

การกำหนดมาตรฐานสำหรับการตัดสินใจสี่ลิปสติกด้วย
Attribute Gauge R&R

ศิริวรรณ องปราบปาม

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2560

STANDARD ACCEPTANCE CRITERIA OF COLOUR LIPSTICK DECISION MAKING WITH
ATTRIBUTE GAUGE R&R

Siriwan Oangprabpram

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2017

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การกำหนดมาตรฐานสำหรับการตัดสินใจสี่ลีสติกด้วย

Attribute Gauge R&R

โดย

ศิริวรรณ องปราบปาม

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสุทธิ์ สุพิทักษ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอเกียรติ วงศ์สารพิบูล)

..... กรรมการ

(ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

ศิริวรรณ องปราบปาม : การกำหนดมาตรฐานสำหรับการตัดสินใจสีลิปสติกด้วย Attribute Gauge R&R. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน, 71 หน้า.

งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงคุณลักษณะ (Attribute) แบบ Gauge R&R เป็นเครื่องมือการควบคุมกระบวนการตัดสินใจแบบข้อมูลนับ เพื่อกำหนดเกณฑ์การยอมรับที่มีมาตรฐานใช้เป็นขั้นตอนการตัดสินใจอนุมัติสีของผลิตภัณฑ์ลิปสติก ได้กำหนดแผนการทดลองโดยเลือกกลุ่มทดสอบ ได้แก่ กลุ่มพนักงานโรงงานกรณีศึกษาและกลุ่มลูกค้า โดยตั้งข้อสมมติฐานการศึกษาว่า ความสามารถในการให้ผลซ้ำ (Repeatability) และให้ผลซ้ำอย่างถูกต้อง (Reproducibility) ไม่แตกต่างกันของทุกกลุ่มที่ทำการทดสอบ การทดสอบนี้ได้ประยุกต์วิธีการทดสอบการแยกเฉดสี ตามทฤษฎีของ Fransworth-Munsell 100 hue เพื่อวัดความสามารถในการตัดสินใจ เป็นร้อยละของการให้ผลซ้ำ (%Repeatability) และร้อยละของการให้ผลซ้ำและถูกต้อง (%Reproducibility) ผลของการทดสอบได้นำค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม โดยเทคนิค ANOVA ซึ่งเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบเป็นกลุ่ม เมื่อได้ผลค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างระหว่างกลุ่ม จึงได้นำผลจากการวิเคราะห์โดยตั้งเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานเบื้องต้นเป็นที่ยอมรับของผู้เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น เพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานเบื้องต้นในการสรรหาพนักงานสรุปได้ว่าร้อยละของการให้ผลซ้ำ สามารถตั้งเป็นมาตรฐานเบื้องต้นที่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 79.29 และร้อยละของการให้ผลซ้ำและถูกต้อง สามารถตั้งเป็นมาตรฐานเบื้องต้นที่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 79.22

คำสำคัญ : Attribute Gauge R&R, Fransworth-Munsell, ANOVA, ความสามารถในการให้ผลซ้ำ, ความสามารถในการให้ผลซ้ำและถูกต้อง

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม

ปีการศึกษา 2560

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

SIRIWAN OANGPARBPRAM : STANDARD ACCEPTANCE CRITERIA OF COLOUR
LIPSTICK DECISION MAKING WITH ATTRIBUTE GAUGE R&R. ADVISOR:
ASST. PROF. DR. DUMRONGKIAT RATANA-AMORNPIN, 71 PP.

The research utilizes Attribute Gauge R&R Technique as a data decision tool to set standard acceptance criteria in approval of the color of the lipstick product. The experiment was designed by selecting test groups, such as factory staff and customer group. Setting the H_0 (Null Hypothesis): Repeatability and Reproducibility was not significantly different among all groups. The experiment has applied the colour shades theory of Fransworth-Munsell 100 hue to measure decision making capabilities which demonstrate in percentage of repeatability (% Repeatability) and percentage of reproducibility (% Reproducibility). The results of the experiment used the variance of each group to analyze the relationship between groups by ANOVA technique which is suitable for analyzing group variance. When the variance results do not differ between groups, confidence level is set at 95% which is the initial standard accepted by the above mentioned parties to use as a benchmark for recruiting employees. In conclusion, %Repeatability and %Reproducibility can be set as the initial standard of not less than 79.29 percent and 79.22 percent, respectively.

Keywords: Attribute Gauge R&R, Fransworth-Munsell, ANOVA, Repeatability, Reproducibility

TNI

Graduate School

Student's Signature.....

Field of Engineering Technology

Advisor's Signature

Academic Year 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้กระทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อันเนื่องมาจากความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ กรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านมาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาแนวทางและการพัฒนาในการทำวิจัย ตลอดจนการดำเนินวิจัยตลอดการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสุทธิ์ สุพิทักษ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นประธานกรรมการ อีกทั้งยังแนะนำแนวทางการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอเกียรติ วงศ์สารพิบูล (สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น) ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. กรกฎ เหมสถาปัตย์ (สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น) ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่ให้โอกาสในการศึกษาและขอบคุณเพื่อนๆ อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งผู้ที่กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามใน ณ ที่นี้ผู้เขียนมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดีจากทุกท่านและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ศิริวรรณ องปราบปาม

TNI

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา แนวทางเหตุผลและปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	4
2 หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis).....	5
2.2 ชนิดของความผันแปร (Sources of Variation).....	5
2.3 ความแม่นยำ (Precision) และความถูกต้อง (Accuracy).....	6
2.4 ความผันแปรของระบบการวัด.....	6
2.5 คุณสมบัติพื้นฐานสำหรับระบบการวัดที่ดีตามข้อกำหนดของ Measurement System Analysis.....	8
2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบข้อมูลนับโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความ แปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA).....	14
2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	26
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	26
3.2 การนิยามหัวข้อปัญหา.....	30
4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	38
4.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	38
4.2 การวิเคราะห์โดยใช้ ANOVA.....	44
4.3 การทดสอบผลค่าการกระจายของข้อมูล.....	45
5 สรุปผลการวิจัย.....	48
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	48
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	50
บรรณานุกรม.....	51
ภาคผนวก.....	54
ภาคผนวก ก. ตาราง Degree of freedom	55
ภาคผนวก ข วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability และ %Reproducibility สำหรับ 4 กลุ่มทดสอบ.....	57
ภาคผนวก ค วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability และ %Reproducibility สำหรับ 3 กลุ่มทดสอบ.....	63
ภาคผนวก ง ผลคำนวณ ANOVA ของ % Repeatability และ %Reproducibility ตัดที่ละกลุ่ม.....	68
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	71

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	4
2.1	สาเหตุของความผิดพลาดในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกล.....	7
2.2	แสดงประเภทความผันแปรในระบบการวัด.....	7
2.3	เกณฑ์ตัดสินใจที่ใช้พิจารณาคุณสมบัติด้าน Bias.....	9
2.4	เกณฑ์ตัดสินใจที่ใช้พิจารณาคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ.....	10
2.5	เกณฑ์ตัดสินใจที่ใช้พิจารณาคุณสมบัติเชิงเส้น.....	11
2.6	สรุปสูตรที่ทำ ANOVA.....	16
2.7	ตัวอย่างการแจกแจงคะแนนของแต่ละวิธีการสอน.....	17
2.8	แสดงการคำนวณ หาค่า n_j	18
2.9	แสดงหาค่า F : แทนค่าต่าง ๆ ลงในตารางเพื่อหาค่า F.....	20
2.10	สรุปงานเครื่องมือของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
3.1	แสดงรายการเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เสียยอดขาย.....	27
4.1	ผลการทดสอบเรื่องการแยกแยะสี.....	39
4.2	ผลการทดสอบ %Repeatability ของแต่ละกลุ่ม.....	39
4.3	ผลการทดสอบ %Reproducibility ของแต่ละกลุ่ม.....	41
4.4	ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน %Repeatability 4 กลุ่ม.....	43
4.5	ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน %Reproducibility 4 กลุ่ม.....	44
4.6	ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน %Repeatability 3 กลุ่ม.....	44
4.7	ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน %Reproducibility 3 กลุ่ม.....	45
4.8	สรุปผลจาก %Repeatability และ %Reproducibility ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%.....	46
5.1	ค่าP-Value ที่ใช้ในการกระจายแบบปกติของ %Repeatability และ %Reproducibility.....	48

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1.1	กระบวนการที่โรงงานผลิตสินค้า Lipstick.....	2
2.1	ชนิดความผันแปรในกระบวนการ.....	5
2.2	Precision and Accuracy.....	6
2.3	Bias ที่เกิดขึ้นในระบบการวัด.....	8
2.4	ความเสถียรภาพ.....	9
2.5	ช่วงของคุณสมบัติเชิงเส้น.....	10
2.6	แสดงการเป็นเชิงเส้น.....	11
2.7	แสดง Reproducibility และ Repeatability.....	12
3.1	กราฟแสดงรายการข้อร้องเรียนของลูกค้าจาก มกราคม 2557- ธันวาคม 2557 (2014).....	27
3.2	ผังกระบวนการผลิต Lipstick.....	28
3.3	การวัดความละเอียดของเม็ดสี (ผลิต Lipstick).....	29
3.4	การกรอกผลิตภัณฑ์เบื้องต้น (Bulk) ลงแม่พิมพ์จำลอง เพื่อส่งให้พนักงานประกันคุณภาพตรวจสอบ.....	29
3.5	ใบลงบันทึกผล Test เรื่องการแยกเม็ดสี.....	35
3.6	ใบลงบันทึกการทดสอบเรื่องความสามารถในการตัดสินใจ.....	36
3.7	ใบรวบรวมบันทึกผลการตัดสินใจ.....	37
4.1	ตัวอย่าง ใบผลการทดสอบแยกเม็ดสี.....	38
4.2	ผลของการกระจาย %Repeatability ของแต่ละกลุ่มที่ทดสอบ.....	40
4.3	ผลของการกระจาย %Reproducibility ของแต่ละกลุ่มที่ทดสอบ.....	42
4.4	Summary for %Repeatability 3 groups.....	45
4.5	Summary for %Reproducibility 3 groups.....	46
ก.1	ตาราง Degree of freedom ที่ $P=.05$	56
ข.1	วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability สำหรับ 4 กลุ่มทดสอบ.....	58
ข.2	วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Reproducibility สำหรับ 4 กลุ่มทดสอบ.....	61
ค.1	วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability สำหรับ 3 กลุ่มทดสอบ.....	64
ค.2	วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Reproducibility สำหรับ 3 กลุ่มทดสอบ.....	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
ง.1	ผลคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability ตัดทีละกลุ่ม.....	69
ง.2	ผลคำนวณ ANOVA ของ %Reproducibility ตัดทีละกลุ่ม.....	70



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา แนวทางเหตุผลและปัญหา

Lipstick สำหรับผู้หญิงคือเครื่องสำอางชิ้นแรกๆ ที่ต้องนึกถึงและพิถีพิถันในการเลือกซื้อ สีที่ถูกต้อง ถ้าไปซื้อแล้วพบว่าสินค้าแบรนด์ดังที่เลือกสีเบอร์เดิมแต่พอทาแล้วให้ความรู้สึกสีกลับไม่เหมือนเก่า ทำให้เกิดความไม่พอใจเป็นอย่างมากเป็นเหตุให้เกิดการร้องเรียนในสินค้าแบรนด์ที่ทางโรงงานกรณีศึกษานี้พบอยู่และเป็นปัญหาที่มีมานานเกิดขึ้นบ่อยครั้ง การแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนรุ่นชื่อใหม่ เป็นการแก้ปัญหาระยะสั้น การผลิตเครื่องสำอางโดยเฉพาะกลุ่มสีสันทึกละเอียด เช่น สีน้ำตาล Lipstick มักพบปัญหาสีไม่เหมือน จากการประเมินการยอมรับที่ค่อยๆ เปลี่ยนไปทีละน้อย จนในที่สุดก็มองเห็นได้ชัด

จากการซื้อร้องเรียนของลูกค้าของบริษัท กรณีศึกษาเกี่ยวกับสีของลิปสติกว่าแนวโน้มของสีแตกต่างจากเดิม โดยเฉพาะใน 2 กลุ่มสินค้าที่พบปัญหาค่อนข้างมาก คือ สีที่มีลักษณะนุ่มๆ เน้นสีขาวนวลผสมและ Lip Colour อีกกลุ่มที่มีลักษณะสีเข้มสดใส ปกติที่ผ่านมาจะใช้วิธีการตรวจสอบด้วยสายตาของช่างผสมสี และการยอมรับของพนักงานประกันคุณภาพ และพนักงานชุดนี้ก็ทำงานมานาน เมื่อเปลี่ยนพนักงานชุดใหม่ปัญหาก็กลับมาเกิดขึ้นกว่าเดิม ต้องอบรมพนักงาน ถ้าโชคดีพนักงานแยกสีได้ดี ก็จะสามารถทำงานได้เร็ว

จากปัญหาลำดับต้นการยอมรับสี Lipstick จากพนักงานเป็นกุญแจสำคัญจึงจำเป็นต้องหาวิธีการที่จะมาควบคุมกระบวนการผลิตและยอมรับ เพื่อช่วยสนับสนุนการตรวจสอบด้วยสายตาให้สีของสินค้าตรงตามมาตรฐานตามที่ตกลงไว้กับลูกค้า และสีของแต่ละรุ่นการผลิต (Lot) การผลิตมีมาตรฐานไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้แน่ใจว่าพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ดังกล่าวยังมีความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงต้องใช้ Attribute Gauge R&R มาเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ

หน่วยงานประกันคุณภาพลิปสติกทำการทดลองวัดค่าสีโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดสี (Colour Meter) แต่ถ้าใช้เครื่องวัดสีจะทำงานได้ช้า เพราะอยู่ไกลเสียเวลาการทำงานมีเครื่องเดียวต้อง แบ่งกันใช้ระหว่างโรงงาน แต่ก็ต้องจัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางการปฏิบัติงาน กำหนดมาตรฐานในขั้นตอนการตรวจวัด การยอมรับสินค้าของลูกค้าของแต่ละสีขึ้นเพื่อกำหนดขอบเขตให้อยู่ในสีที่ลูกค้าต้องการ และเพื่อป้องกันปัญหา ซื้อร้องเรียนเรื่องสีที่เกิดขึ้น สายการผลิต แต่กุญแจสำคัญ เรื่องการยอมรับของพนักงาน ระหว่างขั้นตอนที่ตัดสินใจในการตรวจผ่าน/ไม่ผ่าน เพราะระหว่างการปฏิบัติงานไม่สามารถใช้เครื่องวัดสีได้ทั้งหมด จึงมีวิธีในการตั้งเกณฑ์การยอมรับที่ต้องทำ Attribute Gauge R&R สำหรับช่างผสมสี และพนักงานประกันคุณภาพ การแยกความแตกต่างของเฉดสี การทำให้แน่ใจเรื่อง

ของความสามารถในการตรวจซ้ำ (Repeatability) และ การให้ผลซ้ำและถูกต้อง (Reproducibility) ในการผลิต กระบวนการควบคุม การผลิตของกระบวนการเริ่มตั้งแต่การแต่งสี ให้เหมือนกับ แท่งลิปสี มาตรฐานจากลูกค้าก่อนขึ้นรูปเป็นแท่งลิป ตัวอย่าง แสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กระบวนการที่โรงงานผลิตสินค้า Lipstick

ปัญหาที่ลูกค้าให้ความสำคัญคือ ตัวอย่างสินค้าที่วางหน้าร้านเพื่อใช้สำหรับทดสอบกับสีของสินค้าที่ลูกค้าแกะกล่องสินค้าไม่เหมือนกัน

สีทาของลิปสติกในแต่ละซีรีย์ มีสีแตกต่างกันในแต่ละรุ่น (Lot) ของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา สีที่มีลักษณะนุ่มๆ เน้นสีขาวนวลผสมและลิปสติกที่มีสีอีกกลุ่มที่มีลักษณะสีเข้มสดใส

การวัดสีจะทำเมื่อขั้นตอนผสมแต่ไม่มีมาตรฐานกำหนดเรื่องค่าที่ยอมรับได้การตัดสินใจใช้วิธีตรวจสอบด้วยสายตาของช่างผสมสีที่ปฏิบัติงาน และพนักงานประกันคุณภาพที่อยู่ในสายการผลิตเท่านั้น

สำหรับข้อมูลโดยอาศัยสถิติ Attribute Gauge R&R (Attribute Gauge Repeatability & Reproducibility) เพื่อประเมินความสามารถของช่างผสมสีและพนักงานประกันคุณภาพที่ประจำอยู่ในสายการผลิตสำหรับการประเมินผลระบบการวัด และลดการร้องเรียนของลูกค้าเป็นประเด็นในการศึกษาครั้งนี้

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

เข้าใจสภาพกระบวนการความแม่นยำของการยอมรับของแต่ละกลุ่มทดสอบการประเมินช่างผสมสีที่ปฏิบัติงาน พนักงานประกันคุณภาพที่ปฏิบัติงาน ลูกค้า และพนักงานที่ไม่ส่วนเกี่ยวข้องกับการอนุมัติสีลิปสติกในสายการผลิต เพื่อให้ประยุกต์ใช้สำหรับการควบคุมกระบวนการจัดการควบคุมคุณภาพของพนักงานโดยใช้หลักการวิเคราะห์ Attribute Gauge R&R

เป้าหมายที่ยืนยันผลลัพธ์คือ สามารถกำหนดการควบคุมการยอมรับ ค่ามาตรฐานในการปฏิบัติงานเป็นค่า%Repeatability และ %Reproducibility ที่ระดับความมั่นใจ 95% สำหรับพนักงานที่ต้องปฏิบัติงานในการตรวจสอบเรื่องสีของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ ANOVA

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้เพื่อศึกษาการควบคุมการยอมรับและแนวโน้มของการผลิต ระหว่างกระบวนการก่อนส่งมอบให้ลูกค้า

1. โดยการกำหนดสีมาตรฐานจะดำเนินการกำหนดกับลูกค้า
2. ผู้ศึกษาจะทำการกำหนดการควบคุมตรวจค่าความเข้มของสีในแต่ละ Shade ของสินค้า Lipstick ของแบรนด์ที่ลูกค้าของบริษัทมีปัญหาอยู่
3. ตั้งค่ามาตรฐานของ %Repeatability และ %Reproducibility สำหรับบุคคลที่ ทำการทดสอบและมีผลต่อการตัดสินใจอนุมัติสีของลิปสติก

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ทำการเลือกหัวข้อของปัญหา
2. ศึกษาและทำความเข้าใจกระบวนการผลิต Lipstick ของแต่ละขั้นตอนตั้งแต่ผสม ถึงการนำไปขึ้นรูปการประกอบเป็นสินค้าและการกำหนดเป้าหมาย
3. กำหนดแผนงานสำหรับการศึกษา
4. วิเคราะห์หาความแตกต่างของแต่ละกลุ่ม
5. พิจารณาค่ามาตรฐาน เพื่อเป็นแนวทางตั้งมาตรฐานการตัดสินใจ
6. ยืนยันผลลัพธ์
7. สร้างมาตรฐานและกำหนดแผนการควบคุม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. กำหนดวิธีการและมาตรฐานสำหรับพนักงานทำหน้าที่แต่งสีสำหรับผลิตภัณฑ์ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน และสามารถตรวจติดตามอย่างเป็นระบบ
2. ลดต้นทุนที่เกิดจากของเสียในกระบวนการ การร้องเรียนจากลูกค้าภายนอก และการสร้างมาตรฐานแบบยั่งยืนสำหรับการควบคุมพนักงานในการยอมรับ และมีขั้นตอนอย่างชัดเจนตรวจสอบได้

1.6 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

รายละเอียดแผนงาน	รายละเอียดการดำเนินงาน									
	ก.ค. 58	ก.ย. 58	พ.ย. 58	ม.ค. 59	มี.ค. 59	พ.ค. 59	ก.ค. 59	ก.ย. 59	พ.ย. 59	ม.ค. 60
วางแผนโครงการ	■	■								
ตั้งวัตถุประสงค์ของการศึกษา	■									
วางแผนทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง		■	■							
วางแผนรายละเอียดปลีกย่อย ของแต่ละกิจกรรม		■								
วางแผนองค์กรและกำหนด หน้าที่รับผิดชอบ		■								
กำหนดตารางเวลา			■	■						
ตารางเวลาของกิจกรรมทั้งหมด			■							
ช่วงเวลาของการทำแต่ละ กิจกรรม			■							
ลำดับขั้นตอนของกิจกรรมทั้ง หมดตั้งแต่เริ่มจนครบ				■						
ตารางการแก้ไขบทวน				■						
เริ่มต้นโครงการตามแผนงานที่ ทำไว้					■	■	■	■	■	■
ควบคุมโครงการให้เป็นไปตาม แผนที่วางไว้					■	■	■	■	■	■

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

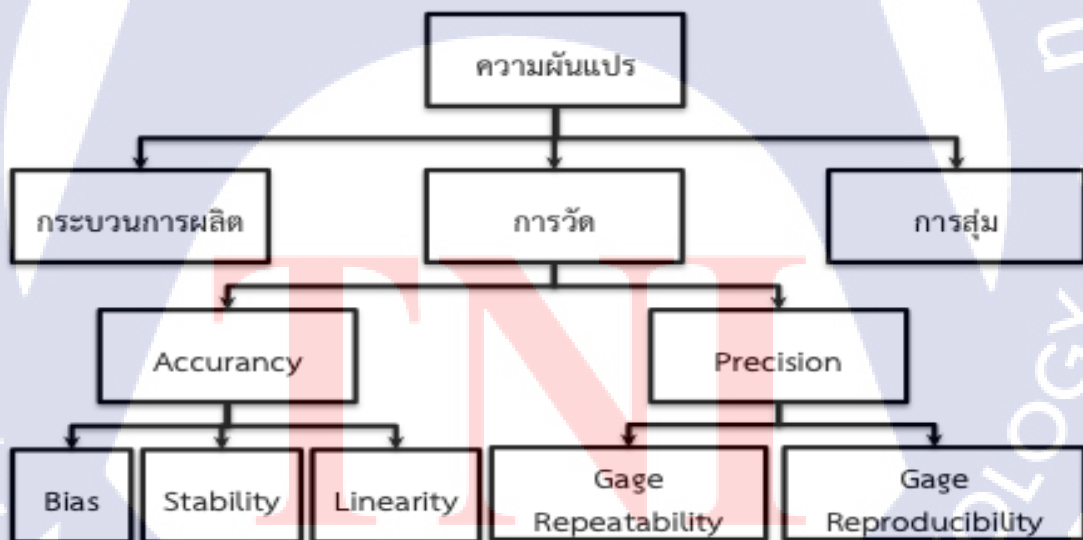
2.1 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)

