การคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป G*POWER

SAMPLE SIZE CALCULATION USING G*POWER PROGRAM

นิพิฐพนธ์ สนิทเหลือ[1]
วัชรีพร สาตร์เพ็ชร์[2], ญาดา นภาอารักษ์[3]

บทคัดย่อ

โปรแกรมสำเร็จรูป G*Power เป็นโปรแกรมที่ช่วยคำนวณขนาดตัวอย่าง ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดมาใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่าย การใช้งานประกอบ ด้วย การใส่ข้อมูลกลุ่มของสถิติ (Test Family) สถิติที่ใช้งาน (Statistics) การระบุ Type of power ana-lysis และการใส่ค่าพารามิเตอร์ (Input Parame-ters) ประกอบด้วย ค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ค่าขนาดอิทธิพล การประมาณค่าขนาดอิทธิพลได้กำหนดเป็นค่าพื้นฐานไว้ 3 ระดับ คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดและใหญ่ ค่าอำนาจการทดสอบ (Power Test) ซึ่งได้จากการคำนวณโดยใช้ค่า type II error (type II error หรือ β เรียกว่าเบต้า/Beta ค่า Power = 1-β) นิยมกำหนดค่า β ร้อยละ20 จึงได้ค่า Power ร้อยละ 80 ระดับนัยสำคัญค่า อัลฟา / alpha. หรือ α ซึ่งกำหนดเริ่มต้น (Default) ไว้ที่ 0.05

คำสำคัญ: โปรแกรมสำเร็จรูป G*Power การกำหนดขนาดตัวอย่าง

Abstract

G*Power program is a free software used to calculate the sample size. Usage includes data entry, test family statistics, statistics test. Specifying Type of power analysis and input parameters consists of size, effect size, influence size value. The estimation of the influence size is defined as three basic values: small, medium and large. The power of the test (Power) calculated from the type II error (type II error Beta) / Beta Power = 1-β) Normality β is 20%, therefore, the power level is 80%. Significant level Alpha / Alpha. Or α, which defaults to 0.05

Keywords: G*Power program, sample size

บทนำ

นักวิจัยมีวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างจากหลากหลายวิธีเช่น การคำนวณ การใช้ตารางสำเร็จรูป แต่ทั้งนี้การใช้งานด้วยวิธีใดก็ตาม ผู้วิจัยต้องทราบข้อจำกัด และเงื่อนไขการใช้งานเพื่อให้การกำหนดขนาดตัวอย่าง ได้อย่างถูกต้องได้ตัวแทนที่ดีของ

---

[1]อาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ
[2]อาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ
[3]อาจารย์ประจำ คณะรัฐประศาสนศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ

ประชากร ครอบคลุมทุกๆ ลักษณะของประชากร และมีจำนวนที่เพียงพอ นักวิจัยจำนวนมากได้ใช้สูตรหรือตารางการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยไม่ทราบเงื่อนไขการใช้งาน ซึ่งส่งผลให้ผลให้งานวิจัยมีน้ำหนักน้อยลง การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณขนาดตัวอย่างจะลดช่วยข้อผิดพลาดในการคำนวณ และช่วยการกำหนดขนาดตัวอย่างสอดคล้องกับสถิติที่เลือกใช้งาน การใช้โปรแกรมการคำนวณขนาดตัวอย่าง G*Power จะช่วยให้นักวิจัยสามารถกำหนดขนาดตัวอย่างได้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ทำให้ผลงานมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โปรแกรม G*Power ช่วยคำนวณขนาดตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว ตามเงื่อนไขข้อมูลที่นักวิจัยกำนดโดยอาศัยค่าขนาดอิทธิพล ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าความคลาดเคลื่อนประเภท 2 และโปรแกรม G*Power สามารถใช้งานได้ง่าย และเป็นโปรแกรมที่สามารถดาวร์โหลดมาใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

องค์ประกอบที่ส่งผลต่อการกำหนดขนาดตัวอย่าง

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างการวิจัยจะมีผลโดยตรงต่อความน่าเชื่อถือของการสรุปจากตัวอย่างไป อ้างอิงกลุ่มประชากร นักวิจัยสามารถกำหนดขนาดตัวอย่างจากการเปิดตาราง สูตรคำนวณ หรือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณขนาดตัวอย่าง อาทิ PS Power, NQuery Advisor, G*Power สามารถกำหนดขนาดตัวอย่างได้อย่างเหมาะสมไม่น้อยเกินไปทำให้ค่าอำนาจทดสอบ (Power of test) ต่ำไป หรือ ไม่สูงจนเกินไปทำให้ผลการวิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significant) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2555) สำหรับการกำหนดขนาดตัวอย่างที่ดีต้องคำนึงถึงองค์ประกอบด้านต่างๆดังนี้ (ชนาการต์ บุญนุชและคณะ, 2555) มีดังนี้ 1. วัตถุประสงค์หลัก (Main Objectives) สิ่งที่ผู้วิจัยต้องการค้าหาคำตอบ ต้องการวิเคราะห์อะไร เช่น สถิติเชิงพรรณา (Descriptive Statistics) หรือ เชิงอนุมาน (Referential Statistics) เพื่อคำนวณขนาดตัวอย่างให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ 2. ลักษณะประชากร ถ้าตัวอย่า มีความเป็นเอกพันธ์(Homgeneous) จะใช้กลุ่ม ตัอย่างขนาดเล็กกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีความเป็นวิวิธพันธ์ (Heterogeneous) ซึ่งลักษณะความเป็นวิวิธพันธ์จะต้องใช้ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากกว่า โดยพิจารณาจากค่าการกระจาย ได้แก่ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของ ตัวแปรหลักที่สนใจศึกษา 3. การออกแบบการวิจัย วิธีการออกแบบการจัย อาทิ ออกแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่ม หรือ ต้องใช้ สอง หรือ สามกลุ่มหรือมากกว่า ย่อมจะใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันออกไป หรือ การใช้กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยเชิงทดลองจะน้อยกว่าการวิจัยเชิงสำรวจ 4. ระดับการวัดของข้อมูล หรือ มาตรวัด มาตรวัด มี 4ชนิดจะส่งผลต่อการเลือกใช้สถิติและส่งผลต่อการคำนวณขนาดตัวอย่าง 5. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล เช่น ถ้าใช้สถิติการวิเคราะห์องค์ประกอบขนาดกลุ่มตัวอย่างมักต้องมีขนาดใหญ่ การใช้สถิติการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์จะใช้ 10-20 เท่าของตัวแปร เป็นต้นแต่หากใช้สถิติวิเคราะห์จำแนก (Discrimination Analysis) ต้องใช้ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 20 เท่าของจำนวนตัวแปร 6. ระดับนัยสำคัญค่า อัลฟา alpha. หรือ α) ซึ่งขึ้นกับระดับความคลาดเคลื่อนของสมมุติฐานที่ได้กำหนดไว้ เช่น ณ ระดับนัยสำคัญ

