

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

สถิติชั้นกลางสำหรับจิตวิทยา

สันหัตถ์ พรประเสริฐมานิต

โครงร่างการนำเสนอ

- ค่าเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้ว
- การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม
- ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ
- การทดสอบล่วงหน้า
- ขนาดอิทธิพล
- กำลังและการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง
- เปรียบเทียบกับสถิติอื่น

แนะนำ

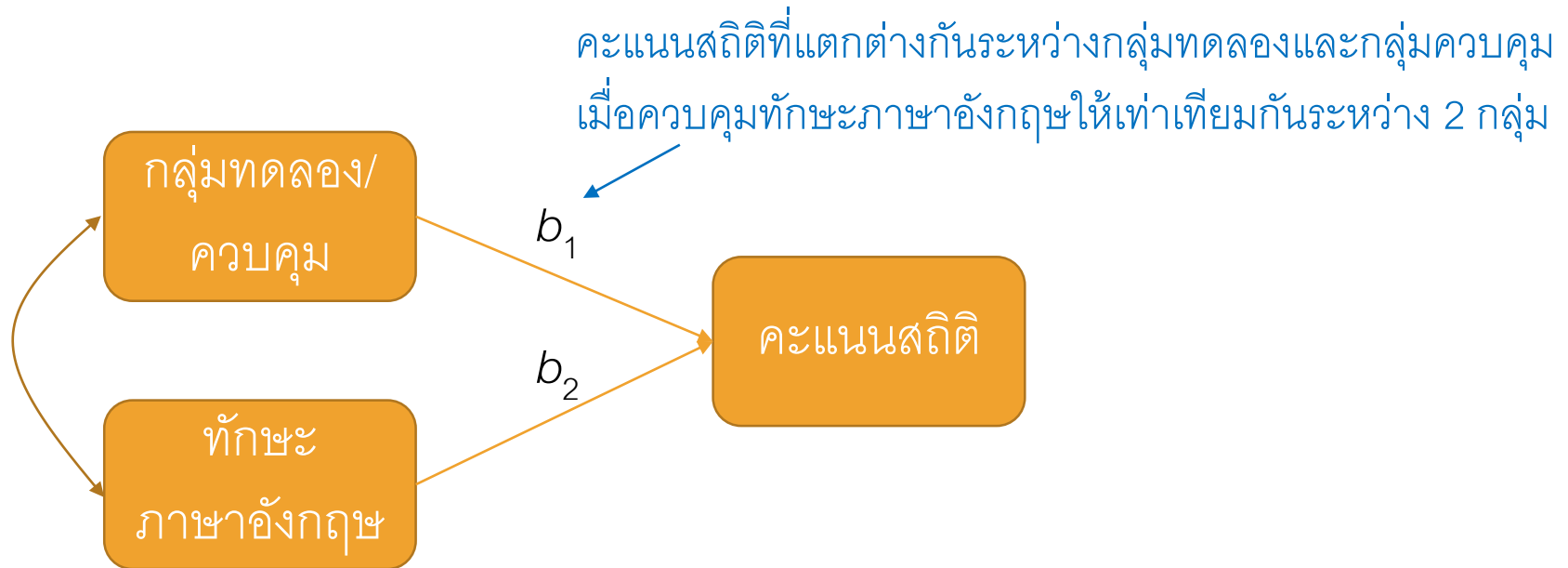
- ตัวแปรร่วม (Covariate) คือ ตัวแปรที่คาดว่าจะสัมพันธ์ หรืออธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม เช่น
 - ความแตกต่างระหว่างบุคคล
 - ความสามารถก่อนการเข้าฝึกอบรม
- การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance; ANCOVA) คือ การทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยควบคุมอิทธิพลของตัวแปรร่วมให้คงที่
 - กล่าวคือ หาอิทธิพลของกลุ่ม ระหว่างคนที่มีค่าของตัวแปรร่วมเท่ากัน
 - เช่น หาอิทธิพลของการฝึกอบรม ระหว่างคนที่มีความสามารถก่อนการเข้าฝึกอบรมเท่ากัน

แนะนำ

- การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เป็นการใช้สถิติช่วยในการคาดเดาว่า หากกลุ่มตัวอย่างมีตัวแปรร่วมเท่าเทียมกันแล้ว ความแตกต่างระหว่างกลุ่มจะเป็นอย่างไร
- วิธีนี้แตกต่างกับการจับคู่ (Matching design) หรือการสร้างบล็อก (Randomized block design) ของคนที่มีตัวแปรร่วมเท่ากัน ซึ่งเป็นการควบคุมโดยการจัดกระทำของผู้ออกแบบการทดลอง
 - ซึ่งจะกล่าวในภายหลังว่า วิธีการนี้มีกำลังในการทดสอบทางสถิติสูงกว่า

แนะนำ

- ในการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยคืออิทธิพลของตัวแปรหนึ่งเมื่อควบคุมตัวแปรอื่น แนวคิดนี้เป็นแนวคิดเดียวกันใน ANCOVA



แนะนำ

- ANCOVA แท้จริงแล้วก็คือการวิเคราะห์ถดถอย แต่ถูกจัดรูปแบบให้เหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม
- ตัวแปรร่วม จะถูกใส่ในสมการถดถอยเป็นตัวแปรชุดที่ 1 และตัวแปรอิสระจะถูกใส่เข้าไปในสมการเป็นชุดที่ 2
- ตัวแปรอิสระจะถูกทดสอบว่าอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้เพิ่มเติมจากตัวแปรร่วมหรือไม่

ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

สถิติชั้นกลางสำหรับจิตวิทยา

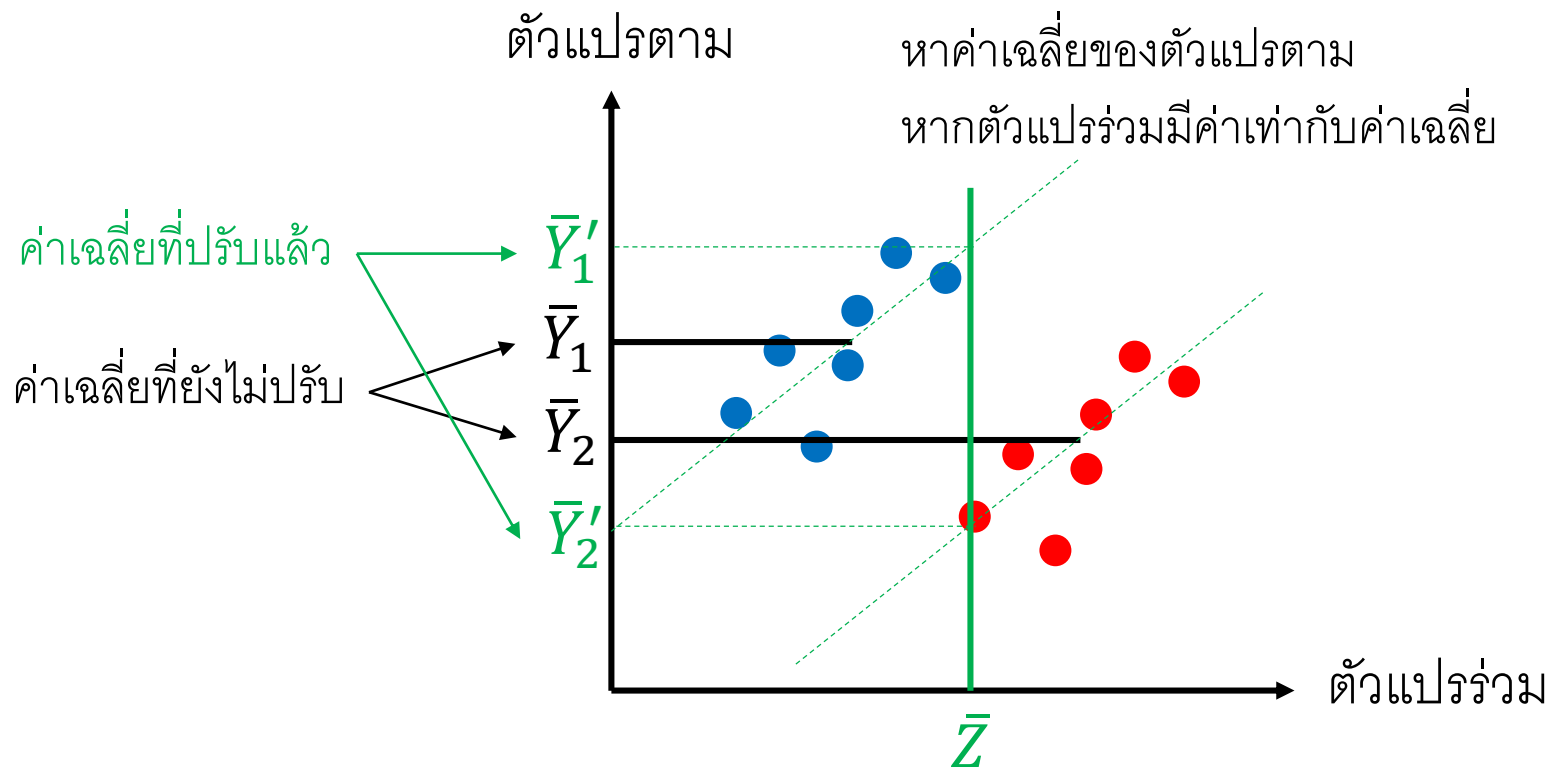
สันหัต พรประเสริฐมานิต

ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

- ใน ANOVA การเปรียบเทียบจะขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม ค่าเฉลี่ยเหล่านี้อาจเรียกว่า ค่าเฉลี่ยที่ยังไม่ปรับ (Unadjusted means)
- แต่ใน ANCOVA จะมีการปรับค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม ให้ค่าของตัวแปรร่วมในแต่ละกลุ่มเท่าเทียมกัน

ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

- เปรียบเทียบตัวแปรตามระหว่างกลุ่มสีน้ำเงินและสีแดง



ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

- ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjusted means) คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามในแต่ละกลุ่ม เมื่อตัวแปรทั้งหมดมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ย

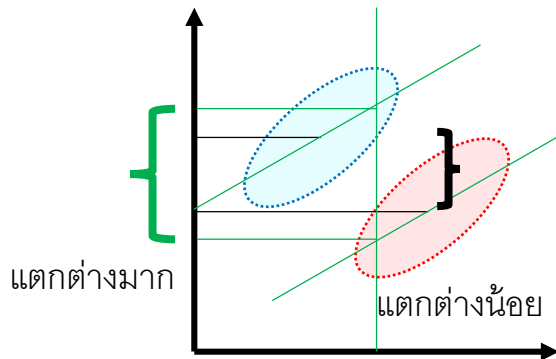
$$\bar{Y}_j' = \bar{Y}_j - b_1(\bar{Z}_{1j} - \bar{Z}_1) - \cdots - b_p(\bar{Z}_{pj} - \bar{Z}_p)$$

- การปรับค่าเฉลี่ยก็มาจากการวิเคราะห์ถดถอย ที่มีการเปลี่ยนศูนย์กลางให้ตัวแปรต้นเท่ากับค่าเฉลี่ย

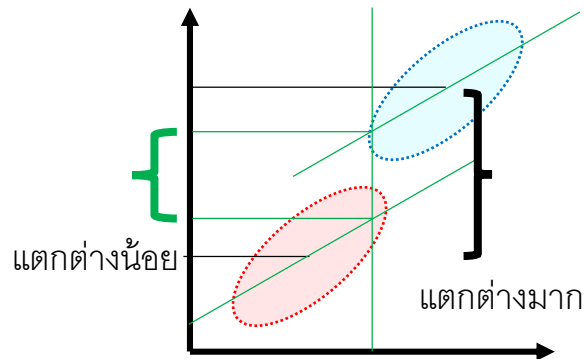
$$\hat{Y} = \bar{Y}_j = \bar{Y}_j' + b_1(\bar{Z}_{1j} - \bar{Z}_1) + \cdots + b_p(\bar{Z}_{pj} - \bar{Z}_p)$$

ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว อาจมากกว่า, น้อยกว่า, เท่ากัน, หรือกลับทิศทางกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ยังไม่ได้ปรับ

