

การวิเคราะห์และการวางแผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

Analysis and Planning of Completely Randomized Design: CRD

ยูทช ไกยวรรณ

Yuth Kaiyawan

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ 10220

Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220

*To whom correspondence should be addressed. e-mail: dr.yuth_go@hotmail.com

Received: 28 May 2021 Revised: 15 July 2021, Accepted: 19 August 2021

บทคัดย่อ

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์เป็นแผนการทดลองที่ง่ายและสะดวกที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองเปรียบเทียบว่าทรีตเมนต์ที่มาทดลองนี้ว่าจะให้ผลการทดลองที่แตกต่างหรือไม่แตกต่างกัน การจัดทรีตเมนต์ใส่หน่วยทดลองเป็นไปอย่างสุ่มและแต่ละทรีตเมนต์หน่วยทดลองจะเท่ากันหรือไม่ก็ได้ แต่เพื่อไม่ให้เกิดความเอนเอียง หน่วยทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ควรกำหนดให้เท่ากัน หรือจำนวนซ้ำ เท่ากันและมีความสม่ำเสมอซึ่งการวิเคราะห์จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว มีตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่กำหนดเป็นปัจจัย เพียง 1 ปัจจัยเท่านั้น แต่มีระดับของปัจจัยตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไปซึ่งเรียกว่า ทรีตเมนต์ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพอยู่ในระดับนามบัญญัติและระดับเรียงอันดับ และมีตัวแปรตามที่เป็นปริมาณ 1 ตัว ซึ่งก็คือ ผลของทรีตเมนต์

คำสำคัญ : การวางแผนทดลอง การวิเคราะห์การทดลอง สุ่มสมบูรณ์

Abstract

The Completely Randomized Design (CRD) trial design is the simplest and most convenient trial design. The aim of this experiment was to see if the treatments produced different results. The experimental unit's treatments were chosen at random. And whether or not each treatment unit is the same. However, in order to avoid bias, the experimental units in each treatment should be assigned the same or a similar number of repetitions (Replication: r) and should be consistent. (Homogeneous), with a one-way analysis of variance (One-Way ANOVA). Only one factor is defined as a factor (Factor). However, there are levels of factors ranging from two to ten, which is referred to as treatment (Treatment).

Keywords : Experimental Planning, Experimental Analysis, Completely Randomized

บทนำ

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เป็นแผนการทดลองแบบจำแนกทางเดียวที่ใช้เมื่อหน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอหรือมีความคล้ายคลึง (Homogeneous) มาก่อนแล้ว โดยการทดลองจัดทรีตเมนต์ใส่หน่วยทดลองอย่างสุ่ม โดยแต่ละหน่วยจะมีโอกาสได้รับทรีตเมนต์ใดทรีตเมนต์หนึ่งเท่ากัน การทดลองแบบ CRD ใช้กับการทดลองที่มีทรีตเมนต์มาก ๆ และทรีตเมนต์แต่ละทรีตเมนต์มีหน่วยทดลองไม่เท่ากันได้ แต่ปกติแล้วมักจะใช้กับการทดลองที่มี

หน่วยทดลองเท่ากัน การทดลองแบบ CRD นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองเปรียบเทียบว่าทริตเมนต์ที่มาทดลองนี้แตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกัน ซึ่งรายละเอียดผู้เขียนจะได้อธิบายต่อไปในส่วนเนื้อหา

เนื้อหา

ในส่วนเนื้อหาของบทความผู้เขียนนำเสนอเพื่อให้ผู้อ่านมีความเข้าใจดังนี้

- (1) วิธีสุ่มและผังการทดลอง (2) จำนวนทริตเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง (3) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของรายคู่ทริตเมนต์
- (4) ข้อดีและข้อเสียของการทดลองแบบ CRD (5) การวิเคราะห์การทดลองแบบ CRD

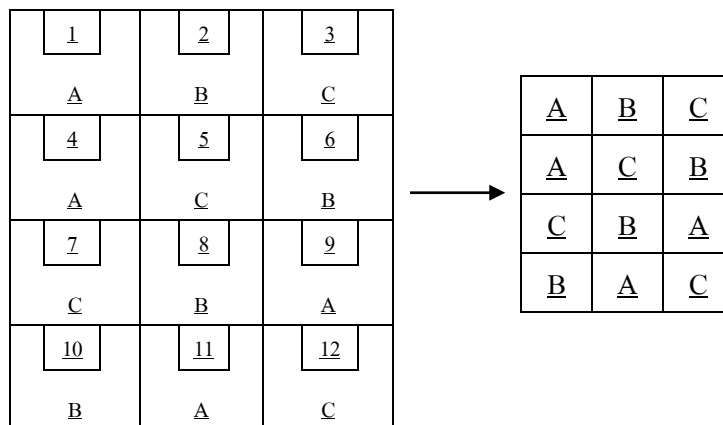
วิธีสุ่มและผังการทดลอง

1 วิธีสุ่ม

เนื่องจากหน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอ การที่หน่วยทดลองใดจะได้รับ ทริตเมนต์ใด จึงมีผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกัน [1] วิธีการสุ่มก็คือ การทำให้หน่วยทดลองมีโอกาสถูกเลือกให้ได้รับทริตเมนต์ใดก็ได้เท่ากัน ซึ่งวิธีการแบบนี้เรียกว่า การสุ่มแบบสมบูรณ์หรือสุ่มตลอด

