กระดาษคำตอบ

ชื่อ .... เลขที่....................
โรงเรียน........................

ข้อที่	ก	ข	ค	ง		ข้อที่	ก	ข	ค	ง
1.						16.				
2.						17.				
3.						18.				
4.						19.				
5.						20.				
6.						21.				
7.						22.				
8.						23.				
9.						24.				
10.						25.				
11.						26.				
12.						27.				
13.						28.				
14.						29.				
15.						30.				

ภาคผนวก 4
สถิติที่ใช้หาคุณภาพของเครื่องมือ

1. หาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับกลุ่มพฤติกรรมที่ต้องการวัด ใช้สูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้องกับกลุ่มพฤติกรรมที่ต้องการวัด

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบโดยการวิเคราะห์เป็นรายข้อ ใช้สูตร (บุญเรียง ขจรศิลป์, 2530 : 113)

$$P = \frac{P_h + P_L}{2}$$

$$r = P_h - P_L$$

เมื่อ p หมายถึง ค่าความยาก

r หมายถึง ค่าอำนาจจำแนก

P_h หมายถึง อัตราส่วนระหว่างจำนวนคนในกลุ่มสูงที่ตอบถูกกับจำนวนคนในกลุ่มสูงทั้งหมด

P_L หมายถึง อัตราส่วนระหว่างจำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูกกับจำนวนคนในกลุ่มต่ำทั้งหมด

ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ปรากฏในตาราง 11

ตาราง 11 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1.	.60	.20
2.	.58	.23
3.	.80	.27
4.	.38	.24
5.	.80	.27
6.	.77	.33
7.	.60	.40
8.	.80	.33
9.	.73	.47
10.	.62	.30
11.	.57	.67
12.	.60	.40
13.	.40	.27
14.	.78	.24
15.	.47	.28
16.	.60	.40
17.	.45	.63
18.	.58	.57
19.	.63	.27
20.	.80	.27

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
21.	.62	.63
22.	.62	.43
23.	.57	.60
24.	.60	.34
25.	.53	.53
26.	.43	.53
27.	.45	.50
28.	.35	.30
29.	.75	.33
30.	.75	.40

3. หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 (Ebel, 1986 :77)

$$r = \frac{K}{k-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S^2}\right]$$

เมื่อ r หมายถึง ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
K หมายถึง จำนวนข้อของแบบทดสอบ
p หมายถึง สัดส่วนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
q หมายถึง สัดส่วนผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ
S^2 หมายถึง ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

$K = 30$

$S^2 = 19.357$

$\sum pq = 6.115$

แทนค่าในสูตร

$$r = \frac{30}{30-1}\left[1-\frac{6.115}{19.35}\right]$$

ดังนั้นค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ .708

ภาคผนวก 5

คะแนนที่ได้จากการทดลองและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. คะแนนจากการทดลอง

ตาราง 12 คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา **ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการฝึก**

a_1				a_2				a_3			
b_1	b_1'	b_2	b_2'	b_1	b_1'	b_2	b_2'	b_1	b_1'	b_2	b_2'
18	21	19	23	21	21	19	18	18	22	17	15
18	22	18	21	20	25	18	21	20	21	18	23
17	22	19	24	22	26	20	22	18	25	18	22
16	19	23	27	18	26	20	22	14	21	16	14
16	21	16	26	17	22	21	24	21	20	14	16
22	26	21	23	19	22	17	19	22	23	20	24
20	25	17	19	21	26	20	23	22	21	22	24
14	22	17	21	16	20	20	23	20	20	16	18
20	20	20	20	21	26	20	21	15	22	20	22
24	23	19	18	18	21	15	21	20	19	24	25
23	27	21	22	20	26	20	23	18	17	24	25
24	28	19	19	18	22	21	21	21	24	23	25
19	22	17	19	16	19	20	25	18	22	19	22
21	21	18	21	12	17	15	20	15	16	21	25