เป็นหน้าที่หลักของผู้บริหารฝ่ายคุณภาพจะต้องสร้างระบบการวัด ก่อนที่จะดำเนินการวัด เนื่องจากการสร้างระบบการวัดจะนำไปสู่ข้อมูลพื้นฐานที่ดี เพื่อให้ผลการวัดและข้อมูลที่ถูกรวบรวมเป็นตัวแทนของกระบวนการผลิต ผ่านมาทางระบบการประเมินผลการวัด

การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดจากกระบวนการวัดต้องรู้ว่ามี ความผันแปรในกระบวนการอย่างไร เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการตรวจวัด “การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA : Measurement System Analysis) จึงมีความจำเป็น ต้องทำความเข้าใจกับความผันแปรที่ได้จากระบบการวัดแล้วพิจารณาว่ามีสาเหตุความผันแปรจากแหล่งใดเพื่อทำความเข้าใจ และกำจัดสาเหตุต่อไป” [1]

2.2 ชนิดของความผันแปร (Sources of Variation)

ความผันแปร ประกอบด้วยความผันแปรของกระบวนการผลิต การวัด และการสุ่ม ในกระบวนการวัดยังสามารถแบ่งได้ 5 ลักษณะ แสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ชนิดของความผันแปรในกระบวนการ [2]

จากรูปที่ 2.1 หมายความว่า ความผันแปรของการวัด แบ่งกลุ่มใหญ่ได้อยู่ 2 แบบ คือความแม่นยำ (Precision) และความถูกต้อง (Accuracy)

2.3 ความแม่นยำ (Precision) และความถูกต้อง (Accuracy)

ความแม่นยำที่เกิดจากการมีความเสถียรภาพ เส้นตรง หรือ อดี/เอนเอียงไม่ถูกต้องอาจทำให้เกิดปัญหาซึ่งความแม่นยำนี้ อาจเป็นปัญหา จากการที่การทำเหมือน(Reproducibility) กรณีที่มีคนทำการวัดมากกว่าหนึ่งคนหรือการทำซ้ำ(Repeatability)ถ้ามากกว่าหนึ่งการทดลองต่อคนที่ทำ



รูปที่ 2.2 Precision and Accuracy [3]

ความถูกต้อง (Accuracy) มาจากความผันแปรของค่ากลาง (Location Variation) เป็น การพิจารณา ค่าตำแหน่ง หรือค่ากลางของข้อมูล (Location) จะได้ค่าความเอนเอียง (Bias) ความ เสถียรภาพ (Stability) ความเป็นเส้นตรง (Linearity)

ความแม่นยำ (Precision) มาจาก ความผันแปรของขนาด (Width Variation) พิจารณา ค่าความ กว้างของข้อมูล (width/spread) ที่ได้เป็นค่าความสามารถของการทำซ้ำ (Repeatability) การทำเหมือน (Reproducibility)

2.4 ความผันแปรของระบบการวัด

ในการผลิตใดๆเพื่อเป็นการประกันคุณภาพต้องมีการจัดทำระบบการวัดและการ พยายาม กำจัดหรือลดสาเหตุที่ทำให้เกิดการวัดที่ ผิดพลาดดังแสดงตัวอย่างที่ปรากฏในตารางที่ 2.1 สาเหตุ ของความ ผิดพลาดในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกลและตารางที่ 2.2 แสดงประเภทความผันแปร ใน ระบบการวัด

ตารางที่ 2.1 สาเหตุของความผิดพลาดในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกล

ประเภทของความผิดพลาด	สาเหตุ	ตัวอย่าง
1. ความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด	โครงสร้างของเครื่องมือวัด หรือวิธีปฏิบัติงาน	ความละเอียดของเครื่องมือไม่เท่ากันช่วงการวัดไม่เหมาะสม แรงจากการวัดไม่เท่ากัน
2. ความคลาดเคลื่อนจากพนักงาน	ความเคยชินของผู้วัด ความถี่การใช้งาน และทักษะ	อ่านสเกลผิดพลาดและวิธีใช้เครื่องมือมีความผิดพลาด
3. ความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยภายนอก	ปัจจัยภายนอกต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสงสว่าง	การควบคุมอุณหภูมิขณะวัด แสงสว่างขณะทำการวัด
4. ความคลาดเคลื่อนจากสาเหตุธรรมชาติ	ปัจจัยต่างๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้และระบุได้	ไฟฟ้าสถิตย์ แรงสั่นสะเทือน

ตารางที่ 2.2 แสดงประเภทความผันแปรในระบบการวัด

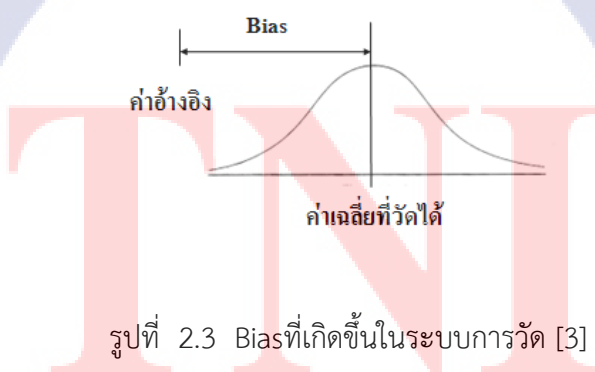
ประเภทความผันแปร	สาเหตุความผันแปร	ตัวแบบความผันแปรของค่าวัด	การแก้ไข
ความผันแปรภายในเกิดโดยธรรมชาติ คาดการณ์ได้	สาเหตุธรรมชาติ (common causes)	มีการกระจายสมมาตรรอบค่าที่ควรจะเป็น(รูปทรงปกติที่คงที่)	ลดความผันแปรโดยการจัดการกับระบบการวัด
ความผันแปรภายนอกเกิดจากปัจจัยภายนอกเป็นครั้งคราว คาดการณ์ไม่ได้	สาเหตุผิดพลาด (Special cause)	ค่าวัดจะกระจายในรูปทรง และตำแหน่งต่างๆ ที่ไม่สามารถ คาดการณ์ได้	แก้ปัญหาที่จุดตรวจวัด

2.5 คุณสมบัติพื้นฐานสำหรับระบบการวัดที่ดีตามข้อกำหนดของ Measurement System Analysis

- การจัดหาระบบหรือคัดเลือกอุปกรณ์ในการวัด การปฏิบัติ จะต้องมีความไวพอที่จะตรวจจับความ ผันแปรของกระบวนการและการตรวจวัดควรมีขนาด เล็กกว่าเมื่อเทียบกับความผันแปรของกระบวนการ โดยใช้หลัก 10 ต่อ 1 เมื่อเทียบกับค่าอนุโลม (Tolerance)
- ระบบที่ทำการตรวจวัดควรอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ (statistic control)
- สำหรับการควบคุมผลิตภัณฑ์ (Product Control) ขนาดความผันแปรของการวัด (Variability of the measurement system) ต้องมีขนาดน้อยกว่าขนาด ของข้อกำหนดพิสัยจำเพาะ (Specification Limit) ของผลิตภัณฑ์
- สำหรับการควบคุมกระบวนการ (Process Control) ขนาดความผันแปรของกระบวนการวัด (Variability of the measurement system) ที่ทำการวิเคราะห์ จะต้อง มีขนาดน้อยกว่าขนาดความผันแปรรวมของกระบวนการผลิต

วิเคราะห์ความผันแปรของค่ากลาง (**Location Variation**) หรือความถูกต้อง (Accuracy)

1. **Bias (ความเอนเอียง)** คือค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการวัด (Observed Value) และค่าอ้างอิง (Reference Value) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Biasที่เกิดขึ้นในระบบการวัด [3]

ปกติในการวิเคราะห์ Bias สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

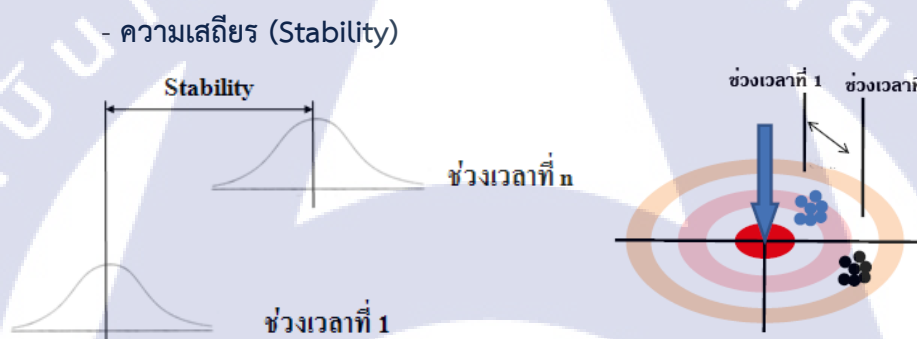
1. วิธีคำนวณค่าทางสถิติ
2. วิธีการใช้แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

เกณฑ์ ดัดสินที่ใช้พิจารณาคุณสมบัติด้าน Bias [3] ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์ตัดสินที่ใช้พิจารณาคุณสมบัติด้าน Bias

%ไบอัส ที่ได้จากการวัด	ผลการยอมรับ
%ไบอัส $\leq$ 5 %	ยอมรับได้โดยไม่ต้องทำการแก้ไขระบบการวัด
5% < %ไบอัส < 10%	อาจยอมรับได้โดยต้องพิจารณาความเหมาะสมของปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวัด
%ไบอัส > 10 %	ไม่สามารถยอมรับได้ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข

2. **ความมีเสถียรภาพ (Stability)** คือ คุณสมบัติด้านการใช้งานของอุปกรณ์การวัด โดยพิจารณาจากความผันแปรโดยรวมในระบบการวัดที่ได้จากการวัดชิ้นงานมาสเตอร์ชิ้น หนึ่งตลอดช่วงเวลาหนึ่งว่ายังคงมีความผันแปรคงเดิมหรือไม่ อธิบายได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ความเสถียรภาพ [3]

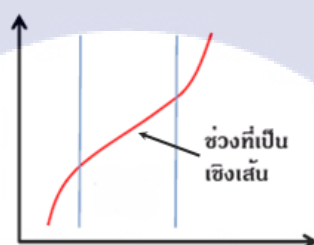
- วัดความแตกต่างที่เกิดกับความถูกต้องเมื่อเวลาเปลี่ยนไป
- เป็นการดูว่าการกระจายของค่าการวัดยังคงที่ และคาดการณ์ได้เมื่อเวลาผ่านไปหรือไม่ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบน
- ต้องไม่มีการเลื่อนเปลี่ยนวัฏจักร
- ใช้ประเมินจากแนวโน้มในกราฟที่ได้จากการ plot ค่าที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลา
- ต้องมั่นใจก่อนว่าระบบการวัดถูกสอบเทียบและมีสภาพ R&R ปกติเกณฑ์ตัดสินที่ใช้พิจารณาคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ [3] ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ตัดสินที่ใช้พิจารณาคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ

% ความมีเสถียรภาพที่ได้จากการวัด	ผลการยอมรับ
% ความมีเสถียรภาพที่ได้จากการวัด $\leq 5 \%$	ยอมรับได้โดยไม่ต้องทำการแก้ไขระบบการวัด
$5 \% < \% \text{ความมีเสถียรภาพ} < 10 \%$	อาจยอมรับได้โดยไม่ต้องพิจารณาความเหมาะสมของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัด
% ความมีเสถียรภาพ $> 10 \%$	ไม่สามารถยอมรับได้ต้องค้นหาสาเหตุ แล้วทำการแก้ไข

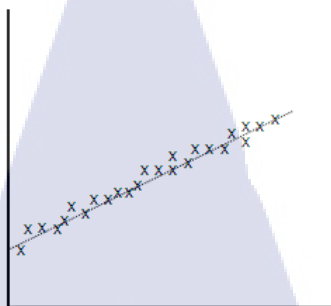
การวิเคราะห์หา Stability จะใช้ Control Chart เก็บข้อมูลในช่วงที่ทำงานพอสมควร การพิจารณาความมีเสถียรภาพสามารถได้จากแผนภูมิควบคุมในการใช้แผนภูมิควบคุมนี้จะเห็นว่ามีสองลักษณะต้องแยกกันออกจากกันคือความเสถียรของกระบวนการกับความเสถียรของระบบการวัด

3. **คุณสมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity)** คือความสามารถของเครื่องมือวัดที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนพิสัยของการวัดเครื่องมือวัดที่ไม่มีลักษณะที่ให้ผลการวัดเป็นเชิงเส้นถือว่าเป็นเครื่องมือที่ไม่มีความสามารถ ความหมายของความเป็นเชิงเส้นดูได้จากรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ช่วงของคุณสมบัติเชิงเส้น [3]

เมื่อทำการวัดค่าที่สูงขึ้นไปเรื่อยๆจนสุดสเกลของเครื่องวัดค่าที่ได้ต้องมีค่าวกกลับไม่เกินที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของเครื่องวัดโดยให้พิจารณาช่วงที่เป็นเชิงเส้นดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.6 เป็นตัวอย่างการแสดงลักษณะในการวัดเมื่อเอาค่ามา plot กราฟจะมีลักษณะเกาะกันเชิงเส้น



รูปที่ 2.6 แสดงการเป็นเชิงเส้น [3]

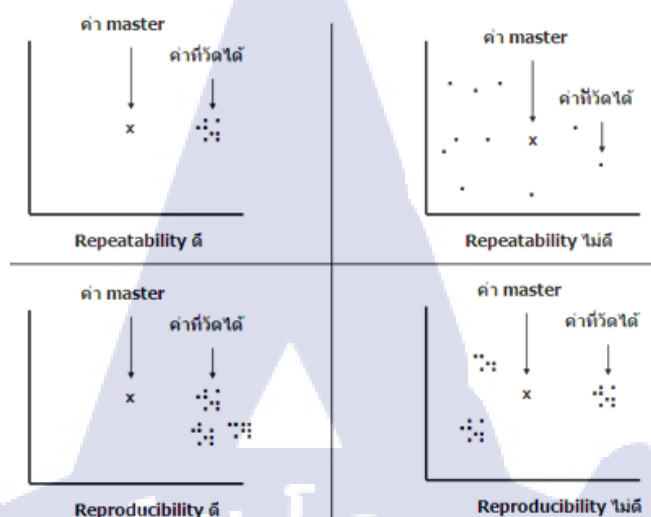
Regression Analysis เป็นเทคนิคสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ linearity ซึ่งเป็นค่าทางสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปในการทดลองหา ร้อยละของความ เป็นเชิงเส้นก็จะใช้เกณฑ์ตัดสินในลักษณะเดียวกันกับข้างต้น [3] ดังแสดงในตาราง 2.5

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์ตัดสินที่ใช้พิจารณาคุณสมบัติเชิงเส้น

%ความเป็นเชิงเส้นที่ได้จากการวัด	ผลการยอมรับ
%ความเป็นเชิงเส้น $\leq 5\%$	ยอมรับได้โดยไม่ต้องทำการแก้ไขระบบการวัด
$5\% < \text{ความเป็นเชิงเส้น} < 10\%$	อาจยอมรับได้โดยไม่ต้องพิจารณาความเหมาะสมของปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวัด
%ความเป็นเชิงเส้น $> 10\%$	ไม่สามารถยอมรับได้ต้องค้นหาสาเหตุ แล้วทำการแก้ไข

4. Repeatability (ความสามารถในการวัดซ้ำ) และ Reproducibility (ความสามารถในการให้ผลซ้ำ)

Repeatability (ความสามารถในการวัดซ้ำ) คือความผันแปรของการวัดที่เกิดขึ้นเมื่อทำการวัดหลายครั้งบนชิ้นงานชิ้นเดียวกัน และเงื่อนไขในการวัดที่เหมือนกัน Reproducibility (ความสามารถในการให้ผลซ้ำ) คือ ความผันแปรของการวัดเมื่อทำการวัดหลายครั้งบนชิ้นงานชิ้นเดียวกันแต่เงื่อนไข ในการวัดต่างกันอธิบายตัวอย่างได้ในรูปที่ 9



รูปที่ 2.7 แสดง Reproducibility และ Repeatability [3]

ทั้ง 2 เรื่องนี้เป็นเรื่องที่ต้องกล่าวไปพร้อมๆกัน โดยเรียกว่า การศึกษา GR&R (Gage Repeatability & Reproducibility) ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงมากคือการสอบเทียบเครื่องมือ ความสามารถของคน จำนวนตัวอย่างที่จะเก็บมาศึกษา ที่ปกติก็ใช้ประมาณ 10 ตัวอย่าง การลดความผันแปร สามารถทำได้ด้วยการวัดซ้ำและการประเมินผล

การวิเคราะห์ GR&Rทำได้ 3 วิธีคือ [3]

1. Range Method :วิธีพิสัย วิธีนี้เหมาะกับการทดลองวัดค่าช่วงสั้นๆ ไม่มีการวัดซ้ำ ข้อเสียคือ ที่ไม่สามารถแยก Repeatability กับ Reproducibility ออกจากกันได้ วิธีนี้ถือว่าค่อนข้างหยาบ

2. Average and Range Method :วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย เหมาะสำหรับการวัดซ้ำ สามารถแยก Repeatability ออกจาก Reproducibility ได้แต่ไม่สามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมกัน ระหว่าง ชิ้นงานที่วัดและพนักงานผู้ทำการวัดออกจากค่า Repeatability ได้

3. ANOVA Method :สำหรับระบบการวัดที่ใช้เครื่องมือวัดสามารถแยกตามความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานที่วัดและพนักงานผู้ทำการวัดออกจากค่า Repeatability ได้แต่เป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยาก และตีความยากเพราะต้องใช้สูตรและแปลความหมาย

เกณฑ์ตัดสินก็มีลักษณะเดียวกันกับข้างต้น แต่ค่าร้อยละต่างกัน

%P/T หรือ P/TV $\leq$ 10 ยอมรับได้โดยไม่ต้องทำการแก้ไขระบบการวัด

$10 < \%P/T$ หรือ $P/TV < 30$ อาจยอมรับได้ โดยต้องพิจารณาความเหมาะสมของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัด

%P/T หรือ P/TV $\geq$ 30 ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข

โดยที่ : Precision-to-tolerance ratio (P/T)

หรือ Ratio (Precision-to-Total Variation Ratio (P/TV)

สำหรับเกณฑ์ตัดสินในเรื่อง Repeatability และ Reproducibility จะมี 2 ลักษณะ

ลักษณะที่ 1 ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของผลิตภัณฑ์หากเป็นการวัดข้อมูลแบบความผันแปร (variable) เพื่อหาค่าออกมาเทียบกับมาตรฐานเพื่อดูว่าจะผ่านหรือไม่ผ่านหรืออยู่ในมาตรฐานหรือไม่ เป็นการแยกแยะผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ออกมาในรูปของ อัตราส่วน P/T (Precision-to-Tolerance Ratio) โดยใช้สมการ

$$P/T = GR\&R \times 100 / (USL - LSL)$$

USL = Upper Specification Level

หรือขีดจำกัดบนของมาตรฐาน

LSL = Lower Specification Level

หรือขีดจำกัดล่างของมาตรฐาน

ลักษณะที่ 2 ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับความผันแปรโดยรวมหากเป็นการวัดเพื่อศึกษาความผันแปรของกระบวนการที่ออกมาในรูปของอัตราส่วน P/TV (Precision-to-Total Variation Ratio) โดยใช้สมการ

$$P/TV = GR\&R \times 100 / \text{ความผันแปรของกระบวนการ}$$

กระบวนการวิเคราะห์ความผันแปรในระบบการวัดสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพหรือข้อมูลนับ (Attribute Data)

การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะหรือข้อมูลนับ

1. เพื่อประเมินความสอดคล้อง (Consistency) และความสม่ำเสมอ (Uniformity) ของระบบการวัดด้วยตาหรืออาศัยความรู้สึกของพนักงานวัด
2. เพื่อนำไปใช้เพิ่มความสม่ำเสมอระหว่างพนักงานตลอด จนปรับปรุงจัดความไม่สอดคล้องกัน (Inconsistency) ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการตรวจสอบหรือประเมินผล

2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบข้อมูลนับโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA)

ปกติเรานิยมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ t-test เป็นการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยที่มีแค่ 2 กลุ่มข้อมูลแต่เมื่อเรามีข้อมูลมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไปก็ต้องทำการเปรียบเทียบทีละคู่ ทำให้เกิดการเสียเวลา และมีความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) เพิ่มขึ้น เช่น เมื่อกำหนดให้ค่า $\alpha = 0.5$ ถ้าทดสอบด้วย t-test 3 ครั้ง ก็จะทำให้ ค่า α ได้จะเท่ากับ $1 - (1 - \alpha)^{k-1}$ เมื่อ k คือ จำนวนผลที่ให้ค่า ความน่าจะเป็นที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัย สำคัญ โดยบังเอิญมากขึ้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหา ทางสถิติวิธีทดสอบหาความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยที่มีมากกว่าสองกลุ่มข้อมูล จะนิยมใช้เทคนิคการวิเคราะห์ ANOVA

การทดสอบความแปรปรวนนั้นในกรณีที่มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวจะเรียก One – way ANOVA, 2 ตัวเรียก Two –way ANOVA และถ้ามี 3 ตัว เรียก 3-way ANOVA การวิเคราะห์และการตีความก็จะยากขึ้นตาม ลำดับ