2 ผังการทดลอง

กรณีที่มีหน่วยทดลอง 12 หน่วย และมี 3 ทริตเมนต์ คือ A, B และ C ซึ่งผู้ทดลองอาจกำหนดให้จำนวนซ้ำเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ ถ้ามีจำนวนซ้ำเท่ากันในแต่ละทริตเมนต์จะมี 4 ซ้ำ 3 ทริตเมนต์ การทดลองจะมีขนาด $4 \times 3 = 12$ การสุ่มและผังการทดลอง ดังรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 การสุ่มและผังการทดลอง

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการทดลอง CRD

SOV	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment (Tr or t)	t - 1	SS_{Tr}	$SS_{Tr/t-1}$	MS_{Tr}/MS_E	$< \alpha$ ที่ทดสอบ
Error (E)	t(r - 1)	SS_E	$SS_{E/(r-1)}$		นัยสำคัญทางสถิติ
Total	tr - 1	SS_T			

เมื่อ Tr หรือ t คือ ทริตเมนต์ (Treatment) และ r คือ จำนวนซ้ำ (Replication)

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อ Sig. $< \alpha$ ที่ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติจะยอมรับสมมติฐาน H1 และจะต้องทดสอบต่อไป เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของทริตเมนต์ต่าง ๆ

สมมติฐานที่กำหนดของแผนการทดลอง CRD สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

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

H_1 : มีค่า μ_i อย่างน้อย 1 ค่าที่แตกต่างจากค่า μ_j อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จำนวนทรีตเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง

ในแผนแบบ CRD ถ้าใช้ทรีตเมนต์น้อยจะต้องใช้หน่วยทดลองมาก แต่ถ้าใช้ทรีตเมนต์จำนวนมากหรือหลายทรีตเมนต์จำนวนหน่วยทดลองจะน้อยลงได้ ทั้งนี้ เพื่อให้มีจำนวนชั้นความเป็นอิสระ (df: Degree of Freedom) มากพอสมควร เพื่อใช้ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง โดยทั่วไปแล้วจำนวนชั้นความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน (df Error) ไม่ควรน้อยกว่า 9 โดยปกติจะใช้ตั้งแต่ 10-12 เพื่อให้ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (MSE: Mean Square Error) ลดลง ซึ่งเมื่อค่า MSE ลดลงย่อมจะทำให้ความเคลื่อนชนิดที่ 1 (Type I Error) ลดลงด้วย พิเศษ หาดูมงคลพิพัฒน์ [2] แนะนำว่าถ้ากำหนดขนาดของหน่วยทดลอง ตามข้อกำหนดว่า df Error ไม่ควรน้อยกว่า 9 นั้น จะได้สูตร $N - t \geq 9$ เช่น

$$\text{เมื่อ } N - t \geq 9 \text{ เมื่อ } t (\text{Treatment}) = 3 \text{ ทรีตเมนต์}$$

$$\text{จะได้ } N = 9 + t$$

$$N = 9 + 3 = 12$$

เมื่อ $N = 12$ จะได้จำนวนตัวอย่างแต่ละทรีตเมนต์ (n) = 4

แต่เพื่อให้ลดความคลาดเคลื่อนของการตัดสินใจทั้งแบบ α Error และแบบ β Error ในการทดสอบสมมติฐาน ก่อนการตัดสินใจกำหนดขนาดตัวอย่างในแต่ละทรีตเมนต์ ผู้ทดลองควรวิเคราะห์อำนาจการทดลอง (Power of Test) ก่อน ด้วย คำสั่ง Power and Sample Size เพื่อให้ได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในแต่ละทรีตเมนต์ โดยเฉพาะในการทดลองที่ไม่มีบล็อก หรือไม่มีสภาวะการควบคุม เช่น การทดลองแบบ CRD

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของรายคู่ทรีตเมนต์

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของรายคู่ทรีตเมนต์หรือบางที่เรียกว่า การเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparisons) มีวิธีต่าง ๆ ดังนี้ [3]

(1) วิธีฟิชเชอร์ (Fisher's Least Significant Difference: LSD) วิธีนี้ใช้ค่าความแตกต่างกันที่น้อยที่สุดของกลุ่มทรีตเมนต์เป็นค่าวิกฤตและทดสอบค่าวิกฤต หากมีนัยสำคัญทางสถิติถือว่ามีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์ ซึ่ง LSD ใช้ได้กับกรณีทรีตเมนต์ที่มีหน่วยทดลองเท่ากันหรือไม่เท่ากัน

