บทที่ 5
การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่มีนัยสำคัญต่อปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีรถยนต์ โดยจะทำการวิเคราะห์เชิงสถิติ มีการเปรียบเทียบถึงแนวทางและรูปแบบที่ใช้ในการทดลอง หลังจากเลือกแนวทางและรูปแบบที่ใช้ในการทดลองแล้วจึงนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญซึ่งได้จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis) ในบทที่ 4 มาทำการทดลองและทดสอบนัยสำคัญซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 7 ปัจจัยคือ อุณหภูมิ วิธีในการเช็ดรถ วิธีในการเป่าลมรถ คราบสกปรกบนตัวคน ความเร็วลม ความชื้น และความสะอาดของข้อต่อโรบอท

โดยผลจากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่น่าจะมีผลกับการเกิดข้อบกพร่องและศึกษาการมีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย ที่จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงและวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

5.1 รูปแบบที่ใช้ในการทดลอง

ในการเลือกรูปแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากปัจจัยที่ได้ทำการศึกษาเป็นทั้งตัวแปรที่มีลักษณะเชิงคุณลักษณะ (Attribute Characteristic) และตัวแปรที่มีลักษณะเชิงรูปธรรมหรือวัดค่าได้ (Variable Characteristic) รวมถึงการทำการทดลองที่ต้องทำควบคู่ไปกับการผลิตจริงดังนั้นขนาดตัวอย่างจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก ผู้ทำงานวิจัยจึงได้ตัดสินใจเลือกชนิดของการทดลองเป็นแบบการออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment, DOE)

5.1.1 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE)

การออกแบบการทดลองที่เลือกคือการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k ที่มีปัจจัย 7 ปัจจัย แบบไม่มีจุดศูนย์กลาง เนื่องจากเป็นการทดลองที่ทดลองเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองเท่านั้นจึงไม่ต้องทำการทดลองปรับระดับของปัจจัยครบทุกระดับ ซึ่งเป็นการประหยัดทั้งเวลาที่ใช้และค่าใช้จ่ายที่สูงในการทดลอง โดยที่แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ที่มีทั้งข้อมูลแบบผันแปรและข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ซึ่งการออกแบบการทดลองสามารถสรุปข้อมูลได้ทั้งการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัย และการมีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยในการทดลอง

สำหรับการหาขนาดตัวอย่างที่ใช้ในแต่ละการทดลองนั้นสามารถอ้างอิงจากการคำนวณของสมการที่ 1 ในหัวข้อที่ 4.2 ที่นำค่าของข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คันซึ่งเท่ากับ 0.40 และค่าเป้าหมายที่ต้องการลดลงไปให้เหลือ 0.24 มาคำนวณได้ว่าต้องเก็บข้อมูลรถ 197 คันขึ้นไปในแต่ละการทดลอง โดยในการเก็บตัวอย่างจริงได้ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 200 คันต่อ 1 การทดลอง ซึ่งเมื่อคำนวณขนาดตัวอย่างที่

ต้องการทั้งหมดในการออกแบบการทดลองที่มีการทดลองจำนวน 16 การทดลอง ดังนั้นจะต้องใช้จำนวนรถในการทดลองอย่างน้อย 3,200 คัน

5.2 การกำหนดระดับของปัจจัยนำเข้าในการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้มีปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้งหมด 7 ปัจจัยคือ อุณหภูมิ วิธีในการเช็ดรถ วิธีในการเป่าลมรถ คราบสกปรกบนตัวคน ความเร็วลม ความชื้น และความสะอาดของข้อต่อโรบอท ซึ่งทั้ง 7 ปัจจัยจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดข้อบกพร่องหลัก โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกรูปแบบการออกแบบการทดลองแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k ที่มีปัจจัย 7 ปัจจัยแบบไม่มีจุดศูนย์กลาง และได้มีการกำหนดระดับการทดลองของปัจจัยนำเข้าปัจจัยละ 2 ระดับคือ ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (+1) ซึ่งระดับของแต่ละปัจจัยในการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ระดับของแต่ละปัจจัยในการทดลองเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญ

สัญลักษณ์ของปัจจัย	ปัจจัย	ประเภทของปัจจัย	ระดับต่ำ(-1)	ระดับสูง(+1)
A	อุณหภูมิ	แปรผัน	27	29
B	ความชื้น	แปรผัน	80	90
C	ความเร็วลม	แปรผัน	0.25	0.35
D	วิธีในการเป่าลมรถ	เชิงคุณลักษณะ	ไม่กำหนดทิศทาง	กำหนดทิศทาง
E	วิธีในการเช็ดรถ	เชิงคุณลักษณะ	ไม่กำหนดทิศทาง	กำหนดทิศทาง
F	คราบสกปรกบนตัวคน	เชิงคุณลักษณะ	ไม่มีข้อกำหนด	ล้างมือและเป่าลมตัวก่อนเข้าทำงาน
G	ความสะอาดของข้อต่อโรบอท	เชิงคุณลักษณะ	ทำความสะอาด 1 ครั้งต่อ 1 กะ	ทำความสะอาด 1 ครั้งต่อ 1 ช่วงการหยุดพัก

