลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบข้อบกพร่องจนครบ 3 คัน

6) ทำการวนรถในสายการตรวจสอบเพื่อให้รถมีการสลับตำแหน่งกัน

7) ในช่วงบ่ายทำการทดลองโดยให้พนักงานตรวจสอบรถทีละคน ทำการตรวจสอบหาข้อบกพร่องของรถแต่ละคันแบบสุ่มลำดับ แล้วให้ผู้ชำนาญการทำการบันทึกข้อบกพร่องที่พนักงานตรวจสอบพบลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบข้อบกพร่องจนครบ 3 คัน อีกครั้ง

8) เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปบันทึกลงในแบบฟอร์มเพื่อทำการประเมินผลของการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดโดยในแต่ละเกณฑ์จะต้องได้ % ไม่ต่ำกว่า 85% ในการประเมินผลซึ่งประกอบไปด้วย

- % ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ (% appraiser score)

- % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score)
- % ประสิทธิภาพด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% screen effective score)
- % ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score)

#### 4.1.2 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

เกณฑ์ที่ใช้ประเมินในการวิเคราะห์ระบบการวัดจะใช้เกณฑ์การยอมรับของโรงงานในปัจจุบัน ซึ่งมีการประเมินอยู่แล้ว แต่อาจจะมีรายละเอียดของการประเมินที่แตกต่างกัน โดยเกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

	เกณฑ์การยอมรับ
% ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ (% appraiser score)	85%
% ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score)	85%
% ประสิทธิภาพด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% screen effective score)	85%
% ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score)	85%

ผลการตรวจสอบของพนักงานทั้ง 8 คนแสดงดังตารางที่ 4.3



คืน ที่	ตัวอย่าง ที่	ชนิด ข้อบกพร่อง	พนักงานตรวจสอบ คนที่ 1		พนักงานตรวจสอบ คนที่ 2		พนักงานตรวจสอบ คนที่ 3		พนักงาน ตรวจสอบคนที่ 4		พนักงาน ตรวจสอบคนที่ 5		พนักงานตรวจสอบ คนที่ 6		พนักงาน ตรวจสอบคนที่ 7		พนักงานตรวจสอบ คนที่ 8		ตรวจสอบ ได้เหมือนกัน ทุกครั้งและทุกคน	ตรวจพบ ข้อบกพร่องได้ ถูกต้องทุกคน		
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2				
2	26	เม็ดผง	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ															
	27	เม็ดหิน	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ															
	28	เม็ดสี	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ															
	29	เม็ดผง	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ															
3	30	เม็ดผง	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ															
	31	เม็ดสี	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ															
	32	เม็ดสี	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ															
	33	เม็ดสี	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ															
	34	เม็ดสี	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ															
	35	เม็ดผง	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ														
	36	เม็ดสี	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ														
	37	เส้นใย	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ	พบ														
	38	ที่เป็นคราบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ														

พบ หมายถึง การตรวจพบข้อบกพร่องของพนักงานตรวจสอบ

ไม่พบ หมายถึง การตรวจสอบไม่พบข้อบกพร่องของพนักงานตรวจสอบ

Y หมายถึง การตรวจสอบที่พบข้อบกพร่องเดิมซ้ำ หรือตรวจสอบพบได้อย่างถูกต้อง

N หมายถึง การตรวจสอบที่ไม่พบข้อบกพร่องเดิมซ้ำ หรือตรวจสอบไม่ถูกต้อง

จากสมการที่ 2.4 ถึง 2.7 เราสามารถคำนวณเกณฑ์การยอมรับทั้ง 4 ดัชนี ได้ดังนี้

ประเมินผล % ทรัพย์สินดีของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน ได้โดยนำข้อมูลผลการตรวจสอบได้เหมือนกันของพนักงานแต่ละคนมาประเมินดังนี้

% ทรัพย์สินดีของพนักงานคนที่ 1	=	$\frac{37}{38} \times 100\%$	=	97%
% ทรัพย์สินดีของพนักงานคนที่ 2	=	$\frac{37}{38} \times 100\%$	=	97%
% ทรัพย์สินดีของพนักงานคนที่ 3	=	$\frac{37}{38} \times 100\%$	=	97%
% ทรัพย์สินดีของพนักงานคนที่ 4	=	$\frac{37}{38} \times 100\%$	=	97%
% ทรัพย์สินดีของพนักงานคนที่ 5	=	$\frac{38}{38} \times 100\%$	=	100%
% ทรัพย์สินดีของพนักงานคนที่ 6	=	$\frac{37}{38} \times 100\%$	=	97%
% ทรัพย์สินดีของพนักงานคนที่ 7	=	$\frac{37}{38} \times 100\%$	=	97%
% ทรัพย์สินดีของพนักงานคนที่ 8	=	$\frac{36}{38} \times 100\%$	=	94%

ประเมินผล % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน ได้โดยนำข้อมูลผลการตรวจสอบที่ได้ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้องตามคุณภาพงานที่แท้จริงของพนักงานแต่ละคนมาประเมินดังนี้

% ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 1	=	$\frac{34}{38} \times 100\%$	=	89%
% ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 2	=	$\frac{35}{38} \times 100\%$	=	89%
% ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 3	=	$\frac{35}{38} \times 100\%$	=	89%
% ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 4	=	$\frac{36}{38} \times 100\%$	=	94%
% ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 5	=	$\frac{35}{38} \times 100\%$	=	89%
% ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 6	=	$\frac{34}{38} \times 100\%$	=	89%
% ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 7	=	$\frac{35}{38} \times 100\%$	=	89%
% ความไม่ไบอัสของพนักงานคนที่ 8	=	$\frac{34}{38} \times 100\%$	=	89%

จากนั้นจึงมาประเมินด้านความมีประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบโดยรวมทั้ง % ประสิทธิภาพด้านทรัพย์สินดีของการตรวจสอบว่าพนักงานตรวจสอบทุกคนตรวจได้ซ้ำและ

เหมือนกัน (โดยไม่คำนึงถึงคุณภาพงานที่แท้จริง) และประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบโดยพิจารณาว่าที่ตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกันมีความถูกต้องหรือไม่

$$\% \text{ประสิทธิผลด้านรีพิทเทบิลิตีของการตรวจสอบ} = \frac{34}{38} \times 100\% = 89\%$$

$$\% \text{ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ} = \frac{33}{38} \times 100\% = 86\%$$

#### 4.2 การประเมินความสามารถของกระบวนการ

การศึกษาความสามารถของกระบวนการพ่นสีตัวถังรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ สามารถศึกษาได้จากจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คัน ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลโดยใช้วิธีการคำนวณจำนวนสิ่งตัวอย่างที่มีการกระจายตัวแบบปัวซอง ที่มีนิยามถึงจำนวนความสำเร็จ ข้อบกพร่องเฉลี่ยที่เกิดขึ้นซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร (Gerald van Belle, 2002)

$$n = \frac{4}{(\sqrt{\theta_0} - \sqrt{\theta_1})^2} \quad (1)$$

โดยที่  $\theta_0$  และ  $\theta_1$  คือ ค่าเฉลี่ยของโอกาสที่จะพบข้อบกพร่อง ของข้อมูลชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2

- ข้อมูลชุดที่ 1 (ข้อมูลในปัจจุบันหรือก่อนการปรับปรุง)

ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 330 คัน ได้จำนวนข้อบกพร่องที่เลือกจะแก้ไข 130 ข้อบกพร่อง ดังนั้นโอกาสในการพบข้อบกพร่อง เท่ากับ 0.40 โดยมีรายละเอียดข้อบกพร่องดังตารางที่ 4.3 คือ

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลชนิดของข้อบกพร่องที่พบซึ่งใช้ในการคำนวณจำนวนสิ่งตัวอย่าง

ชนิดข้อบกพร่อง	จำนวน
FIBER (เส้นใย)	52
DUST DIRST (เม็ดผง)	22
SURFACER DUST (เม็ดพื้น)	13
INSECT (แมลง)	6
CRATER (หลุม)	21
COLOR DROP (สีหยด)	2
DENT (รอยบุบ)	4
CLEAR DROP (เคลียร์หยด)	3
SCRATCH (รอยขีด)	3
COLOR STAIN (สีเป็นคราบ)	12
SAGGING (สีไหล)	7
OTHER (อื่น ๆ)	7

- ข้อมูลชุดที่ 2 (ข้อมูลหลังการปรับปรุง)

เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงได้ ดังนั้นจึงทำการประมาณจากการตั้งเป้าหมายการลดข้อบกพร่องไว้ที่ 40% ที่เป็นค่าเป้าหมายในกรณีที่ไม่ต้องลงทุนสูง และสามารถทำได้ภายในระยะเวลาในการทำงานวิจัยนี้ซึ่งจะทำให้หลังการปรับปรุงมีข้อบกพร่องเหลืออยู่ 60% ดังนั้นจึงนำค่าเป้าหมายมาใช้ในการคำนวณค่าประมาณข้อมูลหลังการปรับปรุงดังนี้

$$0.40 \times 60\% = 0.24$$

และเมื่อนำโอกาสการเกิดข้อบกพร่องที่ได้มาคำนวณหาขนาดสิ่งตัวอย่างได้เท่ากับ

$$\begin{aligned} &= 4 / (\sqrt{0.40} - \sqrt{0.24})^2 \\ &= 196.82 = 197 \text{ คัน} \end{aligned}$$

แต่ในการเก็บข้อมูลจริงไม่ได้เก็บข้อมูลเท่ากับที่ได้คำนวณไว้ โดยได้ทำการเก็บข้อมูลตามจำนวนรถที่ผลิตจริงในวันที่ได้ทำการเก็บข้อมูลซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลเป็นจำนวนทั้งหมด 364 คัน ได้ว่าจำนวนข้อบกพร่องที่เลือกจะทำการแก้ไข 135 ข้อบกพร่อง จากจำนวนข้อบกพร่องทั้งหมด 149 ข้อบกพร่อง ดังนั้นจะได้ว่าจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คันคือ

$$\begin{aligned} \text{จำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ย} &= \frac{\text{จำนวนข้อบกพร่องที่พบ}}{\text{จำนวนรถที่ตรวจสอบ (คัน)}} = \frac{135}{364} \\ &= 0.371 = 0.37 \text{ ข้อบกพร่อง} \end{aligned}$$