(2) วิธีบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test: Bonferroni) เป็นวิธีพัฒนาจาก LSD เปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนคู่ระหว่างทรีตเมนต์นั้น ๆ หากจำนวนคู่เปรียบเทียบมีนัยสำคัญทางสถิติถือว่าทรีตเมนต์นั้นมีความแตกต่างกัน Bonferroni ใช้เหมือน LSD

(3) วิธีทูกีย์ (Tukey's W Procedure: Tukey) วิธีเหมือน LSD วิธีนี้เหมาะกับการทดลองที่แต่ละทรีตเมนต์มีหน่วยทดลองเท่ากัน และมีจำนวนคู่เปรียบเทียบมากคู่

(4) วิธี Sidak เป็นวิธีที่พัฒนามาจากวิธีของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni's Test: Bonferroni) บางครั้งเรียกว่าวิธี Dunn Sidak Test จำนวนคู่มักใช้วิธี Sidak เปรียบเทียบรายคู่ของค่าเฉลี่ยจะดีกว่า การใช้วิธีของบอนเฟอร์โรนี

ข้อดีและข้อเสียของการทดลองแบบ CRD

ข้อดี [4]

- 1) เป็นการวางแผนการทดลองไม่สลับซับซ้อนจัดทรีตเมนต์ให้หน่วยทดลองได้ง่าย

- 2) ทริตเมนต์ที่ใช้ในการทดลองจะมีทริตเมนต์และจำนวนซ้ำเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้
- 3) วิเคราะห์ข้อมูลง่าย สะดวก
- 4) หากมีข้อมูลสูญหายจะส่งผลกระทบต่อทดลองหรือการวิเคราะห์อยู่ในระดับน้อย
- 5) จำนวนองศาอิสระของความคลาดเคลื่อน (df Error) มากกว่าการวางแผนการทดลองแบบอื่น ๆ จึงทำให้การทดลองขนาดเล็กมีความเที่ยงตรงสูงและมีความไวในการทดสอบความแตกต่างระหว่างทริตเมนต์ได้ดีกว่าการวางแผนการทดลองแบบอื่น ๆ

ข้อเสีย

- 1) เป็นการวางแผนการทดลองที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำต่ำ โดยเฉพาะหากหน่วยทดลองมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะมาจากหน่วยทดลองหรือจากสภาวะแวดล้อม
- 2) เป็นการวางแผนการทดลองที่เหมาะสม เมื่อมีจำนวนทริตเมนต์น้อย หน่วยทดลองในแต่ละทริตเมนต์มีจำนวนไม่แตกต่างกันมาก หน่วยทดลองต้องมีความสม่ำเสมอ แต่ในการทดลองบางครั้งหน่วยทดลองจะผันแปรสูงเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อนสูงตามไปด้วย

การวิเคราะห์การทดลอง CRD ที่คำนวณหาอำนาจการทดสอบ (P)

ตัวอย่างที่ 1 ฝ่ายควบคุมคุณภาพต้องการวิเคราะห์ว่าอัตราความเร็วของสายพานเลื่อนสำหรับการผลิตจะมีผลต่อจำนวนผลไม่กระป๋อง มีตำหนิ (Defect) หรือไม่ บริษัทจึงทดสอบเดินเครื่องให้สายพานเลื่อนด้วยความเร็วต่างกัน 4 ระดับ โดยที่ระดับความเร็วของสายพานเป็นระดับ 1 = 50 ระดับ 2 = 80 ระดับ 3 = 100 และระดับ 4 = 120 RPM ทดสอบที่ $\alpha = 0.05$ การทดสอบ [5]

- 1) ตั้งสมมติฐานการทดสอบ

$$H_0 : \mu_{L_1} = \mu_{L_2} = \mu_{L_3}$$

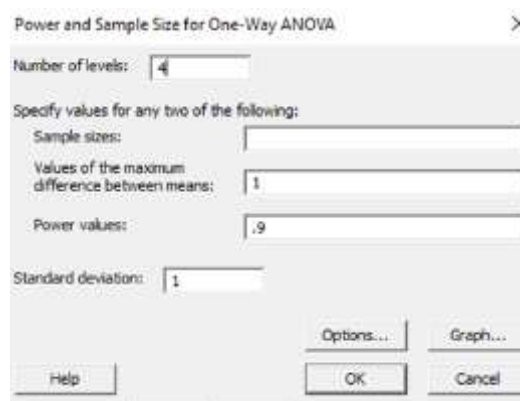
$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$$

- 2) หาจำนวนตัวอย่างในแต่ละทริตเมนต์ที่เหมาะสม ใช้คำสั่ง

(1) Stat \rightarrow Power and Sample Size \rightarrow One-Way ANOVA หน้าจอเดิม ดังนี้