โดยที่ปัจจัย A, B และ C ค่าที่กำหนดในระดับต่ำและสูงคือค่าที่แนะนำมาจากผู้ผลิตสีซึ่งได้มีการออกแบบและทดลองสีให้ได้คุณสมบัติตามที่โรงงานกรณีศึกษาต้องการคืออุณหภูมิให้ปรับค่าอยู่ระหว่าง 27-29 องศาเซลเซียส ความชื้น 80-90% และความเร็วลม 0.25-0.35 เมตรต่อวินาที

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

5.3 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k ที่มีปัจจัย 7 ปัจจัยแบบไม่มีจุดศูนย์กลาง เพื่อใช้ในการหาความมีนัยสำคัญของปัจจัยแต่ละปัจจัยเมื่อมีการเปลี่ยนระดับของปัจจัยจากระดับต่ำ (-1) ไปยัง ระดับสูง (+1) โดยการทดลองนี้ไม่ได้เพิ่มจุดศูนย์กลางเข้าไปเนื่องจากเป็นการทดสอบความมีนัยสำคัญเมื่อเปลี่ยนระดับของปัจจัยจึงใช้แค่ 2 ระดับในแต่ละปัจจัยนำเข้าเท่านั้น ซึ่งการออกแบบการทดลองนี้จะทำให้ทราบถึงความมีอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างปัจจัยอีกด้วย เมื่อทราบว่าปัจจัยใดมีนัยสำคัญแล้ว จะนำเฉพาะปัจจัยที่มีนัยสำคัญไปทำการทดลองเพิ่มเติม โดยที่แต่ละปัจจัยมีมากกว่า 2 ระดับ เพื่อหาค่าของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Minitab มาช่วยในการออกแบบการทดลอง เพื่อใช้ในการสร้างตารางการออกแบบ (Design Matrix) โดยในการออกแบบกำหนดให้ลำดับการทดลองมีการสุ่ม (Randomization) เพื่อให้ผลการทดลองไม่เป็นลำดับและมีความเป็นอิสระ (Independent) ต่อกัน ในงานวิจัยนี้มีปัจจัยทั้งหมด 7 ปัจจัย แบ่งเป็นปัจจัยแปรผัน (Variable Factors) จำนวน 3 ปัจจัย และปัจจัยเชิงคุณลักษณะ (Attribute Factors) จำนวน 2 ปัจจัย โดยเลือกค่า Resolution เท่ากับระดับ IV จึงได้ทำการทดลองเป็นจำนวน 16 การทดลอง (run) รายละเอียดเป็นดังตารางที่ 5.2 และ 5.3

ตารางที่ 5.2 รายละเอียดการออกแบบการทดลองโดยโปรแกรม Minitab

Fractional Factorial Design

Factors:	7	Base Design:	7, 16	Resolution:	IV
Runs:	16	Replicates:	1	Fraction:	1/8
Blocks:	1	Center pts (total):	0		

Design Generators: E = ABC, F = BCD, G = ACD

Defining Relation: I = ABCE = BCDF = ACDG = ADEF = BDEG = ABFG = CEFG

Alias Structure

I + ABCE + ABFG + ACDG + ADEF + BCDF + BDEG + CEFG

A + BCE + BFG + CDG + DEF + ABCDF + ABDEG + ACEFG
B + ACE + AFG + CDF + DEG + ABCDG + ABDEF + BCEFG
C + ABE + ADG + BDF + EFG + ABCFG + ACDEF + BCDEG
D + ACG + AEF + BCF + BEG + ABCDE + ABDFG + CDEFG
E + ABC + ADF + BDG + CFG + ABEFG + ACDEG + BCDEF
F + ABG + ADE + BCD + CEG + ABCEF + ACDFG + BDEFG
G + ABF + ACD + BDE + CEF + ABCEG + ADEFG + BCDFG
AB + CE + FG + ACDF + ADEG + BCDG + BDEF + ABCEFG
AC + BE + DG + ABDF + AEFG + BCFG + CDEF + ABCDEG
AD + CG + EF + ABCF + ABEG + BCDE + BDFG + ACDEFG
AE + BC + DF + ABDG + ACFG + BEFG + CDEG + ABCDEF
AF + BG + DE + ABCD + ACEG + BCEF + CDFG + ABDEFG
AG + BF + CD + ABDE + ACEF + BCEG + DEFG + ABCDFG
BD + CF + EG + ABCG + ABEF + ACDE + ADFG + BCDEFG
ABD + ACF + AEG + BCG + BEF + CDE + DFG + ABCDEFG

ตารางที่ 5.3 ตารางการออกแบบ (Design Matrix) เพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง

Design Table (randomized)

