

# การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measures ANOVA)

# 3

3.1 ความนำ

3.2 แนวคิดและหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

3.3 แผนผังแนวทางการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ

3.4 การทำความเข้าใจเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อตกลงเบื้องต้น sphericity

3.5 กรณีตัวอย่าง : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำหนึ่งกลุ่ม

3.6 กรณีตัวอย่าง : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำสองกลุ่ม

3.7 เงื่อนไขและข้อจำกัดของการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ  
กับข้อมูลระยะยาว

3.8 บทสรุป

3.9 เอกสารอ้างอิง



### 3.1 ความนำ

ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ เมื่อตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่องถูกวัดซ้ำและมีคำถามวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการ (growth) การเปลี่ยนแปลง (change) หรือ แนวโน้ม (trend) วิธีการทางสถิติที่มีอยู่และใช้กัน อาจมีข้อจำกัด โดยเฉพาะสถิติ paired t-test เพราะแม้ว่า ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายและเหมาะสมกับข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ต่อเนื่องที่ถูกวัดซ้ำ แต่ก็เป็นการศึกษาแบบกลุ่มเดียว ไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบ ทำให้มีข้อจำกัดค่อนข้างมากในการสรุปผล ขณะเดียวกันสถิติดังกล่าว ยังจำกัดจำนวนครั้งของการวัดซ้ำได้เพียงแค่สองครั้ง ซึ่งในทางปฏิบัติ หากนักวิจัยต้องการพิจารณาเกี่ยวกับพัฒนาการ การเปลี่ยนแปลง หรือ แนวโน้ม จุดเปลี่ยนที่เกิดขึ้นของการวัดซ้ำ ควรอย่างน้อย 3 จุดขึ้นไป เพื่อให้สามารถบ่งชี้พัฒนาการ การเปลี่ยนแปลง หรือ แนวโน้มของแต่ละจุดที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงทำให้สถิติ paired t-test ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตอบโจทย์คำถามวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นพัฒนาการ การเปลี่ยนแปลง หรือ แนวโน้มได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จึงถูกพัฒนา เพื่อรองรับตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่องที่ถูกวัดซ้ำภายในบุคคล เดิมตั้งแต่สามครั้งขึ้นไป ตามช่วงเวลา หรือ เงื่อนไขที่กำหนดและเรียกวิธีการทางสถิตินี้ว่า **การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ หรือ repeated measures ANOVA** ซึ่งในทางปฏิบัติ วิธีการนี้ถูกนำมาใช้ค่อนข้างแพร่หลาย โดยเฉพาะในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพภายใต้แบบแผนกึ่งทดลอง (quasi-experimental study) และถือเป็นวิธีการพื้นฐานสำคัญของการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว ดังนั้นเพื่อให้ให้นักวิจัยได้เรียนรู้และเข้าใจแนวคิดการวิเคราะห์สถิติดังกล่าว รวมถึงขั้นตอนและแนวปฏิบัติสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อนำไปใช้จริงด้วยโปรแกรม STATA ในบทนี้ จึงได้นำเสนอแนวคิดการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ประกอบด้วยการพิจารณาความแปรปรวนระหว่างและภายในปัจเจกบุคคล คำถามการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ตัวแบบที่เกี่ยวข้องและข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญ ได้แก่ sphericity และการนำเสนอแนวทางการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำด้วยโปรแกรม STATA โดยมุ่งเน้นรายละเอียดเฉพาะการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำทางเดียว แบบหนึ่งกลุ่มและแบบสองกลุ่ม รวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดกับข้อมูลระยะยาวและบทสรุป

### 3.2 แนวคิดและหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ หรือ repeated measure ANOVA (RM-ANOVA) เป็นวิธีการวิเคราะห์สำหรับ repeated measures design ซึ่งถือเป็นประเภทหนึ่งของ randomized block design ที่ใช้ subjects เป็นตัวแปรในการจัด block และเป็นวิธีการที่ขยาย หรือ พัฒนา มาจากวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เดิม ซึ่งนักวิจัยส่วนใหญ่คุ้นเคยและยังคงมีแนวทางเช่นเดิมสำหรับเป้าหมายในการวิเคราะห์ข้อมูล นั่นคือ เป็นวิธีการทางสถิติที่นำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่อง โดยแตกต่างกันที่การวิเคราะห์ ANOVA ค่าตัวแปรผลลัพธ์ที่ได้และนำมาเปรียบเทียบมาจากแต่ละหน่วยตัวอย่างที่ถูกแบ่งตามระดับของตัวแปรอิสระ หรือ

ตัวแปรกลุ่ม มีความเป็นอิสระระหว่างกัน หรือ บางครั้งเรียกว่า *การวิเคราะห์ระหว่างปัจเจกบุคคล (between-subjects analysis)* เช่น การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดสะสม (HbA1c) ในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวาน จำแนกตามสิทธิการรักษาพยาบาลของข้าราชการ สิทธิประกันสังคม และสิทธิหลักประกันสุขภาพ 30 บาท เป็นต้น ขณะที่ในการวิเคราะห์ RM-ANOVA ค่าตัวแปรผลลัพธ์ที่ได้ และนำมาเปรียบเทียบ เป็นค่าที่ได้จากการวัดซ้ำในหน่วยตัวอย่างเดิมตามตัวแปรอิสระ ซึ่งแบ่งเป็นระดับที่แตกต่างกันตามจุดเวลา หรือ เงื่อนไขที่นักวิจัยกำหนด บางครั้งเรียกว่า *การวิเคราะห์ภายในปัจเจกบุคคล (within-subjects analysis)* เช่น การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดสะสม (HbA1c) ในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานที่ได้รับโปรแกรมการเสริมศักยภาพการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดด้วยตนเอง โดยวัดในบุคคลเดิมจำนวน 3 ครั้ง (จุดเวลา) ได้แก่ ครั้งที่ 1 ก่อนเข้าร่วมโปรแกรม, ครั้งที่ 2 หลังโปรแกรมเสร็จสิ้นและครั้งที่ 3 หนึ่งเดือนหลังจากโปรแกรมเสร็จสิ้น เป็นต้น **ดังนั้นในการจำแนกความแตกต่างระหว่างวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) กับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (RM-ANOVA) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล นักวิจัยสามารถพิจารณาได้ว่า ในบุคคลเดิม แต่ละคน นั้น ถูกรวัดซ้ำตามระดับที่เป็นไปได้ของตัวแปรอิสระ หรือ ตัวแปรกลุ่มตั้งแต่สามครั้งขึ้นไป หรือไม่ ? ซึ่งหากมีการวัดซ้ำดังกล่าว นั้นแสดงว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดแต่ละครั้งในบุคคลเดิม มีความสัมพันธ์กัน ควรเลือกใช้วิธีการ RM-ANOVA แต่หากไม่มีการวัดซ้ำ หรือ ในแต่ละบุคคล ถูกรวัดผลลัพธ์เพียงครั้งเดียว นั้นแสดงว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดแต่ละบุคคล เป็นอิสระต่อกัน หรือ ไม่มีความสัมพันธ์กัน ควรเลือกใช้วิธีการ ANOVA** อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ยังมีประเด็นจำเพาะและถือเป็นแนวคิดและหลักการสำคัญที่นักวิจัยจำเป็นต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจให้ชัดเจน ก่อนนำไปสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล โดยรายละเอียดสามารถจำแนกเป็นประเด็นย่อยได้ดังนี้

### 3.2.1 การพิจารณาความผันแปรระหว่างและภายในปัจเจกบุคคล (กลุ่ม)

#### 3.2.2 คำถามการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 3.2.3 ลักษณะโจทย์การวิเคราะห์ข้อมูลที่พบบ่อยในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ

#### 3.2.4 ลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

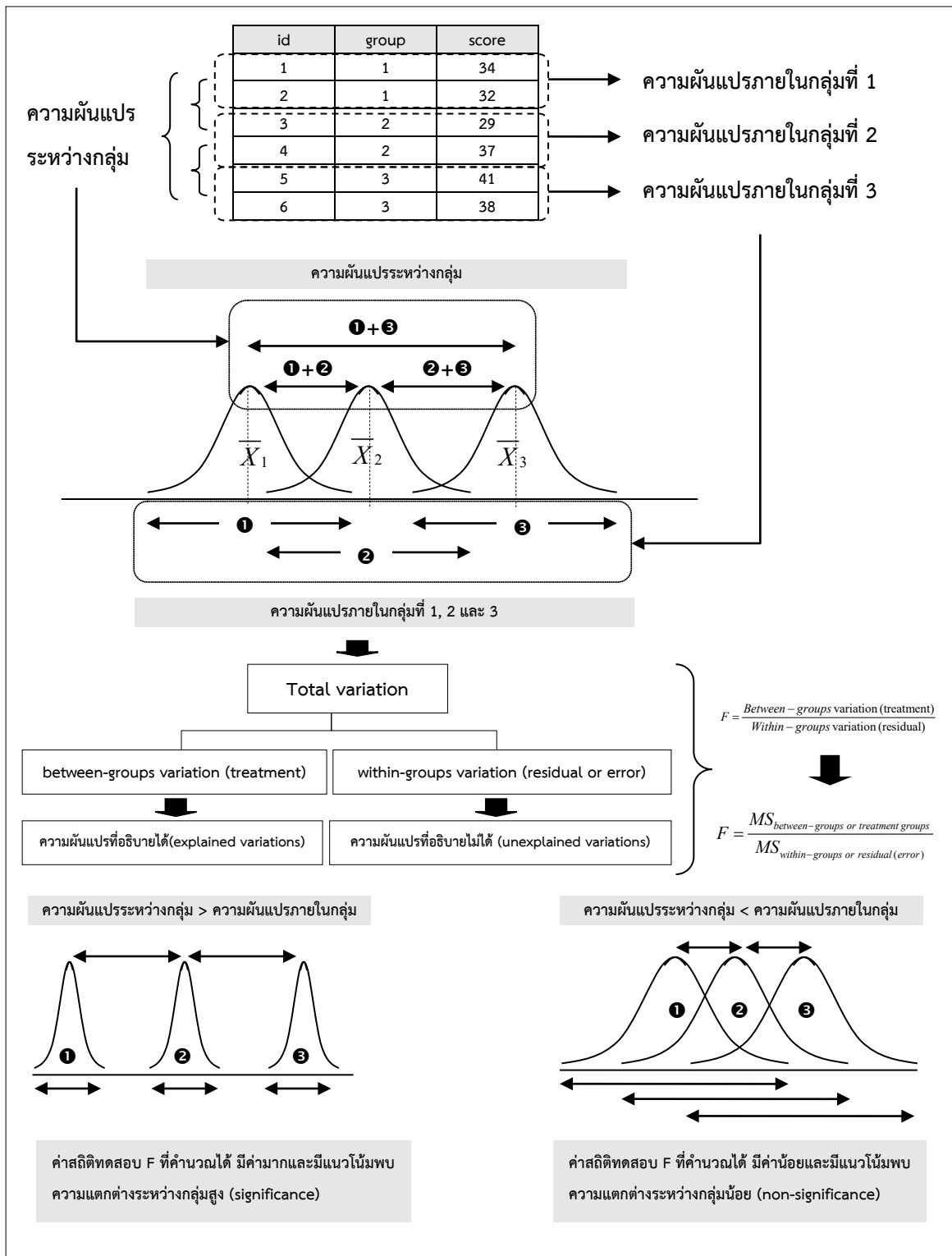
#### 3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียวและแบบหลายตัวแปร

### 3.2.1 การพิจารณาความผันแปรระหว่างและภายในปัจเจกบุคคล (กลุ่ม)

ก่อนเริ่มต้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ จำเป็นอย่างยิ่ง ที่นักวิจัย ต้องกลับมาทบทวนและทำความเข้าใจเกี่ยวกับ **ความผันแปรระหว่างปัจเจกบุคคล หรือ ระหว่างกลุ่ม (between-subjects or between-groups variations) และความผันแปรภายในปัจเจกบุคคล หรือ ภายในกลุ่ม (within-subjects or within-groups variations)** เพราะรูปแบบจากสองแบบแผนดังกล่าว มีแนวคิดและและหลักการ รวมถึงวิธีการพิจารณาความผันแปรของข้อมูลที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังนำไปสู่จุดเน้นของการวิเคราะห์และแนวทางการสรุปผลที่ได้แตกต่างกันไปด้วยและเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและหลีกเลี่ยงความซับซ้อนในเชิงทฤษฎี ซึ่งมีตัวเลขทางคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องจำนวนมาก ดังนั้นผู้เขียนจึงได้นำเสนอและอธิบายแนวคิดและหลักการจำแนกตามวิธีการทางสถิติที่เกี่ยวข้องกัน 2 วิธี ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way RM-ANOVA) ดังนี้

#### (1) กรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA)

เป็นวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้แนวคิดและหลักการพิจารณาความผันแปรของข้อมูลเกี่ยวกับ **ความผันแปรระหว่างปัจเจกบุคคล หรือ ระหว่างกลุ่ม (between-subjects or between-groups variation) ด้วยการพิจารณามุ่งเน้นไปที่ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (groups) เป็นหลัก** ขณะเดียวกันได้ใช้แนวคิดและหลักการพิจารณาความผันแปรของข้อมูลเกี่ยวกับ **ความผันแปรภายในปัจเจกบุคคล หรือ ภายในกลุ่ม (within-subjects or within-groups variation) ด้วยการพิจารณามุ่งเน้นไปที่ความแตกต่างของแต่ละบุคคลที่อยู่ภายในแต่ละกลุ่มเป็นหลัก** และเนื่องจากตัวแปรผลลัพธ์ในแต่ละบุคคล ถูกวัดเพียงครั้งเดียวและเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นการพิจารณาความผันแปรภายในแต่ละปัจเจกบุคคล จึงสามารถประเมินได้เพียงเฉพาะค่าตัวแปรผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นครั้งเดียวจากแต่ละบุคคลที่อยู่ภายในแต่ละกลุ่มเดียวกันเท่านั้น แต่ในความเป็นจริง ยังคงมีความผันแปรที่เกิดขึ้นภายในเฉพาะแต่ละรายบุคคลอีก ซึ่งจากแบบแผนการทดลองนี้ เราไม่สามารถประเมินความผันแปรดังกล่าวได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน ดังนั้นจึงทำให้การพิจารณาความผันแปรภายในปัจเจกบุคคลสำหรับกรณีการวิเคราะห์ ANOVA มีความผันแปรที่ไม่สามารถอธิบายได้ (unexplained variation) ผังอยู่และบางครั้งถูกเรียกว่า เป็นส่วนของความคลาดเคลื่อน (residual) หรือ ความผิดพลาด (error) เช่น การเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเองของผู้ป่วยเบาหวานตามสิทธิการรักษาพยาบาลที่แตกต่างกัน 3 สิทธิ ประกอบด้วย สิทธิการรักษาพยาบาลของข้าราชการ สิทธิประกันสังคมและสิทธิหลักประกันสุขภาพ 30 บาท ซึ่งผู้ป่วยเบาหวานแต่ละคน ถูกจัดเข้ากลุ่มตามสิทธิการรักษาพยาบาลที่ตนเองมีสิทธิเพียงหนึ่งสิทธิเท่านั้น และผู้ป่วยแต่ละคน หรือ ภายในกลุ่มแต่ละกลุ่ม ถูกวัดตัวแปรผลลัพธ์ หรือ คะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง เพียงครั้งเดียวและมีความเป็นอิสระต่อกัน โดยสามารถแสดงแนวคิดและหลักการพิจารณาความผันแปรระหว่างกลุ่มและความผันแปรภายในกลุ่มได้ ดังแผนภาพที่ 3.1



แผนภาพที่ 3.1 แสดงแนวคิดและหลักการพิจารณาความผันแปรของข้อมูลกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

จากแผนภาพที่ 3.1 เป็นการแสดงแนวคิดและหลักการพิจารณาความผันแปรของข้อมูลกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ซึ่งมุ่งเน้นวิธีการไปในระดับกลุ่ม (groups) เป็นหลัก ประกอบด้วย ความผันแปรระหว่างกลุ่ม (between-groups variation) และความผันแปรภายในกลุ่ม (within-groups variation) และจากแหล่งความผันแปรดังกล่าว จึงนำไปสู่การคำนวณค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องภายใต้แหล่งของความผันแปร เช่น ค่าผลบวกกำลังสอง (sum of squares, SS) และค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (mean sum of squares, MSS) เป็นต้น และนำค่าที่คำนวณได้ มาใช้ในการพิจารณาคำนวณค่าสถิติทดสอบ F เพื่อตัดสินใจข้อสรุปเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่เกิดขึ้นภายใต้แนวคิดและหลักการว่า

...หากความผันแปรระหว่างกลุ่ม มากกว่า ความผันแปรภายในกลุ่ม ค่า F ที่ได้ จะมีค่ามาก และมีแนวโน้มสรุปผลได้ว่า มีค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม อย่างน้อย 1 คู่ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (significance)

...หากความผันแปรระหว่างกลุ่ม น้อยกว่า ความผันแปรภายในกลุ่ม ค่า F ที่ได้ จะมีค่าน้อย และมีแนวโน้มสรุปผลได้ว่า มีค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม อย่างน้อย 1 คู่ที่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (non significance)

โดยมีตารางแสดงผลในรูปแบบตาราง ANOVA ได้ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จำแนกตามแหล่งความผันแปรภายใต้แนวคิดและหลักการพิจารณาด้วยวิธีการวิเคราะห์ one-way ANOVA

แหล่งความผันแปร	ผลบวกกำลังสอง SS	องศาความ เป็นอิสระ df	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง MSS	F	p-value
between groups (treatment)	$SS_{between(treatment)}$	k-1	$\frac{SS_{between(treatment)}}{k-1}$	$\frac{MSS_{between(treatment)}}{MSS_{within(residual/error)}}$	.....
within groups (residual/error)	$SS_{within(residual/error)}$	N-k	$\frac{SS_{within(residual/error)}}{N-k}$		
total	$SS_{total}$	N-1			

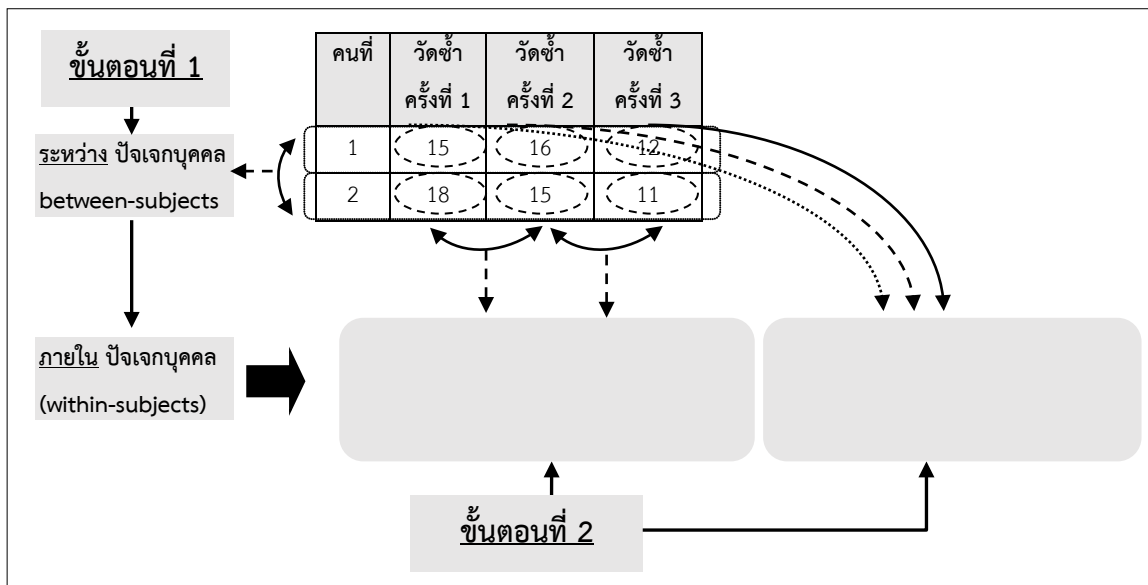
## (2) กรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way RM-ANOVA)

แนวคิดและหลักการพิจารณาความผันแปรของข้อมูลที่เกิดขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ มีแนวทางการพิจารณาครอบคลุมทั้งความผันแปรระหว่างปัจเจกบุคคล หรือระหว่างกลุ่ม และความผันแปรภายในปัจเจกบุคคล หรือภายในกลุ่ม เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ดังกล่าวไปข้างต้น **แต่มีประเด็นรายละเอียดที่จำเป็นต้องพิจารณาเพิ่มเติม เนื่องจากข้อมูลที่นำมาพิจารณา มีลักษณะเป็นข้อมูลที่มีการวัดซ้ำ หรือ ได้รับเงื่อนไขมากกว่าสองครั้งขึ้นไปในบุคคลเดิม** เช่น การศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมการดูแลสุขภาพตนเองของผู้ป่วยเบาหวาน จำนวน 25 ราย เมื่อกำหนดให้ผู้ป่วยเบาหวานทุกคนที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกของโครงการวิจัย ได้รับโปรแกรมการเสริมสร้างพฤติกรรมดูแลสุขภาพตนเองของผู้ป่วยเบาหวาน ซึ่งโปรแกรมห้างกล่าว มีกิจกรรมในทุกวันอาทิตย์ ช่วงเวลา 10.00 – 12.00 น. ติดต่อกันเป็นเวลา 1 เดือน (4 วันๆ ละ 2 ชั่วโมง) โดยมีตัวแปรผลลัพธ์ ได้แก่ คะแนนพฤติกรรมดูแลสุขภาพตนเองของผู้ป่วยเบาหวานและในแต่ละคน ถูกประเมินคะแนน หรือถูกวัดซ้ำด้วยแบบทดสอบพฤติกรรมฯ เช่นเดิม จำนวน 3 ครั้งตามจุดเวลาที่นักวิจัยกำหนด ได้แก่ ก่อนเริ่มต้นโปรแกรม, หลังโปรแกรมเสร็จสิ้นและ 1 เดือนหลังจากโปรแกรมเสร็จสิ้น เป็นต้น ดังนั้นจากกรณีข้อมูลที่ถูกรวบรวม หรือ ถูกได้รับการกำหนดให้ได้รับเงื่อนไขมากกว่าสองครั้งขึ้นไปภายในบุคคลเดิม สามารถนำมาพิจารณาเพื่อบ่งชี้ความผันแปรของข้อมูลสำหรับวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ โดยแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

