

ตาราง 39 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนดิบ (Raw-Score)	คะแนนพี (Z-Score)	คะแนนที (T Score)
41	31	-2.800	21
42	191	-1.009	39
43	192	-0.998	40
44	195	-0.964	40
45	171	-1.233	37
46	164	-1.311	36
47	165	-1.300	36
48	176	-1.177	38
49	161	-1.345	36
50	166	-1.289	37
51	176	-1.177	38
52	178	-1.154	38
53	167	-1.278	37
54	191	-1.009	39
55	189	-1.031	39
56	188	-1.043	39
57	186	-1.065	39
58	192	-0.998	40
59	178	-1.154	38
60	194	-0.975	40

ตาราง 39 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนดิบ (Raw-Score)	คะแนนซึ่ (Z-Score)	คะแนนที (T-Score)
61	153	-1.434	35
62	180	-1.132	38
63	190	-1.020	39
64	191	-1.009	39
65	169	-1.255	37
66	190	-1.020	39
67	192	-0.998	40
68	172	-1.222	37
69	184	-1.087	39
70	200	-0.908	40
71	190	-1.020	39
72	195	-0.964	40
73	185	-1.076	39
74	195	-0.964	40
75	196	-0.953	40
76	188	-1.043	39
77	173	-1.210	37
78	195	-0.964	40
79	197	-0.942	40
80	167	-1.278	37

ตาราง 39 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนดิบ (Raw-Score)	คะแนนซี (Z-Score)	คะแนนที (T-Score)
81	174	-1.199	38
82	132	-1.669	33
83	192	-0.998	40
84	104	-1.983	30
85	152	-1.445	35
86	192	-0.998	40
87	200	-0.908	40
88	186	-1.065	39
89	162	-1.333	36
90	190	-1.020	39
91	175	-1.188	38
92	100	-2.027	29
93	157	-1.389	36
94	199	-0.919	40
95	193	-0.987	40
96	109	-1.927	30
97	181	-1.121	38
98	184	-1.087	39
99	196	-0.953	40
100	199	-0.919	40

ตาราง 39 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนดิบ (Raw-Score)	คะแนนซี้ (Z-Score)	คะแนนที (T-Score)
101	161	-1.345	36
102	186	-1.065	39
103	171	-1.233	37
104	158	-1.378	36
105	95	-2.083	29
106	159	-1.367	36
107	171	-1.233	37
108	189	-1.031	39
109	199	-0.919	40
110	146	-1.513	34
111	154	-1.423	35
112	165	-1.300	36
113	195	-0.964	40
114	166	-1.289	37
115	164	-1.311	36
116	116	-1.848	31
117	164	-1.311	36
118	176	-1.177	38
119	200	-0.908	40
120	116	-1.848	31

ตาราง 39 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนดิบ (Raw-Score)	คะแนนซี (Z-Score)	คะแนนที (T-Score)
121	166	-1.289	37
122	180	-1.132	38
123	171	-1.233	37
124	154	-1.423	35
125	194	-0.975	40
126	166	-1.289	37
127	195	-0.964	40
128	187	-1.054	39
129	197	-0.942	40
130	171	-1.233	37
131	195	-0.964	40
132	158	-1.378	36
133	194	-0.975	40
134	194	-0.975	40
135	145	-1.524	34
136	140	-1.580	34
137	171	-1.233	37
138	156	-1.401	35
139	186	-1.065	39
140	151	-1.457	35

ตาราง 39 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนดิบ (Raw-Score)	คะแนนซี (Z-Score)	คะแนนที (T-Score)
141	162	-1.333	36
142	191	-1.009	39
143	167	-1.278	37
144	160	-1.356	36
145	123	-1.770	32
146	199	-0.919	40
147	181	-1.121	38
148	199	-0.909	40
149	200	-0.908	40
150	178	-1.154	38
151	197	-0.942	40
152	180	-1.132	38
153	181	-1.121	38
154	198	-0.931	40
155	165	-1.300	36
156	164	-1.311	36
157	153	-1.434	35
158	167	-1.278	37
159	178	-1.154	38
160	193	-0.987	40

ตาราง 39 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนดิบ (Raw-Score)	คะแนนซี (Z-Score)	คะแนนที (T-Score)
161	161	-1.345	36
162	175	-1.188	38
163	167	-1.278	37
164	178	-1.154	38
165	180	-1.132	38
166	173	-1.210	37
167	199	-0.919	40
168	185	-1.076	39
169	188	-1.043	39
170	183	-1.098	39
171	157	-1.389	36
172	194	-0.975	40
173	168	-1.266	37
174	143	-1.546	34
175	165	-1.300	36
176	166	-1.289	37
177	188	-1.043	39
178	197	-0.942	40
179	194	-0.975	40
180	194	-0.975	40