ตาราง 12 (ต่อ)

a1				a2				a3			
b_1	b_1'	b_2	b_2'	b_1	b_1'	b_2	b_2'	b_1	b_1'	b_2	b_2'
21	25	20	20	18	23	21	23	20	20	21	18
20	24	20	19	15	23	20	21	25	27	20	24
17	21	18	20	20	25	21	23	23	21	17	22
20	24	20	21	18	24	18	15	16	20	20	23
23	25	18	15	18	21	18	23	18	19	23	27
17	22	16	16	14	22	20	22	18	23	20	24
20	23	17	21	20	26	21	20	14	17	17	19
12	17	22	25	19	25	20	22	17	23	12	11
17	22	25	24	19	23	20	20	18	21	24	23
24	28	18	20	21	26	21	22	17	21	24	24
24	30	15	18	20	18	21	20	22	20	17	19
14	18	19	23	17	23	20	21	20	18	14	14
14	20	14	19	12	19	20	21	18	22	14	19
18	22	22	27	23	25	17	24	17	21	18	18
19	23	22	24	23	26	17	17	16	18	19	22
19	24	17	22	19	25	21	22	17	22	22	18
15	20	19	25	21	26	15	20	18	15	16	19
22	22	20	23	20	26	21	24	16	19	15	14
19	24	15	19	19	23	20	24	20	22	19	19
18	24	16	21	22	25	15	17	19	23	21	23
19	24	17	22	18	22	18	22	19	22	19	24
21	26	18	24	17	20	20	25	20	21	18	21

ตาราง 13 คะแนนการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

a_1		a_2		a_3	
b_1	b_2	b_1	b_2	b_1	b_2
3	4	0	-1	4	-2
4	3	5	3	1	5
5	5	4	2	7	4
3	4	8	2	7	-2
5	10	5	3	-1	2
4	2	3	2	1	4
5	2	5	3	-1	2
8	4	4	3	0	2
0	0	5	1	7	2
-1	-1	3	6	-1	1
4	1	6	3	-1	1
4	0	4	0	3	2
3	2	3	5	4	3
0	3	5	5	1	4
4	0	5	2	0	-3
4	-1	8	1	2	4
4	2	5	2	-2	4
4	1	6	-3	4	3

ตาราง 13 (ต่อ)

a_1		a_2		a_3	
b_1	b_2	b_1	b_2	b_1	b_2
2	-3	3	5	1	4
5	0	8	2	5	4
3	4	6	-1	3	2
5	3	6	2	5	-1
5	-1	4	0	3	-1
4	2	5	1	4	0
6	3	-2	-1	-2	2
4	4	6	1	-2	0
6	5	7	1	4	5
4	5	2	7	4	0
4	2	3	0	2	3
5	5	6	1	5	-4
5	6	5	5	-3	3
0	3	6	3	3	-1

ตาราง 13 (ต่อ)

	a_1		a_2		a_3	
	b_1	b_2	b_1	b_2	b_1	b_2
	5	4	4	4	2	0
	6	5	3	2	4	2
	5	5	4	4	3	5
	5	6	3	5	1	3
$\bar{D}$	3.944	2.750	4.528	2.222	2.139	1.720
$\sum X$	142	99	163	80	77	62
$\sum X^2$	680	501	885	346	421	302
SD	1.851	2.555	2.049	2.192	2.706	2.362
SD^2	3.425	6.536	4.199	4.807	7.323	5.578

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ใช้สถิติต่าง ๆ ดังนี้

2.1 หาค่ามัชฌิมเลขคณิต ($\overline{X}$)

สูตร (Ferguson, 1981 : 49)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ หมายถึง ค่ามัชฌิมเลขคณิต

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2.2 หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

สูตร (Ferguson, 1981 : 68)

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ หมายถึง ผลรวมกำลังสองของคะแนนแต่ละจำนวน

$(\sum X)^2$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนแต่ละจำนวนยกกำลังสอง