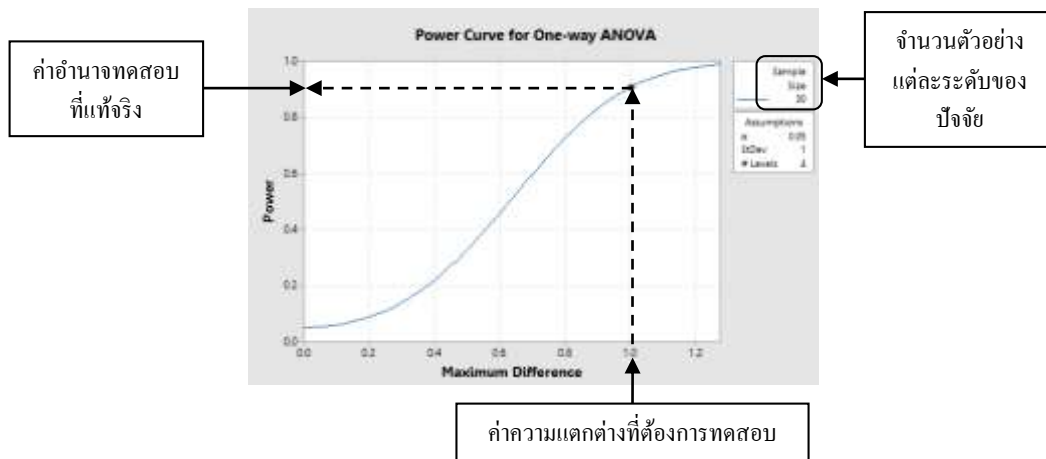
(1.1) Number of Level เมื่อกำหนด 4 ระดับ จึงใส่เลข 4

(1.2) Values of the Maximum Difference Between Means เป็นค่าความแตกต่างสูงสุดระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มปกติให้เติม 1 และที่ Power Values เป็นค่าอำนาจทดสอบเดิม 0.9 และที่ Standard Deviation เติม 1 ดังนี้



(1.3) ที่ Options ให้กำหนดค่า Significance ของการทดสอบ เมื่อกำหนด $\alpha = 0.05$ จึงเลือกตามโปรแกรม

(1.4) คลิก OK



Power and Sample Size

One-way ANOVA
 $\alpha = 0.05$ Assumed standard deviation = 1
 Factors: 1 Number of levels: 4

Results

Maximum Difference	Sample Size	Target Power	Actual Power
1	30	0.9	0.907115

The sample size is for each level.

Annotations: 'ค่า P ที่แท้จริง' (True P-value) points to 0.907115. 'ตัวอย่างของแต่ละระดับปัจจัย' (Sample size per factor level) points to 'Sample Size = 30'.

ผลการวิเคราะห์หาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมในแต่ละระดับ พบว่า Sample Size เท่ากับ 30 และมีอำนาจการทดสอบที่แท้จริง เท่ากับ 0.907115

3) เก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลโดยคัดเลือกกระป๋องมาตรวจสอบด้วยการสุ่มทุกชั่วโมงของการทดสอบระดับละ 3 วัน ๆ ละ 12 ชั่วโมง และนับจำนวนกระป๋องผลไม่มีตำหนิ ได้ข้อมูล ดังนี้

ความเร็วของสายพาน	ระดับ	จำนวนตำหนิบนกระป๋องผลไม้														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	2	4	3	2	4	5	4	2	3	5	4	5	4	3	5
	2	4	3	3	3	4	5	4	3	4	5	4	5	4	3	2
2	1	5	7	6	8	7	4	5	7	5	6	7	5	6	5	7
	2	6	5	6	5	7	4	5	6	5	4	5	6	7	5	7
3	1	8	6	5	6	7	8	7	8	6	8	7	5	6	5	4
	2	5	8	7	8	7	6	6	9	8	7	7	8	7	6	9
4	1	4	3	4	3	2	3	2	4	5	4	3	4	3	2	3
	2	2	4	2	3	4	5	4	3	3	3	2	4	3	4	3

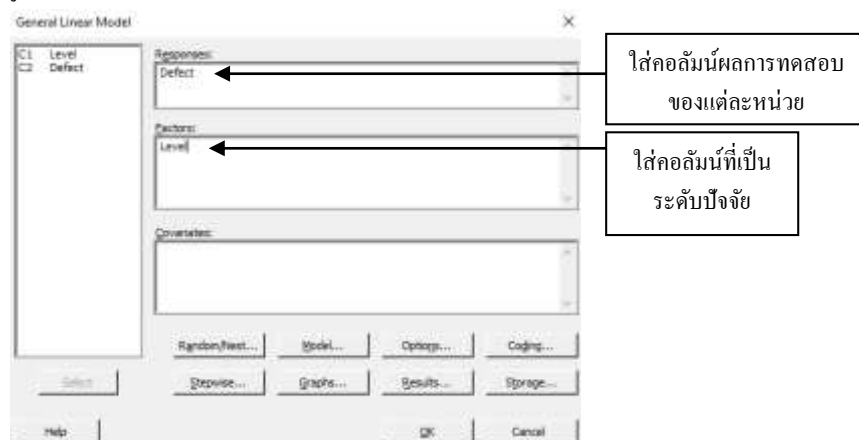
4) วิเคราะห์ CRD ด้วย General Linear Model ใช้คำสั่ง