Run	A	B	C	D	E	F	G
1	-	-	+	+	+	-	-
2	+	+	-	-	-	+	+
3	-	-	-	+	-	+	+
4	+	+	+	+	+	+	+
5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	+	+	-	-	-	+
7	+	+	-	+	-	-	-
8	+	-	+	-	-	+	-
9	+	+	+	-	+	-	-
10	-	+	+	+	-	+	-
11	-	+	-	-	+	+	-
12	-	-	+	-	+	+	+
13	+	-	-	+	+	+	-
14	-	+	-	+	+	-	+
15	+	-	+	+	-	-	+
16	+	-	-	-	+	-	+

เมื่อสัญลักษณ์ (-) หมายถึงระดับต่ำ และสัญลักษณ์ (+) หมายถึงระดับสูง

5.4 ตัวแปรตอบสนอง (Response) และการแปลงค่า (Transformation)

ในงานวิจัยนี้สนใจผลกระทบของการเกิดข้อบกพร่องหลักที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีรถยนต์ โดยใช้การตรวจสอบด้วยสายตา และทำการประเมินผลเป็นแบบ ยอมรับ/ปฏิเสธ หรือ ผ่าน/ไม่ผ่าน ในแต่ละข้อบกพร่องที่พบ แล้วนับจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ดังนั้นตัวแปรตอบสนองที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้คือ จำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยของกระบวนการพ่นสีรถยนต์นั่นเอง

เนื่องจากตัวแปรตอบสนองในงานวิจัยนี้เป็นจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยซึ่งเป็นคำนิยามของการกระจายตัวแบบปัวซองซ์ (Poisson) ดังนั้นก่อนการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาความมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง จะต้องมีการแปลงค่าตัวแปรตอบสนองก่อน เนื่องจากหากนำค่าที่ได้จากการทดลองไปใช้ในการวิเคราะห์ จะทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่เป็นไปตามสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) ของตัวแปรตอบสนอง และอาจทำให้การวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนได้ (Bisgaard and Fuller, 1994) โดยการแปลงข้อมูลที่ Bisgaard และ Fuller ได้นำเสนอนั้นมี 2 วิธีคือการแปลงค่าแบบมาตรฐานและการแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Turkey ซึ่งมีสมการการแปลงข้อมูลทั้ง 2 วิธีดังแสดงในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 สมการการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Turkey เมื่อตัวแปรตอบสนองเป็นจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ย

ประเภทของข้อมูล	ประเภทของการกระจาย	การแปลงข้อมูลแบบมาตรฐาน	การแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Turkey
ข้อมูลจำนวนนับ ($\hat{C}$)	ปัวซองซ์ (Poisson)	$\sqrt{\hat{C}}$	$\frac{(\sqrt{\hat{C}}+\sqrt{\hat{C}+1})}{2}$

5.5 ขั้นตอนการทำการทดลอง

ผู้วิจัยทำการทดลองตามลำดับการทดลองที่ได้ทำการสุ่มไว้จากโปรแกรม Minitab ซึ่งก่อนการทดลองต้องมีการเตรียมตัวโดยนำแผนการทดลองที่ได้มาอธิบายให้ทีมงานและผู้บริหาร เพื่อดำเนินการจัดเตรียมความพร้อมของเครื่องจักรและอุปกรณ์ รวมถึงอธิบายวิธีการทำงานให้กับพนักงาน เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ออกมามีความถูกต้องตรงตามระดับที่ต้องการตั้งค่าและได้วิธีการที่ถูกต้อง อีกทั้งยังต้องมีการควบคุมไม่ให้งานทดลองปะปนกับงานที่ผลิตจริง เนื่องจากใช้สายการผลิตเดียวกัน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

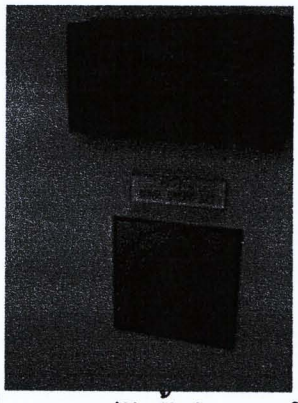
1) ทำการปรับตั้งค่าอุณหภูมิตามค่าที่กำหนดไว้ในลำดับการทดลองจากโปรแกรม Minitab โดยระดับต่ำคือ 27 องศาเซลเซียส และระดับสูงคือ 29 องศาเซลเซียสตามรูปที่ 5.1

รูปที่ 5.1 การปรับตั้งค่าอุณหภูมิ

2) ทำการปรับตั้งค่าความชื้นตามค่าที่กำหนดไว้ในลำดับการทดลองจากโปรแกรม Minitab โดยระดับต่ำคือ 80 เปอร์เซ็นต์ และระดับสูงคือ 90 เปอร์เซ็นต์ตามรูปที่ 5.2

