

การคำนวณ

ภาคผนวก 1

สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1. หาค่าความยาก (Difficulty) คือ ค่า P และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) คือ ค่า D ของแบบทดสอบที่ได้จากการทดสอบเป็นรายข้อโดยวิธีคำนวณจากสูตร (Nitko, 1983 : 288, 292)

$$P = \frac{N_u + N_l}{T_u + T_l}$$

เมื่อ

P	แทน ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ
N_u	แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
N_l	แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
T_u	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง
T_l	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

$$D = P_u - P_l$$

เมื่อ

D	แทน ค่าอำนาจจำแนก
P_u	แทน อัตราส่วนระหว่างจำนวนคนในกลุ่มสูงที่ตอบข้อสอบถูก กับจำนวนคนในกลุ่มสูงทั้งหมด
P_l	แทน อัตราส่วนระหว่างจำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ตอบข้อสอบถูก กับจำนวนคนในกลุ่มต่ำทั้งหมด

ตาราง 14 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

ข้อที่	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)
1	.39	.33
2	.33	.22
3	.72	.22
4	.28	.22
5	.60	.33
6	.44	.22
7	.50	.44
8	.44	.22
9	.53	.28
10	.75	.39
11	.39	.22
12	.67	.22
13	.47	.28
14	.72	.33
15	.33	.22
16	.74	.39
17	.50	.22
18	.31	.39
19	.69	.38
20	.58	.39

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)
21	.67	.22
22	.69	.62
23	.47	.50
24	.69	.28
25	.31	.28
26	.47	.61
27	.41	.28
28	.80	.28
29	.80	.39
30	.61	.22

2. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

๕๕
ขมพณฐาน

ตาราง 15 คะแนนจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 ชั้นพื้นฐาน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 ชั้นพื้นฐาน

นักเรียนคนที่	ข้อสอบที่															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2		1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
4		0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6		0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
7		1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
8		0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1
9		1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
10		0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
11		1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
12		0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
13		1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
14		0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0
15		1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0
16		1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
17		0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
18		1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
19		0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1

ตาราง 15 (ต่อ)

นักเรียนคนท	ข้อสอบท															x	x ²
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	25	625
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28	784
3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	26	676
4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	26	676
5	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	23	529
6	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	21	441
7	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	22	484
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	23	529
9	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	20	400
10	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	19	361
11	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	22	484
12	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	20	400
13	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	18	324
14	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	18	324
15	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	15	225
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	19	361
17	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	20	400
18	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	19	361
19	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	17	289

ตาราง 15 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ข้อสอบที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
20	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
21	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
22	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0
23	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
24	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
25	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
26	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
27	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
28	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
29	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
30	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
31	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
32	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
33	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
34	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อสอบที่ นักเรียนคนที่	ข้อสอบที่														x	x ²	
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			30
20	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	15	225
21	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	15	225
22	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	15	225
23	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	17	289
24	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	14	196
25	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	14	196
26	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	14	196
27	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	13	169
28	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	13	169
29	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	11	121
30	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	14	196
31	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	12	144
32	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	11	121
33	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	6	36
34	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	7	49
35	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	6	36
36	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	00	9
รวม																601	11275

ตาราง 16 คะแนนจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 ชั้นพื้นฐาน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก (R) จำนวนนักเรียนที่ตอบผิด (w)
 สัดส่วนนักเรียนที่ตอบถูก (p) สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบผิด (q)

ข้อสอบ ข้อที่	R	w	p	q	pq
1	14	22	.39	.61	.2379
2	12	24	.33	.67	.2211
3	26	10	.72	.28	.2016
4	10	26	.28	.72	.2016
5	22	14	.61	.39	.2379
6	16	20	.44	.56	.2464
7	20	16	.56	.44	.2464
8	16	20	.44	.56	.2464
9	19	17	.53	.47	.2491
10	27	9	.75	.25	.1875
11	14	22	.39	.61	.2379
12	24	12	.67	.33	.2211
13	17	19	.47	.53	.2491
14	26	10	.72	.28	.2016
15	12	24	.33	.67	.2211
16	27	9	.75	.25	.1875
17	20	16	.55	.45	.2479
18	11	25	.31	.69	.2139