ตาราง 39 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนดิบ (Raw-Score)	คะแนนซี (Z-Score)	คะแนนที (T-Score)
181	189	-1.031	39
182	198	-0.931	40
183	195	-0.964	40
184	193	-0.987	40
185	192	-0.998	40
186	182	+1.110	38
187	169	-1.255	37
188	190	-1.020	39
189	191	-1.009	39
190	190	-1.020	39
191	189	-1.031	39
192	149	-1.479	35
193	169	-1.255	37
194	192	-0.998	40
195	182	-1.110	38
196	155	-1.412	35
197	178	-1.154	38
198	172	-1.222	37
199	200	-0.980	40
200	180	-1.132	38

ตาราง 39 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนดิบ (Raw-Score)	คะแนนซี (Z-Score)	คะแนนที (T-Score)
201	136	-1.624	33
202	139	-1.591	34
203	122	-1.781	32
204	113	-1.882	31
205	137	-1.613	33
206	129	-1.703	32
207	166	-1.289	37
208	145	-1.524	34
209	104	-1.983	30
210	195	-0.964	40
211	113	-1.882	31
212	156	-1.401	35
213	140	-1.580	34
214	125	-1.748	32
215	104	-1.983	30
216	166	-1.289	37
217	137	-1.613	33
		\bar{x}	36.944
		SD	3.239
		SD ²	10.496

$$\text{จากตาราง 36-39, } \bar{x}_1 = 65.547$$

$$\bar{x}_2 = 36.944$$

$$s_1^2 = 33.225$$

$$s_2^2 = 10.496$$

$$n_1 = 212$$

$$n_2 = 217$$

ทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของมัชฌิมเลขคณิตของกลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์สูง
และกลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์ต่ำ

แทนค่าในสูตร

$$z = \frac{(65.547 - 36.944) - 0}{\sqrt{\frac{33.225}{212} + \frac{10.496}{217}}}$$

$$z = 63.157$$

$$z_{.001} = 3.3$$

ตาราง 40 ความถี่ลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 1

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	25	5	-	-	30
สี	-	20	-	10	30
จำนวนรูป	-	-	10	20	30
จำนวนกรอบ	5	5	20	-	30

ตาราง 41 ความถี่ลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 2

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	28	2	-	-	30
สี	-	25	2	3	30
จำนวนรูป	-	-	3	27	30
จำนวนกรอบ	2	3	25	-	30

ตาราง 42 ความถี่ลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 3

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	30	-	-	-	30
สี	-	26	4	-	30
จำนวนรูป	-	2	2	26	30
จำนวนกรอบ	-	2	24	4	30

ตาราง 43 ความถี่ลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 4

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	28	-	2	-	30
สี	-	30	-	-	30
จำนวนรูป	1	-	3	26	30
จำนวนกรอบ	1	-	25	4	30

ตาราง 44 ความถี่ลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 5

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	30	-	-	-	30
สี	-	28	2	-	30
จำนวนรูป	-	2	2	26	30
จำนวนกรอบ	-	-	26	4	30

ตาราง 45 ความถี่ลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 6

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	26	2	2	-	30
สี	2	28	-	-	30
จำนวนรูป	-	-	4	26	30
จำนวนกรอบ	2	-	24	4	30

ตาราง 46 ความถี่ลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 7

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	28	2	-	-	30
สี	2	28	-	-	30
จำนวนรูป	-	-	4	26	30
จำนวนกรอบ	-	-	26	4	30

ตาราง 47 ความถี่ลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 8

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	29	-	1	-	30
สี	1	25	2	2	30
จำนวนรูป	-	2	1	27	30
จำนวนกรอบ	-	3	26	1	30

ตาราง 48 ความถี่ลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 9

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	29	1	-	-	30
สี	1	28	1	-	30
จำนวนรูป	-	-	1	29	30
จำนวนกรอบ	-	1	28	1	30

ตาราง 49 ความถี่ลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 10

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	30	-	-	-	30
สี	-	28	2	-	30
จำนวนรูป	-	2	-	28	30
จำนวนกรอบ	-	-	28	2	30

ตาราง 50 ความถี่สัมพัทธ์ของลำดับที่ของการเลือกตอบสนองต่อภาพที่ 1-10

ลักษณะกำหนด	ลำดับที่ของการตอบสนอง				รวม
	1	2	3	4	
รูปร่าง	28.3	1.2	.5	-	30
สี	.6	26.6	1.3	1.5	30
จำนวนรูป	.1	.8	3	26.1	30
จำนวนกรอบ	1	1.4	25.2	2.4	30

ภาคผนวก 3

สถิติ และข้อมูล ที่ใช้วิเคราะห์ภายหลังการทดลอง

1. หาค่ามัธยัมเลขคณิต (Arithmetic Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และความแปรปรวน (Variance)
2. ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) ใช้วิธีการของ โคแครน (Cochran's test)