N หมายถึง จำนวนข้อมูล

2.3 ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนเพื่อทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ใช้วิธีการของฮาร์ทเลย์ (Hartley's Test) มีสูตรดังนี้

$$F_{max} = \frac{S^2_{largest}}{S^2_{smallest}}$$

เมื่อ $S^2_{largest}$ หมายถึง ความแปรปรวนที่มีค่ามากที่สุด

$S^2_{smallest}$ หมายถึง ความแปรปรวนที่มีค่าน้อยที่สุด

ผลการคำนวณได้

$S^2 = 3.425$

$S^2 = 6.536$

$S^2 = 4.199$

$S^2 = 4.807$

$S^2 = 7.323$

$S^2 = 5.578$

แทนค่าในสูตร

$$F_{max} = \frac{S^2_{largest}}{S^2_{smallest}}$$

$$= \frac{7.323}{3.425}$$

$$= 2.138$$

จากตาราง C.7 (Winer, 1971 : 875)

$$F_{max},.05(6,35) = 2.91$$

$$F_{max},.01(6,35) = 3.60$$

ดังนั้นความแปรปรวนทุกกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากัน

2.4 วิเคราะห์ความแปรปรวนแฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์โมเดล กำหนด 3X2 (Kirk, 1982 : 355)

สัญลักษณ์ในการคำนวณ

$$[Y] = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q} Y_{ijk}\right)^2}{npq}$$

$$[ABS] = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q} Y_{ijk}^2$$

$$[A] = \sum_{j=1}^{p} \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{q} Y_{ijk}\right)^2}{nq}$$

$$[B] = \sum_{k=1}^{q} \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p} Y_{ijk}\right)^2}{np}$$

$$[AB] = \sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q} \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} Y_{ijk}\right)^2}{n}$$

เมื่อ Y_{ijk} หมายถึง คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

n หมายถึง จำนวนนักเรียนที่เข้ารับการทดลองแต่ละกลุ่ม

p หมายถึง ระดับตัวแปร A (ขนาดของกลุ่ม)

q หมายถึง ระดับของตัวแปร B (วิธีการฝึกแก้ปัญหา)

$\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q} Y_{ijk}\right)^2$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q} Y_{ijk}^2$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum_{j=1}^{p}\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{q} Y_{ijk}\right)^2$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง ของคะแนนแต่ละระดับของตัวแปร A

$\sum_{k=1}^{q}\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p} Y_{ijk}\right)^2$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง ของคะแนนแต่ละระดับของตัวแปร B

$\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q}\left(\sum_{i=1}^{n} Y_{ijk}\right)^2$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง ของคะแนนในแต่ละเซล AB

สูตรการคำนวณ

$$SS_{total} = [ABS] - [Y]$$
$$SSA = [A] - [Y]$$
$$SSB = [B] - [Y]$$
$$SSAB = [AB] - [A] - [B] + [Y]$$
$$SSWCELL = [ABS] - [AB]$$

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์โมเดลกำหนด 3X2

Source	SS	df	MS	F
A	SSA	p-1	SSA/(p-1)	MSA/MSWCELL
B	SSB	q-1	SSB/(q-1)	MSB/MSWCELL
AB	SSAB	(p-1)(q-1)	SSAB/(p-1)(q-1)	MSAB/MSWCELL
W.cell	SSWCELL	pq(n-1)	SSWCELL/pq(n-1)	
Total	SSTO	npq-1		

วิธีการคำนวณคะแนนที่ได้จากผลการทดลอง

ตาราง 15 ตารางสรุป AB

	b_1	b_2	รวม
a_1	142	99	241
a_2	163	80	243
a_3	77	62	139
รวม	382	241	623

สัญลักษณ์การคำนวน

$$\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q} Y_{ijk}\right) = 3 + 4 + 5 + \ldots 3$$

$$= 623$$

$$\frac{\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q} Y_{ijk}\right)^2}{npq} = [\ Y\ ]$$

$$= \frac{(623)^2}{36 \times 3 \times 2}$$

$$= 1796.894$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{q} Y_{ijk}^{2} = [ABS]$$

$$= (3)^2 + (4)^2 + (5)^2 \ldots + (3)^2$$

$$= 3135$$

$$\sum_{j=1}^{p} \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{q} Y_{ijk} \right)^2}{nq} = [A]$$

