

แบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CR-p)

เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์¹

สมประสงค์ เสนารัตน์²

บทนำ

การวิจัยเชิงทดลองเป็นการวิจัยที่มีกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิธีการที่ “ชัดเจน แน่หนอน” และมีคุณสมบัติสำคัญ 4 ประการ คือ เชื่อถือได้ (Reliable) ปราศจากอคติ (Unbias) ทดสอบและยืนยันได้ (Testable) และมีความเป็นปรนัย (Objective) (ผ่องพรรณ ดริยมงคลกุล และ สุภาพ นัฏราภรณ์. 2549: 7-8) ในบทความนี้จะนำเสนอรายละเอียดของแบบแผนการทดลองแบบหลายกลุ่มที่ได้จากการสุ่ม (Multigroup Design) เฉพาะแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CR-p) ในประเด็น ความหมาย ลักษณะแบบแผนการทดลอง ข้อดี ข้อจำกัด รูปแบบของการวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ และตัวอย่างการวิเคราะห์ ตามลำดับดังนี้

ความหมายของแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

แบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ หมายถึง แบบแผนการทดลองที่หน่วยทดลอง (Experimental Unit) ได้มาจากการสุ่มและการกำหนดตัวแปรทดลอง (treatment) ให้กับหน่วยทดลองเป็นไปอย่างสุ่ม (ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. 2540: 73)

ลักษณะแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

1. มีตัวแปรอิสระ (Independent Variable) หรือตัวแปรทดลอง (Treatment) 1 ตัว แบ่งเป็นหลายระดับ ($p \geq 2$) ในกรณีที่ $p=2$ จะให้ผลเหมือน t-test independent

2. มีการสุ่มหน่วยทดลองเข้ารับการทดลองและสุ่มระดับของตัวแปรทดลองให้กับหน่วยทดลอง

3. หน่วยทดลองแต่ละหน่วยจะได้รับระดับการทดลองเพียงระดับเดียวเท่านั้น

ตัวอย่างแผนภาพแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่มีตัวแปรอิสระแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ a_1, a_2, a_3 และ a_4 (Kirk. 1995: 165) แสดงดังภาพประกอบ ก

¹ นิสิตปริญญาเอกสาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

² นิสิตปริญญาเอกสาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

		ระดับตัวแปรทดลอง	
กลุ่ม 1	หน่วยทดลอง 1	a_1	$\bar{Y}_1$
	หน่วยทดลอง 2	a_1	
	.	.	
	.	.	
	หน่วยทดลอง n	a_1	
กลุ่ม 2	หน่วยทดลอง n+1	a_2	$\bar{Y}_2$
	หน่วยทดลอง n+2	a_2	
	.	.	
	.	.	
	หน่วยทดลอง 2n	a_2	
กลุ่ม 3	หน่วยทดลอง 2n+1	a_3	$\bar{Y}_3$
	หน่วยทดลอง 2n+2	a_3	
	.	.	
	.	.	
	หน่วยทดลอง 3n	a_3	
กลุ่ม 4	หน่วยทดลอง 3n+1	a_4	$\bar{Y}_4$
	หน่วยทดลอง 3n+2	a_4	
	.	.	
	.	.	
	หน่วยทดลอง 4n	a_4	

ภาพประกอบ ก แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CR-4

รูปแบบการวิเคราะห์ (Analysis of Variance Models)

1. รูปแบบการทดลองแบบเจาะจง (Fixed Effects Model) หรือรูปแบบที่ 1 ใช้เมื่อผู้วิจัยเลือกระดับของตัวแปรทดลองมาอย่างเจาะจง และผลการวิจัยอ้างอิงไปยังตัวแปรทดลองที่นำมาทดลองเท่านั้น

รูปแบบที่ 1 แสดงได้ดังนี้ (Kirk. 1995: 165 -166)

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{i(j)} \quad (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, p)$$

เมื่อ y_{ij} คือ ผลการวัดผลหน่วยตัวอย่างที่ i ในกลุ่มทดลองที่ได้รับตัวแปรทดลอง j

μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

α_j คือ ผลของตัวแปรทดลองที่มีต่อกลุ่ม j คำนวณจากสูตร $\mu_j - \mu$ และ $\sum_{j=1}^p \alpha_j = 0$