.05 ค่า Z จะมีค่า 1.96 (2-sided type หรือ 2-tailed type) และ 1.645 (1-sided type หรือ 1-tailed type) การกำหนดค่านัยสำคัญที่สูงจะใช้กลุ่มตัวอย่างทีมากกว่า 7. ประเภทสมมติฐานที่ทดสอบ 1-tailed หรือ 2-tailed ถ้าเป็นสมมติฐานแบบทางเดียว จะได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อยกว่าสมมติฐานแบบสองทาง สมมติฐานแบบสอง ทางจะคำนวณได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากกว่าแบบทางเดียว 8. การประมาณค่าอิทธิพล (estimated effect) ในงานวิจัยเชิงทดลอง ถ้างานวิจัย เชิงทดลองเปรียบระหวางกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม ถ้าขนาด อิทธิพล มีค่ามากแล้วจะทำให้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างน้อย หรือถ้างานวิจัยนั้นมี ขนาดอิทธิพลมีค่าน้อยแล้วจะทำให้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมากขึ้น 9. ค่าอำนาจการทดสอบ (Power) ซึ่งได้จากการคำนวณโดยใช้ค่า type II error (type II error หรือ **β** เรียกว่าเบต้า/Beta ค่า Power = 1-**β**) ถ้า Power Test สูง ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจะมากกว่าค่าอำนาจการทดสอบที่น้อยกว่า นิยมกำหนดค่า **β** ร้อยละ20 จึงได้ค่า Power ร้อยละ 80

การกำหนดขนาดตัวอย่างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้กันอยู่ในวงการวิจัยของไทยในปัจจุบันมีหลายวิธี วิธีที่รู้จักและใช้กันอยู่ทั่วไป คือ การใช้ตารางสำเร็จของ Krejcie and Morgan (1970) Yamane (1970) และ Cohen (1977) การใช้ตารางสำเร็จรูปโดยไม่เข้าใจที่มาหรือข้อจำกัด ทำให้ได้ขนาดตัวอย่างที่ไม่เหมาะสมถูกต้องตามหลักสถิติ และผลการวิจัยคลาดเคลื่อน (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2555) ในขณะที่นักวิจัยรุ่นใหม่ๆ ได้เลือกใช้วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างที่ได้รับการพัฒนาขึ้นใหม่ ทาให้ได้ขนาดตัวอย่างที่ถูกต้องและสะดวกรวดเร็วจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีการที่ถูกต้องและทันสมัย ซึ่งจะช่วยให้การทำวิจัยมีประสิทธิผลดีมากขึ้น และได้ผลการวิจัยที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ โดยวิธีการกาหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งการคำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้หลักการ Power Analysis จึงเป็นการคำนวณขนาดตัวอย่างโดยคำนึงถึงขนาดของ Type I และ Type II error ในการทดสอบสมมติฐาน โดยมีองค์ประกอบสาคัญสำหรับการคำนวณขนาดตัวอย่างโดยหลักการ Power Analysis ได้แก่ 1) alpha 2) power (1-beta) 3) effect size การจะประมาณค่า effect size ได้จาก 1) จากผลการวิจัย / การศึกษาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ที่มีผู้ทำมาก่อนแล้ว 2) Pilot Study 3) ประมาณเป็นระดับต่ำ ปานกลาง หรือสูง โดยอ้างอิงอยู่บนหลักการ/ทฤษฎีสนับสนุน หรือการทบทวนวรรณกรรมที่ชัดเจน

