

# การทดสอบความแปรปรวน

สถิติสำหรับจิตวิทยา 1

สันทัด พรประเสริฐมานิต

# โครงร่างการนำเสนอ

- ความคาดเคลื่อนจากการสุ่มของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม
- การกระจายแบบ  $F$
- การทดสอบความแปรปรวน
- การเปรียบเทียบรายคู่
- รูปแบบการขยายผล
- การเปรียบเทียบแบบซับซ้อน
- รายละเอียดเพิ่มเติมที่ไม่ได้สอน

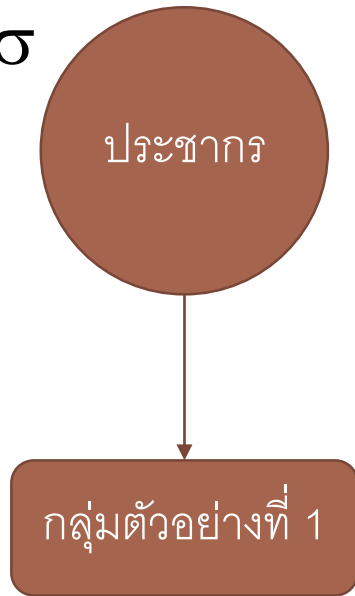
# แนะนำ

- ในคาบที่แล้ว เราสามารถใช้การทดสอบรายคู่ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มมากกว่า 2 กลุ่ม
- ครั้งนี้ จะเสนอแนวการทดสอบอีกวิธีหนึ่ง โดยดูว่าการกระจายของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มสูงหรือไม่
  - ถ้าการกระจายของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม สูงกว่าโอกาสที่เกิดขึ้นจากการสุ่ม กลุ่มต่างๆ ไม่น่าจะมาจากประชากรเดียวกัน
- เรียกสถิตินี้ว่า การทดสอบความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA)

# ความคาดเคลื่อนจากการสุ่มของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

- ทดสอบพฤติกรรมของค่าเฉลี่ยหากถูกสุ่มมาจากประชากรเดียวกัน

$\mu, \sigma$



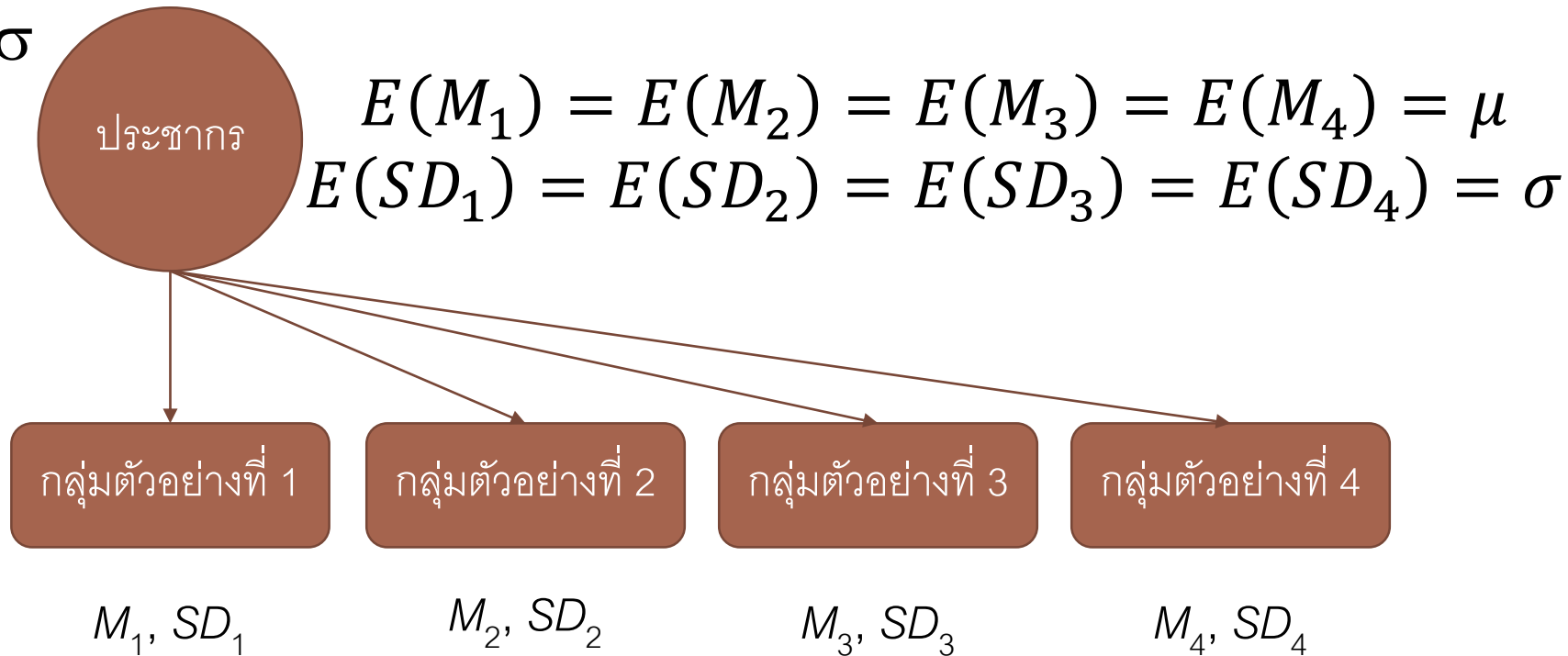
$M_1, SD_1$

$$E(M_1) = \mu$$
$$E(SD_1) = \sigma$$

# ความคาดเคลื่อนจากการสุ่มของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

- ทดสอบพฤติกรรมของค่าเฉลี่ยหากสุ่มมาจากประชากรเดียวกัน

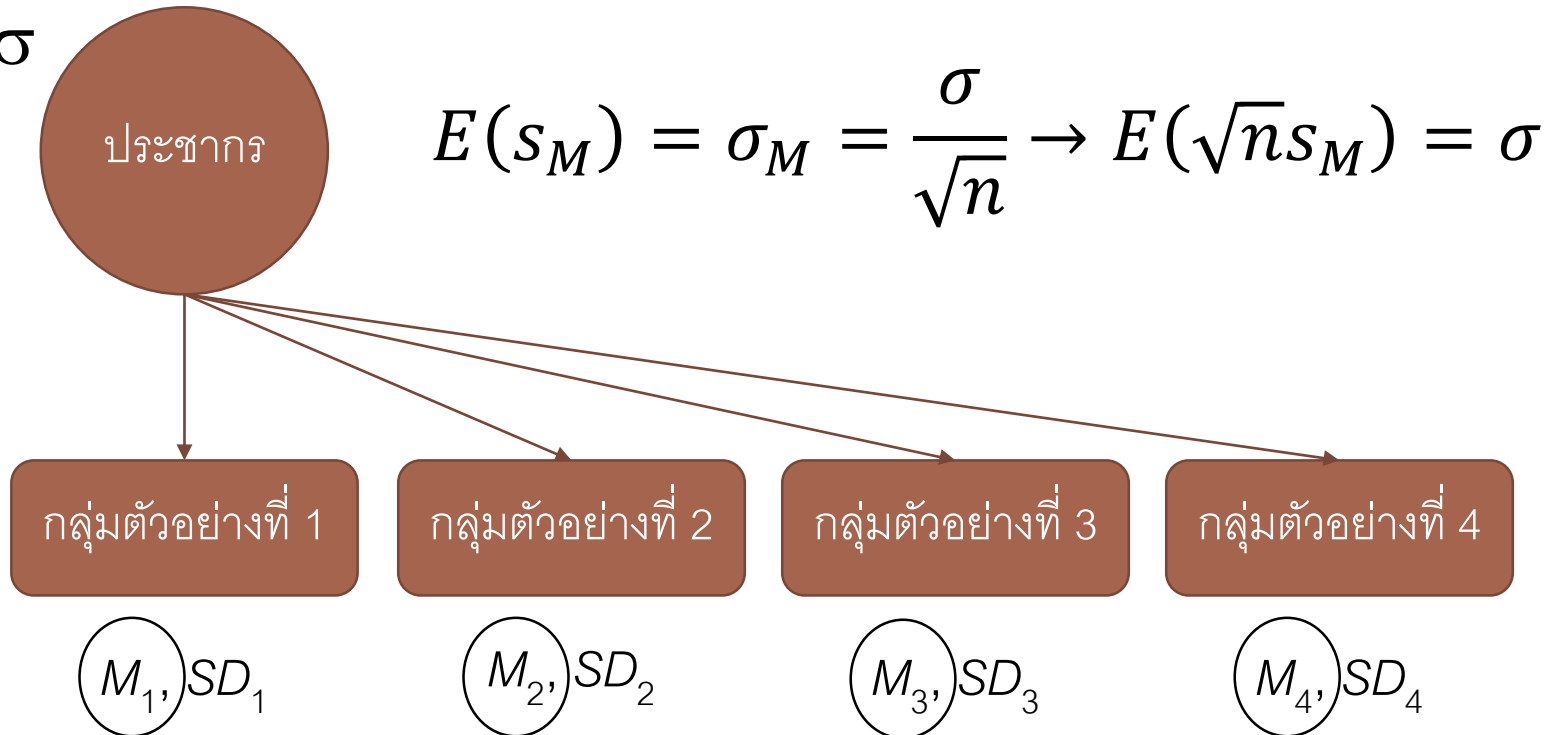
$\mu, \sigma$



# ความคาดเคลื่อนจากการสุ่มของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

- ทดสอบพฤติกรรมของค่าเฉลี่ยหากถูกสุ่มมาจากประชากรเดียวกัน

$\mu, \sigma$



# ความคาดเคลื่อนจากการสุ่มของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

- สังเกตว่า หากกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรเดียวกันแล้ว ความแปรปรวนของประชากรสามารถทำนายด้วยสถิติสองรูปแบบด้วยกัน

$$E(SD_1^2) = E(SD_2^2) = E(SD_3^2) = E(SD_4^2) = \sigma^2$$
$$E(ns_M^2) = \sigma^2$$

- ความแปรปรวนภายในกลุ่มสามารถรวมกันได้เป็นความแปรปรวนร่วม (pooled variance)

$$SD_{\text{Pooled}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k SS_j}{\sum_{j=1}^k df_j}}; SS_j = df_j (SD_j^2)$$

$k$  คือจำนวนกลุ่ม

# ความคาดเคลื่อนจากการสุ่มของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

- กล่าวคือ

$$E(SD_{\text{Pooled}}^2) = \sigma^2$$
$$E(ns_M^2) = \sigma^2$$

- ดังนั้น หากกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรเดียวกันจริงแล้ว

$$E\left(\frac{ns_M^2}{SD_{\text{Pooled}}^2}\right) = 1$$

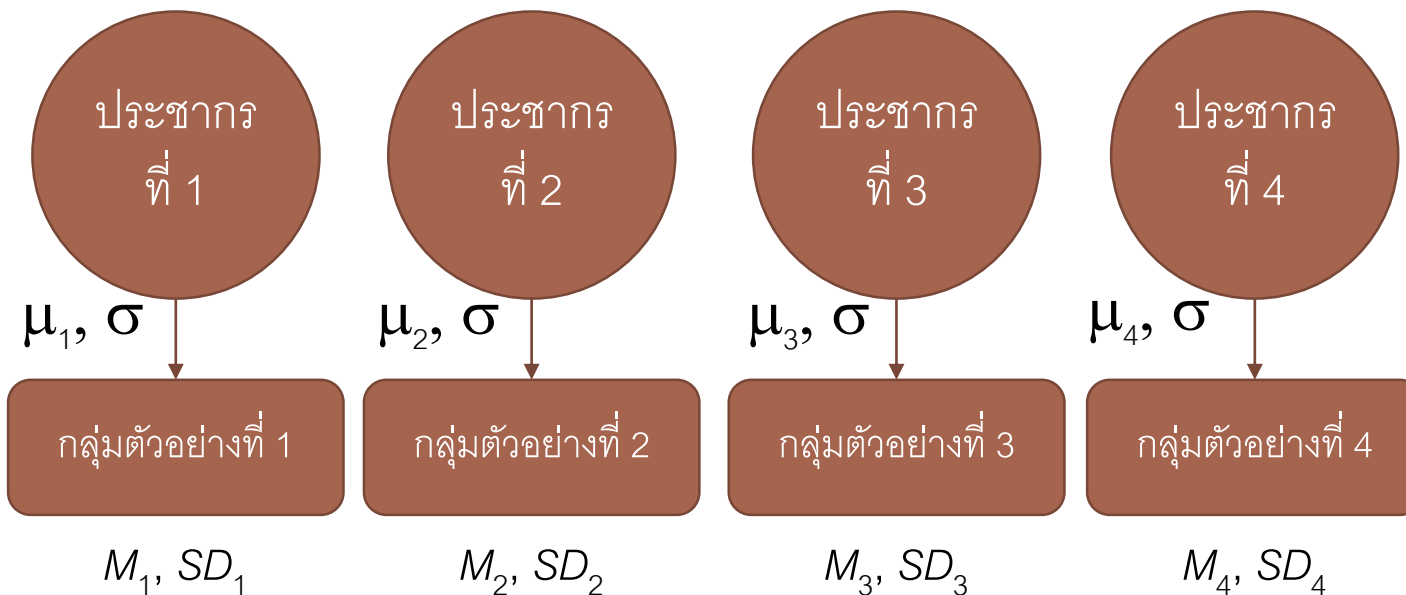
- แต่ทว่า สัดส่วนดังกล่าวจากกลุ่มตัวอย่าง ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ 1 เสมอไป อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่า 1 ก็ได้



