

แนวทางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมในการวิจัยทางการศึกษา An Analysis of Covariance (ANCOVA) in Educational Research

อรพิน พัฒนผล¹ และ วรณี สุจิตร์จุล²

Orapin Pattanaphon¹ and Wannee Sudjitjoon²

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลอง เป็นงานวิจัยที่มุ่งการศึกษาผลของตัวแปรตามที่มีอิทธิพลจากตัวแปรต้นแต่ในการศึกษาวิจัยทางการศึกษา ซึ่งเป็นการวิจัยทางสังคมศาสตร์อาจมีตัวแปรแทรกซ้อนที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดขึ้น บทความนี้มุ่งนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance : ANCOVA) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแทรกซ้อนที่จะส่งผลต่อตัวแปรตามได้ และเหมาะสมกับการปฏิบัติงานวิจัยที่ผู้วิจัยไม่สามารถที่จะดำเนินการควบคุมโดยการออกแบบการทดลองได้ เช่น การทำให้ตัวอย่างมีความเหมือนกันหรือเท่าเทียมกัน การควบคุมโดยการวางแผนการทดลอง ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับ หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ข้อตกลงเบื้องต้น แนวทางการวิเคราะห์ การนำเสนอและการแปลผล เพื่อนำไปสู่ผลการวิจัยที่มีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม, การวิจัยทางการศึกษา

Abstract

Experimental research is a scientific investigation that examines the influence of independent variables on dependent variables. However, educational research, as a social science, often involves extraneous variables that can confound the relationship between the independent and dependent variables. The purpose of this article is to introduce the analysis of covariance (ANCOVA) as a method for minimizing the error variance caused by extraneous variables. ANCOVA is particularly useful in situations where researchers have limited control over the experimental design, such as in matching or controlling for the experimental design. In order to ensure that the research results are reliable and useful, it is essential for the

¹ อาจารย์ ดร., กลุ่มวิชาวิจัยและวัดผลการศึกษา, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

¹ Lecturer, Educational Research and Measurement, Faculty of Education, Nakhon Pathom Rajabhat University

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, กลุ่มวิชาวิจัยและวัดผลการศึกษา, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

² Assistant Professor, Educational Research and Measurement, Faculty of Education, Nakhon Pathom Rajabhat University

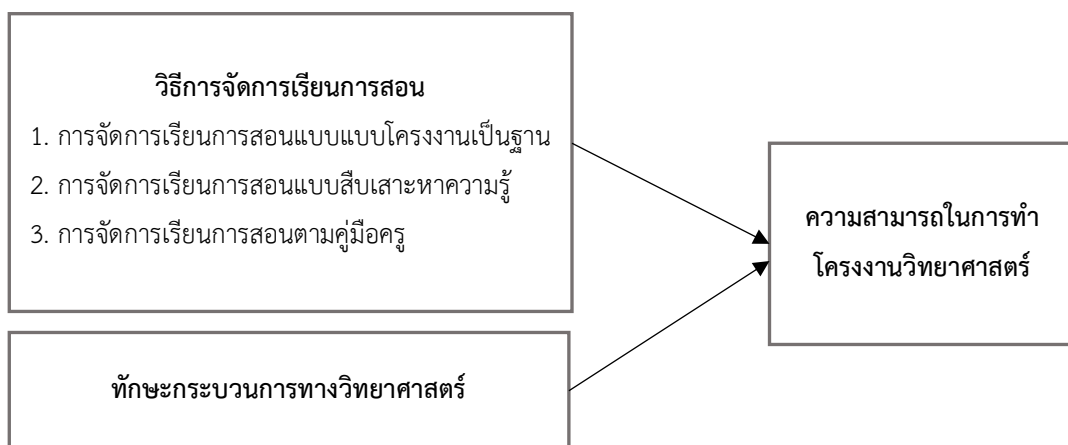
Corresponding Author E-mail : orapinpatt@gmail.com

researcher to understand the underlying principles of ANCOVA, including assumptions, analytical approach, presentation, and interpretation.

Keywords: Analysis of Covariance, Educational Research

บทนำ

การวิจัยทางการศึกษาโดยเฉพาะการออกแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง นักวิจัยมุ่งหวังให้ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรต้นหรือตัวจัดกระทำ (Treatment) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น หรือการทำให้ความแปรปรวนของตัวแปรตามเกิดจากตัวแปรต้น เพื่อให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ดังหลักการของการออกแบบการวิจัยการวิจัยที่ดีควรมีความตรงภายใน (Internal Validity) (Campbell & Stanley, 1963; Kerlinger & Lee, 2000) ซึ่งหมายถึงการที่ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (Dependent Variable) เป็นผลมาจากตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ที่ใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ได้เป็นผลมาจากตัวแปรแทรกซ้อนอื่น ๆ ดังนั้นจึงจะต้องควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามให้ได้ รวมทั้งมีกระบวนการวิเคราะห์และแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ดังตัวอย่างงานวิจัยที่มีการกำหนดตัวแปรร่วม ผู้วิจัยต้องการศึกษาความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ (Dependent Variable) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอน 3 วิธีคือ 1) แบบโครงงานเป็นฐาน 2) แบบสืบเสาะหาความรู้ และ 3) ตามคู่มือครู โดยกำหนดตัวแปรร่วมเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Covariate) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิด

จากตัวอย่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรแทรกซ้อนที่เข้ามามีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จึงควรต้องมีการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนเพื่อไม่ให้มีผลต่อตัวแปรตามที่ต้องการศึกษาซึ่งการควบคุมความแปรปรวนที่เกิดจากตัวแปรแทรกซ้อนทำได้หลายวิธี ดังนี้ (วรรณิ แกมเกตุ, 2551)

1) การจัดการแบบสุ่ม (Randomization) เป็นวิธีที่ทำให้ตัวอย่างมีความเท่าเทียมกันเมื่อเริ่มต้นทำการวิจัย โดยการจัดการกระทำกับตัวแปรอิสระที่สนใจและตัวอย่างที่ศึกษาแบบสุ่ม ปราศจากความลำเอียงและอคติ เพื่อให้เงื่อนไขของการศึกษาเป็นตัวแทนของเหตุการณ์โดยทั่วไป “การจัดการกระทำแบบสุ่มทำให้ตัวแปรควบคุมส่งผลต่อตัวแปรตามในลักษณะคล้าย ๆ กันในแต่ละเงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่ทำการศึกษา” วิธีนี้เป็นวิธีการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนที่ดีที่สุด และมีความเป็นไปได้ในการดำเนินการ 2) การขจัดตัวแปรออก (Elimination) วิธีนี้เป็นวิธีการขจัดอิทธิพลของตัวแปรแทรกซ้อนที่จะส่งผลต่อตัวแปรตามที่สนใจออก โดยการทำให้เป็นตัวแปรคงที่ เช่น ถ้านักวิจัยคาดว่าเพศและระดับสติปัญญาจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นักวิจัยก็เลือกศึกษาเฉพาะตัวอย่างที่มีระดับสติปัญญาเหมือนกันระดับเดียว หรือศึกษาเฉพาะเพศชายหรือเพศหญิง วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายสะดวก ได้ผลอย่างแท้จริงแต่มีข้อเสียคือ อาจทำให้ความสามารถสรุปอ้างอิงได้เฉพาะกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษาเท่านั้น 3) การนำตัวแปรแทรกซ้อนมาเป็นตัวแปรอิสระที่ศึกษาในแบบแผนการวิจัย (Build into the Research Design) วิธีนี้เป็นการเปลี่ยนสภาพของตัวแปรแทรกซ้อนที่อาจส่งผลต่อตัวแปรตามให้เป็นตัวแปรอิสระที่ศึกษาอีกตัวหนึ่งในแบบแผนการวิจัย ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถศึกษาผลของตัวแปรแทรกซ้อนนั้นได้ และสามารถศึกษาผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการวิจัยได้อีกด้วย แต่อาจมีข้อจำกัดในการดำเนินการวิจัยในกรณีที่มีตัวแปรแทรกซ้อนหลายตัว 4) การจับคู่ (Matching) วิธีนี้เป็นการทำให้ตัวอย่างมีความเหมือนกันหรือเท่าเทียมกันเหมือนวิธีการจัดการกระทำแบบสุ่ม (Randomization) โดยการจับคู่ตัวอย่างที่มีลักษณะเหมือนกันเป็นคู่ ๆ แล้วสุ่มแยกไปอยู่คนละกลุ่มทำให้ตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีความใกล้เคียงกันมากที่สุด การใช้วิธีการจับคู่นี้มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัด คือ ผู้วิจัยจะต้องทราบผลของตัวแปรแทรกซ้อนอย่างแน่ชัดว่าส่งผลต่อตัวแปรตามจริง ไม่เช่นนั้นการจับคู่ก็จะไร้ประโยชน์ และอาจทำให้การแปลผลการวิจัยผิดพลาดได้ แม้ว่าวิธีการจับคู่สามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนได้ไม่มากนักแต่มีข้อดีคือจะได้ผลที่เที่ยงตรงถ้าหากมีความแน่ชัดว่าตัวแปรแทรกซ้อนส่งผลต่อตัวแปรตามจริง 5) การควบคุมโดยการวางแผนการทดลอง (Experimental Design) เป็นการควบคุมที่ใช้มากในการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งมีการจัดกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองให้มีลักษณะของตัวแปรแทรกซ้อนคล้ายคลึงกัน แต่มีตัวแปรอิสระหรือตัวแปรจัดการแตกต่างกัน 6) การควบคุมโดยวิธีการทางสถิติ (Statistical Control) เป็นการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์บางส่วน (Partial Correlation) และการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA)