สูตร (Kirk 1968:62)

$$c = \frac{\hat{\sigma}_{j \text{ Largest}}^2}{\sum_{j=1}^k \hat{\sigma}_j^2}$$

เมื่อ c แทน การแจกแจงของ c

$\hat{\sigma}_{j \text{ Largest}}^2$ แทน ค่าความแปรปรวนที่มากที่สุดจากความแปรปรวนทั้งหมด

$\sum_{j=1}^k \hat{\sigma}_j^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนทั้งหมด

3. ทดสอบความไม่เป็นผลบวกเชิงเส้นตรงของผลการทดลอง (Test of Nonadditive Model) ใช้วิธีการของไวเนอร์ (Winer)

สูตร (Winer 1971 : 455, 474-477)

$$[1] = G^2/npqr$$

$$[2] = \sum_{ijkm} x_{ijkm}^2$$

$$[3] = (\sum_i A_i^2)/nqr$$

$$[4] = (\sum_j B_j^2)/npr$$

$$\begin{aligned}
 S1 &= (\sum c_k^2)/npq \\
 [6] &= [\sum (AB_{ij})^2]/nr \\
 [7] &= [\sum (AC_{ik})^2]/nq \\
 [8] &= [\sum (BC_{jk})^2]/np \\
 [9] &= [\sum (ABC_{ijk})^2]/n
 \end{aligned}$$

เมื่อ	G^2	แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน จำนวนผู้รับการทดลองในแต่ละเซลล์
	p	แทน ระดับของตัวแปรความคิดสร้างสรรค์ (A)
	q	แทน ระดับของตัวแปรประเภทโมทัศน์ (B)
	r	แทน ระดับของตัวแปรความแข็งแรงของการตอบสนองต่อลักษณะกำหนด (C)
	$\sum X^2$	แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคะแนนยกกำลังสอง
	$\sum A_i^2$	แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนแต่ละระดับของ A
	$\sum B_j^2$	แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนแต่ละระดับของ B
	$\sum C_k^2$	แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนแต่ละระดับของ C
	$\sum (AB_{ij})^2$	แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนในแต่ละเซลล์ของ AB_{ij}
	$\sum (AC_{ik})^2$	แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนในแต่ละเซลล์ของ AC_{ik}
	$\sum (BC_{jk})^2$	แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนในแต่ละเซลล์ของ BC_{jk}
	$\sum (ABC_{ijk})^2$	แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนในแต่ละเซลล์ของ ABC_{ijk}

ตาราง 51 สรุปสูตรการทดสอบความไม่เหมาะสมเชิงเส้นตรงของผลการทดลอง

Source of Variation	SS	df	MS	F
A	[3] - [1]	p-1		
B	[4] - [1]	q-1		
C	[5] - [1]	r-1		
AB	[6] - [3] - [4] + [1]	(p-1)(q-1)		
AC	[7] - [3] - [5] + [1]	(p-1)(r-1)		
BC	[8] - [4] - [5] + [1]	(q-1)(r-1)		
ABC	[9] - [6] - [7] - [8] + [3] + [4] + [5] - [1]	(p-1)(q-1)(r-1)		
Nonadditive	Nonadditive	1	$\frac{SS_{Nonadditive}}{1}$	$\frac{MS_{Nonadditive}}{MS_{Balance}}$
Balance	ABC-Nonadditive	(p-1)(q-1)(r-1) - 1	$\frac{SS_{Balance}}{(p-1)(q-1)(r-1) - 1}$	

4. วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแฟคทอเรียลสามสมบูรณ์ โมเดลกำหนด ใช้วิธีการ
ไวเนอร์ (winer)

สูตร (winer 1971:455)

$$[1] = G^2/npqr$$

$$[2] = \sum x_{ijk}^2$$

$$[3] = (\sum A_i^2)/nqr$$

$$[4] = (\sum B_j^2)/npr$$

$$[5] = (\sum C_k^2)/npq$$

$$[6] = [\sum (AB_{ij})^2]/nr$$

$$[7] = [\sum (AC_{ik})^2]/nq$$

$$[8] = [\sum (BC_{jk})^2]/np$$

$$[9] = [\sum (ABC_{ijk})^2]/n$$

ตาราง 52 สรุปสูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแยกต่อเรียงสัมพันธ์ มิใช่เตลกำกับ