รูปที่ 5.2 การปรับตั้งค่าความชื้น

3) ทำการปรับค่าความเร็วลมตามค่าที่กำหนดไว้ในลำดับการทดลองจากโปรแกรม Minitab โดยระดับต่ำคือ 0.25 เมตรต่อวินาที และระดับสูงคือ 0.35 เมตรต่อวินาทีตามรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 การปรับตั้งค่าความเร็วลม

4) แจ้งหัวหน้างานว่าให้พนักงานตำแหน่งงานเป่าลมว่าทำงานเป่าลมด้วยวิธีไม่กำหนดทิศทางหรือกำหนดทิศทางตามลำดับการทดลองจากโปรแกรม Minitab
5) แจ้งหัวหน้างานว่าให้พนักงานตำแหน่งงานเช็ดรถว่าทำงานเช็ดรถด้วยวิธีไม่กำหนดทิศทางหรือกำหนดทิศทางตามลำดับการทดลองจากโปรแกรม Minitab
6) แจ้งหัวหน้างานว่าในการทดลองแต่ละครั้งให้พนักงานเข้าทำงานโดยไม่มีข้อกำหนดสามารถเข้าทำงานได้ทันที หรือต้องมีการล้างมือและเป่าลมตัวให้ฝุ่นสกปรกหลุดออกมาก่อนเข้าทำงานในพื้นที่ทำงาน
7) แจ้งและตรวจสอบข้อกำหนดการทำความสะอาดข้อต่อโบอทให้เป็นไปตามลำดับการทดลองจากโปรแกรม Minitab
8) เข้าสู่กระบวนการทดลองโดยใช้ขนาดตัวอย่างในการทดลองตามที่ได้คำนวณไว้คืออย่างน้อย 197 คัน แต่ในการปฏิบัติจริงใช้การเก็บข้อมูลที่ 200 คัน
9) ทำการตรวจสอบรถที่ออกมาในสายงานตรวจสอบ แล้วบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไป

5.6 ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้สนใจผลกระทบของการเกิดข้อบกพร่องหลักที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีรถยนต์ โดยผลการทดลองที่ได้เป็นจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ย ซึ่งเมื่อนำไปแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Turkey แล้วนั้นจะได้ผลดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองและการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Turkey

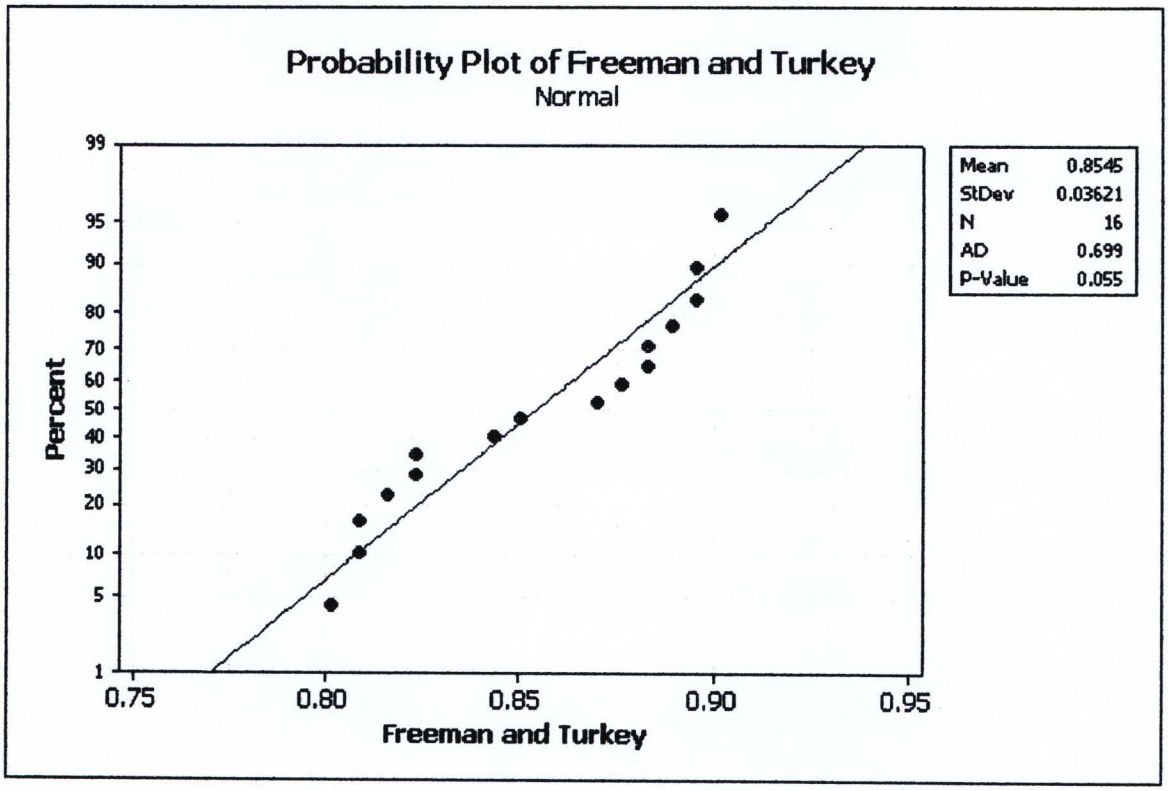
ลำดับการทดลอง (Run Order)	จำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อรถ 1 คัน ($\hat{C}$)	วิธีมาตรฐาน ($\sqrt{\hat{C}}$)	วิธีของ Freeman และ Turkey ($(\sqrt{\hat{C}}+\sqrt{\hat{C}+1})/2$)
1	0.24	0.4899	0.8017
2	0.39	0.6245	0.9017
3	0.26	0.5099	0.8162
4	0.34	0.5831	0.8703
5	0.25	0.5000	0.8090
6	0.31	0.5568	0.8507
7	0.38	0.6164	0.8956
8	0.27	0.5196	0.8233
9	0.37	0.6083	0.8894
10	0.30	0.5477	0.8439
11	0.36	0.6000	0.8831
12	0.25	0.5000	0.8090
13	0.38	0.6164	0.8956
14	0.35	0.5916	0.8767
15	0.27	0.5196	0.8233
16	0.36	0.6000	0.8831

