

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ และคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

คณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) KR-20

สูตร (Ebel, 1979 : 279)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

- เมื่อ  $r_{tt}$  แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
- $k$  แทน จำนวนข้อในแบบทดสอบ
- $p$  แทน อัตราส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
- $q$  แทน อัตราส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ
- $S_t^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

เมื่อ  $k = 20$

$\sum pq = 4.70$

$S_t^2 = 23.12$

แทนค่า  $r_{tt} = \frac{20}{20-1} \left[ 1 - \frac{4.70}{23.12} \right]$

$= .84$

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .84  
ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ฉบับที่ 1)

$$\text{เมื่อ } k = 20$$

$$\Sigma pq = 3.89$$

$$S_t^2 = 12.96$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } r_{tt} &= \frac{20}{20-1} \left[ 1 - \frac{3.89}{12.96} \right] \\ &= .74 \end{aligned}$$

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ฉบับที่ 1) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ

.74

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ฉบับที่ 2)

$$\text{เมื่อ } k = 20$$

$$\Sigma pq = 3.96$$

$$S_t^2 = 13.09$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } r_{tt} &= \frac{20}{20-1} \left[ 1 - \frac{3.96}{13.09} \right] \\ &= .73 \end{aligned}$$

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ฉบับที่ 2) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ

.73

1.2 หาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ  
แก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้สูตรของ  
ไสว เลี่ยมแก้ว

สูตร (ไลอู เลี่ยมแก้ว, 2516 : 120-124)

หาค่าความยาก  $P = \frac{P_H + P_L}{2}$

หาค่าอำนาจจำแนก  $D = P_H - P_L$

เมื่อ  $P$  แทน ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ

$P_H$  แทน ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบข้อสอบถูกต้องกับจำนวนคนในกลุ่มสูงทั้งหมด

$P_L$  แทน ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบข้อสอบถูกต้องกับจำนวนคนในกลุ่มต่ำทั้งหมด

$D$  แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

สถิติและข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ และคุณภาพของเครื่องมือ  
 ตาราง 14 คะแนนจากการทดลองหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

นักเรียน คนที่	ข้อ																				คะแนนรวม X	X <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	225
2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	5	25
3	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	12	144
4	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25
5	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	15	225
6	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	10	100
7	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	324
8	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	7	49
9	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	8	64
10	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	13	169
11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3	9
12	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	12	144
13	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	16	256
14	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	14	196
15	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6	36

ตาราง 14 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	ข้อ																				ผลรวมรวม X	X <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
16	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	225	
17	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	196	
18	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	25	
19	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	25	
20	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	10	100	
21	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	17	289	
22	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	9	81	
23	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	36	
24	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	17	289	
25	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	
26	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	225	
27	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	13	169	
28	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	6	36	
29	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	16	256	
30	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16	226	
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	3	9	
32	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5	25	

ตาราง 14 (ต่อ)

นักเรียน	ข้อ																				คะแนนรวม	X <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
33	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	13	169
34	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4	16
35	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	16	256
36	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	225
37	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	11	121
38	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	14	196
39	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	12	144
40	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	16	256
P	0.55	0.58	0.53	0.78	0.45	0.50	0.45	0.38	0.55	0.55	0.33	0.43	0.35	0.48	0.65	0.73	0.60	0.60	0.73	0.65	ΣX = 433	ΣX <sup>2</sup> = 5589
Q	0.45	0.42	0.47	0.22	0.55	0.50	0.55	0.62	0.45	0.45	0.67	0.57	0.65	0.52	0.35	0.27	0.40	0.40	0.27	0.35		
PQ	0.25	0.24	0.25	0.17	0.25	0.25	0.25	0.24	0.25	0.25	0.22	0.25	0.23	0.25	0.23	0.20	0.24	0.24	0.20	0.23		ΣPQ = 4.70





ตาราง 15 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	ข้อ																				คะแนนรวม X	X <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1		
20	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
21	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1		
22	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0		
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1		
24	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1		
25	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1		
26	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1		
27	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
28	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0		
29	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
30	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0		
31	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0		
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1		
33	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1		
34	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1		
35	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0		
36	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0		

