การประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน

ปริญญานิพนธ์

ของ

แวววรี ลีฬหวนิช

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา

เมษายน 2554

การประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน

ปริญญานิพนธ์

ของ

แววรี ลีฬหวนิช

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา

เมษายน 2554

การประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน

บทคัดย่อ

ของ

แวววรี ลีฬหวนิช

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา

เมษายน 2554

แวววรี ลีฬหวนิช. (2554). *การประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ด.(การทดสอบและวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, อาจารย์ ดร.สุวพร เซ็มเฮง, อาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง.

การวิจัยในครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ซึ่งขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน ได้มาโดยการสุ่มซ้ำแบบใส่คืน ด้วยวิธีการสุ่มแบบบูตสแทรป จำนวน 50 ครั้ง จากกลุ่มประชากรเทียม 1,058 คน และการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล แบ่งเป็น แบบเบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ ตัวแปรที่นำมาศึกษา คือ ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน และตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน จากการใช้คำสั่งภาษาฟอร์แทรน 77

สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ให้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่มีค่าใกล้ศูนย์มากกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 000 -.020 และ .010 -.108 ตามลำดับ ทั้งภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน

2. ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน เมื่อเทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเทคนิค MAXVAR มีค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่นในทุกเงื่อนไข

3. ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลต่างกัน เมื่อเทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยขนาดของผลเทคนิคการคำนวณที่ส่งผลต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลมีค่าอยู่ระหว่าง .493 -.571 โดยเทคนิค MAXVAR มีค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น

ESTIMATION OF GENERALIZED CANONICAL CORRELATION

UNDER DIFFERENT TECHNIQUES

AN ABSTRACT

BY

WAEWAREE LEELAHAWANICH

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Doctor of Education Degree in Testing and Measurement

at Srinakharinwirot University

April 2011

Waeweraee Leelahawanich.(2011).*Estimation of Generalized Canonical Correlation Under Different Techniques.* Dissertation, Ed.D.(Testing and Measurement). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr.Boonchird Pinyoanantapong, Dr.Suwaporn Semheng , Dr.Seksan Thongkambanjong.

The research was aimed at the study estimation of generalized canonical correlation when different techniques (SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR and GENVAR). Conditionally, both sample sizes and distributions of canonical correlation were same and different. Sample sizes were 100, 200, 300, 400, 500, 600 and 700 that each sample size was random from 1,058 pseudo population with 50 times by bootstrap sampling method. Distribution of canonical correlation were negative skewness, positive skewness, normal, leptokurtic and platykurtic. Variable sets of research were child rearing variable, perceived self - efficacy in study variable and achievement in study variable.This research was analyzed by FORTRAN 77.

The results of the research were as follows :

1. MAXVAR technique there were bias and standard error of estimate of generalized canonical correlation between variable sets as near zero more than other techniques that there were values between .000 - .020 and .010 - .108 respectively, based on the same and different sample sizes and distributions of canonical correlation.

2. Based on the same sample size and distribution of canonical correlation, when different techniques, result of estimation of generalized canonical correlation between variable sets was difference,significant .05 level. MAXVAR technique there were generalized canonical correlation more than other techniques in all conditions.

3. Based on the different sample sizes and distributions of canonical correlation, when different techniques, result of estimation of generalized canonical correlation between variable sets was difference, significant .05 level. Effect size of techniques were .493 - .571 and MAXVAR technique there were generalized canonical correlation more than other techniques.

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุน

จาก

ทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2551

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน

ของ

แววรี ลีพัฬหวนิช

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่ .... เดือน เมษายน พ.ศ. 2554

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์)

....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุวพร เซ็มเฮง)

....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ผจงจิต อินทสุวรรณ)

....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์)

....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุวพร เซ็มเฮง)

....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง)

....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปัณณวิชญ์ ใบกุหลาบ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ ประธานคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำการทำวิจัยนี้ทุกขั้นตอนจนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ในการทำงานวิจัย และรู้ถึงคุณค่าของงานวิจัยที่จะช่วยให้การทำงานในด้านการวัดและประเมินผลได้พัฒนาไปอย่างมีคุณค่ามากขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งถึงความกรุณาดังกล่าว และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ดร.สุวพร เซ็มเฮง และอาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ผจงจิต อินทสุวรรณ และอาจารย์ ดร.ปัณณวิชญ์ ใบกุหลาบ กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติมในการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอันเป็นประโยชน์ ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษานิสิต ซึ่งได้ให้การดูแลด้วยความห่วงใยและให้คำแนะนำเป็นอย่างดียิ่ง ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาปริญญาเอก

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นิคม ตังคะพิภพ ผู้เป็นทั้งอาจารย์และกัลยาณมิตร ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนให้กำลังใจกับผู้วิจัยในทุกๆเรื่อง จนทำให้ผู้วิจัยสามารถผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆไปได้ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ Prof. Allan Aasbjerg Nielsen, Ph.D (Technical University of Denmark) ผู้เชี่ยวชาญด้าน Mathematical and Statistical ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์ในการเขียนคำสั่งภาษาฟอร์แทรน 77 (g77) เพื่อการวิเคราะห์หาค่าเจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ด้วยเทคนิคการคำนวณต่างๆให้กับผู้วิจัย

ขอขอบคุณ ผู้เป็นทั้งเพื่อนและพี่ คือ นิสิตปริญญาเอก สาขาการทดสอบและวัดผลการศึกษา ภาคปกติ รุ่นที่ 7 ทุกคนที่ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ รวมทั้งให้คำปรึกษาด้วยความห่วงใยด้วยดีตลอดมา

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่เป็นที่รักทุกคนของผู้วิจัย ที่ให้กำลังใจที่ยิ่งใหญ่ในยามสุขและทุกข์ อีกทั้งยังเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยก้าวผ่านช่วงที่สำคัญของชีวิตไปได้ จนทำให้ประสบความสำเร็จในการศึกษาเล่าเรียน ซึ่งเป็นก้าวหนึ่งของชีวิตที่ผู้วิจัยรอคอย

แวววรี ลีฬหวนิช

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

สารบัญ (ต่อ)

บัญชีตาราง

บัญชีตาราง (ต่อ)

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

สถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอลเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมาก เพราะเป็นสถิติที่สามารถใช้ได้ง่ายและไม่ซับซ้อนจนเกินไป เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ โดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณวิธีหนึ่ง ที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรสองกลุ่ม กลุ่มหนึ่งประกอบด้วยตัวแปรอิสระตั้งแต่สองตัวขึ้นไป ในขณะที่อีกกลุ่มหนึ่งประกอบด้วยตัวแปรตามตั้งแต่สองตัวขึ้นไปเช่นกัน (ปุระชัย เปี่ยมสมบูรณ์.2529:39) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองชุดนั้นต้องเป็นเชิงเส้นตรงเท่านั้น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเป็นแบบแผนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองชุดที่ทำให้ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด และสหสัมพันธ์คาโนนิคอลจะหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างลิเนียร์คอมบิเนชั่น (Linear Combination)ที่เรียกว่า *ตัวแปรคาโนนิคอล (Canonical Variate)* (Tabachnick.1996 :177) ที่เป็นตัวแทนของแต่ละชุดตัวแปร ดังนั้นจะเห็นว่าการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลช่วยให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามได้ชัดเจนและแม่นยำขึ้น ทำให้เกิดทั้งความเที่ยงตรงภายในและความเที่ยงตรงภายนอก เพราะสามารถศึกษาทั้งตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้หลายๆตัว ซึ่งสอดคล้องกับสภาพธรรมชาติของปรากฏการณ์ที่จะมีความเกี่ยวข้องกันระหว่างตัวแปรต่างๆหลายตัว

สถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่กล่าวมา เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรสองชุดเท่านั้น โดยจะสร้างรูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรแต่ละกลุ่ม แต่ยังไม่เพียงพอต่อการตอบคำถามในสภาพการณ์ตามธรรมชาติ เพราะการหาความสัมพันธ์เพียงสองกลุ่มตัวแปร อาจยังไม่สอดคล้องกับสภาพปัจจุบัน ดังนั้นสถิติที่พัฒนาหรือขยายต่อมาจากสถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอล คือ *สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล (Generalized Canonical Correlation)* ที่เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรที่มากกว่าสองชุดตัวแปรขึ้นไป (Yanai ; & Mukherjee.1982) ในบางครั้งสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล (Generalized Canonical Correlation Analysis : GCCA) อาจเรียกว่า Multiset Canonical Correlation (MCCA) โดยทฤษฎี GCCA ถูกพัฒนาหรือขยายมาจาก CCA (Canonical Correlation Analysis) ของโฮเทลลิ่ง (Hotelling.1936) ที่คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย โดยจับคู่ระหว่างตัวแปรทุกตัวเป็นคู่ๆไป แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหมดมาจัดเป็นรูปของซุปเปอร์เมทริกซ์ โดยแบ่งเป็นสี่เมทริกซ์ย่อย คือ R_{XX} , R_{XY} , R_{YX} และ R_{YY} ในเมทริกซ์ย่อย R_{XX} ประกอบด้วยสหสัมพันธ์ของตัวแปรในชุด X และในเมทริกซ์ R_{YY} ประกอบด้วยสหสัมพันธ์ของตัวแปรในชุด Y ส่วนเมทริกซ์ R_{YX} และ R_{XY} จะเป็นสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่ข้ามชุดกัน ในขณะที่สถิติ

สหสัมพันธ์คาโนนิคอลสามารถคิดคำนวณจากซุปเปอร์เมทริกซ์ ที่แบ่งเป็นสี่เมทริกซ์ย่อยนั้น สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่มากกว่าสองชุดตัวแปรแตกต่างจากสถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอลตรงที่สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลจะนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหมดมาจัดเป็นรูปซุปเปอร์เมทริกซ์ โดยแบ่งได้มากกว่าสี่เมทริกซ์ย่อยขึ้นอยู่กับจำนวนชุดของตัวแปรที่ต้องการศึกษา เช่น ถ้ามีตัวแปรสามชุด จะแบ่งได้เก้าเมทริกซ์ย่อยเสมือนว่าต้องคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละชุดไปพร้อมๆกัน และหาค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวพร้อมกันทุกชุดของตัวแปร (Kettenring.1971) จะเห็นว่าสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล สามารถนำมาใช้เมื่อต้องการหาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรที่มากกว่าสองชุด จากการคำนวณไปพร้อมๆกันในครั้งเดียว และกลุ่มตัวแปรแต่ละชุดไม่จำเป็นต้องระบุว่าชุดใดเป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม หรือตัวแปรร่วมก็ได้ โดย R_K จะสร้างโดย k-Canonical Variates จาก Linear Combination ระหว่างกลุ่มตัวแปร k ชุด

ในตอนเริ่มต้นการศึกษาของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คานิคอลนั้น สตีล (Steel.1951) ได้แนะนำวิธีการคำนวณด้วยการทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนท์ของ $K \times K$ เมทริกซ์สหสัมพันธ์ R(Z) มีค่าต่ำสุด วิธีการแก้ปัญหานี้สามารถคำนวณได้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรได้พร้อมกัน แต่ต้องมีข้อตกลงว่า $R_{KK} = \mathbf{I}$ สตีล (Steel.1951) สามารถพิสูจน์เทคนิค MINDET หรือเรียกว่าเทคนิค GENVAR จะมีค่าเท่ากับการทำ Product of Eigenvalue ของเมทริกซ์ของมันเอง ค่าโดยส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง $0 \leq \det R(Z) \leq 1$ นั่นเป็นจุดเริ่มต้นของการประมาณค่าสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล จากนั้นฮอสท์ (Horst.1961)ได้ทำการศึกษาสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอย่างจริงจัง โดยเขาได้เริ่มแนะนำวิธีการคำนวณอีกสี่วิธี คือ เทคนิค SUMCOR MAXVAR MINVAR และ SSQCOR แต่ยังไม่มีการนำไปใช้มาก ซึ่งแคโรล (Caroll.1968) ได้พัฒนาสูตรการคำนวณจากฮอสท์ (Horst.1961) อีกที นั่นคือ การทำรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสองใน R(Z) มีค่าสูงสุด แต่เคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) ได้อภิปรายว่าวิธีการคำนวณของฮอสท์ (Horst.1961) นั้นซับซ้อนจนยากต่อการแปลความหมาย แต่วิธีการคำนวณด้วย SUMCOR ของฮอสท์ (Horst.1961) ก็ยังมีผู้ใช้ต่อมาเรื่อยๆ เพราะเทคนิค SUMCOR ของฮอสท์ (Horst.1961) สามารถทำได้ง่ายโดยใช้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใน $K \times K$ เมทริกซ์สหสัมพันธ์ R(Z) แต่ต้องอยู่บนพื้นฐานของส่วนประกอบใน R(Z) นั่นคือ การทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใน R(Z) มีค่าสูงสุดนั่นเอง ซึ่งเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) ได้อธิบายว่าเทคนิคของแคโรล (Caroll.1968) คือ SSQCOR นั้นจะมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าไอเกนยกกำลังสองของ R(Z) และเขาใช้ MAXVAR ในการนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงครั้งแรก และได้อภิปรายว่าเทคนิคที่เขานำเสนอนี้จะสามารถคำนวณได้ง่ายเหมาะกับการนำไปใช้กับข้อมูลจริง เคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) ได้พิสูจน์ว่า MAXVAR คือการตีความในเทอมของการทำให้

ค่าไอเกนที่ใหญ่สุดมีค่าสูงสุดของ R(Z) และเขาได้เริ่มแนะนำเทคนิค MINVAR ที่มีหลักการทำเหมือนกับ MAXVAR คือ การทำให้ค่าไอเกนที่เล็กสุดมีค่าต่ำสุดของ R(Z) ซึ่งเทคนิคการคำนวณสองเทคนิคนี้ของเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971)ประสบความสำเร็จในการนำไปใช้และสามารถทำพร้อมกันได้ในสองเทคนิคนี้ จึงได้มีการนำไปใช้ต่ออีกมาก โดยเฉพาะเทคนิคการคำนวณ MAXVAR

ในปี 1951 นั้น สตีลพยายามจะทำการศึกษาขยายต่อจากกระบวนการคำนวณของโฮเทลลิ่ง (Hotelling.1936) โดยจะพยายามใช้ตัวแปร k ชุด ซึ่งใน k ชุดนั้น มี k(k-1)/2 สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่าง k ตัวแปรคาโนนิคอล (Canonical Variates) ซึ่งสามารถจัดได้ในรูป $k \times k$ เมทริกซ์สหสัมพันธ์ของ R_K และการขยายเพื่อทำการศึกษาต่อสามารถดำเนินการโดยเทคนิคที่แตกต่างกัน สามารถพัฒนาเป็นฟังก์ชันของเมทริกซ์ R_K สามารถสรุปเป็นแนวทางการคำนวณได้ดังนี้

เทคนิคที่ 1 การทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใน R มีค่าสูงสุด เทคนิคนี้แนะนำโดยฮอสท์ (Horst.1961) : SUMCOR

เทคนิคที่ 2 การทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสองใน R มีค่าสูงสุด เทคนิคนี้แนะนำโดยแคโรล (Caroll.1968) : SSQCOR

เทคนิคที่ 3 การทำให้ค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบหลักอันดับแรกของชุดตัวแปรคาโนนิคอลมีค่าสูงสุด หรือเทียบเท่ากับการทำให้ค่าไอเกนที่ใหญ่สุดของ R มีค่าสูงสุด เทคนิคนี้แนะนำโดยเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) : MAXVAR

เทคนิคที่ 4 การทำให้ค่าไอเกนที่น้อยสุดของ R มีค่าต่ำสุด เทคนิคนี้แนะนำโดยเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) : MINVAR

เทคนิคที่ 5 การทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนต์ของ R มีค่าต่ำสุด หรือเทียบเท่ากับการทำให้ผลคูณของค่าไอเกนของ R มีค่าต่ำสุด เทคนิคนี้แนะนำโดยสตีล (Steel.1951) : GENVAR

เทคนิคทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นเทคนิคในการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล จากงานวิจัยของฮอสท์ (Horst.1961) และเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) ได้ศึกษาเทคนิคการคำนวณดังกล่าว โดยในระยะเริ่มต้นนี้ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีของ SUMCOR MAXVAR และ SSQCOR ที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบกันมาก โดยเปรียบเทียบผลจากค่าน้ำหนักของตัวแปรแต่ละตัว และเมื่อศึกษาในด้านของการนำสถิติไปใช้พบว่า เทคนิค MAXVAR ถูกนำไปใช้กับสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะสาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม เช่น เอสปินอซาร์ , เทอร์ราซัสและโลเปส (Espinosa ; Terrazas ; & Lopez. 2006) ; เซนและคณะ(Sen ; & et al. 2005) ; เจเวียร์,ซานทามาเรีย และเปเรซ (Javier ; Santamaria ; & Perez. 2005) ; มาเล็ททิและเออร์บอลล์ (Maletti ; & Ersboll. 2004) เป็นต้น อาจเป็นเพราะว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR สามารถนำมาใช้ได้ง่าย เพราะมีโปรแกรม SPSS คำสั่ง OVERALS ที่ใช้วิเคราะห์สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

โดย OVERALS จะอยู่บนพื้นฐานการคำนวณด้วยเทคนิค MAXVAR เช่น งานวิจัยของมารยาท โยทองยศ และวิยะดา ตันวัฒนากูล (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความฉลาดทางอารมณ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลไม่เชิงเส้น (Nonlinear Canonical Correlation Analysis : OVERALS) ตัวแปรที่นำมาศึกษามีสี่ชุดตัวแปร คือ ตัวแปรความฉลาดทางอารมณ์ แบ่งเป็นเก้าตัวแปรย่อย ปัจจัยส่วนบุคคล แบ่งเป็นสี่ตัวแปรย่อย ตัวแปรปัจจัยทางครอบครัว แบ่งเป็นเก้าตัวแปรย่อย และปัจจัยทางโรงเรียน แบ่งเป็นหกตัวแปรย่อย ซึ่งทุกตัวแปรอยู่ในระดับนามบัญญัติ และเรียงอันดับเท่านั้น ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรชุดความฉลาดทางอารมณ์ทุกด้าน ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยทางครอบครัวและปัจจัยทางโรงเรียน มีความสัมพันธ์คาโนนิคอลไม่เชิงเส้นที่มิติหนึ่งเท่ากับ .364 และมิติที่สองเท่ากับ .329 แต่ยังมีจุดด้อยในการใช้ OVERALS วิเคราะห์เพราะเป็นสถิตินอนพาราเมตริกเท่านั้น ดังนั้นจะเห็นว่าแต่ละเทคนิคการคำนวณยังไม่เป็นที่นิยมใช้เท่าที่ควรเป็นเพราะยังไม่สามารถบอกได้ว่าเทคนิคใดเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ และยังไม่มีงานวิจัยใดที่สรุปผลออกมาว่าเทคนิคใดเหมาะสมที่สุดในแง่ของการใช้เกณฑ์ตัดสิน งานวิจัยส่วนใหญ่ยังไม่มีเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ เพียงแต่บอกแนวโน้มของผลลัพธ์ เช่น ฮอสท์ (Horst.1961) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธี SUMCOR และ MAXVAR ว่าวิธีใดให้ผลที่ดีกว่ากัน ผลปรากฏว่าวิธี MAXVAR ให้ผลดีกว่าเล็กน้อย โดยดูจากค่าน้ำหนักของตัวแปรที่ส่งผล งานวิจัยของเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) ได้ศึกษาเปรียบเทียบเทคนิค GENVAR และ SSQCOR จะให้ผลค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลและน้ำหนักความสำคัญตัวแปรใกล้เคียงกันมาก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของดูร์ซอสและพอส (Dauxois ; & Pousse.1976) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคทั้งห้าวิธี ในการคำนวณสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ผลงานวิจัยปรากฏว่า แต่ละเทคนิคให้น้ำหนักคาโนนิคอลเท่าๆกัน และเมื่อศึกษาต่อไปจะพบว่าวิธี SSQCOR และ GENVAR น่าจะให้ผลดีกว่าวิธีอื่นๆ ซึ่งเป็นเพียงความเห็นของดูร์ซอสและพอส (Dauxois ; & Pouss.1976) เท่านั้น โดยยังไม่มีเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบ

นอกเหนือประเด็นการเปรียบเทียบเทคนิคการคำนวณทั้งห้าวิธี ยังมีประเด็นที่น่าสนใจอีกประเด็นหนึ่ง คือ เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินว่าเทคนิคใดเหมาะสมในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลทั้งห้าวิธี เพราะเมื่อแต่ละวิธีให้ค่าทางสถิติแล้ว อย่างน้อยก็ควรต้องตรวจสอบความเหมาะสมของค่าสถิติที่หามาได้ (Gifi.1990) โดยเฉพาะสถิติที่มีรูปแบบการคำนวณซับซ้อนมักจะใช้ตรวจสอบความเหมาะสมของการประมาณค่าสถิติด้วยวิธีการบูตสแทรป ที่นิยมใช้ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่าความลำเอียงของสถิติ ในปัจจุบันเทคนิคการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีบูตสแทรป (Bootstrap) เป็นตัวเลือกหนึ่งในการศึกษาประเด็นความเหมาะสมสำหรับค่าสถิติที่เราสนใจ ซึ่งเป็นวิธีการนอนพาราเมตริกที่ไม่จำเป็นต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจงความคลาดเคลื่อน ทั้งนี้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างซ้ำ (Resampling) มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น Jackknife method, Bootstrap method , Subsampling method , Half-Sampling method , Delta method , Balanced Repeated Replication method, Infinitesimal Jackknife method and Influence Function Technique method เป็นต้น โดยที่แต่ละวิธีมีแนวความคิดพื้นฐานคล้ายกัน คือ เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลได้แล้วจะทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำ ซึ่งพบว่าวิธีการบูตสแทรป (Bootstrap) เป็นวิธีที่ให้ผลเหมาะสมที่สุด (Gifi.1990) วิธีการหาตัวประมาณของพารามิเตอร์วิธีนี้เป็นวิธีที่เสนอขึ้นโดย เอฟรอน (Efron.1979) มีแนวคิดมาจากวิธี Jackknife ของ เคลนูลล์ลี (Queneuille.1956) และตูกี้ (Tukey.1958)โดยแนวคิดวิธีบูตสแทรปนี้เป็นวิธีที่นำมาแก้ปัญหาการไม่สามารถหาค่าประมาณในกรณีที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลง เช่น เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงที่ไม่เป็นไปตามปกติ และการหาค่าประมาณนั้นทำได้ยาก เช่น ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นต้น วิธีบูตสแทรป คือการที่เราเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากร แล้วทำการสุ่มตัวอย่างจากตัวอย่างที่มีอยู่แบบใส่คืนด้วยจำนวนครั้ง (Bootstrap Replications) ที่มากเพียงพอ เพื่อสร้างการแจกแจงของค่าสถิติตัวอย่าง (Sampling Distribution) และนำไปใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สนใจ (Mooney ; & Duval.1993 : 7)

ในงานวิจัยการใช้บูตสแทรปในสถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอล พบว่ายังมีไม่มากนัก เช่น งานวิจัยของทาเคน,ยานาอิและหวง (Takane ; Yanai ; & Hwang. 2006) ได้เปรียบเทียบค่าน้ำหนักและสัมประสิทธิ์โครงสร้าง โดยใช้วิธีการบูตสแทรปหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสถิติ และงานวิจัยของแวนเดอร์เบอร์กและแจนเดอร์ลิว (van der Burg ; & Jan de Leeuw.1986) ได้ประมาณค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าไอเกนและ Category Quantifications ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแบบไม่ใช่เชิงเส้น (OVERALS) และได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการแจกไนฟ์ (Jackknife) และบูตสแทรป (Bootstrap) พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่กระบวนการบูตสแทรปจะให้ค่าทางสถิติที่ดีกว่าวิธี Jackknife และให้ช่วงความเชื่อมั่นที่ดีกว่า และงานวิจัยของฟานและหวัง (Fan;& Wang.1996) ได้เปรียบเทียบวิธีการ Jackknife และ Bootstrap พบว่าวิธีการบูตสแทรปให้ผลความลำเอียง (Bias) น้อย และให้ผลที่ดีกว่าวิธี Jackknife ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตรวจสอบความเหมาะสมในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลโดยใช้วิธีการบูตสแทรปเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่าความลำเอียงของการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

การตรวจสอบความเหมาะสมในการประมาณค่าสถิติของแต่ละเทคนิคการคำนวณ หาได้จากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ซึ่งใช้พิจารณาเป็นค่าความเชื่อมั่นได้การประมาณค่าสถิติ และค่าความลำเอียงของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ใช้พิจารณาเป็นค่าความเที่ยงตรงในการประมาณค่าสถิติ โดยดูว่าค่าสถิติทั้งสองค่าควรต้องมีค่าน้อยหรือมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ จึงสรุปได้ว่ามีความเหมาะสมในการประมาณค่าสถิติ ทั้งนี้ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างเปลี่ยนไป และลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แตกต่างกัน การประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลในแต่ละ

เทคนิคการคำนวณจะแตกต่างกันหรือไม่ และส่งผลต่อความเหมาะสมในการประมาณค่าของแต่ละเทคนิคด้วยหรือไม่ ในประเด็นนี้จากผลการวิจัยของโควาลสกี้ (Kowalski.1972) ที่ศึกษาผลของการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่ไม่เป็นโค้งปกติที่มีผลต่อค่าสหสัมพันธ์ของประชากร (ρ) ผลการวิจัยพบว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีผลต่อค่าสหสัมพันธ์ของประชากร (ρ) คือเมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเล็กและการแจกแจงของ r เป็นแบบเบ้ จะให้ค่า ρ ที่ต่ำ แต่ขนาดกลุ่มตัวอย่างใหญ่ขึ้นและการแจกแจงของ r เป็นโค้งปกติ จะให้ค่า ρ ที่สูงขึ้น

ประเด็นการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน คือ เทคนิค SUMCOR เทคนิค SSQCOR เทคนิค MAXVAR เทคนิค MINVAR และ เทคนิค GENVAR ว่าเทคนิคใดจะให้ผลในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่เหมาะสมที่สุด เมื่อมีขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาจากดัชนีชี้วัดความเหมาะสมของการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน และศึกษาจากค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ที่ได้มาจากการทำบูตสแทรป ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน และลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน ซึ่งยังไม่มีใครเคยทำการวิจัยภายใต้เงื่อนไขนี้มาก่อน โดยศึกษาจากตัวแปรที่ผู้วิจัยสนใจ จำนวนสามชุดตัวแปร คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู แบ่งเป็น การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน และแบบปล่อยปละละเลย ตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน แบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ และตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ โดยการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่าเทคนิคการคำนวณใดเหมาะสมที่สุดในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อบุคคลที่ต้องการศึกษาการใช้สถิตินี้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มากกว่าสองชุดขึ้นไป โดยสามารถใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้เทคนิคในการคำนวณในการประมาณค่าสถิติได้อย่างมีเหตุผล

คำถามของการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามการวิจัยเพื่อนำไปสู่การหาข้อค้นพบผลการวิจัยดังนี้

1. ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน

2. ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน

3. เทคนิคการคำนวณใดที่จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์ได้เหมาะสมที่สุด

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR โดยผู้วิจัยได้กำหนดจุดมุ่งหมายเฉพาะดังนี้

1. เพื่อศึกษาค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ โดยใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR จำแนกตามแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ 100 200 300 400 500 600 700 และ 1,058 คน

2. เพื่อศึกษาค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปรที่นำมาศึกษา โดยใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR จำแนกตามแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ 100 200 300 400 500 600 700 และ 1,058 คน

3. เพื่อศึกษาค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน

4. เพื่อศึกษาค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัว ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน

5. เพื่อเปรียบเทียบว่าเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน

6. เพื่อเปรียบเทียบว่าเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน

7. เพื่อศึกษาขนาดของผลเทคนิคการคำนวณ (Effect Size) ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างและแต่ละลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล

8. เพื่อศึกษาความเหมาะสมของแต่ละเทคนิคการคำนวณในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกันห้าเทคนิค คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR ว่าเทคนิคการคำนวณใดให้ผลในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลได้เหมาะสมที่สุด เนื่องจากเทคนิคการคำนวณในแต่ละวิธีนั้นจะมีจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกันออกไป โดยสองเทคนิคแรก คือ SUMCOR และ SSQCOR ใช้การคำนวณจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเมทริกซ์ตัวแปรคาโนนิคอล หลักการดังกล่าวยากต่อการคำนวณเพราะรูปแบบมีความซับซ้อนมากและถ้าคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ต้องใช้หน่วยความจำมากและไม่รับประกันความถูกต้องเสมอไป (Chen ; Chang ; & Patrick.1994) ในขณะเดียวกันเทคนิคที่เหลือสามเทคนิค คือ MAXVAR MINVAR และGENVAR อยู่บนพื้นฐานของซุปเปอร์เมทริกซ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ซึ่งงานวิจัยของเชน,ชางและแพททริค(Chen ; Chang ; & Patrick.1994) ระบุว่าสามเทคนิคที่กล่าวมาเป็นเทคนิคที่สามารถคำนวณได้ง่ายและสะดวกเมื่อต้องวิเคราะห์โดยคอมพิวเตอร์ แต่ก็ยากต่อการแปลผลของนักวิจัยเช่นกัน แต่โดยส่วนใหญ่เมื่อต้องวิเคราะห์ด้วยสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ผู้วิจัยมักจะนิยมใช้ MAXVAR เพราะสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายในโปรแกรม OVERALS ทั้งนี้แม้จะทราบจุดเด่นจุดด้อยแต่ก็ยังยากต่อการตัดสินใจว่าควรจะเลือกเทคนิคการคำนวณใดที่จะให้ผลเหมาะสมที่สุด

จากการศึกษาพบว่า ยังไม่มีงานวิจัยที่ใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบหรือเกณฑ์การตัดสินใจที่ชัดเจนว่าเทคนิคใดประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลได้เหมาะสมที่สุด และเนื่องจากการใช้สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลนั้นยากและซับซ้อน ทำให้มีงานวิจัยที่ศึกษาการประยุกต์ใช้สถิตินี้น้อย โดยเฉพาะในประเทศไทยยังไม่มีการนำสถิตินี้มาใช้ จึงควรทำการศึกษาค้นคว้าต่อไป การศึกษา

ในเรื่องการใช้สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล เป็นส่วนขยายต่อของเนื้อหาองค์ความรู้เรื่องสถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ในการใช้สถิติการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรในสาขาการทดสอบและวัดผลการศึกษา ทั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่าการศึกษาในเรื่องของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลน่าจะเกิดประโยชน์ในแง่การนำไปใช้ที่ขยายต่อจากสถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอล และจากผลการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่าเทคนิคการคำนวณใดเหมาะสมที่สุดในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล อันจะเกิดประโยชน์ต่อบุคคลที่ต้องการศึกษาการใช้สถิตินี้ โดยสามารถใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้เทคนิคในการคำนวณในการประมาณค่าสถิติได้อย่างมีเหตุผล ทำให้การแปลผลและวิเคราะห์ผลมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้จะเกิดประโยชน์ทางด้านการวัดผลการศึกษา เมื่อบุคคลที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาต้องการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรทางด้านการศึกษาที่มากกว่าสองชุดตัวแปรไปพร้อมๆ เช่น ชุดตัวแปรผู้เรียน ชุดตัวแปรผู้ปกครอง และชุดตัวแปรครูผู้สอน เป็นต้น ซึ่งสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาองค์ความรู้หรือนวัตกรรมทางการศึกษาใหม่ๆต่อไปได้

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 จำนวน 3,393 คน จาก 52 โรงเรียน

ประชากรเทียมที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรเทียมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 จำนวน 1,058 คน จาก 11 โรงเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Random Sampling) และนำมาใช้เป็นกรอบในการสุ่มกลุ่มตัวอย่างขนาดย่อย โดยแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดย่อย จำนวนเจ็ดกลุ่ม คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน ซึ่งในแต่ละกลุ่มตัวอย่างขนาดย่อย ได้มาจากการสุ่มซ้ำแบบใส่คืนจากจำนวนประชากรเทียม 1,058 คน ด้วยวิธีการบูตสแทรป โดยทำการสุ่มซ้ำจำนวน 50 ครั้ง

ตัวแปรที่ศึกษา

จากจุดมุ่งหมายของการวิจัย คือ ต้องการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในแต่ละเทคนิคการคำนวณ ในการศึกษานั้นต้องใช้ข้อมูลจริงจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสนใจมาวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาตัวแปรทั้งหมดสามชุด ดังนี้

ตัวแปรชุดที่หนึ่ง คือ การอบรมเลี้ยงดู แบ่งเป็น การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน และแบบปล่อยปละละเลย

ตัวแปรชุดที่สอง คือ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน แบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ

ตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ

เมื่อได้ข้อมูลจริงเพื่อนำมาศึกษาการประมาณค่าสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงทำการศึกษา ดังนี้

1. *ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)* ได้แก่

1.1 เทคนิคการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล มีห้าเทคนิค ดังนี้

1.1.1 การทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล R มีค่าสูงสุด : SUMCOR (Horst.1961)

1.1.2 การทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสองในเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล R มีค่าสูงสุด : SSQCOR (Caroll.1968)

1.1.3 การทำให้ค่าไอเกนที่ใหญ่สุดของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล R มีค่าสูงสุด : MAXVAR (Kettenring.1971)

1.1.4 การทำให้ค่าไอเกนที่น้อยสุดของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล R มีค่าต่ำสุด : MINVAR (Kettenring.1971)

1.1.5 การทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล R มีค่าต่ำสุด หรือเทียบเท่ากับการทำให้ผลคูณของค่าไอเกนของ R มีค่าต่ำสุด : GENVAR (Steel.1951)

1.2 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็นเจ็ดกลุ่ม ดังนี้

1.2.1 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน

1.2.2 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน

1.2.3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 300 คน

1.2.4 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน

1.2.5 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน

1.2.6 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 คน

1.2.7 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 700 คน

1.3 การแจกแจงของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล แบ่งเป็นห้าแบบ ดังนี้

1.3.1 การแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normal Distribution)

1.3.2 การแจกแจงแบบเบ้ทางบวก (Positive Skewness Distribution)

1.3.3 การแจกแจงแบบเบ้ทางลบ (Negative Skewness Distribution)

1.3.4 การแจกแจงแบบโด่ง (Leptokurtic Distribution)

1.3.5 การแจกแจงแบบแบนราบ (Platykurtic Distribution)

2. *ตัวแปรตาม (Dependent Variable)* ได้แก่ ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างคู่ของตัวแปรแต่ละชุด (variable sets)

ข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกตัวแปรที่สนใจจำนวนสามชุด คือ ชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบ่งเป็น การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน และแบบปล่อยปละละเลย ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน แบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ และชุดตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ มาใช้เป็นสถานการณ์จริงเพื่อการวิเคราะห์สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ซึ่งผลการวิจัยที่ได้ในครั้งนี้สามารถใช้สรุปอ้างอิงไปถึงกรณีที่มีการเปลี่ยนตัวแปรที่จะศึกษาได้ ดังนั้นแม้ตัวแปรที่นำมาใช้ในการศึกษาจะเปลี่ยนไป ผลการวิจัยก็จะยังคงไม่เปลี่ยนแปลง คือผลการวิจัยไม่ผันแปรไปตามชุดตัวแปรที่นำมาศึกษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล (Generalized Canonical Correlation) **หมายถึง** สถิติที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรที่มากกว่าสองชุด ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้ชุดตัวแปร จำนวนสามชุดตัวแปรในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ โดยมีหลักการหาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่จำนวนสามคู่ และหาค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวแปรได้พร้อมกันในการวิเคราะห์ครั้งเดียวจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล

2. เทคนิคการคำนวณสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล (Technique of Generalized Canonical Correlation) หมายถึง เทคนิคการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในเรื่องเมทริกซ์ที่ใช้หลักการทำให้มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดในฟังก์ชันเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล สามารถคำนวณได้ในโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน 77 มีทั้งหมดห้าเทคนิค ดังนี้

2.1 เทคนิค SUMCOR (Horst.1961) หมายถึง เทคนิคการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ใช้องค์ความรู้ในเรื่องเมทริกซ์ที่แบ่งเป็นเก้าเมทริกซ์ย่อย ระหว่างชุดตัวแปรจำนวนสามชุดตัวแปร โดยใช้หลักการหาผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งสามคู่ ในเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอลที่ทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลมีค่าสูงสุด

2.2 เทคนิค SSQCOR (Caroll.1968) หมายถึง เทคนิคการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ใช้องค์ความรู้ในเรื่องเมทริกซ์ที่แบ่งเป็นเก้าเมทริกซ์ย่อย ระหว่างชุดตัวแปรจำนวนสามชุดตัวแปร โดยใช้หลักการหาผลรวมสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสองของแต่ละคู่ทั้งสามคู่ ในเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล ที่ทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลมีค่าสูงสุด

2.3 เทคนิค MAXVAR (Kettenring.1971) หมายถึง เทคนิคการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ใช้องค์ความรู้ในเรื่องเมทริกซ์ที่แบ่งเป็นเก้าเมทริกซ์ย่อย ระหว่างชุดตัวแปรจำนวนสามชุดตัวแปร โดยใช้หลักการทำให้ค่าไอเกนที่ใหญ่สุด หรือหาค่าไอเกนอันดับแรกของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอลที่ทำให้ค่าความแปรปรวนมีค่าสูงสุด

2.4 เทคนิค MINVAR (Kettenring.1971) หมายถึง เทคนิคการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ใช้องค์ความรู้ในเรื่องเมทริกซ์ที่แบ่งเป็นเก้าเมทริกซ์ย่อย ระหว่างชุดตัวแปรจำนวนสามชุดตัวแปร โดยใช้หลักการทำให้ค่าไอเกนที่น้อยสุด หรือหาค่าไอเกนอันดับแรกของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอลที่ทำให้ค่าความแปรปรวนมีค่าต่ำสุด

2.5 เทคนิค GENVAR (Steel.1951) หมายถึง เทคนิคการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ใช้องค์ความรู้ในเรื่องเมทริกซ์ที่แบ่งเป็นเก้าเมทริกซ์ย่อย ระหว่างชุดตัวแปรจำนวนสามชุดตัวแปร โดยใช้หลักการทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอลมีค่าต่ำสุด หรือเทียบเท่ากับการทำให้ผลคูณของค่าไอเกนของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอลมีค่าต่ำสุด

3. วิธีการบูตสแทรป(Bootstrap Method) หมายถึง วิธีการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบใส่คืนจากกลุ่มตัวอย่างที่มีอยู่เดิม โดยในแต่ละครั้งที่สุ่มจะต้องสุ่มให้มีขนาดเท่ากับขนาดกลุ่มตัวอย่างที่มีอยู่เดิม โดยผู้วิจัยทำการสุ่มซ้ำ จำนวน 50 ครั้ง ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างย่อย ทั้งนี้เพื่อนำมาใช้ในการประมาณค่าความลำเอียงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่และค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัว ในการสุ่มแต่ละครั้งจะใช้หาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลเพื่อใช้ทดสอบความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน

4. ความเที่ยงตรงในการประมาณค่าสถิติ หมายถึง การพิจารณาจากค่าความลำเอียงของการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Bias) ระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัว หาได้จากผลต่างของค่าเฉลี่ยค่าสถิติที่สนใจที่เกิดจากกลุ่มตัวอย่างบูตสแทรปกับค่าสถิติที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างเดิม โดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินว่ามีความเที่ยงตรงในการประมาณค่าสถิติ

คือ ค่าความลำเอียงของการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ต้องมีค่าใกล้เคียงศูนย์มากที่สุดและใกล้เคียงกับค่าความลำเอียงที่คิดจากกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน ที่ใช้เป็นเกณฑ์กลาง

5. ความเชื่อมั่นในการประมาณค่าสถิติ หมายถึง การพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Standard Error)ระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัว หาได้จากค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสถิติที่สนใจที่เกิดจากการใช้กลุ่มตัวอย่างบูตสแทรป โดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินว่ามีความเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าสถิติ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ต้องมีค่าใกล้เคียงศูนย์มากที่สุดและใกล้เคียงกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่คิดจากกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน ที่ใช้เป็นเกณฑ์กลาง

6. ดัชนีชี้วัดความเหมาะสมในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล หมายถึง ความเหมาะสมในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ โดยพิจารณาจากค่าความเที่ยงตรง ที่พิจารณาจากค่าความลำเอียง และความเชื่อมั่นที่พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ในแต่ละเทคนิคการคำนวณ ทั้งนี้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสถิติต้องมีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุดหรือมีค่าน้อยที่สุด และใกล้เคียงกับค่าลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่คิดจากกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน ที่ใช้เป็นเกณฑ์กลาง จึงตัดสินได้ว่าการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลในเทคนิคการคำนวณนั้นๆมีความเหมาะสมที่สุด

7. ตัวแปรคาโนนิคอล (Canonical Variate) หมายถึง ตัวแปรประกอบที่เกิดจากความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปร U เรียกว่า predictor composite และ V จะเรียกว่า Criterion Composite

8. สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Canonical Correlation) หมายถึง ปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคาโนนิคอลของแต่ละชุดตัวแปร

9. ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอล (Canonical Weights) หมายถึง น้ำหนักของตัวแปรในแต่ละชุด เป็นค่าที่แสดงว่าตัวแปรแต่ละตัวมีความสำคัญในการอธิบายตัวแปรคาโนนิคอลได้เพียงใด

10. กลุ่มตัวอย่างขนาดย่อย หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรแต่ละชุดและค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งแบ่งเป็นนักเรียนเป็นกลุ่ม ที่มีขนาดต่างๆ จำนวนเจ็ดกลุ่ม คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน โดยทำการสุ่มซ้ำแบบใส่คืน จำนวน 50 ครั้ง ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง

11. การแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล หมายถึง การกระจายของค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล จำนวน 50 ค่า โดยเรียงจากค่าน้อยไปหามาก แล้วนำเสนอในรูปของ

โค้งการแจกแจงความถี่ ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ได้พิจารณาการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลในรูปโค้งของการแจกแจงความถี่ห้ารูปแบบ คือ การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) การแจกแจงแบบเบ้ทางบวก (Positive Skewness Distribution) การแจกแจงแบบเบ้ทางลบ (Negative Skewness Distribution) การแจกแจงแบบโด่ง (Leptokurtic Distribution) และการแจกแจงแบบแบนราบ (Platykurtic Distribution) โดยสามรูปแบบแรกต้องผ่านการทดสอบความเบ้ของข้อมูล และสองรูปแบบหลังต้องผ่านการทดสอบความโด่งของข้อมูล ถ้ายังไม่ผ่านการทดสอบจึงสุ่มใหม่จนกว่าจะได้รูปแบบที่ต้องการ

12. การอบรมเลี้ยงดู หมายถึง วิธีการที่พ่อแม่ หรือผู้ปกครองปฏิบัติต่อนักเรียนทั้งทางวาจาและกริยาท่าทาง ในลักษณะของการอบรมสั่งสอน ดูแลเอาใจใส่ ชี้แนะ ให้รางวัล และลงโทษในเรื่องการศึกษา การแต่งกาย การคบเพื่อน การใช้เวลาว่าง สุขภาพและมารยาททั่วไป โดยแบ่งเป็นการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย หรือแบบยุติธรรม การอบรมเลี้ยงดูแบบคุ้มครองมากเกินไปหรือแบบเข้มงวดกวดขัน และการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยหรือแบบไม่เอาใจใส่ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

13. การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน หมายถึง ความรู้สึกจากการที่นักเรียนได้รับความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ การตัดสินความสามารถของตนเองจากแหล่งความรู้ต่างๆ และความรู้นั้นจะส่งผลไปสู่ความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

14. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษเป็นความรู้ความสามารถของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ การวิจัยครั้งนี้ใช้ผลคะแนนจากการวัดด้วยแบบทดสอบมาตรฐานวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งผู้วิจัยได้ขอคัดคะแนนจากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกันห้าเทคนิค คือ SUMCOR MAXVAR MINVAR SSQCOR และ GENVAR โดยต้องการศึกษาว่าเทคนิคการคำนวณใดที่ให้ความเหมาะสมในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลได้เหมาะสมที่สุด โดยผู้วิจัยพิจารณาจากค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ซึ่งทั้งค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสถิติจะได้มา

จากการใช้วิธีการทำบูตสแทรป (Bootstrap)โดยสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืนจำนวน 50 ครั้ง จะได้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลในแต่ละครั้งที่สุ่ม จึงสามารถตรวจสอบค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาตามกรอบงานวิจัยในประเด็นดังต่อไปนี้

เทคนิคการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สถิติเจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลนั้น ในประเทศไทยยังไม่มีการใช้สถิตินี้ แต่มีงานวิจัยทางด้านสถิติศาสตร์ที่นำสถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ไม่ใช่เชิงเส้นมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มากกว่าสองชุดขึ้นไป ซึ่งเป็นพื้นฐานหนึ่งของการคำนวณด้วยเทคนิค MAXVAR ของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล เช่น งานวิจัยของมารยาท โยทองยศและวิยะดา ตันวัฒนากูล (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความฉลาดทางอารมณ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลไม่เชิงเส้น (Nonlinear Canonical Correlation Analysis : OVERALS) และการวิเคราะห์การถดถอย เพื่อสร้างสมการพยากรณ์คะแนนความฉลาดทางอารมณ์ ตัวแปรที่นำมาศึกษามีสี่ชุดตัวแปร คือ ตัวแปรความฉลาดทางอารมณ์ แบ่งเป็นเก้าตัวแปรย่อย ปัจจัยส่วนบุคคล แบ่งเป็นสี่ตัวแปรย่อย ตัวแปรปัจจัยทางครอบครัว แบ่งเป็นเก้าตัวแปรย่อย และปัจจัยทางโรงเรียน แบ่งเป็นหกตัวแปรย่อย ซึ่งทุกตัวแปรอยู่ในระดับนามบัญญัติ และเรียงอันดับเท่านั้น โดยตัวแปรมีมาตรวัด คือ มาตรนามบัญญัติ (Nominal) มาตรเรียงลำดับ (Ordinal) ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลของการวิจัยนี้เป็นการหาความสัมพันธ์โดยรวมทั้งสี่ชุดตัวแปร ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรชุดความฉลาดทางอารมณ์ทุกด้าน ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยทางครอบครัวและปัจจัยทางโรงเรียน มีความสัมพันธ์คาโนนิคอลไม่เชิงเส้นที่มิติหนึ่ง เท่ากับ .364 และมิติที่สองเท่ากับ .329 และจากงานวิจัยของพุฒิพงษ์ พุกกะมาน (2546) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์คาโนนิคอลที่เป็นแบบพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก โดยการวิเคราะห์คาโนนิคอลที่ตัวแปรระหว่างสามชุดมีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น ถือว่าเป็นตัวแทนแบบพาราเมตริก และการวิเคราะห์คาโนนิคอลที่ตัวแปรระหว่างสามชุดมีความสัมพันธ์เป็นแบบไม่เชิงเส้น ถือว่าเป็นตัวแทนแบบนอนพาราเมตริก ซึ่งมีตัวแปรที่ต้องการศึกษาสามชุด คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง เป็นตัวแปรคะแนนวิชาคณิตศาสตร์ แบ่งเป็นสามด้าน ตัวแปรชุดที่สอง คือ ปัจจัยส่วนบุคคล แบ่งเป็นสี่ด้าน และตัวแปรชุดที่สาม คือ ตัวแปรสภาพแวดล้อม แบ่งเป็นสามด้าน วิธีการวิจัยคือ หาความสัมพันธ์เป็นรายคู่โดยใช้สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบพาราเมตริก แต่ต้องเปลี่ยนตัวแปรจากมาตรนามบัญญัติให้เป็นตัวแปรดัมมี่ แล้วหาความสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทีละคู่ ในส่วนของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบนอนพาราเมตริก ใช้ OVERALS ใน SPSS เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์คาโนนิคอลโดยภาพรวมและแยกวิเคราะห์เป็นคู่ของชุดตัวแปร ผลการวิจัยพบว่า การวิเคราะห์คาโนนิคอลแบบนอนพาราเมตริกจะ

ให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรสองชุด จำนวนทั้งสามคู่สูงกว่าการวิเคราะห์คาโนนิคอลแบบพาราเมตริกที่ต้องเปลี่ยนเป็นตัวแปรเป็นตัวแปรดัมมี่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าการหาค่าสหสัมพันธ์โนนิคอลทีละคู่จะให้ค่าน้อยกว่าการหาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลพร้อมกันทีเดียวสามคู่ จึงเหมาะที่จะใช้สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลมากกว่า ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยในต่างประเทศเกี่ยวกับการวิเคราะห์สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ซึ่งงานวิจัยโดยส่วนใหญ่ศึกษาในเรื่องการเปรียบเทียบของแต่ละวิธี โดยดูจากค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักของตัวแปรแต่ละตัวในแต่ละชุดตัวแปร เช่น ฮอสท์ (Horst.1961) เปรียบเทียบวิธี SUMCOR และ MAXVAR พบว่าวิธี MAXVAR ให้ผลที่ดีกว่าในแง่ของน้ำหนักตัวแปร และเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) คำนวณเพื่อการเปรียบเทียบ GENVAR และ SSQCOR ปรากฏว่าให้ผลใกล้เคียงกันมาก และเมื่อศึกษาต่อไปพบว่าฮาร์เวนและเบอร์ก (Haven ; & Berge.1977) ได้ทำการเปรียบเทียบในบริบทเดียวกัน แสดงว่าการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลนี้จะเหมาะสมภายใต้การเลือกเทคนิคการคำนวณหรือเหตุการณ์ที่นำมาศึกษา และดูร์ซอสและพอส (Dauxois ; & Pousse.1976) มีความพร้อมที่จะแสดงว่าถ้าเทคนิคถูกขยายเป็นเวกเตอร์การสุ่ม ทำให้การแก้ปัญหาจะเท่ากันทั้งหมด ถ้าเวกเตอร์แบบสุ่มเป็น multinormal ขณะที่ผลจะหาไม่ได้ถ้าการเลือกเทคนิคการคำนวณไม่เหมาะสม ดูร์ซอสและพอส(Dauxois ; & Pousse.1976) ได้ให้ความเห็นว่าในเชิงคณิตศาสตร์สามารถคำนวณได้สะดวก วิธี MAXVAR และ MINVAR น่าจะเหมาะสมมากกว่าวิธีอื่นๆ และอีกงานวิจัยหนึ่งที่ให้ผลสรุปที่น่าสนใจ คือ จิฟิ (Gifi.1990) ได้เก็บข้อมูลจำนวนมาก โดยแบ่งเป็นตัวแปรสามชุด(11 ตัวแปร) ซึ่งใช้เทคนิคการคำนวณจำนวนหกเทคนิค คือ SUMCOR MAXVAR MINVAR SSQCOR GENVAR และ MINSUM ซึ่งผลปรากฏว่าแต่ละเทคนิคจะให้น้ำหนักคาโนนิคอลเท่าๆกัน แต่เมื่อศึกษากับสถานการณ์เฉพาะนี้ จะทำให้ทราบว่าวิธี SUMCOR และ MINSUM แสดงผลได้ไม่ดี ส่วนวิธี MAXVAR และ MINVAR ให้ผลที่ใช้ได้ และวิธี SSQCOR และ GENVAR เป็นไปได้ว่าน่าจะดีกว่าวิธีอื่น

จากที่กล่าวมาเทคนิคการคำนวณในแต่ละวิธีนั้นจะมีจุดเด่น จุดด้อยแตกต่างกันออกไป โดยสองเทคนิคแรก คือ SUMCOR และ SSQCOR จะใช้การคำนวณจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเมทริกซ์ตัวแปรคาโนนิคอล โดยเทคนิค SUMCOR คือ การทำให้ผลรวมของ r_{ji} มีค่าสูงสุด $\text{Max}\sum_{j,i}\text{Cor}(F_j,F_i)$ และเทคนิคการคำนวณด้วยวิธีการ SSQCOR คือ การทำให้ผลรวมของ r_{ji} ยกกำลังสองมีค่าสูงสุด $\text{Max}\sum_{j,i}\text{Cor}^2(F_j,F_i)$ หลักการทำดังกล่าวจะยากต่อการคำนวณ เพราะรูปแบบมีความซับซ้อนมากและถ้าจะต้องคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ต้องใช้หน่วยความจำมากและไม่รับประกันความถูกต้องเสมอไป (Chen ; Chang ; & Patrick.1994) และในขณะเดียวกันเทคนิคที่เหลือสามเทคนิค คือ MAXVAR MINVAR และ GENVAR จะอยู่บนพื้นฐานของซุปเปอร์เมทริกซ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล โดยเทคนิค

MAXVAR คือ การทำให้ค่าไอเกนที่ใหญ่สุดของ R มีค่ามากสุด $Max\{\lambda_{first}[Cor(F_j,F_i)]\}$ เทคนิค MINVAR คือ การทำให้ค่าไอเกนที่เล็กสุดของ R มีค่าน้อยที่สุด $Min\{\lambda_{first}[Cor(F_j,F_i)]\}$ และเทคนิค GENVAR คือ การทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนท์ของ R มีค่าน้อยสุด หรือเทียบเท่ากับการทำให้ผลคูณของค่าไอเกนของ R มีค่าต่ำสุด $Min\{det[Cor(F_j,F_i)]\}$ จากงานของเชน,ชางและแพททริค (Chen ; Chang ; & Patrick.1994) กล่าวว่า สามเทคนิคท้ายเป็นเทคนิคที่สามารถคำนวณได้ง่ายและสะดวกเมื่อต้องวิเคราะห์โดยคอมพิวเตอร์ แต่ก็ยากต่อการแปลผลของนักวิจัยเช่นกัน แต่โดยส่วนใหญ่เมื่อต้องวิเคราะห์ด้วยสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ผู้วิจัยจะนิยมใช้ MAXVAR เพราะสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายในโปรแกรม OVERALS นั่นเอง

บูตสแทรป ผู้วิจัยศึกษาการประมาณค่าสถิติด้วยเทคนิคการคำนวณต่างๆห้าวิธี คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR ว่าวิธีใดให้การประมาณค่าได้เหมาะสมที่สุด ตัดสินโดยใช้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และค่าความลำเอียงทางสถิติ (Bias) ที่ได้มาจากการทำบูตสแทรป (Bootstrap) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลในแต่ละเทคนิค โดยบูตสแทรปเป็นวิธีการทางนอนพาราเมตริก ที่เป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบใส่คืน โดยใช้ประโยชน์ของการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่ออนุมานเชิงสถิติเกี่ยวกับประชากรที่สนใจ ในกรณีไม่ทราบการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน (Efron.1979) วิธีบูตสแทรปนี้เป็นวิธีที่นำมาแก้ปัญหาการไม่สามารถหาค่าประมาณสถิติ เมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงหรือการหาค่าประมาณนั้นทำได้ยาก เช่น การประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังนั้นการใช้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และค่าความลำเอียงทางสถิติ (Bias) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบผลการคำนวณในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงใช้การประมาณค่าสองค่านี้ โดยวิธีการบูตสแทรป โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของฟรีแมน (Freeman.1983)ที่พบว่าการนำวิธีการบูตสแทรปมาประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.)ของสัมประสิทธิ์ความถดถอย ซึ่งให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของสัมประสิทธิ์ความถดถอยให้ผลที่ดี และเข้าใกล้ค่าจริงมากกว่าค่าประมาณที่หาได้จากสูตรทั่วไป และเอฟฟรอน (Efron.1979) ได้ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของสัมประสิทธิ์ความถดถอย เพราะเป็นโมเดลที่ยุ่งยากและซับซ้อนและไม่ทราบลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน และค่า B ซึ่งเป็นจำนวนครั้งในการทำบูตสแทรปที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 50-200 ครั้ง และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.)มีค่าประมาณที่เข้าใกล้ค่าจริงมาก

ขนาดกลุ่มตัวอย่างและการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เมื่อศึกษาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลจำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่ายังไม่ปรากฏมาก แต่มีงานวิจัยของโควาลสกี้ (Kowalski.1972) ที่ศึกษาผลของการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่ไม่เป็นโค้งปกติที่มีผลต่อค่าสหสัมพันธ์ของประชากร (ρ)ซึ่งทำการทดสอบ

ลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่คำนวณได้จากตัวอย่างสุ่มทุกค่าของ n ว่ามีลักษณะการแจกแจงเป็นปกติหรือไม่โดยใช้สถิติทดสอบคือ Kolmogorov Goodness of Fit Test ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มคือครั้งละห้าคู่ เป็นจำนวน 1,000 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า การแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีลักษณะเบ้ กรณี n = 5 ,10 ,15 จะทำให้ค่า ρ = .1 , .2 , .5 และ n =20 เมื่อให้ค่า ρ = .5 แต่เมื่อ n = 2 และข้อมูลมีการเบ้มาก จะให้ค่า ρ = .1 , .2 , … , .4 และ n ใหญ่ขึ้น คือ n = 25 , 30 , … ,50 และการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เป็นโค้งปกติ จะให้ค่า ρ = .5 , .6 เป็นต้นไป และการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร คือ ที่ระดับนัยสำคัญ .01 ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมคือ $n \geq 9$ แต่ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .10 ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมคือ $n \geq 5$ ขึ้นไป และผลการศึกษาลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ยืนยันลักษณะความเบ้ของการแจกแจงของ r กรณีที่ n < 25 จะมีผลต่อค่า ρ และเมื่อ $n \geq 25$ การแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)เป็นโค้งปกติ ยืนยันว่าค่า ρ จะให้ผลที่ดี จากงานวิจัยสรุปได้ว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) จะมีผลต่อค่า ρ ซึ่งทั้ง n และการแจกแจงของ r และค่า ρ มีความสัมพันธ์กัน เช่น เมื่อ n มีขนาดเล็กและการแจกแจงของค่า r เป็นแบบโค้งไม่ปกติ ก็จะส่งผลให้ค่า ρ มีค่าต่ำ และ n ขนาดใหญ่ และการแจกแจงของค่า r เป็นแบบโค้งปกติ จะให้ค่า ρ มีค่าสูง ดังนั้นจะเห็นว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างและการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีผลต่อทำให้ค่าสหสัมพันธ์ของประชากร (ρ)แตกต่างกันได้ ผู้วิจัยจึงได้สนใจในประเด็นเรื่องของการตรวจสอบความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล โดยใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แตกต่างกัน

ความสัมพันธ์ของชุดตัวแปรที่นำมาศึกษา ในส่วนของสถานการณ์ที่นำมาศึกษา หรือชุดตัวแปรที่ผู้วิจัยได้นำมาศึกษามีจำนวนสามชุดตัวแปร คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู แบ่งเป็นการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน และแบบปล่อยปละละเลย ตัวแปรชุดที่สองการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน แบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ และตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ทั้งนี้เพื่อความสัมพันธ์ของชุดตัวแปรมีการกระจายค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ครอบคลุม ผู้วิจัยจึงค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่ระบุว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรชุดที่หนึ่งและชุดที่สอง มีระดับความสัมพันธ์ต่ำ ดังเช่น งานวิจัยของฮัทโต (Hutto.1998) พบว่า ตัวแปรด้านครอบครัว คือ การอบรมเลี้ยงดูแบบต่างๆ มีความสัมพันธ์กับการรับรู้ความสามารถทางการเรียนน้อย คือ มีระดับความสัมพันธ์คาโนนิคอล .235 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในฟังก์ชันแรก ส่วนในฟังก์ชันที่สองมีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรที่หนึ่งกับชุดตัวแปรที่