$$= \frac{(241)^2}{36 \times 2} + \frac{(243)^2}{36 \times 2} + \frac{(139)^2}{36 \times 2}$$

$$= 1895.153$$

$$\sum_{k=1}^{q} \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{p} Y_{ijk} \right)^2}{np} = [B]$$

$$= \frac{(382)^2}{36 \times 3} + \frac{(241)^2}{36 \times 3}$$

$$= 1351.148 + 537.787$$

$$= 1888.935$$

$$\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{q}\frac{(\sum_{i=1}^{n} Y_{ijk})^2}{n} = [AB]$$

$$= \frac{(142)^2}{36} + \frac{(80)^2}{36} + \frac{(163)^2}{36} + \frac{(99)^2}{36} + \frac{(77)^2}{36} + \frac{(62)^2}{36}$$

$$= 2019.639$$

แทนค่าในสูตร

$$SSTO = [ABS]-[Y]$$
$$= 3135 - 1796.894$$
$$= 1338.106$$

$$SSA = [A]-[Y]$$
$$= 1895.153 - 1796.894$$
$$= 98.259$$

$$SSB = [B]-[Y]$$
$$= 1888.935 - 1796.894$$
$$= 92.041$$

$$SSAB = [AB]-[A]-[B]+[Y]$$
$$= 2019.639 - 1895.153 - 1888.935 + 1796.894$$
$$= 32.445$$

$$SSWCELL = [ABS]-[AB]$$
$$= 3135 - 2019.639$$
$$= 1115.361$$

แทนค่าต่าง ๆ ในตาราง 14 ได้ดังนี้

Source	ss	df	MS	F
A	98.259	2	49.130	9.251 **
B	92.041	1	92.041	17.330 **
AB	32.445	2	16.223	3.055 *
Within cell	1115.361	210	5.311	
Total	1338.106	215		

** $p < .01$

* $p < .05$

2.5 การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparisons) หลังจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบพหุคูณต่อเพื่อดูว่าตัวแปรหลักคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธีทูกีย์ (Tukey's HSD Test) สูตร (Kirt, 1982 : 147)

$$HSD = q_{\alpha, p, \nu} \sqrt{\frac{Mse}{n}}$$

เมื่อ q หมายถึง ค่าจากการแจกแจงสติวเดนไทซ์เรนจ์ (Studentized range)

α หมายถึง ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ν หมายถึง ชั้นความเป็นอิสระของ Mse

p หมายถึง จำนวนระดับในการทดลอง

Mse หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

n หมายถึง จำนวนตัวอย่างในแต่ละระดับ

การเปรียบเทียบพหุคูณเพื่อดูว่ากลุ่มขนาดใดบ้างที่แตกต่างกัน มีวิธีการดังนี้

ขั้นที่ 1 นำค่ามัชฌิมเลขคณิตของแต่ละกลุ่มมาเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย และทำเป็นตารางแจกแจงสองทางดังนี้

ตาราง 16 ผลต่างค่ามัชฌิมเลขคณิตรายคู่ของการฝึกแก้ปัญหาเป็นกลุ่มขนาดต่าง ๆ

มัชฌิมเลขคณิต	$\overline{a_2}$ = 3.375	$\overline{a_1}$ = 3.347	$\overline{a_3}$ = 1.930
$\overline{a_2}$ = 3.375		0.028	1.445 **
$\overline{a_1}$ = 3.347			1.417 **
$\overline{a_3}$ = 1.930			

ขั้นที่ 2 คำนวณหาค่า HSD จากสูตร

$$HSD = q_{\alpha, p, \nu} \sqrt{\frac{MSe}{n}}$$

จากตาราง E.7 (Kirt, 1982 : 822)

