Determination of sample sizes using power of the test in an experimental research by SAS and SPSS*

Siwachoat Srisuttiyakorn

Sirichai Kanjanawasee

ABSTRACT

In order to determine the experimental research sample size, when researchers decided to design the experiment to detect the significant effect from treatment factors, determination of sample size by using a power of the test is an appropriated method. The researcher usually applied an Operating Characteristics Curve (OCC) as a tool to calculate a value of power of the test. However, the computing steps are so complicated that the error could occur during the calculated procedures. In this research, the computing command was developed in order to determine the sample size in a completely randomized design and a randomized complete block design. By using statistical programs such as SAS and SPSS to input the command, the two programs can compute indifferent value of power of the test. Moreover, the result is more accurate and faster than computing by using the Operating Characteristics Curve.

* Sincere gratitude Professor Emeritus Dr. Nonglak Wiratchai for guiding the idea and facilitating this research.

การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิจัยเชิงทดลอง ด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SAS และ SPSS*

สิวะโชติ ศรีสุทธิยากร

ศิริชัย กาญจนวาสี

บทคัดย่อ

ในการกำหนดขนาดตัวอย่างของการวิจัยเชิงทดลอง หากผู้วิจัยสนใจที่จะออกแบบการทดลองเพื่อค้นหานัยสำคัญของผลกระทบจากวิธีทดลอง การกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติจะเป็นแนวทางที่เหมาะสม การกำหนดขนาดตัวอย่างตามแนวทางนี้ผู้วิจัยมักจะใช้โค้งลักษณะการดำเนินงาน (operating characteristics curve : OCC) เป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งในขั้นตอนการคำนวณมักจะมีความยุ่งยากและก่อให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการคำนวณได้ง่าย ในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะพัฒนาชุดคำสั่งในการคำนวณเพื่อกำหนดขนาดตัวอย่างของแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ และแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ 2 โปรแกรมคือ โปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS และจากการทดลองใช้ชุดคำสั่งพบว่าโปรแกรมทั้งสองสามารถคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานได้ไม่แตกต่างกัน มีความถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็วกว่าการคำนวณโดยใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงาน

*ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย ที่เป็นผู้ริเริ่มความคิดในการทำงานวิจัยชิ้นนี้จนสำเร็จลุล่วง

บทนำ

ในการวิจัยเชิงทดลองนอกจากผู้วิจัยจะต้องออกแบบการทดลองแล้ว ผู้วิจัยจะต้องกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความแม่นยำในการประมาณค่าผลของตัวแปรทดลอง (treatment effects) และอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (statistical power)ของตัวสถิติทดสอบ เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความแม่นยำและอำนาจการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวมีมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามผู้ทดลองไม่สามารถที่จะกำหนดขนาดตัวอย่างได้มากอย่างเป็นอิสระเนื่องด้วยข้อจำกัดทางทรัพยากรทั้งด้านค่าใช้จ่ายและระยะเวลา ดังนั้นวิธีการคำนวณเพื่อกำหนดขนาดตัวอย่างจึงเป็นสิ่งสำคัญในการวางแผนการทดลองเป็นอย่างยิ่ง เราสามารถแบ่งวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างออกได้เป็น 2 แนวทางคือ การกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยช่วงความเชื่อมั่น และการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ถ้าหากวัตถุประสงค์ในการทดลองมุ่งเน้นที่จะทดสอบเพื่อค้นหานัยสำคัญของผลกระทบจากตัวแปรทดลอง การกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานจะเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการกำหนดขนาดตัวอย่างตามแนวทางนี้ผู้วิจัยสามารถการคำนวณโดยใช้โค้งลักษณะการดำเนินงาน (operating characteristics curve : OCC) ในการพิจารณาเลือกขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมซึ่งขั้นตอนในการคำนวณมีความยุ่งยากและก่อให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการคำนวณโดยผู้วิจัยได้ง่าย งานวิจัยนี้จึงสนใจในการพัฒนาชุดคำสั่งเพื่อช่วยในการกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิจัยเชิงทดลองด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความจำเป็นในการพัฒนาชุดคำสั่งในการคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการวิจัยเชิงทดลองด้วยอำนาจการทดสอบ

2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมในการคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการวิจัยเชิงทดลองด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS

3. เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยเชิงทดลองที่ได้จากโปรแกรม SPSS และ SAS และที่ได้จากการใช้โค้งลักษณะการดำเนินงาน

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ศึกษาการกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิจัยเชิงทดลองด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

2. การวิจัยในครั้งนี้กำหนดกรอบการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาชุดคำสั่งในการคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS ในแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ปัจจัยทดลองคงที่และปัจจัยทดลองสุ่ม และแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ในกรณีที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยทดลองและปัจจัยแบ่งบล็อก

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

ในการวิจัยเชิงทดลอง นอกจากผู้วิจัยจะต้องออกแบบรูปแบบของการทดลองแล้ว ผู้วิจัยจะต้องคำนึงถึงการตอบคำถามว่า 1) การประมาณค่าพารามิเตอร์จะมีความถูกต้องแม่นยำเพียงไร เมื่อใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดจำนวนหนึ่ง และ 2) ขนาดกลุ่มตัวอย่างนั้นต้องใหญ่เท่าไร จึงจะทำให้สถิติที่ใช้มีอำนาจการทดสอบหรือสามารถตรวจสอบผลของตัวแปรทดลองได้อย่างน่าเชื่อถือถึงระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นการวิจัยเชิงทดลองจึงต้องพิจารณาถึงการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ (statistical power analysis) และการประมาณค่าขนาดกลุ่มตัวอย่าง (sample size) ที่เหมาะสมควบคู่กันไป ถ้าการทดลองใช้ขนาดตัวอย่างเล็กเกินไป จะทำให้ขาดความแม่นยำ คำตอบที่ได้จะขาดความน่าเชื่อถือ แต่ถ้าใช้ขนาดตัวอย่างใหญ่เกินไป จะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายมากเกินความจำเป็น (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550, หน้า 148-149)

โดยในการคำนวณขนาดตัวอย่างตามแนวทางดังกล่าวจะใช้โค้งลักษณะการดำเนินงานที่พล็อตระหว่างอำนาจการทดสอบสมมติฐานกับพารามิเตอร์ Φ มีขั้นตอนการคำนวณที่ค่อนข้างยุ่งยากและก่อให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณได้ง่าย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาชุดคำสั่งในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติคือ SAS และ SPSS ที่เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป เพื่อความสะดวกรวดเร็วของผู้วิจัยและเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณ โดยทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

1. การกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐาน

1.1 แผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์

สมมติว่าการวิจัยเชิงทดลองผู้วิจัยเลือกใช้แผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ที่ประกอบด้วยตัวแปรทดลองที่มี p วิธี มีขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีเท่ากับ n และมีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มในแผนแบบทดลองเป็น σ_ε^2

1.1.1 กรณีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยแบบคงที่

การกำหนดขนาดตัวอย่างในแผนแบบทดลองลักษณะนี้อาจสามารถทำได้ 3 แนวทาง ตามความเข้มข้นของข้อมูลเบื้องต้นที่ผู้ทดลองมี สมมติฐานในการทดสอบคือ $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = ... = \alpha_p = 0$ และ $H_1 : \exists \alpha_j \neq 0$ เมื่อ α_j เป็นค่าผลกระทบจากวิธีทดลองที่ j ; $j = 1, 2, ..., p$ ดังนั้น จะได้ว่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว คือ

$$1-\beta = P(reject\, H_0 \,|\, H_1\, is\, true)$$

$$= P(F = \frac{MSBG}{MSWG} > F_{\alpha, p-1, p(n-1)} \,|\, H_1\, is\, true)$$

เมื่อ MSBG คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองระหว่างกลุ่ม (mean of sum square between group)