สาม ผู้วิจัยศึกษาเอกสารวิจัยพบว่า ชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูและชุดตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง เช่น งานวิจัยของโจนส์และสตรอวิ่ง(Jones ; & Strowing.1968) ที่สรุปผลงานวิจัยว่า การอบรมเลี้ยงดูในลักษณะต่างๆ คือ แบบประชาธิปไตยแบบเข้มงวด และแบบปล่อยปละละเลย มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง คือ มีค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลเท่ากับ .624 และ .545 ในฟังก์ชันแรกและฟังก์ชันที่สองตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สุดท้ายความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรที่สองกับชุดตัวแปรที่สาม ผู้วิจัยศึกษาเอกสารงานวิจัยพบว่า ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนและชุดตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง เช่น งานวิจัยของโจนส์ (Jones.1970 : 203-204) ได้ทำการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนทาง คณิตศาสตร์และภาษากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และภาษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนด้วยระดับความสหสัมพันธ์คาโนนิคอล .879 และ .763 ในฟังก์ชันแรกและฟังก์ชันที่สอง ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้าพอจะสรุปถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ได้ คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดูกับตัวแปรชุดที่สอง มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ ตัวแปรชุดที่หนึ่งกับตัวแปรชุดที่สาม มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง และตัวแปรชุดที่สองกับตัวแปรชุดที่สามมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง ทั้งนี้เพื่อให้ค่าสหสัมพันธ์มีการกระจายอย่างครอบคลุม ทำให้ได้สารสนเทศที่เกิดประโยชน์มากขึ้น

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตามกรอบการวิจัยที่ศึกษาค้นคว้า โดยทำการศึกษาการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลด้วยการใช้เทคนิคห้าเทคนิค คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ค่าความลำเอียงทางสถิติ (Bias) และค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรแต่ละชุด เป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่าเทคนิคใดเหมาะสมที่สุด ซึ่งได้มาด้วยวิธีการบูตสแทรปเพื่อความเหมาะสม และจำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ต่างกัน เพื่อให้ได้สารสนเทศเพิ่มขึ้น

สมมติฐานของการวิจัย

จากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการศึกษาการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน แล้วทำการเปรียบเทียบว่าเทคนิคการคำนวณใดจะสามารถประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลได้เหมาะสมที่สุด และจากเอกสารงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้ค้นคว้าจนนำไปสู่การตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

1. เทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน ภายใต้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน

2. เทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน ภายใต้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน

3. เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลได้เหมาะสมที่สุด

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. สถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอล

    1.1 แนวคิดและหลักการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล

2. สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

    2.1 ความหมายของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

    2.2 แนวคิดและหลักการของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

    2.3 เทคนิคการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

3. วิธีการบูตสแทรป

    3.1 แนวคิดและหลักการทำบูตสแทรป

    3.2 ขั้นตอนการประมาณค่าสถิติด้วยวิธีการบูตสแทรป

4. การแจกแจงของข้อมูล

    4.1 ความหมายการแจกแจงข้อมูล

    4.2 การวัดความเบ้

    4.3 การวัดความโด่ง

5. การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน

    5.1 ความหมายของการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน

    5.2 แนวคิดและทฤษฎีของการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน

6. การอบรมเลี้ยงดู

    6.1 ความหมายของการอบรมเลี้ยงดู

    6.2 ลักษณะการอบรมเลี้ยงดู

7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

    7.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

    7.2 ประเภทของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

    8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

    8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

    8.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดตัวแปรที่นำมาศึกษา

เอกสารที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Canonical Correlation Analysis : CCA)

แนวคิดและหลักการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล

ในการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้กับตัวแปรตามมากกว่าหรือเท่ากับสองตัวแปร จะเรียกว่า การวิเคราะห์ด้วยตัวแปรหลายตัวแปร (multivariate analysis) ซึ่งมีสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หลายสถิติ เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบ, MANOVA, LOGLINEAR Analysis, Profile Analysis, Cluster Analysis และ Canonical Correlation Analysis เป็นต้น โดยสถิติสุดท้ายได้มีการนำใช้ในการวิเคราะห์กันมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีโปรแกรมสำเร็จรูปและสามารถนำไปใช้ได้ง่ายไม่ซับซ้อน และเพื่อความเข้าใจในการนำสถิติคาโนนิคอลไปใช้มากขึ้น จึงเสนอรายละเอียด ดังนี้

จุดมุ่งหมายทั่วไปของคาโนนิคอล

จุดหมายของสหสัมพันธ์คาโนนิคอล คือ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างชุดของตัวแปรสองชุด คือ ชุดของตัวแปรอิสระและชุดตัวแปรตาม โดยชุดตัวแปรอิสระและชุดของตัวแปรตามมีตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไป หรืออาจจะไม่มีเซตใดเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรตามก็ได้ บางครั้งเรียกว่า ชุดตัวแปรทางขวา และชุดตัวแปรทางซ้าย (Tabachnick ; Barbara ; & Linda .1996)

แนวคิดของการวิเคราะห์คาโนนิคอล

การวิเคราะห์คาโนนิคอลเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณวิธีหนึ่ง ซึ่งพัฒนามาจากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ แต่สิ่งที่แตกต่างกัน คือ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลไม่มีการแบ่งแยกตัวแปรออกเป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในลักษณะเป็นรายตัว แต่เป็นการแบ่งตัวแปรทั้งหมดในข้อมูลชุดเดียวกันออกเป็นสองชุด คือ ชุดของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนายและชุดของตัวแปรตามหรือตัวแปรเกณฑ์ ดังนั้นแต่ละชุดของตัวแปรจึงมีลักษณะเป็นตัวแปรประกอบ ซึ่งหมายถึงการรวมกันของตัวแปรหลายตัว และเมื่อศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรก็จะพิจารณาไปด้วยกันทั้งกลุ่มในลักษณะของตัวแปรหลายตัวกับตัวแปรหลายตัว ซึ่งจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละชุด จะต้องมีการกำหนดน้ำหนักให้กับตัวแปรแต่ละตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงสามารถสร้างตัวแปรใหม่ได้ ซึ่งตัวแปรนี้มีลักษณะเป็นตัวแปรประกอบ ที่เรียกว่า *ตัวแปรคาโนนิคอล (Canonical Variate)* ซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละชุดตัวแปร จากนั้นจึงนำตัวแปรคาโนนิคอลไปวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองชุดอีกครั้งหนึ่ง ได้*ค่า Canonical Correlation* ซึ่งการวิเคราะห์แบบนี้เป็นแบบแผนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคาโนนิคอลสองกลุ่มที่ทำให้ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด (Tabachnick ; Barbara ; & Linda .1996)

ข้อจำกัดของการวิเคราะห์คาโนนิคอล

ข้อจำกัดในการวิเคราะห์คาโนนิคอลมีดังนี้ (Tabachnick ; Barbara ; & Linda.1996)

1. ในการแปลผลคาโนนิคอลเข้าใจยากและซับซ้อน

2. การคำนวณที่ใช้สำหรับความสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอลต้องเป็นเชิงเส้นระหว่างตัวแปรสองชุด

3. การคำนวณคู่ตัวแปรคาโนนิคอลจะเป็นอิสระจากคู่อื่นทั้งหมด

4. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล คือ การใช้เทอมของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ต้องไม่เป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุซึ่งกันและกัน

5. กลุ่มตัวอย่างต้องมีใช้ในการคำนวณต้องมากโดยอัตราส่วนของกลุ่มตัวอย่างกับจำนวนตัวแปรอิสระควรจะเป็น 30/1

6. ตัวแปรต้องเป็นการแจกแจงโค้งปกติ และความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรคาโนนิคอลต้องเป็น Homoscedastic

7. ในการวิเคราะห์คาโนนิคอลไม่ควรจะพบข้อมูลที่หายไปในการวิเคราะห์ และข้อมูลต้องไม่เป็น Outliers

8. ตัวแปรที่นำมาศึกษาไม่ควรเป็น Multicollinearity

9. ไม่สามารถแปลความหมายในเชิงการนำไปใช้ได้ในคู่ที่สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่ำกว่า .30 ได้ เพราะค่า r_c เท่ากับ .30 จะสามารถนำเสนอการอธิบายความแปรปรวนได้น้อยกว่า 10%

สมการพื้นฐานของคาโนนิคอล

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล เป็นวิธีการที่ใช้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองชุด แต่ละชุดมีจำนวนตัวแปรตั้งแต่สองตัวขึ้นไป โดยจะสร้างรูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรแต่ละชุด กล่าวคือ ถ้าให้ X เป็นตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรทำนายมีจำนวน p ตัว คือ X_1 , …, X_p และ Y เป็นตัวแปรตามหรือตัวแปรเกณฑ์มีจำนวน q ตัว $Y_1,\ldots,Y_q$ เราจะต้องสร้างสมการที่แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นของกลุ่มตัวแปร X และกลุ่มตัวแปร Yนั่นคือถ้าให้ U และ V ซึ่งเรียกว่า *ตัวแปรคาโนนิคอล (Canonical Variates)* แทนความสัมพันธ์เชิงเส้นของกลุ่มตัวแปร X และกลุ่มตัวแปร Y ตามลำดับ ดังนี้

$$U = a_1X_1 + a_2X_2 + \ldots + a_pX_P$$
$$V = b_1Y_1 + b_2Y_2 + \ldots + b_qX_q$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน a_iและ b_j เป็นค่าที่จะทำให้ Canonical Variates U กับ Canonial Variates V มีความสัมพันธ์สูงสุด

กระบวนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ขั้นแรกหาตัวแปรคาโนนิคอลสองตัวแปร ที่ทำให้ค่า Pearson Correlation สูงสุด ให้ $r_{u_1v_1}$ เป็นค่าสูงสุด ซึ่งเรียกว่า *The Largest Canonical Correlation* และเราแทนด้วย R_1 และกระบวนการค้นพบคู่ที่สองของตัวแปรคาโนนิคอลที่ไม่สัมพันธ์กับคู่แรก เช่น Pearson Correlation ระหว่างคู่นี้เป็นความน่าจะเป็นที่ใหญ่ที่สุดถัดไป คือ สร้างให้ $r_{u_2v_2}$ เป็นค่าสูงสุดรองลงมา ความสัมพันธ์นี้สร้างขึ้นและจะน้อยกว่า $r_{u_1v_1}$ เช่นตัวอย่าง $r_{u_1v_1}$ จะได้ .73 และ $r_{u_2v_2}$ จะได้ .51 เราแทนว่า *The Second Largest Canonical Correlation (R_2)*

โดยมีข้อตกลงว่าตัวแปรคาโนนิคอลคู่ที่สองกับคู่แรกต้องไม่สัมพันธ์กัน หมายความว่า $r_{u_1v_2} = 0$ และ $r_{v_1u_2} = 0$ ซึ่งจำนวนของ Canonical Correlations ที่เป็นไปได้ คือ min (p, q) = m ตัวอย่างเช่น มี min (2,4) = Canonical Correlations สองค่า ซึ่งการกำหนดจำนวนของ Canonical Correlation ที่เป็นไปได้ หาได้จากการแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Stevens.2002)

การทดสอบนัยสำคัญของสหสัมพันธ์คาโนนิคอล

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ผู้วิจัยควรทดสอบนัยสำคัญสองประการ ประการแรก เป็นการทดสอบเพื่อตัดสินใจว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวแปรสองชุดนั้นหรือไม่ ถ้าพบว่ามีนัยสำคัญก็จะทดสอบในประการที่สอง คือ ทดสอบเพื่อตัดสินว่ามีความสัมพันธ์คาโนนิคอลใดบ้างที่มีนัยสำคัญ นั่นคือ มีกลุ่มตัวแปรอิสระและกลุ่มตัวแปรตามกี่คู่ที่มีนัยสำคัญ สรุปคือตรวจสอบนัยสำคัญสหสัมพันธ์คาโนนิคอลว่ามีกี่ค่าที่มีนัยสำคัญ เราจะทดสอบนัยสำคัญไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่พบนัยสำคัญ ทั้งนี้มีสมมติฐานที่ทดสอบในตอนแรก คือ $H_0 : R^2_{c1} = R^2_{c2} = \ldots = R^2_{ci}$ โดยจะใช้การการแจกแจงไคสแควร์ตามวิธีของ Bartlett ซึ่งทำได้ง่าย (Tabachnick ; Barbara ; & Linda .1996)

$$\chi^2 = -\left[N - 1 - \left(\frac{k_x + k_y + 1}{2}\right)\right] \ln \Lambda_m$$

โดยความสัมพันธ์ระหว่าง Canonical Correlation และ Eigenvalueสามารถเขียนได้ง่าย

$$\lambda_i = r^2_{ci}$$

แต่ละ Eigenvalue λ_i , เท่ากับ Canonical Correlation ยกกำลังสอง, r^2_{ci} สำหรับคู่ของ Canonical Variates เมื่อ r_{ci} ถูกยกกำลังสอง ก็จะเสนอเป็นความแปรปรวนที่อธิบายได้ของสองตัวแปร เพราะ $\lambda_i = r^2_{ci}$ และดังนั้น Eigenvalue เสนอความแปรปรวนที่ร่วมกันอธิบายของคู่ตัวแปรคาโนนิคอล

สมการเมทริกซ์

Canonical Coefficient (คล้ายคลึงกับ Regression Coefficients) ซึ่งCanonical Coefficient สำหรับตัวแปรตามหาได้โดย (Tabachnick ; Barbara ;& Linda .1996) :

$$B_y = (R_{yy}^{-1})'\hat{B}_y$$

และ Canonical Coefficients สำหรับตัวแปรอิสระหาได้โดย

$$B_x = R_{xx}^{-1}R_{xy}B_y^{*}$$

Coefficient สำหรับตัวแปรอิสระเป็นผลคูณของ Inverse Matrix ของ Correlation ระหว่างตัวแปรอิสระ เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม และเมทริกซ์ Coefficients ของตัวแปรตาม ที่การหารแต่ละครั้งจะหารด้วย Canonical Correlation

เมทริกซ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และ Canonical Coefficients จะเรียกว่า *Loading Matrices* ใช้แปลผลใน Canonical Variates หรือเรียกว่า *ค่าสัมประสิทธิ์โครงสร้าง* เมื่อยกกำลังสองแล้วจะแสดงถึงความแปรปรวนของตัวแปร X หรือ Y ที่อธิบายได้ด้วย Canonical Variates และผลรวมของค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์โครงสร้าง แสดงถึง ปริมาณความแปรปรวนของตัวแปรเดิมที่อธิบายได้ด้วย Canonical Variates (Pedhazur.1997) :

$$A_X = R_{XX}B_X$$

และ $$A_Y = R_{YY}B_Y$$

สัดส่วนของความแปรปรวนที่ถูกสกัด

คือสัดส่วนความแปรปรวนทั้งหมดของกลุ่มตัวแปรอิสระหรือกลุ่มตัวแปรตามที่อธิบายได้โดยตัวแปรคาโนนิคอลของตัวมันเอง เช่น สัดส่วนความแปรปรวนทั้งหมดของกลุ่มตัวแปรอิสระเดิมที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรคาโนนิคอลของตัวแปรอิสระ หรือสัดส่วนความแปรปรวนทั้งหมดของกลุ่มตัวแปรตามเดิมที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรคาโนนิคอลของตัวแปรตาม (Pedhazur.1997)

$$p\nu_{xc} = \sum_{i=1}^{k_x}\frac{a_{ixc}^2}{k_x}$$

และ $$p\nu_{yc} = \sum_{i=1}^{k_y}\frac{a_{iyc}^2}{k_y}$$

อย่างไรก็ตามผู้วิจัยต้องการทราบสัดส่วนความแปรปรวนทั้งหมดของกลุ่มตัวแปรอิสระหรือกลุ่มตัวแปรตามที่อธิบายได้โดยตัวแปรคาโนนิคอลตรงข้าม ซึ่งเรียกว่า *"ดัชนีความทับซ้อน"*

(Redundancy) เช่น สัดส่วนความแปรปรวนทั้งหมดของกลุ่มตัวแปรอิสระเดิมที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรคาโนนิคอลของตัวแปรตาม หรือสัดส่วนความแปรปรวนทั้งหมดของกลุ่มตัวแปรตามเดิมที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรคาโนนิคอลของตัวแปรอิสระ (Pedhazur.1997)

$$\mathrm{rd} = (p\nu)\left(r_c^2\right)$$

สรุปการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล คือ การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างชุดของตัวแปร นั่นคือชุดของตัวแปรอิสระและเซตตัวแปรตาม หรืออาจจะไม่มีชุดใดเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรตามก็ได้ ซึ่งแต่ละชุดมีตัวแปรหลายตัว จำนวนตัวแปรในแต่ละชุดเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ คือ ดังนั้นแต่ละชุดของตัวแปรจึงมีลักษณะเป็นตัวแปรประกอบ ซึ่งหมายถึง การรวมกันของตัวแปรหลายตัว และเมื่อศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร จะพิจารณาไปด้วยกันทั้งกลุ่มในลักษณะของตัวแปรหลายตัวกับตัวแปรหลายตัว และจะมีการกำหนดน้ำหนักให้กับตัวแปรแต่ละตัว ผู้วิจัยจึงสามารถสร้างตัวแปรใหม่ได้ ตัวแปรนี้มีลักษณะเป็นตัวแปรประกอบ ที่เรียกว่า *ตัวแปรคาโนนิคอล (Canonical Variate)* ซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละชุด จากนั้นจึงนำตัวแปรคาโนนิคอลไปวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองชุดอีกครั้งหนึ่ง และหาค่าสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้ เรียกว่า สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ทำให้การวิเคราะห์แบบนี้เป็นการลดขนาดหรือจำนวนตัวแปรให้น้อยลงได้ ดังนั้นการวิเคราะห์คาโนนิคอลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในง่ายในกลุ่มสถิติการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณ

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล (Generalized Canonical Correlation Analysis : GCCA)

ความหมายของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

เอสพิโนซาร์, เทอร์ราซัส และเมตาร์ (Espinosa ; Terrazas ; & Mata. 2006) ได้สรุปจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลว่าเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมากกว่าสองชุด โดยจะวิเคราะห์หาความเข้มของความสัมพันธ์และเป็นการทำสหสัมพันธ์คาโนนิคอลอย่างง่ายโดยใช้คู่ตัวแปรคาโนนิคอล (Canonical Variates) โดยหลักการของ GCCA คือ ตัวแปรคาโนนิคอลอันดับแรกของแต่ละชุดตัวแปรจะสร้างเวกเตอร์คาโนนิคอล (Canonical Vector) ของตัวแปรคาโนนิคอล ซึ่งตรงข้ามกับสหสัมพันธ์คาโนนิคอลอย่างง่ายที่มีคู่ตัวแปรคาโนนิคอลและเมทริกซ์ สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล จะแสดงถึงสหสัมพันธ์คาโนนิคอลอันดับแรก ซึ่งเวกเตอร์อันดับแรกของตัวแปรคาโนนิคอลจะถูกปรับแต่งตัวแปรคาโนนิคอลของแต่ละชุดตัวแปร การทำฟังก์ชันเมทริกซ์สหสัมพันธ์ให้มีประสิทธิภาพจะใช้วิธี Maximum Variance(MAXVAR) โดยเวกเตอร์

ของตัวแปรคาโนนิคอลอันดับแรก จะต้องทำให้ไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvector) อันดับแรกมีความแปรปรวนสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการทำให้ค่าไอเกน (Eigenvalue)อันดับแรกของเวกเตอร์ตัวแปรคาโนนิคอลของเมทริกซ์สหสัมพันธ์มีค่าความแปรปรวนสูงสุด ดังนั้นเวกเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของตัวแปรคาโนนิคอล สำหรับวิธีการคำนวณนี้คือ การทำให้ไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvector) อันดับแรกมีค่าความแปรปรวนสูงสุดนั่นเอง

โทแบสและทอร์มอด (Tobias ; & Tormod.2006) ให้ความหมายของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล (GCCA) ว่า คือแนวทางการทำโครงสร้างเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมในแนวเส้นทแยงมุม (Cross-Covariance Matrices) ระหว่างชุดตัวแปรสุ่มมากกว่าสองชุด ซึ่งคือการทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) ที่ตัวแปรสุ่มมากกว่า สองชุดคล้ายกับแบบแผนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (CCA) ที่หาความสัมพันธ์ด้วยตัวแปรตัวแปรเพียงสองชุดเท่านั้น ตัวแปรคาโนนิคอลจะเป็นปัจจัยร่วม (Common Factors) ที่สามารถค้นพบโดย PCA

โดยสรุปแล้วการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล คือ การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มากกว่าสองชุดตัวแปร ที่สามารถให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ชุดตัวแปรได้พร้อมกันในการวิเคราะห์ครั้งเดียว

แนวคิดและหลักการของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล
กรณีมีตัวแปรสามชุด

เมื่อมีตัวแปรจำนวนสามชุด และเพื่อต้องการหาความสัมพันธ์ของชุดตัวแปรเหล่านั้น มีวิธีการดังนี้ (Takeuchi ; Yanai ; & Mukherjee.1982)

1) Method of Projection

ขั้นแรกอภิปรายวิธีการใช้หลักการ Geometrical ซึ่งมีตัวแปรสามชุด คือ X , Y , Z และแทนโดย ω_X, ω_Y , ω_Z ตามลำดับ ซึ่งสมมติว่าชุดของเวกเตอร์ของแต่ละ X , Y , Z เป็นอิสระอย่างเชิงเส้น (Linearly Independent) ให้ $g_X = Xa$, $g_Y = Yb$ และ $g_Z = Zc$ ซึ่งเราจะหาน้ำหนักเวกเตอร์ a, b และ c โดยความสัมพันธ์ระหว่างกันของ g_X , g_Y และ g_Z ทำให้มีค่าสูงสุดเท่าที่เป็นไปได้ เราจะทำการ Projection ของผลรวมของสามคู่ ของ g_X , g_Y และ g_Z ลงบนพื้นที่ว่างของตัวแปรชุดที่สามที่ต้องเท่ากับองค์ประกอบ (Component) ซึ่งมีสามแนวทางสำหรับการจัดกลุ่ม X , Y และ Z เข้าไปในสองกลุ่ม เช่น (1) X และ (Y,Z) (2) Y และ (X,Z) (3) Z และ (X,Y) โดยให้ยูเนี่ยน (Union) ของ ω_Y และ ω_Z ถูกกำหนดเป็น $\omega_{Y \cup Z}$ ซึ่ง Projection ของ Linear Composite Vector ของ Y และ Z แทนโดย $Yb + Zc$ บน ω_X คือ $P_X(Yb+Zc)$ โดยมีเงื่อนไขว่า

$$a'C_{XX}a = b'C_{YY}b = c'C_{ZZ}c = 1$$

เรามี $P_X(Yb+Zc) = \lambda_1 Xa$

เมื่อ λ_1 คือ ค่าคงที่ ในทางเดียวกัน การ Projecting $(Xa + Zc)$ บน ω_Y และ projecting $(Xa+Yb)$ บน ω_Z ตามลำดับ เราได้

$$P_Y(Xa+Zc) = \lambda_2 Yb \text{ และ } P_Z(Xa+Yb) = \lambda_3 Zc$$

ดังนั้นเรามีสมการสามชุด ที่ต้องการหาค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า a , b , c , $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$

$$C_{XY}b + C_{XZ}c = \lambda_1 C_{XX}a$$

$$C_{YX}a + C_{YZ}c = \lambda_2 C_{YY}b$$

$$C_{ZX}a + C_{ZY}b = \lambda_3 C_{ZZ}c$$

ในลำดับฟอร์มเวกเตอร์ Xa, Yb และ Zc เป็นชุดเวกเตอร์ทั้งสาม ซึ่งแต่ละชุด คือ การ projection ของผลรวมของสองชุดอื่นๆ นอกจากนั้นสมการทั้งสามต้องทำพร้อมๆกัน

2) Maximization of the Sum of Correlation Coefficients

เราสามารถพัฒนาสมการข้างบนทั้งสามสมการ โดยการทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรสามองค์ประกอบมีค่าสูงสุด เราแทนตัวแปรสามองค์ประกอบ โดย $g_1 = X_1a_1$, $g_2 = X_2a_2$ และ $g_3 = X_3a_3$ ดังนั้นเราอาจจะทำจำนวนให้สูงสุดโดย

$$\begin{aligned} Q &= r_{g_1g_2} + r_{g_2g_3} + r_{g_1g_3} \\ &= \frac{1}{N}(X_1a_1, X_2a_2) + \frac{1}{N}(X_2a_2, X_3a_3) + \frac{1}{N}(X_1a_1, X_3a_3) \\ &= a_1'C_{12}a_2 + a_2'C_{23}a_3 + a_1'C_{13}a_3 \end{aligned}$$

การทำให้ Q สูงสุด ภายใต้ข้อบังคับว่า

$$a_1'C_{11}a_1 = a_2'C_{22}a_2 = a_3'C_{33}a_3 = 1$$

เรา Differentiate the Lagrangean Form

$$f(a_1, a_2, a_3, \nu_1, \nu_2, \nu_3) = Q - \frac{\nu_1}{2}\left(a_1'C_{11}a_1 - 1\right) - \frac{\nu_2}{2}\left(a_2'C_{22}a_2 - 1\right) - \frac{\nu_3}{2}\left(a_3'C_{33}a_3 - 1\right)$$

ด้วยความสัมพันธ์กับ a_1 , a_2 และ a_3 และชุดผลลัพธ์เท่ากับศูนย์ เราจะได้

$$C_{12}a_1 + C_{13}a_3 = \nu_1 C_{11}a_1$$

$$C_{21}a_1 + C_{23}a_3 = \nu_2 C_{22}a_2$$

$$C_{31}a_1 + C_{32}a_2 = \nu_3 C_{33}a_3$$

ซึ่งเท่าเทียมกับสมการทั้งสามสมการข้างบนที่กล่าวมาแล้ว การเพิ่ม a_1' , a_2' , a'_3 ตามลำดับในสมการ เราจะได้

$$\nu_1 = a_1'C_{12}a_2 + a_1'C_{13}a_3 = r_{g_1g_2} + r_{g_1g_3}$$
$$\nu_2 = a_2'C_{21}a_1 + a_2'C_{23}a_3 = r_{g_2g_1} + r_{g_2g_3}$$
$$\nu_3 = a_3'C_{31}a_1 + a_3'C_{32}a_2 = r_{g_3g_1} + r_{g_3g_2}$$

ซึ่งนำไปสู่ $Q = \frac{1}{2}(\nu_1 + \nu_2 + \nu_3)$ นอกจากนั้นการเพิ่ม $C_{11}a_1, C_{22}a_2$ และ $C_{33}a_3$ ของสมการทั้งสามดังกล่าว เราสามารถเปลี่ยนรูปสมการเข้าไปในเมทริกซ์

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1+\nu_1)C_{11} & 0 & 0 \\ 0 & (1+\nu_2)C_{22} & 0 \\ 0 & 0 & (1+\nu_3)C_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$$

การคำนวณซ้ำๆกัน คือ สิ่งจำเป็นสำหรับการหาค่า a_1 , a_2 และ a_3 โดย

1) ประมาณค่าเริ่มต้นของ a_1 , a_2 และ a_3 โดย $a_{1(1)}$, $a_{2(1)}$ และ $a_{3(1)}$
2) คำนวณ $d_{i(k)} = C_{i1}a_{1(k)} + C_{i2}a_{2(k)} + C_{i3}a_{3(k)}$ $(k = 1, \ldots,)$
3) คำนวณ $V_{ik} = \sqrt{a_{i(k)}d_{i(k)}} - 1$
4) คำนวณ $a_{i(k+1)} = C_{ii}^{-1}d_{i(k)} / (V_{i(k)} + 1)$

เราอาจจะทำซ้ำสามขั้นตอนจาก (2) ถึง (4) จนค่าของ a_k และ a_{k+1} คงที่ เช่น ทำซ้ำจนกระทั่ง $\left\| a_{i(k)} - a_{i(k+1)} \right\| < \varepsilon$ คือสิ่งที่ได้มา

การพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์สำหรับ Convergence ของกระบวนการทำซ้ำไม่ถูกสร้าง แต่ประสบการณ์ด้วยจำนวนของกรณีตัวอย่างมีการระบุว่า Convergence ของมันที่น้อยที่สุด เมื่อค่าเริ่มต้นถูกเลือกอย่างเหมาะสม

เห็นได้ชัดว่าวิธีการแก้เดียวกันสามารถได้มาโดยการทำให้เป็นค่าสูงสุดของ

$$\hat{Q} = 2Q + a_1'C_{11}a_1 + a_2'C_{22}a_2 + a_3'C_{33}a_3$$

แทนที่การทำให้ค่า Q สูงสุด วาง $U_3 = (X_1, X_2, X_3)$ และให้ f_3 เป็น Composite Vector นิยามโดย

$$f_3 = U_3\alpha_3 = X_1a_1 + X_2a_2 + X_3a_3$$

ทำให้ความแปรปรวนของ f_3 คือ

$$S^3f_3 = \frac{1}{N}\left\| U_3\alpha_3 \right\|^2 = \frac{1}{N}\alpha_3'U_3'U_3\alpha_4 = \alpha_3'C_3\alpha_3 = \alpha$$

เมื่อ

$$C_3 = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \text{ และ } \alpha_3 = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$$

การนำเสนอเมทริกซ์ของสามเงื่อนไข เรานำเสนอ supermatrices

$$D_{C_3} = \begin{bmatrix} C_{11} & 0 & 0 \\ 0 & C_{22} & 0 \\ 0 & 0 & C_{33} \end{bmatrix} \text{ และ } D_{\alpha_3} = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 \\ 0 & a_2 & 0 \\ 0 & 0 & a_3 \end{bmatrix}$$

$$(p+q+r, p+q+r) \qquad\qquad (p+q+r, 3)$$

โดยการใช้เมทริกซ์นี้ เราสามารถทำผ่านเงื่อนไขข้อบังคับจะได้

$$D_{\alpha'_3} D_{C_3} D_{\alpha_3} = I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ให้นิยาม Lagrange Form เป็น

$$f(\alpha_3, {}_3\lambda) = \alpha'_3 C_3 \alpha_3 - l'_3 (D\alpha_3 D_{C_3} D_{\alpha_3} - I_3) D_3 l_3$$

เมื่อ

$$D_{{}_3\lambda} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} \text{ และ } D_3\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix}$$

การ differentiate ฟังก์ชันนี้ด้วย α_3 และการจัดให้ derivative ให้เป็น 0 เราได้มา

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \alpha_3} = C_3\alpha_3 - D_{C_3} D_{\alpha_3} D_{{}_3\lambda} l_3 = 0$$

ซึ่งเท่าเทียมกับ สมการดังที่กล่าวมา การเพิ่ม α'_3 ในสมการนี้จะให้ผล

$$\alpha'_3 C_3 \alpha_3 = \alpha'_3 D_{C_3} D_{\alpha_3} D_{{}_3\lambda} l_3 = l'_3 D_{\alpha_3} D_{C_3} D_{\alpha_3} D_{{}_3\lambda} l_3$$

$$= l'_3 D_{{}_3\lambda} l_3 = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$$

จาก $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \geq 0$ คือสิ่งที่ถูกสร้างขึ้น เมื่อเมทริกซ์ C_3 คือ Nonnegative ซึ่งแต่ละ

λ_1 , λ_2 และ λ_3 อาจจะไม่เป็นบวกเสมอไป

ภายหลัง $f_1 = X_1a_1$, $f_2 = X_2a_2$ และ $f_3 = X_3a_3$ คือสิ่งที่ได้มา เราสามารถดัดแปลง Residual Matrix ของ X_1 เป็น

$$\tilde{X}_1 = P_{\underset{f}{\bar{1}}} X_i = X_i - f_i(f_i'f_i)^{-1} f_i'X_i = X_i \ldots X_i a_i a_i' C_{ii} \quad \text{สำหรับ } i = 1 , \ldots ,3$$

Residual Covariance Matrix ภายหลัง Covariation ถูกอธิบายโดยชุดแรกของตัวแปรคาโนนิคอล คือ

$$C_3 = \frac{1}{N}\begin{pmatrix} X_1'P_{\underset{f_1}{\bar{1}}}X_1 & X_1'P_{\underset{f_1}{\bar{1}}}P_{\underset{f_2}{\bar{1}}}X_2 & X_1'P_{\underset{f_1}{\bar{1}}}P_{\underset{f_3}{\bar{1}}}X_3 \\ X_2'P_{\underset{f_2}{\bar{1}}}P_{\underset{f_1}{\bar{1}}}X_1 & X_2'P_{\underset{f_2}{\bar{1}}}X_2 & X_2'P_{\underset{f_2}{\bar{1}}}P_{\underset{f_3}{\bar{1}}}X_3 \\ X_3'P_{\underset{f_3}{\bar{1}}}P_{\underset{f_1}{\bar{1}}}X_1 & X_3'P_{\underset{f_3}{\bar{1}}}P_{\underset{f_2}{\bar{1}}}X_2 & X_3'P_{\underset{f_3}{\bar{1}}}X_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{C}_{11} & \hat{C}_{12} & \hat{C}_{13} \\ \hat{C}_{21} & \hat{C}_{22} & \hat{C}_{23} \\ \hat{C}_{31} & \hat{C}_{32} & \hat{C}_{33} \end{pmatrix}$$

เมื่อ $\hat{C}_{ij} = C_{jj} - C_{jj}a_ja_j'C_{ji}$

และ $\hat{C}_{ji} = C_{ji} - C_{ji}a_ia_i'C_{ii} - C_{jj}a_ja_j'C_{ji} + C_{jj}a_j(a_j'C_{ji}a_i)a_i'C_{ii}$

การได้มาของ Canonical Vector ลำดับสอง เราคำนวณ Weighting Vector α_3 อันดับสอง โดยการแทน C_{ji} ในสมการบน ด้วย $\hat{C}_{ji}$ และในทางเดียวกัน Weighting Vector α_3 อันดับสาม และอันดับสี่ คำนวณเหมือนกัน

กรณีมีตัวแปรมากกว่าสามชุด

วิธีของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลสำหรับตัวแปรสามชุดได้แนะนำในเนื้อหาก่อนหน้านี้ แต่ถ้ามีตัวแปรมากกว่าสามชุด สามารถทำได้ดังนี้ (Takeuchi ; Yanai ; & Mukherjee.1982)

U_3 , C_3 , D_{C_3} , α_3 ,D_{α_3} ,λ_3 และ D_3 เราได้แนะนำใน section ก่อน ต่อจากนี้เรานิยาม U_m , C_m , D_{C_m} , α_m ,D_{α_m} ,λ_m และ $D_{m\lambda}$ เป็น

$$U_m = (X_1, X_2, \ldots, X_m)$$

$$C_m = \frac{1}{N}U'_m U_m = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1m} \\ C_{21} & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ C_{m1} & \cdots & \cdots & C_{mm} \end{bmatrix}$$

$$D_{C_m} = \begin{bmatrix} C_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & C_{22} & & 0 \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \cdots & C_{mm} \end{bmatrix}$$

$$\alpha_m = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} \qquad D_{\alpha_m} = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_2 & & 0 \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \cdots & a_m \end{bmatrix}$$

$$\lambda_m = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_m \end{bmatrix} \qquad D_{m\lambda} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & & 0 \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \cdots & \lambda_m \end{bmatrix}$$

เราทำให้มีค่าสูงสุด $Q_m = \frac{1}{N}\alpha'_m U'_m U_m \alpha_m = \alpha'_m C_m \alpha_m$ subject to

$$a'_1 C_{11} a_1 = a'_2 C_{22} a_2 = \cdots = a'_m C_{mm} a_m = 1$$

ซึ่งเสนอเป็น $D'_{\alpha_m} D_{C_m} D_{\alpha_m} = I_m$ จากนั้นเรา Differentiate ด้วย α_m ของฟังก์ชัน

$$f(\alpha_m, \lambda_m) = (\alpha_m)' C_m \alpha_m - I'_m \left[D'_{m\alpha} D_{C_m} D_{\alpha m} - I_m \right] D_{m\lambda} I_m$$

และจัดให้ Derivatives เป็น 0 เราจะได้

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial \alpha_m} = C_m \alpha_m - D_{C_m} D_{\alpha_m} D_{m\lambda} I_m = 0$$ ซึ่งสอดคล้องกับสมการข้างบน

ซึ่งสมการข้างบนสามารถทำผ่านเป็น

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1m} \\ C_{21} & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ C_{m1} & \cdots & \cdots & C_{mm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 C_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_2 C_{22} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \cdots & \lambda_m C_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix}$$

ในกรณีเมื่อ m = 3 การเพิ่มของ D_{X_m} ให้ผล

$$\begin{aligned} D'_{\alpha_m} C_m \alpha_m &= D'_{\alpha_m} D_{C_m} D_{\alpha_m} D_{m\lambda} I_m \\ &= [D'_{\alpha_m} D_{C_m} D_{\alpha_m}]\, D_{m\lambda} I_m = I_m D_{m\lambda} I_m = \lambda_m \end{aligned}$$

นำไปสู่

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \rho_{11} + \rho_{12} + \rho_{13} + \ldots + \rho_{1m} \\ \lambda_2 &= \rho_{21} + \rho_{22} + \rho_{23} + \ldots + \rho_{2m} \\ \ldots &= \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \\ \lambda_m &= \rho_{m1} + \rho_{m2} + \rho_{m3} + \ldots + \rho_{mm} \end{aligned}$$

เมื่อ $\rho_{ij} = a'_i C_{ij} a_j$ คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง

$$f_i = X_i a_i \quad \text{และ} \quad f_j = X_j a_j$$

ดังนั้นเรามี $\displaystyle\sum_{i=1}^{m} \lambda_i = \sum_{i,j} \rho_{ij}$

เมื่อ $D_{\alpha_m} I_m = I_m$

ความแปรปรวนของผลรวมของตัวแปรคาโนนิคอล $f_m = X_1a_1 + X_2a_2 + \ldots + X_ma_m$ คือ

$$\begin{aligned} s^2_{f_m} &= \frac{1}{N} \left\| U_m \alpha_m \right\|^2 \\ &= \frac{1}{N} \alpha'_m U'_m U_m \alpha_m \\ &= \alpha'_m C_m \alpha_m \\ &= I'_m D'_{\alpha_m} C_m \alpha_m = I'_m \lambda_m = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i = \sum_{i=1}^{m} \sum_{i=1}^{m} \rho_{ij} \end{aligned}$$

ซึ่งแนะนำว่าต้องทำให้ $S_{f_m}^2$ มีค่าสูงสุด ซึ่งมันจะมีค่าเทียบเท่ากับการทำให้สูงสุดของ Sum of All the Correlation ระหว่างคู่ของตัวแปรคาโนนิคอล

เราบันทึกว่าสมการดังกล่าว คือ ความแตกต่างจากฟอร์มทั่วไปของ Eigenequation เพราะ λ_i อาจจะมีค่าแตกต่างกัน ถ้าเราบังคับว่า

$$a_1'C_{11}a_1 + a_2'C_{22}a_2 + \cdots + a_m'C_{mm}a_m = 1$$

แทนที่สมการข้างบนทำให้เรามี $\lambda_1 = \lambda_2 = \ldots = \lambda_m = \lambda$ การวาง $A = C_m$ และ $B = D_{C_m}$

ในสมการนี้เราได้

$$A_{\alpha_m} = \lambda B_{\alpha_m}$$

เมื่อ ρ_{ij} ทำเป็นค่าลบ sum of all ρ_{ij} อาจไม่จำเป็นต้องใช้เป็นเกณฑ์ เราอาจใช้เกณฑ์นี้ได้

$$Q_m = \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m}\rho_{ij}^2$$

ซึ่งก็คือ Sum of the Squared Canonical Correlations เราต้องทำให้ค่า Q_m มีค่าสูงสุด เรา differentiate ด้วย $a_1, a_2, \ldots, a_m$

$$f(\alpha_m, {}_m\lambda) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m}\rho_{ij}^2 - I_m'\left[D_{m\alpha}' D_{C_m} D_{\alpha m} - I_m\right] D_{m\lambda} I_m$$

เราสังเกตว่า

$$\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m}\rho_{ij}^2 = \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m}(a_j'C_{ji}a_i)^2$$

ซึ่งมันตามด้วยการแก้ของ a_1 เป็น

$$\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial a}\sum_{i=1}^{m}(a_j'C_{ji}a_i)C_{ji}a_i - \lambda_j C_{ji}a_j = 0$$

ซึ่งทำผ่านในเทอมของเมทริกซ์เป็น

$$\begin{bmatrix} C_{11} & \rho_{12}C_{12} & \cdots & \rho_{1m}C_{1m} \\ \rho_{21}C_{21} & C_{22} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \rho_{m1}C_{m1} & \cdots & \cdots & C_{mm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \lambda_1 C_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_2 C_{22} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \cdots & \lambda_m C_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix}$$

เมื่อ $\rho_{ij} = a_i'C_{ij}a_j$ เทอมทางซ้ายมือประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า ρ_{ij} ซึ่งเราต้องทำการประมาณค่า ρ_{ij} โดยการใช้ค่าประมาณค่าเริ่มต้นของ a_1 , a_2 ,… , a_m ทำให้เราสามารถประยุกต์ใช้ในวิธีการทำซ้ำใกล้เคียงกับสมการที่กล่าวมาในตอนแรก

ถ้าเราต้องการดึงตัวแปรออกจากชุดตัวแปร X_1 , X_2 ,… , X_m ทำให้เราต้องทำค่าต่อไปนี้ให้มีค่าสูงสุด

$$Q = \sum_{i<j} tr(\rho x_i A_i, \rho x_j A_j)$$

Multiset Canonical Correlation Analysis (MCCA) **ตามแนวความคิดของมาเล็ทติและเออร์สบอล** (Maletti :& Ersboll.2004)

MCCA เกิดจากการขยายพื้นฐานทฤษฎี CCA ที่พัฒนาโดย Hotelling ให้ n ชุดของตัวแปรสุ่ม X_1 , X_2 , … , X_n กับมิติ m_1 ,m_2 , …, m_n ($m_1 \leq m_2 \leq \ldots \leq m_n$) โดยเริ่มแรก MCCA หาตัวแปร $U^T = [U_1, U_2, ..., U_n]$ ให้โดย (Maletti ; & Ersboll.2004)

$$\begin{aligned} U_1 &= a_1^T X_1 , & V\{U_1\} &= a_1^T \textstyle\sum_{11} a_1 \\ U_2 &= a_2^T X_2 , & V\{U_2\} &= a_2^T \textstyle\sum_{22} a_2 \\ \ldots & \quad \ldots & \ldots & \quad \ldots \\ U_n &= a_n^T X_n , & V\{U_n\} &= a_n^T \textstyle\sum_{nn} a_n \end{aligned}$$

ด้วยเมทริกซ์การกระจาย

$$\sum U = \begin{bmatrix} a_1^T \sum_{11} a_1 & a_1^T \sum_{12} a_2 \dots & a_1^T \sum_{1n} a_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_n^T \sum_{n1} a_1 & a_n^T \sum_{n2} a_2 \dots & a_n^T \sum_{nn} a_n \end{bmatrix}$$

เมื่อ $\sum_{ij} = Cov(X_i, X_j)$ และ $Cov(U_i, U_j) = a_i^T \sum_{ij} a_j$ ตัวแปรนี้ U_1 ,…, U_n ถูกเลือกตามเทอมของความแปรปรวนร่วมคือการกำหนดโดยการทำให้มีค่าสุดของ $\sum U$:

1) การทำให้ผลรวมของ Element มีค่าสูงสุด

$$\max(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_i^T \sum_{ij} a_j) \qquad \text{(SUMCOR)}$$

2) การทำให้ Sum of Square element มีค่าสูงสุด

$$\max[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} (a_i^T \sum_{ij} a_j)^2] \qquad \text{(SSQCOR)}$$

3) การทำให้ Eigenvalue ที่ใหญ่สุดมีค่าสูงสุด (MAXVAR)

4) การทำให้ Eigenvalue ที่น้อยสุดมีค่าน้อยสุด (MINVAR)

5) การทำให้ Determinant มีค่าน้อยสุด

$$\min(\det \sum U) \qquad \text{(GENVAR)}$$

เมื่อ n = 2 ถ้าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ใช้แทนที่ Covariance Matrix การวัดนี้จะเท่ากับ CCA

โดยปกติข้อบังคับ คือ การประยุกต์ใช้กับการวัดนี้เพื่อเป้าหมายให้การแปลความได้ง่ายขึ้น ข้อบังคับ 2 ข้อ ที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ

1) the Projection Vectors คือ Unit Vector ภายในแต่ละชุด : $a_i^T a_i = 1$

2) ความแปรปรวนของตัวแปรใหม่เท่ากับ 1

$$V(U_{i)} = a_i^T \sum_{ii} a_i = I$$

ตัวแปรหามาได้โดยหนึ่งในวิธีการที่ให้มีค่าสุดในห้าวิธี ซึ่งเรียกว่า The First Order Canonical Variable โดย Kettenring แนะว่าการขยายของ The First Order set ทำให้สูงกว่า Order Canonical Sets ถ้า U^1 , … ,U^{S-1} เป็น The First s-1 Canonical Set และแนวทางหนึ่งที่ทำให้ง่ายของการได้ U^S Canonical Set คือ การใช้เกณฑ์สุดในห้าเกณฑ์ ตามข้อจำกัด

$$corr\{U_j^i, U_j^s\} = 0 \quad (i = 1,\dots, s-1;\ j = 1,\dots, m)$$

Multiple set canonical correlation analysis ตามแนวความคิดของ เชน,ชาง และแพททริค (Chen ; Chang ; & Patrick.1994)

มากกว่าหลักการของ CCA สามารถประยุกต์ใช้กับ multiple set ของข้อมูล รูปแบบของ CC สำหรับข้อมูลหลายชุดจะเรียกว่า Multiple Set Canonical Component (MCC) เราสมมติว่า X เป็นข้อมูลที่เป็นโค้งปกติเพื่อทำให้ง่ายและจะ derive MCCA สำหรับสามลักษณะข้อมูล (X , Y , Z) เช่น ตัวอย่างเมื่อมีสาม correlation coefficients (r_{ST} , r_{TW} , r_{WS}) ระหว่างสามองค์ประกอบ จำนวนเกณฑ์ที่ทำให้สุดอยู่บนพื้นฐานฟังก์ชันที่แตกต่างกันของสามสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ ซึ่งหมายถึงว่าวิธีแก้แตกต่างกันสามารถให้ผลจากเกณฑ์ที่แตกต่างกันได้ การทำให้มีค่าสุดประกอบด้วย *การทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าสูงสุด (MAXSCC)* และ*การทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสองมีค่าสูงสุด (MAXSSQ)* สำหรับข้อมูลที่มากกว่าสองชุด เกณฑ์ที่ต่างกันนำไปสู่ Canonical Component ที่แตกต่างกัน ถ้า Canonical Correlation สูงจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างวิธีการแก้ต่างๆเพียงเล็กน้อย (Chen ; Chang ; & Patrick.1994)

ในกรณีข้อมูลหลายชุด สิ่งที่เกี่ยวข้องของ H มันซับซ้อนต่อปัญหาการทำให้มีค่าสุด ตัวอย่างการทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหมดมีค่าสูงสุด

$$MAXSCC = HAV_{XY}B^TH^T + HBV_{YZ}C^TH^T + HCV_{ZX}A^TH^T$$

การหา A ,B และ C เราต้องทำด้วย ($N_X + N_Y + N_Z$) Linear Equation หรือ Covariance Supermatrix ของมิติ $(N_X + N_Y + N_Z)^2$ และบรรจุ Covariance Submatrices ระหว่างคู่ของข้อมูลทั้งหมดที่เป็นไปได้

การหลีกเลี่ยงความยากในการใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในฐานะที่เป็นเกณฑ์ที่ให้มีค่าสุด ยังมีเกณฑ์อื่นที่ใช้ Eigenvalues ของ Canonical Correlation Supermatrix เช่น เกณฑ์ของ *MAXMAX (MAXVAR) คือ การทำให้ The Largest Eigenvalue มีค่าสูงสุด* เกณฑ์ *MINMIN (MINVAR) คือการทำให้ The Smallest Eigenvalue มีค่าต่ำสุด* และเกณฑ์ *MAXDET คือการทำให้ Determinant ของ Supermatrix มีค่าสูงสุด*

การหลีกเลี่ยงปัญหาอื่น เราเสนอแนะวิธีที่ไม่เกี่ยวข้องกับ Supermatrix ถ้าเรามีผลรวมของข้อมูล L ชุด,สำหรับแต่ละคู่เมทริกซ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลคือ $W_{ij} = A_iV_{ij}A_j^T$ เมื่อ A คือ Transformation Matrix จากข้อมูลถึง Canonical Components และ V_{ij} คือ เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างสองชุด (i และ j) ถ้าสหสัมพันธ์ทั้งหมดใช้ค้นหารูปร่างโครงสร้าง, a ต่ำสุดของ L-1 Canonical Correlation Matrices การหา A_1 เรานิยามได้

$$D = W_{1,2}W_{2,3}\dots W_{L-1,L}$$

ถ้าข้อมูลสมบูรณ์ เช่นประกอบด้วย Orthogonal Motion Systems เท่านั้น ทำให้แต่ละอันของ L-1 Canonical Correlation Matrices บนด้านขวามือของสมการจะเป็น Diagonal Matrix มันตามด้วย D และจากนั้น DD^T จะเป็น Diagonal Matrix ในกรณี Diagonalizing DD^T เท่าเทียมกับการทำให้ Product of Canonical Correlation Coefficients สูงสุด และผลเหมือนกับวิธีอื่นของ Supermatrix เช่น MAXSCC หรือ MAXSSQ เราสามารถใช้ Diagonalization ของ DD^T ในฐานะที่เป็นเกณฑ์การทำให้มีค่าสุดของการหา Multiple Set Canonical Correlation Components

การทำให้สุดอยู่บนพื้นฐานเกณฑ์ (a) The Product of the Corrlation Matrices หรือเกณฑ์ (b) The Squared Product of the Correlation Matrices ซึ่งเกณฑ์ a) จะใช้เมื่อ Weighting Function ทั้งหมดของ field อื่นหายไปในสมการการทำให้สุด ; ถ้าไม่เป็นเช่นนั้น เกณฑ์ b) จะถูกใช้ เช่นเราต้องการหาสหสัมพันธ์ที่ดีสุดระหว่าง X และ Y ระหว่าง Y และ Z และระหว่าง Z และ X สำหรับตัวแปร X เราต้องการทำให้ $V_{ST}V_{TW}V_{WS}$ เหมาะสมที่สุด ซึ่งสามารถเขียนเป็น

$$V_{ST}V_{TW}V_{WS} = AV_{XY}B^TBV_{YZ}C^TCV_{ZX}A^T$$
$$= A(V_{XY}V_{YZ}V_{ZX})A^T$$

เมื่อ $AA^T = BB^T = CC^T = I$ transformation matrix A คือวิธีแก้ของ

$$A(V_{XY}V_{YZ}V_{ZX} - \Lambda)A^T = 0$$

ในทางเดียวกับ B และ C สามารถหามาได้โดยการแก้

$$B(V_{YZ}V_{ZX}V_{XY} - \Lambda)B^T = 0$$

และ

$$C(V_{ZX}V_{XY}V_{YZ} - \Lambda)C^T = 0$$

อันดับสูงสุดของสมการนี้ คือ N_X , N_Y และ N_Z ตามลำดับ มีกรณีใน Weighting Functions ของ field อื่นไม่หายไปอย่างสมบูรณ์ สำหรับตัวอย่างเราอาจจะต้องการสหสัมพันธ์ที่ดีสุดระหว่าง X และ Y ระหว่าง Y และ Z เท่านั้น (เช่นประกอบด้วย ระหว่าง Z และ X ในกรณีเกณฑ์ b)The Squared Product of Correlation Matrices $(V_{ST}V_{TW})(V_{ST}V_{TW})^T$ จะใช้เป็นเกณฑ์ที่ดีสุด The Transformation Matrices A ,B และ C แก้โดย

$$A(V_{XY}V_{YZ}V_{ZY}V_{YX} - \Lambda)A^T = 0$$
$$B(V_{YZ}V_{ZX}V_{YX}V_{XY} - \Lambda)B^T = 0$$
$$C(V_{ZY}V_{YX}V_{XY}V_{YZ} - \Lambda)C^T = 0$$

เกณฑ์การทำให้มีค่าสุดของ MCCA อาจจะใช้ SVD (Singular – Value Decomposition Analysis) ขยายการประยุกต์ใช้กับข้อมูลหลายชุด เราเรียกว่า MAVD (multiple set SVD) ในกรณีนี้แทนที่ Correlation Matrices Nonnormalized Variables X, Y และ Z และ Covariance Matrices ถูก

นำมาใช้ การยกเลิกของ Weighting Function ใน Optimization Equation จะยังคงเท่าเดิม อย่างไรก็ตาม ในการใช้ MSVDs การตรวจสอบที่เหมาะสมของ The Largest Residual Covariance สำคัญมากกว่าในการตรวจ LRC ใน MCCs The Largest Residual Covariances มีความสำคัญมากเมื่อเทียบกับความแปรปรวน The Small Residual Covariances อาจจะไม่มีนัยสำคัญเมื่ออันใดอันหนึ่งของ Corresponding Variances มันน้อย การทำให้มีค่าสุดของ Product of Covariance Matrices ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับ Scaling ที่แตกต่างกันอาจจะเพิ่มความกำกวมมากต่อเป้าหมายของการใช้ MSVD

เทคนิคการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

ถ้าต้องการศึกษาข้อมูลที่มีชุดตัวแปรทั้งหมดสามชุด สามารถสรุปสูตรการคำนวณได้ดังนี้

1. **เทคนิค** SUMCOR (Horst.1961)

เมื่อให้ข้อมูลสามชุด ทำให้อยู่ในรูปเมทริกซ์

$$X = (x_{ki}) \quad , \quad k = 1 ,\dots , l ; i = 1 ,\dots, n$$
$$Y = (y_{kj}) \quad , \quad k = 1 ,\dots , l ; j = 1 ,\dots, m$$
$$Z = (z_{kt}) \quad , \quad k = 1 ,\dots , l ; t = 1 ,\dots, T \qquad 1)$$

ในการดำเนินการนั้นข้อมูลแต่ละชุดประกอบด้วยกลุ่มตัวแปร คือ X มี n ตัวแปร, Y มี m ตัวแปร และ Z มี T ตัวแปร โดยกำหนดคะแนนข้อมูล 3 ชุด ดังนี้

$$\xi = Xa \quad , \quad \eta = Yb \quad , \quad \theta = Zc \qquad 2)$$

เมื่อ a , b และ c คือ $(n\times1)$, $(m\times1)$ และ $(T\times1)$ เวกเตอร์ของน้ำหนักพารามิเตอร์ ส่วนเวกเตอร์ของคะแนน คือ $(l\times1)$ สามารถแปลผลเป็นค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแต่ละเมทริกซ์ (ชุดของตัวแปร) เราหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล X, Y และ Z โดยวิธีการของหาค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ξ, η และ θ นั่นคือ จะกล่าวได้ว่า ความสัมพันธ์ของ X และ Y (หรือ Z) จะสูง ถ้า ξ และ η หรือ (θ) มีความสัมพันธ์สูง

สำหรับข้อมูลสองชุด สามารถหาสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่าง X และ Y ได้โดย ความสัมพันธ์ของคู่ตัวแปรคาโนนิคอลที่ทำให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลสูงสุด

$$\rho = \frac{\xi'\eta}{[(\xi'\xi)(\eta'\eta)]^{1/2}} = \frac{a'C_{xy}b}{[(a'C_{xx}a)(b'C_{yy}b)]^{1/2}}$$

เมื่อให้ $C_{xy} = X'Y$, $C_{xx} = X'X$ และ $C_{yy} = Y'Y$ โดยมีข้อบังคับว่า $\xi'\xi = 1$, $\eta'\eta = 1$

ในทางเดียวกันเมื่อข้อมูลเป็นสามชุด จะดำเนินการคล้ายกับข้อมูลสองชุด คือ *ให้ ρ เป็นผลรวมของสหสัมพันธ์ทั้งสามชุดที่ทำให้ค่า ρ สูงสุด* นั่นคือ

$$\rho = \frac{\xi'\eta}{[(\xi'\xi)(\eta'\eta)]^{1/2}} + \frac{\xi'\theta}{[(\xi'\xi)(\theta'\theta)]^{1/2}} + \frac{\eta'\theta}{[(\eta'\eta)(\theta'\theta)]^{1/2}} \quad 3)$$

โดยมีข้อบังคับว่า $\xi'\xi = 1$, $\eta'\eta = 1$ และ $\theta'\theta = 1$ 4)

โดย Lagrange Function ในกรณีนี้คือ

$$L = \xi'\eta + \xi'\theta + \eta'\theta - \frac{\lambda}{2}(\xi'\xi - 1) - \frac{\mu}{2}(\eta'\eta - 1) - \frac{\nu}{2}(\theta'\theta - 1) \quad 5)$$

The First – Order Condition ทำโดย

$$C_{xy}b + C_{xz}c = \lambda C_{xx}a \quad 6a)$$

$$C_{yx}a + C_{yz}c = \mu C_{yy}b \quad 6b)$$

$$C_{zx}a + C_{zy}b = \nu C_{xx}c \quad 6c)$$

เอา a', b' และ c' คูณทั้ง 2ข้างของสมการ 6a) 6b) และ 6c) ตามลำดับ ให้ผลความสัมพันธ์ระหว่าง Lagrange Multipliers

$$\gamma \equiv \lambda + b'C_{yz}c = \mu + a'C_{yz}c = \nu + a'C_{xy}b \quad 7)$$

เมื่อ $\gamma = a'C_{xy}b + b'C_{yz}c + a'C_{xz}c$ สมการ 7) แทนที่สมการ 6) ได้ Nonlinear Eigenvector Problem

$$\begin{bmatrix} (b'C_{yz}c)C_{xx} & C_{xy} & C_{xz} \\ C_{yx} & (a'C_{xz}c)C_{yy} & C_{yz} \\ C_{zx} & C_{zy} & (a'C_{xy}b)C_{zz} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \gamma \begin{bmatrix} C_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & C_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & C_{zz} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \quad 8)$$

ซึ่ง $\rho_{max} = \gamma_{max}$ ซึ่งถ้าไม่มี Z ก็จะเป็นการวิเคราะห์ CCA หรือเขียนได้อีกอย่างหนึ่งว่า

$$\rho_{max} \equiv \rho_{\xi\eta} + \rho_{\xi\theta} + \rho_{\eta\theta} = \gamma_{max}$$

2. **เทคนิค** SSQCOR (Carroll.1968)

ให้ ρ^2 เป็นผลรวมของสหสัมพันธ์ยกกำลังสองของตัวแปรทั้งสามชุดที่ทำให้ค่า ρ^2 สูงสุด
พิจารณาผลรวมของสหสัมพันธ์ยกกำลังสองระหว่าง ξ, η และ θ ซึ่งได้Lagrange function

$$L = (\xi'\eta)^2 + (\xi'\theta)^2 + (\eta'\theta)^2 - \lambda(\xi'\xi - 1) - \mu(\eta'\eta - 1) - \nu(\theta'\theta - 1) \quad 1)$$

