

# การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

สันทัด พรประเสริฐมานิต

คณะจิตวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# หัวข้อสำคัญ

- การอนุมานเชิงสาเหตุ (Casual Inference)
- กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน และกลุ่มที่เกี่ยวข้องกัน  
(Independent and correlated groups)
- สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

# การอนุมานเชิงสาเหตุ

- การทดลองที่ดี ต้องมีความตรง 4 ลักษณะ (Shadish et al., 2002) คือ
  - ความตรงในการสรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical Conclusion Validity)
  - ความตรงภายใน (Internal Validity)
  - ความตรงตามภาวะสันนิษฐาน (Construct Validity)
  - ความตรงภายนอก (External Validity)

# ความตรงในการสรุปผลวิเคราะห์สถิติ

- สถิติบอกได้เพียงว่าตัวแปรสัมพันธ์กัน
- ความสัมพันธ์ทางสถิติ ไม่ได้หมายถึงความสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่านั้น
- ความแตกต่างถือว่าเป็นความสัมพันธ์อย่างหนึ่งด้วย เพราะ
- ความสัมพันธ์หมายถึง เมื่อค่าของตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนแปลง ค่าของอีกตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนแปลงตาม

# ความตรงภายใน

- ความตรงในการสรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เป็นเพียงการบอกว่าตัวแปรสัมพันธ์กัน
- การสรุปว่าตัวแปรหนึ่งเป็นสาเหตุของอีกตัวแปรหนึ่ง ต้องดูที่ความตรงภายใน (การอธิบายผลจากสถิติถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ)

# ความตรงภายใน

- หากผู้วิจัยต้องการอนุมานสาเหตุ เช่น ฝนตกเป็นสาเหตุของรถติด A เป็นสาเหตุของ B จะต้องมียอดค์ประกอบ 4 ข้อเกิดขึ้น
  - A สัมพันธ์กับ B
  - A เกิดก่อน B
  - มีกระบวนการอธิบายสาเหตุจาก A ไป B
  - ไม่มีปัจจัยอื่นมาอธิบายสาเหตุจาก A ไป B

# ความตรงภายใน

- งานวิจัยที่สามารถสรุปถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้มีเพียงงานวิจัยประเภทเดียว คือ งานวิจัยเชิงทดลอง
- งานวิจัยเชิงทดลองจะต้องมี
  - การจัดการกระทำตัวแปรอิสระ
  - การวัดตัวแปรตาม ที่คาดว่าจะเป็นผลจากตัวแปรอิสระ
  - การควบคุมอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ

# ความตรงภายใน

- ผู้วิจัยควรทำให้ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามให้มีความแปรปรวนมากที่สุด
- ไม่ควรให้ตัวแปรอิสระสัมพันธ์กับตัวแปรแทรกซ้อน มิฉะนั้นการอธิบายผลของตัวแปรตามอาจอธิบายได้ว่าเกิดจากตัวแปรแทรกซ้อน
- ควบคุมความแปรปรวนคลาดเคลื่อน (Error Variance) เช่น จากการวัด จากเวลา จากสถานที่



# ความตรงภายใน

- การควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน สามารถทำได้ 4 วิธี
  - การควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนให้คงที่ เช่น การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ร่วมการทดลองกับผู้วิจัย
  - การสุ่ม (Completely Randomized Design)
  - การจับคู่ หรือการวัดภายในตัวบุคคล (Within-group Design or Randomized Block Design)
  - การควบคุมทางสถิติ (Statistical Control)

# ความตรงภายใน

- การอนุมานเพื่ออธิบายเชิงสาเหตุในธรรมชาติ
  - จะต้องสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะการให้ตัวแปรอิสระ สุ่มวิธีการวัดการประเมิน และสุ่มสถานการณ์ เวลา
  - เหตุการณ์ที่เป็นจริงในวันนี้ อาจไม่เป็นจริงในวันข้างหน้า (อย่างไรก็ตาม นักจิตวิทยาเชื่อว่าปรากฏการณ์ด้านพฤติกรรมสามารถอธิบายได้)