MSWG คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองภายในกลุ่ม (mean of sum square within group)

เพื่อหาค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว เราจะต้องทราบการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบ F โดยถ้าสมมติฐานหลักเป็นเท็จ ตัวสถิติ $F = \frac{MSBG}{MSWG}$ จะมีการแจกแจงแบบเอฟที่ไม่ตรงศูนย์กลาง (non-central F distribution) ที่มีองศาความเป็นอสระ (degree of freedom) $p-1$ กับ $p(n-1)$ และพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลาง (non-central parameter: λ) เมื่อ

$$\lambda = \frac{\sum_{j=1}^{p} \alpha_j^2}{\sigma_\varepsilon^2 / n}$$

แนวทางแรกในการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยอาศัยอำนาจการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว ผู้ทดลองจะพิจารณาจากเส้นโค้งลักษณะการดำเนินงาน ที่พล็อตระหว่างค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานกับพารามิเตอร์สมติฐานเมื่อ

$$\Phi = \sqrt{\frac{\lambda}{p}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{p} \alpha_j^2 / p}{\sigma_\varepsilon^2 / n}}$$

ซึ่งการคำนวณขนาดตัวอย่างโดยวิธีการดังกล่าวผู้ทดลองจำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลเบื้องต้นก่อนการทดลองคือ $\sum_{j=1}^{p} \alpha_j^2$ และ σ_ε^2 โดยอาจทราบได้จากการศึกษานำร่อง (pilot study) หรือการศึกษาจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาอย่างเดียวของวิธีการในข้างต้นคือ ผู้ทดลองอาจไม่สามารถทราบข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวได้อย่างแน่นอน แนวทางที่สอง คือ การเลือกใช้อัตราส่วนระหว่างความแตกต่างของค่าเฉลี่ยวิธีการทดลองที่มากที่สุดและค่าเฉลี่ยของวิธีการที่น้อยที่สุด กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนสุ่ม เขียนแทนด้วย $d = \frac{\mu_{\max} - \mu_{\min}}{\sigma_\varepsilon}$ จะได้ $\sum_{j=1}^{p} \alpha_j^2 = \frac{d^2 \sigma_\varepsilon^2}{2}$ ซึ่งจะเห็นว่าการเลือก

ค่า d ดังกล่าวจะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่คำนวณได้มีค่าต่ำที่สุด จากหลักการดังกล่าวจะได้ว่าฟังก์ชันของเส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานจะเขียนได้ในรูป

$$\Phi = \sqrt{n} \cdot \sqrt{\frac{d^2}{2p}}$$

นอกจากนี้ยังมีแนวทางที่สามสำหรับในกรณีที่ผู้ทดลองไม่สามารถที่จะระบุค่า d ที่เหมาะสมได้ ผู้ทดลองยังสามารถใช้ค่าสัดส่วนของความแปรปรวนในตัวแปรทดลองที่ได้จากตัวแปรตามหรือโอเมก้า (omega square: $\omega^2 = \frac{\sigma_\alpha^2}{\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2}$) หรือค่า effect size ($f$) เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการกำหนดขนาดตัวอย่างได้โดยใช้หลักการเดียวกันกับ 2 วิธีการที่ได้กล่าวไปแล้ว จะได้ฟังก์ชันเส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานเป็นดังนี้

$\Phi = \sqrt{n} \cdot \sqrt{\frac{\omega^2}{1-\omega^2}}$ สำหรับกรณีที่ใช้ค่า ω^2 เป็นข้อมูลเบื้องต้น

และ $\Phi = \sqrt{n} \cdot f$ สำหรับกรณีที่ใช้ effect size เป็นข้อมูลเบื้องต้น

1.1.2 กรณีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยแบบสุ่ม

ในการทดสอบสมมติฐานของแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์แบบปัจจัยสุ่มจะแตกต่างจากการทดสอบสมมติฐานในกรณีที่เป็นปัจจัยคงที่ เนื่องจากพารามิเตอร์ของแผนแบบมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ขอบเขตการอนุมานประชากรยังมีความแตกต่างกันกล่าวคือ กรณีที่เป็นปัจจัยสุ่มจะมีขอบเขตของการอนุมานที่สามารถอนุมานประชากรของทุกวิธีทดลองหรือทุกระดับของปัจจัยทดลองที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยเราทราบแล้วว่าในกรณีปัจจัยคงที่ $Var(Y_{ij}) = \sigma_\varepsilon^2$ และในกรณีปัจจัยสุ่ม $Var(Y_{ij}) = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2$ เมื่อ Y_{ij} คือ ข้อมูลตอบสนองที่ i ในวิธีทดลองที่ j และเมื่อ σ_α^2 เป็นค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างวิธีทดลอง ดังนั้น การทดสอบสมมติฐานในกรณีปัจจัยสุ่มจึงเป็น $H_0 : \sigma_\alpha^2 = 0$ และ $H_1 : \sigma_\alpha^2 > 0$ เมื่อ σ_α^2 เป็นค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างวิธีทดลอง ซึ่งอำนาจการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว คือ

$$1 - \beta = P(reject\ H_0 \mid H_1\ is\ true)$$

$$= P(F = \frac{MSBG}{MSWG} > F_{\alpha, p-1, p(n-1)} \mid H_1\ is\ true)$$

เมื่อสมมติฐานหลักเป็นเท็จจะได้ว่าการแจกแจงของตัวสถิติ $F = \frac{MSBG}{MSWG}$ จะมีการแจกแจงแบบเอฟแบบศูนย์กลาง (central F distribution) ที่มีองศาความเป็นอิสระ $p-1$ กับ $p(n-1)$ คูณด้วยค่าคงที่ λ_R^2 โดยที่ $\lambda_R^2 = 1 + \frac{n\sigma_\alpha^2}{\sigma_\varepsilon^2}$ ดังนั้นอำนาจการทดสอบจะสามารถคำนวณได้จากการแจกแจงเอฟแบบศูนย์กลางได้ดังนี้

$$1-\beta = P(F = \frac{MSBG}{MSWG} > \frac{1}{\lambda_R^2} F_{\alpha, p-1, p(n-1)})$$

กล่าวคือถ้ารู้จำนวนวิธีทดลอง ระดับนัยสำคัญ ระดับของอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่ผู้ทดลองต้องการ และ λ_R^2 ซึ่งผู้ทดลองจำเป็นที่จะต้องประเมินค่าอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนระหว่าง σ_α^2 กับ σ_ε^2 เป็นข้อมูลในเบื้องต้นเราจะสามารถคำนวณหาจำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลองที่เหมาะสมได้

1.2 แผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

สำหรับการวางแผนกำหนดขนาดตัวอย่างของแผนแบบการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ก็คือการพิจารณาว่าถ้าแผนแบบทดลองมีการควบคุมด้วยการแบ่งบล็อคแล้ว ผู้ทดลองสนใจที่จะทราบว่าควรที่จะแบ่งจำนวนระดับของปัจจัยแบ่งบล็อกจำนวนเท่าใด เพื่อให้แผนแบบทดลองสามารถตรวจสอบหานัยสำคัญของวิธีทดลองต่างๆ จากปัจจัยทดลองได้ในระดับที่ต้องการ ในที่นี้จะกล่าวถึงการวางแผนกำหนดจำนวนระดับของปัจจัยแบ่งบล็อกใน 2 กรณีคือ กรณีที่ตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยแบบคงที่ และตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยแบบสุ่ม ซึ่งในงานวิจัยนี้จะขอกล่าวในสถานการณ์ที่ปัจจัยทดลองและปัจจัยแบ่งบล็อกไม่มีผลกระทบร่วมกัน (interaction) เท่านั้น