Source of Variation	SS	df	MS	F	E (MS)
A	[3] - [1]	p-1	$SS_A / p-1$	MS_A / MS_W	$\frac{2}{\epsilon} + nqr \sigma_A^2$
B	[4] - [1]	q-1	$SS_B / q-1$	MS_B / MS_W	$\frac{2}{\epsilon} + npr \sigma_B^2$
C	[5] - [1]	r-1	$SS_C / r-1$	MS_C / MS_W	$\frac{2}{\epsilon} + npq \sigma_C^2$
AB	[6] - [3] - [4] + [1]	(p-1)(q-1)	$SS_{AB} / (p-1)(q-1)$	MS_{AB} / MS_W	$\frac{2}{\epsilon} + n \sigma_{\alpha\beta}^2$
AC	[7] - [3] - [5] + [1]	(p-1)(r-1)	$SS_{AC} / (p-1)(r-1)$	MS_{AC} / MS_W	$\frac{2}{\epsilon} + nq \sigma_{\alpha\gamma}^2$
BC	[8] - [4] - [5] + [1]	(q-1)(r-1)	$SS_{BC} / (q-1)(r-1)$	MS_{BC} / MS_W	$\frac{2}{\epsilon} + np \sigma_{\beta\gamma}^2$
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	$\frac{2}{\epsilon} + n \sigma_{\alpha\beta\gamma}^2$
Within Cell	[2] - [9]	pqr(n-1)	$SS_W / pqr(n-1)$		$\frac{2}{\epsilon} \sigma_\epsilon^2$
Total	[2] - [1]	npqr-1			

ตาราง 53 คะแนนจำนวนครั้งที่เรียนมโนทัศน์ของนักเรียน

นักเรียนคนที่	a ₁						a ₂					
	b ₁		b ₂		b ₃		b ₁		b ₂		b ₃	
	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂
1	2	17	28	30	38	40	5	24	30	30	40	40
2	3	15	28	31	28	42	3	26	34	34	42	40
3	2	13	26	28	30	40	8	20	34	30	44	42
4	0	12	28	30	35	38	4	21	32	32	45	44
5	3	10	29	30	36	40	10	18	28	32	48	50
6	2	18	30	32	40	36	6	20	29	33	50	54
7	5	15	30	38	42	38	4	21	26	34	50	50
8	3	15	32	34	36	40	6	25	30	34	54	50
9	4	16	36	35	40	42	5	22	34	40	50	54
10	0	18	38	39	42	43	11	30	40	42	52	54
11	1	20	38	40	38	41	15	20	41	43	58	60
12	2	21	40	38	36	40	14	15	32	44	60	60
13	7	20	28	40	38	45	8	10	40	30	48	60
14	0	20	26	36	39	44	8	18	42	36	41	60
15	4	15	25	34	36	44	6	20	36	38	44	60
16	5	25	18	30	35	42	5	25	28	38	44	58
17	3	20	20	32	38	38	4	24	29	38	43	55
18	2	15	24	30	38	40	8	26	30	28	42	56
19	4	15	25	34	40	42	7	24	28	30	38	60
20	3	15	22	32	40	44	6	28	26	34	39	60

ตาราง 53 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	a ₁						a ₂					
	b ₁		b ₂		b ₃		b ₁		b ₂		b ₃	
	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂	c ₁	c ₂
21	1	14	21	30	38	40	8	15	25	36	38	58
22	2	10	25	30	42	43	8	14	28	38	40	58
23	3	15	28	28	44	42	7	12	29	34	41	58
24	0	16	30	32	40	40	9	18	30	37	28	55
25	0	18	31	38	42	45	10	16	31	28	32	54
26	1	13	32	38	36	46	12	16	32	27	35	53
27	2	19	9	36	38	48	14	17	34	34	40	51
28	1	20	38	35	40	44	14	18	36	39	40	50
29	2	24	40	36	40	44	15	18	38	40	42	48
30	0	26	31	38	42	44	8	19	40	38	36	42
31	1	28	34	36	40	42	8	20	38	38	35	46
32	3	24	32	35	35	40	8	26	36	39	40	45
33	3	26	34	36	36	44	10	28	40	38	44	50
34	2	24	36	38	34	48	10	30	38	40	44	54
x	76	617	992	1159	1159	1292	284	704	1124	1206	1467	1789
x ²	260	11897	30424	39933	39933	60317	2734	15412	37958	43430	64863	95441
\bar{x}	2.255	18.147	29.176	34.176	34.088	42.029	8.952	20.705	33.058	35.407	43.147	52.517
SD	1.652	4.606	6.699	3.587	3.393	2.790	3.310	5.030	4.923	4.446	6.889	6.295

ก. การคำนวณการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance' Test)

จากข้อมูลตาราง 53

$$\frac{2}{\hat{\sigma}} = 2.730 \quad , \quad \frac{2}{\hat{\sigma}} = 21.219 \quad , \quad \frac{2}{\hat{\sigma}} = 44.876$$

$$\frac{2}{\hat{\sigma}} = 12.870 \quad , \quad \frac{2}{\hat{\sigma}} = 11.514 \quad , \quad \frac{2}{\hat{\sigma}} = 7.787$$

$$\frac{2}{\hat{\sigma}} = 10.962 \quad , \quad \frac{2}{\hat{\sigma}} = 25.303 \quad , \quad \frac{2}{\hat{\sigma}} = 24.237$$

$$\frac{2}{\hat{\sigma}} = 19.771 \quad , \quad \frac{2}{\hat{\sigma}} = 47.462 \quad , \quad \frac{2}{\hat{\sigma}} = 39.637$$