โดยรายละเอียดของข้อบกพร่องแต่ละชนิดที่ได้ทำการเก็บข้อมูลมาทั้ง 149 ข้อบกพร่องสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลชนิดของข้อบกพร่องที่พบในการเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุง

ชนิด	จำนวน
FIBER (เส้นใย)	55
DUST DIRST (เม็ดผง)	22
SURFACER DUST (เม็ดพื้น)	9
INSECT (แมลง)	3
CRATER (สีเป็นหลุม)	12
THINNER DROP (ทินเนอร์หยด)	2
DENT (รอยบุบ)	1
SCRATCH (สีเป็นรอยขีด)	13
COLOR STAIN (สีเป็นคราบ)	18
SAGGING (สีไหล)	6
OTHER (อื่น ๆ)	8



โดยหากคิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมเฉพาะข้อบกพร่องที่เลือกจะแก้ไขนั้นสามารถคำนวณและแบ่งชนิดข้อบกพร่องตามวิธีที่ใช้ซ่อมได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายในการซ่อมเฉพาะข้อบกพร่องที่เลือกจะแก้ไขแบ่งชนิดตามวิธีที่ใช้ซ่อม

	ซ่อมสีแห้งช้าเฉพาะจุด	ซ่อมสีแห้งช้าขนาดใหญ่	ขัดซ่อมสีใหม่ทั้งคัน	รวม
เส้นใย	45	8	2	55
สีเป็นคราบ	12	5	1	18
สีเป็นรอยขีด	9	4	0	13
เม็ดผง	21	1	0	22
สีไหล	4	3	1	6
เม็ดพื้น	7	2	0	9
สีเป็นหลุม	10	2	0	12
<b>รวม</b>	<b>108</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>135</b>

ดังนั้นจึงสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการซ่อมซ็อบกพร่องเฉพาะซ็อบกพร่องที่เลือกทำการแก้ไขแบ่งตามชนิดการซ่อมได้ดังนี้

1) การซ่อมสีแห้งซ้ำเฉพาะจุด พบ 108 ซ็อบกพร่อง

คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการซ่อมเท่ากับ

$$= 192.5 \times 108 = 20,790 \text{ บาท}$$

2) การซ่อมสีแห้งซ้ำขนาดใหญ่ พบ 25 ซ็อบกพร่อง

$$= 345 \times 25 = 8,625 \text{ บาท}$$

3) การขัดซ่อมทั้งคันเพื่อพ่นใหม่ พบ 4 ซ็อบกพร่อง

$$= 2585 \times 4 = 10,340 \text{ บาท}$$

เมื่อรวมค่าใช้จ่ายในการซ่อมทั้งหมด แล้วนำมาเฉลี่ยด้วยจำนวนรถที่ตรวจสอบจะได้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมเฉลี่ยต่อรถ 1 คันคือ

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการซ่อมเฉลี่ย} &= \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการซ่อมซ็อบกพร่อง (บาท)}}{\text{จำนวนรถที่ตรวจสอบ (คัน)}} \\ &= \frac{12127.5 + 19665 + 38775 \text{ (บาท)}}{364 \text{ (คัน)}} \\ &= 87.89 \text{ บาท} = 88 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมซ็อบกพร่องนอกสายการผลิตโดยเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณด้วยจำนวน 364 คันคือ 88 บาทต่อคัน

#### 4.3 การระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อหาปัจจัยนำเข้า (Key Process Input Variable)

ในขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมความคิดของทีมงานซึ่งประกอบไปด้วย วิศวกรด้านกระบวนการสีรวมผู้จัดทำงานวิจัย 4 คน วิศวกรด้านตรวจสอบคุณภาพงานสี 1 คน และหัวหน้าคนงานทั่วไป 5 คน รวมทั้งหมด 10คน โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ในการระดมสมองเพื่อกำหนดปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการเกิดซ็อบกพร่องหลักทั้ง 7 ชนิดดังนี้

- จัดทำแผนภาพก้างปลาหรือแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดซ็อบกพร่องหลักทั้ง 7 ชนิด โดยในการจัดทำจะเปิดโอกาสให้ทีมงานทุกคนได้เสนอความคิดเห็นอย่างเท่าเทียมและเป็นอิสระต่อกันในทุกปัจจัย แล้วจึงรวบรวมและแยกประเด็นต่าง ๆ มาจัดทำแผนภาพ

- นำปัจจัยทั้งหมดที่พิจารณาโดยทีมงานแล้วมาใช้ในการให้คะแนนและค่าถ่วงน้ำหนัก ความสำคัญ ซึ่งใช้หลักการของตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ที่จะต้องมีการเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยจากคะแนนที่ได้รวบรวมมาเพื่อทำการตัดปัจจัยที่คาดว่าจะมีโอกาสส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องหลักทั้ง 7 ที่มีคะแนนน้อยออกไป

- จากนั้นนำปัจจัยที่เหลือซึ่งคาดว่าจะส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องสูงมาทำการวิเคราะห์ ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis) โดยใช้การระดมสมอง จากทีมงานในหัวข้อโอกาสที่จะเกิด (Occurrence Score : O) ความรุนแรงของการส่งผลกระทบ (Severity Score : S) และการพิจารณาระบบตรวจจับ (Detection Score : D)

#### 4.3.1 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องจากแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนภาพสาเหตุและผล หรือแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ถูกนำมาใช้เป็น เครื่องมือช่วยในการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุต่าง ๆ ของการเกิดข้อบกพร่องหลัก 7 ชนิด ซึ่งจะทำให้ การวิเคราะห์โดยแบ่งหัวข้อหลักออกเป็น 6 กลุ่มคือ

- สาเหตุที่เกิดจากบุคคลหรือพนักงาน (Man)
- สาเหตุจากเครื่องจักร (Machine)
- สาเหตุจากวัตถุดิบ (Material)
- สาเหตุจากวิธีการทำงาน (Method)
- สาเหตุจากกระบวนการวัด (Measurement)
- สาเหตุจากสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิต (Environment)

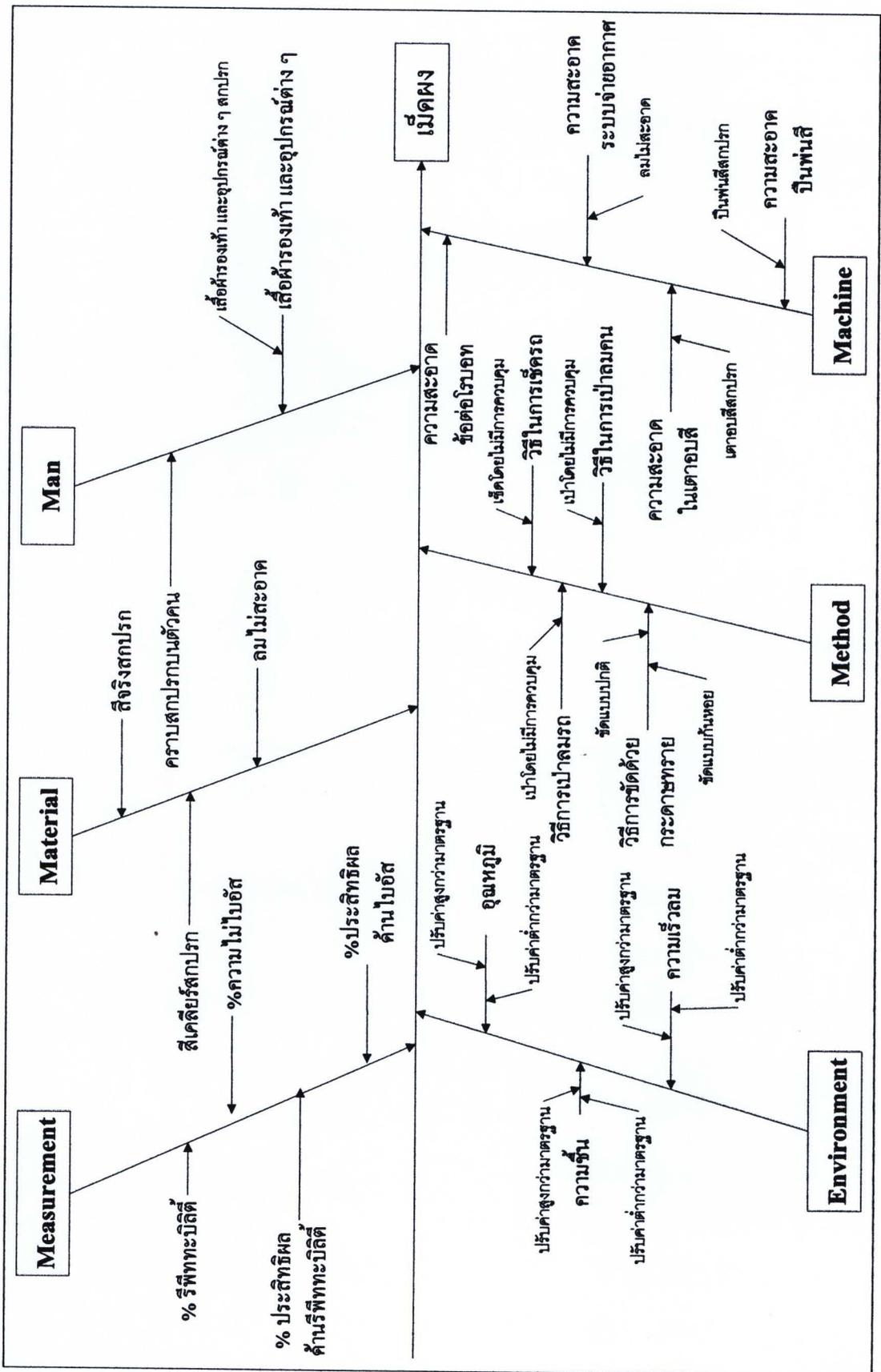
โดยวิธีที่ใช้ในการค้นหาสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีโอกาสเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิด ข้อบกพร่องขึ้น ซึ่งการระดมสมองของทีมงานมีวิธีการดังนี้