สมมติว่าการวิจัยเชิงทดลองผู้วิจัยเลือกใช้แผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ที่ประกอบด้วยตัวแปรทดลองที่มี p วิธี มีจำนวนบล็อกที่จะใช้ในแต่ละวิธีทดลอง b บล็อก และมีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่มเป็น σ_ε^2

1.2.1 กรณีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยคงที่

ผู้วิจัยสามารถวางแผนกำหนดจำนวนบล็อกได้จากการค้นหาจากเส้นโค้งลักษณะการดำเนินงาน (OCC) สมมติฐานในการทดสอบคือ $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = ... = \alpha_p = 0$ และ $H_1 : \exists \alpha_j \neq 0$ เมื่อ α_j เป็นค่าผลกระทบจากวิธีทดลองที่ j; $j = 1, 2, ..., p$ ดังนั้นจะได้ว่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว คือ

$$1-\beta = P(reject\ H_0\ |H_1\ is\ true)$$

$$= P(F = \frac{MSTR}{MSRES} > F_{\alpha,p-1,(p-1)(b-1)}\ |H_1\ is\ true)$$

เมื่อ MSTR คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของปัจจัยทดลอง (mean of sum square treatment)

MSRES คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของเศษเหลือ (mean of sum square residual)

ถ้าสมมติฐานหลักเป็นเท็จ ตัวสถิติ $F = \frac{MSTR}{MSRES}$ จะมีการแจกแจงแบบเอฟที่ไม่ตรงศูนย์กลาง (non-central F distribution) ที่มีองศาความเป็นอิสระ (degree of freedom) $p-1$ กับ $(p-1)(b-1)$ และพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลาง (non-central parameter: λ) เมื่อ

$$\lambda = \frac{\sum_{j=1}^{p}\alpha_j^2}{\sigma_\varepsilon^2/n}$$

ในทำนองเดียวกับแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ หากผู้วิจัยได้มีการศึกษานำร่องก่อนการทดลองจริง ผู้วิจัยสามารถกำหนดขนาดตัวอย่างในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์แบบปัจจัยทดลองคงที่ ได้จากอำนาจการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว โดยพิจารณาจากเส้นโค้งลักษณะการดำเนินงาน ที่พล็อตระหว่างค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐาน กับพารามิเตอร์ Φ เมื่อ

$$\Phi = \sqrt{\frac{\lambda}{p}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{p}\alpha_j^2/p}{\sigma_\varepsilon^2/n}}$$

ซึ่งการคำนวณขนาดตัวอย่างโดยวิธีการดังกล่าวผู้ทดลองจำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลเบื้องต้นก่อนการทดลองคือ $\sum_{j=1}^{p}\alpha_j^2$ และ σ_ε^2

ในกรณีที่ผู้วิจัยไม่ได้มีข้อมูลเบื้องต้นเพียงพอที่จะใช้แนวทางดังกล่าวได้ ผู้วิจัยสามารถใช้แนวทางการเลือกใช้อัตราส่วนระหว่างความแตกต่างของค่าเฉลี่ยวิธีการทดลองที่มากที่สุดและค่าเฉลี่ยของวิธีการที่น้อยที่สุดกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนสุ่ม เขียนแทนด้วย $d = \frac{\mu_{\max} - \mu_{\min}}{\sigma_\varepsilon}$ ซึ่งในกรณีนี้จะได้ค่าพารามิเตอร์ Φ เป็น

$$\Phi = \sqrt{b}\cdot\sqrt{\frac{d^2}{2p}}$$

อีกแนวทางหนึ่งคือผู้วิจัยสามารถใช้ค่าสัดส่วนของความผันแปรในตัวแปรตามแบบบางส่วน *(partial omega square :* $\omega^2_{Y|trt.BL} = \frac{\sigma^2_\alpha}{\sigma^2_\alpha + \sigma^2_\varepsilon}$) หรือค่า effect size ($f_{trt} = \frac{f}{\sqrt{1-p}}$) เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการกำหนดขนาดตัวอย่างได้โดยใช้หลักการเดียวกัน ซึ่งฟังก์ชันเส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานจะเป็นดังนี้

$\Phi = \sqrt{b} \cdot \sqrt{\frac{\omega^2_{Y|trt.BL}}{1-\omega^2_{Y|trt.BL} \cdot (p-1)}}$ สำหรับกรณีที่ใช้ค่า $\omega^2_{Y|trt.BL}$ เป็นข้อมูลเบื้องต้น

และ $\Phi = \sqrt{b} \cdot f_{trt}$ สำหรับกรณีที่ใช้ effect size เป็นข้อมูลเบื้องต้น

1.2.1 กรณีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยสุ่ม

การกำหนดขนาดตัวอย่างในกรณีนี้ของแผนแบบการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์นั้นมีความคล้ายคลึงกับแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์แต่จะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ในกรณีนี้สมมติฐานการทดสอบคือ $H_0 : \sigma^2_\alpha = 0$ และ $H_1 : \sigma^2_\alpha > 0$ เมื่อ σ^2_α เป็นค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างวิธีทดลอง ซึ่งอำนาจการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว คือ

$$1-\beta = P(reject\ H_0 \mid H_1\ is\ true)$$

$$= P(F = \frac{MSTR}{MSRES} > F_{\alpha, p-1, (p-1)(b-1)} \mid H_1\ is\ true)$$

เมื่อสมมติฐานหลักเป็นเท็จจะได้ว่าการแจกแจงของตัวสถิติ $F = \frac{MSTR}{MSRES}$ จะมีการแจกแจงแบบเอฟแบบไม่ตรงศูนย์กลาง (non-central F distribution) ที่มีองศาความเป็นอิสระ $p-1$ กับ $(p-1)(b-1)$ และมีพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลางคือ λ โดยที่ $\lambda = \sqrt{1 + \frac{b\sigma^2_\alpha}{\sigma^2_\varepsilon}}$

2. การเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

2.1 การเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม SAS

โปรแกรม SAS (Statistical Analytical System) เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยบริษัท SAS Institute INC. เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลขั้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเข้าสู่โปรแกรมโดยทั่วไปโปรแกรม SAS จะแสดงหน้าต่างหลัก 3 หน้าต่างได้แก่ หน้าต่าง SAS program หน้าต่าง SAS log และหน้าต่าง SAS output โดยที่แต่ละหน้าต่างมีหน้าที่ดังนี้

1) SAS program เป็นหน้าต่างที่ใช้เขียนข้อมูลและชุดคำสั่ง SAS ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งการสร้างชุดคำสั่งในโปรแกรม SAS จะต้องประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ ส่วน Data step เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างชุดข้อมูล กำหนดตัวแปร กำหนดชื่อตัวแปร ระบุลักษณะของตัวแปรแต่ละตัว และส่วน Proc step เป็นส่วนที่ใช้ในการเขียนชุดคำสั่งเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล

2) SAS log เป็นหน้าต่างที่ใช้เพื่อแสดงลำดับการประมวลผลของชุดคำสั่ง แสดงข้อความที่เกี่ยวข้องกับงานที่ทำไปแล้ว รวมถึงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกรณีที่เขียนคำสั่งผิด