แทนค่าในสูตร

$$c = \frac{47.462}{268.373}$$

$$= 0.176$$

$$c_{.01}(12,33) = 0.181 \quad (\text{จากตารางที่ D.11 Kirk 1968:537})$$

ข. การคำนวณการทดสอบความไม่เป็นผลบวกเชิงเส้นตรงของผลการทดลอง (Test of Nonadditive Model)

จากข้อมูลตาราง 53 ผลการคำนวณเป็นดังนี้

ABC Summary table

	b_1		b_2		b_3		total
	c_1	c_2	c_1	c_2	c_1	c_2	
a_1	76	617	992	1159	1292	1429	5565
a_2	284	704	1124	1206	1467	1789	6574
total	360	1321	2116	2365	2759	3218	12139

$$n = 34, p = 2, q = 3, r = 2$$

$$\bar{A}_1 = \sum A_{i.} / npq \quad \text{ดังนั้น} \quad \bar{A}_1 = 5565 / 34 \times 3 \times 2 = 27.2794$$

$$\bar{A}_2 = 6574 / 34 \times 3 \times 2 = 32.2254$$

$$\bar{G} = \sum ABC_{ijk} / npqr \quad \text{ดังนั้น} \quad \bar{G} = 12139 / 34 \times 2 \times 3 \times 2 = 29.7524$$

AB Summary table

	b_1	b_2	b_3	total
a_1	693	2151	2721	5565
a_2	988	2330	3256	6574
total	1681	4481	5977	12139

$$\bar{E}_j = \sum a_{ij} / npr \quad \text{ดังนั้น} \quad \bar{E}_1 = 1681 / 34 \times 2 \times 2 = 12.360$$

$$\bar{E}_2 = 4481 / 34 \times 2 \times 2 = 32.948$$

$$\bar{E}_3 = 5977 / 34 \times 2 \times 2 = 43.948$$

AC Summary table

	c_1	c_2	total
a_1	2360	3205	5565
a_2	2875	3699	6574
total	5235	6904	12139

$$\bar{C}_k = \sum c_{kj} / npq \quad \text{ดังนั้น} \quad \bar{C}_1 = 5235 / 34 \times 2 \times 3 = 25.661$$

$$\bar{C}_2 = 6904 / 34 \times 2 \times 3 = 33.843$$

BC Summary table

	b_1	b_2	b_3	total
c_1	360	2116	2759	5235
c_2	1321	2365	3218	6904
total	1681	4481	5977	12139

$c_i c_j c_k ABC_{ijk} / n$ Summary table

	b_1		b_2		b_3		total
	c_1	c_2	c_1	c_2	c_1	c_2	
a_1	-393.288	3192.878	943.354	-1102.164	5457.256	-6035.927	2062.108
a_2	1469.655	-3643.090	-1068.881	1146.859	-6196.435	7556.525	-735.365
total	1076.367	-450.211	-125.527	44.695	-739.179	1520.597	1326.742

$$\begin{aligned}
 SS_{\text{Nonadditive}} &= \frac{[\sum_i \sum_j \sum_k c_i c_j c_k ABC_{ijk}]^2}{(\sum_i c_i^2)(\sum_j c_j^2)(\sum_k c_k^2)} \\
 &= \frac{(1326.742)^2}{(12.231)(514.232)(33.467)} \\
 &= 8.362
 \end{aligned}$$

$$[1] = G^2 / npqr = (12139)^2 / 34 \times 2 \times 3 \times 2 = 361165.002$$

$$\begin{aligned}
 [2] = \sum_{ijk} X_{ijk}^2 &= 260 + 11879 + 30424 + \dots + 95441 \\
 &= 452145
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [3] = (\sum_i A_i^2) / nqr &= 5565^2 + 6574^2 / 34 \times 3 \times 2 \\
 &= 363660.299
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [4] = (\sum_j B_j^2) / npr &= 1681^2 + 4481^2 + 5977^2 / 34 \times 2 \times 2 \\
 &= 431100.375
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [5] &= (\sum_k C_k^2) / npq &= 5235^2 + 6904^2 / 34 \times 2 \times 3 \\
 & &= 367992.357
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [6] &= [\sum_i (AB_{ij})^2] / nr &= 693^2 + 2151^2 + \dots + 3256^2 / 34 \times 2 \\
 & &= 434080.455
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [7] &= [\sum_k (AC_{jk})^2] / nq &= 2360^2 + 3205^2 + \dots + 3699^2 / 34 \times 3 \\
 & &= 370488.735
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [8] &= [\sum_k (BC_{jk})^2] / np &= 360^2 + 2116^2 + \dots + 3218^2 / 34 \times 2 \\
 & &= 439895.985
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [9] &= [\sum_{ijk} (ABC_{ijk})^2] / n &= 76^2 + 617^2 + \dots + 1789^2 / 34 \\
 & &= 443288.500
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_A &= 363660.299 - 361165.002 \\
 &= 2495.296
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_B &= 431100.375 - 361165.002 \\
 &= 69935.372
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_C &= 367992.357 - 361165.002 \\
 &= 6827.355
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_{AB} &= 434080.455 - 363660.299 - 431100.375 + 361165.002 \\
 &= 484.784
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_{AC} &= 370488.735 - 361165.002 - 367992.357 + 361165.002 \\
 &= 1.081
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_{BC} &= 439895.985 - 431100.375 - 367992.357 + 361165.002 \\
 &= 1968.255
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_{ABC} &= 443288.500 - 434080.455 - 370488.735 - 439895.985 \\
 &\quad + 363660.299 + 431100.375 + 367992.357 - 361165.002 \\
 &= 411.352 \\
 SS_{\text{Within Cell}} &= 452145.000 - 443288.500 \\
 &= 8856.500 \\
 SS_{\text{total}} &= 452145 - 361165.002 \\
 &= 90979.997 \\
 SS_{\text{Balance}} &= SS_{ABC} - SS_{\text{Nonadditive}} \\
 &= 411.352 - 8.362 \\
 &= 402.990
 \end{aligned}$$