ก่อนทำการวิเคราะห์เรามีข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ดังนี้

1. ข้อมูลของประชากรต้องเป็นการกระจายข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution)
2. ค่าความผันแปร (Variation) ของข้อมูลแต่ละประชากรต้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นสิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ สมมติฐาน เช่นเดียวกันกับการใช้ t-test ในการทดสอบสมมติฐานจำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยการตั้งสมมติฐาน (Null hypothesis) ของ ANOVA จะเป็นดังนี้

กำหนดให้ค่าเฉลี่ยของประชากรที่ศึกษา (กระบวนการการตัดสินใจ) ของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน เขียนได้ว่า

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

ส่วนสมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis) กำหนดว่า จะมีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน เขียนดังนี้

$$H_1: \text{มี } n \text{ อย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน}$$

$$(\text{หรือ } H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ เมื่อ } i \neq j)$$

ค่าสถิติที่ต้องเกี่ยวข้องกับการคำนวณคือหลักการของ ANOVA คือเปรียบเทียบ Variation ที่เกิด จากการเอาค่ากลางของทุกประชากรมาเป็นกลุ่มเดียวกัน (Between samples variation) กับ Variation ที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (Within samples variation)

1. Total sum of squares (SS_T) หาได้จากการคำนวณผลบวกของคะแนนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง (The sum of square)

$$\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \frac{T^2}{N} \quad \text{หรือ} \quad SS_T = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X})^2 \quad \dots \text{สูตรที่ 2.1}$$

2. Between – groups sum of squares (SS_B)

$$\sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) - \frac{T^2}{N} \quad \text{หรือ} \quad \sum_{j=1}^K n_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2 \quad \dots \text{สูตรที่ 2.2}$$

3. Within – group sum of squares (SS_W)

$$\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) \quad \text{หรือ} \quad \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \quad \dots \text{สูตรที่ 2.3}$$

การหาค่า SS_T หรือ SS_B และ SS_W เมื่อหารด้วยค่าองศาอิสระ (Degree of freedom : df) ของแต่ละตัวจะหมายถึงความแปรปรวน (Mean of square : MS) โดยมี

$$df^T = N - 1, \quad \dots \text{สูตรที่ 2.4}$$

$$df^B = K - 1 \quad \dots \text{สูตรที่ 2.5}$$

$$\text{และ } df^W = N - K \quad \dots \text{สูตรที่ 2.6}$$

เมื่อ N คือจำนวนข้อมูล และ K คือจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

หลักการคำนวณค่าสถิติ F – test

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบข้อมูลตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป จะใช้ F-test สำหรับการทดสอบ ในที่นี้จะกล่าวถึงแต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) การหาค่า F คำนวณ จะหาได้จากอัตราส่วนความแปรปรวนที่สรุปเป็นสูตรได้ดังตารางที่ 2.5 สรุปสูตรที่ทำ ANOVA นี้

ตารางที่ 2.6 สรุปสูตรที่ทำ ANOVA

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	SS^B	$K - 1$	$SS^B / K - 1$	MS^B / MS^W
Within groups	SS^W	$N - K$	$SS^W / N - K$	
Total	$SS^B + SS^W$	$N - 1$		

ความหมายของสัญลักษณ์

T_i = ผลรวมของค่าที่วัด n ค่าในแต่ละกลุ่ม

T = ผลรวมของค่าที่วัดได้ทั้งหมด

n_j = จำนวนสมาชิกของข้อมูลในแต่ละกลุ่ม

K = จำนวนกลุ่ม

X_{ij} = ข้อมูลตัวที่ i ในกลุ่ม j

$\bar{X}_j$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยรวม

$$\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 = \text{ผลรวมของค่าแต่ละตัวยกกำลังสองทุกค่าในทุกกลุ่ม}$$

ตัวอย่างการคำนวณ One-way ANOVA

ในการทดลองสอน 4 วิธี กับนักเรียน 4 กลุ่มเมื่อสอนจนจบเนื้อหาตามที่ต้องการ ทดสอบสอนทั้ง 4 วิธีให้ผลแตกต่างกันหรือไม่ โดยผลการสอบได้คะแนนแต่ละกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างการแจกแจงคะแนนของแต่ละวิธีการสอน

วิธีสอน			
วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 4
5	11	6	3
6	8	9	4
7	7	8	1
3	7	5	1
7	9	4	4
9		4	5
2		7	
4			

ในการทดสอบครั้งนี้กำหนดให้ความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจ 1 % ($\alpha = .01$)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. สมมติฐานทางสถิติ

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

H_1 : มี μ อย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างกัน

2. กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = .01$
3. คำนวณค่า F มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

ตารางที่ 2.8 แสดงการคำนวณ หาค่า n_j

วิธีสอน			
วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 4
5	11	6	3
6	8	9	4
7	7	8	1
3	7	5	1
7	9	4	4
9		4	5
2		7	
4			
n_j 8	5	7	6

1) คำนวณหาค่า SS_B

$$\text{หา } T_i ; \quad T_1 = 5+6+7+\dots+4 = 43$$

$$T_2 = 11+8+7+\dots+9 = 42$$

$$T_3 = 6+9+8+\dots+7 = 43$$

$$T_4 = 3+4+1+\dots+5 = 18$$

$$\text{หา } \frac{T_j^2}{n_j} ;$$

$$\frac{T_1^2}{n_1} = \frac{(43)^2}{8} = 231.13$$

$$\frac{T_2^2}{n_2} = \frac{(42)^2}{5} = 352.80$$

$$\frac{T_3^2}{n_3} = \frac{(43)^2}{7} = 264.14$$

$$\frac{T_4^2}{n_4} = \frac{(18)^2}{6} = 54.00$$

$$\text{หา } T = 43+42+43+18 = 146$$

หา $N = 8+5+7+6 = 26$

หา $\frac{T^2}{N} = \frac{(146)^2}{26} = 819.85$

จาก $SS_B = \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) - \frac{T^2}{N}$ จะได้

$$= [231.13+352.80+264.14+54] - 819.85$$

$$= 902.07-819.85$$

$$= 82.22$$

2) คำนวณหาค่า SS^W

หา $\sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2$ แต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่ 1 $5^2 + 6^2 + 7^2 + \dots + 4^2 = 269$

กลุ่มที่ 2 $11^2 + 8^2 + 7^2 + \dots + 9^2 = 364$

กลุ่มที่ 3 $6^2 + 9^2 + 8^2 + \dots + 7^2 = 287$

กลุ่มที่ 4 $3^2 + 4^2 + 1^2 + \dots + 5^2 = 68$

หา $\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 = 269+364+287+68$

$$= 988$$

จาก $SS_B = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right)$ จะได้

$$= 988-902.07$$

$$= 85.93$$

SS_T จาก $SS_T = SS_B + SS^W$ จะได้

$$SS_T = 82.22+85.93$$

$$= 168.15$$

ตารางที่ 2.9 ตารางแสดงหาค่า F :แทนค่าต่างๆลงในตารางเพื่อหาค่า F

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	82.22	3	27.41	7.01
Within groups	85.93	22	3.91	
Total	168.15	25		

4. นำค่า F ที่ได้จากการคำนวณ ($F = 7.01$) ไปเทียบกับค่า F วิฤต ซึ่งดูจากตารางค่าวิฤต ของ F พบว่า $F_{.01,3,22} = 4.88$ จะเห็นได้ว่า $F_{คำนวณ} > F_{วิฤต}$ จึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1

5. ผลจากการทดสอบสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีที่ต่างกัน มีผลการเรียนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งหมายความว่ามีความแตกต่างของผลการเรียนอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน หรือ กล่าวได้ว่า จะต้องมียุทธวิธีการสอนอย่างน้อย 1 คู่ ที่ทำให้ผลการเรียนแตกต่างกัน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การศึกษาเชิงจำลอง The Variance Estimation for Pareto Distribution : A Simulation Study ของ วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล [4] : ได้นำเสนองานวิจัยเรื่องวิธีการประมาณค่าความแปรปรวนของการแจกแจงพาเรโต และเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าความแปรปรวน 3 วิธี 1) วิธีอย่างง่าย 2) วิธีปรับค่าความแปรปรวน ด้วยเทอมค่าคงที่ $(n-1)/n$ และ 3) วิธีปรับค่าความแปรปรวนด้วยเทอมค่าคงที่ $(n-2)/n$ โดยการเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงสัมบูรณ์ (|Bias|) ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของตัวประมาณค่าความแปรปรวน การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ วิธีอย่างง่ายให้ค่า |Bias| ต่ำสุด เกือบทุกกรณีที่ศึกษา รองลงมาคือ วิธีปรับค่าความแปรปรวนด้วยเทอมค่าคงที่ $(n-1)/n$ และวิธีปรับค่าความแปรปรวนด้วยเทอมค่าคงที่ $(n-2)/n$ ตามลำดับ ส่วนวิธีปรับค่าความแปรปรวนด้วยเทอมค่าคงที่ $(n-2)/n$ ให้ค่า MAE และ MSE ต่ำที่สุด ในทุกกรณีที่ศึกษา รองลงมาคือ วิธีปรับค่าความแปรปรวนด้วยเทอมค่าคงที่ $(n-1)/n$ และวิธีอย่างง่าย ตามลำดับ

2. Gauge R&R: An Effective Methodology for Determining the Adequacy of a New Measurement System for Micron-Level Metrology ของ D. W. Hoffa and C. Laux [5]: ได้มีการ Review of Literature Measurement System Analysis : เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนทาง

วิศวกรรมเริ่มต้องนำไปใช้ในระดับความละเอียดช่วงเป็นระดับไมครอน (submicron) ตามความต้องการของลูกค้า ของบริษัทกรณีศึกษา (Accumold) ที่ใช้ในงานที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกแบบฉีด ที่มี Lead-Frame และมีขนาดเล็ก ขนาดไมโครสเกล (micro-scale) ได้ตระหนักถึงความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องปรับปรุงระบบการวัด มีเทคโนโลยีระบบการวัดมากมาย (รวมไปถึงกล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอล (Confocal microscopy) เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้เทคนิคทางแสงบริเวณจุดโฟกัส (focal point) ในการถ่ายภาพเพื่อเพิ่มความละเอียด (resolution) และความคมชัด (contrast) ของภาพถ่าย, Dynamic range lasers, scanning electron microscopes, white light interferometers, and precision video) จากการสำรวจโรงงานทั่วโลก พบว่า Anova-base “Gauge R&R (Repeatability and Reproducibility)” เป็นเครื่องมือหลักในการนำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยที่มีประสิทธิภาพ (efficiency): ปัจจัยเช่นศักยภาพของระบบอัตโนมัติที่ใช้งานง่ายและการเขียนโปรแกรม และความทนทาน ใช้งานได้นาน เป็นส่วนที่ได้รับการพิจารณาเป็นพิเศษ การศึกษา Gauge R&R ได้ทำให้ผู้บริหารเห็นถึงประสิทธิภาพการตรวจวัดเชิงปริมาณได้ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับอีกระบบ ผลการทำ Gauge R&R สามารถทำให้บริษัทกรณีศึกษา (Accumold) ได้ตัดสินใจซื้อเครื่องใหม่ที่มีระบบ multi-sensor system ที่สามารถตอบสนองความละเอียดค่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ต้องการ

3. On Evaluation the Measurement Capability of High-quality Processes ของ J. J. Lyn and M. N. Chen [6] : การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) สามารถทำให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ต้องการนั้นน่าเชื่อถือสามารถนำไปดำเนินการปรับปรุงคุณภาพ มีการศึกษาบางอันที่บอกว่า Gauge R&R ที่เป็นการศึกษาตามคุณลักษณะ ที่แต่ละอุตสาหกรรมมีความต้องการอุตสาหกรรมประเภทที่ควบคุมข้อบกพร่องใกล้เคียงกัน ก็ยังพบว่าข้อบกพร่องในบางครั้งก็เจอในการสุ่มเกิดขึ้นได้ ในระบบมาตรฐานการวิเคราะห์การวัดอาจไม่ประสบผลสำเร็จในกระบวนการที่เป็นแบบ high-quality process. ในการวิจัยนี้ผู้เขียนบอกว่า ระบบการวัด (gauge system) คุณลักษณะเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของการวัดระบบกระบวนการและศักยภาพของระบบที่เสนอเป็นตัวอย่างกรณีที่ใช้ในการผลิต

4. A Bivariate Attribute Measurement Model for Six Sigma Project ของ J. J. Lyn and M. N. Chen [7] : ได้นำเสนอผลการวิจัยว่ามีโปรแกรมการปรับปรุงคุณภาพ จำนวนมาก ใช้การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) เพื่อให้แน่ใจว่าความน่าเชื่อถือของผลการวัดใน ขั้นตอนการวัด ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจเกี่ยวกับพฤติกรรม การทำงานการตรวจสอบ คุณลักษณะคุณภาพที่สำคัญ การวัดทำซ้ำและการศึกษาศักยภาพการผลิตซ้ำ (R & R) เป็นวิธีการ ที่สำคัญสำหรับการประเมินความแม่นยำของ MSA แม้จะมีการศึกษาความสามารถของการวัดที่เป็นเรื่องธรรมดาที่อยู่ในอุตสาหกรรม มีไม่กี่ที่ที่มีการยกกรณีการหาหรือเกี่ยวกับข้อมูลคุณลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการ

ทำงานเกี่ยวข้องกับสองคนหรือมากกว่าในการตรวจสอบตัดสินใจ ด้านคุณลักษณะคุณภาพ การศึกษาครั้งนี้มีการจัดรูปแบบใหม่สำหรับการประเมินผลการวัด R & R สำหรับข้อมูลแอตทริบิวต์ สองตัวแปร (bivariate) ตัวอย่างนำมาใช้แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ในกระบวนการรูปแบบที่นำเสนอเป็นตัวอย่างสามารถนำไปใช้ในการประเมินและปรับปรุงระบบ การวัดที่มีข้อมูลแอตทริบิวต์ สองตัวแปร (bivariate)

5. Study of Prevention Mechanism in Process Control ของ H. Chen [8]: ได้นำเสนอผลวิจัยว่า ในโรงงานที่สร้างผลิตภัณฑ์โดยกระบวนการผลิตหรือกระบวนการทำงาน ถูกกำหนดให้ต้องผลิตให้มีผลผลิตสูงที่สุด จากการป้อนเข้าให้ต้นทุนการผลิต การดำเนินการน้อยที่สุด และมีคุณภาพที่ดีที่สุด กลไกการป้องกันจำเป็นต้องให้มีการถูกจัดทำในการผลิต มีการศึกษาอยู่บ้างในเรื่องของคุณภาพแต่อย่างไรก็ตามเมื่อเจอปัญหาด้านคุณภาพกลับไม่ค่อยมีการอ้างถึงกลไกการป้องกันดังกล่าว การวิจัยนี้ผู้เขียนกล่าวว่า กลไกการป้องกันในการใช้ระเบียบวิธีของ ซิกซ์-ซิกมา (6-Sigma) ในมุมมองของการจัดการคุณภาพ เทคนิคที่สำคัญรวมทั้ง DMAIC, SPC และ MSA ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ตามหลักการทางสถิติ ความสามารถของกระบวนการมีการตรวจสอบและความน่าเชื่อถือของกระบวนการคือการประเมิน เพื่อตรวจสอบกลไกการป้องกัน การสาธิตการผลิตมิเตอร์ไฟฟ้าแสดงให้เห็นถึงความล้มเหลวบน เส้นค่าเฉลี่ยลดลง 33% และค่าใช้จ่ายที่ลดลงนี้จะสมบูรณ์เมื่อระเบียบวิธีการควบคุมกระบวนการได้ถูกจัดทำขึ้นอย่างถูกต้อง

6. การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ด้วยหลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ และการวิเคราะห์ระบบการวัด ของ สุทธิดา เอี่ยมเจริญ และ ระพี กาญจนะ [9] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ Thrust washer ด้วยเทคนิคการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ (Statistical Process Control: SPC) ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาสูญเสียรายได้ จากชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ Thrust washer ที่ไม่ได้ตาม ข้อกำหนดของลูกค้าเป็นจำนวนหลายหมื่นบาทต่อเดือน ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมจำนวนของเสียทั้งหมด โดยจำแนกตามชนิดของลักษณะข้อบกพร่องและนำมาคัดเลือกข้อบกพร่องที่ต้องนำมาแก้ไขด้วยแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagrams) ซึ่งจะพบว่าสาเหตุหลักคือ ปัญหาที่เกิดจากความหนาของชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ (Drawing) จากนั้นวิเคราะห์สภาพปัญหาของแต่ละกระบวนการด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดทั้งจากเครื่องมือวัดและผู้ปฏิบัติงาน จากนั้นสร้างแผนภูมิควบคุมกระบวนการ Control chart เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง Fine grinding process เปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการก่อนและหลังการควบคุมกระบวนการ จากผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ Thrust washer จาก 62,390 ชิ้น เป็น 40,497 ชิ้น และสัดส่วนบกพร่องลดลง

35% จากก่อนควบคุมกระบวนการ และทำให้ความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้น 0.80 เป็น 0.83 และสามารถลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าเป็นศูนย์

7. การลดจำนวนสปินเดิลเสียในกระบวนการเจาะของโรงงานผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้าโดยใช้หลักการชิกซ์ชิกม่า ของดรูคิต จันทรรงค์ และวิภู ศรีสืบสาย [10]: งานวิจัยนี้ศึกษาการลดจำนวนหัวเจาะ (Spindle) เสียในกระบวนการเจาะ โดยใช้หลักการของ ชิกซ์ ชิกม่า มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนหัวเจาะเสีย ที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการเจาะ ในสายการผลิตของโรงงาน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง หัวเจาะที่เสียส่วนใหญ่จะเสียจากสาเหตุหัวเจาะติด (Spindle lock) และความเร็วยกของหัวเจาะไม่ได้ตามที่กำหนด (Spindle slip) โดยการวิจัยนี้ได้เริ่มเก็บข้อมูลการเสียของหัวเจาะของบริษัทกรณีศึกษา และวิเคราะห์สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดหัวเจาะเสีย โดยการวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลว และผลกระทบ (FMEA) ในกระบวนการโดยเรียงลำดับความสำคัญจากค่าระดับความเสี่ยง (RPN) แล้วกำหนดแนวทางการแก้ไขเพื่อลด ความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดหัวเจาะเสีย หลังจากทำการแก้ไขปัญหาด้วยเทคนิคชิกซ์ ชิกม่าพบว่าสามารถลดจำนวนหัวเจาะเสีย ได้เฉลี่ยเดือนละ 13.51%หรือสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ได้เฉลี่ยเดือนละ 290,000 บาท

8. การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลนับของขอบเลนส์สายตา ของวัฒน์วิทย์ ทัดเทียม [11]: เพื่อศึกษาแนวทางการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis) แบบข้อมูลนับ (Attribute Characteristics) ในอุตสาหกรรมการผลิตเลนส์สายตา ทำให้มีความเข้าใจสภาพของงาน ในการควบคุมกระบวนการและปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตเลนส์สายตาจากการศึกษา พบ ว่าใบมีดตัดของเลนส์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วจะทำให้ขอบเลนส์สายตาขุ่นเกินปกติจำเพาะ ซึ่งทำให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการวิเคราะห์ระบบการวัดขอบเลนส์สายตาซึ่งเป็นการประเมินผล คุณลักษณะเชิงคุณภาพเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ คือ ผ่านกับไม่ผ่านโดยให้พนักงานตรวจสอบ ขอบเลนส์สายตาขุ่นใสและเป็นผู้ตัดสินใจเปลี่ยนใบมีดตัดขอบเลนส์สายตาทำการตรวจสอบขอบเลนส์เป็น ผ่านกับไม่ผ่าน จากนั้นทำการประเมินและวิเคราะห์ระบบการวัด และสรุปผลเพื่อทำการปรับปรุง กระบวนการต่อไปประโยชน์ที่ได้รับ คือ การลดลงของผลิตภัณฑ์บกพร่องอันเป็นสาเหตุของต้นทุน การผลิตและคุณภาพสินค้า

ตารางที่ 2.10 สรุปงานเครื่องมือของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หัวข้อที่วิจัย	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยสามารถนำไปศึกษาต่อ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
เรื่อง วิธีการประมาณค่าความแปรปรวนของการแจกแจงพาริโต และเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าความแปรปรวน [4]	จากการวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าการประมาณค่าความแปรปรวนใช้วิธีอย่างง่ายจะทำให้ได้ค่า Bias ต่ำที่สุด และวิธีปรับค่าความแปรปรวนด้วยเทอมค่าคงที่ $(n-2)/n$ ให้ค่า MAE และ MSE ต่ำที่สุด
การทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับ Measurement System Analysis โดยใช้ Anova-base “Gauge R&R (Repeatability and Reproducibility) ของ D. W. Hoffa and C.Laux [5] ในการปรับปรุงกระบวนการวัดที่มีเทคโนโลยีขั้นสูง และต้องมั่นใจว่าจะสนองความต้องการของลูกค้าของบริษัท	ผลการศึกษาทำให้ผู้บริหารเห็นถึงประสิทธิภาพการตรวจวัดเชิงปริมาณได้ดีขึ้น และเป็นเครื่องมือสร้างความเชื่อมั่นสำคัญของงานบริหารคุณภาพ กับการลงทุนซื้อเครื่องมือใหม่
On Evaluating the Measurement Capability of High-quality Process ของ J.J. Lyn and M.N. Chen [6] :	การศึกษาของงานวิจัยนี้นำเอา MSA และ Gauge R&R ศึกษาตามคุณลักษณะเพิ่มขีดความสามารถโดยเฉพาะที่เป็น High-quality process
A Bivariate Attribute Measurement Model For Six Sigma Project ทดลองกับตัวอย่าง แสดงให้เห็นการประยุกต์เป็นตัวอย่าง สามารถนำไปใช้ในการประเมินและปรับปรุงระบบการวัดที่มี ข้อมูลแตริวิสต์ สองตัวแปร ของ J. J. Lyn and M. N. Chen [7]	ที่ใช้กับการทำงานในการตัดสินใจคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสองคนหรือมากกว่าในการทำงานเรื่องการตัดสินใจด้านคุณภาพโดยเฉพาะคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องมีคนที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย สองคนหรือมากกว่า งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์และอ้างอิงได้