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อสอบที่	R	W	p	q	pq
19	25	11	.69	.31	.2139
20	21	15	.58	.42	.2436
21	24	12	.67	.33	.2211
22	33	3	.92	.08	.0739
23	17	19	.47	.53	.2491
24	25	11	.69	.31	.2139
25	11	25	.31	.69	.2139
26	17	19	.47	.53	.2491
27	15	21	.42	.58	.2436
28	29	7	.81	.19	.1539
29	29	7	.81	.19	.1539
30	22	14	.61	.39	.2379
รวม					6.5649

จากตาราง 15 และตาราง 16 นำมาหาความเชื่อมั่นแบบทดสอบวัดทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานได้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 : หาค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

สูตร (Ferguson, 1981 : 68)

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

เมื่อ SD^2 แทน ค่าความแปรปรวน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแต่ละจำนวน

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละจำนวนยกกำลังสอง

N แทน จำนวนของข้อมูล

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } SD^2 &= \frac{36(11275) - (601)^2}{36(36-1)} \\ &= 35.4753 \end{aligned}$$

นั่นคือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมดเท่ากับ 35.4753

ขั้นที่ 2 : หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเตอร์ ริชาร์ดสัน

สูตร (Ebel and Frisbie, 1986 : 77)

$$KR-20 = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ	KR-20	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	K	แทน	จำนวนข้อ
	P	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ
	S ²	แทน	ความแปรปรวน

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } \overset{\text{๕}}{\text{KR-20}} &= \frac{30}{30-1} \left[1 - \frac{5.5649}{35.4753} \right] \\ &= .843 \end{aligned}$$

นั่นคือ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

๕.๕
ขั้นพื้นฐาน เท่ากับ .843

ภาคผนวก 2

คะแนนที่ได้จากการทดสอบ และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. คะแนนที่ได้จากการทดสอบ

ตาราง 17 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นพื้นฐาน 5 ทักษะ

a ₁			a ₂		
b ₁	b ₂	b ₃	b ₁	b ₂	b ₃
18	17	13	15	12	13
14	12	18	18	17	12
22	19	15	18	16	19
19	13	16	19	20	16
16	20	20	19	16	12
18	12	12	14	17	20
20	18	16	16	12	21
16	16	12	12	12	17
15	14	15	18	15	15
20	19	12	20	22	13
20	20	18	17	13	19
19	20	13	14	20	15
22	19	15	14	16	21
23	19	18	14	13	17
20	15	23	15	14	17

ตาราง 17 (ต่อ)

	a ₁			a ₂		
	b ₁	b ₂	b ₃	b ₁	b ₂	b ₃
	15	18	17	17	16	15
	18	17	19	21	20	20
	16	18	20	20	18	16
	24	20	18	16	20	17
	17	19	18	16	18	20
N	20	20	20	20	20	20
ΣX	372	345	328	333	327	335
ΣX ²	7070	6089	5556	5659	5525	5773
SD	2.817	2.693	3.050	2.455	3.066	2.918
SD ²	7.937	7.250	9.305	6.029	9.397	8.513
\bar{X}	18.60	17.25	16.4	16.65	16.35	16.75

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติต่าง ๆ ดังนี้

2.1 หาค่ามัธยฐานเลขคณิต (\bar{x}) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

สูตร (Ferguson, 1981 : 49)

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

เมื่อ

\bar{x} แทน ค่ามัธยฐานเลขคณิต
 Σx แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ดังนั้น

$$\bar{x}_{a_1} = \frac{1045}{60} = 17.417$$

$$\bar{x}_{a_2} = \frac{995}{60} = 16.583$$

$$\bar{x}_{b_1} = \frac{705}{40} = 17.625$$

$$\bar{x}_{b_2} = \frac{672}{40} = 16.800$$

$$\bar{x}_{b_3} = \frac{663}{40} = 16.575$$

$$\bar{x}_{a_1 b_1} = \frac{372}{20} = 18.600$$

$$\bar{x}_{a_1 b_2} = \frac{345}{20} = 17.250$$

$$\bar{x}_{a_1 b_3} = \frac{328}{20} = 16.400$$

$$\bar{x}_{a_2 b_1} = \frac{333}{20} = 16.650$$

$$\bar{x}_{a_2 b_2} = \frac{327}{20} = 16.350$$

$$\bar{x}_{a_2 b_3} = \frac{335}{20} = 16.750$$

2.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ชั้นพื้นฐาน

สูตร (Ferguson, 1981 : 68)