The First-Order Condition ทำได้โดย

$$(a'C_{xy}b)\,C_{xy}b+(a'C_{xx}c)C_{xz}c = \lambda C_{xx}a \quad 2)$$
$$(a'C_{xy}b)\,C_{yx}a+(b'C_{yz}c)C_{yz}c = \mu C_{yy}b$$
$$(a'C_{xx}c)\,C_{zx}a+(b'C_{yz}c)C_{zy}b = \nu C_{xx}c$$

แทนค่าของ Objective Function ที่ค่าสูงสุดของ γ จะได้ค่า

$$\begin{bmatrix} (b'C_{yz}c)^2C_{xx} & (a'C_{xy}b)C_{xy} & (a'C_{xz}c)C_{xz} \\ (a'C_{xy}b)C_{yx} & (a'C_{xz}c)^2C_{yy} & (b'C_{yz}c)C_{yz} \\ (a'C_{xz}c)C_{zx} & (b'C_{yz}c)C_{zy} & (a'C_{xy}b)^2C_{zz} \end{bmatrix}\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}=\gamma\begin{bmatrix} C_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & C_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & C_{zz} \end{bmatrix}\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \quad 3)$$

และ $\rho^2_{max} \equiv \rho^2_{\xi\eta}+\rho^2_{\xi\theta}+\rho^2_{\eta\theta}=\gamma_{max}$

3. **เทคนิค** MAXVAR (Kettenring.1971)

ให้ $X_k \in C^{N\times m_i}$, k =1,…,M เป็น Full-Rank matrices ถ้าเราแทน Canonical Vectors ด้วย h_k และ Canonical Variable แทนด้วย $z_k = X_k h_k$ และ การประมาณ Cross Correlation Matrices เป็น $R_{kl} = X_k^H X_l$ สูตรการประมาณค่าเมื่อข้อมูลมากกว่าสามชุด (M>2)

$$\underset{h_1,\ldots,h_M}{\arg\max}\ \rho=\frac{1}{M(M-1)}\sum_{\substack{k,l=1\\k\neq 1}}^{M} z_k^H z_l=\frac{1}{M(M-1)}\sum_{\substack{k,l=1\\k\neq 1}}^{M} h_k^H R_{kl} h_l \quad 1)$$

$$\text{เมื่อให้}\quad \frac{1}{M}\sum_{k=1}^{M} h_k^H R_{kk} h_k = 1 \quad 2)$$

และแก้โดยวิธีของ Lagrange Multipliers เราได้

$$\frac{1}{M-1}(R-D)h=\rho Dh \quad 3)$$

โดยให้

$$R=\begin{bmatrix} R_{11} & \cdots & R_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & R \end{bmatrix},\ D=\begin{bmatrix} R_{11} & \cdots & O \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & R_{MM} \end{bmatrix} \quad 4)$$

$h=[h_1^T,\ldots,h_M^T]^T$ และ ρ คือ Generalized Canonical Correlation ทำให้หลักการแก้ปัญหาได้มาโดย Eigenvectors ต้องสัมพันธ์กับ The Largest Eigenvalue ของสมการ 3) กล่าวได้ง่ายว่า คือ การทำให้ไอเกนเวกเตอร์อันดับแรกมีค่าความแปรปรวนสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการทำให้

ค่าไอเกนแวลูส์อันดับแรกของเมทริกซ์สหสัมพันธ์มีค่าความแปรปรวนสูงสุดนั่นเอง จึงส่งผลให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลมีค่าสูง เพราะคิดจากค่าไอเกนที่มีค่าสูง

4. **เทคนิค** MINVAR (Kettenring.1971)

มีวิธีการดำเนินการเหมือนกับเทคนิค MAXVAR คือ มีการใช้สูตรการคำนวณเหมือนกัน แต่เทคนิค MINVAR ใช้หลักการแก้ปัญหาได้มาโดย Eigenvectors ต้องสัมพันธ์กับ The Smallest Eigenvalue ของสมการ 3)ใน MAXVAR

$$\underset{h_1,\ldots,h_M}{\operatorname{argmin}}\ \rho = \frac{1}{M(M-1)} \sum_{\substack{k,l=1 \\ k \neq 1}}^{M} z_k^H z_l = \frac{1}{M(M-1)} \sum_{\substack{k,l=1 \\ k \neq 1}}^{M} h_k^H R_{kl} h_l \qquad 1)$$

$$\text{เมื่อให้}\quad \frac{1}{M} \sum_{k=1}^{M} h_k^H R_{kk} h_k = 1 \qquad 2)$$

และแก้โดยวิธีของ Lagrange Multipliers เราได้

$$\frac{1}{M-1}(R-D)h = \rho D h \qquad 3)$$

โดยให้

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & \cdots & R_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & R \end{bmatrix}, D = \begin{bmatrix} R_{11} & \cdots & O \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & R_{MM} \end{bmatrix} \qquad 4)$$

กล่าวได้ง่ายว่า คือ การทำให้ไอเกนเวกเตอร์อันดับแรกมีค่าความแปรปรวนต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับการทำให้ค่าไอเกนแวลูส์อันดับแรกของเมทริกซ์สหสัมพันธ์มีค่าความแปรปรวนต่ำสุดนั่นเอง เทคนิคนี้ให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลมีค่าสูงแต่น้อยกว่าเทคนิค MAXVAR เล็กน้อย เพราะคิดจากค่าไอเกนที่ทำให้ค่าความแปรปรวนต่ำซึ่งจะน้อยกว่าการคิดที่ทำให้ค่าความแปรปรวนสูง

5. GENVAR (Steel.1951)

วิธีการคำนวณด้วย GENVAR คือ การทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนท์ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล (R(Z)) มีค่าต่ำสุด ซึ่งเท่ากับ Product of Eigenvalues โดยสามารถทำได้โดยการใช้สูตรการคำนวณที่ทำให้ค่าดังต่อไปนี้มีค่าต่ำสุด

$$\det\{A_k'(\sum_{l\neq k}\sum_{l'\neq k} H_k' H_l A_l R^{ll'} A_{l'}' H_{l'}' H_k) A_k\}$$

เมื่อ มีข้อตกลงว่า $A_k' H_k' H_k A_k = I$

ให้ $R_{kl} = Z_k' Z_l = A_k' H_k' H_l A_l$

เทคนิคการคำนวณ GENVAR คิดจากการหาค่าดีเทอร์มิแนนท์ที่ให้ค่าต่ำที่สุด แต่ต้องทดลองหาคู่ความสัมพันธ์ที่ทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนท์ที่ต่ำที่สุดไปเรื่อยๆจนกว่าจะได้ค่าต่ำจริงๆ จึงเสียเวลาค่อนข้างมาก

เอกสารที่เกี่ยวกับวิธีการบูตสแทรป

แนวคิดและหลักการทำบูตสแทรป

วิธีการหาตัวประมาณของพารามิเตอร์วิธีนี้เป็นวิธีที่เสนอขึ้นโดย เอฟรอน (Efron.1979) ซึ่งมีแนวคิดมาจากวิธีแจ็คไนฟ์ (Jackknife) ของเคลนูลลี (Queneuille.1956) และตูกี้ (Tukey.1958) วิธีบูตสแทรปนี้เป็นวิธีที่นำมาแก้ปัญหาการไม่สามารถหาค่าประมาณ ในกรณีที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น เช่น เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงที่ไม่เป็นไปตามปกติ และการหาค่าประมาณนั้นทำได้ยาก เช่น การประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นต้น โดยใช้ประโยชน์ของการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์

แนวคิดที่สำคัญของวิธีบูตสแทรป กล่าวว่า ตัวอย่างคือสิ่งที่เราทราบทั้งหมดเกี่ยวกับประชากร การสุ่มตัวอย่างจากตัวอย่างที่เรามีอยู่จะเหมือนกับการสุ่มตัวอย่างจากประชากร และตัวอย่างแต่ละตัวอย่างจะสามารถอธิบายลักษณะประชากรด้วยความน่าจะเป็นที่เท่าๆกัน ซึ่งแนวคิดนี้อาจจะทำให้ได้ข้อสรุปที่ดีเกี่ยวกับลักษณะประชากร โดยที่อาจจะดีมากกว่าการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับประชากร ซึ่งวิธีแบบบูตสแทรปมีหลักเกณฑ์ดังนี้ คือ เราจะให้ตัวอย่างที่ถูกเก็บรวบรวมมาจากประชากรเปรียบเสมือนประชากร แล้วทำการสุ่มตัวอย่างจากตัวอย่างที่มีอยู่แบบใส่คืน (Resampling with Replacement) ด้วยจำนวนครั้ง (Bootstrap Replications) ที่มากเพียงพอ เพื่อสร้างการแจกแจงของตัวสถิติตัวอย่าง (Sampling Distribution) และนำไปใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สนใจ

ในบรรดาวิธีการนอนพาราเมตริกได้มีผู้ศึกษาวิธีประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เมื่อไม่ทราบลักษณะการแจกแจงของประชากร โดยใช้เทคนิคของการสุ่มตัวอย่างซ้ำ ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ได้แก่

- The Jackknife method
- The Bootstrap method
- Subsampling method
- Half-Sampling method

- Delta method
- Balanced Repeated Replication method
- Infinitesimal Jackknife method
- Influence Function Technique method

โดยที่แต่ละวิธีมีแนวความคิดพื้นฐานคล้ายกัน เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลได้แล้วจะทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำ ซึ่งพบว่าวิธีบูตสแทรป เป็นวิธีที่ให้ผลเหมาะสมที่สุด นอกจากนี้วิธีบูตสแทรปสามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์อื่นๆที่สนใจเมื่อไม่ทราบลักษณะการแจกแจงของประชากร

สำหรับตัวอย่างง่ายๆที่อาจจะแสดงเทคนิคของวิธีแบบบูตสแทรปได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น คือ การประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร ถึงแม้ว่าการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรนี้จะคำนวณโดยไม่ต้องใช้วิธีแบบบูตสแทรปก็ตาม แต่ก็จะเป็นตัวอย่างที่ดีที่จะทำให้เข้าใจเทคนิคนี้ได้มาก จากตารางสามารถพิจารณาได้ดังนี้ (Mooney ; & Duval.1993 : 12-13)

ตาราง 1 ตัวอย่างการสุ่มซ้ำแบบใส่คืนด้วยวิธีบูตสแทรป

ลำดับที่	ตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิม (Original Sample)	การสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Resample) 1	2	3	4
1	0.697	-0.270	-1.768	-0.270	-0.152
2	-1.395	0.607	-0.152	-0.152	-1.583
3	1.408	-1.768	-0.270	-1.779	-0.787
4	0.875	0.697	-0.133	2.204	-0.101
5	-2.039	-0.133	-1.395	0.875	-0.914
6	-0.727	0.587	0.587	-0.914	0.697
7	-0.366	-0.016	1.234	-1.779	-0.727
8	2.204	0.179	-0.152	-2.039	-0.727
9	0.179	0.714	-1.395	2.204	-0.787
10	0.261	0.714	1.099	-0.366	-1.779
11	1.099	-0.097	-1.121	0.875	-0.787
12	-0.787	-2.039	-0.787	-0.457	-1.121
13	-0.097	-1.768	-0.016	-1.121	-1.583
14	-1.779	-0.101	0.739	-0.016	-0.914
15	-0.152	1.099	-1.395	-0.270	-1.234

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิม	การสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Resample)			
	(Original Sample)	1	2	3	4
16	-1.768	-0.727	-1.415	-0.914	-1.395
17	-0.956	-1.121	-0.097	-0.860	2.204
18	0.587	-0.097	-0.101	-0.914	-1.779
19	-0.270	2.204	-1.779	-0.457	-0.366
20	-0.101	0.875	-1.121	-0.697	0.875
21	-1.415	-0.016	-0.101	0.179	2.204
22	-0.860	-0.727	-0.914	-0.366	2.204
23	-1.234	1.408	-2.039	0.875	-0.101
24	-0.457	2.204	-0.366	-1.395	-1.121
25	-0.133	-1.779	2.204	-1.234	2.204
26	-1.583	-1.415	-0.016	-1.121	-0.097
27	-0.914	-0.860	-0.457	1.408	-0.914
28	-1.121	-0.860	2.204	0.261	-0.101
29	0.739	-1.121	-0.133	-1.583	0.714
30	0.714	-0.101	0.697	-2.039	0.714
$\overline{X}$	-0.282	-0.121	-0.361	-0.349	-0.325
S.D.	1.039	1.120	1.062	1.147	1.234

พิจารณาจากตาราง 1 เมื่อคอลัมน์สอง แสดงค่า 30 ค่า ที่สร้างจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานโดยวิธีการสุ่ม กล่าวได้ว่าค่าเหล่านี้เป็นตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิม (Original Sample) คอลัมน์ 3-6 แสดงตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืน (Resample) สี่ชุด จากตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิม แถวรองสุดท้ายและแถวสุดท้ายแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละคอลัมน์

สังเกตว่าตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืนแต่ละชุดจะต่างจากตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิมบ้าง กล่าวคือ ไม่มีค่าของตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืนชุดใดๆไม่เคยปรากฏในตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิม แต่ในตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืนของตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิมจะมีค่าบางค่าของตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิม ที่ปรากฏมากกว่าหนึ่งครั้ง และบางค่าจะไม่ปรากฏเลย เช่นในตัวอย่าง (ลำดับที่สอง ในตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิม) สุ่มแบบใส่คืนที่หนึ่ง

ค่า X = -1.395 จะไม่ปรากฏเลย ในทางตรงกันข้ามค่าของ X= -0.860(ลำดับที่ 22 ในตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิม) ปรากฏสองครั้ง ซึ่งแต่ละชุดของตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืนจะสร้างโดยสมาชิกในเซตของตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิม จากที่กล่าวมาแล้วทำให้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละชุดของตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืนจะมีค่าต่างๆกัน และจะมีค่าต่างจากตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิมถึงแม้ว่าค่าอาจจะใกล้เคียงกัน

ถ้าทำการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืนซึ่งเลือกจากตัวอย่างชุดที่มีอยู่เดิม 1,000 ครั้ง และคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืน การแจกแจงของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างสุ่มแบบใส่คืนทั้ง 1,000 ครั้งนี้ เรียกว่าเป็นการประมาณแบบบูตสแทรปของการแจกแจงตัวอย่าง (Sampling Distribution) การแจกแจงของค่าเฉลี่ยของตัวแปรนี้ สำหรับขนาดตัวอย่าง n = 30 จะได้ว่าการแจกแจงแบบบูตสแทรปนี้มีลักษณะเป็นแบบปกติ

ขั้นตอนการประมาณค่าสถิติด้วยวิธีการบูตสแทรป

วิธีการหาตัวประมาณของพารามิเตอร์วิธีนี้มีหลักเกณฑ์ คือ ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจะทำการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน ขนาดเท่ากับจำนวนตัวอย่างหรือข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อสร้างข้อมูลชุดใหม่แล้วนำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สนใจ สำหรับการหาตัวประมาณวิธีนี้สามารถทำได้สามแบบ คือ โดยการคำนวณหาจากสูตร โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล และโดยหาจากการกระจายของอนุกรมเทย์เลอร์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เทคนิคมอนติคาร์โล โดยนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการสุ่มตัวอย่าง (Bootstrap Sampling) นั้นควรจะอยู่ในช่วง 50-200 ครั้งก็เพียงพอที่จะทำให้ได้ตัวประมาณที่ดีโดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้ (Mooney ; & Duval.1993 : 22)

1. สร้างตัวเลขสุ่ม เพื่อนำไปใช้ในการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน
2. จากตัวอย่างที่ได้แต่ละชุด นำมาหาค่าประมาณของพารามิเตอร์หรือค่าตัวสถิติที่สนใจ

วิธีบูตสแทรปเป็นการสุ่มตัวอย่างซ้ำหลายๆครั้ง จากกลุ่มตัวอย่างเดิมมี N สุ่มซ้ำโดยให้มีขนาด n โดยการสุ่มแบบใส่คืน โดยปกติในทางปฏิบัติ n=N ซึ่งทุกๆตัวอย่างบูตสแทรปและตัวอย่างเดิมมีจำนวนเหมือนกัน นี่คือการทำโมเดลที่ส่งผลต่อขนาดตัวอย่างจริงๆ เพราะการสุ่มแบบใส่คืนสำหรับทุกๆการสุ่มซ้ำบางค่าในกลุ่มตัวอย่างเดิมอาจจะมีค่าขาดหายและบางค่าอาจจะเป็นตัวอย่างมากกว่า 1 ครั้ง ผ่านการสุ่มตัวอย่างซ้ำ ซึ่งค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการให้ค่าประมาณคือการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่คัดค้านค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่อยู่บนพื้นฐานข้อตกลงเกี่ยวกับการแจงแจงการสุ่มตัวอย่าง โดยสรุปมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนการประมาณค่าสถิติด้วยวิธีการบูตสแทรป (Fox ; & Scott.1990 : 328-329)

1. สร้างการแจกแจงความน่าจะเป็นของประชากร $\hat{F}(X)$ จากกลุ่มตัวอย่างโดยการแทนที่ความน่าจะเป็น 1/n ที่แต่ละจุด , X_1 , X_2 ,…, X_n นี่คือฟังก์ชันการแจกแจงเชิงประจักษ์ของ X ซึ่งคือ nonparametric maximum likelihood estimate ของฟังก์ชันการแจกแจงประชากร F(X)

2. จากฟังก์ชันการแจกแจงเชิงประจักษ์ของ X , $\hat{F}(X)$ (Empirical Distribution Function : EDF) เขียนการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายด้วยขนาด n แบบใส่คืน นั่นคือ "การสุ่มซ้ำ" X_b^*

3. คำนวณค่าสถิติที่สนใจ , $\hat{\theta}$ จากการสุ่มซ้ำนี้ซึ่งจะให้ผล $\hat{\theta}_b^*$

4. ทำซ้ำข้อสอง และข้อสาม จำนวน B ครั้ง เมื่อ B ต้องเยอะมาก ขนาดในทางปฏิบัติของ B ควรจะเป็น 50 – 200 ครั้งในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ $\hat{\theta}$ และอย่างน้อยที่สุดจำนวน 1,000 ครั้ง สำหรับการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของ $\hat{\theta}$

5. สร้างการแจกแจงความน่าจะเป็นจาก B , $\hat{\theta}_b^*$ โดยการแทนที่ความน่าจะเป็นของ 1/B ที่แต่ละจุด, $\hat{\theta}_1^*$, $\hat{\theta}_2^*$, ..., $\hat{\theta}_B^*$ ซึ่งการแจกแจงนี้คือ Bootstrapped Estimate of the Sampling Distribution of $\hat{\theta}$ คือ $\hat{F}^*(\hat{\theta}^*)$

<u>ตัวอย่าง</u> การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error)ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient Correlation : $\hat{\rho}$) หรือ S.D.($\hat{\rho}$) โดยวิธีบูตสแทรป (Fox ;& Scott.1990 : 330)

ให้ $X_1 , X_2 , \ldots ,X_n$ i id F ซึ่ง F เป็นการแจกแจงที่ไม่ทราบค่า

$X_i = (y_i ,z_i)$; i = 1,2,…,n

จาก
$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i Z_i - \sum_{i=1}^{n} Y_i \sum_{i=1}^{n} Z_i \big/ n}{\left[\left\{\sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)^2 / n\right\}\left\{\sum_{i=1}^{n} Z_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Z_i\right)^2 / n\right\}\right]^{1/2}}$$

จะเห็นว่าไม่สามารถหาค่าประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์ S.D.($\hat{\rho}$) ได้จากข้อมูลชุดนี้โดยใช้สูตรทั่วไป ซึ่ง $\text{S.D.}(X) = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 / n-1$ เมื่อ n คือ ขนาดของตัวอย่าง จึงนำเอาวิธีบูตสแทรปมาใช้ในการประมาณค่า

ขั้นตอน การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการปะมาณค่าสหสัมพันธ์ S.D.($\hat{\rho}$) โดยวิธีบูตสแทรป

1. ให้ $\hat{F}$ เป็น Empirical Probability Distribution ของ x_i ; i = 1,2,…,n

2. สุ่ม x_i แบบใส่คืน (with replacement) ขนาด n ดังนั้น x_i แต่ละตัวจะมีโอกาสถูกเลือกเป็นตัวอย่าง 1/n ได้ $x_1^*, x_2^*, \ldots, x_n^* \sim$ i id $\hat{F}$ เรียก x_i^* นี้ว่า Bootstrap Sample คำนวณหาค่า $\hat{\rho}$

3. กระทำในข้อ 2. จำนวน B ครั้ง จะได้ $\hat{\rho}^{*1}, \hat{\rho}^{*2}, \ldots, \hat{\rho}^{*B}$

4. คำนวณหาค่าประมาณของ S.D.($\hat{\rho}$) โดยวิธีบูตสแทรป ($\sigma_B(\hat{\rho})$) ได้ $\sigma_B(\hat{\rho}) = \mathrm{var}(\hat{\rho}^*)^{1/2}$ ซึ่ง $\mathrm{var}(\hat{\rho}^*)$ คือ ค่าประมาณความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์($\hat{\rho}$) ภายใต้ $\hat{F}$

$$\sigma_B(\hat{\rho}) = \left[\frac{\sum_{i=1}^{B}(\hat{\rho}^{*1} - \bar{\hat{\rho}}^*)^2}{B-1}\right]^{1/2}$$

เมื่อ

$$\bar{\hat{\rho}}^* = \frac{\sum_{i=1}^{B}\hat{\rho}^{*i}}{B}$$

และได้ว่า $\bar{\hat{\rho}}^*$ เป็นค่าประมาณของค่าคาดหมายของ $\hat{\rho}(\hat{E}(\hat{\rho}))$ ที่ได้จากวิธีบูตสแทรป

เอกสารที่เกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูล

ความหมายการแจกแจงข้อมูล

ชูศรี วงศ์รัตนะ (2541:30-31) ได้ให้ความหมายของการแจกแจงข้อมูลไว้ดังนี้

การแจกแจงความถี่ คือ การนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาจัดใหม่ให้เป็นระเบียบ เป็นหมวดหมู่เรียงจากมากไปหาน้อย หรือเรียงจากน้อยไปหามาก เพื่อแสดงให้ทราบว่าข้อมูลแต่ละค่า หรือข้อมูลแต่ละกลุ่ม เกิดขึ้นซ้ำๆกันกี่ครั้ง ซึ่งเป็นการย่นย่อข้อมูลเพื่อให้แปลความหมายได้มากขึ้น

ลักษณะโค้งต่างๆที่เกิดจากการแจกแจงความถี่

1. โค้งปกติ (Normal Curve) หมายถึง โค้งที่เกิดจากคนที่ได้คะแนนสูงและคะแนนต่ำมีจำนวนพอๆกัน คนส่วนมากได้คะแนนปานกลาง ลักษณะโค้งคล้ายระฆังคว่ำ

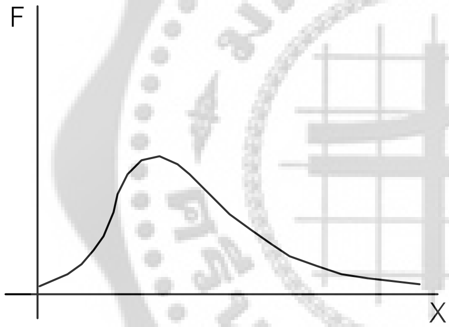
2. โค้งเบ้ทางบวก (Positive Skewness) โค้งแบบนี้แสดงให้เห็นว่า คนส่วนใหญ่ได้คะแนนน้อยและคนส่วนน้อยได้คะแนนมาก

3. โค้งเบ้ทางลบ (Negative Skewness) โค้งแบบนี้แสดงให้เห็นว่า คนส่วนน้อยได้คะแนนน้อยและคนส่วนมากได้คะแนนมาก

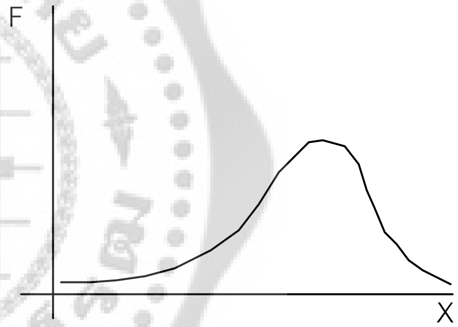
จากลักษณะของโค้งปกติ (ชูศรี วงศ์รัตนะ.2541:106) รูปโค้งปกติไม่ใช่มีเพียงรูปเดียว แต่มีได้หลายๆรูป โดยจะมีรูปร่างโด่งมาก (Leptokertic) โด่งปานกลางหรือที่รู้จักกันทั่วไปโค้งปกติ หรือโค้งลาด (Platykertic) แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับค่า μ และ σ นั่นคือโค้งจะอยู่คตรงตำแหน่งใดของแกนนอนขึ้นอยู่กับค่าของ μ และลักษณะของโค้งโด่งมากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับค่า σ ถ้า σ น้อยโค้งจะโด่ง ถ้า σ มากโค้งจะลาด

การวัดความเบ้ (Measure of Skewness)

ความเบ้ (Skewness) คือลักษณะของโค้งของการแจกแจงที่ไม่อยู่ในรูปสมมาตร ถ้าลักษณะของโค้งลีบไปทางด้านคะแนนสูง เรียกว่า โค้งเบ้ไปทางบวก ถ้าโค้งลีบไปทางคะแนนน้อย ถือว่าโค้งเบ้ไปทางลบ



ลักษณะเบ้ทางบวก (Positive Skewness)



ลักษณะเบ้ทางลบ (Negative Skewness)

คีพ (Keeves.1997: 585-586) กล่าวถึงความเบ้ว่า ถ้าข้อมูลมาจากค่ามัธยฐาน (Median) จะถูกแสดงค่าโดย Q_2 และค่าที่อยู่ในควอไทล์ที่ 1 และควอไทล์ที่ 3 เรียกว่า Q_1 และ Q_3 เมื่อการแจกแจงแบบปกติ จะแสดงในรูปแบบนี้

$$Q_3 - Q_2 = Q_2 - Q_1 = q$$

และถ้าความสัมพันธ์เกิดความไม่เสมอภาค ทำให้เกิดความเบ้ โดยเบ้ทางบวก (Positive Skewness) เกิดเมื่อ $Q_3 – Q_2 > Q_2 – Q_1$ และเบ้ทางลบ(Negative Skewness) เกิดเมื่อ $Q_3 – Q_2 < Q_2 – Q_1$

รูปแบบการวัดจะถูกแสดงออกมาโดยการแจกแจงความถี่ ซึ่งทฤษฎีการแจกแจงความถี่จะถูกนำเสนอโดยใช้โมเมนต์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน แนวคิดโมเมนต์ถูกกำหนดโดยโมเมนต์ที่ 1 เป็นค่าที่มีน้ำหนักจากส่วนกลางเทียบเท่ากับโมเมนต์ที่ 2 เป็นรัศมีรอบโมเมนต์จาก 4

โมเมนต์ ในกลุ่มของการวัดเกี่ยวกับการคำนวณค่าเฉลี่ย การคำนวณว่าโค้งการแจกแจงใดมีความเบ้หรือมีความโด่งเป็นอย่างไร ต้องอาศัยโมเมนต์มีดังนี้

$$m_r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^r}{N}$$

เมื่อ r แทน จำนวนของโมเมนต์

โดยโมเมนต์ที่ 3 และที่ 4 เป็นโมเมนต์ที่ใช้ทดสอบรูปร่างของการแจกแจงความถี่

องค์ประกอบที่มีต่อ m_3 และ m_4 ที่ถูกแบ่งโดยค่าโมเมนต์ r^{th} โดย

$$(\sqrt{m_2}) = m_2^{r/2} = \sigma^r$$

ดังนั้น $m_2 = S^2$

การวัดความเบ้ (Measure of Skewness)

สิ่งที่ใช้วัดความเบ้ (g_1) ถูกกำหนดจากโมเมนต์ที่ 3 ตามสูตรดังนี้

$$g_1 = \frac{m_3}{m_2^{3/2}} = \frac{m_3}{S^3}$$

เมื่อ $g_1 = 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normal Curve)

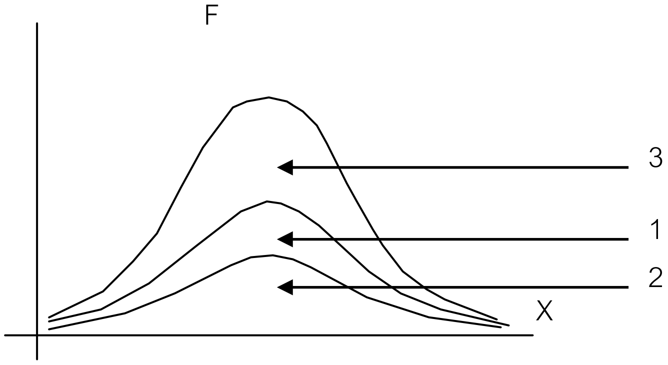
$g_1 > 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบเบ้ทางบวก (Positive Skewness)

$g_1 < 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบเบ้ทางลบ (Negative Skewness)

การวัดความโด่ง (Measure of **Kurtosis**)

ความโด่ง (Kurtosis) หมายถึง ลักษณะจากโค้งของการแจกแจงความถี่ว่าสูงโด่งหรือเตี้ย นั่นคือ พยายามมองโค้งของการแจกแจงตามแนวตั้ง ลักษณะความโด่งมีสามประเภท

1. ถ้าลักษณะโค้งเป็นแบบปกติ เรียกว่า Mesokurtic
2. ถ้าลักษณะโค้งเป็นแบบแบนราบ เรียกว่า Platykurtic
3. ถ้าลักษณะโค้งเป็นแบบสูงโด่ง เรียกว่า Leptokurtic



การวัดความโด่ง (Measure of Kurtosis) (Keeves.1997: 585-586)

สิ่งที่ใช้วัดความโด่ง (g_2) ถูกกำหนดจากโมเมนต์ที่ 2 และโมเมนต์ที่ 4 ดังนี้

$$g_2 = \frac{m_4 - 3m_2^2}{m_2^2} = \frac{m_4}{S^4} - 3$$

เมื่อ $g_2 = 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Mesokurtic)

$g_2 < 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบโค้งแบนราบ (Platykurtic)

$g_2 > 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบโค้งโด่ง (Leptokurtic)

เอกสารที่เกี่ยวกับการรับรู้ความสามารถของตนเอง

ความหมายของการรับรู้ความสามารถของตนเอง

การรับรู้ความสามารถของตน หมายถึง การที่บุคคลตัดสินใจเกี่ยวกับความสามารถของตนที่จะจัดการและดำเนินการกระทำพฤติกรรมให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ในสถานการณ์ที่บางครั้งอาจจะมีความคลุมเคลือ ไม่ชัดเจน มีความแปลกใหม่ที่ไม่สามารถทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งสภาพการเหล่านี้มักจะทำให้บุคคลเกิดความเครียด การรับรู้ความสามารถของตนนี้มิได้ขึ้นอยู่กับทักษะที่บุคคลมีอยู่ในขณะนั้นเท่านั้น หากแต่ยังขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของบุคคลว่าเขาสามารถทำอะไรได้ด้วยทักษะที่เขามีอยู่ (Bandura.1986)

ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนกับพฤติกรรมของบุคคล แบนดูรา เชื่อว่าการรับรู้ความสามารถของตน มีความสำคัญและมีผลต่อการกระทำของบุคคล มีผลต่อการเลือกกิจกรรม การใช้ความพยายาม ความอดทนในการทำงาน การคิด และปฏิกิริยาทางอารมณ์ของบุคคล บุคคลสองคนอาจมีความสามารถไม่แตกต่างกัน แต่อาจแสดงออกในคุณภาพที่แตกต่างกันได้ ถ้าพบว่า สองคนมีการรับรู้ความสามารถที่แตกต่างกัน ในคนคนเดียวกันก็เช่นกัน ถ้ารับรู้ความสามารถ

ของตนในแต่ละสภาพการณ์แตกต่างกัน ก็อาจจะแสดงพฤติกรรมออกมาได้แตกต่างกัน แบนดูรา เห็นว่า ความสามารถของคนเรานั้นไม่ตายตัว หากแต่ยืดหยุ่นตามสถานการณ์ ดังนั้นสิ่งที่จำกำหนดประสิทธิภาพของการแสดงออก จึงขึ้นอยู่กับการรับรู้ความสามารถของตนในสภาวการณ์นั้นๆ นั่นคือ ถ้าเรามีความเชื่อว่าเรามีความสามารถ เราก็จะแสดงออกถึงความสามารถนั้นออกมา คนที่เชื่อว่าตนเองมีความสามารถจะมีความอดทน อุตสาหะไม่ท้อถอย และประสบความสำเร็จในที่สุด (Evan.1989)

แบนดูรา (Bandura.1986) กล่าวถึงความหมายของการรับรู้ความสามารถของตนเองว่า คือ ความเชื่อในประสิทธิภาพของแต่ละบุคคลในการจัดระบบและการทำให้กิจกรรมนั้นสำเร็จตามแนวทางของการปฏิบัติโดยต้องการให้ผลลัพธ์ในการปฏิบัตินั้นสัมฤทธิ์ผลที่แน่นอน และได้สรุปความหมายของการรับรู้ความสามารถของตนว่า เป็นการตัดสินความสามารถในการแสดงพฤติกรรมของตนเองว่าจะกระทำสิ่งต่างๆได้ดีเพียงใด และการรับรู้ความสามารถนี้มีผลต่อการเลือกกระทำความพยายามและความอดทนต่อความยากลำบากเพื่อให้การกระทำนั้นประสบผลสำเร็จ

สรุปได้ว่า การรับรู้ความสามารถของตนเอง หมายถึง การที่บุคคลตัดสินเกี่ยวกับความสามารถของตนเองว่า สามารถกระทำสิ่งต่างๆได้ดีเพียงใดและกระทำให้กิจกรรมนั้นประสบความสำเร็จได้หรือไม่ ฉะนั้นการรับรู้ความสามารถของตนเองในด้านการเรียนว่าสามารถที่จะปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนให้ประสบผลสำเร็จที่กำหนดได้

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ความสามารถของตนเอง

แบนดูรา (Bandura.1986) มีความเชื่อว่า มนุษย์มีความกระตือรือร้นที่จะควบคุมสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อชีวิตของเขา แต่เขาไม่เห็นด้วยกับนักทฤษฎีที่กล่าวว่าความต้องการที่จะควบคุมเป็นแรงขับที่มีมาแต่กำเนิดของมนุษย์ เขาเห็นว่ามนุษย์ทุกคนอย่างน้อยก็พยายามที่จะมีอิทธิพลต่อสิ่งที่มีผลกระทบต่อชีวิตเขา ซึ่งไม่ได้แสดงว่าเป็นแรงจูงใจที่มีมาแต่กำเนิดของมนุษย์ และก็ไม่ได้หมายความว่าการควบคุมจะเป็นเป้าหมายสุดท้าย เขาเชื่อว่าการที่มนุษย์ใช้วิธีการควบคุมสิ่งแวดล้อมที่ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่พึงปรารถนา และป้องกันผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาจะมีคุณค่ามหาศาลและเป็นแหล่งจูงใจที่สำคัญของมนุษย์ต่อไป การรับรู้ความสามารถของตนเองเป็นแนวคิดสำคัญหนึ่งที่มาจากทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคม

แบนดูรา (Bandura.1986) เชื่อว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองมีผลต่อการกระทำของบุคคล โดยอธิบายว่า บุคคลสองคนแม้จะมีความสามารถไม่ต่างกัน แต่แสดงออกในคุณภาพที่แตกต่างกันได้ ถ้าหากสองคนนี้มีความเชื่อในความสามารถของตนเองแตกต่างกัน หรือในทางกลับกันถ้าเป็นบุคคลเดียวกันก็อาจจะมีความเชื่อในความสามารถของตนเองแตกต่างกัน ถ้าหากสถานการณ์

ที่ได้รับแตกต่างกัน ก็เป็นเหตุให้บุคคลนั้นแสดงพฤติกรรมที่ต่างจากสถานการณ์เดิมได้ โดยที่บุคคลไก้สนับสนุนปัจจัยเกี่ยวกับการรกระทำเชิงจิตสังคมของตนเองโดยผ่านกลไกของบุคคล ซึ่งไม่มีสิ่งใดสำคัญกว่าความเชื่อเกี่ยวกับความสามารถของบุคคล (Personal Efficacy) ดังนั้นการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy) จึงเป็นความเชื่อในความสามารถของตนเองที่จะจัดการและกระทำด้วยแนวทางที่จะทำให้บรรลุความสำเร็จโดยอาศัยสถานการณ์ที่คาดหวัง

การรับรู้ความสามารถของตนเอง มีผลต่อการตัดสินใจที่จะกระทำพฤติกรรมใดหรือไม่นั้น แบนดูราได้เสนอว่าบุคคลจะกระทำพฤติกรรมใดหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับความคาดหวังสองประการ (Bandura.1986 : 191-215)

1. ความคาดหวังในความสามารถของตนเอง (Efficacy Expectation) แบนดูราได้ให้ความหมายความคาดหวังในความสามารถของตนเองว่า เป็นการประมาณความสามารถของบุคคลว่าตนสามารถทำพฤติกรรมต่างๆที่กำหนดไว้ได้ เพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น เป็นความคาดหวังที่เกิดขึ้นก่อนการกระทำสำหรับความคาดหวังในความสามารถของตนเองนั้น ในระยะต่อมาแบนดูราได้เปลี่ยนมาใช้คำว่า การรับรู้ความสามารถของตนเอง แทนความหมายเดิมโดยในครั้งนี้ได้จำกัดความว่า เป็นการที่บุคคลตัดสินใจเกี่ยวกับความสามารถของตนเอง ที่จะจัดการและดำเนินการกระทำพฤติกรรมให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้

2. ความคาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้น (Outcome Expectation) หมายถึง ความเชื่อที่บุคคลประมาณค่าถึงพฤติกรรมเฉพาะอย่างที่จะปฏิบัติ จะนำไปสู่ผลลัพธ์ตามที่คาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้นที่สืบเนื่องจากพฤติกรรมที่ได้ทำ

ประสบการณ์ในอดีตจากผลที่เกิดขึ้นจากภาพการกระทำบางอย่างนั้น ทำให้บุคคลพอที่จะคาดคะเนได้ว่าผลของการกระทำบางอย่างของตนจะออกมาในลักษณะใด เช่นเดียวกับผลของการกระทำดังกล่าวจะเป็นอย่างไรนั้น ส่วนใหญ่ก็อยู่ที่การตัดสินตนเองว่า จะสามารถปฏิบัติได้ดีเพียงใดภายใต้สภาพการณ์เฉพาะ คนที่มีความสามารถสูงก็คาดหวังถึงผลจากการกระทำที่มีประสิทธิภาพสูงในขณะที่คนสงสัยในตนเองก็จะคาดหวังการกระทำที่ไม่ค่อยจะมีประสิทธิภาพนัก ซึ่งจะก่อให้เกิดผลของการกระทำที่ไม่อยู่ในระดับที่ควรจะเป็น แต่ความคาดหวังในผลจากการกระทำก็ไม่สามารถที่จะแยกให้เป็นอิสระจากการตัดสินการกระทำของตนเองได้ อันเป็นจุดกำเนิดของความคาดหวังในผลของการกระทำนั้น ทั้งนี้เพราะผลของการกระทำที่คาดหวังนั้นขึ้นอยู่กับการตัดสินความสามารถของตนเองความคาดหวังในผลของการกระทำอาจจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์กับความสามารถของตนเอง ถ้าการกระทำใดก็ตามที่ไม่ก่อให้เกิดผลที่ต้องการ เช่นบุคคลที่มีความสามรถแต่เขาจะไม่กระทำพฤติกรรมนั้นเพราะเขาคาดหวังว่าเมื่อทำแล้ว เขาจะไม่ได้รับผลจากการกระทำที่เขาต้องการ อาจเนื่องมาจากสังคมไม่ได้ให้โอกาสเขาหรือเกิดอคติในสังคมและบุคคลอาจจะไม่กระทำพฤคิกรรมนั้นถ้าบุคคลเกิด

ความสงสัยว่า เขาจะสามารถกระทำพฤติกรรมนั้นให้ประสบผลสำเร็จหรือไม่ แม้บุคคลจะเห็นว่าผลที่เกิดขึ้นจากการกระทำเป็นสิ่งที่น่าปรารถนาเพียงใดก็ตาม

สรุปได้ว่าความสามารถของตนเองเป็นแนวคิดสำคัญหนึ่งที่มาจากทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมของแบนดูรา แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีนี้เชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคลเป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบสามประการ เช่นเดียวกับการกำกับตนเอง ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แบนดูราอธิบายถึงการรับรู้ความสามารถของตนเองที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบสามประการนี้ว่า การรับรู้ความสามารถของตนเองมีผลต่อการกระทำหรือพฤติกรรมของบุคคล ถ้าหากได้รับสถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน บุคคลก็จะแสดงพฤติกรรมที่แตกต่างกัน หรือแม้แต่ถ้าหากบุคลมีความสามารถไม่แตกต่างกันแต่เชื่อในความสามารถที่แตกต่างกันก็จะแสดงพฤติกรรมที่แตกต่างกันได้ และแบนดูราได้เสนอว่าบุคคลจะกระทำพฤติกรรมใดหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับความคาดหวังสองประการ คือ ความคาดหวังในความสามารถของตนเอง ซึ่งผลของการกระทำที่คาดหวังนั้นขึ้นอยู่กับการตัดสินความสามารถของตนเอง

ลักษณะการรับรู้ตนเองในวิชาคณิตศาสตร์

การรับรู้ตนเองในวิชาคณิตศาสตร์นั้นได้มีนักการศึกษาทำการวิจัย และได้แบ่งการรับรู้ตนเองในวิชาคณิตศาสตร์ออกเป็นลักษณะต่างๆดังนี้

สคาอัลวิคและแรนคิน (Skaalvik ; & Rankin.1995 : 161-184) ได้แบ่งการรับรู้ตนเองในวิชาคณิตศาสตร์ ออกเป็นสองลักษณะ คือ

1. การรับรู้ตนเองเกี่ยวกับความถนัดในวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics Self-Perceived Aptitude : MSPA) คือการรับรู้ตนเองของนักเรียนถึงความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ภายใน

2. การรับรู้ตนเองเกี่ยวกับความสามารถในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Self-Perceived Ability to Learn Mathematics : MSAL) คือการรับรู้ตนเองของนักเรียนที่คาดหวังในการเรียนรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์

มาร์ชและยวง(Marsh ; & Yeung.1997:752-759)ได้แบ่งการรับรู้ตนเองในวิชาคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

1. การรับรู้ความสามารถของตนเองเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ เป็นการรับรู้ตนเองของนักเรียนถึงสิ่งที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่เขาเป็นอย่างแท้จริง

2. การรับรู้สาเหตุของความสามารถทางคณิตศาสตร์ เป็นการอนุมานสาเหตุของความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ล้มเหลว และประสบความสำเร็จของนักเรียนโดยให้นักเรียนอนุมานสาเหตุนั้นด้วยตนเอง

3. ความคาดหวังในอนาคตอันใกล้ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ เป็นความคาดหวังทั่วไปและความคาดหวังเฉพาะด้านที่มีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ในอนาคตอันใกล้ โดยความคาดหวังอันใกล้นี้มีจุดเริ่มต้นที่วันพรุ่งนี้

4. ความคาดหวังในอนาคตที่ห่างไกลเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ เป็นความคาดหวังที่คล้ายคลึงกับความคาดหวังในอนาคตอันใกล้ แต่เป็นความคาดหวังที่เกี่ยวกับการเรียนคณิตศาสตร์ที่จะมีการปฏิบัติในระดับชั้นที่สูงขึ้น

แหล่งของปัจจัยที่ทำให้เกิดการรับรู้เกี่ยวกับการรับรู้ความสามารถของตนเอง

การรับรู้ความสามารถของตนเองเกิดจากสี่แหล่งที่สำคัญดังต่อไปนี้ (Bandura.1986)

1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองมากที่สุด การกระทำที่ประสบความสำเร็จจะทำให้บุคคลประเมินความสามารถของตนเองสูงขึ้น ในขณะที่ความล้มเหลวทำให้บุคคลประเมินความสามารถของตนเองต่ำลง การประสบความสำเร็จบ่อยๆ จะช่วยให้บุคคลพัฒนาการรับรู้ความสามารถของตนเองมากขึ้น หากมีความล้มเหลวเกิดขึ้นบ้างบางคราวก็จะไม่มีผลต่อการประเมินความสามารถของตนเอง

2. การได้เห็นประสบการณ์ของผู้อื่น มีอิทธิพลต่อการรับรู้ความสามารถของตนเอง กล่าวคือ การที่บุคคลมีประสบการณ์การเรียนรู้จากการได้ดูหรือฟัง และสังเกตพฤติกรรมของบุคคลอื่น โดยเฉพาะบุคคลนั้นมีลักษณะใกล้เคียงกับผู้สังเกต เช่น มีเพศ วัย ความสามารถ ตลอดจนประสบการณ์ในอดีตไม่แตกต่างกับตน และผู้นั้นสามารถกระทำพฤติกรรมให้ประสบความสำเร็จได้จะทำให้มีแนวโน้มว่าตนเองสามารถกระทำพฤติกรรมให้ประสบความสำเร็จได้ เช่นเดียวกับบุคคลนั้น แต่ถ้าหากบุคคลต้นแบบที่คล้ายตนประสบความล้มเหลว อาจเป็นสาเหตุให้บุคคลนั้นลดระดับการรับรู้ความสามารถของตนได้ลดลง

3. การชักจูงด้วยวาจา เป็นความพยายามที่จะใช้ถ้อยคำชักชวนให้บุคคลเชื่อว่าเขาสามารถที่จะประสบความสำเร็จในสิ่งที่เขาทำ วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและเป็นประโยชน์อย่างมาก การโน้มน้าวจะช่วยให้บุคคลรับรู้ในความสามารถของตนเองเพิ่มขึ้นจะต้องทำให้บุคคลมีความพยายามเพียงพอ และพัฒนาทักษะที่จำเป็นด้วยการพูดชักจูงด้วยวาจานี้จะส่งผลต่อบุคคลที่มีเหตุผลบางประการ อย่างไรก็ตามหากการชักจูงไม่ตรงกับความจริง การชักจูงนั้นก็จะทำให้ผู้ถูกชักจูงไปสู่ความล้มเหลวได้

4. สภาวะทางสรีรวิทยา ในสภาวะที่ร่างกายของบุคคลมีความเครียด ความวิตกกังวล ตื่นเต้น มักจะทำให้บุคคลมีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานลดลง ทำให้บุคคลมีการรับรู้ความสามารถ

ของตนเองต่ำ ถ้าหากลดความตื่นเต้นหรือความว้าวุ่นทางอารมณ์ลงจะทำให้บุคคลมีการรับรู้ความสามารถของตนดีขึ้น ส่งผลให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

เอกสารที่เกี่ยวกับการอบรมเลี้ยงดู

ความหมายของการอบรมเลี้ยงดู

มานิต มานิตเจริญ (2538 : 32) ได้กล่าวว่า การอบรมเลี้ยงดู หมายถึง การใช้คำสั่งสอน ขัดเกลา บ่มนิสัย และการอุปถัมภ์ค้ำชูของบิดามารดา รวมถึงการให้รางวัลแก่เด็กด้วย

งามตา วนินทานนท์ (2534 : 121)ได้กล่าวว่า การอบรมเลี้ยงดูเป็นการกระทำในกระบวนการถ่ายทอดทางสังคมเพื่อขัดเกลาและหล่อหลอมให้สมาชิกใหม่ของสังคมมีลักษณะนิสัยและพฤติกรรมเป็นไปตามที่สังคมปรารถนา

สรุปแล้วการอบรมเลี้ยงดู หมายถึง การปฏิบัติของบิดามารดา หรือผู้ปกครองที่มีต่อเด็ก เป็นพฤติกรรมต่อเด็กเพื่อสนองความต้องการที่จำเป็นของเด็กทั้งกายและจิตใจ เพื่อให้เด็กมีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี และยังมีการแนะนำสั่งสอนและฝึกอบรมให้เด็กมีรพฤติกรรมที่เหมาะสมด้วย

ลักษณะการอบรมเลี้ยงดู

อานนท์ อาภาภิรม (2517:25) ได้กล่าวถึงการอบรมเลี้ยงดูของครอบครัวในสังคมไทยไว้สามลักษณะ คือ

1. การอบรมเลี้ยงดูของครอบครัวที่ยากจน มักจะเป็นการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย เพราะพ่อแม่หาเงินตัวเป็นเกลียว พ่อแม่เชื่อว่าลูกจะดีหรือไม่นั้น สุดแต่บุญแต่กรรมของเด็ก เด็กจะเผชิญอุปสรรคขัดข้องบางประการ เช่น สภาพแวดล้อมในละแวกบ้าน ถูกเพื่อนชักนำในทางที่ผิดได้ง่าย
2. การอบรมเลี้ยงดูของครอบครัวชนชั้นกลาง ครอบครัวประเภทนี้จะมีโอกาส หรือมีเวลาดีกว่าครอบครัวที่ยากจน พ่อแม่สามารถสนองบำบัดความต้องการของเด็กได้และมักจะฝึกความมีระเบียบวินัย เช่น การรับประทานอาหาร การมีมารยาทในสังคม ทำให้ไม่ค่อยจะเกิดปัญหาสังคมมากนัก
3. การอบรมเลี้ยงดูของครอบครัวชนชั้นสูง ครอบครัวประเภทนี้จะให้ความเอาใจใส่ดูแลเด็กอย่างดียิ่ง ทั้งการกินอยู่หลับนอน การอบรมสั่งสอน ทำให้เด็กไม่มีความเป็นตัวของตัวเอง ขาดความมั่นใจและไม่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายนอกบ้านได้

โรเจอร์ส (Rogers.1972:117) ได้แบ่งประเภทการอบรมเลี้ยงดูที่มีอิทธิพลต่อบุคลิกภาพและพฤติกรรมของบุคคลออกเป็นสามแบบ คือ

1. การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย (Democracy) หมายถึง วิธีการปฏิบัติของพ่อแม่หรือผู้ปกครองที่ทำให้เด็กมีความรู้สึกว่า ตนเองได้รับการปฏิบัติด้วยความยุติธรรม ไม่ตามใจหรือเข้มงวด

จนเกินไป พ่อแม่ให้ความรักความอบอุ่น มีเหตุผลยอมรับความสามารถและความคิดเห็นของเด็ก เปิดโอกาสให้เด็กมีส่วนรับรู้ในกิจกรรมบางอย่าง ส่งเสริมให้เด็กมีอิสระในการตัดสินใจและแก้ปัญหาด้วยตนเอง มีความเป็นตัวของตัวเอง และให้ความร่วมมือกับเด็กตามโอกาสเหมาะสม

2. การอบรมเลี้ยงดูแบบให้ความคุ้มครองมากเกินไป (Overprotection) หมายถึง วิธีการปฏิบัติของพ่อแม่หรือผู้ปกครองที่ทำให้เด็กมีความรู้สึกว่า ตนเองไม่ได้รับอิสระเท่าที่ควร ไม่ได้ทำในสิ่งที่ตนต้องการหรือทำอะไรด้วยตนเอง ต้องปฏิบัติตามระเบียบวินัยที่พ่อแม่กำหนดไว้ ถูกควบคุมและอยู่ในสายตาหรือคุ้มครองป้องกันให้ความช่วยเหลืออยู่ตลอดเวลา ไม่มีความเป็นตัวของตัวเอง และมีความรู้สึกว่าตนเองเป็นเด็กอยู่เสมอ

3. การอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย (Rejection) หรือทอดทิ้ง หมายถึง วิธีการปฏิบัติของพ่อแม่หรือผู้ปกครองที่ทำให้เด็กรู้สึกว่า ตนเองถูกเกลียดชัง ไม่ได้รับการเอาใจใส่ สนับสนุน หรือให้คำแนะนำ ช่วยเหลือเท่าที่ควร มักใช้วิธีวิจารณ์ตำหนิลงโทษรุนแรง และปราศจากเหตุผล ไม่ให้ความสนิทสนมเป็นกันเอง และปล่อยปละละเลยความเป็นอยู่

เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้มีผู้ให้ความหมายไว้หลายท่านดังนี้ วรรณี โสมประยูร (2537:262) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความสามารถหรือพฤติกรรมของนักเรียนที่เกิดจากการเรียนการสอน ซึ่งพัฒนาขึ้นหลังจากได้รับการอบรมสั่งสอนและฝึกฝนโดยตรง นอกจากนี้ สมหวัง พิธิยานุวัฒน์ (2537 : 71) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้ จากที่ไม่เคยกระทำได้หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอนซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

จากที่กล่าวมาพอจะสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จซึ่งจะทำให้เกิดทักษะหรือการประยุกต์ใช้ความรู้ต่างๆ หรือความรู้หรือทักษะอันเกิดจากจากการเรียนรู้ในวิชาต่างๆที่ได้เรียนมาแล้ว

ประเภทของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บลูม (Bloom.1976 :70) ได้จำแนกวัตถุประสงค์ทางการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามด้าน คือ

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) คือ มุ่งพัฒนาการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมองหรือสติปัญญา ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) คือ มุ่งพัฒนาคุณลักษณะด้านจิตใจหรือความรู้เกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว เป็นต้น

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) คือ มุ่งพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายและสมองที่มีความสามารถในการปฏิบัติจนมีทักษะ มีความชำนาญในการดำเนินงานต่างๆ

ดังนั้นจากงานวิจัยที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จึงหมายถึง ความสามารถทางด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ หมายถึง ความสามารถทางด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สถิติเจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลนั้น ในประเทศไทยยังไม่มีการใช้สถิตินี้ แต่มีงานวิจัยทางด้านสถิติศาสตร์ที่นำสถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ไม่ใช่เชิงเส้นมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มากกว่าสองชุดขึ้นไป ซึ่งเป็นพื้นฐานหนึ่งของการคำนวณด้วยเทคนิค MAXVAR ของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล เช่น งานวิจัยของมารยาท โยทองยศและวิยะดา ตันวัฒนากูล (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความฉลาดทางอารมณ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลไม่เชิงเส้น (Nonlinear Canonical Correlation Analysis : OVERALS) และการวิเคราะห์การถดถอย เพื่อสร้างสมการพยากรณ์คะแนนความฉลาดทางอารมณ์ ตัวแปรที่นำมาศึกษามีสี่ชุดตัวแปร คือ ตัวแปรความฉลาดทางอารมณ์ แบ่งเป็นเก้าตัวแปรย่อย ปัจจัยส่วนบุคคล แบ่งเป็นสี่ตัวแปรย่อย ตัวแปรปัจจัยทางครอบครัว แบ่งเป็นเก้าตัวแปรย่อย และปัจจัยทางโรงเรียน แบ่งเป็นหกตัวแปรย่อย ซึ่งทุกตัวแปรอยู่ในระดับนามบัญญัติ และเรียงอันดับเท่านั้น โดยในงานวิจัยได้นิยามศัพท์การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลไม่เชิงเส้นไว้ว่า เป็นการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของตัวแปรตั้งแต่สองชุดขึ้นไป โดยตัวแปรมีมาตรวัด คือ มาตรนามบัญญัติ (Nominal) มาตรเรียงลำดับ (Ordinal) หรือมีค่าเป็นตัวเลข Discrete Numeric โดยแต่ละตัวแปรมีค่าไม่น้อยกว่าหนึ่ง และมีความถี่ไม่เป็นศูนย์ และจำนวนตัวแปรในแต่ละชุดไม่จำเป็นต้องเท่ากัน ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลของการวิจัยนี้เป็นการหาความสัมพันธ์โดยรวมทั้งสี่ชุดตัวแปร

ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรชุดความฉลาดทางอารมณ์ทุกด้าน ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยทางครอบครัวและปัจจัยทางโรงเรียน มีความสัมพันธ์คาโนนิคอลไม่เชิงเส้นที่มิติหนึ่ง เท่ากับ .364 และมิติที่สองเท่ากับ .329 และจากงานวิจัยของทัศนวรรณ อินทะสร้อย (2550) ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาภาวะซึมเศร้าและพฤติกรรมการเผชิญปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในพื้นที่การศึกษาเขต 1 อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2549 โดยต้องการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสามชุด คือ ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน สภาวะทางอารมณ์ และพฤติกรรมการเผชิญปัญหา ซึ่งใช้สถิติคาโนนิคอลไม่เชิงเส้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งนี้งานวิจัยมีรูปแบบการวิจัยคล้ายกับงานวิจัยแรกที่กล่าวมาแล้ว ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรทั้งสามชุดมีความสัมพันธ์คาโนนิคอลไม่เชิงเส้นโดยรวม .432 สุดท้ายงานวิจัยของพุฒิพงษ์ พุกกะมาน (2546) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์คาโนนิคอลที่เป็นแบบพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก โดยการวิเคราะห์คาโนนิคอลที่ตัวแปรระหว่างสามชุดมีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น ถือว่าเป็นตัวแทนแบบพาราเมตริก และการวิเคราะห์คาโนนิคอลที่ตัวแปรระหว่างสามชุดมีความสัมพันธ์เป็นแบบไม่เชิงเส้น ถือว่าเป็นตัวแทนแบบนอนพาราเมตริก ซึ่งมีตัวแปรที่ต้องการศึกษาสามชุด คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง เป็นตัวแปรคะแนนวิชาคณิตศาสตร์ แบ่งเป็นสามด้าน ตัวแปรชุดที่สอง คือ ปัจจัยส่วนบุคคล แบ่งเป็นสี่ด้าน และตัวแปรชุดที่สาม คือ ตัวแปรสภาพแวดล้อม แบ่งเป็นสามด้าน วิธีการวิจัยคือ หาความสัมพันธ์เป็นรายคู่โดยใช้สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบพาราเมตริก แต่ต้องเปลี่ยนตัวแปรจากมาตรนามบัญญัติให้เป็นตัวแปรดัมมี่ แล้วหาความสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทีละคู่ ในส่วนของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบนอนพาราเมตริก ใช้ OVERALS ใน SPSS เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์คาโนนิคอลโดยภาพรวมและแยกวิเคราะห์เป็นคู่ของชุดตัวแปร ผลการวิจัยพบว่า การวิเคราะห์คาโนนิคอลแบบนอนพาราเมตริกจะให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรสองชุด จำนวนทั้งสามคู่สูงกว่าการวิเคราะห์คาโนนิคอลแบบพาราเมตริกที่ต้องเปลี่ยนเป็นตัวแปรเป็นตัวแปรดัมมี่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากงานวิจัยที่ผู้วิจัยศึกษามาทั้งสามเรื่องจะพบว่าเป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นที่นำไปสู่การวิเคราะห์สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ที่ให้ผลการวิเคราะห์ที่แข็งกว่าและอธิบายในเชิงตัวแปรได้มากกว่า แต่จากงานวิจัยในประเทศไทยยังมาปรากฏงานวิจัยที่ใช้สถิตินี้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาจากงานวิจัยในต่างประเทศเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไป

ในตอนเริ่มต้นการศึกษาของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คานิคอลนั้น สตีล (Steel.1951) ได้แนะนำวิธีการคำนวณด้วยการคำนวณที่ทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนท์ของ K×K เมทริกซ์สหสัมพันธ์ R(Z) มีค่าต่ำสุด ซึ่งวิธีการแก้ปัญหานี้สามารถคำนวณได้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรได้พร้อมกัน แต่ต้องมีข้อตกลงว่า $R_{KK} = \mathbf{I}$ สตีล (Steel.1951) สามารถพิสูจน์ได้ว่าเทคนิค MINDET หรือเรียกว่าเทคนิค GENVAR จะมีค่าเท่ากับการทำ product of eigenvalue ของเมทริกซ์ของมันเอง ซึ่งค่าโดยส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง $0 \leq \det R(Z) \leq 1$ นั่นเป็นจุดเริ่มต้นของการประมาณค่าสหสัมพันธ์

เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ต่อมาฮอสท์ (Horst.1961) ได้ทำการศึกษาสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอย่างจริงจัง โดยเขาได้เริ่มแนะนำวิธีการคำนวณอีกสี่วิธี คือ เทคนิค SUMCOR MAXVAR MINVAR และ SSQCOR แต่จะไม่มีการนำไปใช้มาก โดยเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) ได้อภิปรายว่าวิธีการคำนวณของฮอสท์ (Horst.1961) นั้นซับซ้อนจนยากต่อการแปลความหมาย แต่วิธีการคำนวณด้วย SUMCOR ของฮอสท์ (Horst.1961)ก็ยังมีผู้ใช้ต่อมาเรื่อยๆ โดยเทคนิค SUMCOR ของฮอสท์ (Horst.1961) สามารถทำได้ง่าย โดยใช้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใน K×K เมทริกซ์สหสัมพันธ์ R(Z) แต่ต้องอยู่บนพื้นฐานของส่วนประกอบใน R(Z) นั่นคือการทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใน R(Z) มีค่าสูงสุดนั่นเอง จากนั้นแคโรล (Caroll.1968) ได้พัฒนาสูตรการคำนวณจาก Horst อีกที นั่นคือ การทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสองใน R(Z) มีค่าสูงสุด เคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) ได้อธิบายว่าเทคนิคของแคโรล (Caroll.1968) คือ SSQCOR นั้นจะมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าไอเกนยกกำลังสองของ R(Z) และในเวลาต่อมาเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) ใช้ MAXVAR ในการนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงครั้งแรก และเขาได้อภิปรายว่าเทคนิคที่เขานำเสนอนี้จะสามารถคำนวณได้ง่ายเหมาะกับการนำไปใช้กับข้อมูลจริง ซึ่งเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) ได้พิสูจน์ว่า MAXVAR คือการตีความในเทอมของการทำให้ค่าไอเกนที่ใหญ่สุดมีค่าสูงสุดของ R(Z) ซึ่งต่อมาเขาจึงได้เริ่มแนะนำเทคนิค MINVAR ที่มีหลักการทำเหมือนกับเทคนิค MAXVAR คือการทำให้ค่าไอเกนที่เล็กสุดมีค่าต่ำสุดของ R(Z) ซึ่งเทคนิคการคำนวณสองเทคนิคนี้ของเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) ประสบความสำเร็จในการนำไปใช้และสามารถทำพร้อมกันได้ในสองเทคนิคนี้ จึงได้มีการนำไปใช้ต่ออีกมาก โดยเฉพาะเทคนิค MAXVAR

งานวิจัยที่กล่าวมาจะเป็นการกล่าวถึงหรือเพิ่งเริ่มแนะนำวิธีการคำนวณโดยใช้สูตรหรือสมการเมทริกซ์ โดยยังขาดการนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งฮอสท์ (Horst.1961)ได้แนะนำสี่วิธี แต่เขาทำการเปรียบเทียบเทคนิค SUMCOR และ MAXVAR โดยศึกษาจากค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลของสองวิธี ผลปรากฏว่าเทคนิค MAXVAR จะคำนวณได้ง่ายกว่าเทคนิคSUMCOR และค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลของเทคนิค MAXVAR จะให้ค่าสูงกว่าเทคนิค SUMCOR ในขณะเดียวกันเคทเทนริ่ง(Kettenring. 1971) ได้ยกตัวอย่างการใช้และคำนวณด้วยเทคนิค GENVAR และ SSQCOR ซึ่งจากตัวอย่างนี้จะให้ผลของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรแต่ละชุด และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวที่ใกล้เคียงกัน ในบริบทเดียวกันนี้ เคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) แสดงให้เห็นว่าค่าจะใกล้เคียงกันหรือหรือแตกต่างกันขึ้นอยู่กับบริบทที่นำมาศึกษา ซึ่งดูร์ซอสและพอส (Dauxois ; & Pousse.1976)ได้แสดงถึงเทคนิคการคำนวณโดยใช้เวกเตอร์สุ่ม และศึกษาสถานการณ์เดียวกัน และเวกเตอร์สุ่มเป็น Multinormal ซึ่งสามารถคำนวณได้ง่ายจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผลปรากฏว่าเทคนิค MAXVAR และ MINVAR เป็นเทคนิคที่ดีกว่าเทคนิคอื่น โดยศึกษาเปรียบเทียบจากค่าน้ำหนัก

ความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัว และเทคนิค SUMCOR และ SSQCOR ให้ผลไม่ค่อยดีเท่าที่ควร

ในการศึกษาปัจจุบันที่มีการนำเทคนิคแต่ละเทคนิคมาเปรียบเทียบ เป็นงานวิจัยของเชน,ชางและแพททริค (Chen ; Chang ; & Patrick.1994) ซึ่งได้ทำการศึกษาเทคนิคสำหรับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ใช้ชุดตัวแปรหลายชุด โดยคณะผู้วิจัยได้ใช้ product หรือ squared product ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ โดยใช้เทคนิคการทำให้เป็นค่าต่ำสุดหรือสูงสุด ซึ่งวิธีการนี้คือ การใช้ซุปเปอร์เมทริกซ์ (Supermatrix) บนพื้นฐาน The Product of Canonical Correlation Coefficients เมื่อเป็นเมทริกซ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ซึ่งทุกเทคนิคที่ใช้จะตรวจสอบด้วย Largest Residual Correlations (LRCs) เป็นการวัดความเที่ยงตรงของการประมาณค่า โดยเมื่อ LRCs น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับความสอดคล้องสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล แสดงว่าเทคนิคนั้นเชื่อถือได้ จากผลการวิจัยพบว่า การใช้เทคนิคการคำนวณที่แตกต่างกันจะให้ผลที่เชื่อถือได้ใกล้เคียงกัน แต่วิธี MAXVAR และ SSQCOR ให้ผล LRCs น้อยกว่าวิธีอื่นเล็กน้อย นั่นแสดงว่าเทคนิค MAXVAR และ SSQCOR จะให้ผลที่ดีกว่าวิธีอื่นเพียงแล็กน้อย

จากงานวิจัยของทิชเลอร์และลิโพเวสกี้ (Tishler ; & Lipovetsky.1996) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเมื่อใช้ข้อมูลสามชุด โดยประยุกต์ใช้กับข้อมูลการจัดการ ทั้งนี้ยังได้แสดงการวิเคราะห์ Partial Canonical Correlation Analysisซึ่งสถิติที่ใช้การประมาณค่าและวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆทั้งนี้จากงานวิจัยของทิชเลอร์และลิโพเวสกี้ (Tishler;& Lipovetsky.1996) จะแสดงการใช้สูตรสี่สูตร ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรสามชุด โดยสูตรที่1 และสูตรที่ 2 คือ เทคนิค SUMCOR แต่มีเงื่อนไขแตกต่างกันคือ $\xi'\xi = 1$, $\eta'\eta = 1$ และ $\theta'\theta = 1$ ในสูตรที่ 1 และเงื่อนไข $\xi'\xi + \eta'\eta + \theta'\theta = 3$ ในขณะที่สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 คือเทคนิค SSQCOR โดยสูตรที่ 3 มีเงื่อนไขเหมือนสูตรที่ 1 และสูตรที่ 4 ใช้เงื่อนไขเหมือนกับสูตรที่ 2 ผลปรากฏว่า เทคนิค SUMCOR คือสูตรที่ 1 ที่ใช้เงื่อนไข $\xi'\xi = 1$, $\eta'\eta = 1$ และ $\theta'\theta = 1$ จะให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่มีค่าสูงกว่าสูตรอื่นๆ

และจากงานวิจัยของมาเล็ทติและเออร์สบอล (Maletti ; & Ersboll.2004) ได้ทำการศึกษาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ใช้ข้อมูลหลายๆชุด โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์ด้วยเทคนิคทุกเทคนิค คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และGENVAR แต่ใช้เมทริกซ์Covarianceในการคำนวณ และใช้เงื่อนไขสองข้อ คือ $a_i^T a_i = 1$ และ $V(U_i) = a_i^T \sum_{ii} a_i = 1$ ซึ่งผลการวิจัยปรากฏว่าในเงื่อนไขแรก พบว่า เทคนิค MAXVAR จะให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลในข้อมูลชุดที่หนึ่งกับสอง และชุดที่สองกับสาม ที่สูง ส่วนข้อมูลชุดที่หนึ่งกับสาม เทคนิค SUMCOR จะให้ผลที่ดีกว่า และในเงื่อนไขที่สอง จะพบว่าค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรแต่ละชุด เทคนิค

GENVAR จะให้ผลที่ดีกว่าเทคนิคอื่น แต่เงื่อนไขที่ส่วนใหญ่นิยมใช้กัน คือ เงื่อนไขแรก และผู้วิจัยได้อภิปรายต่อไปว่าเทคนิคที่เหมาะแก่การนำไปใช้กับข้อมูลจริง คือ เทคนิค SUMCOR SSQCOR และ MAXVAR

ในด้านของการประยุกต์ใช้เทคนิคการคำนวณด้วยสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลนั้น มีงานวิจัยของเอสพินอร์ซาส์,เทอร์ราซัสและโลเปส (Espinosa ; Terrazas ; & Lopez.2006) ซึ่งเป็นการวิจัยที่ประยุกต์ใช้กับสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล โดยมีตัวแปรที่ต้องการทำการศึกษาห้าตัวแปร ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR เพื่อหาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรแต่ละชุด โดยได้มีการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าไอเกน ซึ่งพบว่าเทคนิค MAXVAR จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเข้าใกล้ศูนย์มาก แสดงว่าเทคนิคนี้จะใช้ในการประมาณค่าสถิติได้ดี และล่าสุดเมื่อทำการศึกษาค้นคว้าต่อไปจะพบว่าจากกงานวิจัยของฮานาฟิและเกียร์ส (Hanafi ; & Kiers.2006) ได้พัฒนาสูตรการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลโดยเมื่อมีการวิเคราะห์ข้อมูล K ชุด คณะผู้วิจัยได้พัฒนาสูตรการคำนวณจากเทคนิคการคำนวณ SUMCOR SSQCOR และ MAXVAR โดยคณะผู้วิจัยเลือกพัฒนาจาก 3 สูตรนี้ เพราะเป็นเทคนิคที่ให้การประมาณค่าสถิติได้ดีและนิยมใช้ในการวิเคราะห์มาก ซึ่งผู้วิจัยได้ตรวจสอบจากค่า Variance Bias แล้วพบว่า สามเทคนิคนี้จะให้ค่าใกล้เคียงกัน แต่เทคนิค MAXVAR จะให้ค่าน้อยกว่าสองเทคนิค คือ SUMCOR และ SSQCOR เขาจึงทำการตัดสินใจพัฒนาสูตร เพื่อเชื่อมโยงกับ PLS (Partial Least Square) กลายเป็นสูตร MAXDIFF และ MAXBET

งานวิจัยทั้งหมดที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้า พบว่า เทคนิคการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล มีเทคนิคห้าเทคนิค คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR โดยจากกงานวิจัยโดยส่วนใหญ่สรุปได้ว่า เทคนิคที่นำมาใช้กันมากคือ เทคนิค SUMCOR SSQCOR และ MAXVAR โดยเมื่อนำเทคนิคแต่ละเทคนิคมาเปรียบเทียบกันนั้น จะพบว่าเทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าที่เหมาะสมที่สุด และสามารถนำมาใช้ในการประยุกต์ใช้ได้จริง แต่จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยจะพบว่ายังไม่มีงานวิจัยที่ใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบหรือเกณฑ์การตัดสินใจที่ชัดเจนว่าเทคนิคใดเหมาะสมที่สุด และเนื่องจากการใช้สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลนั้นยากและซับซ้อน จึงยังมีงานวิจัยที่ศึกษาการใช้สถิตินี้น้อย โดยเฉพาะในประเทศไทยยังไม่มีการนำสถิตินี้มาใช้ จึงควรทำการศึกษาต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีผลต่อค่าสหสัมพันธ์ของประชากร พบว่ายังไม่ปรากฏมาก โดยมีงานวิจัยของโควาลสกี้ (Kowalski.1972) ที่ศึกษาผลของ

การแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่ไม่เป็นโค้งปกติที่มีผลต่อค่าสหสัมพันธ์ของประชากร (ρ) ซึ่งเขาทำการทดสอบลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่คำนวณได้จากตัวอย่างสุ่มทุกค่าของ n ว่ามีลักษณะการแจกแจงเป็นปกติหรือไม่โดยใช้สถิติทดสอบคือ Kolmogorov Goodness of Fit Test ทั้งนี้เขาได้ใช้การสุ่มตัวอย่างที่ใช้คอมพิวเตอร์ ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มคือครั้งละ 5 คู่ เป็นจำนวน 1,000 ครั้ง ในแต่ละครั้งเป็นอิสระต่อกัน และในทำนองเดียวกันนี้จะสุ่มตัวอย่างครั้งละ 6 , 7,…,14 และ 15 , 20,…, 50 คู่ จำนวนอย่างละ 1,000 ครั้งเช่นกัน ผลการวิจัยพบว่า การแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีลักษณะเบ้ กรณี n = 5 ,10 ,15 จะทำให้ค่า ρ = .1 , .2 , .5 และ n =20 เมื่อให้ค่า ρ = .5 แต่เมื่อ n = 2 และข้อมูลมีการเบ้มาก จะให้ค่า ρ = .1 , .2 , … , .4 และ n ใหญ่ขึ้น คือ n = 25 , 30 , … ,50 และการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เป็นโค้งปกติ จะให้ค่า ρ = .5 , .6 เป็นต้นไป

สำหรับการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร $\rho \neq 0$ คือ ที่ระดับนัยสำคัญ .01 ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมคือ n $\geq$ 9 แต่ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .10 ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมคือ n $\geq$ 5 ขึ้นไป และผลการศึกษาลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ยืนยันลักษณะความเบ้ของการแจกแจงของ r กรณีที่ n < 25 จะมีผลต่อค่า ρ และเมื่อ n $\geq$ 25 การแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เป็นโค้งปกติ ยืนยันว่าค่า ρ จะให้ผลที่ดี

จากงานวิจัยพอจะสรุปได้ว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) จะมีผลต่อค่า ρ ซึ่งทั้ง n และการแจกแจงของ r และค่า ρ มีความสัมพันธ์กัน เช่น เมื่อ n มีขนาดเล็กและการแจกแจงของค่า r เป็นแบบโค้งไม่ปกติ ก็จะส่งผลให้ค่า ρ มีค่าต่ำ และ n ขนาดใหญ่ และการแจกแจงของค่า r เป็นแบบโค้งปกติ จะให้ค่า ρ มีค่าสูง ดังนั้นจะเห็นว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างและการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีผลต่อทำให้ค่าสหสัมพันธ์ของประชากร (ρ) แตกต่างกันได้ ผู้วิจัยจึงได้สนใจในประเด็นเรื่องของการตรวจสอบความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล โดยใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แตกต่างกัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดตัวแปรที่นำมาศึกษา

ตัวแปรที่ผู้วิจัยได้นำมาศึกษามีจำนวนสามชุดตัวแปร คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู แบ่งเป็น การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน และแบบปล่อยปละละเลย ตัวแปรชุดที่สอง คือ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน แบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ และตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ทั้งนี้เพื่อความสัมพันธ์ของชุดตัวแปรมีการกระจายค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ครอบคลุม ผู้วิจัยจึงค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่ระบุว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรชุดที่หนึ่งและชุดที่สอง มีระดับความสัมพันธ์ต่ำ ดังเช่น งานวิจัยของฮัทโต (Hutto.1998) พบว่า ตัวแปรด้านครอบครัว คือ การอบรมเลี้ยงดูแบบต่างๆ มีความสัมพันธ์กับการรับรู้ความสามารถทางการเรียนน้อย คือ มีระดับความสัมพันธ์คาโนนิคอล .235 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในฟังก์ชันแรก ส่วนในฟังก์ชันที่สองมีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ และงานวิจัยของนิดา กิตติพงษานุรักษ์ (2546) ที่สรุปผลได้ว่าปัจจัยการอบรมเลี้ยงดูในแต่ละแบบสามารถวัดลักษณะการรับรู้ตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ได้เพียงร้อยละ 34.09% เท่านั้น และเมื่อศึกษาถึงค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลต่อการรับรู้ความสามารถของตนในการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยและการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน ส่งผลต่อการรับรู้ตนเองในวิชาคณิตศาสตร์น้อยมาก คือ .144 และ .172 ตามลำดับ ในขณะที่การอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยไม่ส่งผลต่อการรับรู้ตนเองในวิชาคณิตศาสตร์

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรที่หนึ่งกับชุดตัวแปรที่สาม ผู้วิจัยศึกษาเอกสารวิจัย พบว่า ชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูและชุดตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง เช่น งานวิจัยของ โจนส์และสตรอวิ่ง (Jones ; & Strowing.1968) ที่สรุปผลงานวิจัยว่า การอบรมเลี้ยงดูในลักษณะต่างๆ คือ แบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวด และแบบปล่อยปละละเลย มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง คือ มีค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลเท่ากับ .624 และ.545 ในฟังก์ชันแรกและฟังก์ชันที่สองตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากงานวิจัยของนิดา กิตติพงษานุรักษ์ (2546) ยังได้ทำการศึกษาตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน และแบบปล่อยปละละเลย มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ระดับความสัมพันธ์ .498 .564 และ .612 ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรที่สองกับชุดตัวแปรที่สาม ผู้วิจัยศึกษาเอกสารงานวิจัย พบว่า ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนและชุดตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง เช่น งานวิจัยของโจนส์ (Jones.1970 : 203-204) ได้ทำการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนทางคณิตศาสตร์และภาษากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และภาษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนด้วยระดับความสหสัมพันธ์คาโนนิคอล .879 และ .763 ในฟังก์ชันแรกและฟังก์ชันที่สอง ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และงานวิจัยของสคาอัลวิคและแรนคิน (Skaalvik ; & Raankin.1995 : 161-184) พบว่า การรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้าน

คณิตศาสตร์และภาษามีความสัมพันธ์กับคะแนนความสามารถคณิตศาสตร์และภาษาด้วยระดับสหสัมพันธ์คาโนนิคอล .80 และ .90 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในฟังก์ชันแรกและฟังก์ชันสอง ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าพอจะสรุปถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ได้ คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู แบ่งเป็น การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน และแบบปล่อยปละละเลย กับตัวแปรชุดที่สอง คือ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน แบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู แบ่งเป็น การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน และแบบปล่อยปละละเลย กับตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง และ ตัวแปรชุดที่สอง คือ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน แบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ กับตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง ทั้งนี้เพื่อให้ค่าสหสัมพันธ์มีการกระจายอย่างครอบคลุม ทำให้ได้สารสนเทศที่เกิดประโยชน์มากขึ้น

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่าเทคนิคการคำนวณทั้งห้าเทคนิค มีจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกัน คือ เทคนิค SUMCOR และ SSQCOR คิดจากค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลทุกคู่ที่รวมกันแล้วได้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลโดยรวมมากที่สุด ในขณะที่เทคนิคการคำนวณ MAXVAR และ MINVAR คิดจากค่าไอเกนอันดับแรกที่ทำให้ค่าความแปรปรวนมีค่าสูงสุดและต่ำสุด ตามลำดับ และเทคนิคการคำนวณ GENVAR คิดจากค่าดีเทอร์มิแนนท์ที่ต่ำที่สุด และยังพบว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้การประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ดังนั้นในแต่ละเทคนิคการคำนวณให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ต่างกัน จึงนำไปสู่การตั้งสมมติฐานการวิจัยในครั้งนี้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 จำนวน 3,393 คน จาก 52 โรงเรียน

ประชากรเทียมที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรเทียมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 จำนวน 1,058 คน จาก 11 โรงเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Random Sampling) โดยมีขั้นตอนการกำหนดจำนวนกลุ่มประชากรเทียม ดังนี้

1. สำรวจข้อมูลหน่วยสมาชิกของประชากรจากแหล่งทุติยภูมิ คือกองแผนงานสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 แล้วจัดทำกรอบการสุ่ม (Sampling Frame) โดยอาศัยการแบ่งตามขนาดโรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนขนาดเล็ก โรงเรียนขนาดกลาง โรงเรียนขนาดใหญ่ และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 จำนวนโรงเรียนและจำนวนนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สังกัดสำนักงานพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1

ขนาดโรงเรียน	จำนวนโรงเรียน (โรงเรียน)	จำนวนนักเรียน (คน)
เล็ก	16	213
กลาง	18	600
ใหญ่	9	760
ใหญ่พิเศษ	9	1,820
รวม	52	3,393

หมายเหตุ : โรงเรียนขนาดเล็ก จำนวนนักเรียนน้อยกว่า 121 คน
โรงเรียนขนาดกลาง จำนวนนักเรียน 120 – 300 คน
โรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวนนักเรียน 301 – 600 คน
โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ จำนวนนักเรียนมากกว่า 600 คน

2. ขั้นตอนการสุ่มประชากรเทียม ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Random Sampling) โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1 ในการสุ่มครั้งแรก ผู้วิจัยสุ่มจำนวนโรงเรียนร้อยละ 20 ของแต่ละขนาดโรงเรียน ได้จำนวนโรงเรียนทั้งหมด 11 โรงเรียน จำแนกเป็นโรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 3 โรงเรียน โรงเรียนขนาดกลาง จำนวน 4 โรงเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 2 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ จำนวน 2 โรงเรียน

2.2 ทำการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีขนาดโรงเรียนเป็นชั้น(Strata) นักเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) โดยผู้วิจัยแบ่งขนาดโรงเรียน โดยใช้เกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการ ดังปรากฏในตาราง 2

3. การกำหนดขนาดประชากรเทียม

ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มประชากรเทียมแบบแบ่งชั้น โดยใช้ขนาดของนักเรียนเป็นชั้น แล้วดำเนินการสุ่มตามหลักการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้หลักของการสุ่มที่อาศัยการกำหนดขนาดของความคลาดเคลื่อน (Limit of Error) และ α = .05 การประมาณค่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีดังนี้

3.1 ขนาดของความคลาดเคลื่อน $\left(e = Z_{.05/2}S_{\bar{X}}\right)$ เท่ากับ 1.0 คะแนนจากคะแนนเต็มของแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ขนาดของความคลาดเคลื่อนที่กำหนดนี้เป็นขนาดที่เพียงพอในการนำผลการวิจัยไปใช้ในการตัดสินใจในกรณีต่างๆที่เกี่ยวข้องได้

3.2 ค่าประมาณความแปรปรวนของประชากร (σ^2) ผู้วิจัยประมาณจากแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ซึ่งเป็นแบบสอบถามมาตรวัดห้าระดับ จำนวน 30 ข้อ ดังนั้นคะแนนที่นักเรียนจะได้อยู่ในระหว่าง 30 – 150 คะแนน ผู้วิจัยประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 20 (S.D. = พิสัย / 6) ดังนั้นค่าความแปรปรวนที่จะนำไปใช้ในการคำนวณ คือ 400 ในทุกระดับขนาดโรงเรียน

3.3 คำนวณหาขนาดกลุ่มประชากรเทียมโดยใช้สูตรการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยใช้สูตร (มยุรี ศรีวิชัย.2538: 105)

$$n = \frac{N\sum_{g=1}^{k} N_g S_g^2}{\frac{N^2 e^2}{Z_{\alpha/2}^2} + \sum_{g=1}^{k} N_g S_g^2}$$

โดย n แทน จำนวนประชากรเทียม

N แทน จำนวนประชากรทั้งหมด

N_g แทน จำนวนประชากรแต่ละชั้น

e แทน ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (กำหนดให้ $e = \pm 1.0$)

S_g^2 แทน ค่าความแปรปรวนแต่ละชั้นของตัวแปรที่คำนวณจากแบบสอบถาม

จากการคำนวณได้จำนวนประชากรเทียม 1,058 คน หลังจากนั้นนำจำนวนประชากรเทียมไปเทียบสัดส่วนเพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนของจำนวนนักเรียนในแต่ละโรงเรียน ซึ่งจำแนกตามขนาดโรงเรียนได้ดังนี้ โรงเรียนขนาดเล็ก 3 โรงเรียน จำนวน 67 คน โรงเรียนขนาดกลาง จำนวน 187 คน โรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 237 คน และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ จำนวน 567 คน ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 จำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในแต่ละโรงเรียนที่เป็นกลุ่มประชากรเทียม

ขนาดโรงเรียน	ชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียน (คน)
เล็ก	วัดสนามนอก	22
	วัดสัก	25
	วัดแคใน	20
กลาง	วัดชลอ	46
	วัดใหม่ผดุงเขต	59
	ศึกษาสงเคราะห์บางกรวย	37
	วัดมหาสวัสดิ์	45
ใหญ่	วัดบัวขวัญ	125
	ชุมชนวัดไทรม้า	112
ใหญ่พิเศษ	อนุราชประสิทธิ์	422
	วัดลานนาบุญ	145
	รวม	1,058

4. การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างย่อย

4.1 ผู้วิจัยต้องการศึกษาความเหมาะสมในการประมาณค่าสถิติในการวิเคราะห์ด้วยสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของแต่ละเทคนิคการคำนวณ จึงต้องการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นขนาด 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน เพื่อใช้ในการตรวจสอบ

4.2 ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้มาจากการสุ่มแบบใส่คืนจากขนาดกลุ่มประชากรเทียม 1,058 คน โดยสุ่มซ้ำจำนวน 50 ครั้ง

4.3 เนื่องจากผู้วิจัยต้องการประมาณค่าสถิติด้วยการใช้กลุ่มตัวอย่างบูตสแทรป ดังนั้นจึงสุ่มตัวอย่างตามจำนวนในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง ด้วยการสุ่มซ้ำแบบใส่คืนจำนวน 50 ครั้ง ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างย่อย และต้องสุ่มจำนวน 50 ครั้งให้มีครบทุกลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล คือ เบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามจำนวนสองฉบับ ประกอบด้วย

ฉบับที่หนึ่ง แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู จำนวน 20 ข้อใหญ่ (1 ข้อมีคำถาม 3 ด้าน) ซึ่งแบ่งเป็นสามด้าน คือ

ด้านการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จำนวน 20 ข้อ

ด้านการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จำนวน 20 ข้อ

ด้านการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จำนวน 20 ข้อ

ฉบับที่สอง แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน จำนวน 30 ข้อ ซึ่งแบ่งเป็นสองด้าน คือ ด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ

ด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนภาษาอังกฤษ จำนวน 15 ข้อ

ขั้นตอนในการพัฒนาเครื่องมือ

ฉบับที่หนึ่ง แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู

ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู จากแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูของดาวนภา กิตติสาโร (2546) มีจำนวนข้อคำถาม 20 ข้อใหญ่ และในแต่ละข้อแบ่งเป็นรายด้านสามด้าน คือ การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย การอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน และการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย ซึ่งเป็นมาตรวัดสี่ระดับ คือ จริงมากที่สุด จริงมาก จริงน้อย จริงน้อย โดยแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยของ ดาวนภา กิตติสาโร (2546) มีค่าอำนาจจำแนกที่เป็นค่า t ตั้งแต่ 4.740-9.696 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เท่ากับ 0.8291 แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน มีค่าอำนาจจำแนกที่เป็นค่า t ตั้งแต่ 5.499-8.806 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เท่ากับ 0.8653 และแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย มีค่าอำนาจจำแนกที่เป็นค่า t ตั้งแต่ 4.678-9.823 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เท่ากับ 0.8521 โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบถาม เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบสอบถาม

2. เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการ จากแนวทางการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาเขียนนิยามปฏิบัติการ ตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด

3. นำแบบสอบถามที่ต้องการนำมาพัฒนา มาปรับในเรื่องของภาษาของข้อคำถาม และปรับแบบสอบถามให้เป็นมาตรวัดห้าระดับ เพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

4. ผู้วิจัยพิจารณาคุณภาพแบบสอบถามของ ดาวนภา กิตติสาโร (2546) โดยพิจารณาจากค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม มีความเห็นว่าแบบสอบถามมีคุณภาพเชื่อถือได้ จึงตัดสินใจจัดพิมพ์แบบสอบถามการการอบรมเลี้ยงดูฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้เครื่องมือต่อไป

5. ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 350 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่จะเก็บจริง คือนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสารสาสน์วิเทศสัมพันธ์บางบัวทอง จำนวน 205 คน และนักเรียนจากโรงเรียนวัดสมรโกฏิ นนทบุรี จำนวน 145 คน

6. เมื่อเก็บรวบรวมแบบสอบถามที่ได้มาจากการทดลองใช้เครื่องมือ ซึ่งมีแบบสอบถามที่ใช้ได้ทั้งหมดจำนวน 307 ฉบับ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ ผลปรากฏว่า แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก r อยู่ระหว่าง .233 - .647และมีค่าความเชื่อมั่น .8448 แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .202 - .532 และมีค่าความเชื่อมั่น .7876 และแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .261 -.638 มีค่าความเชื่อมั่น .8451

7. ผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่าแบบสอบถามที่ทดลองใช้นั้นสามารถนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยได้ จึงไปทำการเก็บรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ได้แบบสอบถามมาทั้งสิ้นจำนวน 1,246 ฉบับ ผู้วิจัยคัดเลือกแบบสอบถามที่มีการตอบสมบูรณ์ที่สุด ได้แบบสอบถามที่จะนำมาทำการวิเคราะห์จำนวน 1,058 ฉบับ

8. เมื่อได้แบบสอบถามมาครบตามจำนวนที่ต้องการแล้ว ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบถาม ผลปรากฏว่า แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก r อยู่ระหว่าง .254 - .630 และมีค่าความเชื่อมั่น .8845 แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .317 - .464และมีค่าความเชื่อมั่น .8689 และแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .272 -.602 มีค่าความเชื่อมั่น .8798 ดังแสดงในภาคผนวก ข

9. ผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่าแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูมีคุณภาพเครื่องมือที่ดี จึงได้นำผลการตอบแบบสอบถามไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยต่อไป

ฉบับที่สอง แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน

ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ มาจากแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ของ ณัฐพล แย้มฉิม (2547) มีจำนวนข้อคำถาม 20 ข้อ เป็นมาตรวัดสี่ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง มีค่าอำนาจจำแนก r ตั้งแต่ 0.284 ถึง 0.701 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ 0.89 และผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนภาษาอังกฤษ มาจาก

แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนในการเรียนภาษาอังกฤษของกรรณิการ์ จิตต์บรรเทา (2539) มีจำนวนข้อคำถาม 20 ข้อ เป็นมาตรวัดห้าระดับ คือ จริงมาก จริงค่อนข้างมาก จริงปานกลาง จริงค่อนข้างน้อย จริงน้อย มีค่าอำนาจจำแนก r ตั้งแต่ 0.4667 ถึง 0.7460 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เท่ากับ 0.8741 โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบถาม เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบสอบถาม

2. เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการ จากแนวทางการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาเขียนนิยามปฏิบัติการ ตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด

3. นำแบบสอบถามที่ต้องการนำมาพัฒนา มาปรับแก้ในเรื่องของภาษาของข้อคำถาม และปรับแบบสอบถามเป็นมาตรวัดห้าระดับ และคัดเลือกข้อคำถามในแต่ละวิชาเหลือจำนวน 15 ข้อ เพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

4. ผู้วิจัยพิจารณาคุณภาพแบบสอบถามของณัฐพล แย้มฉิม (2547) และกรรณิการ์ จิตต์บรรเทา (2539) โดยพิจารณาจากค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม มีความเห็นว่าแบบสอบถามมีคุณภาพเชื่อถือได้ จึงตัดสินใจจัดพิมพ์แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้ต่อไป

5. ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 350 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่จะเก็บจริง คือนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสารสาสน์วิเทศสัมพันธ์บางบัวทอง จำนวน 205 คน และนักเรียนจากโรงเรียนวัดสมรโกฏิ นนทบุรี จำนวน 145 คน

6. เมื่อเก็บรวบรวมแบบสอบถามที่ได้มาจากการทดลองใช้เครื่องมือ ซึ่งมีแบบสอบถามที่ใช้ได้ทั้งหมดจำนวน 307 ฉบับ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ ผลปรากฏว่า แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก r อยู่ระหว่าง .329 - .735 และมีค่าความเชื่อมั่น .8941 และแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จำนวน 15 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก r อยู่ระหว่าง .392 - .759 และมีค่าความเชื่อมั่น .9182

7. ผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่าแบบสอบถามที่ทดลองใช้นั้นสามารถนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยได้ จึงไปทำการเก็บรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ได้แบบสอบถามมาทั้งสิ้นจำนวน 1,246 ฉบับ ผู้วิจัยคัดเลือกแบบสอบถามที่มีการตอบสมบูรณ์ที่สุด ได้แบบสอบถามที่จะนำมาทำการวิเคราะห์จำนวน 1,058 ฉบับ

8. เมื่อได้แบบสอบถามมาครบตามจำนวนที่ต้องการแล้ว ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบถาม ผลปรากฏว่า แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก r อยู่ระหว่าง .293 - .701 และมีค่าความเชื่อมั่น .9077 และ

แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จำนวน 15 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก r อยู่ระหว่าง .541 - .806 และมีค่าความเชื่อมั่น .9438

9. ผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่าแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูมีคุณภาพเครื่องมือที่ดี จึงได้นำผลการตอบแบบสอบถามไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยต่อไป

ลักษณะของแบบสอบถาม

ฉบับที่หนึ่ง แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อ แล้วพิจารณาว่าข้อความนั้นตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติของนักเรียนมากน้อยเพียงใด และทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องด้านขวามือของข้อความที่ตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติที่แท้จริงเพียงช่องเดียวในแต่ละข้อ คำตอบที่ได้ไม่ถือว่าถูกหรือผิด และกรุณาตอบทุกข้อ เกณฑ์การตัดสินใจมีดังนี้

จริงมากที่สุด หมายถึง ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด

จริงมาก หมายถึง ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากพอสมควร

จริง หมายถึง ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากปานกลาง

จริงน้อย หมายถึง ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนน้อยมาก

จริงน้อยที่สุด หมายถึง ข้อความที่ไม่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนเลย

ตัวอย่างแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู

ข้อ	ข้อความ	จริงมากที่สุด	จริงมาก	จริง	จริงน้อย	จริงน้อยที่สุด
0	เวลานักเรียนทำการบ้านผู้ปกครองจะปฏิบัติต่อนักเรียนอย่างไร					
	ก.ไม่สนใจว่าทำการบ้านหรือไม่	....	....	....	....	....
	ข. ไม่ให้ไปไหนจนกว่าจะทำการบ้านเสร็จ	....	....	....	....	.......…
	ค. ซักถามว่าทำการบ้านได้หรือไม่	………..	………..	………..	………..	………..
00	ในระหว่างที่นักเรียนกำลังศึกษาเล่าเรียนผู้ปกครองปฏิบัติต่อนักเรียนอย่างไร					
	ก. บังคับให้อ่านหนังสือประจำ	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ไม่เคยถามเรื่องเรียนเลย	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. พูดคุยถึงปัญหาการเรียนว่าเป็นอย่างไร	………..	………..	………..	………..	………..

วิธีการตรวจให้คะแนนแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู

	ข้อความทางบวก			ข้อความทางลบ		
ตอบช่อง จริงมากที่สุด	ให้	5	คะแนน	ให้	1	คะแนน
ตอบช่อง จริงมาก	ให้	4	คะแนน	ให้	2	คะแนน
ตอบช่อง จริง	ให้	3	คะแนน	ให้	3	คะแนน
ตอบช่อง จริงน้อย	ให้	2	คะแนน	ให้	4	คะแนน
ตอบช่อง จริงน้อยที่สุด	ให้	1	คะแนน	ให้	5	คะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมาย

แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู มีจำนวนด้านละ 20 ข้อ คะแนนเต็ม 100 คะแนน

ระดับคะแนน	การแปลความหมาย
20.00 – 35.99	มีการอบรมเลี้ยงดูในด้านนั้นๆในระดับต่ำ
36.00 – 51.99	มีการอบรมเลี้ยงดูในด้านนั้นๆในระดับค่อนข้างต่ำ
52.00 – 67.99	มีการอบรมเลี้ยงดูในด้านนั้นๆในระดับปานกลาง
68.00 – 83.99	มีการอบรมเลี้ยงดูในด้านนั้นๆในระดับค่อนข้างสูง
84.00 – 100.00	มีการอบรมเลี้ยงดูในด้านนั้นๆในระดับสูง

ฉบับที่สอง แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อ แล้วพิจารณาว่าข้อความนั้นตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติของนักเรียนมากน้อยเพียงใด และทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องด้านขวามือของข้อความที่ตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติที่แท้จริงเพียงช่องเดียวในแต่ละข้อ คำตอบที่ได้ไม่ถือว่าถูกหรือผิด และกรุณาตอบทุกข้อ เกณฑ์การตัดสินใจมีดังนี้

จริงมากที่สุด	หมายถึง	ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติของนักเรียนมากที่สุด
จริงมาก	หมายถึง	ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติของนักเรียนมากพอสมควร
จริง	หมายถึง	ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติของนักเรียนมากปานกลาง
จริงน้อย	หมายถึง	ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติของนักเรียนน้อยมาก
จริงน้อยที่สุด	หมายถึง	ข้อความที่ไม่ตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติของนักเรียนเลย

<u>ตัวอย่างแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน</u>

ข้อ	ข้อความ	จริงมากที่สุด	จริงมาก	จริง	จริงน้อย	จริงน้อยที่สุด
	<u>วิชาคณิตศาสตร์</u>					
0	ข้าพเจ้ามีความสามารถทางคณิตศาสตร์	....	....	....	....	....
00	ข้าพเจ้าสามารถแก้สมการทางคณิตศาสตร์ได้	....	....	....	....	....
	<u>วิชาภาษาอังกฤษ</u>					
0	ข้าพเจ้าสามารถสนทนาเป็นภาษาอังกฤษได้	....	....	....	....	....
00	ข้าพเจ้ามั่นใจว่าสามารถทำคะแนนวิชาภาษาอังกฤษได้ดี	....	....	....	....	....

<u>วิธีการตรวจให้คะแนนแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ</u>

	ข้อความทางบวก			ข้อความทางลบ		
ตอบช่อง จริงมากที่สุด	ให้	5	คะแนน	ให้	1	คะแนน
ตอบช่อง จริงมาก	ให้	4	คะแนน	ให้	2	คะแนน
ตอบช่อง จริง	ให้	3	คะแนน	ให้	3	คะแนน
ตอบช่อง จริงน้อย	ให้	2	คะแนน	ให้	4	คะแนน
ตอบช่อง จริงน้อยที่สุด	ให้	1	คะแนน	ให้	5	คะแนน

<u>เกณฑ์ในการแปลความหมาย</u>

แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ มีจำนวนวิชาละ 15 ข้อ คะแนนเต็ม 75 คะแนน

ระดับคะแนน	การแปลความหมาย
15.00 – 26.99	มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชานั้นๆในระดับต่ำ
27.00 – 38.99	มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชานั้นๆในระดับค่อนข้างต่ำ
39.00 – 50.99	มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชานั้นๆในระดับปานกลาง

51.00 – 62.99 มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชานั้นๆในระดับค่อนข้างสูง

63.00 – 75.00 มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชานั้นๆในระดับสูง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถึงผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ติดต่อโรงเรียนที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล นัดหมายวัน เวลาที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. จัดเตรียมแบบสอบถาม ให้มีจำนวนมากกว่ากลุ่มตัวอย่างประมาณร้อยละ 30 เพื่อใช้ในการคัดเลือกแบบสอบถามที่นักเรียนตอบไม่สมบูรณ์ หรือความไม่ตั้งใจในการตอบ

4. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนตอบแบบสอบถามซึ่งก่อนที่นักเรียนจะทำการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะเป็นผู้ชี้แจงเอง เพื่อให้นักเรียนตอบได้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยใช้เวลาในตอบแบบสอบถาม 50 นาที และรับแบบสอบถามคืนในวันนั้น

5. ผู้วิจัยจัดเก็บข้อมูลครั้งละหนึ่งโรงเรียน (แต่ละโรงเรียนอาจจะใช้เวลามากกว่าหนึ่งครั้ง)

6. ตรวจสอบและคัดแยกแบบสอบถามที่ได้รับการตอบ หรือมีร่องรอยระบุถึงการไม่ตั้งใจทำแบบสอบถาม แล้วดำเนินการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม จนมีข้อมูลเพียงพอจะเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร และเพียงพอสำหรับเงื่อนไขข้อกำหนดของแผนการวิเคราะห์ข้อมูล

7. ผู้วิจัยติดต่อถึงผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการขอคัดลอกผลคะแนนสอบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2550 จากการทดสอบความรู้ในรายวิชาต่างๆ โดยใช้ข้อสอบมาตรฐานของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ที่ทางสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 เป็นผู้ดำเนินการจัดสอบ ทั้งนี้ผู้วิจัยขอคัดคะแนนในรายวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษที่มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการทำงานวิจัย

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆทุกชุดตัวแปร ซึ่งตัวแปรที่นำมาศึกษาแบ่งเป็นตัวแปรทั้งหมดจำนวนสามชุด โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) โดยวิเคราะห์ได้จากโปรแกรม SPSS

2. วิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรแต่ละชุดในแต่ละเทคนิคการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ซึ่งมีเทคนิคการคำนวณ คือ เทคนิค SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และGENVAR โดยวิเคราะห์ได้จากโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน 77 ซึ่งได้ความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ Prof. Allan Aasbjerg Nielsen, Ph.D (Technical University of Denmark)

3. วิเคราะห์หาค่าน้ำหนักตัวแปรแต่ละตัวแปรของแต่ละชุดในแต่ละเทคนิคการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล คือ เทคนิค SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR โดยวิเคราะห์ได้จากโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน 77 ซึ่งได้ความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ Prof. Allan Aasbjerg Nielsen, Ph.D (Technical University of Denmark)

4. วิเคราะห์หาค่าความลำเอียงทางสถิติ (Bias) ในแต่ละเทคนิคการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล คือเทคนิค SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR ซึ่งได้มาจากการทำวิธีการบูตสแทรป (Bootstrap) จำนวน 50 ครั้ง โดยวิเคราะห์ได้จากโปรแกรม SAS

5. วิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสถิติ (Standard Error) ในแต่ละเทคนิคการคำนวณของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล คือ เทคนิค SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR ซึ่งได้มาจากการทำวิธีการบูตสแทรป (Bootstrap) จำนวน 50 ครั้ง โดยวิเคราะห์ได้จากโปรแกรม SAS

6. วิเคราะห์เปรียบเทียบเทคนิคการคำนวณต่างกันให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ด้วยสถิติ One Within Repeated Measures และ Two Between One Within Repeated Measures ตามลำดับ จากโปรแกรม SPSS ซึ่งผู้วิจัยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

6.1 สุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบบูตสแทรปแต่ละขนาด (100 200 300 400 500 600 และ 700 คน) จำนวน 50 ครั้ง นำกลุ่มตัวอย่างแต่ละครั้งมาหาค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่จะได้ 50 ค่า (วิเคราะห์ด้วย SAS)

6.2 ในการสุ่ม 50 ครั้ง ของแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง ต้องทำการสุ่มให้มีลักษณะแจกแจงเป็นแบบเบ้ขวา เบ้ซ้าย โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ และทำการทดสอบทดสอบลักษณะการแจกแจงของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล (วิเคราะห์ด้วย SAS)

6.3 ในสามแบบแรกต้องทำการทดสอบค่าความเบ้ของการแจกแจงข้อมูล และในสองแบบหลังต้องทำการทดสอบค่าความโด่งของการแจกแจงข้อมูล ถ้ายังไม่ได้ตามที่ต้องการต้องสุ่มและทดสอบข้อมูลใหม่ จนได้ครบ 50 ค่าที่มีลักษณะการแจกแจงตามที่ต้องการ ทั้งนี้ในการทดสอบความ

เบ้ของข้อมูล ต้องกำหนดค่าความโด่งให้มีความคงที่ และถ้าต้องทดสอบค่าความโด่งของข้อมูล ต้องกำหนดค่าความเบ้ให้มีความคงที่ (วิเคราะห์ด้วย SAS)

6.4 นำค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล 50 ค่าที่มีลักษณะการแจกแจงต่างกัน ของแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

1.1 วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (r_{XY}) ของเครื่องมือเป็นรายข้อโดยใช้ Corrected Item – Total Correlation โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์.2548)

$$r_{item-total} = \frac{n\sum IT - \sum I \sum T}{\sqrt{(n\sum I^2 - (\sum I)^2)(n\sum T^2 - (\sum T)^2)}}$$

เมื่อ n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

I แทน คะแนนของข้อคำถาม

T แทน คะแนนผลรวมของข้ออื่นๆที่เหลือทุกข้อ

1.2 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้สูตรการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา α-Coefficient ของครอนบัค (Cronbach) (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์.2547)

$$\alpha = \frac{K}{K-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2}\right]$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

K แทน จำนวนข้อของแบบสอบถามทั้งฉบับ

S_i^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_x^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบสอบถามทั้งฉบับ

2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ผู้วิจัยได้ค่าสหสัมพันธ์เจนนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล จำนวน 50 ค่า ในแต่ละเทคนิคการคำนวณ และแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งต้องการให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบต่างๆทั้งห้าแบบ คือ แบบโค้งปกติ แบบเบ้ทางบวก แบบเบ้ทางลบ แบบโค้งแบนราบ และโค้งโด่ง เพราะผู้วิจัยต้องการศึกษาว่าลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล จะมีผลให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลในแต่ละเทคนิคการคำนวณแตกต่างกันหรือไม่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบลักษณะการแจกแจงข้อมูลดังสูตรต่อไปนี้ (Keeves.1997:585-586)

2.1 การวัดความเบ้ (Measure of Skewness)

$$g_1 = \frac{m_3}{m_2^{3/2}} = \frac{m_3}{S^3}$$

เมื่อ g_1 แทน ค่าความเบ้

m_3 แทน ค่าโมเมนต์ที่ 3

m_2 แทน ค่าโมเมนต์ที่ 2

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยค่าโมเมนต์ คำนวณได้จาก

$$m_r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^r}{N}$$

เมื่อ r แทน จำนวนของโมเมนต์

X_i แทน คะแนนในแต่ละข้อ

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

N แทน จำนวนข้อมูล

ให้ $g_1 = 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normal Curve)

$g_1 > 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบเบ้ทางบวก (Positive Skewness)

$g_1 < 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบเบ้ทางลบ (Negative Skewness)

2.2 การวัดความโด่ง (Measure of Kurtosis)

$$g_2 = \frac{m_4 - 3m_2^2}{m_2^2} = \frac{m_4}{S^4} - 3$$

เมื่อ g_2 แทน ค่าความโด่ง

M_4 แทน ค่าโมเมนต์ที่ 4

เมื่อ $g_2 = 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Mesokurtic)

$g_2 < 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบโค้งแบนราบ (Platykurtic)

$g_2 > 0$ แสดงว่า เป็นการแจกแจงแบบโค้งโด่ง (Leptokurtic)

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 วิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่และค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวในแต่ละเทคนิคการคำนวณ ถ้าตัวแปรมี k ชุด จะมีจำนวนค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลอยู่ k(k-1) /2 ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคาโนนิคอล k ที่จัดให้อยู่ในรูป $k \times k$ เมทริกซ์สหสัมพันธ์ $R = \{ r_{jl} \}$ ของตัวแปรคาโนนิคอล ซึ่งสามารถใช้เป็นสูตรฟังก์ชันของเมทริกซ์ R โดยสูตรในแต่ละเทคนิคนั้นผู้วิจัยได้นำมาจากการสรุปสูตรของฮานาฟิและเกียร์ (Hanafi ; & Kier.2006) เพื่อให้เข้าใจในแต่ละเทคนิคการคำนวณได้ง่ายขึ้น

3.1.1 เทคนิคการคำนวณด้วยวิธีการ SUMCOR (Horst.1961) คือ การทำให้ผลรวมของ r_{jl} มีค่าสูงสุด

$$\mathrm{Max} \sum_{j,i} \mathrm{Cor}(F_j, F_i)$$

3.1.2 เทคนิคการคำนวณด้วยวิธีการ SSQCOR (Carroll.1968) คือ การทำให้ผลรวมของ r_{jl} ยกกำลังสองมีค่าสูงสุด

$$\mathrm{Max} \sum_{j,i} \mathrm{Cor}^2(F_j, F_i)$$

3.1.3 เทคนิคการคำนวณด้วยวิธีการ MAXVAR (Kettenring.1971) คือ การทำให้ค่าไอเกนที่ใหญ่สุดของ R มีค่าสูงสุด

$$\mathrm{Max}\{\lambda_{first}[\mathrm{Cor}(F_j, F_i)]\}$$

เมื่อ $\lambda_{first}[.]$ แทน the largest eigenvalue of the matrix

3.1.4 เทคนิคการคำนวณด้วยวิธีการ MINVAR (Kettenring.1971) คือ การทำให้ค่าไอเกนที่เล็กสุดของ R มีค่าน้อยสุด

$$\mathrm{Min}\{\lambda_{first}[\mathrm{Cor}(F_j,F_i)]\}$$

เมื่อ $\lambda_{first}[.]$ แทน the smallest eigenvalue of the matrix

3.1.5 เทคนิคการคำนวณด้วยวิธีการ GENVAR (Steel.1951) คือ การทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนท์ของ R มีค่าน้อยสุด หรือเทียบเท่ากับการทำให้ผลคูณของค่าไอเกนของ R มีค่าต่ำสุด

$$\mathrm{Min}\{\det[\mathrm{Cor}(F_j,F_i)]\}$$

เมื่อแต่ละเทคนิคให้ $\mathrm{Cor}(F_j, F_i)$ แทน Product Moment Correlation Coefficient

F_j แทน $X_j w_j$ ซึ่งคือ Linear Combination ของคอลัมน์ของ X_j

F_i แทน $X_i w_i$ ซึ่งคือ Linear Combination ของคอลัมน์ของ X_i

w_i , w_j แทน Canonical Weight Vectors

จากที่กล่าวมาเป็นเทคนิคการคำนวณในแต่ละวิธีของสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ซึ่งขยายต่อมาจากสมการพื้นฐานของสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ดังนี้

สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดX และชุด Y หาได้จากสมการเมทริกซ์(Tishler ; & Lipovetsky.1995)

$$X = (x_{ki}) \quad , \quad k = 1 ,\ldots , l ; i = 1 ,\ldots, n$$

$$Y = (y_{kj}) \quad , \quad k = 1 ,\ldots , l ; j =1 ,\ldots, m$$

ในการดำเนินการนั้นข้อมูลแต่ละชุดประกอบด้วยกลุ่มตัวแปร คือ X มี n ตัวแปร และ Y มี m ตัวแปร โดยกำหนดคะแนนข้อมูลสองชุด ดังนี้

$$\xi = Xa \quad , \quad \eta = Yb$$

เมื่อ a , b คือ (n×1) , (m×1) เวกเตอร์ของน้ำหนักพารามิเตอร์ ส่วนเวกเตอร์ของคะแนน คือ (l×1) สามารถแปลผลเป็นค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแต่ละเมทริกซ์ (ชุดของตัวแปร)

สำหรับข้อมูลสองชุด สามารถหาสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่าง X และ Y ได้โดยความสัมพันธ์ของคู่ตัวแปรคาโนนิคอลที่ทำให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลสูงสุด

$$\rho = \frac{\xi'\eta}{[(\xi'\xi)(\eta'\eta)]^{1/2}} = \frac{a'C_{xy}b}{[(a'C_{xx}a)(b'C_{yy}b)]^{1/2}}$$

เมื่อให้ $C_{xy} = X'Y$, $C_{xx} = X'X$ โดยมีข้อบังคับว่า $\xi'\xi = 1$, $\eta'\eta = 1$

การทำให้ ρ มีค่าสูงสุด เรากำหนด Lagrange Function

$$L = \xi'\eta - \frac{\lambda}{2}(\xi'\xi - 1) - \frac{\mu}{2}(\eta'\eta - 1)$$

$$= a'C_{xy}b - \frac{\lambda}{2}(a'C_{xx}a - 1) - \frac{\mu}{2}(b'C_{yy}b - 1)$$

จากสมการข้างบนเราสามารถจัดให้อยู่ในรูปแบบ

$$\begin{pmatrix} 0 & C_{xy} \\ C_{yx} & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \lambda\begin{pmatrix} C_{xx} & 0 \\ 0 & C_{yy} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

ซึ่ง $\rho_{max} = \lambda_{max}$

ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร (Pedhazur.1997:927-933)

<u>ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร Y</u> คำนวณได้จาก

$$\beta_j = \frac{1}{\sqrt{V_j'R_{yy}V_j}}V_j$$

เมื่อ β_j แทน ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของชุดที่ j

V_j แทน ไอเกนเวกเตอร์ที่ j

V_j' แทน ทรานสโพสของ V_j

และหาค่า V_j ได้โดยแก้สมการ

$$\left|R_{yy}^{-1}R_{yx}R_{xx}^{-1}R_{xy} - \lambda I\right|V_j = 0$$

<u>ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร X</u> คำนวณได้จาก

$$A = R_{xx}R_{xy}BD^{-1/2}$$

เมื่อ A แทน เมทริกซ์ของน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปร X

B แทน เมทริกซ์ของน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปร Y

$D^{-1/2}$ แทน diagonal matrix ที่มีสมาชิกเป็นส่วนกลับของรากที่สองของ λ

3.2 วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงในการประมาณค่าสถิติ ได้จากการทำวิธีการบูตสแทรป (Bootstrap)จากจุดมุ่งหมายของวิจัยนั้น ผู้วิจัยพิจารณาจากค่าความลำเอียงของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวในแต่ละชุดทั้งสามชุด ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ผู้วิจัยสนใจ เพราะเป็นส่วนหนึ่งของการนำมาใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมในการประมาณค่าสถิติ เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน โดยหลักในการพิจารณาคือ ค่าความลำเอียงของสถิติ (Bias) ต้องมีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ถึงตัดสินได้ว่ามีความเที่ยงตรงในการประมาณค่าสถิติ สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้ (Mooney ; & Duval.1993:31)

$$\text{Bias}(\hat{\theta}) = \hat{\theta}^{*}_{(.)} - \hat{\theta} \quad , \quad \hat{\theta}^{*}_{(.)} = \sum \hat{\theta}_{b} \Big/ B$$

เมื่อ $\hat{\theta}$ แทน ค่าสถิติที่สนใจที่เกิดจากการใช้กลุ่มตัวอย่างเดิมวิเคราะห์ ค่าสถิติที่สนใจคือค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ และค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัว

$\hat{\theta}^{*}_{(.)}$ แทน ค่าเฉลี่ยของสถิติที่สนใจที่เกิดจากการใช้กลุ่มตัวอย่างบูตสแทรป

$\hat{\theta}_{b}$ แทน ค่าสถิติที่สนใจในแต่ละชุดกลุ่มตัวอย่างบูตสแทรป

B แทน จำนวนครั้งที่ทำบูตสแทรป ซึ่งผู้วิจัยใช้จำนวน 50 ครั้ง

3.3 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นในการประมาณค่าสถิติ ซึ่งพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสถิติ (Standard Error) จากจุดมุ่งหมายของวิจัยนั้น ผู้วิจัยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวในแต่ละชุดทั้งสามชุด ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ผู้วิจัยสนใจ เพราะเป็นส่วนหนึ่งของการนำมาใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมในการประมาณค่าสถิติ เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน โดยหลักในการพิจารณาคือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสถิติ (Standard Error) ต้องมีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด ถึงตัดสินได้ว่ามีความเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าสถิติ สามารถคำนวณได้จากการประมาณค่า Standard Error ของค่าสถิติที่สนใจ คือ ค่า S.D.ของค่าสถิติ โดยวิธีบูตสแทรปนั่นเอง มีสูตรการคำนวณดังนี้ (Mooney ; & Duval.1993:35)

$$\hat{\sigma}^{*}_{\hat{\theta}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{B} (\hat{\theta}^{*}_{b} - \hat{\theta}^{*}_{(.)})^{2}}{(B-1)} \right]^{1/2}$$

ให้ $$\hat{\theta}^{*}_{(.)} = \frac{\sum_{i=1}^{B} \hat{\theta}^{*}_{b}}{B}$$

เมื่อ $\hat{\sigma}^{*}_{\hat{\theta}}$ แทน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสถิติที่สนใจ โดยค่าสถิติที่สนใจคือค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ และค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัว

$\hat{\theta}^{*}_{(.)}$ แทน ค่าเฉลี่ยของสถิติที่สนใจที่เกิดจากการใช้กลุ่มตัวอย่างบูตสแทรป

$\hat{\theta}^{*}_{b}$ แทน ค่าสถิติที่สนใจในแต่ละครั้งที่สุ่มกลุ่มตัวอย่างบูตสแทรป

B แทน จำนวนครั้งที่ทำบูตสแทรป ซึ่งผู้วิจัยใช้จำนวน 50 ครั้ง

3.4 ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) ของความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน ทดสอบด้วย One Within Repeated Measure คือตัวแปรเทคนิคการคำนวณเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยสนใจเป็นตัวแปรวัดซ้ำ และกำหนดให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเดียวกันและลักษณะการแจกแจงเดียวกัน และเมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน คือ การทดสอบสมมติฐานผลหลักของตัวแปรภายในกลุ่ม (เทคนิคการคำนวณ)ซึ่งการทดสอบวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่างค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล สามารถทำได้โดยใช้สถิติ Two Between and One Within Repeated Measures ซึ่งสถิตินี้คือการศึกษาตัวแปรระหว่างกลุ่มที่มีสองตัวแปร คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและการแจกแจงข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล และตัวแปรภายในกลุ่ม หรือเป็นองค์ประกอบการวัดซ้ำที่มีเพียงหนึ่งตัวเท่านั้น คือ เทคนิคการคำนวณ โดยผู้วิจัยต้องการศึกษาผลของ ตัวแปรภายในกลุ่มเป็นหลัก แต่จำแนกตามตัวแปรจัดกลุ่ม(ตัวแปรระหว่างกลุ่ม) สรุปว่า*ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบว่าเทคนิคการคำนวณต่างกันจะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างหรือไม่ เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน* สูตรการคำนวณมีดังนี้ (Steven.2002)

$$F = \frac{MS_{treat}}{MS_{error}} \quad , df = (n-1),(n-k)$$

ให้ $MS_{treat} = \frac{SS_{treat}}{df_{treat}}$, df = p-1 , p = ระดับ treatment

$MS_{error} = \frac{SS_{error}}{df_{error}}$, df = n-1 , n = จำนวนหน่วยตัวอย่าง ,

k = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อ MS_{treat} แทน ค่าเฉลี่ยกำลังสองของตัวแปรภายในกลุ่ม (กลุ่มทดลอง)

