

การทดสอบความแปรปรวน สำหรับการวัดซ้ำ

สถิติชั้นกลางสำหรับจิตวิทยา

สันหัต พรประเสริฐมานิต

โครงร่างการนำเสนอ

- การทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกัน (Repeated-measures ANOVA)
- การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Contrast analysis)
- การทดสอบความแปรปรวนแบบเกี่ยวข้อกันสองทาง (Two-way Repeated-measures ANOVA)
- การทดสอบความแปรปรวนแบบผสม (Mixed-design ANOVA)

แนะนำ

- เราได้กล่าวถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน
 - การเปรียบเทียบ 2 กลุ่ม ใช้ Independent t -test
 - การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม ใช้ One-way ANOVA
 - การเปรียบเทียบจากหลายปัจจัยพร้อมกัน ใช้ Two-way Factorial ANOVA
- ในครั้งนี้ จะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่เกี่ยวข้องกัน
 - การเปรียบเทียบ 2 กลุ่ม ใช้ Dependent t -test
 - การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม ใช้ Repeated-Measures ANOVA
 - การเปรียบเทียบจากหลายปัจจัยพร้อมกัน ใช้ Two-way Repeated-Measures ANOVA

แนะนำ

- ในบางครั้ง การเปรียบเทียบสองปัจจัย เกิดจากปัจจัยหนึ่งเป็นแบบอิสระจากกัน และอีกปัจจัยหนึ่งเป็นแบบเกี่ยวข้องกัน
 - ใช้ Mixed-design ANOVA หรือ One-between one-within ANOVA

แนะนำ

- (ทบทวน) กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน มักจะเจออยู่ใน 4 รูปแบบนี้ คือ
 - การวัดซ้ำจากคน หรือหน่วยที่ต้องการศึกษาเดียวกัน (Repeated Measure)
 - การสุ่มเข้าการทดลองเป็นแบบการจับคู่ (Matching) หรือการสุ่มจากบล็อก (Randomized Block Design)
 - การเปรียบเทียบระหว่างฝาแฝด (Twin Studies)
 - การจับคู่ตามธรรมชาติ เช่น คู่แข่งทางการค้า สามีภรรยา ญาติ

การทดสอบความแปรปรวนแบบ เกี่ยวข้อกัน

สถิติชั้นกลางสำหรับจิตวิทยา

สันหัต พรประเสริฐมานิต

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

- ในการเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม อาจใช้การเปรียบเทียบรายคู่ที่เป็นไปได้ทั้งหมด แล้วควบคุม Familywise Error Rate
- เช่น เปรียบเทียบความสวยของนิสิตปี 1, ปี 2, และ ปี 3 โดยเก็บข้อมูลระยะยาวตลอด 3 ปี โดยใช้ Dependent t -test 3 ครั้ง

คู่เปรียบเทียบ	$t(19)$	p	Bonferroni ($\alpha_{PC} = .05/3$)	Holm
ปี 1 และ ปี 2	-4.497	.000	TRUE	TRUE ($\alpha_{PC} = .05/2$)
ปี 1 และ ปี 3	-6.542	.000	TRUE	TRUE ($\alpha_{PC} = .05/3$)
ปี 2 และ ปี 3	-1.921	.034	FALSE	TRUE ($\alpha_{PC} = .05/1$)

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

- อีกแนวทางหนึ่ง คือ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับข้อมูลวัดซ้ำ (Repeated-measures Analysis of Variance)
- ซึ่งในที่นี้ จะทดสอบว่าค่าเฉลี่ยทั้งหมดมาจากประชากรเดียวกันหรือไม่

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

- โดย Alternative Hypothesis คือ มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง

เช่น เปรียบเทียบบรรทัดวิชาเขียว 3 ยี่ห้อ จากผู้ร่วมการทดลอง 10 คน

เนื่องจากผู้ร่วมการทดลองคนเดียวกันดื่มชาเขียวทั้ง 3 ชนิด การทดลองนี้จึงเป็น
การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบเกี่ยวข้อกัน

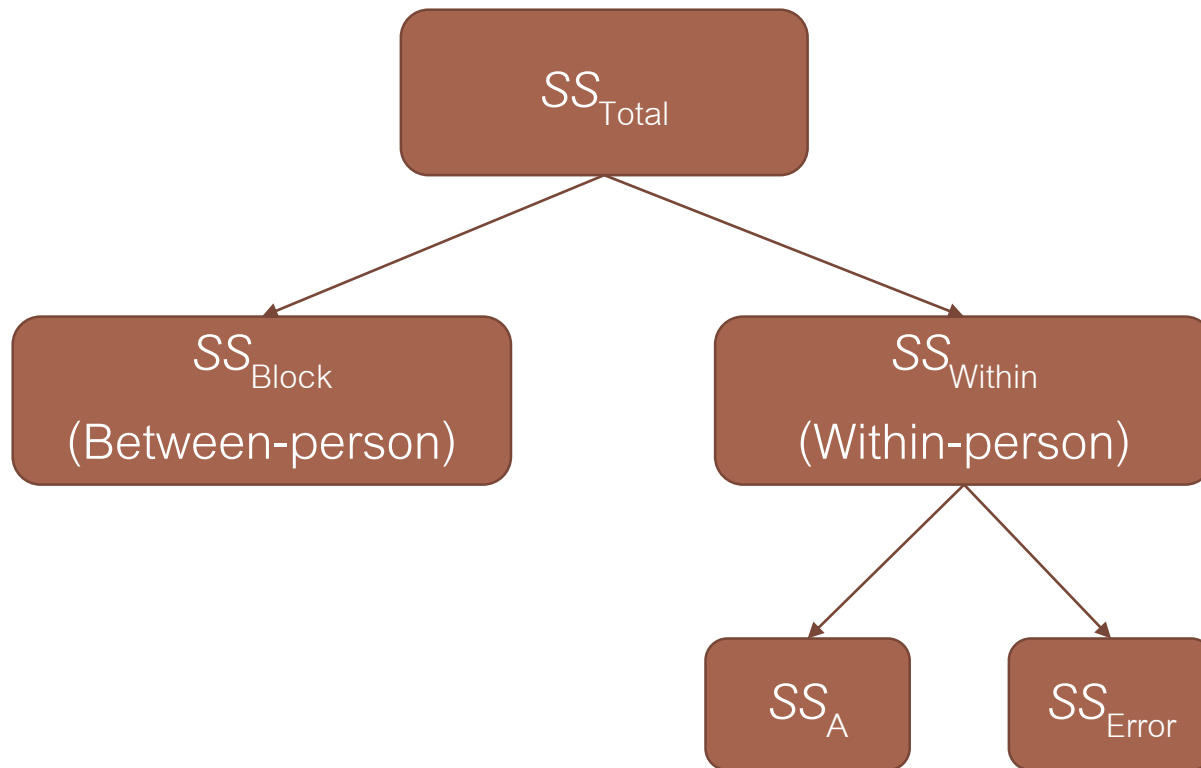
ความแตกต่างระหว่างปัจจัยที่ต้องการทดสอบ

ความแตกต่างระหว่างแต่ละบุคคล
(หรือความแตกต่างระหว่าง Block)

เนื่องจากในแต่ละ Cell มีข้อมูลแค่อันเดียว
จึงไม่สามารถวัดปฏิสัมพันธ์ระหว่าง
ปัจจัยที่ต้องการทดสอบและ Block ได้

รหัส	ยี่ห้อ		
	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B	ยี่ห้อ C
1	6	6	7
2	4	3	6
3	4	8	8
4	5	4	9
5	3	4	6
6	4	4	5
7	10	9	8
8	4	4	7
9	7	8	9
10	3	4	4

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง



การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

- ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ จะมีรูปแบบการแสดงผลค่า F ดังต่อไปนี้

ความแตกต่างระหว่างบุคคล

ความแตกต่างระหว่างปัจจัยที่ต้องการทดสอบ

Effects	SS	df	MS	F	p
Block	SS_B	$n - 1$			
A	SS_A	$k - 1$	MS_A	F_A	p_A
Error	SS_{Error}	$(n - 1)(a - 1)$	MS_{Error}		
Total	SS_{Total}				

ความแตกต่างที่ไม่สามารถวัดได้ด้วยปัจจัยที่ต้องการทดสอบและ Block

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

- ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ จะมีรูปแบบการแสดงผลค่า F ดังต่อไปนี้

$$SS_{\text{Total}} = SS_B + SS_A + SS_{\text{Error}}$$
$$MS_A = SS_A / df_A$$
$$F_A = MS_A / MS_{\text{Error}}$$

Effects	SS	df	MS	F	p
Block	SS_B	$n - 1$			
A	SS_A	$k - 1$	MS_A	F_A	p_A
Error	SS_{Error}	$(n - 1)(a - 1)$	MS_{Error}		
Total	SS_{Total}				

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

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของตัวอย่างเรื่องชาเขียว

- $SS_{\text{Block}} = 83.367$, $SS_A = 20.067$, $SS_{\text{Error}} = 25.933$, $SS_{\text{Total}} = 129.367$

- $df_{\text{Block}} = 9$, $df_A = 2$, $df_{\text{Error}} = 18$, $df_{\text{Total}} = 29$

- $MS_A = 10.033$, $MS_{\text{Error}} = 6.964$, $F(2, 18) = 6.964$, $p = .006$

Effects	SS	df	MS	F	p
Block	83.367	9			
A	20.067	2	10.033	6.964	.006
Error	25.933	18	1.441		
Total	129.367	29			

ต้องเปรียบเทียบรายคู่เพื่อค้นหารูปแบบความแตกต่าง

$p < \alpha \rightarrow \text{Reject } H_0$

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

- ใน SPSS จะไม่รายงานข้อมูลในแถวของ Block และ Total เนื่องจาก SPSS แยกผลอธิบายความแตกต่างระหว่างบุคคล และความแตกต่างภายในบุคคล ออกจากกัน (จะเห็นชัดเจนใน Mixed-design ANOVA)

Effects	SS	df	MS	F	p
Block	93.337	3			
A	20.067	2	10.033	6.964	.006
Error	25.933	18	1.441		
Total	129.337	23			

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ และให้คะแนน
รสชาติ



$\alpha = .05$

เก็บข้อมูลผู้ร่วมการทดลอง 10 คน
โดยสลับลำดับชาเขียวก่อนหลัง

สมมติฐาน คือ ชาเขียวทั้ง 3
ยี่ห้อ มีรสชาติต่างกัน

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

H_1 : มีความแตกต่าง
รูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ และให้คะแนน

แถว แสดงถึงข้อมูลของแต่ละคน



$$\alpha = .05$$

ชาเขียวยี่ห้อต่างๆ ใส่ในแต่ละตัวแปร

	TEA_A	TEA_B	TEA_C
1	6.00	6.00	7.00
2	4.00	3.00	6.00
3	4.00	8.00	8.00
4	5.00	4.00	9.00
5	3.00	4.00	6.00
6	4.00	4.00	5.00
7	10.00	9.00	8.00
8	4.00	4.00	7.00
9	7.00	8.00	9.00
10	3.00	4.00	4.00

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

กด Analyze → General Linear Model → Repeated Measures

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ และให้คะแนน
รสชาติ



$\alpha = .05$

ใส่ชื่อของปัจจัยภายในบุคคล เช่น ชนิดของชา

ใส่จำนวนกลุ่ม

กด Add

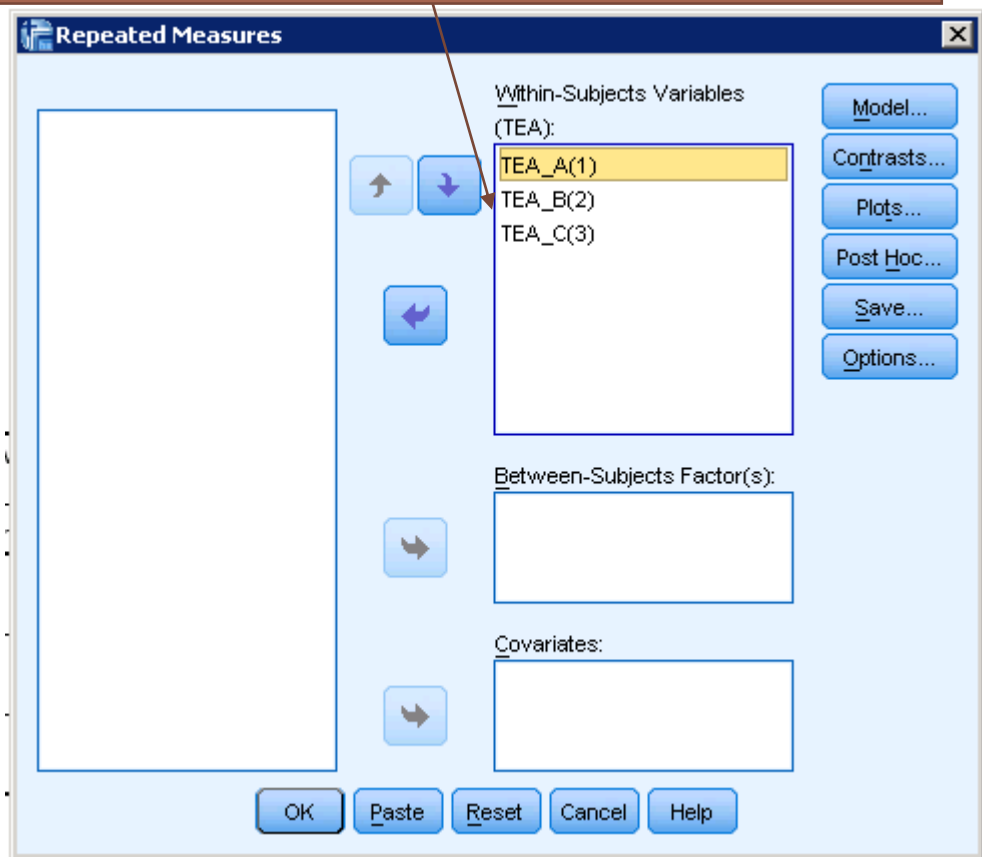
การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ และให้คะแนน
รสชาติ



$$\alpha = .05$$

ใส่ตัวแปรที่แสดงถึงแต่ละกลุ่มของปัจจัยนั้นลงไป



การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

กด Options เพื่อให้โปรแกรมแสดงข้อมูลเพิ่มเติม

ใส่ตัวแปรปัจจัยภายในกลุ่มทางขวา

ทำเครื่องหมายถูก เพื่อเปรียบเทียบรายคู่

ปรับ α_{PC} ด้วยวิธีของ Bonferroni

แสดงค่าสถิติพรรณนา

แสดงค่า Partial eta-squared

Estimated Marginal Means

Factor(s) and Factor Interactions:

(OVERALL)
TEA

Display Means for:

TEA

☒ Compare main effects

Confidence interval adjustment:
Bonferroni

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

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ และให้คะแนน
รสชาติ



$\alpha = .05$

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
TEA_A	5.0000	2.16025	10
TEA_B	5.4000	2.17051	10
TEA_C	6.9000	1.66333	10

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ
รสชาติชาเขียวแต่ละยี่ห้อ

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
TEA	Sphericity Assumed	20.067	2	10.033	6.964	.006	.436
Error(TEA)	Sphericity Assumed	25.933	18	1.441			

$$F(2, 18) = 6.964, p = .006$$

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

Multivariate Tests^a

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
TEA	Pillai's Trace	.565	5.190 ^b	2.000	8.000	.036	.565
	Wilks' Lambda	.435	5.190 ^b	2.000	8.000	.036	.565
	Hotelling's Trace	1.297	5.190 ^b	2.000	8.000	.036	.565
	Roy's Largest Root	1.297	5.190 ^b	2.000	8.000	.036	.565

a. Design: Intercept
Within Subjects Design: TEA

b. Exact statistic



$\alpha = .05$

ตารางนี้เป็นการทดสอบด้วย Multivariate Analysis of Variance ให้ดูคร่าวๆ ซึ่งเป็นการทดสอบที่ดีกว่าใน Slide ที่แล้ว แต่เรายังไม่ลงรายละเอียดในวิชานี้

