
การเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS, MINITAB, PSPP และ R สำหรับสถิติศาสตร์ไม่อิงพารามิเตอร์

Comparisons of Using Computer Statistical Software (Packages): SPSS, MINITAB, PSPP, and R for Nonparametric Statistics

ธนัชพร งามสุข*, พัชราภา นาไชย และสายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 18520

Thanatchaporn Ngamsuk*, Patcharapa Nachai and Saichon Sinsomboonthong
Department of Statistics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520

Received: May 12, 2020; Accepted: June 11, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีที่ได้จากโปรแกรม SPSS version 25, MINITAB version 18, PSPP และ R version 3.6.1 โดยเปรียบเทียบกับ การคำนวณด้วยสูตรสำหรับสถิติศาสตร์ไม่อิงพารามิเตอร์ ซึ่งแบ่งเป็น 5 หัวข้อ ได้แก่ การทดสอบเมื่อมีตัวอย่าง 1 กลุ่ม การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน และการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน โดยวิเคราะห์โจทย์ปัญหา 3 ข้อในแต่ละการทดสอบมาเปรียบเทียบกัน เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติได้อย่างเหมาะสมในแต่ละการทดสอบและมีความใกล้เคียงจากค่าที่คำนวณด้วยสูตร ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมที่เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุดในหัวข้อการทดสอบเมื่อมีตัวอย่าง 1 กลุ่ม คือ โปรแกรม R โปรแกรมที่เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุดในหัวข้อการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกันและ 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน คือ โปรแกรม SPSS โปรแกรมที่เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุดในหัวข้อการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน คือ R ส่วนโปรแกรมที่เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุดในหัวข้อการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน คือ โปรแกรม SPSS และ R โดยการวิเคราะห์พบว่าโปรแกรมที่เหมาะสมกับการใช้งานสำหรับสถิติศาสตร์ไม่อิงพารามิเตอร์มากที่สุด คือ โปรแกรม SPSS และ R

คำสำคัญ : การทดสอบเมื่อมีตัวอย่าง 1 กลุ่ม; การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน; การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน; การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน; การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน

Abstract

The objective of this research was to compare four computer statistics program packages – SPSS, MINITAB, PSPP, and R – in terms of test statistics and p-value from nonparametric statistical analyses. The nonparametric analyses performed were the following: one sample test, two independent sample tests, two related sample tests, a k-independent sample test, and a k-related sample test. For each test in the nonparametric analyses of three examples of problems. Our findings may directly benefit future developers of comprehensive guidelines for using these computer statistics programs. The results revealed that, for one sample test, the R program was the most suitable for use. For two independent sample and two related sample tests, the SPSS program was the most suitable for use. For the k-independent sample test, the R program was the most suitable for use. For the k-related sample test, SPSS and R programs were the most suitable for use. SPSS and R programs provided the most ideal for service to the nonparametric.

Keywords: one sample; two independent samples; two related samples; k-independent sample; k-related sample

1. คำนำ

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญในกระบวนการวิจัยที่ต้องอาศัยความรู้เรื่องวิธีการวิเคราะห์และการเลือกโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีเป็นจำนวนมาก การคำนวณมีความซับซ้อนและใช้เวลานาน ดังนั้นการนำโปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงเป็นการประหยัดเวลา รวดเร็ว มีความถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น SPSS, SAS และ MINITAB ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์และมีราคาค่อนข้างสูง แต่ปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติหลายโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย (freeware) เช่น PSPP, R,

Epi info, Openstat (ปริตติภากรณ์, 2555) ปัจจุบันการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าโดยส่วนใหญ่จะนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศสำหรับช่วยในการตัดสินใจ สาเหตุเนื่องมาจากการวิเคราะห์ทางสถิติ มักมีการคำนวณที่ซับซ้อน จึงมีการนำโปรแกรมสำเร็จรูปมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถเรียนรู้การใช้อย่างรวดเร็ว และไม่จำเป็นที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อน แต่โปรแกรมสำเร็จรูปที่สร้างและพัฒนาขึ้นมาอาจมีความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์แตกต่างกันเมื่อคำนวณค่าสถิติตัวเดียวกันจากโปรแกรมที่ต่างกัน ดังนั้นจึงส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้ต่างกัน (กมล และ คณะ, 2552)