# ความคาดเคลื่อนจากการสุ่มของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

- หากกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรคนละกลุ่ม

$$E(SD_1^2) = E(SD_2^2) = E(SD_3^2) = E(SD_4^2) = E(SD_{\text{Pooled}}^2) = \sigma^2$$
$$E(ns_M^2) = \sigma^2 + \text{ความแตกต่างระหว่าง } \mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$$



# ความคาดเคลื่อนจากการสุ่มของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

- ดังนั้น หากกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่แตกต่างกันและมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน

$$E \left( \frac{ns_M^2}{SD_{\text{Pooled}}^2} \right) > 1$$

- แต่ทว่า สัดส่วนดังกล่าวจากกลุ่มตัวอย่าง อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่า 1 ก็ได้ เนื่องจากความผิดพลาดจากการสุ่ม

# ความคาดเคลื่อนจากการสุ่มของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$H_1$ : มีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

$$E \left( \frac{ns_M^2}{SD_{\text{Pooled}}^2} \right) = 1$$

$$E \left( \frac{ns_M^2}{SD_{\text{Pooled}}^2} \right) > 1$$

# ความคาดเคลื่อนจากการสุ่มของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

- ตัวอย่างของ  $H_1$

$$\mu_1 = 20$$

$$\mu_2 = 20$$

$$\mu_3 = 20$$

$$\mu_4 = 25$$

$$\mu_1 = 25$$

$$\mu_2 = 20$$

$$\mu_3 = 20$$

$$\mu_4 = 25$$

$$\mu_1 = 18$$

$$\mu_2 = 19$$

$$\mu_3 = 20$$

$$\mu_4 = 91$$

$$\mu_1 = 18.1$$

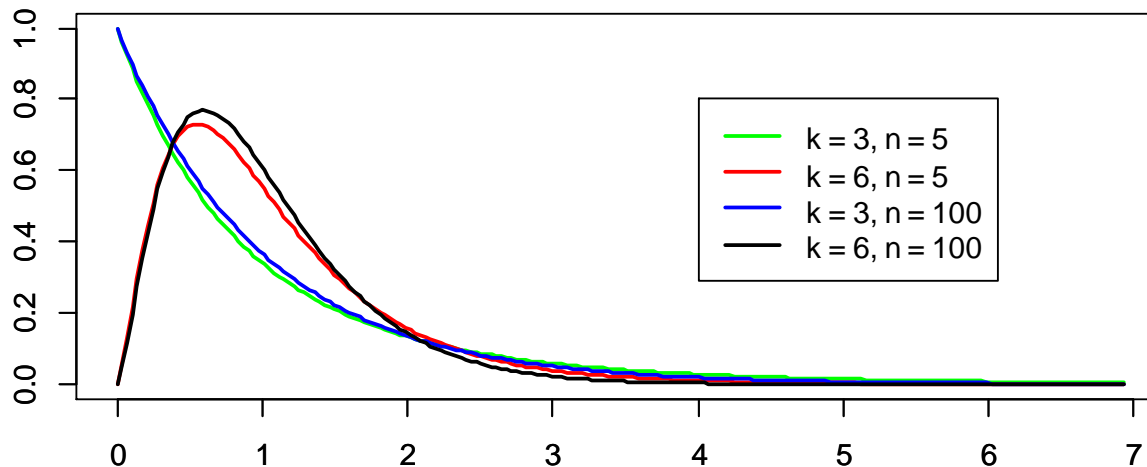
$$\mu_2 = 18.1$$

$$\mu_3 = 18.2$$

$$\mu_4 = 18.2$$

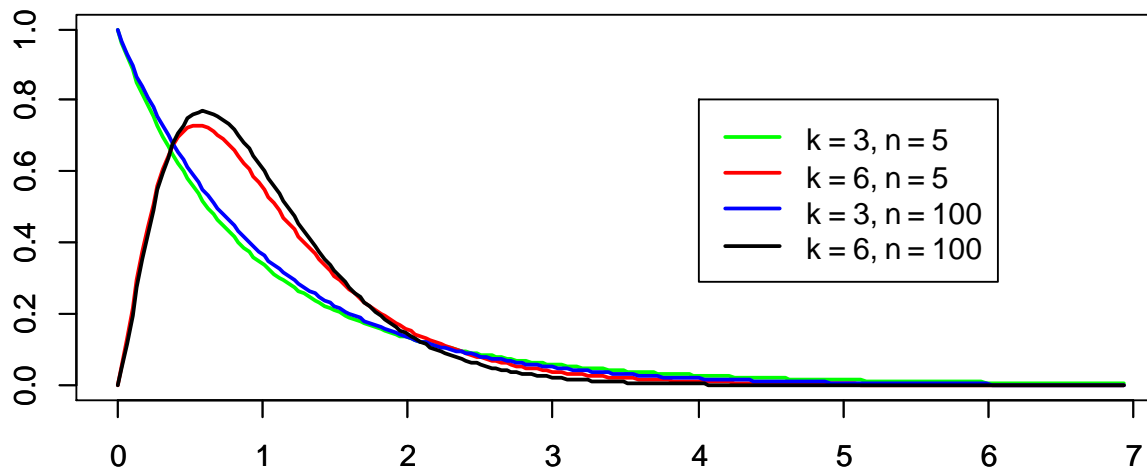
# การกระจายแบบ $F$

- ในการทดสอบสมมติฐาน เราต้องรู้การกระจายของค่าสถิติหากสมมติฐานเป็นจริง
- นักสถิติพบว่าหาก Null Hypothesis เป็นจริง ค่าสถิติ  $F = \frac{ns_M^2}{SD_{Pooled}^2}$  จะมี การกระจายแบบ  $F$  ( $F$ -distribution)



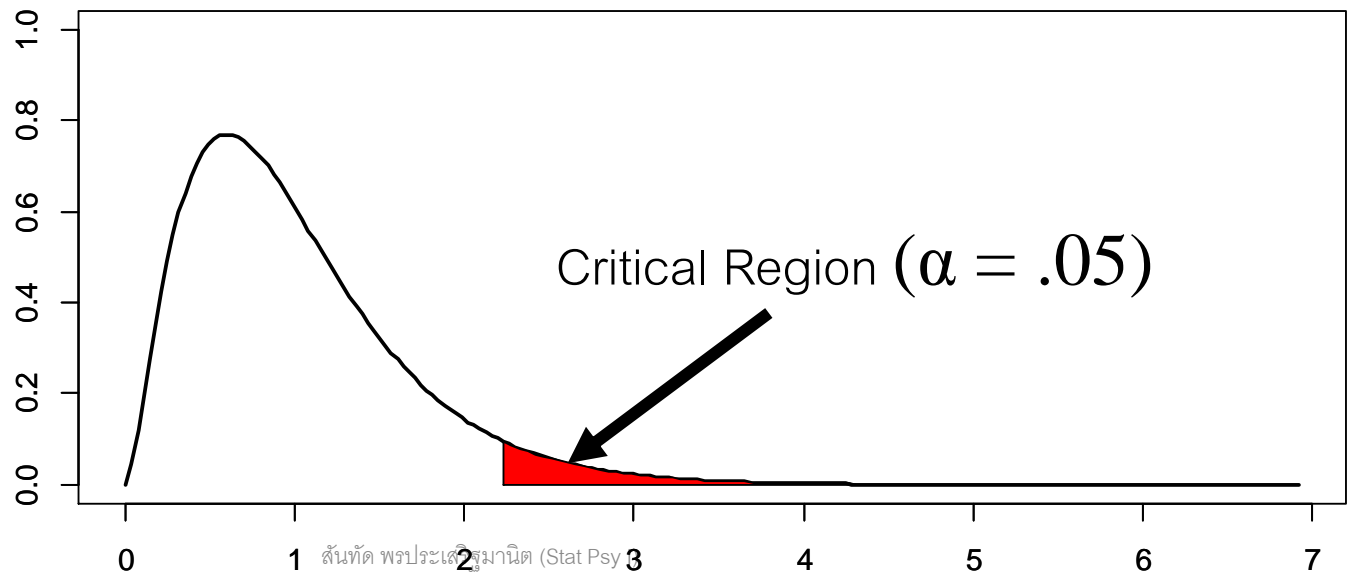
# การกระจายแบบ $F$

- สังเกตว่าการกระจาย  $F$  จะมีรูปร่างขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มที่เปรียบเทียบ ( $k$ ) และจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม ( $n$ )
- หาก Null Hypothesis ไม่เป็นจริง ค่า  $F$  จะสูงกว่า 1



# การกระจายแบบ $F$

- ในการทดสอบสมมติฐาน จะดูว่าค่า  $F$  มีค่าสูงกว่าที่คาดหวังเมื่อ Null Hypothesis เป็นจริงหรือไม่
- กล่าวคือ Critical Region อยู่ทางขวา
- ถ้าตกใน Critical Region  $\rightarrow$  Reject  $H_0$



# การคำนวณค่า $F$

- ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะมีรูปแบบการคำนวณค่า  $F$  ที่แสดงไว้ในโปรแกรมสถิติ

$$F = \frac{ns_M^2}{SD_{\text{Pooled}}^2}$$

โอกาสที่จะเจอค่า  $F$  ที่สูงเท่านี้ หรือมากกว่านี้ หาก Null Hypothesis เป็นจริง

	SS	df	MS	$F$	$p$
Group				$F$	$p$
Error					
Total					

$p < \alpha \rightarrow$  Reject  $H_0$

$p > \alpha \rightarrow$  Fail to  
Reject  $H_0$



# การคำนวณค่า $F$

- ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะมีรูปแบบการคำนวณค่า  $F$  ที่แสดงไว้ในโปรแกรมสถิติ

$$MS_{\text{Group}} = \frac{SS_{\text{Group}}}{df_{\text{Group}}}$$

$$F = \frac{MS_{\text{Group}}}{MS_{\text{Error}}} = \frac{ns_M^2}{SD_{\text{Pooled}}^2}$$

	SS	df	MS	F	p
Group	$SS_{\text{Group}}$	$k - 1$	$MS_{\text{Group}}$	$F$	$p$
Error					
Total					

# การคำนวณค่า $F$

- ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะมีรูปแบบการคำนวณค่า  $F$  ที่แสดงไว้ในโปรแกรมสถิติ

$$MS_{\text{Error}} = \frac{SS_{\text{Error}}}{df_{\text{Error}}}$$

$$F = \frac{MS_{\text{Group}}}{MS_{\text{Error}}} = \frac{ns_M^2}{SD_{\text{Pooled}}^2}$$