จากตารางนี้ พบผลอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ซึ่งค่า p ได้ปรับด้วยวิธีของ Bonferroni แล้ว

Pairwise Comparisons

ผู้ร่วมการทดลอง 1
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ และ
รสชาติ

Measure: MEASURE_1

		Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
(I) TEA	(J) TEA				Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.400	.476	1.000	-1.797	.997
	3	-1.900*	.567	.025	-3.562	-.238
2						
	3	-1.500	.563	.077	-3.151	.151

Based on estimated marginal means

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

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

$$\alpha = .05$$

Repeated Measure ANOVA

$$p = .006$$

$$\alpha = .05$$

$$p < \alpha$$

Reject H_0

รสชาติของชาเขียว 3 ยี่ห้อ
แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบรายคู่

ยี่ห้อ A vs. B

$$p = 1.000 > \alpha$$

รสชาติยี่ห้อ A และ B ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ยี่ห้อ A vs. C

$$p = .025 < \alpha$$

รสชาติยี่ห้อ C ดีกว่ายี่ห้อ B อย่างมีนัยสำคัญ

ยี่ห้อ B vs. C

$$p = .077 > \alpha$$

รสชาติยี่ห้อ B และ C ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

A B C

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- การกระจายของข้อมูลในแต่ละกลุ่มเป็นโค้งปกติ
 - สถิตินี้คงทนต่อการละเมิดในข้อนี้
- เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) ของคะแนนในแต่ละกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน และความแปรปรวนร่วมเท่ากัน
 - จะเรียกเมทริกซ์รูปแบบนี้ว่าเมทริกซ์สมมาตรประกอบด้วยสองส่วน (Compound Symmetry)
 - อาจเรียกข้อตกลงเบื้องต้นนี้ว่าการเป็นทรงกลม (Sphericity)

	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4
กลุ่มที่ 1	σ^2			
กลุ่มที่ 2	$\rho\sigma^2$	σ^2		
กลุ่มที่ 3	$\rho\sigma^2$	$\rho\sigma^2$	σ^2	
กลุ่มที่ 4	$\rho\sigma^2$	$\rho\sigma^2$	$\rho\sigma^2$	σ^2

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- การละเมิดข้อตกลงนี้มีผลค่อนข้างมาก
- ข้อตกลงเบื้องต้นนี้ แทบเป็นไปไม่ได้ในความเป็นจริง เช่น
 - การเก็บข้อมูลในระยะยาว ข้อมูลที่เก็บในเวลาใกล้เคียงกัน จะมีความสัมพันธ์มากกว่าการเก็บข้อมูลในเวลาที่ไม่ใกล้เคียงกัน

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
ครั้งที่ 1	1			
ครั้งที่ 2	.7	1		
ครั้งที่ 3	.49	.7	1	
ครั้งที่ 4	.34	.49	.7	1

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- หากข้อตกลงเบื้องต้นนี้ ไม่ถูกต้อง การแก้ไขสามารถทำได้ด้วย 3 วิธี
 - การแก้ไขโดยการปรับค่า F ด้วยวิธีของ Greenhouse & Geisser (1959) หรือวิธีของ Huynh & Feldt (1976)
 - การใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบพหุ (Multivariate Analysis of Variance)
 - ใช้การวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel Models) โดยมีการจัดการความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร
- ในที่นี้จะเน้นเฉพาะวิธีแรกเท่านั้น

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- การตรวจสอบการเป็นทรงกลม (Sphericity) สามารถทดสอบได้ด้วยวิธีของ Mauchly
 - สถิตินี้ ได้รับผลกระทบจากจำนวนกลุ่มตัวอย่าง (ถ้าน้อยโอกาสที่จะแตกต่างถึงระดับนัยสำคัญน้อย) ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ตรวจสอบ

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
TEA	.954	.373	2	.830	.956	1.000	.500

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

a. Design: Intercept
Within Subjects Design: TEA

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.

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- ให้ดูค่า Epsilon ซึ่งเป็นการวัดระดับการได้รับผลกระทบจากการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นนี้แทน
 - หากมีค่าใดค่าหนึ่งที่มี Epsilon = 1 สามารถบอกว่าข้อตกลงเบื้องต้นนี้ไม่ได้รับการละเมิด

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
TEA	.954	.373	2	.830	.956	1.000	.500

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

a. Design: Intercept
Within Subjects Design: TEA

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.

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- หาก Epsilon มีค่าน้อยกว่า 1 ทั้งหมด ให้ดูค่า Epsilon ของ Greenhouse-Geisser
 - หาค่าน้อยกว่า .75 ให้ใช้การทดสอบแบบ Greenhouse-Geisser
 - หาค่าสูงกว่าหรือเท่ากับ .75 ให้ใช้การทดสอบของ Huynh-Feldt (แต่ถ้าใช้ Greenhouse-Geisser ก็ไม่ได้รับความแตกต่างมากนัก)

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
TEA	.954	.373	2	.830	.956	1.000	.500

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

a. De

W

b. Ma

Te

หากการทำตามคำแนะนำนี้ ดูซับซ้อนเกินไป อาจจะใช้การทดสอบของ Greenhouse-Geisser ทั้งหมด โดยไม่ต้องสนใจข้อตกลงเบื้องต้นนี้เลย

d in the

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- ผลการทดสอบ Greenhouse-Geisser และ Huynh-Feldt ดูได้จากตารางข้างล่าง
- วิธี Lower-bound เป็นวิธีที่กำลังน้อยที่สุด ไม่ควรใช้อย่างเด็ดขาด

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
TEA	Sphericity Assumed	20.067	2	10.033	6.964	.006	.436
	<u>Greenhouse-Geisser</u>	20.067	1.913	10.491	6.964	.007	.436
	<u>Huynh-Feldt</u>	20.067	2.000	10.033	6.964	.006	.436
	<u>Lower-bound</u>	20.067	1.000	20.067	6.964	.027	.436
Error(TEA)	Sphericity Assumed	25.933	18	1.441			
	Greenhouse-Geisser	25.933	17.215	1.506			
	Huynh-Feldt	25.933	18.000	1.441			
	Lower-bound	25.933	9.000	2.881			

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- ในการเปรียบเทียบรายคู่ หากข้อตกลงเบื้องต้นที่เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมเป็นทรงกลม (Sphericity) ถูกละเมิด ให้ทำ Dependent t -test ที่ละคู่ แล้วแก้ไขระดับ Alpha ด้วยวิธีของ Bonferroni (หรือวิธีอื่น เช่น Holm) ด้วยตนเอง

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

ท่านเก็บข้อมูล 200 คน เพื่อ
เปรียบเทียบระดับความเครียด
ในช่วงเวลา 4 ช่วงในแต่ละวัน
(เช้า, กลางวัน, เย็น, ก่อนนอน)



เก็บข้อมูลคนทำงานบริษัทในวันธรรมดา 200 คน
โดยใช้แบบสอบถามความเครียด

สมมติฐาน คือ ระดับความเครียด
แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา

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

H_1 : มีความแตกต่าง
รูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

ท่านเก็บข้อมูล 200 คน เพื่อ
เปรียบเทียบระดับความเครียด
ในช่วงเวลา 4 ช่วงในแต่ละวัน
(เช้า, กลางวัน, เย็น, ก่อนนอน)



Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
morning_stress	39.30316631	10.40409623	200
noon_stress	49.23826395	20.79671573	200
evening_stress	48.06345774	20.63232593	200
night_stress	39.16876666	9.847437534	200

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

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
time	.561	114.265	5	.000	.776	.786	.333

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

a. Design: Intercept

Within Subjects Design: time

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.



Epsilon ของ Greenhouse-Geisser มากกว่า .75
ใช้วิธีของ Huynh-Feldt

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
time							
	Huynh-Feldt	17867.870	2.357	7581.184	50.276	.000	.202
Error(time)							
	Huynh-Feldt	70723.546	469.017	150.791			



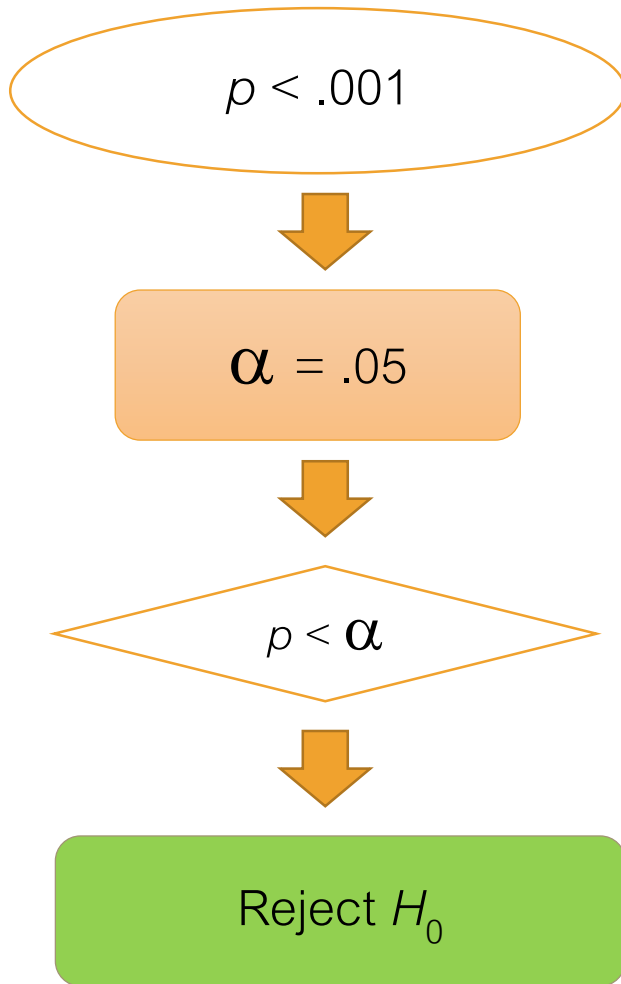
$$F(2.36, 469.02) = 50.28, p < .001$$

การเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม

ผลการเปรียบเทียบรายคู่ โดยการวิเคราะห์ด้วย Dependent *t*-test ด้วยตนเอง

คู่เปรียบเทียบ	<i>t</i> (199)	<i>p</i>	Bonferroni ($\alpha_{PC} = .05/6$)	Holm
เช้า – กลางวัน	-9.293	.000	TRUE	TRUE ($\alpha_{PC} = .05/1$)
เช้า – เย็น	-7.314	.000	TRUE	TRUE ($\alpha_{PC} = .05/2$)
เช้า – ก่อนนอน	0.173	.863	FALSE	FALSE ($\alpha_{PC} = .05/6$)
กลางวัน – เย็น	1.169	.244	FALSE	FALSE ($\alpha_{PC} = .05/5$)
กลางวัน – ก่อนนอน	7.809	.000	TRUE	TRUE ($\alpha_{PC} = .05/3$)
เย็น – ก่อนนอน	7.944	.000	TRUE	TRUE ($\alpha_{PC} = .05/4$)

Repeated Measure ANOVA



ความเครียดในแต่ละช่วงเวลา
แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบรายคู่

การเปรียบเทียบ	ผลลัพธ์	ค่าเฉลี่ยที่สูงกว่า
เช้า – กลางวัน	$p < \alpha_{PC}$	กลางวัน
เช้า – เย็น	$p < \alpha_{PC}$	เย็น
เช้า – ก่อนนอน	$p > \alpha_{PC}$	-
กลางวัน – เย็น	$p > \alpha_{PC}$	-
กลางวัน – ก่อนนอน	$p < \alpha_{PC}$	กลางวัน
เย็น – ก่อนนอน	$p < \alpha_{PC}$	เย็น

- ความเครียดช่วงเย็นและกลางวันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
- ความเครียดตอนเช้าและก่อนนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
- ความเครียดคู่อื่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เช้า ก่อนนอน เย็น กลางวัน

ช่วงเชื่อมั่นของการเปรียบเทียบรายคู่

- สามารถใช้ข้อมูลจากผลการวิเคราะห์ของ SPSS ได้เลย หากกำหนดให้มีการควบคุม Familywise error rate แล้ว

Simultaneous Confidence Interval
โดยใช้วิธีของ Bonferroni

Pairw

Measure: MEASURE_1

(I) TEA	(J) TEA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.400	.476	1.000	-1.797	.997
	3	-1.900*	.567	.025	-3.562	-.238
2						
	3	-1.500	.563	.077	-3.151	.151

Based on estimated marginal means

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

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

ขนาดอิทธิพล

- ค่าสถิติที่ใช้ในการรายงานคล้ายกับ One-way ANOVA
 - Eta Squared และ Omega Squared สำหรับหาขนาดอิทธิพลของปัจจัย
 - Cohen's d สำหรับการเปรียบเทียบรายคู่

ขนาดอิทธิพล

- แต่ในการคำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วม จะมีแนวคิดอยู่สามรูปแบบด้วยกัน (คล้ายกับ Dependent t -test)
 1. ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม หรือกลุ่มที่ไม่ได้รับการแทรกแซง
 2. ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วม (Pooled standard deviation)
 3. ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเปลี่ยนแปลง
- ผมจะไม่กล่าวถึงวิธีการในข้อที่ 3 เนื่องจากว่าซับซ้อน แปลความหมายได้ยากมาก และไม่สามารถนำขนาดอิทธิพลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับแนวทางการแปลความหมายของ Cohen ได้
 - ซึ่ง Partial Eta-squared ที่รายงานอยู่ใน SPSS อยู่ในหมวดนี้

ขนาดอิทธิพล

- Eta Squared และ Omega Squared จะใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมเท่านั้น
- วิธีการง่ายที่สุดที่ใช้คำนวณ คือ
 - แปลงปัจจัยภายในบุคคลเป็นปัจจัยระหว่างบุคคล
 - นำข้อมูลไปวิเคราะห์แบบ One-way ANOVA ปกติ
 - หา Eta Squared และ Omega Squared จากผลการวิเคราะห์นั้น

$$\eta^2 = \frac{SS_{\text{Group}}}{SS_{\text{Total}}} = \frac{17867.84}{229487.16} = .077$$

$$\begin{aligned}\omega^2 &= \frac{SS_{\text{Treat}} - (k - 1)MS_{\text{Error}}}{SS_{\text{Total}} + MS_{\text{Error}}} \\ &= \frac{17867.84 - 3 \cdot 265.85}{229487.16 + 265.85} = .074\end{aligned}$$

ANOVA

stress

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17867.870	3	5955.957	22.403	.000
Within Groups	211619.287	796	265.853		
Total	229487.158	799			

ขนาดอิทธิพล

- ส่วน Cohen's d สำหรับการเปรียบเทียบรายคู่ให้นำผลสถิติพรรณนา ไปหา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม (ถ้ามี) หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร่วม
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วม สามารถวิเคราะห์ได้จากรากที่สองของ MS_{Error} ของ One-way ANOVA