$\varepsilon_{i(j)}$ คือ ความคลาดเคลื่อนของการสังเกตที่ i ของกลุ่มที่ได้รับตัวแปรทดลอง j และ $\varepsilon_{i(j)} \sim \text{NID}(0, \sigma_\varepsilon^2)$

2. รูปแบบการทดลองแบบสุ่ม (Random Effects Model) หรือ รูปแบบที่ 2 ใช้เมื่อผู้วิจัยสุ่มเลือกระดับของตัวแปรทดลองมาจากประชากรของระดับตัวแปรทดลอง และผลการวิจัยจะนำไปใช้อ้างอิงไปถึงระดับตัวแปรทดลองทั้งหมด

รูปแบบที่ 2 แสดงได้ดังนี้ (Kirk. 1995: 201)

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{i(j)} \quad (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, p)$$

เมื่อ y_{ij} คือ ผลการวัดผลหน่วยตัวอย่างที่ i ในกลุ่มทดลองที่ได้รับตัวแปรทดลอง j

μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

α_j คือ ผลของตัวแปรทดลองที่มีต่อกลุ่ม j คำนวณจากสูตร $\mu_j - \mu$ ซึ่งเป็นอิสระและมีการแจกแจงเป็นปกติมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และมีความแปรปรวน σ^2 ($\alpha_j \sim \text{NID}(0, \sigma_\alpha^2)$)

$\varepsilon_{i(j)}$ คือ ความคลาดเคลื่อนของการสังเกตที่ i ของกลุ่มที่ได้รับตัวแปรทดลอง j และ $\varepsilon_{i(j)} \sim \text{NID}(0, \sigma_\varepsilon^2)$

รูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 มีความแตกต่างกันที่ $E(MS)$ สามารถแสดงได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงการเปรียบเทียบ $E(MS)$ ของรูปแบบที่ 1 กับรูปแบบที่ 2 (Kirk, 1995: 201)

แหล่งความแปรปรวน (Source)	$E(MS)$ ของรูปแบบที่ 1	$E(MS)$ ของรูปแบบที่ 2
MS_b	$\sigma_e^2 + n \frac{\sum \alpha_j^2}{p-1}$	$\sigma_e^2 + n \sigma_\alpha^2$
MS_w	σ_e^2	σ_e^2

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ (ระวีวรรณ พันธุ์พานิช, 2540: 76)

1. ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน (Assumption of independent of error) ถ้าสุ่มระดับของตัวแปรทดลองให้กับกลุ่มของหน่วยทดลองแล้ว ความคลาดเคลื่อนในการทดลองจะเป็นอิสระภายในกลุ่มทดลองเดียวกันและระหว่างกลุ่มทดลอง

2. การแจกแจงของความคลาดเคลื่อน (ϵ_{ij}) จะเป็นโค้งปกติ (Assumption of Normality) ภายในแต่ละระดับการทดลองที่ j หรือหมายถึง Y_{ij} ผลการวัด i จากกลุ่มที่ j มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

3. ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Assumption of homogeneity of variance) คือ ทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_p^2$)

วิธีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

1. การตรวจสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นปกติหรือไม่ (Normality) สามารถตรวจสอบเบื้องต้นด้วยการดูจากกราฟ จะต้องอาศัยความเชี่ยวชาญในการดูกราฟ และผิดพลาดได้ง่าย (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2551: 160) และเป็นไปได้ที่ผู้วิเคราะห์แต่ละคนจะสรุปแตกต่างกัน จึงควรใช้วิธีการตรวจสอบที่อย่างละเอียดด้วยการตรวจสอบทางสถิติควบคู่ไปด้วย เช่นใช้ Kolmogorov-Smirnov Test ในกรณีที่ไม่นทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของประชากร จะใช้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างแทน หรือใช้ Shapiro-Wilk Test ในกรณีที่ทราบหรือไม่ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของประชากรก็ได้ แต่กลุ่มตัวอย่างต้องมีขนาดไม่เกิน 50 (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546: 220) หรือ Lilliefors Test ซึ่งเป็นวิธีการที่ปรับปรุงมาจากวิธีของ Kolmogorov-Smirnov แต่จะให้ค่าความน่าจะเป็นในการทดสอบน้อยกว่าวิธีของ Kolmogorov-Smirnov (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2551: 170)

2. การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางสถิติ เช่น ในกรณี 2 กลุ่ม สามารถใช้ *F-ratio* เป็นสถิติทดสอบและกรณีมีตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม สามารถใช้การทดสอบความแปรปรวนเท่ากันด้วย Bartlett test , Levene test หรือ Fligner test เป็นต้น

3. การตรวจสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน (Independence of Errors) สามารถตรวจสอบได้จากการออกแบบการวิจัย (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน.2551: 163)

ข้อดีและข้อจำกัดของรูปแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์

1. ข้อดี (Kirk. 1995: 202)

- 1) เป็นแบบการทดลองที่ง่าย ไม่ซับซ้อน
- 2) วิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายเปรียบเทียบกันได้อย่างตรงไปตรงมา
- 3) ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มไม่จำเป็นต้องเท่ากัน
- 4) ยอมให้ชั้นความเป็นอิสระ (Degree of freedom) ของความคลาดเคลื่อน (SSWG)

มีค่ามากได้ (หมายถึงมีระดับของตัวแปรทดลองได้ไม่จำกัด)

5) เป็นรูปแบบการทดลองที่ผู้เข้ารับการทดลองไม่จำเป็นต้องรับตัวแปรทดลองมากกว่าหนึ่งระดับตัวแปรทดลอง

2. ข้อจำกัด (Kirk. 1995: 202)

1) มีอิทธิพลจากการเลือกกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้รูปแบบการทดลองนี้มีประสิทธิภาพกลุ่มตัวอย่างต้องมีความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) หรือต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

2) ถ้าระดับของตัวแปรทดลองมีจำนวนมาก ทำให้หากกลุ่มตัวอย่างได้ยาก

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับรูปแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ที่มีตัวแปรทดลองเท่ากับหรือมากกว่า 2 ระดับ ($p \geq 2$) เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสม คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (Analysis of Variance: ANOVA) (นิภาพร ชุติมันต์. 2552: 11) ซึ่งมีแนวคิดพื้นฐานในการวิเคราะห์ คือ การวิเคราะห์การแปรผัน (Variation) หรือที่เรียกว่า ผลรวมของกำลังสองของความเบี่ยงเบน หรือที่นิยมเรียกสั้นๆ ว่า ผลรวมของกำลังสอง (Sum of squares) โดยแยกการแปรผันทั้งหมด (Total sum of squares) เขียนแทนด้วยตัวย่อ SS_{Total} ซึ่งเป็นการแปรผันทั้งระบบ กับการแปรผันภายในกลุ่ม (Within groups sum of squares) เขียนแทนด้วยตัวย่อ SS_{Within} ซึ่งเป็นการแปรผันที่เป็นความคลาดเคลื่อน (บุญชม ศรีสะอาด. 2547: 265)

สมมุติฐานและวิธีทดสอบสมมุติฐาน

สมมุติฐานรูปแบบที่ 1 (Kirk, 1968: 101)

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

$$H_1: \mu_j \neq \mu_j' \text{ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่มีความแตกต่างกัน}$$

$$\text{หรือ } H_0: \alpha_j = 0 \quad \text{สำหรับ } j \text{ ทุกกลุ่ม}$$

$$H_1: \alpha_j \neq 0 \quad \text{สำหรับ } j \text{ บางกลุ่ม}$$

สมมุติฐานรูปแบบที่ 2 (Kirk, 1968: 101)

$$H_0: \alpha_j^2 = 0$$

$$H_1: \alpha_j^2 \neq 0$$

การทดสอบสมมุติฐาน

$$\text{ด้วยใช้สูตร } F = \frac{MS_B}{MS_w} \sim F_{(k-1), (N-k)}$$

เมื่อ k แทน จำนวนกลุ่ม

N แทน จำนวนประชากรทั้งหมด

สูตรการคำนวณ (Kirk, 1968: 48-50)

$$ss_T = ss_B + ss_W \dots \dots \dots (1)$$

$$ss_B = \sum_1^p \left(\frac{(\sum_1^n y_{ij})^2}{n} \right) - \left(\frac{(\sum_1^p \sum_1^n y_{ij})^2}{pn} \right) = n \sum_1^p (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2$$

$$ss_W = \sum_1^p \sum_1^n y_{ij}^2 - \sum_1^p \left(\frac{(\sum_1^n y_{ij})^2}{n} \right) = \sum_1^p \sum_1^n (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{.j})^2$$

$$ss_T = \sum_1^p \sum_1^n y_{ij}^2 - \left(\frac{(\sum_1^p \sum_1^n y_{ij})^2}{pn} \right) = \sum_1^p \sum_1^n (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{..})^2$$