สรุปการทดสอบความไม่เป็นผลบวกเชิงเส้นตรงของผลการทดลอง

Source of Variation	SS	df	MS	F
A	2495.296	1		
B	69935.372	2		
C	6827.355	1		
AB	484.784	2		
AC	1.081	1		
BC	1968.255	2		
ABC	411.352	2		
Nonadditive	8.362	1	8.362	0.020
Balance	402.990	1	402.990	

$p > .25$

$F_{.25}(1,1) = 5.83$ (จากตารางที่ C.3 winer 1871:864)

ค. วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแพคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์ โมเดลกำหนด $2 \times 3 \times 2$

สรุปการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแฟคทอเรียลสามสมบูรณ์ โมเดลกำหนด $2 \times 3 \times 2$

Source of Variation	SS	df	MS	F
A	2495.296	1	2495.296	111.458***
B	69935.372	2	34967.686	1561.922***
C	6827.355	1	6827.355	304.961***
AB	484.784	2	242.392	10.827***
AC	1.081	1	1.081	0.0482
BC	1968.255	2	984.127	43.958***
ABC	411.352	2	205.676	9.187***
Within Cell	8856.500	396	22.387	
Total	90979.997	407		

*** $p < .001$

เมื่อ ABC มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึง

5. ทดสอบผลกิริยาร่วมอย่างง่าย (Simple Interaction) ผลอย่างง่าย ๆ (Simple, Simple Effects) ผลอย่างง่าย (Simple Effects) ใช้วิธีการของไวนเนอร์ (Winer)

สูตร (ดัดแปลงจาก Winer, 1971 : 456-464)

Simple Interaction :

$$AB \text{ for level } c_1 = (9c_1) - (7c_1) - (8c_1) + (5c_1)$$

$$AB \text{ for level } c_2 = (9c_2) - (7c_2) - (8c_2) + (5c_2)$$

$$AC \text{ for level } b_1 = (9b_1) - (6b_1) - (8b_1) + (4b_1)$$

$$\text{AC for level } b_2 = (9b_2) - (6b_2) - (8b_2) + (4b_2)$$

$$\text{AC for level } b_3 = (9b_3) - (6b_3) - (8b_3) + (4b_3)$$

$$\text{BC for level } a_1 = (9a_1) - (6a_1) - (7a_1) + (3a_1)$$

$$\text{BC for level } a_2 = (9a_2) - (6a_2) - (7a_2) + (3a_2)$$

Simple, simple Effects :