ปริดาภรณ์ (2555) ใช้ 3 โปรแกรม คือ Minitab version 15, Instat version 3.36 และ R Commander version 2.9.0 กับโจทย์ปัญหา 3 ตัวอย่าง โดยทดสอบด้วยไคกำลังสอง พบว่าให้ผลลัพธ์เหมือนกัน แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องการนำเข้าข้อมูลและการแจ้งข้อความเตือนเมื่อความถี่คาดหวังมีค่าน้อยกว่า 5 เท่านั้น นิรมล (2557) เปรียบเทียบการทำงานโปรแกรม R และ SPSS กรณีการจำแนกประเภทข้อมูลเงินยืมตรงของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้แนวความคิดการทำเหมืองข้อมูล พบว่าโปรแกรม R ให้ผลวิเคราะห์ที่กระชับตรงตามความต้องการของผู้ใช้ มีความน่าเชื่อถือ และให้ผลวิเคราะห์ที่เป็นรูปแบบกราฟฟิคที่สวยงาม ผู้ใช้งานสามารถเขียนพัฒนาโปรแกรมเพิ่มได้ ส่วนโปรแกรม SPSS เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติขั้นต้นและผู้ใช้ที่ไม่มีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปรียบเทียบการใช้ 4 โปรแกรม คือ SPSS version 25, MINITAB version 18, PSPP และ R version 3.6.1 ด้วยสถิติศาสตร์ไม่อิงพารามิเตอร์ แบ่งเป็น 5 หัวข้อ ได้แก่ การทดสอบเมื่อมีตัวอย่าง 1 กลุ่ม การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน และการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติได้เหมาะสมและมีความใกล้เคียงจากค่าที่คำนวณด้วยสูตร

2. วิธีการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 โปรแกรม SPSS version 25 มีฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูลให้เลือกใช้งานใน

แต่ละการทดสอบ แต่ในบางการทดสอบไม่สามารถระบุเครื่องหมายสมมติฐาน

2.1.2 โปรแกรม MINITAB version 18 ใช้งานง่ายและมีฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูลให้เลือกใช้งานในแต่ละการทดสอบ

2.1.3 โปรแกรม PSPP ไม่เสียค่าใช้จ่ายสามารถใช้ทดแทนโปรแกรม SPSS มีการทำงานที่คล้ายกันมาก เช่น การกำหนดค่าตัวแปร การป้อนข้อมูล การแสดงผลการวิเคราะห์ ตารางต่าง ๆ แต่ในโปรแกรมนี้ไม่สามารถปรับตำแหน่งทศนิยม

2.1.4 โปรแกรม R version 3.6.1 มีความสามารถสูงในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ มีความยืดหยุ่นในการวิเคราะห์ทางสถิติ ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมคำสั่งเพิ่มเติม

2.2 การดำเนินการวิจัย

2.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล ค้นหาและศึกษาข้อมูลที่ต้องใช้การคำนวณด้วยสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ 5 หัวข้อ มาเป็นโจทย์ตัวอย่างในการคำนวณจากหนังสือเรียนฉบับภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยแต่ละวิธีจะใช้โจทย์ปัญหาในการวิเคราะห์ 3 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นจำนวนตัวอย่างที่เพียงพอในการนำไปสรุปในเชิงทั่วไปได้ เนื่องจากมีรูปแบบของโจทย์ที่ครอบคลุมทั้งข้อมูลตัวอย่างขนาดเล็กและข้อมูลตัวอย่างขนาดใหญ่ ข้อมูลขนาดตาราง $r \times c$ และข้อมูลขนาดตาราง 2×2

2.2.2 การศึกษาขั้นตอนวิธี

(1) การทดสอบเมื่อมีตัวอย่าง 1 กลุ่ม

(1.1) การทดสอบทวินาม (binomial test) ใช้ทดสอบสัดส่วนของข้อมูลที่สนใจว่าเป็นไปตามสัดส่วนที่ต้องการทดสอบหรือไม่ ข้อมูลมีเพียง 2 ค่า ค่าที่สนใจเรียกว่าความสำเร็จ (success) และค่าที่ไม่สนใจเรียกว่าความผิดพลาด (failure) (ศุภามณ และสุชาติ, 2560)

(1.2) การทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายของวิลค็อกซัน (Wilcoxon signed rank test)

เป็นการทดสอบเกี่ยวกับมัธยฐานของประชากร เช่นเดียวกันกับการทดสอบโดยใช้เครื่องหมาย แต่การทดสอบนี้คำนึงถึงขนาดของความแตกต่าง ทำให้มีกำลังการทดสอบมากกว่า (อมรรัตน์, 2550)

(1.3) การทดสอบความเป็นสุ่ม (test of randomness) ใช้ในการทดสอบว่าการเกิดเหตุการณ์เป็นไปอย่างสุ่มหรือไม่ อาจพิจารณาจากลำดับการเกิดเหตุการณ์และนับจำนวนรันส์ในตัวอย่าง รันส์ คือ ลำดับการเกิดเหตุการณ์เดียวกัน โดยที่ไม่มีเหตุการณ์อื่น ๆ เกิดคั่นอยู่ (สายชล, 2563)