3) SAS output เป็นหน้าต่างที่ใช้แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลจากชุดคำสั่ง

2.2 การเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม SPSS

โปรแกรม SPSS (Statistical Package for Social Science) เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้ได้ง่ายและสามารถวิเคราะห์สถิติได้อย่างหลากหลาย เมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง 2 หน้าต่างได้แก่ หน้าต่าง Data view และหน้าต่าง Variable view ซึ่งแต่ละหน้าต่างมีหน้าที่ดังนี้

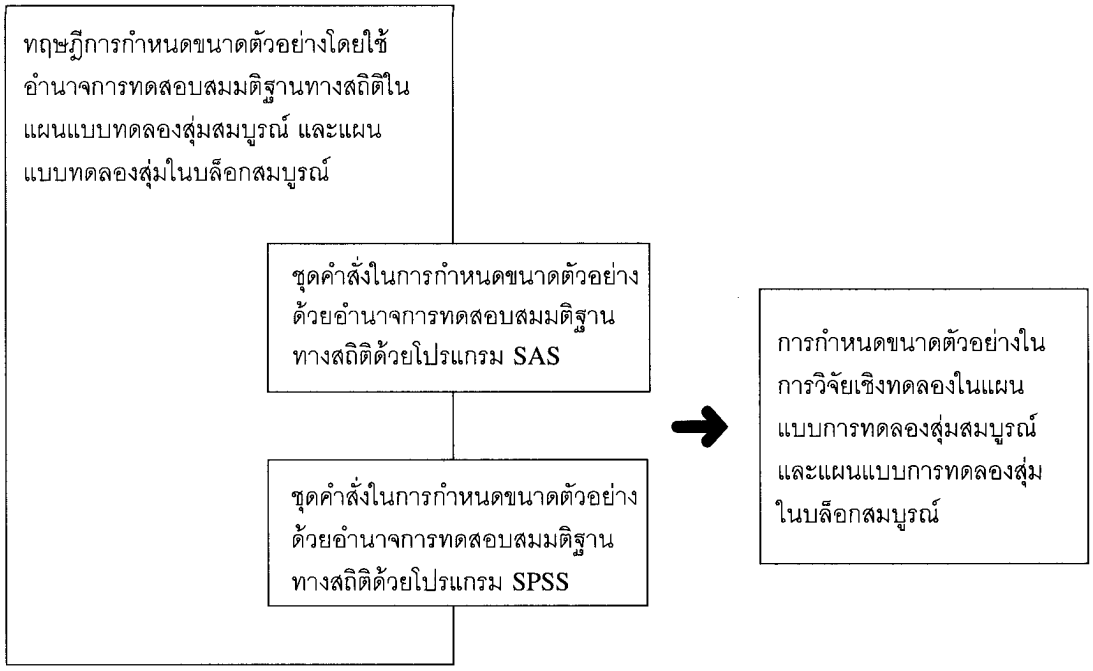
1) Data view คือ หน้าต่างที่ใช้ทำการใส่ข้อมูลตามคอลัมน์ของตัวแปรที่กำหนดไว้

2) Variable view คือ หน้าต่างที่ใช้ทำการกำหนดชื่อ ลักษณะของตัวแปรแต่ละตัวตามที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ในงานวิจัย

โดยปกติการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS ผู้วิจัยสามารถเลือกสถิติวิเคราะห์ตามที่ต้องการได้จากเมนูและจาก dialog box แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรม SPSS ยังสามารถให้ผู้ใช้เขียนคำสั่งเพื่อให้โปรแกรมทำตามคำสั่งที่เขียน โดยจะสามารถบันทึกแฟ้มคำสั่งในแฟ้ม Syntax (*.sps) แฟ้ม Syntax เป็นแฟ้มที่อยู่ในรูปของ text ซึ่งประกอบด้วยคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม SPSS ผู้ใช้สามารถสร้างแฟ้ม Syntax ได้โดยการใช้คำสั่ง File → new → Syntax จะได้หน้าจอ Syntax (Syntax Editor) ซึ่งสามารถพิมพ์คำสั่งต่างๆ ลงในหน้าจอ Syntax ได้

กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการพัฒนาและทดลองใช้ชุดคำสั่งในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติคือโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS เพื่อช่วยในการกำหนดขนาดตัวอย่างในแผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์และแผนแบบการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้ทฤษฎีตามที่ได้ศึกษาไว้ในข้างต้น



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและวิธีการคำนวณในการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติในแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์และแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

2. ศึกษาวิธีการเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม SAS และ SPSS พัฒนาชุดคำสั่งในการคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบในโปรแกรมทั้งสอง และตรวจสอบความถูกต้องของผลการคำนวณที่ได้จากการใช้ชุดคำสั่งดังกล่าว

3. สรุปผลการวิจัยและนำเสนอ

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจะนำเสนอใน 2 ส่วนคือ ส่วนของการพัฒนาชุดคำสั่งในโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS และส่วนของการแสดงตัวอย่างในการคำนวณซึ่งจะแสดงชุดคำสั่งที่พัฒนาควบคู่ไปกับตัวอย่างในแต่ละแผนแบบ โดยตัวอย่างที่ใช้ในบทความนี้ในกรณีที่ตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยทดลองแบบคงที่จะใช้ตัวอย่างจากหนังสือ Experimental Design: Procedure for the Behavioral Sciences เขียนโดย Roger E. Kirk (1995) ส่วนในกรณีที่เป็นปัจจัยทดลองแบบสุ่มจะใช้ตัวอย่างจากหนังสือ Design and Analysis of Experiments เขียนโดย Douglas C. Montgomery (1991)

และจะเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรมทั้งสองกับผลที่ได้จากตัวอย่างในหนังสือซึ่งใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานแต่ละกรณี

1. ผลการพัฒนาชุดคำสั่ง

ในการวิจัยนี้ใช้สัญลักษณ์ของตัวแปรต่างๆ ในชุดคำสั่งของโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS ทั้งสองโปรแกรมให้เหมือนกันโดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในชุดคำสั่งของโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS ที่นำเสนอในการวิจัย

ตัวแปร	ความหมาย
p	จำนวนวิธีทดลองหรือระดับของตัวแปรทดลอง
n	ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง
b	จำนวนระดับของปัจจัยแบ่งบล็อก
alpha	ระดับนัยสำคัญที่กำหนด
NC	พารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลาง
F	ค่าควอนไทล์ (quantile) ที่ 1-alpha จากการแจกแจงแบบเอฟที่มีองศาอิสระเท่ากับ ndf และ ddf
BETA	ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 2
POWER	อำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ
d	อัตราส่วนระหว่างความแตกต่างของค่าเฉลี่ยวิธีการทดลองที่มากที่สุดและค่าเฉลี่ยของวิธีการที่น้อยที่สุด กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนสุ่ม เขียนแทนด้วย $d = \frac{\mu_{\max} - \mu_{\min}}{\sigma_\varepsilon}$
w_square	omega square ($\omega^2 = \frac{\sigma_\alpha^2}{\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2}$)
rationvar	อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของแผนแบบทดลอง ($\frac{\sigma_\alpha^2}{\sigma_\varepsilon^2}$)
b	จำนวนระดับของปัจจัยแบ่งบล็อก