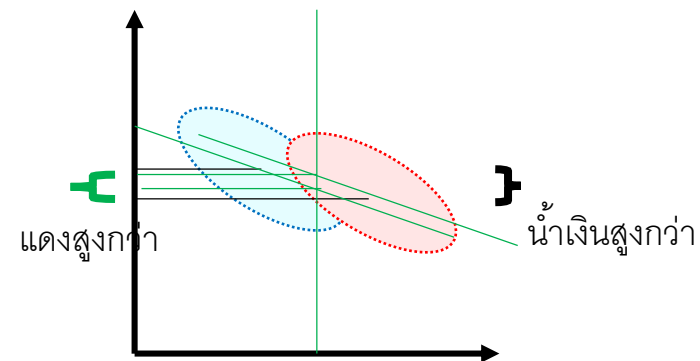
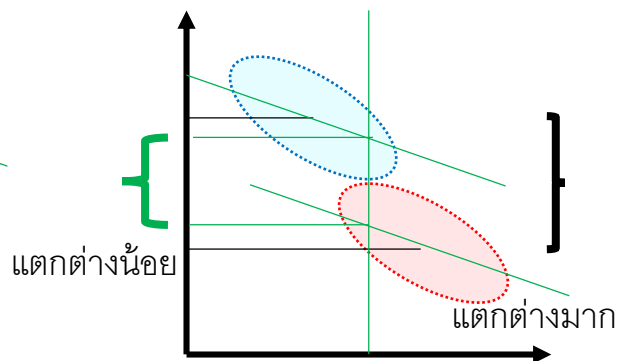
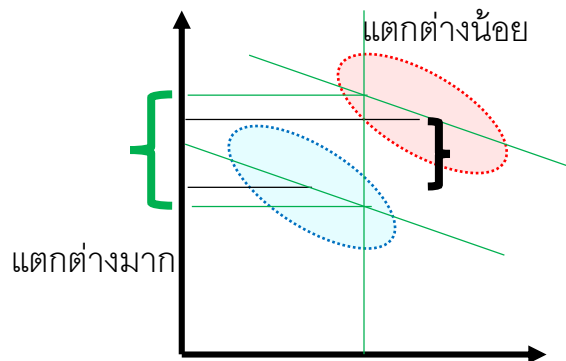
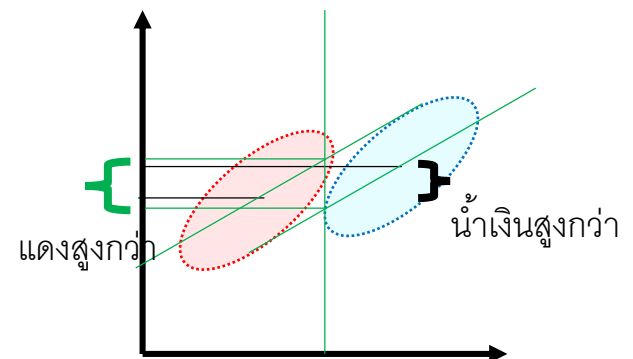
ความแตกต่างสูงขึ้น



ความแตกต่างน้อยลง



ความแตกต่างกลับทิศทาง



ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

- ในการทดลองที่มีการสุ่มเข้ากลุ่ม (Random assignment) ค่าของตัวแปรร่วมแต่ละกลุ่มมีแนวโน้มจะเท่ากัน

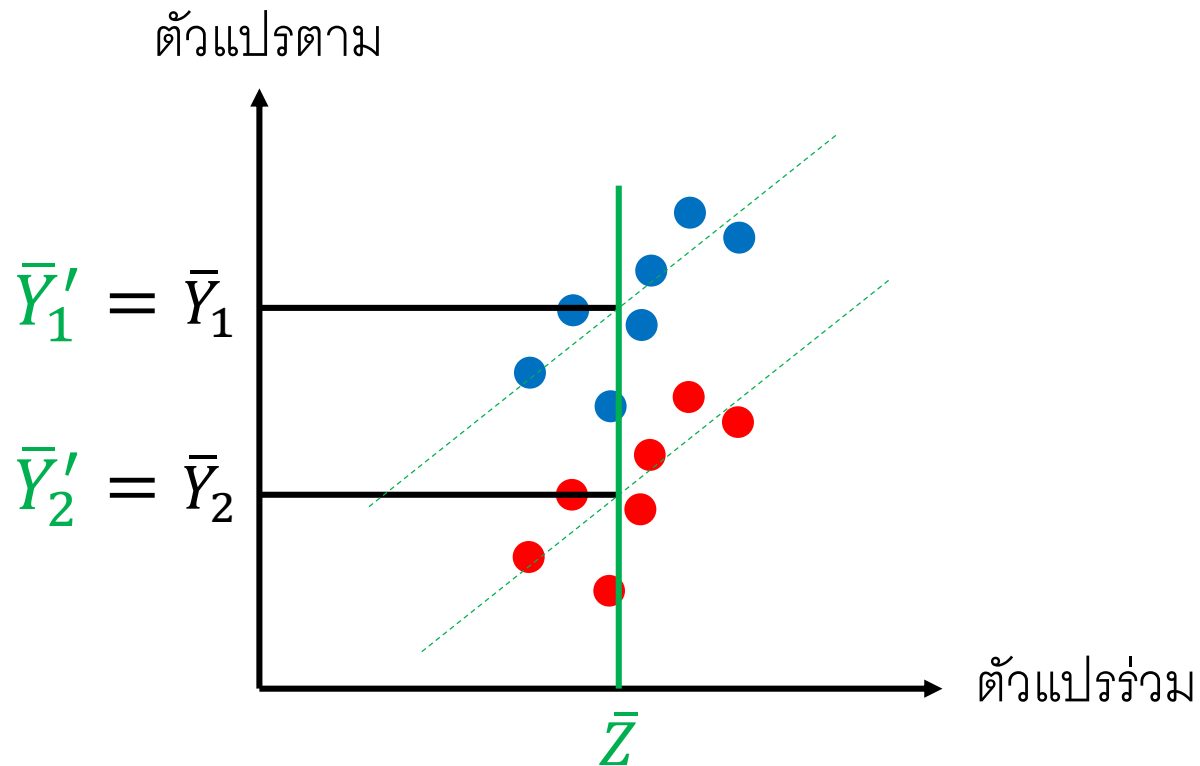
$$\bar{Z}_1 \approx \dots \approx \bar{Z}_J \approx \bar{Z}_{..}$$

- ในกรณีนี้ ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว และค่าเฉลี่ยที่ไม่ได้ปรับจะใกล้เคียงกัน

$$\bar{Y}_j' \approx \bar{Y}_j$$

ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

- เมื่อค่าเฉลี่ยตัวแปรร่วมแต่ละกลุ่มเท่ากัน

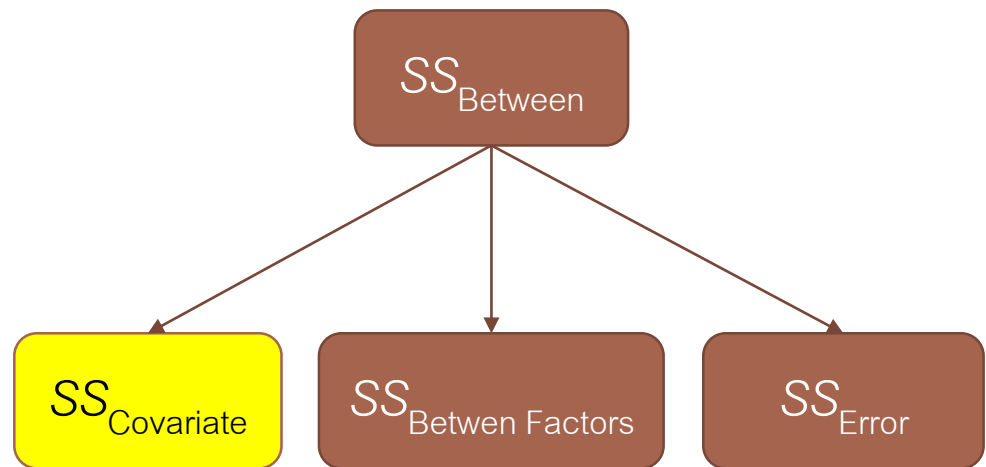


ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

- หากค่าเฉลี่ยตัวแปรร่วมเท่ากันแล้ว ค่าเฉลี่ยเดิมกับค่าเฉลี่ยที่ปรับแก้จะเท่ากัน แล้วทำไมต้องใช้ ANCOVA?
- เพราะว่า ค่าความผิดพลาดในการทำนายของ ANCOVA จะน้อยกว่า ANOVA (เหมือนใน Repeated-measures ANOVA มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า ANOVA)
- ส่งผลให้มีกำลังในการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มสูงขึ้น

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

- ความแปรปรวนที่ถูกอธิบายด้วยความแปรปรวนร่วม จะถูกแบ่งออกมาจาก SS_{Error}
- ทำให้ SS_{Error} และ MS_{Error} มีค่าน้อยลง ค่า F สูงขึ้น ค่า p ต่ำลง โอกาสจะเจอผลถึงระดับนัยสำคัญง่ายขึ้น