(1.4) การทดสอบไคกำลังสอง (Chi-square test) ได้แก่ (1) การทดสอบข้อมูลจำแนกทางเดียว เป็นการทดสอบข้อมูลจำแนกตามลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง คือ มีเพียงแถว (row) หรือสดมภ์ (column) เพียงอย่างเดียว (สายชล, 2563) แบ่งเป็น 2 หัวข้อ คือ (1.1) การทดสอบสัดส่วนประชากร k กลุ่ม มี 2 กรณี ถ้าเป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างสัดส่วนประชากร k กลุ่ม ($k \geq 3$) ใช้ทดสอบว่าสัดส่วนของประชากรในแต่ละกลุ่มเท่ากันหรือไม่ หรือทดสอบว่าประชากรแต่ละกลุ่มมีความเหมือนกันหรือไม่ เทียบกับสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่สนใจ (Daniel, 1990) แต่ถ้าเป็นการทดสอบสัดส่วนประชากร k กลุ่ม ว่าเท่ากับที่คาดไว้หรือไม่ เช่น ต้องการทดสอบว่าสัดส่วนของผู้ที่ไม่เห็นด้วยกับการขึ้นค่าโดยสารรถประจำทางเป็น 3 เท่า ของผู้ที่เห็นด้วยหรือไม่ (1.2) การทดสอบการแจกแจง เป็นการทดสอบว่าตัวแปรสุ่ม X มีการแจกแจงความน่าจะเป็นรูปใดรูปหนึ่งหรือไม่ สามารถใช้กับตัวอย่างที่วัดค่าตัวแปรตั้งแต่มาตรวัดนามบัญญัติขึ้นไป (สายชล, 2563) และ (2) การทดสอบข้อมูลจำแนกสองทาง เป็นการทดสอบข้อมูลที่จำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ เป็นข้อมูลตามแถวและเป็นข้อมูลตามสดมภ์ โดยทั้ง 2 ลักษณะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (สายชล, 2563)

(2.2) การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน ได้แก่ (1) การทดสอบความเอกภาพของสัดส่วน (homogeneity of proportion) เป็นการทดสอบค่าสัดส่วนของลักษณะหนึ่ง ๆ ในประชากร 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกันว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ (สายชล, 2563) (2) การทดสอบค่ามัธยฐาน (median test) ใช้ทดสอบว่าตัวอย่างที่เป็นอิสระกัน 2 กลุ่ม มาจากประชากรที่มีการแจกแจงต่อเนื่อง 2 กลุ่ม มีค่ามัธยฐานเท่ากันหรือไม่ เมื่อข้อมูลมีมาตรวัดอย่างน้อยแบบเรียงลำดับ (สายชล, 2563) และ (3) การทดสอบผลรวมลำดับที่ของวิลค็อกซัน แมนน์-วิทนี (Wilcoxon, Mann-Whitney) ซึ่งเป็นสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ที่สามารถใช้แทนการทดสอบที (t-test) เป็นการทดสอบว่ากลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาอย่างอิสระทั้ง 2 กลุ่มนั้น มาจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกันหรือไม่ โดยข้อมูลที่น่ามาทดสอบอยู่ในมาตรวัดแบบเรียงลำดับ (Wild and Seber, 1999)

(2.3) การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน ได้แก่ (1) การทดสอบแม็กนีย์มาร์ (McNemar test) เป็นการทดสอบเพื่อดูว่ามีการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองหรือไม่ โดยใช้กับกลุ่มตัวอย่างชุดเดียว แต่ทดลอง 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังจากการใช้ (สายชล, 2563) (2) การทดสอบโดยใช้เครื่องหมายสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (two related sample) เป็นการทดสอบแบบจับคู่เครื่องหมาย + หรือ - ที่ได้ ถ้าประชากรทั้ง 2 กลุ่มมีค่ามัธยฐานไม่แตกต่างกัน (สายชล, 2563) และ (3) การทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับแบบจับคู่ของวิลค็อกซัน (Wilcoxon) เป็นวิธีการทดสอบที่เหมือนกับการทดสอบโดยใช้เครื่องหมายสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่มีความสัมพันธ์กัน แต่พิจารณาขนาดของความแตกต่างของข้อมูลแต่ละคู่ด้วย โดยข้อมูลจะอยู่ในมาตรวัดอย่างน้อยแบบช่วง (สายชล,

2563)

(2.4) การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน ได้แก่ (1) การทดสอบความเป็นเอกภาพของสัดส่วน เป็นการทดสอบค่าสัดส่วนของลักษณะหนึ่ง ๆ ในประชากร k กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ (สายชล, 2563) (2) การทดสอบค่ามัธยฐานสำหรับตัวอย่างหลายกลุ่ม เป็นการทดสอบสมมติฐานที่ใช้หลักการเกี่ยวกับการทดสอบค่ามัธยฐานสำหรับ 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน ที่สุ่มมาจากประชากรที่มีค่ามัธยฐานเหมือนกัน (สายชล, 2563) (3) การทดสอบครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis) ใช้ทดสอบว่าประชากร k กลุ่มมีค่ามัธยฐานเท่ากันหรือไม่ มีวิธีการที่สำคัญ คือ ค่าคาดหวังของลำดับที่ของข้อมูลตัวอย่างแต่ละกลุ่มควรมีค่าพอ ๆ กัน ข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์ต้องมีมาตรวัดอย่างน้อยเป็นแบบเรียงลำดับและมีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (ชญาสิน และคณะ, 2550) และ (4) การทดสอบทางเลือกลำดับของจอนค์เฮียร์-เทรพส์ตาร์ (Jonckheere-Terpstar) เป็นทดสอบความแตกต่างของค่ามัธยฐานระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน นิยมใช้ในการวิจัยเชิงทดลอง (ศุภามณ และสุชาติดา, 2560)