1) ทำการศึกษากระบวนการและขั้นตอนการพนีสัตว์ถึงรถยนต์โดยละเอียด โดยศึกษาข้อมูลของฝ่ายพนีสัตว์ถึงและทำการเก็บข้อมูลที่หน่วยงานจริง เพื่อให้สามารถเข้าใจและชี้ บ่งปัจจัยต่างๆ ที่มีโอกาสก่อให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการพนีสัตว์ถึงรถยนต์ได้

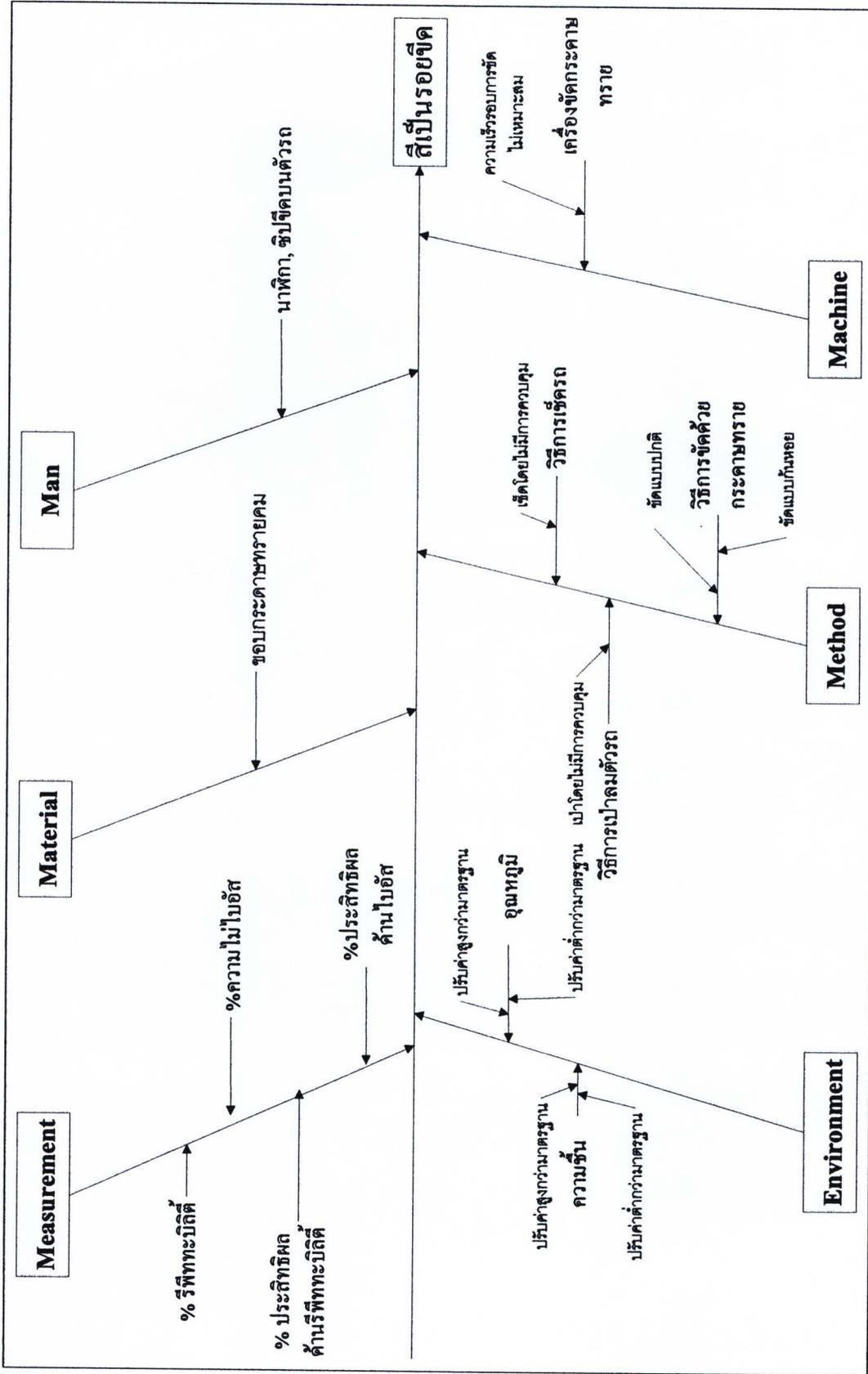
2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและเรียกประชุมทีมงานเพื่อชี้บ่งปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่มีโอกาสก่อให้เกิดข้อบกพร่องขึ้นที่ตัวถึงรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้หลักการของ แผนภาพสาเหตุและผล ซึ่งปัจจัยที่เป็นไปได้ในแต่ละข้อบกพร่องแสดงได้ดังต่อไปนี้