วิธีควบคุมความแปรปรวนที่เกิดจากตัวแปรแทรกซ้อนที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การควบคุมความแปรปรวนจากตัวแปรแทรกซ้อนในการวิจัยนั้นสามารถจำแนกได้ 2 แบบ แบบแรก คือ การควบคุมโดยการออกแบบการทดลอง และแบบที่สอง คือ การคุมทางสถิติ หากในทางปฏิบัติผู้วิจัยไม่สามารถที่จะดำเนินการควบคุมโดยการออกแบบการทดลองได้ จะต้องมีการควบคุมโดยใช้สถิติ เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเป็นสถิติวิเคราะห์เชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ประเภทหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะการวิเคราะห์ที่สำคัญในการควบคุมความแปรปรวนจากตัวแปรแทรกซ้อน (Extraneous Variables) โดยวิธีการทางสถิติ มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มประชากร โดยที่มีการควบคุมอิทธิพลจากตัวแปรแทรกซ้อน ซึ่งจะเรียกตัวแปรแทรกซ้อนนี้ว่า ตัวแปรร่วม (Covariate) นักวิจัยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการลดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน และลดความลำเอียงในการประมาณค่าขนาดอิทธิพลของตัวแปรจัดกระทำที่เกิดจากตัวแปรแทรกซ้อน ดังโมเดลเชิงคณิตศาสตร์ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \beta_1 (x_{ij} - \bar{x}_{..}) + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ j แทน กลุ่มหรือระดับของตัวแปรอิสระ ; $j = 1, 2, \dots, k$

i แทน ลำดับของค่าสังเกตในกลุ่ม ; $i = 1, 2, \dots, n$

Y_{ij} แทน ค่าสังเกตของตัวแปรตามสำหรับตัวอย่างที่ i ในกลุ่ม j

μ แทน ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดของตัวแปรตาม Y

α_j แทน อิทธิพลของกลุ่มที่มีต่อตัวแปรตามสำหรับกลุ่ม j

β_1 แทน ค่าความชันการถดถอยของ Y บน X ภายในกลุ่ม

x_{ij} แทน ค่าสังเกตของตัวแปรร่วมสำหรับตัวอย่างที่ i ในกลุ่ม j

\bar{x} แทน ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดของตัวแปรร่วม

ε_{ij} แทน ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการรวมวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) กับการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis) (Wildt & Ahtola, 1978; Rutherford, 2011) อธิบายดังนี้

โมเดลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) มีส่วนประกอบของตัวแปรตาม (Y_{ij}) แยกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วยค่าเฉลี่ยรวม (μ) อิทธิพลจากตัวแปรต้น (α_j) และความคลาดเคลื่อน (ε_{ij}) ดังสมการ

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij} \text{ และ } SST = SSB + SSW$$

ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว มีโมเดลส่วนประกอบของตัวแปรตาม แยกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วยค่าเฉลี่ยรวม (μ) อิทธิพลจากตัวแปรต้น (α_j) อิทธิพลจากตัวแปรร่วม x ในรูปค่าปรับแก้ $\beta_1 (x_{ij} - \bar{x}_{..})$ และความคลาดเคลื่อน (ε_{ij}) ดังสมการ

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \beta_1 (x_{ij} - \bar{x}_{..}) + \varepsilon_{ij} \text{ และ } SST = SSB + SS (\text{Covariate}) + SSE$$

การจัดอันดับจากตัวแปรร่วมทำได้โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอย สมการถดถอยในรูปคะแนนเบี่ยงเบนของตัวแปรตาม Y บนตัวแปรร่วม X แสดงด้วยสมการถดถอยในรูปคะแนนเบี่ยงเบน เมื่อมี $\beta_1 =$ สัมประสิทธิ์ถดถอยภายในกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่ม ได้ดังสมการพยากรณ์ต่อไปนี้

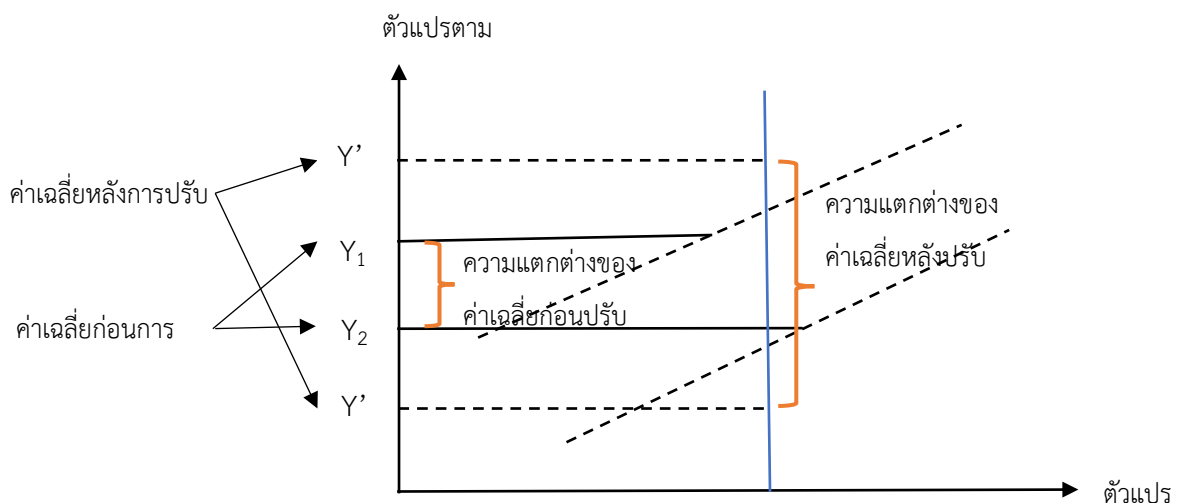
$$(y_{ij} - \bar{y}_{..}) = \beta_1 (x_{ij} - \bar{x}_{..}) + error$$