### ขั้นตอนที่ 1 การพิจารณาความผันแปรระหว่างและภายในปัจเจกบุคคล:

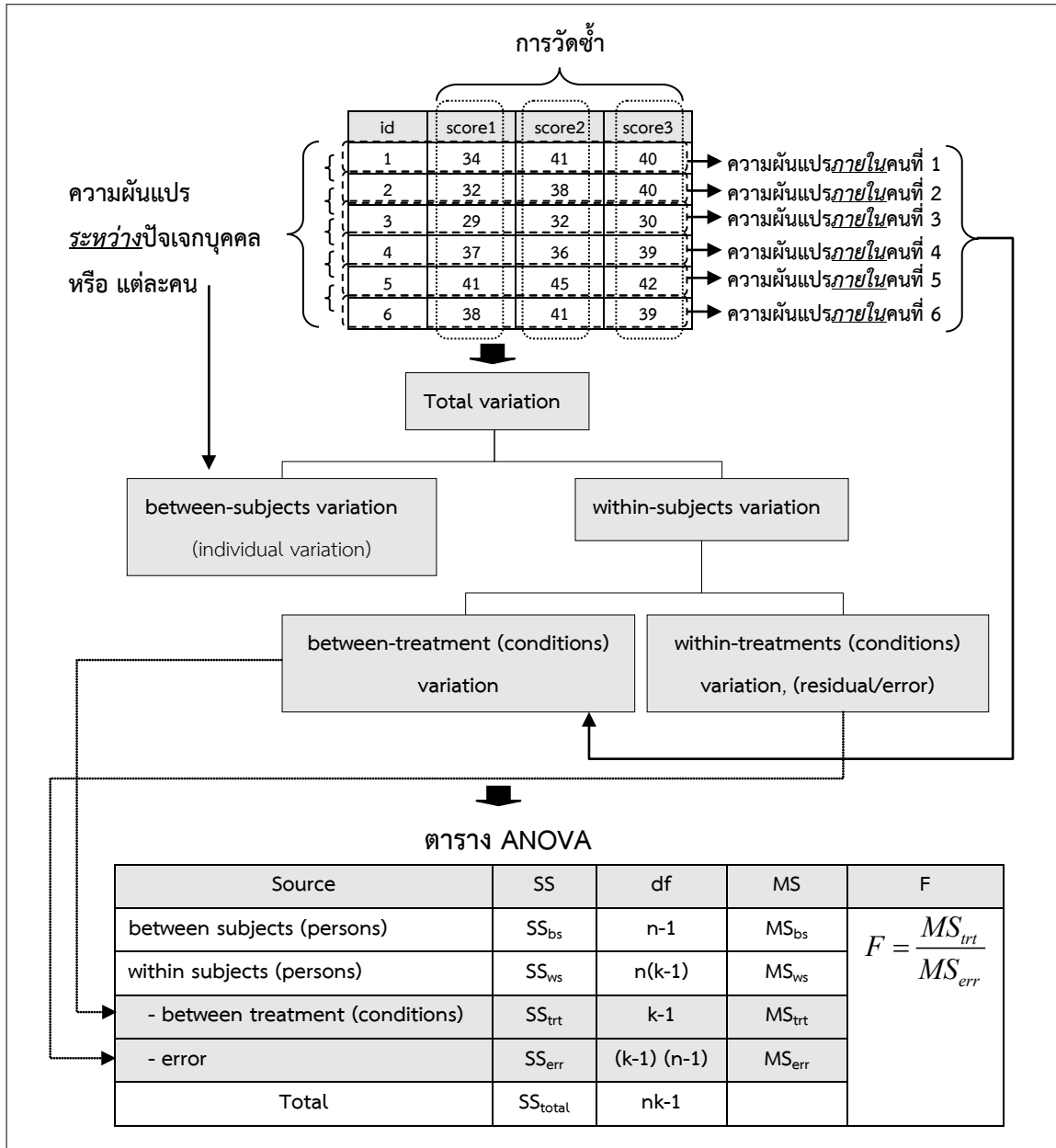
กรณียังไม่พิจารณาการถูกวัดซ้ำ หรือ การมีเงื่อนไข ซึ่งการพิจารณาความผันแปรกรณีดังกล่าวนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว **โดยกรณีความผันแปรระหว่างปัจเจกบุคคล จะถูกมุ่งเน้นไปที่ความผันแปรระหว่างแต่ละปัจเจกบุคคล หรือ พิจารณาแต่ละรายบุคคล (subjects หรือ persons) เป็นหลัก** และจากกรณีตัวอย่างข้างต้น ความผันแปรระหว่างปัจเจกบุคคล จึงหมายถึง การพิจารณาความผันแปรที่เกิดขึ้นของค่าคะแนนพฤติกรรมดูแลสุขภาพระหว่างผู้ป่วยเบาหวานแต่ละรายบุคคลนั่นเอง และเนื่องจากผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย ถูกประเมินค่าคะแนนพฤติกรรมดูแลสุขภาพของตนเอง หรือ ถูกรวบรวม จำนวน 3 ครั้ง ดังนั้นเมื่อมีการพิจารณาความผันแปรภายในปัจเจกบุคคล จึงไม่ได้หยุดพิจารณาเฉพาะค่าตัวแปรผลลัพธ์รวมที่ได้ในแต่ละรายดังเช่นในกรณีการวิเคราะห์ ANOVA เท่านั้น แต่นักวิจัยยังสามารถประเมินความผันแปรภายในแต่ละปัจเจกบุคคล หรือ ภายในแต่ละรายบุคคลที่เกิดขึ้น จากค่าตัวแปรผลลัพธ์ หรือ ค่าคะแนน ที่ถูกรวบรวมในแต่ละครั้งภายในแต่ละบุคคลได้ด้วย ดังนั้นการพิจารณาความผันแปรภายในปัจเจกบุคคล จึงสามารถขยายขอบเขตของการพิจารณาเพิ่มเติมไปได้อีก ดังรายละเอียดในขั้นตอนที่ 2

**ขั้นตอนที่ 2 การพิจารณาความผันแปรระหว่างและภายในปัจเจกบุคคล:**  
 กรณีพิจารณาการถ่วงวัดซ้ำ หรือการมีเงื่อนไข ดังที่กล่าวไปข้างต้น เมื่อมีการวัดซ้ำ นักวิจัยสามารถประเมินความผันแปรได้ตามแนวคิดและหลักการเดิม นั่นคือ ความผันแปรระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม เพียงแต่ระดับของการพิจารณา ถูกมุ่งเน้นไปที่ระดับปัจเจกบุคคล หรือ ระดับรายบุคคล ที่มีการถ่วงวัดซ้ำ ดังนั้นจากกรณีตัวอย่างข้างต้น **ความผันแปรระหว่างกลุ่ม จึงถูกพิจารณาเป็นความผันแปร “ระหว่างค่าตัวแปรผลลัพธ์ในแต่ละครั้งที่ถ่วงวัดซ้ำแต่ละรายบุคคล”** หรือ แต่ละจุดเวลา ที่มีการวัดซ้ำ 3 ครั้งของแต่ละรายบุคคล ขณะที่ **ความผันแปรภายในปัจเจกบุคคล ถูกพิจารณาไปที่ “ภายในแต่ละครั้งของการถ่วงวัดซ้ำที่มีอยู่แต่ละรายบุคคล”** ซึ่งในทางปฏิบัติ สำหรับกรณีหลัง หรือ กรณีการประเมินความผันแปรภายในปัจเจกบุคคล ถือเป็นความผันแปรที่ไม่สามารถอธิบายได้ ทั้งนี้เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอต่อการประเมินค่าดังกล่าว เพราะเมื่อนักวิจัยพิจารณาไปที่แต่ละครั้งของการวัดซ้ำที่เกิดขึ้นในแต่ละรายบุคคล ก็พบว่า มีค่าที่ถ่วงวัดและถือเป็นตัวแปรผลลัพธ์เพียงค่าเดียว อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวนี้ ก็มีความเป็นไปได้ ที่จะมีค่าความผันแปรของข้อมูลเกิดขึ้นจากค่าที่ปรากฏ แต่เนื่องจากโครงสร้างของข้อมูล หรือ แบบแผนการทดลองนี้ ไม่สามารถมีข้อมูล มาประกอบในการพิจารณาเกี่ยวกับประเด็นนี้ได้ เราจึงถือว่า ความผันแปรในส่วนนี้ เป็นความผันแปรที่ไม่สามารถอธิบายได้ หรือเรียกว่า ความคลาดเคลื่อน (residual) หรือความผิดพลาด (error) ดังนั้นจากแนวคิดและหลักการพิจารณาความผันแปรที่เกิดขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ จึงสามารถแสดงเป็นแผนผังแนวคิดและหลักการพิจารณาความผันแปรของข้อมูลครอบคลุมทั้ง 2 ขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นได้ ดังแผนภาพที่ 3.2



แผนภาพที่ 3.2 แสดงแนวคิดและหลักการพิจารณาความผันแปรของข้อมูลกรณี one-way RM-ANOVA

จากแผนภาพที่ 3.2 ข้างต้น แสดงแนวคิดและหลักการพิจารณาความผันแปรของข้อมูลกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ โดยพิจารณาจากระดับปัจเจกบุคคล **ทั้งแบบระหว่างปัจเจกบุคคลและแบบภายในปัจเจกบุคคล** **ตั้งขั้นตอนที่ 1** และพิจารณาความผันแปรภายในปัจเจกบุคคล ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวัดซ้ำ/การมีเงื่อนไข โดยพิจารณาได้จากความผันแปรระหว่างแต่ละครั้งหรือแต่ละเงื่อนไขในแต่ละปัจเจกบุคคลและความผันแปรภายในแต่ละครั้ง หรือ ภายในแต่ละเงื่อนไขของแต่ละปัจเจกบุคคล **ตั้งขั้นตอนที่ 2** โดยนำเสนอเป็นแผนผังและตาราง ANOVA ได้ **ตั้งแผนภาพที่ 3.3**



แผนภาพที่ 3.3 แสดงแผนผังและตาราง ANOVA กรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ

### 3.2.2 คำถามการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นักวิจัยสามารถนำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (RM-ANOVA) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่องที่ถูกวัดซ้ำตั้งแต่สามครั้งขึ้นไป เพื่อตอบคำถามวิจัยหลักที่สำคัญ ดังนี้

กรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำตัวแปรเดียว (univariate RM-ANOVA)

...ค่าเฉลี่ยของตัวแปรผลลัพธ์มีการเปลี่ยนแปลง หรือ แตกต่างกัน หรือไม่ ? อย่างไร ?  
ในแต่ละจุดเวลา (time points) วัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่แตกต่างกันตั้งแต่สามครั้งขึ้นไป...

หรือ

กรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำหลายตัวแปร (multivariate RM-ANOVA)

...ค่าเฉลี่ยของตัวแปรผลลัพธ์มีการเปลี่ยนแปลง หรือ แตกต่างกัน หรือไม่ ? อย่างไร ?  
ในภาพรวม (linear combination) ของแต่ละจุดเวลา (time points) วัดซ้ำ หรือ  
เงื่อนไขที่แตกต่างกัน ตั้งแต่สามเงื่อนไขขึ้นไป...

ขณะเดียวกันการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (RM-ANOVA) ยังสามารถถูกนำมาใช้เพื่อตอบคำถามวิจัยหลักในกรณีต้องการทราบเกี่ยวกับพัฒนาการ (growth) การเปลี่ยนแปลง (change) หรือ แนวโน้ม (trend) ของตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่องที่นักวิจัยสนใจได้ โดยเฉพาะกรณีตัวแปรการวัดซ้ำที่เกี่ยวข้องกับจุดเวลา หรือ ช่วงเวลา ตั้งแต่สามครั้งขึ้นไป เพราะถึงแม้ว่าการวิเคราะห์ RM-ANOVA จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลกรณีที่มีการวัดซ้ำสองครั้งได้ก็ตาม แต่ผลลัพธ์ที่ได้ ยังมีข้อจำกัดในการสรุปเพื่อขยายผลไปสู่การตอบโจทย์คำถามวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการ การเปลี่ยนแปลง หรือแนวโน้ม ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการนำวิธีการวิเคราะห์ RM-ANOVA มาใช้งาน ผู้เขียนจึงมุ่งเน้นความสำคัญไปที่ข้อสรุปที่ได้จากผลลัพธ์ ให้สามารถตอบโจทย์คำถามวิจัยให้มีความครอบคลุมได้มากกว่า โดยเฉพาะจำนวนการวัดซ้ำที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลา เพราะในทางปฏิบัติ หากนักวิจัยต้องการพิจารณาโจทย์คำถามวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการ การเปลี่ยนแปลง หรือแนวโน้มของจุดเปลี่ยนที่เกิดขึ้นจากการวัดซ้ำ ควรจำเป็นต้องมีอย่างน้อย 3 จุดเวลาขึ้นไป ข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้ จึงจะสามารถบ่งชี้พัฒนาการ การเปลี่ยนแปลง หรือแนวโน้มของแต่ละจุดที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจากมูลเหตุดังกล่าวนี้ จึงเป็นที่มาของการกำหนดจำนวนครั้งของการวัดซ้ำในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ RM-ANOVA ภายใต้อารมณ์นี้ เป็นตั้งแต่สามครั้งขึ้นไป ดังกรณีตัวอย่างที่ 3.1

### กรณีตัวอย่างที่ 3.1

(1) **กรณีงานวิจัย** นักวิจัยได้ทำการศึกษาโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อควบคุมระดับความดันเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน ระยะเวลา 6 เดือน โดยต้องการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงใน 3 จุดเวลา ได้แก่ ก่อนเริ่มโปรแกรม, 3 เดือนหลังเริ่มโปรแกรมและ 6 เดือน หรือเสร็จสิ้นโปรแกรม

**คำถามวิจัย** ได้แก่ ค่าเฉลี่ยระดับความดันเลือดของผู้ป่วยเบาหวานระหว่างก่อนเริ่มโปรแกรม, 3 เดือนหลังเริ่มโปรแกรมและ 6 เดือน หรือเสร็จสิ้นโปรแกรม แตกต่างกัน หรือไม่ ?

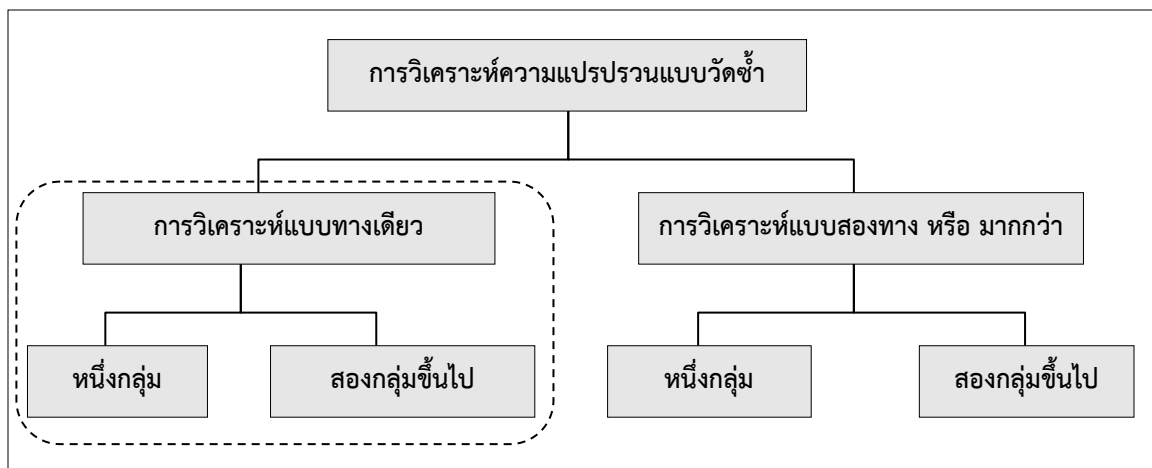
(2) **กรณีงานวิจัย** นักวิจัยได้พัฒนานวัตกรรมเกี่ยวกับสติ๊กเกอร์ไลน์ เพื่อนำไปใช้ในการให้ความรู้เรื่องภาวะน้ำหนักเกินแก่กลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จึงได้ออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่เน้นความเป็นอีสาน รูปแบบที่เน้นความเป็นไทยและรูปแบบที่เน้นความเป็นสากล จากนั้นจึงทำการศึกษากึ่งทดลอง โดยให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 20 คน ได้ทดลองใช้สติ๊กเกอร์ไลน์ทั้ง 3 รูปแบบ นั่นคือ ทุกคนต้องได้ถูกทดลองใช้ครบทั้ง 3 รูปแบบ จากนั้นจึงให้แต่ละคนประเมินคะแนนความพึงพอใจของสติ๊กเกอร์ไลน์ในแต่ละรูปแบบ โดยใช้ระยะเวลา 1 เดือน

**คำถามวิจัย** ได้แก่ ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีต่อสติ๊กเกอร์ไลน์ 3 รูปแบบ แตกต่างกัน หรือไม่ ?

จากกรณีตัวอย่างที่ 3.1 ข้างต้น พบว่า ประเด็นสำคัญในการพิจารณาเพื่อจำแนกความแตกต่างระหว่างวิธีการวิเคราะห์ ANOVA กับ RM-ANOVA นักวิจัยสามารถเริ่มต้นพิจารณาได้ว่า **ในหน่วยการทดลอง หรือ บุคคลเดิม มีการวัดซ้ำตามจำนวนจุดเวลา หรือ เงื่อนไข ตั้งแต่สามครั้งขึ้นไป หรือไม่ ?** เพราะจากกรณีงานวิจัยที่ 1 ค่อนข้างชัดเจนว่า ผู้ป่วยเบาหวานแต่ละรายถูกวัดซ้ำ 3 ครั้งตามจุดเวลาที่นักวิจัยกำหนด **ซึ่งแบบแผนวิจัยดังกล่าว สามารถเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ RM-ANOVA ได้** ขณะเดียวกันจากกรณีงานวิจัยที่ 2 หากมองคร่าวๆ นักวิจัยอาจคิดและมีความเป็นไปได้ว่า ข้อมูลของนักเรียนแต่ละบุคคล อาจถูกจำแนกเป็นแบบอิสระ ตามสติ๊กเกอร์ไลน์ 3 รูปแบบ หรือ 3 กลุ่ม ซึ่งไม่ถือว่า ผิด หากนักเรียนแต่ละคนนั้นถูกจัดให้ได้รับเฉพาะสติ๊กเกอร์ไลน์เพียงรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งอย่างเดียวนั่น แต่ในความเป็นจริงสำหรับกรณีข้างต้น นักเรียนทุกคนถูกจัดให้ได้รับสติ๊กเกอร์ไลน์ครบทั้งสามรูปแบบเท่ากัน ดังนั้นเราจึงถือว่า กรณีนี้เข้าข่ายการวัดซ้ำและสามารถนำวิธีการวิเคราะห์ RM-ANOVA มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยดังกล่าวได้

### 3.2.3 ลักษณะโจทย์การวิเคราะห์ข้อมูลที่พบบ่อยในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ แบบแผนงานวิจัย ซึ่งตัวแปรผลลัพธ์ มีค่าต่อเนื่องและถูกวัดซ้ำ หรือ มีความสัมพันธ์ ภายใต้อัตนเวลา หรือ เงื่อนไขที่แตกต่างกันในบุคคลเดิม ถือว่า ตัวแปรผลลัพธ์ดังกล่าว มีความสัมพันธ์กันและเมื่อคำถามวิจัยต้องการทราบเกี่ยวกับความแตกต่าง หรือ แนวโน้มระหว่างจุดเวลา หรือ เงื่อนไขที่แตกต่างกัน ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบวัดซ้ำ (RM-ANOVA) จึงถูกเลือกมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ภายใต้อัตนเวลาแบบแผนงานวิจัย หรือ โจทย์การวิเคราะห์ข้อมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งในตำราเล่มนี้ สามารถแบ่งได้ตามลักษณะที่นำมาใช้และพบบ่อยได้ ดังแผนภาพที่ 3.4



แผนภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะโจทย์การวิเคราะห์ที่พบบ่อยในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ

จากแผนภาพที่ 3.4 ข้างต้น เป็นแบบแผนงานวิจัย หรือลักษณะโจทย์การวิเคราะห์ที่พบบ่อยในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way repeated measures ANOVA; oneway-RM ANOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง หรือ มากกว่า แบบวัดซ้ำ (two-way or more than repeated measures ANOVA) ซึ่งทั้งสองกรณีดังกล่าว มีความเป็นไปได้ทั้งการศึกษาในแบบหนึ่งกลุ่มและตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไป โดยมีประเด็นความแตกต่างหลักของวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองกรณีอยู่ที่ **จำนวนตัวแปรอิสระ หรือ ปัจจัยที่สนใจ** นั่นคือ กรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ มีจำนวนตัวแปรอิสระ หรือ ตัวแปรที่บ่งชี้ระดับของจุดวัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่แตกต่างกัน เพียง 1 ตัวแปร ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง หรือ มากกว่า แบบวัดซ้ำ มีจำนวนตัวแปรอิสระ หรือ ตัวแปรที่บ่งชี้ระดับของจุดวัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป และมีชื่อเรียกตามจำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้ในการศึกษา เช่น กรณีจำนวนตัวแปรอิสระ หรือ ตัวแปรที่บ่งชี้ระดับของจุดวัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่แตกต่างกันสองตัวแปร เรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำและกรณีจำนวนตัวแปรอิสระ หรือ ตัวแปรที่บ่งชี้ระดับของจุดวัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่แตกต่างกันสามตัวแปร เรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนสามทางแบบวัดซ้ำ

เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ พบว่า แบบแผนงานวิจัย หรือ ลักษณะโจทย์ การวิเคราะห์ข้อมูลที่พบบ่อยและมักถูกนำมาใช้ค่อนข้างแพร่หลาย ได้แก่ กรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ โดยเฉพาะแบบหนึ่งกลุ่มและแบบสองกลุ่ม **ดังนั้นเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์หลักของตำราเล่มนี้ ซึ่งมุ่งเน้นประโยชน์ของการนำวิธีการและขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม STATA ไปใช้ได้จริง ภายใต้บริบทของงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ ผู้เขียนจึงได้กำหนดขอบเขตการนำเสนอประเด็นรายละเอียดเฉพาะการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ หรือ one-way repeated measures ANOVA (one-way RM-ANOVA) โดยครอบคลุมเฉพาะแบบหนึ่งกลุ่มและแบบสองกลุ่มเท่านั้น**

### 3.2.4 ลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะโจทย์การวิเคราะห์ข้อมูลที่พบบ่อยในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way RM-ANOVA) มีลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งนักวิจัยจำเป็นต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจ เพื่อนำไปใช้ประกอบในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผลและการสรุปผลลัพธ์ที่ได้ โดยสามารถจำแนกตามจำนวนกลุ่ม ได้ดังนี้

#### (1) กรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ : หนึ่งกลุ่ม

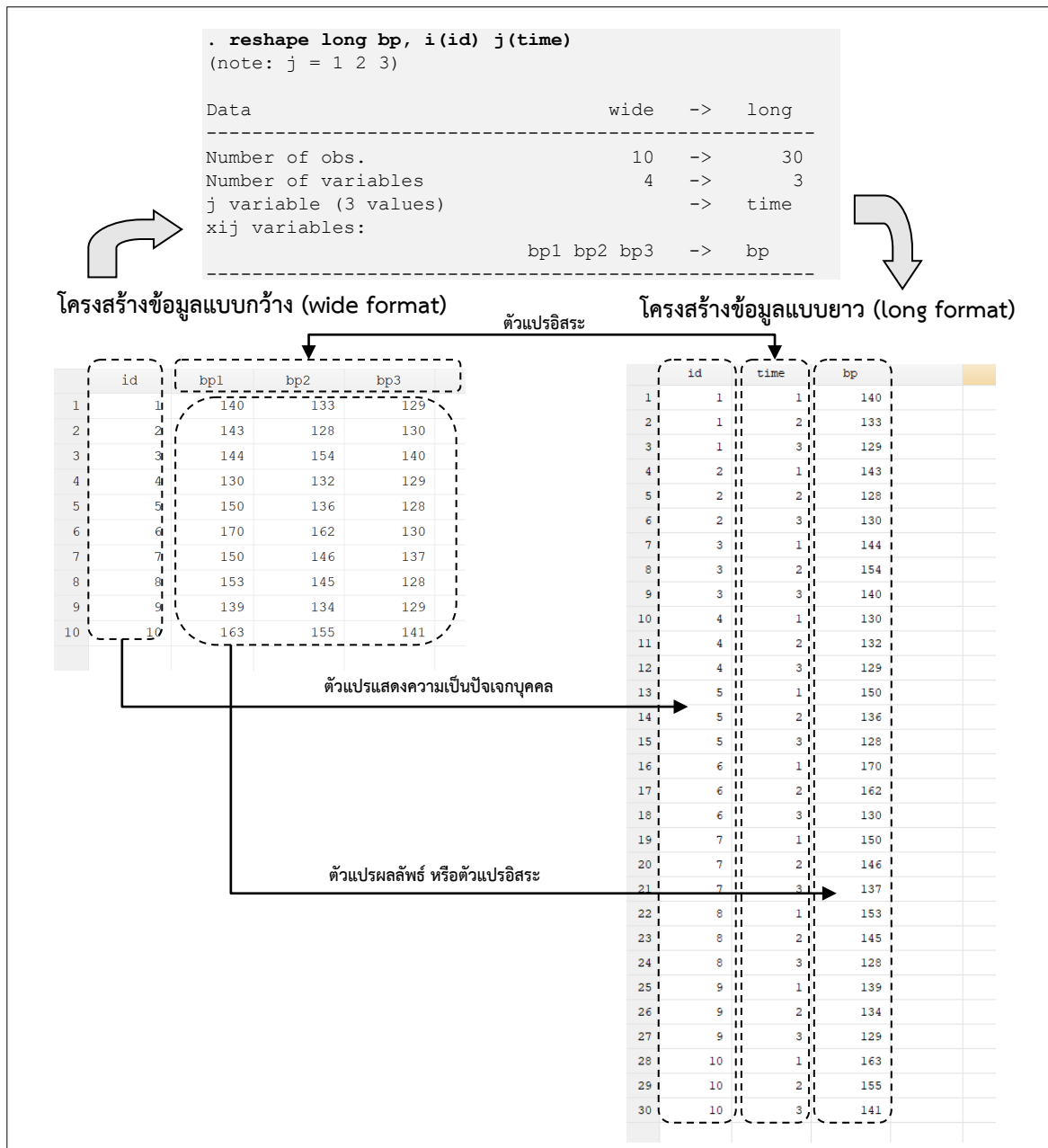
ลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย **ตัวแปรอิสระ ที่มีลักษณะการวัดแบบแจกนับ จำนวนหนึ่งตัวแปร, ตัวแปรผลลัพธ์ ที่มีลักษณะการวัดแบบต่อเนื่อง จำนวนหนึ่งตัวแปร และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว** ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภาพของชุดข้อมูลในโปรแกรม STATA แบบกว้าง (wide format) ได้ ดังแผนภาพที่ 3.5

	id	bp1	bp2	bp3
1	1	140	133	129
2	2	143	128	130
3	3	144	154	140
4	4	130	132	129
5	5	150	136	128
6	6	170	162	130
7	7	150	146	137
8	8	153	145	128
9	9	139	134	129
10	10	163	155	141