(2.5) การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน ได้แก่ (1) การทดสอบค็อกคราน (Cochran's) การทดสอบว่าประชากรทั้ง k กลุ่มแตกต่างกันหรือไม่ ข้อมูลสำหรับการทดสอบโดยวิธีนี้มีค่าได้เพียง 2 ค่า คือ ได้สิ่งที่สนใจให้ค่าเป็น 1 และสิ่งที่ไม่สนใจจะให้ค่าเป็น 0 (สายชล, 2563) และ (2) การทดสอบฟรี้ดแมน (Friedman) ใช้ทดสอบกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กันว่าสุ่มมาจากประชากรเดียวกันหรือไม่ หรือประชากรมีลักษณะเหมือนกันหรือไม่ โดยข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบอยู่ในมาตรวัดแบบเรียงลำดับขึ้นไป (ศุภามณ และสุชาติดา, 2560)

2.3 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมกับสูตร

เปรียบเทียบค่าที่คำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS, MINITAB, PSPP และ R เทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสูตร โดยพิจารณาค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพี

3. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 การทดสอบทวินาม ในกรณีตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวอย่างที่ 1 และ 2 ไม่สามารถสรุปผล เพราะในโปรแกรม SPSS และ PSPP ไม่สามารถระบุเครื่องหมายสมมติฐานการทดสอบ ทำให้ค่าที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อน และกรณีตัวอย่างขนาดใหญ่ ตัวอย่างที่ 3 พบว่าทั้ง 4 โปรแกรม ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร การทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายของวิลค็อกซัน โปรแกรม R ให้ค่าพีใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยสูตรมากที่สุด การทดสอบความเป็นสุ่ม ในกรณีตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวอย่างที่ 7 และ 8 การคำนวณด้วยสูตรไม่สามารถหาค่าพีที่แท้จริง และกรณีตัวอย่างขนาดใหญ่ ตัวอย่างที่ 9 โปรแกรม SPSS และ PSPP ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร ส่วนโปรแกรม MINITAB และ R ให้เฉพาะค่าพีซึ่งเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร การทดสอบโคก้าลิ่งสอง ในการจำแนกทางเดียว การทดสอบสัดส่วน ทั้ง 4 โปรแกรม ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร การทดสอบการแจกแจงจะเห็นว่าการทดสอบการแจกแจงเอกรูป โปรแกรม MINITAB และ R ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร การทดสอบการแจกแจงปัวซอง โปรแกรม MINITAB ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร และการทดสอบการแจกแจงปรกติ โปรแกรม SPSS ให้ค่าตัวสถิติทดสอบเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร ในการจำแนก

สองทางจะเห็นว่าการทดสอบความเป็นอิสระ ทั้ง 4 โปรแกรม ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยสูตร แต่โปรแกรม MINITAB ไม่สามารถปรับค่าความต่อเนื่อง

ตารางที่ 2 การทดสอบความเป็นเอกภาพของสัดส่วน ในกรณีตารางขนาด rxc ตัวอย่างที่ 19 พบว่าทั้ง 4 โปรแกรม ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร ส่วนโปรแกรม

ตารางขนาด 2x2 ตัวอย่างที่ 20 และ 21 โปรแกรม SPSS, PSPP และ R ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยสูตรมากที่สุด แต่โปรแกรม MINITAB ไม่สามารถปรับค่าความต่อเนื่อง การทดสอบค่ามัธยฐานด้วยโปรแกรม SPSS และ R ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร ส่วนโปรแกรม MINITAB ไม่สามารถปรับค่าความต่อเนื่อง การทดสอบผลรวม

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการคำนวณด้วยสูตรกับโปรแกรมสำเร็จรูปของการทดสอบ เมื่อมีตัวอย่าง 1 กลุ่ม