1.1 ผลการพัฒนาชุดคำสั่งในโปรแกรม SAS

โปรแกรม SAS สามารถคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติได้โดยตรงด้วยการเขียนชุดคำสั่งให้โปรแกรมทำการคำนวณ ซึ่งการเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม SAS ในการวิจัยนี้จะใช้คำสั่งหลักต่าง ๆ ซึ่งได้สรุปไว้ในตารางดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงคำสั่งและรายละเอียดของคำสั่งหลักที่ใช้ในชุดคำสั่งของโปรแกรม SAS

ส่วน	คำสั่ง	รายละเอียด
Data step	data	เป็นคำสั่งแรกที่ต้องปรากฏในทุกชุดคำสั่งของ SAS เพื่อกำหนดชื่อของชุดข้อมูล
	input	เป็นคำสั่งกำหนดลักษณะของตัวแปรและรูปแบบการป้อนข้อมูลเพื่อให้โปรแกรม SAS สามารถอ่านและประมวลผลได้อย่างถูกต้อง ซึ่งในการวิจัยนี้ตัวแปรที่จะกำหนดคือตัวแปรของข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องใช้ในการกำหนดขนาดตัวอย่าง
	FINV(x,ndf,ddf<,nc>)	คำสั่งดังกล่าวจะส่งค่าควอนไทล์ (quantile) ที่ k จากการแจกแจงแบบเอฟที่มีองศาอิสระของตัวเศษเท่ากับ ndf องศาอิสระของตัวส่วนเท่ากับ ddf และมีพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลางเท่ากับ nc
Data step	PROBF(x,ndf,ddf<,nc>)	คำสั่งดังกล่าวจะส่งค่าความน่าจะเป็นของค่าสังเกตที่มีการแจกแจงแบบเอฟที่มีองศาอิสระของตัวเศษเท่ากับ ndf องศาอิสระของตัวส่วนเท่ากับ ddf และมีพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลางเท่ากับ nc ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ x
	datalines	เป็นคำสั่งเพื่อนำข้อมูลเข้าสู่ชุดข้อมูล โดยจะต้องป้อนข้อมูลตามแนวคอลัมม์เรียงตามตัวแปรที่ระบุไว้ในคำสั่ง input โดยผู้ทดลองจะต้องป้อนข้อมูลจำนวนวิธีทดลองในงานวิจัย ขนาดตัวอย่างที่ต้องการพิจารณา ระดับนัยสำคัญ และข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการกำหนดขนาดตัวอย่างที่ผู้ทดลองทราบ
Proc step	print	เป็นคำสั่งเพื่อเรียกแสดงผลตามตัวแปรที่ได้ระบุไว้ภายใต้คำสั่งย่อย “var”

1.2 ผลการพัฒนาชุดคำสั่งในโปรแกรม SPSS

โปรแกรม SPSS สามารถคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติได้เช่นเดียวกันกับโปรแกรม SAS ซึ่งผู้วิจัยสามารถทำตามขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นตอนกำหนดตัวแปรและป้อนข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ผู้ทดลองจะต้องกำหนดตัวแปรในหน้าต่าง variable view และป้อนข้อมูลในหน้าต่าง data view ซึ่งก็คือข้อมูลเบื้องต้นต่างๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดขนาดตัวอย่าง

2) ขั้นตอนเขียนชุดคำสั่ง

ในขั้นตอนนี้ผู้ทดลองจะต้องเขียนชุดคำสั่งใน syntax ของโปรแกรม SPSS โดยคำสั่งหลักที่ใช้มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดของคำสั่งหลักที่ใช้ในชุดคำสั่งของโปรแกรม SPSS

คำสั่ง	รายละเอียด
COMPUTE	ใช้คำนวณค่าตัวแปรชนิดตัวเลข
IDF.F(p,a,b)	คำสั่งดังกล่าวจะเรียกภายใต้คำสั่ง COMPUTE โดยจะส่งค่าตัวแปรสุ่มเอฟที่มีองศาอิสระเท่ากับ a และ b และมีความน่าจะเป็นสะสม (cumulative probability) เท่ากับ p
NCDF.F(q,a,b,c)	คำสั่งดังกล่าวจะเรียกภายใต้คำสั่ง COMPUTE โดยจะส่งค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มเอฟที่มีองศาอิสระ a และ b มีค่าน้อยกว่า q

2. นำเสนอชุดคำสั่งและตัวอย่าง

2.1 กรณีแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ที่มีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยคงที่

ในกรณีนี้จะนำเสนอชุดคำสั่ง 2 ชุดคำสั่งซึ่งเป็นชุดคำสั่งที่ใช้คำนวณขนาดตัวอย่างใน 2 แนวทางหลังดังที่ได้กล่าวไว้ในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องการวิจัย ดังนี้

2.1.1 กรณีที่ผู้ทดลองใช้ $d = \frac{\mu_{\max} - \mu_{\min}}{\sigma_\varepsilon}$ *เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการกำหนดขนาดตัวอย่าง*

ในกรณีนี้จะสามารถพิสูจน์ได้ว่าพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลางจะมีค่าเท่ากับ $\lambda = \frac{nd^2}{2}$ จากตัวอย่างในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behaviroral Sciences หน้า 184-186 สมมติว่าผู้ทดลองวางแผนจะใช้แผนทดลองสุ่มสมบูรณ์ และปัจจัยทดลองเป็นปัจจัยคงที่ โดยคาดว่าในการทดลองที่มีวิธีทดลองทั้งหมด 4 วิธีทดลอง ($p = 4$) ความแตกต่างระหว่าง μ_{max} และ μ_{min} มีค่าเท่ากับ 1.5 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_ε) และผู้ทดลองต้องการขนาดตัวอย่างที่ทำให้อำนาจการทดสอบสมมติฐานมีค่าอย่างน้อย 0.80 ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS จะเป็นดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงชุดคำสั่งของโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS สำหรับกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติในแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์กรณีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยคงที่ เมื่อใช้ $d = \frac{\mu_{max} - \mu_{min}}{\sigma_\varepsilon}$ เป็นข้อมูลเบื้องต้น

ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SAS

```
data SAS1;
      input p n alpha d;
      NC=(n*d*d)/(2);
      F = FINV(1-alpha,p-1,p(n-1));
      BETA = PROBF (F,p-1,p(n-1),NC);
      POWER = 1-BETA;
      datalines;
4     8     0.05     1.5
4     9     0.05     1.5
4    10     0.05     1.5
4    11     0.05     1.5
4    12     0.05     1.5
; run;
proc print;
      var n POWER;
run;
```

ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SPSS

สำหรับโปรแกรม SPSS ผู้ทดลองต้องสร้างตัวแปร p, n, alpha และ d ในหน้าต่าง Variable view และใส่ข้อมูลในหน้าต่าง Data view แล้วจึงทำการ run ชุดคำสั่งใน Syntax ดังนี้

```
COMPUTE
   NC = (n * d * d)/2.
COMPUTE
   F = IDF.F(1-alpha,p-1,p * (n-1)).
COMPUTE
   BETA = NCDF.F(F,p-1,p * (n-1),NC).
COMPUTE
   POWER=1-BETA.
EXECUTE .
```

เมื่อผู้วิจัยทำการ run ชุดคำสั่งในข้างต้นแล้วจะได้ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 5 โดยจะเปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่แสดงในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences

ตารางที่ 5 แสดงผลการคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานในแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ชนิดตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยคงที่ กรณีใช้ $d = \frac{\mu_{max} - \mu_{min}}{\sigma_{\varepsilon}}$ เป็นข้อมูลเบื้องต้น โดยใช้โปรแกรม SAS และ SPSS และจากตัวอย่างในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences โดยการใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงาน

	ค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่คำนวณได้		
ขนาดตัวอย่าง	โปรแกรม SAS	โปรแกรม SPSS	OCC
8	0.64367	0.64367	0.64
9	0.70913	0.70913	-
10	0.76518	0.76518	-
11	0.81235	0.81235	0.80
12	0.85143	0.85143	-

ผลการคำนวณพบว่าขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีควรมีขนาดอย่างน้อย 11 หน่วยจึงจะทำให้ได้อำนาจการทดสอบสมมติฐานตามที่ต้องการและจากตารางพบว่าโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS สามารถคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานในแต่ละกรณีได้ไม่แตกต่างกัน โดยเมื่อขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลองเท่ากับ 8 โปรแกรมสำเร็จรูปทั้งสองจะคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานได้เท่ากับ 0.64367 ในขณะที่ค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่คำนวณไว้ในตัวอย่างในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences โดยใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานมีค่าเท่ากับ 0.64 และเมื่อขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลองเท่ากับ 11 พบว่าโปรแกรมสำเร็จรูปทั้งสองจะคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานได้เท่ากับ 0.81235 ในขณะที่ค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่คำนวณไว้ในตัวอย่างในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences โดยใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานมีค่าเท่ากับ 0.80 ซึ่งสังเกตเห็นว่าการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปนั้นมีความสะดวกกว่าการคำนวณโดยใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงาน โดยนักวิจัยสามารถพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานเมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลองในขนาดต่าง ๆ กันได้อย่างสะดวกและผลที่ได้จากการคำนวณยังมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือกว่า

2.1.2 กรณีที่ผู้ทดลองใช้ ω^2 เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการกำหนดขนาดตัวอย่าง

ในกรณีนี้ค่าพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลางจะสามารถพิสูจน์ได้ว่ามีค่าเท่ากับ $\lambda = \frac{np\omega^2}{1-\omega^2}$ จากตัวอย่างจากในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences หน้า 186-188 สมมติว่าผู้ทดลองวางแผนจะใช้แผนทดลองสุ่มสมบูรณ์ และปัจจัยทดลองเป็นปัจจัยคงที่ที่มี 5 วิธีการทดลอง ($p=5$) ผู้ทดลองต้องการที่จะทดสอบความแตกต่างเมื่อคาดว่าแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันสูง ($\omega^2 = 0.14$) และผู้ทดลองต้องการขนาดตัวอย่างที่ทำให้อำนาจการการทดสอบสมมติฐานมีค่าอย่างน้อย 0.8 ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS จะเป็นดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงชุดคำสั่งของโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS สำหรับกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติในแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์กรณีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยคงที่ เมื่อใช้ ω^2 เป็นข้อมูลเบื้องต้น

ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SAS

```
data SAS2;
      input p n alpha w_square;
      NC=w_square*p*n/(1-w_square);
      F=FINV(1-alpha,p-1,p*(n-1));
      BETA=PROBF(F,p-1,p*(n-1),NC);
      POWER=1-BETA;
      datalines;
5   13   0.05   0.14
5   14   0.05   0.14
5   15   0.05   0.14
5   16   0.05   0.14
5   17   0.05   0.14
;run;
proc print;
      var n POWER;
run;
```

ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SPSS

สำหรับโปรแกรม SPSS ผู้ทดลองต้องสร้างตัวแปร p, n, alpha และ w_square ในหน้าต่าง Variable view และใส่ข้อมูลในหน้าต่าง Data view แล้วจึง ทำการ run ชุดคำสั่งใน Syntax ดังนี้

```
COMPUTE
   NC = w_square*p*n/(1-w_square).
COMPUTE
   F = IDF.F(1-alpha,p-1,p * (n-1)).
COMPUTE
   BETA = NCDF.F(F,p-1,p * (n-1),NC).
COMPUTE
   POWER = 1-BETA.
EXECUTE.
```

เมื่อผู้วิจัยทำการ run ชุดคำสั่งในข้างต้นแล้วจะได้ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 7 โดยจะเปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่แสดงในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences

ตารางที่ 7 แสดงผลการคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานในแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ชนิดตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยคงที่ กรณีใช้ ω^2 เป็นข้อมูลเบื้องต้น โดยใช้โปรแกรม SAS และ SPSS และจากตัวอย่างในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences

	ค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่คำนวณได้		
ขนาดตัวอย่าง	โปรแกรม SAS	โปรแกรม SPSS	OCC
13	0.70507	0.70507	0.70
14	0.74434	0.74434	-
15	0.77951	0.77951	-
16	0.81075	0.81075	0.80
17	0.83832	0.83832	-

ผลการคำนวณทั้งหมดให้ข้อสรุปที่สอดคล้องกันว่าผู้ทดลองจะต้องใช้ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลองอย่างน้อย 16 หน่วย จึงจะทำให้อำนาจการทดสอบสมมติฐานมีค่ามากกว่า 0.80 ตามที่หวังไว้ โดยผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS มีค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานไม่แตกต่างกันและใกล้เคียงกับค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่ได้จากการใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences

2.1.3 ในกรณีที่ผู้ทดลองต้องการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้ effect size (f) ก็สามารถทำได้โดยใช้ชุดคำสั่งเดียวกับเมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างโดย ω^2 เพียงแต่ต้องมีการแก้ไขในบรรทัดของการคำนวณค่าพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลางซึ่งจะไม่ขอแสดงชุดคำสั่งไว้ในที่นี้ ในกรณีนี้จะพิสูจน์ได้ว่าพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลางจะมีค่าเท่ากับ $\lambda = f^2$

2.2 กรณีแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ที่มีปัจจัยทดลองเป็นปัจจัยสุ่ม

จากที่ได้กล่าวไว้ในกรอบแนวคิดของการวิจัยว่า การกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานในกรณีนี้ ผู้ทดลองจำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลเบื้องต้น คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนระหว่าง σ_α^2 กับ σ_ε^2 จากตัวอย่างในหนังสือ Design and Analysis of Experiments หน้า 113-114 สมมติว่าผู้ทดลองสุ่มวิธีทดลองมาทั้งหมด 5 วิธีทดลอง และผู้ทดลองประเมินได้ว่าอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนระหว่างวิธีทดลองกับความแปรปรวนภายในวิธีทดลองที่ค่าประมาณ 1.00 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และผู้ทดลองต้องการขนาดตัวอย่างที่ทำให้อำนาจการทดสอบสมมติฐานมีค่าอย่างน้อย 0.8 ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS จะเป็นดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงชุดคำสั่งของโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS สำหรับกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติในแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์กรณีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยสุ่ม

ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SAS	ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SPSS
data SAS3; input p n alpha rationvar; Lamda_square=1+(n*rationvar); F=FINV(1-alpha,p-1,p*(n-1)); BETA=PROBF(F/Lamda_square,p-1,p*(n-1)); POWER=1-BETA; datalines; 5 4 0.05 1.00 5 5 0.05 1.00 5 6 0.05 1.00 5 7 0.05 1.00 5 8 0.05 1.00 ;run; proc print; var n POWER; run;	สำหรับโปรแกรม SPSS ผู้ทดลองต้องสร้างตัวแปร p, n, alpha และ rationvar ในหน้าต่าง Variable view และใส่ข้อมูลในหน้าต่าง Data view แล้วจึงทำการ run ชุดคำสั่งใน Syntax ดังนี้ COMPUTE Lamda_square=1+(n*rationvar). COMPUTE F = IDF.F(1-alpha,p-1,p* (n-1)). COMPUTE BETA = CDF.F(F/Lamda_square,p-1,p* (n-1)). COMPUTE POWER = 1-BETA. EXECUTE.