ตัวแปรแสดงความเป็นปัจเจกบุคคล  
 ตัวแปรอิสระ แสดงระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไข  
 ตัวแปรผลลัพธ์ หรือตัวแปรตาม  
 ถูกวัดซ้ำในแต่ละบุคคล ตามระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขของตัวแปรอิสระ

แผนภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ : หนึ่งกลุ่ม

จากแผนภาพที่ 3.5 ข้างต้น ชุดข้อมูลในโปรแกรม STATA อยู่ในแบบกว้าง หรือ wide format ซึ่งนักวิจัยสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ ด้วยการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร (multivariate analysis) ขณะเดียวกันนักวิจัยก็สามารถเปลี่ยนรูปแบบจากแบบกว้าง (wide format) ไปเป็นแบบยาว (long format) เพื่อทำการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (univariate analysis) ได้ ซึ่งรายละเอียดของวิธีการทั้งสองวิธีดังกล่าว นักวิจัยสามารถศึกษาได้ในหัวข้อถัดไป โดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างข้อมูลจากแบบกว้าง เป็นแบบยาวสามารถแสดงได้ ดังแผนภาพที่ 3.6



แผนภาพที่ 3.6 แสดงคำสั่งและผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงโครงสร้างข้อมูลแบบกว้างไปสู่แบบยาวด้วยโปรแกรม STATA

จากแผนภาพที่ 3.6 ข้างต้น เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างข้อมูลจากแบบกว้าง (wide format) ไปเป็นแบบยาว (long format) ด้วยคำสั่ง **reshape** ของโปรแกรม STATA และจากโครงสร้างข้อมูลดังกล่าว สามารถนำมาใช้เพื่ออธิบายลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องในกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ: กลุ่มเดียว ได้ดังนี้

1.1) ตัวแปรแสดงความเป็นปัจเจกบุคคล (subject's variable) หมายถึง ตัวแปรที่นักวิจัยจำเป็นต้องกำหนดขึ้น เพื่อบ่งชี้ หรือระบุความเป็นตัวตนของแต่ละบุคคล หรือ แต่ละหน่วยการทดลองที่มีอยู่ในชุดข้อมูล เพราะในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม STATA นักวิจัยจำเป็นต้องระบุและอ้างอิงถึงชื่อตัวแปรดังกล่าวนี้ ไว้ในชุดคำสั่ง เพื่อให้โปรแกรมนำตัวแปรดังกล่าว ไปใช้ในการพิจารณาเพื่อจำแนกแต่ละบุคคลสำหรับการวิเคราะห์ระหว่างปัจเจกบุคคล (between-subjects analysis) ซึ่งในทางปฏิบัติ ตัวแปรนี้ มักกำหนดชื่อให้สามารถสื่อความหมายในเชิง **รหัส หรือหมายเลขประจำตัว** ดังเช่นโครงสร้างชุดข้อมูลทั้งแบบกว้างและแบบยาวในแผนภาพที่ 3.3 พบว่า **ตัวแปร id ถือเป็นตัวแปรแสดงความเป็นปัจเจกบุคคล และมีลักษณะการวัดของตัวแปรแบบแจกนับ (categorical data)**

1.2) ตัวแปรปัจจัย หรือตัวแปรอิสระ (factor or independent variable) ในกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ หมายถึง **ตัวแปรที่ใช้ถูกนำมาใช้ในการจำแนกระดับของจุดเวลา (time points) หรือเงื่อนไข (conditions) ออกเป็นกลุ่มที่สัมพันธ์กัน (related groups) โดยแตกต่างกันตั้งแต่สามครั้ง หรือสามเงื่อนไขขึ้นไป** ดังเช่นโครงสร้างชุดข้อมูลทั้งแบบกว้างและแบบยาวในแผนภาพที่ 3.3 พบว่า โครงสร้างชุดข้อมูลแบบกว้าง **ตัวแปร time1, time2 และ time3 และโครงสร้างชุดข้อมูลแบบยาว ตัวแปร time ถือเป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งแสดงจุดเวลาของการวัดระดับความดันเลือดที่แตกต่างกัน 3 ครั้ง และมีลักษณะการวัดของตัวแปรแบบแจกนับ (categorical data) เช่นเดียวกันกับตัวแปรปัจเจกบุคคล**

1.3) ตัวแปรผลลัพธ์ หรือตัวแปรตาม (outcome or dependent variable) ในกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ หมายถึง **ตัวแปรที่ถูกวัดค่าผลลัพธ์ตามที่นักวิจัยต้องการศึกษาแบบวัดซ้ำตามระดับของจุดเวลา หรือเงื่อนไขที่แตกต่างกันของตัวแปรอิสระ** ดังเช่นโครงสร้างชุดข้อมูลทั้งแบบกว้างและแบบยาวในแผนภาพที่ 3.3 พบว่า โครงสร้างชุดข้อมูลแบบกว้าง ค่าตัวเลขที่ถูกวัดและปรากฏอยู่ในแต่ละ **ตัวแปร time1, time2 และ time3 และโครงสร้างชุดข้อมูลแบบยาว ตัวแปร bp หรือระดับความดันเลือด ถือเป็นตัวแปรผลลัพธ์ ซึ่งถูกวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ในจุดเวลาที่แตกต่างของตัวแปรอิสระ time1, time2 และ time3 ในชุดข้อมูลแบบกว้าง หรือ time ในชุดข้อมูลแบบยาว และมีลักษณะการวัดของตัวแปรแบบต่อเนื่อง (continuous data)**

## (2) กรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ : สองกลุ่ม

ลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย **ตัวแปรอิสระ** ที่มีลักษณะการวัดแบบแจกนับ จำนวนหนึ่งตัวแปร, **ตัวแปรผลลัพธ์** ที่มีลักษณะการวัดแบบต่อเนื่อง จำนวนหนึ่งตัวแปร และ**ตัวแปรจำแนกกลุ่ม** ที่มีลักษณะการวัดแบบแจกนับ จำนวนหนึ่งตัวแปร ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภาพของชุดข้อมูลในโปรแกรม STATA แบบยาว (long format) ได้ ดังแผนภาพที่ 3.7

	id	treat	time	bp
1	1	1	1	140
2	1	1	2	133
3	1	1	3	129
4	2	1	1	143
5	2	1	2	128
6	2	1	3	130
7	3	1	1	144
8	3	1	2	154
9	3	1	3	140
10	4	1	1	130
11	4	1	2	132
12	4	1	3	129
13	5	1	1	150
14	5	1	2	136
15	5	1	3	128
16	6	2	1	170
17	6	2	2	162
18	6	2	3	130
19	7	2	1	150
20	7	2	2	146
21	7	2	3	137
22	8	2	1	153
23	8	2	2	145
24	8	2	3	128
25	9	2	1	139
26	9	2	2	134
27	9	2	3	129
28	10	2	1	163
29	10	2	2	155
30	10	2	3	141

แผนภาพที่ 3.7 แสดงลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ : สองกลุ่ม

จากแผนภาพที่ 3.7 ข้างต้น เป็นโครงสร้างชุดข้อมูลในรูปแบบยาว (long format) ของโปรแกรม STATA ในกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ : สองกลุ่ม ซึ่งเหมาะสมกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว ซึ่งจากโครงสร้างดังกล่าว เมื่อพิจารณาลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้อง พบว่า ตัวแปรแสดงความเป็นปัจเจกบุคคล ตัวแปรอิสระและตัวแปรผลลัพธ์ ยังคงมีอยู่ และมีความหมายเช่นเดียวกับกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ : หนึ่งกลุ่ม แต่มีความแตกต่างที่เพิ่มเติมเข้ามา นั่นคือ การเพิ่มตัวแปรที่ใช้ในการจำแนกกลุ่ม (group) ในทางปฏิบัติ ตัวแปรดังกล่าว มักถูกแบ่งเป็น *กลุ่มทดลอง หรือ กลุ่มศึกษา* (experimental or study group) ซึ่งหมายถึง กลุ่มที่ได้รับโปรแกรม หรือ สิ่งแทรกแซงที่นักวิจัยสนใจศึกษา ขณะที่อีกกลุ่มเรียกว่า *กลุ่มควบคุม* หมายถึง กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรม หรือ สิ่งแทรกแซงที่ต้องการศึกษา แต่อาจได้รับวิธีการอย่างอื่น เช่น วิธีการปฏิบัติที่เป็นปกติ หรือ ได้รับยาหลอก (placebo) ในกรณีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาประสิทธิภาพของยา เป็นต้น ดังเช่นโครงสร้างชุดข้อมูลแบบยาว ในแผนภาพที่ 3.4 พบว่า *ตัวแปร treat ถือเป็นตัวแปรจำแนกกลุ่ม และมีลักษณะการวัดของตัวแปร แบบแจกนับ (categorical data)*

### 3.2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรเดียวและแบบหลายตัวแปร

ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นักวิจัยส่วนใหญ่ มักเข้าใจและคุ้นเคยกับการเรียกวิธีการทางสถิติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยชื่อเฉพาะของวิธีการทางสถิติในแต่ละวิธี เช่น การวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติก (logistic regression) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) หรือการวิเคราะห์ t-test แบบสองกลุ่มอิสระ เป็นต้น ขณะที่ในทางปฏิบัติ ยังมีการเรียกวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยจำแนกวิธีการเรียกชื่อให้ขึ้นกับจำนวนตัวแปรตาม (outcome หรือ dependent variable) ที่นำมาพิจารณา นั่นคือ *หากกรณีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น มีการพิจารณาตัวแปรตามหนึ่งตัว จะเรียกวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นว่า การวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (univariate analysis)* หรือรูปแบบโครงสร้างข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม STATA อยู่ในรูปแบบยาว หรือ long format เช่น การวิเคราะห์ t-test แบบสองกลุ่มอิสระ หรือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) เป็นต้น *ส่วนหากกรณีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น มีการพิจารณาตัวแปรตามมากกว่าหนึ่งตัวขึ้นไป จะเรียกวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นว่า การวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายตัวแปร (multivariate analysis)* หรืออยู่ในรูปโครงสร้างข้อมูลแบบกว้าง หรือ wide format เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม STATA เช่น การวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis, FA) หรือการวิเคราะห์ตัวแบบสมการเชิงโครงสร้าง (structural equation modeling, SEM) เป็นต้น สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำก็เช่นเดียวกัน นักวิจัยสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยพิจารณาได้ทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียวและแบบหลายตัวแปร ภายใต้เงื่อนไขข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติและวิธีการทางสถิติในการตัดสินใจนำมาใช้ที่แตกต่างกัน ดังนี้

## (1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำตัวแปรเดียว (univariate RM-ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำตัวแปรเดียว เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งพิจารณาตัวแปรตามแบบตัวแปรเดียว เพื่อตอบคำถามวิจัยเกี่ยวกับ “ค่าเฉลี่ยของตัวแปรผลลัพธ์ แบบต่อเนื่อง มีการเปลี่ยนแปลง หรือ แตกต่างกัน หรือไม่ ? อย่างไร ? ในแต่ละจุดเวลา (time points) ที่วัดซ้ำ หรือเงื่อนไข (conditions) ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่สามครั้ง หรือ สามเงื่อนไขขึ้นไป” โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำตัวแปรเดียวนี้ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญ ได้แก่ ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity หรือ ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนที่วัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลองว่า ไม่แตกต่างกัน (Armstrong RA, 2017) ซึ่งในทางปฏิบัติ ข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าวนี้ มักถูกตรวจสอบด้วย วิธีการทดสอบ Mauchly's test โดยเป็นวิธีการที่นำเอาค่าประมาณของสถิติทดสอบไคสแควร์ (approximated chi-square) มาใช้ในการคำนวณขนาด p-value เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจสมมติฐานหลักเกี่ยวกับความไม่แตกต่างของความแปรปรวนภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นของ sphericity ( $H_0$  : ความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนที่วัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลอง ไม่แตกต่างกัน) ซึ่งจากแนวทางดังกล่าว จึงส่งผลให้อำนาจการทดสอบ (power of the test) ของวิธีการทดสอบ Mauchly's test ขึ้นกับขนาดตัวอย่าง (Singh et al, 2013) นั่นคือ ในทางปฏิบัติ เมื่อทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของ sphericity ด้วยวิธีการ Mauchly's test หากขนาดตัวอย่างในการทดสอบเพิ่มมากขึ้น โอกาสที่นักวิจัยจะตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐานหลัก ( $H_0$ ) หรือ พบการมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} < 0.05$ ) จะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย แม้ความแตกต่างที่เกิดขึ้นดังกล่าว จะมีเพียงเล็กน้อยก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากค่า p-value ที่คำนวณได้แปรผกผันโดยตรงกับขนาดตัวอย่าง (พงษ์เดช สารการ, 2557) หรือ อาจกล่าวได้ว่า

“เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น แม้ความแตกต่างของความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนที่วัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลอง จะมีเพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่วิธีการทดสอบ Mauchly's test ซึ่งใช้ค่า p-value ที่คำนวณได้จากค่าประมาณของสถิติทดสอบไคสแควร์และแปรผกผันโดยตรงต่อขนาดตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลทำให้ค่า p-value ที่คำนวณได้ แนวโน้มมีค่าน้อยลงและนำไปสู่การเปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) และตัดสินใจสรุปผลได้ว่า มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} < 0.05$ ) ซึ่งในทางปฏิบัติ เมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ มาสรุปเป็นผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity จึงสรุปได้ว่า มีการละเมิด (violation) หรือ ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของ sphericity”

จากประเด็นการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ข้างต้น เมื่อนักวิจัยเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำตัวแปรเดียว หรือ การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ univariate RM-ANOVA ซึ่งจำเป็นต้องมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity จึงมักพบแนวโน้มของการถูกละเมิด หรือ การไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าวค่อนข้างบ่อย ขึ้นกับขนาดตัวอย่างที่มีจำนวนมาก หรือ น้อยเกินไป แต่อย่างไรก็ตาม ประเด็นการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ได้มีการพัฒนาวิธีการและถูกนำมาใช้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น ด้วยการนำปัจจัยการปรับแก้ (correction factor) หรือ เรียกว่า epsilon (เอฟ-ซิลอน,  $\epsilon$ ) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง  $\frac{1}{k-1}$  ถึง 1 (เมื่อ  $k$  = จำนวนครั้งของการวัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลอง) มาคูณกับค่าองศาความเป็นอิสระ หรือ degree of freedom เดิม เพื่อปรับเป็นค่า degree of freedom ใหม่และนำไปใช้ในการคำนวณค่า F-test และค่า p-value สำหรับการตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐานเพื่อตอบคำถามวิจัยในภาพรวม (overall) ของงานวิจัยต่อไป ซึ่งค่า epsilon ( $\epsilon$ ) ที่นำมาพิจารณาปรับค่าดังกล่าวในทางปฏิบัติ ประกอบด้วย 3 วิธี ได้แก่ Greenhouse-Geisser correction, Huynh-Feldt correction และ Lower-Bound correction ส่วนการตัดสินใจ เพื่อเลือกนำวิธีการดังกล่าวมาใช้ มีได้หลายแนวทาง ขึ้นกับแนวคิดและทฤษฎีการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีแนวปฏิบัติที่ได้รับการยอมรับ และถูกนำมาใช้ค่อนข้างแพร่หลาย ภายใต้แนวทางการพิจารณาดังนี้

เมื่อข้อตกลงเกี่ยวกับ sphericity ถูกตรวจสอบด้วยวิธี Mauchly's test หากพบว่า “ข้อตกลงเบื้องต้นไม่ถูกละเมิด หรือ ผ่านตามเงื่อนไขของข้อตกลงเบื้องต้น” หรือ อาจกล่าวอ้างอิงถึงค่า epsilon ( $\epsilon$ ) ได้ว่า เท่ากับ 1 ( $\epsilon = 1$ ) แต่หากพบว่า “ข้อตกลงเบื้องต้นถูกละเมิด หรือ ไม่ผ่านตามเงื่อนไขของข้อตกลงเบื้องต้น” นั้นหมายความว่า ค่า  $\epsilon$  ที่ได้ จะมีค่าน้อยกว่า 1 ( $\epsilon < 1$ ) ทำให้มีผลกระทบต่อค่า degree of freedom ที่ได้ นั่นคือ เมื่อเลือกใช้วิธีการของ Greenhouse-Geisser correction จะทำให้ได้ค่าประมาณที่ต่ำกว่าความเป็นจริง (underestimate) และเมื่อเลือกใช้วิธีการของ Huynh-Feldt correction จะทำให้ได้ค่าประมาณเกินจริง (overestimate) ดังนั้น **Verma JP (2015)** จึงได้ให้ข้อเสนอแนะในเชิงหลักการทั่วไป (rule of thumb) สำหรับการพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้วิธีการปรับแก้ค่า (correction adjustment) ระหว่างวิธี Greenhouse-Geisser และวิธี Huynh-Feldt ไว้ดังนี้

“หากค่าประมาณของ epsilon ( $\epsilon$ ) ที่คำนวณได้ มีค่า  $\leq 0.75$  ควรเลือกใช้วิธีการ Greenhouse-Geisser correction ขณะที่หากค่าประมาณของ epsilon ที่คำนวณได้ มีค่า  $> 0.75$  ขึ้นไป ควรเลือกใช้วิธีการของ Huynh-Feldt correction แทน”

นอกเหนือจากประเด็นการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ซึ่งนักวิจัยจำเป็นต้องให้ความสำคัญในรายละเอียดดังกล่าวข้างต้นแล้ว การเลือกโปรแกรมสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลก็ถือว่า มีความสำคัญเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อนักวิจัยตัดสินใจเลือกโปรแกรม STATA มาใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำตัวแปรเดียว หรือ การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ univariate RM-ANOVA นักวิจัยจำเป็นต้องจัดรูปแบบโครงสร้างข้อมูลให้สอดคล้องและเหมาะสมกับวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าว นั่นคือ **จำเป็นต้องจัดรูปแบบโครงสร้างข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบยาว หรือ long format** เนื่องจากรูปแบบการวิเคราะห์นี้ จะมีการพิจารณาตัวแปรตามแบบต่อเนื่องในลักษณะตัวแปรเดียว ถึงแม้แบบแผนงานวิจัย จะอยู่ในรูปแบบการวัดซ้ำที่มีมากกว่าสองระดับขึ้นไปก็ตาม ตัวแปรตามที่นำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ยังคงถูกระบุและกำหนดให้มีเพียงตัวแปรเดียว โดยตัวแปรอิสระ ซึ่งมีลักษณะข้อมูลแบบกลุ่ม จะถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรที่ใช้ในการกำหนด หรือ บ่งชี้จำนวนการวัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขในแต่ละครั้ง **ดังแสดงในแผนภาพที่ 3.6** และดังที่กล่าวไปข้างต้น วิธีการ Mauchly's test ซึ่งใช้ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ขึ้นกับขนาดตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเฉพาะเมื่อขนาดตัวอย่างที่ใช้มีขนาดใหญ่มากพอ หรือ  $n > 10+k$  ;  $k =$  **จำนวนการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มี (Maxwell and Delaney, 1990)** อาจมีผลโดยตรงต่อแนวโน้ม หรือ โอกาสในการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว ขณะเดียวกันก็นำไปสู่การเพิ่มขึ้น หรือ การลดลงของอำนาจการทดสอบทางสถิติด้วยเช่นเดียวกัน **เพราะหากข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ไม่ถูกละเมิด** การวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (univariate RM-ANOVA) จะมีอำนาจการทดสอบทางสถิติ **มากกว่า** แบบหลายตัวแปร (multivariate RM-ANOVA) **และในทางตรงข้าม หากข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ถูกละเมิด** จะพบว่า การวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร (multivariate RM-ANOVA) จะมีอำนาจการทดสอบทางสถิติ **มากกว่า** แบบตัวแปรเดียว (univariate RM-ANOVA) ดังนั้นในทางปฏิบัติของการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาดังกล่าว ผู้เขียนจึงได้ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ดังนี้

เมื่อขนาดตัวอย่างในการทดลองมีขนาดใหญ่มากพอ ( $n > 10+k$  ;  $k =$  จำนวนการวัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่มี) นักวิจัยควรตัดสินใจเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร (multivariate RM-ANOVA) มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำได้ โดยวิธีการดังกล่าวนี้ นักวิจัยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity

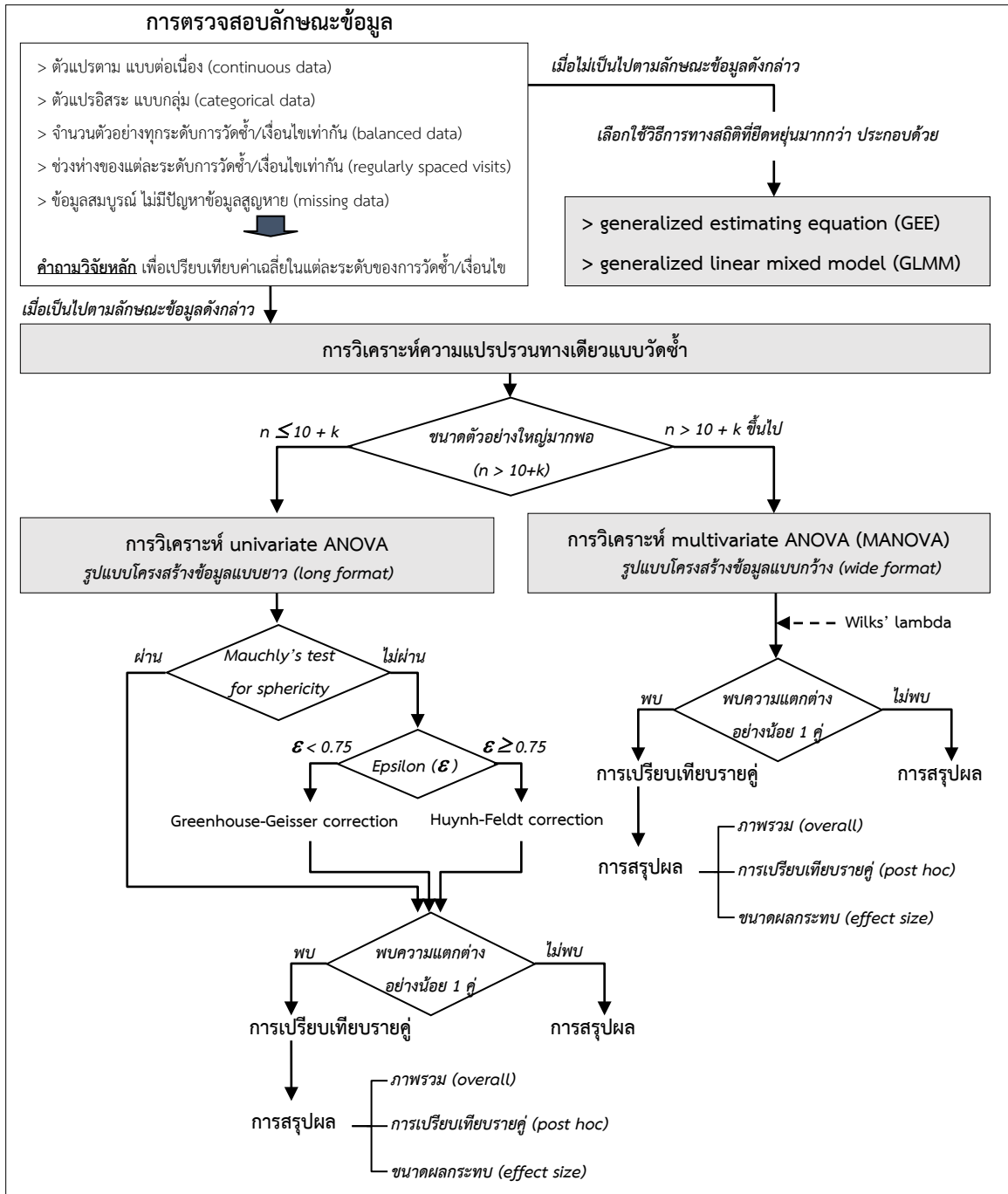
## (2) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำหลายตัวแปร (multivariate RM-ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำหลายตัวแปร เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งพิจารณาตัวแปรตามแบบหลายตัวแปรไปพร้อมกัน เพื่อตอบคำถามวิจัยเกี่ยวกับ “ค่าเฉลี่ยของตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่อง มีการเปลี่ยนแปลง หรือแตกต่างกัน หรือไม่ ? อย่างไร ? ในภาพรวม (linear combination) ของแต่ละจุดเวลา (time points) วัดซ้ำ หรือเงื่อนไข ตั้งแต่สามครั้ง/เงื่อนไขขึ้นไปที่สัมพันธ์กัน” โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำหลายตัวแปร ไม่จำเป็นต้องมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity เช่นเดียวกับวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำตัวแปรเดียว จึงทำให้นักวิจัยผ่อนคลายจากข้อตกลงเบื้องต้นที่ค่อนข้างเข้มงวด แต่อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นอื่นที่มี ก็ยังมีความจำเป็นและจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป ขณะเดียวกันค่าสถิติ F ที่ได้และนำมาใช้ในการพิจารณาค่า p-value เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการทดสอบสมมติฐานหลัก สำหรับการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ประกอบด้วย 4 วิธี ได้แก่ วิธี Wilks' lambda, วิธี Pillai's trace, วิธี Lawley-Hotelling trace และวิธี Roy's largest root ซึ่งค่า F และค่า p-value ที่ได้และนำมาใช้เพื่อตัดสินใจจากทั้ง 4 วิธีดังกล่าว ให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ วิธีที่มักถูกนำมาใช้และเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นวิธีที่มีอำนาจการทดสอบทางสถิติมากกว่าวิธีอื่น ได้แก่ วิธี Wilks' lambda (Patel S and Bhavsar CD, 2013) และเช่นเดียวกัน เมื่อนักวิจัยตัดสินใจเลือกโปรแกรม STATA มาใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำหลายตัวแปร หรือการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ multivariate RM-ANOVA นักวิจัยจำเป็นต้องจัดรูปแบบโครงสร้างข้อมูลให้สอดคล้องและเหมาะสมกับวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าว นั่นคือ จำเป็นต้องจัดรูปแบบโครงสร้างข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบกว้าง หรือ wide format เนื่องจากรูปแบบการวิเคราะห์นี้ จะมีการพิจารณาตัวแปรตามแบบต่อเนื่อง ในลักษณะหลายตัวแปร ตามจำนวนการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีมากกว่าสองระดับขึ้นไป นั่นคือ ตัวแปรตาม จะถูกแยกตามคอลัมน์ตามจำนวนการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีมากกว่าสองระดับขึ้นไปนั่นเอง ขณะที่ตัวแปรอิสระ ซึ่งมีลักษณะข้อมูลแบบกลุ่ม จะถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรที่อยู่ในคอลัมน์แยกเฉพาะต่างหาก ขณะเดียวกันในแต่ละแถวก็จะแทนความหมายของรายบุคคล หรือ subject ที่ถูกวัดซ้ำ ดังแสดงในแผนภาพที่ 3.6