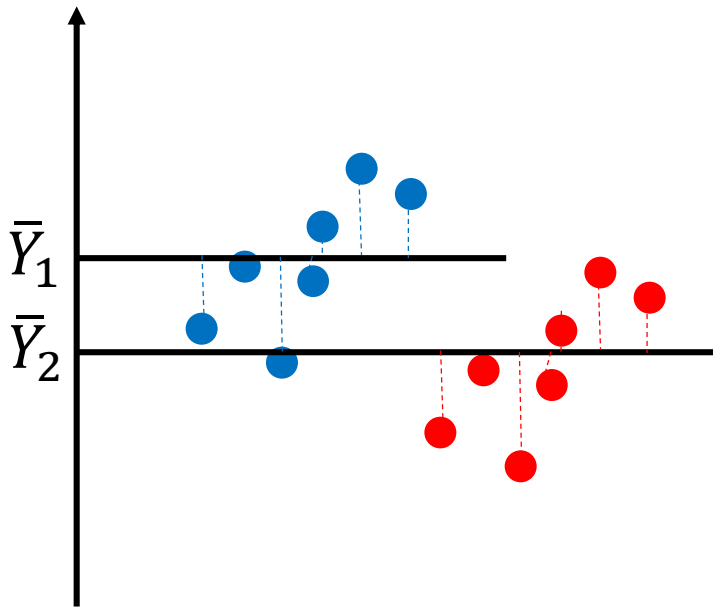


Main + Interaction Effects

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

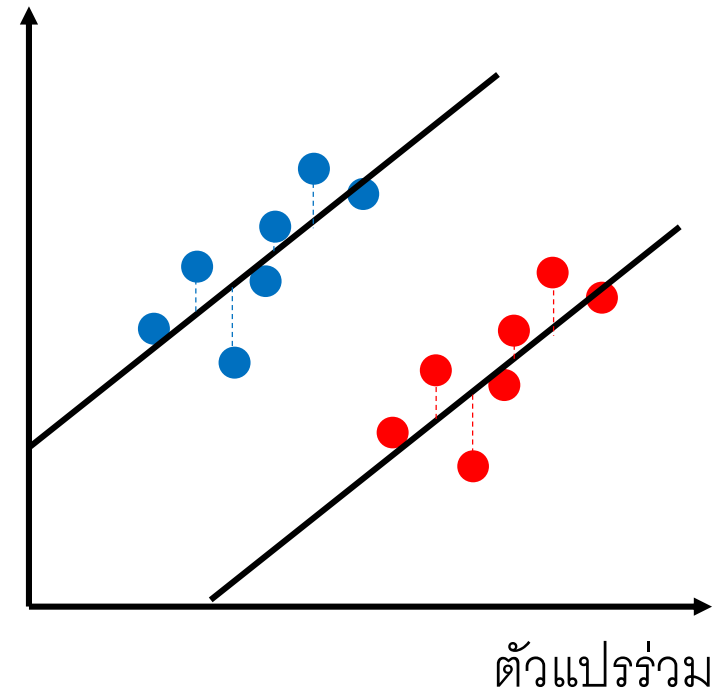
ANOVA

ตัวแปรตาม



ANCOVA

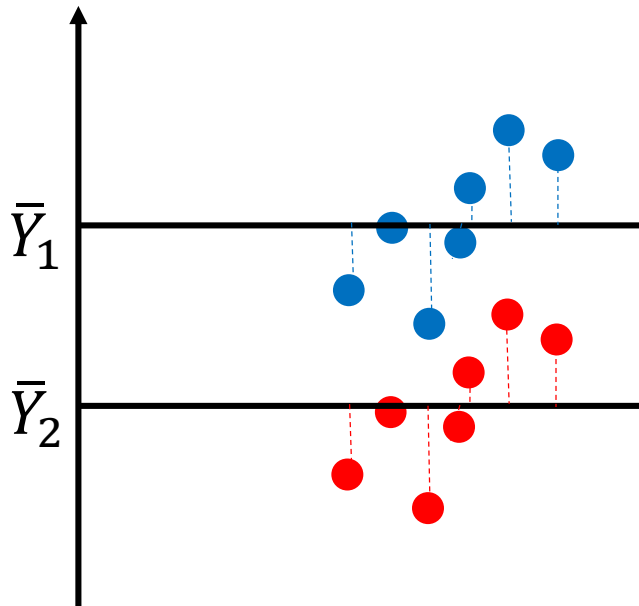
ตัวแปรตาม



การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

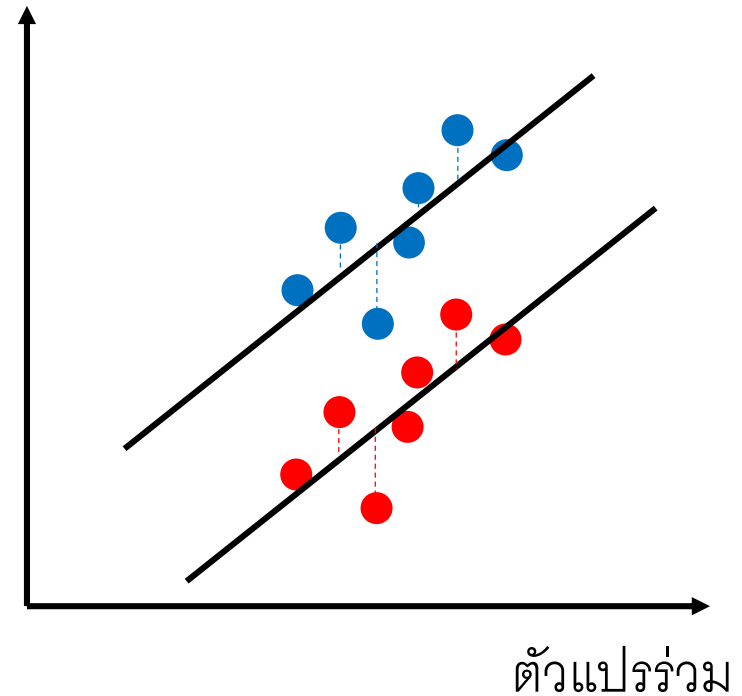
ANOVA

ตัวแปรตาม



ANCOVA

ตัวแปรตาม



การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

- เช่น ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนใน One-way ANCOVA

ความแตกต่างที่อธิบายด้วยตัวแปรร่วม

ความแตกต่างระหว่างปัจจัยที่ต้องการทดสอบ

Effects	SS	df	MS	F	p
Covariate	SS_C	p			
A	SS_A	$k - 1$	MS_A	F_A	p_A
Error	SS_{Error}	$n - p - k$	MS_{Error}		
Total	SS_{Total}				

ความแตกต่างที่ไม่สามารถวัดได้ด้วยปัจจัยที่ต้องการทดสอบและ Block

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

- เช่น ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนใน One-way ANCOVA

$$SS_{\text{Total}} = SS_C + SS_A + SS_{\text{Error}}$$

$$MS_A = SS_A / df_A$$

$$F_A = MS_A / MS_{\text{Error}}$$

Effects	SS	df	MS	F	p
Covariate	SS_C	p			
A	SS_A	$k - 1$	MS_A	F_A	p_A
Error	SS_{Error}	$n - p - k$	MS_{Error}		
Total	SS_{Total}				

ทดสอบความแตกต่างระหว่างปัจจัย ถ้าน้อยกว่า $\alpha \rightarrow \text{Reject } H_0$

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยทดสอบความโกรธของ
ผู้ร่วมการทดลอง หลังจากถูกรถ
ปาดหน้า โดยรู้ว่าผู้ขับรถที่
ปาดเป็นเพศชายหรือหญิง
โดยต้องการควบคุมเวลาเฉลี่ย
ในการขับรถต่อวัน



$\alpha = .05$

เก็บข้อมูลผู้ร่วมการทดลอง 40 คน แบ่งเป็นกลุ่ม
ถูกปาดด้วยผู้ชายและผู้หญิงอย่างละ 20 คน

สมมติฐาน คือ เพศของผู้ปาดมีผลต่อความ
โกรธ เมื่อควบคุมพฤติกรรมการขับรถ

$$H_0: \mu'_1 = \mu'_2$$

$$H_1: \mu'_1 \neq \mu'_2$$

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยทดสอบความโกรธของ
ผู้ร่วมการทดลอง หลังจากถูกรถ
ปาดหน้า โดยรับรู้ว่าคุณขับรถที่
ปาดเป็นเพศชายหรือหญิง
โดยต้องการควบคุมเวลาเฉลี่ย
ในการขับรถต่อวัน



สรุปตัวแปร

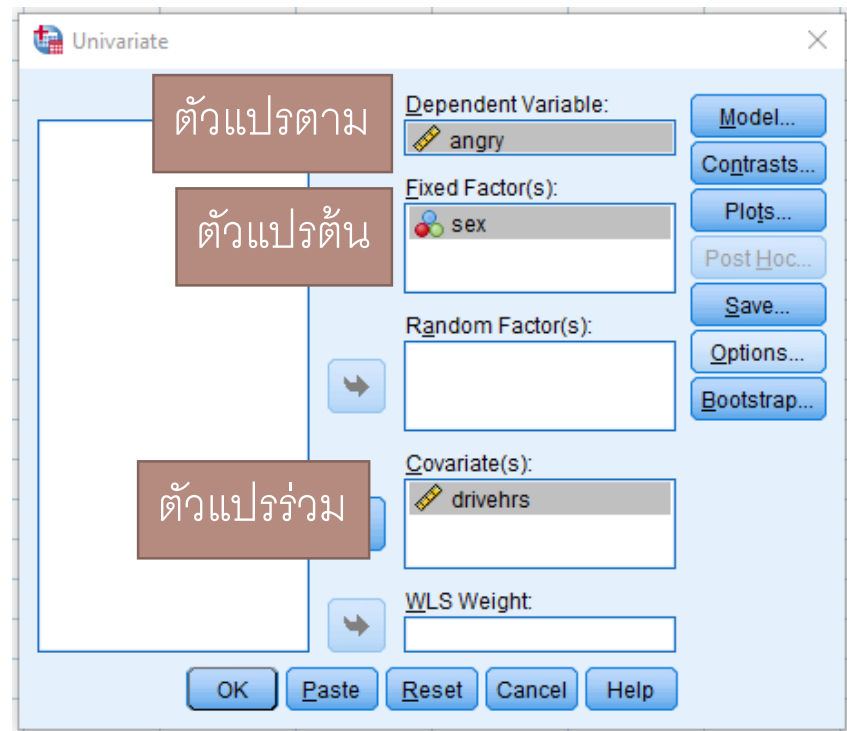
ตัวแปรต้น	เพศ
ตัวแปรตาม	ความโกรธ
ตัวแปรร่วม	เวลาเฉลี่ยในการขับรถต่อวัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยทดสอบความโกรธของ
ผู้ร่วมการทดลอง หลังจากถูกรร
ปาดหน้า โดยรับรู้ว่าคุณขับรถที่
ปาดเป็นเพศชายหรือหญิง
โดยต้องการควบคุมเวลาเฉลี่ย
ในการขับรถต่อวัน



เลือก Analyze → General Linear Model
→ Univariate



การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยทดสอบความโกรธของ
ผู้ร่วมการทดลอง หลังจากถูกรถ
ปาดหน้า โดยรู้ว่าผู้ขับรถที่
ปาดเป็นเพศชายหรือหญิง
โดยต้องการควบคุมเวลาเฉลี่ย
ในการขับรถต่อวัน



กด Options... เพื่อเลือกผลการวิเคราะห์เพิ่มเติม

Univariate: Options

ใส่ปัจจัยไปทางขวา

Estimated Marginal Means

Factor(s) and Factor Interactions:

(OVERALL)

Sex

Display Means for:

Sex

☒ Compare main effects

Confidence interval adjustment:

LSD(none)

Display

☒ Descriptive statistics

☒ Estimates of effect size

☐ Observed power

☐ Parameter estimates

☐ Contrast coefficient matrix

☒ Homogeneity tests

☐ Spread vs. level plot

☐ Residual plot

☐ Lack of fit

☐ General estimable function

Significance level: .05 Confidence intervals are 95.0 %

Continue Cancel Help

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยทดสอบความโกรธของ
ผู้ร่วมการทดลอง หลังจากถูกรถ
ปาดหน้า โดยรับรู้ว่าคุณขับรถที่
ปาดเป็นเพศชายหรือหญิง
โดยต้องการควบคุมเวลาเฉลี่ย
ในการขับรถต่อวัน



ค่าเฉลี่ยที่ยังไม่ได้ปรับ (Unadjusted means)

Descriptive Statistics

Dependent Variable: angry

sex	Mean	Std. Deviation	N
Male	51.30	9.652	20
Female	55.00	7.954	20
Total	53.15	8.929	40

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยทดสอบความโกรธของ
ผู้ร่วมการทดลอง หลังจากถูกรถ
ปาดหน้า โดยรับรู้ว่าคุณขับรถที่
ปาดเป็นเพศชายหรือหญิง
โดยต้องการควบคุมเวลาเฉลี่ย
ในการขับรถต่อวัน



ทดสอบความเท่าเทียมกันของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: angry

F	df1	df2	Sig.
.417	1	38	.522

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + drivehrs + sex

กล่าวอีกครั้งหนึ่ง ในเรื่องข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยทดสอบความโกรธของ
ผู้ร่วมการทดลอง หลังจากถูกรถ
ปาดหน้า โดยรับรู้ว่าคุณขับรถ
ปาดเป็นเพศชายหรือหญิง
โดยต้องการควบคุมเวลาเฉลี่ย
ในการขับรถต่อวัน



อิทธิพลของตัวแปรร่วม

$p < .05$

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: angry

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	591.533 ^a	2	295.766	4.347	.020	.190
Intercept	14519.153	1	14519.153	213.384	.000	.852
drivehrs	454.633	1	454.633	6.682	.014	.153
sex	462.359	1	462.359	6.795	.013	.155
Error	2517.567	37	68.042			
Total	116106.000	40				
Corrected Total	3109.100	39				

a. R Squared = .190 (Adjusted R Squared = .146)

อิทธิพลของตัวแปรต้น

$p < .05$

อย่าเพิ่งสรุปรูปแบบความแตกต่าง (เช่น โกรธหน้าม้าผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย)
จากค่าเฉลี่ยที่ยังไม่ปรับ ให้ดูค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยทดสอบความโกรธของ
ผู้ร่วมการทดลอง หลังจากถูกรถ
ปาดหน้า โดยรับรู้ว่าคุณขับรถที่
ปาดเป็นเพศชายหรือหญิง
โดยต้องการควบคุมเวลาเฉลี่ย
ในการขับรถต่อวัน



ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjusted means)

Estimates

Dependent Variable: angry

sex	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Male	49.078 ^a	2.035	44.955	53.201
Female	57.222 ^a	2.035	53.099	61.345

a. Covariates appearing in the model are evaluated at the following values: drivehrs = 1.260.