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

เมื่อ

SD แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x^2$ แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนแต่ละจำนวน

$(\sum x)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละผลยกกำลังสอง

N แทน จำนวนข้อมูล

ดังนั้น

$$\begin{aligned} SD_{a_1} &= \sqrt{\frac{60(18715) - (1045)^2}{60(60-1)}} \\ &= 2.953 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SD_{a_2} &= \sqrt{\frac{60(16957) - (995)^2}{60(60-1)}} \\ &= 2.782 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SD_{b_1} &= \sqrt{\frac{40(12729) - (995)^2}{40(40-1)}} \\ &= 2.789 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SD_{b_2} &= \sqrt{\frac{40(11614) - (672)^2}{40(40-1)}} \\ &= 2.884 \end{aligned}$$

$$SD_{b_3} = \sqrt{\frac{40(11329) - (663)^2}{40(40-1)}}$$

$$= 4.926$$

$$SD_{a_1 b_1} = \sqrt{\frac{20(7070) - (372)^2}{20(20-1)}}$$

$$= 2.817$$

$$SD_{a_1 b_2} = \sqrt{\frac{20(6089) - (345)^2}{20(20-1)}}$$

$$= 2.693$$

$$SD_{a_1 b_3} = \sqrt{\frac{20(5556) - (328)^2}{20(20-1)}}$$

$$= 3.050$$

$$SD_{a_2 b_1} = \sqrt{\frac{20(5659) - (333)^2}{20(20-1)}}$$

$$= 2.456$$

$$SD_{a_2 b_2} = \sqrt{\frac{20(5525) - (327)^2}{20(20-1)}}$$

$$= 3.066$$

$$SD_{a_2 b_3} = \sqrt{\frac{20(5773) - (335)^2}{20(20-1)}}$$

$$= 2.918$$

2.3 หาค่าความแปรปรวน (SD^2) ของคะแนนทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ชั้นพื้นฐาน จากกลุ่มทดลองต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบความเป็นเอกพันธ์
ของข้อมูล

สูตร (Ferguson, 1981 : 68)

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

เมื่อ

SD^2 แทน ค่าความแปรปรวน

ΣX^2 แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแต่ละจำนวน

$(\Sigma X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละจำนวนยกกำลังสอง

N แทน จำนวนข้อมูล

ดังนั้น

$$SD_{a_1b_1}^2 = \frac{20(7070) - (372)^2}{20(20-1)}$$

$$= 7.937$$

$$SD_{a_1b_2}^2 = \frac{20(6889) - (345)^2}{20(20-1)}$$

$$= 7.250$$

$$SD_{a_1b_3}^2 = \frac{20(5556) - (328)^2}{20(20-1)}$$

$$= 9.305$$

$$SD_{a_2b_1}^2 = \frac{20(5659) - (333)^2}{20(20-1)}$$

$$= 6.029$$

$$SD_{a_2 b_2}^2 = \frac{20(5525) - (327)^2}{20(20-1)}$$

$$= 9.397$$

$$SD_{a_2 b_3}^2 = \frac{20(5773) - (335)^2}{20(20-1)}$$

$$= 8.513$$

2.4 การวิเคราะห์หาความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของข้อมูล
ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้วิธีของฮาร์ตลีย์ (Hartley's Test)

สูตร (Dowdy and Stanley, 1983 : 297)

$$F_{\max} = \frac{S_{\text{Largest}}^2}{S_{\text{Smallest}}^2}$$

เมื่อ

F_{\max} แทน ค่าความเป็นเอกพันธ์ของวิธีการของฮาร์ตลีย์

S_{Largest}^2 แทน ความแปรปรวนที่มีค่าสูงสุด

S_{Smallest}^2 แทน ความแปรปรวนที่มีค่าต่ำสุด

ดังนั้น

$$F_{\max} = \frac{9.397}{6.029}$$

$$= 1.559$$

ค่า F_{\max} จากตาราง C.7 (Winer, 1971 : 875)

$$F_{\max} .05(6,19) = 3.760$$

$$F_{\max} .01(6,19) = 4.900$$

ผลจากการทดสอบปรากฏว่า ความแปรปรวนของข้อมูล [$F_{\max.01(6,19)} = 1.559 > .01$] แสดงว่า ข้อมูลมีความแปรปรวนเป็นเอกพันธ์ ซึ่งหมายถึงกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มมาจากประชากรเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์โมเดลกำหนดได้