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

ให้ความเครียดในตอนเช้าเป็นกลุ่มควบคุม

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
morning_stress	39.30316631	10.40409623	200
noon_stress	49.23826395	20.79671573	200
evening_stress	48.06345774	20.63232593	200
night_stress	39.16876666	9.847437534	200

$$d_{\text{เช้า-กลางวัน}} = \frac{39.303 - 49.238}{10.404} = -0.955$$

$$d_{\text{เช้า-เย็น}} = \frac{39.303 - 48.063}{10.404} = -0.842$$

$$d_{\text{เช้า-ก่อนนอน}} = \frac{39.303 - 39.169}{10.404} = 0.013$$

$$d_{\text{กลางวัน-เย็น}} = \frac{49.238 - 48.063}{10.404} = 0.113$$

$$d_{\text{กลางวัน-ก่อนนอน}} = \frac{49.238 - 39.169}{10.404} = 0.968$$

$$d_{\text{เย็น-ก่อนนอน}} = \frac{48.063 - 39.169}{10.404} = 0.855$$

ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมในการหาขนาดอิทธิพล

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
morning_stress	39.30316631	10.40409623	200
noon_stress	49.23826395	20.79671573	200
evening_stress	48.06345774	20.63232593	200
night_stress	39.16876666	9.847437534	200

$$SD_{\text{Pooled}} = \sqrt{265.853} = 16.305$$

$$d_{\text{เช้า-กลางวัน}} = \frac{39.303 - 49.238}{16.305} = -0.609$$

$$d_{\text{เช้า-เย็น}} = \frac{39.303 - 48.063}{16.305} = -0.537$$

$$d_{\text{เช้า-ก่อนนอน}} = \frac{39.303 - 39.169}{16.305} = 0.008$$

$$d_{\text{กลางวัน-เย็น}} = \frac{49.238 - 48.063}{16.305} = 0.072$$

$$d_{\text{กลางวัน-ก่อนนอน}} = \frac{49.238 - 39.169}{16.305} = 0.618$$

$$d_{\text{เย็น-ก่อนนอน}} = \frac{48.063 - 39.169}{16.305} = 0.545$$

การเขียนรายงาน

- งานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบรสชาติของชาเขียวยี่ห้อ A ($M = 5.0$, $SD = 2.16$), ยี่ห้อ B ($M = 5.4$, $SD = 2.17$), และยี่ห้อ C ($M = 6.9$, $SD = 1.66$) โดยการให้ผู้ร่วมการทดลอง 10 คนชิมทั้ง 3 ยี่ห้อ จากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated-measures ANOVA) พบว่าชาเขียวทั้ง 3 ยี่ห้อ มีรสชาติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, $F(2, 18) = 6.96$, $p = .006$, $\omega^2 = .09$, เมื่อเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Bonferroni ($\alpha_{PC} = .05/3 = .017$) พบว่ายี่ห้อ A มีรสชาติแย่กว่ายี่ห้อ C อย่างมีนัยสำคัญ ($p < \alpha_{PC}$, $d = -0.94$) แต่ยี่ห้อ B ไม่แตกต่างจากยี่ห้อ A และยี่ห้อ C อย่างมีนัยสำคัญ ($ps > \alpha_{PC}$, $ds = -0.20$ และ -0.75)^a

^a การคำนวณขนาดอิทธิพลทั้ง ω^2 และ d ใช้วิธีการหารด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมระหว่างกลุ่ม

การเขียนรายงาน

- งานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบความเครียดใน 4 ช่วงเวลาของผู้ร่วมการทดลองจำนวน 200 คน โดยตารางที่ 1 แสดงสถิติพรรณนาของความเครียดในแต่ละช่วงเวลา จากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated-measures ANOVA) โดยการทดสอบของ Huynh และ Feldt (Greenhouse-Geisser Epsilon = .78) พบว่าความเครียดใน 4 ช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, $F(2.36, 469.02) = 50.28, p < .001, \omega^2 = .074$

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเครียดในแต่ละช่วงเวลา

เวลา	<i>M</i>	<i>SD</i>
เช้า	39.30	10.40
กลางวัน	49.24	20.80
เย็น	48.06	20.63
ก่อนนอน	39.17	9.85

การเขียนรายงาน

- เมื่อเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Bonferroni ($\alpha_{PC} = .05/6 = .008$) พบว่า เวลาเช้าและเวลาก่อนนอน ความเครียดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > \alpha_{PC}$, $d = 0.008$) เช่นเดียวกับเวลาเย็นและเวลากลางวันที่มีความเครียดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > \alpha_{PC}$, $d = 0.0072$) แต่การเปรียบเทียบคู่อื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < \alpha_{PC}$) กล่าวคือ เวลาเย็นและกลางวันมีความเครียดสูงกว่าเวลาเช้าและก่อนนอน, $d(\text{เช้า} - \text{กลางวัน}) = -0.61$, $d(\text{เช้า} - \text{เย็น}) = -0.54$, $d(\text{กลางวัน} - \text{ก่อนนอน}) = -0.97$, $d(\text{เย็น} - \text{ก่อนนอน}) = -0.86^a$

^a การคำนวณขนาดอิทธิพลทั้ง ω^2 และ d ใช้วิธีการหารด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมระหว่างกลุ่ม

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

- ใช้โปรแกรม G*POWER 3 โดย
 - เลือกกลุ่มสถิติที่ต้องการทดสอบ คือ F-tests
 - เลือกสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ ANOVA: Repeated measures, within factors
 - เลือกว่าจะหา กำลังในการทดสอบ คือ Post hoc: Compute achieved power – given α , sample size and effect size

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

- ตัวอย่างเรื่องการเปรียบเทียบชาเขียว

ขนาดอิทธิพล (กด Determine เพื่อคำนวณ Cohen's f จาก Partial eta-squared จาก SPSS)

เนื่องจากไม่มี Between-subject factor ช่องนี้จึงเป็น 1

Input Parameters

Determine =>

Effect size f

0.8796600

ค่าอัลฟา

0.05

จำนวนบล็อกทั้งหมด

10

จำนวนกลุ่มที่จำแนกบล็อก

1

จำนวนค่าเฉลี่ยที่เปรียบเทียบภายในกลุ่ม

3

ค่าสหสัมพันธ์เฉลี่ยของตัวแปรวัดซ้ำ

0.648

Nonsphericity

ค่า Epsilon

1

Output Parameters

Noncentrality parameter λ

65.9490099

Critical F

3.5545571

Numerator df

2.0000000

Denominator df

18.0000000

Power ($1 - \beta$ err prob)

0.9999998

ค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์
ระหว่างคะแนนในแต่ละกลุ่ม

ค่า Epsilon ของวิธีในการทดสอบ เช่น
Greenhouse-Geisser, Huynh-Feldt
หากไม่ใช้วิธีทางเลือกนี้ ให้ใส่ค่าเท่ากับ 1

กำลังในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

The image shows the 'Calculate Statistics' dialog box in SPSS, with the 'From variances' option selected. The dialog box contains the following fields and buttons:

- From variances** (selected):
 - Variance explained by effect: 20.067
 - Variance within group: 25.933
- Direct** (unselected):
 - Partial η^2 : 0.4362391
- Buttons:** Calculate, Effect size f : 0.87966, Calculate and transfer to main window (highlighted with a blue border), Close.

Annotations with arrows point from the following text to the corresponding fields in the dialog box:

- SS_A points to the 'Variance explained by effect' field (20.067).
- SS_{Error} points to the 'Variance within group' field (25.933).
- Partial Eta-Squared (ที่รายงานใน SPSS) points to the 'Partial η^2 ' field (0.4362391).
- ค่า Cohen's f points to the 'Effect size f ' field (0.87966).

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

- การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใน Repeated measures ANOVA มุ่งเน้นที่การทดสอบกำลังเท่านั้น
- การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามกำลังที่ต้องการ สามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม G*POWER 3 ช่วย
 - เลือกกลุ่มสถิติที่ต้องการทดสอบ คือ F-tests
 - เลือกสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ ANOVA: Repeated measures, within factors
 - เลือกว่าจะหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ A Priori: Compute required sample size – given α , power and effect size

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

- เช่น ท่านต้องการทดสอบอคติที่ผู้ร่วมการทดลองมีต่อ 5 ประเทศว่าแตกต่างกันหรือไม่ จงคำนวณจำนวนผู้ร่วมการทดลองเพื่อให้ได้กำลังอย่างน้อย .80
 - ขนาดความแตกต่างระหว่างอคติ คิดเป็น Partial Eta-Squared = .40 (เมื่อนำความแตกต่างระหว่างบุคคลออกไปแล้ว)
 - $\alpha = .05$
 - ความสัมพันธ์ระหว่างอคติที่มีในแต่ละประเทศเท่ากับ 0 (เป็นแนวทางที่เข้มงวดเนื่องจากกำลังจะน้อย ต้องการจำนวนกลุ่มตัวอย่างมาก)
 - ค่า Epsilon ตั้งให้เท่ากับ Lower-bound ซึ่งกับ $1/(k - 1) = 1/(5 - 1) = 0.25$ (เป็นแนวทางที่เข้มงวดเช่นกัน)

กำลังในการทดสอบทางสถิติ

☒ Direct

Partial η^2

Calculate Effect size f

Calculate and transfer to main window

จำนวนกลุ่มเท่ากับ 1 เนื่องจาก
ไม่มี Between-subject factor

เปรียบเทียบ 5 ประเทศ

Input Parameters		Output Parameters		
Determine =>	Effect size f	0.8164966	Noncentrality parameter λ	10.0000005
	α err prob	0.05	Critical F	4.8443357
	Power (1 - β err prob)	0.80	Numerator df	1.0000000
	Number of groups	1	Denominator df	11.0000000
	Number of measurements	5	Total sample size	12
	Corr among rep measures	0	Actual power	0.8205211
	Nonsphericity correction ϵ	0.25		

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (บล็อก) อย่างน้อย 12 คน

การวิเคราะห์ความแตกต่าง

สถิติชั้นกลางสำหรับจิตวิทยา

สันหัต พรประเสริฐมานิต

การวิเคราะห์ความแตกต่างและการวิเคราะห์แนวโน้ม

- การวิเคราะห์ความแตกต่าง เป็นอีกวิธีที่ใช้ในการเข้าใจความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย
- ไม่เหมือนกับ One-way ANOVA SPSS ไม่สามารถกำหนดสัมประสิทธิ์ความแตกต่างได้ด้วยตนเองโดยง่าย
- แต่ SPSS ได้ให้รูปแบบความแตกต่างมาตรฐาน คือ Deviation, Simple, Difference, Helmert, Repeated, หรือ Polynomial
- หากต้องการกำหนดสัมประสิทธิ์ความแตกต่างด้วยตนเอง ให้ดูรายละเอียดที่ <http://studysites.uk.sagepub.com/field4e/study/olivertwisted/chapter13.pdf>

ทดสอบ 3 ระดับ

รูปแบบ	ความแตกต่างที่ 1	ความแตกต่างที่ 2	ประโยชน์
Deviation (First)	2 vs. (1, 2, 3)	3 vs. (1, 2, 3)	ทดสอบอิทธิพลของแต่ละกลุ่มกับโดยรวม
Deviation (Last)	1 vs. (1, 2, 3)	2 vs. (1, 2, 3)	ทดสอบอิทธิพลของแต่ละกลุ่มกับโดยรวม
Simple (First)	1 vs. 2	1 vs. 3	ทดสอบอิทธิพลเปรียบเทียบกับกลุ่มอ้างอิง (กลุ่มแรก)
Simple (Last)	3 vs. 1	3 vs. 2	ทดสอบอิทธิพลเปรียบเทียบกับกลุ่มอ้างอิง (กลุ่มสุดท้าย)
Repeated	1 vs. 2	2 vs. 3	ทดสอบอิทธิพลของการเพิ่มขึ้นที่ระดับ (เช่น เวลา)
Helmert	1 vs. (2, 3)	2 vs. 3	ทดสอบอิทธิพลรวมมากกว่า 1 ปัจจัย เช่น ควบคุม ยาหลอก ยาจริง
Difference (Reversed Helmert)	3 vs. (1, 2)	2 vs. 1	ทดสอบอิทธิพลรวมมากกว่า 1 ปัจจัย เช่น ควบคุม ยาหลอก ยาจริง
Polynomial	เหมือนในการวิเคราะห์แนวโน้ม		หารูปแบบการเปลี่ยนแปลง

ทดสอบ 4 ระดับ

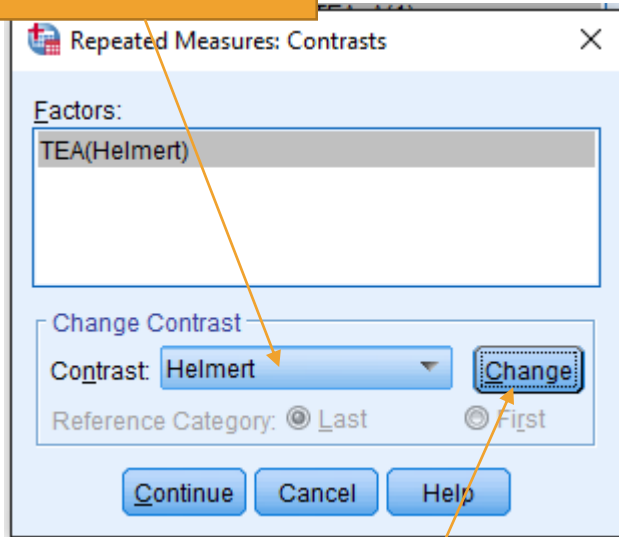
รูปแบบ	ความแตกต่างที่ 1	ความแตกต่างที่ 2	ความแตกต่างที่ 3
Deviation (First)	2 vs. (1, 2, 3, 4)	3 vs. (1, 2, 3, 4)	4 vs. (1, 2, 3, 4)
Deviation (Last)	1 vs. (1, 2, 3, 4)	2 vs. (1, 2, 3, 4)	2 vs. (1, 2, 3, 4)
Simple (First)	1 vs. 2	1 vs. 3	1 vs. 4
Simple (Last)	4 vs. 1	4 vs. 2	4 vs. 3
Repeated	1 vs. 2	2 vs. 3	3 vs. 4
Helmert	1 vs. (2, 3, 4)	2 vs. (3, 4)	3 vs. 4
Difference (Reversed Helmert)	4 vs. (1, 2, 3)	3 vs. (1, 2)	2 vs. 1
Polynomial	เหมือนในการวิเคราะห์แนวโน้ม		

การวิเคราะห์ความแตกต่างและการวิเคราะห์แนวโน้ม

- เช่น ชาเขียวยี่ห้อ A เป็นยี่ห้อเก่าแก่ และ ยี่ห้อ B และ C เป็นยี่ห้อใหม่ ทดสอบ
 - A vs. (B, C)
 - B vs. C

ใช้วิธีของ Helmert

เลือกวิธีที่ต้องการ



กด Change

หาก $\alpha = .05/2 = .025$ ผลไม่ถึงระดับนัยสำคัญ

Tests of Within-Subjects Contrasts

Measure: MEASURE_1

Source	TEA	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TEA	Level 1 vs. Later	13.225	1	13.225	6.792	.028
	Level 2 vs. Level 3	22.500	1	22.500	7.105	.026
Error(TEA)	Level 1 vs. Later	17.525	9	1.947		
	Level 2 vs. Level 3	28.500	9	3.167		