MS_{error} แทน ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

3.5 ทดสอบนัยสำคัญทางปฏิบัติ (Practical Significance) ของความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน *ทั้งนี้เพื่อทำการเปรียบเทียบขนาดความสัมพันธ์ของผลเทคนิคการคำนวณกับค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างและแต่ละลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล* โดยใช้สถิติการทดสอบสองสถิติดังนี้

3.5.1 Strength of Association เป็นการวัดสัดส่วนของความแปรปรวนของประชากรในตัวแปรตามที่อธิบายได้โดยระดับตัวแปร treatment คือ การวัดระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามนั่นเอง และสามารถหาได้จากสูตรการคำนวณดังนี้ (Kirk R.E.1995 : 179)

$$\hat{\omega}^2 = \frac{\hat{\sigma}_\alpha^2}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2 + \hat{\sigma}_\alpha^2}$$

เมื่อ $\hat{\omega}^2$ แทน ขนาดความสัมพันธ์ระหว่างกับตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

$\hat{\sigma}_\alpha^2$ แทน ความแปรปรวนของผลเทคนิคการคำนวณ

$\hat{\sigma}_\varepsilon^2$ แทน ความแปรปรวนของผลความคลาดเคลื่อน

เกณฑ์การแปลผล ω^2 ระดับความสัมพันธ์ของผลเทคนิคการคำนวณกับค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Kirk R.E.1995 :178 ; citing in Cohen.1988 : 284-288)

ω^2 = .010 หมายถึง มีความสัมพันธ์กันน้อย

ω^2 = .059 หมายถึง มีความสัมพันธ์กันปานกลาง

ω^2 = .138 หมายถึง มีความสัมพันธ์กันมาก

3.5.2 Effect Size เป็นการวัดขนาดของผลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม นั่นคือ ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล คำนวณได้จากสูตรดังนี้ (Kirk R.E.1995 : 181)

$$\hat{f} = \sqrt{\frac{\hat{\omega}^2}{1-\hat{\omega}^2}}$$

เมื่อ $\hat{f}$ แทน ขนาดผลเทคนิคการคำนวณ

เกณฑ์การแปลผล $\hat{f}$ ของขนาดผลเทคนิคการคำนวณ (Treatment) (Kirk R.E.1995 ; citing in Cohen.1988 : 284-288)

f = .10 หมายถึง ขนาดของผล treatment น้อย

f = .25 หมายถึง ขนาดของผล treatment ปานกลาง

$f \geq$ .40 หมายถึง ขนาดของผล treatment มาก

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีจุดหมายเพื่อศึกษาผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ด้วยเทคนิคการคำนวณที่แตกต่างกันห้าวิธี คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR ภายใต้เงื่อนไข ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นสี่ตอน ดังนี้

ตอนที่หนึ่ง การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสามชุด คือตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน และตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตอนที่สอง การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัว ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน จำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่สาม การวิเคราะห์ความลำเอียงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัว ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน

ตอนที่สี่ การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจในผลการวิจัยตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้แทนค่าสถิติและตัวแปรต่างๆดังนี้

n	แทน	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนดิบ
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
R_{12}	แทน	ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่งกับชุดที่สอง
R_{13}	แทน	ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่งกับชุดที่สาม
R_{23}	แทน	ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่สองกับชุดที่สาม
$\overline{R}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างคู่ตัวแปร
$\overline{R}_{12}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่งกับชุดที่สอง

$\bar{R}_{23}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่สองกับ ชุดที่สาม

$\bar{R}_{23}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่สองกับชุดที่สาม

β แทน ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัว

Bias แทน ค่าความลำเอียงในการประมาณค่าสถิติ

S.E. แทน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสถิติ

ω^2 แทน ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

Effect Size แทน ขนาดของผลตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม

TP แทน การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย

TK แทน การอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน

TR แทน การอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย

TM แทน การรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

TE แทน การรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ

SM แทน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

SE แทน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ

SUMCOR แทน เทคนิคการคำนวณที่ทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล R มีค่าสูงสุด

SSQCOR แทน เทคนิคการคำนวณที่ทำให้ผลรวมของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสองในเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล R มีค่าสูงสุด

MAXVAR แทน เทคนิคการคำนวณที่ทำให้ค่าไอเกนที่ใหญ่สุดของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล R มีค่าสูงสุด

MINVAR แทน เทคนิคการคำนวณที่ทำให้ค่าไอเกนที่น้อยสุดของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล R มีค่าต่ำสุด

GENVAR แทน เทคนิคการคำนวณที่ทำให้ค่าดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล R มีค่าต่ำสุด

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสามชุด

ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ในตอนนี้เป็นสามส่วน คือ 1) การวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ซึ่งแบ่งเป็นสามด้าน คือ ด้านการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน

และแบบปล่อยปละละเลย 2) การวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเอง ซึ่งแบ่งเป็นสองด้าน คือ ด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ และภาษาอังกฤษ 3) การวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ โดยวิเคราะห์ผลจากการสุ่มครั้งแรกเพื่อเป็นแนวทางในการตรวจสอบสถิติพื้นฐาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 4 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรทั้งสามชุด จำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง

n	ตัวแปรชุดที่ 1						ตัวแปรชุดที่ 2				ตัวแปรชุดที่ 3			
	TP		TK		TR		TM		TE		SM		SE	
(คน)	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.
100	69.82	12.96	62.72	11.07	36.62	12.74	42.75	9.47	37.71	11.40	20.33	4.52	20.20	4.34
200	70.80	12.95	59.87	10.37	35.33	11.15	42.75	8.91	36.23	10.41	21.07	4.50	20.36	4.59
300	69.45	13.71	61.05	10.79	36.17	11.58	43.08	8.82	36.46	11.32	20.28	4.80	20.01	4.87
400	69.90	14.70	60.66	11.63	36.02	11.38	42.91	8.68	35.60	10.77	20.65	4.69	19.93	4.88
500	70.29	13.67	60.28	10.91	35.38	11.64	43.02	9.30	35.90	11.18	20.69	4.59	20.05	4.68
600	70.21	13.98	60.36	11.32	35.36	11.17	42.43	9.13	35.11	10.67	20.60	4.64	20.03	4.74
700	70.30	13.59	61.04	11.11	35.75	10.86	42.08	8.91	35.22	10.86	20.50	4.63	20.05	4.68
1,058	70.81	13.52	60.81	11.12	35.74	11.59	42.51	9.24	35.54	11.13	20.27	4.64	20.09	4.69

ผลการวิเคราะห์ตาราง 4 พบว่า ในขนาดกลุ่มประชากรเทียม 1,058 คน นักเรียนมาจากครอบครัวที่มีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 70.81 คะแนน ในขณะที่นักเรียนที่ถูกอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยอยู่ในระดับต่ำ ด้วยคะแนนเฉลี่ย($\overline{X}$) 35.74 คะแนน ส่วนตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน พบว่า นักเรียนมีการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 42.51 คะแนน และรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 35.54 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ซึ่งรวบรวมมาจากคะแนนสอบที่ใช้ข้อสอบกลาง คือ ข้อสอบที่ทางสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดนนทบุรี เขต 1 เป็นผู้รับผิดชอบจัดสอบขึ้นในปีการศึกษา 2550 ผลปรากฏว่านักเรียนสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษได้คะแนนเฉลี่ย 20.27 คะแนน และ 20.09 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 30 คะแนนทั้งสองวิชา

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน นักเรียนมาจากครอบครัวที่มีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 69.82 คะแนน ในขณะที่นักเรียนที่ถูกอบรมเลี้ยงดูแบบ

ปล่อยปละละเลยอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 36.62 คะแนน ส่วนตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน พบว่า นักเรียนมีการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 42.75 คะแนน และรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 37.71 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ผลปรากฏว่านักเรียนสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษได้คะแนนเฉลี่ย 20.33 คะแนน และ 20.20 คะแนน ตามลำดับ

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน นักเรียนมาจากครอบครัวที่มีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 70.82 คะแนน ในขณะที่นักเรียนที่ถูกอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยอยู่ในระดับต่ำ ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 35.33 คะแนน ส่วนตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน พบว่า นักเรียนมีการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 42.75 คะแนน และรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 36.23 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ผลปรากฏว่านักเรียนสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษได้คะแนนเฉลี่ย 21.07 คะแนน และ 20.66 คะแนน ตามลำดับ

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 300 คน นักเรียนมาจากครอบครัวที่มีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 69.45 คะแนน ในขณะที่นักเรียนที่ถูกอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 36.17 คะแนน ส่วนตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน พบว่า นักเรียนมีการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 43.08 คะแนน และรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 36.46 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ผลปรากฏว่านักเรียนสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษได้คะแนนเฉลี่ย 20.28 คะแนน และ 20.01 คะแนน ตามลำดับ

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน นักเรียนมาจากครอบครัวที่มีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 69.90 คะแนน ในขณะที่นักเรียนที่ถูกอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 36.02 คะแนน ส่วนตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน พบว่า นักเรียนมีการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 42.91 คะแนน และรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 35.60 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ผลปรากฏว่านักเรียนสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษได้คะแนนเฉลี่ย 20.65 คะแนน และ 19.93 คะแนน ตามลำดับ

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน นักเรียนมาจากครอบครัวที่มีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 70.29 คะแนน ในขณะที่นักเรียนที่ถูกอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยอยู่ในระดับต่ำ ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 35.38 คะแนน ส่วนตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน พบว่า นักเรียนมีการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 43.02 คะแนน และรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 35.90 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ผลปรากฏว่านักเรียนสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษได้คะแนนเฉลี่ย 20.69 คะแนน และ 20.05 คะแนน ตามลำดับ

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 คน นักเรียนมาจากครอบครัวที่มีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 70.21 คะแนน ในขณะที่นักเรียนที่ถูกอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยอยู่ในระดับต่ำ ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$)35.36 คะแนน ส่วนตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน พบว่า นักเรียนมีการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 42.43 คะแนน และรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 35.11 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ผลปรากฏว่านักเรียนสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษได้คะแนนเฉลี่ย 20.60 คะแนน และ 20.03 คะแนน ตามลำดับ

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 700 คน นักเรียนมาจากครอบครัวที่มีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 70.30 คะแนน ในขณะที่นักเรียนที่ถูกอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยอยู่ในระดับต่ำ ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$)35.75 คะแนน ส่วนตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน พบว่า นักเรียนมีการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 42.08 คะแนน และรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำด้วยคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) 35.22 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ผลปรากฏว่านักเรียนสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษได้คะแนนเฉลี่ย 20.50 คะแนน และ 20.05 คะแนน ตามลำดับ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลเป็นสองส่วน ตามวัตถุประสงค์การวิจัยในข้อหนึ่งและข้อสอง คือ ส่วนที่หนึ่ง แสดงการผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ โดยใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อจำแนกตามแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน *โดยที่ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง*

ผู้วิจัยสุ่มซ้ำ 50 ครั้ง โดยวิธีการบูตสแทรป ทั้งนี้ในส่วนของตารางการวิเคราะห์ได้นำเสนอผลจากการสุ่มครั้งแรกเท่านั้น เพื่อเป็นแนวทางเพื่อตรวจสอบสถิติพื้นฐาน ในส่วนที่สอง แสดงผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปรที่นำมาศึกษา โดยใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อจำแนกตามแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน *โดยที่ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยสุ่มซ้ำ 50 ครั้ง โดยวิธีการบูตสแทรป ทั้งนี้ในส่วนของตารางการวิเคราะห์ได้นำเสนอผลจากการสุ่มครั้งแรกเท่านั้น เพื่อเป็นแนวทางเพื่อตรวจสอบสถิติพื้นฐาน* ดังมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ โดยใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อจำแนกตามแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างชุดตัวแปรทุกตัว เพื่อให้เข้าใจโดยภาพรวมก่อน แล้วจึงแสดงค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปร ดังตาราง 5

ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างชุดตัวแปรสามชุด ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละขนาด

n (คน)	ตัวแปร	TP	TK	TR	TM	TE	SM	SE
100	TP	1.000						
	TK	.221	1.000					
	TR	-.219	-.204	1.000				
	TM	.198*	.200*	-.227*	1.000			
	TE	.278*	.307**	-.345**	.304	1.000		
	SM	.238*	.350**	-.263**	.506**	.384**	1.000	
	SE	.214*	.314**	-.221*	.219*	.395**	.102	1.000
200	TP	1.000						
	TK	.325	1.000					
	TR	-.223	-.218	1.000				
	TM	.229*	.200*	-.225*	1.000			
	TE	.389*	.329**	-.428**	.211	1.000		
	SM	.421*	.255**	-.233**	.524**	.417**	1.000	
	SE	.211*	.354**	-.278*	.325**	.428**	.089	1.000

ตาราง 5 (ต่อ)

n (คน)	ตัวแปร	TP	TK	TR	TM	TE	SM	SE
300	TP	1.000						
	TK	.301	1.000					
	TR	-.113	-.200	1.000				
	TM	.298*	.347*	-.421*	1.000			
	TE	.402*	.347**	-.416**	.222	1.000		
	SM	.452*	.322**	-.264**	.578**	.511**	1.000	
	SE	.323*	.431**	-.302*	.485**	.452**	.142	1.000
400	TP	1.000						
	TK	.365	1.000					
	TR	-.248	-.325	1.000				
	TM	.352*	.411*	-.253*	1.000			
	TE	.405*	.378**	-.462**	.205	1.000		
	SM	.403*	.342**	-.325**	.520**	.432**	1.000	
	SE	.233*	.341**	-.242**	.340**	.428**	.114	1.000
500	TP	1.000						
	TK	.311	1.000					
	TR	-.232	-.281	1.000				
	TM	.326*	.362*	-.227*	1.000			
	TE	.387*	.395**	-.411**	.189	1.000		
	SM	.453*	.325**	-.348**	.556**	.428**	1.000	
	SE	.305*	.408**	-.245*	.426*	.429**	.118	1.000
600	TP	1.000						
	TK	.255	1.000					
	TR	-.256	-.322	1.000				
	TM	.327*	.345*	-.348*	1.000			
	TE	.411*	.452**	-.411**	.208	1.000		
	SM	.478*	.389**	-.233**	.462**	.478**	1.000	
	SE	.347**	.382**	-.312*	.325*	.459**	.145	1.000

ตาราง 5 (ต่อ)

n (คน)	ตัวแปร	TP	TK	TR	TM	TE	SM	SE
700	TP	1.000						
	TK	.421	1.000					
	TR	-.311	-.248	1.000				
	TM	.412*	.247*	-.314*	1.000			
	TE	.411*	.432**	-.389**	.302	1.000		
	SM	.421**	.255**	-.213**	.524**	.417**	1.000	
	SE	.532*	.416**	-.348*	.421*	.417**	.220	1.000
1,058	TP	1.000						
	TK	.481	1.000					
	TR	-.325	-.265	1.000				
	TM	.436*	.285*	-.341*	1.000			
	TE	.415*	.435**	-.398**	.317	1.000		
	SM	.436**	.258**	-.223**	.525**	.427**	1.000	
	SE	.547*	.432**	-.340*	.420*	.451**	.238	1.000

**p < .01

*p < .05

ผลการวิเคราะห์ตาราง 5 ผู้วิจัยแบ่งการแปลผลการวิเคราะห์ออกเป็นเจ็ดข้อด้วยกัน เพื่อไม่ให้สับสนในการอ่านตาราง และสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยแบ่งตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 200 300 400 500 600 700 และ 1,058 คน รายละเอียดดังนี้

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน พบว่า ในแต่ละชุดตัวแปร คือชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรภายในของแต่ละชุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรพบว่า ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีระดับความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .506 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยมีระดับความสัมพันธ์กับตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์น้อยที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .198 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน พบว่า ในแต่ละชุดตัวแปร คือชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรภายในของแต่ละชุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรพบว่า ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีระดับความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .524 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขันมีระดับความสัมพันธ์กับตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์น้อยที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .200 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 300 คน พบว่า ในแต่ละชุดตัวแปร คือชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรภายในของแต่ละชุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรพบว่า ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีระดับความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .578 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยมีระดับความสัมพันธ์กับตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์น้อยที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .198 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน พบว่า ในแต่ละชุดตัวแปร คือชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรภายในของแต่ละชุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรพบว่า ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีระดับความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .520 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยมีระดับความสัมพันธ์กับตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษน้อยที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .233 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน พบว่า ในแต่ละชุดตัวแปร คือชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรภายในของแต่ละชุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรพบว่า ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีระดับความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .556 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยมีระดับความสัมพันธ์กันทางลบกับตัวแปรการ

รับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์น้อยที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .227 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 คน พบว่า ในแต่ละชุดตัวแปร คือชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรภายในของแต่ละชุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรพบว่า ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษมีระดับความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยมีระดับความสัมพันธ์กับตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากที่สุดทั้งสองคู่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .478 เท่ากัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยมีระดับความสัมพันธ์กันทางลบกับตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์น้อยที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เพียร์สัน .233 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 700 คน พบว่า ในแต่ละชุดตัวแปร คือ ชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรภายในของแต่ละชุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรพบว่า ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย มีระดับความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษมากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .532 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยมีระดับความสัมพันธ์กันทางลบกับตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์น้อยที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .213 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในขนาดกลุ่มประชากรเทียม 1,058 คน พบว่า ในแต่ละชุดตัวแปร คือชุดตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ชุดตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรภายในของแต่ละชุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรพบว่า ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยมีระดับความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษมากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .547 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยมีระดับความสัมพันธ์กันทางลบกับตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์น้อยที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน .223 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละตัวแล้ว จึงทำการวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรแต่ละชุด และหาค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวแปร ด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน จำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง ดังตาราง 6 – 7

ตาราง 6 ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละชุด โดยใช้วิธีการคำนวณต่างกัน จำแนกตามขนาดตัวอย่าง

n (คน)	R_{ij} ของแต่ละชุด	วิธีการคำนวณ									
		SUMCOR		SSQCOR		MAXVAR		MINVAR		GENVAR	
		Rc	Sig.	Rc	Sig.	Rc	Sig.	Rc	Sig.	Rc	Sig.
100	R_{12}	.491*	.00	.541*	.00	.380*	.00	.421*	.00	.368*	.00
	R_{13}	.452*	.00	.309*	.00	.256*	.00	.312*	.00	.362*	.00
	R_{23}	.458*	.00	.417*	.00	.494*	.00	.452*	.00	.457*	.00
200	R_{12}	.387*	.00	.477*	.00	.442*	.00	.411*	.00	.345*	.00
	R_{13}	.318*	.00	.530*	.00	.292*	.00	.323*	.00	.325*	.00
	R_{23}	.387*	.00	.437*	.00	.546*	.00	.453*	.00	.471*	.00
300	R_{12}	.204*	.00	.414*	.00	.452*	.00	.307*	.00	.365*	.00
	R_{13}	.207*	.00	.243*	.00	.289*	.00	.298*	.00	.242*	.00
	R_{23}	.462*	.00	.476*	.00	.520*	.00	.492*	.00	.412*	.00
400	R_{12}	.322*	.00	.352*	.00	.377*	.00	.432*	.00	.308*	.00
	R_{13}	.203*	.00	.262*	.00	.379*	.00	.242*	.00	.327*	.00
	R_{23}	.485*	.00	.439*	.00	.516*	.00	.465*	.00	.419*	.00
500	R_{12}	.364*	.00	.391*	.00	.327*	.00	.380*	.00	.381*	.00
	R_{13}	.225*	.00	.235*	.00	.256*	.00	.241*	.00	.249*	.00
	R_{23}	.492*	.00	.514*	.00	.471*	.00	.452*	.00	.436*	.00
600	R_{12}	.305*	.00	.390*	.00	.420*	.00	.334*	.00	.342*	.00
	R_{13}	.236*	.00	.280*	.00	.253*	.00	.214*	.00	.221*	.00
	R_{23}	.477*	.00	.451*	.00	.499*	.00	.418*	.00	.462*	.00
700	R_{12}	.341*	.00	.379*	.00	.474*	.00	.342*	.00	.322*	.00
	R_{13}	.261*	.00	.258*	.00	.324*	.00	.302*	.00	.301*	.00
	R_{23}	.499*	.00	.470*	.00	.473*	.00	.462*	.00	.421*	.00
1,058	R_{12}	.351*	.00	.400*	.00	.426*	.00	.334*	.00	.343*	.00
	R_{13}	.238*	.00	.254*	.00	.284*	.00	.223*	.00	.225*	.00
	R_{23}	.482*	.00	.450*	.00	.485*	.00	.428*	.00	.468*	.00

* $p < .05$

ผลการวิเคราะห์ตาราง 6 พบว่า ทุกเทคนิคการคำนวณ คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR และในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน พบว่า เทคนิค SSQCOR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน มีค่าสูงที่สุด คือ มีค่า R_{12} = .491 และเทคนิค GENVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{12} = .368 ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น เทคนิค SUMCOR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{13} = .452 และเทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{13} = .256 สุดท้ายในคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{23} = .494 และเทคนิค SSQCOR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{23} = .417

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 200 คน พบว่า เทคนิค SSQCOR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน มีค่าสูงที่สุด คือ มีค่า R_{12} = .477 และเทคนิค GENVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{12} = .345 ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น เทคนิค SSQCOR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{13} = .530 และเทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{13} = .292 สุดท้ายในคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทคนิค GENVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{23} = .471 และเทคนิค SUMCOR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{23} = .387

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 300 คน พบว่า เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน มีค่าสูงที่สุด คือ มีค่า R_{12} = .452 และเทคนิค SUMCOR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{12} = .204 ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{13} = .289 และเทคนิค SUMCOR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{13} = .207 สุดท้ายใน

คู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{23} = .520 และเทคนิค GENVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{23} = .412

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน พบว่า เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน มีค่าสูงที่สุด คือ มีค่า R_{12} = .377 และเทคนิค GENVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{12} = .308 ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{13} = .379 และเทคนิค SUMCOR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{13} = .203 สุดท้ายในคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{23} = .516 และเทคนิค GENVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{23} = .436

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 500 คน พบว่า เทคนิค SSQCOR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน มีค่าสูงที่สุด คือ มีค่า R_{12} = .391 และเทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุดคือ ค่า R_{12} = .327 ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดูกับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{13} = .256 และเทคนิค SUMCOR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{13} = .225 สุดท้ายในคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทคนิค SSQCOR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{23} = .514 และเทคนิค GENVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{23} = .436

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 600 คน พบว่า เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน มีค่าสูงที่สุด คือ มีค่า R_{12} = .420 และเทคนิค SUMCOR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{12} = .305 ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น เทคนิค SSQCOR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{13} = .280 และเทคนิค MINVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{13} = .214 สุดท้ายในคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{23} = .499 และเทคนิค SSQCOR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{23} = .451

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 700 คน พบว่า เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน มีค่าสูงที่สุด คือ มีค่า R_{12} = .474 และเทคนิค GENVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{12} = .322 ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{13} = .324 และเทคนิค GENVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{13} = .301 สุดท้ายในคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทคนิค SUMCOR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{23} = .499 และเทคนิค GENVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{23} = .421

ขนาดกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน พบว่า เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียนมีค่าสูงที่สุด คือ มีค่า R_{12} = .426 และเทคนิค MINVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{12} = .322 ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{13} = .284 และเทคนิค MINVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{13} = .223 สุดท้ายในคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทคนิค MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงที่สุด คือ ค่า R_{23} = .485 และเทคนิค MINVAR จะให้ผลการประมาณค่าต่ำที่สุด คือ ค่า R_{23} = .428

ผลการวิจัยโดยภาพรวม พบว่า เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละคู่ ยิ่งมีค่าใกล้กับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน

หลังจากที่ผู้วิจัยได้หาค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล โดยใช้เทคนิคการคำนวณต่างกันแล้ว ค่าสถิติที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่ทราบในการวิเคราะห์สถิติสหสัมพันธ์คาโนนิคอล คือ การหาค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัว ทั้งนี้โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณคือคำสั่งภาษาฟอร์แทรน 77 จะสามารถหาค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวได้เลยในภาพรวมของตัวแปรทั้งสามชุด ไม่ใช่ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรที่ได้มาระหว่างตัวแปรสองชุด ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2) ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวแปรในแต่ละชุด โดยการคำนวณด้วยวิธีการต่างกัน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างๆ การแปลผลจึงได้แยกอภิปรายตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง และแต่ละเทคนิคการคำนวณ ดังตาราง 7

ตาราง 7 ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวในแต่ละชุด โดยใช้วิธีการคำนวณต่างกัน จำแนกตามขนาดตัวอย่าง

n (คน)	ค่าน้ำหนักความสำคัญ (β)	วิธีการคำนวณ				
		SUMCOR	SSQCOR	MAXVAR	MINVAR	GENVAR
100	<u>ตัวแปรชุดที่ 1</u>					
	- TP	.491	.437	.502	.325	.248
	- TK	.454	.415	.448	.371	.255
	- TR	.213	.114	.225	.241	.102
	<u>ตัวแปรชุดที่ 2</u>					
	- TM	.476	.412	.481	.378	.397
	- TE	.422	.348	.381	.407	.264
	<u>ตัวแปรชุดที่ 3</u>					
	- SM	.567	.526	.542	.511	.461
	- SE	.599	.481	.526	.470	.458
200	<u>ตัวแปรชุดที่ 1</u>					
	- TP	.489	.473	.542	.352	.252
	- TK	.448	.447	.499	.374	.267
	- TR	.236	.211	.384	.317	.189
	<u>ตัวแปรชุดที่ 2</u>					
	- TM	.501	.484	.498	.384	.321
	- TE	.430	.342	.318	.401	.337
	<u>ตัวแปรชุดที่ 3</u>					
	- SM	.547	.505	.524	.504	.416
	- SE	.480	.478	.502	.478	.345

ตาราง 7 (ต่อ)

n (คน)	ค่าน้ำหนักความสำคัญ (β)	วิธีการคำนวณ				
		SUMCOR	SSQCOR	MAXVAR	MINVAR	GENVAR
300	ตัวแปรชุดที่ 1					
	- TP	.454	.421	.511	.314	.214
	- TK	.451	.402	.471	.308	.283
	- TR	.213	.114	.325	.241	.102
	ตัวแปรชุดที่ 2					
	- TM	.483	.405	.447	.336	.378
	- TE	.442	.347	.348	.354	.280
	ตัวแปรชุดที่ 3					
	- SM	.576	.505	.532	.487	.457
	- SE	.482	.381	.498	.465	.411
400	ตัวแปรชุดที่ 1					
	- TP	.452	.471	.498	.336	.214
	- TK	.487	.435	.488	.332	.245
	- TR	.233	.225	.310	.256	.184
	ตัวแปรชุดที่ 2					
	- TM	.487	.463	.504	.352	.384
	- TE	.421	.347	.456	.408	.291
	ตัวแปรชุดที่ 3					
	- SM	.588	.563	.584	.521	.485
	- SE	.582	.473	.547	.470	.440

ตาราง 7 (ต่อ)

n (คน)	ค่าน้ำหนักความสำคัญ (β)	วิธีการคำนวณ				
		SUMCOR	SSQCOR	MAXVAR	MINVAR	GENVAR
500	ตัวแปรชุดที่ 1					
	- TP	.484	.425	.541	.365	.305
	- TK	.455	.408	.474	.371	.216
	- TR	.246	.132	.347	.317	.142
	ตัวแปรชุดที่ 2					
	- TM	.484	.471	.492	.451	.432
	- TE	.431	.347	.405	.388	.212
	ตัวแปรชุดที่ 3					
	- SM	.502	.532	.548	.482	.461
	- SE	.565	.452	.562	.489	.467
600	ตัวแปรชุดที่ 1					
	- TP	.488	.437	.542	.350	.242
	- TK	.455	.421	.447	.356	.240
	- TR	.208	.215	.335	.256	.130
	ตัวแปรชุดที่ 2					
	- TM	.482	.421	.489	.472	.425
	- TE	.432	.385	.368	.362	.263
	ตัวแปรชุดที่ 3					
	- SM	.532	.545	.550	.501	.478
	- SE	.478	.493	.508	.476	.452

ตาราง 7 (ต่อ)

n (คน)	ค่าน้ำหนักความสำคัญ (β)	วิธีการคำนวณ SUMCOR	SSQCOR	MAXVAR	MINVAR	GENVAR
700	ตัวแปรชุดที่ 1					
	- TP	.502	.484	.514	.412	.399
	- TK	.455	.402	.423	.389	.323
	- TR	.232	.212	.312	.253	.114
	ตัวแปรชุดที่ 2					
	- TM	.484	.421	.465	.423	.402
	- TE	.422	.385	.421	.399	.325
	ตัวแปรชุดที่ 3					
	- SM	.518	.521	.536	.500	.472
	- SE	.530	.488	.536	.486	.452
1,058	ตัวแปรชุดที่ 1					
	- TP	.512	.472	.524	.421	.392
	- TK	.463	.411	.441	.378	.321
	- TR	.230	.225	.341	.252	.128
	ตัวแปรชุดที่ 2					
	- TM	.478	.445	.468	.447	.442
	- TE	.442	.341	.447	.323	.348
	ตัวแปรชุดที่ 3					
	- SM	.526	.523	.528	.501	.447
	- SE	.521	.481	.523	.474	.450

ผลการวิเคราะห์ตาราง 7 พบว่า โดยส่วนใหญ่เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ในเทคนิคการคำนวณ GENVAR ส่วนใหญ่จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวต่ำกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ดังมีรายละเอียดดังนี้

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน พบว่า ตัวแปรชุดที่หนึ่ง คือ ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ซึ่งแบ่งเป็น ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .502 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .248 คะแนน ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .454 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .255 คะแนน ตัวแปรการการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยจะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MINVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .241 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .102 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สอง คือ ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน ซึ่งแบ่งเป็นการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอล สูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .481 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ MINVAR จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .378 คะแนน และตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .422 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .264 คะแนน และในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .567 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ MINVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .511คะแนน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .599 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .458 คะแนน

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน พบว่า ตัวแปรชุดที่หนึ่ง คือ ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ซึ่งแบ่งเป็น ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .542 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .252 คะแนน ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .499 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVARจะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .267 คะแนน ตัวแปรการการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยจะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก

.384 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .189 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สอง คือ ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน ซึ่งแบ่งเป็นการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .501 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .321 คะแนน และตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .430 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .337 คะแนน และในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .547 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .416 คะแนน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุด เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .502 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .345 คะแนน

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 300 คน พบว่า ตัวแปรชุดที่หนึ่ง คือ ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ซึ่งแบ่งเป็นตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .511 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .214 คะแนน ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .471 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .283 คะแนน ตัวแปรการการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .325 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .102 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สอง คือ ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน ซึ่งแบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .483 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ MINVAR จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .336 คะแนน และตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .442 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .280 คะแนน และในตัวแปรชุดที่สาม คือ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .576 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ MINVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .487คะแนน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .498 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .381 คะแนน

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน พบว่า ตัวแปรชุดที่หนึ่ง คือ ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ซึ่งแบ่งเป็นตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .498 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .214 คะแนน ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .488 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .245 คะแนน ตัวแปรการการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .310 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .184 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สอง คือ ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน ซึ่งแบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .504 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ MINVAR จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .352 คะแนน และตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .456 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .291 คะแนน และในตัวแปรชุดที่สาม คือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุด เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .588 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .485คะแนน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .582 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .440 คะแนน

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน พบว่า ตัวแปรชุดที่หนึ่ง คือ ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ซึ่งแบ่งเป็นตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้

เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .541 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .305 คะแนน ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .474 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .216 คะแนน ตัวแปรการการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .347 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .142 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สอง คือ ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน ซึ่งแบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .492 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .432 คะแนน และตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .431 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .212 คะแนน และในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .548 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .461คะแนน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .565 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .452 คะแนน

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 คน พบว่า ตัวแปรชุดที่ 1 คือ ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ซึ่งแบ่งเป็น ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .542 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .420 คะแนน ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .455 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .240 คะแนน ตัวแปรการการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .335 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .130 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สอง คือ ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน ซึ่งแบ่งเป็น การรับรู้

ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .489 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .421 คะแนน และตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .432 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .263 คะแนน และในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .550 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .478 คะแนน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .508 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .452 คะแนน

ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 700 คน พบว่า ตัวแปรชุดที่หนึ่ง คือ ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ซึ่งแบ่งเป็นตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .514 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .399 คะแนน ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .455 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .323 คะแนน ตัวแปรการการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .312 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .114 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สอง คือ ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน ซึ่งแบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .484 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .402 คะแนน และตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .422 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .325 คะแนน และในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .536 คะแนน แต่เทคนิคการ

คำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .472 คะแนน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .536 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .452 คะแนน

ในขนาดกลุ่มประชากรเทียม 1,058 คน พบว่า ตัวแปรชุดที่หนึ่ง คือ ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดู ซึ่งแบ่งเป็น ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .524 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .392 คะแนน ตัวแปรการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .463 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .321 คะแนน ตัวแปรการการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .341 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .128 คะแนน ในตัวแปรชุดที่สอง คือ ตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน ซึ่งแบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ SUMCOR ด้วยค่าน้ำหนัก .478 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .442 คะแนน และตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .447 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .323 คะแนน และในตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .528 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .447คะแนน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จะมีค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลสูงที่สุดเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ด้วยค่าน้ำหนัก .523 คะแนน แต่เทคนิคการคำนวณ GENVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลต่ำที่สุด ด้วยค่าน้ำหนัก .474 คะแนน

ผลการวิจัยโดยภาพรวม พบว่า เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปรยิ่งมีค่าใกล้กับค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียมจำนวน 1,058 คน

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ความลำเอียงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปร

ในตอนที่สาม ผู้วิจัยวิเคราะห์สถิติไว้สองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง แสดงค่าความลำเอียงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน และส่วนที่สอง แสดงค่าความลำเอียงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวแปร ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ดังตาราง 8 – 10

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มตัวอย่างในแต่ละขนาด คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน จากกลุ่มประชากรเทียมจำนวน 1,058 คน โดย*สุ่มแบบใส่คืนด้วยวิธีการแบบบูตสแทรปจำนวน 50 ครั้ง* ได้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลมาจำนวน 50 ค่า ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างและแต่ละลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล คือ *แบบเบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ* เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งมีคำสั่งการทดสอบค่าความเบ้และค่าความโด่ง ในภาคผนวก ค

3.1) **ค่าลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน** เมื่อคิดจากกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน เพื่อนำไปใช้เป็นเกณฑ์กลาง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบแล้วว่าลักษณะการแจกแจงของประชากรเทียมมีลักษณะเป็นโค้งปกติ โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov ทดสอบ

ตาราง 8 ค่าความลำเอียง(Bias) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกันของประชากรเทียม 1,058 คน

เทคนิค	R_{12}		R_{13}		R_{23}	
การคำนวณ	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.
SUMCOR	.001	.100	.001	.110	.002	.104
SSQCOR	.000	.078	.001	.086	.001	.077
MAXVAR	.000	.032	.000	.024	.000	.044
MINVAR	.001	.087	.001	.076	.001	.086
GENVAR	.002	.098	.001	.089	.001	.084

ผลการวิเคราะห์ตาราง 8 พบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีค่าความลำเอียง (Bias) ประมาณ .000 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E) ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์ คาโนนิคอลอยู่ระหว่าง .032 -.044 ต่ำกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด แสดงว่าในกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน เทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีความเที่ยงตรงและเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

3.2) **ค่าความลำเอียงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน** เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้การประมาณค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่คำนวณได้จากสูตรการประมาณค่าบูตสแทรป เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของวิธีการคำนวณที่ต่างกัน ดังตาราง 9 -10

ตาราง 9 ค่าความลำเอียง (Bias) ของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน จากการทำซ้ำจำนวน 50 ครั้ง

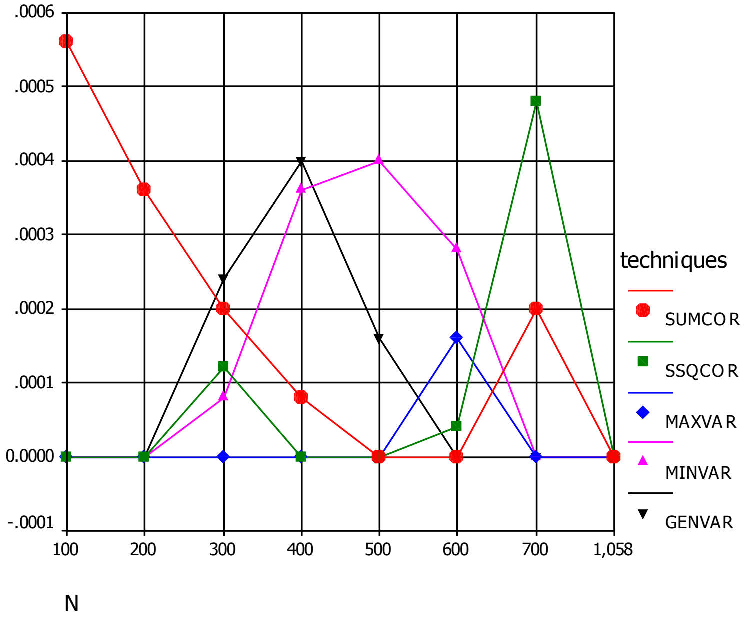
n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	วิธีการคำนวณ														
		SUMCOR			SSQCOR			MAXVAR			MINVAR			GENVAR		
		R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}
100	-เบ้ซ้าย	.011	.012	.003	.006	.014	.003	.003	.005	.007	.012	.003	.012	.009	.002	.004
	-เบ้ขวา	.003	.013	.004	.024	.014	.003	.002	.000	.003	.011	.002	.002	.002	.012	.019
	-โค้งปกติ	.002	.004	.003	.005	.003	.002	.002	.003	.004	.021	.003	.021	.013	.002	.010
	-โค้งโด่ง	.004	.015	.025	.016	.023	.001	.001	.006	.005	.002	.011	.001	.014	.012	.010
	-แบนราบ	.025	.006	.015	.027	.012	.012	.002	.006	.004	.013	.014	.012	.013	.023	.011
200	-เบ้ซ้าย	.013	.013	.004	.002	.014	.001	.030	.007	.004	.012	.003	.013	.003	.002	.002
	-เบ้ขวา	.011	.001	.007	.021	.014	.056	.002	.006	.006	.011	.012	.00	.002	.011	.011
	-โค้งปกติ	.006	.012	.008	.003	.006	.052	.002	.005	.007	.024	.001	.022	.015	.025	.012
	-โค้งโด่ง	.008	.014	.026	.014	.026	.060	.003	.008	.007	.003	.015	.002	.014	.014	.003
	-แบนราบ	.027	.007	.015	.029	.016	.019	.002	.009	.007	.012	.014	.011	.015	.024	.014
300	-เบ้ซ้าย	.017	.018	.001	.008	.011	.003	.001	.004	.008	.015	.003	.015	.003	.005	.002
	-เบ้ขวา	.008	.015	.012	.027	.011	.001	.002	.005	.006	.005	.012	.004	.016	.017	.011
	-โค้งปกติ	.009	.006	.009	.005	.012	.005	.002	.006	.015	.016	.006	.023	.013	.007	.003
	-โค้งโด่ง	.010	.015	.028	.013	.022	.004	.002	.003	.006	.003	.014	.004	.011	.017	.013
	-แบนราบ	.023	.009	.015	.024	.013	.014	.001	.008	.004	.012	.014	.013	.011	.028	.015

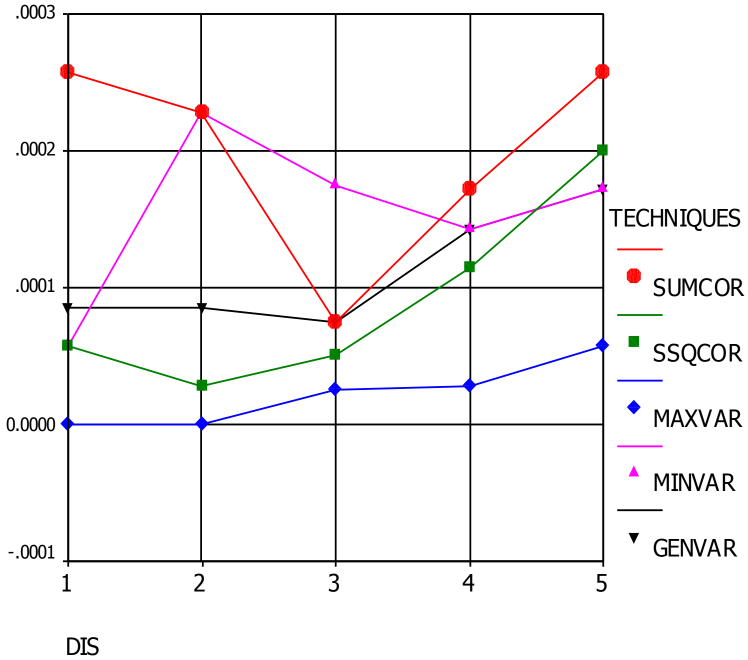
ตาราง 9 (ต่อ)

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	วิธีการคำนวณ SUMCOR R_{12}	SUMCOR R_{13}	SUMCOR R_{23}	SSQCOR R_{12}	SSQCOR R_{13}	SSQCOR R_{23}	MAXVAR R_{12}	MAXVAR R_{13}	MAXVAR R_{23}	MINVAR R_{12}	MINVAR R_{13}	MINVAR R_{23}	GENVAR R_{12}	GENVAR R_{13}	GENVAR R_{23}
400	-เบ้ซ้าย	.012	.012	.003	.006	.013	.004	.003	.002	.002	.013	.003	.013	.002	.002	.002
	-เบ้ขวา	.012	.013	.023	.025	.014	.005	.003	.003	.013	.013	.013	.003	.002	.012	.011
	-โค้งปกติ	.013	.023	.003	.004	.004	.005	.002	.001	.023	.024	.013	.024	.001	.003	.002
	-โค้งโด่ง	.002	.012	.023	.013	.013	.004	.001	.004	.013	.002	.013	.004	.013	.013	.012
	-แบนราบ	.023	.001	.014	.025	.012	.013	.003	.005	.003	.012	.014	.015	.014	.024	.011
500	-เบ้ซ้าย	.004	.011	.005	.004	.011	.003	.014	.003	.002	.011	.004	.016	.004	.004	.003
	-เบ้ขวา	.013	.012	.016	.017	.012	.003	.005	.002	.004	.011	.005	.004	.003	.014	.013
	-โค้งปกติ	.002	.004	.007	.008	.003	.004	.005	.006	.004	.021	.025	.024	.021	.004	.012
	-โค้งโด่ง	.025	.015	.018	.019	.024	.004	.004	.007	.015	.003	.016	.004	.041	.011	.014
	-แบนราบ	.026	.006	.015	.018	.015	.005	.003	.008	.006	.014	.016	.015	.061	.022	.025
600	-เบ้ซ้าย	.005	.014	.003	.002	.014	.008	.002	.008	.005	.016	.006	.016	.003	.012	.006
	-เบ้ขวา	.007	.025	.003	.023	.016	.009	.004	.007	.006	.015	.006	.007	.004	.013	.016
	-โค้งปกติ	.006	.004	.002	.002	.007	.007	.004	.008	.007	.028	.001	.028	.015	.013	.014
	-โค้งโด่ง	.005	.016	.021	.014	.026	.006	.003	.005	.007	.009	.011	.008	.015	.012	.015
	-แบนราบ	.018	.026	.014	.024	.017	.016	.007	.004	.018	.017	.012	.017	.016	.022	.015
700	-เบ้ซ้าย	.016	.017	.005	.002	.014	.007	.008	.006	.009	.018	.002	.019	.027	.001	.024
	-เบ้ขวา	.015	.028	.016	.021	.015	.005	.006	.008	.006	.017	.002	.000	.018	.012	.013
	-โค้งปกติ	.005	.009	.003	.002	.008	.009	.006	.009	.005	.026	.003	.026	.019	.006	.012
	-โค้งโด่ง	.016	.000	.022	.024	.029	.006	.009	.003	.005	.015	.013	.005	.011	.018	.011
	-แบนราบ	.023	.001	.014	.025	.028	.018	.017	.003	.007	.015	.014	.013	.012	.029	.016

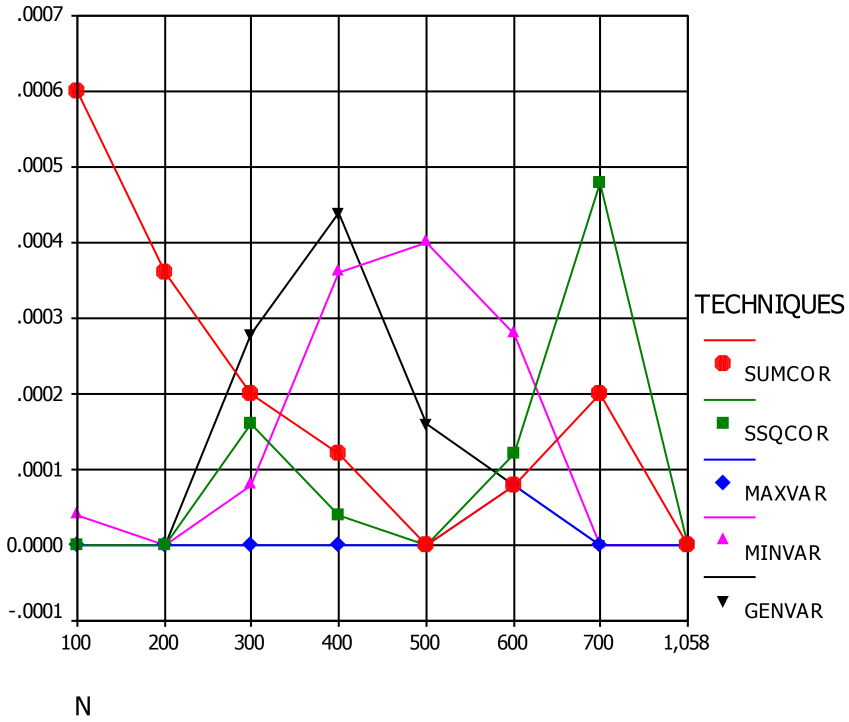
ผลการวิเคราะห์ตาราง 9 พบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าความลำเอียงของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรทุกชุดทุกคู่มีค่าใกล้เคียงศูนย์ ในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง และทุกลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล โดยมีค่าอยู่ระหว่าง .001 - .023 คือ เทคนิค MAXVAR มีค่าความลำเอียงในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลใกล้เคียงศูนย์ ทั้งขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน โดยค่าใกล้เคียงกับค่าความลำเอียงในการประมาณค่าสหัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียม เรียกว่ามีความเที่ยงตรงในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

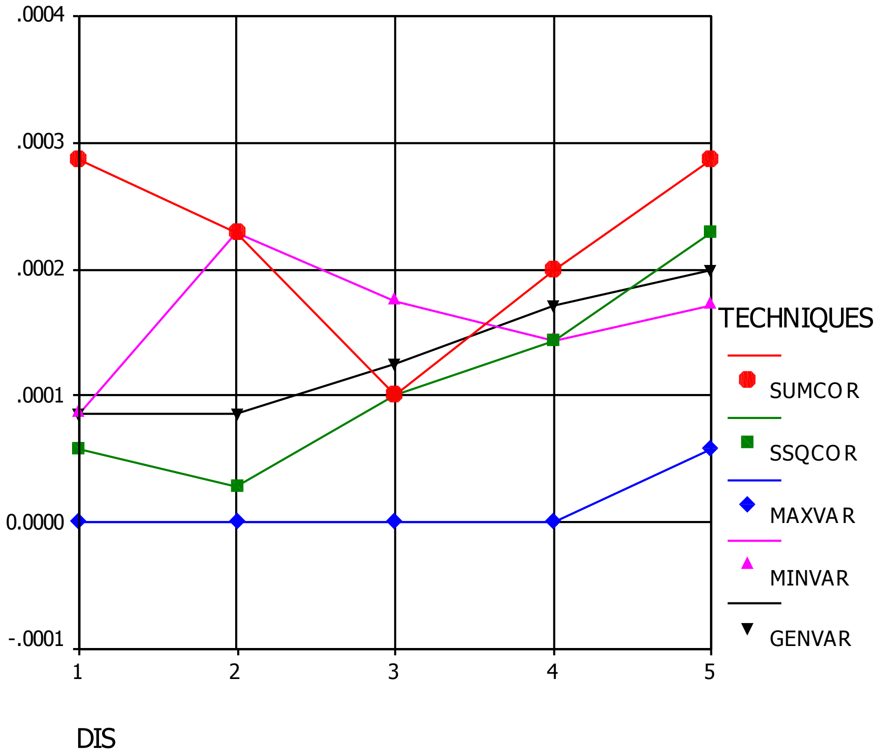
ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้แผนภาพประกอบการแปลผลเพื่อความเข้าใจโดยภาพรวมและเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น โดยเป็นแผนภาพของค่าความลำเอียงในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรแต่ละชุด เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์สำคัญข้อหนึ่งของงานวิจัย ดังภาพประกอบ 1 – 3



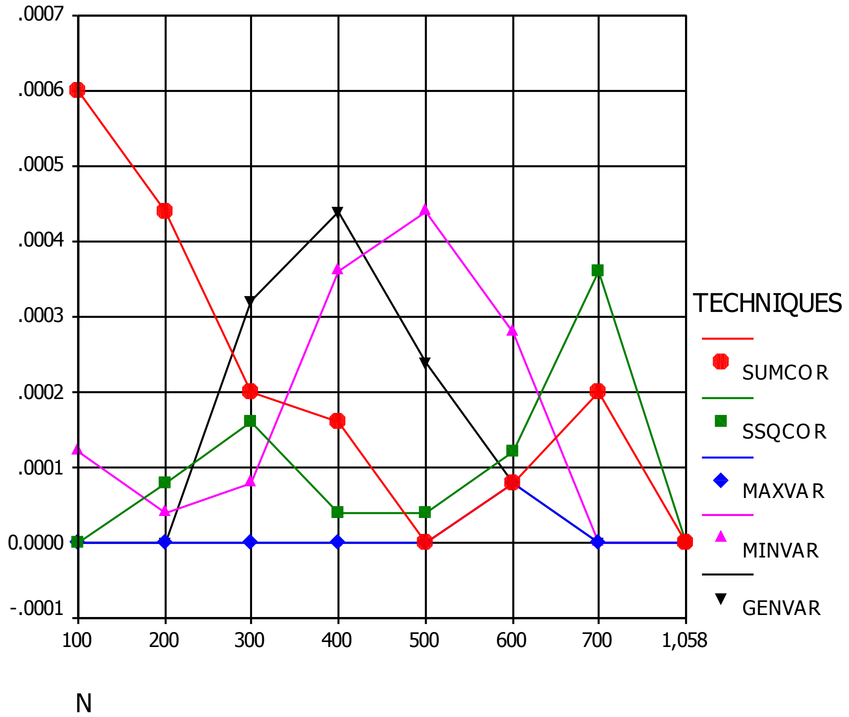


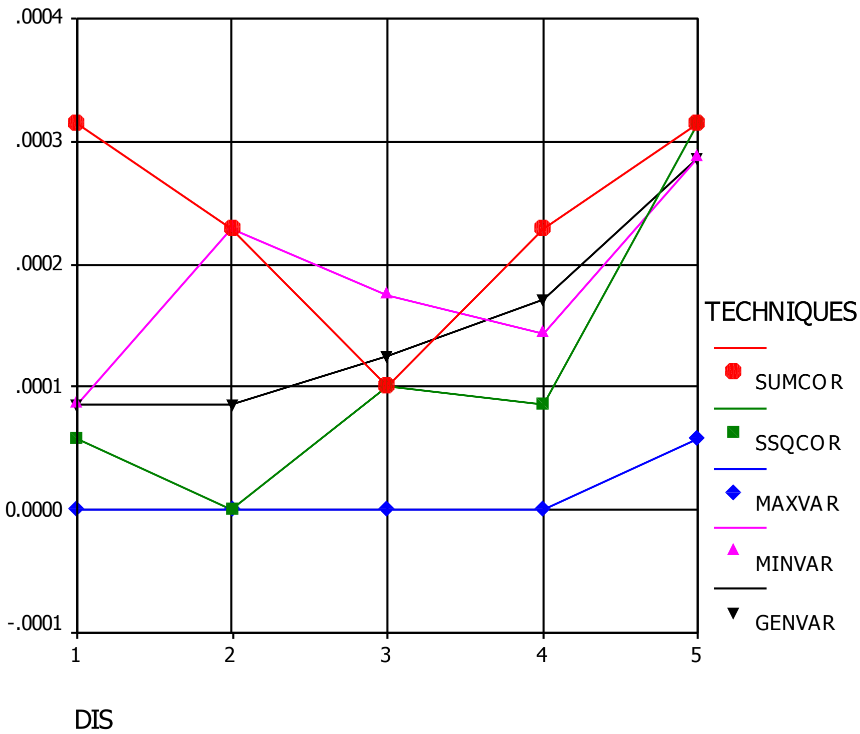
ภาพประกอบ 1 ค่าความลำเอียงของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่งกับตัวแปรชุดที่สอง เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง (N) และลักษณะการแจกแจง (DIS) เดียวกันและต่างกัน





ภาพประกอบ 2 ค่าความลำเอียงของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่งกับตัวแปรชุดที่สาม เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง (N) และลักษณะการแจกแจง (DIS) เดียวกันและต่างกัน





ภาพประกอบ 3 ค่าความลำเอียงของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนคอลระหว่างตัวแปรชุดที่สองกับตัวแปรชุดที่สาม เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง (N) และลักษณะการแจกแจง (DIS) เดียวกันและต่างกัน

ตาราง 10 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน จากการทำซ้ำจำนวน 50 ครั้ง

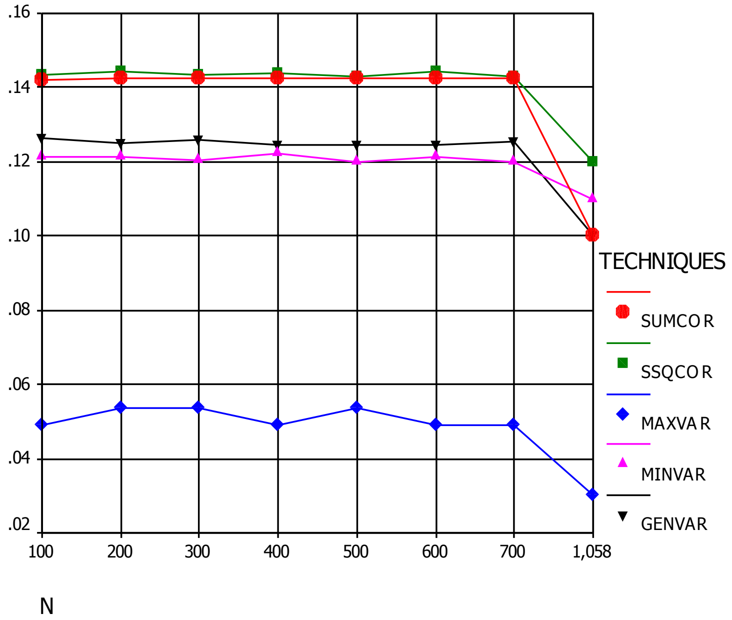
n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	วิธีการคำนวณ														
		SUMCOR			SSQCOR			MAXVAR			MINVAR			GENVAR		
		R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}
100	-เบ้ซ้าย	.231	.212	.154	.171	.186	.202	.126	.042	.052	.112	.172	.112	.212	.220	.143
	-เบ้ขวา	.122	.152	.184	.122	.224	.111	.104	.090	.053	.123	.152	.112	.202	.210	.144
	-โค้งปกติ	.132	.112	.163	.091	.113	.142	.055	.082	.032	.052	.141	.151	.123	.121	.115
	-โค้งโด่ง	.201	.123	.143	.123	.094	.141	.114	.112	.074	.094	.112	.142	.113	.151	.152
	-แบนราบ	.212	.142	.184	.112	.123	.213	.083	.060	.103	.215	.103	.143	.172	.181	.163
200	-เบ้ซ้าย	.213	.201	.153	.147	.185	.194	.095	.050	.063	.105	.112	.143	.191	.212	.152
	-เบ้ขวา	.112	.111	.155	.125	.213	.184	.056	.082	.042	.124	.152	.122	.204	.213	.151
	-โค้งปกติ	.121	.102	.116	.094	.104	.133	.057	.031	.031	.113	.123	.131	.185	.154	.101
	-โค้งโด่ง	.202	.124	.145	.117	.193	.142	.088	.062	.084	.122	.193	.114	.145	.164	.162
	-แบนราบ	.204	.135	.174	.117	.124	.221	.049	.041	.095	.191	.103	.114	.164	.114	.173
300	-เบ้ซ้าย	.195	.216	.117	.158	.185	.195	.079	.051	.024	.125	.113	.114	.143	.123	.123
	-เบ้ขวา	.124	.116	.126	.136	.146	.186	.068	.032	.013	.106	.152	.133	.143	.143	.122
	-โค้งปกติ	.135	.115	.125	.117	.104	.156	.048	.015	.016	.107	.142	.115	.142	.162	.133
	-โค้งโด่ง	.216	.194	.146	.115	.154	.135	.057	.055	.037	.116	.151	.116	.116	.136	.112
	-แบนราบ	.216	.163	.161	.114	.123	.174	.035	.074	.046	.135	.135	.075	.127	.106	.114
400	-เบ้ซ้าย	.175	.183	.141	.156	.183	.197	.064	.046	.075	.124	.115	.144	.127	.187	.115
	-เบ้ขวา	.144	.124	.142	.115	.194	.154	.043	.055	.026	.107	.154	.117	.166	.158	.128
	-โค้งปกติ	.123	.106	.103	.094	.124	.113	.054	.025	.033	.108	.126	.136	.156	.156	.119
	-โค้งโด่ง	.143	.127	.142	.166	.183	.125	.043	.064	.045	.123	.198	.104	.145	.165	.167
	-แบนราบ	.152	.145	.152	.147	.123	.176	.055	.023	.053	.152	.109	.143	.149	.104	.155

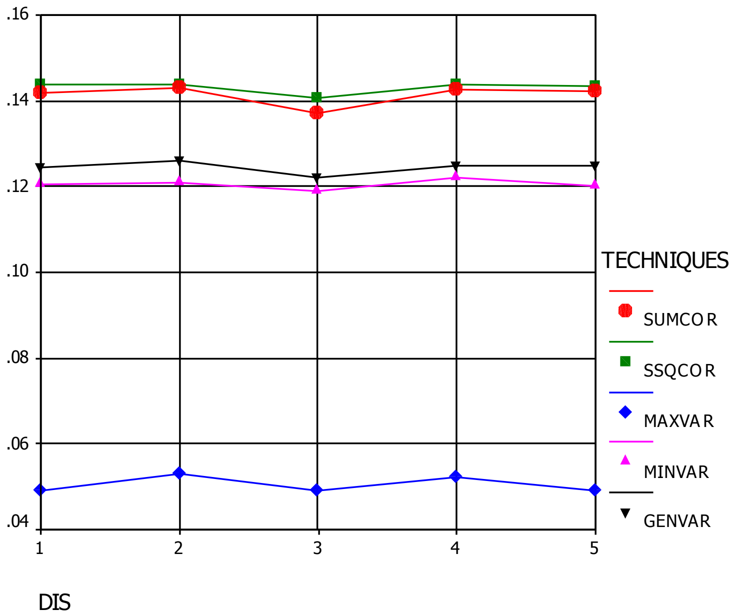
ตาราง 10 (ต่อ)