# ความตรงตามภาวะสันนิษฐาน

- ถ้าอ้างอิงไปหาภาวะสันนิษฐาน จะทำให้การอธิบายปรากฏการณ์ทางจิตวิทยามีความกว้างขวางมากขึ้น
- ลักษณะของการวัดทางจิตวิทยาแบ่งออกเป็น 2 แบบ
  - ตัวแปรวัดลักษณะบุคคล (Attribute Variable)
  - ตัวแปรจัดกระทำ (Active Variable)

# ความตรงตามภาวะสันนิษฐาน

- ตัวแปรวัดลักษณะบุคคล
  - ความเที่ยง
  - ความตรง
  - การจัดการทดสอบให้เป็นมาตรฐาน (ส่งผลต่อความตรง)

# ความตรงตามภาวะสันนิษฐาน

- ตัวแปรจัดกระทำ
  - การจัดกระทำดังกล่าวเป็นการจัดกระทำภาวะสันนิษฐานจริงหรือไม่
  - ถ้าจัดกระทำเพียงลักษณะเดียว การจัดกระทำนั้นอาจทำให้ภาวะสันนิษฐานอื่นเปลี่ยนแปลงด้วย
  - ตัวแปรแทรกซ้อนอื่น เช่น Expectancy Effect, Treatment Diffusion, Resentful Demoralization, One Exemplar Design

# ความตรงภายนอก

- ผลงานวิจัยที่เกิดขึ้น อาจไม่สามารถไปใช้อธิบายเมื่อต่างสถานการณ์ ต่างเวลา หรือต่างบุคคลได้
- ตัวแปรสถานการณ์ เวลา บุคคล อาจเป็นตัวแปรกำกับ (Moderator) ผลงานวิจัย
- แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าทำให้สถานการณ์ เวลา บุคคล ต่างกันมากๆ อาจส่งผลกระทบต่อความตรงภายใน
- แนวทางวิจัยในปัจจุบันคือ การวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis)

# การอนุมานเชิงสาเหตุ

- ด้วยเหตุนี้ สถิติเป็นเพียงแค่เครื่องมือในการบอกกว่าตัวแปรสัมพันธ์กัน
- สถิติที่แตกต่าง เป็นเพียงการค้นหาความสัมพันธ์ในลักษณะตัวแปรมีลักษณะที่แตกต่าง หรือมีจำนวนตัวแปรแตกต่างกันไป เท่านั้น
- สถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย สามารถใช้ในการวิจัยแบบสำรวจได้ ไม่ใช่ใช้เฉพาะงานวิจัยแบบทดลอง

# กลุ่มเป็นอิสระและเกี่ยวข้องกัน

- กลุ่มจะเกี่ยวข้องกันได้ จะมีลักษณะดังนี้
  - การวัดซ้ำในบุคคลเดียวกัน
  - การจับคู่ (Randomized Block Design)
    - ตัวแปรที่ใช้ในการจับคู่ ควรเป็นตัวแปรที่สัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงๆ
  - กลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกัน เช่น ผาแฝด พ่อลูก



# กลุ่มเป็นอิสระและเกี่ยวข้งกัน

- ในกรณีการวัดซ้ำ ผู้วิจัยสามารถวัดความเปลี่ยนแปลงได้  
อย่างไรบ้าง
  - การหักลบ
  - การใช้หลักการถดถอย
  - อีกสองวิธีหาจากหนังสืออาจารย์นงลักษณ์

# สถิติสำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

- การเลือกใช้สถิติสามารถดูได้จากปัจจัยเหล่านี้
  - จำนวนปัจจัย หรือจำนวนตัวแปรอิสระ
  - จำนวนกลุ่มในแต่ละตัวแปรอิสระ
  - จำนวนตัวแปรตาม
  - ระดับการวัดในตัวแปรตาม
  - กลุ่มแต่ละกลุ่มเป็นอิสระหรือเกี่ยวข้องกัน

# สถิติสำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

- สถิติที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

- Independent t-test

- Dependent t-test

- One-way ANOVA

- Repeated-measure ANOVA

- Factorial ANOVA

- Factorial Repeated-measure ANOVA

- Mixed Design ANOVA

- ANCOVA

- MANOVA

# Independent t-test

- เป็นสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มสองกลุ่ม
- กลุ่มสองกลุ่มนั้น ต้องเป็นอิสระจากกัน
- ในการอธิบายเชิงสาเหตุ ตัวแปรอิสระ (ตัวแปรกลุ่ม) จะต้องเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยจัดกระทำ (Active Variable) ไม่ใช่ลักษณะตามธรรมชาติของผู้ร่วมการทดลอง (Attribute Variable)

# Independent t-test

- สถิติที มีลักษณะโดยทั่วไปดังนี้

$$t = \frac{\text{Statistics} - \text{Parameter}}{SE_{\text{Statistics}}}$$

- สถิติตัวนี้จะบอกว่าคุณค่าสถิติที่ได้ แตกต่างไปจากค่าพารามิเตอร์ไปเป็นกี่เท่าของความคาดเคลื่อน

# Independent t-test

- ถ้าค่าสถิติห่างไปจากค่าพารามิเตอร์มาก ก็มีแนวโน้มสูงที่ค่าสถิติตัวนั้นไม่ได้สุ่มจากค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว
- ใน Independent t-test ค่าสถิติ คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการทดสอบ คือ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในประชากร (โดยปกติตั้งว่าไม่แตกต่างกัน)

# Independent t-test

- ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

# Independent t-test

- เมื่อแทนค่าต่างๆ แล้ว จะได้สูตร Independent t-test เป็นดังนี้

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{SE_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}}$$

= 0

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{SE_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}}$$



# Independent t-test

- ค่า  $t$  ที่ได้คือ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์ที่เราสมมติว่าค่าเฉลี่ยในประชากรเท่ากันไปก็เท่าของความคาดเคลื่อน
- ในคอมพิวเตอร์จะบอกค่า  $p$  เพื่อบอกว่าค่าสัดส่วนที่นี้ มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นเท่ากับเท่าไร ถ้ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองสุ่มจากประชากรเดียวกัน (Null Hypothesis is true)

# Independent t-test

- ถ้าน้อยกว่าค่าอัลฟาที่เราตั้งไว้ (ส่วนใหญ่เท่ากับ .05) จะทำให้เราปฏิเสธสมมติฐาน
- บอกว่า “ค่าสถิติที่ได้นี้ ไม่น่าจะสุ่มมาจากประชากรที่มีค่าพารามิเตอร์เป็นแบบนี้” ซึ่งค่าพารามิเตอร์บอกว่าค่าเฉลี่ยเท่ากัน เราจึงบอกว่ากลุ่มตัวอย่างน่าจะสุ่มมาจากค่าพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน

# Independent t-test

- ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติที่สำคัญคือ การกระจายของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มจะต้องเท่ากัน
- การตรวจสอบ จะใช้ Hartley  $F_{\max}$  test หรือ Levene Test (SPSS มีให้)

# Dependent t-test

- เป็นสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มสองกลุ่ม
- กลุ่มสองกลุ่มนั้น ต้องสัมพันธ์กัน
- ในการอธิบายเชิงสาเหตุ ตัวแปรอิสระ (ตัวแปรที่วัดซ้ำ) จะต้องเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยจัดกระทำ (Active Variable) ไม่ใช่ลักษณะตามธรรมชาติของผู้ร่วมการทดลอง (Attribute Variable)
- อาจได้รับผล Carry-over effect ต้อง Counterbalance

# Dependent t-test

- สถิตินี้จะวัดความแตกต่างภายในบุคคล หรือเงื่อนไข ด้วยคะแนนแตกต่าง (Difference Score;  $X_1 - X_2$ )
- สถิตินี้จะตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อทดสอบว่า ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างเท่ากับ 0)

