

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอนแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาผลสรุปการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อน

ประเภทที่ 1 จากผลการทดลองการเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี คือ

1. วิธีทดสอบของทูกี (Tukey's HSD Test)
2. วิธีเปรียบเทียบพหุคูณของตันน์ (Dunn's Multiple Comparisons)
3. วิธีเอสของเชฟเฟย์ (Scheff'e 's S\*Method)
4. วิธีทดสอบของตันเนตต์ (Dunnett's Test)
5. วิธีทดสอบของนิวแมนคูลส์ (Newman Keuls Test)

ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้คือ

1. ลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบปกติ ยูนิฟอร์ม และเลปโตเคอร์ติคัล
2. จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มและ 4 กลุ่ม
3. ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากันในแต่ละครั้งของการทดลองคือ 5, 10 และ 15
4. อัตราส่วนความแปรปรวนเท่ากันสำหรับกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มและ 4 กลุ่ม คือ 1:1:1 และ 1:1:1:1 อัตราส่วนความแปรปรวนไม่เท่ากันในกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มคือ .9:1:1.1 และ .8:1:1.2

#### แผนการทดลอง

1. ทดลองหาค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 5 วิธี โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่มทดลองทั้งสิ้น 90 กรณี
  - 1.1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 5 กำหนดการทดลอง 30 กรณี จำนวนดังนี่คือ
    - 1.1.1 เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน จำนวน 10 กรณี ตามลักษณะการแจกแจงของประชากรที่กำหนดไว้

1.1.2 เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น .9:1:1:1 จำนวน 10 กรณี  
ตามลักษณะการแจกแจงของประชากรที่กำหนดไว้

1.1.3 เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น .8:1:1.2 จำนวน 10 กรณี  
ตามลักษณะการแจกแจงของประชากรที่กำหนดไว้

ลักษณะการแจกแจงของประชากรสำหรับกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มกำหนดไว้ดังนี้

NNN	NNU	NNL
UUU	UUN	UUL
LLL	LLN	LLU
NUL		

1.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 10 กำหนดการทดลอง 30 กรณี จำแนก  
เช่นเดียวกับข้อ 1.1

1.3 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 15 กำหนดการทดลอง 30 กรณี จำแนก  
เช่นเดียวกับข้อ 1.1

(แผนการทดลองในข้อ 1 จะเล่นค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองในกรณีต่างๆทั้งสิ้น 450  
ค่า สำหรับ Nominated  $\alpha = .05$  และอีก 340 ค่าสำหรับ Nominated  $\alpha = .01$ )

2. ทดลองหาค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 5 วิธี โดยกำหนด  
กลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 กลุ่ม ทดลองเฉพาะเมื่อกำหนดค่าความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน  
ทั้ง 4 กลุ่ม ทดลองทั้งสิ้น 24 กรณี จำแนกได้ดังนี้คือ

2.1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 5 กำหนดการทดลอง 8 กรณีตามลักษณะ  
การแจกแจงประชากรที่กำหนดไว้ดังนี้

NNNN	NNUU	NNLL	NNUL
UUUU	UULL	UUNL	
LLLL			

2.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 10 กำหนดการทดลอง 8 กรณี ตามลักษณะการแจกแจงประชากรในข้อ 2.1

(แผนการทดลองในข้อ 2 จะเสนอค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองในกรณีต่างๆทั้งสิ้น 120 ค่า สำหรับ Nominated  $\alpha = .05$  และอีก 120 ค่า สำหรับ Nominated  $\alpha = .01$ )

วิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้เทคนิคของมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน โดยแต่ละกรณี กำหนดให้คอมพิวเตอร์จำลองการทดลอง 1000 ครั้งในแต่ละครั้งกำหนดให้คำนวณค่าอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 5 วิธี โดยการเปรียบเทียบรายคู่ทุกคู่ และนับจำนวนการทดลองที่มันยสำคัญของแต่ละวิธีตามอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุไว้

(การทดลองครั้งนี้ กำหนดให้  $\mu = 100$  ทุกลักษณะการแจกแจงประชากร ส่วน  $\sigma^2 = 100$  สำหรับกรณีที่ความแปรปรวนเท่ากัน)

โปรแกรมสำหรับการทดลองใช้ภาษา Fortran IV และใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM 370/3011

#### สรุปผลการทดลอง

เพื่อการเสนอผลสรุปการทดลองครั้งนี้ให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย จึงจัดประเภทของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็น 3 รูปแบบจากเกณฑ์ของโคแรน และเพื่อให้ผลสรุปกระทัดรัด จึงขอเสนอผลสรุปเป็นตารางเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อน ( $\tau$ ) ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 5 วิธีในรูปของตารางดังนี้

ตารางที่ 14 จำนวนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี จำแนกตามความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเท่ากันเป็น 1:1:1