2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์โมเดลกำหนด 2×3 (2x3 Completely Randomized Factorial Fixed Effect Model)

สูตร (Kirk, 1968 : 175-176)

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} แทน คะแนนแต่ละระดับของตัวแปร A และตัวแปร B
ของนักเรียนแต่ละคน

n แทน จำนวนนักเรียนที่เข้ารับการทดลองแต่ละกลุ่ม

p แทน ระดับตัวแปร A (รูปแบบการฝึก)

q แทน ระดับของตัวแปร B (รูปแบบการตรวจงาน)

$(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q y_{ijk})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q y_{ijk}^2$ แทน ผลรวมของแต่ละจำนวนยกกำลังสอง

$\sum_{j=1}^p (\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^q y_{ijk})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละจำนวนยกกำลังสอง
ของคะแนนแต่ละระดับของตัวแปร A

$\sum_{k=1}^q (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p y_{ijk})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละจำนวนยกกำลังสอง
ของแต่ละคะแนนแต่ละระดับของตัวแปร B

$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q (\sum_{i=1}^n y_{ijk})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละจำนวนยกกำลังสอง
ของคะแนนใน แต่ละ เซล

สูตรการคำนวณ

$$SS_{Total} = [ABS] - [Y]$$

$$SS_A = [A] - [Y]$$

$$SS_B = [B] - [Y]$$

$$SS_{AB} = [AB] - [A] - [B] + [Y]$$

$$SS_{w.Cell} = [ABS] - [AB]$$

ตาราง 18 สูตรการวิเคราะห์

Source	SS	df	MS	F
A	SS_A	$p-1$	$SS_A/(p-1)$	$MS_A/MS_{w.cell}$
B	SS_B	$q-1$	$SS_B/(q-1)$	$MS_B/MS_{w.cell}$
AB	SS_{AB}	$(p-1)(q-1)$	$SS_{AB}/(p-1)(q-1)$	$MS_{AB}/MS_{w.cell}$
w.cell	$SS_{w.cell}$	$pq(n-1)$	$SS_{w.cell}/pq(n-1)$	
Total	SS_{Total}	$npq-1$		

ตาราง 19 ตารางสรุป AB

	b_1	b_2	b_3	รวม
a_1	372	345	328	1045
a_2	333	327	335	995
รวม	705	672	663	2040

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 [Y] &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q y_{ijk}^2 \\
 &= \frac{2040^2}{(20)(2)(3)} \\
 &= 34680
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{ABS}] &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q y_{ijk}^2 \\
 &= 18^2 + 14^2 + 22^2 + \dots + 16^2 + 17^2 + 20^2 \\
 &= 35672
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{A}] &= \sum_{j=1}^p \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^q y_{ijk} \right)^2}{nq} \\
 &= \frac{1045^2}{20(3)} + \frac{995^2}{20(3)} \\
 &= 34700.833
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{B}] &= \sum_{k=1}^q \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p y_{ijk} \right)^2}{np} \\
 &= \frac{705^2}{20(2)} + \frac{672^2}{20(2)} + \frac{663^2}{20(2)} \\
 &= 34704.450
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{AB}] &= \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_{ijk} \right)^2}{n} \\
 &= \frac{372^2}{20} + \frac{345^2}{20} + \frac{328^2}{20} + \frac{333^2}{20} + \frac{327^2}{20} + \frac{335^2}{20} \\
 &= 34751.8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_{\text{Total}} &= [\text{ABS}] - [\text{Y}] \\
 &= 35672 - 34680 \\
 &= 992
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_A &= [\text{A}] - [\text{Y}] \\
 &= 34700.833 - 34680 \\
 &= 20.833
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_B &= [B] - [Y] \\
 &= 34704.450 - 34680 \\
 &= 24.450 \\
 \\
 SS_{AB} &= [AB] - [A] - [B] + [Y] \\
 &= 34751.800 - 34700.833 - 34704.450 + 34680 \\
 &= 26.517 \\
 \\
 SS_{w.Cell} &= [ABS] - [AB] \\
 &= 35672 - 34751.8 \\
 &= 920.200
 \end{aligned}$$