ตารางที่ 2.10 สรุปงานเครื่องมือของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้วิจัย และ หัวข้อที่วิจัย	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยและสามารถนำไปศึกษาต่อและเครื่องมือที่ใช้
Study of Prevention Mechanism in Process Control วิจัยนี้ ใช้ระเบียบวิธีของ ชิกซ์-ชิกม่า (6-Sigma) ในมุมมองของการ จัดการคุณภาพ H. Chen [8]:	ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการความล้มเหลวให้ลดลงและค่าใช้จ่ายที่ลดลงจะสมบูรณ์เมื่อระเบียบวิธีการควบคุมกระบวนการได้ถูกจัดทำอย่างถูกต้อง โดยใช้เครื่องมือ DMAIC SPC และ MSA เป็นการป้องกันเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดในผลิตภัณฑ์
การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ด้วยหลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติและการวิเคราะห์ระบบการวัดของ สุทธิดา เอี่ยมเจริญ และ ระพี กาญจนะ [9]:	การวิจัยนี้ใช้เทคนิค SPC และ MSA เป็นเครื่องมือโดยแยกตามปัญหาจริงนำแผนภูมิควบคุมกระบวนการ และ ปรับปรุงจนสามารถลดของเสียลง 35% และความสามารถของกระบวนการก็เพิ่มขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถจะนำไปศึกษาต่อเพื่อประยุกต์เข้ากับกระบวนการอุตสาหกรรมการผลิตชนิดอื่นๆ
การลดจำนวนสปินเดิลเสียในกระบวนการเจาะของโรงงานผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้าโดยใช้หลักการชิกซ์ชิกม่า งานวิจัยนี้ศึกษาการลดจำนวนหัวเจาะ Spindle เสียในกระบวนการเจาะ โดยใช้หลักการของชิกซ์ ชิกม่าของ ดุสิต จันทรรักษ์ และวิภู ศรีสืบสาย [10]:	การวิจัยนี้ทำการหาสาเหตุหลักโดยใช้เทคนิควิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) แล้วนำเทคนิคการแก้ปัญหาด้วย ชิกซ์ ชิกม่า มาทำให้ลดของเสียได้ 13.51%
การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลนับของขอบเลนส์สายตา เพื่อศึกษาแนวทางการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis) แบบข้อมูลนับ (Attribute Characteristics) ในอุตสาหกรรมการผลิตเลนส์สายตาของ วัฒนวิทย์ ทัดเทียม [11]:	งานวิจัยนี้เป็นแบบอย่างให้เห็นว่าการควบคุมพนักงานตรวจสอบและเป็นผู้ตัดสินใจเปลี่ยนใบมีดด้วยการผ่านระบบการวัดวิเคราะห์แบบ Attribute Characteristics เป็นประโยชน์และทำให้ลดลงของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องอันเป็นสาเหตุของต้นทุนการผลิต และคุณภาพสินค้า

บทที่ 3

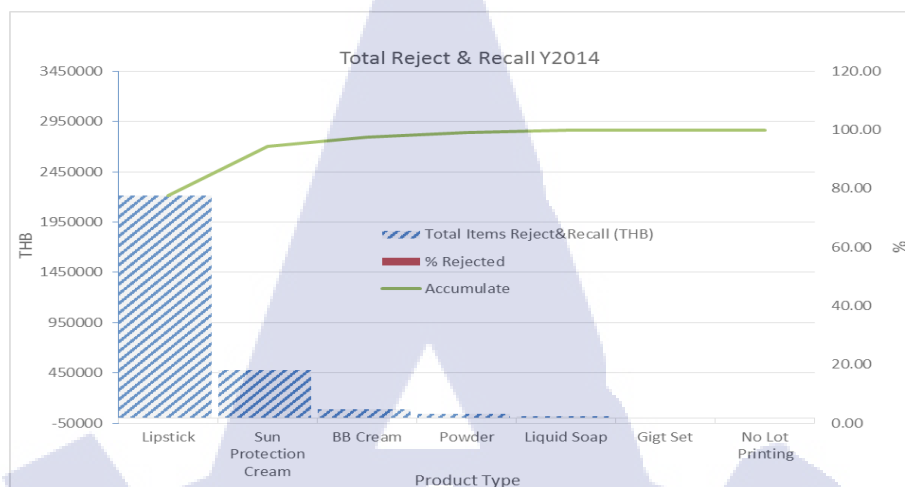
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน

ข้อผิดพลาดในการวัดเป็นประเด็นที่เกิดจากปัญหากระบวนการประเมินมีปัญหามากที่สุดคือการวัดคุณลักษณะข้อมูลในเงื่อนไขที่พนักงานใช้ตัดสินใจ เช่น ผ่าน/ไม่ผ่าน pass/fail ฯลฯ เพราะความสามารถการตัดสินใจนี้ส่งผลกระทบต่อโดยตรงกับการยอมรับสินค้าของลูกค้าจะต้องมั่นใจว่าพนักงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบและตัดสินใจด้านคุณภาพมีมาตรฐานที่ยอมรับได้คืออะไร "ผ่าน" และ "ไม่ผ่าน" ให้เหมือนกัน น่าเชื่อถือ มีทิศทางเดียวกัน

การศึกษาวิจัยนี้ จะนำใช้ MSA (Measurement system analysis) Gauge R&R (Gauge Repeatability and Reproducibility) และเทคนิคการวิเคราะห์ด้วย ANOVA เป็นเครื่องมือจะทำให้การควบคุมกระบวนการในการวัดและสามารถสร้างเกณฑ์การยอมรับที่มีมาตรฐานที่วัดได้ กรณีศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาจากปัญหาที่ได้รับร้องเรียนจากลูกค้าของโรงงานที่ศึกษาเป็นโรงงานรับจ้างผลิตเครื่องสำอาง ก่อตั้งมานานรับผลิตเครื่องสำอางทั้งในและต่างประเทศ สินค้าเครื่องสำอางมีหลากหลายทั้งผลิตภัณฑ์บำรุงผิว ครีม โลชั่น แชมพู ผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม น้ำหอม แป้ง (Powder) และลิปสติก (Lipstick) เป็นต้น โดยผลิตภายใต้การรับรองระบบคุณภาพที่ได้มาตรฐานต่างๆ มากมายแต่ระยะหลังๆ มีคู่แข่งในตลาดมากขึ้น ลูกค้ามีทางเลือกในการซื้อสินค้ามากขึ้น พบว่าสินค้าที่ได้รับการร้องเรียนจากทางลูกค้าเรื่องปัญหาคุณภาพเกี่ยวข้องกับสีของผลิตภัณฑ์ประเภทลิปสติกที่ เปลี่ยนไป ไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้กับลูกค้ามีจำนวนมากขึ้น ทำให้เสียโอกาสทางการค้าและ ไม่ได้รับความเชื่อถือโดยกระบวนการอนุมัติลิปสติก และการตรวจสอบลูกค้านำตัวอย่างมาเทียบ สีตั้งแต่รุ่นการผลิตแรก (เทียบกับรุ่นที่ผลิตก่อนหน้านี้ 3-4 ปี) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรุ่นปัจจุบันสีเปลี่ยนไปอย่างมาก สามารถมองเห็นได้ชัดเจนจากข้อมูลแสดงภาพรวมของปัญหาในรูปที่ 3.1 กราฟแสดงข้อร้องเรียนรวมของปี -2557 ที่ผ่านมา และปัญหา ที่พบมากที่สุดคือสินค้าประเภท Lipstick และข้อมูลการเสียโอกาสในการขายสินค้า ในตารางที่ 3.1 แสดงปัญหาเสียยอดขายจากการที่ลูกค้าไม่สามารถยอมรับสินค้า



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงรายการข้อร้องเรียนของลูกค้าจาก มกราคม 2557 – ธันวาคม 2557 (2014)

ตารางที่ 3.1 แสดงรายการคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เสียยอดขาย

item	โปรเจค	จำนวนสีStandard ทั้งหมด	จำนวนสีที่ลูกค้า ยอมรับ	คิดเป็น %ที่เสีย ยอดขาย
1	A	10	2	80%
2	B	17	10	41%
3	C	10	5	50%
4	E	11	9	18%
5	F	17	11	35%

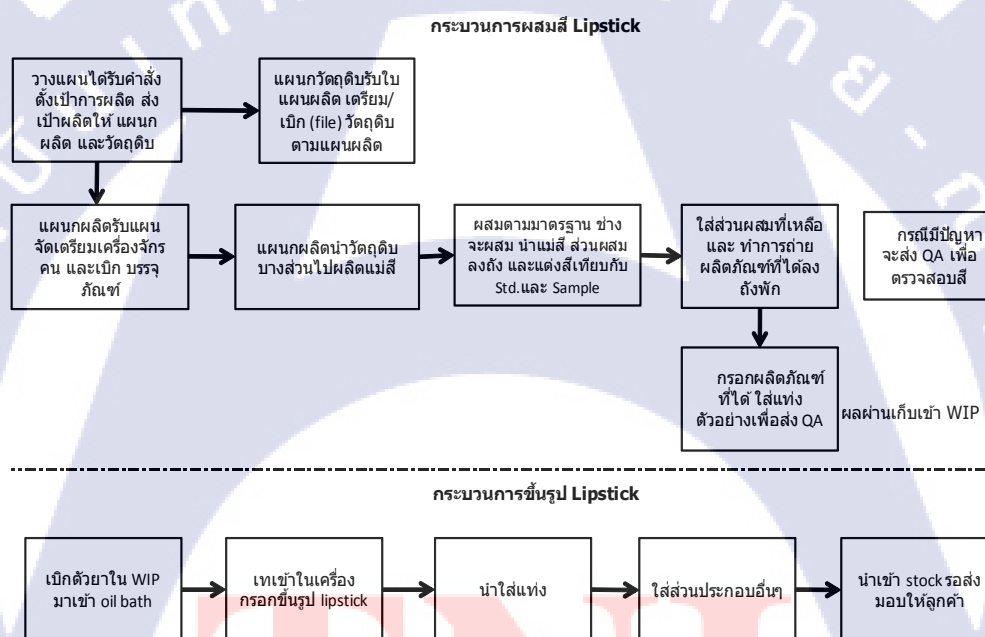
เมื่อได้ทวนสอบกระบวนการในการปฏิบัติงานเบื้องต้น ทุกรายการผลิตสินค้าจะมีการทำมาตรฐานของผลิตภัณฑ์มาตรฐานทุกปีเพื่อเป็นมาตรฐานในการป้องกันเรื่องของผลิตภัณฑ์ เสื่อมคุณภาพ ดังนั้นสิ่งที่ประเด็นในการปฏิบัติงานคือตัวบุคคล (พนักงาน) ที่มีส่วนหน้าที่ความรับผิดชอบ การตรวจสอบตัดสินใจ ผ่าน/ไม่ผ่าน คือหัวใจหลักการทำงานจากประวัติการร้องเรียนในปี 2557 (2014) พบว่าสินค้าที่ต้องทำการเรียกคืนมากที่สุดคือ สินค้าประเภท Lipstick ปัญหามากที่สุดคือเรื่องของสีไม่เหมือนกับสีมาตรฐาน และเป็นเหตุที่ทำให้ลูกค้าเริ่มไม่เชื่อมั่นในสินค้าการที่ลูกค้าไม่ยอมรับสีที่ไม่เหมือนสีมาตรฐานนี้ มีผลต่อเนื่องเรื่องของการพัฒนาสินค้าใหม่ในอนาคตถ้าไม่ได้รับความน่าเชื่อถือจากลูกค้าเมื่อตรวจสอบประวัติการปฏิบัติงานพบว่าสาเหตุปัญหาเกิดมาจาก

ก. เป็นช่วงที่มีพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่เปลี่ยนหลายรุ่น

ข. วิธีการตรวจสอบยังไม่เหมาะสม กล่าวคือใช้ตัวอย่าง Lipstick ทาบนิ้วของผู้ตรวจ แล้วเทียบกับสีทาของ Lipstick มาตรฐาน (ระบบการให้สิทธิในการอนุมัติสีลิปสติก และการคัดเลือกพนักงานไม่มีเกณฑ์ที่ชัดเจน) ซึ่งพนักงานมีความสามารถในการแยกแยะระดับของสี (เฉดสี) ต่างกันทั้งพนักงานที่ตำแหน่งช่างผสมสีพนักงานประกันคุณภาพ ลูกค้า และบุคคลทั่วไป

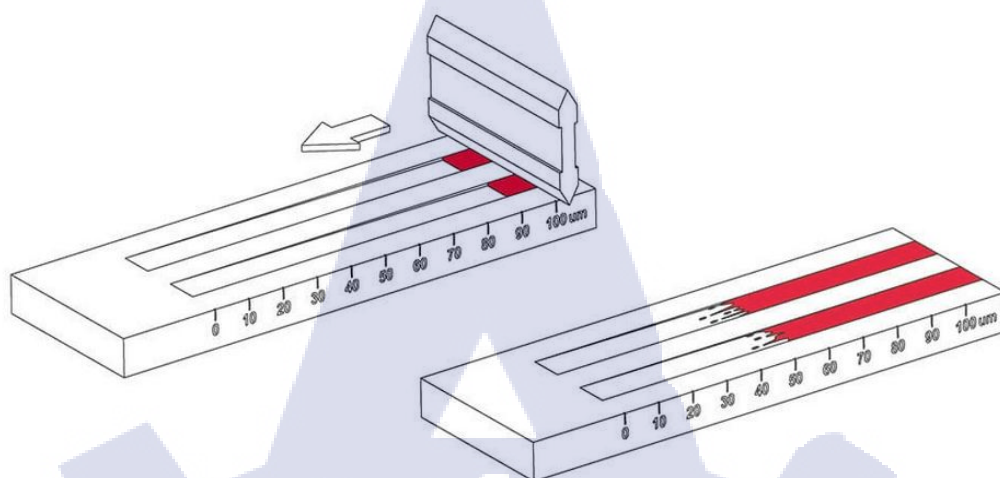
ค. พนักงานที่เป็นฝ่ายตรวจสอบคุณภาพของทางลูกค้า เปลี่ยนคนตรวจสอบ และตัดสินใจ ขอบเขตการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะกระบวนการผลิต ลิปสติก (Lipstick) (ประเภทที่ไม่มีส่วนผสมของผงมุก) โดยมีผังกระบวนการผลิตดังนี้



รูปที่ 3.2 ผังกระบวนการ ผลิต Lipstick

ขั้นตอนการผลิตเริ่มแยกเป็นส่วนแรก การผลิตแม่สีก่อน จากการผสมวัตถุดิบ เข้าด้วยกันในส่วนของแม่สี จะใส่ตามสูตรมาตรฐาน ไม่มีการปรับสี แต่จุดที่ควบคุม คือขนาดของเม็ดสีที่ช่างผสม จะต้องตรวจสอบให้แน่ใจ ด้วยเครื่องมือวัดขนาดเม็ดสีแสดงตัวอย่างการวัดความละเอียดของเม็ดสี ได้จากเครื่องวัดละเอียด ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การวัดความละเอียดของเม็ตสี (ผลิต Lipstick)

เมื่อเม็ตสีมีขนาดที่ต้องการแล้วก็จะนำเม็ตสีที่ได้เก็บเข้าไว้ก่อน เพื่อรอการเบิกไปผลิตต่อไป ส่วนที่สองคือ การผสมส่วนผสมต่างๆ เข้าด้วยกันในถังผสม ช่างผสมจะผสมและแต่งสีให้เทียบกับมาตรฐานของลูกค้า ขั้นตอนนี้ยังไม่มีส่วนผสมของน้ำหอม และสารปรุงแต่ง (เช่นวิตามินหรือ additive อื่นๆ) เมื่อแต่งสีได้เทียบมาตรฐานแล้วจึงจะผสมน้ำหอมและส่วนอื่นๆ ลงไป จากนั้นก็จะ ทำการถ่ายผลิตภัณฑ์เบื้องต้น (Bulk) ลงถึงพนักงานผลิตผลิตภัณฑ์เบื้องต้นกรอกใส่แท่งตัวอย่างลงในแม่พิมพ์จำลอง (ดังตัวอย่างรูปที่ 3.4) แท่ง lipstick ตัวอย่างนี้ยังไม่ใช่รูปทรงของ lipstick จริงที่จะส่ง ลูกค้า เป็นเพียงตัวอย่าง สำหรับส่งให้ พนักงานประกันคุณภาพ ตรวจสอบ



รูปที่ 3.4 การกรอกผลิตภัณฑ์เบื้องต้น (Bulk) ลงแม่พิมพ์จำลองเพื่อส่งให้ พนักงานประกันคุณภาพตรวจสอบ

กระบวนการตรวจสอบแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

1. การตรวจสอบด้วยสายตา คือตรวจสอบดูสีเทียบกับมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับจากลูกค้า
2. การตรวจสอบด้วยคุณสมบัติภายใน คือ การทดสอบกลิ่น ความแข็ง ความละเอียดของเนื้อ lipstick

3.2 การนิยามหัวข้อปัญหา

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาจากกระบวนการที่ยังไม่เคยมีการกำหนดเป็นตัวเลขหรือควม เป็นมาตรฐานที่ตรวจวัดได้ในบริษัทกรณีศึกษามาก่อน เพราะการปฏิบัติงานอ้างอิงมาตรฐาน จากบุคคลเพียงอย่างเดียว เมื่อมีการเปลี่ยนพนักงานเพราะเกษียณอายุ และบางส่วนลาออก ย้ายงาน ทำให้สินค้าที่ผลิตส่งให้ลูกค้าคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานที่เคยยอมรับสาเหตุของปัญหามาจากความผันแปรของการวัด สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. กระบวนการวัด: ขั้นตอนการแต่งสี

1.1 พนักงาน ที่ประจำตำแหน่งช่างผสมเป็นหัวใจหลักแต่กระบวนการอนุมัติ สีลิปสติก ในการยอมรับความสามารถของพนักงานที่เกี่ยวข้องนี้ ยังไม่มีวิธีการที่ชัดเจนไม่สามารถคัดกรองว่าระดับไหนที่ยอมรับได้ และไม่สามารถแยกแยะสีได้ดี จะทำให้เกิดภาวะสีของ lipstick เริ่มออกนอกมาตรฐานไปเรื่อยๆ จนเห็นได้ชัด

1.2 พนักงาน ทั้งฝ่ายประกันคุณภาพ ช่างผสมสี และลูกค้า ไม่สามารถบอกได้ว่าความสามารถการแยกแยะสีเป็นที่ยอมรับหรือไม่ ทำให้เกิดข้อโต้แย้งเรื่องการยอมรับสีมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงกัน

1.3 เครื่องมือที่ใช้มีสายตาของผู้วัด และ เครื่องวัดสี (Colour Meter) แต่เครื่องวัดสี ที่มีคุณภาพความละเอียดสูงราคาแพง ไม่อยู่ในพื้นที่ทำงาน ไม่ได้นำข้อมูลมาเป็นเครื่องมือสำหรับการอนุมัติสีลิปสติกโดยตรง

2. การควบคุมกระบวนการผลิต :

2.1 เวลา :ในกระบวนการต้องใช้เวลาในขั้นตอนการแต่งสี ปกติใช้เวลาประมาณ 4 ชม. ตามคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาผสมแต่ถ้าผลิตภัณฑ์คุณภาพ โดยเฉพาะสียังไม่เหมือน จำเป็นต้องปรับแต่ง โดยการนำมาหลอมใหม่แล้วค่อยแต่งสีเวลาที่ทำก็จะนานออกไป (จากประวัติบันทึกการปฏิบัติงาน สูงสุด 9 ชม.) ซึ่งจะมีผลทำให้แม่สีที่ไม่คงทนความร้อนจะ เสื่อมสภาพดังนั้นการปรับแต่งสีได้ซ้ำก็จะมีผลต่อคุณภาพทางอ้อม

2.2 ขั้นตอนการตรวจสอบ : ถ้าช่างผสมแต่งสีและส่งตัวอย่างให้ QA ตรวจสอบ แล้ว ถ้าหากไม่ผ่าน ผลิตภัณฑ์เบื้องต้น (Bulk) จะต้องถูกนำมาหลอมใหม่ และแต่งสีเพิ่ม ซึ่งทำให้เสียเวลา กับปัญหาคุณภาพทางอ้อม

3.1.2 เตรียมวัตถุดิบ และอุปกรณ์ในการทดลอง

จะเห็นว่าในการควบคุมกระบวนการผลิตเป็นกุญแจสำคัญที่ขั้นตอนการปรับแต่งสี (Mixing) กระบวนการวัดเรื่องการตรวจสอบคุณภาพ (สี) ของช่างผสมสี พนักงานประกันคุณภาพ และลูกค้าที่ต้องอนุมัติสีการตรวจยอมรับ (Accept) ต้องมีมาตรฐานเดียวกันและมีบุคลากรที่เป็นผู้ตรวจสอบอนุมัติสีซึ่งเป็นการวัดแบบ ตัดสินใจผ่าน/ไม่ผ่าน เป็นการวัดแบบ Attribute เครื่องมือที่วัดความสามารถของการตรวจสอบ จึงจำเป็นต้องนำใช้ระบบกระบวนการวัด Attribute Gauge R&R มาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1.2.1 ทำการแยกความสามารถการใช้สายตา โดยการประยุกต์วิธีการของ Farnsworth Color Vision Test & Color Blindness Test [12] และความสามารถในการตัดสินใจ ในเรื่องของสีของตัวอย่าง เมื่อเทียบกับมาตรฐาน โดยคัดเลือกให้ผู้ทดสอบมาจากแผนกผลิตช่างผสมสี พนักงานประกันคุณภาพลูกค้า และผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในการอนุมัติสี (เพื่อยืนยันว่าบุคคลที่ทำการศึกษามีความสามารถในการแยกแยะสีได้ เหมือนกันทุกคนแยกแยะมาตรฐาน 4 เกรดสี คือ เหลือง แดง น้ำเงิน และ เขียว ตัวอย่างละ 7 เกรดสีตามมาตรฐานสี Pantone เพื่อทวนสอบเรื่อง ตาบอดสีและความสามารถในการแยกแยะสี