วิธีการวิเคราะห์	คำนวณ		โปรแกรมสำเร็จรูป							
			SPSS		MINITAB		PSPP		R	
	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี
การทดสอบทวินาม										
- ตัวอย่างที่ 1 (เล็ก)	3	0.7646	3	0.7646	3	0.5485	3	0.764	3	0.7492
- ตัวอย่างที่ 2 (เล็ก)	4	0.9576	4	0.1204	4	0.9576	4	0.120	4	0.9576
- ตัวอย่างที่ 3 (ใหญ่)	40	<0.00001	40	<0.00001	40	<0.00001	40	<0.0001	40	<0.00001
การทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายของวิลค็อกซัน										
- ตัวอย่างที่ 4	137	0.0042	137	0.004	137	0.0045	-	-	137	0.0045
- ตัวอย่างที่ 5	5	0.02	5	0.019	5	0.0220	-	-	5	0.0195
- ตัวอย่างที่ 6	41	0.097	41	0.0845	41	0.0926	-	-	41	0.0967
การทดสอบความเป็นสุ่ม										
- ตัวอย่างที่ 7 (เล็ก)	8	0.0062	8	0.0062	8	0.0035	8	1.994*	10	0.0398
- ตัวอย่างที่ 8 (เล็ก)	6	0.7374	6	1.0000	6	0.8883	6	1.000	6	0.7143
- ตัวอย่างที่ 9 (ใหญ่)	2.9794	0.0028	2.9794	0.0029	-	0.0029	2.98	0.003	-	0.0029
การทดสอบไคกำลังสอง										
จำแนกทางเดียว : การทดสอบสัดส่วน										
- ตัวอย่างที่ 10	5.52	0.1374	5.52	0.1374	5.52	0.1374	5.52	0.137	5.52	0.1374
- ตัวอย่างที่ 11	0.8617	0.65	0.8617	0.65	0.8617	0.65	0.86	0.65	0.8617	0.65
- ตัวอย่างที่ 12	8.4667	0.0373	8.4667	0.0373	8.4667	0.0373	8.47	0.037	8.4667	0.0373
จำแนกทางเดียว : การทดสอบการแจกแจง										
- ตัวอย่างที่ 13 (เอกรูป)	4.6227	0.4636	-	-	4.6226	0.4636	-	-	4.6226	0.4636
- ตัวอย่างที่ 14 (นิวซัง)	1.2831	0.8642	-	-	1.2830	0.8643	-	-	-	-
- ตัวอย่างที่ 15 (ปรกติ)	0.1472	>0.2	0.147	0.416	0.105	>0.150	-	-	0.1054	0.4172
จำแนกสองทาง : การทดสอบความเป็นอิสระกัน										
- ตัวอย่างที่ 16 (rxc)	14.4639	0.0007	14.4636	0.0007	14.4636	0.0007	14.46	0.001	14.4636	0.0007
- ตัวอย่างที่ 17 (2x2)	7.078	0.0078	7.0781	0.0078	8.4952	0.0036	7.08	0.008	8.4952	0.0036
- ตัวอย่างที่ 18 (rxc)	7.4644	0.1133	7.4644	0.1133	7.4644	0.1133	7.46	0.113	7.4644	0.1133

- หมายถึง โปรแกรมไม่สามารถใช้คำนวณในการทดสอบนั้น ๆ

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการคำนวณด้วยสูตรกับโปรแกรมสำเร็จรูปของการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน

วิธีการวิเคราะห์	จำนวน		โปรแกรมสำเร็จรูป							
			SPSS		MINITAB		PSPP		R	
	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี
การทดสอบความเป็นเอกภาพของสัดส่วน										
- ตัวอย่างที่ 19 (r x c)	7.8620	0.0490	7.8620	0.0490	7.8620	0.0490	7.86	0.049	7.8620	0.0490
- ตัวอย่างที่ 20 (2 x 2)	0.0012	0.9734	<.00001	1.0000	0.0288	0.8652	<.001	1.000	<.00001	1.0000
- ตัวอย่างที่ 21 (r x c)	7.5208	0.0061	7.5208	0.0061	8.3333	0.0039	7.52	0.006	7.5208	0.0061
การทดสอบค่ามัธยฐาน										
- ตัวอย่างที่ 22	6.4350	0.0112	6.4350	0.0112	8.1982	0.0042	Error	Error	6.435	0.0112
- ตัวอย่างที่ 23	4.5938	0.0321	4.5938	0.0321	6.0000	0.0143	Error	Error	4.5938	0.0321
- ตัวอย่างที่ 24	2.2917	0.1301	2.2917	0.1301	3.3	0.0693	Error	Error	2.2917	0.1301
การทดสอบผลรวมลำดับที่ของวิลค็อกซัน แมนน์-วิทนี										
- ตัวอย่างที่ 25 (สองหาง)	$U_2 = 21.5$ $W = 49.5$	0.757	$U_2 = 21.5$ $W = 49.5$	0.7343	$W = 49.5$	0.7489	-	-	$U_2 = 21.5$	0.7489
- ตัวอย่างที่ 26 (หางขวา)	$U_1 = 9$ $W = 41$	0.101	$U_1 = 9$ $W = 37$	0.101	$W = 41$	0.0969	-	-	$U_2 = 26$	0.101
- ตัวอย่างที่ 27 (หางซ้าย)	$U_2 = 30$ $W = 85$	0.045	$U_2 = 30$ $W = 85$	0.0405	$W = 85$	0.0421	-	-	$U_2 = 30$	0.0421