สามารถแสดงการคำนวณได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงการคำนวณและแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	SS_b	$df_b = p - 1$	$MS_b = SS_b / df_b$	MS_b / MS_w
ภายในกลุ่ม	SS_w	$df_w = p(n - 1)$	$MS_w = SS_w / df_w$	
รวม	SS_t	$df_t = np - 1$		

ถ้าผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มก็ต้องทดสอบความแตกต่างต่อไปเพื่อดูว่า ค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน แต่ถ้าผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มก็ไม่ต้องทดสอบต่อไป แสดงว่าไม่มีค่าเฉลี่ยคู่ใดที่แตกต่างกัน

วิธีการทางสถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Post-hoc tests) ใช้การทดสอบเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison tests) ซึ่งมีอยู่หลายวิธี (สมบัติ ห้ายเรือคำ. 2551: 156) แต่วิธีที่ได้รับความนิยมและควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ดี ได้แก่ วิธีของ Tukey และ Scheffe' วิธีของ Tukey ใช้ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มเท่ากัน ส่วนวิธีของ Scheffe' ใช้ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. 2551: 164)

ตัวอย่างการวิเคราะห์ กรณีตัวอย่าง

สมมติว่าเราสนใจผลของการนอนกับความสามารถในการคิดคำนวณของนักเรียนอนุบาล 3 จึงออกแบบทดลองโดยสุ่มนักเรียนชั้นอนุบาล 3 มาจำนวน 24 คน และสุ่มคนเข้ากลุ่ม 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน โดยสร้างเงื่อนไขให้กลุ่มที่ 1 นอนกลางวันเป็นเวลา 30 นาที กลุ่มที่ 2 นอนกลางวันเป็นเวลา 60 นาที และกลุ่มที่ 3 นอนกลางวันเป็นเวลา 90 นาที ได้ผลดังนี้

ระดับของการนอน		
30 นาที	60 นาที	90 นาที
3	4	7
6	5	8
3	4	7
3	3	6
1	2	5
2	3	6
2	4	5
2	3	6

จึงทดสอบสมมติฐานว่า นักเรียนอนุบาลทั้ง 3 กลุ่ม มีความสามารถในการคิดคำนวณแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ .01

สามารถตั้งสมมติฐานทางสถิติได้ดังนี้

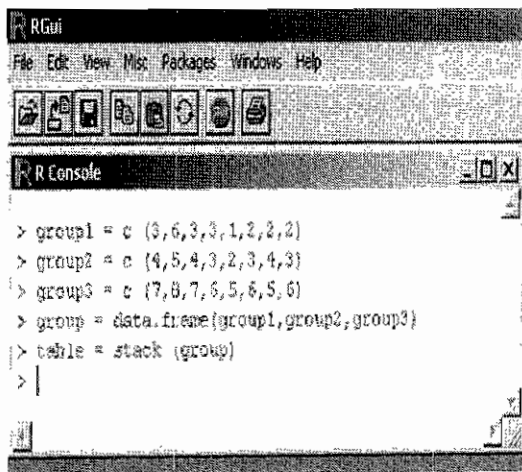
$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$H_1: \mu_j \neq \mu_j'$ อย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม R

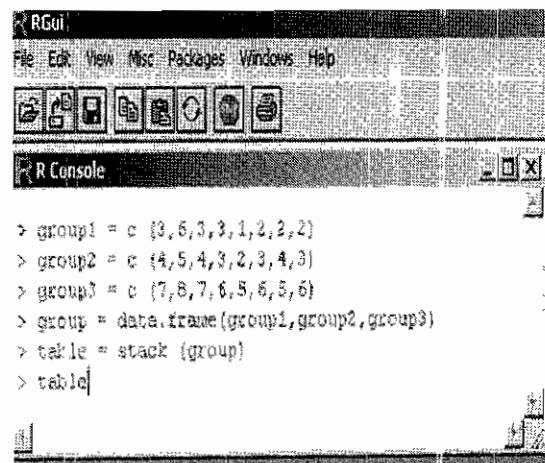
มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้ (สมประสงค์ เสนารัตน์. 2553: ออนไลน์)