ตาราง 15 (ต่อ)

ลำดับ คน	ปี																				จำนวน X	$X^2$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
37	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	10	100
38	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	11	121
39	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	7	49
40	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	10	100
p	0.88	0.80	0.48	0.68	0.68	0.65	0.43	0.83	0.85	0.35	0.48	0.25	0.45	0.83	0.20	0.18	0.25	0.63	0.18	0.58	$\Sigma X = 424$	$\Sigma X^2 = 5000$
q	0.12	0.20	0.52	0.32	0.32	0.35	0.57	0.17	0.14	0.65	0.52	0.75	0.55	0.17	0.80	0.82	0.75	0.37	0.82	0.42		
pq	0.11	0.16	0.25	0.22	0.22	0.23	0.25	0.14	0.13	0.23	0.25	0.19	0.25	0.14	0.16	0.15	0.19	0.23	0.15	0.24		$\Sigma pq = 3.89$

ตาราง 16 คะแนนจากการทดลองหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ฉบับที่ 2)

นักเรียน คนที่	ข้อ																				คะแนนรวม X	X <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	12	144
2	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	8	64
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	15	225
4	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	9	81
5	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	13	169
6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	12	144
7	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	14	196
8	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	8	64
9	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	12	144
10	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	16
11	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	10	100
12	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	12	144
13	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	10	100
14	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	14	196
15	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	10	100
16	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	9	81
17	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16
18	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	7	49

ตาราง 16 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	ข้อ																				คะแนนรวม X	$\chi^2$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	16	256
20	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	11	121
21	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	9	81
22	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	15	225
23	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	7	49
24	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	10	100
25	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	15	225
26	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	16	256
27	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	49
28	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	12	144
29	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	11	121
30	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	10	100
31	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	9	81
32	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	13	169
33	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	16	256
34	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	15	225
35	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	9	81
36	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	17	289

ตาราง 16 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	ข้อ																				คะแนนรวม X	$X^2$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
37	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	361
38	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	13	169
39	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	4	16
40	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	11	121
p	0.75	0.83	0.38	0.73	0.78	0.88	0.45	0.33	0.58	0.83	0.53	0.68	0.85	0.50	0.13	0.48	0.13	0.53	0.38	0.53	$\Sigma X = 448$	$\Sigma X^2 = 5528$
q	0.25	0.17	0.62	0.27	0.22	0.12	0.55	0.67	0.42	0.17	0.47	0.32	0.15	0.50	0.87	0.52	0.87	0.47	0.62	0.47		
pq	0.19	0.14	0.24	0.20	0.17	0.11	0.25	0.22	0.24	0.14	0.25	0.22	0.13	0.25	0.11	0.25	0.11	0.25	0.24	0.25	$\Sigma pq = 3.96$	

ตาราง 17 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแต่ละข้อ ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ข้อที่	P	D
1	.46	.46
2	.58	.38
3	.50	.38
4	.77	.46
5	.50	.38
6	.62	.31
7	.42	.38
8	.38	.46
9	.62	.46
10	.54	.77
11	.38	.62
12	.62	.31
13	.31	.31
14	.50	.69
15	.65	.69
16	.62	.62
17	.58	.69
18	.65	.69
19	.65	.69
20	.54	.62

ตาราง 18 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแต่ละข้อ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ข้อที่ (แบบทดสอบฉบับที่ 1)	ข้อที่ (แบบทดสอบฉบับที่ 2)	P	D
1	5	.38	.46
2	1	.35	.38
3	7	.31	.46
4	6	.65	.54
5	9	.65	.69
6	2	.62	.31
7	3	.46	.31
8	4	.62	.46
9	13	.77	.31
10	14	.27	.23
11	8	.58	.54
12	17	.27	.23
13	16	.62	.77
14	10	.54	.31
15	11	.58	.23
16	20	.35	.23
17	19	.54	.31
18	12	.46	.31
19	15	.27	.38
20	18	.65	.38

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติต่าง ๆ ดังนี้

2.1 หาค่ามัชฌิมเลขคณิต (Arithmetic Mean)

สูตร (Ferguson, 1981 : 49)