ผู้ร่วมการทดลองโกรธหน้าม้าผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย

ขนาดความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว = 8.2
ขนาดความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ยังไม่ได้ปรับ = 3.7

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยทดสอบความโกรธของ
ผู้ร่วมการทดลอง หลังจากถูกรร
ปาดหน้า โดยรับรู้ว่าคุณขับรถที่
ปาดเป็นเพศชายหรือหญิง
โดยต้องการควบคุมเวลาเฉลี่ย
ในการขับรถต่อวัน



การเปรียบเทียบรายคู่

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: angry

(I) sex	(J) sex	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
Male	Female	-8.143 [*]	3.124	.013	-14.473	-1.814
Female	Male	8.143 [*]	3.124	.013	1.814	14.473

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

เนื่องจากมีแค่สองกลุ่ม จึงไม่ต้องเปรียบเทียบรายคู่
อย่าลืมว่า ค่า α ต้องหารด้วยจำนวนครั้งการเปรียบเทียบ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผู้วิจัยทดสอบความโกรธของ
ผู้ร่วมการทดลอง หลังจากถูกรร
ปาดหน้า โดยรับรู้ว่าคุณขับรถที่
ปาดเป็นเพศชายหรือหญิง
โดยต้องการควบคุมเวลาเฉลี่ย
ในการขับรถต่อวัน



สรุป หน้าม้าเพศหญิง ทำให้ผู้ร่วมการทดลอง
โกรธมากกว่าหน้าม้าเพศชาย

ANOVA

angry					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	136.900	1	136.900	1.750	.194
Within Groups	2972.200	38	78.216		
Total	3109.100	39			

หากไม่ใส่ตัวแปรร่วม ความแตกต่างระหว่างหน้าม้าชาย
และหญิงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

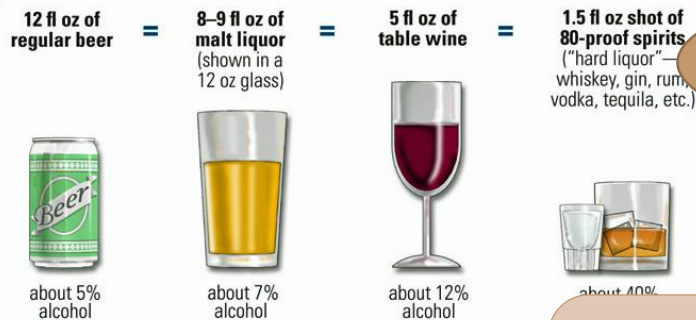
เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย
และหญิง โดยควบคุมอายุ
และศาสนา (พุทธ, คริสต์,
อิสลาม, อื่นๆ)

สำรวจกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ตามเพศ อายุ
ศาสนา และความชอบแอลกอฮอล์ทั้ง 3 ชนิด

สมมติฐาน คือ เพศและความชอบแอลกอฮอล์
มีปฏิสัมพันธ์กัน เมื่อควบคุมอายุและศาสนา

$$\begin{aligned} H_0: & \mu'_{11} - \mu'_{21} \\ &= \mu'_{12} - \mu'_{22} \\ &= \mu'_{13} - \mu'_{23} \end{aligned}$$

H_1 : เพศทั้งสองมีรูปแบบความชอบ
แอลกอฮอล์ที่แตกต่างกัน

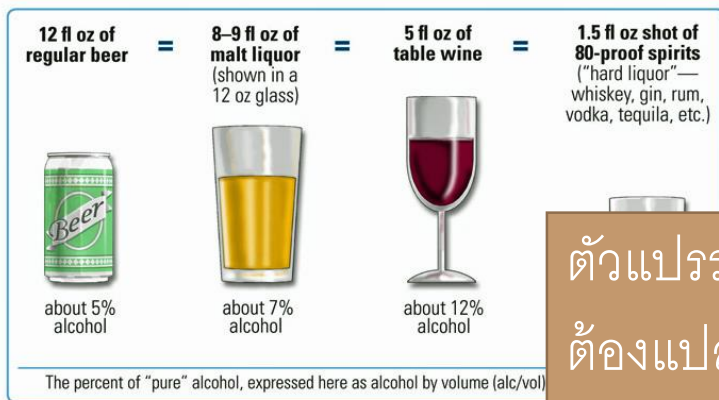


$$\alpha = .05$$

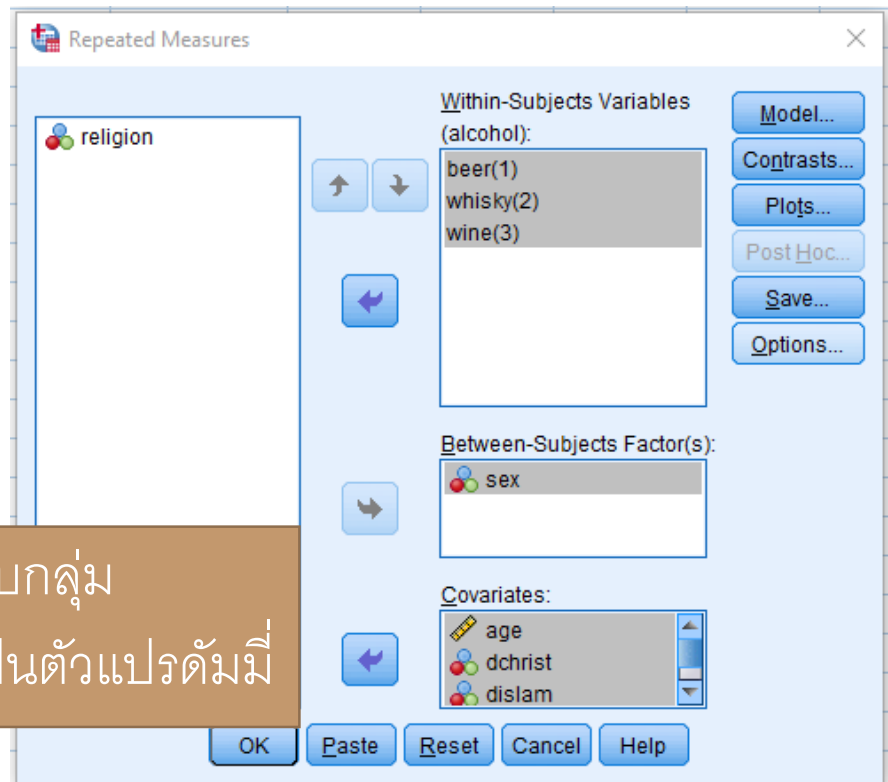
การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย
และหญิง โดยควบคุมอายุ
และศาสนา (พุทธ, คริสต์,
อิสลาม, อื่นๆ)

เลือก Analyze → General Linear Model
→ Repeated-measures

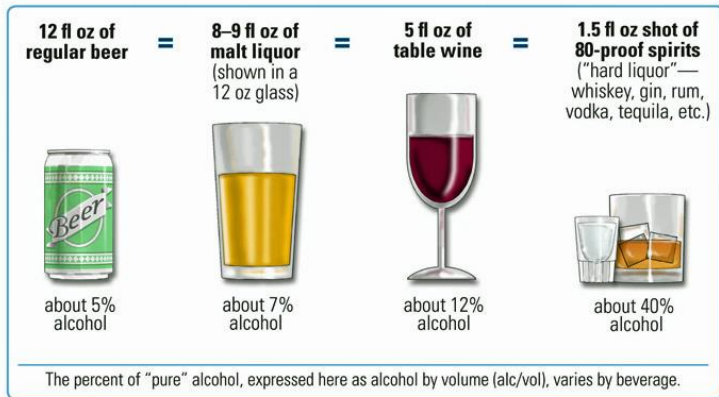


ตัวแปรร่วมแบบกลุ่ม
ต้องแปลงให้เป็นตัวแปรดั้มมี



การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย
และหญิง โดยควบคุมอายุ
และศาสนา (พุทธ, คริสต์,
อิสลาม, อื่นๆ)



กด Options... → ใส่ตัวแปรทั้งหมดไปทางขวา
เพื่อทดสอบรายคู่และทดสอบอิทธิพลหลักแยกย่อย

Repeated Measures: Options

Estimated Marginal Means

Factor(s) and Factor Interactions:

- (OVERALL)
- sex
- alcohol
- sex*alcohol

Display Means for:

- (OVERALL)
- sex
- alcohol
- sex*alcohol

☒ Compare main effects

Confidence interval adjustment:
LSD(none)

Display

- ☒ Descriptive statistics
- ☒ Estimates of effect size
- ☐ Observed power
- ☐ Parameter estimates
- ☐ SSCP matrices
- ☐ Residual SSCP matrix
- ☐ Transformation matrix
- ☒ Homogeneity tests
- ☐ Spread vs. level plot
- ☐ Residual plot
- ☐ Lack of fit
- ☐ General estimable function

Significance level: .05 Confidence intervals are 95.0 %

Continue Cancel Help

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

- กด Paste เพื่อสร้าง Syntax

```
GLM beer whisky wine BY sex WITH age dchrist dislam dother
/WSFACTOR=alcohol 3 Polynomial
/METHOD=SSTYPE(3)
/EMMEANS=TABLES(OVERALL) WITH(age=MEAN dchrist=MEAN dislam=MEAN dother=MEAN)
/EMMEANS=TABLES(sex) WITH(age=MEAN dchrist=MEAN dislam=MEAN dother=MEAN) COMPARE ADJ(LSD)
/EMMEANS=TABLES(alcohol) WITH(age=MEAN dchrist=MEAN dislam=MEAN dother=MEAN) COMPARE ADJ(LSD)
/EMMEANS=TABLES(sex*alcohol) WITH(age=MEAN dchrist=MEAN dislam=MEAN dother=MEAN) COMPARE(sex)
/PRINT=DESCRIPTIVE ETASQ HOMOGENEITY
/CRITERIA=ALPHA(.05)
/WSDESIGN=alcohol
/DESIGN=age dchrist dislam dother sex.
```

เปรียบเทียบเพศ ในแอลกอฮอล์แต่ละประเภท

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

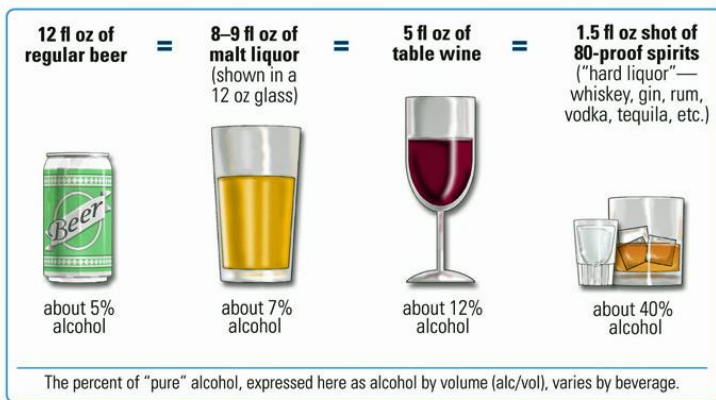
เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย
และหญิง โดยควบคุมอายุ
และศาสนา (พุทธ, คริสต์,
อิสลาม, อื่นๆ)

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

alcohol	Dependent Variable
1	beer
2	whisky
3	wine

ตรวจสอบลำดับของตัวแปรว่าถูกต้องหรือไม่



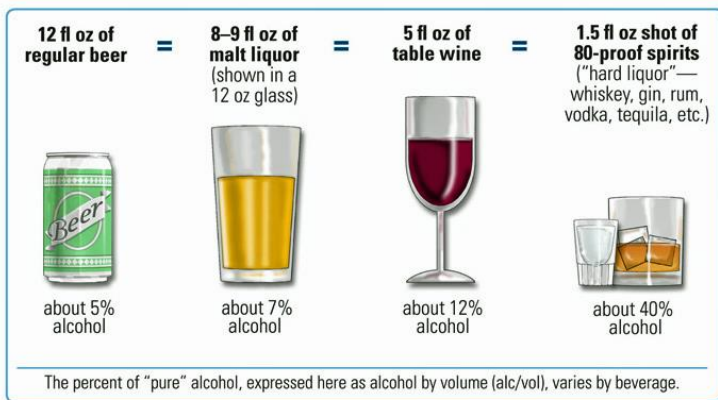
การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย
และหญิง โดยควบคุมอายุ
และศาสนา (พุทธ, คริสต์,
อิสลาม, อื่นๆ)

ค่าเฉลี่ยที่ยังไม่ได้ปรับ (Unadjusted means)

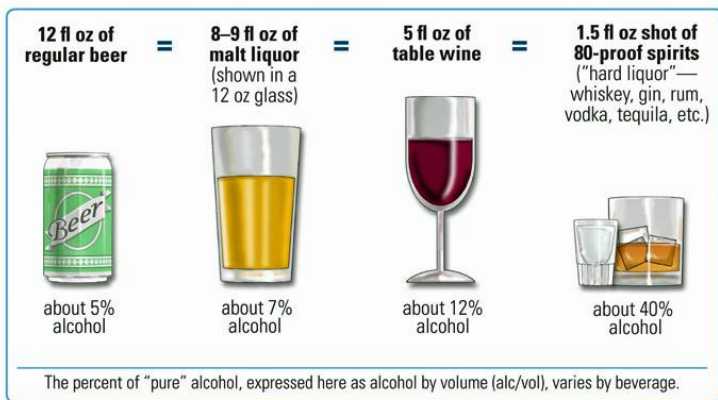
Descriptive Statistics

sex		Mean	Std. Deviation	N
beer	Male	58.38	13.030	100
	Female	49.14	13.324	100
	Total	53.76	13.937	200
whisky	Male	53.37	13.731	100
	Female	44.58	13.498	100
	Total	48.98	14.278	200
wine	Male	37.70	12.951	100
	Female	49.42	13.476	100
	Total	43.56	14.433	200



การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย
และหญิง โดยควบคุมอายุ
และศาสนา (พุทธ, คริสต์,
อิสลาม, อื่นๆ)



เปรียบเทียบความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

Box's Test of Equality of Covariance Matrices^a

Box's M	1.289
F	.211
df1	6
df2	284044.075
Sig.	.973

Tests the null hypothesis that the observed covariance matrices of the dependent variables are equal across groups.

a. Design: Intercept + age + dchrist + dislam + dother + sex
Within Subjects Design: alcohol

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

	F	df1	df2	Sig.
beer	1.515	1	198	.220
whisky	.388	1	198	.534
wine	.320	1	198	.572

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + age + dchrist + dislam + dother + sex
Within Subjects Design: alcohol

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย
และหญิง โดยควบคุมอายุ

การทดสอบ Sphericity

Mauchly's Test of Sphericity^a

Measure: MEASURE_1

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
alcohol	.999	.143	2	.931	.999	1.000	.500

ตัวอย่าง

12 fl oz of
regular beer = 8-9 fl oz of
malt liquor
(shown in a
12 oz glass)



about 5%
alcohol



about 7%
alcohol



about 12%
alcohol



about 40%
alcohol

The percent of "pure" alcohol, expressed here as alcohol by volume (alc/vol), varies by beverage.