1. การบันทึกข้อมูล ตัวแปรอิสระแทนด้วย ind ตัวแปรตามแทนด้วย values และพิมพ์คำสั่งเพื่อบันทึกข้อมูล ดังภาพประกอบ 1 จากภาพประกอบ 1 พิมพ์คำสั่งเพื่อแสดงผลการบันทึกข้อมูลด้วยการพิมพ์ข้อความตารางข้อมูล (ในตัวอย่างตารางข้อมูลชื่อ table) ดังภาพประกอบ 2



```
> group1 = c (3,6,3,3,1,2,2,2)
> group2 = c (4,5,4,3,2,3,4,3)
> group3 = c (7,8,7,6,5,6,5,6)
> group = data.frame(group1,group2,group3)
> table = stack (group)
> |
```

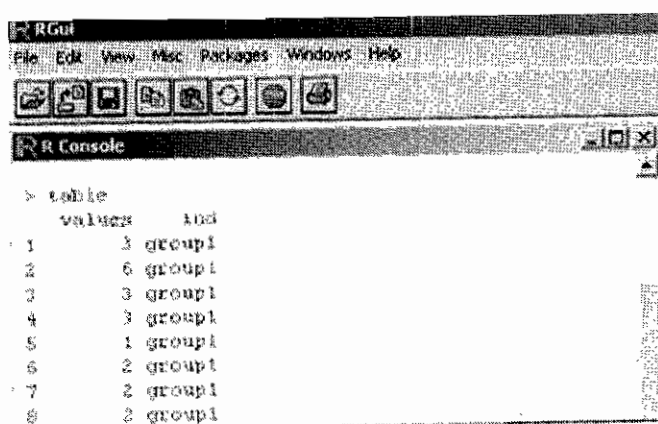
ภาพประกอบ 1



```
> group1 = c (3,6,3,3,1,2,2,2)
> group2 = c (4,5,4,3,2,3,4,3)
> group3 = c (7,8,7,6,5,6,5,6)
> group = data.frame(group1,group2,group3)
> table = stack (group)
> table
```

ภาพประกอบ 2

จากภาพประกอบ 2 กด Enter จะได้ผลดังภาพประกอบ 3



```
> table
  values ind
1      3 group1
2      6 group1
3      3 group1
4      3 group1
5      1 group1
6      2 group1
7      2 group1
8      2 group1
```

ภาพประกอบ 3

2. การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

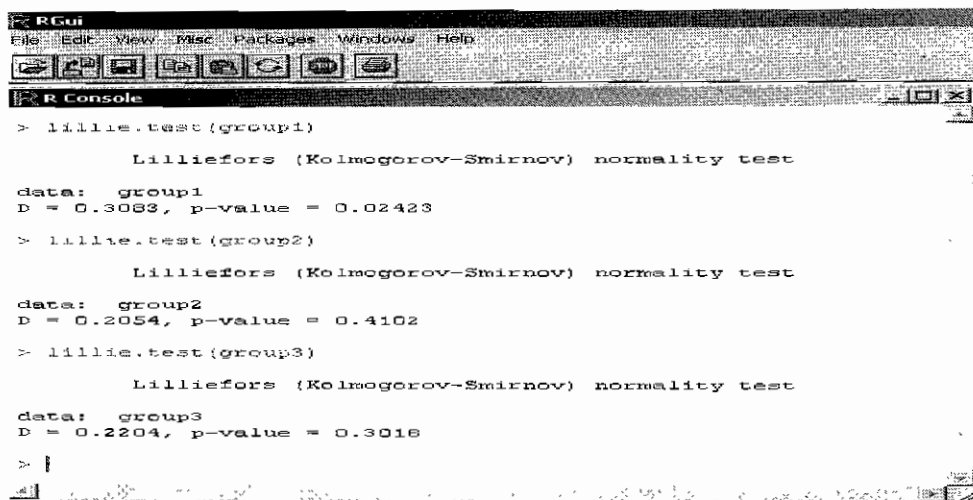
2.1 ทดสอบว่าการแจกแจงของประชากรเป็นการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ด้วยสถิติ Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test แยกตามกลุ่ม ด้วยคำสั่ง `lillie.test` ซึ่งก่อนจะใช้คำสั่งนี้ จะต้อง Load Packages ที่ชื่อ `nortest` ก่อนใช้)

```
>lillie.test(group1)
```

```
>lillie.test(group2)
```

```
>lillie.test(group3)
```