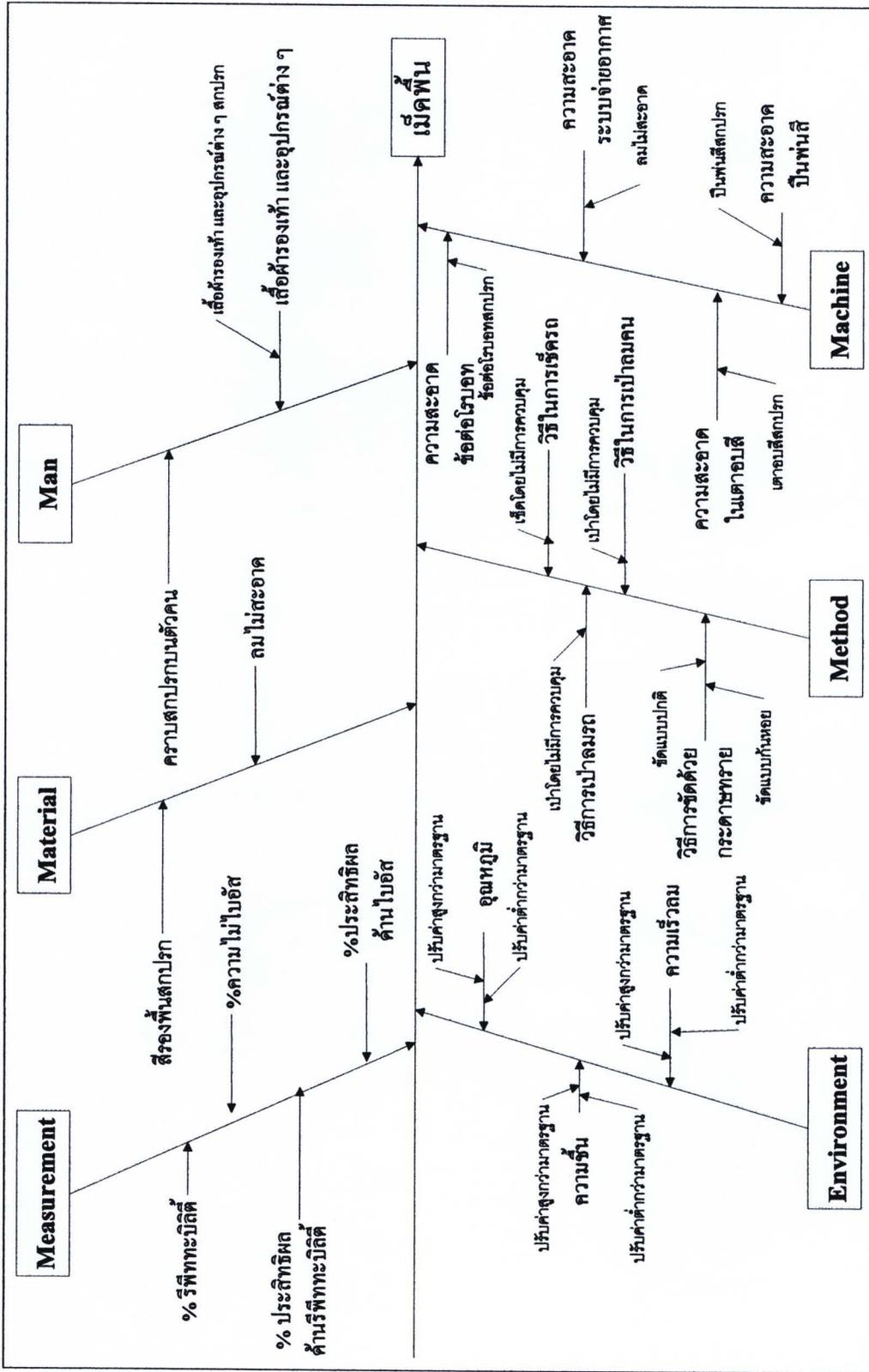




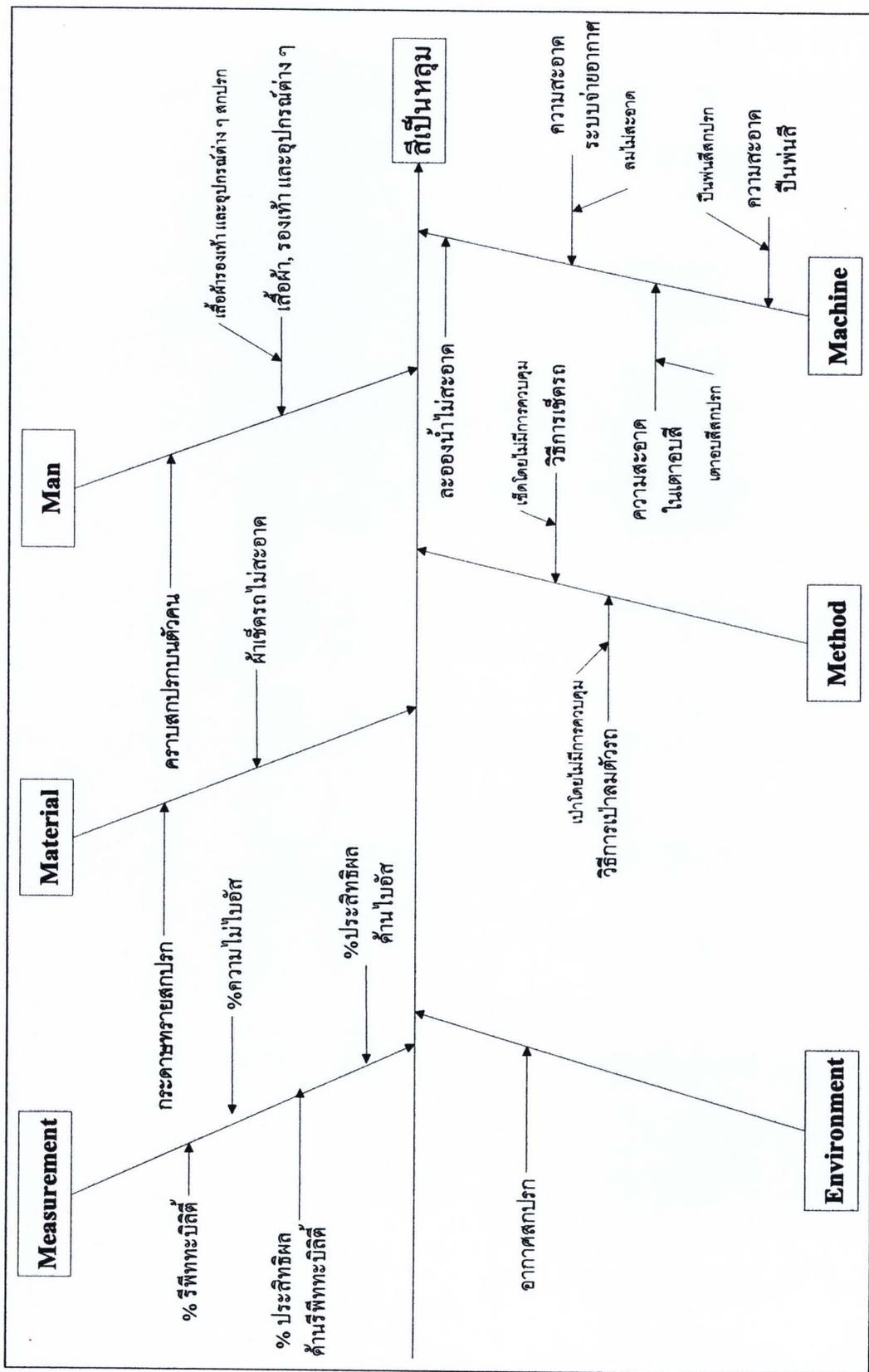
รูปที่ 4.3 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องเมื่อดอง



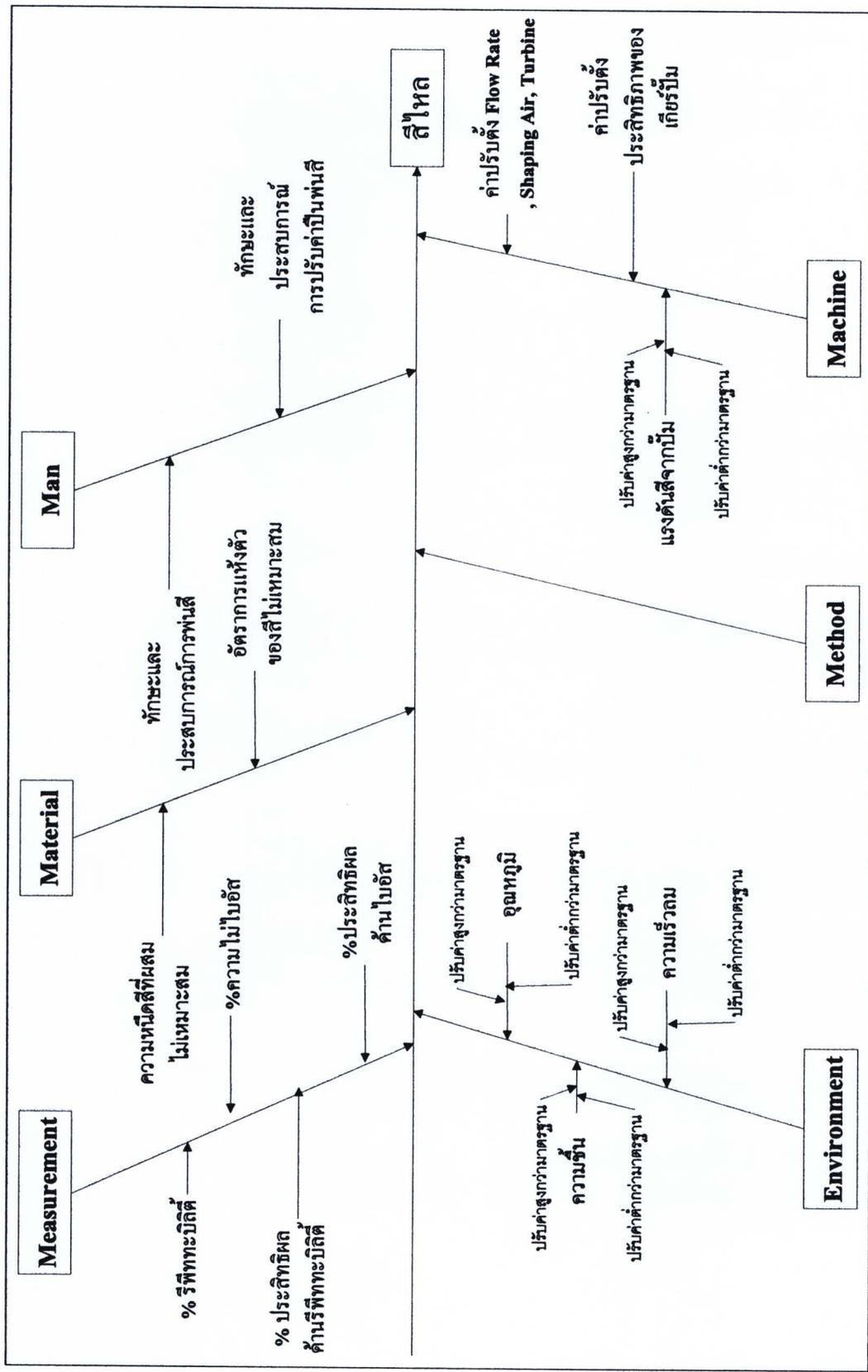
รูปที่ 4.4 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสำเร็จ



รูปที่ 4.5 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องเมตริก



รูปที่ 4.6 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องดีเป็นหลุม



รูปที่ 4.7 แผนภาพการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องสี่ไหล

#### 4.3.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

หลังจากการระดมสมองของทีมงานทำให้ได้ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องที่เราเลือกมาแก้ไขทั้ง 7 ชนิดแล้ว จากนั้นทำการกำหนดปัจจัยนำเข้าที่นำจะมีผล หรือ KPIV โดยการนำปัจจัยทั้งหมดมาใช้ในการให้คะแนนและค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญที่ใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล หรือ Cause and Effect Matrix ซึ่งมีการให้ความสำคัญกับข้อบกพร่องทั้ง 7 ชนิดโดยคิดจากปัจจัย 2 ปัจจัยคือ ความถี่ในการเกิดและผลกระทบเนื่องจากการนำออกไปช่อมนอกสายการผลิต ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์การให้ความสำคัญตามหัวข้อดังนี้

ความถี่ (อ้างอิงข้อมูลจากจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในเดือนมกราคม 2552 – มิถุนายน 2552)

มีความถี่ในการเกิดข้อบกพร่องมากเป็นอันดับที่ 1	มีค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ	5 คะแนน
มีความถี่ในการเกิดข้อบกพร่องมากเป็นอันดับที่ 2	มีค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ	4 คะแนน
มีความถี่ในการเกิดข้อบกพร่องมากเป็นอันดับที่ 3	มีค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ	3 คะแนน
มีความถี่ในการเกิดข้อบกพร่องมากเป็นอันดับที่ 4	มีค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ	2 คะแนน
มีความถี่ในการเกิดข้อบกพร่องตั้งแต่อันดับที่ 5	ไม่มีค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ	1 คะแนน

ผลกระทบเนื่องจากการนำออกไปช่อมนอกสายการผลิต (อ้างอิงข้อมูลจากค่าใช้จ่ายในการช่อม

ข้อบกพร่องเดือนมกราคม 2552 – มิถุนายน 2552)

มีค่าใช้จ่ายในการช่อมข้อบกพร่องมากเป็นอันดับที่ 1	มีค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ	5 คะแนน
มีค่าใช้จ่ายในการช่อมข้อบกพร่องมากเป็นอันดับที่ 2	มีค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ	4 คะแนน
มีค่าใช้จ่ายในการช่อมข้อบกพร่องมากเป็นอันดับที่ 3	มีค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ	3 คะแนน
มีค่าใช้จ่ายในการช่อมข้อบกพร่องมากเป็นอันดับที่ 4	มีค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ	2 คะแนน
มีค่าใช้จ่ายในการช่อมข้อบกพร่องตั้งแต่อันดับที่ 5	ไม่มีค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญ	1 คะแนน