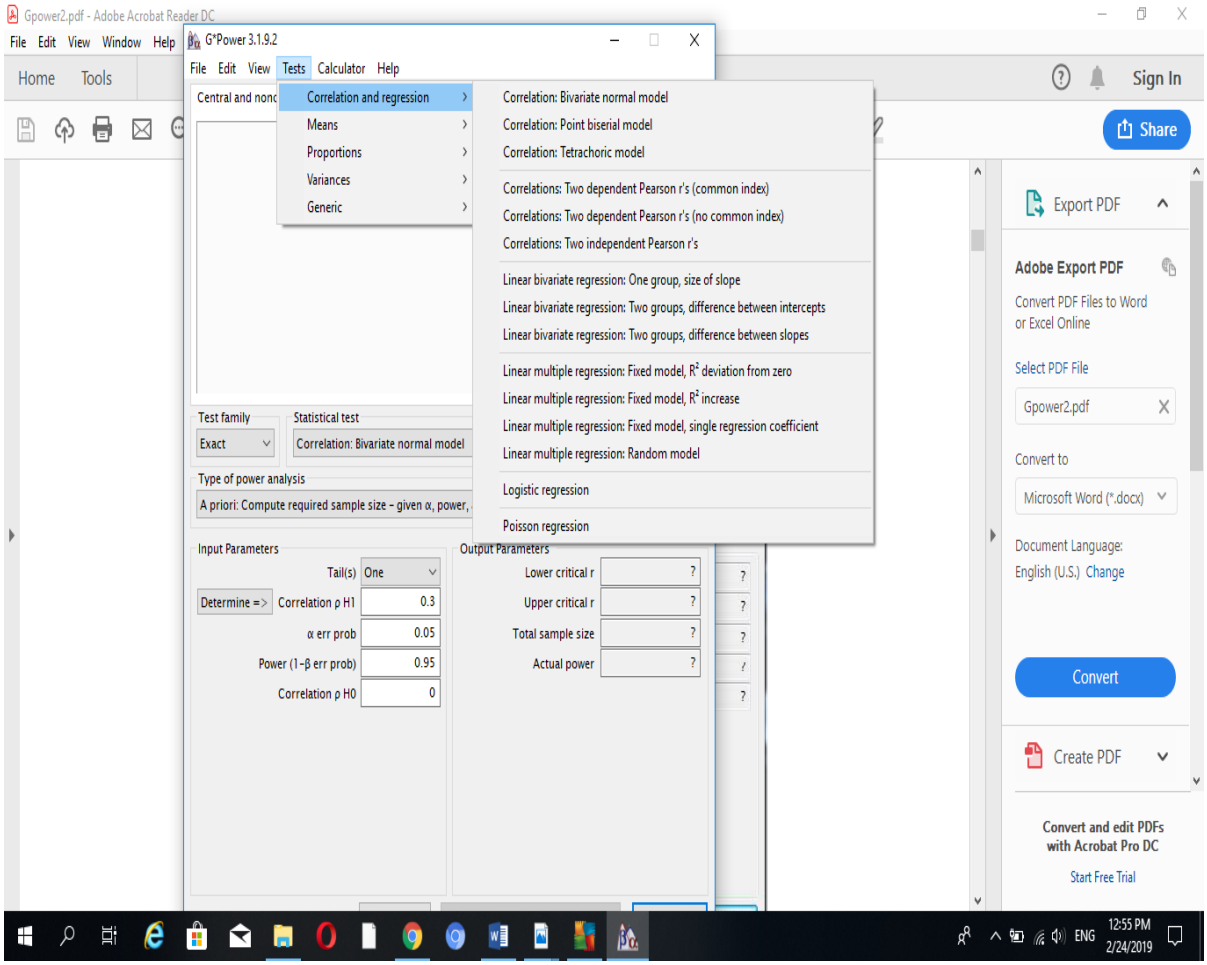
การใช้โปรแกรม G*Power

โปรแกรม G*Power ได้รับการพัฒนาเมื่อปี 1996 ปัจจุบันเป็นเวอรชัน G*Power 3 มีขั้นตอนดังนี้ 1) การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมซึ่งแบ่งได้ 5 กลุ่ม 2) เลือกวิธีการวิเคราะห์ 3) การป้อนข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ ประกอบด้วย 3.1 ค่าขนาดอิทธิพล การประมาณค่าขนาดอิทธิพลที่ Cohen (1977) ได้กำหนดไว้ 3 ขนาดคือ เล็ก กลาง และใหญ่ ทั้ง 6 ประเภท ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประมาณค่าขนาดอิทธิพลที่ Cohen (1977) ได้กำหนดไว้ 3 ขนาดคือ เล็ก กลาง และใหญ่ ทั้ง 6 ประเภท

TEST	Small	Medium	Large
1) Difference between two mean	0.20	0.50	0.80
2) Difference between many means	0.10	0.25	0.40
3) Chi-square	0.10	0.30	0.50
4) Pearson's correlation coefficient	0.10	0.30	0.50
5) Difference between correlation coefficient	0.10	0.30	0.50
6) Linear multiple correlation coefficient	0.02	0.15	0.35

ที่มา: Buchner(2010);Cohen (1977)