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = \mu_D = 0$$

# Dependent t-test

- เมื่อคำนวณผ่านค่า  $t$  แล้ว คอมพิวเตอร์จะรายงานโอกาสที่สถิติ (ค่าแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย) มาจากประชากรที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงภายในบุคคลเท่ากับเท่าไร
- ถ้าต่ำกว่าค่าอัลฟาที่กำหนดไว้ จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก
- แล้วสรุปว่าค่าสถิติที่น่าจะสุ่มมาจากประชากรที่มีการเปลี่ยนแปลงภายในตัวบุคคลนั่นเอง

# One-way ANOVA

- เป็นสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไป
- กลุ่มเหล่านั้น ต้องเป็นอิสระจากกัน
- ในการอธิบายเชิงสาเหตุ ตัวแปรอิสระ จะต้องเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยจัดกระทำ (Active Variable) ไม่ใช่ลักษณะตามธรรมชาติของผู้ร่วมการทดลอง (Attribute Variable)

# One-way ANOVA

- หลักการของ One-way ANOVA จะทดสอบด้วยการเปรียบเทียบความแปรปรวนคาดเคลื่อน
- หลักการของค่า  $F$  จะเป็นการเปรียบเทียบโมเดล 2 โมเดล ว่าโมเดลใดอธิบายได้ดีกว่ากัน
- โมเดลทั้งสอง คือ โมเดลตามสมมติฐานหลัก และโมเดลขัดแย้งสมมติฐานหลัก



# One-way ANOVA

- ในการคำนวณค่า  $F$  จะมีการทำนายค่าความคาดเคลื่อนจากโมเดลทั้งสอง
- ถ้าโมเดลทั้งสองมีค่าความคาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน จะยอมรับสมมติฐานหลัก
- แต่ถ้าโมเดลขัดแย้งสมมติฐานหลัก มีค่าความคาดเคลื่อนน้อยกว่าโมเดลตามสมมติฐานหลักถึงระดับหนึ่งแล้ว (ระดับนัยสำคัญ) จะยอมรับโมเดลขัดแย้งสมมติฐานหลัก

# One-way ANOVA

- จากหลักเหตุผลดังกล่าว ทำให้ได้สูตรค่า F ดังนี้

$$F = \frac{\frac{E_0 - E_1}{df_0 - df_1}}{\frac{E_1}{df_1}}$$

- ตัวเศษ คือ ค่าความคาดเคลื่อนที่แตกต่างกันระหว่างโมเดลตามสมมติฐานหลัก และโมเดลขัดแย้ง
- ตัวส่วน คือ ค่าความคาดเคลื่อนที่เกิดจากโมเดลขัดแย้ง

# One-way ANOVA

$$F = \frac{\frac{E_0 - E_1}{df_0 - df_1}}{\frac{E_1}{df_1}}$$

- ถ้าเศษเท่ากับส่วน (ค่า F ใกล้เคียง 1) แสดงว่าโมเดลทั้งสองอธิบายได้พอๆ กัน เราจะยอมรับสมมติฐานหลัก
- แต่ถ้าเศษมากกว่าส่วนมาก (ค่า F มากกว่า 1 มาก) แสดงว่าการมีกลุ่มสามารถทำให้ความคาดเคลื่อนน้อยลง

# One-way ANOVA

$$F = \frac{\frac{E_0 - E_1}{df_0 - df_1}}{\frac{E_1}{df_1}}$$

- เมื่อได้ค่า  $F$  แล้ว คอมพิวเตอร์จะคำนวณค่า  $p$  ว่าความคาดเคลื่อนที่น้อยลงนี้ น้อยลงจริงหรือไม่ น้อยลงเป็นปกติตามธรรมชาติหรือไม่ ถ้าต่ำกว่าค่าอัลฟา (ส่วนใหญ่เท่ากับ 5 %) ผู้วิจัยจะไปยอมรับโมเดลสมมติฐานขัดแย้งแทน