5.7 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองจะทำการทดสอบดูก่อนว่าข้อมูลที่ได้มีการกระจายตัวอย่างปกติหรือไม่ก่อนทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลผลการทดลองมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดข้อบกพร่อง เพื่อใช้ในการกำหนดค่าปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป

5.7.1 การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์

แนวทางในการทดสอบการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ของข้อมูลที่ได้แปลงโดยวิธีของ Freeman และ Turkey ทำได้โดยนำข้อมูลที่แปลงค่ามาพลอตกราฟ Normal Probability Plot ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติหรือไม่ ซึ่งกราฟที่ได้ควรจะมีลักษณะกระจายตัวตามแนวเส้นตรง และเมื่อทำการทดสอบความเป็นปกติ (Normality Test) จะมีค่าของ P-Value มากกว่า 0.05



รูปที่ 5.4 การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลที่ได้รับการแปลงค่าโดยวิธีของ Freeman และ Turkey

จากรูปที่ 5.4 พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวไม่เบี่ยงเบนจากแนวเส้นตรงมากนัก และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.055 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

5.7.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

แนวทางในการวิเคราะห์ผลการทดลองได้นำโปรแกรม Minitab มาช่วยในการทดสอบว่าปัจจัยนำเข้า และอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยคู่ใดที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง โดยใช้กราฟ Normal Plot of the Effects กราฟผลของปัจจัยหลักที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง และกราฟผลของอันตรกิริยาที่มีต่อตัวแปรสนอง

ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

Factorial Fit: Freeman and Turkey versus A, B, C, D, E, F, G

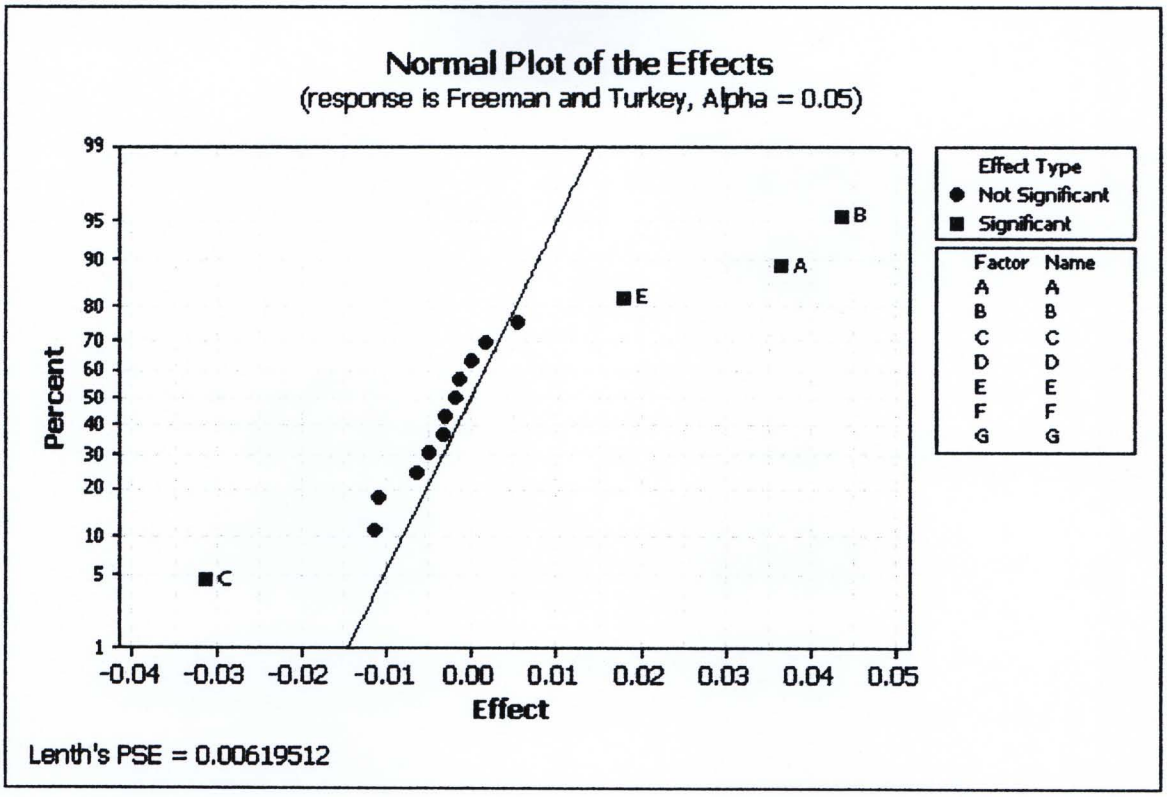
Estimated Effects and Coefficients for Freeman and Turkey (coded units)