ซึ่งจากแนวทางที่เป็นไปได้ดังกล่าวข้างต้น ทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียวและแบบหลายตัวแปร สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ เราสามารถนำประเด็นต่างๆ มารวบรวมและกำหนดเป็นแผนผังแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ให้นักวิจัยเกิดความชัดเจนและสามารถนำแนวทางที่ได้ไปใช้งานในทางปฏิบัติได้อย่างคล่องตัวมากขึ้น ดังได้กล่าวโดยละเอียดไว้ในหัวข้อถัดไป

### 3.3 แผนผังการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ

จากรายละเอียดการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำทั้งแบบตัวแปรเดียวและแบบหลายตัวแปรดังกล่าวข้างต้น สามารถนำมากำหนดเป็นแผนผังแสดงแนวทางการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ด้วยโปรแกรม STATA ได้ ดังแผนภาพที่ 3.8



แผนภาพที่ 3.8 แสดงแผนผังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ด้วยโปรแกรม STATA

จากแผนภาพที่ 3.8 ข้างต้น เป็นแผนผังแสดงแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ โดยในเบื้องต้น นักวิจัยจำเป็นต้องตรวจสอบลักษณะข้อมูลที่ตนเองมีอยู่ก่อนว่า เป็นไปตามลักษณะที่สอดคล้องกับวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ หรือไม่? ซึ่งประกอบด้วย **ตัวแปรตาม หรือตัวแปรผลลัพธ์ ต้องมีลักษณะแบบต่อเนื่อง (ช่วงสเกล หรือ อัตราส่วนสเกล) โดยตัวอย่างต้องถูกเลือกมาอย่างสุ่มจากประชากรที่ศึกษา และแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขของตัวแปรตาม ควรมีการแจกแจงแบบปกติ (Singh V et al, 2013) ขณะเดียวกัน ตัวแปรอิสระ ต้องมีลักษณะแบบกลุ่มและขนาดตัวอย่าง (subjects) ในแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไข ควรมีขนาดเท่ากัน (balanced data) รวมถึงควรมีระยะห่างของช่วงเวลาที่วัด หรือที่ได้รับเงื่อนไข ในแต่ละเงื่อนไขเท่าเทียมกันด้วย (regularly timed data) และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ควรเป็นข้อมูลที่สมบูรณ์ (completed data) ไม่มีปัญหาข้อมูลสูญหาย (missing data) เพราะหากมีค่าข้อมูลสูญหายเกิดขึ้นของตัวแปรเพียงหนึ่ง หรือมากกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียวและแบบหลายตัวแปร จะทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยตัดข้อมูลตัวแปรอื่นที่เหลือทั้งหมดของตัวอย่างนั้น ออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล (listwise deletion) จึงทำให้ขนาดตัวอย่างลดลงและส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ที่ได้ มีค่าสูงขึ้นและเป็นผลกระทบต่อเนื่องไปสู่ความน่าเชื่อถือและความแม่นยำของค่า p-value และค่าช่วงเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ที่ได้ตามมา ภายใต้คำถามวิจัยหลักเกี่ยวกับ “ค่าเฉลี่ยของตัวแปรผลลัพธ์ มีการเปลี่ยนแปลง หรือแตกต่างกัน หรือไม่? อย่างไร? ระหว่างจุดเวลา (time points) วัดซ้ำ/เงื่อนไข (conditions) ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่สามครั้งขึ้นไป” หรือ เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือ เงื่อนไขที่เกิดขึ้นจากการทดลองนั่นเอง ซึ่งจากลักษณะข้อมูลและคำถามวิจัยที่กล่าวไปข้างต้น**

หากนักวิจัยพบว่า มีบางกรณีของข้อมูลที่มีอยู่ ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขดังกล่าว การเลือกวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล อาจไม่เหมาะสมและมีข้อจำกัด ดังนั้นจึงควรเลือกใช้วิธีการทางสถิติที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า นั่นคือ วิธีการสมการประมาณค่าหน่วยทั่วไป (generalized estimating equation, GEE) หรือ วิธีการตัวแบบผสมเชิงเส้นหน่วยทั่วไป (generalized linear mixed model, GLMM) ดังแผนภาพที่ 3.8

ซึ่งวิธีการสมการประมาณค่าหน่วยทั่วไป หรือ GEE นักวิจัยสามารถศึกษารายละเอียดได้ในบทที่เกี่ยวข้องถัดไป แต่สำหรับวิธีการตัวแบบผสมเชิงเส้นหน่วยทั่วไป หรือ GLMM นั้น ยังไม่มีการกล่าวถึงในตำรานี้ เพราะอยู่นอกขอบเขตเนื้อหาของเล่ม

ภายหลังจากนักวิจัยได้ตรวจสอบลักษณะข้อมูลและคำถามวิจัยที่มีอยู่แล้วพบว่า เป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุดังกล่าวข้างต้นทั้งหมด นั่นก็แสดงว่า นักวิจัยสามารถเลือกวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ มาใช้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่นักวิจัยมีอยู่ เพื่อตอบคำถามวิจัยตามที่ต้องการทราบได้ แต่เนื่องจากแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ มีความเป็นไปได้ทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียวและแบบหลายตัวแปร ดังนั้นนักวิจัย จึงควรตัดสินใจเลือกแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลให้สอดคล้องและเหมาะสม โดยที่ผ่านมามีข้อเสนอแนะให้ตัดสินใจเลือกแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียวไปก่อน จากนั้นเมื่อมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity แล้ว หากพบว่า “ไม่ผ่าน หรือถูกละเมิด” จึงตัดสินใจเปลี่ยนไปเลือกแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายตัวแปร มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพรวม (overall) ต่อไป ซึ่งจากแนวทางดังกล่าวและรายละเอียดที่เคยชี้แจงไปข้างต้นเกี่ยวกับ “วิธีการ Mauchly’s test ขึ้นกับขนาดตัวอย่างที่นำมาใช้” นั่นคือ หากขนาดตัวอย่างมีแนวโน้มมาก โอกาสของการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (หรือ การถูกละเมิด) ก็มีโอกาสเพิ่มมากขึ้น ขณะเดียวกัน “เมื่อขนาดตัวอย่างน้อย การวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว จะให้อำนาจการทดสอบทางสถิติมากกว่า เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายตัวแปร” ซึ่งจากประเด็นดังกล่าว เพื่อให้เกิดความชัดเจนในทางปฏิบัติสำหรับการตัดสินใจและสอดคล้องกับหลักการเชิงทฤษฎี ผู้เขียนจึงได้เสนอแนะแนวทางในการตัดสินใจด้วยขนาดตัวอย่างที่มากพอ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาของ Maxwell and Delaney (1990) ได้แก่  $n > 10 + k$ ;  $k =$  จำนวนการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มี ดังนี้

เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่มากพอ ( $n > 10 + k$ ;  $k =$  จำนวนการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มี) นักวิจัยควรเลือกแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายตัวแปร ขณะที่หากขนาดตัวอย่างไม่ใหญ่มากพอ ( $n \leq 10 + k$ ;  $k =$  จำนวนการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มี) นักวิจัยควรเลือกแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว ดังแผนภาพที่ 3.8

เมื่อนักวิจัยตัดสินใจเลือกแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลตามแนวทางดังกล่าวข้างต้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือ การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งในส่วนของวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียวนอกเหนือจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นที่เป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้ว ยังมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ซึ่งถือเป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่ค่อนข้างเข้มงวดของการวิเคราะห์ตามแนวทางดังกล่าว ขณะที่การวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายตัวแปร นักวิจัยไม่จำเป็นต้องทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ดังกล่าว ซึ่งรายละเอียดของแต่ละประเด็นและวิธีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นทั้งสองแนวทางด้วยโปรแกรม STATA นักวิจัยสามารถติดตามและศึกษาเพิ่มเติมในหัวข้อกรณีตัวอย่างได้

เมื่อมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องของแต่ละแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลตามประเด็นที่เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดจากนี้ไป ถือว่า แนวปฏิบัติของการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งกรณีแบบตัวแปรเดียว หรือแบบหลายตัวแปร มีประเด็นที่ต้องดำเนินการเช่นเดียวกัน โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับความแตกต่างที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไข ซึ่งหากพบว่า ***มีความแตกต่าง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ*** ( $p\text{-value} \geq 0.05$ ) นักวิจัยสามารถสรุปผลการศึกษาไปตามข้อเท็จจริงที่ปรากฏจากผลการวิเคราะห์ได้เลย แต่หากพบว่า ***มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ*** ( $p\text{-value} < 0.05$ ) ข้อสรุปดังกล่าวนี้ ได้สะท้อนให้เห็นว่า “พบความแตกต่างที่เกิดขึ้น อย่างน้อย 1 คู่ของระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไข” ซึ่งนักวิจัย จำเป็นต้องหาข้อสรุปเพิ่มเติมต่อไปเกี่ยวกับความแตกต่างที่เกิดขึ้นรายคู่ หรือการเปรียบเทียบรายคู่ (post hoc test) ด้วยวิธีการ Bonferroni test ที่มีการปรับค่า เพื่อลดความลำเอียง (bias) ที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อพิสูจน์ หรือหาข้อสรุปให้ได้ว่า “การสรุปภาพรวม (overall) ที่บ่งชี้ว่า พบความแตกต่างที่เกิดขึ้น อย่างน้อย 1 คู่ของระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขนั้น มีคู่ใดบ้าง ? ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ” และควรนำเสนอข้อสรุปที่ได้ ออกมาเป็นรายคู่ที่พบความแตกต่าง ครอบคลุมทั้งค่า  $p\text{-value}$  และ 95%CI ของผลต่างที่เกิดขึ้น ขณะเดียวกันนักวิจัย ควรต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดผลกระทบ หรือ effect size และนำเสนอขนาดผลกระทบที่คำนวณได้ดังกล่าว เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงสัดส่วนของความผันแปรที่เกิดขึ้นในภาพรวมของการทดลองจากสิ่งแทรกแซง (intervention) ที่นักวิจัยสนใจศึกษา อีกทั้งควรนำเสนอแผนภาพแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มี เพื่อประกอบให้เห็นแนวโน้มที่เกิดขึ้นของตัวแปรผลลัพธ์จากสิ่งแทรกแซงที่ศึกษาดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า

ในการนำเสนอข้อสรุปผลที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียววัดซ้ำ ทั้งกรณีการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียวและแบบหลายตัวแปร นักวิจัยควรนำเสนอให้ครอบคลุมทั้งข้อสรุปเชิงเปรียบเทียบด้วยค่า  $p\text{-value}$ , ข้อสรุปเชิงขนาดด้วยค่า 95%CI และค่า effect size ภายใต้ประเด็นที่นำเสนอ ได้แก่ ภาพรวมของการเปรียบเทียบ (overall) และการเปรียบเทียบรายคู่ (post hoc test) รวมถึงการนำเสนอแผนภาพประกอบเพื่อแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของตัวแปรผลลัพธ์ในแต่ละระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่ศึกษา

### 3.4 การทำความเข้าใจเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อตกลงเบื้องต้น sphericity

**ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity** หมายถึง ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนที่วัดซ้ำ หรือเงื่อนไข ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลอง **ไม่แตกต่างกัน** ดังแสดงในแผนภาพที่ 3.9

คะแนนผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนครั้ง ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการวัดซ้ำ						
id	repeated score			difference		
	score1	score2	score3	score2-score1	score3-score1	score3-score2
1	34	41	40	7	6	-1
2	32	38	40	6	8	2
3	29	32	30	3	1	-2
4	37	36	39	-1	2	3
5	41	45	42	4	1	-3
6	38	41	39	3	1	-2
Mean	35.2	38.8	38.2			
variance				7.9	9.4	5.9

ความแปรปรวนของคะแนนผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนครั้ง ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการวัดซ้ำ

เมื่อ **ไม่แตกต่างกัน** ถือว่า ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ **“sphericity”**

แผนภาพที่ 3.9 แสดงรายละเอียดการพิจารณาความแปรปรวนของผลต่างภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity

จากแผนภาพที่ 3.9 ข้างต้น เป็นการแสดงรายละเอียดของข้อมูลเพื่อใช้ประกอบในการพิจารณาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของข้อตกลงเบื้องต้น sphericity ซึ่งจากข้อมูลข้างต้น หมายถึง ความแปรปรวนของคะแนนผลต่างระหว่างครั้งที่ 1 (score1) และครั้งที่ 2 (score2) เท่ากับความแปรปรวนของคะแนนผลต่างระหว่างครั้งที่ 1 (score1) และครั้งที่ 3 (score3) และเท่ากับ ความแปรปรวนของคะแนนผลต่างคะแนนครั้งที่ 2 (score2) และครั้งที่ 3 (score3) หรืออาจเขียนในรูปสัญลักษณ์ได้เป็น  $[S^2_{diff(score2-score1)} = S^2_{diff(score3-score1)} = S^2_{diff(score3-score2)}]$  ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างนี้ กำหนดจำนวนการวัดซ้ำเท่ากับ 3 ครั้ง ดังนั้นจึงมีจำนวนคู่ที่เป็นไปได้ในการพิจารณาผลต่างทั้งหมด 3 คู่

นอกจากนี้ ในบางครั้งนักวิจัยอาจพบเจอคำว่า **“compound symmetry”** และได้นำมาใช้ เพื่ออธิบายความหมายและการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นในลักษณะเช่นเดียวกันกับข้อตกลงเบื้องต้น **“sphericity”** ก่อนทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (RM-ANOVA) ซึ่งในทางปฏิบัติ สองคำนี้ ถือว่า มีขอบเขตของความหมายและวิธีการนำมาใช้ เพื่อทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น รวมถึงเกณฑ์การตัดสินใจ **อยู่ภายใต้ความเข้มงวดที่แตกต่างกัน** นั่นคือ

ข้อตกลงเบื้องต้น compound symmetry มีความหมายครอบคลุมการตรวจสอบทั้ง ความแปรปรวน (variance) และความแปรปรวนร่วม (covariance) ซึ่งอยู่ในรูปเมตริกที่เรียกว่า covariance matrix และเกิดขึ้นจากผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนครั้งที่วัดซ้ำ หรือเงื่อนไข ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลองว่า “ไม่แตกต่างกัน”

ข้อตกลงเบื้องต้น sphericity มีความหมายครอบคลุมการตรวจสอบเพียงแค่ ความแปรปรวน (variance) ที่เกิดขึ้นจากผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนครั้งที่วัดซ้ำ หรือเงื่อนไข ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลองเท่านั้นว่า “ไม่แตกต่างกัน”

จากข้อตกลงเบื้องต้นทั้งสองข้างต้น มีการกล่าวถึงค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง 2 ค่า ได้แก่ ค่าความแปรปรวนและค่าความแปรปรวนร่วม ดังนั้นเพื่อให้ นักวิจัย สามารถเข้าใจความแตกต่างและ ที่มาของการพิจารณาค่าสถิติที่เกี่ยวข้องดังกล่าว รวมถึงสามารถจำแนกความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่าง ค่าความแปรปรวนร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ซึ่งอาจมีทั้งนัยยะของความหมาย ที่คล้ายคลึงและแตกต่างกัน จึงได้นำเสนอการทบทวนค่าสถิติที่เกี่ยวข้องในรายละเอียดดังนี้

### การทบทวนค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง

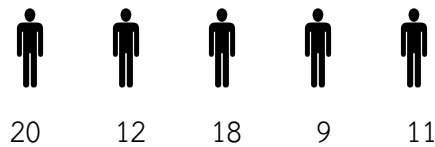
❶. ค่าความแปรปรวน (variance) เป็นค่าที่แสดงความผันแปรของข้อมูลหนึ่งตัวแปรว่า โดยเฉลี่ยแล้ว ค่าข้อมูลแต่ละค่า ( $x_i$ ) ในตัวแปรเดียวกัน มีการกระจายห่างจากค่ากลาง หรือค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของชุดข้อมูล ในตัวแปรเดียวกันนั้น มาก หรือน้อย ซึ่งหาก **ค่าความแปรปรวนมาก** ก็แสดงว่า **โดยเฉลี่ยแล้ว ค่าข้อมูลแต่ละค่าในตัวแปรเดียวกัน มีการกระจายห่างจากค่ากลาง หรือค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลในตัวแปรเดียวกัน มาก** หรือหากมี **ค่าความแปรปรวนน้อย** ก็แสดงว่า **โดยเฉลี่ยแล้ว ค่าข้อมูลแต่ละค่าในตัวแปรเดียวกัน มีการกระจายห่างจากค่ากลาง หรือค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลในตัวแปรเดียวกัน น้อย** ดังนั้นวิธีการพิจารณา จึงใช้ข้อมูลเพียงตัวแปรเดียวมาประกอบการคำนวณ ซึ่งในกรณีพิจารณาข้อมูลระดับตัวอย่าง สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

เมื่อ  $S^2$  = ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง  
 $x_i$  = ค่าสังเกตที่  $i$  ของตัวแปร  $X$   
 $\bar{x}$  = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร  $X$

หรือ อาจพิจารณาได้จากชุดตัวอย่างดังนี้

สมมติให้ คะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง (คะแนนเต็ม 30) ของผู้ป่วยเบาหวาน จำนวน 5 ราย เป็นดังนี้



จากกรณีตัวอย่างข้างต้น นักวิจัยสามารถพิจารณาคำนวณค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{20+12+18+9+11}{5} = 14$$

และจากข้อมูลคะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง (คะแนนเต็ม 30) ของผู้ป่วยเบาหวาน จำนวน 5 ราย และค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลทั้งหมด สามารถนำมาใช้ประกอบการพิจารณาค่าความแปรปรวน ได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงแนวทางการพิจารณาค่าความแปรปรวนของข้อมูลจากชุดตัวอย่าง

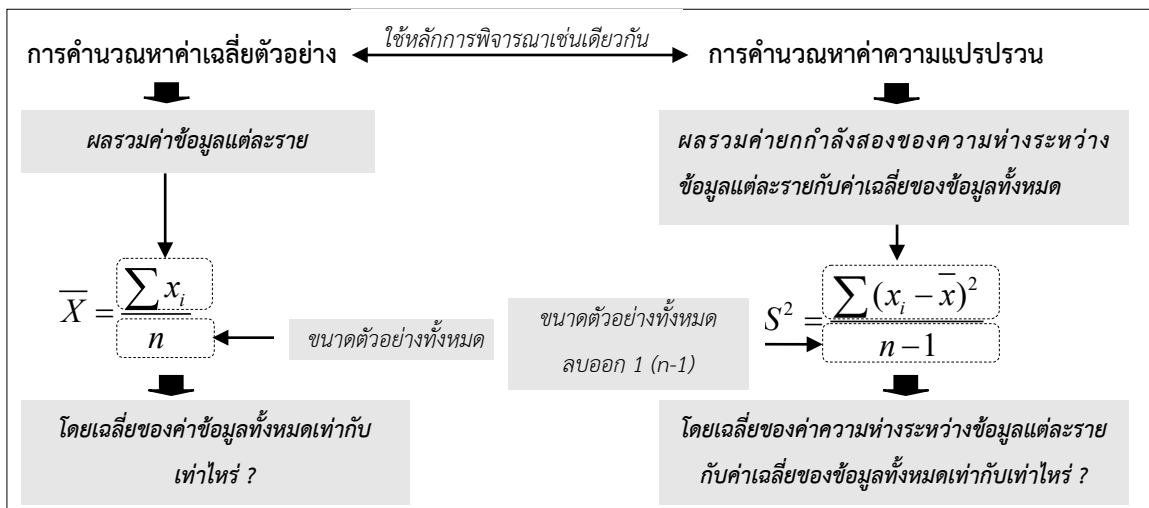
① คนที่ (i)	② ค่าข้อมูล ( $x_i$ )	③ ความห่างระหว่าง ค่าข้อมูลกับค่าเฉลี่ย ( $x_i - \bar{x}$ )	⑤ ยกกำลังสองของความห่างระหว่าง ค่าข้อมูลกับค่าเฉลี่ย ( $(x_i - \bar{x})^2$ )
1	20	(20 - 14) = 6	(20 - 14) <sup>2</sup> = 36
2	12	(12 - 14) = -2	(12 - 14) <sup>2</sup> = 4
3	18	(18 - 14) = 4	(18 - 14) <sup>2</sup> = 16
4	9	(9 - 14) = -5	(9 - 14) <sup>2</sup> = 25
5	11	(11 - 14) = -3	(11 - 14) <sup>2</sup> = 9
ผลรวม		$\sum (x_i - \bar{x}) = 0$ ④	$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 90$ ⑥

จากตารางที่ 3.2 ข้างต้น พบว่า คอลัมน์ที่ ① แสดงจำนวนลำดับของผู้ป่วยเบาหวานแต่ละคน (i) และคอลัมน์ที่ ② แสดงคะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง (คะแนนเต็ม 30) ของผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย, คอลัมน์ที่ ③ แสดงความห่างที่เกิดขึ้นระหว่างค่าข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย ( $x_i$ ) กับค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของคะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเองจากผู้ป่วยเบาหวานทั้งหมดในตัวอย่าง และเนื่องจากหลักการในการคำนวณค่าความแปรปรวน เราต้องการทราบผลรวมของความห่างที่เกิดขึ้นระหว่างค่าข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย ( $x_i$ ) กับค่าเฉลี่ยของผู้ป่วยเบาหวานในชุดตัวอย่างนี้ ( $\bar{x}$ )