(1) Stat → ANOVA → General Linear Model → Fit General Linear Model



(2) ที่ Responses เติมข้อมูลค่าผลการวัดค่าจากตัวอย่าง

(3) ที่ Factors เติมข้อมูลระดับปัจจัย



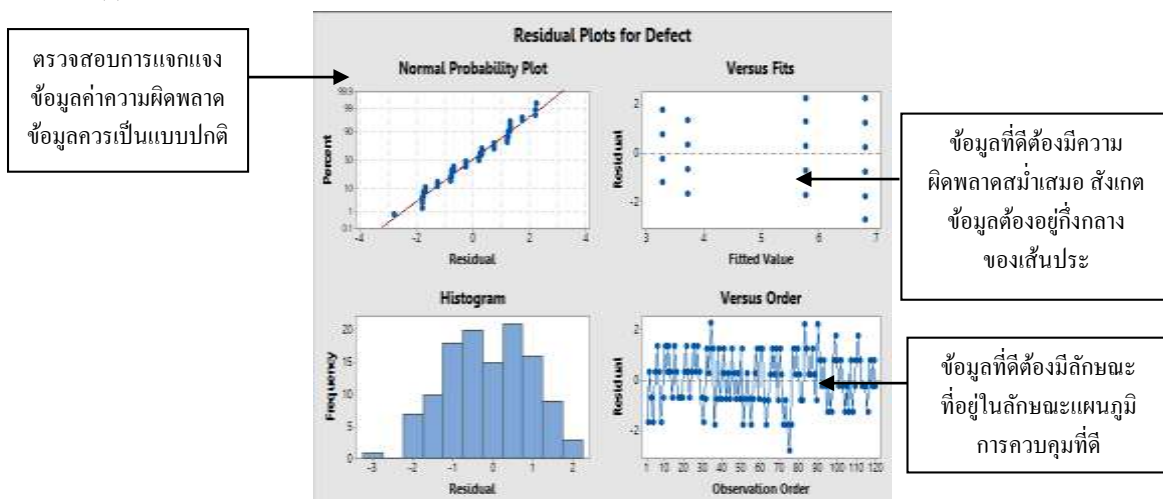
(4) ที่ Random/Nest โปรแกรมกำหนดให้เลือกประเภทของปัจจัย ซึ่งมี 2 ทางเลือก

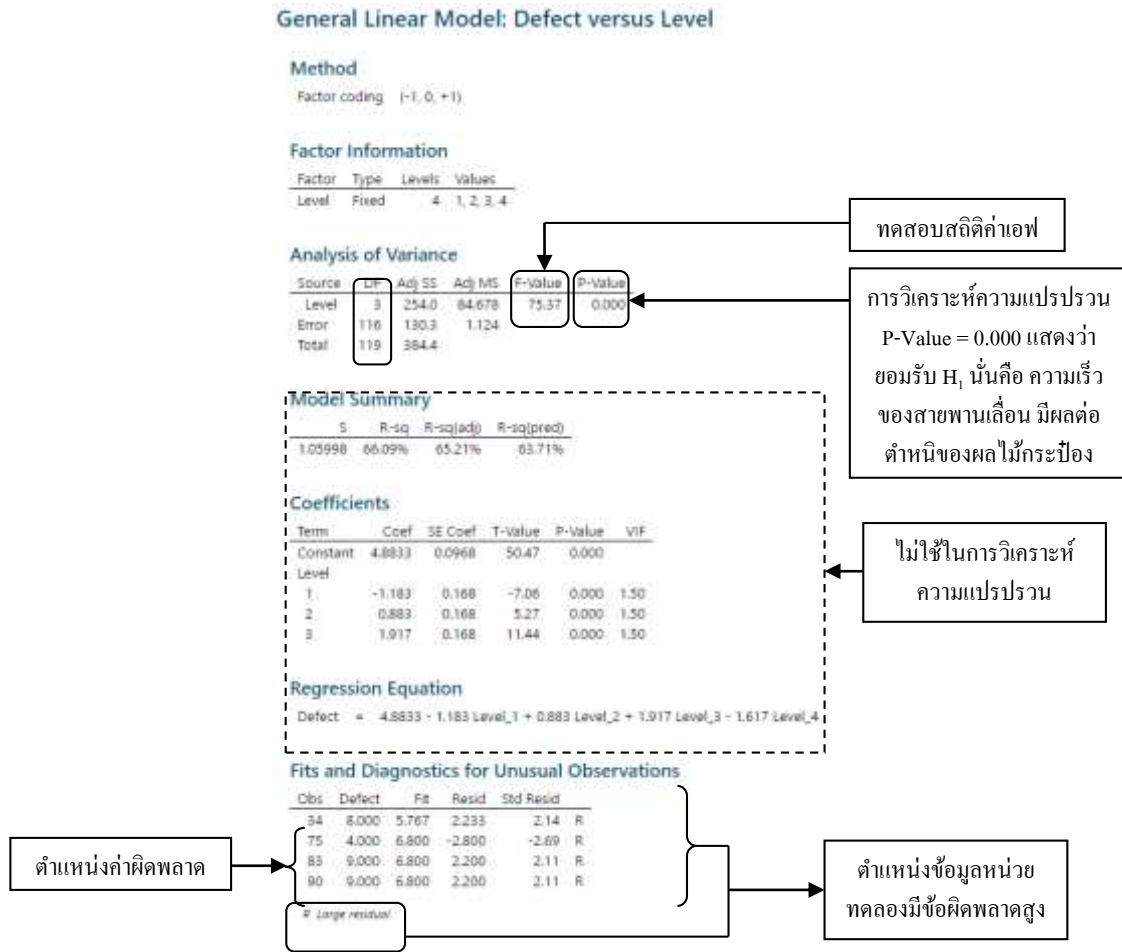
(4.1) Model 1 เป็นโมเดลตัวแบบคงที่ (Fixed Effect Model หรือ Model 1) ตัวแบบนี้ให้นำค่าของการวัดจากตัวอย่างทุกค่ามาทดสอบ ในที่นี้เลือก โมเดลแบบคงที่ (Fixed Effect Model)