# One-way ANOVA

- ในกรณีของ One-way ANOVA สมมติฐานหลัก และ สมมติฐานขัดแย้งเป็นดังนี้
- สมมติฐานหลัก คือ ค่าเฉลี่ยทุกกลุ่มเท่ากัน

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

- สมมติฐานขัดแย้ง คือ ค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งกลุ่ม แตกต่างกัน (ไม่กำหนดให้ค่าเฉลี่ยทุกกลุ่มเท่ากัน)

# One-way ANOVA

- โมเดลตามสมมติฐาน จะคำนวณหาค่าความคาดเคลื่อนเมื่อกำหนดให้ค่าเฉลี่ยทุกกลุ่มเท่ากัน
- โมเดลขัดแย้งสมมติฐาน จะคำนวณหาค่าความคาดเคลื่อนเมื่อปล่อยให้ค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มเป็นอิสระ (ค่าเฉลี่ยประชากรประมาณจากค่าเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่าง)
- ถ้าค่า  $F$  สูง แสดงว่าโมเดลขัดแย้งสมมติฐานอธิบายได้ดีกว่า ทำให้ค่าความคาดเคลื่อนน้อยกว่า

# One-way ANOVA

- อย่างไรก็ตาม เมื่อทราบว่าโมเดลขัดแย้งสมมติฐานดีกว่าแล้ว แต่ค่าเฉลี่ยจุดใดแตกต่างกัน???
- การหาความแตกต่างสามารถเปรียบเทียบได้หลากหลายรูปแบบ
  - การเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise Comparison)
  - การเปรียบเทียบที่ไม่ใช่รายคู่ (Nonpairwise Comparison)

# One-way ANOVA

- การเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise Comparison) เช่น

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_0 : \mu_1 - \mu_3 = 0$$

$$H_0 : \mu_2 - \mu_3 = 0$$

- การเปรียบเทียบที่ไม่ใช่รายคู่ (Nonpairwise Comparison)

$$H_0 : \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} - \mu_3 = 0$$

$$H_0 : \frac{\mu_1 + \mu_3}{2} - \mu_2 = 0$$

$$H_0 : \frac{\mu_2 + \mu_3}{2} - \mu_1 = 0$$



# One-way ANOVA

- สูตรทั่วไปของการเปรียบเทียบความแตกต่างคือ

$$\psi = c_1\mu_1 + c_2\mu_2 + \dots + c_n\mu_n$$

- สูตรทั่วไปนี้จะแทนทั้งการเปรียบเทียบรายคู่ และการเปรียบเทียบที่ไม่ใช่รายคู่ได้
- ค่าสัมประสิทธิ์ทุกตัวรวมกันต้องเท่ากับ 0
- ปกติจะตั้งสมมติฐานหลักให้ค่าความแตกต่างเท่ากับ 0

# One-way ANOVA

- วิธีการทดสอบว่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ได้ตั้ง  
การเปรียบเทียบไว้มี 2 วิธี
  - การทดสอบความแตกต่างก่อน (Priori Contrast)
  - การทดสอบความแตกต่างภายหลัง (Post Hoc Comparison)
- ก่อนหรือหลังในที่นี้คือการทดสอบก่อนหรือหลังการ  
ทดสอบภาพรวม (F test หรือเรียกว่า Omnibus test)

# One-way ANOVA

- การทดสอบความแตกต่างภายหลัง (Post Hoc Comparison) มีหลากหลายวิธี แต่ในที่นี้เลือกมา 3 วิธี
  - Tukey's HSD test
  - Fisher-Hayter test
  - Scheffe's test

# One-way ANOVA

เปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการทดสอบรายคู่วิธีต่างๆ

	Tukey	Fisher	Scheffe
ลักษณะการเปรียบเทียบ	รายคู่	รายคู่	ไม่ใช่รายคู่
ทดสอบสองทางเท่านั้น	ใช่	ใช่	ใช่
ต้องการจำนวนสมาชิกแต่ละกลุ่มเท่ากัน	ใช่	ไม่ใช่	ไม่ใช่
ต้องทำหลังจากทำ <b>F test</b>	ไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่
ความแปรปรวนแต่ละกลุ่มเท่ากัน	ใช่	ใช่	ใช่
โอกาสปฏิเสธสมมติฐานหลัก	ปานกลาง	มาก	น้อย