วิธีเปรียบเทียบพหุคูณ	ความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .05									รวม		อัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .01									รวม	
	ควบคุมได้			ควบคุมไม่ได้						๐    1	๐ # 1	ควบคุมได้			ควบคุมไม่ได้						๐    1	๐ # 1
	τ = α			τ > α		τ < α						τ = α			τ > α		τ < α					
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15				
Tukey	5	9	1	5	1	9	-	-	-	15	15	7	9	8	2	-	2	1	1	-	24	6
Dunn	10	9	8	-	1	1	-	-	1	27	3	9	9	8	-	-	1	1	1	1	26	4
Scheff'e	10	10	9	-	-	-	-	-	1	29	1	7	7	7	-	-	-	3	3	3	21	9
Dunnett	-	-	-	10	10	10	-	-	-	-	30	3	4	3	7	6	7	-	-	-	10	20
Newman Keuls	-	-	1	10	10	9	-	-	-	1	29	6	8	6	4	2	4	-	-	-	20	10

ตารางที่ 15 จำนวนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี จำนวนตามความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น .9:1:1.2

วิธีเปรียบเทียบพหุคูณ	อัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .05									อัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .01												
	ควบคุมได้			ควบคุมไม่ได้						รวม		ควบคุมได้			ควบคุมไม่ได้						รวม	
	$\tau = \alpha$			$\tau > \alpha$			$\tau < \alpha$			๘    ๗	๘ # ๗	$\tau = \alpha$			$\tau > \alpha$			$\tau < \alpha$			๘    ๗	๘ # ๗
	5	10	15	5	10	15	5	10	15			5	10	15	5	10	15	5	10	15		
Tukey	4	8	3	6	2	7	-	-	-	15	15	8	9	7	1	-	-	1	1	3	24	6
Dunn	9	7	8	1	1	1	-	2	1	24	6	8	9	7	1	-	2	1	1	1	24	6
Scheff'e	9	7	8	1	-	1	-	3	1	24	6	7	7	7	1	-	-	2	3	3	21	9
Dunnett	-	-	-	10	10	10	-	-	-	-	30	3	4	2	7	6	8	-	-	-	9	21
Newman Keuls	-	-	-	10	10	10	-	-	-	-	30	6	9	5	4	1	5	-	-	-	20	10

ตารางที่ 16 จำนวนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี จำแนกตามความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเป็น .8:1:1.2

วิธีเปรียบเทียบพหุคูณ	อัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .05									รวม		อัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .01									รวม	
	ควบคุมได้			ควบคุมไม่ได้						=	≠	ควบคุมได้			ควบคุมไม่ได้						=	≠
	$\tau = \alpha$			$\tau > \alpha$			$\tau < \alpha$					$\tau = \alpha$			$\tau > \alpha$			$\tau < \alpha$				
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	
Tukey	3	7	2	7	3	8	-	-	-	12	18	9	9	8	1	-	1	-	1	1	26	4
Dunn	9	7	7	1	1	2	-	2	1	23	7	7	8	8	1	-	1	2	2	1	23	7
Scheff'e	9	8	7	1	-	2	-	3	1	24	6	5	7	7	1	-	1	4	3	2	19	11
Dunnett	-	-	-	10	10	10	-	-	-	-	30	4	5	2	6	5	8	-	-	-	11	19
Newman Keuls	-	-	1	10	10	9	-	-	-	1	29	6	9	5	4	1	5	-	-	-	20	10

ตารางที่ 17 จำนวนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ 5 วิธี จำแนกตามความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่ออัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรเท่ากันเป็น 1:1:1:1

วิธีเปรียบเทียบพหุคูณ	อัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .05									รวม		อัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุในระดับ .01									รวม	
	ควบคุมได้			ควบคุมไม่ได้						๐	๘	ควบคุมได้			ควบคุมไม่ได้						๐	๘
	τ = α			τ > α			τ < α					τ = α			τ > α			τ < α				
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	๐	๘	5	10	15	5	10	15	5	10	15	๐	๘
Tukey	2	2	3	6	6	5	-	-	-	7	17	6	6	7	2	1	1	-	1	-	19	5
Dunn	7	6	5	-	2	2	1	-	1	18	6	8	6	7	-	1	-	-	1	1	21	3
Scheff'e	-	1	2	-	-	-	8	7	6	3	21	-	3	-	-	-	-	8	5	8	3	21
Dunnett	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-	24	1	-	-	7	8	8	-	-	-	1	23
Newman Keuls	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-	24	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-	24

ตารางสรุปผลการทดลองตารางที่ 14 - ตารางที่ 17 สรุปได้ดังนี้คือ

ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ เฉพาะการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ทั้ง 5 วิธีจากผลการทดลองครั้งนี้ สรุปได้ดังนี้

1. วิธีทดสอบของบูกี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 142 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 86 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภท  $\tau > \alpha$