	$SS$	$df$	$MS$	$F$	$p$
Group	$SS_{\text{Group}}$	$k - 1$	$MS_{\text{Group}}$	$F$	$p$
Error	$SS_{\text{Error}}$	$N - k$	$MS_{\text{Error}}$		
Total					

*Note: In the original image, red circles highlight  $MS_{\text{Error}}$  in the equation and the  $MS_{\text{Error}}$  cell in the table. Red arrows point from these circles to the  $MS_{\text{Error}}$  term in the F-ratio equation. Blue and green circles highlight  $SS_{\text{Error}}$  and  $df_{\text{Error}}$  respectively, with arrows pointing to their corresponding values in the ANOVA table.*

# การคำนวณค่า $F$

- ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะมีรูปแบบการคำนวณค่า  $F$  ที่แสดงไว้ในโปรแกรมสถิติ

$$SS_{\text{Total}} = SS_{\text{Group}} + SS_{\text{Error}}$$

	$SS$	$df$	$MS$	$F$	$p$
Group	$SS_{\text{Group}}$	$k - 1$	$MS_{\text{Group}}$	$F$	$p$
Error	$SS_{\text{Error}}$	$N - k$	$MS_{\text{Error}}$		
Total	$SS_{\text{Total}}$				

# การคำนวณค่า $F$

- เช่น กลุ่มที่ 1:  $X = 5, 6, 7, 8, 9 \rightarrow M_1 = 7, SD_1 = 1.58$
- กลุ่มที่ 2:  $X = 4, 5, 6, 7, 8 \rightarrow M_2 = 6, SD_2 = 1.58$
- กลุ่มที่ 3:  $X = 3, 4, 5, 6, 7 \rightarrow M_3 = 5, SD_3 = 1.58$

$$s_M^2 = 1$$

$$k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$ns_M^2 = 5$$

$$SD_{\text{Pooled}} = 1.58$$

$$SD_{\text{Pooled}}^2 = 2.5$$

	SS	df	MS	F	p
Group	10	2	5	2.00	.178
Error	30	12	2.5		
Total	40				

$$F = \frac{5}{2.5} = 2$$

$$N - k = 15 - 3 = 12$$

$$p(F_{2,12} \geq 2) = .178$$

# การคำนวณค่า $F$

- $SS_{\text{Group}} = 10$ ;  $df_{\text{Group}} = 2$ ;  $MS_{\text{Group}} = 5$
- $SS_{\text{Error}} = 30$ ;  $df_{\text{Error}} = 12$ ;  $MS_{\text{Error}} = 2.5$
- $SS_{\text{Total}} = 40$ ;  $F(2, 12) = 2.00$ ,  $p = .178$

	$SS$	$df$	$MS$	$F$	$p$
Group	10	2	5	2.00	.178
Error	30	12	2.5		
Total	40				

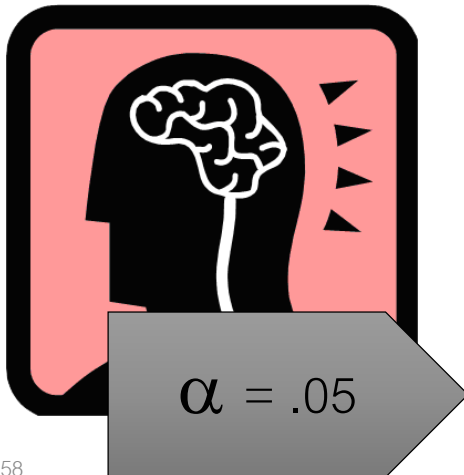
# การทดสอบสมมติฐาน

- เช่น

ทดสอบสิ่งแวดล้อมว่ามีผลต่อ  
ความจำหรือไม่โดยเปิดเพลง

(1) Classic (2) Pop-dance

(3) Heavy-metal



นักวิจัยจึงนำนิสิต 15 คน  
สุ่มเข้ากลุ่ม กลุ่มละ 5 คน

สมมติฐาน คือ เพลงมีอิทธิพลต่อ  
ความจำ

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$H_1$ : ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน  
รูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง

# การทดสอบสมมติฐาน

- เช่น

ทดสอบสิ่งแวดล้อมว่ามีความจำหรือไม่โดยเปิด

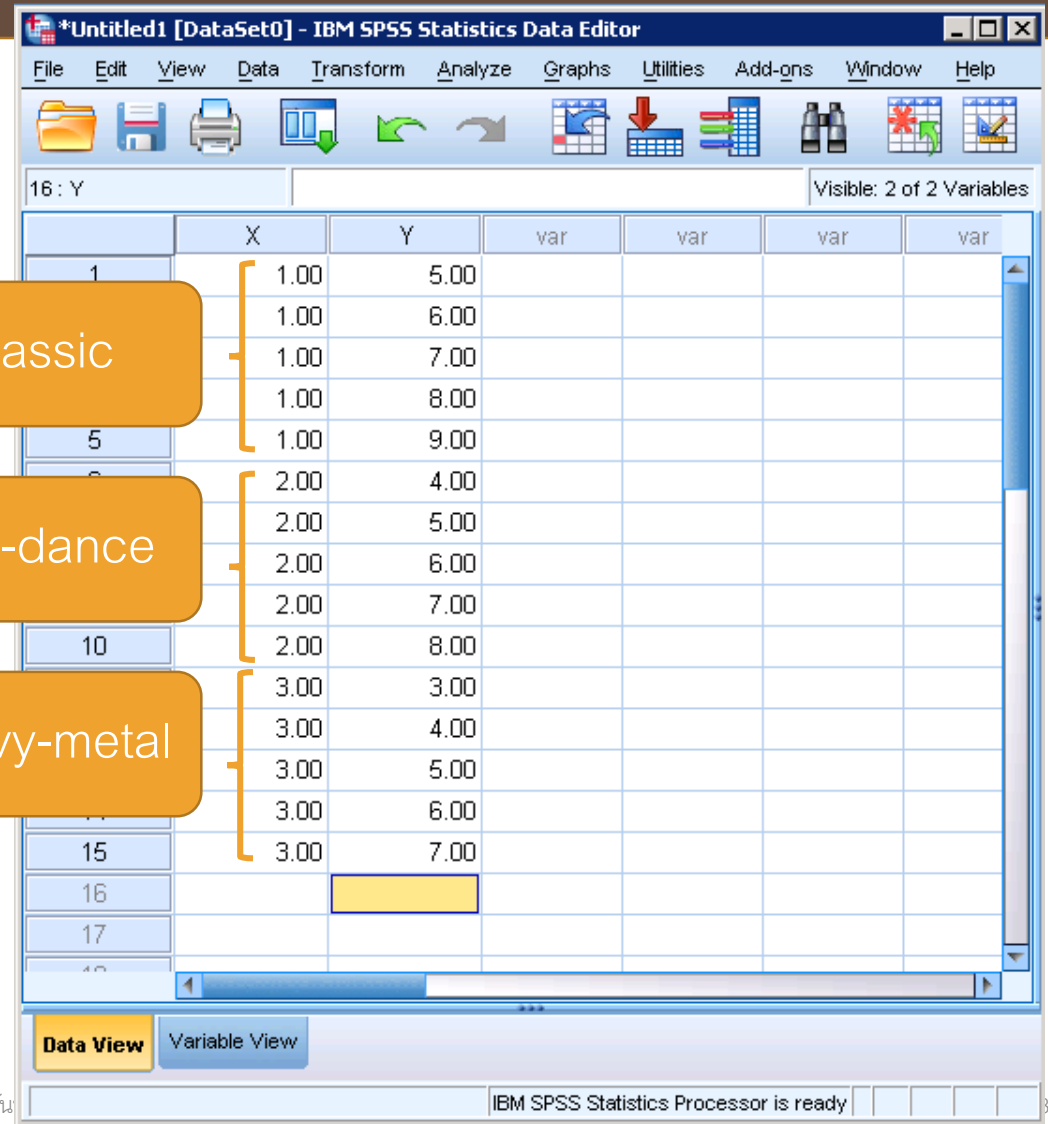
- (1) Classic
- (2) Pop-dance
- (3) Heavy-metal



1 = Classic

2 = Pop-dance

3 = Heavy-metal



	X	Y	var	var	var	var
1	1.00	5.00				
	1.00	6.00				
	1.00	7.00				
	1.00	8.00				
5	1.00	9.00				
	2.00	4.00				
	2.00	5.00				
	2.00	6.00				
	2.00	7.00				
10	2.00	8.00				
	3.00	3.00				
	3.00	4.00				
	3.00	5.00				
	3.00	6.00				
15	3.00	7.00				
16						
17						
18						