Tests the null hypothesis that the error covariance matrix of the orthonormalized transformed dependent variables is proportional to an identity matrix.

a. Design: Intercept + age + dchrist + dislam + dother + sex
Within Subjects Design: alcohol

b. May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

ดูแล้ว ข้อตกลงเบื้องต้นเรื่อง Sphericity ไม่น่าจะมีปัญหา

ผลการทดสอบจาก MANCOVA

Multivariate Tests^a

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
alcohol	Pillai's Trace	.070	7.282 ^b	2.000	193.000	.001	.070
	Wilks' Lambda	.930	7.282 ^b	2.000	193.000	.001	.070
	Hotelling's Trace	.075	7.282 ^b	2.000	193.000	.001	.070
	Roy's Largest Root	.075	7.282 ^b	2.000	193.000	.001	.070
alcohol * age	Pillai's Trace	.008	.804 ^b	2.000	193.000	.449	.008
	Wilks' Lambda	.992	.804 ^b	2.000	193.000	.449	.008
	Hotelling's Trace	.008	.804 ^b	2.000	193.000	.449	.008
	Roy's Largest Root	.008	.804 ^b	2.000	193.000	.449	.008
alcohol * dchrist	Pillai's Trace	.002	.235 ^b	2.000	193.000	.791	.002
	Wilks' Lambda	.998	.235 ^b	2.000	193.000	.791	.002
	Hotelling's Trace	.002	.235 ^b	2.000	193.000	.791	.002
	Roy's Largest Root	.002	.235 ^b	2.000	193.000	.791	.002
alcohol * dislam	Pillai's Trace	.003	.276 ^b	2.000	193.000	.759	.003
	Wilks' Lambda	.997	.276 ^b	2.000	193.000	.759	.003
	Hotelling's Trace	.003	.276 ^b	2.000	193.000	.759	.003
	Roy's Largest Root	.003	.276 ^b	2.000	193.000	.759	.003
alcohol * dother	Pillai's Trace	.009	.849 ^b	2.000	193.000	.430	.009
	Wilks' Lambda	.991	.849 ^b	2.000	193.000	.430	.009
	Hotelling's Trace	.009	.849 ^b	2.000	193.000	.430	.009
	Roy's Largest Root	.009	.849 ^b	2.000	193.000	.430	.009
alcohol * sex	Pillai's Trace	.585	136.047 ^b	2.000	193.000	.000	.585
	Wilks' Lambda	.415	136.047 ^b	2.000	193.000	.000	.585
	Hotelling's Trace	1.410	136.047 ^b	2.000	193.000	.000	.585
	Roy's Largest Root	1.410	136.047 ^b	2.000	193.000	.000	.585

คำนวณผลปฏิสัมพันธ์
ระหว่างปัจจัยภายใน
บุคคลและตัวแปรร่วม
ด้วย

a. Design: Intercept + age + dchrist + dislam + dother + sex

Wilks'

b. Exact

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศและชนิดแอลกอฮอล์ถึงระดับนัยสำคัญ

ผลการทดสอบจาก Repeated-measures ANCOVA: ปัจจัยภายในบุคคล

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
alcohol	Sphericity Assumed	774.805	2	387.403	7.507	.001	.037
	Greenhouse-Geisser	774.805	1.999	387.689	7.507	.001	.037
	Huynh-Feldt	774.805	2.000	387.403	7.507	.001	.037
	Lower-bound	774.805	1.000	774.805	7.507	.007	.037
alcohol * age	Sphericity Assumed	83.759	2	41.880	.812	.445	.004
	Greenhouse-Geisser	83.759	1.999	41.911	.812	.445	.004
	Huynh-Feldt	83.759	2.000	41.880	.812	.445	.004
	Lower-bound	83.759	1.000	83.759	.812	.369	.004
alcohol * dchrist	Sphericity Assumed	24.998	2	12.499	.242	.785	.001
	Greenhouse-Geisser	24.998	1.999	12.508	.242	.785	.001
	Huynh-Feldt	24.998	2.000	12.499	.242	.785	.001
	Lower-bound	24.998	1.000	24.998	.242	.623	.001
alcohol * dislam	Sphericity Assumed	28.627	2	14.314	.277	.758	.001
	Greenhouse-Geisser	28.627	1.999	14.324	.277	.758	.001
	Huynh-Feldt	28.627	2.000	14.314	.277	.758	.001
	Lower-bound	28.627	1.000	28.627	.277	.599	.001
alcohol * dother	Sphericity Assumed	86.947	2	43.473	.842	.431	.004
	Greenhouse-Geisser	86.947	1.999	43.506	.842	.431	.004
	Huynh-Feldt	86.947	2.000	43.473	.842	.431	.004
	Lower-bound	86.947	1.000	86.947	.842	.260	.004
alcohol * sex	Sphericity Assumed	14306.750	2	7153.375	138.624	.000	.417
	Greenhouse-Geisser	14306.750	1.999	7158.667	138.624	.000	.417
	Huynh-Feldt	14306.750	2.000	7153.375	138.624	.000	.417
	Lower-bound	14306.750	1.000	14306.750	138.624	.000	.417
Error(alcohol)	Sphericity Assumed	20021.903	388	51.603			
	Greenhouse-Geisser	20021.903	387.713	51.641			
	Huynh-Feldt	20021.903	388.000	51.603			
	Lower-bound	20021.903	194.000	103.199			

คำนวณผลปฏิสัมพันธ์
ระหว่างปัจจัยภายใน
บุคคลและตัวแปรร่วม
ด้วย

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศและชนิดแอลกอฮอล์ถึงระดับนัยสำคัญ

ผลการทดสอบจาก Repeated-measures ANCOVA: ปัจจัยระหว่างบุคคล

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

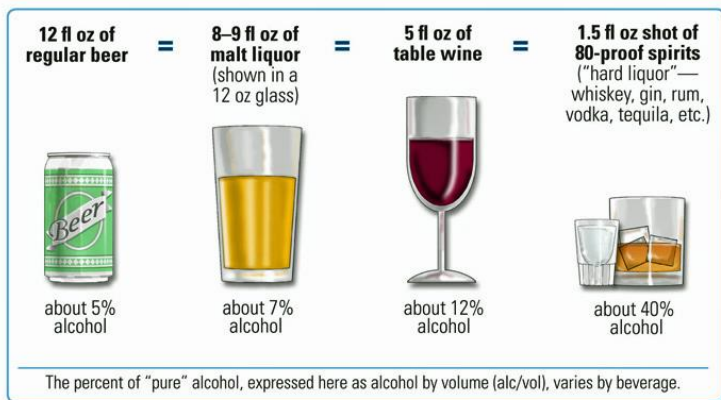
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	191902.307	1	191902.307	1087.935	.000	.849
age	41468.941	1	41468.941	235.096	.000	.548
dchrist	9083.060	1	9083.060	51.494	.000	.210
dislam	2427.404	1	2427.404	13.761	.000	.066
dothor	4.446	1	4.446	.025	.874	.000
sex	420.694	1	420.694	2.385	.124	.012
Error	34219.911	194	176.391			

ตัวแปรร่วมมีผลต่อตัวแปรตาม

ไม่ต้องดูอิทธิพลหลักของเพศ เพราะปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศและชนิดแอลกอฮอล์ถึงระดับนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย
และหญิง โดยควบคุมอายุ
และศาสนา (พุทธ, คริสต์,
อิสลาม, อื่นๆ)



ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjusted means)

Estimates

Measure: MEASURE_1

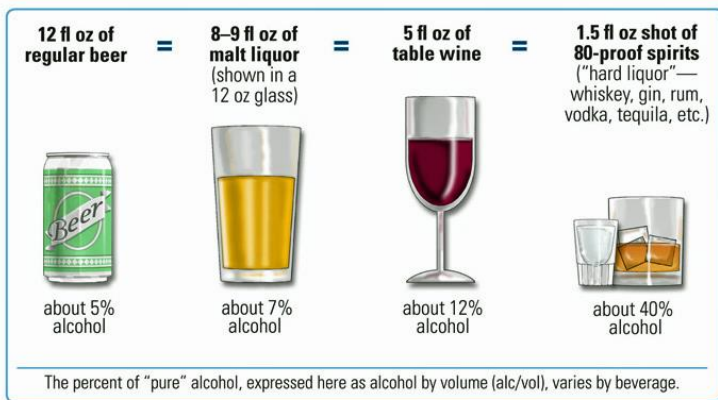
sex	alcohol	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Male	1	58.153 ^a	.916	56.346	59.959
	2	53.165 ^a	1.023	51.147	55.182
	3	37.491 ^a	.955	35.607	39.374
Female	1	49.367 ^a	.916	47.561	51.174
	2	44.785 ^a	1.023	42.768	46.803
	3	49.629 ^a	.955	47.746	51.513

a. Covariates appearing in the model are evaluated at the following values:
age = 40.624, dchrist = .1000, dislam = .0600, dother = .0400.

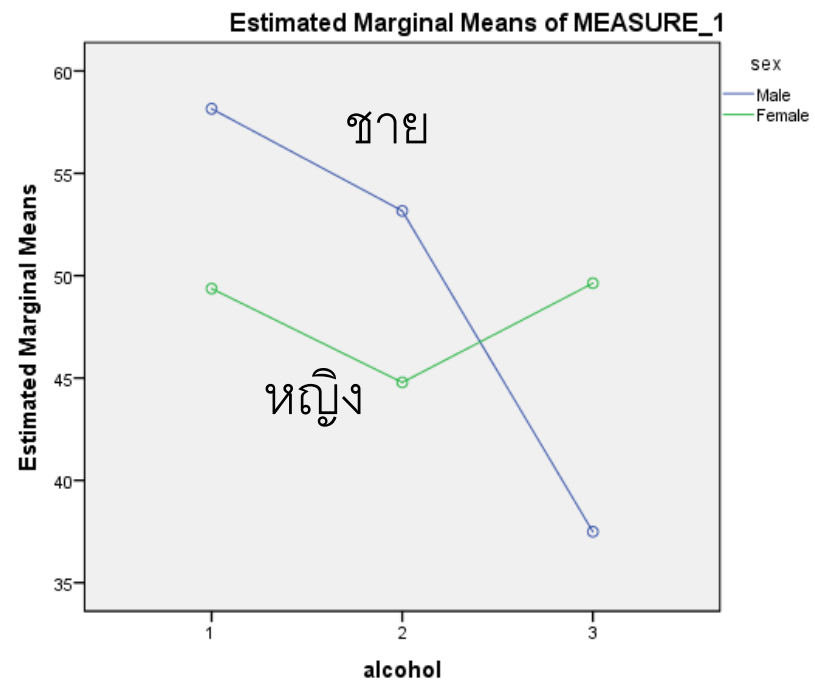
รูปแบบค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยที่ยังไม่ได้ปรับ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย
และหญิง โดยควบคุมอายุ
และศาสนา (พุทธ, คริสต์,
อิสลาม, อื่นๆ)



กราฟแสดงปฏิสัมพันธ์จาก
ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjusted means)



Covariates appearing in the model are evaluated at the following values: age = 40.624, dchrist = .1000, dislam = .0600, dother = .0400

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย
และหญิง โดยควบคุมอายุ
และศาสนา (พุทธ, คริสต์,
อิสลาม, อื่นๆ)

การทดสอบอิทธิพลหลักแยกย่อย

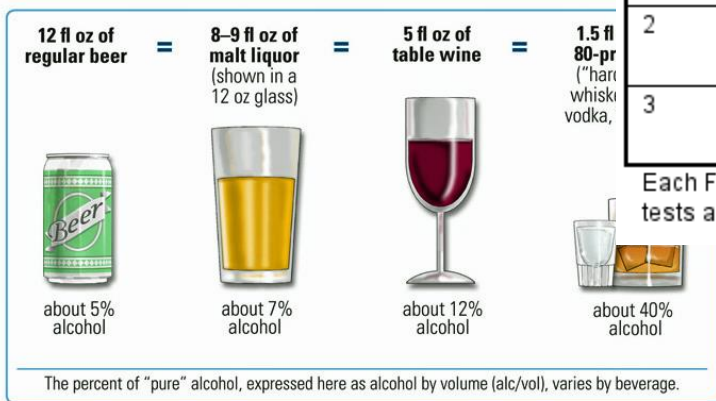
$$\alpha_{PC} = .05/3 = .0167$$

Univariate Tests

Measure: MEASURE_1

alcohol		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
1	Contrast	3856.374	1	3856.374	45.991	.000	.192
	Error	16267.195	194	83.852			
2	Contrast	3508.423	1	3508.423	33.549	.000	.147
	Error	20287.692	194	104.576			
3	Contrast	7362.646	1	7362.646	80.758	.000	.294
	Error	17686.927	194	91.170			

Each F tests the simple effects of sex within each level combination of the other effects shown. These tests are based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.