$$\text{A for level } bc_{11} = (9bc_{11}) - (8bc_{11})$$

$$\text{A for level } bc_{12} = (9bc_{12}) - (8bc_{12})$$

$$\text{A for level } bc_{21} = (9bc_{21}) - (8bc_{21})$$

$$\text{A for level } bc_{22} = (9bc_{22}) - (8bc_{22})$$

$$\text{A for level } bc_{31} = (9bc_{31}) - (8bc_{31})$$

$$\text{A for level } bc_{32} = (9bc_{32}) - (8bc_{32})$$

$$\text{B for level } ac_{11} = (9ac_{11}) - (7ac_{11})$$

$$\text{B for level } ac_{12} = (9ac_{12}) - (7ac_{12})$$

$$\text{B for level } ac_{32} = (9ac_{21}) - (7ac_{21})$$

$$\text{B for level } ac_{22} = (9ac_{22}) - (7ac_{22})$$

$$\text{C for level } ab_{11} = (9ab_{11}) - (6ab_{11})$$

$$\text{C for level } ab_{12} = (9ab_{12}) - (6ab_{12})$$

$$\text{C for level } ab_{21} = (9ab_{21}) - (6ab_{21})$$

$$\text{C for level } ab_{22} = (9ab_{22}) - (6ab_{22})$$

$$C \text{ for level } ab_{13} = (9ab_{13}) - (6ab_{13})$$

$$C \text{ for level } ab_{23} = (8ab_{23}) - (6ab_{23})$$

Simple Effects

$$A \text{ for level } b_1 = (6b_1) - (4b_1)$$

$$A \text{ for level } b_2 = (6b_2) - (4b_2)$$

$$A \text{ for level } b_3 = (6b_3) - (4b_3)$$

$$A \text{ for level } c_1 = (7c_1) - (5c_1)$$

$$A \text{ for level } c_2 = (7c_2) - (5c_2)$$

$$B \text{ for level } a_1 = (6a_1) - (3a_1)$$

$$B \text{ for level } a_2 = (6a_2) - (3a_2)$$

$$B \text{ for level } c_1 = (8c_1) - (5c_1)$$

$$B \text{ for level } c_2 = (8c_2) - (5c_2)$$

$$C \text{ for level } a_1 = (7a_1) - (3a_1)$$

$$C \text{ for level } a_2 = (7a_2) - (3a_2)$$

$$C \text{ for level } b_1 = (8b_1) - (4b_1)$$

$$C \text{ for level } b_2 = (8b_2) - (4b_2)$$

$$C \text{ for level } b_3 = (8b_3) - (4b_3)$$

4
END

$$3a_1 = A_1^2/nqr$$

$$3a_2 = A_2^2/nqr$$

$$4b_1 = B_1^2/npr$$

$$\begin{aligned}
4b_2 &= B_2^2/npr & 4b_3 &= B_3^2/npr & 5c_1 &= C_1^2/npq \\
5c_2 &= C_2^2/npq & 6a_1 &= [\sum (AB_{1j})^2]/nr \\
6a_2 &= [\sum (AB_{2j})^2]/nr & 6b_1 &= [\sum (AB_{i1})^2]/nr \\
6b_2 &= [\sum (AB_{i2})^2]/nr & 6b_3 &= [\sum (AB_{i3})^2]/nr \\
7a_1 &= [\sum (AC_{1k})^2]/nq & 7a_2 &= [\sum (AC_{2k})^2]/nq \\
7c_1 &= [\sum (AC_{i1})^2]/nq & 7c_2 &= [\sum (AC_{i2})^2]/nq \\
8b_1 &= [\sum (BC_{1k})^2]/np & 8b_2 &= [\sum (BC_{2k})^2]/np \\
8b_3 &= [\sum (BC_{3k})^2]/np & 8c_1 &= [\sum (BC_{j1})^2]/np \\
8c_2 &= [\sum (BC_{j2})^2]/np & 9a_1 &= [\sum (ABC_{ijk})^2]/n \\
9a_2 &= [\sum (ABC_{2jk})^2]/n & 9b_1 &= [\sum (ABC_{ijk})^2]/n \\
9b_2 &= [\sum (ABC_{i2k})^2]/n & 9b_3 &= [\sum (ABC_{i3k})^2]/n \\
9c_1 &= [\sum (ABC_{ij1})^2]/n & 9c_2 &= [\sum (ABC_{ij2})^2]/n \\
6ab_{11} &= [\sum (AB_{11})^2]/nr & 6ab_{12} &= [\sum (AB_{12})^2]/nr \\
6ab_{21} &= [\sum (AB_{21})^2]/nr & 6ab_{22} &= [\sum (AB_{22})^2]/nr \\
6ab_{13} &= [\sum (AB_{13})^2]/nr & 6ab_{23} &= [\sum (AB_{23})^2]/nr \\
7ac_{11} &= [\sum (AC_{11})^2]/nq & 7ac_{12} &= [\sum (AC_{12})^2]/nq \\
7ac_{21} &= [\sum (AC_{21})^2]/nq & 7ac_{22} &= [\sum (AC_{22})^2]/nq \\
8bc_{11} &= [\sum (BC_{11})^2]/np & 8bc_{12} &= [\sum (BC_{12})^2]/np \\
8bc_{21} &= [\sum (BC_{21})^2]/np & 8bc_{22} &= [\sum (BC_{22})^2]/np
\end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll}
 8bc_{31} = [\sum (BC_{31})^2] / np & 8bc_{32} = [\sum (BC_{32})^2] / np \\
 9ab_{11} = [\sum (ABC_{11k})^2] / n & 9ab_{12} = [\sum (ABC_{12k})^2] / n \\
 9ab_{21} = [\sum (ABC_{21k})^2] / n & 9ab_{22} = [\sum (ABC_{221})^2] / n \\
 9ab_{13} = [\sum (ABC_{13k})^2] / n & 9ab_{23} = [\sum (ABC_{23k})^2] / n \\
 9ac_{11} = [\sum (ABC_{1j1})^2] / n & 9ac_{12} = [\sum (ABC_{1j2})^2] / n \\
 9ac_{11} = [\sum (ABC_{2j1})^2] / n & 9ac_{22} = [\sum (ABC_{2j2})^2] / n \\
 9bc_{11} = [\sum (ABC_{i11})^2] / n & 9bc_{12} = [\sum (ABC_{i12})^2] / n \\
 9bc_{21} = [\sum (ABC_{i21})^2] / n & 9bc_{22} = [\sum (ABC_{i22})^2] / n \\
 9bc_{31} = [\sum (ABC_{i31})^2] / n & 9bc_{32} = [\sum (ABC_{i32})^2] / n
 \end{array}$$