3.1.2.2 เตรียมตัวอย่างสีมาตรฐานที่ยอมรับได้การอนุมัติจากผู้มีอำนาจทั้งจาก โรงงานและลูกค้าและตัวอย่างจากการผลิตที่จะนำมาทดสอบความสามารถในการแยกสี 40 ขึ้น โดยกำหนดให้มีตัวอย่างที่เหมือนสีมาตรฐานทุกประการ 22 ขึ้น และสีที่ใกล้เคียงแต่ยอมรับไม่ได้เมื่อเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน 18 ขึ้นจากนั้นต้องมาดำเนินการให้ตรวจสอบตัวอย่างเทียบกับมาตรฐานตามกระบวนการวัดในบทที่ 2 Repeatability (ความสามารถในการวัดซ้ำ) และ Reproducibility (ความสามารถในการให้ผลซ้ำและถูกต้อง) โดยทุกคนจะต้องทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ให้ระยะห่างแต่ละครั้ง 1-2 วัน ผลที่ได้จากการทดสอบนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ระบบการวัด ใช้เทคนิค ANOVAโดยวิธีตั้งสมมติฐาน (Null Hypothesis Test Analysis)

ตั้งสมมติฐานของการศึกษา

H_0 ความสามารถในการให้ผลซ้ำและให้ผลซ้ำอย่างถูกต้อง ไม่แตกต่างกัน
ของทุกกลุ่มทดสอบ

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H_1 ความสามารถของกลุ่มที่ทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 กลุ่ม
ในการให้ผลซ้ำและให้ผลซ้ำอย่างถูกต้อง

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j$$

ถ้าค่าที่ศึกษาประเมินและวิเคราะห์สามารถแยกผู้ที่มีความสามารถของแต่ละกลุ่ม จากประสบการณ์ การปฏิบัติงานจะจัดทำเป็นมาตรฐานวิธีการในการทำงาน และจะต้องจัดให้มีการตรวจสอบซ้ำอย่างน้อยปีละครั้ง เพื่อเฝ้าระวังปัญหาตามเวลาที่เปลี่ยนไป

ถ้าค่าที่ศึกษาประเมินและวิเคราะห์ออกมามีค่าที่สามารถกำหนด เป็นเกณฑ์การยอมรับที่น่าเชื่อถือและมีผลกระทบกับความต้องการของลูกค้าจะดำเนินการให้ผู้บริหาร หัวหน้างานรับทราบเพื่อจะพบทวน อบรม พนักงานให้มีขีดความสามารถก่อนที่จะเข้าปฏิบัติหน้าที่ในส่วนที่ สำคัญนี้ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานแทนระบบการทำงานแบบเดิม

3.1.2.3 การนำข้อมูลที่ได้มาตั้งเป็นมาตรฐานและจัดทำมาตรฐานในการควบคุมที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยเทียบขั้นตอนการศึกษาด้วยเทคนิค Attribute Gauge R&R

3.1.3 การจัดทำทดสอบ

3.1.3.1 ทวนสอบเรื่องตาบอดสีและความสามารถในการแยกเฉดสีนำแผ่นตัวอย่างมาตรฐาน Pantone กลุ่มเฉดสี เหลือง เขียว น้ำเงิน และแดง (ประยุกต์ตามวิธีการของ Farnsworth Color Vision Test & Color Blindness Tests by Munsell [12] ซึ่งจะมีการแบ่งสีเป็น สีเหลือง เขียว น้ำเงิน แดง และ ม่วง แต่การวิจัยนี้ไม่ทดสอบสีม่วง)

1. มาตัดให้มีขนาดเท่ากันขึ้นมาตรฐานที่ทำการทดสอบ (เพื่อควบคุมขนาดของตัวอย่างและพื้นที่การมอง)
2. ตัดแผ่นสีตัวอย่างไล่เฉดสีแต่ละสี (1 ชุดจะมี 7 ชิ้น ตามแผ่นสีมาตรฐาน pantone)
3. ข้อกำหนดจะต้องไม่สัมผัสผิวหน้าของแผ่นมาตรฐานเพื่อป้องกันการเปื้อน และสีเลือนการทดสอบจะต้องทดสอบภายใต้พื้นที่กำหนด คือต้องทดสอบที่ตู้สำหรับตรวจสอบสีเท่านั้น (colour booth)
4. ผู้ควบคุมการทดสอบจับเวลาและบันทึกผล
5. ระยะเวลาการทดสอบเรียงสีจากเข้มไปอ่อนหรืออ่อนไปเข้มภายใน 1 นาที ผู้ที่ผ่านการทดสอบนี้จึงไปทดสอบขั้นต่อไป

3.1.3.2 การทดสอบเรื่อง การให้ผลซ้ำ(Repeatability) และการให้ผลซ้ำและถูกต้อง (Reproducibility)

1. จัดเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ Gauge R&R ทำการเลือกสีมาตรฐาน สำหรับทำ Master ดี 1 ชิ้นจากการยอมรับของผู้มีอำนาจของโรงงานและลูกค้า
2. นำตัวอย่างอ้างอิงที่เป็นสีมาตรฐานรุ่นผลิตเดียวกันกับ Master มาทำ เป็นชิ้นงานดีจำนวน 22 ชิ้น และสีที่ไม่ยอมรับจำนวน 18 ชิ้น (ตัวอย่างของสีผลิตภัณฑ์เบื้องต้นไล่ขนาดเท่าๆกันทุกชิ้น) ทำหมายเลขลงบันทึกลักษณะและค่าอ้างอิงของการยอมรับแยกไว้
3. ผู้ควบคุมการทดสอบจะส่งตัวอย่างทดสอบให้ผู้ทดสอบครั้งละ 1 ชิ้นเท่านั้น และควบคุมเวลาให้ไม่เกิน 1 นาทีต่อชิ้น เมื่อครบ 1 นาทีจะต้องเปลี่ยนชิ้นงานใหม่ทันที (ถ้าภายในเวลาไม่สามารถตัดสินใจได้ให้ลงผล ไม่ผ่าน)
4. การตรวจสอบจะต้องเทียบตัวอย่างกับตัวอย่างสีมาตรฐานทีละชิ้น
5. การทดสอบการตัดสินใจจะต้องใช้เวลาไม่เกิน 1 นาที สำหรับชิ้นงานเทียบแต่ละชิ้นผู้ทดสอบจะต้องบอกผลการตัดสินใจให้ผู้ควบคุมลงบันทึก
6. จัดลำดับรายชื่อของคนที่เกี่ยวข้องทั้งหมดแยกกลุ่ม (กลุ่มช่าง ผสมสี กลุ่มพนักงานประกันคุณภาพกลุ่มลูกค้า และกลุ่มพนักงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ) โดยพนักงานดังกล่าวได้ผ่านการรับรองคุณสมบัติ การทดสอบแยกเฉดสีแล้ว

7. ทำการคัดเลือกคนขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้ว ให้ตรวจสอบชิ้นงานตัวอย่างอย่างสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพงานว่าผ่าน/ไม่ผ่าน พร้อมบันทึกผลลงในตารางตรวจสอบและทำการตรวจสอบซ้ำอย่างน้อยชิ้นงานละ 3 ครั้ง
8. ทำการคัดเลือกพนักงานคนต่อไปโดยดำเนินการเหมือน ข้อ 3 และทำเช่นนี้จนครบทุกคนตามที่วางแผนไว้แยกกลุ่มข้อมูลของผู้ทดสอบเพื่อประเมินสมรรถภาพของการตัดสินใจ
9. กำหนดสัญลักษณ์ Y, N โดยที่
Y เมื่อผลสอดคล้องกับค่าอ้างอิง
N เมื่อผลไม่สอดคล้องกับค่าอ้างอิง
10. นำผลที่ได้ไปคำนวณ ดังนี้
ตัวอย่างอ้างอิง ทั้งหมด 40 ตัวอย่าง ทดสอบการตัดสินใจตัวอย่างละ 3 ครั้ง รวมกันตัดสินใจ (จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ) 120 ครั้ง ผลรวมการตัดสินใจของแต่ละคนให้นับครั้งที่ตัดสินใจได้ Y เมื่อผลสอดคล้องกับค่าอ้างอิง วิธีการคำนวณจะได้จาก

เปอร์เซ็นต์รีพิทเทบิลิตีของพนักงานตรวจสอบ (%Repeatability)

จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน

= จน.ครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน / จน.ชิ้นงานที่ตรวจสอบ

เปอร์เซ็นต์รีโพรดูซิเบิลิตีของพนักงานตรวจสอบ (%Reproducibly)

= จน.ครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง / จน.ชิ้นงานที่ตรวจสอบ

11. รวบรวมผลที่ได้จากข้อ 10 ของแต่ละคนในกลุ่มไปหาค่าการกระจายของแต่ละกลุ่มก่อนว่าข้อมูลที่ได้มาเป็นการกระจายแบบปกติหรือไม่ โดยคิดที่อัลฟา = .05 (ระดับความมั่นใจที่ 95%)
12. ถ้าเป็นการกระจายแบบปกติ ค่า P-Value จะต้องมากกว่าค่าอัลฟา (ควรมีค่า P-Value > .05)
13. นำข้อมูลของแต่ละกลุ่มที่มีการกระจายปกติ %Repeatability และ %Reproducibility ไปทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนด้วยเทคนิค ANOVA

3.1.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1.4.1 ผลการทดลองให้บันทึกในแบบฟอร์มผล Test เรื่องการแยกเฉดสี

Test เรื่องการแยกเฉดสี

Name & Surname : รติกานต์
Company : ILC

Department : MIXING

ID:

Testing Date : 04.11.2015

สีที่ 1 เหลือง		คะแนน	
1	1	ได้	7
2	1	เต็ม	7
3	1		
4	1		
5	1		
6	1		
7	1		

Time (S):10.67

สีที่ 2 แดง		คะแนน	
1	1	ได้	7
2	1	เต็ม	7
3	1		
4	1		
5	1		
6	1		
7	1		

Time (S):6.33

สีที่ 3 น้ำเงิน		คะแนน	
1	1	ได้	7
2	1	เต็ม	7
3	1		
4	1		
5	1		
6	1		
7	1		

Time (S):7.04

สีที่ 4 เขียว		คะแนน	
1	1	ได้	7
2	1	เต็ม	7
3	1		
4	1		
5	1		
6	1		
7	1		

Time (S):7.80

ความสามารถในการแยกเฉดสี

สี	คะแนน
สีเหลือง	7
สีแดง	7
สีน้ำเงิน	7
สีเขียว	7
รวม	28

มาตรฐานการยอมรับ ต้องมีระดับความถูกต้อง ไม่ต่ำกว่า 95%

คะแนนเต็ม 28

คิดเป็น % = 100%

คะแนน

หมายเหตุ

การทดสอบ : ควบคุมการทดสอบภายใต้เงื่อนไขดังนี้

1. ชิ้นงานตัวอย่างที่ทดสอบ เป็นชิ้นตัวอย่างจาก Pantone
2. ผู้ทดสอบต้องดูชิ้นตัวอย่างภายใต้แสงควบคุม (Light Booth)
3. การทดสอบจะต้องควบคุมเวลา ให้เรียนครบทั้ง 4 สีภายใน 1 นาที
4. ห้ามสัมผัสกับผิวหน้าของชิ้นตัวอย่าง

รูปที่ 3.5 ใบลงบันทึกผล Test เรื่องการแยกเฉดสี

ผลการทดสอบของพนักงานต้องมีคะแนนเต็ม 100% ถึงจะผ่านเกณฑ์การทดสอบนี้

3.1.4.2 ผลการทดลองเพื่อหา %Repeatability และ %Reproducibility ให้
ลงบันทึกผลการทดสอบแต่ละครั้ง(รวมทั้งหมด 3 ครั้ง) ในใบ Test เรื่อง
ความสามารถในการตัดสินใจ

Test เรื่องความสามารถในการตัดสินใจ

Name & Surname..... Company.....

Department..... ID:.....

Master No:..... No. of Testing..... Testing Date.....

No.	Y	N	No.	Y	N	No.	Y	N	No.	Y	N	SCORE
1			13			25			37			4 0
2			14			26			38			
3			15			27			39			
4			16			28			40			
5			17			29						
6			18			30						
7			19			31						
8			20			32						
9			21			33						
10			22			34						
11			23			35						
12			24			36						

Master No:..... No. of Testing..... Testing Date.....

No.	Y	N	No.	Y	N	No.	Y	N	No.	Y	N	SCORE
1			13			25			37			4 0
2			14			26			38			
3			15			27			39			
4			16			28			40			
5			17			29						
6			18			30						
7			19			31						
8			20			32						
9			21			33						
10			22			34						
11			23			35						
12			24			36						

Master No:..... No. of Testing..... Testing Date.....

No.	Y	N	No.	Y	N	No.	Y	N	No.	Y	N	SCORE
1			13			25			37			4 0
2			14			26			38			
3			15			27			39			
4			16			28			40			
5			17			29						
6			18			30						
7			19			31						
8			20			32						
9			21			33						
10			22			34						
11			23			35						
12			24			36						

รูปที่ 3.6 ใบลงบันทึก การทดสอบเรื่องความสามารถในการตัดสินใจ

ผลการทดสอบของพนักงานทุกคนในแต่ละกลุ่มจะนำไปประมวลผลโดยผ่านโปรแกรมเอ็กเซล รวบรวมผลการตัดสินใน เทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน เมื่อการตัดสินใจภายใต้เงื่อนไขสภาพแวดล้อมที่ควบคุม คือ ระยะห่างคงที่ ตรวจสอบภายในตู้แสง(Color Booth) ดังตัวอย่างแบบฟอร์ม รูปที่ 3.7 ใบรวบรวมบันทึกผลการตัดสินใจ

Sample number	Sample Std.	QA inspector number 4 ละออง			ความไม่ Bias (ความถูกต้องเมื่อเทียบกับมาตรฐาน)			Repleatability ความสามารถในการตรวจซ้ำ	ตอบโต้ เหมือนกัน และ ถูกต้อง Bias
		Test 1	Test 2	Test 3					
1	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
2	N	N	Y	N	1	0	1	Y	Y
3	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
4	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
5	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
6	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
7	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
8	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
9	N	Y	Y	N	0	0	1	Y	Y
10	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
11	N	N	Y	N	1	0	1	Y	Y
12	N	Y	Y	Y	0	0	0	Y	Y
13	N	N	Y	N	1	0	1	Y	Y
14	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
15	N	N	Y	Y	1	0	0	Y	Y
16	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
17	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
18	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
19	N	N	Y	N	1	0	1	Y	Y
20	N	N	N	N	1	1	1	Y	Y
21	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
22	N	N	Y	Y	1	0	0	Y	Y
23	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
24	N	N	N	N	1	1	1	Y	Y
25	N	N	N	N	1	1	1	Y	Y
26	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
27	N	N	Y	Y	1	0	0	Y	Y
28	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
29	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
30	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
31	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
32	N	Y	N	N	0	1	1	Y	Y
33	N	N	N	N	1	1	1	Y	Y
34	N	N	N	N	1	1	1	Y	Y
35	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
36	N	N	N	N	1	1	1	Y	Y
37	N	N	N	N	1	1	1	Y	Y
38	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
39	Y	Y	Y	Y	1	1	1	Y	Y
40	N	N	N	N	1	1	1	Y	Y

รูปที่ 3.7 ใบรวบรวมบันทึกผลการตัดสินใจ

ผลการทดลอง ที่ได้จะต้องนำไปวิเคราะห์ตามเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA เพื่อหาค่า F คำนวณ เปรียบเทียบกับ F Critical ว่าเป็นอย่างไรโดยเปรียบเทียบทั้งกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้วิธีการที่อยู่ในบทที่ 2 เรื่อง ANOVA Attribute Gauge R&R

ถ้าผลการคำนวณ ค่า F คำนวณน้อยกว่าค่า F critical ($F \text{ คำนวณ} < F \text{ critical}$) ไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ที่เป็นสมมติฐานหลัก (Null hypothesis)

แต่ถ้าผลการคำนวณ ค่า F คำนวณมากกว่าค่า F critical ($F \text{ คำนวณ} > F \text{ critical}$) จะต้องปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 สมมติฐานรอง (Alternative hypothesis)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ ต้องการศึกษาผลของการตัดสินใจอนุมัติสลิปสต็อก และการวิเคราะห์ค่าที่ยอมรับ ได้ในระดับความมั่นใจที่ 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

4.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลอง ทดสอบเรื่องการแยกแยะสี ของผู้ทดสอบทุกคนในกลุ่ม แยกเป็น 4 กลุ่มได้ดังตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเรื่องการแยกแยะสี โดยที่

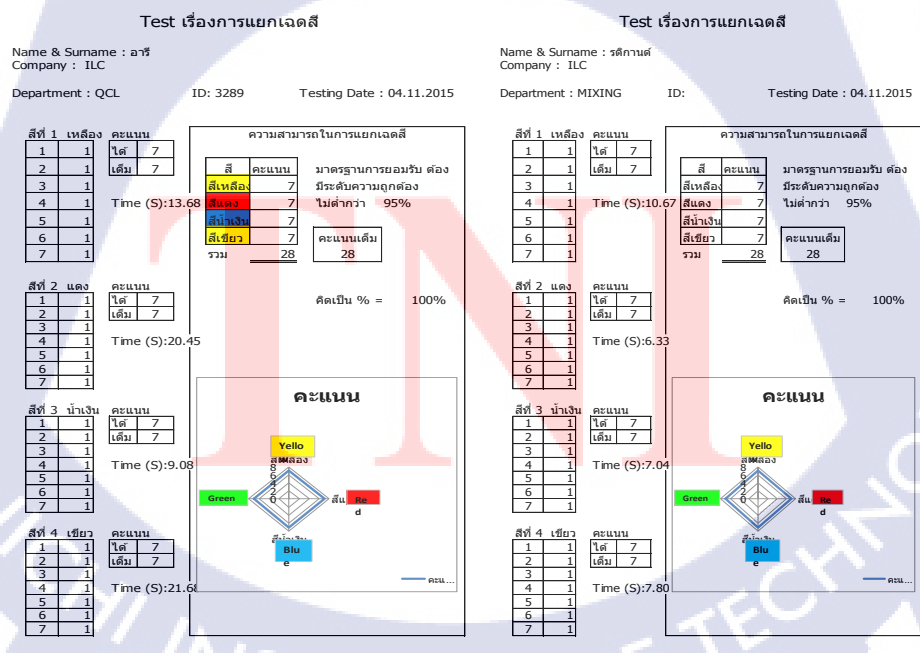
G1 = กลุ่มที่ 1 หมายถึง พนักงานที่ทำงานไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจอนุมัติสลิป มี 5 คน

G2 = กลุ่มที่ 2 หมายถึง กลุ่มของลูกค้าที่ตัดสินใจอนุมัติสลิป มี 4 คน

G3 = กลุ่มที่ 3 หมายถึง กลุ่มของช่างผสมสีของโรงงาน มี 5 คน

G4 = กลุ่มที่ 4 หมายถึง กลุ่มของพนักงานประกันคุณภาพของโรงงานมี 5 คน

บันทึกผลการทดลอง แสดงไว้ในตัวอย่างรูปที่ 4.1 ผลการทดสอบแยกแยะสี



รูปที่ 4.1 ตัวอย่าง ใบผลการทดสอบแยกแยะสี

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเรื่องการแยกเจดสี

	% ผลการทดสอบเรื่องการแยกเจดสี			
	G 1	G 2	G 3	G 4
สีเหลือง	100%	100%	100%	100%
สีแดง	100%	100%	100%	100%
สีน้ำเงิน	100%	100%	100%	100%
สีเขียว	100%	100%	100%	100%

สรุปคือผู้ทดสอบที่ผ่านการทดสอบทุกกลุ่มที่ทดสอบไม่มีความแตกต่างเรื่องสายตาและการแยกเจดสี

4.1.2 ผลการทดลอง เรื่องเปอร์เซ็นต์รีพิทเทบิลิตี้ (% Repeatability) ของพนักงานทุกกลุ่ม

จากบทที่ 3 การคำนวณร้อยละของรีพิทเทบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ (%Repeatability) จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน

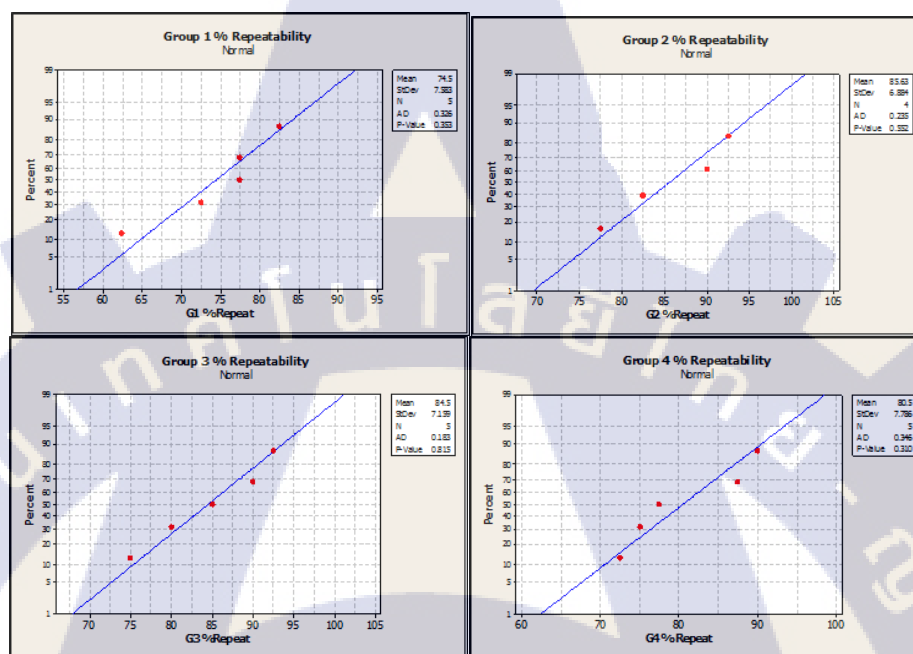
$$\text{ได้จาก} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน} \times 100}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$$