ความแตกต่างระหว่างเพศในความชอบ
แอลกอฮอล์ทุกชนิดถึงระดับนัยสำคัญ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

เปรียบเทียบความชอบเบียร์,
เหล้า, หรือไวน์ ระหว่างเพศชาย

การเปรียบเทียบรายคู่ภายในแอลกอฮอล์แต่ละชนิด

และหญิง โดยควบคุมอายุ Measure: MEASURE_1

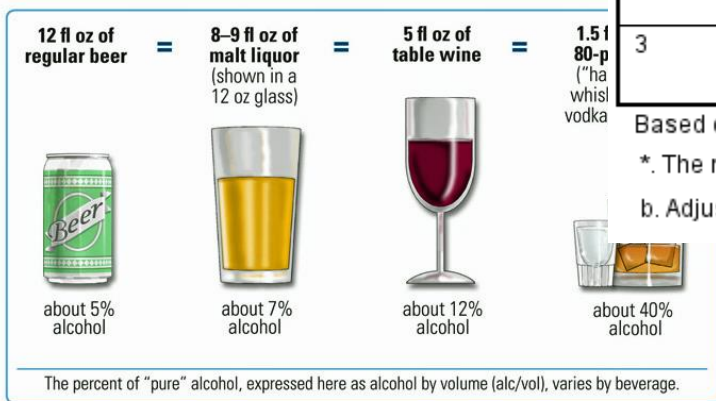
และศาสนา (พุทธ, คริสต์,
อิสลาม, อื่นๆ)

			Pairwise Comparisons				
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
alcohol	(I) sex	(J) sex				Lower Bound	Upper Bound
1	Male	Female	8.785 [*]	1.295	.000	6.230	11.340
	Female	Male	-8.785 [*]	1.295	.000	-11.340	-6.230
2	Male	Female	8.379 [*]	1.447	.000	5.526	11.233
	Female	Male	-8.379 [*]	1.447	.000	-11.233	-5.526
3	Male	Female	-12.139 [*]	1.351	.000	-14.803	-9.475
	Female	Male	12.139 [*]	1.351	.000	9.475	14.803

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

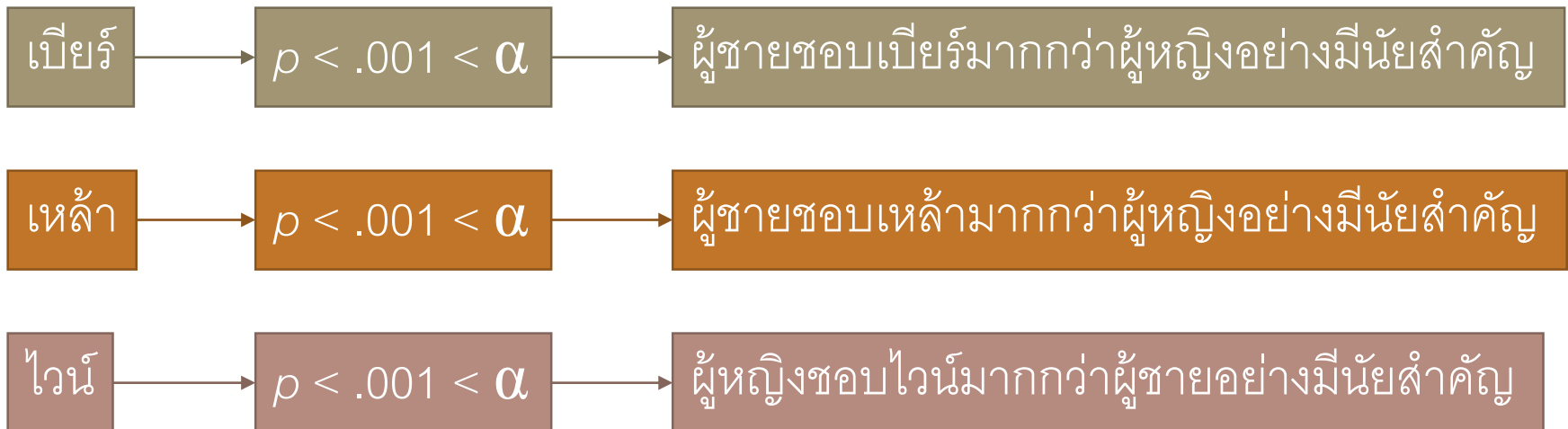


เนื่องจากกลุ่มของเพศมีแค่สองกลุ่ม
จึงไม่ต้องเปรียบเทียบรายคู่

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

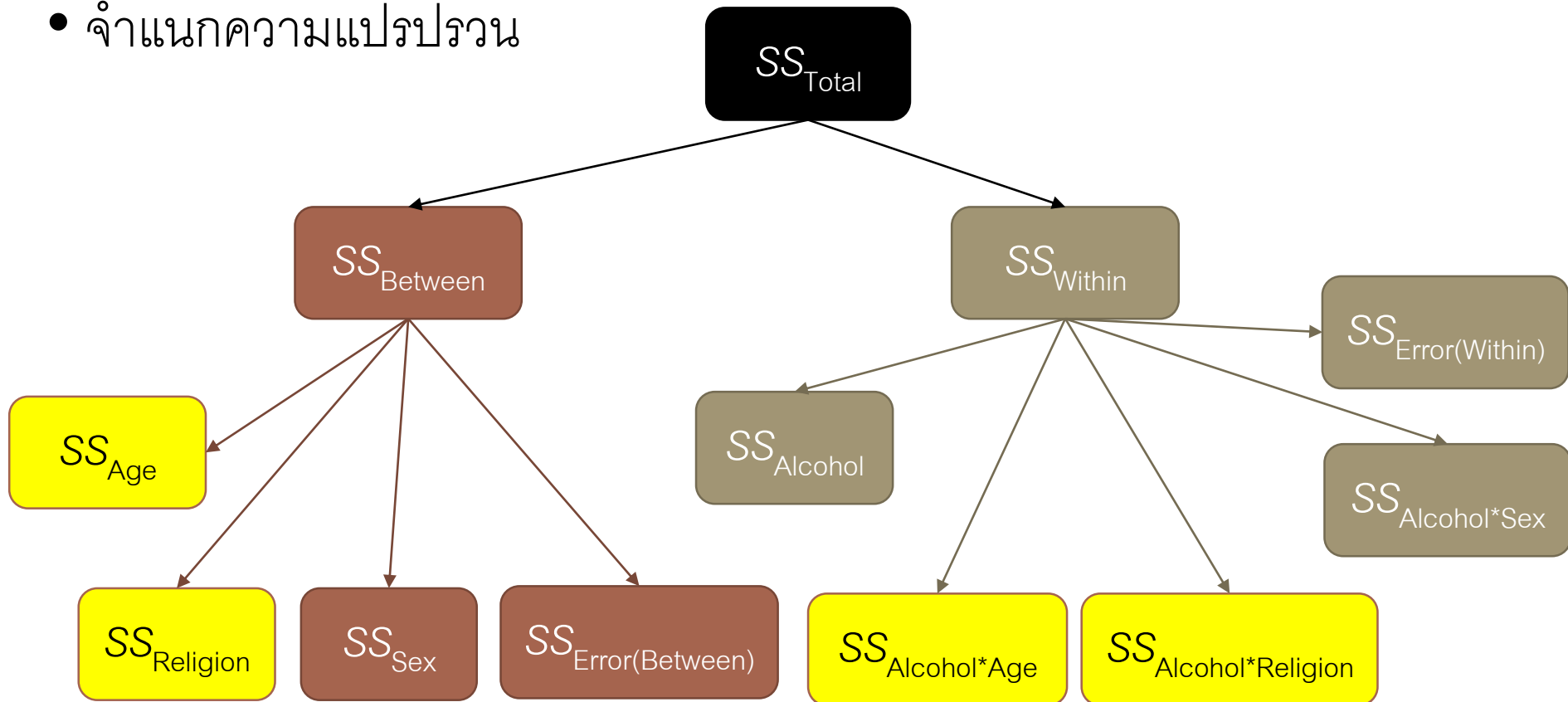
การทดสอบอิทธิพลหลักแยกย่อย

$$\alpha_{PC} = .05/3 = .0167$$



การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

- จำแนกความแปรปรวน



ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- ข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ เหมือนกับสถิติที่ไม่มีตัวแปรร่วม เช่น
 - เช่น One-way ANCOVA มีข้อตกลงเบื้องต้นเหมือนกับ One-way ANOVA
 - Mixed-design ANCOVA มีข้อตกลงเบื้องต้นเหมือนกับ Mixed-design ANOVA
 - ข้อยกเว้น ความคงทนต่อการละเมิด และการแก้ไข เหมือนเดิมทุกประการ

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- ข้อตกลงเบื้องต้นที่เพิ่มขึ้นมีดังต่อไปนี้
 - อิทธิพลของตัวแปรร่วมที่มีต่อตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มเท่ากัน (Homogeneity of Regression Slopes)
 - สามารถตรวจสอบได้โดยทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรร่วม ที่มีต่อตัวแปรตาม (กล่าวถึงในเรื่องของตัวแปรกำกับ)
 - ไม่มีความผิดพลาดในการวัดตัวแปรร่วม
 - หากความเที่ยงของตัวแปรร่วมไม่เท่ากับ 1 จะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมีขนาดน้อยกว่าที่ควรจะเป็น
 - $b_{\text{True}} = \rho_{ZZ} b_{\text{Observed}}$
 - ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้วไม่ถูกต้อง
 - ส่งผลให้การทดสอบอิทธิพลของตัวแปรต้นไม่ถูกต้อง (อาจพบความแตกต่างได้ง่ายขึ้น หรือ ยากขึ้นก็ได้)

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- ไม่มีข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องการกระจายของตัวแปรร่วม
 - เหมือนกับตัวแปรต้นในการวิเคราะห์ถดถอย ที่จะมีการกระจายแบบใดก็ได้
 - หากใช้ตัวแปรแบบจัดกลุ่ม ให้แปลงเป็นตัวแปรดัมมี่
- ตัวแปรร่วมมีค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มแตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกันก็ได้
- ไม่มีข้อจำกัดเรื่องจำนวนของตัวแปรร่วม
 - แต่หากใส่มากเกินไป จะทำให้ df_{Error} มีค่าน้อยลง และอาจทำให้กำลังในการทดสอบผลของตัวแปรต้นน้อยลง (จากที่ปกติจะเพิ่มขึ้น)