ภาพที่ 1 หน้าจอการเปิดโปรแกรม

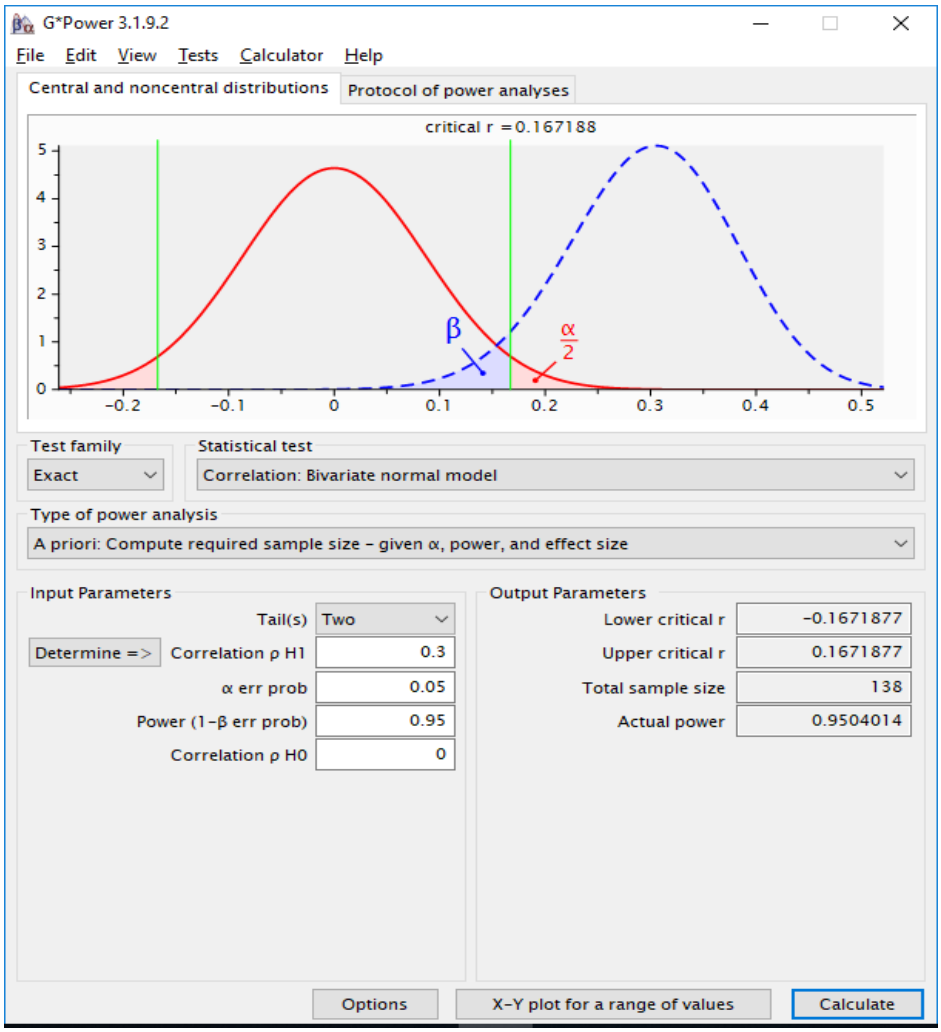
Download โปรแกรม G*power มาจากเว็บไซต์ผู้พัฒนาโปรแกรม คือ Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf จาก http://www.gpower.hhu.de/en.html รูปที่ 1 แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มใช้โปรแกรม

ตัวอย่างการกำหนดขนาดตัวอย่างตามสถิติที่เลือกใช้งาน

ตัวอย่างที่ 1 การคำนวณขนาดตัวอย่างสาหรับการทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสถิติ Pearson's correlation

1. เลือก Test family เป็น Exact
2. เลือก Statistical test เป็น Correlation: Bivariate normal model
3. เลือก Type of power analysis เป็น A prio: Compute required sample size – given α, power and effect size
4. ใส่ค่าตามกำหนด เช่น effect size เป็น 0.3 (medium) α = 0.05 power =0.95 และกำหนดค่า ρ สำหรับสมมติฐานหลัก เท่ากับ 0
5. กดปุ่ม calculate

ค่า default ของ G*Power สำหรับค่า α และ β นั้นจะกำหนดค่า α =0.05 และกำหนด α / β =1 (0.05/0.05 = 1) นั่นคือ กำหนดค่า β =0.05 หรือ power =0.95 (1- β , 1 - 0.05 =0.95) จะได้ขนาดตัวอย่าง 138 ตัวอย่าง



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ Correlation

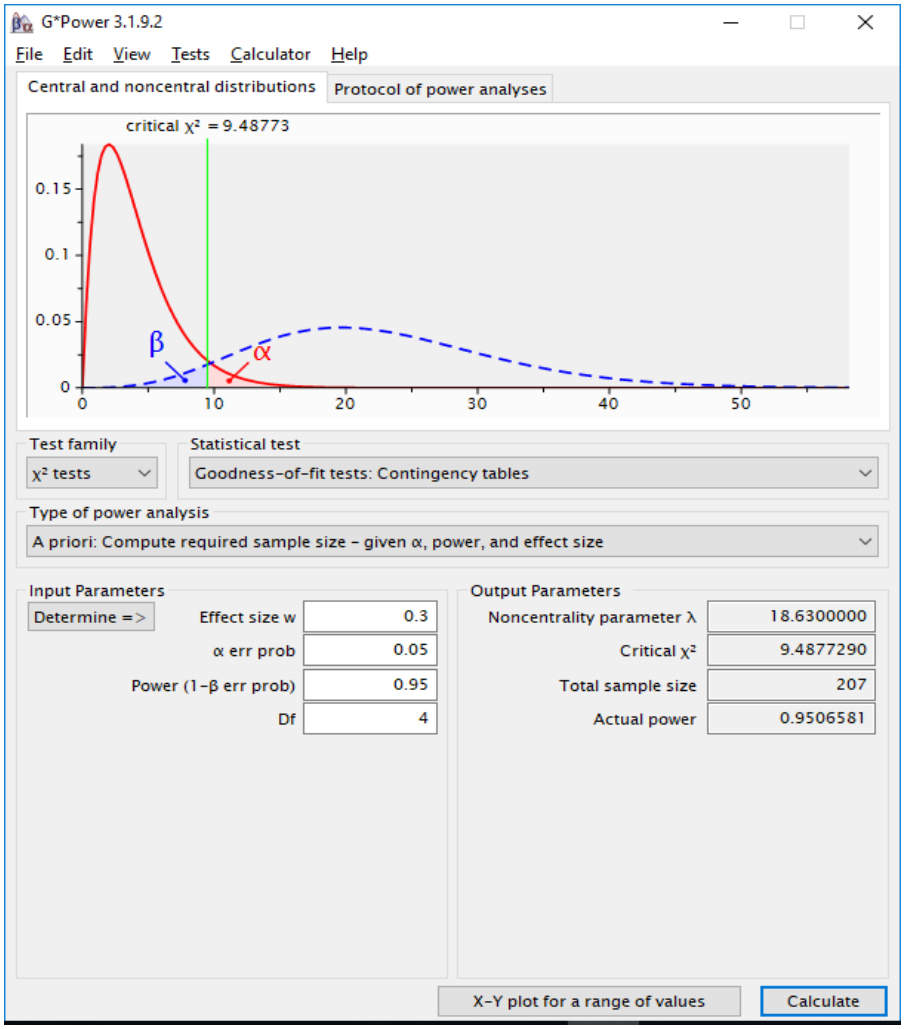
ตัวอย่างที่ 2 การคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบ Chi-square การทดสอบข้อมูลตารางการณ์จร (contingency table) ด้วย Chi-square test ในการทดสอบ ประกอบด้วย