# การทดสอบสมมติฐาน

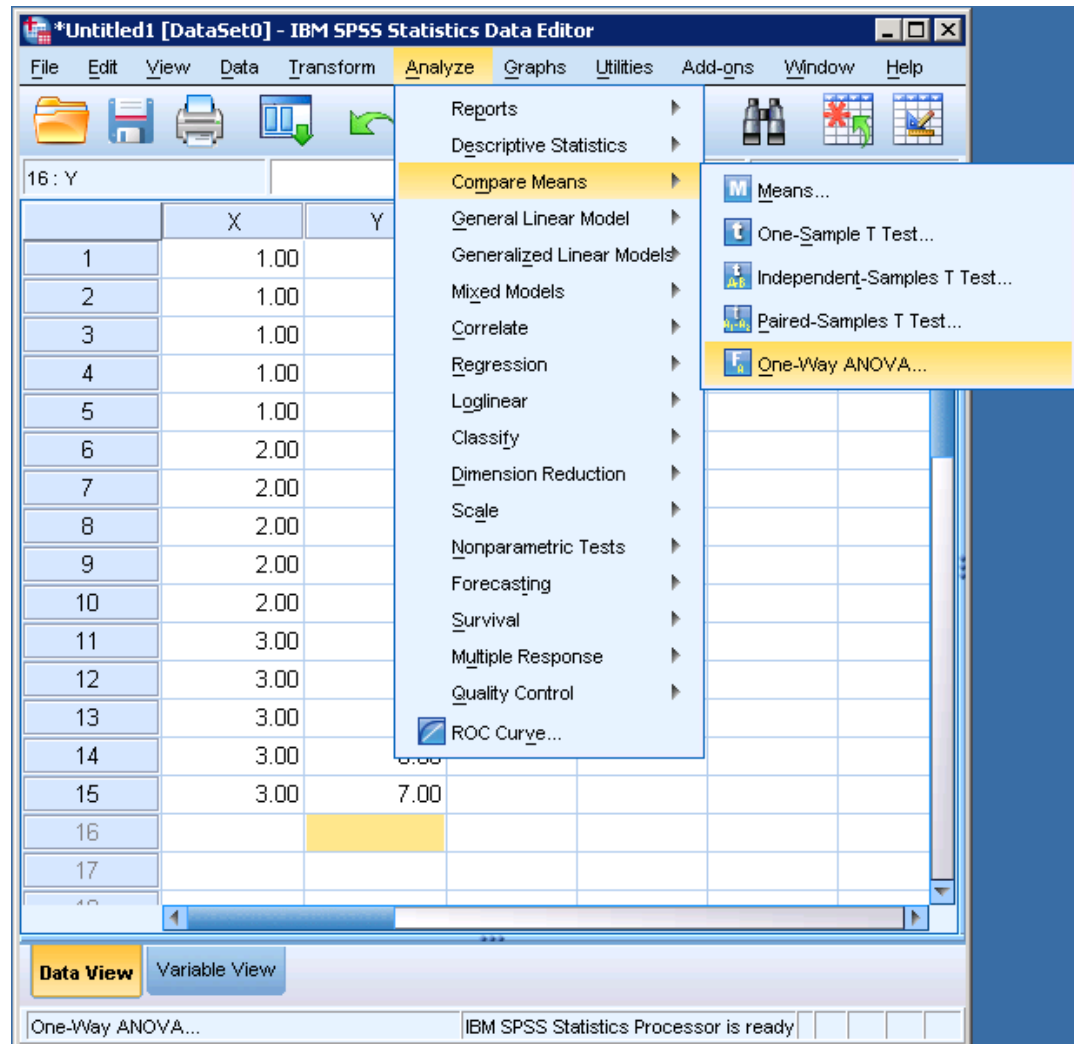
- เช่น

ทดสอบสิ่งแวดล้อมว่ามีผลต่อ

ความจำหรือไม่โดยเปิดเพลง

(1) Classic (2) Pop-dance

(3) Heavy-metal





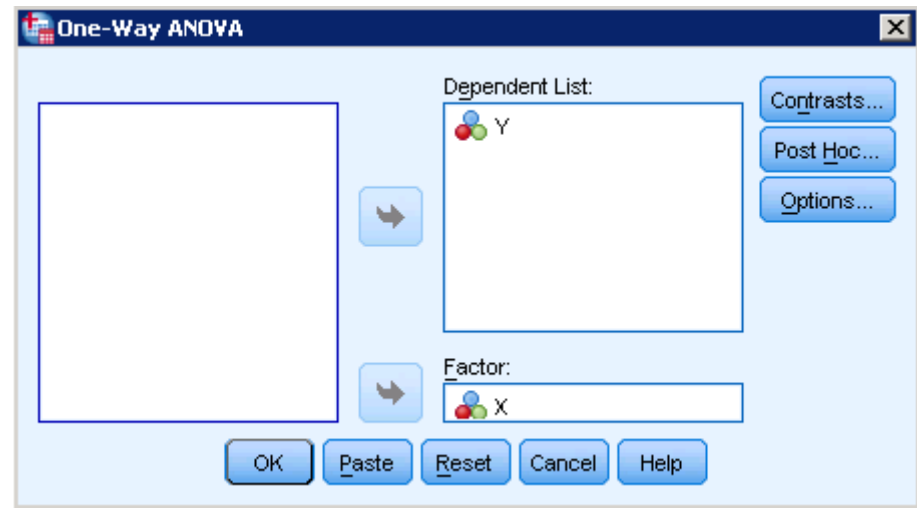
# การทดสอบสมมติฐาน

- เช่น

ทดสอบสิ่งแวดล้อมว่ามีผลต่อ  
ความจำหรือไม่โดยเปิดเพลง

(1) Classic (2) Pop-dance

(3) Heavy-metal



ใน Options เลือก Descriptive เพื่อหา  
Descriptive Statistics

# การทดสอบสมมติฐาน

- เช่น

ทดสอบสิ่งแวดล้อมว่ามีผลต่อ  
ความจำหรือไม่

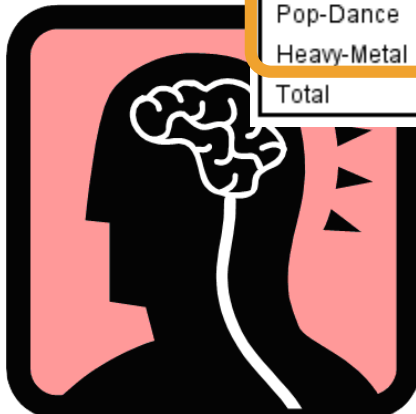
Descriptive Statistic ของแต่ละกลุ่ม

(1) Classic (2)

(3) Heavy

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Classical	5	7.0000	1.58114	.70711	5.0368	8.9632	5.00	9.00
Pop-Dance	5	6.0000	1.58114	.70711	4.0368	7.9632	4.00	8.00
Heavy-Metal	5	5.0000	1.58114	.70711	3.0368	6.9632	3.00	7.00
Total	15	6.0000	1.69031	.43644	5.0639	6.9361	3.00	9.00

Descriptives



# การทดสอบสมมติฐาน

- เช่น

ทดสอบสิ่งแวดล้อมว่ามีผลต่อ  
ความจำหรือไม่โดยเปิดเพลง

(1) Classic (2) Pop-dance

(3) Heavy-metal



$$F(2, 12) = 2.00, p = .18$$

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.000	2	5.000	2.000	.178
Within Groups	30.000	12	2.500		
Total	40.000	14			

$$p = .76$$

# การทดสอบสมมติฐาน

- เช่น

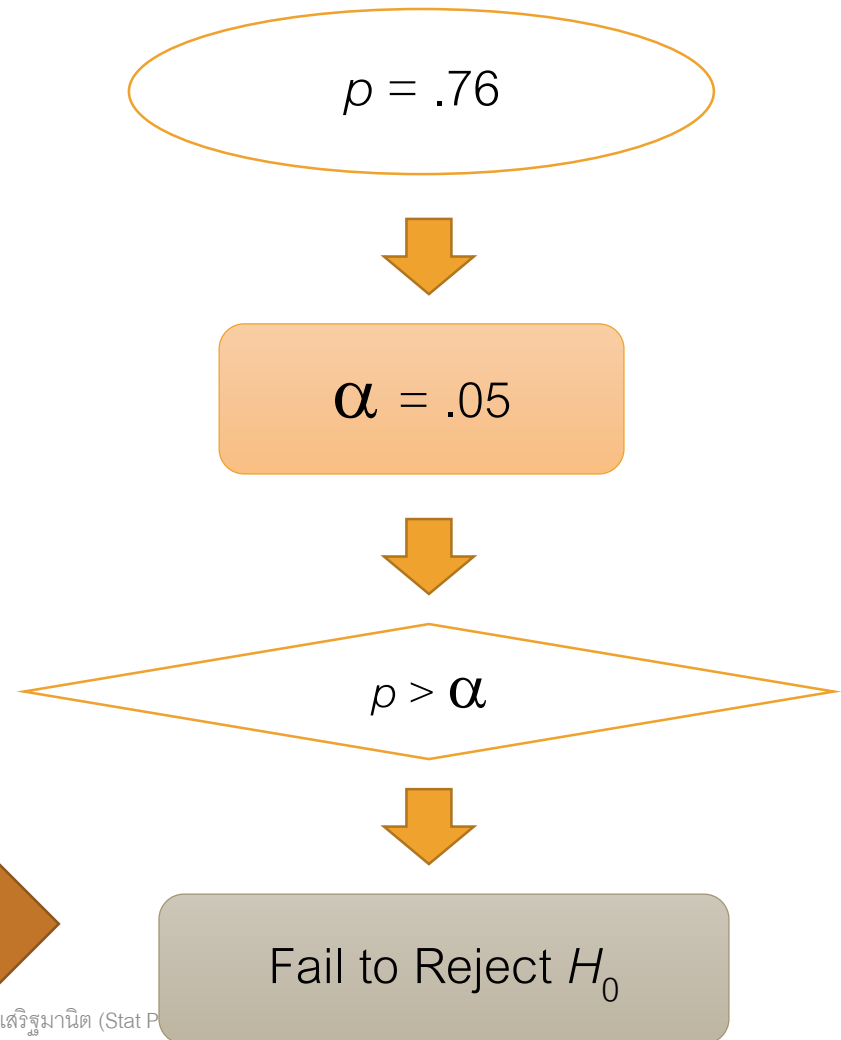
ทดสอบสิ่งแวดล้อมว่ามีผลต่อ  
ความจำหรือไม่โดยเปิดเพลง

(1) Classic (2) Pop-dance

(3) Heavy-metal



ไม่สามารถสรุปได้ว่า การเปิดเพลงประเภท  
ที่แตกต่างกัน มีผลต่อความจำหรือไม่



# การทดสอบสมมติฐาน

- One-way ANOVA สามารถใช้ทดสอบระหว่าง 2 กลุ่มได้
- ผลที่ได้จะเหมือนกับ Independent  $t$ -test เมื่อทดสอบสองทาง
  - ค่า  $F$  จะเท่ากับ  $t^2$
  - ค่า  $p$  ที่ได้จะเท่ากัน

# การทดสอบสมมติฐาน

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม  
(ก) นักเรียนม.6 (ข) นิสิตปี 1  
(ค) นิสิตปี 2 (ง) ประชาชนทั่วไป  
ประเมิน 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง  
5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง



เก็บข้อมูลได้จาก  
(ก) นักเรียน ม.6 จำนวน 50 คน  
(ข) นิสิตปี 1 จำนวน 200 คน  
(ค) นิสิตปี 2 จำนวน 200 คน  
(ง) ประชาชนทั่วไป จำนวน 50 คน



สมมติฐาน คือ กลุ่มทั้ง 4 กลุ่มมีความ  
คิดเห็นต่อห้องเชียร์แตกต่างกัน



$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$H_1$ : ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน  
รูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง

# การทดสอบสมมติฐาน

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม

(ก) นักเรียนม.6

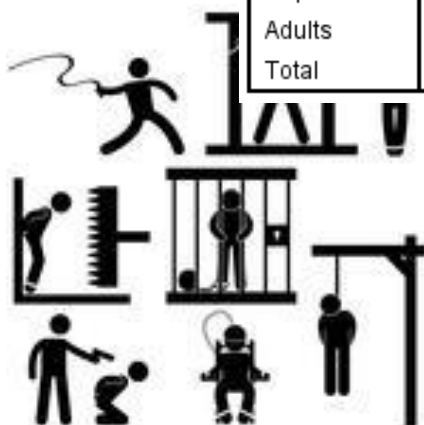
(ค) นิสิตปี 2 (ง) 1

ประเมิน 1 ไม่เห็น

5 เห็นด้วย

Descriptives

Attitude	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					High School	50		
Freshman	200	2.01	.340	.024	1.96	2.05	1	3
Sophomore	200	2.56	.555	.039	2.48	2.64	1	4
Adults	50	1.40	.495	.070	1.26	1.54	1	2
Total	500	2.22	.612	.027	2.17	2.28	1	4



# การทดสอบสมมติฐาน

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม  
(ก) นักเรียนม.6 (ข) นิสิตปี 1  
(ค) นิสิตปี 2 (ง) ประชาชนทั่วไป  
ประเมิน 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง  
5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง



$$F(3, 496) = 104.67, p < .001$$

ANOVA

Attitude	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	72.457	3	24.152	104.666	.000
Within Groups	114.455	496	.231		
Total	186.912	499			

$$p < .001$$

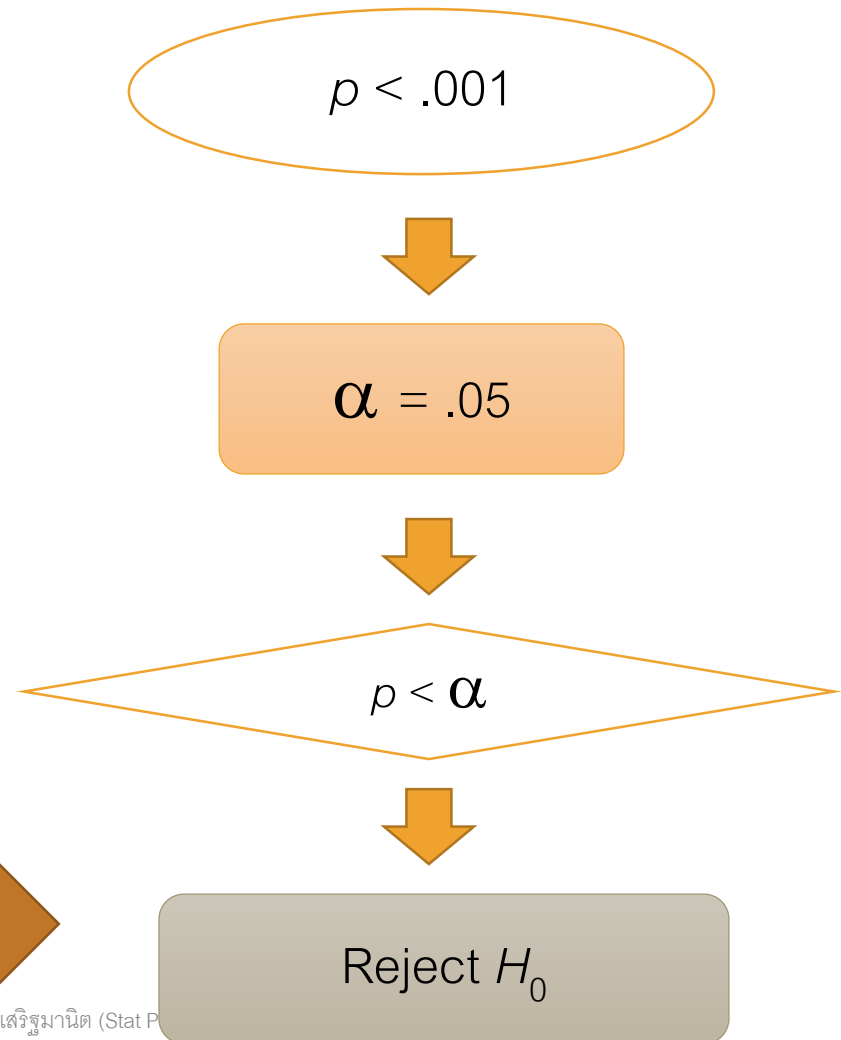


# การทดสอบสมมติฐาน

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม  
(ก) นักเรียนม.6 (ข) นิสิตปี 1  
(ค) นิสิตปี 2 (ง) ประชาชนทั่วไป  
ประเมิน 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง  
5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง



กลุ่มทั้ง 4 กลุ่มมีความคิดเห็น  
ต่อห้องเชียร์แตกต่างกัน



# ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- การกระจายของประชากรภายในแต่ละกลุ่มเป็นโค้งปกติ
  - การวิเคราะห์ความแปรปรวนคงทนต่อการกระจายไม่เป็นโค้งปกติ
- ความแปรปรวนภายในแต่ละกลุ่มเท่ากัน (Homogeneity of variance)
  - กลุ่มตัวอย่างเท่ากัน ไม่ค่อยมีปัญหา
  - กลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน ความแปรปรวนสูงสุดต่อต่ำสุดต่ำกว่า 10 ต่อ 1 ยังโอเค
  - สามารถใช้ Welch Test ในการทดสอบเมื่อความแปรปรวนภายในแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน แต่ไม่คงทนต่อการกระจายไม่เป็นโค้งปกติ
- ไม่ควรใช้ Levene test ในการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ ดังเหตุผลในบทที่แล้ว

# ขนาดอิทธิพล

- Eta-squared ( $\eta^2$ )

- จาก  $SS_{Total} = SS_{Group} + SS_{Error}$
- ดังนั้น  $\eta^2 = SS_{Group}/SS_{Total}$
- แต่  $E(\eta^2)$  ไม่เท่ากับค่านี้ในประชากร ทำให้เป็นค่าสถิติที่ไม่ดี

$$\eta^2 = \frac{SS_{Group}}{SS_{Total}} = \frac{10}{40} = .25$$

	SS	df	MS	F	p
Group	10	2	5	2.00	.178
Error	30	12	2.5		
Total	40				

# ขนาดอิทธิพล

- Omega-squared ( $\omega^2$ )

- $\omega^2 = \frac{SS_{\text{Treat}} - (k-1)MS_{\text{Error}}}{SS_{\text{Total}} + MS_{\text{Error}}}$

- $E(\omega^2)$  เท่ากับ  $\eta^2$  ในประชากร

$$\omega^2 = \frac{SS_{\text{Treat}} - (k-1)MS_{\text{Error}}}{SS_{\text{Total}} + MS_{\text{Error}}} = \frac{10 - 2 \cdot 2.5}{40 + 2.5} = \frac{5}{42.5} = .12$$

	SS	df	MS	F	p
Group	10	2	5	2.00	.178
Error	30	12	2.5		
Total	40				

# ขนาดอิทธิพล

- Cohen's  $f$

- $f = \sqrt{\frac{MS_{Treat} - MS_{Error}}{n \cdot MS_{Error}}}$

- ขนาดอิทธิพลน้อย:

$f = .10$ ; ปานกลาง:  $f = .25$ ; สูง:  $f = .40$

- ใช้ในการหาค่าพลังทางสถิติ

$$f = \sqrt{\frac{MS_{Treat} - MS_{Error}}{n \cdot MS_{Error}}}$$
$$= \sqrt{\frac{5 - 2.5}{5 \cdot 2.5}} = .45$$

	SS	df	MS	F	p
Group	10	2	5	2.00	.178
Error	30	12	2.5		
Total	40				

# การเขียนรายงาน

- งานวิจัยนี้ต้องการทดสอบอิทธิพลของประเภทของดนตรีต่อความสามารถในการจำระยะสั้น แบ่งคนเป็นกลุ่มละ 10 คน เปรียบเทียบระหว่างเพลง Classic ( $M = 7$ ,  $SD = 1.58$ ) เพลง Pop-dance ( $M = 6$ ,  $SD = 1.58$ ) และเพลง Heavy-metal ( $M = 5$ ,  $SD = 1.58$ ) จากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่าความจำระยะสั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างประเภทของดนตรี,  $F(2, 12) = 2.00$ ,  $p = .18$ ,  $\omega^2 = .12$

# การเขียนรายงาน

- งานวิจัยนี้เปรียบเทียบความคิดเห็นต่อห้องเชียร์ ของกลุ่มคน 4 กลุ่ม คือ นักเรียนชั้นม. 6 นิสิตชั้นปีที่ 1 นิสิตชั้นปีที่ 2 และประชาชนทั่วไปที่ทำงานแล้ว จากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว กลุ่มคนทั้ง 4 กลุ่ม มีความคิดเห็นต่อห้องเชียร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ,  $F(3, 496) = 104.67, p < .001, \omega^2 = .38$  ค่าสถิติพรรณนาแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถิติพรรณนาของกลุ่มต่างๆ ในความคิดเห็นต่อห้องเชียร์

กลุ่มที่เปรียบเทียบ	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
นักเรียนชั้นม. 6	50	2.58	0.61
นิสิตชั้นปีที่ 1	200	2.01	0.34
นิสิตชั้นปีที่ 2	200	2.56	0.56
ประชาชนทั่วไป	50	1.40	0.50

# กำลังในการทดสอบทางสถิติ

- ใช้โปรแกรม G\*POWER 3 โดย
  - เลือกกลุ่มสถิติที่ต้องการทดสอบ คือ F-tests
  - เลือกสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way
  - เลือกว่าจะหากำลังในการทดสอบ คือ Post hoc: Compute achieved power – given  $\alpha$ , sample size and effect size



# กำลังในการทดสอบทางสถิติ

ขนาดอิทธิพล (หากรู้แต่ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่ม กด Determine ดูตัวอย่างหน้าถัดไป)

ระดับนัยสำคัญ

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนกลุ่ม

Input Parameters		Output Parameters		
Test family	F tests	Statistical test	ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way	
Type of power analysis	Post hoc: Compute achieved power – given $\alpha$ , sample size, and effect size			
Determine =>	Effect size f	0.5167700	Noncentrality parameter $\lambda$	4.0057685
	$\alpha$ err prob	0.05	Critical F	3.8852938
	Total sample size	15	Numerator df	2
	Number of groups	3	Denominator df	12
			Power (1- $\beta$ err prob)	0.3331129

ค่าพารามิเตอร์ที่เบี่ยงเบน

กำลังในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

# กำลังในการทดสอบทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม

Select procedure  
Effect size from means

Number of groups 3

SD  $\sigma$  within each group 1.58

Group	Mean	Size
1	7	5
2	6	5
3	5	5

Equal n 5

Total sample size 15

Calculate Effect size f 0.51677

Calculate and transfer to main window

Close

จำนวนกลุ่ม

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่ม หรือ  $SD_{Pooled}$

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดอิทธิพล (Cohen's  $f$ )

# การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

- การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใน One-way ANOVA มุ่งเน้นที่การทดสอบกำลังเท่านั้น
- การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามกำลังที่ต้องการ สามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม G\*POWER 3 ช่วย
  - เลือกกลุ่มสถิติที่ต้องการทดสอบ คือ F-tests
  - เลือกสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way
  - เลือกว่าจะหาลำดับในการทดสอบ คือ A Priori: Compute required sample size – given  $\alpha$ , power and effect size

# การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

- เช่น จงหาขนาดกลุ่มตัวอย่างที่จะทำให้กำลัง = .80 ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 จากการเปรียบเทียบผลของดนตรีประเภทต่างๆ

Test family		Statistical test	
F tests		ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way	
Type of power analysis			
A priori: Compute required sample size - given $\alpha$ , power, and effect size			
Input Parameters		Output Parameters	
Determine =>	Effect size f	Noncentrality parameter $\lambda$	11.2161518
	$\alpha$ err prob	Critical F	3.2380961
	Power ( $1 - \beta$ err prob)	Numerator df	2
	Number of groups	Denominator df	39
		Total sample size	42
		Actual power	0.8302080

ใช้กลุ่มตัวอย่างรวม 42 คน กลุ่มละ 14 คน

# การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

- One-way ANOVA เป็นการทดสอบแบบภาพรวม (Omnibus test)
- เมื่อปฏิเสธ Null Hypothesis เราจะบอกว่า Alternative Hypothesis เป็นจริง คือ มีความแตกต่างรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง
- ไม่ได้บอกถึงความแตกต่างแบบไหน
- วิธีการหนึ่งในการหารูปแบบความแตกต่าง คือ การเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise comparison) ดังที่แสดงไปในบทที่แล้ว

# การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

- ในบทที่แล้ว วิธี Bonferroni, Sidak, หรือ Holm เป็นวิธีในการเปลี่ยนค่า  $\alpha$  ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถใช้กับการเปรียบเทียบรูปแบบใดก็ได้ เช่น Independent  $t$ -test กับตัวแปรตามหลายตัว
- เป็นวิธีเหล่านี้ เป็นวิธีที่ดี แต่กำลังในการทดสอบทางสถิติไม่สูงเท่ากับวิธีที่ถูกออกแบบมาสำหรับการวิเคราะห์รายคู่โดยเฉพาะ

# ความแตกต่างรายคู่ที่เป็นไปได้สูงสุด

$$\mu = 100$$

$$\sigma = 15$$

$$n = 20$$

ประชากร

กลุ่มตัวอย่างที่ 1

กลุ่มตัวอย่างที่ 2

กลุ่มตัวอย่างที่ 3

กลุ่มตัวอย่างที่ 4

การสุ่มครั้งที่

	1	2	3	4
กลุ่มตัวอย่างที่ 1	100.17	99.83	100.58	101.98
กลุ่มตัวอย่างที่ 2	102.37	104.76	101.52	99.03
กลุ่มตัวอย่างที่ 3	101.52	107.01	96.27	99.04
กลุ่มตัวอย่างที่ 4	102.88	101.56	104.81	98.22

ความแตกต่างรายคู่สูงสุด

2.71

7.18

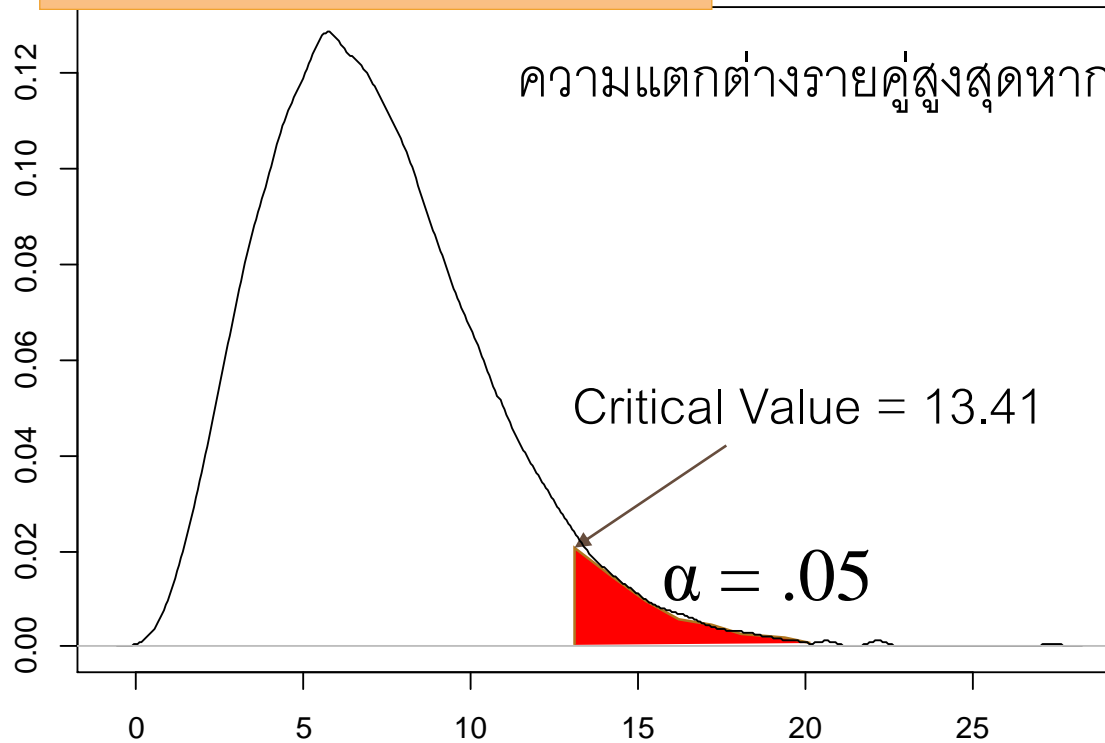
8.54

3.76

นำมาสร้าง Sampling Distribution ดูว่าความแตกต่างรายคู่สูงสุดมีค่าเท่าไร ถ้า  $H_0$  เป็นจริง