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่ามัชฌิมเลขคณิต

$\Sigma X$  แทน ผลรวมของคะแนน

$N$  แทน จำนวนตัวอย่าง

2.2 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Diviation)

สูตร (Ferguson, 1981 : 66)

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

เมื่อ  $SD$  แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\Sigma X^2$  แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนแต่ละจำนวน

$(\Sigma X)^2$  แทน ผลรวมของคะแนนทุกจำนวนยกกำลังสอง

$N$  แทน จำนวนตัวอย่าง

2.3 หาค่าความแปรปรวน (Variance)

สูตร (Ferguson, 1981 : 66)

$$S^2 = \frac{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ  $S^2$  แทน ค่าความแปรปรวน

$\Sigma X^2$  แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนทุกจำนวน

$(\Sigma X)^2$  แทน กำลังสองของผลรวมของคะแนนทุกจำนวน

$N$  แทน จำนวนตัวอย่าง



2.4 ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน ซึ่งเป็นการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นข้อหนึ่งของการใช้ ANOVA ก่อนที่จะนำไปใช้ทดสอบสมมติฐาน ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการทดสอบของฮาร์ทลีย์ (Hartly's test)

สูตร (Winer, 1971 : 206)

$$F_{\max} = \frac{S_{\text{largest}}^2}{S_{\text{smallest}}^2}$$

เมื่อ  $S_{\text{largest}}^2$  แทน ความแปรปรวนที่มีค่าสูงสุด  
 $S_{\text{smallest}}^2$  แทน ความแปรปรวนที่มีค่าต่ำสุด

ผลจากการคำนวณจะได้

$$S_1^2 = 3.72$$

$$S_2^2 = 3.48$$

$$S_3^2 = 4.14$$

$$S_4^2 = 5.06$$

$$S_5^2 = 1.93$$

$$S_6^2 = 3.50$$

$$S_7^2 = 4.99$$

$$S_8^2 = 2.81$$

$$S_9^2 = 3.00$$

$$S_{10}^2 = 5.06$$

$$S_{11}^2 = 6.39$$

$$S_{12}^2 = 5.10$$

$$\text{แทนค่าในสูตร } F_{\max} = \frac{6.30}{1.93} = 3.26$$

จากตาราง C.7 (Winer, 1971 : 875)

$$F_{\max, .05(12, 31)} = 3.39$$

## 2.5 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบแฟคทอเรียล

โมเดลกำหนด  $2 \times 2 \times 3$  โดยใช้สัญลักษณ์และสูตรในการคำนวณดังนี้ (Winer, 1971 : 455-460)

สัญลักษณ์ในการคำนวณ

- (1) =  $G^2 / npqr$
- (2) =  $\sum X_{ijklm}^2$
- (3) =  $(\sum A_i^2) / nqr$
- (4) =  $(\sum B_j^2) / npr$
- (5) =  $(\sum C_k^2) / npq$
- (6) =  $[\sum (AB_{ij})^2] / nr$
- (7) =  $[\sum (AC_{ij})^2] / nq$
- (8) =  $[\sum (BC_{jk})^2] / np$
- (9) =  $[\sum (ABC_{ijk})^2] / n$

เมื่อ $G^2$	แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนทั้งสอง
$n$	แทน จำนวนผู้เข้ารับการทดลองในแต่ละกลุ่ม
$p$	แทน ระดับของตัวแปรความสามารถในการแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์
$q$	แทน ระดับของตัวแปรประเภทบทเรียน
$r$	แทน ระดับของตัวแปรประเภทการให้ข้อมูลย้อนกลับ
$\Sigma X^2$	แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
$\Sigma A_i^2$	แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนแต่ละระดับของ A
$\Sigma B_j^2$	แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนแต่ละระดับของ B
$\Sigma C_k^2$	แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนแต่ละระดับของ C
$\Sigma (AB_{ij})^2$	แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนในแต่ละเซลล์ของ $AB_{ij}$
$\Sigma (AC_{ik})^2$	แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนในแต่ละเซลล์ของ $AC_{ik}$
$\Sigma (BC_{jk})^2$	แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนในแต่ละเซลล์ของ $BC_{jk}$
$\Sigma (ABC_{ijk})^2$	แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนในแต่ละเซลล์ของ $ABC_{ijk}$