การทดลองจากตัวอย่างอ้างอิง 40 ชิ้น ตรวจสอบแต่ละชิ้น 3 ครั้ง คิดเป็น 120 ครั้ง ต่อการทดสอบ จะได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบ % Repeatability เป็นแต่ละกลุ่มดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบ % Repeatability ของแต่ละกลุ่ม

% Repeatability (%ที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน (ความสามารถในการวัดซ้ำ))			
G1	G2	G3	G4
82.50	77.50	90.00	75.00
77.50	82.50	75.00	77.50
62.50	90.00	85.00	87.50
77.50	92.50	80.00	72.50
72.50		92.50	90.00

เมื่อนำผลของแต่ละกลุ่มมาทดสอบค่าหาการกระจายแบบปกติ โดยวิเคราะห์จากค่า P-Value > α คือ จะต้องมามีค่ามากกว่า 0.05 ผลการทดลองใช้โปรแกรม minitab แสดงสรุปแต่ละกลุ่มได้ดังรูปที่ 4.2 ผลของการกระจาย %Repeatability ของแต่ละ กลุ่มที่ทดสอบ



รูปที่ 4.2 ผลของการกระจาย %Repeatability ของแต่ละกลุ่มที่ทดสอบ

ผลการทดสอบของ %Repeatability ของทั้ง 4 กลุ่มที่ทดสอบเป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) คือมีค่า P-Value > α (ที่ค่านัยสำคัญ 0.05 ระดับความมั่นใจที่ 95%) ทุกกลุ่ม

G1 มีค่า P-Value = 0.353

G2 มีค่า P-Value = 0.552

G1 มีค่า P-Value = 0.815

G1 มีค่า P-Value = 0.310

4.1.3 ผลการทดลอง เรื่อง % Reproducibility ของพนักงานทุกกลุ่มของพนักงานทุกกลุ่ม

จากบทที่ 3 การคำนวณร้อยละของรีโพรดูซิเบิลที่ของพนักงานตรวจสอบ (% Reproducibility)

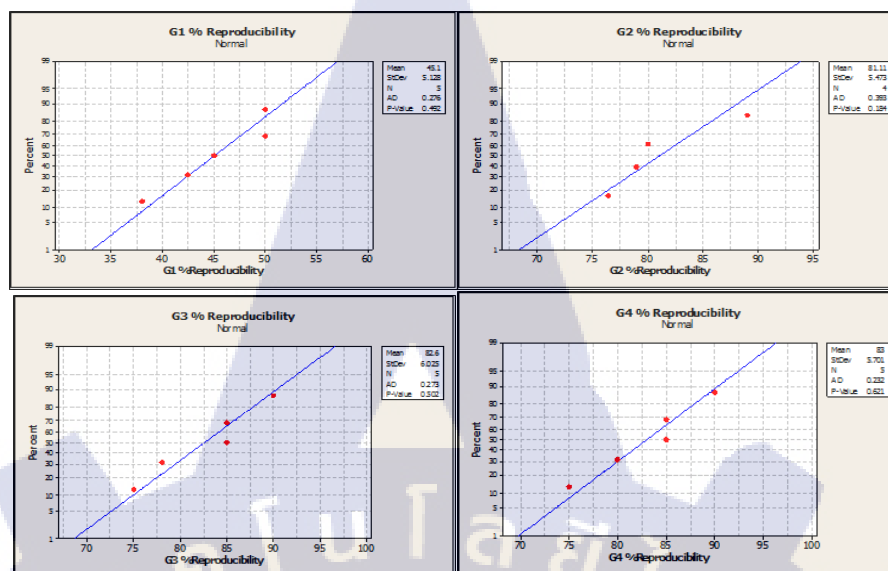
$$\text{ได้จาก} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \times 100$$

โดยคำนวณผลของการทดลองจากตัวอย่างอ้างอิง 40 ชิ้น ตรวจสอบแต่ละชิ้น 3 ครั้ง คิดเป็น 120 ครั้ง ต่อการทดสอบ จะได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบ % Reproducibility ของแต่ละกลุ่ม จะได้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบ % Reproducibility ของแต่ละกลุ่ม

% Reproduce %ที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง(ความสามารถให้ผลซ้ำและถูกต้อง)			
G1 Reproduce	G2 Reproduce	G3 Reproduce	G4 Reproduce
38	80.00	75.00	85.00
50	76.43	90.00	85.00
42.5	79.00	85.00	80.00
50	89.00	78.00	75.00
45		85.00	90.00

เมื่อนำผลของแต่ละกลุ่มมาทดสอบค่าหาการกระจายแบบปกติ โดยวิเคราะห์จากค่า P-Value > α คือจะต้องมีค่ามากกว่า 0.05 ผลการทดลองใช้โปรแกรม minitab แสดงสรุปแต่ละกลุ่มได้ดังรูปที่ 4.3 ผลของการกระจาย %Reproducibility ของแต่ละกลุ่มที่ทดสอบจะเป็นดังนี้



รูปที่ 4.3 ผลของการกระจาย %Reproducibility ของแต่ละกลุ่มที่ทดสอบ

การทดสอบของ %Reproducibility ของทั้ง 4 กลุ่มที่ทดสอบเป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) คือมีค่า P-Value > α (ระดับความมั่นใจที่ 95%) ทุกกลุ่ม

G1 มีค่า P-Value = 0.492

G2 มีค่า P-Value = 0.184

G3 มีค่า P-Value = 0.502

G4 มีค่า P-Value = 0.621

จากการวิเคราะห์จะเห็นว่าถ้าศึกษา %Repeatability และ %Reproducibility แต่ละกลุ่มมีค่าการกระจายแบบปกติ และไม่สามารถวิเคราะห์ได้ว่า กลุ่มใดมีค่าการตัดสินใจได้ดีกว่ากัน จึงต้องทำการวิเคราะห์ต่อด้วยเทคนิค ANOVA การวิเคราะห์หาความแปรปรวน โดยนำผลที่ได้จากข้อ 4.1.2 และ 4.1.3 ไปดำเนินการวิเคราะห์ต่อในข้อถัดไป

4.1.4 การคำนวณผลด้วยเทคนิค ANOVA

นำค่า %Repeatability & %Reproducibility ในการคำนวณด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ ANOVA จะขอทำเป็น 5 ขั้นตอน ดูละเอียดได้จากเอกสารแนบท้ายบท

กำหนดใช้ สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ

T_i = ผลรวมของคะแนน n ค่าในแต่ละกลุ่ม

T = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n_j = จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่ม

K = จำนวนกลุ่ม

X_{ij} = ข้อมูลตัวที่ i ในกลุ่ม j

X_j = ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j

X = ค่าเฉลี่ยรวม

$$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 = \text{ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง ทุกๆค่าในทุกกลุ่ม}$$

SS = Sum of square

B = Between groups

W = Within groups

df = Degree of freedom

MS = Mean square

H_0 = Null Hypothesis

H_1 = Alternative Hypothesis

ผลของการคำนวณทั้ง 4 กลุ่ม จะได้จากแทนค่าต่างๆลงในตารางเพื่อหาค่า F (การหา ANOVA: Single Factor 4 Groups %Repeatability (%ที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน (ความสามารถในการวัดซ้ำ))ตั้งข้อมูลในตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน %Repeatability 4 กลุ่มให้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน %Repeatability 4 กลุ่ม

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	359.2598	3	119.7532	2.19
Within groups	819.6875	15	54.6458	
Total	1178.9473	18		

เมื่อเปิด $F_{critical}$ เปิดจากตาราง ที่ degree of freedom between 3 ($df B_3$) และ degree of freedom within 15 ($df W_{15}$) จะได้ค่า $F_{critical} = 3.29$ แต่ผลการคำนวณ $F_{.05,3,15} = 2.19$ ผลการคำนวณ ค่า F คำนวณน้อยกว่าค่า $F_{critical}$ ($F_{คำนวณ} < F_{critical}$) จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 แสดงว่าความสามารถในการวัดซ้ำ(%Repeatability) ของทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกัน

แต่เมื่อวิเคราะห์ผลของความสามารถในการวัดซ้ำและถูกต้อง (%Reproducibility) ผลที่ได้ ในตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน%Reproducibility 4 กลุ่มจะได้ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน%Reproducibility 4 กลุ่ม

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	5111.42	3	1703.8073	54.35
Within groups	470.25	15	31.3501	
Total	5581.67	18		

$F_{critical}$ เปิดจากตาราง ที่ $df B_3$, $df W_{15}$ จะได้ค่า $F_{critical} = 3.29$ แต่ผลการคำนวณ $F_{.05,3,15} = 54.35$ ผลการคำนวณ ค่า F คำนวณ มากกว่าค่า $F_{critical}$ ($F_{คำนวณ} > F_{critical}$) จึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1

แสดงว่า มีข้อมูลอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกันหมายถึง ความสามารถในการให้ผลซ้ำ และถูกต้องของทั้ง 4 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 การวิเคราะห์โดยใช้ ANOVA

นำผลจากข้อ 4.1 มาสรุปทำการวิเคราะห์โดยใช้ ANOVA โดยการทดลองตัดกลุ่มที่ 1 ออก และสรุปผลการวิเคราะห์เบื้องต้น เนื่องจากการวิเคราะห์แบบ ANOVA สามารถวัดเป็นกลุ่ม จึงทำการคำนวณเหมือนเดิมแต่ทดลองตัดออก 1 กลุ่ม โดยการตัดออกคำนึงถึงหน้าที่ปฏิบัติงานเป็นหลักก่อน

ผลของการทดลองตัดออก 1 กลุ่ม (ตัดกลุ่มที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการตัดสินใจ คือ ตัดกลุ่มที่ 1 ออก) ผลเป็นดังตารางการคำนวณที่ ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน %Repeatability 3 กลุ่ม และตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน %Reproducibility 3กลุ่ม ผลได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน %Repeatability 3 กลุ่ม

Source of veariation	SS	df	MS	F
Between groups	67.90	2	33.9508	0.63
Within groups	589.69	11	53.60795455	
Total	657.59	13		

$F_{critical}$ เปิดจากตาราง ที่ $df B_2, df W_{11}$ จะได้ค่า $F_{critical} = 3.98$ แต่ผลการคำนวณ $F_{0.05,2,11} = 0.63$ ผลการคำนวณค่า $F_{คำนวณ}$ น้อยกว่าค่า $F_{critical}$ ($F_{คำนวณ} < F_{critical}$) จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่า F ใน %Reproducibility 3 กลุ่ม

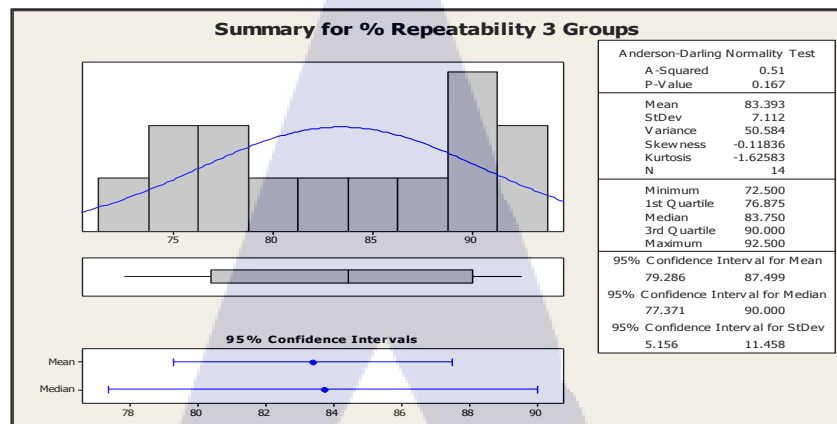
Source of veariation	SS	df	MS	F
Between groups	8.59	2	4.2939	0.13
Within groups	365.05	11	33.1865	
Total	373.64	13		

$F_{critical}$ เปิดจากตาราง ที่ $df B_2, df W_{11}$ จะได้ค่า $F_{critical} = 3.98$ แต่ผลการคำนวณ $F_{0.05,2,11} = 0.13$ ผลการคำนวณ ค่า $F_{คำนวณ}$ มากกว่าค่า $F_{critical}$ ($F_{คำนวณ} < F_{critical}$) จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0

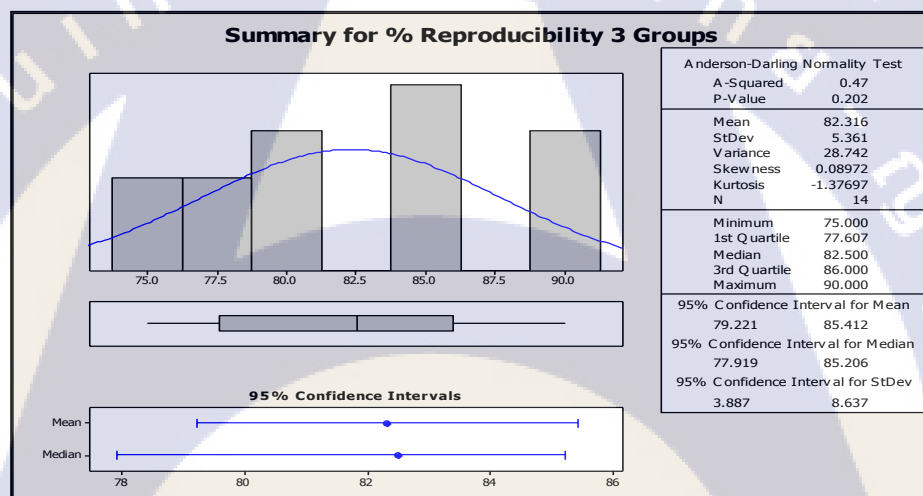
สรุปผลการทดลองเมื่อตัดกลุ่มที่ 1 ออก จะให้ค่า $F_{คำนวณ}$ น้อยกว่า $F_{critical}$ ทั้ง %Repeatability และ %Reproducibility

4.3 การทดสอบผลค่าการกระจายของข้อมูล

นำผลที่ได้จากการทดสอบไปหาค่าการกระจายปกติ(รวม 3 กลุ่ม) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยใช้โปรแกรม minitab จะได้ผลดังรูปที่ 4.4 Summary for %Repeatability 3 groups ที่กราฟการกระจายแบบปกติ สมมาตร และรูปที่ 4.5 Summary for %Reproducibility 3 groups



รูปที่ 4.4 Summary for %Repeatability 3 groups



รูปที่ 4.5 Summary for %Reproducibility 3 groups

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้เป็นตารางเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ดังนี้ ตามตารางที่ 4.8 สรุปผลจาก %Repeatability และ %Reproducibility ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

ตารางที่ 4.8 สรุปผลจาก %Repeatability และ %Reproducibility ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

	%Repeatability	%Reproducibility
ค่า P-Value	0.167	0.202
Mean	83.393	82.316
St.Dev.	7.112	5.361
95% Confidence Interval for Mean	79.286 - 87.499	79.221- 85.412
95% Confidence Interval for Median	77.371 - 90.00	77.919 - 85.206
95% Confidence Interval for St.Dev.	5.156 - 11.458	3.887 - 8.637

จากผลการทดลองแสดงว่าถ้าผู้ทดสอบเป็นพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในการตัดสินใจตรวจคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะต้องมีโอกาสที่การทดสอบเรื่องร้อยละของความสามารถในการตรวจสอบซ้ำ (%Repeatability) อยู่ที่ 79.286 - 87.499 % และควรมีโอกาสในการทดสอบเรื่อง ร้อยละของความสามารถในการตรวจสอบซ้ำและถูกต้อง (%Reproducibility) อยู่ที่ 79.221- 85.412 % ที่ระดับ 95% Confidence Interval for Mean

แต่จากระดับความมั่นใจยิ่งมีค่ามากยิ่งขึ้นค่าที่ควรรับได้จึงคิดที่ค่าน้อยที่สุดที่รับได้ คือ

- ร้อยละของความสามารถในการตรวจสอบซ้ำ (%Repeatability) อยู่ที่ 79.286%
- ร้อยละของความสามารถในการตรวจสอบซ้ำและถูกต้อง (%Reproducibility) อยู่ที่ 79.221%

TNI

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ต้องการหามาตรฐานที่ยอมรับได้ระหว่างผู้ปฏิบัติงาน และลูกค้า การสร้างความเชื่อมั่นให้เกิดขึ้นระหว่างการผลิตพนักงานใหม่ก่อนมอบหมายหน้าที่รับผิดชอบที่สำคัญในการตัดสินใจตรวจสอบผลิตภัณฑ์อย่างเป็นรูปธรรมการทดลองสามารถแบ่งส่วนในการสรุปได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 คุณสมบัติในการแยกเฉดสีของทุกกลุ่มที่ทดสอบในการศึกษาได้แบ่งกลุ่มพนักงานที่ทดสอบออกเป็น 4 กลุ่ม โดยจากผลการศึกษาได้มีการทดสอบ ดังนี้

1. แต่ละกลุ่มเป็นอิสระต่อกันจากการศึกษามีการกระจายปกติและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
2. มีความสามารถในการรับรู้และแยกเฉดสีได้เท่าๆกัน ทุกคนในแต่ละกลุ่มที่ทดสอบสามารถแยกเฉดสีได้ถูกต้อง 100% ตามระยะเวลาที่กำหนด (อ้างอิงวิธีทดสอบแบบ Farnsworth colour Vision Test & Colour Blindness Test by Munsell Colour Test)

ส่วนที่ 2 ความสามารถในการให้ผลซ้ำ (%Repeatability) และ ความสามารถในการให้ผลซ้ำและถูกต้อง (%Reproducibility) ของแต่ละกลุ่ม อิสระต่อกัน และมีค่าการกระจายแบบปกติ โดยใช้โปรแกรม minitab ช่วยในการประเมินวัดผล ดังแสดงสรุปในตารางที่ 5.1 โดยคิดที่ค่าระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05 เมื่อค่า P-Value จะต้องมีความมากกว่าระดับนัยสำคัญจึงจะยอมรับสมมติฐานที่ว่ากลุ่มที่ทดสอบมีการกระจายแบบปกติ

ตารางที่ 5.1 ค่า P-Value ที่อยู่ในการกระจายแบบปกติของ %Repeatability และ %Reproducibility

	%Repeatability	%Reproducibility
กลุ่มที่ 1(G1) P-Value	0.353	0.492
กลุ่มที่ 2(G2) P-Value	0.552	0.184
กลุ่มที่ 3(G3) P-Value	0.815	0.502
กลุ่มที่ 4(G4) P-Value	0.310	0.621

จากผลการทดลองและผลการคำนวณยืนยันได้ว่าแต่ละกลุ่มมีการกระจายแบบปกติ แต่การดูผลแบบนี้ไม่สามารถบอกได้ว่าพนักงานที่จะมีหน้าที่ในการตรวจสอบและตัดสินใจปล่อยผ่านผลิตภัณฑ์ควรจะต้อมีค่าของ %Repeatability และค่า %Reproducibility ที่เท่าไร

ส่วนที่ 3 ผลการนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA

เมื่อนำไปทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของ 2 ประชากรขึ้นไป โดยใช้สถิติทดสอบ F (ANOVA) ในการทดลองนี้ให้ตัวแปรอิสระเป็นพนักงาน 4 กลุ่ม → F-test → ตัวแปรตามคือ ความสามารถในการตรวจสอบซ้ำ (%Repeatability) และความสามารถในการตรวจสอบซ้ำและถูกต้อง (%Reproducibility)

นำไปคำนวณเปรียบเทียบผลการทดลองออกมาอย่างมีนัยสำคัญคือ

ถ้ารวมผลของทั้ง 4 กลุ่ม %Repeatability ไม่แตกต่างกันเพราะค่า $F_{\text{คำนวณ}} (2.19) < \text{ค่า } F_{\text{Critical}} (3.29)$ ไม่สามารถปฏิเสธ H_0 (Null Hypothesis) จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ความสามารถในการให้ผลซ้ำไม่แตกต่างกันทั้ง 4 กลุ่ม

แต่ผลของการให้ผลซ้ำและถูกต้อง (%Reproducibility) ของทั้ง 4 กลุ่มให้ผลที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะค่า $F_{\text{คำนวณ}} (54.35) > F_{\text{Critical}} (3.29)$ ทำให้ต้อง ปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 (Alternative Hypothesis) จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่ามีค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรอย่างน้อย 1 กลุ่มที่แตกต่างไปอย่างมีนัยสำคัญ

ส่วนที่ 4 ผลการทดลองที่ตัดกลุ่มที่ 1 ออกไปและนำไปคำนวณด้วยเทคนิค ANOVA

ให้ผลที่น่าสนใจคือทั้งความสามารถในการตรวจสอบซ้ำ (%Repeatability) และความสามารถในการตรวจสอบซ้ำและถูกต้อง (%Reproducibility) มีค่า F ที่ได้จากการคำนวณน้อยกว่า F_{Critical} คือ ที่การทดสอบ

%Repeatability ไม่แตกต่างกัน ค่า $F_{\text{คำนวณ}} (0.63) < \text{ค่า } F_{\text{Critical}} (3.98)$ ไม่สามารถปฏิเสธ H_0 (Null Hypothesis) จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ความสามารถในการให้ผลซ้ำไม่แตกต่างกันทั้ง 3 กลุ่ม กล่าวคือ ทั้งกลุ่มช่างผสมสี กลุ่มพนักงานประกันคุณภาพ และกลุ่มลูกค้าที่มีอำนาจในการอนุมัติ ลีลิปสติก มีความสามารถในการให้ผลซ้ำไม่แตกต่างกัน