Error หมายถึง โปรแกรมมีคำสั่งในการคำนวณการทดสอบนั้น ๆ แต่ไม่สามารถแสดงผลการทดสอบ

ลำดับที่ของวิลค็อกซัน แมนน์-วิทนี ในส่วนของค่าตัวสถิติทดสอบ โปรแกรม SPSS ให้ทั้งค่า U และค่า W ซึ่งเท่ากับการคำนวณด้วยสูตรในการทดสอบหางซ้ายและสองหาง และให้ค่า W ไม่เท่ากับการคำนวณด้วยสูตรในการทดสอบหางขวา ส่วนโปรแกรม MINITAB ให้ค่า W ซึ่งเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร และโปรแกรม R ให้เฉพาะค่า U_2 ในทุกการทดสอบ และในส่วนของค่าพี โปรแกรม SPSS และ R ให้ค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร รองลงมา คือ MINITAB ส่วนตัวอย่างที่ 25 และ 27 เป็นค่าพีที่ได้จากการประมาณค่า เนื่องจากไม่มีค่าพีระบุในตาราง จึงไม่สามารถนำค่าพีในตัวอย่างดังกล่าวมาสรุปผล

ตารางที่ 3 การทดสอบแม็กนิมาร์ โปรแกรม SPSS และ R ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร ส่วนโปรแกรม MINITAB ให้ค่าพีไม่เท่ากับการคำนวณด้วยสูตร เนื่องจากให้ค่าพีที่คำนวณมาจากการทดสอบทวินาม และ

โปรแกรม PSPP ให้ค่าพีที่ไม่น่าเชื่อถือ คือ ให้ค่าพีที่มากกว่า 1 การทดสอบ โดยใช้เครื่องหมาย โปรแกรม SPSS, PSPP และ R ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร การทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับแบบจับคู่ของวิลค็อกซัน พบว่าในส่วนของค่าตัวสถิติทดสอบ โปรแกรม SPSS และ PSPP ให้ค่าตัวสถิติทดสอบเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร ส่วนของค่าพี โปรแกรม SPSS และ R ให้ค่าพีใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยสูตรมากที่สุด

ตารางที่ 4 การทดสอบความเป็นเอกภาพของสัดส่วน ทั้ง 4 โปรแกรม ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยสูตร การทดสอบค่ามัธยฐาน โปรแกรม SPSS, MINITAB และ R ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร การทดสอบครัสคาล-วอลลิส พบว่าทั้ง 4 โปรแกรมให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร การทดสอบทางเลือก

ลำดับ โปรแกรม R ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพี ที่ เนื่องจากไม่มีค่าพีระบุในตารางจึงไม่สามารถนำ
 ใกล้เคียงกับคำนวณด้วยสูตรมากที่สุด ส่วนตัวอย่าง ค่าพีในตัวอย่างดังกล่าวมาสรุปผล
 ที่ 47 และ 48 การคำนวณด้วยสูตรต้องประมาณค่า

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการคำนวณด้วยสูตรกับโปรแกรมสำเร็จรูปของการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน

วิธีการวิเคราะห์	จำนวน		โปรแกรมสำเร็จรูป							
			SPSS		MINITAB		PSPP		R	
	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี
การทดสอบแม็กนีย์มาร์										
- ตัวอย่างที่ 28	5.0256	0.0250	5.0256	0.0250	-	0.0237	-	1.991*	5.0256	0.0250
- ตัวอย่างที่ 29	1.5313	0.1080	1.5313	0.1080	-	0.1077	-	0.945	1.5312	0.1080
- ตัวอย่างที่ 30	0.5926	0.4414	0.5926	0.4414	-	0.4421	-	0.442	0.5926	0.4414
การทดสอบโดยใช้เครื่องหมายสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน										
- ตัวอย่างที่ 31	3	0.5078	3	0.5078	-	-	3	0.508	3	0.5078
- ตัวอย่างที่ 32	6	0.5000	6	0.5000	-	-	6	0.500	6	0.5000
- ตัวอย่างที่ 33	11	0.0287	11	0.0287	-	-	11	0.029	11	0.0287
การทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับแบบจับคู่ของวิลค็อกซัน										
- ตัวอย่างที่ 34 (เล็ก)	7	0.0742	7	0.0703	-	-	7	0.0615	29	0.0705
- ตัวอย่างที่ 35 (ใหญ่)	-3.2334	0.0012	-3.2160	0.0013	-	-	-3.22	0.001	412	0.0013
- ตัวอย่างที่ 36 (เล็ก)	4	0.0273	4	0.0273	-	-	4	0.025	32	0.0273

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการคำนวณด้วยสูตรกับโปรแกรมสำเร็จรูปของการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน

วิธีการวิเคราะห์	จำนวน		โปรแกรมสำเร็จรูป							
			SPSS		MINITAB		PSPP		R	
	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี
การทดสอบความเป็นเอกภาพของสัดส่วน										
- ตัวอย่างที่ 37	20.5968	0.0001	20.5967	0.0001	20.5967	0.0001	20.60	<0.0001	20.597	0.0001
- ตัวอย่างที่ 38	10.8306	0.0285	10.8305	0.0285	10.8305	0.0285	10.83	0.029	10.831	0.0285
- ตัวอย่างที่ 4.39	14.8597	0.0214	14.8597	0.0214	14.8597	0.0214	14.86	0.021	14.86	0.0214
การทดสอบค่ามัธยฐานสำหรับตัวอย่างหลายกลุ่ม										
- ตัวอย่างที่ 40	12	0.0074	12	0.0074	12	0.0074	Error	Error	12	0.0074
- ตัวอย่างที่ 41	2.123	0.3459	2.1232	0.3459	2.1232	0.3459	Error	Error	2.1232	0.3459
- ตัวอย่างที่ 42	1.2951	0.7303	1.2951	0.7303	1.2951	0.7303	Error	Error	1.2951	0.7303
การทดสอบครัสคาล-วอลลิส										
- ตัวอย่างที่ 43	1.932	0.3806	1.9316	0.3807	1.9316	0.3807	1.93	0.381	1.9316	0.3807
- ตัวอย่างที่ 44	6.74	0.0344	6.74	0.0344	6.74	0.0344	6.74	0.034	6.74	0.0344
- ตัวอย่างที่ 45	4.2646	0.2343	4.2646	0.2343	4.2646	0.2343	4.26	0.234	4.2646	0.2343
การทดสอบทางเลือกลำดับ										
- ตัวอย่างที่ 46	79	0.0231	79	0.0210	-	-	-	-	79	0.0228
- ตัวอย่างที่ 47	89	<0.0041	89	<.00001	-	-	-	-	89	0.00006
- ตัวอย่างที่ 48	159	<0.0049	159	<.00001	-	-	-	-	159	<.00001

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการคำนวณด้วยสูตรกับโปรแกรมสำเร็จรูปของการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน

วิธีการวิเคราะห์	คำนวณ		โปรแกรมสำเร็จรูป							
			SPSS		MINITAB		PSPP		R	
	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี	ค่าตัวสถิติ	ค่าพี
การทดสอบค็อกแครน										
- ตัวอย่างที่ 4.49	3.25	0.1969	3.25	0.1969	-	-	3.25	0.197	3.25	0.1969
- ตัวอย่างที่ 4.50	6.2222	0.0446	6.2222	0.0446	-	-	6.22	0.045	6.2222	0.0446
- ตัวอย่างที่ 4.51	7.6957	0.0527	7.6957	0.0527	-	-	7.70	0.053	7.6957	0.0527
การทดสอบฟรีดแมน										
- ตัวอย่างที่ 4.52	6.24	0.1819	6.24	0.1819	6.24	0.1819	6.24	0.182	6.24	0.1819
- ตัวอย่างที่ 4.53	4	0.1353	4	0.1353	4	0.1353	4	0.135	4	0.1353
- ตัวอย่างที่ 4.54	8.4242	0.0772	8.4242	0.0772	8.4242	0.0772	8.42	0.077	8.4242	0.0772

ตารางที่ 5 การทดสอบค็อกแครน โปรแกรม SPSS, PSPP และ R ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร การทดสอบฟรีดแมนพบว่าทั้ง 4 โปรแกรม ให้ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีเท่ากับการคำนวณด้วยสูตร แต่การคำนวณค่าพีด้วยสูตรตัวอย่างที่ 53 จะต้องใช้การประมาณค่าพีด้วยไคกำลังสอง เนื่องจากไม่มีค่าพีระบุในตาราง

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าตัวสถิติทดสอบและค่าพีในโปรแกรม SPSS, MINITAB, PSPP และ R โดยเปรียบเทียบกับ การคำนวณด้วยสูตรสำหรับสถิติศาสตร์ไม่อิงพารามิเตอร์ 5 หัวข้อ โปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละการทดสอบของแต่ละหัวข้อการทดสอบ ได้ผลสรุปดังนี้

4.1 การทดสอบเมื่อมีตัวอย่าง 1 กลุ่ม การทดสอบทวินามเหมาะกับโปรแกรม R การทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายของวิลค็อกซันเหมาะกับโปรแกรม MINITAB และ R การทดสอบความเป็นสุ่มเหมาะกับโปรแกรม SPSS การทดสอบไคกำลังสองแบ่งเป็นการจำแนกทางเดียวและการจำแนกสองทาง โดยการจำแนกทางเดียว ได้แก่ การทดสอบสัดส่วนจะพบว่าเหมาะกับทั้ง 4 โปรแกรม

การทดสอบการแจกแจง โดยการแจกแจงเอกรูปจะพบว่าเหมาะกับโปรแกรม MINITAB และ R การทดสอบการแจกแจงบิวซิงเหมาะกับโปรแกรม MINITAB และการทดสอบการแจกแจงปกติเหมาะกับโปรแกรม SPSS ส่วนในการจำแนกสองทางใช้การทดสอบความเป็นอิสระ ซึ่งจะพบว่า การทดสอบนี้เหมาะกับโปรแกรม SPSS, PSPP และ R