ที่ α = .01, ν = 210 , p = 3 ได้ค่า q = 4.120

ที่ α = .05, ν = 210 , p = 3 ได้ค่า q = 3.310

$$HSD = q_{.01,3,210} \sqrt{\frac{MSe}{n}}$$

$$= 4.120 \sqrt{\frac{5.311}{72}}$$

$$= 1.119$$

$$HSD = q_{.05,3,210} \sqrt{\frac{MSe}{n}}$$

$$= 4.120 \sqrt{\frac{5.311}{72}}$$

$$= .899$$

ขั้นที่ 3 สรุปเปรียบเทียบค่า HSD กับค่าผลต่างของมัชฌิมเลขคณิตรายคู่ถ้าค่า HSD ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าผลต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิต แสดงว่าคู่นั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.6 การทดสอบผลการทดลองรอง (Simple Main Effects Test) จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่ากิริยาร่วมมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการทดสอบผลการทดลองรองโดยใช้สูตรดังนี้

$$SSA \text{ at } b_1 = \sum_{j=1}^{p} \frac{(\sum_{i=1}^{n} Y_{ij1})^2}{n} - \frac{(\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{p} Y_{ij1})^2}{np}$$

$$SSA \text{ at } b_2 = \sum_{j=1}^{p} \frac{(\sum_{i=1}^{n} Y_{ij2})^2}{n} - \frac{(\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{p} Y_{ij2})^2}{np}$$

$$SSB \text{ at } a_1 = \sum_{k=1}^{q} \frac{(\sum_{i=1}^{n} Y_{i1k})^2}{n} - \frac{(\sum_{i=1}^{n} \sum_{=1}^{q} Y_{i1k})^2}{nq}$$

$$SSB \text{ at } a_2 = \sum_{k=1}^{q} \frac{(\sum_{i=1}^{n} Y_{i2k})^2}{n} - \frac{(\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{q} Y_{i2k})^2}{nq}$$

$$SSB \text{ at } a_3 = \sum_{k=1}^{q} \frac{(\sum_{i=1}^{n} Y_{i3k})^2}{n} - \frac{(\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{q} Y_{i3k})^2}{nq}$$

$\sum_{j=1}^{p} (\sum_{i=1}^{n} Y_{ij1})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคะแนนยกกำลังสองของตัวแปร A และตัวแปร B ที่ระดับ b_1

$(\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{p} Y_{ij1})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของตัวแปร B ที่ระดับ b_1 ยกกำลังสอง

$\sum_{j=1}^{p} (\sum_{i=1}^{n} Y_{ij2})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคะแนนยกกำลังสองของตัวแปร A และตัวแปร B ที่ระดับ b_2

$(\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{p} Y_{ij2})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของตัวแปร B ที่ระดับ b_2 ยกกำลังสอง

$\sum_{k=1}^{q} (\sum_{i=1}^{n} Y_{i1k})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคะแนนยกกำลังสองของตัวแปร A และตัวแปร B ที่ระดับ a_1

$(\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{q} Y_{i1k})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของตัวแปร A ที่ระดับ a_1 ยกกำลังสอง

$\sum_{k=1}^{q}(\sum_{i=1}^{n} Y_{i2k})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคะแนนยกกำลังสองของตัวแปร A และตัวแปร B ที่ระดับ a_2

$(\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{q} Y_{i2k})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของตัวแปร A ที่ระดับ a_2 ยกกำลังสอง

$\sum_{k=1}^{q}(\sum_{i=1}^{n} Y_{i3k})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคะแนนยกกำลังสองของตัวแปร A และตัวแปร B ที่ระดับ a_3

$(\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{q} Y_{i3k})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของตัวแปร A ที่ระดับ a_3 ยกกำลังสอง