1. Goodness of fit test เป็นการทดสอบว่ามีรูปแบบการแจกแจงของชุดข้อมูลหรือไม่ 2) การทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงคุณภาพ Independence test (association) เช่นต้องการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งงานและ วุฒิการศึกษา

2. ข้อมูลที่ต้องการสำหรับการคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบ Chi-square Degree of Freedom (df) คำนวณจาก df= (r-1)*(c-1) เมื่อ r= จำนวนแถวข้อมูล c= จำนวนสดมภ์ของข้อมูลในตาราง การระบุค่า Effect size (w) ค่า w คำนวณได้จากสูตร

$$w = \sqrt{\frac{\chi^2}{N}}$$

สูตรการคำนวณ effect size Cohen(1977) ได้กำหนดค่า conventional effect size เอาไว้ คือ ขนาด small คือ 0.10 ขนาด medium คือ 0.30 ขนาด large คือ 0.50 จะได้ขนาดตัวอย่าง 207 ตัวอย่าง



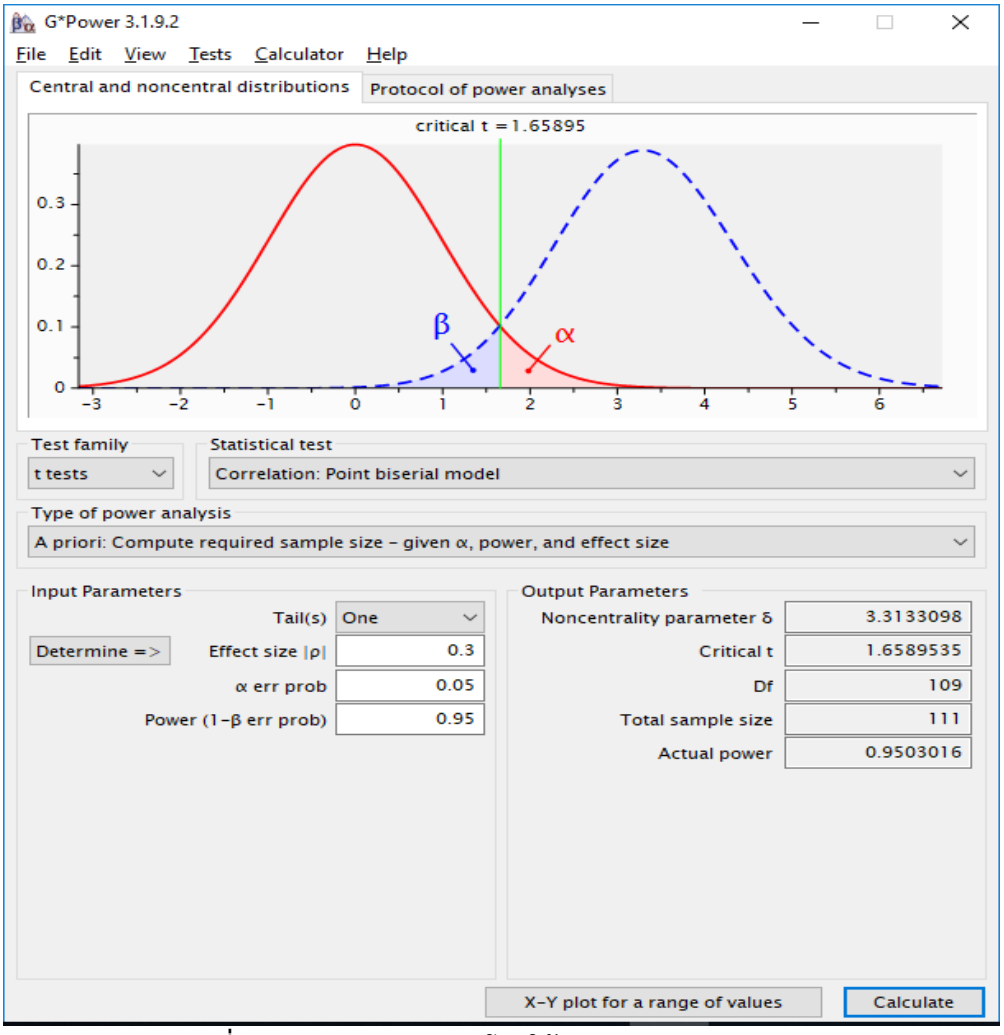
ภาพที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ Chi square