Source	SS	df	MS	F
A	20.833	1	20.833	2.5809
B	24.450	2	12.225	1.5145
AB	26.517	2	13.2585	1.6425
w.cell	920.200	114	8.0719	
Total	992	119		

2. 2.6 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างมัธยฐานเลขคณิตของคะแนน
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ของนักเรียนที่ฝึกซ้อมยกหลังจากเรียน
เนื้อหาจบแล้ว (a_1) และฝึกเป็นระยะพร้อม ๆ กับการเรียนเนื้อหา (a_2) แยกตาม
รายทักษะ โดยใช้การทดสอบแบบที (t-test) ชนิดกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระแก่กัน
(Independent Samples) ใช้สูตร (Hinkle, Wiersma and Jurs, 1982
: 214)

ทักษะการสังเกต

ฝึกรวมยอด (a_1)			ฝึกเป็นระยะ (a_2)		
3	2	3	3	2	2
2	3	3	3	3	3
4	3	3	4	2	3
3	3	3	5	5	2
3	4	3	4	4	1
3	2	5	2	2	2
3	2	3	4	2	4
3	2	3	0	2	2
3	2	2	3	4	3
2	3	2	4	2	2
5	3	2	1	4	1
4	4	3	3	4	2
4	3	2	2	2	1
3	3	4	3	1	3
4	4	3	3	5	4
5	5	2	2	4	3
6	4	6	3	3	4
5	5	5	2	4	5
2	5	5	1	2	5

n	$=$	60	n	$=$	60
ΣX	$=$	200	ΣX	$=$	167
ΣX^2	$=$	736	ΣX^2	$=$	557
SD	$=$	1.084	SD	$=$	1.249
SD^2	$=$	1.175	SD^2	$=$	1.562
\bar{X}	$=$	3.333	\bar{X}	$=$	2.783

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{3.333 - 2.783}{\sqrt{\frac{(59 \times 1.775) + (59 \times 1.562)}{60 + 60 - 2} \left(\frac{1}{60} + \frac{1}{60} \right)}} \\
 &= \frac{0.55}{\sqrt{\frac{69.325 + 92.158}{118} (.032)}} \\
 &= \frac{0.55}{0.21} \\
 &= 2.619^{**}
 \end{aligned}$$

$$t_{cv,\alpha} = .05, df = 118 = 1.980$$

$$t_{cv,\alpha} = .01, df = 118 = 2.617$$

ทักษะการวัด

ฝึกกรวยออก (a_1)			ฝึกเป็นระยะ (a_2)		
3	2	2	3	2	2
4	4	5	3	3	2
4	2	4	2	3	3
3	3	4	2	3	3
3	5	4	2	3	2
4	2	2	3	4	4
4	2	3	3	4	3
4	2	2	4	1	3
3	5	3	4	2	4
2	3	2	5	3	4
3	4	3	0	3	5
4	5	2	2	3	2
2	3	3	1	2	5
3	5	3	1	3	4
4	2	3	2	4	2
4	4	2	4	1	4
2	2	4	6	5	3
2	3	3	4	3	5
3	3	3	4	4	1
5	4	1	3	3	1

n	$=$	60	n	$=$	60
ΣX	$=$	189	ΣX	$=$	179
ΣX^2	$=$	655	ΣX^2	$=$	623
SD	$=$	1.005	SD	$=$	1.228
SD^2	$=$	1.011	SD^2	$=$	1.508
\bar{X}	$=$	3.15	\bar{X}	$=$	2.983

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{(3.15) - (2.98)}{\sqrt{\frac{(59 \times 1.011) + (59 \times 1.508)}{60+60-2} \left(\frac{1}{60} + \frac{1}{60} \right)}} \\
 &= \frac{0.17}{\sqrt{\frac{59.649+88.972}{118} (.032)}} \\
 &= \frac{0.17}{0.21} \\
 t &= 0.85
 \end{aligned}$$

$$t_{cv,\alpha} = .05, \quad df = 118 = 1.980$$

ทักษะการจำแนกประเภท

ฝึกรวบยอด (a_1)			ฝึกเป็นระยะ (a_2)		
5	2	1	5	2	1
4	3	4	4	2	0
3	3	1	4	4	5
4	4	3	3	3	2
2	3	5	4	3	3
3	3	2	2	2	4
4	5	3	2	1	5
5	3	2	4	2	3
4	4	2	3	6	3
5	3	2	4	3	3
2	3	3	4	4	4
5	4	4	4	5	4
3	3	4	2	1	4
5	3	3	3	2	4
6	2	5	4	3	4
2	5	3	3	5	4
4	3	5	3	5	4
2	4	4	5	3	3
4	3	3	3	3	3
4	3	4	4	3	5