เมื่อผู้วิจัยทำการ run ชุดคำสั่งในข้างต้นแล้วจะได้ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 9 โดยจะเปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่แสดงในหนังสือ Design and Analysis of Experiments

ตารางที่ 9 แสดงผลการคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานในแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ชนิดตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยสุ่ม โดยใช้โปรแกรม SAS และ SPSS และจากตัวอย่างในหนังสือ Design and Analysis of Experiments

	ค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่คำนวณได้		
ขนาดตัวอย่าง	โปรแกรม SAS	โปรแกรม SPSS	OCC
4	0.66101	0.66101	-
5	0.75171	0.75171	-
6	0.81088	0.81088	0.80
7	0.85137	0.85137	-
8	0.88021	0.88021	-

ผลการคำนวณทั้งหมดให้ข้อสรุปที่สอดคล้องกันว่าผู้ทดลองจะต้องใช้ขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลองอย่างน้อย 6 หน่วย จึงจะทำให้อำนาจการทดสอบสมมติฐานมีค่ามากกว่า 0.80 ตามที่หวังไว้ โดยผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS มีค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานไม่แตกต่างกันและใกล้เคียงกับค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่ได้จากการใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานในหนังสือ Experimental Design: Procedures for the Behavioral Sciences

2.3 กรณีแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

ผู้วิจัยสามารถให้ชุดคำสั่งการคำนวณขนาดตัวอย่างเดียวกันกับชุดคำสั่งที่ใช้ในแผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ได้ เพียงแต่ขนาดตัวอย่างที่ได้นั้นจะเป็นจำนวนระดับของปัจจัยแบ่งบล็อกที่เหมาะสมแทนที่จะเป็นขนาดตัวอย่างในแต่ละระดับของวิธีทดลอง

2.3.1 กรณีแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยคงที่

ในกรณีนี้จะนำเสนอชุดคำสั่งในกรณีที่ใช้ $d = \frac{\mu_{\max} - \mu_{\min}}{\sigma_\varepsilon}$ เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการทดลองเท่านั้น เนื่องจากชุดคำสั่งที่ใช้มีความแตกต่างที่การแจกแจงของตัวสถิติ F ที่มีการแจกแจงแบบเอฟที่ไม่ตรงศูนย์กลางที่มีองศาความเป็นอิสระ p-1 และ (p-1)(b-1) จากตัวอย่างในหนังสือ Design and Analysis of Experiments หน้า 144-145 สมมติว่าผู้วิจัยต้องการกำหนดจำนวนของระดับปัจจัยแบ่งบล็อกที่เหมาะสมที่ทำให้อำนาจการทดสอบสมมติฐานมีค่าอย่างน้อย 0.80 ในการทดลองที่มีวิธีทดลองทั้งหมด 4 วิธีทดลอง ($p = 4$) โดยคาดว่าความแตกต่างระหว่าง $\mu_{\max}$ และ $\mu_{\min}$ มีค่าเท่ากับ 0.4 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนสุ่ม (σ_ε) มีค่าเท่ากับ 0.1 รายละเอียดของชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS จะแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงชุดคำสั่งของโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS สำหรับกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ กรณีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยคงที่ เมื่อใช้ $d = \frac{\mu_{max} - \mu_{min}}{\sigma_{\varepsilon}}$ เป็นข้อมูลเบื้องต้น

ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SAS	ชุดคำสั่งสำหรับโปรแกรม SPSS
data SAS4; input p b alpha d; NC=(b*d*d)/(2); F=FINV(1-alpha,p-1,(p-1)*(b-1)); BETA=PROBF(F,p-1,(p-1)*(b-1),NC); POWER=1-BETA; datalines; 4 2 0.05 1.5 4 3 0.05 1.5 4 4 0.05 1.5 4 5 0.05 1.5 ; run; proc print; var b POWER; run;	สำหรับโปรแกรม SPSS ผู้ทดลองต้องสร้างตัวแปร p, b, alpha และ d ในหน้าต่าง Variable view และใส่ข้อมูลในหน้าต่าง Data view แล้วจึงทำการ run ชุดคำสั่งใน Syntax ดังนี้ COMPUTE NC = (b * d * d)/2. COMPUTE F = IDF.F(1-alpha,p-1,(p-1) * (b-1)). COMPUTE BETA = NCDF.F(F,p-1,(p-1) * (b-1),NC). COMPUTE POWER =1-BETA. EXECUTE.

เมื่อผู้วิจัยทำการ run ชุดคำสั่งในข้างต้นแล้วจะได้ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 11 โดยจะเปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่แสดงในหนังสือ Design and Analysis of Experiments

ตารางที่ 11 แสดงผลการคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ชนิดตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยคงที่ โดยใช้โปรแกรม SAS และ SPSS และจากตัวอย่างในหนังสือ Design and Analysis of Experiments

	ค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่คำนวณได้		
ขนาดตัวอย่าง	โปรแกรม SAS	โปรแกรม SPSS	OCC
2	0.41821	0.41821	-
3	0.84612	0.84612	0.90
4	0.97566	0.97566	0.97
5	0.99716	0.99716	-

ผลการคำนวณทั้งหมดได้ข้อสรุปที่สอดคล้องกันว่าผู้ทดลองจะต้องระดับของปัจจัยแบ่งบล็อกอย่างน้อย 3 ระดับ จึงจะทำให้อำนาจการทดสอบสมมติฐานมีค่ามากกว่า 0.80 ตามที่หวังไว้ โดยผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS มีค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานไม่แตกต่างกัน และผลการคำนวณที่ได้จากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทั้งสองกับผลการคำนวณที่ได้จากการใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานในหนังสือ Design and Analysis of Experiments มีความแตกต่างกันในกรณีที่ระดับของปัจจัยแบ่งบล็อกเท่ากับ 3 ระดับ โดยอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่ได้จากโปรแกรมทั้งสองมีค่าเท่ากับ 0.84612 และอำนาจการทดสอบสมมติฐานที่ได้จากการใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานจากตัวอย่างในหนังสือมีค่าเท่ากับ 0.90 ดังนั้นจะเห็นว่าการใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณเนื่องมาจากผู้วิจัยได้ เช่นในกรณีข้างต้นนี้

2.3.2 กรณีแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มีตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยสุ่ม

ในทำนองเดียวกับแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์กรณีที่ตัวแปรทดลองเป็นปัจจัยสุ่มข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการกำหนดขนาดตัวอย่างคือ อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของวิธีทดลองกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของแผนแบบทดลอง $(\frac{\sigma_\alpha^2}{\sigma_\varepsilon^2})$ แต่เมื่อสมมติฐานหลักที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยทดลองเป็นเท็จ การแจกแจงของตัวสถิติ F จะมีการแจกแจงแบบเอฟไม่ตรงศูนย์กลางโดยมีองศาความเป็นอิสระเท่ากับ $p-1$ และ $(p-1)(b-1)$ และมีพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลางเป็น $\lambda = \sqrt{1+\frac{b\sigma_\alpha^2}{\sigma_\varepsilon^2}}$ ดังนั้นในการเขียนชุดคำสั่งเพื่อกำหนดขนาดตัวอย่างผู้วิจัยสามารถใช้ชุดคำสั่งเดียวกันกับการกำหนดขนาดตัวอย่างในแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์แบบปัจจัยคงที่ตามที่ได้นำเสนอไว้ก่อนหน้านี้ เพียงแต่ปรับเปลี่ยนชุดคำสั่งในบรรทัดของการคำนวณค่าพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลางให้เป็นพารามิเตอร์ไม่ตรงศูนย์กลางที่ใช้ในกรณีปัจจัยสุ่ม ซึ่งรายละเอียดของชุดคำสั่งจะไม่ขอนำเสนอรายละเอียดในบทความนี้เนื่องจากมีความคล้ายคลึงกันมาก