การใช้คำสั่งและผลลัพธ์ ดังภาพประกอบ 4

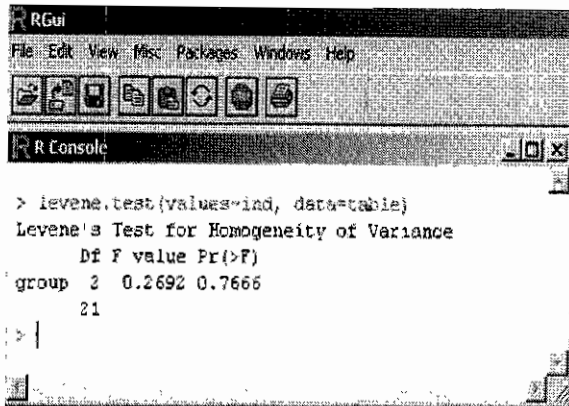


ภาพประกอบ 4

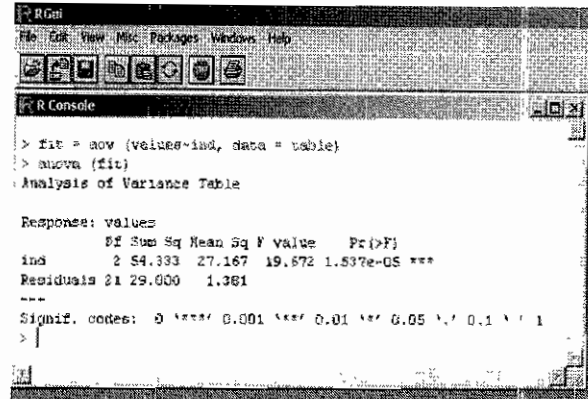
จากภาพประกอบ 4 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเป็นปกติ (ดูได้จากค่า p-values ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่ามากกว่า .01; สมมติว่าผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญ .01)

2.2 ตรวจสอบความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มด้วยสถิติ Levene's test ด้วยคำสั่ง `levene.test(values~ind, data=table)` ได้ผลลัพธ์ดังภาพประกอบ 5

3. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวด้วยคำสั่ง `fit = aov (values~ind, data = table)` และ `anova (fit)` แสดงการใช้คำสั่งและผลลัพธ์ที่ได้ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 5