# ความแตกต่างรายคู่ที่เป็นไปได้สูงสุด

## Studentized Distribution



ความแตกต่างรายคู่สูงสุดหาก Null Hypothesis เป็นจริง

ดังนั้น หากความแตกต่างรายคู่สูงกว่า 13.41  $\rightarrow$  Reject  $H_0$

วิธีนี้เรียกว่าวิธีการ  
ของ Tukey



# การเปรียบเทียบรายคู่: การทดสอบสมมติฐาน

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม  
(ก) นักเรียนม.6 (ข) นิสิตปี 1  
(ค) นิสิตปี 2 (ง) ประชาชนทั่วไป  
ประเมิน 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง  
5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง



Reject  $H_0$



กลุ่มทั้ง 4 กลุ่มมีความคิดเห็น  
ต่อห้องเชียร์แตกต่างกัน



ทำการเปรียบเทียบรายคู่ เพื่อค้นหา  
รูปแบบของความแตกต่าง

# การเปรียบเทียบรายคู่: การทดสอบสมมติฐาน

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม  
(ก) นักเรียนม.6 (ข) นิสิตปี 1  
(ค) นิสิตปี 2 (ง) ประชาชนทั่วไป  
ประเมิน 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง  
5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง

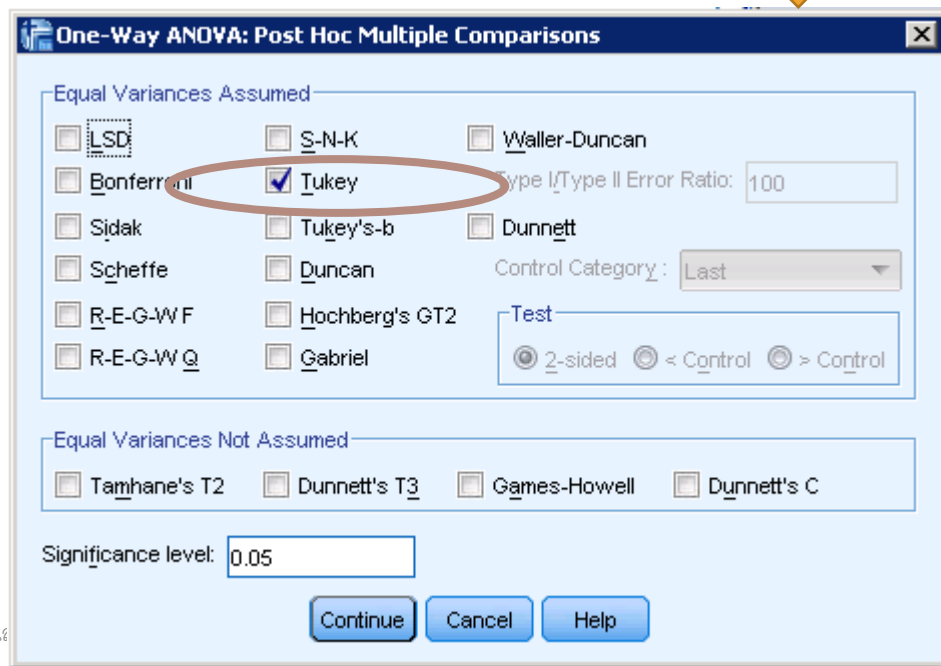
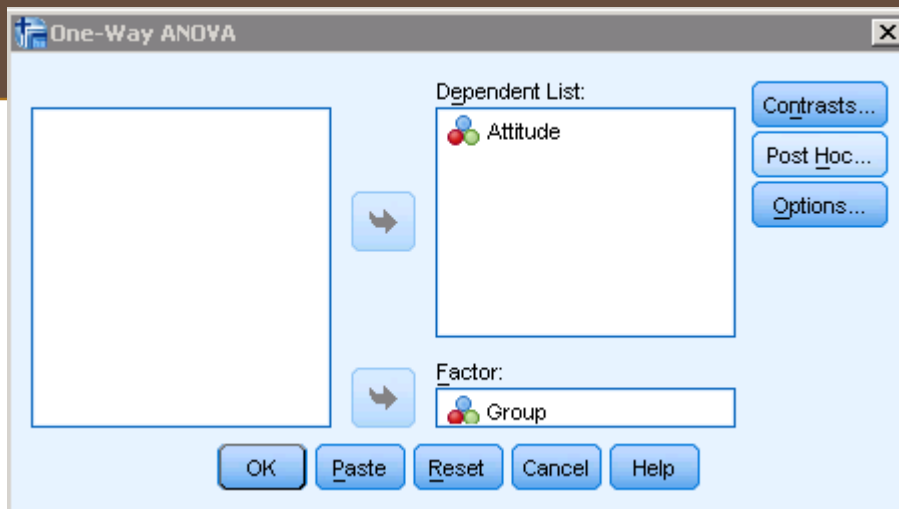
การเปรียบเทียบรายคู่ที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ 6 คู่



	นักเรียนม.6	นิสิตปีที่ 1	นิสิตปีที่ 4	ประชาชนทั่วไป
นักเรียนม.6				
นิสิตปีที่ 1				
นิสิตปีที่ 4				
ประชาชนทั่วไป				

# การเปรียบเทียบรายคู่: การทดสอบสมมติฐาน

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม  
(ก) นักเรียนม.6 (ข) นิสิตปี 1  
(ค) นิสิตปี 2 (ง) ประชาชนทั่วไป  
ประเมิน 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง  
5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง



# การเปรียบเทียบรายคู่: การทดสอบสมมติฐาน

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
 เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม  
 (ก) นักเรียนม.6 (ข) นิสิตปี 1  
 (ค) นิสิตปี 2 (ง) ประชาชนทั่วไป  
 ประเมิน 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง  
 5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง



## Multiple Comparisons

ค่า p จาก Tukey Test

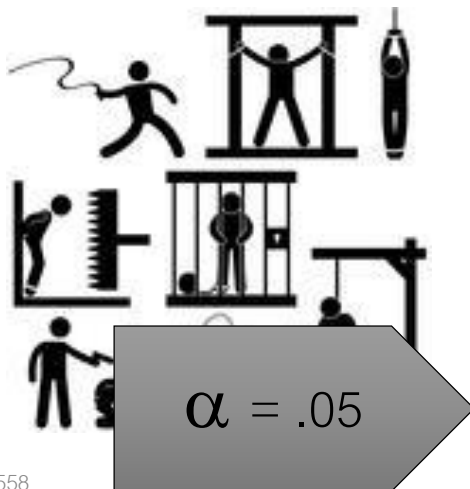
Dependent Variable: Attitude  
 Tukey HSD

(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
High School	Freshman	.575*	.076	.000	.38	.77
	Sophomore	.020	.076	.994	-.18	.22
	Adults	1.180*	.096	.000	.93	1.43
Freshman	Sophomore	-.555*	.048	.000	-.68	-.43
	Adults	.605*	.076	.000	.41	.80
Sophomore	Adults	1.160*	.076	.000	.96	1.36

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

# การเปรียบเทียบรายคู่: การทดสอบสมมติฐาน

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม  
(ก) นักเรียนม.6 (ข) นิสิตปี 1  
(ค) นิสิตปี 2 (ง) ประชาชนทั่วไป  
ประเมิน 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง  
5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง



## Attitude

Tukey HSD<sup>a,b</sup>

Group	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Adults	50	1.40		
Freshman	200		2.01	
Sophomore	200			2.56
High School	50			2.58
Sig.		1.000	1.000	.994

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 80.000.

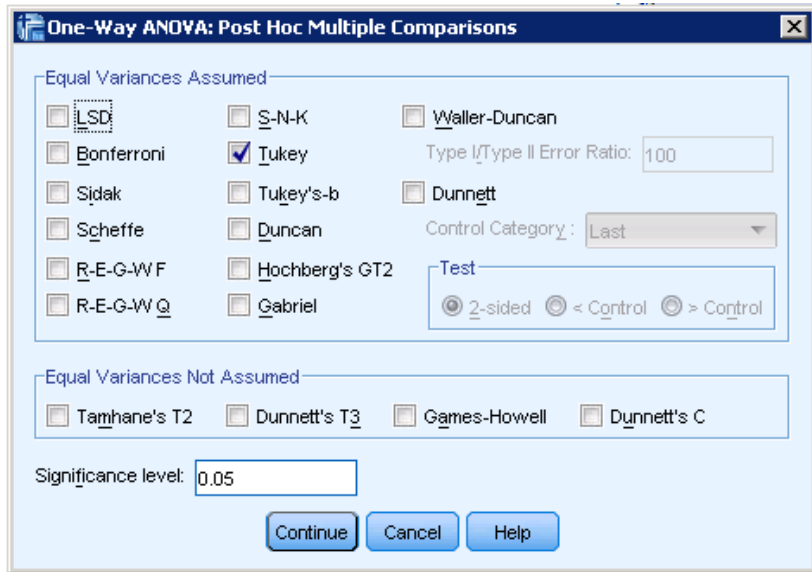
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Sophomore vs. High School → ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ  
คู่ที่เหลือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

# การเปรียบเทียบรายคู่: ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- เหมือนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทุกอย่าง
- ใช้วิธีของ Games-Howell หากความแปรปรวนสูงสุดและต่ำสุด มากกว่า 10 ต่อ 1 และกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน
- แต่วิธีนี้ไม่คงทนต่อการละเมิดการกระจายภายในกลุ่มเป็นโค้งปกติ

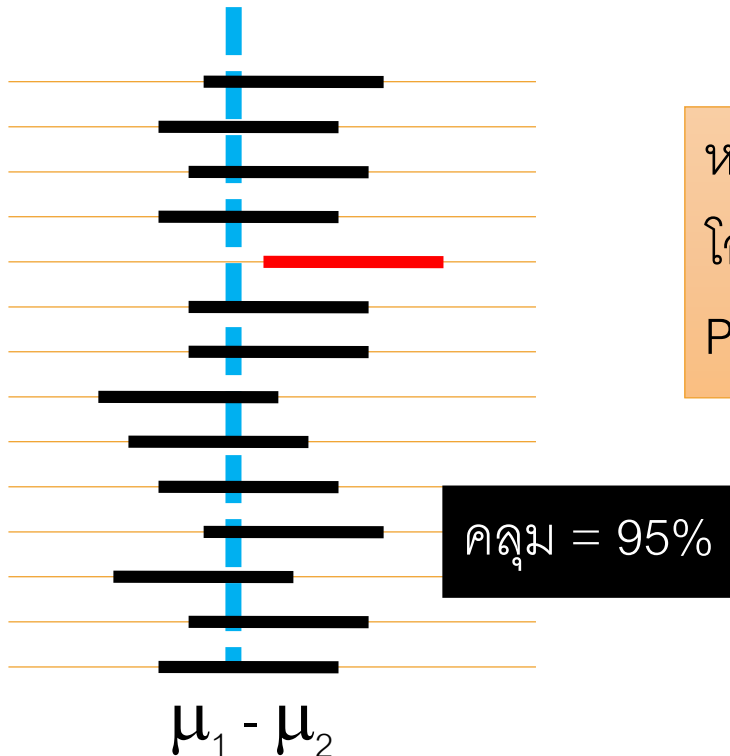
# การเปรียบเทียบรายคู่: เปรียบเทียบวิธีต่างๆ