การทดสอบความแตกต่าง

- การทดสอบความแตกต่างจะเหมือนกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปกติ แต่จะเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว
- เช่น ทดสอบยาลดความดันด้วยกลุ่ม 3 กลุ่ม (1. กลุ่มทานยาจริง 2. กลุ่มทานยาหลอก และ 3. กลุ่มไม่ทานยา) โดยตัวแปรตาม คือ ความดันหลังจากทานยา 2 สัปดาห์ และตัวแปรร่วม คือ ความดันก่อนทานยา
- การทดสอบความแตกต่างอาจเป็น

$$H_0: \mu'_1 - 0.5\mu'_2 - 0.5\mu'_3 = 0$$

ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทานยาและกลุ่มควบคุม (ยาหลอกและไม่ทานยา) เมื่อความดันก่อนทานยาเท่ากัน

การทดสอบความแตกต่าง

- การวิเคราะห์ความแตกต่าง ใช้วิธีการเหมือนกับการวิเคราะห์ ANOVA แบบปกติ เพียงแค่ใส่ตัวแปรร่วมเข้าไปในการวิเคราะห์

ขนาดอิทธิพล

- ใน ANOVA ขนาดอิทธิพลแบบสัดส่วนความแปรปรวน คือ

$$\eta^2 = \frac{SS_{\text{Group}}}{SS_{\text{Total}}} = \frac{SS_{\text{Group}}}{SS_{\text{Group}} + SS_{\text{Error}}}$$

- หรือขนาดความแตกต่างมาตรฐานคือ

$$d = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{MS_{\text{Error}}}}$$

ขนาดอิทธิพล

- ความผิดพลาดในการทำนายของ ANOVA จะถูกแบ่งออกมาเป็นสองส่วนใน ANCOVA คือ

$$SS_{\text{Error (ANOVA)}} = SS_{\text{Covariates}} + SS_{\text{Error (ANCOVA)}}$$

- คำถามคือ นักวิจัยควรจะนำ SS_{Error} ของ ANOVA หรือ ANCOVA ในการคำนวณ

ขนาดอิทธิพล

- ขนาดอิทธิพลจะอธิบายถึงสัดส่วนความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในธรรมชาติทั้งหมด ที่สามารถอธิบายได้ด้วยความแตกต่างระหว่างกลุ่ม
- หรือความแตกต่างระหว่างกลุ่มเป็นกึ่งเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีจากความแปรปรวนตามธรรมชาติ
- ตัวแปรร่วมส่วนใหญ่เป็นส่วนหนึ่งของสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ
 - เช่น หาความแตกต่างระหว่างเพศในความชอบเบียร์ เมื่อควบคุมอายุ
 - อายุก็เป็นส่วนหนึ่งของความแตกต่างที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ

ขนาดอิทธิพล

- ด้วยเหตุนี้ นักวิจัยควรจะนำ SS_{Error} หรือ MS_{Error} ของ ANOVA ในการบอกขนาดอิทธิพลของตัวแปรกลุ่ม
- เช่น ใน One-way ANOVA

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

$$d = \frac{\mu'_1 - \mu'_2}{\sqrt{MS_{\text{Error (ANOVA)}}}}$$

← ใช้ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

ขนาดอิทธิพล

- เช่น ตัวอย่างเรื่องการถูกขับปาดหน้า ใช้ผลการวิเคราะห์จาก ANOVA

ANOVA

angry

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	136.900	1	136.900	1.750	.194
Within Groups	2972.200	38	78.216		
Total	3109.100	39			

Estimates

Dependent Variable: angry

sex	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Male	49.078 ^a	2.035	44.955	53.201
Female	57.222 ^a	2.035	53.099	61.345

a. Covariates appearing in the model are evaluated at the following values: drivehrs = 1.260.

$$\eta^2 = \frac{136.9}{3109.1} = .044$$

$$\omega^2 = \frac{136.9 - (1)(78.2)}{3109.1 + 78.2} = .018$$

$$d = \frac{49.1 - 57.2}{\sqrt{78.2}} = -0.92$$

ขนาดอิทธิพล

- เช่น ตัวอย่างเรื่องความชอบแอลกอฮอล์ระหว่างเพศ ให้วิเคราะห์ Two-way Factorial ANOVA โดยไม่กำหนดตัวแปรร่วม

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: liking

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25417.235 ^a	5	5083.447	28.575	.000
Intercept	1426815.135	1	1426815.135	8020.319	.000
sex	663.602	1	663.602	3.730	.054
alcohol	10417.230	2	5208.615	29.278	.000
sex * alcohol	14336.403	2	7168.202	40.293	.000
Error	105672.630	594	177.900		
Total	1557905.000	600			
Corrected Total	131089.865	599			

a. R Squared = .194 (Adjusted R Squared = .187)

Univariate Tests

Dependent Variable: liking

alcohol		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Beer	Contrast	4268.880	1	4268.880	23.996	.000
	Error	105672.630	594	177.900		
Whisky	Contrast	3863.205	1	3863.205	21.716	.000
	Error	105672.630	594	177.900		
Wine	Contrast	6867.920	1	6867.920	38.605	.000
	Error	105672.630	594	177.900		

Each F tests the simple effects of sex within each level combination of the other effects shown. These tests are based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางการวิเคราะห์อิทธิพลหลักแยกย่อย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: liking

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25417.235 ^a	5	5083.447	28.575	.000
Intercept	1426815.135	1	1426815.135	8020.319	.000
sex	663.602	1	663.602	3.730	.054
alcohol	10417.230	2	5208.615	29.278	.000
sex * alcohol	14336.403	2	7168.202	40.293	.000
Error	105672.630	594	177.900		
Total	1557905.000	600			
Corrected Total	131089.865	599			

a. R Squared = .194 (Adjusted R Squared = .187)

$$\hat{\sigma}_{Sex*Alcohol}^2 = \frac{(2-1)(3-1)(7168.2-177.9)}{(100)(2)(3)} = 23.3$$

$$\hat{\sigma}_{Error}^2 = 177.9$$

$$\eta_{A*B,Partial}^2 = \frac{14336.4}{14336.4 + 105672.6} = .119$$

$$\omega_{A*B,Partial}^2 = \frac{23.3}{23.3 + 177.9} = .116$$

Univariate Tests

Dependent Variable: liking

alcohol		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Beer	Contrast	4268.880	1	4268.880	23.996	.000
	Error	105672.630	594	177.900		
Whisky	Contrast	3863.205	1	3863.205	21.716	.000
	Error	105672.630	594	177.900		
Wine	Contrast	6867.920	1	6867.920	38.605	.000
	Error	105672.630	594	177.900		

Each F tests the simple effects of sex within each level combination of the other effects shown. These tests are based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

$$\omega_{\text{Sex(Beer)}}^2 = \frac{4268.9 - (2 - 1)177.9}{4268.9 + 105672.6 + 177.9} = .037$$

$$\omega_{\text{Sex(Whisky)}}^2 = \frac{3863.2 - (2 - 1)177.9}{3863.2 + 105672.6 + 177.9} = .034$$

$$\omega_{\text{Sex(Wine)}}^2 = \frac{6867.9 - (2 - 1)177.9}{6867.9 + 105672.6 + 177.9} = .059$$

ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้วจากผลการวิเคราะห์ ANCOVA

Estimates

Measure: MEASURE_1

sex	alcohol	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Male	1	58.153 ^a	.916	56.346	59.959
	2	53.165 ^a	1.023	51.147	55.182
	3	37.491 ^a	.955	35.607	39.374
Female	1	49.367 ^a	.916	47.561	51.174
	2	44.785 ^a	1.023	42.768	46.803
	3	49.629 ^a	.955	47.746	51.513

a. Covariates appearing in the model are evaluated at the following values:
age = 40.624, dchrist = .1000, dislam = .0600, dother = .0400.

MS_{Error} จากผลการวิเคราะห์ ANOVA

$$MS_{Error} (ANOVA) = 177.9$$

ค่า Cohen's d ของ
ความแตกต่างระหว่างเพศ
จากค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

$$\left\{ \begin{aligned} d_{Beer} &= \frac{58.15 - 49.37}{\sqrt{177.9}} = 0.66 \\ d_{Whisky} &= \frac{53.17 - 44.79}{\sqrt{177.9}} = 0.63 \\ d_{Wine} &= \frac{37.49 - 49.63}{\sqrt{177.9}} = -0.88 \end{aligned} \right.$$

การเขียนรายงาน

- งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่าเพศของหน้าม้าที่ขับรถตัดหญ้า มีผลต่อความรู้สึกโกรธของผู้ร่วมการทดลองหรือไม่ โดยควบคุมอิทธิพลของความถี่ในการขับรถเฉลี่ยต่อวัน จากการสุ่มผู้ร่วมการทดลองเข้ากลุ่มที่ถูกตัดหญ้าด้วยเพศชายและเพศหญิงอย่างละ 20 คน พบผลค่าสถิติพรรณนาดังตารางที่ 1 จากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว พบว่าหน้าม้าเพศหญิงส่งผลให้เกิดความโกรธมากกว่าหน้าม้าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อควบคุมความถี่ในการขับรถแล้ว, $F(1, 37) = 6.80, p = .013, \omega^2 = .018, d = -0.92$

การเขียนรายงาน

- ตารางที่ 1 แสดงค่าสถิติพรรณนาของความโกรธและความถี่ในการขับรถเฉลี่ยของผู้ร่วมการทดลองที่ถูกปาดหน้าด้วยน้ำม้วเพศหญิงและเพศชาย ($N = 40$)

ตัวแปร	น้ำม้วเพศชาย		น้ำม้วเพศหญิง	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
ความโกรธ	51.30 (49.08)	9.65	55.00 (57.22)	7.95
ชั่วโมงเฉลี่ยในการขับรถต่อวัน	1.64	0.69	0.88	0.47

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

การเขียนรายงาน

- งานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบความชอบแอลกอฮอล์ประเภทต่างๆ (เบียร์, เหล้า, ไวน์) ระหว่างเพศชายและเพศหญิง โดยควบคุมอายุและศาสนา (พุทธ, คริสต์, อิสลาม, อื่นๆ) ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชอบแอลกอฮอล์ประเภทต่างๆ ในแต่ละเพศ และตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรควบคุมในแต่ละเพศ
- จากการทดสอบด้วย One-between (เพศ) One-within (ชนิดแอลกอฮอล์) ANCOVA พบว่าผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศและชนิดแอลกอฮอล์ถึงระดับนัยสำคัญ, $F(2, 388) = 138.62, p < .001$, Partial $\omega^2 = .116$, ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบปฏิสัมพันธ์จากค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

การเขียนรายงาน

- ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชอบแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ในแต่ละเพศ

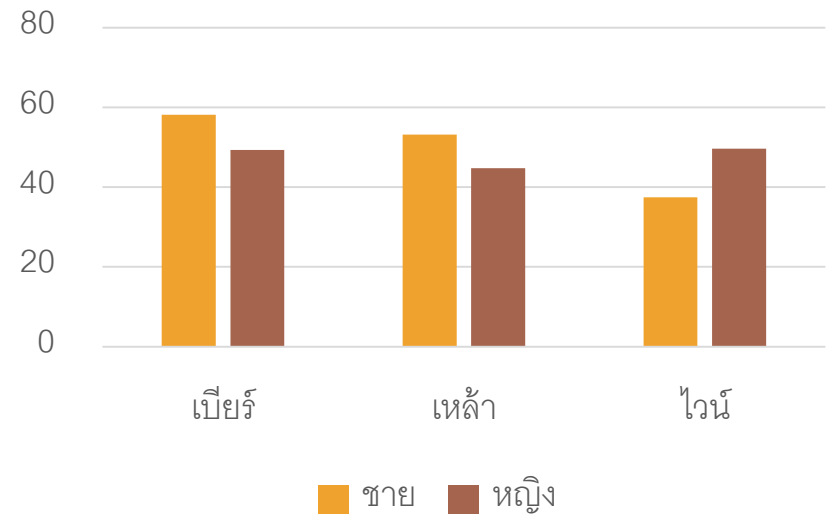
ชนิดแอลกอฮอล์	ชาย		หญิง	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
เบียร์	58.98 (58.15)	13.03	49.14 (49.37)	13.32
เหล้า	53.37 (53.17)	13.73	44.58 (44.79)	13.50
ไวน์	37.70 (37.49)	12.95	49.42 (49.63)	13.48

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

การเขียนรายงาน

- ตารางที่ 3 แสดงค่าสถิติพรรณนาของตัวแปรพร้อมในแต่ละเพศ

ตัวแปร	ชาย	หญิง
อายุ	$M = 40.41$, $SD = 8.33$	$M = 40.84$, $SD = 8.54$
ศาสนา	พุทธ (80%), คริสต์ (10%), อิสลาม (6%), อื่นๆ (4%)	พุทธ (80%), คริสต์ (10%), อิสลาม (6%), อื่นๆ (4%)



ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้วของความชอบแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ในแต่ละเพศ

การเขียนรายงาน

- การทดสอบความแตกต่างระหว่างเพศในแต่ละชนิดของแอลกอฮอล์ (ใช้การควบคุมความผิดพลาดทั้งกลุ่มด้วยวิธีของ Bonferroni; $\alpha = .05/3 = .0167$) พบว่าผู้ชายชอบเบียร์มากกว่าผู้หญิงอย่างมีนัยสำคัญ, $p < .001$, $d = 0.66$, ผู้ชายชอบเหล้ามากกว่าผู้หญิงอย่างมีนัยสำคัญ, $p < .001$, $d = 0.63$, และผู้หญิงชอบไวน์มากกว่าผู้ชายอย่างมีนัยสำคัญ, $p < .001$, $d = 0.88$

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

- โปรแกรม G*Power 3 สามารถคำนวณกำลังและขนาดกลุ่มตัวอย่างจาก ANCOVA ที่ตัวแปรต้นเป็นการวัดระหว่างบุคคลทั้งหมด
 - Test family = F tests
 - Statistical test = ANCOVA: Fixed effects, main effects and interactions
 - Type of power analysis = Post hoc: Compute achieved power – given α , sample size, and effect size
- หากมีปัจจัยภายในบุคคล โปรแกรมจะไม่สามารถคำนวณได้

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

- ใน Factorial ANOVA ค่า Partial eta-squared จะสามารถคำนวณได้โดย

$$\eta^2_{\text{Partial (ANOVA)}} = \frac{SS_{\text{Effect}}}{SS_{\text{Effect}} + SS_{\text{Error (ANOVA)}}$$

- ใน Factorial ANCOVA ค่า Partial eta-squared (เป็นค่าที่ SPSS รายงานขนาดอิทธิพล) จะสามารถคำนวณได้โดย

$$\eta^2_{\text{Partial (ANCOVA)}} = \frac{SS_{\text{Effect}}}{SS_{\text{Effect}} + SS_{\text{Error (ANCOVA)}}$$

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

- ส่วนใหญ่แล้ว ผู้วิจัยจะไม่สามารถหา Partial eta-squared สำหรับ ANCOVA ได้
- แต่ผู้วิจัยส่วนใหญ่ สามารถหาสัดส่วนการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามที่เหลือ ด้วยตัวแปรร่วมได้

$$R^2_{\text{Partial}} = \frac{SS_{\text{Error (ANOVA)}} - SS_{\text{Error (ANCOVA)}}}{SS_{\text{Error (ANOVA)}}$$

- เช่น อายุและศาสนาสามารถอธิบายความแปรปรวนของความชอบแอลกอฮอล์ (เมื่อควบคุมชนิดแอลกอฮอล์และเพศแล้ว) ได้ 20%

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

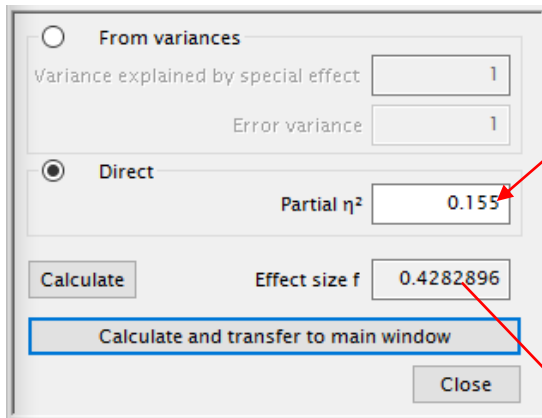
- จากข้อมูลนี้ Partial eta-squared สำหรับ ANCOVA สามารถคำนวณได้โดย

$$\eta^2_{\text{Partial (ANCOVA)}} = \frac{\eta^2_{\text{Partial (ANOVA)}}}{1 - R^2_{\text{Partial}}(1 - \eta^2_{\text{Partial (ANOVA)}})}$$

- จากสมการนี้ ค่า Eta-squared จะยิ่งสูงขึ้น เมื่อ R^2_{Partial} สูงขึ้น ด้วยเหตุนี้ ตัวแปรร่วมจึงควรมี R^2_{Partial} สูง เพื่อให้กำลังในการทดสอบทางสถิติสูงขึ้น

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

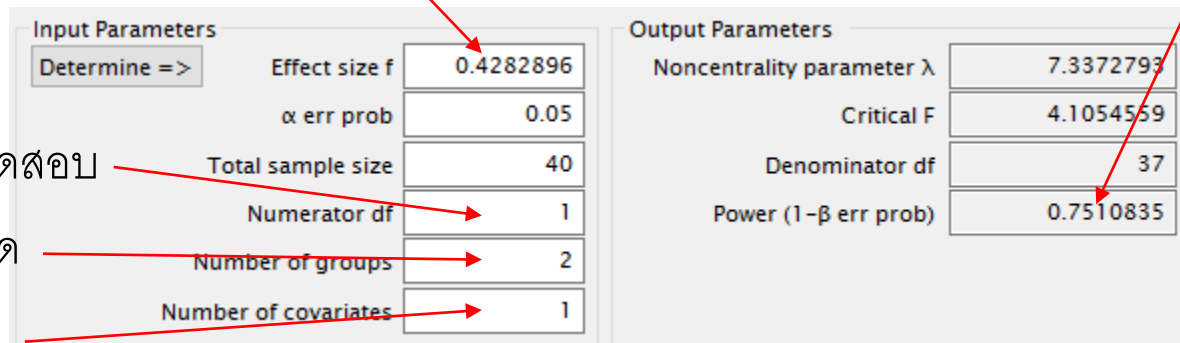
- จากตัวอย่างเรื่องความโกรธจากการถูกปาดหน้า



SPSS 'From variances' dialog box. The 'Direct' radio button is selected. The 'Partial η^2 ' field contains the value 0.155. The 'Effect size f' field contains the value 0.4282896. The 'Calculate and transfer to main window' button is highlighted with a blue border.

Partial eta-squared จากผลการวิเคราะห์ของ SPSS

df ของอิทธิพลที่ทดสอบ
จำนวนกลุ่มทั้งหมด
จำนวนตัวแปรร่วม



SPSS 'Input Parameters' and 'Output Parameters' dialog boxes. The 'Input Parameters' section shows 'Determine =>' selected, 'Effect size f' as 0.4282896, ' α err prob' as 0.05, 'Total sample size' as 40, 'Numerator df' as 1, 'Number of groups' as 2, and 'Number of covariates' as 1. The 'Output Parameters' section shows 'Noncentrality parameter λ ' as 7.3372793, 'Critical F' as 4.1054559, 'Denominator df' as 37, and 'Power (1- β err prob)' as 0.7510835. Red arrows point from the text labels to the corresponding fields in the dialog boxes.

กำลังในการทดสอบ

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

- คำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วย G*Power 3 เมื่อตัวแปรต้นเป็นการวัดระหว่างบุคคลทั้งหมด
 - Test family = F tests
 - Statistical test = ANCOVA: Fixed effects, main effects and interactions
 - Type of power analysis = A Priori: Compute required sample size – given α , power, and effect size
- หากมีปัจจัยภายในบุคคล โปรแกรมจะไม่สามารถคำนวณได้

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

- เช่น ผู้วิจัยต้องการทดลองเรื่องการถูกขับปาดหน้า แต่เพิ่มปัจจัยเพศของผู้ร่วมการทดลองเข้าไป ทำให้เป็น 2-by-2 Factorial ANCOVA หากความถี่การขับชี้อธิบายความโกรธได้ 20% และปฏิสัมพันธ์มี Partial eta-squared โดยยังไม่ควบคุมพฤติกรรมขับชี้เท่ากับ 20% แล้ว ต้องเก็บกลุ่มตัวอย่างเท่าไร

$$\eta^2_{\text{Partial (ANCOVA)}} = \frac{.2}{1 - .2(1 - .2)} = .238$$

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

- เช่น ผู้วิจัยต้องการทดลองเรื่องการถูกขับปาดหน้า

☐ From variances
Variance explained by special effect
Error variance

☒ Direct
Partial η^2

Calculate Effect size f

Calculate and transfer to main window

Close

ใส่ Partial eta-squared (ANCOVA)

กลุ่มตัวอย่างรวม 28 คน หรือกลุ่มละ 7 คน

Input Parameters		Output Parameters	
Determine =>	Effect size f	Noncentrality parameter λ	8.7454083
	α err prob	Critical F	4.2793443
	Power (1 - β err prob)	Denominator df	23
	Numerator df	Total sample size	28
	Number of groups	Actual power	0.8083675
	Number of covariates		

จำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม
ตัวแปรร่วม 1 ตัว

ความสัมพันธ์กับการวิเคราะห์ถดถอย

- การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม หลักการเหมือนกับการวิเคราะห์ถดถอยแบบลำดับชั้น (Hierarchical regression)
- แต่ทว่าอิทธิพลของตัวแปรร่วมใน Hierarchical Regression จะอยู่ในรูปแบบ Type I SS หรือผลของตัวแปรร่วมต่อตัวแปรตาม โดยไม่ควบคุมตัวแปรต้น
- ใน ANCOVA อิทธิพลของตัวแปรร่วมจะอยู่ในรูปแบบ Type III SS ซึ่งเป็นผลของตัวแปรร่วมที่มีต่อตัวแปรตามเมื่อควบคุมตัวแปรต้น
- หากข้อมูลของตัวแปรต้นทั้งหมดใส่ลงไปในระดับที่ 2 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรต้นใน ANCOVA และ Hierarchical Regression จะเหมือนกัน

ความสัมพันธ์กับการวิเคราะห์ถดถอย

- ดังนั้น หากตัวแปรต้นเป็นตัวแปรแบบจัดกลุ่มทั้งหมด ANCOVA จะเหมาะสมกว่า
- หากมีตัวแปรแบบต่อเนื่องเป็นตัวแปรต้น Hierarchical Regression จะสามารถวิเคราะห์ได้ แต่ ANCOVA จะไม่สามารถวิเคราะห์ได้

เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

- สมมติว่ามีงานวิจัยหนึ่ง มีการวัดก่อนและหลัง และมีการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม งานวิจัยนี้สามารถวิเคราะห์ได้ 4 รูปแบบ
 - การเปรียบเทียบคะแนนหลังทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Posttest only)
 - การเปรียบเทียบคะแนนหลังทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้คะแนนก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วม (Pre-Post ANCOVA)
 - การนำคะแนนหลังทดลองมาลบด้วยคะแนนก่อนทดลอง เพื่อให้ได้ค่าเปลี่ยนแปลง แล้วนำค่าเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Pre-Post Change)
 - ใช้ Mixed-design ANOVA ในการทดสอบ

เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

- เพื่อให้ได้กำลังในการทดสอบทางสถิติเท่ากับ .8 ต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างดังนี้ (จาก Maxwell & Delaney, 2004)

Between-subject designs

ความสัมพันธ์ระหว่าง คะแนนก่อนและหลัง	Posttest Only	Pre-Post ANCOVA	Pre-Post Change	Mixed-design ANOVA
.0	128	128	256	64
.3	128	117	180	45
.5	128	96	128	32
.7	128	66	77	20

เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

- ข้อสังเกตจากตาราง
 - การใช้ Mixed-design ANOVA ใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า (กำลังสูงกว่า) วิธีการอื่นๆ
 - ในระหว่าง Between-subject designs วิธี ANCOVA เป็นวิธีการที่ใช้กลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุด
 - ยิ่งความสัมพันธ์สูง Mixed-design ANOVA และ ANCOVA จะยิ่งใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อย
- ดังนั้น Mixed-design ANOVA เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบนี้

เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

- ในกรณีที่ปัจจัยภายในบุคคลมีมากกว่า 2 ระดับ Mixed-design ANOVA จะมีข้อตกลงเบื้องต้นเรื่อง Sphericity
- แม้ Sphericity ถูกละเมิด Mixed-design ANOVA แบบพิเศษ (รวมถึงวิธี MANOVA) ก็ยังมีกำลังในการทดสอบทางสถิติดีกว่าเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมากกว่า .25

คาบต่อไป

- การบ้านที่ 9 (ส่งในสัปดาห์ที่ 28 มีนาคม – 1 เมษายน)
- สอบครั้งที่ 2 ลักษณะการสอบเหมือนกับการสอบครั้งที่ 1 ทุกประการ