%Reproducibility ไม่แตกต่างกัน ค่า $F_{\text{คำนวณ}} (0.13) < \text{ค่า } F_{\text{Critical}} (3.98)$ ไม่สามารถปฏิเสธ H_0 (Null Hypothesis) จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าความสามารถในการให้ผลซ้ำและถูกต้องไม่แตกต่างกันทั้ง 3 กลุ่ม ทั้งกลุ่มช่างผสมสี กลุ่มพนักงานประกันคุณภาพและกลุ่มลูกค้าที่มีอำนาจในการอนุมัติ ลีลิปสติกมีความสามารถในการให้ผลซ้ำไม่แตกต่างกัน

แสดงว่าค่าเฉลี่ยของประชากรของทั้ง 3 กลุ่ม (ช่างผสมสี พนักงานประกันคุณภาพ และ ลูกค้า) ไม่แตกต่างกัน ทั้งความสามารถในการให้ผลซ้ำและการให้ผลซ้ำและถูกต้อง

เมื่อนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อเพื่อให้จะตั้งเป็นเกณฑ์มาตรฐานเบื้องต้นของ %Repeatability และ %Reproducibility ของผู้ที่ต้องอนุมัติสลิปติดต้องผ่านการทดสอบ ให้มั่นใจว่าอยู่ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ก็จะได้ค่าตามตารางที่ 4.8

%Repeatability ควรมีค่าตั้งแต่ 79.286 % และ

%Reproducibility ควรมีค่าตั้งแต่ 79.221 %

โดยมีค่าเฉลี่ยของ ทั้งสามกลุ่มอยู่ที่

%Repeatability = 83.393 และ

%Reproducibility = 82.316

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษานี้ ให้ผลเป็นที่น่าพอใจเพราะสามารถกำหนดเกณฑ์พื้นฐานในการคัดเลือก หรือ มอบหมายความรับผิดชอบให้กับพนักงานในการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบ แต่อย่างไรก็ดีการคัดเลือกพนักงานต้องกำหนดเป็นวิธีการที่ชัดเจน คือ

1. ต้องผ่านเกณฑ์การตรวจสอบสายตาไม่บอดสีและสามารถแยกเฉดสีได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด
2. ต้องทดสอบให้ผ่านเกณฑ์ความสามารถในการให้ผลซ้ำ (%Repeatability) และ ความสามารถในการให้ผลซ้ำและถูกต้อง (%Reproducibility) ในระดับที่ 95% Confidence Interval for Mean โดยเฉพาะ %Reproducibility ต้องไม่ต่ำกว่า 79.22 %
3. การทวนสอบพนักงานต้องมีการทบทวนและสอบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อยืนยันประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
4. ชิ้นงานที่ใช้สำหรับทำการตรวจสอบควรจะต้องมีการเปลี่ยนอย่างน้อยปีละครั้งเช่นกัน
5. ในการปฏิบัติงานก็ลดความเสี่ยงจากการตัดสินใจของพนักงานโดยตรง
6. ใช้วิธีการนี้กับการดำเนินการอื่นๆได้ กรณีที่มีการตรวจสอบด้วยสายตาแต่ต้องมีระดับการยอมรับที่ชัดเจนแต่ถ้ากรณีที่เป็นการดมกลิ่นยังต้องศึกษาเพิ่มเติม
7. ควรนำเกณฑ์ที่ได้นี้ไปเป็นเกณฑ์มาตรฐานเริ่มต้นและติดตามผลต่อไปว่าหลังจากนำเกณฑ์มาตรฐานเบื้องต้นนี้มาใช้แล้วให้ประสิทธิผลอย่างไรสามารถนำไปใช้กับการตัดสินใจแบบอื่นๆได้อีกหรือไม่

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, *การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)*, พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย ญี่ปุ่น), 2550.
- [2] บริษัท เดอะ ควอลิตี้ เซ็นเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด, *Measurement System Analysis*, 4th Edition, [Online]. Available: <http://www.thequality-center.com>. [Accessed: 4 กันยายน 2556].
- [3] เอกชัย บุญยาพิษฐาน, “การวิเคราะห์ระบบการวัด (ตอนที่ 1),” [Online]. Available: <http://topofquality.com/smsa1/indexmsa1.html>. [Accessed: 16 กันยายน 2558].
- [4] วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล, “การศึกษาเชิงจำลอง The Variance Estimation for Pareto Distribution: A Simulation Study,” *วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 2, หน้า 44 - 45, กันยายน 2553.
- [5] D. W. Hoffa and C. Laux, “Gauge R&R: An Effective Methodology for Determining the Adequacy of a New Measurement System for Micron-Level Metrology,” *Journal of Industrial Technology*, Vol. 23, No. 4, pp. 2-3, October - December 2007.
- [6] J. J. Lyn and M. N. Chen, “On Evaluating the Measurement Capability of High-quality Processes,” *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2008, IEEM 2008*, Singapore, December 8 – 11, 2012, pp. 2,046 - 2,050.
- [7] J. Lyn and M. Chen, “A Bivariate Attribute Measurement Model For Six Sigma Project,” *4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology 2008, ICMIT 2008*, Bangkok, Thailand, September 21 – 24, 2008, pp. 1,129 - 1,134.
- [8] H. Chen, “Study of Prevention Mechanism in Process Control,” *4th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control System, ICUMT 2012*, St. Petersburg, Russia, October 3 – 5, 2012, pp. 442 - 445.

- [9] สุทธิดา เอี่ยมเจริญ และ ระพี กาญจนะ, “การลดของเสียในการะบวนการผลิตชิ้นส่วน ฮาร์ดดิสก์ด้วยหลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ และการวิเคราะห์ระบบการวัด,” *การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี ปี 2554*, IE Network Conference 2011, จังหวัดชลบุรี, 20-21 ตุลาคม 2554, หน้า 1,889 – 1,895.
- [10] ดุสิต จันทรรงค์ และ วิภู ศรีสืบสาย, “การลดจำนวนสปินเติลเสียในการะบวนการเจาะของ โรงงานผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้าโดยใช้หลักการชิกซ์ชิกม่า,” *วิศวกรรมลาดกระบัง*, ปีที่ 29, ฉบับที่ 1, หน้า 31 - 37, มีนาคม 2555.
- [11] วัฒนวิทย์ ทัดเทียม, “การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลนับของขอบเลนส์สายตาโรงงาน ผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้าโดยใช้หลักการชิกซ์ชิกม่า,” *วิศวกรรมลาดกระบัง*, ปีที่ 29, ฉบับที่ 1, หน้า 12 - 42, มีนาคม 2555.
- [12] Munsell, “*Farnsworth Color Vision Test & Color Blindness Tests*,” [Online]. Available: <http://munsell.com/color-products/color-vision-tests>. [Accessed: January 23, 2016].

ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก.

ตาราง Degree of freedom

TNI

Table of F-statistics P=0.05

df1\df2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60	70	80	100	200	500	1000	>1000	df1/df2	
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.7	8.69	8.68	8.67	8.67	8.66	8.65	8.64	8.63	8.62	8.62	8.6	8.59	8.59	8.58	8.57	8.57	8.56	8.55	8.54	8.53	8.53	3		
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.84	5.83	5.82	5.81	5.8	5.79	5.77	5.76	5.75	5.75	5.73	5.72	5.72	5.71	5.7	5.69	5.68	5.67	5.66	5.65	5.64	5.63	4	
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.7	4.68	4.66	4.64	4.62	4.6	4.59	4.58	4.57	4.56	4.54	4.53	4.52	4.5	4.5	4.48	4.46	4.45	4.44	4.43	4.42	4.41	4.39	4.37	4.37	4.36	5		
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.1	4.06	4.03	4	3.98	3.96	3.94	3.92	3.91	3.9	3.88	3.87	3.86	3.84	3.83	3.82	3.81	3.79	3.77	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.69	3.68	3.67	6		
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.6	3.57	3.55	3.53	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46	3.44	3.43	3.41	3.4	3.39	3.38	3.36	3.34	3.33	3.32	3.3	3.29	3.29	3.27	3.25	3.24	3.23	7		
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.5	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.2	3.19	3.17	3.16	3.15	3.13	3.12	3.1	3.09	3.08	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01	2.99	2.99	2.97	2.95	2.94	2.93	2.93	8	
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.1	3.07	3.05	3.03	3.01	2.99	2.97	2.96	2.95	2.94	2.92	2.9	2.89	2.87	2.86	2.84	2.83	2.81	2.8	2.79	2.78	2.77	2.76	2.75	2.74	2.73	2.71	9	
10	4.96	4.1	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.83	2.81	2.8	2.79	2.77	2.75	2.74	2.72	2.71	2.7	2.68	2.66	2.65	2.64	2.62	2.61	2.6	2.59	2.56	2.55	2.54	2.54	10	
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.2	3.09	3.01	2.95	2.9	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.7	2.69	2.67	2.66	2.65	2.63	2.61	2.59	2.58	2.57	2.55	2.53	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47	2.46	2.43	2.42	2.41	2.41	11	
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3	2.91	2.85	2.8	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.6	2.58	2.57	2.56	2.54	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47	2.44	2.43	2.41	2.4	2.38	2.37	2.36	2.35	2.32	2.31	2.3	2.3	12	
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.6	2.58	2.55	2.53	2.51	2.5	2.48	2.47	2.46	2.44	2.42	2.41	2.39	2.38	2.36	2.34	2.33	2.31	2.3	2.28	2.27	2.26	2.25	2.22	2.21	2.21	13	
14	4.6	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.7	2.65	2.6	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44	2.43	2.41	2.4	2.39	2.37	2.35	2.33	2.32	2.31	2.28	2.27	2.25	2.24	2.22	2.21	2.2	2.19	2.16	2.14	2.14	2.13	14	
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.9	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.4	2.38	2.37	2.35	2.34	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.25	2.22	2.2	2.19	2.17	2.15	2.14	2.12	2.11	2.09	2.08	2.07	2.07	2.07	15
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.4	2.37	2.35	2.33	2.31	2.29	2.28	2.25	2.24	2.22	2.21	2.19	2.17	2.15	2.14	2.12	2.11	2.09	2.08	2.06	2.05	2.02	1.99	1.97	1.96	17	
17	4.45	3.59	3.2	2.96	2.81	2.7	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.2	2.19	2.17	2.15	2.13	2.12	2.11	2.08	2.06	2.05	2.04	2.02	1.99	1.98	1.95	1.93	1.92	1.92	18
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.2	2.18	2.17	2.16	2.13	2.11	2.1	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	1.98	1.97	1.96	1.94	1.91	1.89	1.88	1.88	19
19	4.38	3.52	3.13	2.9	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.2	2.18	2.17	2.16	2.13	2.11	2.1	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	1.99	1.98	1.97	1.95	1.93	1.92	1.91	1.88	1.86	1.85	20
20	4.35	3.49	3.1	2.87	2.71	2.6	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.23	2.2	2.18	2.17	2.15	2.14	2.12	2.1	2.08	2.07	2.05	2.04	2.01	1.99	1.98	1.97	1.95	1.93	1.92	1.91	1.88	1.86	1.85	1.84	20	
22	4.3	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.4	2.34	2.3	2.26	2.23	2.2	2.17	2.15	2.13	2.11	2.1	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	2	1.98	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88	1.86	1.85	1.82	1.8	1.79	1.78	22	
24	4.26	3.4	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.3	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03	2	1.98	1.97	1.95	1.94	1.91	1.89	1.88	1.86	1.84	1.83	1.82	1.8	1.77	1.75	1.74	24		
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	2.05	2.03	2.02	2	1.99	1.97	1.95	1.93	1.91	1.88	1.87	1.85	1.84	1.82	1.8	1.79	1.78	1.76	1.73	1.71	1.69	26		
28	4.2	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2	1.99	1.97	1.96	1.93	1.91	1.88	1.87	1.84	1.82	1.8	1.79	1.77	1.75	1.74	1.73	1.69	1.67	1.66	28			
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.99	1.98	1.96	1.95	1.93	1.91	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.71	1.66	1.64	1.63	1.62	30		
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.08	2.04	2.01	1.99	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88	1.85	1.83	1.82	1.8	1.79	1.76	1.74	1.72	1.71	1.68	1.66	1.65	1.63	1.6	1.57	1.57	1.56	35	
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2	1.97	1.95	1.92	1.9	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.55	1.53	1.52	1.51	40	
45	4.06	3.2	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.1	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82	1.81	1.78	1.76	1.74	1.73	1.71	1.68	1.66	1.64	1.63	1.6	1.59	1.57	1.55	1.51	1.49	1.48	1.47	45	
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.4	2.29	2.2	2.13	2.07	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.85	1.83	1.81	1.8	1.78	1.76	1.74	1.72	1.7	1.68	1.66	1.65	1.62	1.59	1.57	1.55	1.52	1.48	1.46	1.45	1.44	50		
60	4	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.1	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.82	1.8	1.78	1.76	1.75	1.72	1.7	1.68	1.66	1.65	1.62	1.59	1.57	1.55	1.53	1.49	1.47	1.45	1.44	1.41	1.39	60		
70	3.98	3.13	2.74	2.5	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.74	1.72	1.7	1.67	1.65	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.53	1.49	1.47	1.45	1.4	1.37	1.36	1.35	70		
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.72	1.7	1.68	1.65	1.63	1.62	1.6	1.57	1.54	1.52	1.51	1.48	1.46	1.45	1.43	1.38	1.35	1.34	1.33	80	
100	3.94	3.09	2.7	2.46	2.31	2.19	2.1	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57	1.54	1.52	1.49	1.48	1.45	1.43	1.41	1.39	1.34	1.31	1.28	100		
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88	1.84	1.8	1.77	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.6	1.57	1.55	1.52	1.48	1.46	1.44	1.41	1.39	1.36	1.35	1.32	1.26	1.22	1.21	1.19	200		
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.9	1.85	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.56	1.54	1.52	1.5	1.48	1.45	1.42	1.4	1.38	1.35	1.32	1.28	1.21	1.16	1.14	1.12	500		
1000	3.85	3	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84	1.8	1.76	1.73	1.7	1.68	1.65	1.63	1.61	1.6	1.58	1.55	1.53	1.51	1.49	1.47	1.43	1.41	1.38	1.36	1.33	1.29	1.26	1.19	1.13	1.11	1.08	1000		
>1000	1.04	3	2.61	2.37	2.21	2.1	2.01	1.94	1.88	1.83	1.79	1.75	1.72	1.69	1.67	1.64	1.62	1.61	1.59	1.57	1.54	1.52	1.5	1.48	1.46														

ภาคผนวก ข.

วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability และ %Reproducibility
สำหรับ 4 กลุ่มทดสอบ

TNI

เอกสารแนบ

แสดงวิธีการวิเคราะห์การคำนวณ ANOVA 5 Step

%Repeatability ของ 4 กลุ่ม

Step 1

จากจำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ 40 ชุด (ตรวจสอบ 3 ครั้ง นับเป็น 120 ครั้ง)

	G1	G2	G3	G4
1	82.5	77.50	90.00	75.00
2	77.5	82.50	75.00	77.50
3	62.5	90	85.00	87.50
4	77.5	92.5	80.00	72.50
5	72.5		92.50	90.00
n =	5	4	5	5

คำ F ที่ต้องไปเปิดในตาราง หนังสือสถิติ โดยดูที่ค่า $\alpha = 0.05$ เป็นหลัก โดยจะต้องให้มีการ คัดจากค่าที่คำนวณแล้ว ดูผลตามแนวตั้งและแนวนอนด้วย

$df_{total} = df_{between} + df_{within}$

โดยที่ทางแนวนอน ด้านบนคือ degree of freedom between และทางแนวตั้งคือ degree of freedom within

เสร็จแล้ว ให้ตั้ง Hypothesis

H_0 (Nu Hypothesis) $\Rightarrow \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ **กำหนดให้ค่า อัลฟา(α) = 0.05**

H_1 (Althernative) at least 1 defference among the means

Step 2

k คำ condition / group ของการทดลอง = 4

K รวมพวกไม่มีประสบการณ์ 3

df between = k-1

เมื่อคำนวณ คือ ผลของข้อมูลหรือผลรวมจำนวนสมาชิกของแต่ละกลุ่ม

เมื่อ N รวม = 5+4+5+5 = 19

N = 19

$df_{within} = N - k$ 15

ต้องเปิดตาราง ค่า F

$df_{total} = df_{between} + df_{within} = 3+15 =$	18	Fcritical เปิดจากตาราง	
4 groups (including non-experience)	18	df between 3, within 15 =	3.29

Step 3 **คือ การหา Sum of square => SS แยกได้ออกเป็น ส่วนย่อย ดังนี้**

ความหมายของสัญลักษณ์

T_i = ผลรวมของคะแนน k คำในแต่ละกลุ่ม

T = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n_j = จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่ม

K = จำนวนกลุ่ม

X_{ij} = ข้อมูลตัวที่ i ในกลุ่ม j

X_j = ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยรวม

$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2$ = ผลรวมของคะแนน แต่ละตัวยกกำลังสอง ทุกๆค่าในทุกกลุ่ม

% Repeatability (%ที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน (ความสามารถในการวัดซ้ำ))

	G1	G2	G3	G4
	82.5	77.50	90.00	75.00
	77.5	82.50	75.00	77.50
	62.5	90	85.00	87.50
	77.5	92.5	80.00	72.50
	72.5		92.50	90.00
T_i	372.50	342.50	422.50	402.50
n_j	5	4	5	5

3.1 คำนวณหาค่า SS_B (ทั้ง 4 กลุ่ม)

$$\sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) - \frac{T^2}{N}$$

หา T_i = ผลรวมของคะแนน n คำในแต่ละกลุ่ม

$T_1 = 82.50 + 77.50 + 62.50 + 77.50 + 72.50 = 372.5$

$T_2 = 77.50 + 82.50 + 90.50 + 92.50 = 342.50$

$T_3 = 90.00 + 75.00 + 85.00 + 80.00 + 92.50 = 422.50$

$T_4 = 75.00 + 77.50 + 87.50 + 72.50 + 90.00 = 402.50$

รูปที่ ข.1 วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability สำหรับ 4 กลุ่มทดสอบ

3.1(ต่อ) หา $\frac{T_j^2}{n_j}$;

$$\frac{T_1^2}{n_1} = \frac{(372.5)^2}{5} = 27751.25$$

$$\frac{T_2^2}{n_2} = \frac{(342.5)^2}{4} = 29326.56$$

$$\frac{T_3^2}{n_3} = \frac{(422.5)^2}{5} = 35701.25$$

$$\frac{T_4^2}{n_4} = \frac{(402.5)^2}{5} = 32401.25$$

หา T = 27751.25 + 29326.56 + 35701.25 + 32401.25 = 125180.31

หา N = 5 + 4 + 5 + 5 = 19

หา $\frac{T^2}{N}$ = $\frac{(125180.31)^2}{19} = 94864.00$

จาก $SS_B = \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) - \frac{T^2}{N} = [27751.25 + 29326.56 + 35701.25 + 32401.25] - 124821.05$

SS_B (ทั้ง 4 กลุ่ม) = 125180.31 - 124821.05 = 359.2

3.2 คำนวณค่า SS_W (ทั้ง 4 กลุ่ม)

หา $\sum_{j=1}^n X^2_{ij}$	แต่ละกลุ่ม						
กลุ่มที่ 1	X^2	กลุ่มที่ 2	X^2	กลุ่มที่ 3	X^2	กลุ่มที่ 4	X^2
82.5	6806.25	77.50	6006.25	90.00	8100.00	75.00	5625.00
77.5	6006.25	82.50	6806.25	75.00	5625.00	77.50	6006.25
62.5	3906.25	90	8100.00	85.00	7225.00	87.50	7656.25
77.5	6006.25	92.5	8556.25	80.00	6400.00	72.50	5256.25
72.5	5256.25			92.50	8556.25	90.00	8100.00

จะได้ $\sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2$ 27981.25 29468.75 35906.25 32643.75

$\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 = 27981.25 + 29468.75 + 35906.25$
 $= 126000.00$

หา $\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right)$ 126000.00 - 125180.31

SS_W (ทั้ง 4 กลุ่ม) = 819.69

$SS_T = SS_B + SS_W$ จะได้
 $SS_T = 359.26 + 819.69$
 $= 1178.95$

รูปที่ ข.1 วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability สำหรับ 4 กลุ่มทดสอบ (ต่อ)

Step 4

แนบค่าต่างลงในตารางเพื่อหาค่า F

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	SS_B	K-1	$SS_B / K-1$	MS_B / MS_W
Within groups	SS_W	N-K	$SS_W / N-K$	
Total	SS_T			

แนบค่าต่างลงในตารางเพื่อหาค่า F

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	359.26	3	119.7533	2.19
Within groups	819.69	15	54.64583	
Total	1178.95	18		

Step 5 นำผลมาเปรียบเทียบกับค่า F critical

$F_{critical}$ เปิดจากตาราง ที่ $df_B 3$, $df_W 15$ จะได้ค่า $F_{critical} = 3.29$ แต่ผลการคำนวณ $F_{.05,3,15} = 2.19$

ผลการคำนวณ ค่า F คำนวณน้อยกว่าค่า $F_{critical}$ ($F_{คำนวณ} < F_{critical}$) จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0

รูปที่ ข.1 วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability สำหรับ 4 กลุ่มทดสอบ (ต่อ)

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

เอกสารแนบ

แสดงวิธีการวิเคราะห์การคำนวณ ANOVA 5 Step

%Reproducibility ของ 4 กลุ่ม

Step 1 จากจำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ 40 ชุด (ตรวจสอบ 3 ครั้ง นับเป็น 120 ครั้ง)
% Reproduce ที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง (ความสามารถให้ผลซ้ำและถูกต้อง)

	G1 Reproduce	G2 Reproduce	G3 Reproduce	G4 Reproduce
1	38	80.00	75.00	85.00
2	50	76.43	90.00	85.00
3	42.5	79.00	85.00	80.00
4	50	89.00	78.00	75.00
5	45		85.00	90.00
n =	5	4	5	5