ดังนั้นเมื่อรวมคะแนนจาก 2 หัวข้อ สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 คะแนนความสำคัญที่ใช้ในการถ่วงน้ำหนักของข้อบกพร่องแต่ละชนิด (อ้างอิงข้อมูลในเดือน มกราคม 2552 – มิถุนายน 2552 โดยมีจำนวนสิ่งตัวอย่างเท่ากับ 34,447 คัน)

	คะแนนความสำคัญที่ใช้ในการถ่วงน้ำหนัก						
	คะแนนของจำนวนข้อบกพร่อง			คะแนนของค่าใช้จ่ายในการซ่อม			รวม
	จำนวนข้อบกพร่อง	อันดับ	คะแนน	ค่าใช้จ่ายในการซ่อม	อันดับ	คะแนน	
เส้นใย	2,381	1	5	612,225	1	5	10
เม็ดผง	1,291	2	4	331,255	4	2	6
สีเป็นคราบ	412	5	1	545,543	2	4	5
สีเป็นรอยขีด	284	6	1	335,665	3	3	4
สีไหล	173	7	1	255,758	5	1	2
เม็ดพื้น	530	3	3	142,365	6	1	4
สีเป็นหลุม	464	4	2	72,610	8	1	3

ทำการให้คะแนนประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลมาใส่ในตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) โดยมีการกำหนดคะแนนระดับความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล ที่ได้อ้างอิงจากเกณฑ์การกำหนดคะแนนของตารางแสดงระดับความสัมพันธ์ใน 7 New QC Tools ที่พัฒนาโดยองค์กร JUSE ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล

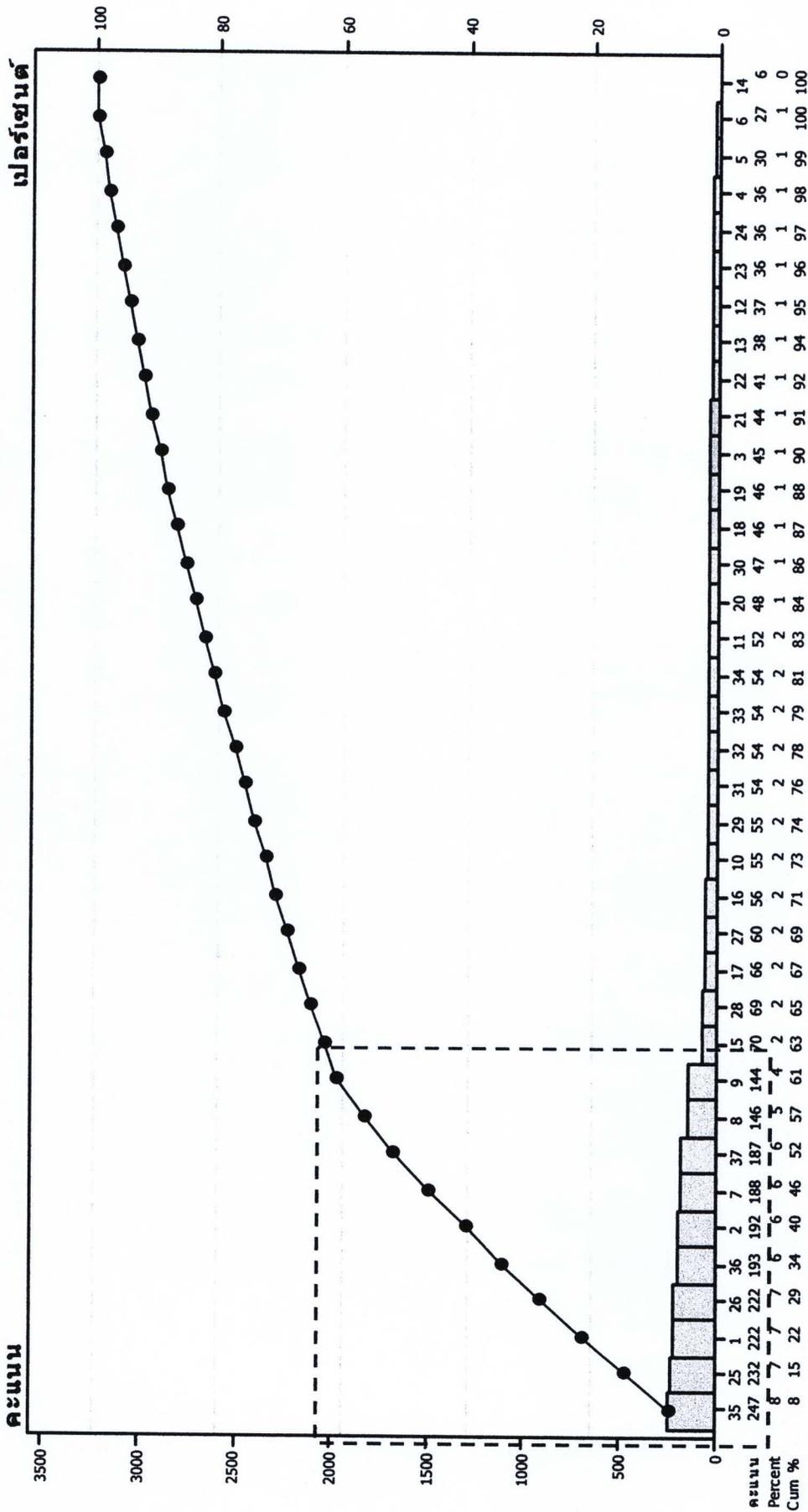
ระดับความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล	คะแนน
1. ระดับสูง คือเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงและมีความสัมพันธ์ในการก่อให้เกิดข้อบกพร่องมากๆ	9
2. ระดับปานกลาง คือเป็นปัจจัยที่มีผลปานกลางและมีความสัมพันธ์กับการเกิดข้อบกพร่องนั้น ๆ แต่ไม่มาก	3
3. ระดับต่ำ คือเป็นปัจจัยที่มีผลน้อยและมีความสัมพันธ์กับการเกิดข้อบกพร่องแบบนั้นน้อย	1
4. ระดับต่ำมาก คือไม่มีความสัมพันธ์และส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องแบบนั้น ๆ น้อยมาก	0

ให้ทีมงานทำการลงคะแนนความสัมพันธ์ ที่อ้างอิงเกณฑ์ตามตารางที่ 4.8 ซึ่งต้องนำไปคูณกับคะแนนความสำคัญที่ใช้ในการถ่วงน้ำหนักของแต่ละข้อบกพร่อง แล้วจึงรวมคะแนนของแต่ละปัจจัยในทุกข้อบกพร่องดังตารางที่ 4.9 หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้มาเรียงลำดับจากมากไปน้อยเพื่อที่จะทำการตัดปัจจัยที่มีคะแนนน้อยอย่างเห็นได้ชัดออกไปดังแสดงในรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.9 การทำ Cause and Effect Matrix

ลำดับที่	Area Cause (5M1E)	ปัจจัยน่ารำคาญ	ชนิดของข้อบกพร่องและค่าถ่วงน้ำหนัก							รวม
			เดินโย	ดีเป็นครบ	ดีเป็นรอยขีด	เปิดผง	สีไหล	เปิดพื้น	ดีเป็นกลม	
1	MAN	เสื้อผ้า, รองเท้า และอุปกรณ์ต่าง ๆ	9	9	3	9	0	3	3	222
2	MAN	ความสกปรกบนตัวคน	9	9	0	3	0	3	9	192
3	MAN	ขน, ผม และขนตา	3	1	0	1	0	1	0	45
4	MAN	นาฬิกา, ยิปซอบนตัวรถ	0	0	9	0	0	0	0	36
5	MAN	ทักษะและประสบการณ์การปรับค่าเป็นฟนลิ	1	0	1	1	3	1	0	30
6	MAN	ทักษะและประสบการณ์การฟนลิ	0	1	1	0	9	0	0	27
7	MACHINE	ความสะอาดในแคออบลิ	9	1	0	9	0	3	9	188
8	MACHINE	ค่าปรับตั้งประสิทธิภาพเกียร์บี	9	1	0	3	9	3	1	146
9	MACHINE	ความสะอาดต่อโรบอท	9	0	0	9	0	0	0	144
10	MACHINE	ความสะอาดระบบจ่ายอากาศ	3	0	0	3	0	1	1	55
11	MACHINE	ความสะอาดเป็นฟนลิ	3	0	0	3	0	1	0	52
12	MACHINE	เครื่องขัดกระดาษทราย	1	1	3	1	0	1	0	37
13	MACHINE	ประสิทธิภาพของเกียร์บี	1	0	0	1	9	1	0	38
14	MACHINE	แรงดันสติกจากบี	0	0	0	0	3	0	0	6
15	MATERIAL	ผ้าเช็ดรถไม่สะอาด	1	9	0	1	0	0	3	70
16	MATERIAL	ลิคคิลยร์สกปรก	3	1	0	3	0	0	1	56
17	MATERIAL	สีรองพื้นสกปรก	1	1	0	1	0	9	3	66
18	MATERIAL	ความหนืดสีที่ผสม	3	0	0	1	3	1	0	46
19	MATERIAL	อัตราการแห้งตัว	3	0	0	1	3	1	0	46
20	MATERIAL	กระดาษทรายสกปรก	1	3	1	1	0	1	3	48
21	MATERIAL	ละอองน้ำไม่สะอาด	1	3	0	1	0	1	3	44
22	MATERIAL	ลมไม่สะอาด	1	0	0	3	0	1	3	41
23	MATERIAL	สีจริงสกปรก	1	1	0	3	0	0	1	36
24	MATERIAL	ขอบกระดาษทรายคม	0	0	9	0	0	0	0	36
25	METHOD	วิธีในการเช็ดรถ	9	9	1	9	0	3	9	232
26	METHOD	วิธีเป่าลมรถ	9	9	3	9	0	3	3	222
27	METHOD	วิธีในการปาลมคน	3	1	0	3	0	1	1	60
28	METHOD	วิธีการขัดด้วยกระดาษทราย	1	1	9	1	0	3	0	69
29	METHOD	วิธีการปรับค่าเป็นฟนลิ	1	1	1	3	9	0	0	55
30	METHOD	วิธีการฟนลิ	1	1	1	1	9	1	0	47
31	MEASUREMENT	% วัสดุที่หะบิลลิ	1	1	1	3	1	3	1	54
32	MEASUREMENT	% ความไม่ไยล	1	1	1	3	1	3	1	54
33	MEASUREMENT	% ประสิทธิภาพค้ำเบิฟิหะบิลลิ	1	1	1	3	1	3	1	54
34	MEASUREMENT	% ประสิทธิภาพค้ำเบิฟิหะบิลลิ	1	1	1	3	1	3	1	54
35	ENVIRONMENT	อุณหภูมิ	9	9	1	9	9	9	0	247
36	ENVIRONMENT	ความเร็วลม	9	3	1	9	9	3	0	193
37	ENVIRONMENT	ความชื้น	9	9	1	3	9	3	0	187