นำข้อมูลจากตารางสรุป AB (ตาราง 15) มาแทนในสูตรได้ดังนี้

คำนวณ SSA at b_k :

$$\text{SSA at } b_1 = \frac{(142)^2}{36} + \frac{(163)^2}{36} + \frac{(77)^2}{36} - \frac{(382)^2}{36\text{x}3}$$

$$= 1462.833 - 1351.148$$

$$= 111.685$$

$$\text{SSA at } b_2 = \frac{(99)^2}{36} + \frac{(80)^2}{36} + \frac{(62)^2}{36} - \frac{(241)^2}{36\text{x}3}$$

$$= 556.806 - 537.787$$

$$= 19.019$$

ตรวจสอบการคำนวณ

$$\sum_{k=1}^{p} \text{SSA at } b_k = \text{SSA} + \text{SSAB}$$

$$= 98.259 + 32.445$$

$$= 130.704$$

คำนวณ SSB at a_j

$$\text{SSB at } a_1 = \frac{(142)^2}{36} + \frac{(99)^2}{36} - \frac{(241)^2}{36\text{x}2}$$

$$= 832.361 - 806.681$$

$$= 25.680$$

$$SSB \text{ at } a_2 = \frac{(163)^2}{36} + \frac{(80)^2}{36} - \frac{(243)^2}{36x2}$$

$$= 915.806 - 820.125$$

$$= 95.681$$

$$SSB \text{ at } a_3 = \frac{(77)^2}{36} + \frac{(62)^2}{36} - \frac{(139)^2}{36x2}$$

$$= 271.472 - 268.347$$

$$= 3.125$$

ตรวจสอบการคำนวณ

$$\sum_{j=1}^{p} SSB \text{ at } a_j = SSB + SSAB$$

$$= 92.041 + 32.445$$

$$= 124.486$$

ตาราง 17 ผลการทดสอบผลการทดลองรอง

Source	SS	df	MS	F
A	98.259	2	49.130	9.251 **
A at b_1	111.685	2	55.843	10.515 **
A at b_2	19.019	2	9.510	1.791
B	92.041	1	92.041	17.330 **
B at a_1	25.680	1	25.680	4.835 **
B at a_2	95.681	1	95.681	18.016 **
B at a_3	3.125	1	3.125	.588
AB	32.455	2	16.223	3.055 *
Within cell	1115.361	210	5.311	
Total	1338.106	215		

** $p < .01$

* $p < .05$

จากผลการวิเคราะห์ในตาราง 17 พบว่า A at b_1, B at a_1 และ B at a_2 มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เนื่องจากตัวแปร A at b_1 มี 3 ระดับ ดังนั้นเพื่อทราบว่าที่ระดับใดของตัวแปร A แตกต่างกันที่ b_1 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยใช้วิธีของทูกีย์ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ขั้นที่ 1 นำค่ามัชฌิมเลขคณิตของตัวแปร A at b_1 มาเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย และทำเป็นตารางแจกแจงสองทางดังนี้

ตาราง 18 ผลต่างค่ามัชฌิมเลขคณิตรายคู่ของ A at b_1

มัชฌิมเลขคณิต	$\overline{a_2b_1}$ = 4.528	$\overline{a_1b_1}$ = 3.944	$\overline{a_3b_1}$ = 2.139
$\overline{a_2b_1}$ = 4.528		0.584	2.387 **
$\overline{a_1b_1}$ = 3.944			1.805 **
$\overline{a_3b_1}$ = 2.139			

ขั้นที่ 2 คำนวณหาค่า HSD จากสูตร

$$HSD = q_{\alpha, p, \nu} \sqrt{\frac{MSe}{n}}$$

จากตาราง E.7

ที่ α = .01, ν = 210 , p = 3 ได้ค่า q = 4.120

ที่ α = .05, ν = 210 , p = 3 ได้ค่า q = 3.310

$$HSD = 4.120 \sqrt{\frac{5.311}{36}}$$

$$= 1.582$$

$$HSD = 3.310 \sqrt{\frac{5.311}{36}}$$

$$= 1.271$$

ขั้นที่ 3 สรุปการเปรียบเทียบค่า HSD กับค่าผลต่างมัชฌิมเลขคณิตรายคู่ได้ดังนี้

ค่ามัชฌิมเลขคณิตของ $a_1 b_1$ และ $a_3 b_1$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ค่ามัชฌิมเลขคณิตของ $a_2 b_1$ และ $a_3 b_1$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ค่ามัชฌิมเลขคณิตของ $a_1 b_1$ และ $a_2 b_1$ ไม่แตกต่างกัน