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ เกี่ยวข้อกันสองทาง

สถิติชั้นกลางสำหรับจิตวิทยา

สันหัต พรประเสริฐมานิต

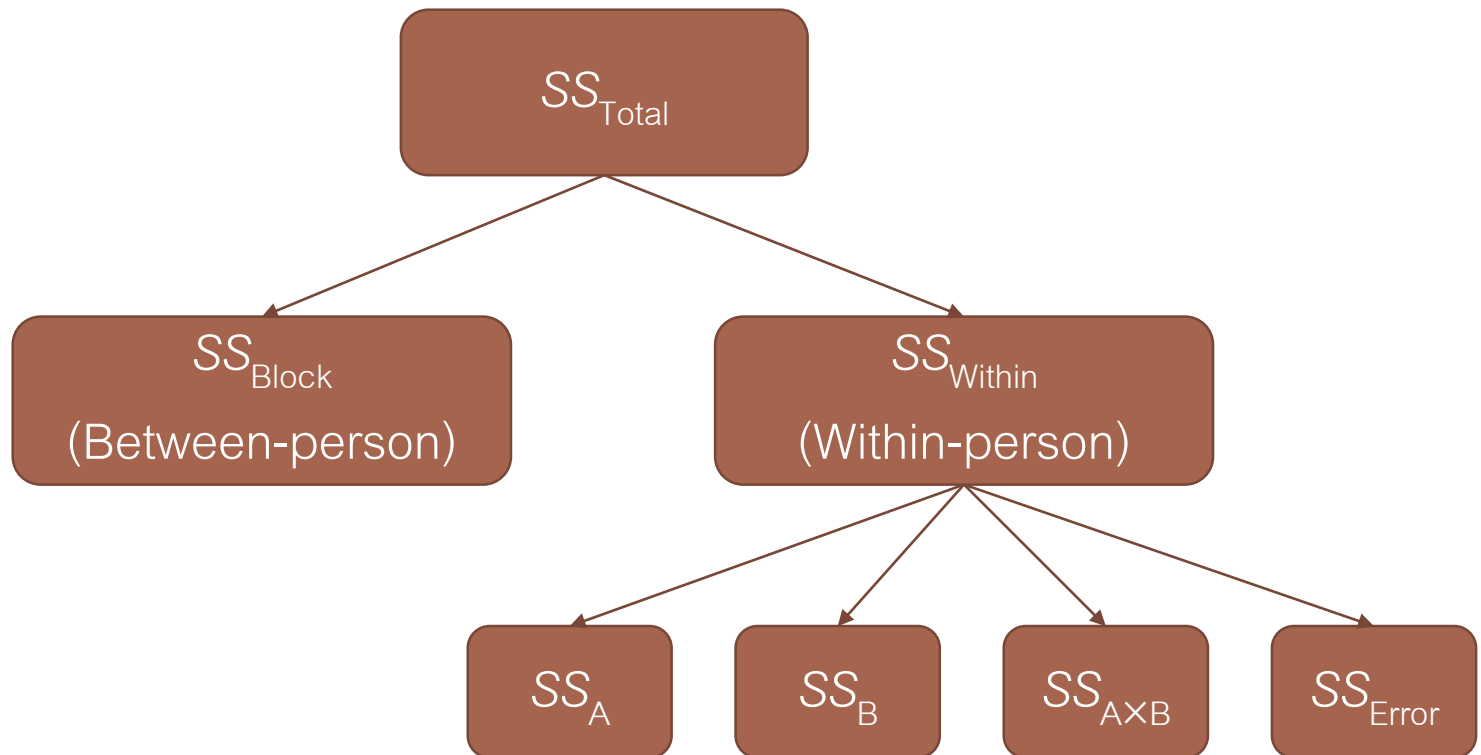
การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

- ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบเกี่ยวข้อกัน การเปรียบเทียบสามารถเปรียบเทียบโดยการแบ่งกลุ่มเกิดจาก 2 ปัจจัย
- สถิตินี้เรียกว่า Two-way Repeated-Measure ANOVA
- แตกต่างจาก Two-way Factorial ANOVA ที่ 2 ปัจจัยนั้นเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบไม่เกี่ยวข้อกัน

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

- เช่น ให้ผู้ร่วมการทดลองแต่ละคน ประเมินว่ามีแนวโน้มจะเข้าร้านค้าทั้ง 4 กลุ่มนี้มากน้อยเพียงใด ร้านค้าของราคาปกติติดแอร์ ร้านค้าของราคาปกติไม่ติดแอร์ ร้านค้าของราคาถูกติดแอร์ ร้านค้าของราคาถูกไม่ติดแอร์
- ปัจจัยที่เปรียบเทียบ คือ การติดแอร์ และราคาสินค้า
- ค่าเฉลี่ยทั้ง 4 เกี่ยวข้องกัน เพราะวัดจากคนเดียวกัน

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง



การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

- กระบวนการคล้ายกับ Two-way Factorial ANOVA
 - หากอิทธิพลร่วมถึงระดับนัยสำคัญ ให้วิเคราะห์อิทธิพลหลักแยกย่อย
 - หากอิทธิพลร่วมไม่ถึงระดับนัยสำคัญ ให้วิเคราะห์อิทธิพลหลัก
- สามารถใช้ Flowchart ในบทของ Two-way Factorial ANOVA ในการตัดสินใจได้

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ (A, B, C)
แต่ละยี่ห้อให้ดื่ม 3 สูตร
(ธรรมดา, ไม่มีน้ำตาล, ข้าวญี่ปุ่น)
และให้คะแนนรสชาติ



$\alpha = .05$

เก็บข้อมูลผู้ร่วมการทดลอง 10 คน
โดยสลับลำดับชาเขียวก่อนหลัง

สมมติฐาน คือ ยี่ห้อและสูตร
ชาเขียวมีปฏิสัมพันธ์ต่อรสชาติ

H_1 : รูปแบบความชอบชา
เขียวสูตรต่างๆ ในแต่ละ
ยี่ห้อไม่แตกต่างกัน

H_1 : รูปแบบความชอบชา
เขียวสูตรต่างๆ ในแต่ละ
ยี่ห้อแตกต่างกัน

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

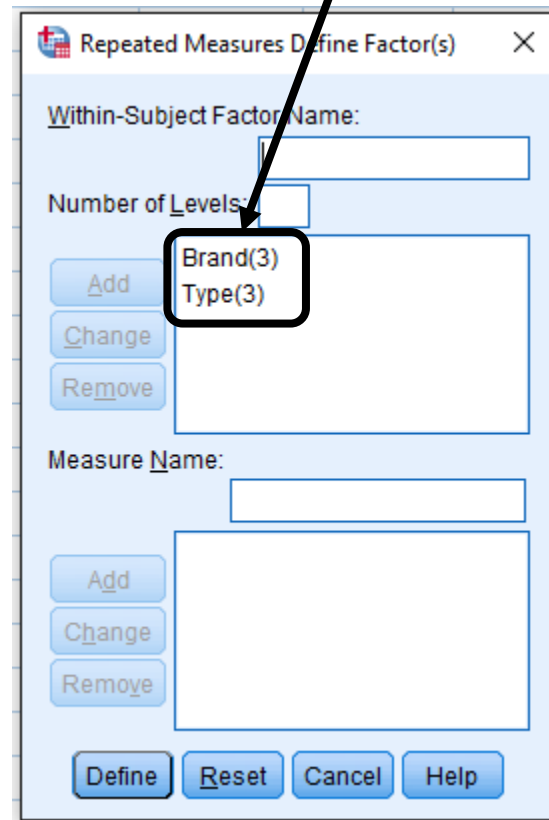
รสธรรมดา			รสไม่มีน้ำตาล			รสชาข้าวญี่ปุ่น		
Aregular	Anosugar	Arice	Bregular	Bnosugar	Brice	Cregular	Cnosugar	Crice
4	0	2	6	6	6	5	2	6
4	5	2	5	2	5	4	3	6
5	5	3	6	5	4	6	2	7
3	5	3	6	2	3	4	2	7
ยี่ห้อ A		5	ยี่ห้อ B		8	ยี่ห้อ C		10
		3			6			6
		5			4			8
1	2	4	5	4	5	6	6	10
6	6	7	7	5	6	6	5	10
6	5	3	6	7	7	6	5	10

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ (A, B, C)
แต่ละยี่ห้อให้ดื่ม 3 สูตร
(ธรรมดา, ไม่มีน้ำตาล, ข้าวญี่ปุ่น)
และให้คะแนนรสชาติ



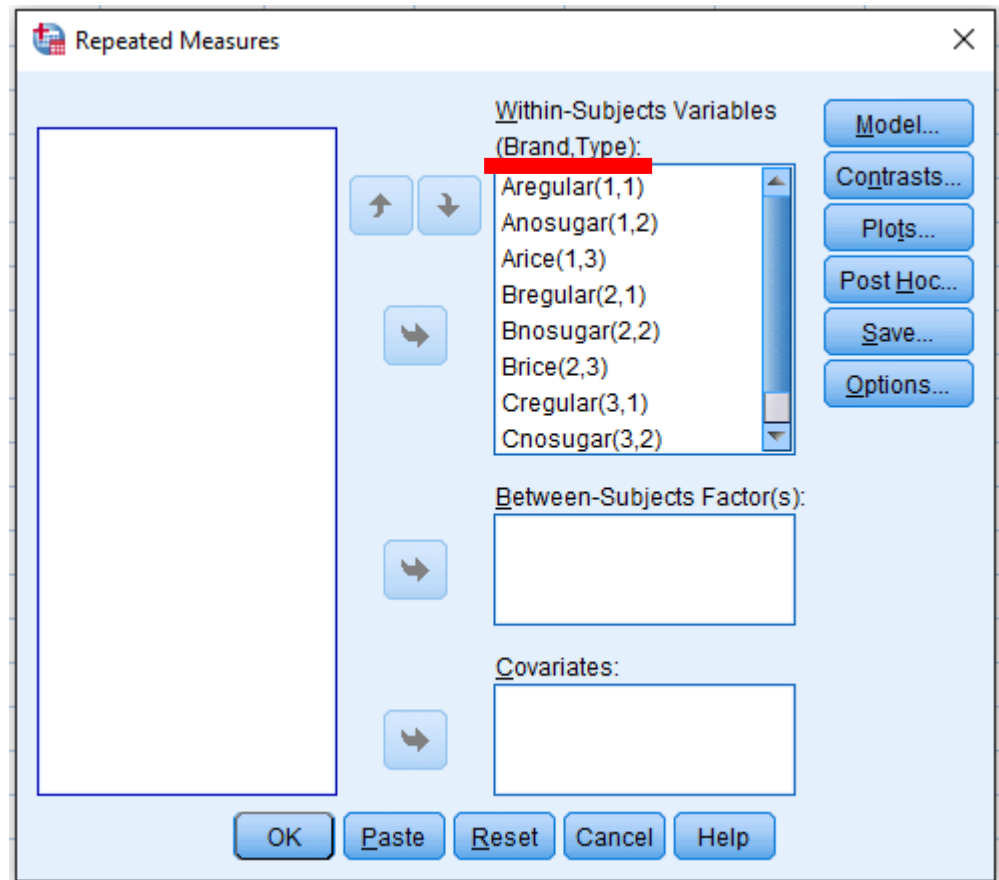
นิยามปัจจัยทั้งสองที่ต้องการทดสอบ

The image shows the 'Repeated Measures: Define Factor(s)' dialog box in SPSS. The 'Within-Subject Factor Name:' field is empty. The 'Number of Levels:' field is set to 3. Below this, there is a list box containing 'Brand(3)' and 'Type(3)'. The 'Measure Name:' field is also empty. At the bottom, there are buttons for 'Define', 'Reset', 'Cancel', and 'Help'. An arrow points from the text 'นิยามปัจจัยทั้งสองที่ต้องการทดสอบ' to the list box containing 'Brand(3)' and 'Type(3)'.

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

ใส่ตัวแปรตามระดับของยี่ห้อ และชนิด

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ (A, B, C)
แต่ละยี่ห้อให้ดื่ม 3 สูตร
(ธรรมดา, ไม่มีน้ำตาล, ข้าวญี่ปุ่น)
และให้คะแนนรสชาติ



การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

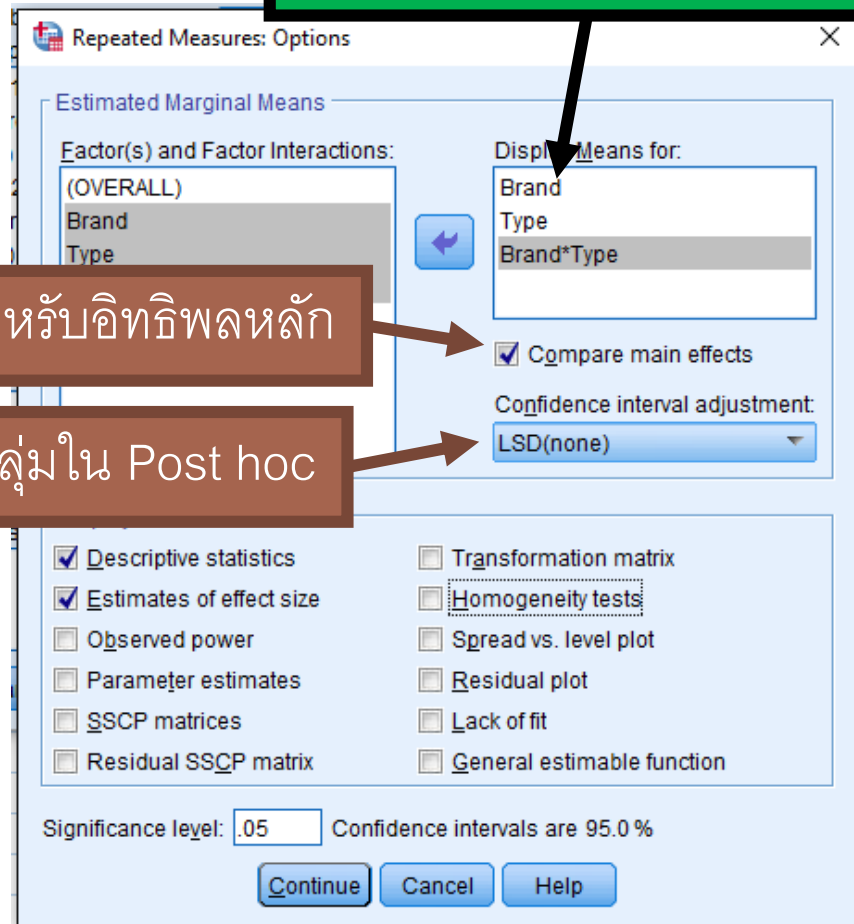
ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ (A, B, C)
แต่ละยี่ห้อให้ดื่ม 3 สตร

ใส่เครื่องหมายถูก เพื่อทำ Post hoc สำหรับอิทธิพลหลัก

เลือกวิธีการควบคุมความผิดพลาดทั้งกลุ่มใน Post hoc



เลือกปัจจัยทั้งหมดไปทางขวา



การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ (A, B, C)
แต่ละยี่ห้อให้ดื่ม 3 สูตร
(ธรรมดา, ไม่มีน้ำตาล, ข้าวญี่ปุ่น)
และให้คะแนนรสชาติ



กด Paste เพื่อใส่คำสั่งทดสอบอิทธิพลหลักแยกย่อย

```
GLM Aregular Anosugar Arice Bregular Bnosugar Brice Cregular Cnosugar Crice  
/WSFACTOR=Brand 3 Polynomial Type 3 Polynomial  
/METHOD=SSTYPE(3)  
/PLOT=PROFILE(Type*Brand)  
/EMMEANS=TABLES(Brand) COMPARE ADJ(LSD)  
/EMMEANS=TABLES(Type) COMPARE ADJ(LSD)  
/EMMEANS=TABLES(Brand*Type) COMPARE(Brand)  
/PRINT=DESCRIPTIVE ETASQ  
/CRITERIA=ALPHA(.05)  
/WSDESIGN=Brand Type Brand*Type.
```

เปรียบเทียบยี่ห้อ ในแต่ละชนิดชา

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ (A, B, C)
แต่ละยี่ห้อให้ดื่ม 3 สูตร
(ธรรมดา, ไม่มีน้ำตาล, ข้าวญี่ปุ่น)
และให้คะแนนรสชาติ



ตรวจสอบว่าตัวแปรอยู่ถูกตำแหน่งหรือไม่

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

Brand	Type	Dependent Variable
1	1	Aregular
	2	Anosugar
	3	Arice
2	1	Bregular
	2	Bnosugar
	3	Brice
3	1	Cregular
	2	Cnosugar
	3	Crice

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ (A, B, C)
แต่ละยี่ห้อให้ดื่ม 3 สูตร
(ธรรมดา, ไม่มีน้ำตาล, ข้าวญี่ปุ่น)
และให้คะแนนรสชาติ