n	$=$	60	n	$=$	60
ΣX	$=$	205	ΣX	$=$	200
ΣX^2	$=$	773	ΣX^2	$=$	750
SD	$=$	1.109	SD	$=$	1.188
SD^2	$=$	1.230	SD^2	$=$	1.412
\bar{X}	$=$	3.416	\bar{X}	$=$	3.333

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{3.416 - 3.333}{\sqrt{\frac{(59 \times 1.23) + (59 \times 1.41)}{60+60-2} \left(\frac{1}{60} + \frac{1}{60}\right)}} \\
 &= \frac{0.083}{\sqrt{\frac{60.23 + 67.32}{118} (0.032)}} \\
 &= \frac{0.083}{0.185} = 0.448
 \end{aligned}$$

$$t = 0.448$$

$$t_{cv,\alpha} .05, df = 118 = 1.980$$

ทักษะการคำนวณ

ฝึกทบทวน (a ₁)			ฝึกเป็นระยะ (a ₂)		
5	4	3	4	3	4
5	5	5	5	5	3
6	4	4	5	5	5
6	6	4	5	5	4
4	4	4	5	4	2
3	3	4	2	3	5
4	4	4	3	2	4
5	4	4	4	3	4
4	3	6	5	4	3
2	6	3	6	5	3
2	5	5	5	3	4
5	5	3	4	6	4
6	5	3	4	3	5
6	5	6	3	3	4
5	6	6	4	4	5
4	2	4	4	6	4
6	5	5	6	6	3
5	5	5	5	5	5
5	6	5	3	5	5
6	6	6	4	4	5

n	$=$	60	n	$=$	60
ΣX	$=$	276	ΣX	$=$	252
ΣX^2	$=$	1346	ΣX^2	$=$	1124
SD	$=$	1.139	SD	$=$	1.054
SD^2	$=$	1.294	SD^2	$=$	1.112
\bar{X}	$=$	4.6	\bar{X}	$=$	4.2

$$t = \frac{4.60 - 4.20}{\sqrt{\frac{(59 \times 1.294) + (59 \times 1.112)}{60 - 60 - 2} \left(\frac{1}{60} + \frac{1}{60}\right)}}$$

$$= \frac{0.40}{\sqrt{\frac{(76.346) + 65.608}{118} (0.032)}}$$

$$= \frac{0.40}{0.196}$$

$$t = 2.0408^*$$

$$t_{cv,\alpha} = .05, \quad df = 118 = 1.980$$

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

ฝึกรวมชอก (a_1)			ฝึกเป็นระยะ (a_2)		
3	3	4	1	1	4
2	2	1	3	4	4
5	1	3	4	2	3
3	3	2	4	4	5
2	4	4	4	4	3
3	3	2	5	4	4
3	5	3	4	3	6
3	5	1	1	4	5
2	1	2	2	3	2
3	4	3	3	4	3
4	5	3	4	2	4
2	3	2	4	5	4
3	4	2	5	3	5
4	3	4	4	4	4
4	2	4	4	3	3
2	3	4	3	1	4
2	2	3	3	4	2
2	2	3	3	3	5
2	2	2	2	3	4
4	2	2	3	3	3

n	=	60	n	=	60
ΣX	=	171	ΣX	=	205
ΣX^2	=	551	ΣX^2	=	769
SD	=	1.038	SD	=	1.078
SD^2	=	1.078	SD^2	=	1.162
\bar{X}	=	2.85	\bar{X}	=	3.416

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{3.416 - 2.850}{\sqrt{\frac{(59 \times 1.162) + (59 \times 1.078)}{60 - 60 - 2} \left(\frac{1}{60} + \frac{1}{60}\right)}} \\
 &= \frac{0.566}{\sqrt{\frac{68.558 + 63.602}{118} (0.032)}} \\
 &= \frac{0.566}{0.189} \\
 t &= 2.995^{**}
 \end{aligned}$$

$$t_{cv, \alpha} = .01, \quad df = 118 = 2.617$$