Term	Effect	Coef
Constant		0.85454
A	0.03648	0.01824
B	0.04379	0.02189
C	-0.03118	-0.01559
D	-0.00323	-0.00162
E	0.01816	0.00908
F	0.00171	0.00086
G	-0.00132	-0.00066
A*B	-0.01084	-0.00542
A*C	-0.01125	-0.00563
A*D	0.00006	0.00003
A*E	0.00547	0.00273
A*F	-0.00181	-0.00091
A*G	-0.00503	-0.00251
B*D	-0.00633	-0.00316
A*B*D	-0.00309	-0.00155

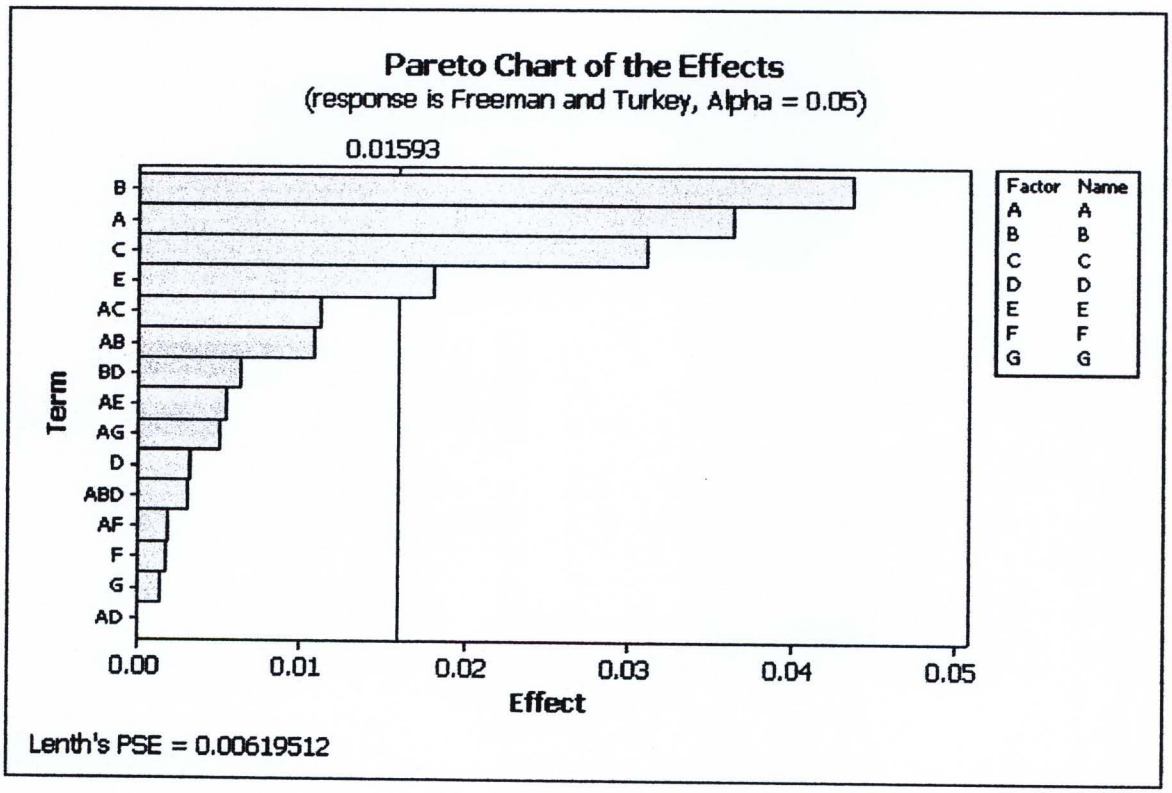
S = * PRESS = *

Analysis of Variance for Freeman and Turkey (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	7	0.0182619	0.0182619	0.00260884	*	*
2-Way Interactions	7	0.0013705	0.0013705	0.00019579	*	*
3-Way Interactions	1	0.0000382	0.0000382	0.00003822	*	*
Residual Error	0	*	*	*		
Total	15	0.0196706				