เมื่อนำค่าของตัวแปร Y มาปรับแก้โดยการจัดอันดับจากตัวแปรร่วม X ได้ค่า Y ที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Y) เท่ากับ ผลต่างระหว่างตัวแปร Y กับค่าที่ปรับแก้ นั่นคือ

$$\text{Adjusted } Y = Y' = Y_{ij} - [\text{ค่าปรับแก้ตัวแปรร่วม } X] = Y_{ij} - [\beta_1 (x_{ij} - \bar{x}_{..})]$$

$$\text{หรือค่าปรับแก้ตัวแปรร่วม } X = [\beta_1 (x_{ij} - \bar{x}_{..})]$$

และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยก่อนและหลังปรับแก้ด้วยตัวแปรร่วม (Adjusted Means) ดังรูปที่ 2



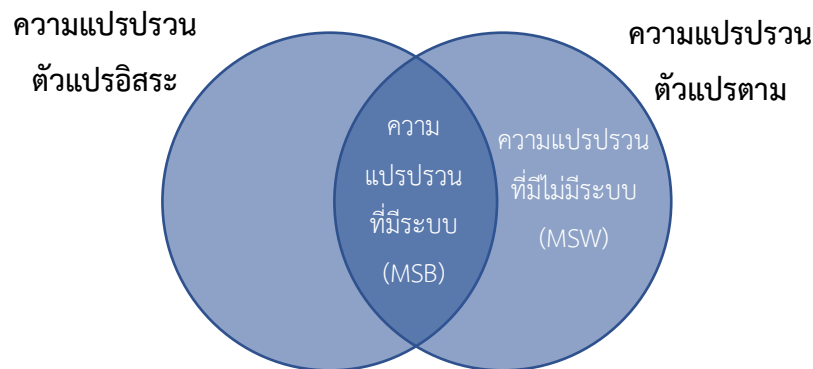
รูปที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยก่อนและหลังปรับแก้ด้วยตัวแปรร่วม (Adjusted Means)

แหล่งความแปรปรวนของการวิเคราะห์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนมีแหล่งของความแปรปรวน 2 แหล่ง คือ แหล่งความแปรปรวนอย่างมีระบบ (Systematic Variance) หรือความแปรปรวนที่อธิบายได้ (Explained Variance) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่ต้องการศึกษา และความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบ (Unsystematic Variance) เป็นความแปรปรวนที่เกิดความคลาดเคลื่อนคลาดเคลื่อน (Error Variance) เป็นความแปรปรวนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรในการวิจัย ที่อาจเกิดขึ้นจากสาเหตุต่าง ๆ อาทิ ความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อนในการวัด หรือความลำเอียงในการทดลอง แต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

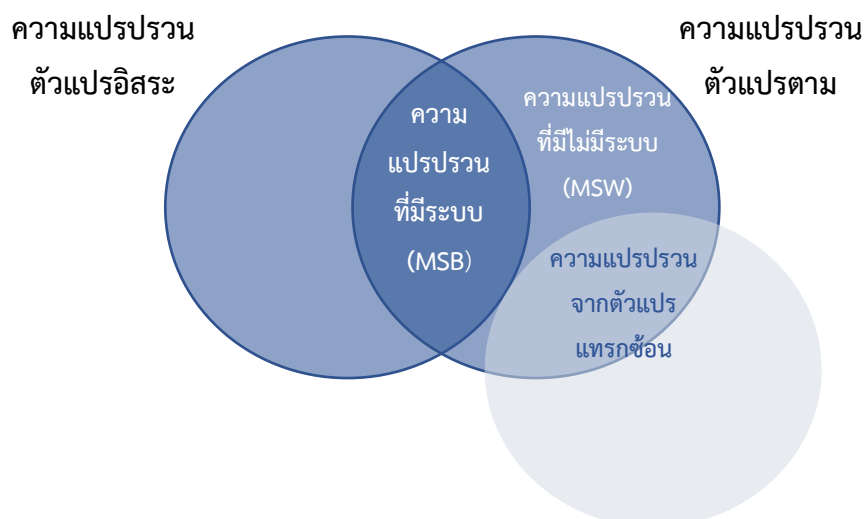
จะมีแหล่งความแปรปรวนจากตัวแปรแทรกซ้อน (Extraneous Variance) ที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรแทรกซ้อนที่ต้องการจะจัดออกจากการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) มี 2 แหล่ง ได้แก่ 1) ความแปรปรวนอย่างมีระบบหรือความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ที่เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรต้น และ 2) ความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบหรือความแปรปรวนภายในกลุ่ม ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แหล่งความแปรปรวนของ ANOVA

สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) มี 3 แหล่ง ได้แก่ 1) ความแปรปรวนอย่างมีระบบหรือความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ที่เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรต้น 2) ความแปรปรวนจากตัวแปรแทรกซ้อน และ 3) ความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบหรือความแปรปรวนภายในกลุ่มหรือความแปรปรวนจากความคลาดเคลื่อน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แหล่งความแปรปรวนของ ANCOVA

จากรูปที่ 3 และ 4 จะเห็นว่าขนาดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error Variance) ของการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) มีค่ามากกว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์

ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) เพราะความแปรปรวนเนื่องจากตัวแปรร่วมถูกแยกออกมาเป็นความแปรปรวนอีกแหล่งหนึ่ง ซึ่งถ้าตัวแปรร่วมมาสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากเท่าไร ขนาดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนก็จะลดลงมากเท่านั้น ทำให้การทดสอบมีโอกาสพบนัยสำคัญทางสถิติได้มากขึ้น สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แหล่งความแปรปรวนและสถิติการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

| การวิเคราะห์ | แหล่งความแปรปรวน | สถิติทดสอบ |
|--------------------------|---|-----------------------|
| ความแปรปรวน (ANOVA) | 1) ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มที่เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรต้น 2) ความแปรปรวนภายในกลุ่ม | $F = \frac{MSB}{MSW}$ |
| ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) | 1) ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มที่เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรต้น 2) ความแปรปรวนจากอิทธิพลของตัวแปรร่วม 3) ความแปรปรวนภายในกลุ่มหรือความแปรปรวนจากความคลาดเคลื่อน | $F = \frac{MSB}{MSE}$ |

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

1. ความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence) ข้อมูลในแต่ละค่าต้องได้มาอย่างเป็นอิสระกัน ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากแผนภาพ Residual vs Fitted Plot หากมีการฝ่าฝืนข้อตกลงนี้จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ชนิดที่ 1

2. การแจกแจงเป็นปกติ (Normality) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีการแจกแจงปกติ สำหรับการตรวจสอบการแจกแจงปกตินี้สามารถทดสอบด้วย Shapiro's Wilk Test, Kolmogorov-Smirnov Test นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบด้วย Normal Q-Q Plot Histogram Box Plot ค่าความเบ้ หรือความโด่ง โดยทำการตรวจสอบจาก standardized residual ซึ่งข้อมูลที่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นคือต้องมีการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ โดยสมมุติฐานของการทดสอบคือ

H_0 : ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีการแจกแจงปกติ

H_1 : ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

3. ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีความคงที่ทุกค่าการสังเกต (Homoscedasticity) ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนายไม่ขึ้นอยู่กับค่าตัวแปรอิสระ ซึ่งเพื่อสะท้อนให้เห็นว่าความสามารถในการทำนายของแต่ละตัวแปรอิสระทำได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถทดสอบด้วย Residual Plot หรือพิจารณาด้วยค่าสถิติ White Test Breusch-Pagan Test เป็นต้น

4. ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of Variances) ข้อมูลในแต่ละกลุ่มต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน ซึ่งสามารถพิจารณาจากการทดสอบ Levene's Test for Equality of Variance, Bartlett Test เป็นต้น โดยมีสมมุติฐานของการทดสอบคือ

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2$$

$H_1 : \text{not } H_0$ หรือมีอย่างน้อยหนึ่งระดับที่มีความแปรปรวนของข้อมูลแตกต่างจากระดับอื่น

5. ตัวแปรตามกับตัวแปรแทรกซ้อนต้องมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจะต้องตรวจสอบลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรแทรกซ้อนว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างน้อยมีนัยสำคัญหรือไม่ และรูปแบบใด สามารถทดสอบด้วย Correlation Coefficient หรือดู Scatter Plot ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรแทรกซ้อนว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ หากมีความสัมพันธ์กันจะเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นสามารถใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมได้