เพื่อนำค่าผลรวมที่ได้ ไปใช้ในการพิจารณา หรือคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความห่างที่เกิดขึ้นในภาพรวมอีกครั้งหนึ่ง ทำให้ในตำแหน่งหมายเลข ๕ จึงเป็นการแสดงผลรวมของความห่างที่เกิดขึ้นระหว่างค่าข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย ( $x_i$ ) กับค่าเฉลี่ยของผู้ป่วยเบาหวานในชุดตัวอย่างนี้ ( $\bar{x}$ ) และพบว่าผลรวมเท่ากับ ศูนย์ หรือ  $\sum(x_i - \bar{x}) = 0$  ทั้งนี้เนื่องจากการนำค่าจำนวนที่ติดลบ อันเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการตั้งลบ ที่วางค่าจำนวนน้อยอยู่ในตำแหน่งตัวตั้งและค่าจำนวนมากอยู่ในตำแหน่งตัวลบ จึงทำให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้ มีค่าติดลบ เช่น กรณีผู้ป่วยเบาหวานรายที่ 4 พบว่า ได้ค่าคะแนน  $(x_4)$  เท่ากับ 9 ขณะที่ค่าเฉลี่ยของผู้ป่วยเบาหวานในชุดตัวอย่างนี้ ( $\bar{x}$ ) เท่ากับ 14 ดังนั้นเมื่อมีการนำมาตั้งลบ เพื่อพิจารณาความห่างที่เกิดขึ้น จึงมีผลลัพธ์ที่ได้เป็น  $9 - 14 = -5$  เป็นต้น ซึ่งจากผลลัพธ์ที่ได้ดังกล่าว เมื่อนำค่าผลลัพธ์ที่เกิดจากการตั้งลบของผู้ป่วยเบาหวานแต่ละรายที่มีอยู่ทั้งหมดมารวมกัน จึงทำให้ผลลัพธ์รวมที่ได้เท่ากับ ศูนย์ ซึ่งถือว่า เป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์ปกติที่มีอยู่ อย่างไรก็ตาม ประเด็นสำคัญที่เราสนใจจากการตั้งลบดังกล่าวก็คือ การต้องการทราบขนาดความห่างที่เกิดขึ้นระหว่างค่าข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย ( $x_i$ ) กับค่าเฉลี่ยของผู้ป่วยเบาหวานในชุดตัวอย่างนี้ ( $\bar{x}$ ) เท่านั้น ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาผลลัพธ์ที่มีค่าติดลบดังกล่าว เราจึงนำหลักวิธีทางคณิตศาสตร์มาใช้ ด้วยการยกกำลังสอง เพื่อให้ค่าติดลบของผลลัพธ์ที่ได้หายไป ดังแสดงในคอลัมน์ที่ ๕ และผลรวมของการยกกำลังค่าความห่างที่เกิดขึ้นระหว่างค่าข้อมูลผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย ( $x_i$ ) กับค่าเฉลี่ยของผู้ป่วยเบาหวานในชุดตัวอย่างนี้ ( $\bar{x}$ ) พบว่า มีค่าเท่ากับ 90 หรือ  $\sum(x_i - \bar{x})^2 = 90$  ดังแสดงในตำแหน่งหมายเลข ๖ และเมื่อได้ค่าผลรวมจากตารางที่ 4.2 จึงนำมาแทนค่าในสูตรการหาความแปรปรวนของระดับตัวอย่างได้ดังนี้

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{90}{4} \approx 22.5$$

และในทางปฏิบัติ เพื่อให้ นักวิจัยสามารถอธิบายและแปลความหมายของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่าความแปรปรวน ได้อย่างถูกต้อง ครอบคลุมและเหมาะสม เราจึงได้แสดงผลการเทียบเคียงสูตรการหาค่าความแปรปรวน กับ สูตรการหาค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง ให้เห็นความคล้ายกันของแนวคิดและวิธีในการพิจารณา ทั้งตำแหน่งตัวตั้ง (เศษ) และตำแหน่งตัวหาร (ส่วน) เพื่อนำไปประกอบการอธิบายและแปลความหมายของผลลัพธ์ที่ได้ต่อไป **ผังแผนภาพที่ 3.10**



แผนภาพที่ 3.10 แสดงหลักการพิจารณาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนในระดับตัวอย่าง

จากแผนภาพที่ 3.10 เป็นการแสดงหลักการพิจารณาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนในระดับตัวอย่าง ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกัน นั่นคือ กรณีตัวตั้งสำหรับการพิจารณาค่าเฉลี่ย ประกอบด้วย ผลรวมของค่าข้อมูลแต่ละราย หรือ  $\sum x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n$  ขณะที่ตัวตั้งสำหรับการพิจารณาค่าความแปรปรวน ประกอบด้วย ผลรวมค่ายกกำลังสองของความห่างระหว่างข้อมูลแต่ละรายกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด หรือ  $\sum (x_i - \bar{x})^2 = (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2$  และกรณีตัวหารสำหรับการพิจารณาค่าเฉลี่ย ได้แก่ ขนาดตัวอย่าง (n) หรือจำนวนข้อมูลที่มีทั้งหมด ขณะที่ตัวหารสำหรับการพิจารณาค่าความแปรปรวน ได้แก่ ขนาดตัวอย่างที่ถูกหักลบออกหนึ่ง หรือ n-1 ซึ่งตัวเลขดังกล่าวนี้มาจากแนวคิดในเชิงทฤษฎีที่มีการพิสูจน์อย่างชัดเจนทางคณิตศาสตร์ในประเด็นการเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง (unbiased estimator) โดยมีแนวทางการพิจารณาได้ดังนี้

เนื่องจากเมื่อมีการดำเนินงานวิจัย นักวิจัยส่วนใหญ่ต้องการทราบค่าจริง ซึ่งเป็นค่าคงที่และมีเพียงค่าเดียวในแต่ละประชากร หรือที่เรียกว่า **ค่าพารามิเตอร์ (parameter)** แต่ในทางปฏิบัติ นักวิจัยไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ครบทั้งหมดของประชากร ดังนั้นจึงได้สุ่มตัวอย่างจากประชากร มาเพียงบางส่วน เพื่อทำการศึกษาและเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างมาคำนวณ เราจะเรียกค่าที่คำนวณได้จากตัวอย่างว่า **ค่าสถิติ (statistics)** ซึ่งค่าสถิติดังกล่าวนี้ มีค่าที่เป็นไปได้มากกว่าหนึ่งค่า ขึ้นกับลักษณะตัวอย่างที่ถูกสุ่มมาได้ในแต่ละครั้ง ขณะเดียวกัน เมื่อนักวิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่าง แต่หากต้องการทราบค่าพารามิเตอร์ของประชากร ก็สามารถนำค่าสถิติที่ได้จากตัวอย่างดังกล่าวไปประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรได้ ด้วยวิธีการทางสถิติ ซึ่งเรียกว่า **สถิติอนุมาน (inferential statistics)** ประกอบด้วย **วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ (parameter estimation)** และ **การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (statistical hypothesis)** โดยเฉพาะวิธีการประมาณค่าซึ่งค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง ( $S^2$ ) ก็ถือเป็นอีกหนึ่งตัวประมาณค่าของตัวอย่าง เช่นเดียวกับ

ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) เพื่อนำไปใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากร โดยการพิจารณาเพื่อตัดสินใจว่าตัวประมาณค่าของตัวอย่างใด เป็นตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรได้ดีที่สุดในทางทฤษฎี มีหลายคุณสมบัติที่นำมาใช้ในการตัดสินใจและหนึ่งในคุณสมบัติสำคัญนั้น ได้แก่ **คุณสมบัติของการเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง (unbiased estimators)** โดยมีหลักการพิจารณาดังนี้

“เมื่อมีการพิจารณาตัวประมาณค่าของตัวอย่างดังกล่าว ด้วยค่าความคาดหวังคณิตศาสตร์ หรือ mathematical expectation (E)” แล้ว พบว่า มีค่าเท่ากับค่าพารามิเตอร์ของประชากร นั้นแสดงว่า ตัวประมาณค่าของตัวอย่างนั้นเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงของค่าดังกล่าว หรือ  $E(\hat{\theta}) = \theta$  เมื่อ  $\hat{\theta}$  = ตัวประมาณค่าของค่าพารามิเตอร์ประชากร  $\theta$ ”

เช่น การพิจารณาค่าเฉลี่ย  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$  จะได้

$$E(\bar{x}) = E\left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}\right) = E\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i\right) = \frac{1}{n} E\left(\sum_{i=1}^n x_i\right) = \frac{1}{n} (nE(x_i))$$

เมื่อ  $E(x_i) = \mu$  จะได้

$$E(\bar{x}) = \left(\frac{n}{n}(\mu)\right) = \mu$$

----- ❶

จากกรณีในสมการ ❶ ข้างต้น แสดงว่า

“ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง ( $\bar{x}$ ) ที่คำนวณได้จากสูตร  $\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$  ถือเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง (unbiased estimator) ของค่าเฉลี่ยประชากร ( $\mu$ )”

ขณะที่การพิจารณาค่าความแปรปรวน สามารถแยกแยะแสดงเป็น 2 กรณี ได้ดังนี้

กรณีที่ 1 ตัวหารเป็นขนาดตัวอย่าง ( $n$ ) นั่นคือ  $S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}$  จะได้

$$E(S^2) = E\left(\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}\right)$$

เพื่อให้การพิสูจน์อยู่ในรูปที่ง่ายขึ้น จึงจัดรูปใหม่ ด้วยการนำค่า  $\mu$  บวกและลบเพิ่มเข้าไปในพจน์ จะได้

$$E(S^2) = E\left(\frac{\sum (x_i - \mu + \mu - \bar{x})^2}{n}\right) = E\left(\frac{\sum [(x_i - \mu) - (\bar{x} - \mu)]^2}{n}\right)$$

$$E(S^2) = \frac{1}{n} E\left(\sum [(x_i - \mu)^2 - 2(x_i - \mu)(\bar{x} - \mu) + (\bar{x} - \mu)^2]\right)$$

กระจาย  $\sum$  เข้าไปในพจน์ย่อย จะได้

$$E(S^2) = \frac{1}{n} E\left(\sum (x_i - \mu)^2 - 2(\bar{x} - \mu) \sum (x_i - \mu) + \sum (\bar{x} - \mu)^2\right)$$

↑ ถือเป็นค่าคงที่
↑ ถือเป็นค่าคงที่

พิจารณาแปลงรูปของพจน์ย่อย จะได้

$$E(S^2) = \frac{1}{n} E\left(\sum (x_i - \mu)^2 - 2(\bar{x} - \mu) (\sum x_i - n\mu) + n(\bar{x} - \mu)^2\right)$$

พิจารณาแปลงรูปของ  $\sum x_i - n\mu$  ใหม่ ด้วยการคูณ  $\frac{n}{n}$  เข้าไปในแต่ละพจน์ จะได้

$$\frac{n}{n} (\sum x_i - n\mu) = n \left( \frac{\sum x_i}{n} \right) - \frac{n^2}{n} \mu = n\bar{x} - n\mu = n(\bar{x} - \mu)$$

$$E(S^2) = \frac{1}{n} E\left(\sum (x_i - \mu)^2 - 2(\bar{x} - \mu) n(\bar{x} - \mu) + n(\bar{x} - \mu)^2\right)$$

$$E(S^2) = \frac{1}{n} E\left(\sum (x_i - \mu)^2 - n(\bar{x} - \mu)^2\right)$$

$$E(S^2) = \frac{1}{n} \left( \sum [E(x_i - \mu)^2] - n[E(\bar{x} - \mu)^2] \right)$$

เนื่องจาก  $E[(x_i - \mu)^2] = \sigma^2$  และ  $Var(\bar{X}) = E[(\bar{x} - \mu)^2] = \frac{\sigma^2}{n}$  จะได้

$$E(S^2) = \frac{1}{n} \left( \sum \sigma^2 - n \left( \frac{\sigma^2}{n} \right) \right) = \frac{1}{n} (n\sigma^2 - \sigma^2)$$

$$E(S^2) = \frac{(n-1)\sigma^2}{n}$$

----- ❷

จากกรณีในสมการ ❷ ข้างต้น แสดงว่า

“ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง ( $S^2$ ) ที่คำนวณได้จากสูตร  $\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}$  ถือเป็นตัวประมาณค่าที่เอนเอียง (biased estimator) ของค่าความแปรปรวนประชากร ( $\sigma^2$ )”

กรณีที่ 2 ตัวหารเป็นขนาดตัวอย่างลบหนึ่ง ( $n-1$ ) นั่นคือ  $S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$  จะได้

$$E(S^2) = E \left( \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right)$$

เพื่อให้การพิสูจน์อยู่ในรูปที่ง่ายขึ้น จึงจัดรูปใหม่ ด้วยการนำค่า  $\mu$  บวกและลบเพิ่มเข้าไปในพจน์ตัวตั้งจะได้

$$E(S^2) = E \left( \frac{\sum (x_i - \mu + \mu - \bar{x})^2}{n-1} \right) = E \left( \frac{\sum [(x_i - \mu) - (\bar{x} - \mu)]^2}{n-1} \right)$$

$$E(S^2) = \left[ \frac{1}{n-1} \right] E \left( \sum [(x_i - \mu)^2 - 2(x_i - \mu)(\bar{x} - \mu) + (\bar{x} - \mu)^2] \right)$$

กระจาย  $\sum$  เข้าไปในพจน์ย่อย จะได้

$$E(S^2) = \left[ \frac{1}{n-1} \right] E \left( \sum (x_i - \mu)^2 - 2(\bar{x} - \mu) \sum (x_i - \mu) + \sum (\bar{x} - \mu)^2 \right)$$

↑ ถือเป็นค่าคงที่
↑ ถือเป็นค่าคงที่

พิจารณาแปลงรูปของพจน์ย่อย จะได้

$$E(S^2) = \left[ \frac{1}{n-1} \right] E \left( \sum (x_i - \mu)^2 - 2(\bar{x} - \mu) (\sum (x_i) - n\mu) + n(\bar{x} - \mu)^2 \right)$$

พิจารณาแปลงรูปของ  $\sum x_i - n\mu$  ใหม่ ด้วยการคูณ  $\frac{n}{n}$  เข้าไปในแต่ละพจน์ จะได้

$$\frac{n}{n} (\sum x_i - n\mu) = n \left( \frac{\sum x_i}{n} \right) - \frac{n^2}{n} \mu = n\bar{x} - n\mu = n(\bar{x} - \mu)$$

แทนค่าในสมการเดิม จะได้

$$E(S^2) = \left[ \frac{1}{n-1} \right] E \left( \sum (x_i - \mu)^2 - 2(\bar{x} - \mu) n(\bar{x} - \mu) + n(\bar{x} - \mu)^2 \right)$$

$$E(S^2) = \left[ \frac{1}{n-1} \right] E \left( \sum (x_i - \mu)^2 - n(\bar{x} - \mu)^2 \right)$$

กระจาย Expectation เข้าไปในพจน์ย่อย จะได้

$$E(S^2) = \left[ \frac{1}{n-1} \right] \left( \sum [E(x_i - \mu)^2] - n[E(\bar{x} - \mu)^2] \right)$$

เนื่องจาก  $E[(x_i - \mu)^2] = \sigma^2$  และ  $Var(\bar{X}) = E[(\bar{x} - \mu)^2] = \frac{\sigma^2}{n}$  จะได้

$$E(S^2) = \left[ \frac{1}{n-1} \right] \left( \sum \sigma^2 - n \left( \frac{\sigma^2}{n} \right) \right) = \left[ \frac{1}{n-1} \right] (n\sigma^2 - \sigma^2) = \left[ \frac{1}{n-1} \right] (n-1)\sigma^2$$

$E(S^2) = \sigma^2$

----- ๓

จากกรณีในสมการ ๓ ข้างต้น แสดงว่า

“ ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง ( $S^2$ ) ที่คำนวณได้จากสูตร  $\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$  ถือเป็น ตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง (unbiased estimator) ของค่าความแปรปรวนประชากร ( $\sigma^2$ ) ”

ดังนั้นจากแนวทางที่ได้แสดงไปดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นที่มาและเหตุผลประกอบในการอธิบายเกี่ยวกับสูตรการคำนวณค่าความแปรปรวนของตัวอย่างว่า ทำไม? จึงต้องมีตัวหารเป็น  $n-1$  ไม่ใช่  $n$  ทั้งนี้เนื่องจากต้องการให้ค่าความแปรปรวนที่คำนวณได้จากตัวอย่าง เป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง ตามหลักทฤษฎีเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งพิสูจน์ได้จาก ค่าคาดหวัง (expectation) ของสูตร ตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงว่า ต้องเท่ากับค่าพารามิเตอร์ของประชากร ดังเช่น

$$\text{สูตรการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง} \quad E(\bar{X}) = E\left(\frac{\sum x_i}{n}\right) = \mu$$

$$\text{สูตรการคำนวณหาค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง} \quad E(S^2) = E\left(\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}\right) = \sigma^2$$

และเนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากสูตรการคำนวณค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง อยู่ในรูปยกกำลังสอง ( $\sum (x_i - \bar{x})^2$ ) ซึ่งค่อนข้างมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ เพื่อแปลผลเกี่ยวกับการกระจายของข้อมูลร่วมกับค่าเฉลี่ย ซึ่งอยู่ในรูปหน่วยเดียว ( $\sum x_i$ ) ดังนั้นในทางปฏิบัติสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับค่าความแปรปรวนดังกล่าว จึงมักถูกแปลงค่าผลลัพธ์ที่คำนวณได้ ให้อยู่ในรูปหน่วยเดียว ด้วยการถอดรากกำลังที่สอง (square root) ของค่าความแปรปรวนและเรียกค่าใหม่นี้ว่า “ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน” หรือ *standard deviation*;  $s$  หรือ *SD* โดยมีสูตรในการพิจารณา ดังนี้

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

จากนั้นจึงนำค่าผลลัพธ์ใหม่ที่ได้ มาใช้ในการแปลผลร่วมกับค่าเฉลี่ย โดยมีแนวทางการแปลผลลัพธ์ที่ได้ไปในทิศทางเช่นเดียวกันกับค่าเฉลี่ย เช่น จากกรณีตัวอย่างข้างต้นคะแนนพฤติกรรม การดูแลสุขภาพฯ ของผู้ป่วยเบาหวาน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 22.5 และเมื่อทำการแปลงค่าความแปรปรวนที่ได้ เป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะได้  $\sqrt{22.5} \cong 4.74$  ซึ่งนักวิจัยสามารถแปลความหมายของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ดังนี้

“ โดยเฉลี่ยแล้ว คะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพฯ ของผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย ( $x_i$ ) ห่างจากค่ากลาง หรือค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของคะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพฯ ที่พิจารณาจากผู้ป่วยเบาหวานที่มีอยู่ของตัวอย่างทั้งหมด ประมาณ 4.74 ”

ซึ่งค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้ หากมีค่ามาก แสดงได้ว่า ข้อมูลแต่ละรายที่มีอยู่ในตัวอย่าง มีการกระจายห่างจากค่าเฉลี่ยมาก ขณะเดียวกันนักวิจัยจำเป็นต้องตระหนักไว้เสมอว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างที่คำนวณได้ **ไม่สามารถมีค่าติดลบได้ ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการได้มาของค่าผลลัพธ์ ถูกพิจารณาต่อมาจากสรุปยกกำลังสองในสูตรการคำนวณความแปรปรวนของตัวอย่าง ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้ในสรุปยกกำลังสองนั้น จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะมีค่าติดลบ** แต่อย่างไรก็ตาม ก็มีความเป็นไปได้ ที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะมีค่าเป็นศูนย์ หากข้อมูลที่มีอยู่ทุกค่าของชุดตัวอย่างทั้งหมดนั้น เป็นค่าเดียวกัน

**2. ค่าความแปรปรวนร่วม (covariance)** เป็นค่าที่แสดงความผันแปรของข้อมูลระหว่างสองตัวแปร ว่า มีการผันแปรแบบเชิงเส้นไปในทิศทางเดียวกัน (+) หรือตรงข้ามกัน (-) มาก หรือน้อยเพียงใด เช่น การวัดค่าความแปรปรวนร่วมของระดับส่วนสูงกับน้ำหนักในกลุ่มเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษา จำนวน 50 ราย เป็นต้น ดังนั้นวิธีการพิจารณา **จึงใช้ข้อมูลจากตัวแปรสองตัว มาประกอบการคำนวณ** ซึ่งในกรณีระดับตัวอย่าง สามารถพิจารณาได้จากสูตรดังนี้

$$Cov(x, y) = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1}$$

เมื่อ  $Cov(x, y)$  = ค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร X และ Y ของตัวอย่าง

$x_i$  = ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปร X






$\bar{x}$  = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร X

$y_i$  = ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปร Y

$\bar{y}$  = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร Y

หรือ อาจพิจารณาได้จากชุดตัวอย่างดังนี้

สมมติให้ คะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง (คะแนนเต็ม 30) และระยะเวลาที่ถูกรวินิจฉัยว่าเป็นเบาหวาน (ปี) ของผู้ป่วยเบาหวาน จำนวน 5 ราย เป็นดังนี้

ระยะเวลาที่ถูกรวินิจฉัยว่า เป็นเบาหวาน (X)	11	5	9	3	5
					
คะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง (Y)	20	12	18	9	11

จากข้อมูลรายบุคคลในกรณีตัวอย่างข้างต้น นักวิจัยสามารถนำมาพิจารณาคำนวณค่าเฉลี่ยทั้งสองตัวแปรได้ดังนี้

(1) ตัวแปรระยะเวลาที่ถูกรวินิจฉัยว่า เป็นเบาหวาน : หน่วยเป็นปี (X)

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{11+5+9+3+5}{5} = 6.6$$

(2) ตัวแปรคะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง : หน่วยเป็นคะแนน (Y)

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{20+12+18+9+11}{5} = 14$$

จากข้อมูลรายบุคคลและข้อมูลค่าเฉลี่ยข้างต้นทั้งสองตัวแปร สามารถนำมาใช้ประกอบการพิจารณาค่าความแปรปรวนร่วม ได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 4.3 แสดงแนวทางการพิจารณาค่าความแปรปรวนร่วมของข้อมูลจากชุดตัวอย่าง

① คนที่ (i)	② ข้อมูล ( $x_i$ )	③ ข้อมูล ( $y_i$ )	④ ความห่างตัวแปร x ( $x_i - \bar{x}$ )	⑤ ความห่างตัวแปร y ( $y_i - \bar{y}$ )	⑥ ผลคูณระหว่างความห่างของ x, y ( $(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$ )
1	11	20	(11 - 6.6) = 4.4	(20 - 14) = 6	26.4
2	5	12	( 5 - 6.6) = -1.6	(12 - 14) = -2	3.2
3	9	18	( 9 - 6.6) = 2.4	(18 - 14) = 4	9.6
4	3	9	( 3 - 6.6) = -3.6	( 9 - 14) = -5	18.0
5	5	11	( 5 - 6.6) = -1.6	(11 - 14) = -3	4.8
ผลรวม					$\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = 62$ ⑦

จากตารางที่ 3.3 ข้างต้น พบว่า คอลัมน์ที่ ❶ แสดงจำนวนลำดับของผู้ป่วยเบาหวานแต่ละคน (i), คอลัมน์ที่ ❷ แสดงข้อมูลระยะเวลาที่ถูกวินิจฉัยว่าเป็นเบาหวาน (X), คอลัมน์ที่ ❸ แสดงข้อมูลคะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง (คะแนนเต็ม 30) ของผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย, คอลัมน์ที่ ❹ แสดงความห่างที่เกิดขึ้นของระยะเวลาที่ถูกวินิจฉัยว่าเป็นเบาหวานระหว่างผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย ( $x_i$ ) กับค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของผู้ป่วยเบาหวานทั้งหมดในตัวอย่าง และคอลัมน์ที่ ❺ แสดงความห่างที่เกิดขึ้นของคะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเองระหว่างผู้ป่วยเบาหวานแต่ละราย ( $y_i$ ) กับค่าเฉลี่ย ( $\bar{y}$ ) ของผู้ป่วยเบาหวานทั้งหมดในตัวอย่างและตำแหน่งหมายเลข ❻ แสดงผลรวมของผลคูณระหว่างความห่างของข้อมูลแต่ละรายกับค่าเฉลี่ยในตัวแปร X กับความห่างของข้อมูลแต่ละรายกับค่าเฉลี่ยในตัวแปร Y หรือ  $\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 62 และเมื่อได้ค่าผลรวมดังกล่าวจากตารางที่ 4.3 จึงนำมาแทนค่าในสูตรการหาความแปรปรวนร่วมของระดับตัวอย่าง ได้ดังนี้

$$\text{cov}(x, y) = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1} = \frac{62}{4} \approx 15.5$$