# One-way ANOVA

- การทดสอบความแตกต่างก่อน (Priori Contrast) ในที่นี้ จะกล่าวถึงวิธี Dunn-Sidak เท่านั้น
- การทดสอบนี้ จะมีสมมติฐานความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยก่อน แล้วทดสอบตามจำนวนคู่ที่ผู้วิจัยสนใจ
- สามารถทดสอบทางเดียวได้
- ไม่ต้องการจำนวนตัวอย่างแต่กลุ่มเท่ากัน
- Homogeneity of variance assumed

# One-way ANOVA

- สมมติฐานในการทดสอบ F-test
  - Random Sampling and Random Assignment
  - Each group are normally distributed (Robust Test)
  - Variances in each group are equal
    - Tested by Levene's test

# RBD ANOVA

- เป็นสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไป
- กลุ่มเหล่านั้น ต้องเกี่ยวข้องกัน (การวัดซ้ำ, การทำ match-paired, แผลดสองขึ้นไป, พ่อแม่ลูก ฯลฯ)
- ในการอธิบายเชิงสาเหตุ ตัวแปรอิสระ จะต้องเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยจัดกระทำ (Active Variable) ไม่ใช่ลักษณะตามธรรมชาติของผู้ร่วมการทดลอง (Attribute Variable)
- อาจได้รับผล Carry-over effect ต้อง Counterbalance

# RBD ANOVA

- จาก One-way ANOVA จะแบ่งความแปรปรวนของตัวแปรตามเป็นความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยกลุ่ม และความแปรปรวนผิดพลาด
- ค่าสถิติ F จะเปรียบเทียบว่าถ้ามีกลุ่มมาช่วยในการอธิบายความแปรปรวนจะสามารถอธิบายได้ดีขึ้น (ความแปรปรวนผิดพลาดลดลง) จริงหรือไม่



# RBD ANOVA

- ใน Randomized Block Design ANOVA จะแบ่งความแปรปรวนออกเป็นสองส่วนเหมือนกับ One-way ANOVA คือความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (การวัด ฯลฯ) และความแปรปรวนภายในกลุ่ม
- แต่ความแปรปรวนภายในกลุ่มจะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ ความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วย Block (หรือความแตกต่างระหว่างบุคคล) และความแปรปรวนผิดพลาด

# RBD ANOVA

- RBD ANOVA จะมีค่า F ทั้งหมด 2 ค่าด้วยกัน
  - ตัวแรกเปรียบเทียบว่าถ้ามีกลุ่มมาช่วยอธิบาย จะสามารถทำให้อธิบายโมเดลได้ดีขึ้นหรือไม่ (ความแปรปรวนผิดพลาดลดลงหรือไม่)
  - ถ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าเกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

# RBD ANOVA

- RBD ANOVA จะมีค่า F ทั้งหมด 2 ค่าด้วยกัน
  - ตัวที่สองเปรียบเทียบว่าความแตกต่างระหว่าง Block จะสามารถอธิบายโมเดลได้ดีขึ้นหรือไม่ (ความแปรปรวนผิดพลาดลดลงหรือไม่)
  - ถ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าเกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่ม
  - การหาค่า F ตรงจุดนี้ นักวิจัยมักไม่ค่อยสนใจ เพราะว่าเป็นค่าคาดเคลื่อนที่อยากควบคุมอยู่แล้ว

# RBD ANOVA

- เมื่อทดสอบแล้วทราบว่าแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน ค่อยมาเปรียบเทียบต่อว่าคู่ใด ที่ทำให้แตกต่างกัน
- การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย อาจใช้ใน รูปแบบรายคู่ หรือไม่ใช้รายคู่ อาจใช้การเปรียบเทียบก่อน หรือหลังการทำค่า F (วิธีการทดสอบคล้ายๆ กับ One-way ANOVA)