- LSD คือ การทำ Independent t-test ดังนั้นห้ามใช้
- Bonferroni, Sidak ไม่แนะนำในการเปรียบเทียบรายคู่ที่เป็นไปได้ทั้งหมด
- Tukey แนะนำมากในการเปรียบเทียบรายคู่ที่เป็นไปได้ทั้งหมด
- Games-Howell ใช้แทน Tukey เมื่อความแปรปรวนแตกต่างกันระหว่างกลุ่มสูงมาก และจำนวนกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน

# ช่วงเชื่อมั่นพร้อมกัน

- หากสร้างช่วงเชื่อมั่นระดับ .95 โอกาสที่ช่วงเชื่อมั่นจะคลุมค่า Parameter มีทั้งหมด 95 ครั้งใน 100 ครั้ง

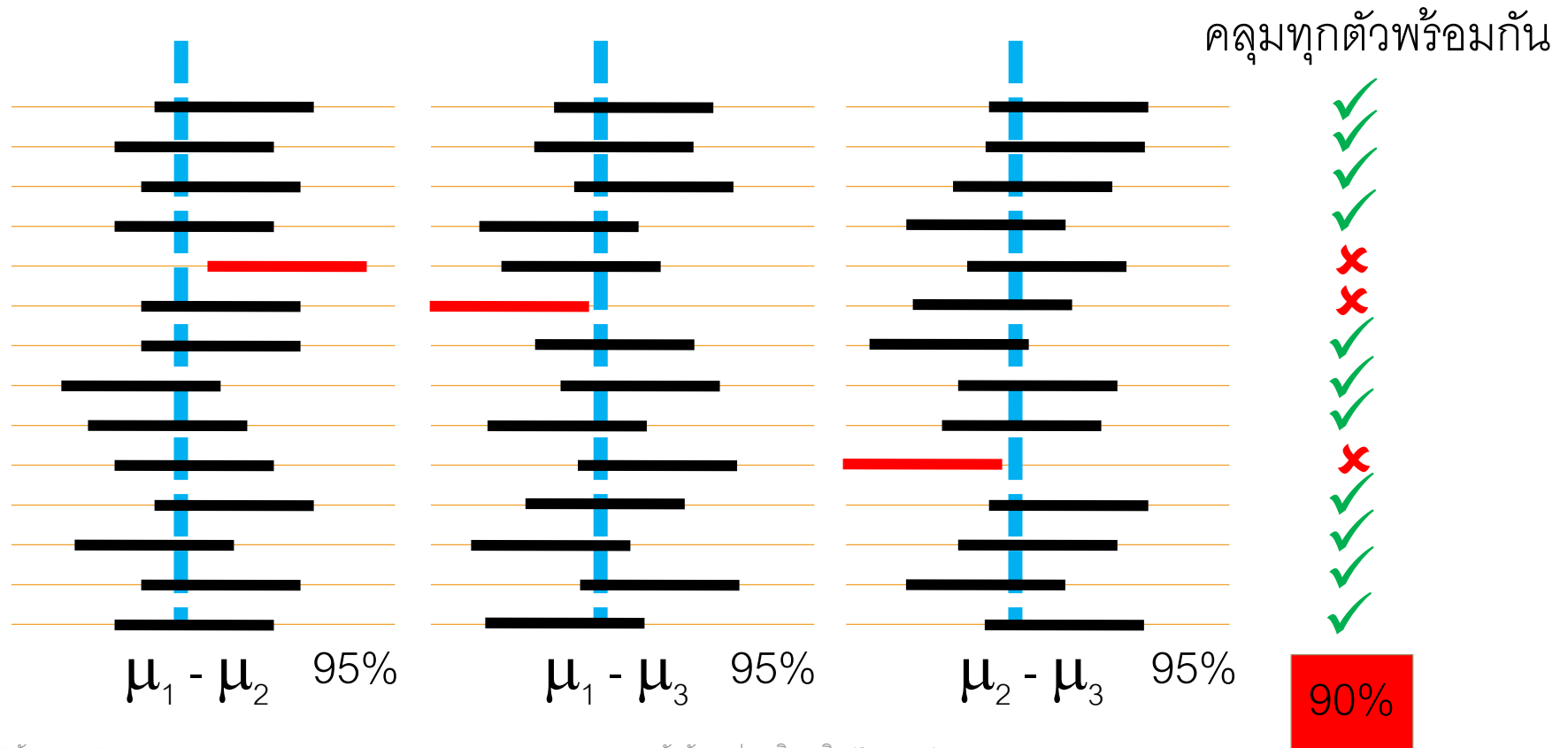


หากตรวจสอบช่วงเชื่อมั่นหลายช่วงพร้อมกัน  
โอกาสที่จะเจอทุกช่วงที่ตรวจสอบคลุมค่า  
Parameter พร้อมกัน ไม่ถึง 95%



# ช่วงเชื่อมั่นพร้อมกัน

- ตรวจสอบโอกาสที่จะคลุม Parameter ทุกตัวพร้อมกัน



# ช่วงเชื่อมั่นพร้อมกัน

- ปรับโอกาสให้กลุ่มทุกตัวเท่ากันให้ใกล้เคียง 95% โดยทำให้ความกว้างของช่วงแต่ละช่วงมากขึ้น
- การสร้างช่วงเชื่อมั่นแบบนี้ จะเรียกว่า ช่วงเชื่อมั่นพร้อมกัน (Simultaneous Confidence Interval)
- วิธีการปรับเหมือนการเปรียบเทียบรายคู่ เช่น วิธีของ Tukey, Sidak, Bonferroni

# ช่วงเชื่อมั่นพร้อมกัน

- เช่น วิธีของ Tukey

## Simultaneous Confidence Interval

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Attitude  
Tukey HSD

(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
High School	Freshman	.575*	.076	.000	.38	.77
	Sophomore	.020	.076	.994	-.18	.22
	Adults	1.180*	.096	.000	.93	1.43
Freshman	High School	-.575*	.076	.000	-.77	-.38
	Sophomore	-.555*	.048	.000	-.68	-.43
	Adults	.605*	.076	.000	.41	.80
Sophomore	High School	-.020	.076	.994	-.22	.18
	Freshman	.555*	.048	.000	.43	.68
	Adults	1.160*	.076	.000	.96	1.36
Adults	High School	-1.180*	.096	.000	-1.43	-.93
	Freshman	-.605*	.076	.000	-.80	-.41
	Sophomore	-1.160*	.076	.000	-1.36	-.96

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตรวจสอบว่าแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่  
โดยดูว่าช่วงเชื่อมั่นคลุม 0  
หรือไม่

ใช้ SPSS คำนวณหา Simultaneous Confidence Interval ของวิธีอื่นได้

# การเปรียบเทียบรายคู่: ขนาดอิทธิพล

- ในการเปรียบเทียบรายคู่นี้ สามารถ Cohen's  $d$  ได้
- หากความแปรปรวนเท่ากัน สามารถใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมได้

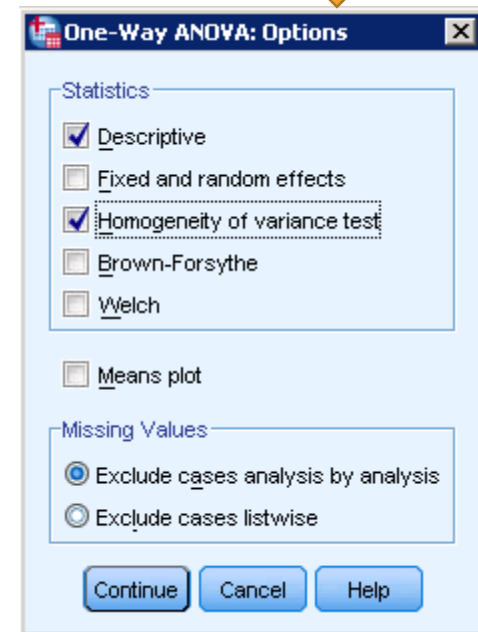
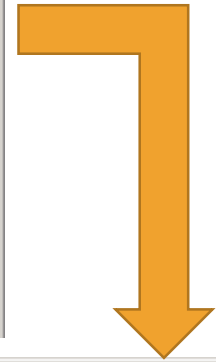
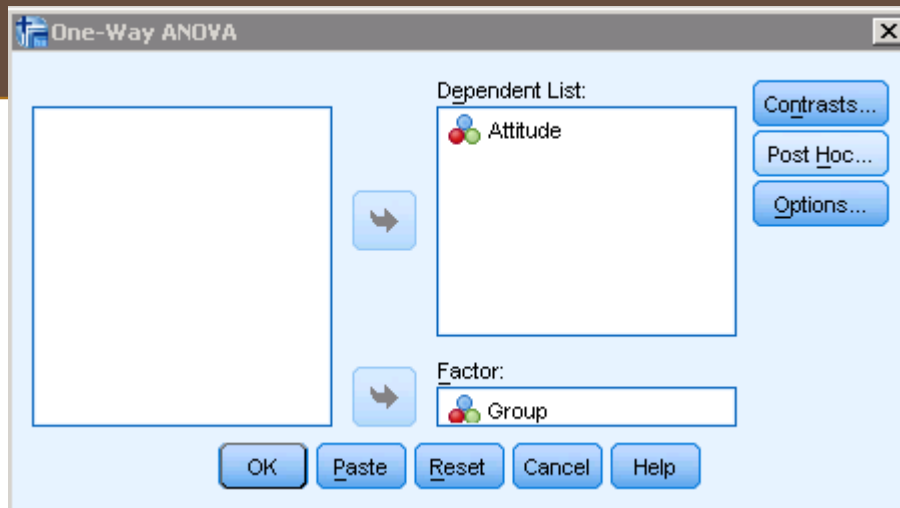
$$\delta = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma}$$

$$d = \frac{M_1 - M_2}{SD_{\text{Pooled}}} = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{MS_{\text{Error}}}}$$

- หากความแปรปรวนไม่เท่ากัน ใช้ความแปรปรวนของกลุ่มควบคุม หากไม่มีกลุ่มควบคุมก็อาจใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมได้
- ตรวจสอบว่าความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ ด้วย Levene Test

# การเปรียบเทียบรายคู่: ขนาดอิทธิพล

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม  
(ก) นักเรียนม.6 (ข) นิสิตปี 1  
(ค) นิสิตปี 2 (ง) ประชาชนทั่วไป  
ประเมิน 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง  
5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง



# การเปรียบเทียบรายคู่: ขนาดอิทธิพล

ความคิดเห็นต่อการมีห้องเชียร์  
เปรียบเทียบกันระหว่าง 4 กลุ่ม  
(ก) นักเรียนม.6 (ข) นิสิตปี 1  
(ค) นิสิตปี 2 (ง) ประชาชนทั่วไป  
ประเมิน 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง  
5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง



Test of Homogeneity of Variances

Attitude			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
106.757	3	496	.000

Levene Test ถึงระดับนัยสำคัญ ใช้  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม

ไม่มีกลุ่มควบคุมชัดเจน ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วม

$$SD_{\text{Pooled}} = \sqrt{MS_{\text{Error}}} = \sqrt{0.231} = 0.481$$

# การเปรียบเทียบรายคู่: ขนาดอิทธิพล

## Descriptives

Attitude	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					High School	50		
Freshman	200	2.01	.340	.024	1.96	2.05	1	3
Sophomore	200	2.56	.555	.039	2.48	2.64	1	4
Adults	50	1.40	.495	.070	1.26	1.54	1	2
Total	500	2.22	.612	.027	2.17	2.28	1	4