จากผลลัพธ์ค่าความแปรปรวนร่วมที่ได้ หมายถึง *ความผันแปรที่เกิดขึ้นระหว่างสองตัวแปรในลักษณะเชิงเส้นตรง ซึ่งหากค่าที่คำนวณได้มีค่าบวก (+) แสดงว่า ความผันแปรเชิงเส้นระหว่างสองตัวแปรมีลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ขณะที่หากค่าที่คำนวณได้มีค่าลบ (-) แสดงว่า ความผันแปรเชิงเส้นระหว่างสองตัวแปรดังกล่าวมีลักษณะเป็นไปในทิศทางตรงข้ามกัน* อย่างไรก็ตาม ค่าความผันแปรที่ได้จากการคำนวณดังกล่าว ถือเป็นค่าที่ไม่ได้ปรับเป็นค่ามาตรฐาน (standardized) ดังนั้นจึงทำให้ค่าความแปรปรวนร่วมที่คำนวณได้ ไม่สามารถกำหนดขอบเขตบนและล่างได้อย่างชัดเจน จึงส่งผลให้มีข้อจำกัดสำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงการเปรียบเทียบและตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดของความผันแปรที่เกิดขึ้นระหว่างสองตัวแปร ขณะเดียวกันก็เป็นประโยชน์สำหรับการนำไปใช้ เพื่อบ่งชี้และกำหนดขนาดของความผันแปรในเชิงความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรในการวิเคราะห์ทางสถิติบางกรณี โดยเฉพาะการวิเคราะห์ตัวแบบสมการเชิงโครงสร้าง หรือ structural equation modelling (SEM) จึงทำให้บางครั้งนักวิจัยส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคย เมื่อเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน หรือ Pearson's correlation coefficient *ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันกับค่าความแปรปรวนร่วม ก็คือ ค่าเดียวกัน* ซึ่งถูกปรับรูปแบบของผลลัพธ์ที่ได้ ให้อยู่ในรูปค่ามาตรฐาน นั่นเอง ดังนั้นจากการปรับค่าให้อยู่ในรูปมาตรฐานดังกล่าว จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน สามารถกำหนดขอบเขตของผลลัพธ์ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงเปรียบเทียบและตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดของความผันแปรที่เกิดขึ้น หรือความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรได้อย่างชัดเจนมากขึ้น ดังได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

③.ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) เป็นค่าที่แสดงความผันแปรของข้อมูลระหว่างสองตัวแปรว่า มีการผันแปรในเชิงเส้นตรงไปในทิศทางเดียวกัน (+) หรือตรงข้ามกัน (-) มาก หรือน้อยเพียงใด เช่นเดียวกับค่าความแปรปรวนร่วม **แต่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน แตกต่างจากค่าความแปรปรวนร่วม ก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน สามารถระบุ หรือกำหนดขอบเขตช่วงขนาดของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นได้ว่า มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง +1** นั่นคือ หากขนาดความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร (r) มีค่าเข้าใกล้หนึ่ง แสดงว่าขนาดความสัมพันธ์ หรือความผันแปรเชิงเส้นระหว่างสองตัวแปร มีค่ามากขึ้น ในทางตรงกันข้าม หากขนาดความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร มีค่าห่างจากหนึ่ง หรือเข้าใกล้ศูนย์ แสดงได้ว่าขนาดความสัมพันธ์ หรือความผันแปรเชิงเส้นระหว่างสองตัวแปร มีแนวโน้ม น้อยลง โดยมีทิศทางของความผันแปรระหว่างสองตัวแปร โดยพิจารณาจากเครื่องหมาย หน้าค่าผลลัพธ์ที่ได้ นั่นคือ หากขนาดความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร (r) มีค่าบวก (+) แสดงว่า ขนาดความสัมพันธ์ หรือความผันแปรเชิงเส้นระหว่างสองตัวแปร เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในทางตรงข้าม หากขนาดความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร มีค่าลบ (-) แสดงว่า ขนาดความสัมพันธ์ หรือความผันแปรเชิงเส้นระหว่างสองตัวแปร เป็นไปในทิศทางตรงข้ามกัน **ขณะที่ค่าความแปรปรวนร่วม ไม่สามารถระบุ หรือกำหนดขนาดของความผันแปร หรือความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรได้อย่างชัดเจน ทำให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากความแปรปรวนร่วมเป็นค่าแสดงขนาดความผันแปรที่เกิดขึ้นจริงตามลักษณะข้อมูลในตัวอย่างที่มีและส่งผลโดยตรงต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงการเปรียบเทียบและตัดสินใจ ค่อนข้างมีข้อจำกัด** ซึ่งในทางปฏิบัติ อาจกล่าวได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (r) จริง ๆ แล้วก็คือ ค่าความแปรปรวนร่วมที่ได้มีการนำเอาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสองตัวมาหาร เพื่อปรับทำให้ค่าที่ได้ อยู่ในรูปค่ามาตรฐาน (standardized) และส่งผลให้ผลลัพธ์ที่คำนวณได้ มีค่าขอบเขตบนและล่างอย่างชัดเจน (ระหว่าง -1 ถึง +1) ซึ่งจากผลลัพธ์ในรูปค่ามาตรฐานและการมีขอบเขตของการตัดสินใจเชิงเปรียบเทียบอย่างชัดเจนนี้เอง จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ได้รับการยอมรับและถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงการหาขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีลักษณะข้อมูลแบบต่อเนื่องสองตัวแปร ค่อนข้างมากและแพร่หลาย โดยมีวิธีการพิจารณาที่นำข้อมูลจากสองตัวแปรมาประกอบการคำนวณในกรณีระดับตัวอย่าง สามารถพิจารณาได้จากสูตรดังนี้

$$r_{xy} = \frac{Cov(x, y)}{S_x S_y} = \frac{\left( \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1} \right)}{\left( \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \right) \left( \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \right)}$$

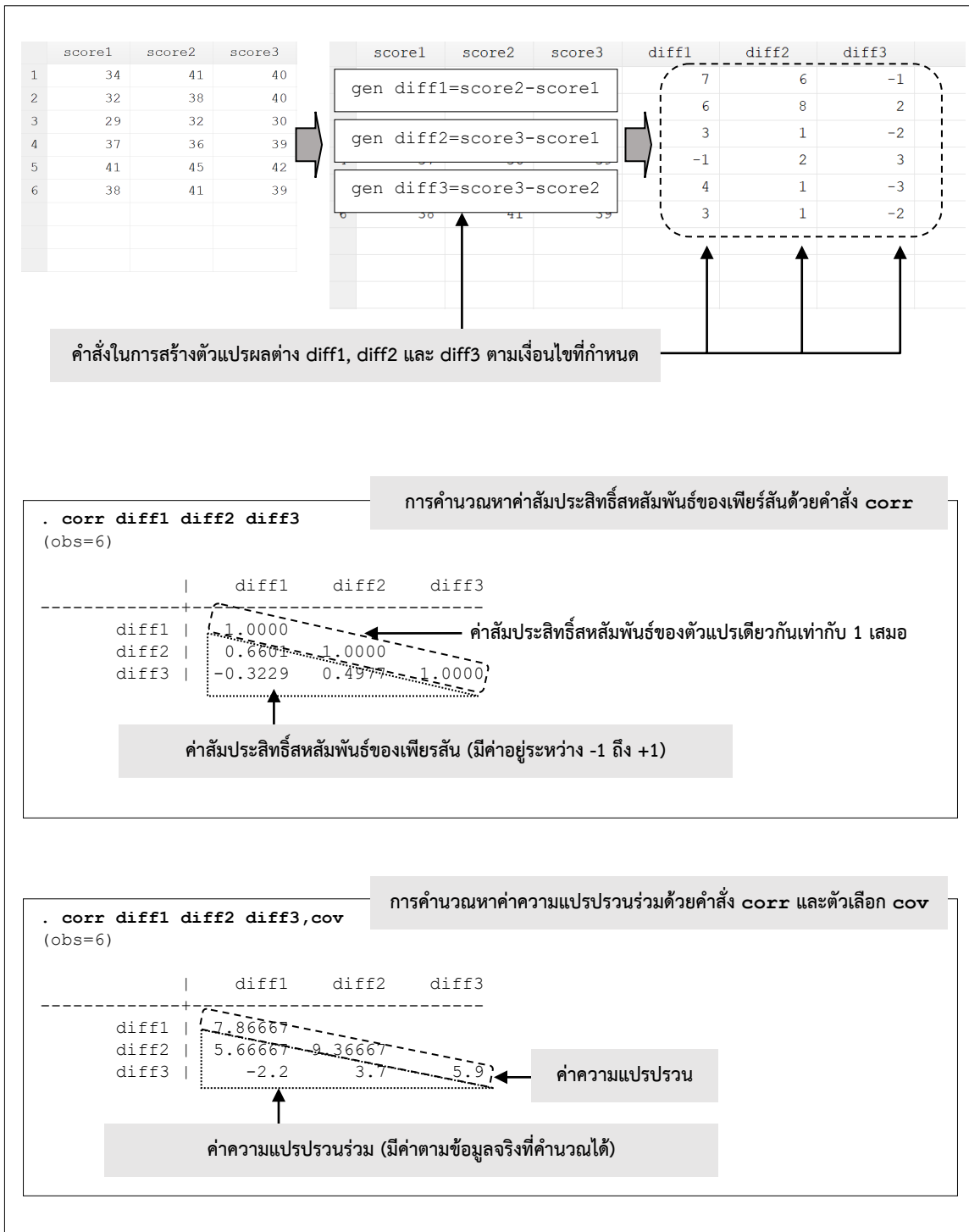
เมื่อ  $Cov(x, y)$  = ค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร X และ Y ของตัวอย่าง  
 $S_x$  = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร X  
 $S_y$  = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร Y

หรือ อาจพิจารณาได้จากชุดตัวอย่างดังนี้

**สมมติให้** มีการศึกษาติดตามคะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง (คะแนนเต็ม 50) ของผู้ป่วยเบาหวานที่ได้รับโปรแกรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด จำนวน 6 รายและมีการวัดผลทั้งหมด 3 ครั้ง ได้แก่ ก่อนเริ่มโครงการ (score1) สิ้นสุดโครงการ (score2) และหนึ่งเดือนหลังสิ้นสุดโครงการ และมีข้อมูลเป็นดังนี้

id	คะแนนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเอง (คะแนนเต็ม 50)		
	score1	score2	score3
1	34	41	40
2	32	38	40
3	29	32	30
4	37	36	39
5	41	45	42
6	38	41	39

**จากกรณีข้อมูลตัวอย่างข้างต้น** สามารถนำมาใช้พิจารณาผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนครั้งที่วัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลอง (คู่ที่ 1 : score2-score1, คู่ที่ 2 : score3-score1 และคู่ที่ 3 : score3-score2) เพื่อประเมินค่าความแปรปรวน ค่าความแปรปรวนร่วมและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างจำนวนคู่ของการวัดซ้ำทั้งหมดที่เป็นไปได้ ด้วยโปรแกรม STATA ดังแผนภาพที่ 3.11



แผนภาพที่ 3.11 แสดงแนวทางการคำนวณค่าความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วมและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ด้วยโปรแกรม STATA

จากแผนภาพที่ 3.11 ข้างต้น เป็นการแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องที่เกิดขึ้นระหว่างค่าความแปรปรวน ค่าความแปรปรวนร่วมและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เพื่อมุ่งเน้นให้นักวิจัยได้เข้าใจพื้นฐานและที่มาของค่าเหล่านี้ อันจะนำไปสู่แนวทางการพิจารณาข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity และ compound symmetry สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยเฉพาะค่าความแปรปรวน กับค่าความแปรปรวนร่วม ซึ่งถือเป็นค่าสำคัญที่ถูกนำมาใช้ในการพิจารณา เพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับข้อตกลงเบื้องต้นทั้งสองกรณีดังที่กล่าวไปข้างต้น โดยค่าที่เกี่ยวข้องดังกล่าวเหล่านี้ นักวิจัยสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบ correlation matrix จากโปรแกรม STATA ได้ด้วยคำสั่ง **correlate** หรือ **corr** และตามด้วยตัวแปรที่นำมาพิจารณา ขณะเดียวกันนักวิจัยยังสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบ variance-covariance matrix ได้ด้วยคำสั่ง **correlate** หรือ **corr** ตามด้วยตัวแปรที่นำมาพิจารณาและเพิ่มตัวเลือก หรือ option ต่อท้ายคำสั่งดังกล่าวด้วย **cov** ดังแสดงในแผนภาพที่ 4.11 ข้างต้น

ผลลัพธ์ที่ได้ในรูปแบบ correlation matrix หมายถึง ผลลัพธ์ที่แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficients;  $r$ ) ในรูปเมตริกครึ่งซีก นั่นคือ *ค่าผลลัพธ์ที่อยู่ในแนวเส้นตรงตามเส้นทแยง (diagonal of correlation matrix) ถือเป็นค่าผลลัพธ์ที่แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรเดียวกัน* ซึ่งมีค่าเท่ากับหนึ่งเสมอ *ขณะที่ค่าผลลัพธ์ที่อยู่นอกแนวเส้นตรงตามเส้นทแยง (off the diagonal of correlation matrix) ถือเป็นค่าผลลัพธ์ที่แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรสองตัว ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง  $-1$  ถึง  $+1$  เสมอ* เช่นจากแผนภาพที่ 4.11 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปร diff1 และ diff2 เท่ากับ 0.6601 เป็นต้น

ผลลัพธ์ที่ได้ในรูปแบบ variance-covariance matrix หมายถึง ผลลัพธ์ที่แสดงค่าความแปรปรวน (variance) และค่าความแปรปรวนร่วม (covariance) ในรูปเมตริกครึ่งซีก นั่นคือ *ค่าผลลัพธ์ที่อยู่ในแนวเส้นตรงตามเส้นทแยง (diagonal of variance-covariance matrix) ถือเป็นค่าผลลัพธ์ที่แสดงค่าความแปรปรวน (variance) ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรเดียวกัน* เช่นจากแผนภาพที่ 4.11 พบว่า ค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นของตัวแปร diff1, diff2 และ diff3 เท่ากับ 7.87, 9.37 และ 5.9 ตามลำดับ เป็นต้น *ขณะที่ค่าผลลัพธ์ที่อยู่นอกแนวเส้นตรงตามเส้นทแยง (off the diagonal of variance-covariance matrix) ถือเป็นค่าผลลัพธ์ที่แสดงค่าความแปรปรวนร่วม (covariance) ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรสองตัว ซึ่งมีค่าได้ไม่จำกัดและเป็นไปได้ทั้งค่าบวก (+) และค่าลบ (-)* เช่นจากแผนภาพที่ 4.11 พบว่า ค่าความแปรปรวนร่วมที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปร diff1 กับ diff2 และ diff1 กับ diff3 เท่ากับ 5.67 และ -2.2 ตามลำดับ เป็นต้น

จากค่าสถิติทั้งความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วมและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังกล่าวไปข้างต้น ล้วนมีความเชื่อมโยงและมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ หรือพิจารณาเกี่ยวกับการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ทั้งข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity และ compound symmetry ที่มีความเข้มงวด (rigorousness) แตกต่างกัน นั่นคือ **การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity เป็นการพิจารณาโดยประเมินจากค่าความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนครั้งที่วัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลองเท่านั้น** ซึ่งเป็น **การพิจารณาค่าความแปรปรวนของตัวแปรผลต่างแบบตัวแปรเดียว ซึ่งมีความเข้มงวดค่อนข้างน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการตรวจสอบข้อตกลงเกี่ยวกับ compound symmetry** ที่พิจารณาทั้งค่าความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนครั้งที่วัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลองแบบตัวแปรเดียวและค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างผลต่างแต่ละคู่ของจำนวนครั้งที่วัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทดลองแบบสองตัวแปร ดังนั้นในทางปฏิบัติสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ จึงตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity เท่านั้น เพื่อหลีกเลี่ยงความเข้มงวดที่เกิดขึ้นจากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นแบบ compound symmetry

### 3.5 กรณีตัวอย่าง : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำหนึ่งกลุ่ม

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำหนึ่งกลุ่ม นักวิจัยสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทั้งแบบตัวแปรเดียว หรือแบบหลายตัวแปร ตามแนวทางการตัดสินใจดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นเพื่อให้ นักวิจัยได้เกิดความเข้าใจ รวมถึงมีประสบการณ์และทักษะในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ จึงได้นำเสนอขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแสดงเป็นกรณีตัวอย่างการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำหนึ่งกลุ่ม ครอบคลุมทั้งการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียวและแบบหลายตัวแปร ดังนี้

#### 3.5.1 กรณีตัวอย่าง : การวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (univariate RM-ANOVA)

#### 3.5.2 กรณีตัวอย่าง : การวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายตัวแปร (multivariate RM-ANOVA)

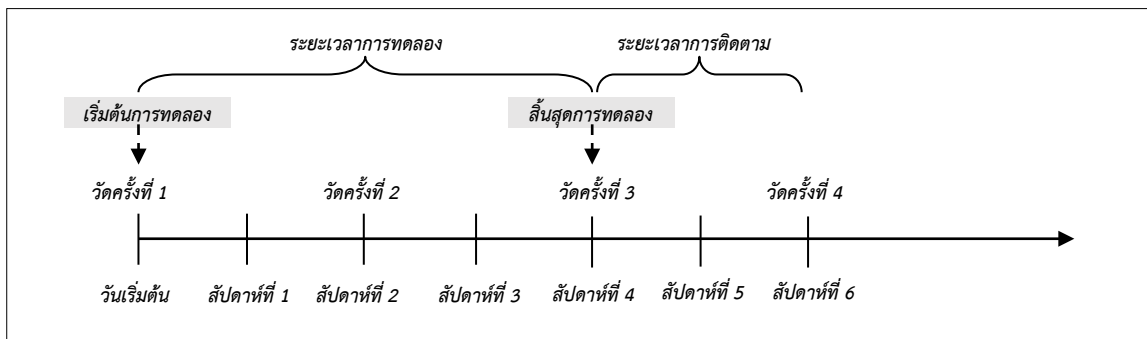
#### 3.5.1 กรณีตัวอย่าง : การวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (univariate RM-ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำหนึ่งกลุ่ม กรณีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว เป็นการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามวิจัยเกี่ยวกับ “**ค่าเฉลี่ยของตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่อง มีการเปลี่ยนแปลง หรือแตกต่างกัน หรือไม่ ? อย่างไร ? ในแต่ละจุดเวลา (time points) ที่วัดซ้ำ หรือเงื่อนไข (conditions) ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่สามครั้ง หรือสามเงื่อนไขขึ้นไป**” และ ถูกตัดสินใจเลือกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อพิจารณาจากขนาดตัวอย่างแล้วพบว่า ขนาดตัวอย่างไม่ใหญ่มากพอ หรือ  $n \leq 10 + k$  ; เมื่อ  $k =$  จำนวนระดับการวัดซ้ำ หรือ

**เงื่อนไข** ตามข้อเสนอแนะของ Maxwell and Delaney (1990) และโครงสร้างของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม STATA จำเป็นต้องถูกจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบยาว หรือ long format ซึ่งประกอบด้วย ตัวแปรตาม หรือตัวแปรผลลัพธ์ ที่มีลักษณะข้อมูลแบบต่อเนื่อง จำนวน 1 ตัวแปร (คอลัมน์), ตัวแปรอิสระ ที่มีลักษณะข้อมูลแบบกลุ่มและเป็นตัวแปรที่ใช้ในการบ่งชี้ระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไข จำนวน 1 ตัวแปร (คอลัมน์) และตัวแปรที่ระบุ หรือบ่งชี้ความเฉพาะของรายบุคคล ที่มีลักษณะข้อมูลแบบกลุ่ม จำนวน 1 ตัวแปร (คอลัมน์) โดยมีรายละเอียดสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกรณีตัวอย่าง ดังนี้

### กรณีตัวอย่างที่ 3.2

นักวิจัยท่านหนึ่ง ต้องการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิผลของโปรแกรมการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเองของผู้สูงอายุประเภทติดเตียง จำนวน 5 คน โดยกำหนดให้ผู้สูงอายุได้รับโปรแกรมทุกสองอาทิตย์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์และมีการวัดระดับคะแนนการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเอง (คะแนนเต็ม 60) จำนวน 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนเริ่มต้นการทดลอง, สัปดาห์ที่ 2, สัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 6 **ผังแผนภาพที่ 3.12** โดยมีคำอธิบายข้อมูลและข้อมูลที่ถูกรวบรวมมาได้ ดังนี้



แผนภาพที่ 3.12 แสดงแผนผังการทดลองในกรณีตัวอย่างที่ 4.1

### คำอธิบายข้อมูล

ชื่อตัวแปร	คำอธิบายชื่อตัวแปร	ค่าที่เป็นไปได้
id	หมายเลขประจำตัวรายบุคคล	ตามระบุ
score1	คะแนนการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเอง ครั้งที่ 1	ตามระบุ
score2	คะแนนการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเอง ครั้งที่ 2	ตามระบุ
score3	คะแนนการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเอง ครั้งที่ 3	ตามระบุ
score4	คะแนนการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเอง ครั้งที่ 4	ตามระบุ

### ข้อมูลที่ถูกรวบรวมมาได้

id	score1	score2	score3	score4
1	32	30	18	36
2	16	20	12	24
3	26	22	20	32
4	40	36	22	46
5	28	30	16	32

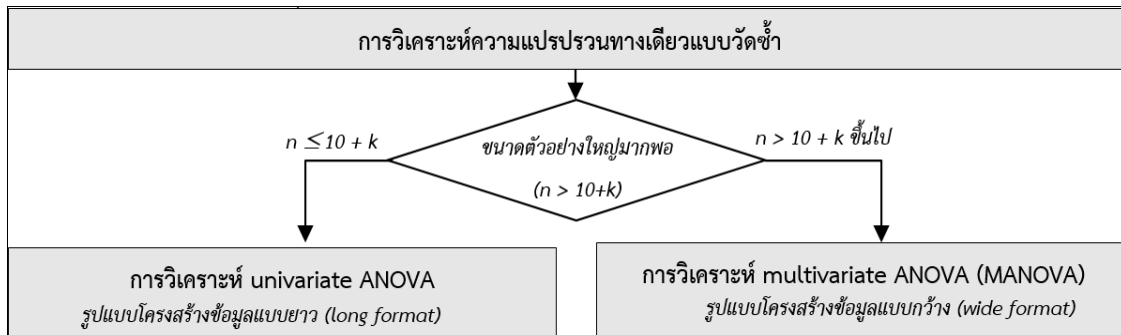
### ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำหนึ่งกลุ่ม (กรณีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว)

ประกอบด้วย

- ❶. การตัดสินใจเลือกแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว หรือแบบหลายตัวแปร
- ❷. การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง
- ❸. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในภาพรวม (overall)
- ❹. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (pairwise comparison test)
- ❺. การคำนวณหาขนาดผลกระทบ (effect size)
- ❻. การแสดงแผนภาพแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรผลลัพธ์
- ❼. การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

#### ❶. การตัดสินใจเลือกแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว หรือแบบหลายตัวแปร

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำหนึ่งกลุ่ม สามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทั้งแบบตัวแปรเดียวและแบบหลายตัวแปร ซึ่งมีผลโดยตรงต่อความแตกต่างของขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ตามมา โดยเฉพาะการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity และอำนาจการทดสอบทางสถิติของทั้งสองแนวทาง เมื่อข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว มีการถูกละเมิด หรือไม่ผ่าน ซึ่งเกณฑ์การตัดสินใจตามที่ระบุไว้ในแผนผังการวิเคราะห์ข้อมูลฯ ข้างต้น ได้แก่ “ **ขนาดตัวอย่างที่นำมาศึกษานั้น มีขนาดตัวอย่างที่ใหญ่มากพอ หรือไม่ ?** ” และสามารถนำมาแสดงอีกครั้งเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องได้ดังแผนภาพที่ 3.13



แผนภาพที่ 3.13 แสดงแผนผังการตัดสินใจเลือกแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว หรือแบบหลายตัวแปร