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้อำนาจการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยเชิงทดลองในแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์และแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์พบว่า การคำนวณอำนาจการทดสอบสมมติฐานด้วยการใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานเป็นกระบวนการที่มีความยุ่งยากในการคำนวณซึ่งทำให้มีความยากลำบากและเสียเวลาในการกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม อีกทั้งทำให้เกิดความผิดพลาดในขั้นตอนของการคำนวณได้ง่ายอีกด้วย ทั้งนี้ความผิดพลาดดังกล่าวเป็นสิ่งที่ไม่ควรเกิดขึ้นในงานวิจัย และนักวิจัยไม่จำเป็นที่จะต้อง

เสียเวลาไปกับการคำนวณดังกล่าว ดังนั้นการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเข้ามาช่วยในการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้ชุดคำสั่งจึงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิจัยเชิงทดลอง

ผลจากการพัฒนาและทดลองใช้ชุดคำสั่งในโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS เพื่อกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้อำนาจการทดสอบสมมติฐานพบว่า โปรแกรมทั้งสองสามารถคำนวณค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานได้อย่างไม่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยสามารถเลือกใช้โปรแกรมใดก็ได้ในการคำนวณตามความถนัดของตนเอง และเมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูปทั้งสองกับการคำนวณโดยใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงาน พบว่าผลการคำนวณที่ได้มีความแตกต่างกันบ้างแต่ผลสรุปที่ได้ก็มีความสอดคล้องกัน แต่อย่างไรก็ตามผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมทั้งสองจะมีความละเอียด ถูกต้อง และมีความน่าเชื่อถือมากกว่า เนื่องจากการคำนวณด้วยโปรแกรมนั้นจะมีความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการคำนวณ อีกทั้งยังมีความรวดเร็วกว่าการคำนวณโดยใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงาน ดังนั้นการใช้ชุดคำสั่งดังกล่าวในการกำหนดขนาดตัวอย่างจะเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัยอีกทั้งช่วยให้ผู้วิจัยสามารถวางแผนการเลือกขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการทำให้แผนการทดลองมีอำนาจในการตรวจหานัยสำคัญของวิธีการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่ผู้วิจัยต้องการ

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. ผลผลิตที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้อาจสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ด้านคือ

1.1 ผลผลิตของงานวิจัยที่เป็นชุดคำสั่งในเพื่อใช้ในการกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยอำนาจการทดสอบสมมติฐานในการวิจัยเชิงทดลอง แผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ และแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เมื่อพิจารณาข้อเด่นอาจกล่าวได้ว่าทำให้นักวิจัยมีแนวทางใหม่ซึ่งเป็นแนวทางที่อำนวยความสะดวกในแก่นักวิจัยในการกำหนดขนาดตัวอย่างในการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลการคำนวณได้จากทดลองใช้ชุดคำสั่งพบว่าผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS มีความสะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้เส้นโค้งลักษณะการดำเนินงานตามตัวอย่างในหนังสือ อีกทั้งการคำนวณโดยใช้โปรแกรมทั้งสองยังเป็นการขจัดความไม่คงเส้นคงวาและช่วยลดความผิดพลาดในการคำนวณด้วยเส้นโค้งลักษณะการดำเนินงาน ทำให้ผลการคำนวณที่ได้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากกว่า อย่างไรก็ตามข้อด้อยในการวิจัยนี้คือ ขอบเขตของการวิจัยมีขอบเขตเฉพาะแผนแบบทดลองสุ่มสมบูรณ์ และแผนแบบทดลองสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ ในกรณีที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทดลองและปัจจัยแบ่งบล็อกเท่านั้น ซึ่งในการวิจัยเชิงทดลองทั่วไปอาจไม่ได้ใช้แผนแบบทดลองดังกล่าวจึงไม่สามารถใช้ชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้ได้

1.2 ผลผลิตของงานวิจัยที่เป็นการนำเสนอแนวทางในการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งเมื่อพิจารณาในข้อเด่นคือ แนวทางดังกล่าวเป็นแนวทางที่ดีเนื่องจากผลการคำนวณที่ได้มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือดังที่ได้กล่าวไปแล้ว นักวิจัยที่มีความรู้ทางการเขียนโปรแกรมสามารถนำแนวทางการกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ไปใช้กับแผนแบบการทดลองอื่นหรือใช้กับการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้แนวทางอื่น ๆ ได้ โดยการศึกษาทฤษฎีเพิ่มเติมและใช้กรอบทางทฤษฎีเป็นตัวกำหนดชุดคำสั่ง แต่อย่างไรก็ตามก็อาจเป็นการไม่สะดวกแก่นักวิจัยที่จะต้องเสียเวลามาพัฒนาชุดคำสั่งแทนที่จะเอาเวลาส่วนนี้ไปใช้ประโยชน์ต่องานวิจัยในด้านอื่น ดังนั้นหากมีการศึกษาในครั้งต่อไปควรมีการพัฒนาชุดคำสั่งเพื่อใช้สำหรับแผนแบบการทดลองอื่น ๆ เพื่อให้นักวิจัยสามารถนำชุดคำสั่งที่ได้มีการพัฒนาไว้เรียบร้อยแล้วไปใช้งานได้โดยทันที

2. การเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS

เมื่อพิจารณาผลการคำนวณที่ได้จากการทดลองใช้ชุดคำสั่งจากโปรแกรม SAS และโปรแกรม SPSS พบว่าค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่ได้จากโปรแกรมทั้งสองไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยสามารถเลือกใช้โปรแกรมใดในการคำนวณก็ได้ตามความถนัดของตน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงจำนวนคำสั่งที่ใช้ในชุดคำสั่งของทั้งสองโปรแกรมพบว่า การเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม SPSS มีความง่าย และสะดวกมากกว่าโปรแกรม SAS อีกทั้งนักวิจัยในประเทศไทยส่วนใหญ่ค่อนข้างคุ้นเคยกับการใช้โปรแกรม SPSS มากกว่าโปรแกรม SAS ดังนั้นจึงอาจเป็นการสะดวกกว่าที่จะเลือกใช้โปรแกรม SPSS ในการคำนวณ

เอกสารอ้างอิง

ธีระพร วีระถาวร. (2541). *ตัวแบบเชิงเส้น: ทฤษฎีและการประยุกต์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท วิทยพัฒน์ จำกัด.

ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์. (2550). *การวิเคราะห์ข้อมูลโดย SAS และ SPSS*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์กฤตญาดา.

ปารเมศ ชุติมา. (2545). *การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). *สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพล ดุรงค์วัฒนา. (2549). *การวางแผนแบบทดลองเพื่อการวิจัยขั้นสูง*. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2603607. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Kirk, R.E. (1995). *Experimental Design: Procedure for the Behavioral Sciences.* (3rd ed.). Montery, Calif: Brooks/Cole Publishing Co.

Montgomery, D.C. (1991). *Design and Analysis of Experiments.* (3rd ed.). New York: Wiley.

Neter, J., Wasserman, W., & Kutner, M.H. (1990). *Applied Linear Statistical Models.* (3rd ed.). Homewood, IL: Irwin.