2. วิธีเปรียบเทียบพหุคูณของตันน์ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 186 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 42 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ ส่วนใหญ่เป็นประเภท  $\tau > \alpha$  เมื่อระดับ  $\alpha = .05$  และ  $\tau < \alpha$  เมื่อระดับ  $\alpha = .01$

3. วิธีเอสของเชฟเพย์ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 144 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 225 กรณี ควบคุมไม่ได้ 84 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ ส่วนใหญ่เป็นประเภท  $\tau < \alpha$

4. วิธีทดสอบของตันเนตต์ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 31 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 197 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ ส่วนใหญ่เป็นประเภท  $\tau > \alpha$

5. วิธีทดสอบของนิวแมนคูลล์ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนตามที่กำหนดได้ 62 กรณี ในการทดลองทั้งสิ้น 228 กรณี ควบคุมไม่ได้ 166 กรณี ความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นประเภท  $\tau > \alpha$

ผลสรุปที่อาจจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้

1. เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากันและไม่เท่ากันในอัตราส่วน .9.1.1.1 และ .8.1.1.2 สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม

วิธีของตันน์และวิธีของเชฟเพย์สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้ในระดับ  $\alpha = .05$  และสำหรับระดับ  $\alpha = .01$  วิธีเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 5 วิธี ยกเว้นวิธีทดสอบของตันเนตต์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับที่ระบุในระดับ .01 (รายละเอียดระบุในตารางที่

2. เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม วิธีของต้นนี้สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้ ในระดับ  $\alpha = .05$  และสำหรับระดับ  $\alpha = .01$  วิธีของทูกี้และวิธีของต้นนี้สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับที่ระบุในระดับ .01 (รายละเอียดระบุไว้ในตารางที่ 17 )

อนึ่งผลของการทดลอง เพื่อแสดงว่าวิธีเปรียบเทียบพหุคูณใดที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนได้จำแนกตามอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ ( $\alpha$ ) ในลักษณะการแจกแจงประชากรที่กำหนดตามแผนการทดลอง จำแนกตามอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุและขนาดกลุ่มตัวอย่างอยู่ในภาคผนวก ค

#### อภิปรายผล

ผลการทดลองเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ดังปรากฏในผลสรุปของการวิจัยครั้งนี้ปรากฏเด่นชัดว่ามีผลสอดคล้องกับลักษณะการสร้างวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณของแต่ละวิธี กล่าวคือ ทูกี้ได้สร้างวิธีทดสอบเพื่อควบคุมความคลาดเคลื่อนของการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยเฉพาะ ดังนั้นผลการทดลองจึงปรากฏชัดว่าสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เป็นจำนวนมาก แม้สถานการณ์จะเปลี่ยนแปลงไปจากข้อตกลงเบื้องต้นบางประการก็ตาม ส่วนวิธีของต้นนี้สร้างวิธีเปรียบเทียบพหุคูณให้พอดีกับจำนวนการเปรียบเทียบ ซึ่งปรากฏว่า สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีเป็นอันดับ 1 และคงทนต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการแจกแจงประชากร และความแปรปรวนประชากรได้ดีเป็นอันดับ 1 จึงเป็นวิธีเปรียบเทียบพหุคูณที่น่าใช้มากที่สุด ส่วนเชฟเพย์คิตวีรีเอฟเพื่อควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สำหรับการเปรียบเทียบไม่จำกัดจำนวน ดังนั้นผลการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบรายคู่ จึงพบว่ามีลักษณะค่อนข้างจะไม่ไว (insensitive) เท่ากับค่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวิธีทดสอบของต้นเน็ตต์สร้างขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบรายคู่ในด้านการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองเป็นหลักสำคัญ เมื่อนำมาเปรียบเทียบเป็นรายคู่จึงมีความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เกินกว่าความคลาดเคลื่อนที่ระบุเป็นจำนวนมาก

### ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยขอเสนอแนะเป็น 2 ส่วนดังนี้คือ

ก. ข้อเสนอแนะเพื่อการเลือกใช้สถิติ

สำหรับการเลือกใช้วิธีเปรียบเทียบพหุคูณ เพื่อการทดสอบสมมติฐานในแนวการหาผลสรุปโดยการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ และเมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดกลางมีขนาดเท่าๆกันขอเสนอวิธีของทุกี่ สำหรับการเปรียบเทียบภายหลัง และวิธีของสทินน์สำหรับการเปรียบเทียบภายหลังแรก

ข. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. การวิจัยเพื่อหาผลสรุปของอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในลักษณะของการเปรียบเทียบที่มีใช่เป็นรายคู่ หรือการเปรียบเทียบที่ซับซ้อน (Complex contrast) -
2. ศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณอื่นที่กำหนดรูปแบบของพารามิเตอร์ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น
3. ศึกษาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีทดสอบทางสถิติวิธีอื่น เช่น เมื่อลักษณะข้อมูลอยู่ในสเกลต่างๆ