จากกรณีตัวอย่างที่ 3.2 เมื่อนำเกณฑ์การตัดสินใจดังแผนภาพที่ 3.13 ข้างต้นมาใช้ พบว่า ค่า  $k$  หรือ จำนวนระดับของการวัดซ้ำที่มีอยู่ เท่ากับ 4 และเมื่อนำไปแทนค่าตามเกณฑ์จะได้  $10 + 4 = 14$  ขณะที่ขนาดตัวอย่าง ( $n$ ) ที่มีอยู่จริงในกรณีตัวอย่างนี้ เท่ากับ 5 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การตัดสินใจ จึงพบว่า  $n < 14$

ดังนั้นจึงสรุปผลการตัดสินใจได้ว่า “ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ กลุ่มเดียวครั้งนี้ จะเลือกการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากขนาดตัวอย่างที่มีอยู่ไม่มากพอ หรือ  $n < 14$  ”

## ๒. การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ กรณีการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรเดียว ในทางปฏิบัติ แม้มีข้อตกลงเบื้องต้นอื่นที่ต้องนำมาพิจารณาและตรวจสอบ แต่ข้อตกลงเหล่านั้น ก็มักเป็นข้อตกลงเบื้องต้นพื้นฐาน ซึ่งนักวิจัยได้มีการกลั่นกรองและประเมินเบื้องต้น ตั้งแต่เริ่มออกแบบการวิจัยอยู่แล้ว เช่น ตัวแปรผลลัพธ์ที่นำมาวิเคราะห์ข้อมูล ต้องมีลักษณะข้อมูลแบบต่อเนื่อง หรือตัวอย่างที่นำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ต้องถูกเลือกมาอย่างสุ่มจากประชากร เป็นต้น ดังนั้นมีข้อตกลงเบื้องต้นหลักที่สำคัญและนักวิจัยจำเป็นต้องทราบวิธีการและแนวทางในการตรวจสอบด้วยโปรแกรม STATA ประกอบด้วย

- 2.1) ข้อตกลงเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งในแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือ เงื่อนไข (within subject factors) จำเป็นต้องมีการแจกแจงแบบปกติ
- 2.2) ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity

## 2.1) ข้อตกลงเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งในแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือ เงื่อนไข (within subject factors) จำเป็นต้องมีการแจกแจงแบบปกติ

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นนี้ เป็นการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติ ด้วยสถิติ Shapiro-Wilk W test ภายใต้โครงสร้างข้อมูลแบบกว้าง โดยใช้คำสั่ง **swilk** ของโปรแกรม STATA และมีผลลัพธ์ที่ได้ ดังแผนภาพที่ 3.14

```
. swilk score1-score4
```

Shapiro-Wilk W test for normal data						ค่า p-value ที่นำมาใช้ในการตัดสินใจ
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z	
score1	5	0.98549	0.171	-1.770	0.96166	
score2	5	0.94265	0.677	-0.481	0.68470	
score3	5	0.97872	0.251	-1.458	0.92764	
score4	5	0.97998	0.236	-1.510	0.93453	

แผนภาพที่ 3.14 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากคำสั่ง swilk

จากแผนภาพที่ 3.14 ข้างต้น ค่า p-value ที่คำนวณได้ในแต่ละระดับการวัดซ้ำ (score1 - score4) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ ) พบว่า มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดทุกระดับ (p-value > 0.05) ดังนั้นจึงตัดสินใจ **ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก** ( $H_0$ : มีการแจกแจงแบบปกติ)

สรุปผลได้ว่า “แต่ละระดับการวัดซ้ำ (score1 – score4) มีการแจกแจงแบบอื่นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความผิดพลาดไม่เกิน 5%” หรืออาจกล่าวได้ว่า “แต่ละระดับการวัดซ้ำ (score1 – score4) มีการแจกแจงแบบปกติ”

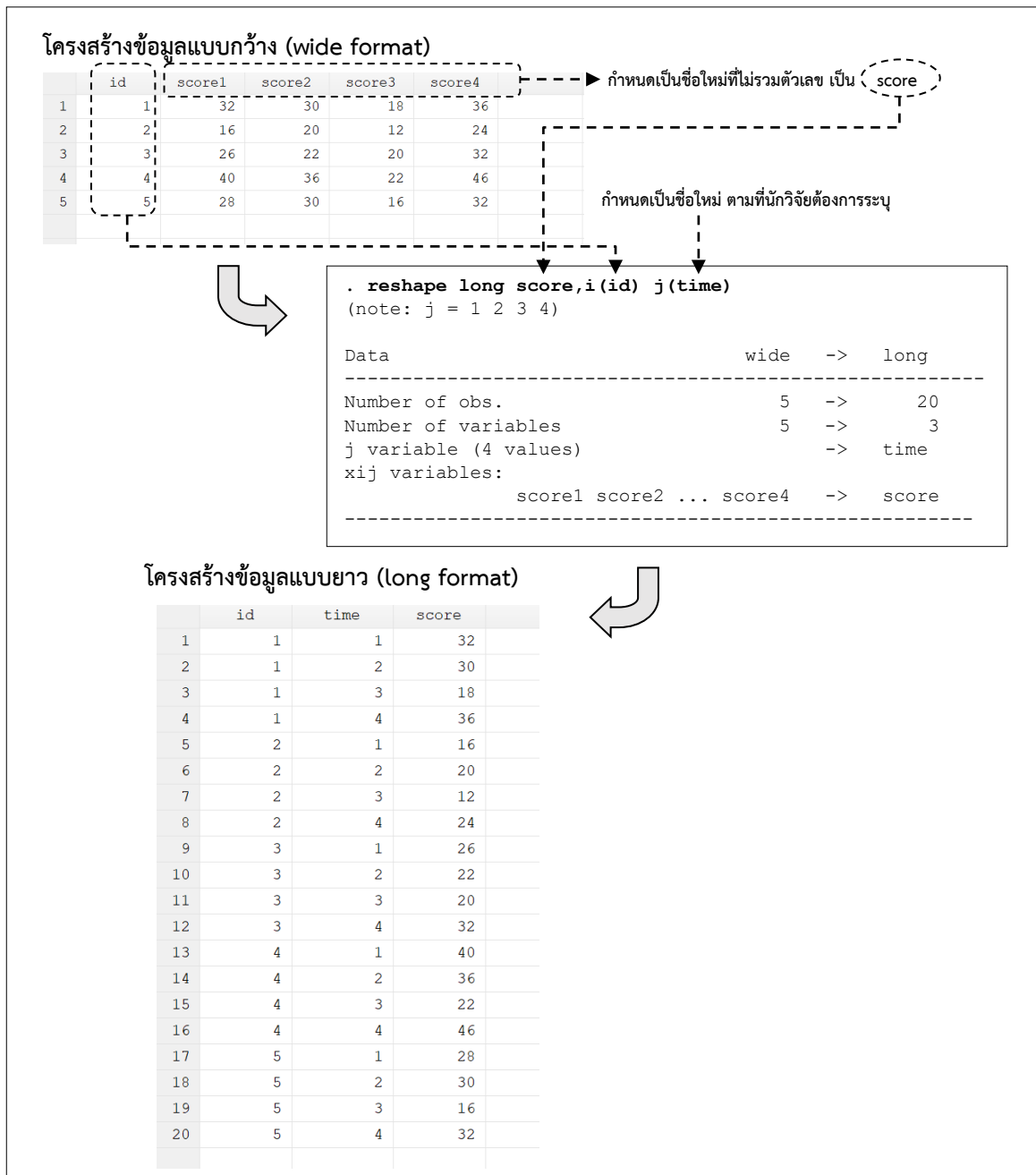
## 2.2) ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity

ในทางปฏิบัติ สำหรับการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ด้วยวิธี Mauchly's test ในโปรแกรม STATA จะไม่มีชุดคำสั่งดังกล่าว ดังนั้นนักวิจัยจึงจำเป็นต้อง download และทำการติดตั้งเพิ่มเติม ด้วยการพิมพ์คำสั่ง **ssc install mauchly** ซึ่งเป็นชุดคำสั่งของวิธี Mauchly's test และพิมพ์คำสั่ง **ssc install moremata** ซึ่งเป็นชุดสนับสนุนการทำงานของชุดคำสั่งข้างต้น ดังแผนภาพที่ 3.15

```
. ssc install mauchly
. ssc install moremata
```

แผนภาพที่ 3.15 แสดงคำสั่งในการติดตั้งชุดคำสั่งเกี่ยวกับวิธี Mauchly's test

ซึ่งภายหลังจากที่นักวิจัยได้ติดตั้งชุดคำสั่งใหม่เพิ่มเติมตามแนวทางข้างต้นแล้ว ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนต่อไป นักวิจัยจำเป็นต้องตรวจสอบรูปแบบโครงสร้างของข้อมูลในส่วนหน้าต่างของ Data Editor (Edit) ก่อนว่า เป็นรูปแบบยาว หรือ long format หรือยัง หากยัง จำเป็นดำเนินการเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างข้อมูลจากแบบกว้าง (wide format) ไปเป็นแบบยาว (long format) ด้วยคำสั่ง **reshape** ก่อนเสมอ *ดังแผนภาพที่ 3.16*



แผนภาพที่ 3.16 แสดงคำสั่งในการเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างข้อมูลจากแบบกว้างไปเป็นแบบยาวด้วยคำสั่ง **reshape**

เมื่อเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างข้อมูลจากแบบกว้าง (wide format) ไปเป็นแบบยาว (long format) ด้วยคำสั่ง **reshape** เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ ขั้นตอนการเริ่มต้นทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ด้วยวิธี Mauchly's test และเนื่องจากโครงสร้างข้อมูลแบบยาว มีลักษณะเข้าข่ายเป็นข้อมูลแบบ time series ซึ่งมีการวัดค่าซ้ำตามระยะเวลา เช่นเดียวกับข้อมูลระยะยาว (longitudinal data) ดังนั้นก่อนเริ่มต้นใช้คำสั่งในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity นักวิจัยจึงจำเป็นต้องทำการประกาศ หรือแจ้ง (declare) ให้โปรแกรม STATA ได้ทราบว่า ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์นี้ เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบ time series หรือข้อมูลระยะยาว ด้วยคำสั่ง **tsset** โดยมีรูปแบบคำสั่งและคำอธิบายประกอบ ดังนี้

### รูปแบบคำสั่งการประกาศข้อมูลแบบ time series หรือข้อมูลระยะยาว

```
tsset panelvar timevar
```

<b>tsset</b>	คำสั่งการประกาศข้อมูลแบบ time series หรือข้อมูลระยะยาว
<b>panelvar</b>	ระบุชื่อตัวแปรที่บ่งชี้รายบุคคล เช่น id, code เป็นต้น
<b>timevar</b>	ระบุชื่อตัวแปรที่บ่งชี้เวลาที่วัดซ้ำ/ เงื่อนไขที่มี เช่น time, method เป็นต้น (ตัวเลือกอื่น ๆ สามารถศึกษาได้จากคำสั่ง <b>help tsset</b> )

จากนั้นจึงทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ด้วยวิธี Mauchly's test โดยใช้คำสั่ง **mauchly** และตามด้วยตัวเลือก **m** ซึ่งมีรูปแบบคำสั่งและคำอธิบายประกอบ ดังนี้

### รูปแบบคำสั่งการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ด้วยวิธี Mauchly's test

```
mauchly varlist, m(repeated_var)
```

<b>varlist</b>	ระบุชื่อตัวแปรตาม ที่ต้องการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ด้วยวิธี Mauchly's test เช่น bp, score เป็นต้น
<b>repeated_var</b>	ระบุชื่อตัวแปรที่บ่งชี้เวลาที่วัดซ้ำ/ เงื่อนไขที่มี เช่น time, method เป็นต้น (ตัวเลือกอื่น ๆ สามารถศึกษาได้จากคำสั่ง <b>help mauchly</b> )

ดังนั้นจากกรณีตัวอย่างที่ 3.2 สามารถนำคำสั่งการประกาศข้อมูลแบบ time series หรือข้อมูลระยะยาวและคำสั่งการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ด้วยวิธี Mauchly's test ตามรูปแบบข้างต้น มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและมีผลลัพธ์ที่ได้ ดังแผนภาพที่ 3.17 และ 3.18

```
. tsset id time
      panel variable: id (strongly balanced)
      time variable: time, 1 to 4
      delta: 1 unit
```

แผนภาพที่ 3.17 แสดงคำสั่งประกาศข้อมูลแบบ time series หรือข้อมูลระยะยาว

```
. mauchly score,m(time)
      ส่วนที่ใช้ในการพิจารณาและตัดสินใจ
Mauchly's Test of Sphericity
┌───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┐
│ Mauchly's W. │ Chi2. │ d.f. │ P-value. │ Epsilon_gg. │ Epsilon_ff. │ Lower-bound │
├───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┤
│ 0.1865 │ 4.5715 │ 5 │ .4704 │ 0.6049 │ 1.0000 │ 0.3333 │
└───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┬───────────┘
```

แผนภาพที่ 3.18 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ด้วยวิธี Mauchly's test

จากแผนภาพที่ 3.18 ข้างต้น ค่า p-value ที่คำนวณได้จากวิธีการ Mauchly's test มีค่าเท่ากับ **0.4704** ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ ) พบว่า **มีค่ามากกว่า** ระดับนัยสำคัญที่กำหนด (p-value > 0.05) ดังนั้นจึงตัดสินใจ **ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก** ( $H_0$ : ความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนที่วัดซ้ำที่เป็นไปได้ในการทดลอง **ไม่แตกต่างกัน**)

จึงสรุปผลได้ว่า “ความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนที่วัดซ้ำที่เป็นไปได้ในการทดลอง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความผิดพลาดไม่เกิน 5%” หรืออาจกล่าวได้ว่า “**ความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคู่ของจำนวนที่วัดซ้ำที่เป็นไปได้ในการทดลอง ไม่แตกต่างกัน**” และถือว่า **ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity**

ขณะเดียวกันการแปลผลในส่วน of ค่า epsilon ที่ปรับแก้ด้วยวิธีการทั้ง 3 วิธี ดังปรากฏในผลลัพธ์ที่ได้ข้างต้น ยังไม่มีความจำเป็นต้องพิจารณา เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้ในส่วนดังกล่าวนี้จะถูกนำมาพิจารณาและแปลผล เมื่อผลการทดสอบด้วยวิธี Mauchly's test มีการตัดสินใจ “ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (p-value < 0.05)” หรือ “ข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว ไม่ผ่าน หรือ ถูกละเมิด” ดังที่ได้อธิบายรายละเอียดไปแล้วในหัวข้อที่เกี่ยวข้องข้างต้น

### 3. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในภาพรวม (overall)

จากการแนะนำเสนอขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity กับการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีอยู่ในภาพรวมด้วยโปรแกรม STATA ออกจากกันในครั้งนี้ นักวิจัยอาจเกิดข้อสงสัย เพราะในทางปฏิบัติ นักวิจัยสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ครอบคลุมทั้งสองประเด็นดังกล่าวได้ ด้วยคำสั่งเดียว เช่น **anova** หรือ **wsanova** (เป็นคำสั่งที่ต้อง download และ install เพิ่มเติม) แต่อย่างไรก็ตาม แม้ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการปรับค่า degree of freedom ด้วยค่า epsilon ทั้ง 3 วิธี รวมถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีอยู่ในภาพรวม จะสามารถแสดงผลพร้อมกันได้ก็ตาม แต่การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม STATA ก็ไม่ได้แสดงค่า p-value เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับวิธี Mauchly's test ไว้อย่างชัดเจน เพียงแต่อาจสามารถประเมินแนวโน้มได้จากค่า epsilon ของวิธีการปรับค่า Huynh-Feldt เมื่อมีค่าเท่ากับหนึ่ง หรือเข้าใกล้หนึ่ง ซึ่งแสดงแนวโน้มว่าไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ( $p\text{-value} \geq 0.05$ ) หรือไม่ถูกละเมิด เท่านั้น ดังนั้นในการนำเสนอขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล จึงได้แยกขั้นตอนการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity กับการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีอยู่ในภาพรวม เพื่อแสดงให้เห็นนักวิจัยได้เห็นรายละเอียดของการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องได้อย่างชัดเจน อันจะเป็นประโยชน์ในเชิงหลักการและแนวปฏิบัติ รวมถึงสามารถทำการตรวจสอบความถูกต้องในแต่ละขั้นตอนต่างๆ ได้อย่างตรงไปตรงมา

ซึ่งในขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีอยู่ในภาพรวมนี้ นักวิจัยจำเป็นต้องประเมินผลลัพธ์ที่ได้ เพื่อหาคำตอบและข้อสรุปเกี่ยวกับ *“การพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีอยู่ในภาพรวมอย่างน้อย 1 คู่ หรือไม่?”* โดยสามารถใช้คำสั่งที่เกี่ยวข้องด้วยโปรแกรม STATA ประกอบด้วยคำสั่ง **anova** หรือ **wsanova** (เป็นคำสั่งที่ต้อง download และ install เพิ่มเติม) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองคำสั่ง จะให้รายละเอียดของค่าสถิติที่เกี่ยวข้องแตกต่างกัน นั่นคือ ผลลัพธ์ที่ได้จากคำสั่ง **anova** จะให้รายละเอียดมากกว่าคำสั่ง **wsanova** (ซึ่งให้ผลลัพธ์เฉพาะเชิงสรุปที่จำเป็น) แต่การนำไปสู่คำตอบและข้อสรุปตามที่นักวิจัยต้องการดังกล่าวข้างต้น ก็ยังเป็นไปในทิศทางเดียวกัน หรือได้ข้อสรุปไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในการนำเสนอสำหรับขั้นตอนนี้ จึงมุ่งเน้นการใช้คำสั่ง **anova** เพียงคำสั่งเดียวเท่านั้น โดยมีรูปแบบคำสั่งและคำอธิบายประกอบ ดังนี้

รูปแบบคำสั่งการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีอยู่ในภาพรวม

```
anova outcome_var id_var repeated_var, repeated(repeated_var)
```

outcome\_var      ระบุชื่อตัวแปรตาม ที่ต้องการเปรียบเทียบ เช่น bp, score เป็นต้น  
 id\_var            ระบุชื่อตัวแปรที่บ่งชี้รายบุคคล เช่น id, code เป็นต้น  
 repeated\_var     ระบุชื่อตัวแปรที่บ่งชี้เวลาที่วัดซ้ำ/ เงื่อนไขที่มี  
                          เช่น time, method เป็นต้น  
                          (ตัวเลือกอื่น ๆ สามารถศึกษาได้จากคำสั่ง **help anova**)

ดังนั้นจากกรณีตัวอย่างที่ 3.2 สามารถนำคำสั่งการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีอยู่ในภาพรวม ตามรูปแบบข้างต้น มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและมีผลลัพธ์ที่ได้ดังแผนภาพที่ 3.19

```
. anova score id time, repeated(time)
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	1379	7	197	20.96	0.0000
id	680.8	4	170.2	18.11	0.0001
time	698.2	3	232.73333	24.76	0.0000
Residual	112.8	12	9.4		
Total	1491.8	19	78.515789		

Number of obs = 20      R-squared = 0.9244  
 Root MSE = 3.06594      Adj R-squared = 0.8803

Between-subjects error term: id  
 Levels: 5 (4 df)  
 Lowest b.s.e. variable: id

Repeated variable: time  
 Huynh-Feldt epsilon = 1.0789  
 \*Huynh-Feldt epsilon reset to 1.0000  
 Greenhouse-Geisser epsilon = 0.6049  
 Box's conservative epsilon = 0.3333

Source	df	F	Regular	H-F	G-G	Box
time	3	24.76	0.0000	0.0000	0.0006	0.0076
Residual	12					

ส่วนที่ใช้ในการพิจารณาและตัดสินใจ

แผนภาพที่ 3.19 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีอยู่ในภาพรวม

จากแผนภาพที่ 3.19 ข้างต้น ค่าผลลัพธ์ที่คำนวณได้จากตาราง ANOVA ในคอลัมน์ แหล่งข้อมูล (Source) ตำแหน่งแถว **time** ซึ่งถือเป็นตัวแปรวัดซ้ำที่แสดงปัจจัยภายในบุคคล (within-subject factor) ที่เราสนใจและถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจ กรณีการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างแต่ละระดับของการวัดซ้ำ ซึ่งพบว่า มีค่า  $F_{(df_{repeat}, df_{residual})} = F_{(2,12)} = 24.76$  และ ค่า  $p\text{-value} < 0.001$  ซึ่งเมื่อนำค่า  $p\text{-value}$  ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ ) พบว่า **มีค่าน้อยกว่า** ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $p\text{-value} < 0.05$ ) ดังนั้นจึงตัดสินใจ **ปฏิเสธสมมติฐานหลัก** ( $H_0$ : ค่าเฉลี่ยของคะแนนการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเองทั้ง 4 ครั้งที่วัดซ้ำ ไม่แตกต่างกัน )

จึงสรุปผลได้ว่า “ค่าเฉลี่ยของคะแนนการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเอง ทั้ง 4 ครั้งที่วัดซ้ำ **แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่** อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความผิดพลาดไม่เกิน 5%” หรืออาจกล่าวได้ว่า “ค่าเฉลี่ยของคะแนนการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเองทั้ง 4 ครั้งที่วัดซ้ำ **มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่**”

เช่นเดียวกันกับการใช้คำสั่ง **mauchly** สำหรับการแปลผลในส่วนของค่า  $\epsilon$  ที่ปรับแก้ด้วยวิธีการทั้ง 3 วิธี ดังปรากฏในผลลัพธ์ที่ได้ข้างต้น ยังไม่มีความจำเป็นต้องพิจารณา ทั้งนี้เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้ในส่วนดังกล่าวนี้ จะถูกนำมาพิจารณาและแปลผล ก็ต่อเมื่อผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity ด้วยวิธี Mauchly's test มีการตัดสินใจว่า “มีการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ( $p\text{-value} < 0.05$ )” หรือ “ข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว **ไม่ผ่าน หรือ ถูกละเมิด**” ดังที่ได้อธิบายรายละเอียดไปแล้วในหัวข้อที่เกี่ยวข้องข้างต้น

#### ④. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (pairwise comparison test หรือ pos hoc test)

หากข้อสรุปที่ได้จากขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขในภาพรวม พบว่า “ค่าเฉลี่ยระหว่างแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไข แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความผิดพลาดไม่เกิน 5% ( $p\text{-value} \geq 0.05$ ) ” หรืออาจกล่าวได้ว่า “ค่าเฉลี่ยระหว่างแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไข **ไม่แตกต่างกัน**” นักวิจัยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดและถือว่า สิ้นสุดการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

แต่หากข้อสรุปที่ได้จากขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขในภาพรวม พบว่า “ค่าเฉลี่ยระหว่างแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไข แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความผิดพลาดไม่เกิน 5% ( $p\text{-value} < 0.05$ ) ” หรืออาจกล่าวได้ว่า “ค่าเฉลี่ยระหว่างแต่ละระดับของการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไข **มีแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่**” นักวิจัยจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป เพื่อหาคำตอบและข้อสรุปว่า “มีค่าเฉลี่ยระหว่างแต่ละ

ระดับของการวัดซ้ำ/เงื่อนไข คู่ใดบ้าง? ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ” จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (pairwise comparison test หรือ post hoc test) ด้วยวิธีการปรับค่า  $\alpha$  ของ Bonferroni (Mishra et al, 2019) ภายใต้คำสั่ง **margins** โดยมีรูปแบบคำสั่งและคำอธิบายประกอบ ดังนี้

รูปแบบคำสั่งการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (pairwise comparison test หรือ post hoc test)

```
margins repeated_var, pwcompare(effect) mcompare(methods)
```

<code>margins*</code>	แสดงค่าประมาณหลังการวิเคราะห์ (postestimation) ของตัวแปรที่ตามหลัง
<code>repeated_var</code>	ระบุชื่อตัวแปรที่บ่งชี้เวลาที่วัดซ้ำ/ เงื่อนไขที่มี เช่น time, method เป็นต้น
<code>pwcompare(effect)</code>	แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของผลกระทบ
<code>mcompare(methods)</code>	แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ตามวิธีที่บ่งชี้ในวงเล็บ (ตัวเลือกอื่นๆสามารถศึกษาได้จากคำสั่ง <b>help margins</b> )

\* คำสั่ง **margins** ถือเป็นคำสั่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อประมาณค่าผลลัพธ์ที่ต้องการทราบ ภายหลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลหลักก่อน (postestimation) ดังนั้นคำสั่งนี้ นักวิจัยต้องตระหนักว่า ต้องนำมาใช้ภายหลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลหลักเสร็จสิ้นก่อนเสมอ

ดังนั้นจากกรณีตัวอย่างที่ 3.2 สามารถนำคำสั่งการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีการปรับค่า  $\alpha$  ของ Bonferroni ตามรูปแบบข้างต้น มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและมีผลลัพธ์ที่ได้ดังแผนภาพที่ 3.20