4.2 การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน การทดสอบความเป็นเอกภาพของสัดส่วนเหมาะกับโปรแกรม SPSS, PSPP และ R การทดสอบค่ามัธยฐานเหมาะกับโปรแกรม SPSS และ R ส่วนในการทดสอบผลรวมลำดับที่ของวิลค็อกซัน แมนน์-วิทนีย์เหมาะกับโปรแกรม SPSS

4.3 การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน การทดสอบแม็กนีสาร์เหมาะกับโปรแกรม SPSS และ R การทดสอบโดยใช้เครื่องหมายสำหรับตัวอย่าง 2 กลุ่มสัมพันธ์กันเหมาะกับโปรแกรม SPSS, PSPP และ R ส่วนการทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายกำกับแบบจับคู่ของวิลค็อกซันเหมาะกับโปรแกรม SPSS

4.4 การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน การ

ทดสอบความเป็นเอกภาพของสัดส่วน เหมาะกับโปรแกรม SPSS, MINITAB, PSPP และ R การทดสอบค่ามัธยฐานสำหรับตัวอย่างหลายกลุ่ม เหมาะกับโปรแกรม SPSS, MINITAB และ R การทดสอบครัสคาล-วอลลิสเหมาะกับโปรแกรม SPSS, MINITAB, PSPP และ R ส่วนการทดสอบทางเลือกลำดับเหมาะกับโปรแกรม R

4.5 การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน การทดสอบค็อกครานเหมาะกับโปรแกรม SPSS, PSPP และ R ส่วนการทดสอบฟรீดแมนเหมาะกับโปรแกรม SPSS, MINITAB, PSPP และ R

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 เพื่อให้ได้ข้อสรุปของผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยอาจวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบอื่นเพิ่มเติม เช่น การทดสอบวิลต์และโวลโฟวิทซ์

5.2 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาแต่ละการทดสอบ มีทั้งข้อมูลตัวอย่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ผู้วิจัยอาจเลือกทดสอบเฉพาะข้อมูลขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างเปรียบเทียบกัน

6. รายการอ้างอิง

กมล บุษบา, สายทอง อมริเชษฐ และสารตริย์ วัชรารามณ์, 2552, การเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับงานวิเคราะห์ทางสถิติ, ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 17(3): 32-41.
 เกตุวดี กัมพลศิริ, 2551, สถิตินอนพาราเมตริกกับการวิจัย, น. สสวท. 36(153): 7-10.
 ชญาณิน แพทย์วงศ์, จักรพงษ์ สายหงษ์, วรวัฒน์ เจียมภิรมย์สุข และวิวรรธน์ ไวยศ, 2550, การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลุ่มเบื้องต้น, แหล่งที่มา :

<http://project.astyleplus.net>.

นิรมล พันสีมา และอนันต์ เจ่าสกุล, 2557, การเปรียบเทียบการทำงานโปรแกรม R และโปรแกรม SPSS กรณีการจำแนกประเภทข้อมูลเงินยืมที่ตรงจ่ายของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้แนวความคิดการทำเหมืองข้อมูล, ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 16(1): 16-31.

ปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์, 2555, การเปรียบเทียบการใช้โปรแกรม Minitab, Instat และ R Commander กรณีการทดสอบด้วยไคกำลังสอง, สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

ราชบัณฑิตยสภา, 2561, พจนานุกรม ศัพท์สถิติศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศุภกมล จันทร์สกุล และสุชาติ บวรกิติวงศ์, 2560, สถิตินอนพาราเมตริกและการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยทางการแพทย์, ว.วิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 11(1): 38-48.

สายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง, 2563, สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์, จามจามจู้โปรดัคส์, กรุงเทพฯ.

สุวิมล ทิรกานันท์, 2553, สถิตินอนพาราเมตริก, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อมรรัตน์ แมกไม้รักษา, 2550, สถิติไม่อิงพารามิเตอร์, ภาพพิมพ์, กรุงเทพฯ.

Conover, W.J., 1980, Practical Nonparametric Statistics, 2nd Ed., John Wiley and Sons, New York.

Daniel, W.W., 1990, Applied Nonparametric Statistics, 2nd Ed., PWS-KENT Publishing Company, Boston.

Hollander, M. and Wolfe, D.A., 1999, Nonpara

- metric Statistical Methods, 2nd Ed., John Wiley and Sons, New York.
- Kaur, A. and Kumar, R., 2015, Comparative Analysis of parametric and non-parametric tests, J. Comp. Math. Sci. 6: 336-342.
- Siegel, S. and Castellan, N.J., 1989, Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences, 2nd Ed., McGraw Hill, New York.
- Sprint, P., 1993, Applied Nonparametric Statistical Methods, 2nd Ed., Chapman and Hill, London.
- Wild, C.J. and Seber, G.A.F., 1999, Chance Encounters: A First Course in Data Analysis and Inference, John Wiley and Sons, New York.