ขั้นตอนการคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบ Chi-square

1. เลือก Test family เป็น χ^2 test
2. เลือก statistical test เป็น Goodness-of-fit-test: Contingency tables
3. เลือก Type of power analysis เป็น A priori: Compute required sample size – given α, power and effect size
4. ใส่ค่าต่างๆ (effect size, α, power, df) จากตัวอย่าง r=3 c=3 df = (3-1)(3-1) = 4
5. กดปุ่ม calculate

ตัวอย่างที่ 3 การคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบด้วย Point biserial correlation (rpb) Point biserial Correlation ในกรณีที่ตัวแปรหนึ่งเป็นค่าต่อเนื่อง (interval or ratio scale) และตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรกลุ่มที่มี 2 กลุ่ม (dichotomous) และกำหนดค่าเป็น 0 และ 1 พารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับการคำนวณขนาดตัวอย่าง สำหรับการทดสอบด้วย Point biserial correlation ประกอบด้วย Effect size ($|\rho|$) คำนวณได้จาก

$$d = \sqrt{\frac{N(N-2)r_{pb}^2}{N_1 N_0 (1-r_{pb}^2)}}$$



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ : point biserial model

หรือจะใช้ conventions effect size (Cohen 1977) ประกอบด้วย ขนาด small = 0.1, ขนาดกลาง = 0.30, ขนาดใหญ่ = 0.50 จะได้ 111ตัวอย่าง

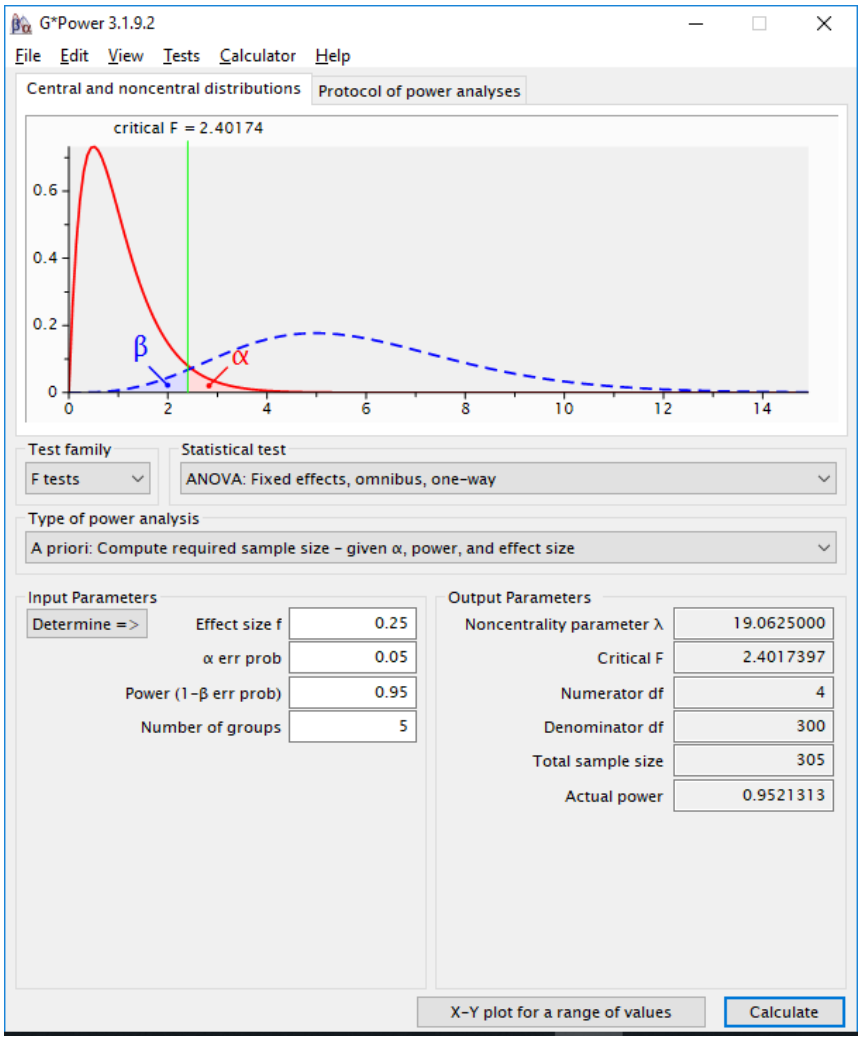
ขั้นตอนการคำนวณขนาดตัวอย่าง

1. เลือก Test family เป็น t tests
2. เลือก Statistical test เป็น Correlation: point biserial model
3. เลือก Type of power analysis เป็น A Priori: Compute required sample size, given **α**, power, and effect size
4. ใส่พารามิเตอร์ที่กำหนด
5. กดปุ่ม calculate

ตัวอย่างที่ 4 การคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว One-way Anova การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวหรือ ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เพื่อทดสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในมาตรวัดอันตรภาคชั้นขึ้นไป (Interval scale or Ratio Scale) และตัวแปรต้นเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม (Nominal or Ordinal scale)

ขั้นตอนการคำนวณขนาดตัวอย่าง

1. เลือก Test family เป็น F tests
2. เลือก Statistical test เป็น Anova: Fixed effects, omnibus, one-way