```
. margins time, pwcompare(effects) mcompare(bon)
```

Pairwise comparisons of predictive margins

Expression : Linear prediction, predict()

	Number of Comparisons
time	6

	Contrast	Delta-method Std. Err.	Bonferroni t	Bonferroni P> t	Bonferroni [95% Conf. Interval]
time					
2 vs 1	-.8	1.939072	-0.41	1.000	-6.913276 5.313276
3 vs 1	-10.8	1.939072	-5.57	0.001	-16.91328 -4.686724
4 vs 1	5.6	1.939072	2.89	0.082	-.5132759 11.71328
3 vs 2	-10	1.939072	-5.16	0.001	-16.11328 -3.886724
4 vs 2	6.4	1.939072	3.30	0.038	.2867241 12.51328
4 vs 3	16.4	1.939072	8.46	0.000	10.28672 22.51328

แผนภาพที่ 3.20 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีการปรับค่า  $\alpha$  ของ Bonferroni

จากแผนภาพที่ 3.20 ข้างต้น ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยฯ ในแต่ละครั้งของการวัดเป็นรายคู่ พบว่า มีคู่ที่มีคะแนนเฉลี่ยฯ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความผิดพลาดไม่เกิน 5% ได้แก่

การวัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 3	( $\bar{X}_{diff} = 10.8$ , 95%CI = 4.69 ถึง 16.91, p-value = 0.001)
การวัดครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3	( $\bar{X}_{diff} = 10.0$ , 95%CI = 3.89 ถึง 16.11, p-value = 0.001)
การวัดครั้งที่ 2 และครั้งที่ 4	( $\bar{X}_{diff} = 6.4$ , 95%CI = 0.29 ถึง 12.51, p-value = 0.038)
การวัดครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4	( $\bar{X}_{diff} = 16.4$ , 95%CI = 10.29 ถึง 22.51, p-value < 0.001)

### ๕. การคำนวณหาขนาดผลกระทบ (effect size)

อีกผลการวิเคราะห์หนึ่งที่น่าสนใจไม่ควรละเลยในการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลที่ได้ นั่นคือขนาดผลกระทบ หรือ effect size เพราะค่าดังกล่าว จะเป็นตัวสะท้อนขนาดความผันแปรที่เกิดขึ้นของตัวแปรผลลัพธ์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เป็นผลกระทบมาจากสิ่งแทรกแซง หรือ intervention ที่นักวิจัยสนใจศึกษา หรือทำการทดลอง ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ขนาดผลกระทบนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย ค่า eta square ( $\eta^2$ ) และค่า omega square ( $\omega^2$ ) ซึ่งสองค่าดังกล่าวนี้ สามารถเทียบเคียงทั้งในเชิงของความหมายและการนำไปใช้ได้เช่นเดียวกับค่า R-squared ( $R^2$ ) และค่า adjusted R-squared (*adj R – squared*) ที่นักวิจัยส่วนใหญ่คุ้นเคยและถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ ขณะเดียวกันค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณขนาดผลกระทบด้วยโปรแกรม STATA มีการแสดงผลทั้งในลักษณะภาพรวม (model) และส่วนย่อย (partial) ดังนั้นนักวิจัยจึงจำเป็นต้องพิจารณาและเลือกนำค่าผลลัพธ์ที่ได้ ไปใช้ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการนำไปใช้สรุปผล โดยเฉพาะการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ปัจจัยที่สนใจ คือ ปัจจัยภายในบุคคล หรือ within-subject factor หรือในทางปฏิบัติก็คือ ตัวแปรวัดซ้ำนั่นเองว่า ตกลงแล้ว ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสิ่งแทรกแซง หรือ intervention มีมาก หรือน้อย ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับการวัดซ้ำที่มีอยู่ ดังนั้นการนำเสนอขนาดผลกระทบที่ได้ในกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ จึงเลือกนำเสนอเฉพาะขนาดผลกระทบส่วนย่อย หรือ partial โดยเฉพาะส่วนย่อยของตัวแปรที่มีการวัดซ้ำ ซึ่งในการคำนวณขนาดผลกระทบด้วยโปรแกรม STATA สามารถวิเคราะห์ เพื่อให้แสดงค่า eta square ( $\eta^2$ ) และค่า omega square ( $\omega^2$ ) ได้ด้วยคำสั่ง **estat esize** ภายใต้ตัวเลือกเพิ่มเติมที่แตกต่างกัน โดยมีรูปแบบคำสั่งและคำอธิบายประกอบ ดังนี้

รูปแบบคำสั่งการคำนวณหาค่าขนาดผลกระทบ (effect size) เพื่อแสดงค่า eta square ( $\eta^2$ )

```
estat esize
```

estat*	คำสั่งในการประมาณค่าหลังการวิเคราะห์หลัก (postestimation) เกี่ยวกับค่าสถิติที่ต้องการ ซึ่งถูกระบุตามหลัง
esize	ตัวเลือกให้แสดงขนาดผลกระทบทั้งภาพรวม (model) และส่วนย่อย (partial) โดยแสดงขนาดผลกระทบในรูปแบบ eta square ( $\eta^2$ ) (ตัวเลือกอื่น ๆ สามารถศึกษาได้จากคำสั่ง <b>help estat</b> )

\* คำสั่ง **estat** ถือเป็นคำสั่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อประมาณค่าผลลัพธ์ที่ต้องการทราบ ภายหลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลหลักก่อน (postestimation) ดังนั้นคำสั่งนี้ นักวิจัยต้องตระหนักว่า ต้องนำมาใช้ภายหลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลหลักเสร็จสิ้นก่อนเสมอ

รูปแบบคำสั่งการคำนวณหาค่าขนาดผลกระทบ (effect size) เพื่อแสดงค่า omega square ( $\omega^2$ )

```
estat esize, omega
```

estat*	คำสั่งในการประมาณค่าหลังการวิเคราะห์หลัก (postestimation) เกี่ยวกับค่าสถิติที่ต้องการ ซึ่งถูกระบุตามหลัง
esize	ตัวเลือกให้แสดงขนาดผลกระทบทั้งภาพรวม (model) และส่วนย่อย (partial)
omega	ตัวเลือกให้แสดงขนาดผลกระทบในรูปแบบ omega square ( $\omega^2$ ) (ตัวเลือกอื่น ๆ สามารถศึกษาได้จากคำสั่ง <b>help estat</b> )

\* คำสั่ง **estat** ถือเป็นคำสั่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อประมาณค่าผลลัพธ์ที่ต้องการทราบ ภายหลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลหลักก่อน (postestimation) ดังนั้นคำสั่งนี้ นักวิจัยต้องตระหนักว่า ต้องนำมาใช้ภายหลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลหลักเสร็จสิ้นก่อนเสมอ

ดังนั้นจากกรณีตัวอย่างที่ 3.2 สามารถนำคำสั่งการคำนวณหาค่าขนาดผลกระทบ เพื่อแสดงค่า eta square ( $\eta^2$ ) และค่า omega square ( $\omega^2$ ) ตามรูปแบบข้างต้น มาใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลและมีผลลัพธ์ที่ได้ ดังแผนภาพที่ 3.21 และ 3.22

```
. estat esize
```

Effect sizes for linear models

Source	Eta-Squared	df	[95% Conf. Interval]	
Model	.9243866	7	.6776305	.9357439
id	.8578629	4	.5170563	.8979505
time	.8609125	3	.5526787	.9060156

Note: Eta-Squared values for individual model terms are partial.

ส่วนของ partial eta square ( $\eta_p^2$ ) ที่ต้องนำไปใช้ในการรายงานผล

แผนภาพที่ 3.21 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณขนาดผลกระทบสำหรับค่า partial eta square ( $\eta_p^2$ )

```
. estat esize, omega
```

Effect sizes for linear models

Source	Omega-Squared	df
Model	.8747669	7
id	.8009963	4
time	.8166748	3

Note: Omega-Squared values for individual model terms are partial.

ส่วนของ partial omega square ( $\omega_p^2$ ) ที่ต้องนำไปใช้ในการรายงานผล

แผนภาพที่ 3.22 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณขนาดผลกระทบสำหรับค่า partial omega square ( $\omega_p^2$ )

จากแผนภาพที่ 3.21 และ 3.22 ข้างต้น พบว่า ค่า partial eta square ( $\eta_p^2$ ) ที่ได้เท่ากับ 0.86 (95%CI = 0.55 – 0.91) ส่วนค่า partial omega square ( $\omega_p^2$ ) ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.82 ซึ่งในทางทฤษฎี หากขนาดตัวอย่างที่นำมาศึกษา มีขนาดใหญ่มากพอ ค่าผลลัพธ์ที่ได้ทั้งสอง จะให้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่เมื่อขนาดตัวอย่างที่นำมาศึกษา มีขนาดเล็ก ค่า partial eta square ( $\eta_p^2$ ) ที่ได้ มักให้ค่าที่ค่อนข้างลำเอียง (bias) ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ค่า partial omega square ( $\omega_p^2$ ) แทน (Levine and Hullett, 2002) แต่อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ เพื่อให้การนำเสนอขนาดผลกระทบ (effect size) ที่เกิดขึ้น มีความครอบคลุมและให้ข้อมูลอย่างรอบด้าน ผู้เขียนจึงมีเสนอแนะไว้ดังนี้

นักวิจัย ควรนำเสนอผลของขนาดผลกระทบส่วนย่อยครอบคลุม ทั้งค่า partial eta square ( $\eta_p^2$ ) และค่า partial omega square ( $\omega_p^2$ ) ด้วยค่าขนาดผลกระทบและ 95%CI ของขนาดผลกระทบ

ขณะเดียวกัน ในบางกรณี เพื่อให้เกิดความชัดเจนสำหรับการนำผลที่ได้จากงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ นักวิจัยสามารถสรุปขนาดผลกระทบด้วยการบ่งชี้ในลักษณะขนาดเชิงกลุ่ม เช่น มาก ปานกลาง น้อย โดยผ่านเกณฑ์การพิจารณา ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงเกณฑ์การพิจารณาขนาดผลกระทบของค่า partial eta square ( $\eta_p^2$ )

(Cohen, 1988)

ขนาดผลกระทบของค่า partial eta square (partial $\eta^2$ )	การแปลผลขนาดผลกระทบ
partial $\eta^2$ อยู่ระหว่าง 0.01 – 0.05	น้อย
partial $\eta^2$ อยู่ระหว่าง 0.06 – 0.13	ปานกลาง
partial $\eta^2$ อยู่ระหว่าง 0.14 ขึ้นไป	มาก

แต่อย่างไรก็ตาม การแปลผลขนาดผลกระทบด้วยเกณฑ์การพิจารณาดังกล่าว นักวิจัยควรจำเป็นต้องพึงระวังและตระหนักถึงลักษณะบริบทของงานวิจัยที่เกิดขึ้นในแต่ละสาขาว่ามีความแตกต่างกัน ดังนั้นการตัดสินใจด้วยเกณฑ์การพิจารณาที่เป็นมาตรฐานอย่างเข้มงวดเพียงอย่างเดียว อาจมีข้อจำกัดและไม่เหมาะสม เช่น ขนาดผลกระทบที่ได้จากการศึกษาหนึ่งอาจมีขนาดเล็กน้อย แต่กลับมีความสำคัญอย่างมากต่อการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ เมื่อเทียบกับบางการศึกษา ซึ่งอาจมีขนาดผลกระทบมากกว่า เป็นต้น (Barry et al, 2016)

## 6. การแสดงแผนภาพแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรผลลัพธ์

นอกเหนือจากการนำเสนอค่าทางสถิติและขนาดผลกระทบที่ได้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว การนำเสนอแผนภาพแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรผลลัพธ์ ก็เป็นอีกประเด็น ที่จะช่วยเพิ่มเติมให้นักวิจัยสามารถแสดงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอันเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสิ่งแทรกแซง หรือ intervention ที่นักวิจัยสนใจศึกษาได้อย่างชัดเจนมากขึ้น ซึ่งกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำกลุ่มเดียว นักวิจัยสามารถนำค่าเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละจุดเวลา (time points) ที่วัดซ้ำ หรือแต่ละเงื่อนไข (conditions) ที่ได้รับแตกต่างกัน มานำเสนอเป็นแผนภาพ แล้วประกอบคำอธิบายเพิ่มเติมให้สอดคล้องกับค่าสถิติและขนาดผลกระทบที่ได้นำเสนอไปข้างต้น ก็จะทำให้ นักวิจัยสามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำกลุ่มเดียว กรณีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียวได้อย่างครอบคลุมและเป็นประโยชน์ต่อผู้นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ขณะเดียวกัน ในทางปฏิบัติ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม STATA นักวิจัยสามารถใช้คำสั่งที่เกี่ยวข้องในการจัดการข้อมูล ได้แก่ คำสั่ง `egen` และคำสั่งที่เกี่ยวข้องในการสร้างแผนภาพเส้นแบบสองทาง ได้แก่ คำสั่ง `twoway` (ซึ่งรายละเอียดรูปแบบคำสั่งและคำอธิบายประกอบ นักวิจัยสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากตำราชีวิตสถิติขั้นพื้นฐานและการวิเคราะห์ข้อมูล: STATA10) และมีผลลัพธ์ที่ได้ ดังแผนภาพที่ 3.23



แผนภาพที่ 3.23 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแผนภาพแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรผลลัพธ์

จากแผนภาพที่ 3.23 พบว่า แผนภาพเส้นแบบสองทางที่ได้ แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคะแนนการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเองของผู้สูงอายุประเภทติดเตียงค่อนข้างชัดเจน โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 4 กับสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากและก็เป็นประเด็นที่นักวิจัยควรค้นหาคำตอบ หรือคำอธิบาย เพื่อนำมาอภิปรายผลในหัวข้อที่เกี่ยวข้องว่า เพราะอะไรในช่วงสัปดาห์ดังกล่าว คะแนนการปรับเปลี่ยนทัศนคติการเพิ่มคุณค่าให้ตนเอง จึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นค่อนข้างมาก ขณะเดียวกันก็ต้องไม่ลืมอธิบายผลของแนวโน้มที่เกิดขึ้นในสัปดาห์อื่น ๆ ก่อนหน้านี้เช่นเดียวกัน เกี่ยวกับแนวโน้มของคะแนนที่มีการลดลงในระดับที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อให้ผลการศึกษาที่ได้ มีคำอธิบายประกอบที่ครอบคลุมและรอบด้านมากยิ่งขึ้น

## ๗. การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

จากผลการวิเคราะห์ตามแนวทางดังกล่าวข้างต้น นักวิจัยจำเป็นต้องสรุปผลการวิเคราะห์ทั้งหมด เพื่อนำเสนอผลการศึกษามานอบทความวิจัย ซึ่งถือเป็นแนวทางการเผยแพร่ผลงานวิจัยที่สำคัญ โดยเฉพาะในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล นักวิจัยควรคำนึงและตระหนักถึงหลักการนำเสนอผลให้มีความครอบคลุม ความกระชับและความชัดเจน นั่นคือ ประเด็นความครอบคลุม ประกอบด้วย ค่าสถิติที่เกี่ยวข้องในเชิงการเปรียบเทียบด้วยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ได้แก่ ค่า p-value และค่าสถิติที่บ่งชี้ขนาดความแตกต่างที่เกิดขึ้น ได้แก่ ค่าช่วงเชื่อมั่น (95%CI) และค่าขนาดผลกระทบ (effect size) ประเด็นความกระชับ เป็นประเด็นที่มุ่งเน้นสาระสำคัญของการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติมาใช้นำเสนอ โดยนักวิจัยควรพิจารณาเลือกนำเสนอตัวบ่งชี้ทางสถิติที่สำคัญและมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้อธิบายผลการศึกษาที่ได้ และควรหลีกเลี่ยงการนำเสนอสิ่งที่ไม่จำเป็น หรือไม่มีส่วนในการบ่งชี้ผลการศึกษา และสิ่งที่ไม่ควรกระทำเป็นอย่างยิ่งก็คือ การคัดลอกผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม STATA แล้วมาใช้นำเสนอโดยไม่ผ่านขั้นตอนการพิจารณาใด ๆ โดยเฉพาะการนำเสนอตาราง ANOVA สำหรับกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำกลุ่มเดียว ซึ่งแนวทางการตัดสินใจผ่านตารางดังกล่าวอาจไม่ตรงไปตรงมา แต่ก็มีขั้นตอนการตัดสินใจค่อนข้างชัดเจน เช่น เมื่อมีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity แล้วพบว่า “ผ่าน” ค่า p-value ภายใต้ค่าสถิติ F และค่าองศาความเป็นอิสระที่เกี่ยวข้องในตาราง ANOVA จะถูกเลือกใช้ แต่หากตรวจสอบข้อตกลงดังกล่าวแล้ว พบว่า “ไม่ผ่าน” ค่า p-value บนตาราง ANOVA จะไม่ถูกเลือกใช้ แต่จะไปเลือกใช้ค่า p-value ของวิธีการที่มีการปรับค่าองศาความเป็นอิสระใหม่ด้วยค่า epsilon ซึ่งมีความเป็นไปได้ทั้งวิธีการปรับค่าของ Greenhouse-Geisser correction หรือ Huynh-Feldt correction เป็นต้น หรือนักวิจัยบางท่านอาจแย้งว่า ในตาราง ANOVA อาจให้ค่า SS (sum square) ที่สามารถถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาขนาดผลกระทบ โดยเฉพาะค่า partial eta squared ( $\eta_p^2 = \frac{SS_{effect}}{SS_{effect} + SS_{residual}}$ ) ได้ ซึ่งก็ถูกต้อง แต่ในทางปฏิบัติสำหรับ

ปัจจุบัน ด้วยพัฒนาการของโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ค่าขนาดผลกระทบบดงกล่าว เราสามารถคำนวณโดยคำสั่งจากโปรแกรมต่าง ๆ ได้ ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องคำนวณด้วยมืออีกต่อไป และประเด็นสุดท้าย คือ **ประเด็นความชัดเจน** โดยมุ่งเน้นไปที่การแสดงกราฟเส้น หรือแผนภาพเชิงเส้น เพื่อแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของตัวแปรผลลัพธ์ในเชิงประจักษ์ ประกอบการนำเสนอผลผ่านค่าสถิติต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมประกอบคำอธิบาย เพื่อให้เห็นภาพของผลการศึกษได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจากรายละเอียดทั้งหมดดั่งที่กล่าวไปข้างต้นและเพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความครอบคลุม ความกระชับและความชัดเจน ผู้เขียน จึงได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำกลุ่มเดียว กรณีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว ไว้ดั่งนี้

- ❶. ตารางการนำเสนอข้อมูลทั่วไป
- ❷. ตารางการนำเสนอข้อมูลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในภาพรวม
- ❸. ตารางการนำเสนอข้อมูลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่

### ❶. ตารางการนำเสนอข้อมูลทั่วไป

ในการนำเสนอตารางข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำหนึ่งกลุ่ม นักวิจัยสามารถนำเสนอได้เช่นเดียวกับตารางข้อมูลทั่วไปที่มีการนำเสนอกันอย่างแพร่หลาย โดยจำแนกตามลักษณะข้อมูล เช่น **กรณีข้อมูลทั่วไปที่มีลักษณะข้อมูลแบบต่อเนื่อง** ควรนำเสนอเป็น 2 ลักษณะ ประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ ได้แก่ จำนวนและร้อยละ และสถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด **กรณีข้อมูลทั่วไปที่มีลักษณะข้อมูลแบบแจกแจง** ควรนำเสนอด้วยการแจกแจงความถี่ แสดงเป็นจำนวนและร้อยละ **ดั่งตารางที่ 3.5**

ตารางที่ 3.5 แสดงลักษณะข้อมูลทั่วไปของตัวอย่าง (n=.....)

ลักษณะข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	.....	.....
หญิง	.....	.....
กลุ่มอายุ (ปี)		
ต่ำกว่า 35 ปี	.....	.....
35 ปีขึ้นไป	.....	.....
$\bar{x}$ =..., SD=..., Median=..., min=..., max=...		

## ๒. ตารางการนำเสนอข้อมูลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในภาพรวม

ในทางปฏิบัติ สำหรับการนำเสนอข้อมูลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในภาพรวมด้วยตาราง เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับ “การพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับการวัดซ้ำ หรือเงื่อนไขที่มีอยู่ในภาพรวม อย่างน้อย 1 คู่ หรือไม่?” นักวิจัยควรเขียนคำอธิบายแนวทางการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ sphericity เพื่อเป็นข้อมูลประกอบให้เห็นภาพของการตัดสินใจในการเลือกใช้สถิติได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม จากนั้นจึงนำเสนอตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ครอบคลุมทั้งค่าสถิติที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบด้วยค่า p-value และค่าสถิติที่บ่งชี้ขนาดความแตกต่างด้วยค่าช่วงเชื่อมั่น (95%CI) และค่าขนาดผลกระทบ (effect size) **ดังแผนภาพที่ 3.24**

.....สำหรับการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างการวัดซ้ำแต่ละครั้งในภาพรวม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำหนึ่งกลุ่ม ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญเกี่ยวกับ Sphericity ด้วยวิธีการ Mauchly's test แล้วพบว่า ไม่ผ่านข้อตกลงดังกล่าว (Mauchly's  $W=.....$ ,  $Chi^2=.....$   $df=....$  และ  $p\text{-value}=.....$ ) จึงตัดสินใจพิจารณาค่า p-value ที่ได้จากวิธีการปรับค่า degree of freedom ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจที่ว่า เมื่อค่า  $\epsilon \leq 0.75$  จะเลือกใช้วิธีการ Greenhouse-Geisser Correction แต่เมื่อค่า  $\epsilon > 0.75$  จะเลือกใช้วิธีการ Huynh-Feldt Correction และเมื่อพิจารณาค่า  $\epsilon$  ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ค่า  $\epsilon$  จากวิธี Greenhouse-Geisser Correction, และวิธี Huynh-Feldt Correction มีค่าเท่ากับ.....และ.....ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ข้างต้น จึงตัดสินใจเลือกใช้ค่า p-value ที่ได้จากวิธีการปรับค่าของ..... มาใช้ในการตัดสินใจ ซึ่งสรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยแตกต่างกัน (อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรือ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ) อย่างน้อย 1 คู่ ที่ระดับความผิดพลาดไม่เกิน 5% ( $F_{(df_{repeated}, df_{residual})} =.....$ ,  $p\text{-value}=.....$ ) โดยมีขนาดผลกระทบบางส่วน (partial  $\eta^2$ ) เท่ากับ.....(95% CI=.....) **ดังแสดงในตารางที่.....**

**ตารางที่....** แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยแต่ละระดับการวัดซ้ำในภาพรวม

ตัวแปรวัดซ้ำ	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)	Greenhouse-Geisser Correction		
			$F_{(df_{repeat}, df_{residual})}$	p-value	Effect size ( $\eta_p^2$ )
ครั้งที่ 1	.....	.....	$F_{(.....)}=.....$	.....	..... ( 95%CI )
ครั้งที่ 2	.....	.....			
ครั้งที่ 3	.....	.....			

**แผนภาพที่ 3.24** แสดงการนำเสนอข้อมูลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในภาพรวม

### ๓. ตารางการนำเสนอข้อมูลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่

สำหรับการนำเสนอข้อมูลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (pairwise comparison test หรือ pos hoc test) ในทางปฏิบัติ มักเลือกใช้วิธีการปรับค่าของ Bonferroni และเพื่อให้เกิดความครอบคลุม นักวิจัยควรนำเสนอผลการเปรียบเทียบรายคู่ที่เป็นไปได้ทั้งหมด จากนั้นจึงนำเสนอตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ครอบคลุมทั้งค่าสถิติที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบด้วยค่า p-value และค่าสถิติที่บ่งชี้ขนาดความแตกต่างด้วยค่าช่วงเชื่อมั่น (95%CI) และค่าขนาดผลกระทบ (effect size) ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีการปรับค่าของ Bonferroni

คู่ทดสอบ	วิธีการปรับค่าของ Bonferroni		
	$\bar{X}_{diff}$	95%CI of $\bar{X}_{diff}$	p-value
ครั้งที่ 1 + ครั้งที่ 2	.....	.....	.....
ครั้งที่ 1 + ครั้งที่ 3	.....	.....	.....
ครั้งที่ 2 + ครั้งที่ 3	.....	.....	.....