# RBD ANOVA

- ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ
  - Block in an experiment are a random sample from a population blocks (Random sampling assumed)
  - Error effect are normally distributed
  - Homogeneity of variance
  - Covariance of all pairs of treatment levels are homogeneous. (Sphericity)

# Factorial ANOVA: Independent

- เป็นสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยมีตัวแปรกลุ่ม (ตั้งแต่ 2 ระดับ) 2 ตัวแปรขึ้นไป
- การแบ่งระดับในตัวแปรหนึ่ง จะต้องเป็นไปในทุกๆ ระดับของอีกตัวแปรหนึ่ง (Completely crossed)
- กลุ่มในทั้ง 2 ตัวแปร ต้องเป็นอิสระจากกัน
- ในการอธิบายเชิงสาเหตุ ตัวแปรอิสระ จะต้องเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยจัดกระทำ (Active Variable) ไม่ใช่ลักษณะตามธรรมชาติของผู้ร่วมการทดลอง (Attribute Variable)

# Factorial ANOVA: Independent

- ใน Factorial ANOVA ค่าคะแนนของตัวแปรตาม จะได้รับอิทธิพลมาจาก อิทธิพลหลักของตัวแปรต้น (Main effects) อิทธิพลร่วมของตัวแปรต้น (Interaction Effect) และค่าความคาดเคลื่อน
- Factorial ANOVA จะมีค่า F ทดสอบ 3 ชุดด้วยกัน (กรณีที่มีตัวแปรต้น 2 ตัว)

# Factorial ANOVA: Independent

- ให้ค่าของตัวแปรต่างๆ เป็นดังนี้

Factor 2

		Group 1	Group 2	
Factor 1	Group 1	$\mu_{11}$	$\mu_{12}$	$\mu_{1\cdot}$
	Group 2	$\mu_{21}$	$\mu_{22}$	$\mu_{2\cdot}$
		$\mu_{\cdot 1}$	$\mu_{\cdot 2}$	$\mu_{\cdot\cdot}$



# Factorial ANOVA: Independent

- ค่า F แรกทดสอบโมเดล ระหว่าง

1<sup>st</sup> F-test

$$H_0 : \mu_{1.} = \mu_{2.}$$

$$H_0 : \mu_{11} + \mu_{12} = \mu_{21} + \mu_{22}$$

2<sup>nd</sup> F-test

$$H_0 : \mu_{.1} = \mu_{.2}$$

$$H_0 : \mu_{11} + \mu_{21} = \mu_{12} + \mu_{22}$$

3<sup>rd</sup> F-test

$$H_0 : \mu_{11} + \mu_{22} = \mu_{12} + \mu_{21}$$

$$H_0 : \mu_{11} - \mu_{12} = \mu_{21} - \mu_{22}$$

Compared  
Model

$$H_1 : \mu_{11} \neq \mu_{22} \neq \mu_{21} \neq \mu_{12}$$

# Factorial ANOVA: Independent

- ค่า F แรกทดสอบโมเดล ระหว่าง

1<sup>st</sup> F-test

$$H_0 : \mu_{1.} = \mu_{2.}$$

$$H_0 : \mu_{11} + \mu_{12} = \mu_{21} + \mu_{22}$$

Compared  
Model

$$H_1 : \mu_{11} \neq \mu_{22} \neq \mu_{21} \neq \mu_{12}$$

ค่า **F** ตัวแรก จะทดสอบระหว่างความแปรปรวนผิดพลาดของโมเดลที่ให้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่เกิดจาก **Factor 1** เท่ากัน กับ โมเดลที่ให้ค่าเฉลี่ยของทุกเซลล์แตกต่างกัน ถ้าโมเดลจากสมมติฐานหลักอธิบายได้ไม่แตกต่างจากโมเดลเปรียบเทียบ ก็จะยอมรับสมมติฐานหลัก