6. ความเป็นเอกพันธ์ของความชันของเส้นถดถอย (Homogeneity of Regression Slope) ต้องไม่มีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแทรกซ้อนกับปัจจัย กล่าวคือ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรแทรกซ้อนต้องมีลักษณะเดียวกันในทุกระดับของปัจจัย ซึ่งจะต้องตรวจสอบอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแทรกซ้อนกับปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตาม ถ้าอิทธิพลปฏิสัมพันธ์นี้มีนัยสำคัญจะไม่สามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมได้ หากมีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้จะทำให้สรุปผลการวิเคราะห์ผิดพลาด ดังนั้น ความเป็นเอกพันธ์ของความชันของเส้นถดถอยนี้เป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญมากในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Tabachnick & Fidell, 2007)

วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การกำหนดขนาดตัวอย่างในการวิจัยสามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การใช้ตารางสำเร็จรูป การคำนวณจากสูตร เป็นต้น ในปัจจุบันมีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศอย่างโปรแกรม G*Power ซึ่งเป็นสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างของ Cohen (1977) ซึ่งสามารถกำหนดขนาดตัวอย่างโดยระบุ Test Family ด้วย F-test สำหรับ Statistical Test เลือก ANCOVA: Fixed Effects, Main Effects and Interactions และ Type of Power Analysis เลือก A Priori: Compute Required Sample Size – Give α Power, and Effect Size ซึ่งเป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามระหว่างระดับของตัวแปรอิสระที่มี 2 ระดับขึ้นไป โดยพิจารณาอำนาจการทดสอบสมมติฐาน (Power of the Test) กำหนดค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) และระดับนัยสำคัญ (Significance Level) และการได้มาของตัวอย่างควรพิจารณาเลือกใช้วิธีการจากการสุ่มตัวอย่างแบบใช้ความน่าจะเป็น (Probability Random Sampling) สำหรับการใช้โปรแกรมนี้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการวิจัยเชิงทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผล

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นกระบวนการที่สำคัญในการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการ คือ

- 1) ทบทวนวรรณกรรมว่าตัวแปรแทรกซ้อนใดบ้างที่คาดว่าจะมีผลต่อตัวแปรตาม ที่เราไม่สามารถทำการควบคุมได้ด้วยวิธีการทางการวิจัย เช่น การจับคู่ (Matching Design) หรือการสร้างบล็อก (Randomized Block Design) ของคนที่มีความแปรปรวนร่วมเท่ากัน ซึ่งเป็นการควบคุมการออกแบบโดยผู้วิจัยเอง

2) ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรแทรกซ้อน (Covariate) ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยทำการวิเคราะห์โดยหา Correlation Coefficient หรือดู Scatter Plot 3) ตรวจสอบอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่าง Covariate กับ Factor จากข้อตกลงเบื้องต้นความเป็นเอกพันธ์ของความชันของเส้นถดถอย (Homogeneity of Regression Slope) ถ้ามีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์จะไม่สามารถใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมได้

ตัวอย่างสถานการณ์วิจัยทางการศึกษา

ผู้วิจัยต้องการศึกษาความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอน 3 วิธีคือ 1) แบบโครงงานเป็นฐาน 2) แบบสืบเสาะหาความรู้ และ 3) ตามคู่มือครู โดยกำหนดตัวแปรร่วมเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงได้ใช้สถิติ ANCOVA ในการวิเคราะห์ และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows (Mertler & Vannatta, 2016) ตามขั้นตอนดังนี้

1. เข้าเมนู Analyze → General Linear Model → Univariate
 2. ส่งตัวแปรตาม ในช่อง Dependent Variable ตัวแปรต้น ในช่อง Fixed Factor และ ตัวแปรร่วม ในช่อง Covariate
 3. ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น
 - 3.1 กด Options ให้ส่งตัวแปรต้น ไปยังช่อง Display Means for และเลือก Display ในช่อง Descriptive, Estimates of Effect Size และ Homogeneity Tests
 - 3.2 กด Model เพื่อทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น ว่าตัวแปรร่วมมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามหรือไม่ ซึ่งถ้าพบว่าไม่มีอิทธิพลก็สามารถดำเนินการวิเคราะห์ ANOVA ได้
 4. กด Custom โดยเลือกตัวแปรต้นและตัวแปรตาม และเลือก Type เป็น Main Effects และเลือกตัวแปรต้นและตัวแปรตาม อีกครั้งโดยเปลี่ยนเป็น Interaction และกด Continue หากผลการวิเคราะห์พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าตัวแปรร่วมไม่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น สามารถวิเคราะห์ ANCOVA ได้
 5. วิเคราะห์ ANCOVA ด้วยการกด Model เลือก Full Factorial และกด Continue เมื่อได้ผลการวิเคราะห์แล้วพบว่าผลการทดสอบพบนัยสำคัญทางสถิติผู้วิจัยจะต้องมีการทดสอบรายคู่ต่อไป
 6. การทดสอบรายคู่ โดยการเข้าเมนู Option และเลือก Contrast ด้วยวิธี Sample เลือก Reference Category ช่อง First และกด Continue
 7. กด Option และเลือก Confidence Interval Adjustment ด้วยวิธี Sudak และกด Continue
 8. เมื่อได้ผลการทดสอบจึงนำเสนอเป็นผลการวิจัยต่อไป
- เมื่อดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้วการนำเสนอข้อมูลผลการวิเคราะห์จะนำเสนอในรูปแบบของตารางตามรูปแบบ APA และแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล (Cooper, 2018) ดังตัวอย่าง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอน 3 วิธี โดยควบคุมอิทธิพลของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