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	วิธีการคำนวณ														
		SUMCOR			SSQCOR			MAXVAR			MINVAR			GENVAR		
		R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}	R_{12}	R_{13}	R_{23}
500	-เบ้ซ้าย	.111	.182	.112	.176	.142	.122	.049	.022	.059	.121	.104	.124	.125	.164	.143
	-เบ้ขวา	.112	.102	.112	.143	.213	.172	.029	.022	.049	.151	.123	.115	.154	.174	.163
	-โค้งปกติ	.103	.153	.103	.044	.113	.121	.038	.031	.026	.101	.114	.125	.164	.163	.114
	-โค้งโด่ง	.153	.147	.133	.115	.182	.142	.027	.012	.045	.122	.123	.125	.153	.153	.153
	-แบนราบ	.172	.137	.152	.116	.111	.151	.027	.023	.024	.153	.133	.104	.175	.102	.165
600	-เบ้ซ้าย	.161	.158	.161	.156	.124	.123	.066	.053	.065	.103	.112	.146	.114	.213	.156
	-เบ้ขวา	.122	.118	.141	.146	.145	.143	.046	.042	.046	.102	.132	.127	.157	.152	.117
	-โค้งปกติ	.114	.116	.111	.165	.123	.123	.057	.024	.037	.104	.111	.138	.147	.121	.107
	-โค้งโด่ง	.093	.105	.124	.104	.146	.112	.036	.015	.058	.125	.152	.118	.147	.114	.154
	-แบนราบ	.105	.139	.117	.107	.117	.155	.025	.045	.059	.144	.093	.118	.118	.105	.123
700	-เบ้ซ้าย	.145	.140	.156	.168	.128	.165	.054	.024	.028	.113	.094	.146	.129	.156	.117
	-เบ้ขวา	.104	.110	.105	.119	.215	.176	.045	.013	.029	.112	.143	.126	.169	.146	.145
	-โค้งปกติ	.115	.124	.116	.100	.134	.117	.026	.007	.033	.102	.124	.117	.118	.155	.106
	-โค้งโด่ง	.114	.124	.124	.125	.123	.118	.067	.056	.012	.081	.114	.107	.127	.124	.154
	-แบนราบ	.103	.115	.138	.114	.114	.158	.021	.018	.021	.152	.115	.105	.126	.103	.113

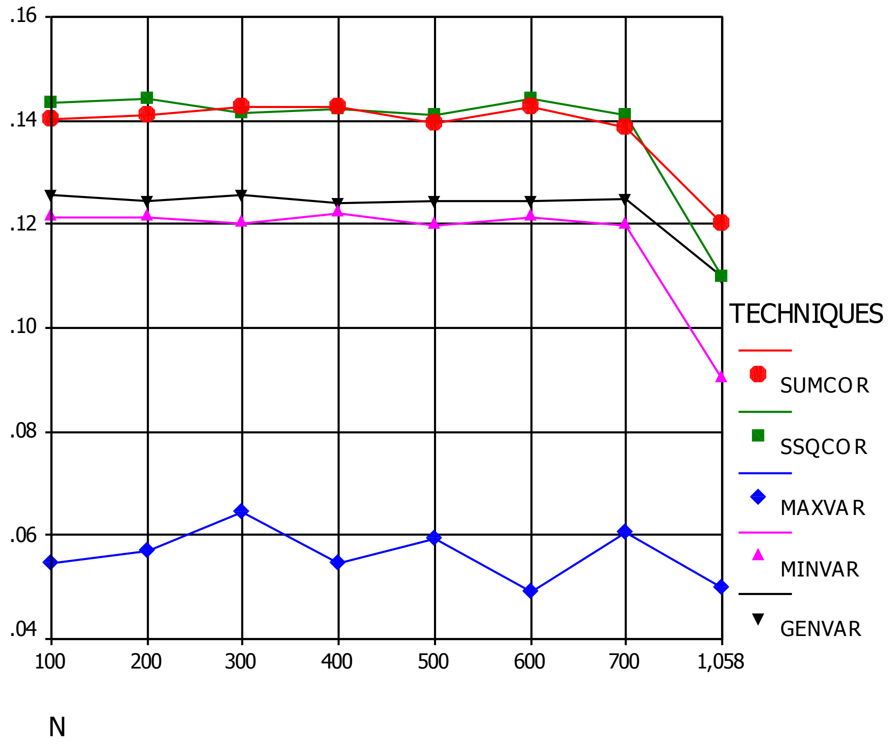
ผลการวิเคราะห์ตาราง 10 พบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างและทุกลักษณะการแจกแจงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ใกล้ศูนย์ มากกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ทั้งภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานอยู่ระหว่าง .010 - .095 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลไม่แตกต่างจากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียม ทั้งนี้เมื่อมีขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีแนวโน้มใกล้ศูนย์มากขึ้นและใกล้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของกลุ่มประชากรเทียมมากขึ้นด้วย นั่นแสดงว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีความเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

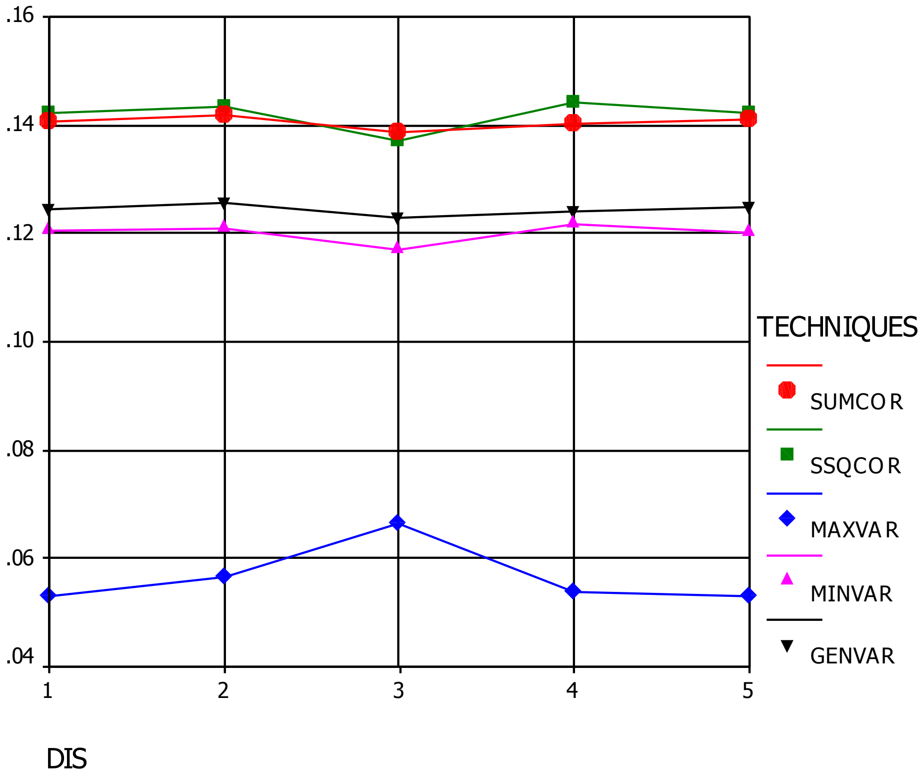
ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้แผนภาพประกอบการแปลผลเพื่อความเข้าใจโดยภาพรวมและเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น โดยเป็นแผนภาพของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรแต่ละชุด เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์สำคัญข้อหนึ่งของงานวิจัย ดังภาพประกอบ 4 – 6



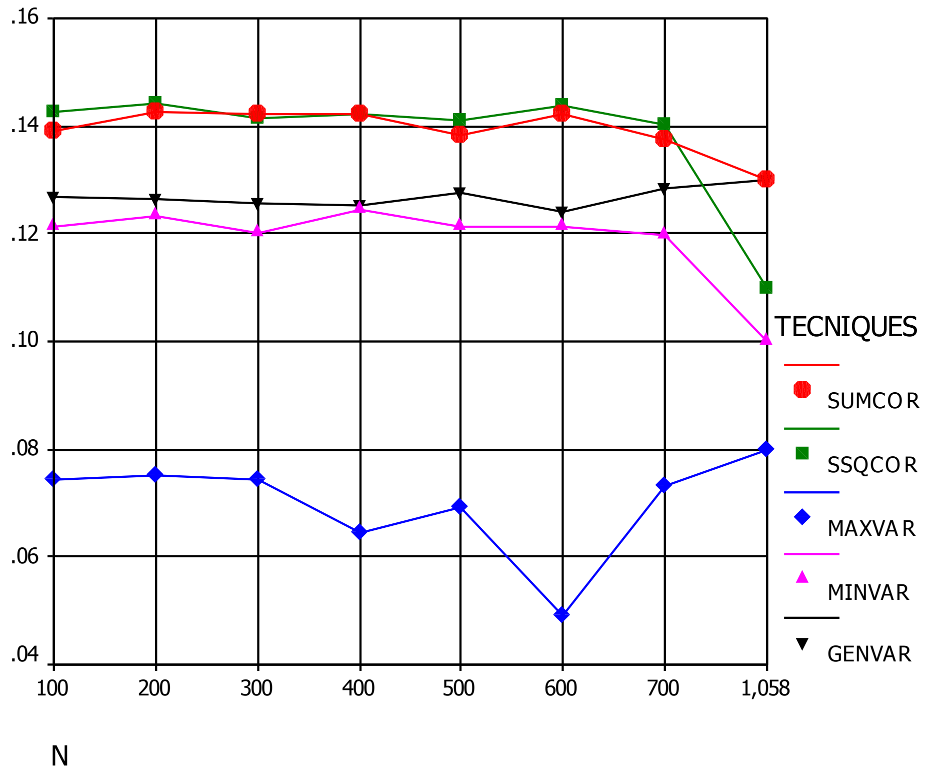


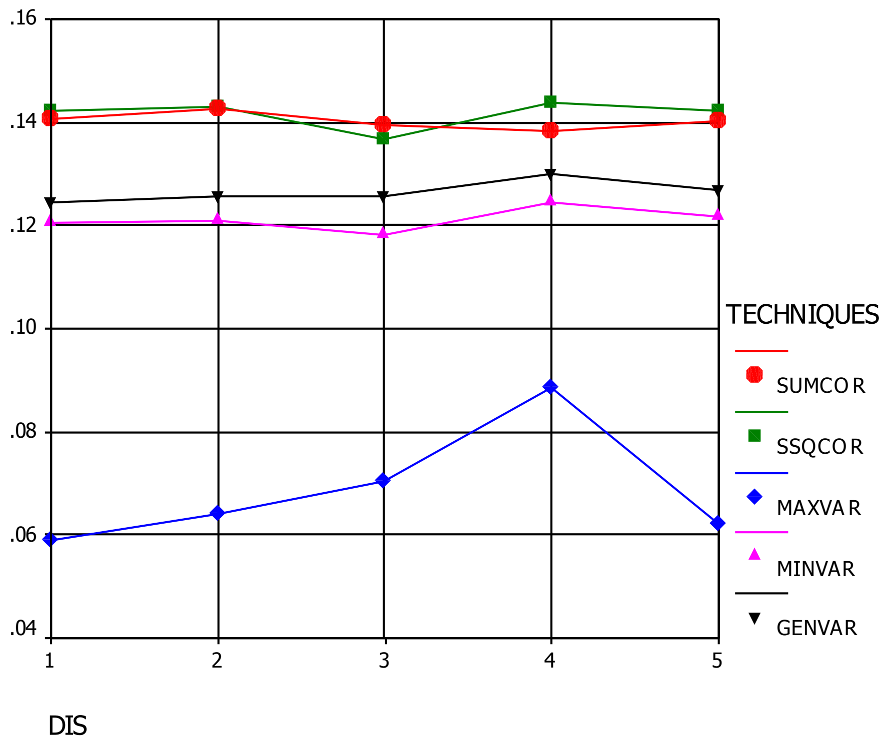
ภาพประกอบ 4 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง กับตัวแปรชุดที่สอง เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง (N) และลักษณะการแจกแจง (DIS) เดียวกันและต่างกัน





ภาพประกอบ 5 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง กับตัวแปรชุดที่สาม เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง (N) และลักษณะการแจกแจง (DIS) เดียวกันและต่างกัน





ภาพประกอบ 6 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนคอลระหว่าง ตัวแปรชุดที่สอง กับตัวแปรชุดที่สาม เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง (N) และลักษณะการแจกแจง (DIS) เดียวกันและต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ภาพประกอบ 1 – 6 พบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่มีค่าใกล้ศูนย์ และใกล้เคียงกับค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียม 1,058 คน มากกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จึงมีความเที่ยงตรงและเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

3.3) **ค่าความลำเอียงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวแปร ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน** เมื่อใช้ขนาดกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน

ตาราง 11 ค่าความลำเอียง (Bias) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวของประชากรเทียม 1,058 คน

วิธีการคำนวณ	ตัวแปร													
	TP		TK		TR		TM		TE		SM		SE	
	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.
SUMCOR	.001	.101	.002	.102	.006	.093	.003	.111	.003	.101	.009	.023	.001	.112
SSQCOR	.002	.110	.012	.113	.002	.103	.014	.113	.002	.103	.016	.103	.011	.102
MAXVAR	.000	.059	.009	.078	.002	.102	.003	.110	.000	.090	.005	.073	.000	.103
MINVAR	.002	.111	.001	.121	.011	.124	.003	.109	.005	.102	.006	.033	.002	.102
GENVAR	.002	.104	.003	.098	.003	.105	.001	.107	.005	.090	.012	.104	.003	.101

ผลการวิเคราะห์ตาราง 11 พบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีค่าความลำเอียงในการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปรอยู่ระหว่าง .000 - .009 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปรอยู่ระหว่าง .059 - .103 โดยมีค่าใกล้เคียงศูนย์ทั้งสองค่า แสดงว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีความเที่ยงตรงและเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปร

3.4) ค่าความลำเอียงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวแปร ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ดังตาราง 12

ตาราง 12 ค่าความลำเอียง (Bias) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัว จากการทำซ้ำ 50 ครั้ง

วิธีการคำนวณ	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	ตัวแปร													
			TP		TK		TR		TM		TE		SM		SE	
			Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.
SUMCOR	100	-เบ้ซ้าย	.001	.121	.002	.112	.006	.103	.003	.122	.003	.122	.016	.103	.002	.132
		-เบ้ขวา	.002	.112	.012	.103	.002	.113	.014	.113	.003	.103	.026	.113	.011	.102
		-โค้งปกติ	.001	.102	.012	.102	.002	.103	.004	.111	.004	.113	.005	.093	.002	.123
		-โค้งโด่ง	.012	.113	.001	.101	.012	.124	.003	.112	.005	.102	.006	.063	.012	.102
		-แบนราบ	.001	.104	.003	.103	.003	.105	.002	.113	.015	.091	.015	.114	.003	.111
	200	-เบ้ซ้าย	.001	.133	.004	.125	.004	.126	.001	.123	.004	.121	.014	.125	.014	.123
		-เบ้ขวา	.012	.105	.014	.104	.003	.106	.011	.104	.006	.112	.015	.115	.013	.114
		-โค้งปกติ	.003	.056	.013	.082	.004	.115	.002	.073	.016	.081	.007	.094	.005	.085
		-โค้งโด่ง	.010	.087	.012	.082	.015	.106	.012	.094	.007	.096	.008	.097	.017	.095
		-แบนราบ	.002	.115	.001	.121	.006	.126	.003	.126	.015	.107	.019	.106	.007	.104
	300	-เบ้ซ้าย	.003	.114	.005	.132	.006	.115	.004	.137	.004	.106	.010	.128	.008	.103
		-เบ้ขวา	.014	.082	.016	.101	.005	.094	.015	.105	.011	.097	.001	.127	.007	.096
		-โค้งปกติ	.003	.131	.016	.113	.016	.115	.006	.125	.001	.118	.001	.157	.005	.097
		-โค้งโด่ง	.005	.142	.005	.123	.005	.124	.017	.154	.002	.154	.002	.126	.004	.108
		-แบนราบ	.006	.123	.006	.112	.006	.137	.007	.137	.012	.113	.013	.118	.013	.124
	400	-เบ้ซ้าย	.005	.153	.004	.131	.003	.113	.007	.128	.003	.135	.014	.154	.002	.133
		-เบ้ขวา	.002	.114	.013	.141	.011	.134	.016	.107	.003	.124	.024	.135	.013	.112
		-โค้งปกติ	.004	.133	.012	.121	.002	.135	.006	.125	.004	.136	.003	.113	.002	.121
		-โค้งโด่ง	.013	.146	.011	.121	.003	.125	.005	.123	.005	.157	.015	.122	.011	.101
		-แบนราบ	.002	.107	.001	.112	.003	.116	.007	.131	.011	.121	.016	.121	.001	.102
	500	-เบ้ซ้าย	.004	.105	.002	.101	.004	.127	.008	.112	.002	.111	.016	.139	.001	.110
		-เบ้ขวา	.005	.105	.012	.103	.015	.113	.019	.107	.012	.111	.015	.124	.013	.118
		-โค้งปกติ	.016	.116	.003	.124	.014	.101	.009	.118	.003	.122	.004	.143	.004	.109
		-โค้งโด่ง	.015	.135	.002	.115	.015	.132	.008	.129	.005	.132	.005	.148	.012	.126
		-แบนราบ	.002	.124	.003	.113	.003	.133	.007	.120	.016	.121	.014	.137	.006	.107

ตาราง 12 (ต่อ)

วิธีการคำนวณ	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	ตัวแปร													
			TP		TK		TR		TM		TE		SM		SE	
			Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.
	600	-เบ้ซ้าย	.001	.122	.003	.124	.001	.107	.002	.096	.004	.113	.010	.113	.004	.121
		-เบ้ขวา	.002	.103	.003	.103	.001	.097	.003	.105	.004	.123	.012	.116	.014	.102
		-โค้งปกติ	.002	.105	.003	.113	.002	.105	.004	.114	.003	.102	.002	.096	.004	.113
		-โค้งโด่ง	.001	.104	.004	.122	.013	.125	.005	.105	.005	.114	.001	.076	.006	.092
		-แบนราบ	.003	.106	.004	.111	.002	.116	.006	.124	.013	.103	.011	.125	.005	.101
SUMCOR	700	-เบ้ซ้าย	.002	.125	.003	.102	.001	.114	.004	.113	.002	.092	.003	.124	.004	.114
		-เบ้ขวา	.014	.107	.005	.039	.003	.105	.013	.115	.004	.125	.004	.113	.005	.115
		-โค้งปกติ	.005	.109	.006	.094	.002	.106	.006	.096	.015	.115	.005	.091	.001	.094
		-โค้งโด่ง	.003	.105	.007	.105	.011	.105	.007	.106	.004	.094	.006	.101	.011	.099
		-แบนราบ	.002	.104	.006	.106	.001	.118	.006	.115	.013	.104	.017	.111	.002	.114
	100	-เบ้ซ้าย	.001	.105	.005	.107	.002	.119	.004	.117	.002	.103	.006	.112	.002	.113
		-เบ้ขวา	.015	.094	.018	.108	.003	.100	.014	.107	.011	.116	.005	.112	.002	.102
		-โค้งปกติ	.006	.123	.007	.126	.013	.111	.003	.126	.002	.127	.004	.143	.001	.095
		-โค้งโด่ง	.007	.112	.006	.136	.002	.112	.013	.135	.003	.108	.007	.114	.001	.104
		-แบนราบ	.008	.116	.005	.125	.004	.121	.004	.118	.004	.129	.008	.103	.013	.103
	200	-เบ้ซ้าย	.009	.123	.001	.114	.005	.103	.007	.108	.004	.111	.016	.122	.004	.111
		-เบ้ขวา	.009	.133	.002	.117	.016	.134	.007	.099	.005	.131	.013	.125	.005	.102
		-โค้งปกติ	.008	.122	.003	.104	.005	.125	.008	.123	.005	.122	.002	.104	.006	.112
		-โค้งโด่ง	.019	.121	.011	.116	.005	.115	.005	.083	.006	.133	.001	.103	.015	.113
		-แบนราบ	.007	.114	.002	.097	.004	.104	.005	.122	.018	.153	.013	.106	.004	.112
SSQCOR	300	-เบ้ซ้าย	.006	.115	.003	.088	.003	.146	.004	.101	.009	.105	.012	.127	.006	.121
		-เบ้ขวา	.005	.104	.004	.118	.016	.116	.011	.101	.019	.114	.002	.108	.015	.104
		-โค้งปกติ	.014	.123	.003	.097	.017	.105	.001	.121	.009	.126	.004	.129	.005	.105
		-โค้งโด่ง	.013	.152	.002	.115	.013	.135	.002	.122	.008	.127	.003	.149	.018	.123
		-แบนราบ	.003	.116	.005	.106	.003	.114	.002	.103	.018	.096	.012	.127	.006	.102
	400	-เบ้ซ้าย	.004	.115	.006	.124	.003	.113	.003	.113	.007	.128	.014	.108	.007	.113
		-เบ้ขวา	.002	.107	.017	.108	.003	.102	.013	.104	.017	.104	.015	.095	.006	.123
		-โค้งปกติ	.013	.088	.005	.099	.003	.125	.004	.114	.006	.123	.006	.116	.005	.112
		-โค้งโด่ง	.014	.072	.007	.127	.012	.096	.005	.103	.007	.139	.005	.106	.018	.094
		-แบนราบ	.005	.122	.006	.116	.002	.117	.005	.105	.016	.120	.014	.115	.009	.083

ตาราง 12 (ต่อ)

วิธีการคำนวณ	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	ตัวแปร													
			TP		TK		TR		TM		TE		SM		SE	
			Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.
		-เบ้ซ้าย	.001	.126	.002	SE.	.00	.117	.002	.092	.009	.101	.015	.102	.005	.122
		-เบ้ขวา	.001	.107	.012	.113	.013	.106	.013	.101	.016	.112	.015	.102	.014	.101
	500	-โค้งปกติ	.011	.118	.001	.103	.013	.116	.004	.101	.008	.092	.004	.091	.003	.111
		-โค้งโด่ง	.012	.119	.003	.103	.013	.105	.005	.111	.007	.102	.002	.113	.012	.081
		-แบนราบ	.002	.098	.0043	.113	.003	.104	.004	.112	.015	.111	.013	.112	.002	.122
		-เบ้ซ้าย	.003	.111	.004	.112	.003	.114	.005	.113	.006	.093	.012	.124	.008	.113
		-เบ้ขวา	.004	.108	.015	.101	.002	.105	.014	.112	.003	.123	.011	.113	.007	.115
SSQCOR	600	-โค้งปกติ	.005	.107	.006	.091	.012	.106	.005	.094	.004	.112	.007	.095	.006	.096
		-โค้งโด่ง	.006	.116	.002	.091	.002	.106	.004	.103	.005	.094	.008	.105	.005	.095
		-แบนราบ	.005	.102	.001	.104	.001	.115	.005	.115	.017	.105	.019	.114	.006	.114
		-เบ้ซ้าย	.004	.105	.003	.105	.001	.116	.004	.114	.006	.106	.018	.116	.007	.116
		-เบ้ขวา	.003	.094	.012	.106	.002	.108	.014	.106	.019	.115	.019	.116	.007	.107
	700	-โค้งปกติ	.002	.113	.002	.107	.012	.117	.005	.127	.008	.126	.006	.145	.008	.098
		-โค้งโด่ง	.001	.114	.003	.127	.003	.118	.006	.136	.008	.108	.007	.115	.007	.102
		-แบนราบ	.003	.121	.002	.138	.003	.129	.004	.117	.017	.128	.018	.104	.006	.103
		-เบ้ซ้าย	.004	.052	.001	.098	.002	.109	.005	.105	.006	.099	.007	.104	.006	.058
		-เบ้ขวา	.005	.023	.005	.109	.014	.108	.013	.098	.015	.079	.007	.103	.006	.069
	100	-โค้งปกติ	.017	.015	.006	.089	.013	.107	.002	.059	.001	.108	.007	.096	.006	.086
		-โค้งโด่ง	.008	.044	.007	.049	.014	.096	.001	.081	.002	.107	.006	.077	.015	.075
		-แบนราบ	.009	.055	.008	.058	.003	.101	.002	.062	.014	.086	.016	.088	.004	.107
		-เบ้ซ้าย	.000	.026	.009	.097	.002	.043	.003	.101	.003	.107	.006	.109	.003	.106
		-เบ้ขวา	.003	.069	.018	.086	.013	.102	.015	.103	.017	.078	.005	.099	.003	.048
MAXVAR	200	-โค้งปกติ	.004	.058	.007	.065	.007	.082	.004	.104	.006	.075	.005	.108	.003	.055
		-โค้งโด่ง	.002	.087	.006	.094	.006	.064	.001	.105	.005	.084	.003	.107	.012	.094
		-แบนราบ	.001	.076	.005	.074	.007	.073	.002	.086	.005	.091	.003	.086	.001	.106
		-เบ้ซ้าย	.003	.045	.003	.082	.005	.083	.003	.106	.004	.102	.003	.105	.001	.107
		-เบ้ขวา	.004	.102	.014	.093	.005	.053	.002	.107	.014	.093	.004	.094	.012	.094
	300	-โค้งปกติ	.005	.093	.005	.083	.006	.103	.002	.088	.004	.062	.004	.091	.002	.053
		-โค้งโด่ง	.013	.072	.002	.053	.017	.093	.001	.098	.003	.081	.004	.108	.002	.094
		-แบนราบ	.003	.082	.001	.082	.008	.103	.001	.102	.003	.072	.004	.097	.003	.083

ตาราง 12 (ต่อ)

วิธีการคำนวณ	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	ตัวแปร													
			TP		TK		TR		TM		TE		SM		SE	
			Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.
		-เบ้ซ้าย	.002	.098	.002	.055	.002	.024	.006	.106	.006	.103	.003	.095	.003	.103
		-เบ้ขวา	.003	.076	.013	.067	.002	.065	.016	.109	.006	.097	.013	.106	.002	.099
	400	-โค้งปกติ	.003	.104	.004	.085	.001	.055	.006	.098	.006	.097	.004	.065	.001	.108
		-โค้งโด่ง	.012	.107	.005	.076	.002	.086	.006	.077	.006	.106	.004	.045	.001	.107
		-แบนราบ	.001	.083	.001	.108	.001	.077	.005	.081	.004	.097	.005	.054	.002	.087
		-เบ้ซ้าย	.004	.104	.001	.100	.002	.046	.005	.091	.003	.090	.005	.093	.003	.107
		-เบ้ขวา	.003	.076	.001	.048	.003	.105	.014	.082	.002	.100	.006	.082	.014	.094
	500	-โค้งปกติ	.002	.077	.001	.059	.003	.097	.004	.062	.001	.087	.006	.061	.005	.095
		-โค้งโด่ง	.005	.085	.002	.099	.012	.079	.003	.094	.001	.047	.006	.091	.005	.106
MAXVAR		-แบนราบ	.004	.096	.002	.108	.004	.088	.008	.074	.002	.056	.015	.075	.006	.095
		-เบ้ซ้าย	.003	.046	.003	.105	.005	.109	.008	.105	.002	.095	.007	.103	.007	.103
		-เบ้ขวา	.002	.105	.013	.106	.005	.099	.017	.045	.003	.081	.007	.074	.003	.094
	600	-โค้งปกติ	.001	.091	.002	.097	.004	.098	.006	.056	.006	.061	.008	.079	.006	.053
		-โค้งโด่ง	.004	.072	.001	.076	.003	.103	.007	.096	.007	.092	.001	.088	.008	.087
		-แบนราบ	.005	.083	.004	.086	.006	.092	.006	.107	.008	.072	.002	.097	.007	.066
		-เบ้ซ้าย	.006	.087	.004	.106	.006	.101	.005	.037	.009	.083	.003	.105	.009	.105
		-เบ้ขวา	.009	.093	.003	.095	.005	.071	.006	.086	.044	.093	.002	.046	.007	.102
	700	-โค้งปกติ	.006	.084	.005	.095	.004	.071	.007	.046	.003	.084	.004	.056	.005	.103
		-โค้งโด่ง	.007	.055	.006	.103	.005	.082	.008	.085	.005	.054	.005	.095	.006	.104
		-แบนราบ	.004	.087	.006	.094	.004	.093	.009	.045	.006	.084	.006	.105	.004	.084
		-เบ้ซ้าย	.003	.135	.004	.104	.014	.123	.005	.121	.007	.115	.014	.123	.003	.125
		-เบ้ขวา	.002	.106	.007	.112	.005	.114	.005	.112	.007	.106	.006	.124	.005	.105
	100	-โค้งปกติ	.006	.114	.018	.123	.013	.095	.014	.083	.009	.125	.007	.103	.006	.123
		-โค้งโด่ง	.007	.125	.006	.123	.002	.104	.004	.093	.000	.133	.007	.101	.006	.144
		-แบนราบ	.008	.114	.007	.092	.001	.114	.005	.104	.002	.111	.007	.102	.007	.124
MINVAR		-เบ้ซ้าย	.006	.133	.005	.122	.008	.114	.007	.104	.001	.102	.008	.122	.004	.104
		-เบ้ขวา	.005	.143	.014	.101	.018	.115	.016	.094	.013	.093	.009	.101	.003	.093
	200	-โค้งปกติ	.027	.124	.005	.121	.027	.145	.006	.093	.004	.124	.000	.122	.001	.112
		-โค้งโด่ง	.018	.123	.007	.131	.017	.115	.001	.103	.005	.084	.001	.143	.012	.102
		-แบนราบ	.003	.112	.008	.121	.004	.103	.001	.122	.015	.124	.012	.123	.003	.112

ตาราง 12 (ต่อ)

วิธีการคำนวณ	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	ตัวแปร													
			TP		TK		TR		TM		TE		SM		SE	
			Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.
	300	-เบ้ซ้าย	.002	.115	.004	.125	.004	.126	.001	.097	.003	.114	.014	.126	.002	.135
		-เบ้ขวา	.003	.116	.023	.125	.024	.123	.012	.106	.012	.107	.004	.117	.012	.106
		-โค้งปกติ	.013	.096	.002	.104	.015	.105	.002	.116	.002	.115	.004	.106	.002	.129
		-โค้งโด่ง	.013	.071	.001	.108	.004	.104	.004	.104	.003	.106	.003	.116	.013	.108
		-แบนราบ	.002	.122	.001	.107	.003	.104	.005	.125	.014	.104	.012	.105	.003	.117
	400	-เบ้ซ้าย	.001	.123	.001	.126	.002	.127	.004	.114	.003	.118	.001	.134	.003	.121
		-เบ้ขวา	.002	.117	.002	.104	.001	.106	.016	.115	.015	.107	.016	.104	.012	.112
		-โค้งปกติ	.014	.096	.003	.125	.016	.125	.006	.094	.005	.106	.007	.052	.005	.084
		-โค้งโด่ง	.005	.105	.007	.144	.007	.145	.017	.103	.014	.105	.018	.082	.004	.096
		-แบนราบ	.006	.114	.006	.127	.008	.129	.007	.112	.006	.119	.018	.113	.004	.105
MINVAR	500	-เบ้ซ้าย	.007	.114	.008	.106	.009	.108	.008	.112	.007	.118	.017	.115	.005	.105
		-เบ้ขวา	.008	.112	.015	.103	.019	.098	.019	.101	.018	.107	.016	.084	.016	.094
		-โค้งปกติ	.019	.147	.004	107	.018	.127	.013	.121	.019	.116	.015	.131	.017	.092
		-โค้งโด่ง	.003	.115	.006	.096	.007	.086	.012	.139	.009	.115	.004	.142	.013	.103
		-แบนราบ	.004	.106	.003	.085	.006	.127	.001	.118	.018	.122	.015	.123	.003	.124
	600	-เบ้ซ้าย	.004	.123	.006	.112	.006	.107	.004	.107	.008	.103	.016	.153	.002	.136
		-เบ้ขวา	.015	.124	.017	.103	.015	.107	.005	.096	.017	.104	.007	.117	.004	.115
		-โค้งปกติ	.004	.105	.008	.124	.005	.126	.003	.125	.009	.102	.008	.133	.005	.121
		-โค้งโด่ง	.013	.100	.009	.134	.004	.125	.007	.084	.006	.091	.002	.144	.016	.102
		-แบนราบ	.002	.109	.010	.113	.003	.105	.008	.125	.003	.101	.001	.104	.007	.103
	700	-เบ้ซ้าย	.001	.127	.015	.103	.003	.123	.009	.106	.002	.041	.013	.105	.008	.114
		-เบ้ขวา	.003	.108	.016	.093	.014	.123	.005	.106	.013	.102	.004	.108	.002	.114
		-โค้งปกติ	.004	.126	.007	.122	.003	.102	.006	.125	.003	.083	.005	.117	.001	.103
		-โค้งโด่ง	.014	.147	.007	.081	.002	.102	.007	.124	.002	.064	.004	.137	.013	.123
		-แบนราบ	.003	.126	.006	.122	.001	.101	.014	.102	.015	.075	.016	.126	.004	.101
GENVAR	100	-เบ้ซ้าย	.012	.105	.005	.101	.007	.121	.006	.113	.005	.084	.013	.105	.005	.102
		-เบ้ขวา	.003	.094	.004	.101	.016	.101	.014	.103	.014	.056	.004	.114	.014	.102
		-โค้งปกติ	.002	.112	.003	.121	.018	.122	.005	.113	.003	.105	.005	.111	.005	.112
		-โค้งโด่ง	.005	.103	.006	.122	.019	.143	.014	.103	.004	.095	.006	.122	.016	.111
		-แบนราบ	.016	.113	.008	.101	.005	.123	.003	.103	.015	.105	.015	.133	.004	.121

ตาราง 12 (ต่อ)

วิธีการคำนวณ	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	ตัวแปร													
			TP		TK		TR		TM		TE		SM		SE	
			Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.	Bias	S.E.
		-เบ้ซ้าย	.001	.116	.001	.108	.005	.131	.007	.097	.003	.103	.005	.094	.003	.122
		-เบ้ขวา	.001	.109	.011	.108	.004	.103	.005	.108	.003	.093	.015	.105	.013	.111
	200	-โค้งปกติ	.001	.118	.001	.127	.005	.124	.004	.117	.003	.122	.005	.115	.003	.104
		-โค้งโด่ง	.011	.107	.002	.104	.014	.108	.013	.106	.003	.081	.005	.106	.012	.114
		-แบนราบ	.012	.104	.012	.095	.006	.117	.016	.125	.012	.121	.014	.124	.002	.103
		-เบ้ซ้าย	.001	.116	.011	.094	.005	.123	.005	.114	.002	.103	.016	.104	.011	.134
		-เบ้ขวา	.002	.105	.013	.105	.014	.117	.015	.113	.011	.103	.017	.115	.014	.106
	300	-โค้งปกติ	.003	.107	.003	.115	.015	.086	.005	.095	.001	.125	.007	.095	.004	.058
		-โค้งโด่ง	.013	.108	.004	.106	.024	.096	.004	.106	.001	.125	.007	.117	.005	.088
		-แบนราบ	.002	.119	.005	.126	.003	.104	.005	.114	.012	.107	.018	.118	.006	.117
		-เบ้ซ้าย	.001	.119	.005	.110	.002	.105	.004	.115	.002	.097	.018	.118	.016	.117
		-เบ้ขวา	.011	.108	.014	.119	.011	.096	.013	.108	.025	.086	.019	.108	.017	.084
	400	-โค้งปกติ	.002	.117	.003	.090	.017	.098	.001	.127	.005	.116	.009	.128	.007	.134
		-โค้งโด่ง	.004	.118	.006	.100	.006	.107	.002	.136	.006	.108	.000	.138	.008	.145
		-แบนราบ	.003	.127	.006	.119	.008	.124	.002	.110	.017	.097	.013	.117	.018	.125
GENVAR		-เบ้ซ้าย	.004	.106	.004	.118	.009	.134	.001	.103	.007	.096	.013	.107	.009	.156
		-เบ้ขวา	.005	.108	.015	.108	.016	.112	.012	.094	.016	.106	.003	.096	.019	.116
	500	-โค้งปกติ	.006	.108	.005	.122	.005	.123	.002	.125	.006	.115	.003	.126	.005	.136
		-โค้งโด่ง	.015	.097	.004	.132	.014	.104	.002	.084	.008	.105	.002	.084	.015	.145
		-แบนราบ	.004	.106	.003	.112	.013	.105	.021	.125	.017	.124	.012	.124	.004	.105
		-เบ้ซ้าย	.013	.046	.002	.101	.006	.116	.003	.106	.007	.114	.011	.105	.004	.104
		-เบ้ขวา	.004	.105	.011	.091	.007	.118	.014	.106	.016	.113	.015	.105	.016	.104
	600	-โค้งปกติ	.003	.084	.005	.121	.008	.107	.005	.125	.005	.093	.005	.124	.006	.113
		-โค้งโด่ง	.002	.061	.006	.081	.013	.126	.005	.122	.006	.101	.004	.121	.017	.133
		-แบนราบ	.001	.072	.007	.122	.004	.105	.004	.103	.018	.111	.016	.102	.007	.121
		-เบ้ซ้าย	.006	.082	.004	.103	.005	.104	.003	.114	.009	.112	.016	.102	.018	.101
		-เบ้ขวา	.017	.053	.013	.103	.016	.101	.015	.103	.010	.102	.015	.123	.018	092
	700	-โค้งปกติ	.018	.103	.007	.124	.019	.112	.006	.114	.005	.123	.004	.133	.009	.122
		-โค้งโด่ง	.019	.093	.004	.124	.006	.133	.004	.103	.006	.133	.013	.143	.010	.102
		-แบนราบ	.008	.103	.007	.104	.007	.123	.023	.103	.013	.113	.01	.103	.005	.112

ผลการวิเคราะห์ตาราง12 พบว่า ในเทคนิคการคำนวณทุกวิธี คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR มีค่าความลำเอียงในการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรทุกชุดและทุกตัวแปรเข้าใกล้ศูนย์ ในขนาดกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มและทุกลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล โดยมีค่าอยู่ระหว่าง .000 - .020 โดยเฉพาะเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าความลำเอียงของการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรใกล้เคียงศูนย์เป็นจำนวนมากที่สุดในทุกตัวแปร ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน และมีค่าความลำเอียงในการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรไม่แตกต่างกับค่าความลำเอียงของกลุ่มประชากรเทียม แสดงว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีความเที่ยงตรงในการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปร

ในส่วนของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรทุกตัว พบว่า ในแต่ละเทคนิคการคำนวณจะมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรใกล้ศูนย์ คือ มีค่าอยู่ระหว่าง .010 - .156 และเมื่อพิจารณาต่อไปจะพบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรทุกตัวแปรเข้าใกล้ศุนย์มากที่สุด ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานอยู่ระหว่าง .010 -.108 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรไม่แตกต่างกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของกลุ่มประชากรเทียม แสดงว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีความเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปร

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน

ในส่วนของตอนที่ 4 ผู้วิจัยต้องการทดสอบว่าเทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์ในแต่ละคู่ต่างกันหรือไม่ ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ซึ่งค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในแต่ละวิธีการคำนวณจะได้มาจากการทำบูตสแทรป จำนวน 50 ครั้ง ซึ่งแบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่หนึ่ง ผู้วิจัยใช้สถิติ Repeated Measure เมื่อต้องการทดสอบภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน

ดังตาราง 13 – ตาราง 16 และส่วนที่สอง ใช้สถิติ Two Between- One Within Repeated Measures เมื่อต้องการทดสอบภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน ดังตาราง 17

4.1 ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล โดยใช้วิธีการคำนวณต่างกันทดสอบภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อความเข้าใจผู้วิจัยจึงได้ทำตารางวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลก่อน (ตาราง 13) เพื่อให้เห็นความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน เพื่อให้เข้าใจถึงตาราง 14 - 17 รายละเอียดมีดังนี้

ตาราง 13 ค่าสถิติพื้นฐานของความสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ จากการทำซ้ำ 50 ครั้ง

R_{ij}	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	วิธีการคำนวณ SUMCOR		SSQCOR		MAXVAR		MINVAR		GENVAR	
			$\overline{R}$	S.D.	$\overline{R}$	S.D.	$\overline{R}$	S.D.	$\overline{R}$	S.D.	$\overline{R}$	S.D.
R_{12}	100	- เบ้ซ้าย	.295	.025	.393	.020	.445	.014	.306	.026	.314	.020
		- เบ้ขวา	.391	.111	.314	.020	.443	.027	.325	.048	.342	.045
		- โค้งปกติ	.323	.007	.359	.042	.437	.018	.312	.019	.323	.043
		- โค้งโด่ง	.445	.014	.342	.045	.446	.011	.268	.018	.282	.015
		- แบนราบ	.342	.045	.367	.052	.479	.023	.328	.068	.352	.047
R_{12}	200	- เบ้ซ้าย	.325	.048	.342	.045	.359	.042	.373	.038	.392	.020
		- เบ้ขวา	.376	.072	.367	.052	.379	.018	.383	.039	.399	.033
		- โค้งปกติ	.210	.054	.252	.026	.300	.035	.304	.017	.310	.019
		- โค้งโด่ง	.368	.052	.379	.018	.599	.019	.271	.086	.299	.059
		- แบนราบ	.271	.086	.299	.058	.509	.016	.367	.052	.379	.018
R_{12}	300	- เบ้ซ้าย	.437	.018	.470	.015	.437	.018	.438	.018	.470	.015
		- เบ้ขวา	.437	.018	.470	.015	.538	.014	.271	.086	.299	.058
		- โค้งปกติ	.300	.058	.384	.081	.481	.072	.437	.018	.470	.015
		- โค้งโด่ง	.290	.060	.325	.048	.367	.052	.379	.018	.383	.039
		- แบนราบ	.299	.059	.328	.063	.295	.052	.306	.026	.314	.021

ตาราง 13 (ต่อ)

R_{ij}	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	วิธีการคำนวณ SUMCOR $\overline{R}$	SUMCOR S.D.	SSQCOR $\overline{R}$	SSQCOR S.D.	MAXVAR $\overline{R}$	MAXVAR S.D.	MINVAR $\overline{R}$	MINVAR S.D.	GENVAR $\overline{R}$	GENVAR S.D.
R_{12}	400	- เบ้ซ้าย	.319	.070	.349	.075	.435	.052	.468	.056	.370	.099
		- เบ้ขวา	.422	.012	.447	.018	.481	.019	.317	.081	.339	.072
		- โค้งปกติ	.460	.032	.478	.031	.502	.054	.350	.075	.378	.076
		- โค้งโด่ง	.421	.013	.448	.011	.438	.031	.468	.037	.502	.037
		- แบนราบ	.399	.033	.437	.018	.470	.015	.299	.058	.305	.048
R_{12}	500	- เบ้ซ้าย	.481	.072	.524	.076	.519	.017	.373	.038	.392	.020
		- เบ้ขวา	.220	.045	.262	.031	.266	.055	.290	.031	.299	.029
		- โค้งปกติ	.445	.045	.469	.011	.540	.093	.310	.019	.312	.019
		- โค้งโด่ง	.312	.014	.312	.019	.538	.093	.271	.086	.323	.073
		- แบนราบ	.383	.069	.383	.043	.382	.047	.342	.045	.356	.042
R_{12}	600	- เบ้ซ้าย	.414	.036	.430	.054	.470	.051	.342	.045	.359	.042
		- เบ้ขวา	.370	.045	.395	.019	.462	.072	.340	.043	.352	.043
		- โค้งปกติ	.372	.042	.402	.032	.523	.013	.358	.053	.357	.042
		- โค้งโด่ง	.379	.042	.394	.018	.500	.049	.341	.044	.358	.041
		- แบนราบ	.375	.050	.324	.014	.449	.012	.325	.043	.325	.048
R_{12}	700	- เบ้ซ้าย	.397	.062	.424	.058	.528	.018	422	.012	.446	.011
		- เบ้ขวา	.370	.046	.395	.018	.283	.026	.342	.045	.359	.042
		- โค้งปกติ	.376	.056	.401	.033	.446	.011	.324	.066	.376	.051
		- โค้งโด่ง	.368	.016	.396	.019	.424	.095	.340	.048	.349	.043
		- แบนราบ	.299	.050	.379	.071	.429	.011	.342	.045	.341	.046
R_{13}	100	- เบ้ซ้าย	.323	.007	.359	.042	.437	.018	.312	.019	.323	.043
		- เบ้ขวา	.437	.018	.470	.015	.437	.018	.438	.018	.470	.015
		- โค้งปกติ	.437	.018	.470	.015	.538	.014	.271	.086	.299	.058
		- โค้งโด่ง	.300	.058	.384	.081	.481	.072	.437	.018	.470	.015
		- แบนราบ	.422	.012	.447	.018	.481	.019	.317	.081	.339	.072

ตาราง 13 (ต่อ)

R_{ij}	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	วิธีการคำนวณ SUMCOR $\overline{R}$	SUMCOR S.D.	SSQCOR $\overline{R}$	SSQCOR S.D.	MAXVAR $\overline{R}$	MAXVAR S.D.	MINVAR $\overline{R}$	MINVAR S.D.	GENVAR $\overline{R}$	GENVAR S.D.
R_{13}	200	- เบ้ซ้าย	.460	.032	.478	.031	.502	.054	.350	.075	.378	.076
		- เบ้ขวา	.421	.013	.448	.011	.438	.031	.468	.037	.502	.037
		- โค้งปกติ	.300	.058	.384	.081	.481	.072	.437	.018	.470	.015
		- โค้งโด่ง	.290	.060	.325	.048	.367	.052	.379	.018	.383	.039
		- แบนราบ	.299	.059	.328	.063	.295	.052	.306	.026	.314	.021
R_{13}	300	- เบ้ซ้าย	.397	.062	.424	.058	.528	.018	422	.012	.446	.011
		- เบ้ขวา	.370	.046	.395	.018	.283	.026	.342	.045	.359	.042
		- โค้งปกติ	.376	.056	.401	.033	.446	.011	.324	.066	.376	.051
		- โค้งโด่ง	.379	.042	.394	.018	.500	.049	.341	.044	.358	.041
		- แบนราบ	.375	.050	.324	.014	.449	.012	.325	.043	.325	.048
R_{13}	400	- เบ้ซ้าย	.445	.045	.469	.011	.540	.093	.310	.019	.312	.019
		- เบ้ขวา	.437	.018	.470	.015	.437	.018	.438	.018	.470	.015
		- โค้งปกติ	.437	.018	.470	.015	.538	.014	.271	.086	.299	.058
		- โค้งโด่ง	.300	.058	.384	.081	.481	.072	.437	.018	.470	.015
		- แบนราบ	.397	.062	.424	.058	.528	.018	422	.012	.446	.011
R_{13}	500	- เบ้ซ้าย	.370	.046	.395	.018	.283	.026	.342	.045	.359	.042
		- เบ้ขวา	.376	.056	.401	.033	.446	.011	.324	.066	.376	.051
		- โค้งปกติ	.391	.111	.314	.020	.443	.027	.325	.048	.342	.045
		- โค้งโด่ง	.323	.007	.359	.042	.437	.018	.312	.019	.323	.043
		- แบนราบ	.368	.016	.396	.019	.424	.095	.340	.048	.349	.043
R_{13}	600	- เบ้ซ้าย	.325	.048	.342	.045	.359	.042	.373	.038	.392	.020
		- เบ้ขวา	.376	.072	.367	.052	.379	.018	.383	.039	.399	.033
		- โค้งปกติ	.376	.056	.401	.033	.446	.011	.324	.066	.376	.051
		- โค้งโด่ง	.368	.016	.396	.019	.424	.095	.340	.048	.349	.043
		- แบนราบ	.422	.012	.447	.018	.481	.019	.317	.081	.339	.072

ตาราง 13 (ต่อ)

R_{ij}	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	วิธีการคำนวณ SUMCOR		SSQCOR		MAXVAR		MINVAR		GENVAR	
			$\overline{R}$	S.D.	$\overline{R}$	S.D.	$\overline{R}$	S.D.	$\overline{R}$	S.D.	$\overline{R}$	S.D.
R_{13}	700	- เบ้ซ้าย	.460	.032	.478	.031	.502	.054	.350	.075	.378	.076
		- เบ้ขวา	.421	.013	.448	.011	.438	.031	.468	.037	.502	.037
		- โค้งปกติ	.300	.058	.384	.081	.481	.072	.437	.018	.470	.015
		- โค้งโด่ง	.290	.060	.325	.048	.367	.052	.379	.018	.383	.039
		- แบนราบ	.299	.059	.328	.063	.295	.052	.306	.026	.314	.021
R_{23}	100	- เบ้ซ้าย	.372	.042	.402	.032	.523	.013	.358	.053	.357	.042
		- เบ้ขวา	.379	.042	.394	.018	.500	.049	.341	.044	.358	.041
		- โค้งปกติ	.375	.050	.324	.014	.449	.012	.325	.043	.325	.048
		- โค้งโด่ง	.391	.111	.314	.020	.443	.027	.325	.048	.342	.045
		- แบนราบ	.323	.007	.359	.042	.437	.018	.312	.019	.323	.043
R_{23}	200	- เบ้ซ้าย	.445	.045	.469	.011	.540	.093	.310	.019	.312	.019
		- เบ้ขวา	.437	.018	.470	.015	.437	.018	.438	.018	.470	.015
		- โค้งปกติ	.437	.018	.470	.015	.538	.014	.271	.086	.299	.058
		- โค้งโด่ง	.300	.058	.384	.081	.481	.072	.437	.018	.470	.015
		- แบนราบ	.422	.012	.447	.018	.481	.019	.317	.081	.339	.072
R_{23}	300	- เบ้ซ้าย	.460	.032	.478	.031	.502	.054	.350	.075	.378	.076
		- เบ้ขวา	.421	.013	.448	.011	.438	.031	.468	.037	.502	.037
		- โค้งปกติ	.368	.016	.396	.019	.424	.095	.340	.048	.349	.043
		- โค้งโด่ง	.370	.046	.395	.018	.283	.026	.342	.045	.359	.042
		- แบนราบ	.376	.056	.401	.033	.446	.011	.324	.066	.376	.051
R_{23}	400	- เบ้ซ้าย	.368	.016	.396	.019	.424	.095	.340	.048	.349	.043
		- เบ้ขวา	.300	.058	.384	.081	.481	.072	.437	.018	.470	.015
		- โค้งปกติ	.290	.060	.325	.048	.367	.052	.379	.018	.383	.039
		- โค้งโด่ง	.299	.059	.328	.063	.295	.052	.306	.026	.314	.021
		- แบนราบ	.421	.013	.448	.011	.438	.031	.468	.037	.502	.037

ตาราง 13 (ต่อ)

R_{ij}	n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	วิธีการคำนวณ SUMCOR $\overline{R}$	SUMCOR S.D.	SSQCOR $\overline{R}$	SSQCOR S.D.	MAXVAR $\overline{R}$	MAXVAR S.D.	MINVAR $\overline{R}$	MINVAR S.D.	GENVAR $\overline{R}$	GENVAR S.D.
R_{23}	500	- เบ้ซ้าย	.399	.033	.437	.018	.470	.015	.299	.058	.305	.048
		- เบ้ขวา	.325	.048	.342	.045	.359	.042	.373	.038	.392	.020
		- โค้งปกติ	.376	.072	.367	.052	.379	.018	.383	.039	.399	.033
		- โค้งโด่ง	.323	.007	.359	.042	.437	.018	.312	.019	.323	.043
		- แบนราบ	.460	.032	.478	.031	.502	.054	.350	.075	.378	.076
R_{23}	600	- เบ้ซ้าย	.391	.111	.314	.020	.443	.027	.325	.048	.342	.045
		- เบ้ขวา	.323	.007	.359	.042	.437	.018	.312	.019	.323	.043
		- โค้งปกติ	.422	.012	.447	.018	.481	.019	.317	.081	.339	.072
		- โค้งโด่ง	.460	.032	.478	.031	.502	.054	.350	.075	.378	.076
		- แบนราบ	.421	.013	.448	.011	.438	.031	.468	.037	.502	.037
R_{23}	700	- เบ้ซ้าย	.397	.062	.424	.058	.528	.018	422	.012	.446	.011
		- เบ้ขวา	.370	.046	.395	.018	.283	.026	.342	.045	.359	.042
		- โค้งปกติ	.376	.056	.401	.033	.446	.011	.324	.066	.376	.051
		- โค้งโด่ง	.290	.060	.325	.048	.367	.052	.379	.018	.383	.039
		- แบนราบ	.299	.059	.328	.063	.295	.052	.306	.026	.314	.021

ผลการวิเคราะห์ตาราง 13 ผู้วิจัยแปลผลค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลตามแต่ละคู่ของตัวแปร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน พบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน* ที่มีทุกลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบเบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ โดยมีค่าเฉลี่ย .445 .443 .437 .446 และ .479 ตามลำดับ *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย เบ้ขวา และโค้งปกติ ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .392 .399 และ .310 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งโด่งและแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .599 และ

.509 ตามลำดับ *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 300 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย และแบบแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .470 และ .328 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวาและโค้งปกติ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .538 และ .481 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งโด่ง ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .383 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ และแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .468 .481 .502 และ .470 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งโด่ง ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .502 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โค้งปกติ และโค้งโด่ง ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .524 .540 และ .538 ตามลำดับ ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .299 และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ SUMCOR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .383 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 คน* ที่มีลักษณะทุกการแจกแจง คือ เบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์ เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .470 .462 .523 .500 และ .449 ตามลำดับ *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 700 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .528 .446 .424 และ .429 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา ผลเทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .395

ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดูกับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบเบ้ซ้าย โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ โดยมีค่าเฉลี่ย .437 .538 .481และ .481 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา ผลเทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะมีค่าเฉลี่ย

ของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .437 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย และโค้งปกติ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .502 และ .481 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวาและโค้งโด่ง ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .502 และ .383 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา ผลเทคนิคการคำนวณ MINVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .502 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 300 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบบแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .528 .446 .500 และ .449 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา ผลเทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .395 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .540 .538 .481 และ .528ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .471 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .446 .443 .437 และ .424 ตามลำดับ ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ผลเทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .395 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 คน* ที่มีลักษณะทุกการแจกแจง คือ โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .446 .424 และ .481 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้ายและเบ้ขวา ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .392 และ .399 ตามลำดับ *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 700 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย และโค้งปกติ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .502 และ .481 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา และโค้งโด่ง ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .502

และ .383 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .328

ในคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน* ที่มีทุกลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบเบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ โดยมีค่าเฉลี่ย .523 .500 .449 และ .443 ตามลำดับ *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบบแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .540 .538 .481 และ .481 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา ผลเทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .471 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 300 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โค้งปกติ และแบบแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .502 .424 และ .446 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .502 และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งโด่ง ผลเทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .395 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย และเบ้ขวา ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .424 และ .481 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งปกติและแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธเจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .383 และ.502 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงโค้งโด่ง ผลเทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .328 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โค้งโด่ง และแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .470 .437 และ .502 ตามลำดับ ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา และโค้งปกติ ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .392 และ .399 ตามลำดับ *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ และโค้งโด่ง ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์

คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .443 .437 .481 และ .502 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .502 *ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 700 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย และโค้งปกติ ผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .528 และ .446 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา และแบบแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ SSQCOR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .395 และ .328 ตามลำดับ และที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแบนราบ ผลเทคนิคการคำนวณ GENVAR จะมีค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าเฉลี่ย .383

ตาราง 14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของตัวแปรชุดที่หนึ่งกับชุดที่สอง (R_{12}) โดยใช้วิธีการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
100	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.349	4	.008	80.120*	.00	.045	.423
		error	.094	196	.000				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.471	4	.117	292.500*	.00	.443	.892
		error	.075	196	.000				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.543	4	.136	225.544*	.00	.401	.819
		error	.120	196	.000				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.797	4	.199	331.667*	.00	.454	.912
		error	.119	196	.000				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.735	4	.184	184.113*	.00	.210	.516
		error	.246	196	.001				

ตาราง 14 (ต่อ)

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
200	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.138	4	.030	21.783*	.00	.086	.308
		error	.310	196	.002				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.282	4	.007	35.172*	.00	.116	.364
		error	.042	196	.002				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.372	4	.090	150.112*	.00	.357	.746
		error	.128	196	.000				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	1.706	4	.427	151.354*	.00	.363	.755
		error	.552	196	.003				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.270	4	.067	32.787*	.00	.138	.401
		error	.404	196	.002				
300	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.064	4	.160	80.851*	.00	.279	.623
		error	.039	196	.002				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.270	4	.0067	32.787*	.00	138	.401
		error	.404	196	.002				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.531	4	.133	250.433*	.00	.812	.397
		error	.104	196	.000				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.372	4	.090	80.120*	.00	.277	.620
		error	.228	196	.001				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.030	4	.007	4.634*	.001	.086	.007
		error	.315	196	.002				
400	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.352	4	.088	66.061*	.00	.248	.574
		error	.261	196	.001				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.211	4	.052	52.147*	.00	.245	.570
		error	.201	196	.001				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	1.060	4	.265	178.496*	.00	.340	.673
		error	.291	196	.001				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	1.019	4	.253	102.701*	.00	.254	.584
		error	.493	196	.002				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.552	4	.138	69.567*	.00	.256	.587
		error	.389	196	.002				

ตาราง 14 (ต่อ)

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.372	4	.093	80.111*	.00	.277	.620
		error	.228	.196	.001				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.507	4	.127	105.512*	.00	.318	.683
		error	.236	196	.001				
500	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	2.047	4	.512	260.687*	.00	.415	.842
		error	.385	196	.002				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.571	4	.143	36.069*	.00	.152	.424
		error	.775	196	.004				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.800	4	.200	200.100*	.00	.342	.721
		error	.246	196	.001				
	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.691	4	.173	255.101*	.00	.411	.836
		error	.136	196	.001				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.362	4	.088	66.061*	.00	.248	.574
		error	.261	196	.001				
600	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.328	4	.082	65.130*	.00	246	.571
		error	.247	196	.001				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.138	4	.030	21.790*	.00	.087	.308
		error	.310	196	.002				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.552	4	.138	69.567*	.00	.256	.587
		error	.389	196	.002				
	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.270	4	.067	32.787*	.00	.138	.401
		error	.404	196	.002				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.064	4	.016	80.851*	.00	.279	.623
		error	.039	196	.002				
700	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.531	4	.133	250.433*	.00	.397	.812
		error	.104	196	.000				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.552	4	.138	69.567*	.00	.256	.587
		error	.389	196	.002				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.030	4	.007	4.634*	.00	.007	.086
		error	.315	196	.002				

$* p < .05$

ผลการวิเคราะห์ตาราง 14 พบว่า ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถทางการเรียน ในขนาดกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน ที่มีลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลแบบเดียวกัน ให้ผลค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน กล่าวได้ว่าเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ภายใต้ทุกเงื่อนไข คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลเดียวกัน โดยที่*ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งโด่ง จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือ ขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .912 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .454 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งโด่ง จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือ ขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .755 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .363 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 300 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งปกติ จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือ ขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .812 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .397 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งปกติ จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .673 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .340 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งปกติ จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล(Effect Size) = .842 และระดับความสัมพันธ์(ϖ^2) = .415 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .836 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .411 ตามลำดับ และ*ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 700 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งปกติ จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .812 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .397 ตามลำดับ