(4.2) Model 2 เป็น โมเดลแบบสุ่ม (Random Effect Model หรือ Model 2) โมเดลนี้จะนำค่าของการวัดจากหน่วยตัวอย่างมาวิเคราะห์ห้อย่างสุ่ม

(5) ที่ Graph เลือกทั้งหมดทุกกราฟ เลือกตามภาพ

(6) คลิก OK ดังนี้





ผลลัพธ์จากโปรแกรม

6.1) ที่ Residual Plot for Defect

- 1) Normal Probability Plot ตรวจสอบข้อมูลการแจกแจงว่าเป็นแบบปกติหรือไม่
- 2) Versus Fits ตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ของค่าผิดพลาด ปกติข้อมูลที่ดีต้องมีความสม่ำเสมอทุกกลุ่มที่ทดสอบ
- 3) Versus Order ตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล ลักษณะข้อมูลที่ดีต้องมีการกระจายภายใต้การควบคุมที่ดีและเป็นแบบปกติ

6.2) ที่ General Linear Model : Defect Versus Level

1) ที่ Analysis of Variance แสดงตาราง ANOVA การวิเคราะห์ค่า P-Value = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ ที่กำหนด การทดสอบสมมติฐานจึงปฏิเสธ H₀

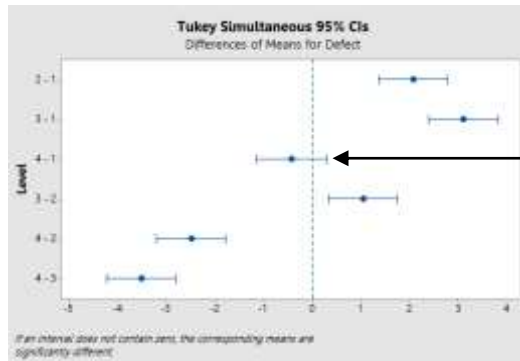
ในการวิเคราะห์ ANOVA หากพบว่า ยอมรับ H₀ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของประชากรเหล่านั้นไม่แตกต่างกัน การวิเคราะห์จะยุติเพียงเท่านั้น แต่หากผลการวิเคราะห์ปฏิเสธ H₀ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของประชากรเหล่านั้นอย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างกัน จึงทดสอบต่อไปว่าคู่ใดแตกต่างกันบ้างในโปรแกรม Minitab จะใช้คำสั่งในฟังก์ชัน Comparisons การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ใช้คำสั่งดังนี้

(1) Stat → ANOVA → General Linear Model → Comparisons

(2) คลิกที่ Comparisons ที่หน้าจอ

(2.1) ที่หน้าจอเลือกวิธีทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ตามที่ต้องการ

- (2.2) คลิกที่ Level เพื่อเลือกกลุ่มการเปรียบเทียบ
- (3) คลิกที่ Graphs เลือกตามที่ต้องการ
- (4) คลิก OK จะ ได้ ดังนี้



คู่ที่ทับเส้น 0 (ศูนย์) ไม่มี ความแตกต่างกัน ในที่นี้ Level_4 กับ Level_1 ไม่มีความแตกต่างกันของ ผลไม้กระป๋องมีตำหนิ