# Factorial ANOVA: Independent

- ค่า F แรกทดสอบโมเดล ระหว่าง

2<sup>nd</sup> F-test

$$H_0 : \mu_{.1} = \mu_{.2}$$

$$H_0 : \mu_{11} + \mu_{21} = \mu_{12} + \mu_{22}$$

Compared  
Model

$$H_1 : \mu_{11} \neq \mu_{22} \neq \mu_{21} \neq \mu_{12}$$

ค่า F ตัวที่สอง จะทดสอบระหว่างความแปรปรวนผิดพลาดของโมเดลที่ให้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่เกิดจาก **Factor 2** เท่ากัน กับ โมเดลที่ให้ค่าเฉลี่ยของทุกเซลล์แตกต่างกัน ถ้าโมเดลจากสมมติฐานหลักอธิบายได้ไม่แตกต่างจากโมเดลเปรียบเทียบ ก็จะยอมรับสมมติฐานหลัก

# Factorial ANOVA: Independent

- ค่า F แรกทดสอบโมเดล ระหว่าง

3<sup>rd</sup> F-test

$$H_0 : \mu_{11} + \mu_{22} = \mu_{12} + \mu_{21}$$

$$H_0 : \mu_{11} - \mu_{12} = \mu_{21} - \mu_{22}$$

Compared  
Model

$$H_1 : \mu_{11} \neq \mu_{22} \neq \mu_{21} \neq \mu_{12}$$

ค่า F ตัวที่สาม จะทดสอบระหว่างความแปรปรวนผิดพลาดของการกำหนดให้ผลของ **Factor 1** ในทุกระดับของ **Factor 2** เท่ากัน กับโมเดลที่ให้ค่าเฉลี่ยของทุกเซลล์แตกต่างกัน ถ้าโมเดลจากสมมติฐานหลักอธิบายได้ไม่แตกต่างจากโมเดลเปรียบเทียบ ก็จะยอมรับสมมติฐานหลัก

# Factorial ANOVA: Independent

- สรุปการทดสอบค่า F จากตาราง

Effect	SS	df	MS	F
A	$E_A - E_1$	$df_A - df_1$	$(E_A - E_1) / (df_A - df_1)$	$MS_A / MS_E$
B	$E_B - E_1$	$df_B - df_1$	$(E_B - E_1) / (df_B - df_1)$	$MS_B / MS_E$
AB	$E_{AB} - E_1$	$df_{AB} - df_1$	$(E_{AB} - E_1) / (df_{AB} - df_1)$	$MS_{AB} / MS_E$
$H_1$	$E_1$	$df_1$	$E_1 / df_1$	

# Factorial ANOVA: Independent

- ระวัง ต้องให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละเซลล์เท่ากัน มิฉะนั้นการทดสอบผลหลัก และผลปฏิสัมพันธ์จะซ้ำซ้อนกัน
- เมื่อทดสอบผลปฏิสัมพันธ์แล้วถึงระดับนัยสำคัญ ไม่ควรที่จะอธิบายผลหลัก เพราะอาจทำให้การตีความผิดไป ควรแยกอธิบายในแต่ละระดับของผลหลักแทน

# Factorial ANOVA: Independent

- ในกรณีที่ระดับใน Factor ต่างๆ มีมากกว่า 2 ระดับ อาจทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามหลังการทดสอบด้วย F-test หรือใช้การทดสอบก่อน (Priori Contrast) ก็ได้
- ถ้าผลปฏิสัมพันธ์ถึงระดับนัยสำคัญ ให้แยกระดับตัวแปรต้น แล้วทำ One-way ANOVA ในแต่ละระดับของตัวแปรต้น เช่น ทดสอบผลของ Factor 2 ที่มีต่อตัวแปรตามในแต่ละระดับของ Factor 1 โดยควบคุมค่าอัลฟาด้วยวิธี Bonferroni หรืออาจใช้วิธีวาดกราฟเปรียบเทียบ

# Factorial ANOVA: Independent

- ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการใช้สถิติ
  - The population for each cell is normally distributed.
  - The variances of each cell are equal.