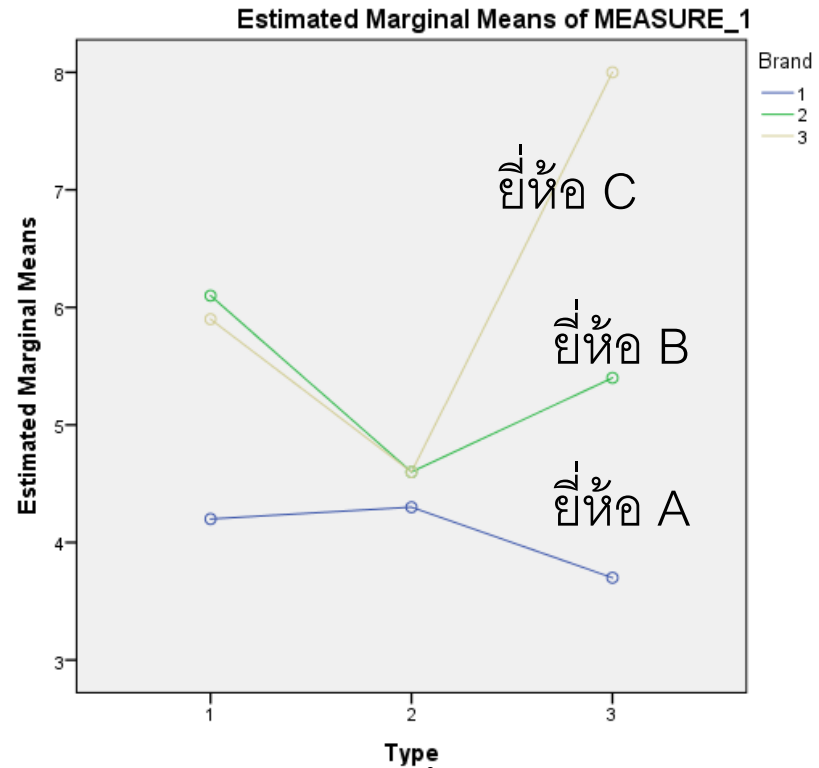
ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ
แต่ละตัวแปร (เซลล์)

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Aregular	4.20	1.751	10
Anosugar	4.30	2.003	10
Arice	3.70	1.567	10
Bregular	6.10	1.663	10
Bnosugar	4.60	1.578	10
Brice	5.40	1.506	10
Cregular	5.90	1.912	10
Cnosugar	4.60	2.503	10
Crice	8.00	1.826	10

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ (A, B, C)
แต่ละยี่ห้อให้ดื่ม 3 สูตร
(ธรรมดา, ไม่มีน้ำตาล, ชาข้าว
และให้คะแนนรสชาติ



ธรรมดา ไม่มีน้ำตาล ชาข้าว

กด Plot... เพื่อสร้างกราฟเส้น

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

ผลวิเคราะห์จาก Multivariate Analysis of Variance

ผู้ร่วมการทดลอง
ชาเขียว 3 ยี่ห้อ
แต่ละยี่ห้อให้
(ธรรมชาติ, ไม่มีน้ำตาล)
และให้คะแนน



Multivariate Tests^a

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Brand	Pillai's Trace	.688	8.823 ^b	2.000	8.000	.009	.688
	Wilks' Lambda	.312	8.823 ^b	2.000	8.000	.009	.688
	Hotelling's Trace	2.206	8.823 ^b	2.000	8.000	.009	.688
	Roy's Largest Root	2.206	8.823 ^b	2.000	8.000	.009	.688
Type	Pillai's Trace	.702	9.444 ^b	2.000	8.000	.008	.702
	Wilks' Lambda	.298	9.444 ^b	2.000	8.000	.008	.702
	Hotelling's Trace	2.361	9.444 ^b	2.000	8.000	.008	.702
	Roy's Largest Root	2.361	9.444 ^b	2.000	8.000	.008	.702
Brand * Type	Pillai's Trace	.790	5.648 ^b	4.000	6.000	.031	.790
	Wilks' Lambda	.210	5.648 ^b	4.000	6.000	.031	.790
	Hotelling's Trace	3.765	5.648 ^b	4.000	6.000	.031	.790
	Roy's Largest Root	3.765	5.648 ^b	4.000	6.000	.031	.790

a. Design: Intercept
Within Subjects Design: Brand + Type + Brand * Type

b. Exact statistic

อิทธิพลร่วมถึงระดับนัยสำคัญ

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม

ชาเขียว 3 ถ้วย

แต่ละยี่ห้อ

(รวมดา, ไม่มี

และให้ค:

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
Brand	.972	.224	2	.894	.973	1.000	.500
Type	.885	.979	2	.613	.897	1.000	.500
Brand * Type	.456	5.823	9	.764	.692	1.000	.250

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

a. Design: Intercept

Within Subjects Design: Brand + Type + Brand * Type

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.

ค่า Epsilon ของ Huynh-Feldt เป็น 1
จึงไม่มีปัญหาเรื่อง Sphericity

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Brand	Sphericity Assumed	67.400	2	33.700	9.725	.001	.519
	Greenhouse-Geisser	67.400	1.946	34.632	9.725	.002	.519
	Huynh-Feldt	67.400	2.000	33.700	9.725	.001	.519
	Lower-bound	67.400	1.000	67.400	9.725	.012	.519
Error(Brand)	Sphericity Assumed	62.378	18	3.465			
	Greenhouse-Geisser	62.378	17.516	3.561			
	Huynh-Feldt	62.378	18.000	3.465			
	Lower-bound	62.378	9.000	6.931			
Type	Sphericity Assumed	23.400	2	11.700	7.421	.004	.452
	Greenhouse-Geisser	23.400	1.793	13.047	7.421	.006	.452
	Huynh-Feldt	23.400	2.000	11.700	7.421	.004	.452
	Lower-bound	23.400	1.000	23.400	7.421	.023	.452
Error(Type)	Sphericity Assumed	28.378	18	1.577			
	Greenhouse-Geisser	28.378	16.141	1.758			
	Huynh-Feldt	28.378	18.000	1.577			
	Lower-bound	28.378	9.000	3.153			
Brand * Type	Sphericity Assumed	48.800	4	12.200	6.037	.001	.401
	Greenhouse-Geisser	48.800	2.769	17.624	6.037	.004	.401
	Huynh-Feldt	48.800	4.000	12.200	6.037	.001	.401
	Lower-bound	48.800	1.000	48.800	6.037	.036	.401
Error(Brand * Type)	Sphericity Assumed	72.756	36	2.021			
	Greenhouse-Geisser	72.756	24.920	2.920			
	Huynh-Feldt	72.756	36.000	2.021			
	Lower-bound	72.756	9.000	8.084			

อิทธิพลร่วมถึงระดับนัยสำคัญ → อิทธิพลหลักแยกย่อย

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

อิทธิพลของยี่ห้อ ในแต่ละชนิดของชา

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน ดื่ม

ชาเขียว 3 ยี่ห้อ (A, E

แต่ละยี่ห้อให้ดื่ม 3

(ธรรมชาติ, ไม่มี

และให้คะแนนรสชาติ

ธรรมชาติ

ไม่มีน้ำตาล

ชาข้าว



Multivariate Tests

Type	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Pillai's trace	.398	2.645 ^a	2.000	8.000	.131	.398
Wilks' lambda	.602	2.645 ^a	2.000	8.000	.131	.398
Hotelling's trace	.661	2.645 ^a	2.000	8.000	.131	.398
Roy's largest root	.661	2.645 ^a	2.000	8.000	.131	.398
Pillai's trace	.017	.068 ^a	2.000	8.000	.935	.017
Wilks' lambda	.983	.068 ^a	2.000	8.000	.935	.017
Hotelling's trace	.017	.068 ^a	2.000	8.000	.935	.017
Roy's largest root	.017	.068 ^a	2.000	8.000	.935	.017
Pillai's trace	.923	48.134 ^a	2.000	8.000	.000	.923
Wilks' lambda	.077	48.134 ^a	2.000	8.000	.000	.923
Hotelling's trace	12.033	48.134 ^a	2.000	8.000	.000	.923
Roy's largest root	12.033	48.134 ^a	2.000	8.000	.000	.923

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

a. Exact statistic

ค่า p สำหรับอิทธิพลหลักแยกย่อย

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง

การเปรียบเทียบรายคู่ระหว่างยี่ห้อ ในแต่ละชนิดของชา

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

$$\alpha_{PC} = (.05/3)/3 = .0056$$

Type	(I) Brand	(J) Brand	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound
1	2	3	-1.900 [*]	.795	.041	-3.699	-.101
		3	-1.700	.844	.075	-3.609	.209
	3	1	1.900 [*]	.795	.041	.101	3.699
		3	.200	.327	.555	-.539	.939
	3	1	1.700	.844	.075	-.209	3.609
		2	-.200	.327	.555	-.939	.539
2	3	1	-.300	.870	.738	-2.268	1.668
		3	-.300	.870	.738	-2.268	1.668
	3	1	.300	.870	.738	-1.668	2.268
		3	.000	.816	1.000	-1.847	1.847
	3	1	.300	.870	.738	-1.668	2.268
		2	.000	.816	1.000	-1.847	1.847
3	2	3	-1.700 [*]	.616	.022	-3.092	-.308
		3	-4.300 [*]	.423	.000	-5.257	-3.343
	2	1	1.700 [*]	.616	.022	.308	3.092
		3	-2.600 [*]	.562	.001	-3.871	-1.329
	3	1	4.300 [*]	.423	.000	3.343	5.257
		2	2.600 [*]	.562	.001	1.329	3.871

Based on estimated marginal means

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

b. Adjustment for multiple comparisons

ค่า p สำหรับการเปรียบเทียบรายคู่แยกย่อย

ผู้ร่วมการทดลอง 10 คน

ชาเขียว 3 ยี่ห้อ (A, B, C)

แต่ละยี่ห้อให้

(ธรรมชาติ, ไม่มีน้ำตาล, ชา

และให้คะแนน

ธรรมชาติ

ไม่มีน้ำตาล

ชาเขียว



ทดสอบปฏิสัมพันธ์

อิทธิพลร่วมระหว่าง
ยี่ห้อและชนิดของชา

$$p = .001 < \alpha$$

ยี่ห้อและชนิดของชามีอิทธิพล
ร่วมกันต่อรสชาติ

$$\alpha = .05$$

ทดสอบอิทธิพลหลักแยกย่อย

ธรรมชาติ

$$p = .131 > \alpha$$

ชาธรรมชาติธรรมชาติ ยี่ห้อ A, B, และ C มีรสชาติ
ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ไม่มีน้ำตาล

$$p = .935 > \alpha$$

ชาแบบไม่มีน้ำตาล ยี่ห้อ A, B, และ C มี
รสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ข้าวญี่ปุ่น

$$p < .001 < \alpha$$

ชาข้าวญี่ปุ่น ยี่ห้อ A, B, และ C มีรสชาติ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

$$\alpha = .05/3 = .0167$$

เปรียบเทียบรายคู่ภายในกลุ่มชาเขียวผสมข้าวญี่ปุ่น

A vs. B

$$p = .022 > \alpha$$

ชาข้าวญี่ปุ่น A มีรสชาติไม่แตกต่างจาก
ญี่ปุ่น B อย่างมีนัยสำคัญ

A vs. C

$$p < .001 < \alpha$$

ชาข้าวญี่ปุ่น C มีรสชาติดีกว่าญี่ปุ่น A
อย่างมีนัยสำคัญ

B vs. C

$$p = .001 < \alpha$$

ชาข้าวญี่ปุ่น C มีรสชาติดีกว่าญี่ปุ่น B
อย่างมีนัยสำคัญ

$$\alpha = (.05/3)/3 = .0056$$

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง: ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

- การกระจายของข้อมูลในแต่ละตัวแปรเป็นโค้งปกติ
 - สถิตินี้คงทนต่อการละเมิดในข้อนี้
- เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) เป็นแบบทรงกลม (Sphericity)
 - แก้ไขโดยใช้วิธีของ Greenhouse-Geisser หรือ Huynh-Feldt ดังข้อแนะนำที่กล่าวไปใน One-way Repeated-measure ANOVA

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง: ขนาด อิทธิพล

- วิธีการง่ายที่สุดที่ใช้คำนวณ คือ แปลงข้อมูลเป็นปัจจัยระหว่างบุคคล แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์แบบ Two-way Factorial ANOVA แล้วหา Eta Squared และ Omega Squared จากผลการวิเคราะห์นั้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Taste

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	139.600 ^a	8	17.450	5.181	.000	.339
Intercept	2433.600	1	2433.600	722.587	.000	.899
Brand	67.400	2	33.700	10.006	.000	.198
Type	23.400	2	11.700	3.474	.036	.079
Brand * Type	48.800	4	12.200	3.622	.009	.152
Error	272.800	81	3.368			
Total	2846.000	90				
Corrected Total	412.400	89				

a. R Squared = .339 (Adjusted R Squared = .273)

ใช้ Partial Eta-squared ในการรายงานผล

Univariate Tests

Dependent Variable: Taste

Type		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Regular	Contrast	21.800	2	10.900	3.236	.044	.074
	Error	272.800	81	3.368			
NoSugar	Contrast	.600	2	.300	.089	.915	.002
	Error	272.800	81	3.368			
Rice	Contrast	93.800	2	46.900	13.926	.000	.256
	Error	272.800	81	3.368			

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

อาจวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลอื่นได้ เช่น Partial Omega-squared ด้วยการคำนวณมือ

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Taste

Type	(I) Brand	(J) Brand	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
						Lower Bound	Upper Bound
Regular	A	B	-1.900 [*]	.821	.023	-3.533	-.267
		C	-1.700 [*]	.821	.042	-3.333	-.067
	B	A	1.900 [*]	.821	.023	.267	3.533
		C	.200	.821	.808	-1.433	1.833
	C	A	1.700 [*]	.821	.042	.067	3.333
		B	-.200	.821	.808	-1.833	1.433
NoSugar	A	B	-.300	.821	.716	-1.933	1.333
		C	-.300	.821	.716	-1.933	1.333
	B	A	.300	.821	.716	-1.333	1.933
		C	-8.882E-16	.821	1.000	-1.633	1.633
	C	A	.300	.821	.716	-1.333	1.933
		B	8.882E-16	.821	1.000	-1.633	1.633
Rice	A	B	-1.700 [*]	.821	.042	-3.333	-.067
		C	-4.300 [*]	.821	.002	-5.933	-2.667
	B	A	1.700 [*]	.821	.042	.067	3.333
		C	-2.600 [*]	.821	.002	-4.233	-.967
	C	A	4.300 [*]	.821	.002	2.667	5.933
		B	2.600 [*]	.821	.002	.967	4.233

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).

หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วม

$$\begin{aligned} \text{Pooled } SD &= \sqrt{MS_{\text{Error}}} \\ &= \sqrt{3.368} = 1.84 \end{aligned}$$

นำความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบมาคำนวณ Cohen's *d*

$$d_{A-B}(\text{Rice}) = \frac{-1.7}{1.84} = -0.92$$

$$d_{B-C}(\text{Rice}) = \frac{-2.6}{1.84} = -1.41$$

$$d_{A-C}(\text{Rice}) = \frac{-4.3}{1.84} = -2.34$$

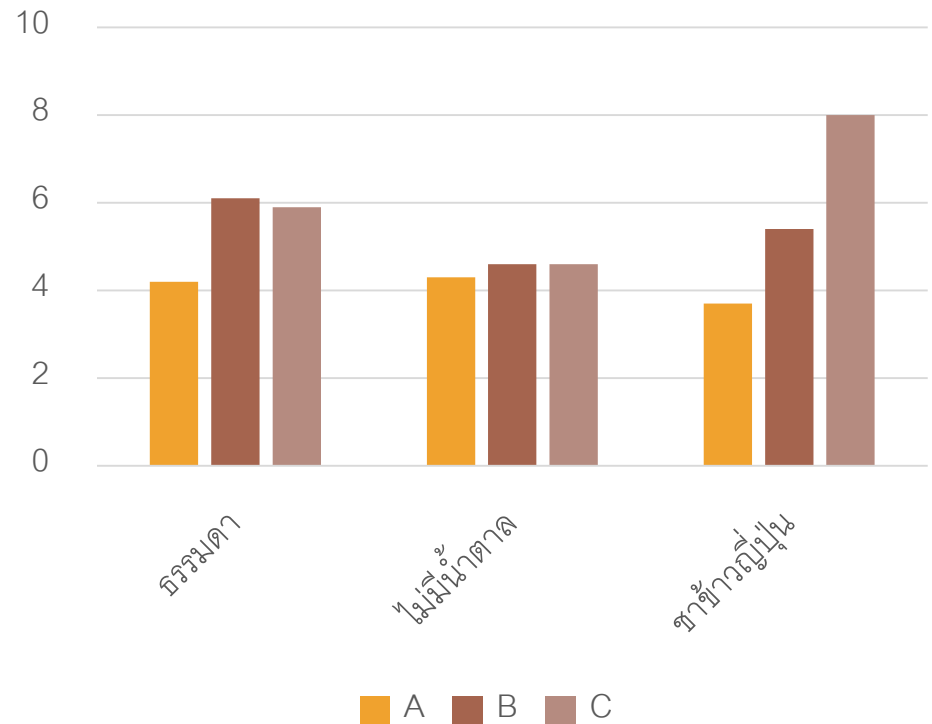
การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง: การเขียน รายงาน

- นักวิจัยการตลาดต้องการทดสอบว่าผู้บริโภคชอบรสชาติชาเขียวแตกต่างกันอย่างไร โดยแบ่งแยกตามยี่ห้อ (A, B, C) และประเภทชาเขียว (ธรรมดา, ไม่มีน้ำตาล, ชาข้าวญี่ปุ่น) จึงให้ผู้บริโภค 10 คน ดื่มชาเขียวทั้ง 9 ชนิดได้ผลสถิติพรรณนาดังตารางที่ 2 จากการทดสอบด้วย Two-way Repeated-measure ANOVA พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างยี่ห้อและประเภทของชาเขียวถึงระดับนัยสำคัญ, $F(4, 36) = 6.04, p = .001$, Partial $\eta^2 = .152$, ด้วยเหตุนี้จึงวิเคราะห์ความแตกต่างด้านรสชาติของแต่ละยี่ห้อ ในแต่ละประเภทของชาเขียว โดยควบคุมความผิดพลาดทั้งกลุ่มด้วยวิธีของ Bonferroni ($\alpha = .05/3 = .0167$) ภาพที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของความชอบรสชาติในชาเขียวแต่ละชนิด

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง: การเขียน รายงาน

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ของชาเขียวแต่ละชนิด

ยี่ห้อ	ชนิดชา	<i>M</i>	<i>SD</i>
A	ธรรมดา	4.2	1.75
	ไม่มีน้ำตาล	4.3	2.00
	ชาข้าวญี่ปุ่น	3.7	1.57
B	ธรรมดา	6.1	1.66
	ไม่มีน้ำตาล	4.6	1.58
	ชาข้าวญี่ปุ่น	5.4	1.51
C	ธรรมดา	5.9	1.91
	ไม่มีน้ำตาล	4.6	2.50
	ชาข้าวญี่ปุ่น	8.0	1.83



ภาพที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของชาเขียวแต่ละชนิด

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง: การเขียนรายงาน

- ผู้บริโภคชอบชาเขียวรสธรรมชาติแต่ละยี่ห้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, $F(2, 8) = 2.65, p = .13, \text{Partial } \eta^2 = .074$, ผู้บริโภคชอบชาเขียวแบบไม่มีน้ำตาลแต่ละยี่ห้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, $F(2, 8) = 0.07, p = .94, \text{Partial } \eta^2 = .002$, ผู้บริโภคชอบชาข้าวแต่ละยี่ห้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, $F(2, 8) = 48.13, p < .001, \text{Partial } \eta^2 = .256$, จากการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Bonferroni ($\alpha = .0167/3 = .0056$) พบว่าชาข้าวยี่ห้อ C มีรสชาติดีกว่ายี่ห้อ A และ B อย่างมีนัยสำคัญ (p s $< .0056, d = 2.34$ และ 1.41 ตามลำดับ) แต่ชาข้าวยี่ห้อ A มีรสชาติไม่แตกต่างยี่ห้อ B อย่างมีนัยสำคัญ ($p > .0056, d = -0.92$)^a

^a การคำนวณขนาดอิทธิพลทั้ง ω^2 และ d ใช้วิธีการหารด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมระหว่างกลุ่ม

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง: กำลัง

- ใช้โปรแกรม G*POWER 3 โดยคำสั่งเหมือนเดิม คือ
 - เลือกกลุ่มสถิติที่ต้องการทดสอบ คือ F-tests
 - เลือกสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ ANOVA: Repeated measures, within factors
 - เลือกว่าจะหากำลังในการทดสอบ คือ Post hoc: Compute achieved power – given α , sample size and effect size
- แต่ต้องมีการปรับการใส่ Number of measurements เล็กน้อย

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง: กำลัง

- เช่น อิทธิพลร่วมในตัวอย่างเรื่องชาเขียว

ใช้ Partial η^2 ที่คำนวณได้จาก SPSS

☒ Direct

Partial η^2

Calculate

Effect size f

Calculate and transfer to main window

Input Parameters		Output Parameters	
Determine =>	Effect size f	Noncentrality parameter λ	55.7874261
	α err prob	Critical F	2.6335321
	Total sample size	Numerator df	4.0000000
	Number of groups	Denominator df	36.0000000
	Number of measurements	Power (1- β err prob)	0.9999873
	Corr among rep measures		
	Nonsphericity correction ϵ		

กำลัง = 1.000

ใส่ df ที่ต้องการทดสอบ บวกด้วย 1 ในที่นี้คือ $4 + 1 = 5$

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง: ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

- ใช้โปรแกรม G*POWER 3 โดยคำสั่งเหมือนเดิม คือ
 - เลือกกลุ่มสถิติที่ต้องการทดสอบ คือ F-tests
 - เลือกสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ ANOVA: Repeated measures, within factors
 - เลือกที่จะหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ A Priori: Compute required sample size – given α , power and effect size
- แต่ต้องมีการปรับการใส่ Number of measurements เล็กน้อย

การทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง: ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

- เช่น หาขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบอิทธิพลร่วมใน 2 x 3 Repeated-measure ANOVA ให้ได้กำลังเท่ากับ .8 โดย Partial $\eta^2 = .20$

☒ Direct

Partial η^2

Calculate

Effect size f

Calculate and transfer to main window

เพื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้ความสัมพันธ์
ระหว่างการวัด = 0

ไม่มี Sphericity correction

Input Parameters		Output Parameters	
Determine =>	Effect size f	Noncentrality parameter λ	11.2500000
	α err prob	Critical F	3.3403856
	Power (1- β err prob)	Numerator df	2.0000000
	Number of groups	Denominator df	28.0000000
	Number of measurements	Total sample size	15
	Corr among rep measures	Actual power	0.8189467
	Nonsphericity correction ϵ		

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
เท่ากับ 15

df สำหรับอิทธิพลร่วมเท่ากับ $(2 - 1)(3 - 1) = 2$ ดังนั้นใส่ $2 + 1 = 3$

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ผสม

สถิติขั้นกลางสำหรับจิตวิทยา

สันหัต พรประเสริฐมานิต

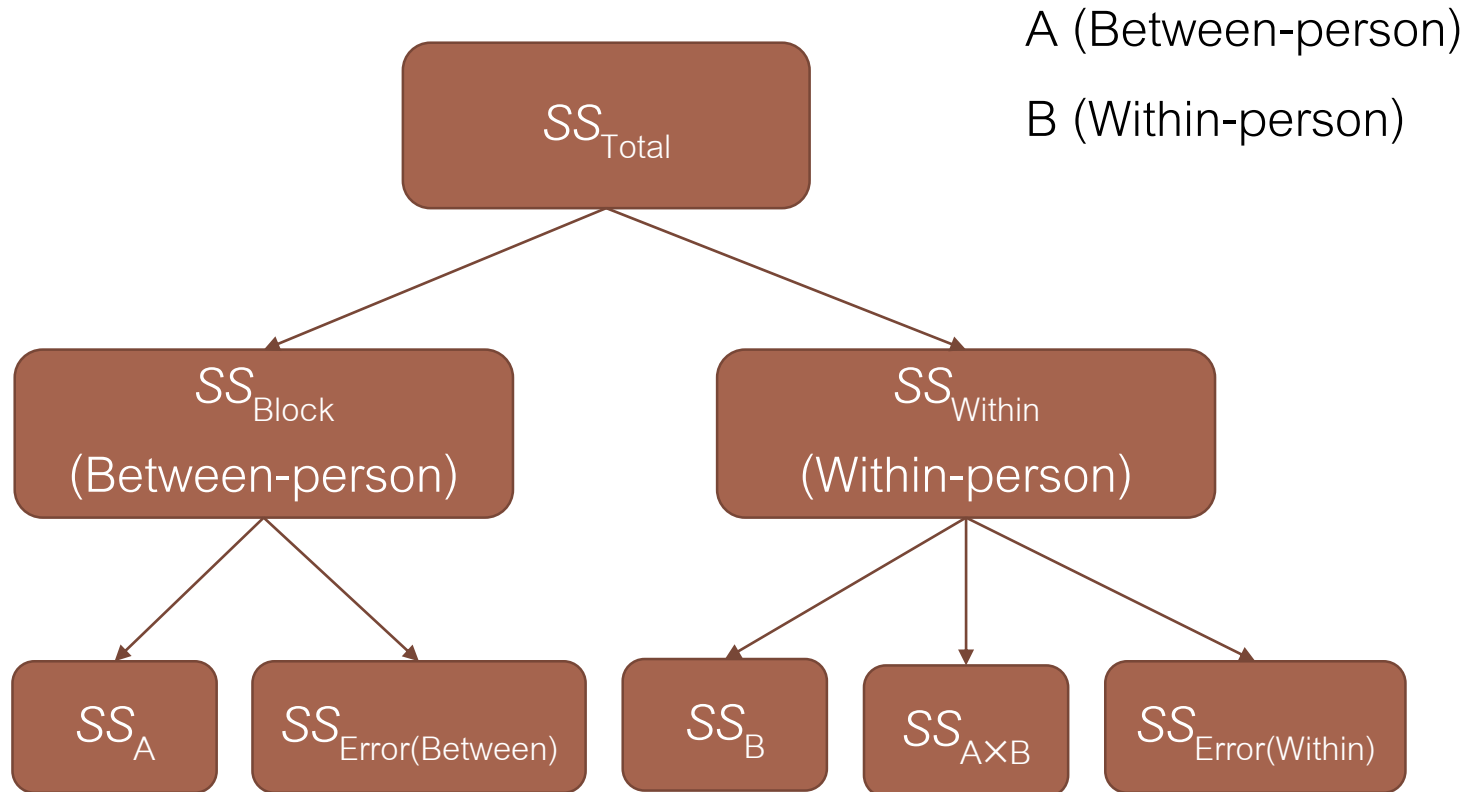
การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

- ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบเกี่ยวข้อกัน ปัจจัยหนึ่งอาจเป็นการวัดระหว่างบุคคล (คะแนนไม่เกี่ยวข้อกัน) และอีกปัจจัยหนึ่งอาจเป็นการวัดภายในบุคคล (คะแนนเกี่ยวข้อกัน)
- สถิตินี้เรียกว่า Two-way Mixed-design ANOVA หรือ One-between one-within ANOVA

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

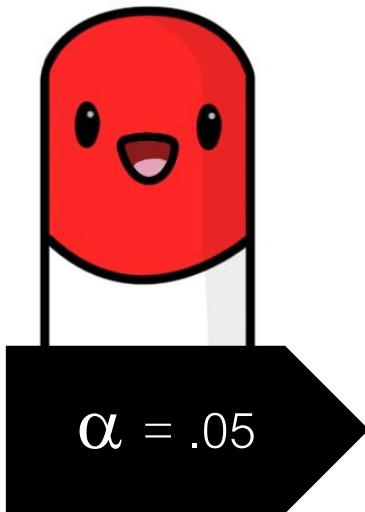
- เช่น ให้ผู้ร่วมการทดลองชายหญิง ประเมินว่าตนเองชอบการไปเที่ยวในเมืองใหญ่ การไปเที่ยวในสถานที่ทางประวัติศาสตร์ และการไปเที่ยวสถานที่ธรรมชาติมากน้อยเพียงใด
- ปัจจัยที่เปรียบเทียบ คือ เพศ (ระหว่างบุคคล) และสถานที่เที่ยว (ภายในบุคคล)
- วิธีการวิเคราะห์ คล้ายกับ Two-way Factorial ANOVA และ Two-way Repeated-measure ANOVA คือดูอิทธิพลร่วมก่อน แล้วค่อยตัดสินใจว่าจะทดสอบอิทธิพลหลักแยกย่อย หรืออิทธิพลหลัก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม



การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง คือ
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตามผล 3 วัน



เก็บข้อมูลผู้ร่วมการทดลองกลุ่มละ 20 คน

สมมติฐาน คือ การเปลี่ยนแปลงของความ
ดันในกลุ่มทดลองและควบคุมแตกต่างกัน

H_0 : รูปแบบของความดัน
ใน 3 ช่วงเวลา ใน 2 กลุ่ม
ไม่แตกต่างกัน

H_1 : รูปแบบของความดันใน
3 ช่วงเวลา ใน 2 กลุ่ม
แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตามผล 3 วัน



กลุ่มการทดลอง
1 = ยาจริง
2 = ยาหลอก

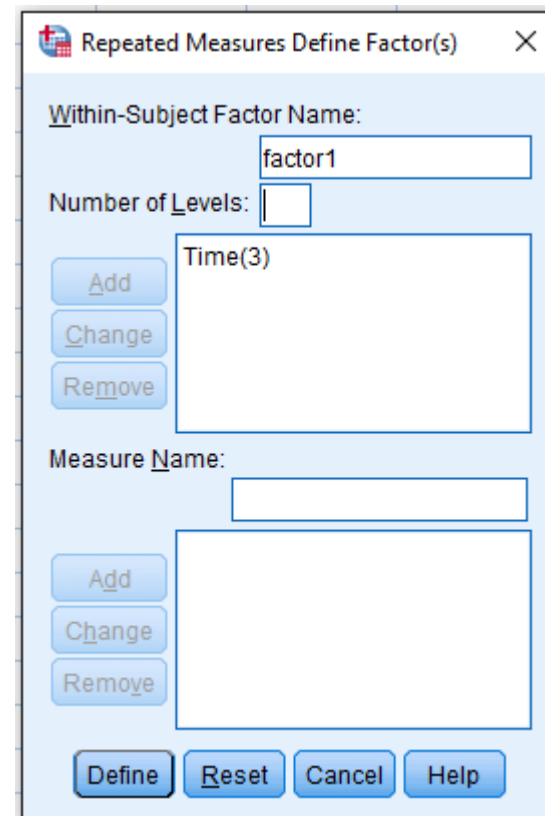
		ก่อนใช้	หลังใช้	ติดตามผล
	Group	Pre	Post	Followup
1	1	151	137	146
2	1	156	136	140
3	1	155	136	146
4	1	156	132	140
5	1	166	145	151
6	1	156	137	147
7	1	159	146	138
8	1	162	137	141
9	1	165	141	146
10	1	160	143	148
11	1	149	132	136
12	1	164	148	155
13	1	164	141	149
14	1	166	145	152
15	1	157	146	143
16	1	153	139	139
17	1	160	139	143
18	1	154	139	132
19	1	158	137	144
20	1	161	144	143
21	2	158	152	154

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง คือ
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตามผล 3 วัน



ใส่ปัจจัยที่วัดภายในบุคคล (เวลาวัดความดัน)



Repeated Measures Define Factor(s)

Within-Subject Factor Name: factor1

Number of Levels: 3

Time(3)

Add Change Remove

Measure Name:

Add Change Remove

Define Reset Cancel Help

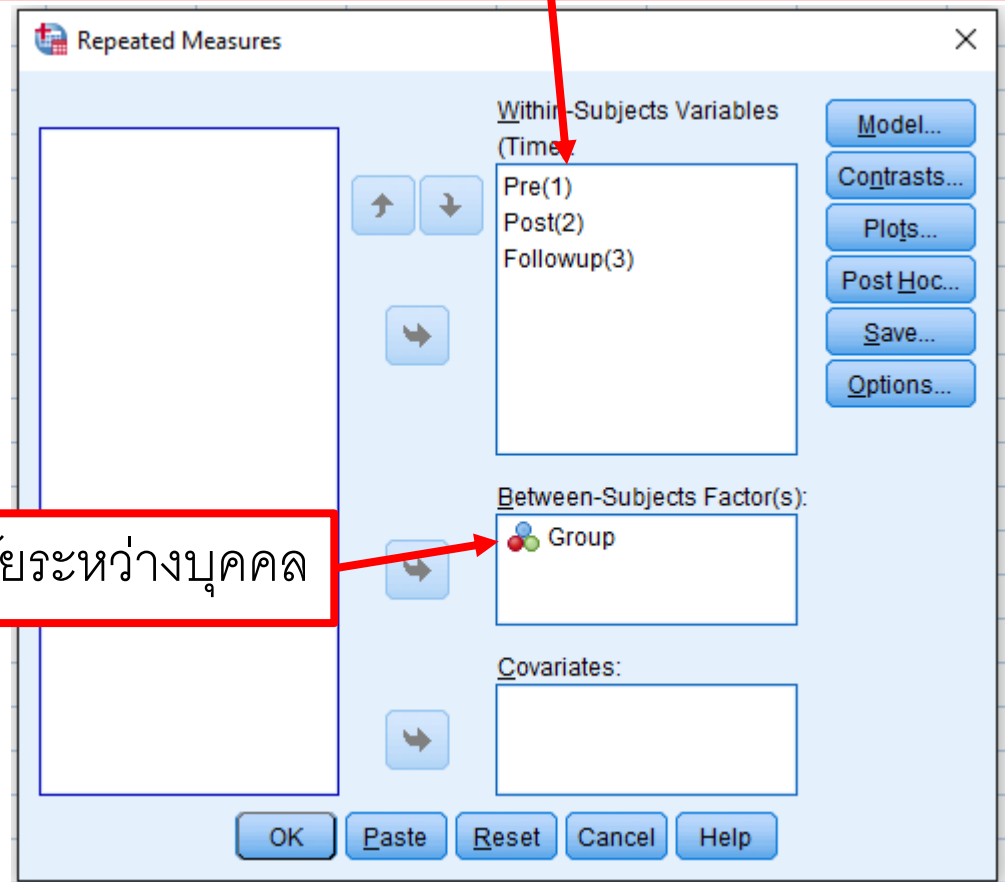
การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง คือ
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตามผล 3 วัน



ใส่ตัวแปรที่สะท้อนถึงระดับต่างๆ ของปัจจัยภายในบุคคล

ใส่ปัจจัยระหว่างบุคคล



การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

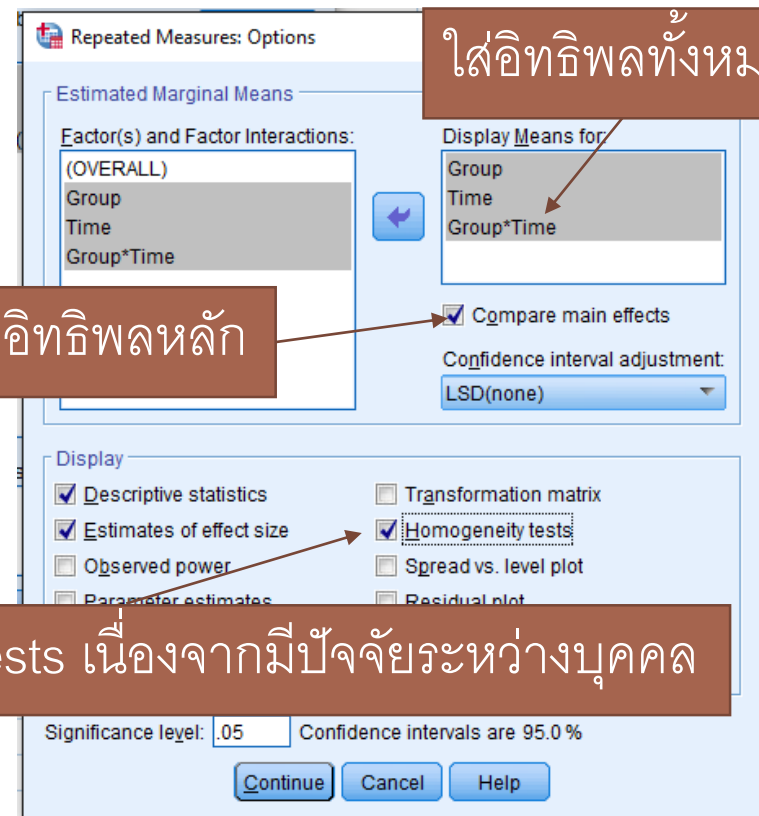
นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง คือ
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตาม

กด Options... เพื่อเลือกการรายงานผลเพิ่มเติม



การทดสอบภายหลังของอิทธิพลหลัก

เลือก Homogeneity tests เนื่องจากมีปัจจัยระหว่างบุคคล



ใส่อิทธิพลทั้งหมด

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง คือ
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตามผล 3 วัน



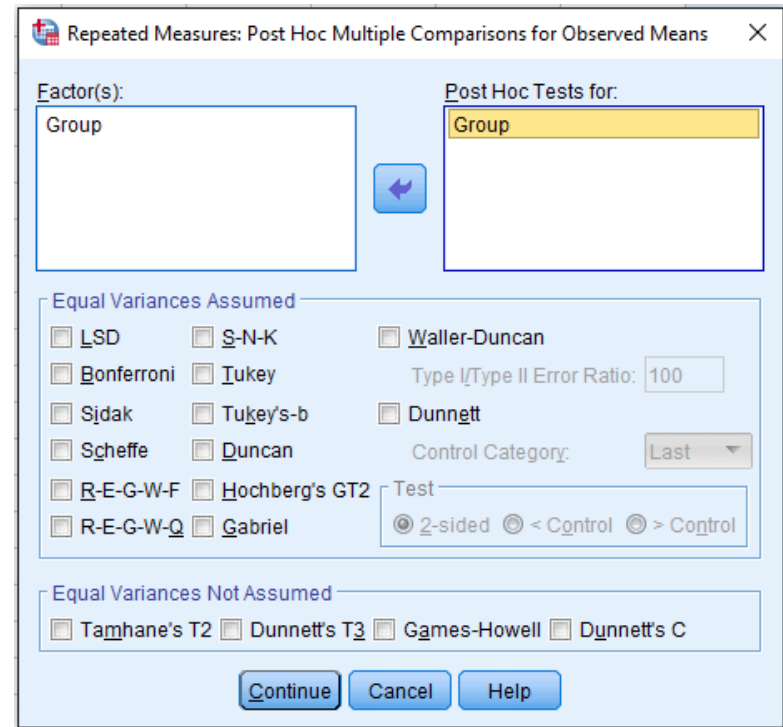
กด **Paste** แล้วใส่คำสั่งทดสอบอิทธิพลหลักแยกย่อย

```
DATASET ACTIVATE DataSet1.  
GLM Pre Post Followup BY Group  
  /WSFACTOR=Time 3 Polynomial  
  /METHOD=SSTYPE(3)  
  /PLOT=PROFILE(Time*Group)  
  /EMMEANS=TABLES(Group) COMPARE ADJ(LSD)  
  /EMMEANS=TABLES(Time) COMPARE ADJ(LSD)  
  /EMMEANS=TABLES(Group*Time) COMPARE(Group)  
  /PRINT=DESCRIPTIVE ETASQ HOMOGENEITY  
  /CRITERIA=ALPHA(.05)  
  /WSDESIGN=Time  
  /DESIGN=Group.
```

ทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง คือ
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตามผล 3 วัน



หากต้องการทดสอบภายหลังของอิทธิพลหลักของ
ปัจจัยระหว่างกลุ่มด้วยวิธีที่นอกเหนือจาก LSD,
Bonferroni, และ Sidak ให้กด Post Hoc

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง คือ
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตามผล 3 วัน



ค่าเฉลี่ยแต่ละเซลล์ (Cell means)

Descriptive Statistics

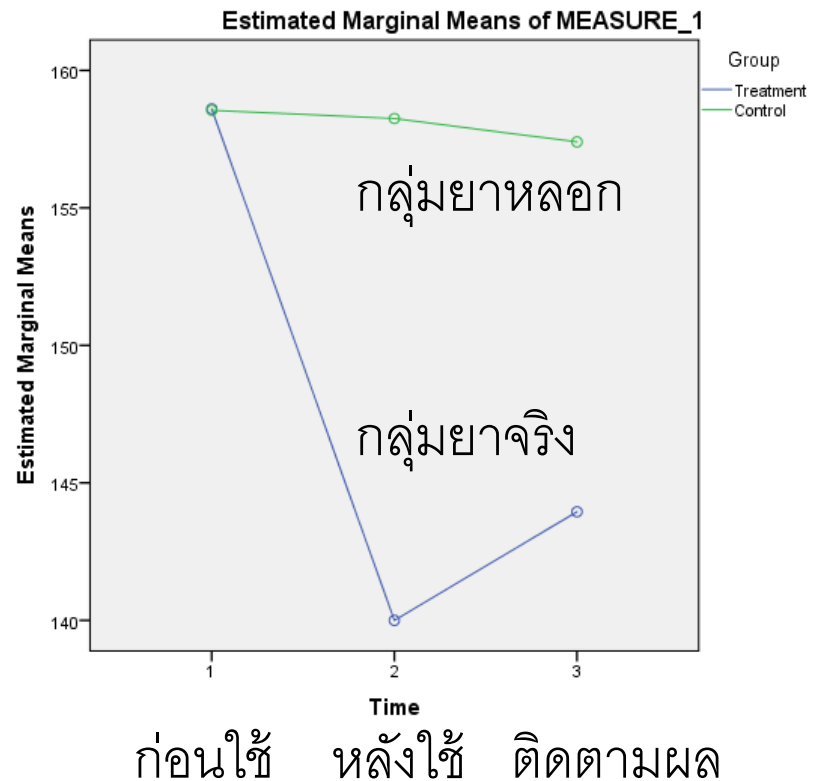
	Group	Mean	Std. Deviation	N
Pre	Treatment	158.60	4.967	20
	Control	158.55	5.568	20
	Total	158.58	5.208	40
Post	Treatment	140.00	4.657	20
	Control	158.25	5.004	20
	Total	149.13	10.400	40
Followup	Treatment	143.95	5.661	20
	Control	157.40	4.849	20
	Total	150.68	8.571	40

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง คือ
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตามผล 3 วัน



กด Plot เพื่อสร้างกราฟเส้นแสดงค่าเฉลี่ย



การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง คือ
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตามผล 3 วัน



ค่าที่ได้จากการทดสอบ Homogeneity tests

Box's Test of Equality of Covariance Matrices^a

Box's M	3.849
F	.586
df1	6
df2	10462.189
Sig.	.742

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

a. Design: Intercept +
Group
Within Subjects
Design: Time

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

	F	df1	df2	Sig.
Pre	.000	1	38	.996
Post	.001	1	38	.977
Followup	.192	1	38	.664

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

a. Design: Intercept + Group
Within Subjects Design: Time

จะกล่าวถึงในการเรื่องข้อตกลง
เบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง

ผู้ร่วมการทดลอง
ยาจริงและยาหลอก
ก่อนใช้ หลังใช้
และติดตาม

ผลการทดสอบ 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
Time	.987	.485	2	.785	.987	1.000	.500

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

a. Design: Intercept + Group
Within Subjects Design: Time

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.



การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ

ของยาลดความดัน โดยแบ่ง

ผู้ร่วมการทดลองเป็น

ยาจริงและยาหลอก วัด

ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน

และติดตามผล



Multivariate Tests^a

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Time	Pillai's Trace	.872	126.354 ^b	2.000	37.000	.000	.872
	Wilks' Lambda	.128	126.354 ^b	2.000	37.000	.000	.872
	Hotelling's Trace	6.830	126.354 ^b	2.000	37.000	.000	.872
	Roy's Largest Root	6.830	126.354 ^b	2.000	37.000	.000	.872
Time * Group	Pillai's Trace	.857	110.439 ^b	2.000	37.000	.000	.857
	Wilks' Lambda	.143	110.439 ^b	2.000	37.000	.000	.857
	Hotelling's Trace	5.970	110.439 ^b	2.000	37.000	.000	.857
	Roy's Largest Root	5.970	110.439 ^b	2.000	37.000	.000	.857

a. Design: Intercept + Group
Within Subjects Design: Time

b. Exact statistic

อิทธิพลร่วมถึงระดับนัยสำคัญ

สังเกตว่าไม่มีผลของปัจจัยระหว่างบุคคล
SPSS จะรายงานแยกไว้อีกตารางหนึ่ง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบ 19 | ๑๖ สิงหาคม ๒๕๖๓

ของยาลดความ

ผู้ร่วมการทดลอง

ยาจริงและยาหล

ก่อนใช้ หลังใช้

และติดตาม



Tests of Within-Subjects Effects

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Time	Sphericity Assumed	2054.867	2	1027.433	114.966	.000	.752
	Greenhouse-Geisser	2054.867	1.974	1040.806	114.966	.000	.752
	Huynh-Feldt	2054.867	2.000	1027.433	114.966	.000	.752
	Lower-bound	2054.867	1.000	2054.867	114.966	.000	.752
Time * Group	Sphericity Assumed	1800.600	2	900.300	100.740	.000	.726
	Greenhouse-Geisser	1800.600	1.974	912.018	100.740	.000	.726
	Huynh-Feldt	1800.600	2.000	900.300	100.740	.000	.726
	Lower-bound	1800.600	1.000	1800.600	100.740	.000	.726
Error(Time)	Sphericity Assumed	679.200	76	8.937			
	Greenhouse-Geisser	679.200	75.024	9.053			
	Huynh-Feldt	679.200	76.000	8.937			
	Lower-bound	679.200	38.000	17.874			

อิทธิพลร่วมถึงระดับนัยสำคัญ

เช่นเดิม สังเกตว่าไม่มีผลของปัจจัยระหว่างบุคคล
SPSS จะรายงานแยกไว้อีกตารางหนึ่ง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง คือ
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 3 วัน
และติดตามผล 3 วัน



ผลการทดสอบปัจจัยระหว่างบุคคล

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	2801435.208	1	2801435.208	45845.067	.000	.999
Group	3339.075	1	3339.075	54.643	.000	.590
Error	2322.050	38	61.107			

เนื่องจากอิทธิพลร่วมถึงระดับนัยสำคัญ
จึงไม่ต้องแปลผลค่าอิทธิพลหลักนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง
ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ
ยาจริงและยาหลอก วัด 3 ครั้ง
ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน 2
และติดตามผล 3 วัน



การทดสอบอิทธิพลหลักแยกย่อย

$$\alpha = .05/3 = .0167$$

Univariate Tests

Measure: MEASURE_1

Time		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
ก่อนใช้	Contrast	.025	1	.025	.001	.976	.000
	Error	1057.750	38	27.836			
หลังใช้	Contrast	3330.625	1	3330.625	142.567	.000	.790
	Error	887.750	38	23.362			
ติดตามผล	Contrast	1809.025	1	1809.025	65.113	.000	.631
	Error	1055.750	38	27.783			

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

อิทธิพลของกลุ่ม ในแต่ละระดับของเวลา

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม

นักวิจัยทดสอบประสิทธิภาพ
ของยาลดความดัน โดยแบ่ง

การทดสอบรายคู่ภายในอิทธิพลหลักแยกย่อย

ผู้ร่วมการทดลองเป็น 2

ยาจริงและยาหลอก วัด :

ก่อนใช้ หลังใช้ติดต่อกัน

และติดตามผล 3



Measure: MEASURE_1

Pairwise Comparisons

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

Time	(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
						Lower Bound	Upper Bound
ก่อนใช้	Treatment	Control	.050	1.668	.976	-3.327	3.427
	Control	Treatment	-.050	1.668	.976	-3.427	3.327
หลังใช้	Treatment	Control	-18.250*	1.528	.000	-21.344	-15.156
	Control	Treatment	18.250*	1.528	.000	15.156	21.344
ติดตามผล	Treatment	Control	-13.450*	1.667	.000	-16.824	-10.076
	Control	Treatment	13.450*	1.667	.000	10.076	16.824

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).