Comparisons for Defect

Tukey Pairwise Comparisons: Level

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Level	N	Mean	Grouping
3	30	6.80000	A
2	30	5.76667	B
1	30	3.70000	C
4	30	3.26667	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Level_4 กับ Level_1 ไม่มี ความแตกต่างกันของผลไม้อะไร กระป๋องมีตำหนิ

ความหมายผลลัพธ์

ระดับความเร็วของสายพานเลื่อน 4 ระดับ 1, 2, 3, 4 และกระป๋องผลไม้ไม่มีตำหนิ เฉลี่ยจำนวน 3.7, 5.7, 6.8 และ 3.2 ระดับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโปรแกรมจะแสดงด้วยตัวอักษร หากตัวอักษรอยู่ในระดับคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าไม่แตกต่างกัน ในที่นี้ความเร็วระดับ 1 กับ 4 ตัวอักษร A, B, C หรือ D จำนวนตัวอักษรขึ้นอยู่กับสิ่งทดลองที่นำมาเปรียบเทียบกัน ถ้ามี 3 สิ่งทดลองมาเปรียบเทียบ จะมีตัวอักษร 3 ตัว เรียงลำดับคือ A, B และ C ในที่นี้คือ C กับ C แสดงว่าความเร็วระดับ Level 1 กับ Level 4 ไม่แตกต่างกัน เมื่อดูในกราฟ แสดงค่า Tukey Simultaneous 95 % CIS จะทำให้ทราบว่า Level 2 กับ Level 1 แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณา Level 4 กับ Level 1 ตำหนิกระป๋องผลไม้ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากช่วงของความเชื่อมั่น (CIs) ทับเส้น 0

ตัวอย่างที่ 2 ผู้ทดลองสนใจสีข้อมผ้ายีนส์ที่พัฒนาขึ้นจาก 4 สูตร ได้แก่ A, B, C และ D การทดลองผู้ทดลองใช้การทดลองแบบ CRD ซ้ำ 4 ซ้ำ ขนาดการทดลองจึงเป็น 4×4=16 โดยการทดลองผู้ทดลองนำผ้ายีนส์มา 1 ผืนจากระบวนการผลิตและตัดออกเป็น ส่วน ๆ 16 ส่วน ๆ ละ 1 ผืน ๆ ละ 1 ตารางเมตร สุ่มสีข้อมผ้าที่พัฒนาขึ้นมาจากสูตร 1 สูตร จาก 4 สูตร นำไปเข้ากระบวนการข้อมผ้ายีนส์ที่เป็นหน่วยทดลอง 1 ผืน การสุ่มทำซ้ำครบ 16 ครั้ง ตามหน่วยทดลองที่เป็นผืนผืนยีนส์ขนาด 1 ตารางเมตร ข้อมผ้ายีนส์เสร็จและนำไปตากแห้ง ควบคุมอุณหภูมิ เวลาตากให้ผ้าแห้ง เมื่อแห้งดีแล้ว นำลงมาล้างในน้ำอุณหภูมิปกติ จากนั้นวัดค่าความเข้มข้นของสีที่ละลายในน้ำล้างผ้ายีนส์ ข้อมูลการวัดค่าความเข้มข้นของสีละลายน้ำล้างผ้ายีนส์ ผู้ทดลองแสดงไว้ดังนี้

(1) C = .03	(2) A = .03	(3) D = .06	(4) B = .04
(5) B = .03	(6) C = .04	(7) A = .01	(8) D = .07
(9) A = .02	(10) D = .09	(11) B = .05	(12) C = .06
(13) C = .05	(14) A = .01	(15) B = .04	(16) D = .08

1) (1) ถึง (16) คือ ผื่นผ้ายีนส์ผืนละ 1 ครม.

2) A, B, C และ D คือ ทรัพย์สินที่ทำเป็นสูตรสี

จงทดสอบดูว่าสีทั้ง 4 สูตร เกษาดิผ้ายีนส์ได้แตกต่างกันหรือไม่ โดยทดสอบที่ $\alpha = .05$

วิเคราะห์การทดลองแผน CRD ดังนี้ จากข้อมูลบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูล MINI-20 ดังนี้

	Treatment	Value
1	3	0.03
2	2	0.03
3	1	0.02
4	3	0.05
5	1	0.03
6	3	0.04
7	4	0.09
8	1	0.01
9	4	0.06
10	1	0.01
11	2	0.05
12	2	0.04
13	2	0.04
14	4	0.07
15	3	0.06
16	4	0.08