ตาราง 15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของตัวแปรชุดที่หนึ่งกับชุดที่สาม (R_{13}) โดยใช้วิธีการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
100	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.849	4	.212	441.330*	.00	.447	.900
		error	.090	196	.000				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.571	4	.143	36.068*	.00	.152	.424
		error	.775	196	.004				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.531	4	.133	250.433*	.00	.390	.812
		error	.104	196	.000				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	1.471	4	.368	605.345*	.00	.459	.922
		error	.119	196	.000				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.735	4	.184	92.565*	.00	.299	.654
		error	.389	16	.002				
200	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.138	4	.030	21.783*	.00	.086	.308
		error	.310	196	.002				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.030	4	.007	3.184*	.015	.004	.061
		error	.434	196	.002				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.372	4	.090	80.111*	.00	.277	.620
		error	.228	196	.001				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	3.325	4	.831	289.897*	.00	422	.855
		error	.562	196	.003				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	1.706	4	.427	151.354*	.00	.363	.755
		error	.552	196	.003				

ตาราง 15 (ต่อ)

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
300	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.064	4	.016	80.851*	.00	.279	.623
		error	.039	196	.002				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	2.612	4	.653	279.264*	.00	.420	.851
		error	.458	196	.002				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	1.434	4	.358	149.111*	.00	.362	.753
		error	.471	196	.003				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.270	4	.037	32.787*	.00	.138	.401
		error	.404	16	.002				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.030	4	.007	4.364*	.00	.007	.086
		error	.315	196	.002				
400	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	1.285	4	.321	240.230*	.00	.408	.831
		error	.262	196	.001				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	1.222	4	.305	237.994*	.00	.407	.829
		error	.252	196	.001				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	2.369	4	.592	436.586*	.00	.447	.899
		error	.266	196	.001				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.542	4	.136	709.689*	.00	.466	.935
		error	.038	196	.002				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	1.060	4	.265	178.496*	.00	.381	.785
		error	.291	196	.001				
500	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	1.002	4	.251	100.628*	.00	.311	.673
		error	.488	196	.002				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.372	4	.009	80.111*	.00	.277	.620
		error	.228	196	.001				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	2.047	4	.512	260.687*	.00	.414	.842
		error	.385	196	.002				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	2.043	4	.511	254.902*	.00	.413	.839
		error	.393	196	.002				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.070	4	.018	7.278*	.00	.016	.129
		error	.472	196	.002				

ตาราง 15 (ต่อ)

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
600	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.552	4	.138	69.567*	.00	.256	.587
		error	.389	196	.002				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.470	4	.118	59.505*	.00	.231	.548
		error	.387	196	.002				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	1.050	4	.263	209.350*	.00	.396	.810
		error	.246	196	.001				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	1.050	4	.262	208.260*	.00	.342	.721
		error	.247	196	.001				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.800	4	.200	200.100*	.00	.342	.721
		error	.246	196	.001				
700	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.507	4	.127	105.512*	.00	.318	.683
		error	.236	196	.001				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.352	4	.088	66.061*	.00	.247	.574
		error	.261	196	.001				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.328	4	.082	65.130*	.00	.246	.571
		error	.247	196	.001				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.328	4	.082	64.981*	.00	.245	.570
		error	.247	196	.001				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.211	4	.052	52.147*	.00	.215	.523
		error	.201	196	.001				

*p < .05

ผลการวิเคราะห์ตาราง 15 พบว่า ในคู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในขนาดกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน ที่มีลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลแบบเดียวกัน ให้ผลค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน กล่าวได้ว่าเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ภายใต้ทุกเงื่อนไขคือขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลเดียวกัน โดยที่*ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งโด่ง จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและ

ขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .922 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .459 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งโด่ง จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .855 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .422 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 300 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .851 และระดับความสัมพันธ์(ϖ^2) = .420 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งโด่ง จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือ ขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .935 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .466 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งปกติ จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .839 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .414 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งปกติ จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .810 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .396 ตามลำดับ และ*ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 700 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งเบ้ซ้าย จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .683 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .318 ตามลำดับ

ตาราง 16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของตัวแปรชุดที่สองกับชุดที่สาม (R_{23}) โดยใช้วิธีการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
100	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.064	4	.016	80.851*	.00	.279	.623
		error	.039	196	.002				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	2.612	4	.653	279.264*	.00	.420	.851
		error	.458	196	.002				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	1.434	4	.358	149.111*	.00	.362	.753
		error	.471	196	.003				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.270	4	.037	32.787*	.00	.138	.401
		error	.404	16	.002				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.372	4	.090	150.112*	.00	.357	.746
		error	.128	196	.000				
200	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	1.706	4	.427	151.354*	.00	.363	.755
		error	.552	196	.003				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.270	4	.067	32.787*	.00	.138	.401
		error	.404	196	.002				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.064	4	.0160	80.851*	.00	.279	.623
		error	.039	196	.002				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.552	4	.138	69.567*	.00	.256	.587
		error	.389	196	.002				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.270	4	.067	32.787*	.00	.138	.401
		error	.404	196	.002				
300	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.372	4	.090	80.120*	.00	.277	.620
		error	.228	196	.001				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.030	4	.007	4.634*	.001	.086	.007
		error	.315	196	.002				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.352	4	.088	66.061*	.00	.248	.574
		error	.261	196	.001				

ตาราง 16 (ต่อ)

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
300	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.211	4	.052	52.147*	.00	.245	.570
		error	.201	196	.001				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.270	4	.037	32.787*	.00	.138	.401
		error	.404	16	.002				
400	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.030	4	.007	4.364*	.00	.007	.086
		error	.315	196	.002				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	1.285	4	.321	240.230*	.00	.408	.831
		error	.262	196	.001				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.571	4	.143	36.069*	.00	.152	.424
		error	.775	196	.004				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.800	4	.200	200.100*	.00	.342	.721
		error	.246	196	.001				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.691	4	.173	255.101*	.00	.411	.836
		error	.136	196	.001				
500	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.328	4	.082	65.130*	.00	.246	.571
		error	.247	196	.001				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.328	4	.082	64.981*	.00	.245	.570
		error	.247	196	.001				
	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	1.222	4	.305	237.994*	.00	.477	.935
		error	.252	196	.001				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	2.369	4	.592	436.586*	.00	.447	.899
		error	.266	196	.001				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.542	4	.136	709.689*	.00	.407	.829
		error	.038	196	.002				
600	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	1.434	4	.358	149.111*	.00	.362	.753
		error	.471	196	.003				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.270	4	.037	32.787*	.00	.138	.401
		error	.404	196	.002				

ตาราง 16 (ต่อ)

n (คน)	ลักษณะการแจกแจง	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
600	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.030	4	.007	4.364*	.00	.007	.086
		error	.315	196	.002				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.138	4	.030	21.783*	.00	.086	.308
		error	.310	196	.002				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.552	4	.138	69.567*	.00	.256	.587
		error	.389	196	.002				
	เบ้ซ้าย	within(วิธีคำนวณ)	.270	4	.067	32.787*	.00	.138	.401
		error	.404	196	.002				
	เบ้ขวา	within(วิธีคำนวณ)	.328	4	.082	64.981*	.00	.245	.570
		error	.247	196	.001				
700	โค้งปกติ	within(วิธีคำนวณ)	.543	4	.136	225.544*	.00	.401	.819
		error	.120	196	.000				
	โค้งโด่ง	within(วิธีคำนวณ)	.797	4	.199	331.667*	.00	.454	.912
		error	.119	196	.000				
	แบนราบ	within(วิธีคำนวณ)	.735	4	.184	184.113*	.00	.210	.516
		error	.246	196	.001				

* p < .05

ผลการวิเคราะห์ตาราง 16 พบว่า ในคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถทางการเรียนกับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในขนาดกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน ที่มีลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลแบบเดียวกัน ให้ผลค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน กล่าวได้ว่าเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ภายใต้ทุกเงื่อนไขคือขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลเดียวกัน โดยที่*ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือ ขนาดอิทธิพล (Effect size) = .851 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .420 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 200 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาด

ความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .755 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .363 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 300 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .620 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .277 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบแบนราบ จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .836 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .411 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 500 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งปกติ จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพ (Effect Size) = .935 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .477 ตามลำดับ *ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 600 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งเบ้ซ้าย จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .753 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .362 ตามลำดับ และ*ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 700 คน* ที่มีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งโด่ง จะให้ขนาดของผลเทคนิคการคำนวณและขนาดความสัมพันธ์ที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในระดับมากที่สุด คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .912 และระดับความสัมพันธ์ (ϖ^2) = .454 ตามลำดับ

4.2 ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล โดยใช้วิธีการคำนวณต่างกันทดสอบ ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน ในการทดสอบส่วนนี้ผู้วิจัยใช้สถิติ Two Between – One Within Repeated Measures โดยมีตัวแปรขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเป็นตัวแปรระหว่างกลุ่ม และตัวแปรเทคนิคการคำนวณเป็นตัวแปรภายในกลุ่ม ดังแสดงในตาราง 17

ตาราง 17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรทุกคู่ โดยใช้วิธีการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน

R_{ij}	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
	<u>ทดสอบผลตัวแปร between</u>							
	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	3.324	6	.554	329.420*	.000	.263	.598
R_{12}	ลักษณะการแจกแจง	1.480	4	.370	219.962*	.000	.222	.535
	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง * ลักษณะการแจกแจง	11.558	24	.482	286.368*	.000	.200	.500
	Error	2.88	1715	.002				
	<u>ทดสอบผลตัวแปร within</u>							
	เทคนิคการคำนวณ	14.192	4	3.548	2280.104*	.000	.246	.571
	เทคนิค*ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	3.044	24	.127	81.501	.080	.047	.222
R_{12}	เทคนิค * ลักษณะการแจกแจง	1.262	16	.078	50.690	.093	.011	.106
	เทคนิค * ขนาดกลุ่มตัวอย่าง * ลักษณะการแจกแจง	15.450	96	.161	103.421	.120	.078	.291
	Error (เทคนิคการคำนวณ)	10.675	6860	.002				
	<u>ทดสอบผลตัวแปร between</u>							
	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	3.250	6	.542	285.905*	.000	.262	.597
R_{13}	ลักษณะการแจกแจง	1.816	4	.454	239.658*	.000	.114	.359
	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง * ลักษณะการแจกแจง	11.135	24	.464	244.916*	.000	.183	.474
	Error	3.249	1715	.002				
	<u>ทดสอบผลตัวแปร within</u>							
	เทคนิคการคำนวณ	12.736	4	3.184	1971.462*	.000	.222	.535
	เทคนิค*ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	2.544	24	.106	65.632	.097	.033	.187
R_{13}	เทคนิค * ลักษณะการแจกแจง	1.244	16	.077	48.141	.134	.010	.101
	เทคนิค * ขนาดกลุ่มตัวอย่าง * ลักษณะการแจกแจง	15.639	96	.163	100.868	.092	.075	.285
	Error (เทคนิคการคำนวณ)	11.079	6860	.002				

ตาราง 17 (ต่อ)

R_{ij}	Source	SS	df	MS	F	Sig.	ω^2	Effect Size
	<u>ทดสอบผลตัวแปร between</u>							
	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	3.317	6	.553	223.678*	.000	.246	.597
R_{23}	ลักษณะการแจกแจง	1.988	4	.497	201.111*	.000	.092	.319
	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง * ลักษณะการแจกแจง	10.285	24	.429	173.315*	.000	.143	.408
	Error	4.238	1715	.002				
	<u>ทดสอบผลตัวแปร within</u>							
	เทคนิคการคำนวณ	11.736	4	2.934	1666.083*	.000	.196	.493
	เทคนิค*ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	2.539	24	.106	60.085	.083	.029	.174
R_{23}	เทคนิค * ลักษณะการแจกแจง	1.244	16	.077	44.138	.105	.009	.093
	เทคนิค * ขนาดกลุ่มตัวอย่าง * ลักษณะการแจกแจง	13.871	96	.144	84.052	.213	.052	.235
	Error (เทคนิคการคำนวณ)	12.080	6860	.002				

$* p < .05$

ผลการวิเคราะห์ตาราง 17 พบว่า ในคู่ของสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน เมื่อพิจารณา*ผลของอิทธิพลตัวแปรระหว่างกลุ่ม* คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ต่างกัน ทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วยค่า F = 329.42 และ F = 219.962 ตามลำดับ โดยที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กันสูงมากกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ระดับ .263 และมีขนาดของผลที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับสูงมาก คือ .598 โดยที่ลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลมีความสัมพันธ์กันสูงมากกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ระดับ .222 และมีขนาดของผลที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับสูงมาก คือ .535 เมื่อพิจารณา*ผลของอิทธิพลตัวแปรภายใน*ที่ผู้วิจัยสนใจ คือ เทคนิคการคำนวณ พบว่า เทคนิคการคำนวณต่างกัน ทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลต่างกัน (F = 2280.104) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน โดยเทคนิคการคำนวณมีความสัมพันธ์กันมากกับค่า

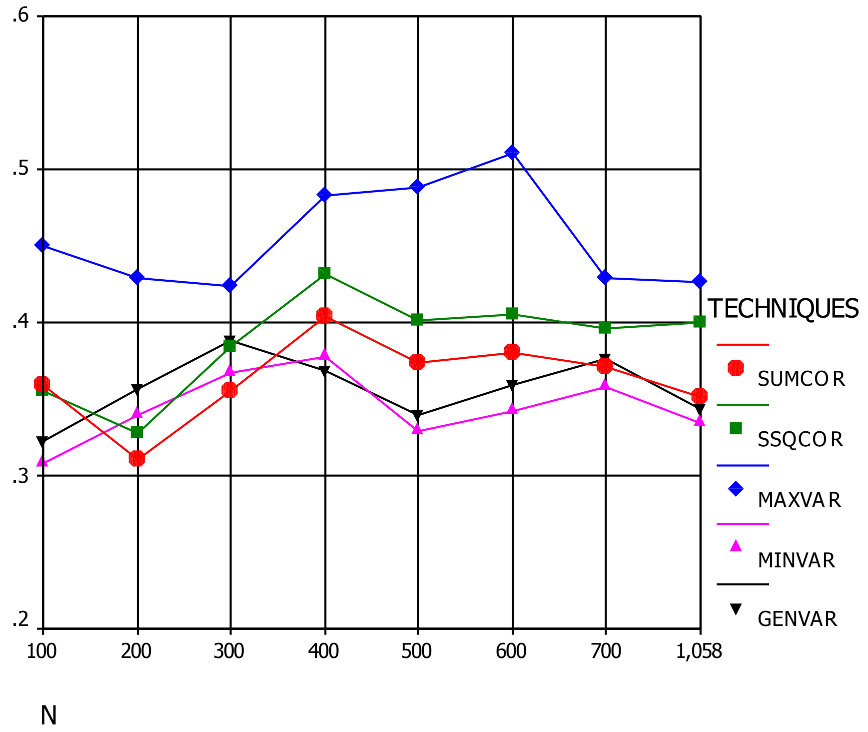
สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ระดับ .246 และขนาดของผลเทคนิคการคำนวณที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับมาก คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) = .571 จากการพิจารณาผลปฏิสัมพันธ์ พบว่า เทคนิคการคำนวณและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เทคนิคการคำนวณและลักษณะการแจกแจงและเทคนิคการคำนวณ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงต่างร่วมกันส่งผลทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คือ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างเทคนิคการคำนวณ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจง

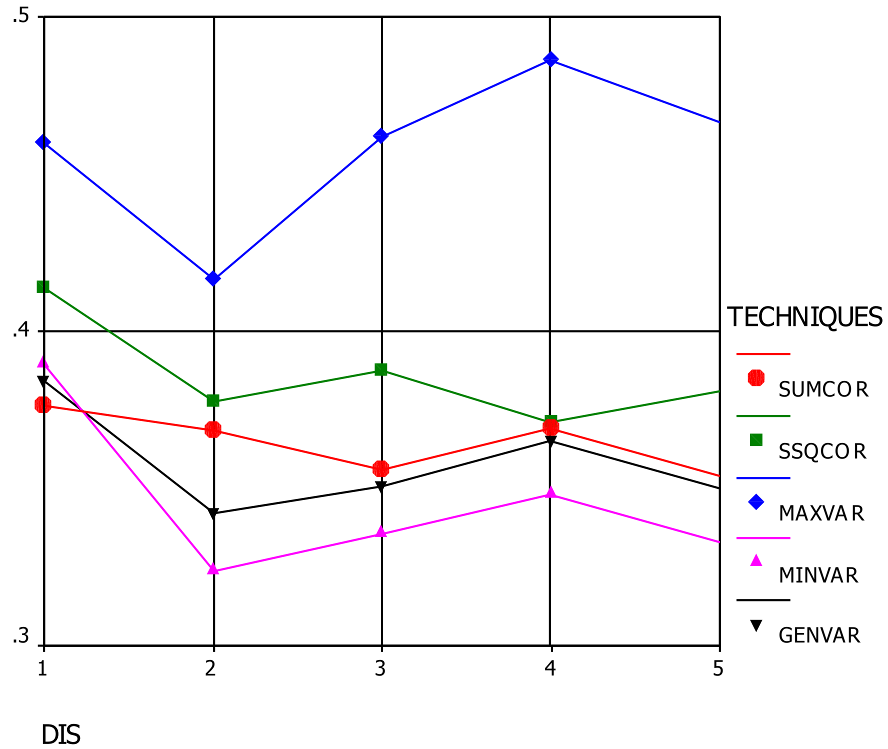
ในคู่ของสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อพิจารณา*ผลของอิทธิพลตัวแปรระหว่างกลุ่ม* คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ต่างกัน ทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วยค่า F = 285.905 และ F = 239.658 ตามลำดับ โดยที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กันสูงมากกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ระดับ .246 และมีขนาดของผลที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับสูงมาก คือ .597 โดยที่ลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลมีความสัมพันธ์กันปานกลางกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ระดับ .114 และมีขนาดของผลที่ส่งผลต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับปานกลาง คือ .359 เมื่อพิจารณา*ผลของอิทธิพลตัวแปรภายใน*ที่ผู้วิจัยสนใจ คือ เทคนิคการคำนวณ พบว่า เทคนิคการคำนวณต่างกัน ทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลต่างกัน (F = 1971.462) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน โดยเทคนิคการคำนวณมีความสัมพันธ์กันมากกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ระดับ .222 และขนาดของผลเทคนิคการคำนวณที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับมาก คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) =.535 จากการพิจารณาผลปฏิสัมพันธ์ พบว่า เทคนิคการคำนวณและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เทคนิคการคำนวณและลักษณะการแจกแจงและเทคนิคการคำนวณ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจง ต่างร่วมกันส่งผลทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คือ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างเทคนิคการคำนวณ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจง

ในคู่ของสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อพิจารณา*ผลของอิทธิพลตัวแปรระหว่างกลุ่ม* คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ต่างกัน ทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วยค่า F = 223.678 และ F = 201.111 ตามลำดับ โดยที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กันสูงมากกับค่า

สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ระดับ .246 และมีขนาดของผลที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับสูงมาก คือ .597 โดยที่ลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลมีความสัมพันธ์กันปานกลางกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ระดับ .092 และมีขนาดของผลที่ส่งผลต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับสูงมาก คือ .319 เมื่อพิจารณา*ผลของอิทธิพลตัวแปรภายใน*ที่ผู้วิจัยสนใจ คือ เทคนิคการคำนวณ พบว่า เทคนิคการคำนวณต่างกัน ทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลต่างกัน ($F = 1666.083$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน โดยเทคนิคการคำนวณมีความสัมพันธ์กันมากกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ระดับ .196 และขนาดของผลเทคนิคการคำนวณที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับมาก คือขนาดอิทธิพล (Effect Size) =.493 จากการพิจารณาผลปฏิสัมพันธ์ พบว่า เทคนิคการคำนวณและขนาดกลุ่มตัวอย่าง เทคนิคการคำนวณและลักษณะการแจกแจง และเทคนิคการคำนวณ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจง ต่างร่วมกันส่งผลทำให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คือ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างเทคนิคการคำนวณ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจง

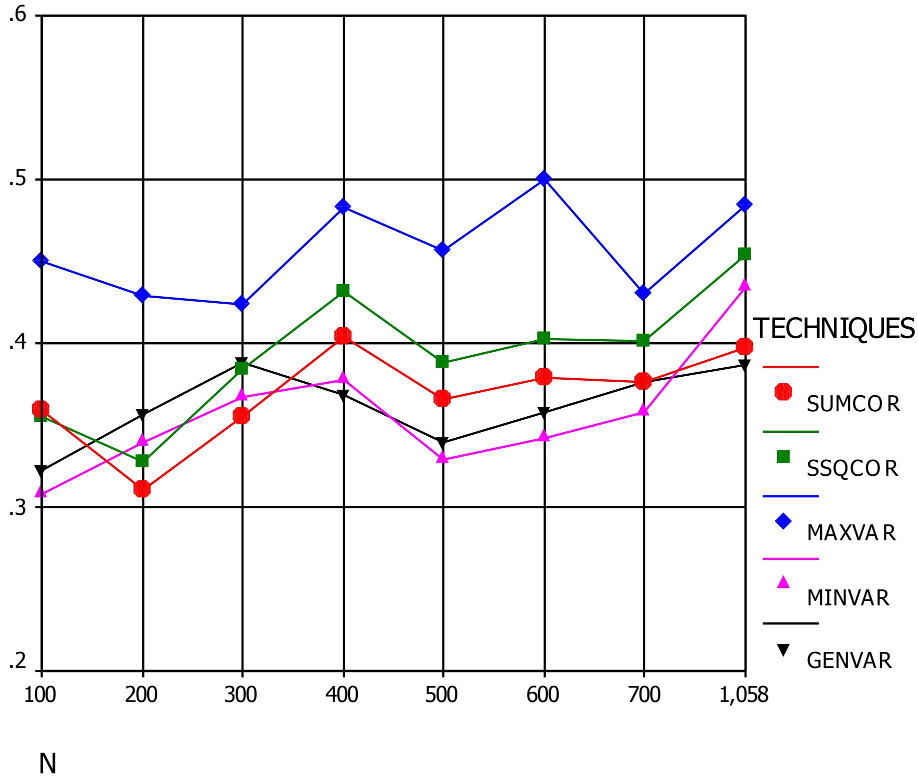
โดยสรุปเพื่อให้ง่ายต่อการอ่านผลเพื่อเปรียบเทียบเทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์แตกต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลเดียวกันและต่างกัน ผู้วิจัยจึงนำเสนอในรูปของแผนภาพประกอบโดยภาพรวม ดังภาพประกอบ 7 – 9

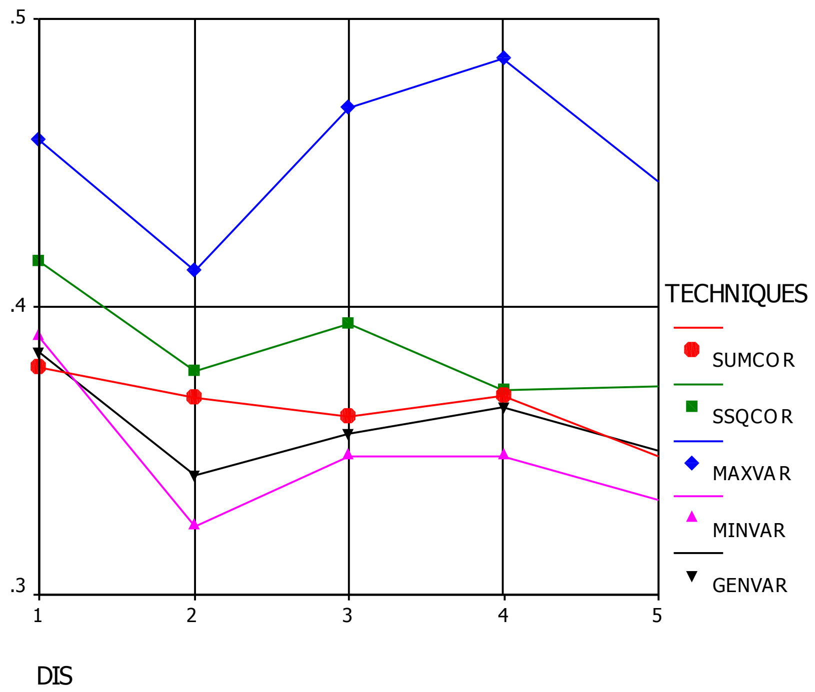




ภาพประกอบ 7 ผลการเปรียบเทียบการใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Dis) และขนาดกลุ่มตัวอย่าง (N) ต่างกัน และเดียวกัน ในตัวแปรชุดที่หนึ่ง กับตัวแปรชุดที่สอง

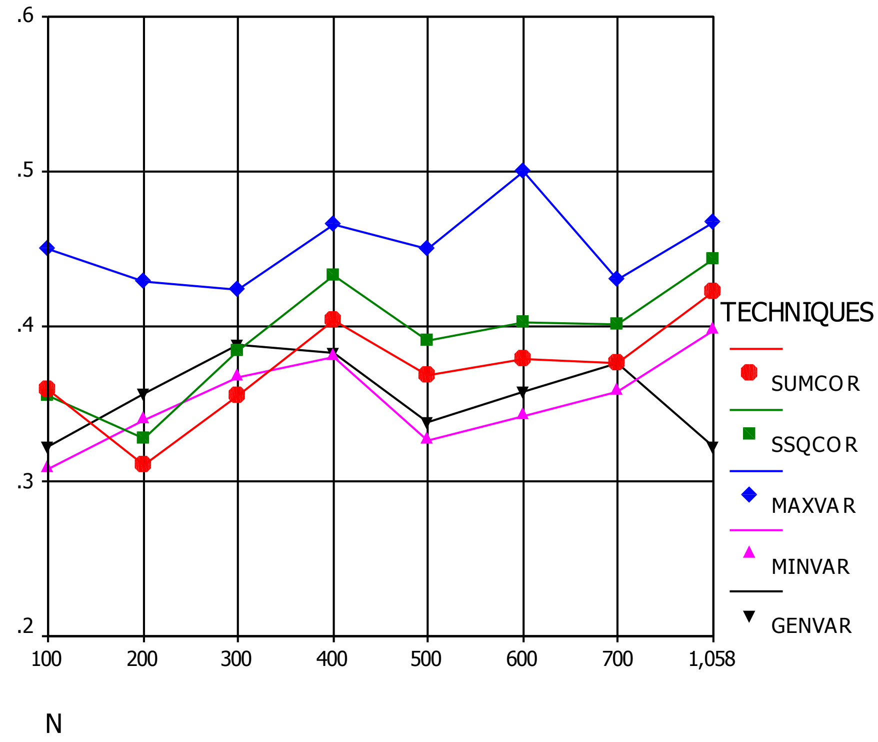
ผลการวิเคราะห์ภาพประกอบ 7 แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียนสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น เทคนิค MAXVAR มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลใกล้เคียงกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน

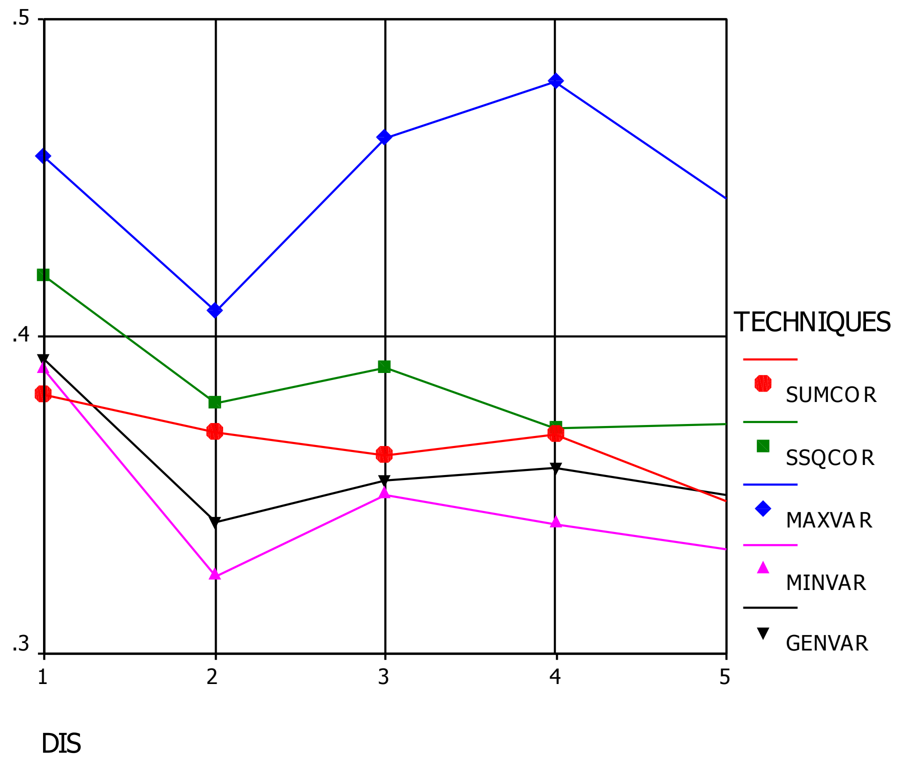




ภาพประกอบ 8 ผลการเปรียบเทียบการใช้เทคนิคการคำนวณต่างกันเมื่อลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Dis) และขนาดกลุ่มตัวอย่าง (N) ต่างกัน และเดียวกัน ในตัวแปรชุดที่หนึ่ง กับตัวแปรชุดที่สาม

ผลการวิเคราะห์ภาพประกอบ 8 แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นเทคนิค MAXVAR มีแนวโน้มที่จะให้ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน





ภาพประกอบ 9 ผลการเปรียบเทียบการใช้เทคนิคการคำนวณต่างกันเมื่อลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Dis) และขนาดกลุ่มตัวอย่าง (N) ต่างกัน และเดียวกัน ในตัวแปรชุดที่สอง กับตัวแปรชุดที่สาม

ผลการวิเคราะห์ภาพประกอบ 9 แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถทางการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นเทคนิค MAXVAR มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลใกล้เคียงกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ โดยใช้เทคนิคการคำนวณห้าวิธี คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR เพื่อตรวจสอบว่าเทคนิคการคำนวณใดที่มีความเหมาะสมที่สุดในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ภายใต้การกำหนดเงื่อนไขให้มีขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษามีเจ็ดกลุ่ม คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน ได้มาจากการสุ่มแบบบูตสแทรป จำนวน 50 ครั้ง และลักษณะการแจกแจงการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลอีกห้าแบบ คือ แบบเบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ และตัวแปรที่นำมาศึกษา มีจำนวนสามชุด โดยตัวแปรชุดที่หนึ่ง คือ การอบรมเลี้ยงดู แบ่งเป็น การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน และแบบปล่อยปละละเลย ตัวแปรชุดที่สอง คือ การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน แบ่งเป็น การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ และตัวแปรชุดที่สาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ โดยมีคำถามการวิจัย จุดมุ่งหมายและสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

คำถามของการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามการวิจัยเพื่อนำไปสู่การหาข้อค้นพบผลการวิจัยดังนี้

1. ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน

2. ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน

3. เทคนิคการคำนวณใดที่จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์ได้เหมาะสมที่สุด

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ โดยใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR จำแนกตามแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน

2. เพื่อศึกษาค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปรที่นำมาศึกษา โดยใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน จำแนกตามแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง

3. เพื่อศึกษาค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน

4. เพื่อศึกษาค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัว ที่ใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน

5. เพื่อเปรียบเทียบว่าเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน

6. เพื่อเปรียบเทียบว่าเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน

7. เพื่อศึกษาขนาดของผลเทคนิคการคำนวณ (Effect Size)ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างและแต่ละลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล

8. เพื่อศึกษาความเหมาะสมของแต่ละเทคนิคการคำนวณในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

สมมติฐานของการวิจัย

1. เทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกันภายใต้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน

2. เทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกันภายใต้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน

3. เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลได้เหมาะสมที่สุด

ประชากรเทียมและกลุ่มตัวอย่างขนาดย่อยที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรเทียมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 จำนวน 1,058 คน จาก 11 โรงเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Random Sampling) โดยแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดย่อย จำนวนเจ็ดกลุ่ม คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน ซึ่งในแต่ละกลุ่มขนาดตัวอย่างย่อยได้มาจากการสุ่มซ้ำแบบใส่คืนจากประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน และในแต่ละกลุ่มย่อยจะทำการสุ่มซ้ำแบบใส่คืนจำนวน 50 ครั้ง ในแต่ละลักษณะการแจกแจงของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล เรียกว่า วิธีการสุ่มแบบบูตสแทรป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ฉบับที่หนึ่ง แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู จำนวน 20 ข้อใหญ่ (1 ข้อมีคำถาม 3 ด้าน) ซึ่งแบ่งเป็นสามด้าน คือ ด้านการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จำนวน 20 ข้อ ด้านการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จำนวน 20 ข้อ ด้านการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จำนวน 20 ข้อ และฉบับที่สอง แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน จำนวน 30 ข้อ ซึ่งแบ่งเป็นสองด้าน คือ ด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ ด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนภาษาอังกฤษ จำนวน 15 ข้อ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปทำการเก็บรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แบบสอบถามมาทั้งสิ้นจำนวน 1,246 ฉบับ ผู้วิจัยคัดเลือกแบบสอบถามที่มีการตอบสมบูรณ์ที่สุด ได้แบบสอบถามที่จะนำมาทำการวิเคราะห์จำนวน 1,058 ฉบับ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบถาม ผลปรากฏว่าแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก r อยู่ระหว่าง .254 - .630 และมีค่าความเชื่อมั่น .8845 แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .319 - .464 และมีค่าความเชื่อมั่น .8689 และแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .272 -.602 มีค่าความเชื่อมั่น .8798 ในฉบับที่สอง แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก r อยู่ระหว่าง .293 - .701 และมีค่าความเชื่อมั่น .9077 และแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จำนวน 15 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก r อยู่ระหว่าง .541 - .806 และมีค่าความเชื่อมั่น .9438 ผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่าแบบสอบถามทั้งสองฉบับ มีคุณภาพเครื่องมือที่ดี จึงได้นำผลการตอบแบบสอบถามไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยต่อไป

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการติดต่อขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถึงผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากนั้นจึงติดต่อโรงเรียนที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล นัดหมายวัน เวลาที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนตอบแบบสอบถามซึ่งก่อนที่นักเรียนจะทำการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะเป็นผู้ชี้แจงเอง เพื่อให้นักเรียนตอบได้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยใช้เวลาในตอบแบบสอบถาม 50 นาที ผู้วิจัยจัดเก็บข้อมูลครั้งละ 1 โรงเรียน (แต่ละโรงเรียนอาจจะใช้เวลามากกว่า 1 ครั้ง) จากนั้นตรวจสอบและคัดแยกแบบสอบถามที่ได้มีการตอบสมบูรณ์ ได้แบบสอบถามที่จะนำมาวิเคราะห์สถิติจำนวนทั้งหมด 1,058 ฉบับ และผู้วิจัยติดต่อถึงผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 1 เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการขอคัดลอกผลคะแนนสอบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2550 จากการทดสอบความรู้ในรายวิชาต่างๆ โดยใช้ข้อสอบกลางที่ทางสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเป็นผู้ดำเนินการจัดสอบ ทั้งนี้ผู้วิจัยขอคัดคะแนนในรายวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษที่มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการทำงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นสี่ตอน คือ ตอนที่หนึ่ง วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแต่ละชุด ตอนที่สอง วิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวแปร ในแต่ละเทคนิคการคำนวณ คือ เทคนิค SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR โดยวิเคราะห์ได้จากโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน 77 ซึ่งได้ความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ Prof. Allan Aasbjerg Nielsen,Ph.D (Technical University of Denmark) ในการเขียนคำสั่งเพื่อการวิเคราะห์ ตอนที่สาม วิเคราะห์หาค่าความลำเอียงทางสถิติ (Bias) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสถิติ (Standard Error) ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ในแต่ละเทคนิคการคำนวณ ได้มาจากการทำวิธีการบูตสแทรป (Bootstrap) จำนวน 50 ครั้ง และตอนที่สี่ วิเคราะห์เปรียบเทียบเทคนิคการคำนวณต่างกันให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแตกต่างกันหรือไม่ เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ด้วยสถิติ One Within Repeated Measures และ Two Between One Within Repeated Measures ตามลำดับ ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน และลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบเบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบบแบนราบ

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ สรุปผลตามประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแต่ละชุด จำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวแปร ในแต่ละเทคนิคการคำนวณ จำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอล ในแต่ละเทคนิคการคำนวณ จำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล เพื่อตรวจสอบว่าเทคนิคการคำนวณใดเหมาะสมที่สุดในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลเทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแต่ละชุด จำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ 100 200 300 400 500 600 700 และ 1,058 คน นักเรียนมาจากครอบครัวที่มีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตยอยู่ในระดับค่อนข้างสูง นักเรียนที่ถูกอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขันอยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนที่ถูกอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลยอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ส่วนตัวแปรการรับรู้ความสามารถในการเรียน พบว่า นักเรียนมีการรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง และรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ

2. การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวแปร ในแต่ละเทคนิคการคำนวณจำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง ตามจุดหมายของการวิจัยข้อที่ 1 และ 2

2.1 วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ (ตามจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 1)

ทุกเทคนิคการคำนวณ คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINAVR และ GENVAR และในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู

กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถในการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 วิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปร (ตามจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 2)

โดยส่วนใหญ่ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปร คือ การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย แบบเข้มงวดกวดขัน และแบบปล่อยปละละเลย การรับรู้ความสามารถในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น และในเทคนิคการคำนวณ GENVAR ส่วนใหญ่จะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปรต่ำกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น

3. การวิเคราะห์ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอล ในแต่ละเทคนิคการคำนวณ จำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ตามจุดมุ่งหมายการวิจัยข้อที่ 3 – 4 และ 8 และสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 3

3.1 วิเคราะห์ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล (ตามจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 3)

เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่มีค่าใกล้ศูนย์และใกล้เคียงกับค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียมมากกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง.000 -.020 และ .010 -.108 ตามลำดับ ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จึงมีความเที่ยงตรงและเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

3.2 วิเคราะห์ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปร (ตามจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 4)

เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของทุกตัวแปรใกล้เคียงศูนย์เป็นจำนวนมากที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกับค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรมากกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง .010 - .030 และ .010 - .100 ตามลำดับ ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน แสดงว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีความเที่ยงตรงและเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปร

จากสรุปผลการวิจัยข้อที่ 3.1 และ 3.2 สรุปได้ว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีความเหมาะสมที่สุดในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนคอล เพราะมีค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละตัวแปรใกล้ศูนย์มากที่สุด และใกล้เคียงกับค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละตัวแปรที่คำนวณจากประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน ที่ใช้เป็นเกณฑ์กลาง ทั้งภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน

4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลเทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ตามจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 5 – 7 **และสมมติฐานการวิจัยข้อที่** 1 - 2

4.1 การเปรียบเทียบผลเทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน ตามจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 5 และ7 และสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

ในทุกคู่ของตัวแปร คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถทางการเรียน คู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถทางการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในขนาดกลุ่มตัวอย่างเดียวกันที่มีลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลแบบเดียวกัน ให้ผลค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน เมื่อใช้

เทคนิคการคำนวณต่างกัน กล่าวได้ว่าเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ภายใต้ทุกเงื่อนไขคือขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลเดียวกัน และเมื่อพิจารณาจากภาพประกอบ 7–9 พบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในทุกคู่ตัวแปรสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างและทุกลักษณะการแจกแจง และมีแนวโน้มใกล้เคียงกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน ที่ใช้เป็นเกณฑ์กลาง

4.2 การเปรียบเทียบผลเทคนิคการคำนวณต่างกัน ให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน เมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน ตามจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 6 และ7 และสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2

ในทุกคู่ของตัวแปร คือ ตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถทางการเรียน คู่ของตัวแปรชุดที่หนึ่ง การอบรมเลี้ยงดู กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคู่ของตัวแปรชุดที่สอง การรับรู้ความสามารถทางการเรียน กับตัวแปรชุดที่สาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนคอลต่างกัน จะให้ผลค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน กล่าวได้ว่าเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และขนาดของผลเทคนิคการคำนวณ MAXVAR ที่ส่งผลต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณาจากภาพประกอบ 7–9 พบว่า ภายใต้เงื่อนไขคือขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าเฉลี่ยของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในทุกคู่ตัวแปรสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น และเมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น ในเทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีแนวโน้มที่จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น และใกล้เคียงกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียม จำนวน 1,058 คน ที่ใช้เป็นเกณฑ์กลาง

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยที่นำเสนอในตอนนี้แบ่งเป็นสองประเด็น คือ 1) การเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ในประเด็นแรกเพื่ออภิปรายผลตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 และ 2 ประเด็นที่ 2) ศึกษาความเหมาะสมของเทคนิคการคำนวณในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล โดยตรวจสอบจากค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปร ในประเด็นที่สองเพื่ออภิปรายผลตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน

1.1 การเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน

จากผลการเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน พบว่า เมื่อเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน และจากภาพประกอบ 7 – 9 พบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างและแต่ละลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่ตั้งว่า *เทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ค่าให้สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน ภายใต้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน* ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของฮอสท์ (Horst.1961) ที่เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างเทคนิคการคำนวณ SUMCOR และ MAXVAR ผลปรากฏว่า MAXVAR จะให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณ SUMCOR และจากงานวิจัยของเคทเทนริ่ง (Kettenring.1971) แสดงให้เห็นว่า MAXVAR เป็นเทคนิคที่ดีกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยจะให้ค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปรแต่ละตัวแปรสูงกว่าเทคนิคอื่น และจากผลการวิจัยในครั้งนี้เป็นการยืนยันผลได้ว่า ในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างและทุกลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล เมื่อเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์

คาโนนิคอลแตกต่างกัน โดยที่เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น แสดงว่าไม่ว่าจะใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างใด หรือลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเป็นแบบใด เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ก็จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ทั้งนี้จากงานวิจัยของมาเล็ทติและและเออร์สบอล (Maletti ; & Ersboll.2004)ได้ทำการศึกษาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลของข้อมูลหลายๆชุด ใช้ทุกเทคนิคการคำนวณ พบว่า เทคนิคการคำนวณที่เหมาะกับการนำไปใช้กับข้อมูลจริง คือ เทคนิค MAXVAR SSQCOR SUMCOR เพราะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูง

ในทางปฏิบัติเทคนิคการคำนวณ MAXVAR เป็นเทคนิคที่คำนวณได้ง่าย จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในสาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม โดยที่เทคนิคการคำนวณ MAXVAR เป็นการคำนวณค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบหลักอันดับแรกที่ให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลสูงที่สุด หรือการทำให้ค่าไอเกนที่ใหญ่ที่สุด(ค่าไอเกนอันดับแรก)ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์มีค่าความแปรปรวนสูงสุด (Kettenring.1971)ผู้วิจัยอภิปรายได้ว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR คำนวณในเชิงคณิตศาสตร์ได้ง่ายกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น จากสูตร $\mathrm{Max}\{\lambda_{first}[\mathrm{Cor}(F_j,F_i)]\}$ เพราะการคำนวณหาค่าไอเกนสามารถหาได้จากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ได้เลย โดยไม่ต้องคำนวณผ่านค่าของสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่เกิดจากการรวมกันของสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแต่ละคู่ คำนวณจากเมทริกซ์ในครั้งเดียวสามารถให้ค่าไอเกนอันดับแรกได้ในครั้งเดียว ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งค่าไอเกนมีผลต่อการหาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลโดยตรง โดยค่าไอเกนสูงมีผลทำให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลสูงตามไปด้วย ในขณะที่เทคนิคการคำนวณ SUMCOR SSQCOR ที่คิดจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ต้องหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีความซับซ้อนในการคิดคำนวณ จากสูตร $\mathrm{Max}\sum_{j,i}\mathrm{Cor}(F_j,F_i)$ และ $\mathrm{Max}\sum_{j,i}\mathrm{Cor}^2(F_j,F_i)$ เพราะต้องคำนวณจากค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแต่ละคู่มารวมกันให้มีค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลโดยรวมมีค่ามากที่สุด ทั้งนี้ถ้ามีการผิดพลาดจากการคำนวณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลคู่ใดคู่หนึ่ง อาจส่งผลให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลโดยภาพรวมผิดพลาดได้ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์โดยภาพรวมจะมากเพราะเกิดจากการรวมกันของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานแต่ละตัวนั่นเอง และผลที่ได้มาทำให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลมีค่าต่ำ ในเทคนิคการคำนวณ MINVAR จากสูตร $\mathrm{Min}\{\lambda_{first}[\mathrm{Cor}(F_j,F_i)]\}$ และเทคนิค GENVAR จากสูตร $\mathrm{Min}\{\det[\mathrm{Cor}(F_j,F_i)]\}$ สามารถคิดคำนวณได้ง่ายเช่นกัน เพราะหาค่าความแปรปรวนเช่นเดียวกับ MAXVAR แต่ให้ค่าต่ำกว่าเล็กน้อย เพราะต้องคิดจากค่าความแปรปรวนที่ต่ำที่สุด ส่งผลให้ค่าไอเกนออกมาต่ำลง ทำให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่ำลงเช่นกัน ผู้วิจัยค้นพบต่อไปว่าในโปรแกรม SPSS ยังมีการคำนวณที่ใช้สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ด้วยการใช้คำสั่งย่อยที่เรียกว่า

OVERALS แต่มีเงื่อนไขการใช้คือ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องมากกว่าหรือเท่ากับสองชุด และข้อมูลต้องอยู่ในระดับนามบัญญัติ หรือจัดอันดับ อีกทั้งข้อมูลทั้งสองชุดที่นำมาวิเคราะห์ยังเป็นความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่เชิงเส้น โดยพื้นฐานการคำนวณมาจากการใช้เทคนิค MAXVAR เช่นกัน เพราะเป็นเทคนิคที่คำนวณได้ง่ายและให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลสูง (Gifi.1990) และจากผลงานวิจัยของยาเนสและคณะ (Yanez ; & et al.2006) ได้ใช้วิธีการคำนวณ Maximum Variance ในการประยุกต์ใช้หาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ผลการวิจัยพบว่า การใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR เหมาะสมที่สุดในการนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพราะทำให้ตัวแปรแต่ละตัวมีค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละตัวแปรค่อนข้างสูงตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด อีกทั้งยังสามารถเขียนคำสั่งได้ง่ายในโปรแกรม SAS แต่จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยพบว่าการคำนวณด้วยเทคนิค MAXVAR ไม่จำเป็นต้องเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น ยังเหมาะกับข้อมูลทางสังคมศาสตร์ได้อีกด้วย เพราะการหาค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลให้ผลที่อยู่ในระดับที่ดี กล่าวได้ว่าผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆและยืนยันด้วยการใช้สถิติ Repeated Measure ทดสอบว่าเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลต่างกัน โดยที่เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ในทุกขนาดกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาคือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน และทุกลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล คือ เบ้ซ้าย เบ้ขวา โค้งปกติ โค้งโด่ง และแบนราบ

1.2 การเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน

จากผลการเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน พบว่า เมื่อเทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรทุกคู่ต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน และจากภาพประกอบ 7 – 9 พบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น มีแนวโน้มจะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่เพิ่มสูงขึ้นและมีแนวโน้มลู่เข้าหรือใกล้เคียงกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียมจำนวน 1,058 คน ที่ใช้เป็นเกณฑ์กลาง และลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบโค้งปกติ จะมีค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่สูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ที่ตั้งว่า *เทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ค่า*

สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน ภายใต้ขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่างกัน ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของโควาลสกี้ (Kowalski.1972) ที่ศึกษาผลของการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่ไม่เป็นโค้งปกติที่มีผลต่อค่าสหสัมพันธ์ของประชากร (ρ) ผลการวิจัยพบว่า การแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีลักษณะเบ้ เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นจะให้ค่าสหสัมพันธ์ของประชากรเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้ากรณีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างคงที่ แต่ให้ข้อมูลลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ลักษณะเบ้มากขึ้น ก็จะให้ค่าสหสัมพันธ์ของประชากรเพิ่มสูงขึ้น และมีการยืนยันว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและการแจกแจงของค่าสหสัมพันธ์ไม่เป็นโค้งปกติ จะส่งผลให้ค่าสหสัมพันธ์ของประชากรมีค่าต่ำ โดยที่ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างใหญ่และมีลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นโค้งปกติ จะให้ค่าสหสัมพันธ์ของประชากรดีที่สุด จากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่า เมื่อลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเป็นแบบโค้งปกติ เกือบทุกเทคนิคการคำนวณจะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่สูงกว่าลักษณะการแจกแจงแบบไม่ใช่โค้งปกติ ซึ่งเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ทั้งนี้เป็นเพราะเทคนิคการคำนวณ MAXVAR มีความเสถียรต่อข้อมูลที่ไม่ใช่ลักษณะแบบโค้งปกติอยู่แล้ว (Gifi.1990) ผู้วิจัยอภิปรายได้ว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลที่เป็น nonlinear ได้ดีเพราะเทคนิคการคำนวณ MAXVAR ไม่จำกัดเงื่อนไขการใช้ เนื่องจากคิดคำนวณหาค่าไอเกนอันดับแรกได้จากเมตริกซ์สหสัมพันธ์ที่ทำให้ค่าความแปรปรวนมีค่าสูงจากสูตร $\mathrm{Max}\{\lambda_{\mathrm{first}}[\mathrm{Cor}(F_j,F_i)]\}$ ซึ่งการหาค่าไอเกนไม่จำเป็นต้องหามาจากข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติก็ได้ สามารถหาค่าไอเกนได้ทุกลักษณะการแจกแจง ทำให้ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้จากค่าไอเกนจึงหาค่าได้ในทุกลักษณะการแจกแจงเช่นกัน ในขณะที่เทคนิค SUMCOR และ SSQCOR คำนวณจากการรวมกันของสหสัมพันธ์คาโนนิคอลในแต่ละคู่ จำนวนสามคู่ จากสูตร $\mathrm{Max}\sum_{j,i}\mathrm{Cor}(F_j,F_i)$ และ $\mathrm{Max}\sum_{j,i}\mathrm{Cor}^2(F_j,F_i)$ ตามลำดับ โดยที่สหสัมพันธ์คาโนนิคอลในแต่ละคู่ต้องเป็นความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้นเท่านั้น จึงส่งผลให้มีความเสถียรน้อยต่อลักษณะการแจกแจงข้อมูล ดังนั้นเมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบใดก็ตาม เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ก็จะยังคงให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่สูง ยิ่งข้อมูลมีลักษะการแจกแจงเป็นแบบโค้งปกติที่ตรงตามเงื่อนไขการใช้สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล จึงให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่สูงกว่าลักษณะการแจกแจงที่ไม่เป็นโค้งปกติ ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของค่าสหสัมพันธ์ที่จะมีค่าสูงเมื่อข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ แต่จากผลการวิจัยในครั้งนี้ในบางเทคนิคการคำนวณ พบว่า ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของการแจกแจงแบบ

โค้งปกติไม่ได้สูงกว่าการแจกแจงแบบอื่น เพราะเกิดจากการสุ่ม 50 ครั้งที่บังคับให้มีลักษณะการแจกแจงต่างๆ ผลที่ได้จึงมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยยังพบว่า เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลเพิ่มขึ้นและไม่แตกต่างกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์ในกลุ่มประชากรเทียมที่ใช้เป็นเกณฑ์กลาง ในทุกเทคนิคการคำนวณ โดยที่เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะมีค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจาร์เวียร์ ซานตามาเรียและเปเรซ (J.Via ; Santamaria ; & J.Perez. 2005) ที่ศึกษาขนาดกลุ่มตัวอย่างของเทคนิคการคำนวณ MAXVAR ที่มีผลต่อค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ผลการวิจัยพบว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างยิ่งเพิ่มมากขึ้น ก็จะยิ่งทำให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลเพิ่มสูงขึ้น โดยกลุ่มตัวอย่างขนาด 10,000 คน จะให้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลสูงถึง .99 แสดงว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR ให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงขึ้น เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น โดยเมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะให้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลใกล้เคียงหรือไม่เบี่ยงเบนไปจากค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียมที่ใช้เป็นเกณฑ์กลาง ซึ่งส่งผลให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ได้มีใกล้เคียงกับค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของประชากรเทียม

2. ศึกษาความเหมาะสมของเทคนิคการคำนวณในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

2.1 ศึกษาค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปร

จากผลศึกษาค่าความลำเอียง เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอล และศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปร เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ผลการวิจัยพบว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่มีค่าใกล้ศูนย์มากกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น และจะให้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของทุกตัวแปรใกล้เคียงศูนย์เป็นจำนวนมากที่สุดมากกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น โดยมีค่าความลำเอียงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานใกล้เคียงกับค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อน

มาตรฐานในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรของกลุ่มประชากรเทียม ในทุกเงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จึงมีความเที่ยงตรงและเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ว่า *เทคนิคการคำนวณ MAXVAR น่าจะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลได้เหมาะสมที่สุด* ทั้งนี้ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของฮานาฟิและเกียร์ (Hanafi ; & Kiers.2006)ที่ตรวจสอบค่า Variance Bias ของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลของสามเทคนิคการคำนวณ คือ SUMCOR SSQCOR และ MAXVAR พบว่าทั้งสามเทคนิคจะให้ผลใกล้เคียงกัน แต่เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่า Variance Bias น้อยกว่าอีกเทคนิค SUMCOR และ SSQCOR ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของเชน,ชางและแพทริค (Chen ; Chang ; & Patrick.1994) ที่ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล โดยใช้ทุกเทคนิคการคำนวณ และทุกเทคนิคการคำนวณจะใช้ตรวจสอบด้วย Largest Residual Correlation (LRCs) ของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ซึ่งเป็นการวัดความเที่ยงตรงของการประมาณค่า ผลการวิจัยพบว่า การใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ผลที่เชื่อถือได้ใกล้เคียงกัน คือมีค่าน้อยๆเหมือนกัน แต่เทคนิคการคำนวณ MAXVAR และ SSQCOR จะให้ผลที่ดีกว่าวิธีอื่น โดยให้ผล LRCs น้อยกว่าวิธีอื่นเล็กน้อย และจากงานวิจัยของฟานและหวัง (Fan ; & Wang.1995)ที่ทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลที่ใช้วิธีการบูตสแทรปและแจ็คไนฟ์ ผลการวิจัยพบว่า เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่ำ คือ ใกล้เคียงศูนย์ทั้งสองวิธีการ แต่วิธีการบูตสแทรปจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลต่ำกว่าวิธีการแจ็คไนฟ์ จากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่าความลำเอียงของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของแต่ละตัวแปรต่ำกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ทั้งในกรณีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างเดียวกันและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกัน เพราะเทคนิคการคำนวณ MAXVAR คิดคำนวณจากค่าไอเกนอันดับแรกที่คิดจากเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่ทำให้ค่าความแปรปรวนสูงที่สุด โดยการคำนวณเพียงหนึ่งครั้งจะได้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลหนึ่งค่า และได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่าความลำเอียงออกมาพร้อมกันเลยในการคำนวณหนึ่งครั้ง ดังนั้นค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการคำนวณจึงมีค่าต่ำ ส่วนในเทคนิคการคำนวณ SUMCOR และ SSQCOR คำนวณจากการรวมกันของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลทุกคู่รวมกัน ดังนั้นจึงมีค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสหสัมพันธ์คาโนนิคอลรวมกัน จึงส่งผลให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์โดยรวมมีค่าสูงขึ้น เทคนิคการคำนวณ MINVAR และ GENVAR ให้

ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานอยู่ในระดับที่สูงกว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR เพราะ MINVAR คิดจากค่าไอเกนที่ทำให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ซึ่งทำให้ค่าไอเกนต่ำกว่าค่าไอเกน MAXVAR ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนจึงสูงกว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR และGENVAR คำนวณจากหาค่าดีเทอร์มิแนนท์ ส่งผลทางอ้อมต่อค่าสหสัมพันธ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจึงมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย จึงทำให้ค่าจึงทำให้ค่าความและกรณีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน พบว่า เมื่อขนาดกลุ่ม ตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล และค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลจะต่ำลง และเข้าใกล้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของกลุ่มประชากรเทียม และลักษณะการแจกแจงโค้งปกติจะให้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนจะต่ำลง แต่ไม่ใช่ทุกคู่ของตัวแปร เพราะในผลการวิจัยบางกรณีเทคนิค MAXVAR มีค่าใกล้เคียงศูนย์มากที่สุดก็จริง แต่เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างใหญ่ขึ้น กลับพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล แบบโค้งปกติควรจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำกว่าการแจกแจงแบบอื่น แต่ในบางคู่ของตัวแปรกลับสูงกว่าการแจกแจงแบบที่ไม่ใช่โค้งปกติเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่มีความสัมพันธ์กันไม่สูงมาก แต่โดยภาพรวมแล้วเทคนิคการคำนวณ MAXVAR ก็มีความเที่ยงตรงและมีความเชื่อมั่นในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ดีกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล เมื่อใช้เทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR ให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรแต่ละคู่ได้เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความเที่ยงตรงและค่าความเชื่อมั่นของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลและค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอลของตัวแปร ตรวจสอบได้จากค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่มีค่าใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด และใกล้เคียงกับค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของกลุ่มประชากรเทียม และเมื่อต้องการ

ตรวจสอบการใช้เทคนิคการคำนวณทั้งห้าวิธีในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล พบว่า เทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน โดยเมื่อตรวจสอบจากภาพประกอบ 7 – 9 ปรากฏว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR ให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ในทุกเงื่อนไข ในการนำผลการวิจัยไปใช้นั้นระบุได้อย่างชัดเจนว่าเทคนิคการคำนวณ MAXVAR ให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น แต่ผู้ที่สนใจต้องตรวจสอบก่อนว่าไม่มีปัญหาในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในชุดเดียวกัน เพราะจะส่งผลต่อค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของแต่ละเทคนิคการคำนวณ จากผลการศึกษาเทคนิคการคำนวณที่เหมาะสมในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล พบว่าในแต่ละเทคนิคการคำนวณให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน ทั้งภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลเดียวกันและต่างกัน โดยเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น ในทุกเงื่อนไข ดังนั้นยืนยันได้ว่าถ้าต้องการใช้สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรมากกว่าสองชุด ควรใช้เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปร เพราะมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นได้ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล และให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคอื่น อีกทั้งยังสามารถคำนวณได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่และข้อมูลมีลักษณะการแจงเป็นโค้งปกติ เทคนิคการคำนวณ MAXVAR ก็จะให้ค่าสูงขึ้น ดังนั้นสามารถนำเทคนิคการคำนวณ MAXVAR ไปใช้ได้เลย เมื่อต้องการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มากกว่าสองชุด

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ผลการวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลเป็นสองประเด็นใหญ่ คือ วิธีการวิจัย ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยขอเสนอแนะสำหรับผู้ที่สนใจที่จะใช้สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ดังต่อไปนี้

2.1 **วิธีการวิจัย** ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล มีเทคนิคการคำนวณห้าวิธี คือ SUMCOR SSQCOR MAXVAR MINVAR และ GENVAR โดยในการนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริง พบว่า เทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าความลำเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุดในทุก

เงื่อนไข และเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่นในทุกเงื่อนไข ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บรวมรวบจากข้อมูลจริง จึงไม่สามารถกำหนดเงื่อนไขให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ทั้งหมดหรือกำหนดได้ไม่ดี เพราะไม่สามารถกำหนดผลจากการเก็บข้อมูลจริงได้ ดังนั้นผู้ที่สนใจจะใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล และต้องการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ที่มีความซับซ้อน เพื่อให้ได้สารสนเทศที่มากขึ้น ควรใช้การจำลองข้อมูล (Simulate) ให้ครอบคลุมทุกเงื่อนไขที่ต้องการ จะสามารถตอบคำถามการวิจัยได้ทั้งหมด แต่ผู้ที่สนใจต้องมีความเข้าใจในการใช้สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลเป็นอย่างดี

2.2 **ขนาดกลุ่มตัวอย่าง** ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล ด้วยเทคนิคการคำนวณต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างๆ คือ 100 200 300 400 500 600 และ 700 คน พบว่า ในขนาดกลุ่มตัวอย่างเดียวกันและต่างกัน เทคนิคการคำนวณต่างกัน จะให้ผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลแตกต่างกัน โดยเทคนิคการคำนวณ MAXVAR จะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลสูงกว่าเทคนิคการคำนวณอื่น และเมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น มีแนวโน้มที่แต่ละเทคนิคการคำนวณจะให้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลเพิ่มสูงขึ้น และลู่เข้าใกล้ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลของกลุ่มประชากรเทียม ดังนั้นผู้ที่สนใจจะใช้สถิติสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลในการวิเคราะห์ผลการวิจัย จำเป็นที่จะต้อง ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่อย่างน้อยก็ต้องตามเงื่อนไข คือ 30 คนต่อ 1 ตัวแปร ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มีลักษณะเป็นสามกลุ่ม คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างเล็ก 100 คน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 800 คน และขนาดกลุ่มตัวอย่างใหญ่ 1500 คน จะทำให้เห็นผลการประมาณค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลที่ชัดเจนขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ จิตต์บรรเทา.(2539).*ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองและความคาดหวังในผลการเรียนภาษาอังกฤษ กับความสามารถในการอ่านเพื่อความเข้าใจภาษาอังกฤษ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กรุงเทพมหานคร.* วิทยานิพนธ์ ค.ม.(มัธยมศึกษา).กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.ถ่ายเอกสาร.