ตาราง 54 สรุปผลการทดสอบผลกิริยาร่วมอย่างง่าย, ผลอย่างง่าย ๆ และผลอย่างง่าย

Source of Variation	SS	df	MS	F
<u>Simple Interactions:</u>				
AB for c_1	$(9c_1) - (7c_1) - (8c_1) + (5c_1)$	$(p-1)(q-1)$	$SS_{AB} \text{ for } c_1 / (p-1)(q-1)$	$MS_{AB} \text{ for } c_1 / MS_W$
AB for c_2	$(9c_2) - (7c_2) - (8c_2) + (5c_2)$	$(p-1)(q-1)$	$SS_{AB} \text{ for } c_2 / (p-1)(q-1)$	$MS_{AB} \text{ for } c_2 / MS_W$
AC for b_1	$(9b_1) - (6b_1) - (2b_1) + (4b_1)$	$(p-1)(r-1)$	$SS_{AC} \text{ for } b_1 / (p-1)(r-1)$	$MS_{AC} \text{ for } b_1 / MS_W$
AC for b_2	$(9b_2) - (6b_2) - (8b_2) + (4b_2)$	$(p-1)(r-1)$	$SS_{AC} \text{ for } b_2 / (p-1)(r-1)$	$MS_{AC} \text{ for } b_2 / MS_W$
AC for b_3	$(9b_3) - (6b_3) - (8b_3) + (4b_3)$	$(p-1)(r-1)$	$SS_{AC} \text{ for } b_3 / (p-1)(r-1)$	$MS_{AC} \text{ for } b_3 / MS_W$
BC for a_1	$(9a_1) - (6a_1) - (7a_1) + (3a_1)$	$(q-1)(r-1)$	$SS_{BC} \text{ for } a_1 / (q-1)(r-1)$	$MS_{BC} \text{ for } a_1 / MS_W$
BC for a_2	$(9a_2) - (6a_2) - (7a_2) + (3a_2)$	$(q-1)(r-1)$	$SS_{BC} \text{ for } a_2 / (q-1)(r-1)$	$MS_{BC} \text{ for } a_2 / MS_W$
<u>Simple, simple Effects:</u>				
A for bc_{11}	$(9bc_{11}) - (8bc_{11})$	$p-1$	$SS_A \text{ for } bc_{11} / p-1$	$MS_A \text{ for } bc_{11} / MS_W$
A for bc_{12}	$(9bc_{12}) - (8bc_{12})$	$p-1$	$SS_A \text{ for } bc_{12} / p-1$	$MS_A \text{ for } bc_{12} / MS_W$

Source of Variation	SS	df	MS	F
<u>Simple, simple Effects:</u>				
A for bc_{21}	$(9bc_{21}) - (8bc_{21})$	p-1	SS_A for $bc_{21}/p-1$	MS_A for bc_{21}/MS_W
A for bc_{22}	$(9bc_{22}) - (8bc_{22})$	p-1	SS_A for $bc_{22}/p-1$	MS_A for bc_{22}/MS_W
A for bc_{31}	$(9bc_{31}) - (8bc_{31})$	p-1	SS_A for $bc_{31}/p-1$	MS_A for bc_{31}/MS_W
A for bc_{32}	$(9bc_{32}) - (8bc_{32})$	p-1	SS_A for $bc_{32}/p-1$	MS_A for bc_{32}/MS_W
B for ac_{11}	$(9ac_{11}) - (7ac_{11})$	q-1	SS_B for $ac_{11}/q-1$	MS_B for ac_{11}/MS_W
B for ac_{12}	$(9ac_{12}) - (7ac_{12})$	q-1	SS_B for $ac_{12}/q-1$	MS_B for ac_{12}/MS_W
B for ac_{21}	$(9ac_{21}) - (7ac_{21})$	q-1	SS_B for $ac_{21}/q-1$	MS_B for ac_{21}/MS_W
B for ac_{22}	$(9ac_{22}) - (7ac_{22})$	q-1	SS_B for $ac_{22}/q-1$	MS_B for ac_{22}/MS_W
C for ab_{11}	$(9ab_{11}) - (6ab_{11})$	r-1	SS_C for $ab_{11}/r-1$	MS_C for ab_{11}/MS_W
C for ab_{12}	$(9ab_{12}) - (6ab_{12})$	r-1	SS_C for $ab_{12}/r-1$	MS_C for ab_{12}/MS_W