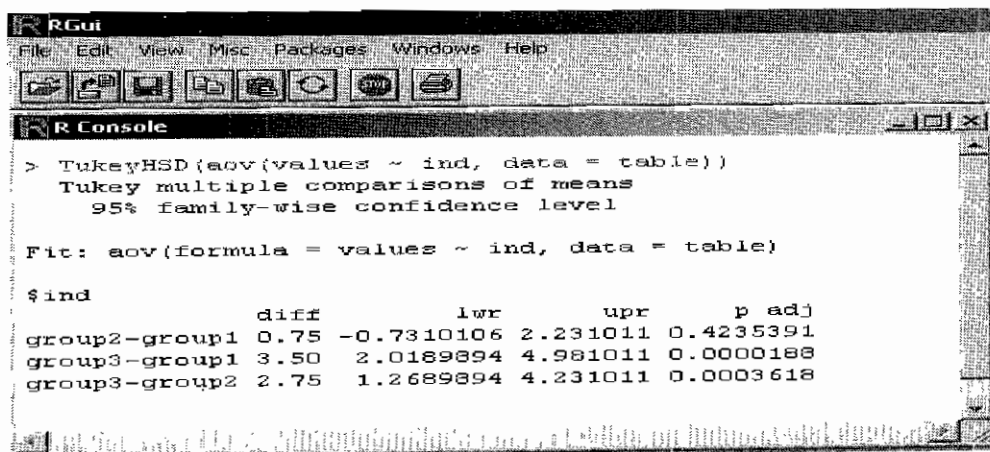


ภาพประกอบ 6

จากภาพประกอบ 5 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม สุ่มมาจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากัน (ดูได้จากค่า $Pr(>F)$ มีค่ามากกว่า .01; สมมติว่าผู้วิจัยกำหนดไว้ที่ระดับนัยสำคัญไว้ที่ .01)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพประกอบ 6 พบว่า ค่า $Pr(>F)$ มีค่ามากกว่า .01 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับ H_1 นั่นคือ มีกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 1 คู่ ที่มีความสามารถในการคำนวณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. กรณีที่ sig สามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (ในตัวอย่างใช้วิธีของ Tukey ด้วยคำสั่ง `TukeyHSD(aov(values ~ ind, data = table))`) การใช้คำสั่งและผลลัพธ์ ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7

จากภาพประกอบ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักเรียนชั้นอนุบาล 3 ที่นอนกลางวันเป็นเวลา 90 นาทีมีความสามารถในการคำนวณสูงกว่านักเรียนอนุบาล 3 ที่ได้นอนกลางวันเป็นเวลา 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนชั้นอนุบาล 3 ที่นอนกลางวันเป็นเวลา 90 นาทีมีความสามารถในการคำนวณสูงกว่านักเรียนอนุบาล 3 ที่ได้นอนกลางวันเป็นเวลา 60 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2546). การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล.

สำนักงานพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน.(2551). การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 2.

กาฬสินธุ์ :ประสานการพิมพ์.

นิภาพร ชุตินันต์. (2552). การออกแบบการทดลองเบื้องต้น. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1.

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บุญชม ศรีสะอาด. (2547). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ :

สุวีริยาสาส์น.

ผ่องพรรณ ดรัมย์กุล และ สุภาพ จัตราภรณ์. (2549). การออกแบบการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5.

กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. (2540). เอกสารประกอบการสอนแบบแผนเชิงสถิติของการทดลอง.

กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. (2551). การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 19.

กรุงเทพฯ. วิ.พรินท์ (1991).

สมประสงค์ เสนารัตน์. (2553). การวิเคราะห์เปรียบเทียบโปรแกรม R, Instat และ SPSS: กรณี

ANOVA. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2553 จาก

<http://learners.in.th/blog/ssenarat/362390>.

Charles Geyer. **Statistics 5601 (Geyer, Fall 2003) Examples: Kolmogorov-Smirnov and**

Lilliefors Tests. Retrieved on 20 March, 2010, at

<http://www.stat.umn.edu/geyer/old03/5601/examp/kolmogorov.html>.

- Dong-Yun Kim. **MAT 356 R Tutorial. Spring 2004**. Retrieved on 20 March, 2010, at <http://www.stat.washington.edu/adobra/classes/560/Files/r-tutorial-eda.pdf>.
- Kirk E. R. (1968). **Experimental Design : Procedures for the Behavioral Science**. California: Brooks /Cole.
- Kirk E. R. (1995). **Experimental Design : Procedures for the Behavioral Science**. 3rd ed. California: Brooks /Cole.
- Mark Gardener. **Using R for statistical analyses – ANOVA**. Retrieved on 20 March, 2010, at <http://www.gardenersown.co.uk/Education/Lectures/R/anova.htm>.
- Robert I. Kabacoff. (2008). **ANOVA**. Retrieved on 19 March, 2010, at <http://www.statmethods.net/stats/anova.html>.
- Robert I. Kabacoff. (2008). **Assessing Classical Test Assumptions**. Retrieved on 19 March, 2010, at <http://www.statmethods.net/stats/anovaAssumptions.html>.
- Robert I. Kabacoff. (2008). **Nonparametric Tests of Group Differences**. Retrieved on 19 March, 2010, at <http://www.statmethods.net/stats/nonparametric.html>
- Statistical Services Centre of University of Reading. **Instat - an interactive statistical package**. Retrieved on 17 March, 2010, at <http://www.ssc.rdg.ac.uk/software/instat/instat.html>.
- W. N. Venables, D. M. Smith and The R Development Core Team. (2009). **An Introduction to R**. Retrieved on 16 March, 2010, at <http://www.r-project.org>.