ตาราง 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแฟคทอเรียล ไม่เต็มกำหนด 2x2x3 (Winer, 1971 : 455-460)

Source of Variation	SS	df	MS	F
A	(3)-(1)	p-1	$SS_A/p-1$	$MS_A/MS_W$
B	(4)-(1)	q-1	$SS_B/q-1$	$MS_B/MS_W$
C	(5)-(1)	r-1	$SS_C/r-1$	$MS_C/MS_W$
AB	(6)-(3)-(4)+(1)	(p-1)(q-1)	$SS_{AB}/(p-1)(q-1)$	$MS_{AB}/MS_W$
AC	(7)-(3)-(5)+(1)	(p-1)(r-1)	$SS_{AC}/(p-1)(r-1)$	$MS_{AC}/MS_W$
BC	(8)-(4)-(5)+(1)	(q-1)(r-1)	$SS_{BC}/(q-1)(r-1)$	$MS_{BC}/MS_W$
ABC	(9)-(6)-(7)-(8)+(3)+(4)+(5)-(1)	(p-1)(q-1)(r-1)	$SS_{ABC}/(p-1)(q-1)(r-1)$	$MS_{ABC}/MS_W$
Within cell	(2)-(9)	pqr(n-1)	$SS_W/pqr(n-1)$	
Total	(2)-(1)	N-1		

2.6 ทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ภายหลังจากทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน ถ้าพบว่าผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบพหุคูณเพื่อดูว่า ระดับของตัวแปรหลักคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีการ HSD ของทูกีย์ (Tukey's W Procedure)

สูตร (Kirk, 1968 : 88)

$$HSD = q_{\alpha, v} \sqrt{\frac{MSe}{N}}$$

เมื่อ  $q$  แทน ค่าจากการแจกแจงของสตีวเดนไทซ์เรนจ์ (Studentized range)

$\alpha$  แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

$v$  แทน ชั้นแห่งความอิสระของ MSe และจำนวนระดับในการทดลอง

MSe แทน ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

$N$  แทน จำนวนตัวอย่างในแต่ละระดับการทดลอง

ภาคผนวก 2

คะแนนที่ได้จากการทดลอง และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. คะแนนที่ได้จากการทดลอง

ตาราง 20 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

คนที่	$a_1$						$a_2$					
	$b_1$			$b_2$			$b_1$			$b_2$		
	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_1$	$c_2$	$c_3$
1	10	12	12	14	12	9	6	9	9	11	6	10
2	9	19	15	12	11	10	9	9	10	4	9	7
3	9	12	11	9	12	12	12	10	13	9	8	7
4	13	13	16	11	15	14	8	7	10	5	8	10
5	14	14	15	8	12	12	6	12	11	7	8	3
6	14	15	13	13	12	13	5	10	10	8	9	11
7	9	13	11	15	13	9	10	13	12	8	15	9
8	12	12	13	14	14	13	4	10	13	11	8	6
9	8	13	12	13	13	12	7	11	10	12	4	8
10	15	14	11	7	10	13	11	7	11	6	8	10
11	12	13	10	9	12	10	10	9	8	4	8	7
12	11	14	11	11	10	13	7	13	13	7	10	12
13	15	13	15	10	13	14	6	12	7	8	8	10
14	11	15	12	6	11	12	7	13	9	5	9	10
15	11	14	14	12	13	11	13	11	11	6	9	6
16	10	14	9	10	12	10	10	10	9	8	8	7
17	11	13	12	12	10	11	3	13	10	6	10	10
18	12	12	16	7	12	12	7	10	12	5	7	6
19	11	15	12	12	14	12	6	12	11	10	10	11
20	13	14	14	8	13	10	7	11	10	4	10	7

ตาราง 20 (ต่อ)