# กราฟพารेटอคะแนนของการวิเคราะห์ Cause and Effect Matrix



รูปที่ 4.8 แผนภูมิแท่งเรียงลำดับคะแนนของการวิเคราะห์ Cause and Effect Matrix

ดังนั้นสามารถสรุปสาเหตุหลักที่มีคะแนนมากกว่า 100 คะแนน และมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดจากปัจจัยอื่นที่เหลือ โดยแบ่งแยกออกมาได้ 10 สาเหตุคือ

ตารางที่ 4.10 ปัจจัยนำเข้า 10 ปัจจัยที่มีคะแนนสูงกว่า 100 คะแนน

ลำดับที่	5M 1E	สาเหตุ	คะแนน
1	ENVIRONMENT	อุณหภูมิ	247
2	METHOD	วิธีการเช็ดรถ	232
3	MAN	เสื้อผ้า รองเท้า และอุปกรณ์ต่าง ๆ	222
4	METHOD	วิธีเป่าลมรถ	222
5	ENVIRONMENT	ความเร็วลม	193
6	MAN	คราบสกปรกบนตัวคน	192
7	MACHINE	ความสะดวกในเตาอบสี	188
8	ENVIRONMENT	ความชื้น	187
9	MACHINE	ค่าปรับตั้งประสิทธิภาพเกียร์บีม	146
10	MACHINE	ความสะดวกข้อต่อโรบอท	144

ซึ่งทั้ง 10 ปัจจัยนี้เป็นปัจจัยที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับผลตอบ (Response) คือจำนวนข้อบกพร่องหลักทั้ง 7 ข้อบกพร่อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- อุณหภูมิ

อุณหภูมิในห้องพ่นสีมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องคือ เนื่องจากสีเป็นสารที่ต้องมีตัวทำละลาย ดังนั้นการแห้งตัวของสีที่อุณหภูมิสูงจะแห้งตัวไวกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้หากเกิดอุณหภูมิสูงปัญหาละอองสีที่พ่นรวมตัวกันส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องเส้นใย เม็ดผง และเม็ดพื้น ขณะเดียวกันที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลกับพนักงานที่ทำงานในจุดต่าง ๆ เกิดเป็นเชื้อโคลติดตามตัวรถทำให้เกิดปัญหาสีเป็นคราบอีกด้วย ในทางตรงกันข้ามที่อุณหภูมิต่ำสีจะมีการแห้งที่ช้ากว่าปกติส่งผลให้เกิดปัญหาสีไหลได้อีกเช่นกัน

ปัจจัยนี้ส่งผลต่อข้อบกพร่อง 5 ประเภทคือ เส้นใย เม็ดผง เม็ดพื้น สีเป็นคราบ และสีไหล

- วิธีการเช็ดรถ

การเช็ดรถก่อนส่งเข้าห้องพ่นสีเป็นกระบวนการเตรียมผิวรถให้สะอาดก่อนเข้าห้องพ่นสี โดยเป็นกระบวนการที่ใช้ผ้าชนิดพิเศษที่มีเส้นใยน้อยเช็ดทำความสะอาดผิวรถเพื่อให้ไม่มีเม็ดผงและเส้นใยจาก

ฝุ่นผงในอากาศและจากฝุ่นสีจากการขัดซ่อมด้วยกระดาษทราย รวมถึงเช็ดทำความสะอาดคราบสกปรกจากเสื้อผ้า อุปกรณ์ต่าง ๆ และตัวคนออกให้หมด

ปัจจัยนี้ส่งผลต่อข้อบกพร่อง 4 ประเภทคือ เส้นใย เม็ดผง เม็ดพื้น และสีเป็นคราบ

- เสื้อผ้า รองเท้า และอุปกรณ์ต่าง ๆ

ฝุ่น ผง คราบน้ำมัน บนอุปกรณ์ที่พนักงานสวมใส่และใช้งาน เป็นอีกตัวแปรที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องในงานพ่นสีเนื่องจากเป็นส่วนที่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานตลอดเวลา หากมีฝุ่น ผง และคราบต่างๆ บนอุปกรณ์เหล่านั้นก็จะส่งผลกระทบต่อโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่องเนื่องจากการสัมผัสกับชิ้นงาน

ปัจจัยนี้ส่งผลต่อข้อบกพร่อง 4 ประเภทคือ เส้นใย เม็ดผง เม็ดพื้น และสีเป็นคราบ

- วิธีการเป่าลมรถ

การเป่าลมรถเป็นกระบวนการที่ใช้ลมในการขจัดฝุ่นผง เส้นใย และทำให้ผิวงานแห้ง เนื่องจากการขัดด้วยกระดาษทรายแล้วใช้ผ้าเช็ดซึ่งจะมีฝุ่นผง เส้นใยจากการขัดไม่หมด และผิวชิ้นงานมีความชื้นอยู่ หากเข้าไปพ่นทันทีโดยไม่มีลมเป่าให้หมดและแห้ง จะทำให้เกิดข้อบกพร่องหลังการพ่นสี

ปัจจัยนี้ส่งผลต่อข้อบกพร่อง 4 ประเภทคือ เส้นใย เม็ดผง เม็ดพื้น และสีเป็นคราบ

- คราบสกปรกบนตัวคน

พนักงานที่ทำงานในห้องสีจะต้องสัมผัสกับตัวรถตลอดเวลาผ่านการใช้เครื่องมือป้องกันความปลอดภัยในการทำงาน เช่น ถุงมือ เครื่องแบบพนักงานห้องสี เครื่องขัดกระดาษทราย และในบางกระบวนการอย่าง การขัดสีพื้นและสีรองพื้น ที่พนักงานต้องใช้นิ้วเปล่าในการลูบเพื่อหาข้อบกพร่องที่จะทำการขัด ดังนั้นก่อนเข้าทำงานทุกคนหลังเริ่มงาน หรือกลับมาจากพักหากไม่มีการดูแลทำความสะอาดร่างกายให้ดีจะทำให้มีโอกาสที่ตัวของพนักงานจะโดนผิวงานทำให้ผิวงานมีคราบ และฝุ่นผงติดไปเป็นฝุ่น และคราบแบบเหนียว

ปัจจัยนี้ส่งผลต่อข้อบกพร่อง 2 ประเภทคือ เม็ดผง และสีเป็นคราบ

- ความเร็วลม

ในการพ่นสีจะใช้ลมในการตีสีให้เป็นละอองสีเพื่อให้มีความละเอียดและทับบถมกันขึ้นเป็นชั้นของสี ดังนั้นหลังการพ่นสีทุกครั้งทั้งในส่วนของการใช้หุ่นยนต์พ่นสี หรือใช้คนในการพ่นสีจะมีละอองของสีฟุ้งกระจายเกิดขึ้น ซึ่งหากละอองสีเหล่านั้นมีการรวมตัวกันก็จะเกิดเป็นเม็ดสี ถ้ามากกว่านั้นก็จะกลายเป็นใยสี ลอยไปตกลงบนผิวขอบชิ้นงานที่ยังเปียกอยู่ ทำให้ต้องวนไปซ่อมข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการใช้ลมในการจ่ายเข้าที่ด้านบนของห้องพ่นสีวิ่งลงไปที่ใต้ห้องพ่น โดยที่หากมีความเร็วลมที่มากก็จะต้องใช้

ปริมาณสีที่เยอะขึ้นในการพ่นซึ่งอาจทำให้ในบางบริเวณที่พ่นสีเข้าหาตัวรถในระยะใกล้กันเกิดสีไหล และความเร็วมอเตอร์ที่ใช้น้อยก็จะทำให้ละอองสีฟุ้งกระจายจับตัวกันเกิดปัญหาเส้นใย เม็ดผง และเม็ดพื้นตามมา

ปัจจัยนี้ส่งผลต่อข้อบกพร่อง 3 ประเภทคือ เส้นใย เม็ดผง เม็ดพื้น และสีไหล

- ความชื้น

สีเป็นของเหลวที่ใช้ตัวทำละลายเป็นทินเนอร์ ซึ่งต้องมีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมในการให้เวลาสีมีการเรียงตัวกันก่อนมีการแห้งตัว หากมีอัตราส่วนความชื้นที่สูงจะทำให้สีมีการแห้งตัวที่ช้าเกินไปทำให้มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องประเภทสีไหล และถ้ามีอัตราส่วนความชื้นที่ต่ำจะทำให้สีมีการแห้งตัวที่เร็วเกิดข้อบกพร่องประเภทสีเป็นคราบและเส้นใยได้