ค่า F ที่ต้องไปเปิดในตารางหนังสือสถิติ โดยดูที่ค่า $\alpha = 0.05$ เป็นหลัก
โดยจะต้องให้มีการ คัดจากค่าที่คำนวณแล้ว ดูผลตามแนว
ตั้งและแนวนอนด้วย
 $df_{total} = df_{between} + df_{within}$
โดยที่หาแนวนอน ด้านบนคือ degree of freedom
between
และทางแนวตั้งคือ degree of freedom within

เสร็จแล้ว ให้ตั้ง Hypothesis
Ho (Nu Hypothesis) $\Rightarrow \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ กำหนดให้ค่า อัลฟ่า (α) = 0.05
H1 (Alternative) at least 1 difference among the means

Step 2

k ค่า condition / group ของการทดลอง = 4
k รวมพวกไม่มีประสิทธิภาพ = 4

$df_{between} = k - 1 = 3$

เมื่อ ถ้า N = ผลรวมจำนวนสมาชิกของแต่ละกลุ่ม
N = 19
 $df_{within} = N - k = 15$

เมื่อ N รวม = 5+4+5+5 = 19

ต้องเปิดตาราง ค่า F

$df_{total} = df_{between} + df_{within}$	18	Fcritical เปิดจากตาราง
4 groups	18	df between 3, within 15 = 3.29

Step 3

คือ การหา Sum of square $\Rightarrow$ SS แยกได้ออกเป็น ส่วนย่อย ดังนี้

ความหมายของสัญลักษณ์
 T_i = ผลรวมของคะแนน k ค่าในแต่ละกลุ่ม
 T = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 n_i = จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่ม
 K = จำนวนกลุ่ม
 X_{ij} = ข้อมูลตัวที่ i ในกลุ่ม j
 X_j = ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j
 X = ค่าเฉลี่ยรวม

$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2$ = ผลรวมของคะแนน แต่ละตัวยกกำลังสอง ทุกค่าในทุกกลุ่ม

% Reproduce ที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง (ความสามารถให้ผลซ้ำและถูกต้อง)	G1 Reproduce	G2 Reproduce	G3 Reproduce	G4 Reproduce
	38	80.00	75.00	85.00
	50	76.43	90.00	85.00
	42.5	79.00	85.00	80.00
	50	89.00	78.00	75.00
	45		85.00	90.00
	5	4	5	5

T_i	225.50	324.43	413.00	415.00
n_j	5	4	5	5

3.1 คำนวณค่า SS_B (ทั้ง 4 กลุ่ม)

หา T_i = ผลรวมของคะแนน k ค่าในแต่ละกลุ่ม

$T_1 = 38 + 50 + 42.5 + 50 + 45 = 225.50$
 $T_2 = 80 + 76.43 + 79 + 89 = 324.43$
 $T_3 = 75 + 90 + 85 + 78 + 85 = 413$
 $T_4 = 85 + 85 + 80 + 75 + 90 = 415$

รูปที่ ข.2 วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Reproducibility สำหรับ 4 กลุ่มทดสอบ

หา $\frac{T_j^2}{n_j}$;

$$\frac{T_1^2}{n_1} = \frac{(225.50)^2}{5} = 10170.05$$

$$\frac{T_2^2}{n_2} = \frac{(324.43)^2}{4} = 26313.47$$

$$\frac{T_3^2}{n_3} = \frac{(413.00)^2}{5} = 34113.80$$

$$\frac{T_4^2}{n_4} = \frac{(415.00)^2}{5} = 34445$$

$$\text{หา } T = 225.50 + 324.43 + 413 + 415 = 1377.93$$

$$\text{หา } N = 5 + 4 + 5 + 5 = 19$$

$$\text{หา } \frac{T^2}{N} = \frac{(1377.93)^2}{19} = 99930.90$$

$$\text{จาก } SS_B = \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) - \frac{T^2}{N} = [10170.05 + 26313.47 + 34113.80 + 34445] - 99930.90$$

$$SS_B \text{ (ทั้ง 4 กลุ่ม)} = 105042.32 - 99930.90 = 5,111.42$$

3.2 คำนวณหาค่า SS_W (ทั้ง 4 กลุ่ม)

$\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2$		แต่ละกลุ่ม					
G1 Reproduce	χ^2	G2 Reproduce	χ^2	G3 Reproduce	χ^2	G4 Reproduce	χ^2
38	1444.00	80.00	6400.00	75.00	5625.00	85.00	7225.00
50	2500.00	76.43	5841.33	90.00	8100.00	85.00	7225.00
42.5	1806.25	79	6241.00	85.00	7225.00	80.00	6400.00
50	2500.00	89	7921.00	78.00	6084.00	75.00	5625.00
45	2025.00			85.00	7225.00	90.00	8100.00

$$\text{จะได้ } \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j=1}^{K} X_{ij}^2 = 10275.25 + 26403.33 + 34259.00 + 34575.00$$

$$\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_i} X_{ij}^2 = 10275.25 + 26403.33 + 34259.00 + 34575.00 = 105512.58$$

$$\text{หา } \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_i} X_{ij}^2 - \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) = 105512.58 - 105042.32$$

$$SS_W \text{ (ทั้ง 4 กลุ่ม)} = 470.25$$

$$SS_T = SS_B + SS_W \text{ จะได้}$$

$$SS_T = 5,111.42 + 470.25 = 5581.67$$

Step 4

แนบค่าต่างลงในตารางเพื่อหาค่า F

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	SS_B	K-1	$SS_B / K-1$	MS_B / MS_W
Within groups	SS_W	N-K	$SS_W / N-K$	
Total	SS_T			

แนบค่าต่างลงในตารางเพื่อหาค่า F ของ 4 กลุ่มที่ศึกษา

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	5111.42	3	1703.8073	54.35
Within groups	470.25	15	31.350136	
Total	5581.67	18		

Step 5 นำผลมาเปรียบเทียบกับค่า F critical

F_{critical} เปิดจากตาราง ที่ df B3 , df W 15 จะได้ค่า $F_{\text{critical}} = 3.29$ แต่ผลการคำนวณ $F_{.05,3,15} = 54.35$

ผลการคำนวณ ค่า F คำนวณ มากกว่าค่า F_{critical} ($F_{\text{คำนวณ}} > F_{\text{critical}}$) จึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1

รูปที่ ข.2 วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Reproducibility สำหรับ 4 กลุ่มทดสอบ (ต่อ)

ภาคผนวก ค.

วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability และ %Reproducibility

สำหรับ 3 กลุ่มทดสอบ

TNI

เอกสารแนบ

แสดงวิธีการวิเคราะห์การคำนวณ ANOVA 5 Step

%Repeatability ของ 3 กลุ่ม

Step 1

จากจำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ 40 ชุด (ตรวจสอบ 3 ครั้ง นับเป็น 120 ครั้ง)

	G2	G3	G4
1	77.50	90.00	75.00
2	82.50	75.00	77.50
3	90	85.00	87.50
4	92.5	80.00	72.50
5		92.50	90.00
n =	4	5	5

ค่า F ที่ต้องไปเปิดในตาราง หนังสือสถิติ โดยดูที่ค่า $\alpha = 0.05$ เป็นหลัก

โดยจะต้องให้มีการ คัดจากค่าที่คำนวณแล้ว ดูผลตามแนวตั้ง และแนวนอนด้วย

$df_{total} = df_{between} + df_{within}$

โดยที่ทางแนวนอน ด้านบนคือ degree of freedom between และทางแนวตั้งคือ degree of freedom within

เสร็จแล้ว ให้ตั้ง Hypothesis

H_0 (Nu Hypothesis) => $\mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ กำหนดให้ค่า อัลฟา(α) = 0.05

H_1 (Alternative) at least 1 defference among the means

Step 2

k ค่า condition / group ของการทดลอง =

K มีประสบการณ์เท่านั้น 3

$df_{between} = k-1$ 2

เมื่อ ค่า N คือ ผลของข้อมูล หรือ ผลรวมจำนวนสมาชิกของแต่ละกลุ่ม เมื่อ N รวม = 4+5+5 = 14

N = 14

$df_{within} = N - k$ 11

ต้องเปิดตาราง ค่า F

$df_{total} = df_{between} + df_{within}$

3 groups 13

Fcritical เปิดจากตาราง	
df between 2, within 13	= 3.98

Step 3

ความหมายของสัญลักษณ์

T_i = ผลรวมของคะแนน n ค่าในแต่ละกลุ่ม

T = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n_j = จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่ม

K = จำนวนกลุ่ม

X_{ij} = ข้อมูลตัวที่ i ในกลุ่ม j

X_j = ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j

X = ค่าเฉลี่ยรวม

คือ การหา Sum of square => SS แยกได้ออกเป็น ส่วนย่อย ดังนี้

% Repeatability (%ที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน (ความสามารถในการวัดซ้ำ))

	G2	G3	G4
	77.50	90.00	75.00
	82.50	75.00	77.50
	90	85.00	87.50
	92.5	80.00	72.50
		92.50	90.00

$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 =$ ผลรวมของคะแนน แต่ละตัวยกกำลังสอง ทุกค่าในทุกกลุ่ม

T_i	0.00	342.50	422.50	402.50
n_j	0	4	5	5

3.1 คำนวณหาค่า SS_B (ทั้ง 4 กลุ่ม)

หา T_i = ผลรวมของคะแนน n ค่าในแต่ละกลุ่ม

$T_2 = 77.50+82.5+90.5+92.5 = 342.50$

$T_3 = 90.00+75.00 + 85.00 + 80.00 + 92.50 = 422.50$

$T_4 = 75.00 + 77.50 + 87.50 + 72.50 + 90.00 = 402.50$

หา $\frac{T_i^2}{n_j}$;

$\frac{T_2^2}{n_2} = \frac{(342.5)^2}{4} = 29326.56$

$\frac{T_3^2}{n_3} = \frac{(422.5)^2}{5} = 35701.25$

$\frac{T_4^2}{n_4} = \frac{(402.5)^2}{5} = 32401.3$

หา T = 29326.56 + 35701.25 32401.25 = 116750

หา N = 4 + 5 + 5 = 14

หา $\frac{T^2}{N} = \frac{(116750)^2}{14} = 97361.16$

รูปที่ ค.1 วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability สำหรับ 3 กลุ่มทดสอบ

$$\text{จาก } SS_B = \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) - \frac{T^2}{N} = [29326.56 + 35701.25 + 32401.25] - 97361.16$$

$$SS_B \text{ (ทั้ง 3 กลุ่ม)} = 97429.06 - 97361.16 = 67.90$$

3.2 คำนวณค่า SS_W (ทั้ง 4 กลุ่ม)

หา $\sum_{j=1}^{n_j} X^2_{ij}$	แต่ละกลุ่ม						
กลุ่มที่ 1	χ^2	กลุ่มที่ 2	χ^2	กลุ่มที่ 3	χ^2	กลุ่มที่ 4	χ^2
		77.50	6006.25	90.00	8100.00	75.00	5625.00
		82.50	6806.25	75.00	5625.00	77.50	6006.25
		90	8100.00	85.00	7225.00	87.50	7656.25
		92.5	8556.25	80.00	6400.00	72.50	5256.25
				92.50	8556.25	90.00	8100.00

$$\text{จะได้ } \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 \quad 0.00 \quad 29468.75 \quad 35906.25 \quad 32643.75$$

$$\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 = 27981.25 + 29468.75 + 35906.25 = 98018.75$$

$$\text{หา } \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) \quad 98018.75 - 97429.06$$

$$SS_W \text{ (ทั้ง 3 กลุ่ม)} = 589.69$$

$$SS_T = SS_B + SS_W \text{ จะได้} \\ SS_T = 67.90 + 589.69 = 657.59$$

Step 4

แทนค่าต่างลงในตารางเพื่อหาค่า F

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	SS_B	K-1	$SS_B / K-1$	MS_B / MS_W
Within groups	SS_W	N-K	$SS_W / N-K$	
Total	SS_T			

แทนค่าต่างลงในตารางเพื่อหาค่า F (%Repeatability)

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	67.90	2	33.9509	0.63
Within groups	589.69	11	53.608	
Total	657.59	13		

Step 5 นำผลมาเปรียบเทียบกับค่า F critical

F_{critical} เปิดจากตาราง ที่ df_B 2, df_W 11 จะได้ค่า $F_{\text{critical}} = 3.98$ แต่ผลการคำนวณ $F_{.05,2,11} = 0.63$

ผลการคำนวณ ค่า F คำนวณน้อยกว่าค่า F_{critical} ($F_{\text{คำนวณ}} < F_{\text{critical}}$) จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0

รูปที่ ค.1 วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability สำหรับ 3 กลุ่มทดสอบ (ต่อ)

เอกสารแนบ

แสดงวิธีการวิเคราะห์การคำนวณ ANOVA 5 Step

%Reproducibility ของ 3 กลุ่ม

Step 1 จากจำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ 40 ชุด (ตรวจสอบ 3 ครั้ง นับเป็น 120 ครั้ง)
% Reproduce ที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง(ความสามารถให้ผลซ้ำและถูกต้อง)

	G2 Reproduce	G3 Reproduce	G4 Reproduce
1	80.00	75.00	85.00
2	76.43	90.00	85.00
3	79.00	85.00	80.00
4	89.00	78.00	75.00
5		85.00	90.00
n =	4	5	5

ค่า F ที่ต้องเปิดในตาราง หนังสือสถิติ โดยดูที่ค่า $\alpha = 0.05$ เป็นหลัก
โดยจะต้องให้มีการ คัดจากค่าที่คำนวณแล้ว ดูผลตามแนว
ตั้งและแนวนอนด้วย
 $df_{total} = df_{between} + df_{within}$
โดยที่ทางแนวนอน ด้านบนคือ degree of freedom
between
และทางแนวตั้งคือ degree of freedom within

เสร็จแล้ว ให้ตั้ง Hypothesis
Ho (Nu Hypothesis) $\Rightarrow \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ **กำหนดให้ค่า อัลฟา(α) = 0.05**
H1 (Althernative) at least 1 defference among the means

Step 2

k ค่า condition / group
ของการทดลอง = K
รวมพวกไม่มีประสิทธิภาพ 3
 $df_{between} = k-1$ 2

เมื่อ ค่า N คือ ผลของข้อมูล หรือ
ผลรวมจำนวนสมาชิกของแต่ละกลุ่ม
N = 14
 $df_{within} = N - k$ 11

เมื่อ N รวม = 5+4+5 = 14

ต้องเปิดตาราง ค่า F		Fcritical เปิดจากตาราง
$df_{total} = df_{between} + df_{within}$	13	df between 2, within 15 = 3.98
4 groups	13	

Step 3

คือ การหา Sum of square $\Rightarrow$ SS แยกได้ออกเป็น ส่วนย่อย ดังนี้

ความหมายของสัญลักษณ์
 T_i = ผลรวมของคะแนน n ค่าในแต่ละกลุ่ม
 T = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 n_j = จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่ม
 K = จำนวนกลุ่ม
 X_{ij} = ข้อมูลตัวที่ i ในกลุ่ม j
 X_j = ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j
 X = ค่าเฉลี่ยรวม

$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_j} X_{ij}^2$ = ผลรวมของคะแนน
แต่ละตัวยกกำลังสอง
ทุกค่าในทุกลุ่ม

% Reproduce ที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง(ความสามารถให้ผลซ้ำและถูกต้อง)				
	G2 Reproduce	G3 Reproduce	G4 Reproduce	
	80.00	75.00	85.00	
	76.43	90.00	85.00	
	79.00	85.00	80.00	
	89.00	78.00	75.00	
		85.00	90.00	
	4	5	5	

	T _i	T
T ₁	0.00	1152.43
T ₂	324.43	1377.93
T ₃	413.00	
T ₄	415.00	
n _j	4	5

3.1 คำนวณค่า SS_B (ทั้ง 4 กลุ่ม)
หา T_i = ผลรวมของคะแนน n ค่าในแต่ละกลุ่ม
 $T_1 =$
 $T_2 = 80 + 76.43 + 79 + 89 = 324.43$
 $T_3 = 75 + 90 + 85 + 78 + 85 = 413$
 $T_4 = 85 + 85 + 80 + 75 + 90 = 415$

รูป ค.2 วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Reproducibility สำหรับ 3 กลุ่มทดสอบ

$$\text{หา } \frac{T_j^2}{n_j} ;$$

$$\frac{T_2^2}{n_2} = \frac{(324.43)^2}{4} = 26313.47$$

$$\frac{T_3^2}{n_3} = \frac{(413.00)^2}{5} = 34113.80$$

$$\frac{T_4^2}{n_4} = \frac{(415.00)^2}{5} = 34445$$

$$\text{หา } T = 324.43 + 413 + 415 = 1152.43$$

$$\text{หา } N = 4 + 5 + 5 = 14$$

$$\text{หา } \frac{T^2}{N} = \frac{(1152.43)^2}{14} = 94863.69$$

$$\text{จาก } SS_B = \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) - \frac{T^2}{N} = [26313.47 + 34113.80 + 34445] - 94863.69$$

$$SS_B \text{ (ทั้ง 4 กลุ่ม)} = 94872.27 - 94863.69 = 8.59$$

3.2 คำนวณค่า SS_W (ทั้ง 4 กลุ่ม)

หา $\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2$	แต่ละกลุ่ม	G2 Reproduce	χ^2	G3 Reproduce	χ^2	G4 Reproduce	χ^2
		80.00	6400.00	75.00	5625.00	85.00	7225.00
		76.43	5841.33	90.00	8100.00	85.00	7225.00
		79	6241.00	85.00	7225.00	80.00	6400.00
		89	7921.00	78.00	6084.00	75.00	5625.00
				85.00	7225.00	90.00	8100.00

$$\text{จะได้ } \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 = 0.00 \quad 26403.33 \quad 34259.00 \quad 34575.00$$

$$\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 = 26403.33 + 34259.00 + 34575.00$$

$$= 95237.33$$

$$\text{หา } \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \sum_{j=1}^K \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) \text{ จะได้ } = 95237.33 - 94872.27$$

$$SS_W \text{ (ทั้ง 4 กลุ่ม)} = 365.05$$

$$SS_T = SS_B + SS_W \text{ จะได้}$$

$$SS_T = 8.59 + 365.05$$

$$= 373.64$$

Step 4

แนบค่าต่างลงในตารางเพื่อหาค่า F

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	SS_B	K-1	$SS_B / K-1$	MS_B / MS_W
Within groups	SS_W	N-K	$SS_W / N-K$	
Total	SS_T			

แนบค่าต่างลงในตารางเพื่อหาค่า F

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	8.59	2	4.2939504	0.13
Within groups	365.05	11	33.186549	
Total	373.64	13		

Step 5 นำผลมาเปรียบเทียบกับค่า F critical

$F_{critical}$ เปิดจากตาราง ที่ df B 3 , df W 11 จะได้ค่า $F_{critical} = 3.98$ แต่ผลการคำนวณ $F_{.05,3,11} = 0.13$

ผลการคำนวณ ค่า F คำนวณน้อยกว่าค่า $F_{critical}$ ($F \text{ คำนวณ} < F_{critical}$) จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0

รูป ค.2 วิธีคำนวณ ANOVA ของ %Reproducibility สำหรับ 3 กลุ่มทดสอบ (ต่อ)

ภาคผนวก ง.

ผลคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability และ %Reproducibility

ตัดทีละกลุ่ม

TNI

% Repeatability

Anova: Single Factor 3 groups ที่ตัดกลุ่มสองออก

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
G1	5	372.5	74.5	57.5
G3	5	422.5	84.5	51.25
G4	5	402.5	80.5	60.625

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	253.3333333	2	126.6666667	2.243542435	0.148670306	3.885293835
Within Groups	677.5	12	56.45833333			
Total	930.8333333	14				

% Repeatability

Anova: Single Factor

Anova: Single Factor 3 groups ที่ตัดกลุ่มสามออก

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
G1	5	372.5	74.5	57.5
G2	4	342.5	85.625	47.39583333
G4	5	402.5	80.5	60.625

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	278.6160714	2	139.3080357	2.492955189	0.127968834	3.982297957
Within Groups	614.6875	11	55.88068182			
Total	893.3035714	13				

% Repeatability

Anova: Single Factor

Anova: Single Factor 3 groups ที่ตัดกลุ่มสี่ออก

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
G1	5	372.5	74.5	57.5
G2	4	342.5	85.625	47.39583333
G3	5	422.5	84.5	51.25

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	357.1875	2	178.59375	3.403627504	0.070692996	3.982297957
Within Groups	577.1875	11	52.47159091			
Total	934.375	13				

รูปที่ ง.1 ผลคำนวณ ANOVA ของ %Repeatability ตัดทีละกลุ่ม

% Reproducibility

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
G1 Reproduce	5	225.5	45.1	26.3
G2 Reproduce	4	324.4285714	81.10714286	29.95068027
G3 Reproduce	5	413	82.6	36.3

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	4366.507799	2	2183.253899	70.58236252	5.30802E-07	3.982297957
Within Groups	340.2520408	11	30.93200371			
Total	4706.75984	13				

% Reproducibility

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
G1 Reproduce	5	225.5	45.1	26.3
G3 Reproduce	5	413	82.6	36.3
G4 Reproduce	5	415	83	32.5

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	4738.033333	2	2369.016667	74.73238696	1.68508E-07	3.885293835
Within Groups	380.4	12	31.7			
Total	5118.433333	14				

% Reproducibility

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
G1 Reproduce	5	225.5	45.1	26.3
G2 Reproduce	4	324.4285714	81.10714286	29.95068027
G4 Reproduce	5	415	83	32.5

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	4422.299636	2	2211.149818	74.8269352	3.93784E-07	3.982297957
Within Groups	325.0520408	11	29.55018553			
Total	4747.351676	13				

รูปที่ ง.2 ผลการคำนวณ ANOVA ของ %Reproducibility ตัดทีละกลุ่ม