คนที่	$a_1$						$a_2$					
	$b_1$			$b_2$			$b_1$			$b_2$		
	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_1$	$c_2$	$c_3$
21	13	13	15	11	13	12	10	12	12	7	16	11
22	12	14	16	12	12	10	8	12	10	9	11	6
23	13	13	12	11	10	13	8	13	8	9	13	10
24	10	14	11	13	14	11	9	12	8	3	9	8
25	13	13	14	9	12	13	7	11	13	6	10	8
26	8	13	11	13	9	15	7	10	8	7	13	13
27	9	14	12	10	12	11	8	13	10	6	11	11
28	10	19	11	9	13	8	9	10	11	7	14	6
29	11	14	14	8	10	9	10	12	9	8	12	8
30	11	19	10	10	12	11	9	10	13	9	10	10
31	10	14	16	11	13	9	10	13	8	4	11	7
32	9	16	15	12	12	7	10	11	11	6	10	6
$\Sigma X$	359	450	411	342	386	361	259	351	330	225	312	271
$\Sigma X^2$	4143	6436	5407	3812	4716	4181	2251	3937	3496	1739	3240	2453
$\bar{X}$	11.22	14.06	12.84	10.69	12.06	11.28	8.09	10.97	10.31	7.03	9.75	8.47
SD	1.93	1.87	2.03	2.25	1.39	1.87	2.23	1.67	1.73	2.25	2.53	2.26
$S^2$	3.72	3.48	4.14	5.06	1.93	3.50	4.99	2.81	3.00	5.06	6.39	5.10

ตาราง 21 ตารางสรุป ABC, AB, AC และ BC

ABC Summary Table

	b <sub>1</sub>			b <sub>2</sub>			Total
	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	
a <sub>1</sub>	359	450	411	342	386	361	2309
a <sub>2</sub>	259	351	330	225	312	271	1748
Total	618	801	741	567	698	632	4057

AB Summary Table

	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	Total
a <sub>1</sub>	1220	1089	2309
a <sub>2</sub>	940	808	1748
Total	2160	1897	4057



ตาราง 21 (ต่อ)

AC Summary Table

	$c_1$	$c_2$	$c_2$	Total
$a_1$	701	836	772	2309
$a_2$	484	663	601	1748
Total	1185	1499	1373	4057

BC Summary Table

	$c_1$	$c_2$	$c_3$	Total
$b_1$	618	801	741	2160
$b_2$	567	698	632	1897
Total	1185	1499	1373	4057

$$\begin{aligned}
 (1) \quad G^2 / npqr &= (4057)^2 / 32 \times 2 \times 2 \times 3 \\
 &= (4057)^2 / 384 \\
 &= 42862.63 \\
 (2) \quad X^2_{ijklm} &= (10^2 + 9^2 + 9^2 + \dots + 10^2 + 7^2 + 6^2) \\
 &= 45811 \\
 (3) \quad (\Sigma A_i^2) / nqr &= (2309^2 + 1748^2) / 32 \times 2 \times 3 \\
 &= 43682.21 \\
 (4) \quad (\Sigma B_j^2) / npq &= (2160^2 + 1897^2) / 32 \times 2 \times 3 \\
 &= 43042.76 \\
 (5) \quad (\Sigma C_k^2) / npq &= (1185^2 + 1499^2 + 1373^2) / 32 \times 2 \times 2 \\
 &= 43252.77 \\
 (6) \quad [\Sigma (AB_{ij})^2] / nr &= (1220^2 + 1089^2 + 940^2 + 808^2) / 32 \times 3 \\
 &= 43862.34 \\
 (7) \quad [\Sigma (AC_{ik})^2] / nq &= (701^2 + 836^2 + 772^2 + 484^2 + 663^2 + 601^2) / 32 \times 2 \\
 &= 44082.92 \\
 (8) \quad [\Sigma (BC_{jk})^2] / np &= (618^2 + 801^2 + 741^2 + 567^2 + 698^2 + 632^2) / 32 \times 2 \\
 &= 43448.80 \\
 (9) \quad [\Sigma (ABC_{ijk})^2] / n &= (359^2 + 450^2 + 411^2 + \dots + 225^2 + 312^2 + 271^2) / 32 \\
 &= 44286.72
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_a &= (3) - (1) \\
 &= 43682.21 - 42862.63 \\
 &= 819.58 \\
 SS_b &= (4) - (1) \\
 &= 43042.76 - 42862.63 \\
 &= 180.13
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_c &= (5) - (1) \\
 &= 43252.77 - 42862.63 \\
 &= 390.14 \\
 SS_{ab} &= (6) - (3) - (4) + (1) \\
 &= 43862.34 - 43682.21 - 43042.76 + 42862.63 \\
 &= 0 \\
 SS_{ac} &= (7) - (3) - (5) + (1) \\
 &= 44082.92 - 43682.21 - 43252.77 + 42862.63 \\
 &= 10.57 \\
 SS_{bc} &= (8) - (4) - (5) + (1) \\
 &= 43448.80 - 43042.76 - 43252.77 + 42862.63 \\
 &= 15.9 \\
 SS_{abc} &= (9) - (6) - (7) - (8) + (3) + (4) + (5) - (1) \\
 &= 44286.72 - 43862.34 - 44082.92 - 43448.80 + 43682.21 + \\
 &\quad 43042.76 + 43252.77 - 42862.63 \\
 &= 7.77 \\
 SS_{w.cell} &= (2) - (9) \\
 &= 45811 - 44286.72 \\
 &= 1524.28 \\
 SS_{Total} &= (2) - (1) \\
 &= 45811 - 42862.63 \\
 &= 2948.37
 \end{aligned}$$

สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแฟคทอเรียลโมเดลกำหนด  $2 \times 2 \times 3$

Source of Variation	SS	df	MS	F
A	819.58	1	819.58	199.90***
B	180.13	1	180.13	43.93***
C	390.14	2	195.07	47.58***
AB	0.00	1	0.00	0.00
AC	10.57	2	5.29	1.29
BC	15.9	2	7.95	1.94
ABC	7.77	2	3.89	0.95
Within Cell	1524.28	372	4.10	
Total	2948.37	383		

\*\*\*  
P < .001

การเปรียบเทียบพหุคูณโดยใช้วิธี HSD ของทูกีย์ (Tukey) ระหว่างการให้ข้อมูล

ย้อนกลับ 3 ระดับ

ขั้นที่ 1 เปรียบเทียบ

$$\bar{X}_1 = \frac{\Sigma X}{N} = \frac{1185}{128} = 9.26$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\Sigma X}{N} = \frac{1499}{128} = 11.71$$

$$\bar{X}_3 = \frac{\Sigma X}{N} = \frac{1373}{128} = 10.73$$

ขั้นที่ 2 แทนค่า

$$MS_e = 4.10$$

$$N = 128$$

$$V = 372$$

ค่าจากตาราง D.7 (Kirk, 1968 : 531)

$$q_{.05}(3, 372) = 3.31$$

$$q_{.01}(3, 372) = 4.12$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{HSD} &= q_{.05}(3, 372) \sqrt{\frac{MS_e}{N}} \\ &= 3.31 \sqrt{4.10/128} \\ &= 0.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HSD} &= q_{.01}(3, 372) \sqrt{\frac{MS_e}{N}} \\ &= 4.10 \sqrt{4.10/128} \\ &= 0.74 \end{aligned}$$

3  
 3

	$\bar{X}_1 = 9.26$	$\bar{X}_3 = 10.73$	$\bar{X}_2 = 11.71$
$\bar{X}_1 = 9.26$	-	1.47**	2.45**
$\bar{X}_3 = 10.73$		-	0.98**
$\bar{X}_2 = 11.71$			-

\*\* P < .01

ภาคผนวก 3

บทเรียน

เรื่อง

โจทย์ปัญหาการคูณการหาร และ โจทย์ปัญหาร้อยละ

คำแนะนำในการเรียนบทเรียน

1. บทเรียนชุดนี้เป็นบทเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาการคูณการหาร และ โจทย์ปัญหาร้อยละ
2. เมื่อนักเรียนเรียนบทเรียนชุดนี้จบแล้ว นักเรียนจะสามารถตอบคำถามในแบบฝึกหัดเกี่ยวกับ โจทย์ปัญหาการคูณการหาร โจทย์ปัญหาร้อยละที่ครูแจกให้ได้
3. ให้นักเรียนใช้เวลาเรียนบทเรียนชุดนี้ 30 นาที
4. ให้นักเรียนพยายามอ่าน และทำความเข้าใจบทเรียนให้ดี ไม่ต้องรีบ
5. ถ้านักเรียนเรียนบทเรียนชุดนี้จบแล้ว แต่ยังมีเวลาเหลืออยู่ ให้นักเรียนอ่านบททวน จนกว่าจะหมดเวลา
6. ถ้านักเรียนเข้าใจคำแนะนำในการเรียนแล้ว ให้นักเรียนเริ่มเรียนบทเรียนได้เลย