ปัจจัยนี้ส่งผลต่อข้อบกพร่อง 3 ประเภทคือ เส้นใย สีเป็นคราบ และสีไหล

- ความสะอาดในเตาอบสี

กระบวนการอบสีเป็นกระบวนการที่ต่อจากการพ่นสีซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้ผิวสีที่เปียกมีการแห้งตัวสีและความเงาออกมา โดยเตาอบสีที่สะอาดจะทำให้มีโอกาสในการเกิดปัญหาฝุ่นผงและเส้นใยติดบนตัวรถน้อย แต่หากการทำความสะอาดเตาอบสีไม่ดีจะทำให้มีฝุ่นผง และเส้นใยลอยหมุนวนอยู่ในเตา ดังนั้นเมื่อรถที่ผ่านกระบวนการพ่นสีแล้วผิวสียังไม่แห้งตัววิ่งเข้าไปในเตาอบสีทำให้มีโอกาสที่จะมีฝุ่นผงและเส้นใยติดบนตัวรถหลังจากออกจากเตาอบสี

ปัจจัยนี้ส่งผลต่อข้อบกพร่อง 2 ประเภทคือ เส้นใย และเม็ดผง

- ค่าปรับตั้งประสิทธิภาพเกียร์บี้ม

เกียร์บี้มเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรีดอัดสีออกมา ซึ่งค่าปรับตั้งเป็นค่าที่ใช้กำหนดขนาดรูที่ยอมปล่อยให้สีออกมา โดยในการตั้งค่ามีหลักดังนี้ ค่ามากที่สุดที่ตั้งได้(เปิดให้สีออกมามากที่สุด)คือ 150 จนถึงค่าที่น้อยที่สุด (เปิดให้สีออกน้อยที่สุดเท่าที่ผู้ผลิตแนะนำ) คือ 100 ซึ่งปริมาณสีที่ออกมา หากปรับค่าไม่เหมาะสมคือปรับค่าประสิทธิภาพเกียร์บี้มมาก จะทำให้มีปริมาณสีออกมามากกว่าค่าที่กำหนดให้หุ่นยนต์พ่นสีพ่น ซึ่งทำให้เกิดสีไหล และหากปรับให้มือน้อยก็จะทำให้ปริมาณสีที่ออกมามีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดให้หุ่นยนต์พ่นสีพ่น ซึ่งทำให้เกิดสีบาง และยังทำให้สีที่ออกมามีลักษณะเป็นเม็ดเนื่องจากปริมาณสีกับปริมาณลมที่ออกมาไม่สมดุลกันเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภทเม็ดผงได้

ปัจจัยนี้ส่งผลต่อข้อบกพร่อง 2 ประเภทคือ เม็ดผง และสีไหล

- ความสะอาดของข้อต่อโรบอท

ในกระบวนการผลิตปัจจุบันมีการใช้โรบอทเป็นจำนวนมาก แบ่งออกเป็นห้องพ่นสีจริง เบอร์ 1 ทั้งหมด 14 ตัว ห้องพ่นสีจริงเบอร์ 2 ทั้งหมด 7 ตัว และห้องพ่นสีรองพื้นทั้งหมด 8 ตัว ซึ่งขณะที่โรบอททำการพ่นสีนั้นแขนของโรบอทซึ่งมีข้อต่ออยู่จะมีการยืดออก และเคลื่อนไหวพ่นสีโดยรอบรถ ดังนั้นการทำความสะอาดและป้องกันความสกปรกที่สะสมในข้อต่อจึงมีความสำคัญในการป้องกันโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่องขึ้น

ปัจจัยนี้ส่งผลต่อข้อบกพร่อง 3 ประเภทคือ เส้นใย เม็ดผง และเม็ดพื้น

#### 4.3.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis)

หลังจากที่ใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effects Matrix) ทำการหาปัจจัยนำเข้า (KPIV) ที่มีทั้งหมด 10 ปัจจัยที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์ต่อผลตอบ (Response) คือ ข้อบกพร่องหลักทั้ง 7 ประเภทแล้วนั้น จะต้องนำปัจจัยนำเข้าไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis) เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีโอกาสเกิดสูง ส่งผลกระทบรุนแรง และไม่มีตัวดักจับ เท่านั้นที่จะนำไปทำการทดลองในขั้นตอนถัดไป โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบดังนี้

1. จัดทำแผนภาพการไหลของกระบวนการ (หัวข้อที่ 3.2.2 แผนภาพการผลิต) เพื่อระบุรายละเอียดของกระบวนการ รวมถึงการใช้งานที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อข้อบกพร่องที่ทำการศึกษ
2. ระบุปัจจัยนำเข้า (Key Process Input) ที่ได้จากการวิเคราะห์ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)
3. กำหนดลักษณะของข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด (Potential Failure Mode)
4. กำหนดผลกระทบของข้อบกพร่องที่จะเกิด (Potential Failure Effect) ว่าส่งผลต่อผลิตภัณฑ์อย่างไร
5. ระบุคะแนนความรุนแรง (Severity Score: S) ของผลกระทบที่มีต่อแต่ละข้อบกพร่องซึ่งมาจากข้อมูลของปัจจุบันที่มีอยู่มาประกอบการพิจารณา โดยการประเมินคะแนนความร้ายแรงของแต่ละผลกระทบจะอยู่ในช่วงคะแนนน้อยคือ 1 ถึง คะแนนมากคือ 10 ที่จะบ่งบอกถึงความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตามลำดับคะแนน เกณฑ์ของช่วงคะแนนความร้ายแรง ได้กำหนดและอ้างอิงจากกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบของ AIAG ในปี 2001 โดยได้มีการดัดแปลงเพื่อให้เข้ากับงานวิจัยนี้
6. ระบุสาเหตุที่มีแนวโน้มในการเกิดข้อบกพร่อง (Potential Causes)

7. ระบุโอกาสในการเกิดของสาเหตุข้อบกพร่อง (Occurrence: C) ซึ่งเป็นการคาดคะเนความน่าจะเป็นที่สาเหตุของข้อบกพร่องที่ระบุจะเกิดขึ้น โดยช่วงคะแนนจะอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10 และอ้างอิงเกณฑ์จาก AIAG เช่นเดียวกับการกำหนดคะแนนความรุนแรง

8. ระบุวิธีการควบคุมกระบวนการในปัจจุบัน (Current Process Control) ที่ใช้ป้องกันลักษณะข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้ว่าจะเกิดขึ้น

9. ระบุการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection: D) หรือการประเมินถึงโอกาสที่จะตรวจพบข้อบกพร่อง โดยอ้างอิงกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุมของ AIAG ในปี 2001 ที่มีการแบ่งช่วงการให้คะแนนเป็นคะแนนน้อยคือ 1 ถึง คะแนนมากคือ 10 เช่นกัน

10. คำนวณตัวเลขแสดงความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) ซึ่งค่า RPN นั้นได้มาจากผลคูณของค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวข้างต้นคือ  $S \times O \times D$

สำหรับกฎเกณฑ์การประเมินนั้นสามารถดูได้จากตารางที่ 4.11 ถึง 4.13 ดังนี้

ตารางที่ 4.11 กฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (Severity Score: S)

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบ	คะแนน
ลูกค้าไม่ยอมรับทันที	พบข้อบกพร่องอยู่ในระดับสายตาพบเห็นโดยง่าย(100%) ลูกค้ามีความไม่พอใจมาก	10
	พบข้อบกพร่องอยู่ในระดับสายตาพบเห็นโดยง่าย(100%) ลูกค้ามีความไม่พอใจ	9
	พบข้อบกพร่องอยู่ในระดับสายตา สามารถพบเห็นได้(100%) หากตั้งใจสังเกตมากกว่า 1 ครั้ง	8
	พบข้อบกพร่องอยู่ในระดับสูงหรือต่ำกว่าระดับสายตา สามารถพบเห็นได้(100%) หากตั้งใจสังเกตมากกว่า 1 ครั้ง	7
	ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สังเกตเห็นได้ในระดับสายตาหากตั้งใจสังเกตมากกว่า 1 ครั้ง	6
	ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่ง (50%) สังเกตเห็นได้ในระดับสายตาหากตั้งใจสังเกตมากกว่า 1 ครั้ง	5
ลูกค้ายอมรับหากมีการซ่อมแก้ไข	ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สังเกตเห็นได้ในระดับสูงหรือต่ำกว่าระดับสายตาหากตั้งใจสังเกตมากกว่า 1 ครั้ง	4
	ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่ง (50%) สังเกตเห็นได้ในระดับสูงหรือต่ำกว่าระดับสายตาหากตั้งใจสังเกตมากกว่า 1 ครั้ง	3
	ลูกค้าประมาณส่วนน้อย (น้อยกว่า 25%) สังเกตเห็นข้อบกพร่องหากตั้งใจสังเกตมากกว่า 1 ครั้ง	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตได้	1

ตารางที่ 4.12 กฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดของสาเหตุข้อบกพร่อง (Occurrence Score: O)

โอกาสการเกิดขึ้นของสาเหตุข้อบกพร่อง	อัตราการเกิดขึ้นของสาเหตุข้อบกพร่องใน 1 สัปดาห์ (ทำงานตั้งแต่ 5 วันขึ้นไป ตรวจสอบสาเหตุวันละ 2 ครั้ง)	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ (ทุกวัน)	$\geq 10$ ครั้ง	10
	9 ครั้ง	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องจำนวนวันมากกว่าครึ่งหนึ่งของวันทำงาน	8 ครั้ง	8
	7 ครั้ง	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว ประมาณครึ่งหนึ่งของวันทำงาน	6 ครั้ง	6
	5 ครั้ง	5
	4 ครั้ง	4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของวันทำงาน	3 ครั้ง	3
	2 ครั้ง	2
ต่ำมาก : เกือบจะไม่มีโอกาสจะเกิดข้อบกพร่อง	$\leq 1$ ครั้ง	1

โดยเกณฑ์เรื่องการประเมินผลโอกาสการเกิดของสาเหตุข้อบกพร่องมีการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปแปลงเป็นคะแนนตามเกณฑ์นั้น ได้ทำการเก็บข้อมูลในสายการผลิตระหว่างวันที่ 11-24 มกราคม พ.ศ. 2553 ซึ่งข้อมูลที่ได้นำมาเฉลี่ยเป็นอัตราการเกิดใน 1 สัปดาห์ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.13 กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับ (Detection Score: D)