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้: Anova จะได้ 305 ตัวอย่าง

3. เลือก Type of power analysis เป็น A Priori: Compute required sample size, given α, power, and effect size

4. ใส่พารามิเตอร์ที่ กำหนด ประกอบด้วย Effect size f ระดับกลาง 0.25, α = 0.05, power = 0.95, and number of groups จำนวนกลุ่ม 5 กลุ่ม

5. กดปุ่ม calculate

ตัวอย่างที่ 5 การคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบความแปรปรวนหลายทาง Multi-way Anova เพื่อทดสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในมาตรวัดอันตรภาคชั้นขึ้นไป (Interval scale or Ratio Scale) และตัวแปรต้นเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม (Nominal or Ordinal scale)

ขั้นตอนการคำนวณขนาดตัวอย่าง

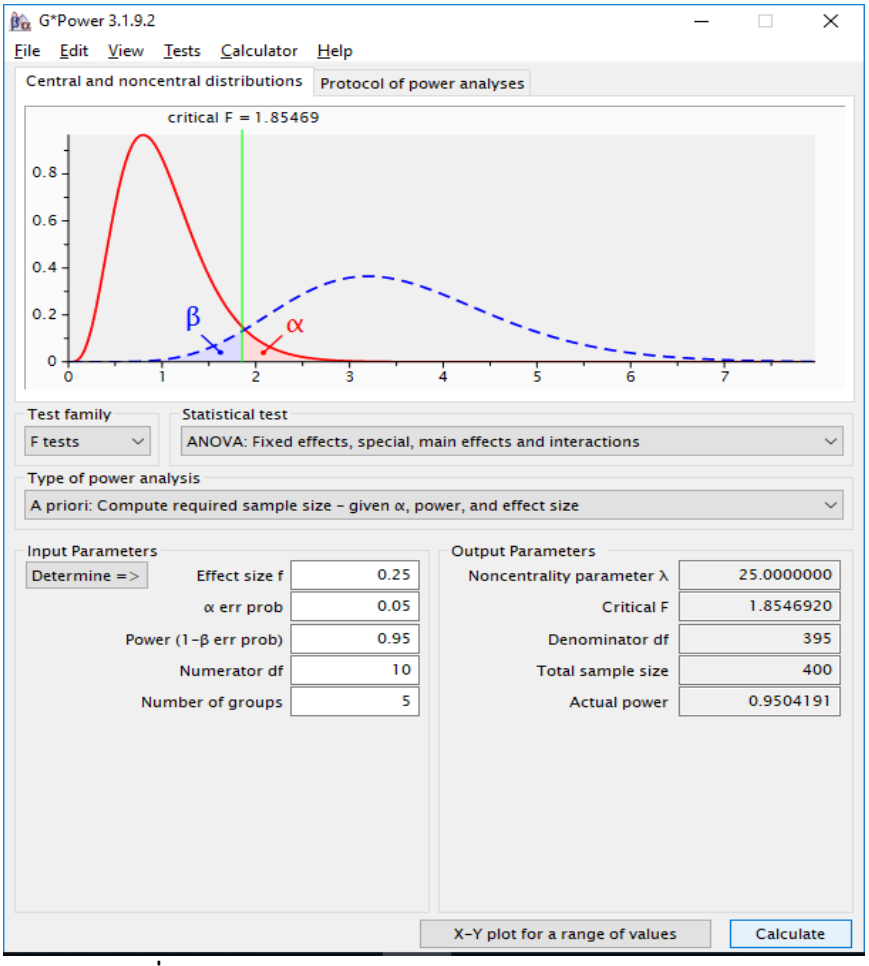
1. เลือก Test family เป็น F tests

2. เลือก Statistical test เป็น Anova: Fixed effects, special, mean effects and interactions

3. เลือก Type of power analysis เป็น A Priori: Compute required sample size, given α, power, and effect size

4. ใส่พารามิเตอร์ที่ กำหนด ประกอบด้วย Effect size f ระดับกลาง 0.25, α = 0.05, power = 0.95 Numerator df: ค่า df ของตัวเศษ Number of groups: จำนวนกลุ่มของตัวแปรตาม

5. กดปุ่ม calculate



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ความแปรปรวนหลายทาง

ตัวอย่างที่ 6 การคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ เพื่อทดสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในมาตรวัดอันตรภาคชั้นขึ้นไป (Interval scale or Ratio Scale) และตัวแปรต้นเป็นตัวแปรต้นอันตรภาคชั้นขึ้นไป (Interval scale or Ratio Scale) ด้วยเช่นกัน