1) ใช้คำสั่ง Stat → ANOVA → General Linear Model → Fit General Linear Model

1.1) ที่ Responses ใส่ Value

1.2) ที่ Factors ใส่ Treatment

2) ที่ Result เลือกดังนี้

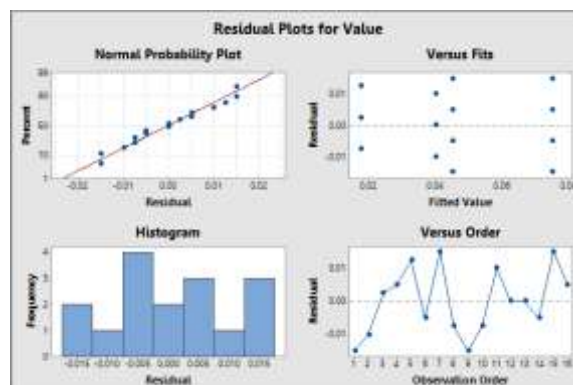
2.1) Method

2.2) Factor Information

2.3) Analysis of Variances

3) ที่ Graphs เลือก Four in One

4) คลิก OK จะได้ ดังนี้



General Linear Model: Value versus Treatment

Method

Factor coding: (-1, 0, +1)

Factor Information

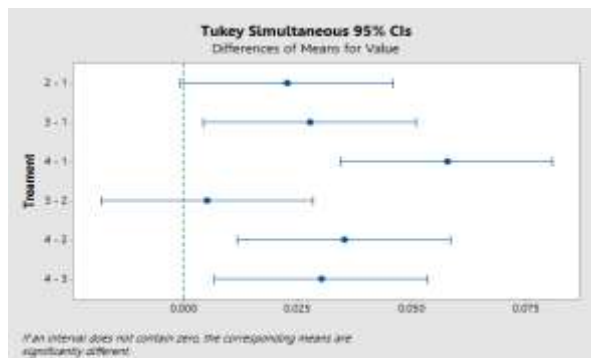
Factor	Type	Levels	Values
Treatment	Fixed	4	1, 2, 3, 4

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Treatment	3	0.006719	0.002240	18.22	0.000
Error	12	0.001475	0.000123		
Total	15	0.008194			

การวิเคราะห์ ANOVA พบว่า Treatment มีสถิติค่าเอฟ (F-Value) เท่ากับ 18.22% และ P-Value เท่ากับ 0.000 แสดงว่า ทรีตเมนต์มีความแตกต่างกันจึงทดสอบรายคู่ด้วยฟังก์ชัน Comparisons ต่อไป ดังนี้

- 5) ใช้คำสั่ง Stat→ANOVA→General Linear Model→Comparisons
- 6) ที่ Method เลือก Turkey
- 7) ที่ Choose Terms for Comparisons เลือกตามที่ต้องการ
- 8) ที่ Graphs เลือก Interval Plot for Differences of Means
- 9) คลิก OK จะได้ผลลัพธ์ ดังนี้



Comparisons for Value

Tukey Pairwise Comparisons: Treatment

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Treatment	N	Mean	Grouping
1	4	0.0190	A
2	4	0.0490	B
3	4	0.0490	B, C
4	4	0.0175	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Treatment Levels	Difference of Means	SE of Difference	Simultaneous 95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
2-1	0.0299	0.00784	(0.00919, 0.04979)	3.81	0.000
3-1	0.0299	0.00784	(0.00919, 0.04979)	3.81	0.000
4-1	0.0275	0.00784	(0.00412, 0.00079)	3.53	0.000
3-2	0.0000	0.00784	(-0.01626, 0.00000)	0.00	0.998
4-2	0.0169	0.00784	(-0.01172, 0.00692)	2.16	0.044
4-3	0.0000	0.00784	(-0.00872, 0.00000)	0.00	0.998

Individual confidence level = 93.75%

สรุปและข้อคิดเห็น

ในการวางแผนการทดลองแบบ CRD เป็นการจัดการทดลองที่ไม่ยุ่งยาก โดยมีวัตถุประสงค์ของการทดลอง คือ เปรียบเทียบทรีตเมนต์ที่นำมาทดลองที่มีตั้งแต่ 3 ทรีตเมนต์ขึ้นไปว่ามีจะให้ผลการทดลองความแตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกัน ในการทดลองที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุดคือ หน่วยทดลองต้องมีความเหมือนกัน จึงจะชี้ชัดผลของสิ่งทดลองได้ดี ในการวิเคราะห์หาก

หน่วยทดลองขาดหายก็ยิ่งวิเคราะห์ได้ จุดอ่อนหรือข้อจำกัดของการทดลองแบบนี้ก็คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบปัจจัยเดียว ไม่มีสภาวะการควบคุม บางที่อาจทำให้ผลการทดลองขาดความเที่ยงตรงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าหากหน่วยทดลองไม่เท่ากัน หรือมีอิทธิพลจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องในช่วงเวลาการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ;2549.
- [2] พิสมัย หาญมงคลพิพัฒน์. สถิติและการวางแผนการทดลองทางการเกษตร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2550.
- [3] ยุทธ ไกยวรรณ. การวางแผนการทดลองสำหรับการวิจัย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2559.
- [4] สายชล สีนสมบูรณ์ทอง. การวางแผนการทดลองทางการเกษตร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2545.
- [5] ยุทธ ไกยวรรณ. การวิเคราะห์การทดลองด้วยโปรแกรม MINITAB. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2560.