รูปที่ 5.5 กราฟ Normal Plot ของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

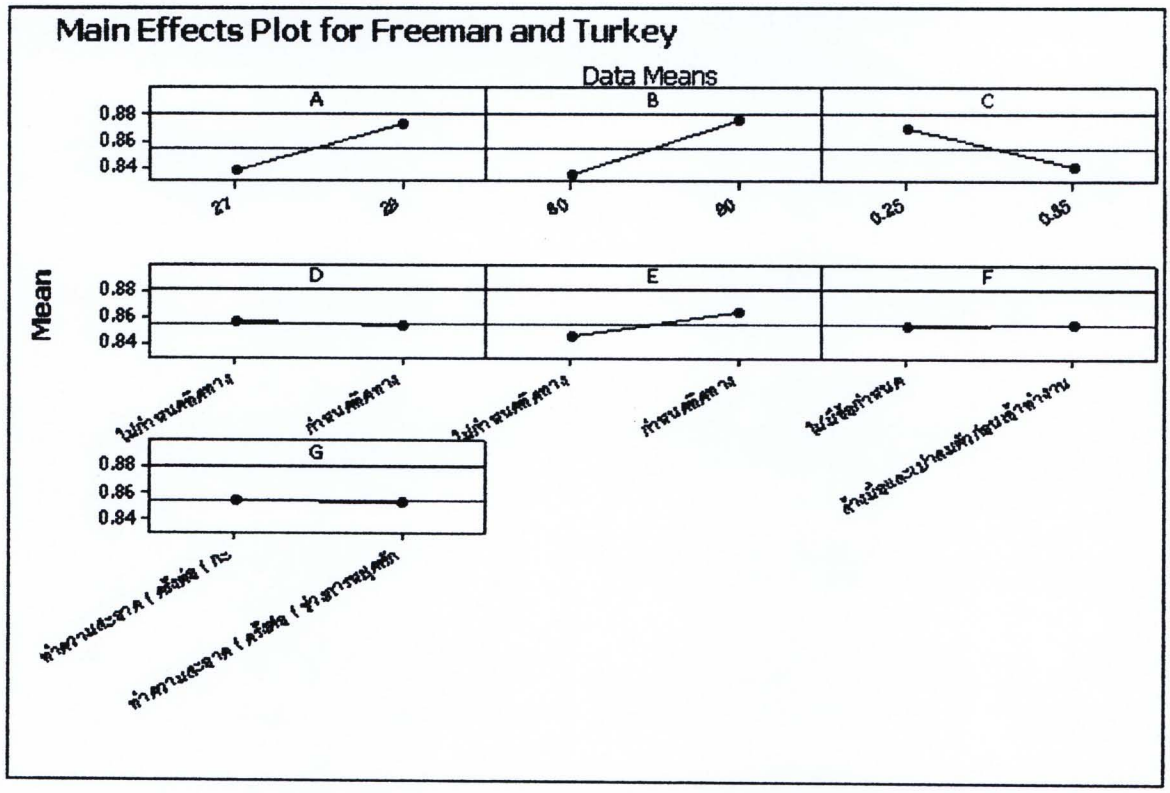


รูปที่ 5.6 แผนภูมิพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

โดยที่สัญลักษณ์ของปัจจัยสามารถอ้างอิงได้ในตารางที่ 5.2

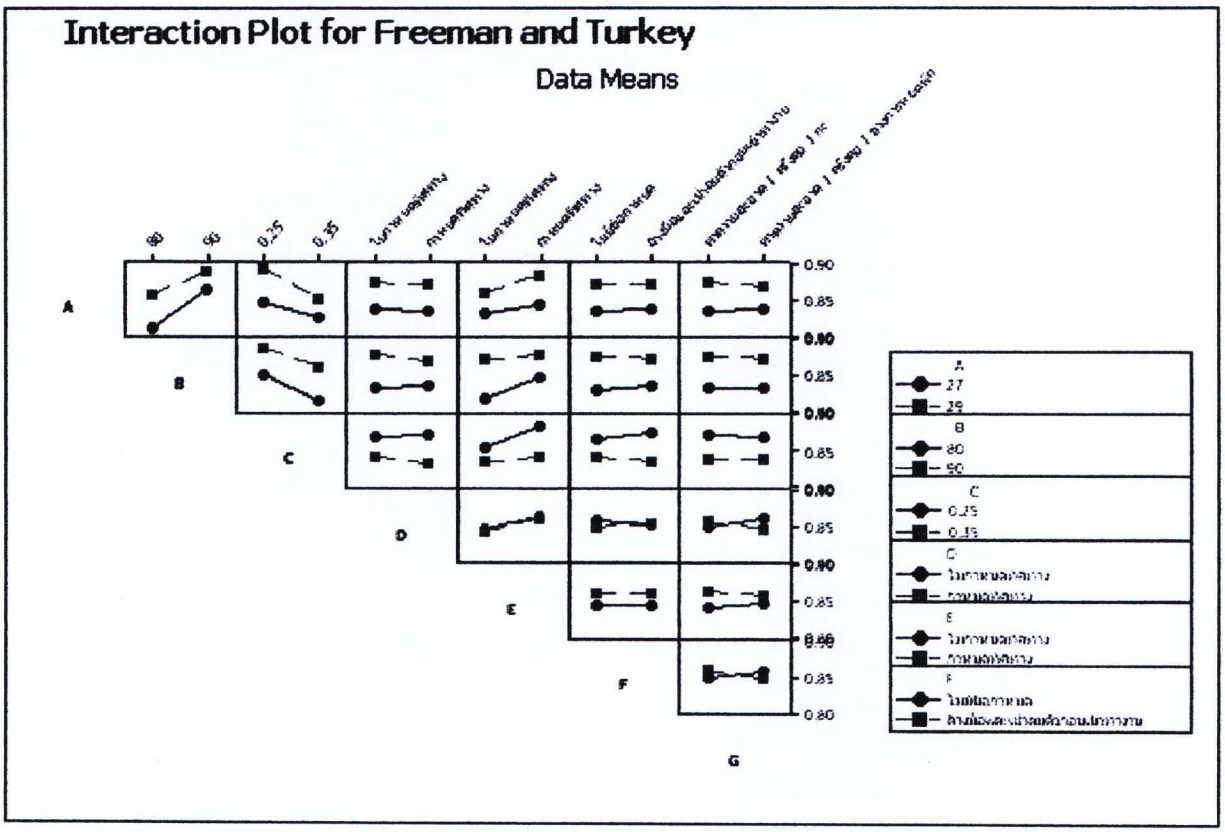
เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Minitab มาวิเคราะห์จะได้ว่าปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องหลักในกระบวนการพ่นสีที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั้นคือปัจจัยที่มีค่าออกนอกแนวเส้นตรงของกราฟ Normal Plot of the Effects คือปัจจัย A อุณหภูมิ ปัจจัย B ความชื้น ปัจจัย C ความเร็วลม และปัจจัย E วิธีในการเช็ดรถ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักทั้งหมด และไม่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยคู่ใดๆที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนั้นผลที่ได้จากโปรแกรม Minitab ยังสามารถแสดงแผนภาพผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ได้อีกในขั้นตอนการปรับปรุง ดังรูปที่ 5.7 และ 5.8



รูปที่ 5.7 ผลของปัจจัยหลักที่มีต่อตัวแปรตอบสนองคือจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ย

ผลของอันตรกิริยาที่มีต่อตัวแปรตอบสนองคือจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ย สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.9 แต่อันตรกิริยาเหล่านี้ไม่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง ซึ่งยืนยันจากผลการทดสอบนัยสำคัญดังกล่าวข้างต้น



รูปที่ 5.8 ผลของอันตรกิริยาที่มีต่อตัวแปรตอบสนองคือจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ย

5.8 สรุประยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

ในระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเริ่มจากการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนองคือจำนวนข้อบกพร่องเฉลี่ย ซึ่งรูปแบบที่เลือกคือ การออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment, DOE)