ขั้นตอนการคำนวณขนาดตัวอย่าง

1. เลือก Test family เป็น F tests

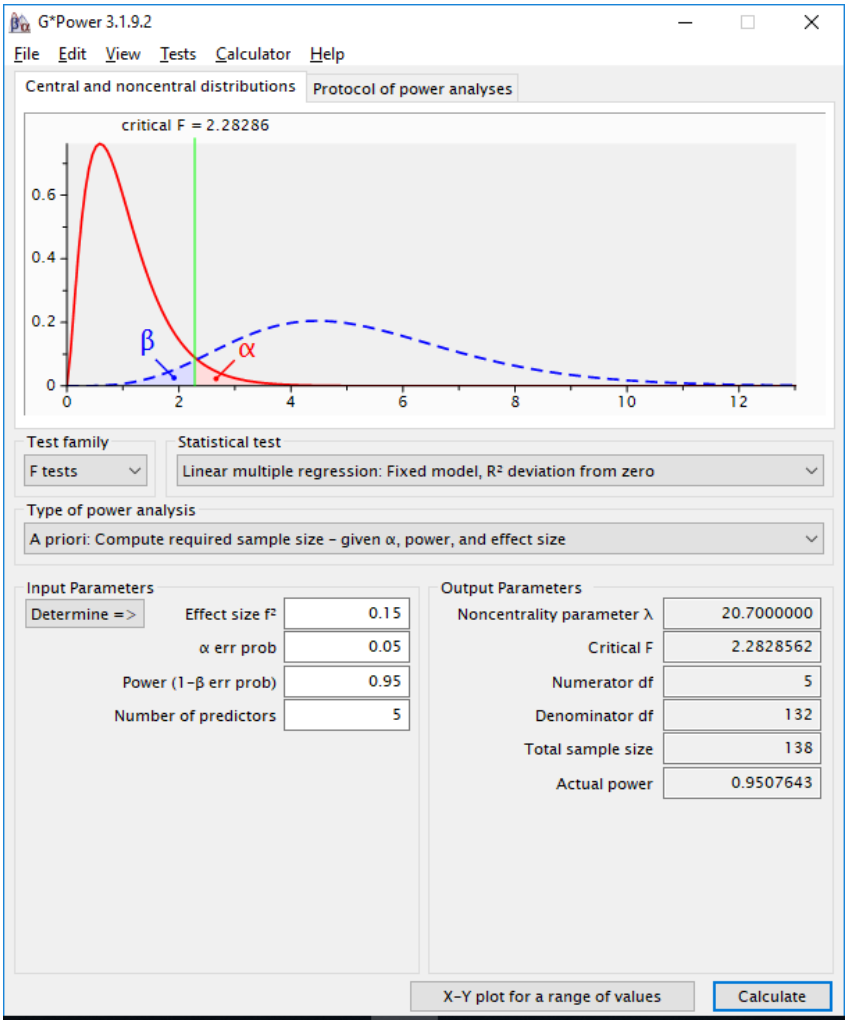
2. เลือก Statistical test เป็น Linear Multiple regression: Fixed Model, R2 deviation from zero

3. เลือก Type of power analysis เป็น A Priori: Compute required sample size, given α, power, and effect size

4. ใส่พารามิเตอร์ที่ กำหนด ประกอบด้วย Effect size f ระดับกลาง 0.15, α = 0.05, power = 0.95 Number of predictors: จำนวนตัวแปรทำนาย

5. กดปุ่ม calculate

ตามตัวอย่างกำหนดตัวแปรทำนาย 5 ตัวแปร และได้จำนวน 138 ตัวอย่าง



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ Linear multiple regression

บทสรุป

โปรแกรมสำเร็จรูป G*Power ช่วยในการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยมีการระบุเงื่อนไขการใช้งานเริ่มจาก การเลือกกลุ่มสถิติ เลือกสถิติ การกำหนดค่าตัวแปรที่ระบุทั้งนี้นักวิจัยต้องมีข้อมูลในการกำหนดค่าตัวแปรที่ต้องระบุ แล้วแสดงผลจำนวนตัวอย่าง การใช้โปรแกรม G*Power ช่วยให้นักวิจัยมีความสามารถรวดเร็วและช่วยให้กำหนดขนาดตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งนักวิจัยสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมมาใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

บรรณานุกรม

ชนากานต์ บุญนุช ยุวดีเกตสัมพันธ์ สุทธิพล อุดมพนธุรัก จุฬาภรณ์ พูลเอี่ยม ปรีชญา พลเทพ และสมาชิก CoPวิจัย (2554). *เอกสารชุมชนนักปฏิบัติ คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร โรงพยาบาลศิริราช*

ธวัชชัย วรพงศธร และ สุรีย์พันธุ์ วรพงศธร. (2561). การคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับงานวิจัย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G*Power Retrieve on January 20, 2019, From http://advisor.anamai.moph.go.th/download/Journal_health//2561HEALTH41_/2HEALTH_Vol41No2_.02pdf .

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2555). การกาหนดขนาดตัวอย่าง และสถิติวิเคราะห์ใหม่ๆ ที่น่าสนใจ. Retrieve on January 20,2019, From http://lllskill.com/web/files/GPower.pdf

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behavior Research Methods, 39, 175-191. Download PDF

Cohen J. Statistical power for the behavioral sciences. 2nd ed. New York: Academic Press; 1977.

Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers; 1988.

Cohen J. Quantitative methods in psychology: A power primer. Psychol Bull 1992; 112 (1): 155-9.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behavior Research Methods, 39, 175-191. Download PDF

Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. Behavior Research Methods, 41, 1149-1160. Download PDF

Faul F. G*Power version 3.1.9.2 [Internet]. 2014 [cited 2018 Mar 6]. Available from: https://www.poycho.uni-duessldorf.de/abteilungen/aap/gpower3/.

7. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analysis using G*Power 3.1: Test for correlation and regression analyses. Behav Res Methods 2009; 41: 1149-60.

Krejcie, R. V., and Morgan, D. W. (1970). “Determining Sample Size for Research Activi- ties” Educational and Psychological Mea- surement. 30, 607 – 610.

Portney LG, Watkins MP. Foundations of clinical research: Applications to practice. Connecticut: Appleton & Lange; 1993.

Yamane, T. (1970). Statistics: an intro- ductory analysis. New York: Harper and Row.