เปรียบเทียบ ม.6 และปี 1:

$$d = (2.58 - 2.01)/0.481 = 1.19$$

เปรียบเทียบ ม.6 และปี 2:

$$d = (2.58 - 2.56)/0.481 = 0.04$$

เปรียบเทียบ ม.6 และประชาชนทั่วไป:

$$d = (2.58 - 1.40)/0.481 = 2.46$$

# การเปรียบเทียบรายคู่: ขนาดอิทธิพล

## Descriptives

Attitude								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
High School	50	2.58	.609	.086	2.41	2.75	1	4
Freshman	200	2.01	.340	.024	1.96	2.05	1	3
Sophomore	200	2.56	.555	.039	2.48	2.64	1	4
Adults	50	1.40	.495	.070	1.26	1.54	1	2
Total	500	2.22	.612	.027	2.17	2.28	1	4

เปรียบเทียบ ปี 1 และปี 2:

$$d = (2.01 - 2.56)/0.481 = -1.14$$

เปรียบเทียบ ปี 1 และประชาชนทั่วไป:

$$d = (2.01 - 1.40)/0.481 = 1.27$$

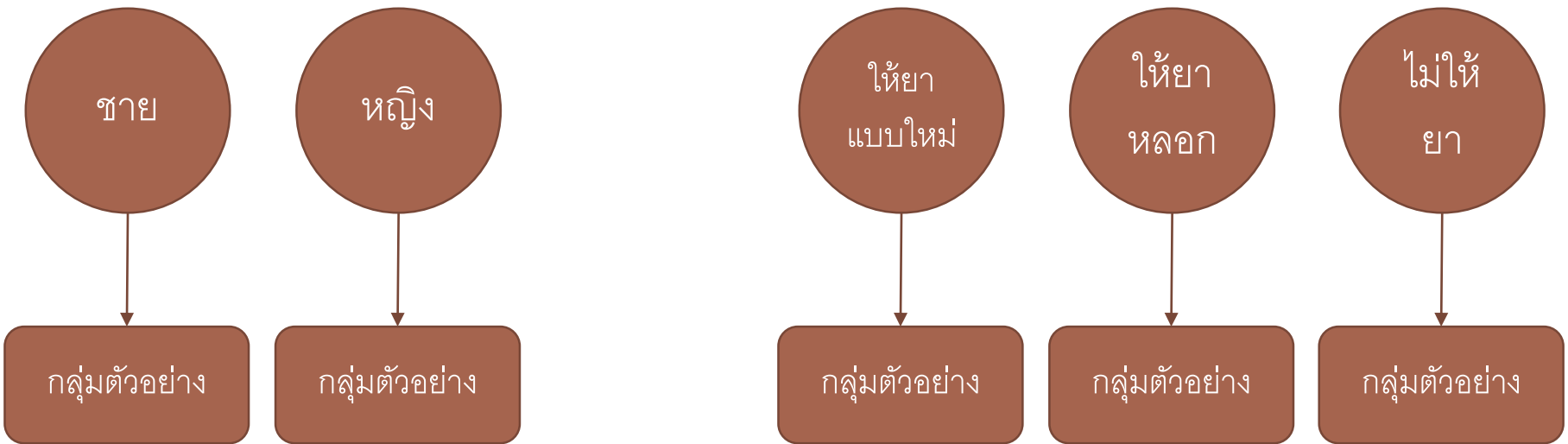
เปรียบเทียบ ปี 2 และประชาชนทั่วไป:

$$d = (2.56 - 1.40)/0.481 = 2.41$$



# รูปแบบการขยายผล

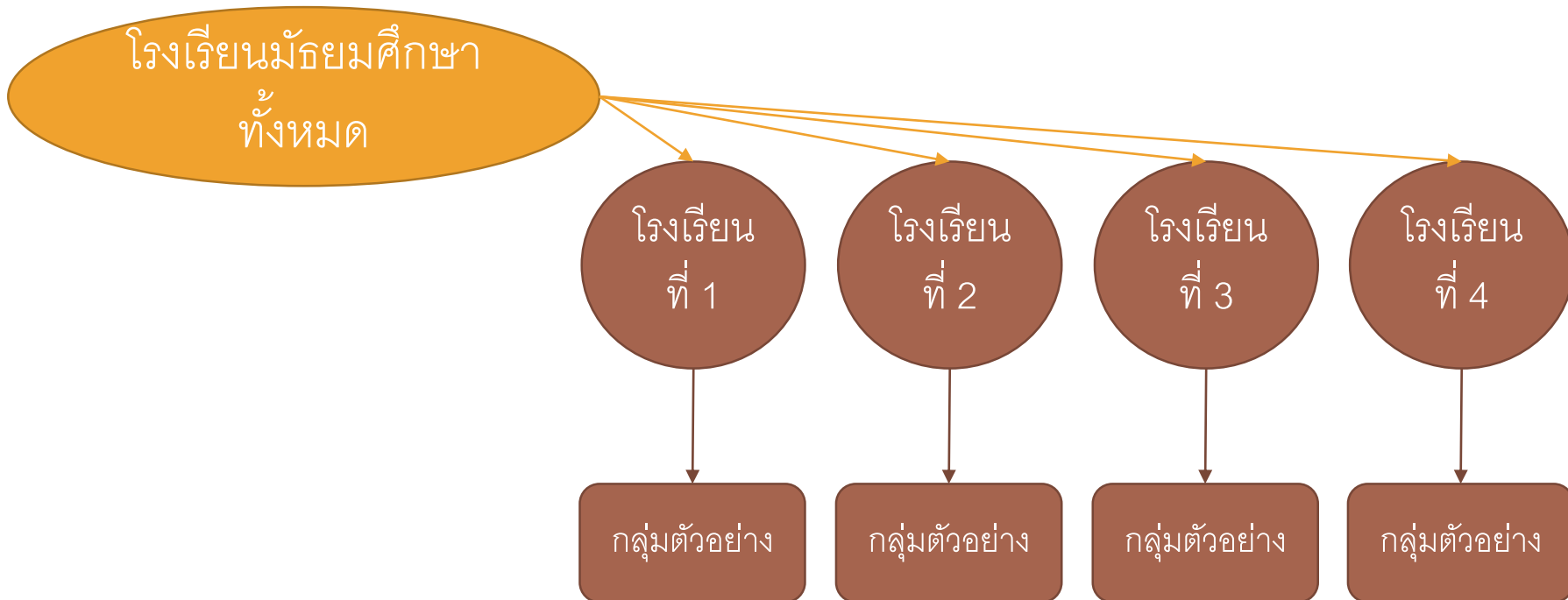
- ที่ผ่านมา กลุ่มได้ถูกกำหนดโดยผู้วิจัยไว้แล้ว ผลจากการเปรียบเทียบคือดูว่าประชากรของกลุ่มมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันหรือไม่



- เรียกการขยายผลแบบนี้ว่า การหาอิทธิพลของกลุ่มที่กำหนดไว้ (Fixed Effect)

# รูปแบบการขยายผล

- บางครั้ง กลุ่มที่ถูกสุ่มออกมาจากประชากรของกลุ่มอีกทีหนึ่ง



# รูปแบบการขยายผล

- ในกรณีนี้ สามารถขยายผลได้ 2 รูปแบบ
  - ถ้าต้องการสรุปว่า โรงเรียนทั้ง 4 โรงเรียนนี้มีตัวแปรตามแตกต่างกัน จะเป็นการขยายผลของอิทธิพลของกลุ่มที่กำหนดไว้ (Fixed Effect)
  - ถ้าต้องการสรุปว่า โรงเรียนมัธยมศึกษาทั้งหมดมีตัวแปรตามแตกต่างกัน (คิดว่าโรงเรียนถูกสุ่มออกมาอีกทีหนึ่ง) จะเป็นการขยายผลของอิทธิพลของกลุ่มแบบสุ่ม (Random Effect)
- ทั้ง Independent  $t$ -test, One-way ANOVA, และสถิติอื่นๆ ที่สอนในวิชานี้ จะเป็น Fixed Effect
- ใช้การวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel Model) เพื่อทดสอบ Random Effect

# การเปรียบเทียบแบบซับซ้อน

- ที่ผ่านมา เราพูดถึงการเปรียบเทียบรายคู่ เช่น
  - ทดสอบว่า นิสิตนักศึกษาปี 1 แตกต่างจากประชากรทั่วไปในความคิดเห็นเรื่องห้องเชียร์

$$H_0: M_{\text{ปี 1}} = M_{\text{ประชากรทั่วไป}}$$

- ทดสอบว่า นิสิตนักศึกษาปี 1 แตกต่างจากปี 2 ในความคิดเห็นเรื่องห้องเชียร์

$$H_0: M_{\text{ปี 1}} = M_{\text{ปี 2}}$$

# การเปรียบเทียบแบบซับซ้อน

- ในความเป็นจริง เราไม่จำเป็นต้องเปรียบเทียบรายคู่เสมอ เช่น
  - ทดสอบว่า นิสิตนักศึกษา แตกต่างจากประชากรทั่วไปในความคิดเห็นเรื่องห้องเชียร์

$$H_0: \frac{1}{2} (M_{\text{ปี 1}} + M_{\text{ปี 2}}) = M_{\text{ประชากรทั่วไป}}$$

- ทดสอบว่า นักเรียนและนิสิตมีความคิดเห็นเรื่องห้องเชียร์แตกต่างจากประชากรทั่วไป

$$H_0: \frac{1}{3} (M_{\text{ม.6}} + M_{\text{ปี 1}} + M_{\text{ปี 2}}) = M_{\text{ประชากรทั่วไป}}$$

# การเปรียบเทียบแบบซับซ้อน

- การเปรียบเทียบที่เกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ยมากกว่า 2 ค่าขึ้นไป เรียกการเปรียบเทียบแบบซับซ้อน (Complex Contrast)
- หากต้องการค้นหาความแตกต่างด้วยการเปรียบเทียบซับซ้อน หลังจากปฏิเสธ Null Hypothesis ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะต้องใช้วิธีการควบคุม Familywise Error Rate ด้วยวิธีของ Scheffe (ความแปรปรวนเท่ากัน) หรือ Brown-Forsythe (ความแปรปรวนไม่เท่ากัน)
- รายละเอียดจะไม่กล่าวถึงในวิชานี้

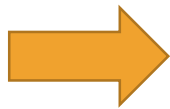
# ประเด็นอภิปราย

- บางครั้ง One-way ANOVA และผลการเปรียบเทียบรายคู่ ไม่เหมือนกัน
- ถ้า One-way ANOVA บอกว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความแตกต่างรายคู่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
  - อาจมีความแตกต่างซับซ้อนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่น

$$M_1 = 20$$

$$M_2 = 20$$

$$M_3 = 15$$



เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Tukey  
ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ



ลองตรวจสอบ  $H_0: \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2) = \mu_3$   
(ใช้วิธีของ Scheffe ควบคุม Familywise error rate)

# ประเด็นอภิปราย

- บางครั้ง One-way ANOVA ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลการเปรียบเทียบรายคู่ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
- ถ้าเป็นวิธีของ Tukey, Bonferroni, หรือ Scheffe ไม่ต้องสนใจผลของ One-way ANOVA (ผลแบบนี้เกิดขึ้นได้ยากมาก)
- ถ้าเป็นวิธี Sidak, LSD, หรือวิธีอีกหลายวิธีที่ไม่ได้กล่าวถึง เชื่อกันว่า One-way ANOVA แล้วผลที่ได้จากวิธีเหล่านี้



# รายละเอียดเพิ่มเติมที่ไม่ได้สอน

- ความแตกต่างที่ตั้งสมมติฐานมาก่อน (A priori contrast) เช่น เปรียบเทียบยาใหม่กับการควบคุม 2 แบบ (กินยาหลอกและไม่กินยา) ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างนี้ ก่อนที่จะทำการวิจัย
- การเปรียบเทียบที่เป็นอิสระจากกัน (Orthogonal contrast)
- การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend analysis)
- วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย เพื่อหากกลุ่มที่มีค่าสูงที่สุดหรือต่ำที่สุด (Hsu's method)

# คาบต่อไป

- ส่งการบ้านที่ 7
- เรียนคาบปฏิบัติการครั้งที่ 5