หลังจากวิเคราะห์แล้วสรุปได้ว่าเลือกวิธีการออกแบบการทดลอง ซึ่งมีขนาดสิ่งตัวอย่างเท่ากับ 3,200 คัน การออกแบบการทดลองสามารถสรุปปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดข้อบกพร่อง และผลของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยแต่ละปัจจัยได้ ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกที่จะทำการทดสอบโดยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k ที่มีปัจจัย 7 ปัจจัยแบบไม่มีจุดศูนย์กลาง โดยสาเหตุที่ไม่ได้กำหนดจุดศูนย์กลางเนื่องจากว่าในขั้นตอนนี้เป็นการหาความมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองเท่านั้นจึงได้เลือก

กำหนดแค่ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (+1) ซึ่งในการออกแบบการทดลองใช้จำนวนการทดลอง (run) ทั้งสิ้น 16 การทดลอง

จากนั้นเมื่อได้ผลการทดลองแล้ว ก่อนนำมาวิเคราะห์ต้องมีการแปลงค่าของตัวแปรตอบสนองให้เป็นไปตามสมมติฐานเรื่องความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีของ Freeman และ Turkey แล้วจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งผลการวิเคราะห์นั้นข้อมูลที่ได้รับการแปลงแล้วมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นจึงสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ผลได้ ซึ่งผลที่ได้พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 นั้นปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญเพื่อนำไปปรับปรุงหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมคือปัจจัย A อุณหภูมิ ปัจจัย B ความชื้น ปัจจัย C ความเร็วลม และปัจจัย E วิธีในการเข็ดรถ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักทั้งหมด และไม่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยคู่ใดๆที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องอย่างมีนัยสำคัญ