เนื่องจากกลุ่มมีเพียงสองกลุ่ม
จึงไม่จำเป็นต้องดูการทดสอบรายคู่

ทดสอบปฏิเสธสมมติฐาน

อิทธิพลร่วมระหว่าง
กลุ่มทดลองและเวลา

$$p < .001 < \alpha$$

รูปแบบความดันในช่วงเวลา
ต่างๆ ของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน

$$\alpha = .05$$

ทดสอบอิทธิพลหลักแยกย่อย

ก่อนใช้ยา

$$p = .976 > \alpha$$

ความดันก่อนใช้ยาระหว่างกลุ่มยาจริงและ
กลุ่มยาหลอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

หลังใช้ยา

$$p < .001 < \alpha$$

กลุ่มยาจริงมีความดันหลังใช้นำน้อยกว่ากลุ่ม
ยาหลอกอย่างมีนัยสำคัญ

ติดตามผล

$$p < .001 < \alpha$$

กลุ่มยาจริงมีความดันในระยะติดตามผลน้อย
กว่ากลุ่มยาหลอกอย่างมีนัยสำคัญ

$$\alpha = .05/3 = .0167$$

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: ข้อตกลงเบื้องต้น ก่อนการใช้สถิติ

- การกระจายของข้อมูลของแต่ละตัวแปร ภายในแต่ละกลุ่มเป็นโค้งปกติ
 - สถิตินี้คงทนต่อการละเมิดในข้อนี้
- เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) เป็นแบบทรงกลม (Sphericity)
 - แก้ไขโดยใช้วิธีของ Greenhouse-Geisser หรือ Huynh-Feldt ดังข้อแนะนำที่กล่าวไปใน One-way Repeated-measure ANOVA

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: ข้อตกลงเบื้องต้น ก่อนการใช้สถิติ

- ตัวแปรทั้งหมดในแต่ละกลุ่มมีความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเท่ากันระหว่างกลุ่ม (Homogeneity of variance and covariance)
 - ทดสอบด้วย Box's M test ซึ่งเป็นการตรวจสอบว่าเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของแต่ละกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่
 - อาจจะทดสอบความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนแต่ละตัวแปรด้วย Levene test
 - การทดสอบนี้ได้รับผลกระทบจากขนาดกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเหมือนกับจุดอ่อนของ Levene test ที่อธิบายไป
 - ผมยังไม่ทราบว่า การละเมิดข้อตกลงนี้ มีผลมากหรือไม่ แล้วมีผลแล้ว จะแก้ไขอย่างไร

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: ขนาดอิทธิพล

- ให้แปลงปัจจัยภายในบุคคลให้เป็นปัจจัยระหว่างบุคคล จากนั้นให้ทำ Two-way Factorial ANOVA แล้ววิเคราะห์ Eta-squared หรือ Omega-squared

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: BP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	7194.542 ^a	5	1438.908	54.656	.000	.706
Intercept	2801435.208	1	2801435.208	106410.200	.000	.999
Group	3339.075	1	3339.075	126.832	.000	.527
Time	2054.867	2	1027.433	39.026	.000	.406
Group * Time	1800.600	2	900.300	34.197	.000	.375
Error	3001.250	114	26.327			
Total	2811631.000	120				
Corrected Total	10195.792	119				

a. R Squared = .706 (Adjusted R Squared = .693)

ใช้ Partial Eta-squared ในการรายงานผล

Univariate Tests

Dependent Variable: BP

Time		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Pre	Contrast	.025	1	.025	.001	.975	.000
	Error	3001.250	114	26.327			
Post	Contrast	3330.625	1	3330.625	126.511	.000	.526
	Error	3001.250	114	26.327			
Followup	Contrast	1809.025	1	1809.025	68.714	.000	.376
	Error	3001.250	114	26.327			

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

อาจวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลอื่นได้ เช่น Partial Omega-squared ด้วยการคำนวณมือ

Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE_1

Time	(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
						Lower Bound	Upper Bound
1	Treatment	Control	.050	1.668	.976	-3.327	3.427
	Control	Treatment	-.050	1.668	.976	-3.427	3.327
2	Treatment	Control	-18.250 [*]	1.528	.000	-21.344	-15.156
	Control	Treatment	18.250 [*]	1.528	.000	15.156	21.344
3	Treatment	Control	-13.450 [*]	1.667	.000	-16.824	-10.076
	Control	Treatment	13.450 [*]	1.667	.000	10.076	16.824

Based on estimated marginal means

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

b. Adjusted for ties.

หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วม

$$\text{Pooled } SD = \sqrt{MS_{\text{Error}}} \\ = \sqrt{26.327} = 5.13$$

นำความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบมาคำนวณ Cohen's d

$$d(\text{Pre}) = \frac{0.05}{5.13} = 0.01$$

$$d(\text{Post}) = \frac{-18.25}{5.13} = -3.56$$

$$d(\text{Follow-up}) = \frac{-13.45}{5.13} = -2.62$$

ค่า Cohen's d ไม่จำเป็นต้องคำนวณ
ในตัวอย่างนี้ เพราะความดันเป็นหน่วย
มาตรฐานที่ผู้อ่านเข้าใจคะแนนดิบอยู่แล้ว

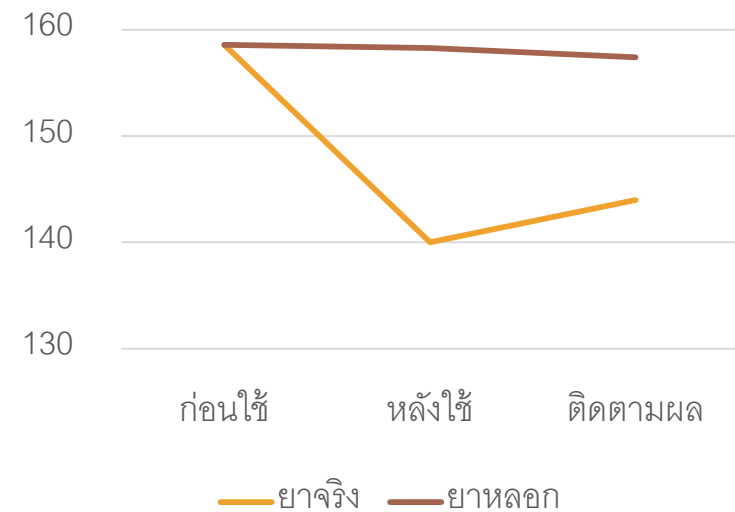
การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: การเขียนรายงาน

- ผู้วิจัยต้องการทดสอบผลของยาลดความดัน โดยนำผู้ร่วมการทดลอง 40 คน สุ่มเข้าแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 20 คน จากนั้นวัดความดัน 3 ครั้ง คือ ก่อนใช้ยา หลังใช้ยาติดต่อกัน 3 วัน และติดตามผล 3 วัน ผลสถิติพรรณนาแสดงไว้ดังตารางที่ 3 จากการทดสอบด้วย One-between one-within ANOVA พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างกลุ่มและเวลาถึงระดับนัยสำคัญ, $F(2, 76) = 100.74, p < .001$, Partial $\eta^2 = .375$, ด้วยเหตุนี้จึงวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มในแต่ละช่วงเวลา โดยควบคุมความผิดพลาดทั้งกลุ่มด้วยวิธีของ Bonferroni ($\alpha = .05/3 = .0167$) ภาพที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของความดันของแต่ละกลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: การเขียนรายงาน

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความดันของแต่ละกลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา

กลุ่ม	เวลา	<i>M</i>	<i>SD</i>
ยาจริง	ก่อนใช้	158.6	4.97
	หลังใช้	140.0	4.66
	ติดตามผล	144.0	5.66
ยาหลอก	ก่อนใช้	158.6	5.57
	หลังใช้	158.3	5.00
	ติดตามผล	157.4	4.85



ภาพที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของ ความดันของแต่ละกลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: การเขียนรายงาน

- ก่อนใช้ยา กลุ่มยาจริงและกลุ่มยาหลอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ , $F(1, 38) = 0.001$, $p = .98$, $d = 0.01$, หลังใช้ยา กลุ่มยาจริงมีความดันน้อยกว่ากลุ่มยาหลอกอย่างมีนัยสำคัญ, $F(1, 38) = 142.57$, $p < .001$, $d = -3.56$, ในระยะติดตามผล กลุ่มยาจริงมีความดันน้อยกว่ากลุ่มยาหลอกอย่างมีนัยสำคัญ, $F(1, 38) = 65.11$, $p < .001$, $d = -2.62^a$

^a การคำนวณขนาดอิทธิพลทั้ง ω^2 และ d ใช้วิธีการหารด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วมระหว่างกลุ่ม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: กำลัง

- ใช้โปรแกรม G*POWER 3 โดย
 - เลือกกลุ่มสถิติที่ต้องการทดสอบ คือ F-tests
 - เลือกสถิติที่ใช้ทดสอบ ตามลักษณะของปัจจัย
 - ทดสอบปัจจัยระหว่างบุคคล ใช้ ANOVA: Repeated measures, between factors
 - ทดสอบปัจจัยภายในบุคคล ใช้ ANOVA: Repeated measures, within factors
 - ทดสอบอิทธิพลร่วมของปัจจัยระหว่างบุคคลและภายในบุคคล ใช้ ANOVA: Repeated measures, within-between interactions
 - เลือกว่าจะหา กำลังในการทดสอบ คือ Post hoc: Compute achieved power – given α , sample size and effect size

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: กำลัง

วิธีการคล้ายกับ Repeated-measured ANOVA เพียงแค่ใส่ข้อมูลที่เหมาะสม

Between Factors

Within Factors

Within-between Interaction

Input Parameters	
Determine =>	
Effect size f	0.25
α err prob	0.05
Total sample size	100
Number of groups	2
Number of measurements	4
Corr among rep measures	0.5

Input Parameters	
Determine =>	
Effect size f	0.25
α err prob	0.05
Total sample size	100
Number of groups	2
Number of measurements	4
Corr among rep measures	0.5
Nonsphericity correction ϵ	1

Input Parameters	
Determine =>	
Effect size f	0.25
α err prob	0.05
Total sample size	100
Number of groups	2
Number of measurements	4
Corr among rep measures	0.5
Nonsphericity correction ϵ	1

จำนวนกลุ่มในปัจจัยระหว่างบุคคล

จำนวนตัวแปรในปัจจัยภายในบุคคล

ตรวจสอบ Numerator df และ Denominator df เสมอ ว่าตรงกับใน SPSS หรือไม่

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: กำลัง

- เช่น หากำลังของปฏิสัมพันธ์ในตัวอย่างเรื่องยาลดความดัน

☒ Direct

Partial η^2

Effect size f

Input Parameters		Output Parameters	
Determine =>	Effect size f	Noncentrality parameter λ	1059.854
	α err prob	Critical F	3.1169818
	Total sample size	Numerator df	2.0000000
	Number of groups	Denominator df	76.0000000
	Number of measurements	Power ($1 - \beta$ err prob)	1.0000000
	Corr among rep measures		
	Nonsphericity correction ϵ		

มีกลุ่ม 2 กลุ่ม

วัด 3 ช่วงเวลา

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเวลาเท่ากับ .7

กำลัง = 1.00

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

- ใช้โปรแกรม G*POWER 3 โดย
 - เลือกกลุ่มสถิติที่ต้องการทดสอบ คือ F-tests
 - เลือกสถิติที่ใช้ทดสอบ ตามลักษณะของปัจจัย
 - ทดสอบปัจจัยระหว่างบุคคล ใช้ ANOVA: Repeated measures, between factors
 - ทดสอบปัจจัยภายในบุคคล ใช้ ANOVA: Repeated measures, within factors
 - ทดสอบอิทธิพลร่วมของปัจจัยระหว่างบุคคลและภายในบุคคล ใช้ ANOVA: Repeated measures, within-between interactions
 - เลือกว่าจะหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ A Priori: Compute required sample size – given α , power and effect size

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

- ตัวอย่างเช่น ทดสอบปฏิสัมพันธ์ โดยต้องการ $\text{Partial Eta-squared} = .25$ ใน One-between (3 กลุ่ม) One-within (4 ตัวแปร) ANOVA ใช้ $\text{Correlation among repeated measures} = 0$ และ $\text{Nonsphericity correction} = 1/(4-1) = 0.334$ ซึ่งเป็นการกำหนดค่าที่เผื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างมากที่สุด จงหาขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้กำลัง = .8

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม: การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ค่า Partial eta-squared = .25

☒ Direct

Partial η^2

Calculate Effect size f

Calculate and transfer to main window

ใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างรวม 27 คน
หรือ 9 คนต่อกลุ่ม

3 กลุ่ม

4 ตัวแปร

Input Parameters		Output Parameters	
Determine =>	Effect size f	Noncentrality parameter λ	12.0024013
	α err prob	Critical F	3.4025234
	Power (1- β err prob)	Numerator df	2.0004000
	Number of groups	Denominator df	24.0048000
	Number of measurements	Total sample size	27
	Corr among rep measures	Actual power	0.8371651
	Nonsphericity correction ϵ		

การวิเคราะห์ความแปรปรวนมากกว่าสองทาง

- คำถามวิจัย อาจต้องทำให้ผู้วิจัยทดสอบปฏิสัมพันธ์สามทาง และบางปัจจัยเป็นการวัดภายในบุคคล
- เมื่อไรก็ตามมีปัจจัยภายในบุคคล ใช้ Analyze → General Linear Model → Repeated Measures เช่นเดิม
- กระบวนการตัดสินใจคล้ายกับที่กล่าวถึงในบท Three-way Factorial ANOVA

การวิเคราะห์ความแปรปรวนมากกว่าสองทาง

- สำหรับ Simple interaction จะต้องใช้วิธีการแบ่งกลุ่ม แล้วหา Two-way Interaction เช่น หา $A*B$ ในกลุ่มที่ 1 ของ C และ $A*B$ ในกลุ่มที่ 2 ของ C
- สำหรับการปรับ MS_{Error} สำหรับ Simple Interaction และ Simple main effect นั้น ผมแนะนำว่าไม่ต้องปรับ เพราะ
 - Error มีหลายตัวในการวิเคราะห์ Repeated-measured หรือ Mixed ANOVA การใส่ Error อาจผิดพลาด
 - การทำ Simple main effect ใน Two-way Repeated-measured ANOVA ใน SPSS ก็ไม่มีการปรับ MS_{Error}
 - ผลกระทบที่ไม่ปรับ คือ กำลังในการทดสอบลดลงเล็กน้อย ผมจึงคิดว่า กำลังลดลงดีกว่าใส่ข้อมูลผิด แล้วไม่รู้ว่าจะมีผลกระทบเป็นอย่างไร

ส่งท้าย

- Repeated-measures ANOVA หรือ Mixed-design ANOVA ไม่ใช่เพียงแค่วิธีเดียวในการวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบนี้
- Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) หรือ Multilevel Models (MLM) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบนี้ได้เช่นเดียวกัน โดยที่มีข้อตกลงเบื้องต้นน้อยกว่า

คาบต่อไป

- การบ้านที่ 6 (ส่งในสัปดาห์ที่ 29 กุมภาพันธ์ – 4 มีนาคม)