| Source | SS | df | MS | F | p | Partial Eta Squared |
|------------------------------|-----------|----|---------|---------|------|---------------------|
| ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | 0.067 | 1 | 0.067 | 0.041 | .907 | .000 |
| วิธีการจัดการเรียนการสอน | 217.564 | 2 | 108.782 | 22.767* | .000 | .619 |
| ความคลาดเคลื่อน | 133.783 | 28 | 4.778 | | | |
| รวม | 52771.000 | 32 | | | | |

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยวิธีการจัดการเรียนการสอนทั้ง 3 วิธี พบว่ามีวิธีสอนอย่างน้อย 1 คู่มือผลต่อความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อมีการควบคุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่ากัน $F(2,28) = 22.767, p < .000$

เมื่อผลการทดสอบพบว่าวิธีสอนอย่างน้อย 1 คู่มือผลต่อความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้วิจัยจึงต้องดำเนินการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่และนำเสนอผลการทดสอบ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ของความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน

| วิธีการจัดการเรียนการสอน | | ความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ย | p | ช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% | |
|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------|----------------------------------|--------|
| | | | | ต่ำสุด | สูงสุด |
| แบบโครงงานเป็นฐาน | แบบสืบเสาะหาความรู้ | 4.241 | .001 | 1.610 | 6.871 |
| | ตามคู่มือครู | 6.476 | .000 | 4.034 | 8.918 |
| แบบสืบเสาะหาความรู้ | แบบโครงงานเป็นฐาน | -4.241 | .001 | -6.871 | -1.610 |
| | ตามคู่มือครู | 2.236 | .073 | -.161 | 4.632 |
| ตามคู่มือครู | แบบโครงงานเป็นฐาน | -6.476 | .000 | -8.918 | -4.034 |
| | แบบสืบเสาะหาความรู้ | -2.236 | .073 | -4.632 | .161 |

จากตารางที่ 3 พบว่าความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน กับแบบสืบเสาะหาความรู้ มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < .001$, 95% C.I. = [1.610-6.871]) และวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน กับตามคู่มือครูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < .000$, 95% C.I. = [4.034-8.918])

และความสามารถในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบแบบสืบเสาะหาความรู้แบบตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อสังเกตที่พบจากผลงานวิจัยทางการศึกษาที่ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

1. การเขียนวัตถุประสงค์การวิจัยหรือคำถามวิจัยไม่ชัดเจน ไม่ได้ระบุว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรร่วม ดังตัวอย่างวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการทำกิจกรรมกลุ่มแนวพุทธต่อการพัฒนาความคิดเห็นทางคุณธรรมด้านกัลยาณมิตรในวัยรุ่น ครูมีการปรับการเขียนวัตถุประสงค์โดยระบุตัวแปรร่วมให้ชัดเจน ลักษณะคำถามการวิจัยในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแตกต่างไปจากคำถามวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) กล่าวคือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนมุ่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามโดยไม่มีการปรับแก้ (Adjust) แต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมุ่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากตัวแปรแทรกซ้อน เมื่อตัวแปรร่วม (Covariate) เป็นตัวแปรต่อเนื่องที่มีระดับการวัดตัวแปรแบบอันดับหรือแบบอัตราส่วน แนวคำถามการวิจัยที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เช่น ผลการสอนประเด็นปัญหาสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยการสอนแบบผสมผสานตามรูปแบบของ Lin & Mintzes กับรูปแบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกัน (ศรัณยู เพลรินทร์ และคณะ, 2560) เป็นต้น

2. ตัวแปรร่วมในงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมไม่ได้เป็นตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variable) เช่น งานวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างวิธีการสอนปัญหาเป็นฐานและวิธีสอนแบบบรรยายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีเพศต่างกัน จากตัวอย่างตัวแปรร่วมที่กำหนดไว้นั้นเป็นตัวแปรจัดประเภท (Categorical Variable) ซึ่งไม่ถูกต้อง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวแปรต้องมีลักษณะเป็นตัวแปรจัดประเภท ส่วนตัวแปรตามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต้องมีลักษณะเป็นตัวแปรต่อเนื่อง และตัวแปรร่วมต้องมีลักษณะเช่นเดียวกันกับตัวแปรตาม คือ เป็นตัวแปรต่อเนื่องที่มีมาตรการวัดในระดับอันดับ (Interval Scale) หรือระดับอัตราส่วน (Ratio Scale) เช่น เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างวิธีการสอนปัญหาเป็นฐานและวิธีสอนแบบบรรยายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีความรู้พื้นฐานต่างกัน เป็นต้น