โจทย์ปัญหาเป็นข้อความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่  
โจทย์กำหนดให้และส่วนที่โจทย์ให้หาคำตอบ

โจทย์ปัญหาการคูณและการหาร เป็นโจทย์ปัญหาที่ต้องใช้วิธีการทำ 2 วิธีในข้อเดียวกัน  
คือ วิธีการคูณและวิธีการหาร หลักในการเลือกว่าต้องใช้วิธีการใดในการทำโจทย์ปัญหานั้นก็ต้องดูจาก  
ส่วนที่โจทย์กำหนดให้ และส่วนที่โจทย์ให้หาคำตอบ

สำหรับโจทย์ปัญหาที่ต้องเทียบหาจาก 1 ก่อนเสมอ นั้น จะใช้วิธีการหารก่อนแล้วจึงใช้  
วิธีการคูณเสมอ ซึ่งจะมีทั้งการหารลงตัว และการหารไม่ลงตัว

### ตัวอย่าง

กระเป๋าสี 25 ใบ ราคา 325 บาท กระเป๋า 3 ใบ ราคาเท่าไร ?

โจทย์กำหนดให้ จำนวนกระเป๋าสี 25 ใบ ราคา 325 บาท

ในขั้นแรกนี้ ต้องเทียบหาจาก 1 หากราคาของกระเป๋าสี 1 ใบ คือหาว่ากระเป๋าสี 1 ใบ  
จะมีราคาเท่าไร

โจทย์ลักษณะนี้ต้องใช้วิธีการหารคือ  $325 \div 25 = 13$  หรือ  $\frac{325}{25} = 13$  เป็นการหาร  
ลงตัว

เมื่อได้ราคากระเป๋าสี 1 ใบ แล้ว โจทย์กำหนดว่า ถ้ากระเป๋าสี 3 ใบ ให้หาคำตอบว่า  
ราคาเท่าไร

โจทย์ลักษณะนี้ต้องใช้วิธีการคูณ คือ นำ  $13 \times 3 = 39$

ถ้าหารไม่ลงตัว ให้เขียนในรูปเศษส่วนไว้ก่อนแล้วจึงใช้วิธีการคูณเศษส่วน

ตัวอย่าง

ถ้าน้ำมัน 3 ลิตร ราคา 35 บาท มีเงิน 70 บาท จะซื้อน้ำมันได้กี่ลิตร ?

โจทย์กำหนดให้ จำนวนน้ำมัน 3 ลิตร ราคา 35 บาท

ในขั้นแรกนี้ ต้องเทียบหาจาก 1 บาท ถ้ามีเงิน 1 บาท จะซื้อน้ำมันได้กี่ลิตร ซึ่งโจทย์ลักษณะนี้ต้องใช้วิธีการหาร คือ  $3 \div 35$  หรือ  $\frac{3}{35}$  เป็นการหารไม่ลงตัว ให้เขียนในรูปเศษส่วนไว้ก่อน

เมื่อได้ว่า ถ้ามีเงิน 1 บาท จะซื้อน้ำมันได้  $\frac{3}{35}$  ลิตร โจทย์กำหนดว่า มีเงิน 70 บาท ให้หาคำตอบว่า จะซื้อน้ำมันได้กี่ลิตร โจทย์ลักษณะนี้ต้องใช้วิธีการคูณ

คือนำ  $\frac{3}{35} \times 70$  ใช้วิธีการคูณเศษส่วน หรือจะเขียนในลักษณะนี้ก็ได้  $\frac{3 \times 70}{35} = 6$