งามตา วนินทานนท์.(2534).*จิตวิทยาสังคม*.กรุงเทพ ฯ : สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชูศรี วงศ์รัตนะ.(2544). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย.* พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดาวนภา กิตติสาโร.(2546).*การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความซื่อสัตย์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มเจ้าพระยา โดยใช้วิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงคาโนนิคอล*.ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ณัฐพล แย้มฉิม.(2547).*การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*.ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ทัศนวรรณ อินทะสร้อย.(2550).*การศึกษาภาวะซึมเศร้าและพฤติกรรมการเผชิญปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในพื้นที่การศึกษาเขต 1 อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2549.* สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2554, จาก http ://archive.lib.cmu.ac.th/full/T2551.pdf.

นิดา กิตติพงษานุรักษ์.(2546).*การศึกษาปัจจัยภายในและภายนอกที่สัมพันธ์ต่อการรับรู้ตนเองในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*.ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

บุญชม ศรีสะอาด.(2538).*วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ ฯ : ชมรมเด็ก.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์.(2547).*การวัดประเมินการเรียนรู้(การวัดประเมินแนวใหม่)*.เอกสารประกอบการเรียนวิชาวัดผล 401.คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

------------.(2548).แบบทดสอบคะแนนจริงสัมพันธ์.*วารสารวัดผลการศึกษา.*19(19-24).

ปุระชัย เปี่ยมสมบูรณ์.(2539).*การวิเคราะห์ข้อมูลระดับมัลติแวริเอทในทางสังคมและพฤติกรรมศาสตร์ : กรณีเทคนิค MMR และ CCA*.กรุงเทพฯ : รัฐประศาสนศาสตร์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

พุฒิพงษ์ พุกกะมาน.(2546).การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลแบบพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก.*Chiang Mai Journal of Science.* 31(2) : 97-104.

มานิต มานิตเจริญ.(2538).*พจนานุกรมไทย.* กรุงเทพฯ : รวมสาส์น.

มารยาท โยทองยศและวิยะดา ตันวัฒนากูล.(2550).*ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความฉลาดทางอารมณ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของจังหวัดเชียงใหม่.* สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2554, จาก http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4210004.pdf.

มยุรี ศรีชัย.(2538). *เทคนิคการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง*.กรุงเทพฯ : วี เจ พรินติ้ง.

วรรณี โสมประยูร.(2537). การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของเด็กประถมศึกษา. *ประมวลสาระชุดวิชาสัมมนาการประถมศึกษา.* กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. (2537). การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษา.*ประมวลสาระชุดวิชาสัมมนาการมัธยมศึกษา.* กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

อานนท์ อาภาภิรม.(2517).*ลักษณะสังคมและปัญหาของสังคมไทย.* กรุงเทพ ฯ : วัฒนาพานิช.

Bandura , Albert. (1986).*Social Foundations of Thought and Action : A Social Cognitive Theory*. Englewood Cliffs N.J. : Prentice-Hall.

Carroll, J. D. (1968). Generalization of canonical correlation analysis to three or more sets of variables. *In Proceedings of the 76th Convention of the American Psychological Association*. Vol.3 :227–228.

Bloom,B.S.(1976). *Human Characteristic and School Leaning*.New York : McGraw-Hill.

Chen ; Chang ; & Patrick.(1994). A Technique for Analyzing Optimal Relationships among Multiple Sets of Data Fields Part I : The Method. *Monthly Weather Review*.122 : 2482 – 2493.

Dauxois, J.; & Pousse, A.(1976).Les analyses factorielles en calcul des probabilités et en statistique: essai d'étude synthétique. *Annuals of Statistics.* 5 : 121-135.

Efron, B. (1979).Bootstrap methods: Another look at the jackknife. *Annuals Statistics.* 7:1-26.

Espinosa Yanez.; Terrazas T. ;& Lopez L.(2006).Integrated Analysis of Tropical Trees Growth : A Multivariate Approach. *Annuals of Botany*.98 : 637-645.

Evans, R.(1989). *Albert Bandura : The Man and His Ideas-Adialogue*.New York : Praeger.

Fan ,Xitao ; & Wang Lin.(1996).Comparability of Jackknife and Bootstrap Result : An Investigation for a Case of Canonical Correlation Analysis.*The Journal of Experimental Education*.64(3) : 173-189.

Fox J. ; & Scott J.L.(1990).*Modern Methods of Data Analysis.* America : Sage Publication,Inc.

Freeman D.A.(1983). Bootstrapping regression models. *Annuals Statistics.* 9 : 1218-1228.

Gifi, A. (1990). *Nonlinear Multivariate Analysis*. New York : John Wiley & Sons.

Hanafi M. ; & Kiers H.(2006). Analysis of K set data, with differential emphasis on agreement between and with sets. *Computational Statistics & Data Analysis*.51 :1491-1508.

Horst, P. (1961). Relations among m sets of measures. *Psychometrika*.26: 129–149.

Hotelling .H.(1936). Relations among m sets of measures. Bio*metrika*.28 : 321-377.

Hutto C.A.(1998).*The relationship of selected family variables to college student adjustment (attachment, self-perception).* Retrived August 12 , 2007, from http://www.libla-cal.net.

J. Via ; I. Santamaria ; & J. Perez.(2005). Canonical Correlation Analysis (CCA) Algoritms for Multiple Data Sets : Application to Blind SIMO Equation. *Proc.of IEEE Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications*.New York : USA.

Jones ,John G.(1970). Measure of Self Perception or Predictions of Scholastic Achievement. *The Jounal of Educational Research.* 63(4) : 201 –203.

Jones ,John G. ; & Strowing R. Wray.(1968). Adolescent Identity and Self-Efficacy as Predictors of Scholastic Achievement. *The Jounal of Educational Research.* 62(2) : 78 –81.

Keeves J.P.(1997).*Educational Research, Methodology, and Measurement.* An International Handbook. Flinders University of South Australia, Adelaide,Australia.

Kettenring, J. R.(1971). Canonical analysis of several sets of variables. *Biometrika*.58 : 433–460.

Kirk Roger E.(1995).*Experimental Design:Procedures for the Behavioral Sciences.* 3 rd ed. USA : Brooks/Cole.

Kowalski Charles J.(1972).On The Effects of Non-Normality on The Distribution of The Sample Product-Moment Correlation Coefficient. *Applied Statistics.* 21(1) : 1-12.

Maletti G. ; & Ersboll N.(2004). Multi-Set Multiporal Canonical Analysis of Psoriasis Images. *Proc.of IEEE Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications.*New York : USA.

Marsh , Herbert W. ; & Yeung , Alexander Seeshing.(1997).Organization of Children's Academic Self-Perceptions : Reanalysis and Counter-Interpretations of Confirmatory Factor Analysis Results.*Journal of Educational Psychology*. 89(4) : 752-759)

Mooney C ; & Duval R.(1993). *Bootstrapping A Nonparametric Approach to Statistical Inference.* America : Sage Publication,Inc.

Pedhazur,E.J.(1997).*Multiple Regression in Behavioral Research:Explanation and Prediction.* L.A.Harcourt Brace College Publishers.

Quenouille M.H.(1956). Notes on bias in estimation. *Biometrika.* 43 : 353-360.

Rogers, D.(1972).*Issue in Adolescent Psychology.* New York : Meridith Corporation.

Sen Sun Q.; & et al.(2005).Face Recognition Based on Generalized Canonical Correlation Analysis .*Springer-Verlag Berlin Heidelberg.*

Skaalvik, Einer M. ; & Rankin, Richard J.(1995). A Test of Internal/External Frame of Reference Model at Different Levels of Math and Verbal Self-Perception. *American Educational Research Journal*.32(1) :161-184.

Steel, R. G. D. (1951). Minimum generalized variance for a set of linear functions. *Annuals Mathematical Statistics*. 22. 456–460.

Stevens,J. (2002). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. 4th ed. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Tabachnick, B.G. ; & Linda S. Fidell.(1996). *Using multivariate statistics.* 3rd ed. NY: Harpercollins College Publishers.

Takane Y.; Yanai H ; & Hwang H.(2006). An improved method for generalized constraned canonical correlation analysis. *Computational Statistics & Data Analysis*.50 : 221-241.

Takeuchi K ; Yanai H ;& Mukherjee B.N. (1984).*The Foundation of Multivariate Analysis.* New York : Wiley Eastern.

Tishler A. ; & Lipovetsky S.(1996).Canonical Correlation Analysiss for Three Data Sets : A Unified Framework with Application to Management. *Computer Ops Res.* 23(7) : 667-679.

Tukey J.(1958).Bias and confidence in not-quite large sample. *Annuals of Mathematical Statistics*.29 : 614.

Van der Burg Eeke ; & de Leeuw ,Jan.(1986). Use of the Multinomial Jackknife and Bootstrap in Generalized nonlinear Canonical Correlation Analysis. *Research Report* 87-4.

Van de Geer.(1993).*Multivariate Analysis of Categorical data : Aplications.* America : Sage Publication,Inc.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างแบบสอบถาม

แบบสอบถาม

ชื่อ-นามสกุล..**ห้อง**................**เลขที่**..........

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามชุดนี้ประกอบด้วย 2 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน จำนวน 30 ข้อ

ฉบับที่ 2 แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู จำนวน 20 ข้อ

ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อ แล้วพิจารณาว่าข้อความนั้นตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติของนักเรียนมากน้อยเพียงใด และทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่องด้านขวามือของข้อความที่ตรงกับความรู้สึกหรือการปฏิบัติที่แท้จริงเพียงช่องเดียวในแต่ละข้อ คำตอบที่ได้ไม่ถือว่าถูกหรือผิด และกรุณาตอบทุกข้อ เกณฑ์การตัดสินใจมีดังนี้

จริงมากที่สุด	หมายถึง	ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด
จริงมาก	หมายถึง	ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากพอสมควร
จริงปานกลาง	หมายถึง	ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากปานกลาง
จริงน้อย	หมายถึง	ข้อความที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนน้อยมาก
จริงน้อยที่สุด	หมายถึง	ข้อความที่ไม่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนเลย

แบบสอบถามชุดนี้**เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและความรู้สึกทั่วๆไปของนักเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถแสดงความรู้สึกหรือความคิดเห็นได้อย่างอิสระ** โดยที่คำตอบของนักเรียนไม่มีข้อใดถูกหรือผิด และคำตอบทั้งหมดจะถูกรักษาเป็นความลับ จึงไม่มีผลกระทบต่อนักเรียนใดๆทั้งสิ้น แต่คำตอบที่ได้นั้นจะนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ส่วนรวมต่อไป **จึงขอความกรุณาให้นักเรียนตอบให้ตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่ตรงกับความเป็นจริงของนักเรียนมากที่สุด และโปรดตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อ** เพราะการตอบแบบสอบถามไม่ครบทุกข้อจะทำให้แบบสอบถามชุดนี้ไม่สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยได้

ขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามครั้งนี้

นางสาวแวววรี ลีฬหวนิช

นิสิตปริญญาเอก

สาขาการทดสอบและวัดผลการศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตาราง 18 แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน

ข้อ	ข้อความ	จริงมากที่สุด	จริงมาก	จริงปานกลาง	จริงน้อย	จริงน้อยที่สุด
	<u>วิชาคณิตศาสตร์</u>					
1.	ข้าพเจ้ามีความสามารถทางคณิตศาสตร์					
2.	ข้าพเจ้าสามารถจำเนื้อหาคณิตศาสตร์ได้ดี					
3.	ข้าพเจ้าสามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์รูปแบบใหม่ๆได้					
4.	ข้าพเจ้าสามารถคำนวณหาคำตอบในวิชาคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง					
5.	ข้าพเจ้าสามารถแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ที่ยากได้ด้วยตนเอง					
6.	ข้าพเจ้าสอบคณิตศาสตร์ได้คะแนนมากกว่าวิชาอื่น					
7.	ข้าพเจ้าเรียนคณิตศาสตร์ได้ดีเพราะตั้งใจเรียน					
8.	ข้าพเจ้าสามารถเข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ได้ดี					
9.	ข้าพเจ้าคิดเสมอว่าตนเองเรียนคณิตศาสตร์สู้เพื่อนไม่ได้					
10.	ข้าพเจ้าสามารถจำสูตรคณิตศาสตร์ได้ดี					
11.	ข้าพเจ้าสามารถแก้สมการทางคณิตศาสตร์ได้					
12.	ข้าพเจ้าสามารถอธิบายการบ้านคณิตศาสตร์ให้เพื่อนเข้าใจได้					
13.	ข้าพเจ้าสามารถตอบปัญหาคณิตศาสตร์ที่ครูถามได้					
14.	ข้าพเจ้าสามารถสร้างโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้					
15.	ข้าพเจ้าสามารถบอกได้ว่าอะไรคือสิ่งที่โจทย์ต้องการ					
	<u>วิชาภาษาอังกฤษ</u>					
16.	ข้าพเจ้ามีความสามารถทางภาษาอังกฤษ					
17.	ข้าพเจ้าสามารถจำคำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เรียนในแต่ละคาบได้					

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อ	ข้อความ	จริงมากที่สุด	จริงมาก	จริงปานกลาง	จริงน้อย	จริงน้อยที่สุด
18.	ข้าพเจ้าสามารถพูดประโยคภาษาอังกฤษที่เรียนในแต่ละบทเรียนได้					
19.	ข้าพเจ้าสามารถฟังประโยคภาษาอังกฤษที่ครูพูดได้อย่างเข้าใจความหมาย					
20.	ข้าพเจ้าสามารถเขียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษตามที่ครูบอกได้					
21.	ข้าพเจ้ารู้ความหมายของคำศัพท์ภาษาอังกฤษแต่ละคำที่เรียน					
22.	ข้าพเจ้าสอบภาษาอังกฤษได้คะแนนมากกว่าวิชาอื่น					
23.	ข้าพเจ้าเรียนภาษาอังกฤษได้ดีเพราะตั้งใจเรียน					
24.	ข้าพเจ้าสามารถเข้าใจเนื้อหาวิชาภาษาอังกฤษในแต่ละบทเรียนได้ดี					
25.	ข้าพเจ้าคิดเสมอว่าตนเองเก่งภาษาอังกฤษมากกว่าเพื่อนคนอื่น					
26.	ข้าพเจ้าสามารถแปลความหมายประโยคภาษาอังกฤษได้					
27.	ข้าพเจ้าสามารถอ่านออกเสียงประโยคภาษาอังกฤษได้อย่างถูกต้อง					
28.	ข้าพเจ้าสามารถตอบคำถามภาษาอังกฤษที่ครูถามได้					
29.	ข้าพเจ้าสามารถพูดสนทนาเป็นภาษาอังกฤษกับเพื่อนหรือครูได้					
30.	ข้าพเจ้าสามารถอธิบายการบ้านวิชาภาษาอังกฤษให้เพื่อนเข้าใจได้					

ตาราง 19 แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู

ข้อ	ข้อความ	จริงมากที่สุด	จริงมาก	จริงปานกลาง	จริงน้อย	จริงน้อยที่สุด
1.	เวลานักเรียนทำการบ้าน ผู้ปกครองจะปฏิบัติต่อนักเรียนอย่างไร					
	ก. ไม่สนใจว่านักเรียนจะทำการบ้านได้หรือไม่	………..	………..	…………	………..	………..
	ข. ไม่ให้ไปไหนจนกว่าจะทำการบ้านเสร็จ	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ซักถามว่าทำการบ้านได้หรือไม่	………..	………..	………..	………..	………..
2.	นักเรียนได้นำสมุดรายงานผลการเรียน (สมุดพก) มาให้ผู้ปกครองรับทราบ และผลการเรียนดีขึ้นกว่าเทอมที่ผ่านมา คิดว่าผู้ปกครองจะปฏิบัติอย่างไรเมื่อได้รับรายงานนี้					
	ก. ดูผลการเรียนและกล่าวชมเชย	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. วางไว้บนโต๊ะไม่สนใจที่จะเปิดดู	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. พอใจในผลการเรียนและควบคุมดูแลด้านการเรียนมากขึ้น	………..	………..	………..	………..	………..
3.	ขณะที่นักเรียนแต่งตัวออกนอกบ้านไปเที่ยว ผู้ปกครองจะทำอย่างไร					
	ก. ช่วยกันดูว่านักเรียนแต่งตัวอย่างไรจึงจะเหมาะสม	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. บังคับให้ใส่ชุดตามที่ผู้ปกครองจัดให้	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ไม่สนใจว่านักเรียนจะใส่ชุดอะไร	………..	………..	………..	………..	………..
4.	เสื้อผ้าที่นักเรียนสวมใส่แล้ว ผู้ปกครองนักเรียนปฏิบัติอย่างไร					
	ก. ให้คำแนะนำเกี่ยวกับเสื้อผ้าที่ใส่แล้ว	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. บังคับให้นำไปแช่ผงซักฟอก	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. จะนำมาสวมใส่ซ้ำอีกก็ได้	………..	………..	………..	………..	………..
5.	วันหยุดเสาร์อาทิตย์ นักเรียนปฏิบัติอย่างไรเมื่ออยู่บ้าน					
	ก. พูดคุยปรึกษาปัญหาผู้ปกครอง	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ทำงานตามผู้ปกครองกำหนด	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ไม่ต้องทำอะไรเพราะผู้ปกครองไม่สนใจ	………..	………..	………..	………..	………..

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อ	ข้อความ	จริงมากที่สุด	จริงมาก	จริงปานกลาง	จริงน้อย	จริงน้อยที่สุด
6.	เมื่อนักเรียนช่วยทำงานบ้าน ผู้ปกครองจะปฏิบัติอย่างไร					
	ก .ยกย่องชมเชย	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ซักถามว่าการบ้านเสร็จหรือยัง	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ทำงานของท่านไม่สนใจว่านักเรียนจะทำอะไร	………..	………..	………..	………..	………..
7.	ขณะที่นักเรียนรับประทานอาหารกับผู้ปกครอง ผู้ปกครองจะปฏิบัติเช่นไร					
	ก. สนทนาปัญหาทั่วไป	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ตักเตือนเรื่องการเรียนเป็นประจำ	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ไม่สนใจสนทนาด้วย	………..	………..	………..	………..	………..
8.	นักเรียนนอนตื่นสายไปโรงเรียนไม่ทัน ผู้ปกครองจะปฏิบัติเช่นไร					
	ก. ดุว่าทันที	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ไม่สนใจว่านักเรียนจะทำอย่างไรต่อไป	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. แนะนำว่าไม่ควรนอนตื่นสาย	………..	………..	………..	………..	………..
9.	หลังจากที่นักเรียนทำการบ้านเสร็จแล้ว ผู้ปกครองปฏิบัติเช่นไร					
	ก. ไม่สนใจว่านักเรียนจะเข้านอนเมื่อไร	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ให้นักเรียนพักผ่อนและเข้านอนเวลาปกติ	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. กวดขันให้นักเรียนอ่านหนังสือก่อนนอน	………..	………..	………..	………..	………..
10.	ขณะที่นักเรียนกำลังช่วยผู้ปกครองทำงาน บังเอิญได้รับบาดแผลเล็กน้อย ผู้ปกครองจะปฏิบัติต่อนักเรียนอย่างไร					
	ก. ไม่สนใจที่นักเรียนได้รับบาดแผล	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. แนะนำการรักษาบาดแผล	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ตักเตือนให้รีบไปหายามารักษา	………..	………..	………..	………..	………..
11.	การเดินทางไปโรงเรียน ผู้ปกครองปฏิบัติต่อนักเรียนเช่นไร					
	ก. คอยรับ-ส่งหรือให้ไปกับผู้ไว้วางใจ					
	ข. ให้คำแนะนำในการเดินทางไปโรงเรียน	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. จะไปหรือจะกลับเวลาใดก็ได้เพราะต่างคนต่างไปอยู่แล้ว	………..	………..	………..	………..	………..
		………..	………..	………..	………..	………..

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อ	ข้อความ	จริงมากที่สุด	จริงมาก	จริงปานกลาง	จริงน้อย	จริงน้อยที่สุด
12.	ขณะที่นักเรียนกำลังทำการบ้าน ผู้ปกครองจะปฏิบัติเช่นไร					
	ก. ดูแลเอาใจใส่ ถ้าเสร็จแล้วจะนำของว่างมาให้ทันที	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. นั่งซักถามว่าเมื่อไรจะทำการบ้านเสร็จ	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ไม่สนใจว่าจะทำการบ้านเสร็จหรือไม่	………..	………..	………..	………..	………..
13.	เมื่อผู้ปกครองเห็นนักเรียนสวมเสื้อผ้าสกปรก หลังจากกลับโรงเรียน ผู้ปกครองจะปฏิบัติอย่างไร					
	ก. ไม่สนใจว่าเสื้อผ้าจะเป็นอย่างไร	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. แนะนำนักเรียนว่าควรจะนำเสื้อผ้าไปแช่ผงซักฟอก	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. บอกให้นักเรียนไปอาบน้ำเปลี่ยนเสื้อผ้าทันที	………..	………..	………..	………..	………..
14.	เวลาใกล้สอบ นักเรียนต้องดูตำราเพื่อเตรียมตัวสอบ ผู้ปกครองจะปฏิบัติต่อนักเรียนเช่นไร					
	ก. ให้กำลังใจและแนะนำในการอ่านหนังสือ	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ควบคุม บังคับให้นักเรียนอ่านหนังสือทุกวัน	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ไม่เคยสนใจที่จะตักเตือนให้นักเรียนอ่านหนังสือ	………..	………..	………..	………..	………..
15.	ขณะที่นักเรียนช่วยทำงานบ้าน บังเอิญนักเรียนได้ทำข้าวของเครื่องใช้เสียหาย ผู้ปกครองจะปฏิบัติอย่างไร					
	ก. ไม่สนใจเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. รับฟังเหตุผลว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ลงโทษนักเรียนทันที	………..	………..	………..	………..	………..
16.	วันหนึ่งนักเรียนร่วมกิจกรรมของโรงเรียนและกลับบ้านช้าผิดเวลา ผู้ปกครองจะปฏิบัติเช่นไร					
	ก. แนะนำว่าควรบอกให้ทราบล่วงหน้า	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ทำโทษทันทีโดยไม่ฟังเหตุผล	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ไม่สนใจว่านักเรียนจะกลับถึงเมื่อไร	………..	………..	………..	………..	………..
17.	นักเรียนคิดว่าผู้ปกครองปฏิบัติต่อนักเรียนอย่างไร					
	ก. ให้ความรักความอบอุ่น	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ไม่เคยให้คำแนะนำอะไรเลย	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ให้อยู่ในระเบียบวินัยและทำตามคำสั่ง	………..	………..	………..	………..	………..

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อ	ข้อความ	จริงมากที่สุด	จริงมาก	จริงปานกลาง	จริงน้อย	จริงน้อยที่สุด
18.	เมื่อนักเรียนขออนุญาตผู้ปกครองไปดูภาพยนตร์ นักเรียนคิดว่าผู้ปกครองจะปฏิบัติเช่นไร					
	ก. ไม่อนุญาตให้ไปตามลำพัง	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. อนุญาตและได้แนะว่าควรดูเรื่องอะไร	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. ทำเฉยๆไม่สนใจนักเรียน	………..	………..	………..	………..	………..
19.	เวลาว่างนักเรียนปฏิบัติเช่นไร					
	ก. ผู้ปกครองให้ช่วยทำงานบ้าน	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ดูโทรทัศน์ทั้งวันผู้ปกครองก็ไม่ว่าอะไร	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. สนทนาปัญหากับผู้ปกครอง	………..	………..	………..	………..	………..
20.	เวลาที่ฝนตกนักเรียนได้ออกไปเดินตากฝนทำให้ไม่สบาย เมื่อผู้ปกครองทราบจะปฏิบัติต่อนักเรียนอย่างไร					
	ก. ดุหรือตำหนิทันที	………..	………..	………..	………..	………..
	ข. ให้ไปหยิบยามารับประทานเอง	………..	………..	………..	………..	………..
	ค. แนะนำว่าควรจะไปหาหมอ	………..	………..	………..	………..	………..

ภาคผนวก ข

คุณภาพแบบสอบถาม

ตาราง 20 ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นรายด้านของแบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู

คำถามข้อที่	ทดลองใช้	เก็บจริง	คำถามข้อที่	ทดลองใช้	เก็บจริง	คำถามข้อที่	ทดลองใช้	เก็บจริง
การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย			การอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวดกวดขัน			การอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย		
1.	.4810	.4449	1.	.3732	.441	1.	.4242	.4747
2.	.5369	.4721	2.	.3447	.3623	2.	.4672	.5490
3.	.4631	.4585	3.	.2443	.3797	3.	.3433	.3680
4.	.4679	.5000	4.	.2674	.3575	4.	.3133	.3322
5.	.4939	.4530	5.	.4083	.4144	5.	.6385	.5265
6.	.3995	.5082	6.	.4528	.4565	6.	.5609	.6007
7	.3579	.3382	7.	.4301	.4547	7.	.5460	.4993
8.	.4072	.4644	8.	.3346	.3541	8.	.5919	.5453
9	.4812	.5579	9.	.4177	.3568	9.	.4638	.5717
10.	.6471	.6304	10.	.3760	.4639	10.	.4557	.5366
11.	.6003	.5094	11	.2400	.4275	11.	.5960	.5095
12.	.4984	.5367	12.	.3534	.4134	12.	.5923	.5868
13.	.4263	.4765	13.	.3444	.3593	13.	.5690	.5641
14.	.6392	.6257	14.	.5320	.3898	14.	.6212	.6028
15.	.2331	.5686	15.	.2745	.3957	15.	.5034	.5390
16.	.5183	.5465	16.	.2018	.3194	16.	.4484	.5780
17.	.5164	.5805	17.	.4484	.4252	17.	.5468	.5673
18.	.3271	.2545	18.	.3053	.3173	18.	.5968	.5945
19.	.3360	.4688	19.	.3538	.3615	19.	.3903	.3464
20.	.4895	.5441	20.	.3221	.3349	20.	.2610	.4215
ค่าความเชื่อมั่น	.8448	.8845	ค่าความเชื่อมั่น	.7876	.8689	ค่าความเชื่อมั่น	.8451	.8798

ตาราง 21 ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นรายด้านของแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียน

คำถามข้อที่	ทดลองใช้	เก็บจริง	คำถามข้อที่	ทดลองใช้	เก็บจริง
การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์			การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ		
1.	.6837	.7012	16.	.7616	.7807
2.	.7347	.6972	17.	.6467	.7477
3.	.6513	.6444	18.	.8183	.8060
4.	.6288	.6482	19.	.7063	.7417
5.	.6119	.6014	20.	.6939	.7295
6.	.5221	.6179	21.	.6875	.7169
7	.6406	.6757	22.	.3921	.5410
8.	.6345	.6634	23.	.7068	.6544
9	.3295	.2925	24.	.7596	.7634
10.	.5698	.5848	25.	.5948	.6170
11.	.4935	.6122	26.	.7200	.7779
12.	.5471	.6015	27.	.5771	.6821
13.	.6339	.6843	28.	.6615	.7561
14.	.5811	.5698	29.	.6521	.7228
15.	.4873	.5745	30.	.7483	.7438
ค่าความเชื่อมั่น	.8941	.9077	ค่าความเชื่อมั่น	.9182	.9438

ภาคผนวก ค

- **ตัวอย่างคำสั่งการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอลด้วยเทคนิคการคำนวณต่าง ๆ** (FORTRAN 77)
- **ตัวอย่างคำสั่งการสุ่มด้วยวิธีการบูตสแทรป** (SAS)
- **ตัวอย่างคำสั่งการทดสอบลักษณะการแจกแจง** (SAS)

ตัวอย่างคำสั่งวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เจนเนอร์รัลไรซ์คาโนนิคอล

```
C cancor.f
C The authors of this software are Jih-Jie Chang and J D Carroll.

C Copyright (c) 1993 by AT&T.
C Permission to use, copy, modify, and distribute this software for any
C purpose without fee is hereby granted, provided that this entire
C notice is included in all copies of any software which is or includes
C a copy or modification of this software and in all copies of the
C supporting documentation for such software.
C THIS SOFTWARE IS BEING PROVIDED "AS IS", WITHOUT ANY EXPRESS OR IMP-
C LIED WARRANTY.  IN PARTICULAR, NEITHER THE AUTHORS NOR AT&T MAKE ANY
C REPRESENTATION OR WARRANTY OF ANY KIND CONCERNING THE MERCHANTABILITY
C OF THIS SOFTWARE OR ITS FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE.

C This software comes from the FIRST MDS Package of AT&T Bell Laboratories

C For explanation of the method this software implements, see
C Carroll, J.D. (1968), "Generalization of canonical correlation
C analysis to three or more sets of variables" in Proceedings of the
C 76th Annual Convention of the American Psychological Association, 3,
C 227-228.
C----+----@----+----@----+----@----+----@----+----@----+----@----+----@


$     FORTRAN
$     INCODE  IBMF
C     CANCOR - CANONICAL CORRELATION ANALYSIS
C     OF THREE OR MORE SETS OF VARIABLES
C     CHANG FOR CARROLL,  FEBRUARY 1969
C     NSET - NUMBER OF SETS (MAX=100)
C     NS - NUMBER OF STIMULI (MAX=100).
C     NCS - NUMBER OF COMPONENTS WITHIN EACH SET.
```

```
C     NC - NUMBER OF COMPONENTS TO BE COMPUTED
C     WF - WEIGHTING FACTOR, ONE FOR EACH SET.
C     IRX - =1  THE SET IS PUNCHED NCS BY NS
C           =0  THE SET IS PUNCHED NS BY NCS
C     ICOR - =1  COMPUTE CORRELATIONS BETWEEN SETS
C            =0  DO NOT COMPUTE CORRELATIONS BETWEEN SETS
C     X - DATA, STORES ONE SET OF VARIABLE. SCRATCH DISK IS USED TO
C     STORE ALL SETS.
C     TIT - TITLE
C     SNAME - SUB-TITLE, ONE FOR EACH SET.
C     FMT - VARIABLE FORMAT FOR READING DATA
C     CORL - CORRELATIONS BETWEEN EACH SET AND THE CANONICAL COMPONENTS
      DIMENSION X(100,10),Q(100,100),Z(100,100),Y(100,10),C(100,10)
      DIMENSION NCS(100),SNAME(12,100), FMT(12),TIT(12)
      DIMENSION CORL(10,100),SUMZ(10),SSQZ(10)
      EQUIVALENCE(C,Z)
      ND1=100
      ND2=10
      NDD=1000
      NDH=11
500  READ100,NSET,NS,NC,ICOR
      IF(NSET.EQ.0) GOTO1058
      XNS=NS
      READ101,(TIT(I),I=1,12)
      PRINT102,(TIT(I),I=1,12)
      DO5I=1,100
      DO5J=1,100
5     Q(I,J)=0.
      PRINT113
113  FORMAT(13H0I.  DATA SET)  (ใส่ข้อมูลดิบหรืออ่านจากคำสั่ง cmd ใน window ก็ได้)
      DO10K=1,NSET
      READ101,(SNAME(I,K),I=1,12)
      READ112,NCS(K),IRX,WF
      M=NCS(K)
      CALL READX(X,NS,M,IRX,ND1)
```

```
C     X SUBTRACT XMEAN
      DO15I=1,M
      SUM=0.
      DO16J=1,NS
 16   SUM=SUM&X(J,I)
      XMEAN=SUM/XNS
      DO17J=1,NS
 17   X(J,I)=X(J,I)-XMEAN
 15   CONTINUE
C     PUT X ON DISK 19
      IF(K.EQ.1) GOTO11
      CALL DOUC(19,X,NDD)
      GOTO13
 11   CALL DOUTAT(19,X,NDD,1)
 13   PRINT103,K,(SNAME(I,K),I=1,12)
      PRINT104
C     PRINT X
      DO18I=1,M
 18   PRINT105,I,(X(J,I),J=1,NS)
C     COMPUTE (XT)X AND STORE IN Y
      DO19I=1,M
      DO19L=1,M
      Y(I,L)=0.
      DO19J=1,NS
 19   Y(I,L)=Y(I,L)&X(J,I)*X(J,L)
C     INVERT (XT)X AND STORE IN Y
      MM=1
      CALL MTINV(Y,ND1,ND2,C,NDH,NDH,M,MM)
      IF(MM.EQ.1)GOTO20
      PRINT106,MM,K
      STOP
C     COMPUTE X*((XT)X) INVERSE
 20   DO21I=1,NS
      DO21J=1,M
      C(I,J)=0.
```

```
      DO21L=1,M
 21   C(I,J)=C(I,J)&X(I,L)*Y(L,J)
C     PUT C ON DISK 19
      CALL DOUC(19,C,NDD)
C     COMPUTE Q MATRIX
      DO22I=1,NS
      DO22J=1,NS
      SUM=0.
      DO23L=1,M
 23   SUM=SUM&C(I,L)*X(J,L)
 22   Q(I,J)=Q(I,J)&SUM*WF
 10   CONTINUE
      CALL DROUT
C     FACTOR Q MATRIX
      MM=1
      CALL MTEVV(Q,ND1,ND1,Z,ND1,ND1,NS,MM)
      PRINT107
      PRINT108,(Q(I,I),I=1,NS)
      PRINT109
      DO24I=1,NC
C     SET UP FOR CORRELATIONS BETWEEN Z AND EACH SET.
      SUMZ(I)=0.
      SSQZ(I)=0.
      DO25J=1,NS
      SUMZ(I)=SUMZ(I)&Z(J,I)
 25   SSQZ(I)=SSQZ(I)&Z(J,I)**2
 24   PRINT105,I,(Z(J,I),J=1,NS)
C     COMPUTE A(I), I FOR I(TH) SET, STORE A IN Q
      PRINT114
      DO30K=1,NSET
      M=NCS(K)
C     READ X AND C FROM DISK. PUT C IN Y
      IF(K.GT.1)GOTO31
      CALL DINAT(19,X,NDD,1)
      GOTO32
```

```
 31   CALL DINC(19,X,NDD)
 32   CALL DINC(19,Y,NDD)
C     COMPUTE A AND STORE A IN Q
      DO35I=1,NC
      SUM=0.
      DO37J=1,M
      Q(I,J)=0.
      DO36L=1,NS
 36   Q(I,J)=Q(I,J)&Z(L,I)*Y(L,J)
 37   SUM=SUM&Q(I,J)**2
      SUM=SQRT(SUM)
      DO38LL=1,M
 38   Q(I,LL)=Q(I,LL)/SUM
 35   CONTINUE
C     PRINT CANONICAL DIRECTIONS
      PRINT103,K,(SNAME(I,K),I=1,12)
      PRINT110
      DO39I=1,NC
 39   PRINT105,I,(Q(I,J),J=1,M)
C     COMPUTE ROTATION MATRIX AND STORE IN Y
      DO40I=1,NC
      SXY=0.
      SUMY=0.
      SSQY=0.
      DO47J=1,NS
      Y(J,I)=0.
      DO45L=1,M
 45   Y(J,I)=Y(J,I)&Q(I,L)*X(J,L)
C     COMPUTE CORRELATIONS BETWEEN Z AND EACH SET OF CANONICAL VARIATE
      SUMY=SUMY&Y(J,I)
      SSQY=SSQY&Y(J,I)**2
 47   SXY=SXY&Y(J,I)*Z(J,I)
      PP=XNS*SXY-SUMY*SUMZ(I)
      QQ=(XNS*SSQY-SUMY**2)*(XNS*SSQZ(I)-SUMZ(I)**2)
      QQ=SQRT(QQ)
```

```
      CORL(I,K)=PP/QQ
 40   CONTINUE
      IF(ICOR.EQ.0) GOTO43
C     PUT Y ON DISK 20
      IF(K.EQ.1) GOTO42
      CALL DOUC(20,Y,NDD)
      GOTO43
 42   CALL DOUTAT(20,Y,NDD,1)
C     PRINT Y
 43   PRINT111
      DO41I=1,NC
 41   PRINT105,I,(Y(J,I),J=1,NS)
 30   CONTINUE
      PRINT115
      PRINT116
      DO46I=1,NSET
 46   PRINT117,I,(CORL(J,I),J=1,NC)
      IF(ICOR)44,500,44
 44   CALL DROUT
C     COMPUTE CORRELATIONS BETWEEN SETS FOR EACH COMPONENTS
      CALL  CCOR(Y,NC,NS,NDD,X,Q,ND1,NSET,XNS)
      GOTO500
 100  FORMAT(18I4)
 101  FORMAT(12A6)
 102  FORMAT(1H112A6)
 103  FORMAT(4H0SETI3,3X,12A6)
 104  FORMAT(5X,26HDATA (SUBTRACTED ROW MEAN))
 105  FORMAT(1H04X,I2,2X,10E12.4/(9X,10E12.4))
 106  FORMAT(4H0MM=I1,32HMATRIX CANNOT BE INVERTED IN SETI3)
 107  FORMAT(41H0II.  CANONICAL VALUES (EIGEN ROOTS OF Q))
 108  FORMAT(5X,10E12.4)
 109  FORMAT(47H0     CANONICAL COMPONENTS (EIGEN VECTORS OF Q))
 110  FORMAT(23H0  CANONICAL DIRECTIONS)
 111  FORMAT(28H0  CANONICAL ROTATION MATRIX)
 112  FORMAT(2I2,F10.5)
```

```
114  FORMAT(49H0III.  CANONICAL DIRECTIONS AND ROTATION MATRICES)
115  FORMAT(89H0IV.  CORRELATIONS BETWEEN EACH SET OF CANONICAL VARIATE
    1 AND THE CANONICAL COMPONENTS (Z))
116  FORMAT(5H0 SET,14X,10HCOMPONENTS/6X,I9,9I12)
117  FORMAT(I4,5X,10E12.4)
999  STOP
     END
$     FORTRAN
     SUBROUTINE  CCOR(Y,NC,NS,NDD,X,Q,ND1,NSET,XNS)
     DIMENSION Y(ND1,NC),X(ND1,NC),Q(ND1,ND1)
     DIMENSION SUMY(10),SSQY(10)
     N=NSET-1
     IC=0
     NY=1
     DO10I=1,N
     CALL DINAT(20,Y,NDD,NY)
     NY=NY&NDD
     DO15J=1,NC
     SUMY(J)=0.
     SSQY(J)=0.
     DO15L=1,NS
     SUMY(J)=SUMY(J)&Y(L,J)
 15  SSQY(J)=SSQY(J)&Y(L,J)**2
     II=I&1
     DO20JJ=II,NSET
     IC=IC&1
     CALL DINC(20,X,NDD)
     DO20J=1,NC
     SUMX=0.
     SSQX=0.
     SXY=0.
     DO21L=1,NS
     SUMX=SUMX&X(L,J)
     SSQX=SSQX&X(L,J)**2
 21  SXY=SXY&X(L,J)*Y(L,J)
```

```
      PP=XNS*SXY-SUMY(J)*SUMX
      QQ=(XNS*SSQY(J)-SUMY(J)**2)*(XNS*SSQX-SUMX**2)
      QQ=SQRT(QQ)
 20   Q(J,IC)=PP/QQ
 10   CONTINUE
      PRINT100
 100  FORMAT(50H0V.   CORRELATIONS BETWEEN SETS FOR EACH COMPONENT)
      PRINT101,(I,I=1,NC)
 101  FORMAT(6H0 SETS13X,10HCOMPONENTS/6H  I  J,I9,9I12)
      IC=0
      DO30I=1,N
      II=I&1
      DO30J=II,NSET
      IC=IC&1
 30   PRINT102,I,J,(Q(L,IC),L=1,NC)
 102  FORMAT(2I3,3X,10E12.4)
      RETURN
      END
$     FORTRAN     READX(X,N,K,IRX,NL)
      SUBROUTINE READX(X,N,K,IRX,NL)
      DIMENSION X(NL,K),FMT(12)
      READ100,(FMT(I),I=1,12)
 100  FORMAT(12A6)
      IF(IRX.EQ.0) GOTO10
      DO6I=1,K
 6    READFMT,(X(J,I),J=1,N)
      GOTO20
 10   DO8I=1,N
 8    READFMT,(X(I,J),J=1,K)
 20   RETURN
      END
$     FORTRAN                                      EIGJ00a0
$     INCODE  IBMF                                 EIGJ00b0
*EIGENJ    EIGENVALUE AND EIGENVECTOR SUBROUTINE               EIGJ0020
*                     CD600D4.009     DATE 05/05/65        EIGJ0030
```

```
      SUBROUTINE EIGENJ (A,V,NN,IV,E,I3,I4)                    EIGJ00e0
      DIMENSION A(5050),V( I3, I4),E(NN)                       EIGJ00f0
      LOGICAL IV                                               EIGJ0060
*     EIGENJ FINDS THE EIGENVALUES AND EIGENVECTORS OF         EIGJ0070
*     A SYMMETRIC MATRIX (A) USING A MODIFIED THRESHOLD JACOBI METHOD   EIGJ0080
*     ONLY THE UPPER TRIANGLE IS STORED                        EIGJ0090
*     DIMENSION A(K=M(M&1)/2),V(M,M),E(M) WHERE M=MAXIMUM ORDER   EIGJ0100
*     DIMENSION A(K=M(M&1)/2),V(M,M),E(M) WHERE M=MAXIMUM ORDER   EIGJ0110
      N=NN                                                     EIGJ0120
      IND=1                                                    EIGJ0130
      NM2=N-2                                                  EIGJ0140
      AMAX=0.0                                                 EIGJ0150
      NM=N-1                                                   EIGJ0160
      IF(.NOT.IV)GO TO 5                                       EIGJ0170
*     SET UP VECTOR MATRIX                                     EIGJ0180
    1 DO 3 I=1,N                                               EIGJ0190
      DO 2 J=1,N                                               EIGJ0200
    2 V(I,J)=0.0                                               EIGJ0210
    3 V(I,I)=1.0                                               EIGJ0220
    5 K=2                                                      EIGJ0230
      DO 28 I=1,NM                                             EIGJ0240
      IP=I&1                                                   EIGJ0250
      DO 27 J=IP,N                                             EIGJ0260
      Y=A(K)                                                   EIGJ0270
      X=ABS(Y)                                                 EIGJ0280
      IF(X-AMAX)27,27,6                                        EIGJ0290
    6 GO TO (7,8),IND                                          EIGJ0300
    7 AMAX=X                                                   EIGJ0310
      ITEST=1                                                  EIGJ0360
      X=A(II)-A(JJ)                                            EIGJ0370
      IF(X)10,11,10                                            EIGJ0380
   10 X=Y/X                                                    EIGJ0390
      Y=.5*X                                                   EIGJ0400
      IF(ABS(Y)-.414213562)14,11,11                            EIGJ0410
   11 C=.707106781                                             EIGJ0420
```

```
      IF(Y)12,12,13                          EIGJ0430
   12 S=-C                                   EIGJ0440
      GO TO 15                               EIGJ0450
   13 S=C                                    EIGJ0460
      GO TO 15                               EIGJ0470
   14 X=Y*Y                                  EIGJ0480
      C=1.&X                                 EIGJ0490
      S=2.*Y/C                               EIGJ0500
      C=(1.-X)/C                             EIGJ0510
   15 X=S*S                                  EIGJ0520
      Y=C*C                                  EIGJ0530
      XY=S*C                                 EIGJ0540
      AXY=2.*A(K)*XY                         EIGJ0550
      Z=A(II)*Y&AXY&A(JJ)*X                  EIGJ0560
      W=A(II)*X-AXY&A(JJ)*Y                  EIGJ0570
      A(K)=A(K)*(Y-X)&XY*(A(JJ)-A(II))       EIGJ0580
      A(II)=Z                                EIGJ0590
      A(JJ)=W                                EIGJ0600
      IF(NM2)24,24,16                        EIGJ0610
   16 IT=I                                   EIGJ0620
      JT=J                                   EIGJ0630
*     TRANSFORM A                            EIGJ0640
      DO 23 M=1,NM2                          EIGJ0650
      NP=N-M                                 EIGJ0660
      IF(JT-K)20,17,18                       EIGJ0670
   17 IT=IT&1                                EIGJ0680
      JT=JT&NP                               EIGJ0690
      ITEST=2                                EIGJ0700
   18 IF(IT-K)20,19,19                       EIGJ0710
   19 IT=IT&1                                EIGJ0720
      JT=JT&1                                EIGJ0730
      ITEST=3                                EIGJ0740
   20 X=A(IT)*C&A(JT)*S                      EIGJ0750
      A(JT)=A(JT)*C-A(IT)*S                  EIGJ0760
      A(IT)=X                                EIGJ0770
```

```
   GO TO (21,22,23),ITEST                  EIGJ0780
 21 IT=IT&NP                               EIGJ0790
   JT=JT&NP                                EIGJ0800
   GO TO 23                                EIGJ0810
 22 IT=IT&1                                EIGJ0820
   JT=JT&NP-1                              EIGJ0830
 23 CONTINUE                               EIGJ0840
 24 IF(.NOT.IV)GO TO 27                    EIGJ0850
*   TRANSFORM V                            EIGJ0860
 25 DO 26 M=1,N                            EIGJ0870
   X=V(M,I)*C&V(M,J)*S                     EIGJ0880
   V(M,J)=V(M,J)*C-V(M,I)*S                EIGJ0890
 26 V(M,I)=X                               EIGJ0900
 27 K=K&1                                  EIGJ0910
 28 K=K&1                                  EIGJ0920
*   SEQUENCE TO ADJUST THRESHOLD FOR EACH SWEEP            EIGJ0930
   GO TO (29,31),IND                       EIGJ0940
 29 IF(AMAX)30,35,30                       EIGJ0950
 30 AT=AMAX                                EIGJ0960
   IND=2                                   EIGJ0970
   F=.25                                   EIGJ0980
   AMAX=F*AT                               EIGJ0990
   MAX=6                                   EIGJ1000
   GO TO 5                                 EIGJ1010
 31 MAX=MAX-1                              EIGJ1020
   IF(MAX)34,33,32                         EIGJ1030
 32 F=2.0*F*F                              EIGJ1040
   AMAX=AT*F                               EIGJ1050
 33 C=0.0                                  EIGJ1060
   GO TO 5                                 EIGJ1070
 34 IF(C)33,35,33                          EIGJ1080
*   COPY EIGENVALUES INTO E                EIGJ1090
 35 MM=1                                   EIGJ1100
   NM=N&1                                  EIGJ1110
   DO 36 M=1,N                             EIGJ1120
```

```
      E(M)=A(MM)                                      EIGJ1130
   36 MM=MM&NM-M                                      EIGJ1140
      RETURN                                          EIGJ1150
      END                                             EIGJ11g0
$     FORTRAN
$     INCODE  IBMF
      SUBROUTINE MTEVV(X,I1,I2,D,I3,I4,N,M)
      DIMENSION A(5050),X(I1,I2),D(I3,I4),E(100),NS(100),MS(100)
      K=1
      DO1J=1,N
      DO1I=J,N
      A(K)=X(I,J)
 1    K=K&1
      CALL EIGENJ(A,D,N,M,E,I3,I4)
C     THE FOLLOWING SYSTEM SORT PACKAGE ROUTINES SORT THE FLOATING POINT
C     ARRAY E OF N ELEMENTS IN DESCENDING ORDER.
      CALL SORTFL(-1)
      IF(M)4,3,4
 3    CALL SORT(E(1),E(2),N)
      DO 50 I=1,N
 50   X(I,I)=E(I)
      RETURN
 4    DO 5 I=1,N
      MS(I)=I
 5    NS(I)=I
C     THE FOLLOWING ROUTINE SORTS THE FLOATING POINT ARRAY E OF N
C     ELEMENTS IN DESCENDING ORDER AND ARRAY MS IS THE PASSIVE LIST
C     WHICH WILL BE REARRANGED IN THE SAME ORDER AS E.
      CALL SORT(E(1),E(2),N,MS(1))
C     THE FOLLOWING ROUTINES SORT THE FIXED POINT ARRAY MS OF N ELEMENTS
C     IN ASCENDING ORDER WITH ARRAY NS AS THE PASSIVE LIST.
      CALL SORTFX(1)
      CALL SORT(MS(1),MS(2),N,NS(1))
      CALL ARREV(N,NS,D,I3,I4)
      DO 6 I=1,N
```

```
 6   X(I,I)=E(I)
     RETURN
     END
$    FORTRAN
$    INCODE  IBMF
     SUBROUTINE ARREV(N,NS,D,I3,I4)
     DIMENSION NS(N),D(I3,I4)
     DO 10 I=1,N
 1   IF(NS(I)-I)2,10,2
 2   CALL XCH(N,I,NS(I),D,NS,I3,I4)
     GOTO1
 10  CONTINUE
     RETURN
     END
$    FORTRAN
$    INCODE  IBMF
     SUBROUTINE XCH(N,L,M,D,NS,I3,I4)
     DIMENSION      NS(N),D(I3,I4)
     I=L
      J=M
     DO 1 K=1,N
     T=D(K,I)
     D(K,I)=D(K,J)
 1   D(K,J)=T
     NS(I)=NS(J)
     NS(J)=J
     RETURN
     END
$    FORTRAN
$    INCODE  IBMF
CMTINV         MTINV
     SUBROUTINE MTINV (A,I1,I2,B,I3,I4,N,M)                  MTPK1115
     DIMENSION A(I1,I2), B(I3,I4)                       MTPK1116
C                                                  MTPK1117
C    THIS SUBROUTINE CALCULATES THE INVERSE OF MATRIX A BY THE GAUSS-  MTPK1118
```

```
C     JORDAN ELIMINATION SCHEME.  ALL CALCULATIONS ARE DONE IN DOUBLE-  MTPK1119
C     PRECISION ARITHMETIC                                    MTPK1120
C                                                             MTPK1121
      DOUBLE PRECISION B,BMAX,BMULT                           MTPK1122
      EQUIVALENCE (BMAX,BMULT)                                MTPK1123
C                                                             MTPK1124
C     SINGLE TO DOUBLE PRECISION TRANSFER                     MTPK1125
C                                                             MTPK1126
  101 DO 103 I = 1,N                                          MTPK1127
  102 DO 103 J = 1,N                                          MTPK1128
  103 B(I,J) = A(I,J)                                         MTPK1129
C                                                             MTPK1130
C     FIND THE LARGEST ELEMENT IN THE N-K BY N-K LOWER RIGHT SUBMATRIX. MTPK1133
C                                                             MTPK1134
  200 DO 430 K = 1,N                                          MTPK1131
      A(K,1) = FLOAT(K)                                       MTPK1135
      A(K,2) = A(K,1)
  203 BMAX = DABS(B(K,K))                                     MTPK1137
  210 DO 219 I = K,N                                          MTPK1138
  211 DO 219 J = K,N                                          MTPK1139
      IF (BMAX - DABS(B(I,J)) )  213,219,219
  213 BMAX = DABS ( B(I,J))                                   MTPK1141
  214 A(K,1) = FLOAT(I)                                       MTPK1142
  215 A(K,2) = FLOAT(J)                                       MTPK1143
  219 CONTINUE                                                MTPK1145
  216 IF (BMAX  -   1.D-38)   801,301,301
C                                                             MTPK1146
C     EXCHANGE ROWS AND COLUMNS TO PUT B(I,J) ON DIAGONAL.    MTPK1147
C                                                             MTPK1148
  301 I = IFIX(A(K,1))                                        MTPK1149
  302 J = IFIX(A(K,2))                                        MTPK1150
  313 DO 314 M = 1,N                                          MTPK1151
      BMULT = B(I,M)                                          MTPK1152
      B(I,M) = B(K,M)                                         MTPK1153
  314 B(K,M) = BMULT                                          MTPK1155
```

```
 303 DO 304 M = 1,N                                    MTPK1156
     BMULT = B(M,J)                                    MTPK1157
     B(M,J) = B(M,K)                                   MTPK1158
 304 B(M,K) = BMULT                                    MTPK1159
C                                                      MTPK1160
C    ACTUAL INVERSION STEP.                            MTPK1161
C    BEGIN ROW ITERATION                               MTPK1162
C                                                      MTPK1163
 401 DO 425 I = 1,N                                    MTPK1164
C                        IGNORE ROW K.                 MTPK1165
 402 IF (I  -   K) 405,425,405
C                        SET ROW MULTIPLIER.           MTPK1167
 405  BMULT = B(I,K) / B(K,K)
C                        MODIFY ROW ELEMENTS.          MTPK1169
 410 DO 420 J = 1,N                                    MTPK1170
C                        IGNORE COLUMN K               MTPK1171
 411 IF (J  -   K)  414,412,414
 412 B(I,J) = -BMULT                                   MTPK1173
 413 GO TO 420                                         MTPK1174
 414 B(I,J) = B(I,J) - B(K,J) * BMULT                  MTPK1175
 420 CONTINUE                                          MTPK1176
 425 CONTINUE                                          MTPK1177
C                                                      MTPK1178
C    DIVIDE PIVOT ROW BY PIVOT ELEMENT                 MTPK1179
C                                                      MTPK1180
 426 BMULT = 1.D0/ B(K,K)
 427 B(K,K) = 1.D0
C                        ACTUAL DIVISION               MTPK1183
 428 DO 429 J = 1,N                                    MTPK1184
 429 B(K,J) = B(K,J) * BMULT                           MTPK1185
 430 CONTINUE                                          MTPK1186
C                                                      MTPK1187
C    REARRANGE AND REASSEMBLE INVERSE MATRIX.          MTPK1188
C                                                      MTPK1189
 501 DO 512 IJK = 1,N                                  MTPK1190
```

```
 502 I = N-IJK&1                                MTPK1191
 503 L = IFIX(A(I,2))                           MTPK1192
 504 J = IFIX(A(I,1))                           MTPK1193
 505 DO 508 M = 1,N                             MTPK1194
 506 BMULT = B(I,M)                             MTPK1195
 507 B(I,M) = B(L,M)                            MTPK1196
 508 B(L,M) = BMULT                             MTPK1197
 509 DO 512 M = 1,N                             MTPK1198
 510 BMULT = B(M,I)                             MTPK1199
 511 B(M,I) = B(M,J)                            MTPK1200
 512 B(M,J) = BMULT                             MTPK1201
C                                               MTPK1202
C    MOVE A INVERSE BACK INTO A                 MTPK1203
C                                               MTPK1204
 601 DO 603 I = 1,N                             MTPK1205
 602 DO 603 J = 1,N                             MTPK1206
 603 A(I,J) = B(I,J)
 701 M = 1                                      MTPK1208
 702 RETURN                                     MTPK1209
C                                               MTPK1210
C    ERROR RETURN AT SOME TIME BMAX WAS .LT. 0.1D-38
C                                               MTPK1212
 801 M = 2                                      MTPK1213
 802 RETURN                                     MTPK1214
 999 END                                        MTPK1215
```

ตัวอย่างคำสั่งการสุ่มตัวอย่างแบบบูตแตรป (SAS)

```
bootsas ; title1 'bootsas, example of bootstrap sampling with macros in sas' ;
options compress=yes ;
data one; input var1 @@ ;
cards ; (ใส่ข้อมูล 1 – 1058)
101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120
121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140
141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160
161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180
181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200
201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220
221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240
241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260
261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280
281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300
301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320
321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340
341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360
361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380
381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400
401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420
421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440
441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460
461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480
481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500
;
* Get descriptive statistics for the entire sample for comparison ;
proc means ; var var1;
* create a macro;
%macro bootst ;
** Change the number after "%to" to change N of iterations ;
%do i =1 %to 50 ;
data sample ; set one ;
```

```
* Create a 100 random sample. ;
* Change ".2" to another number to change sample size ;
* The seed for the random number generator will vary with each iteration. ;
ransamp = ranuni(&i) ; if ransamp le .2 ;
* Run proc means on the sample, do not print ;
proc means noprint ;  var var1 ; show  n random ;
output out = meand&i mean = mean std = std n =n ;
** Append the data set created to proc means. Each proc means ;
** will create an observation with the mean, standard deviation ;
** and N of cases in the sample. ;
proc append base=meanall data=meand&i ;
** End the DO Loop ;
%end ;
** End the macro ;
%mend bootst ;
* execute the macro ;
%bootst ;
* Get descriptive statistics for the data set created by macro ;
proc means data = meanall ;  run ;
```

ตัวอย่างคำสั่งการทดสอบลักษณะการแจกแจงของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (SAS)

```
*Kurtosis-Skewness-Normal.sas;(ของแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง)
*****************************************************************************************;
options formdlim='-' pageno=min nodate; (ใส่ข้อมูลดิบ)
TITLE 'Sampling Distributions of Skewness and Kurtosis for 50 Samples of 50 Scores';
 title2 'Each From a Normal(0,1) Distribution'; run;
DATA normal; DROP N; DO SAMPLE=1 TO 50; DO N=1 TO 50; X=NORMAL(0);
OUTPUT; END; END;
PROC MEANS NOPRINT; OUTPUT OUT=SK_KUR SKEWNESS=SKEWNESS
KURTOSIS=KURTOSIS; VAR X; BY SAMPLE;
PROC MEANS MEAN STD N; VAR positive sk negative sk and kurtosis fixed(0) ; platykurtic kur
leptokurtic kur and sk fixed(0) ; normal all sk and kur fixed (0) ; run;
```

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวแวววรี ลีฬหวนิช
วันเดือนปีเกิด	18 กันยายน 2523
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	101/181 หมู่4 หมู่บ้านซื่อตรง ถนนรัตนาธิเบศร์ ต.ไทรม้า อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2545	ค.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป-ฟิสิกส์) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2548	กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ.2554	กศ.ด. (การทดสอบและวัดผลการศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