3. กรอบแนวคิดการวิจัยส่วนใหญ่ ระบุเฉพาะตัวแปรต้นและตัวแปรตามขาดตัวแปรร่วม และมักพบในงานวิจัยที่ไม่ได้ระบุตัวแปรร่วมในวัตถุประสงค์หรือคำถามการวิจัย

4. การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ในงานวิจัยบางงานขาดการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น หรือรายงานผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นไม่ครบ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมควรตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นได้แก่ 1) ความเป็นอิสระ (Independence) 2) การแจกแจงเป็นปกติ (Normality) 3) Homoscedasticity 4) ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of Variances) 5) ตัวแปรตามกับตัวแปรแทรกซ้อนต้องมีความสัมพันธ์กัน 6) ความเป็นเอกพันธ์ของความชันของเส้นถดถอย

(Homogeneity of Regression Slope) ต้องไม่มีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแทรกซ้อนกับปัจจัยตั้งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

5. นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลไม่สมมาตร ค่าสถิติที่สำคัญ เช่น Partial Eta Squared ควรที่จะนำเสนอผลการวิเคราะห์ให้ครบถ้วน และรูปแบบการนำเสนอตารางควรนำเสนอในรูปแบบตามหลักสากล เช่น นำเสนอตามรูปแบบของ APA

บทสรุป

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนในการวิจัย จากการรวมวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับการวิเคราะห์ถดถอย ในการวิเคราะห์ข้อมูลควรตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น ได้แก่ 1) ความเป็นอิสระของข้อมูล 2) การแจกแจงเป็นปกติ 3) ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีความคงที่ทุกค่าการสังเกต 4) ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน 5) ตัวแปรตามกับตัวแปรแทรกซ้อนต้องมีความสัมพันธ์กัน 6) ความเป็นเอกพันธ์ของความชันของเส้นถดถอย สำหรับการกำหนดขนาดตัวอย่างสามารถใช้โปรแกรม G*Power โดยพิจารณาอำนาจการทดสอบสมมติฐาน และกำหนดค่าขนาดอิทธิพล ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลมีขั้นตอน 1) ทบทวนวรรณกรรมว่าตัวแปรแทรกซ้อนใดบ้างที่คาดว่าจะมีผลต่อตัวแปรตาม 2) ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรแทรกซ้อน 3) ตรวจสอบอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรต้นจากข้อตกลงเบื้องต้นความเป็นเอกพันธ์ของความชันของเส้นถดถอย การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะนำเสนอในรูปแบบตารางเหมือนกับการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติอื่น ๆ แต่ควรนำเสนอค่าสถิติที่จำเป็นให้ครบทุกค่า และงานวิจัยที่จะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมควรมีการกำหนดวัตถุประสงค์ คำถามการวิจัย ตัวแปรร่วมในการวิจัยให้ชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

- ศรีบุญ เปลรินทร์ และคณะ. (2560). การเปรียบเทียบผลการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบของ Lin และ Mintzers และการเรียนรู้แบบผสมผสานตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกัน. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 11(3), 151-164.
- วรรณิ แกมเกตุ. (2551). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Campbell, D.T. and Stanley, J.C. (1963). Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research on Teaching. In: Gage, N.L., Ed., *Handbook of research on teaching*, Rand McNally, Chicago, IL, 171-246.

- Cohen, J. (1977). *Statistical Power Analysis for Behavioral Sciences*. New York: Academic Press.
- Cooper, H. (2018). *Reporting quantitative research in psychology: How to meet APA Style Journal Article Reporting Standards* (2nd ed.). American Psychological Association.
- Kerlinger, F. N., Lee, H. B., & Bhanthumnavin, D. (2000). Foundations of behavioral research: The most sustainable popular textbook by Kerlinger & Lee (2000). *Journal of Social Development*, 13, 131-144.
- Mertler, C. A., & Vannatta, R. A. (2016). *Advanced and multivariate statistical methods: Practical application and interpretation* (6th ed.). New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Rutherford, A. (2011). *ANOVA and ANCOVA: a GLM approach* (2nd ed.). New York: Wiley.
- StataCorp. (2003). *STATA Reference Manual Release 10*. Texas: Stata Press.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using Multivariate Statistics* (5th ed.). New York: Allyn and Bacon.
- Wildt, A.R., & Ahtola, O. (1978). *Analysis of covariance*. Beverly Hills: Sage.

การอ้างอิงบทความ

อรพิน พัฒนผล, และวรรณิ์ สุจิตร์จุล. (2566). แนวทางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมในการวิจัยทางการศึกษา. *e-Journal of Education Studies, Burapha University*, 5(1), 1-13. สืบค้นจาก <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ejes/article/view/265293>