การตรวจจับ	ความเป็นไปได้ในการตรวจจับโดยกระบวนการตรวจสอบในปัจจุบัน	คะแนน
มีความไม่แน่นอนสูงมาก	ระบบการตรวจสอบไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้เลย	10
	มีโอกาสน้อยมาก ๆ ที่ระบบการตรวจสอบจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	9
	มีโอกาสน้อยมากที่ระบบการตรวจสอบจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	8
มีความไม่แน่นอนสูง	มีโอกาสน้อยที่ระบบการตรวจสอบจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	7
มีความไม่แน่นอนปานกลาง	มีโอกาspanกลางที่ระบบการตรวจสอบจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	6
		5
มีโอกาที่จะตรวจจับได้สูง	มีโอกาสน้อยที่ระบบการตรวจสอบจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	4
	มีโอกาสน้อยที่ระบบการตรวจสอบจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	3
	มีโอกาสน้อยมากที่ระบบการตรวจสอบจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	2
สามารถตรวจจับได้แน่นอน	ระบบการตรวจสอบสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้แน่นอน	1

โดยที่ผลการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) สามารถดูได้จากตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)

Process Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)										
No.	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV. Score	Potential Causes	Occurrence Frequency per week (2 weeks data collection)	OCC. Score	Current Controls	DET. Score	RPN
1	อุณหภูมิ	สีที่พ่นออกมามีอัตราการแห้งตัวที่ไม่เหมาะสม	เกิดข้อบกพร่องเส้นใย, เม็ดผง, เม็ดคั้น, สีเป็นคราบ และสีไหล	9	ค่าปรับตั้งของเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไม่เหมาะสม	18/2 = 9	9	ไม่มีการตรวจสอบกรณีปกติ แต่มีการตรวจสอบเมื่อเกิดข้อบกพร่องในปริมาณสูงเท่านั้น	10	810
2	วิธีในการเช็ดรถ	ใช้ผ้าเช็ดฝุ่นผงและคราบสกปรกออกไปไม่หมด	เกิดข้อบกพร่องเส้นใย, เม็ดผง, เม็ดคั้น และสีเป็นคราบ	8	เช็ดไม่ครอบคลุมทุกบริเวณ	11/2 = 5.5 = 6	6	มีขั้นตอนการทำ แต่ไม่มีการควบคุมและรูปแบบมาตรฐานในการเช็ดรถ	8	384
3	เสื้อผ้า, รองเท้า และอุปกรณ์ต่าง ๆ	เสื้อผ้า, รองเท้า และอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่สะอาดขณะเข้าไปทำงาน	เกิดข้อบกพร่องเส้นใย, เม็ดผง, เม็ดคั้น และสีเป็นคราบ	8	บริเวณที่ไม่สะอาดมีการสัมผัสกับตัวรถ	13/3 = 6.5 = 7	7	กำหนดให้มีการซักและล้างเปลี่ยนทุกวัน	2	112
4	วิธีเป่าลมรถ	ใช้เครื่องมือเป่าลมเป่าฝุ่นผงไม่หมดและเป่าคราบจากการเช็ดไม่แห้ง	เกิดข้อบกพร่องเส้นใย, เม็ดผง, เม็ดคั้น และสีเป็นคราบ	8	เป่าลมไม่ครอบคลุมทุกบริเวณ	16/2 = 8	8	มีขั้นตอนการทำ แต่ไม่มีการควบคุมและรูปแบบมาตรฐานในการเป่าลมรถ	8	512
5	คราบสกปรกบนตัวคน	คราบสกปรกของอวัยวะที่สัมผัสตัวรถติดบนตัวรถ	เกิดข้อบกพร่องเม็ดผง และสีเป็นคราบ	7	บริเวณที่ไม่สะอาดมีการสัมผัสกับตัวรถ	7/2 = 3.5 = 4	4	กำหนดให้มีล้างมือและล้างเป่าลมตัวทุกครั้งก่อนเข้าทำงาน	8	224

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) (ต่อ)

Process Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)										
No.	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	Occurrence Frequency per week (2 weeks data collection)	OCC	Current Controls	DET	RPN
6	ความเร็วลม	ลมมีความเร็วไม่เหมาะสมทำให้สีที่ฟุ้งกระจายในห้องพ่น ไม่ถูกดักจับลงบ่อน้ำได้ห้องพ่น	เกิดข้อบกพร่องเส้นใย, เม็ดผง และสีไหล	8	ค่าปรับตั้งของเครื่องควบคุมความเร็วลมไม่เหมาะสม	17/2 = 8.5 = 9	9	ไม่มีการตรวจสอบกรณีปกติ แต่มีการตรวจสอบเมื่อเกิดข้อบกพร่องในปริมาณสูงเท่านั้น	10	720
7	ความชื้น	สีที่พ่นออกมามีอัตราการแห้งตัวที่ไม่เหมาะสม	เกิดข้อบกพร่องเส้นใย, สีเป็นคราบ และสีไหล	8	ค่าปรับตั้งของเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไม่เหมาะสม	17/2 = 8.5 = 9	9	ไม่มีการตรวจสอบกรณีปกติ แต่มีการตรวจสอบเมื่อเกิดข้อบกพร่องในปริมาณสูงเท่านั้น	10	720
8	ความสะอาดในเตาอบสี	มีฝุ่นผงในเตาอบสีลอยมาเกาะตัวรถที่สียังไม่แห้ง	เกิดข้อบกพร่องเส้นใย และเม็ดผง	7	รอบในการกำหนดให้ทำความสะอาดไม่เหมาะสม	11/2 = 5.5 = 6	6	กำหนดให้ทำความสะอาดทุก 2 เดือน	3	126
9	ค่าปรับตั้งประสิทธิภาพเกี่ยวกับปริมาณสีที่พ่น	สีที่พ่นออกมาจากโรบอทมีปริมาณมากหรือน้อยกว่าที่ปรับตั้งไว้	เกิดข้อบกพร่องเม็ดผง และสีไหล	7	ค่าปรับตั้งประสิทธิภาพเกี่ยวกับปริมาณสีไม่เหมาะสม	8/2 = 4	4	มีการตรวจสอบในวันหยุดทำความสะอาด	6	168
10	ความสะอาดข้อต่อโรบอท	มีเม็ดสีและใยสีหลุดออกมาจากข้อต่อไปติดที่ตัวรถขณะพ่นสีอยู่	เกิดข้อบกพร่องเส้นใย, เม็ดผง และเม็ดหิน	7	รอบในการกำหนดให้ทำความสะอาดไม่เหมาะสม	9/2 = 4.5 = 5	5	กำหนดให้ทำความสะอาดทุกครั้งก่อนเริ่มทำงาน	8	280

หลังจากทำการให้คะแนนและวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis) ในแต่ละปัจจัยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำคะแนน RPN ที่แสดงถึงลักษณะและโอกาสในการเกิดความเสียหายที่ได้มาทำการคัดเลือกปัจจัยนำเข้า (KPIV) ที่จะไปวิเคราะห์และพิสูจน์สมมติฐาน โดยได้เลือกปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 7 ปัจจัยได้ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปัจจัยนำเข้าที่ต้องนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุและทดสอบความมีนัยสำคัญ

NO.	ปัจจัยนำเข้า (KPIV)	RPN
1	อุณหภูมิ	810
2	วิธีในการเชื่อม	384
4	วิธีเป่าลมรถ	512
5	คราบสกปรกบนตัวคน	224
6	ความเร็วลม	720
7	ความชื้น	720
10	ความสะอาดข้อต่อโรบอท	280

#### 4.4 สรุประยะเวลาการวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา

- ระยะเวลาการวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา เริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด โดยทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) หลังจากการวิเคราะห์พนักงานตรวจสอบทั้ง 8 คนที่ทำการตรวจสอบตัวถังรถยนต์ 3 คันซ้ำ 2 ครั้ง พบว่าพนักงานทั้ง 8 คนผ่านเกณฑ์การตรวจสอบในหัวข้อ % ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ (% appraiser score) % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score) % ประสิทธิภาพด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% screen effective score) และ % ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score) ทั้งหมดคือได้คะแนนมากกว่า 85% (โดย % ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบได้คะแนนน้อยที่สุดที่ 86%)

- จากนั้นจึงทำการประเมินความสามารถของกระบวนการซึ่งได้ข้อสรุปว่ากระบวนการในปัจจุบันที่ได้ทำการตรวจสอบรถทั้งหมด 364 คัน พบข้อบกพร่อง 135 ข้อบกพร่อง ดังนั้นได้จำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คันเท่ากับ 0.37 ข้อบกพร่อง และคำนวณค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่องโดยเฉลี่ยต่อรถ 1 คันคือ 88 บาท

- การระดมสมองเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้นั้นเริ่มจากการใช้แผนภาพสาเหตุและผล หรือแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) มาเพื่อสรุปหาสาเหตุทั้งหมดที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง แล้วทำการให้คะแนนและความสำคัญในการวิเคราะห์ปัญหาจากตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) พบว่าหลังการให้คะแนนเหลือสาเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องอยู่ 10 สาเหตุที่มีคะแนนรวมมากกว่า 100 คะแนน และมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดจากปัจจัยอื่นที่เหลือ จึงได้นำปัจจัยที่เหลือไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects

Analysis) ซึ่งหลังจากการให้คะแนน RPN ตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วได้ปัจจัยที่มีค่า RPN สูงอยู่ 7 ปัจจัยคือ อุณหภูมิ วิธีในการเขັดรถ วิธีในการเป่าลมรถ คราบสกปรกบนตัวคน ความเร็วลม ความชื้น และความสะอาดของข้อต่อโรบอท